

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Liberec 2009

Martin Szajda

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika

Studijní obor: 1802R022 – Informatika a logistika

Softwarová podpora pro zpracování obrazových podkladů strukturního geologa

Software for processing of geological structure graphical data

Bakalářská práce

Autor: **Martin Szajda**

Vedoucí práce: doc. Ing. Jiřina Královcová, Ph.

V Liberci 29. 5. 2009

Zadání Bakalářské práce kopie/original

Prohlášení

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé bakalářské práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé bakalářské práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom(a) toho, že užít své bakalářské práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Abstrakt

Tématem bakalářské práce je softwarová podpora pro zpracování obrazových podkladů strukturního geologa. Práce představuje problematiku geologie a software, jenž se v oblasti geologie používá. V rámci praktické části byl vytvářen program, který má za úkol načíst dvojrozměrnou informaci o geologických mapách obsahující profily vrstev. Z jednotlivých profilů se následně získají data, které budou vykresleny pomocí grafické knihovny OpenGL v trojrozměrném prostoru.

Abstract

The topic of thesis is software support for image processing of documents structural geologist. The work presents issues of geology and software that is used in the scope of geology. In the practical part was made by a program that has the task to retrieve information about the two-dimensional geological maps containing layers of the profiles. From the individual profiles are then receive data, which are drawn using the OpenGL graphics library in three dimensional space.

Obsah

1	Úvod	8
2	Seznámení s problematikou	9
2.1	Úvod do geologie	10
2.2	Geologický software v praxi	11
2.3	Východiska práce	16
3	Vlastní práce	19
3.1	Uživatelské rozhraní	19
3.2	Zobrazení geologických struktur ve 3D	24
3.3	Inicializace OpenGL	27
3.4	Výstupní rozhraní geologických struktur	28
3.5	Základní použití programu	30
4	Závěr	35

Seznam obrázků

Obr. 1 Karta nastavení v programu GeProDo	12
Obr. 2 Hraniční plochy vrstev v rastru v programu GeProDo	12
Obr. 3 Plocha vrstevnic v programu GeProDo	12
Obr. 4 Profil vrstev v programu gINT.....	13
Obr. 5 Model terénu v programu gINT	13
Obr. 6 Pracovní rozhraní programu RockWorks	14
Obr. 7 Statický 3D model v programu RockWorks	14
Obr. 8 Ukázka uložených dat v souboru a modelu v programu Gmsh	15
Obr. 9 Ukázka generování sítě v programu Gmsh	15
Obr. 10 Schematická mapa oblasti Potůčky.....	16
Obr. 11 Řezy hornin v oblasti Potůčky- vrstva 1-3.....	16
Obr. 12 Řezy hornin v oblasti Potůčky- vrstva 4-6.....	17
Obr. 13 Řezy hornin v oblasti Potůčky-vrstva 7-9.....	17
Obr. 14 Řezy hornin v oblasti Potůčky- vrstva 10-12.....	18
Obr. 15 Podrobnější řez profilu č. 10	18
Obr. 16 Ukázka vytváření programu- nastavení půdorysu	20
Obr. 17 Výřez z půdorysu oblasti Potůčky.....	21
Obr. 18 Výřez měřítka z půdorysu profilů	22
Obr. 19 Ukázka vytváření programu- nastavení jednotlivých profilů	22
Obr. 20 Tvorba polygonu	23
Obr. 21 Ukázka datové struktury uložené v souboru	23
Obr. 22 Kartézská soustava souřadnic 3D.....	24
Obr. 23 Vykreslení polygonu pomocí glVertex3f.....	25
Obr. 24 Vykreslování pomocí GL_POINTS.....	26
Obr. 25 Vykreslování pomocí GL_LINES	26
Obr. 26 Vykreslování pomocí GL_TRIANGLES.....	26
Obr. 27 Vykreslování pomocí GL_QUADS	26
Obr. 28 Formulář pro práci s OpenGL	29
Obr. 29 Menu programu GeoSZ	30
Obr. 30 Načtení obrázku do programu	31
Obr. 31 Nadefinování bodů půdorysu v programu GeoSz.....	32
Obr. 32 Nadefinování profilů v programu GeoSz.....	32
Obr. 33 3D vizualizace v programu GeoSz (polygon).....	33
Obr. 34 3D vizualizace v programu GeoSz (Line).....	34

1 Úvod

Tato práce se zabývá tvorbou softwarové podpory pro zpracování obrazových podkladů strukturního geologa, kterou máme v podobě grafické informace. Uvedená grafická informace může být potom k dispozici v elektronické nebo popřípadě pouze v „papírové podobě“, kterou bude nutné převést do elektronické podoby a to například překreslením, nafocením či skenováním.

Cílem práce bylo vytvoření programu, který bude umožňovat, nabízet načtení obrazových podkladů strukturního geologa do programu, které se budou moct následně interaktivně zpracovávat a získávat z dostupných podkladů data. Ty se následně zpracují do trojrozměrné podoby.

Vlastní práce zahrnovala

- načtení geologických podkladů do programu
- interaktivní zpracování geologických podkladů v programu
- vytvoření systému pro 3D popis geologických struktur vhodného pro další zpracování
- vytvoření souboru, do kterého je možné ukládat datové struktury
- 3D vizualizace objektů z uložených datových struktur v souboru

Vlastní text práce je členěn do dvou základní kapitol. V kapitole s názvem „Seznámení s problematikou geologie“ se čtenář seznámí se samotnou geologií, čím se zabývá a na jaké vědní disciplíny se dále rozděluje. V této kapitole bude také představen dostupný software, který se již ve strukturní geologii používá. Jsou to již komplikovanější programy, které vyvíjí celé týmy odborníků. Ukážeme si, jak graficky vypadají, jejich možnosti nastavení, a v neposlední řadě jejich funkcionalitu. V poslední části první kapitoly budou představeny a popsány dostupné geologické podklady, které budou vytvářenému softwaru sloužit jako zdroj dat pro další zpracování.

Druhá základní kapitola nazvaná „Vlastní práce“ obsahuje popis realizačních prací, provedených v průběhu řešení bakalářské práce. V jakém vývojovém prostředí bude vlastní program vytvářen, co se musí udělat pro návrh systému, který bude zpracovávat 2D geologické mapy a geologické podklady, ze kterého se následně pomocí interaktivního zpracování dat vykreslí 3D vizualizace. Druhá část se skládá z pěti podkapitol, které budou věnovány návrhu vstupního rozhraní až po výstupní.

V úvodu druhé kapitoly jsou popsány jednotlivé kroky, které vedly k úspěšnému vytvoření programu. Je popsáno, jakým způsobem se vytvořilo vstupní uživatelské rozhraní, kterých komponent a jakých algoritmů se použilo a co se vše musí naprogramovat a nastavit pro správnou funkčnost programu. A jakým způsobem bude probíhat ukládání datových struktur do .txt souboru na pevném disku,

Následovat bude část, kde se ukáže, jak probíhá zobrazení geologických struktur ve 3D. Bude vysvětleno, jakým způsobem se definuje prostor a představí se základní příkazy a funkce pro vykreslování křivek do prostoru.

Třetí podkapitola je věnována samotné inicializaci OpenGL, která je důležitá pro spuštění trojrozměrného vykreslování objektů na formuláři. V této části jsou popsány jednotlivé procedury a funkce, které se použily ve výstupním rozhraní geologických struktur.

Předposlední část kapitoly bude věnována výstupnímu rozhraní programu, jak proběhl samotný návrh, implementace OpenGL do programu tak, aby se z dostupných dat uložených v souboru vykreslovaly trojrozměrné objekty geologické oblasti a ukázka ošetření několika dalších součástí výstupního rozhraní.

Nakonec je ukázáno, co vše vytvořený program umí a k čemu by mohl v praxi posloužit. V rámci poslední podkapitoly je popsán stručný návod, jakým způsobem s vytvořeným programem musí uživatel zacházet, aby bylo docíleno správné funkčnosti programu.

2 Seznámení s problematikou

Úplně prvním krokem, než programátor začne řešit problém týkající se softwarové podpory pro zpracování obrazových podkladů strukturního geologa, je zapotřebí se seznámit s geologií jako takovou. Je zodpovězeno, co to je geologie a na jaké vědní disciplíny se dále rozděluje a čím se konkrétněji zabývá. Vzhledem k tomu, že se budeme zabývat strukturní geologií, je přiblížena problematika geologie blíže. Je nezbytné, aby programátor, který bude vytvářet program pro geology, měl alespoň základní informace o dané problematice.

Pro inspiraci poslouží programy, které svému účelu v oblasti geologie slouží. V oblasti strukturní geologie je používáno mnoho programů. Jsou to specializované softwary, které jsou navrhovány vždy pro řešení konkrétních úloh. Proto jsou představeny některé z nich, na kterých jsou ukázány některé výhody a nevýhody. Jakým způsobem se zadávají vstupní data do programu, jakým způsobem se výstupní data zobrazují a co všechno tyto programy dokáží.

Pro názornou ukázkou je představeno, co má vůbec takový strukturní geolog k dispozici a jaké podklady má programátor, ze kterých bude vycházet při tvorbě samotného softwaru. Jedná se o specifické geologické mapy konkrétních oblastí, které ve vrstvách popisují strukturu, složení a profil vrstev dané lokality. Jednotlivé barvy určují typ a stáří hornin, které se na daném území nachází. Pomocí profilů lze vypočítávat jednotlivé zlomy, směr zlomu a příkrovy hornin. K čemu je to dobré? Složením vrstev si geolog vytváří detailní představu o tom, jak daná oblast z pohledu geologické stavby území.

2.1 Úvod do geologie

Slovo „geologie“ (viz reference [1] a [3]) se poprvé objevila v 18. století a to v roce 1778, kdy ho poprvé vyslovil a jakožto vyjádření nové vědní disciplíny použil švýcarský geolog a přírodovědec Jean-André Drouc (viz reference [2]). Geologie se zabývá veškerými procesy, které jsou spjaté s deformací zemských hornin a masivů, při nichž dochází ke zhroucení a zanikáním celých mas hornin a následnému znovu vytváření nových geologických masivů a struktur. Dále se tento obor zabývá složením a rozpořádáním jednotlivých geologických vrstev. Jejich stářím, chemickým a materiálním složením, fyzikálními vlivy, které navzájem mezi sebou působí jednotlivé vrstvy hornin. Zabývá se historickým vývojem masivu od jeho počátku v minulosti, až po současnost. Tato disciplína je velmi rozsáhlým vědním oborem, proto přirozený vývoj byl nucen rozdělit tuto problematiku do více vědních disciplín.

Dynamická geologie

Popisuje veškeré děje a stavy v horninách. Procesy jsou rozdělovány do dvou kategorií, a to na exogenní a endogenní, v závislosti, kde tyto jevy probíhají. Exogenní proces popisuje veškeré procesy, které se dějí na vnější části zemské kůry. Procesy přirozeným způsobem formují zemský povrch, ať už je to vlivem větru, vody, zvětráváním hornin. Zatímco endogenní proces popisuje veškeré jevy, které se dějí v nitru zemské kůry. Zejména jako vulkanická činnost, otřesy, posuny zemské kůry, zvrásnění.

Historická geologie

Zabývá se studiem geologických těles, od jeho počátečního vývoje až po současnost. A to pomocí zkoumání zkamenělin, usazenin a jednotlivých vrstev. Tato věda mapuje vývoj horniny i po miliony let.

Sedimentární geologie

Zkoumá jednotlivé sedimenty či vrstvy horniny, pomocí kterých je zmapováno, za jakých podmínek byly vytvářeny vrstvy. Pomocí sedimentární geologie se dá určit, v jakém prostředí se sediment vytvářel.

Ložisková geologie

Zabývá se studiem a vyhledáváním nových ložisek nerostných surovin. Zkoumá rudy, nerudy a tzv. „kaustobiolity“, mezi které patří například ropa, plyn, železná ruda, zlato a jiné, podobně ekonomicky zajímavé suroviny.

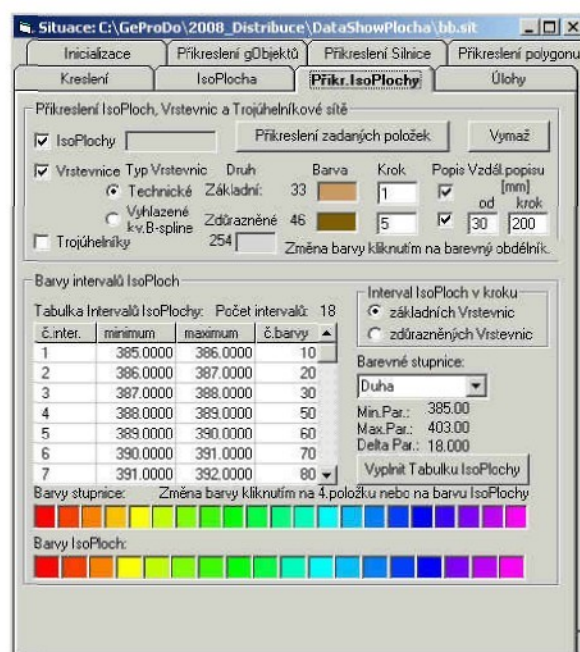
Regionální geologie

Studuje geologické útvary vždy jen v konkrétní oblasti. Zaměřuje se na podrobné získání poznatků útvaru, který by umožňoval vytvořit podrobný 3D geologický model studované lokality. Platí vždy, že při studiu menší oblasti by se mělo dosahovat větší přesnosti a získání více informací o dané lokalitě.

2.2 Geologický software v praxi

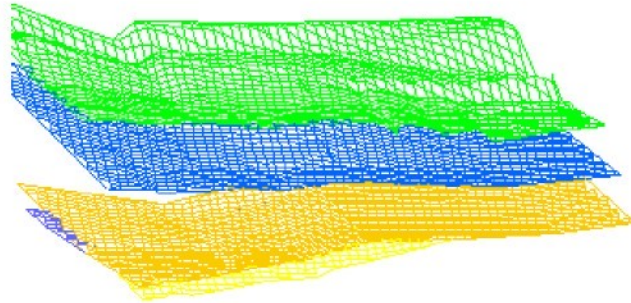
GeProDo

Program GeProDo (viz reference [4]) se zabývá tvorbou geologických profilů. Program umožňuje připojování k vrstvám jednotlivých vrtů a penetrací, či popisování jednotlivých vrstevnic, které se mohou trojrozměrně vykreslit. Na Obr. 1 je ukázána záložka, kde probíhá veškeré nastavení a inicializace programu.



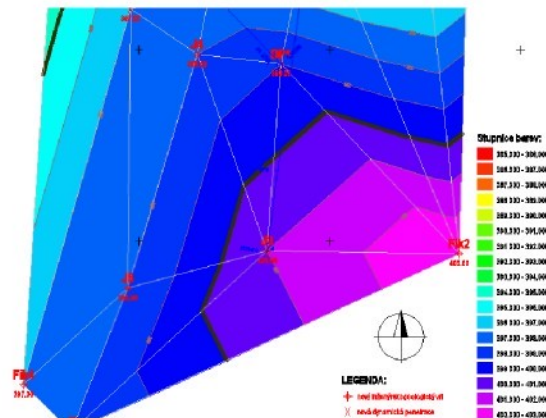
Obr. 1 Karta nastavení v programu GeProDo

Data trojrozměrné informace jsou získaná pro program GEProDO jsou získávána pomocí vrtů a sond. Na Obr. 2 je vyobrazen trojrozměrný model plochy vrstev pomocí rastru.



Obr. 2 Hraniční plochy vrstev v rastru v programu GeProDo

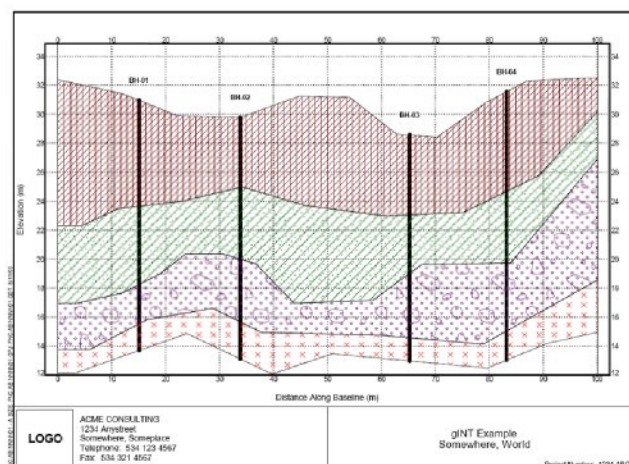
Na Obr. 3 je ukázána plocha vrstevnic, jenž je zpracována v programu GeProDo.



Obr. 3 Plocha vrstevnic v programu GeProDo

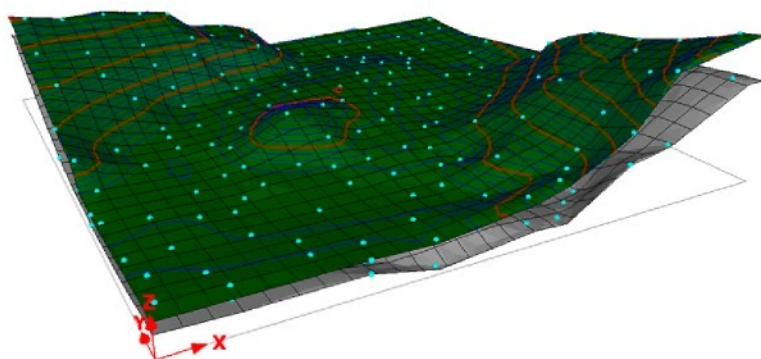
gINT

Software gINT (viz reference [5]) slouží pro zpracování a prezentaci geotechnických, geologických a hydrogeologických dat. Umožňuje práci s histogramy, grafy, tabulky dat či tvorbu legend ke všem výstupům. Program sice neumožňuje interaktivní ovládání, pro záznam dat. Avšak umí výborně pracovat s databázemi a jako výhoda se dá považovat, že všechny důležité data shromažďuje v jedné databázi a tedy umožňuje rychlou editaci, kterou lze exportovat do různých typů souborů.



Obr. 4 Profil vrstev v programu gINT

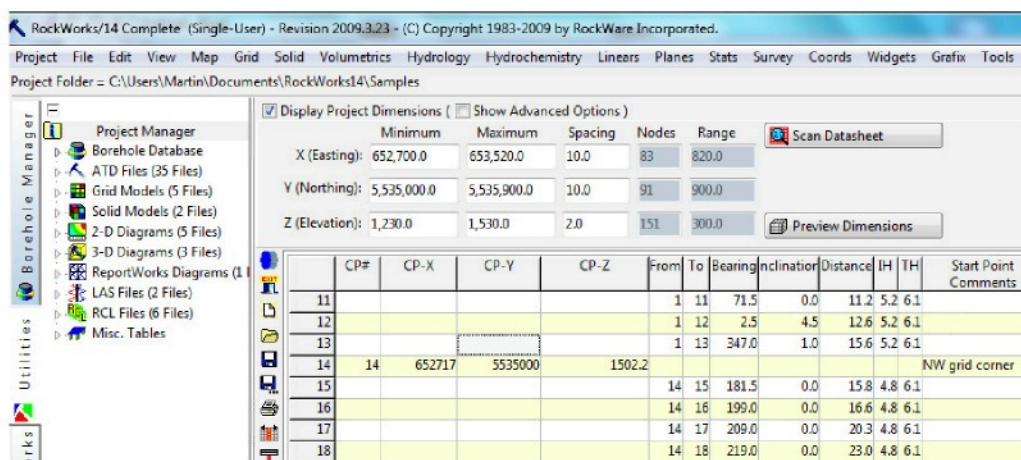
Na Obr. 4 a Obr. 5 jsou vyobrazeny příklady profilu vrstvy a trojrozměrného modelu terénu vykresleného z geotechnických dat.



Obr. 5 Model terénu v programu gINT

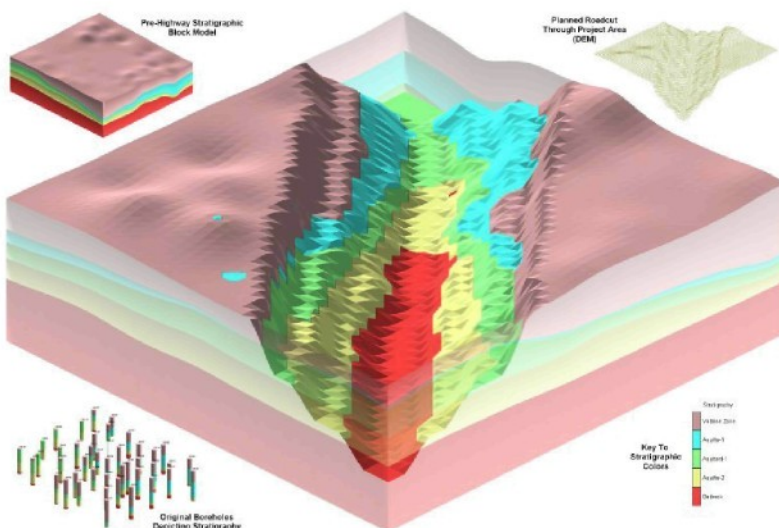
RockWorks

Program RockWorks (viz reference [6][7]) je hojně užíván v ropném, geotechnickém a těžebním průmyslu, v oblasti životního prostředí a geologie. Je používán hlavně kvůli kvalitní podpovrchové vizualizaci, práci s mapami, protokoly, modely a digramy. Umožňuje „spravovat obecnější data pro tvorbu bodových a vrstevnicových map, směrů vrstev“.



Obr. 6 Pracovní rozhraní programu RockWorks

Na Obr. 6 je ukázka pracovního prostředí programu RockWorks. Obr. 7 vyobrazuje, jakým způsobem program vykresluje trojrozměrné modely oblastí.

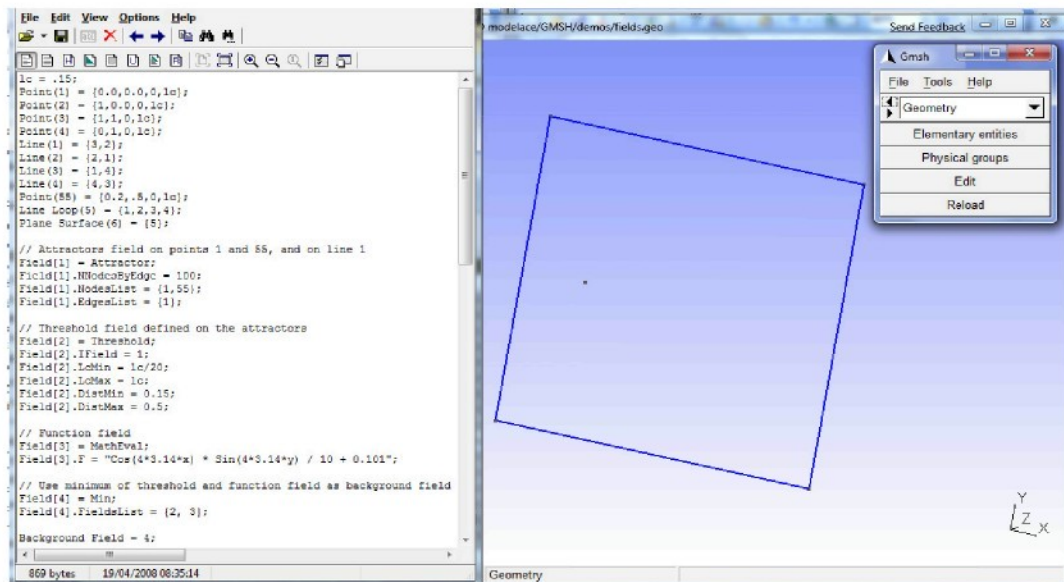


Obr. 7 Statický 3D model v programu RockWorks

GMSH

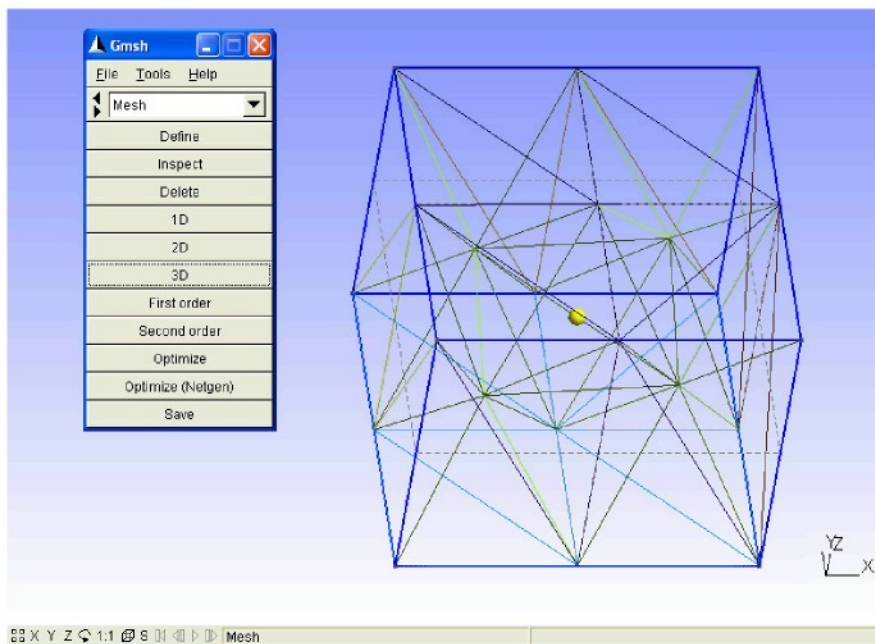
Program GMSH slouží pro zpracovávání a generování dvojrozměrných a trojrozměrných sítí. Dokáže pracovat s upravenými daty systému GIS. V referenci [11] je GIS, neboli geografický informační systém, charakterizován jako „na počítačích založený informační systém pro získávání, ukládání, analýzu a vizualizaci dat,“. Data jsou uložena na souboru s příponou *.geo a samotnou editaci umožňuje jakýkoliv program, umožňující práci s textovým souborem.

Na níže vyobrazeném Obr. 8 je v levé části zobrazena ukázka, jakým způsobem se ukládají data do souboru formátu *.geo. V pravé části Obr. 8 je zobrazen útvar, který se v programu GMSH vygeneruje právě z uvedeného příkladu uložených dat. Výsledným útvarem je polygon ve tvaru čtverce.



Obr. 8 Ukázka uložených dat v souboru a modelu v programu Gmsh

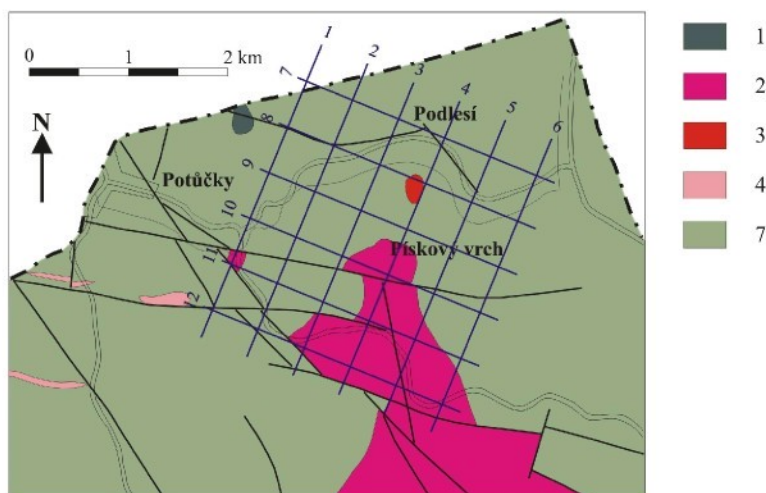
Pro vykreslení objektů, jsou základem modelové sítě souřadnice, které ohraničují danou oblast. Následně se definují jednotlivé útvary, které tvoří tvar objektů, například další body a linie. Pomocí toho se dají jednoduše dopočítávat obsahy a objemy útvarů. Na Obr. 9 je zobrazen složitější útvar, který se skládá už z více linií, které spojují jednotlivé body.



Obr. 9 Ukázka generování sítě v programu Gmsh

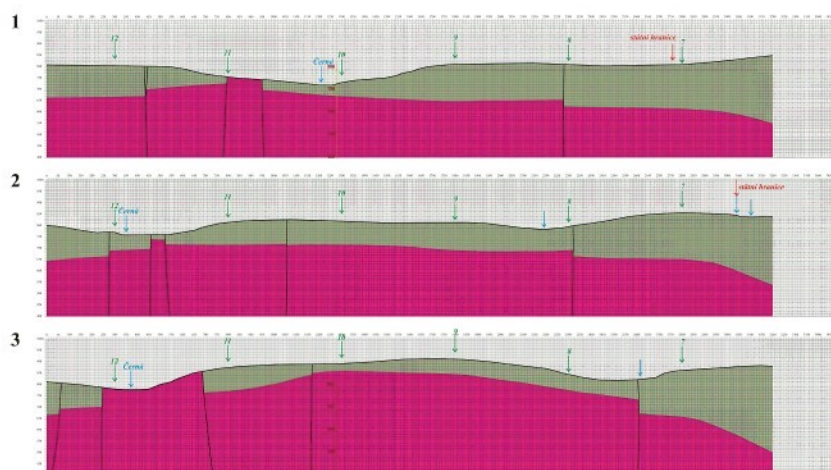
2.3 Východiska práce

Základními podklady pro realizaci práce bylo 5 obrazových podkladů ve formátu *.bmp, skládající se z půdorysu oblasti a 12ti profilů, řezů dané oblasti. Jednotlivé profily jsou vyobrazeny na obrázku vždy po třech. Na níže uvedeném Obr. 10 si můžeme prohlédnout, jak vypadá typický půdorys geologické mapy. V tomto konkrétním případě se jedná o schematickou mapu oblasti Potůčky. Na mapě jsou vyznačeny pozice jednotlivých profilů (číslky 1-12), měřítko a barvy profilů, které v tomto případě udávají typ horniny.



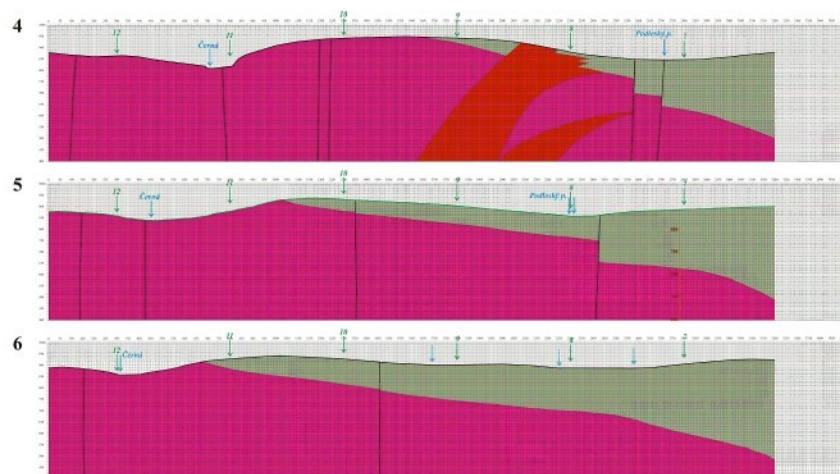
Obr. 10 Schematická mapa oblasti Potůčky.

Na Obr. 11 jsou vyobrazené profily jednotlivých vrstev. Na obrázku se nalézá řez půdorysem č. 1, 2 a 3, jednotlivé profily se skládají ze dvou typů horniny a podle půdorysu patří do vertikální polohy. Na Obr. 10 je znázorněno, kam přesně tyto profily geologicky zapadají.



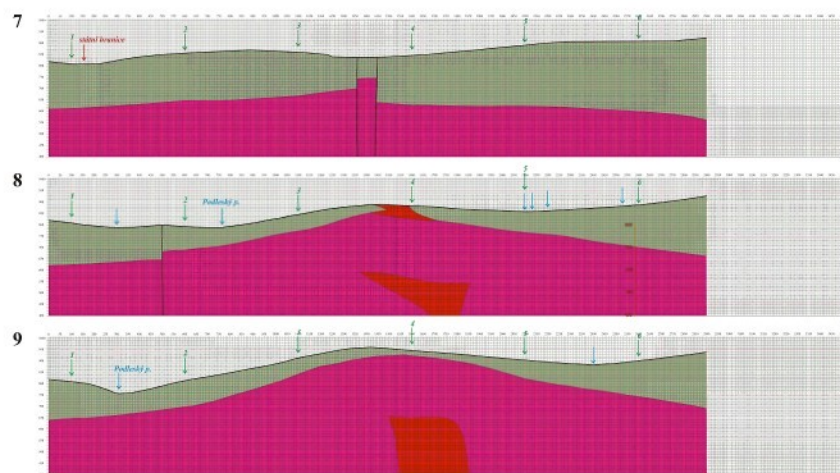
Obr. 11 Řezy hornin v oblasti Potůčky- vrstva 1-3

Na Obr. 12 se nachází vrstvy č. 4 ,5 ,6 patřící do vertikální polohy. Profil č. 4 se skládá ze 3 barev, tj. v daném profilu lokality se nachází 3 typy hornin. Profily č. 5, 6 prochází lokalitou, kde se ve sledované hloubce vyskytují opět pouze 2 typy horniny.



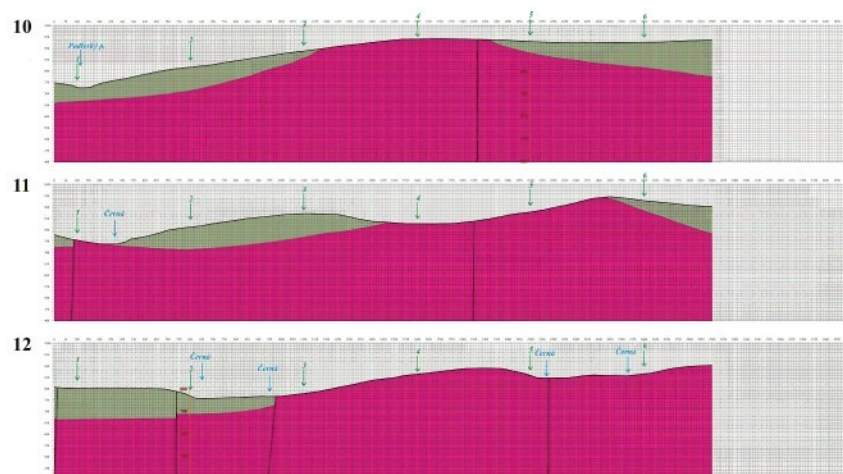
Obr. 12 Řezy hornin v oblasti Potůčky- vrstva 4-6

Profily č. 7, 8, 9 se na půdorysu nachází v horizontální poloze a profil č. 7 se skládá ze 2 typů a profily č. 8, 9 ze 3 typů horniny, viz. Obr. 13.



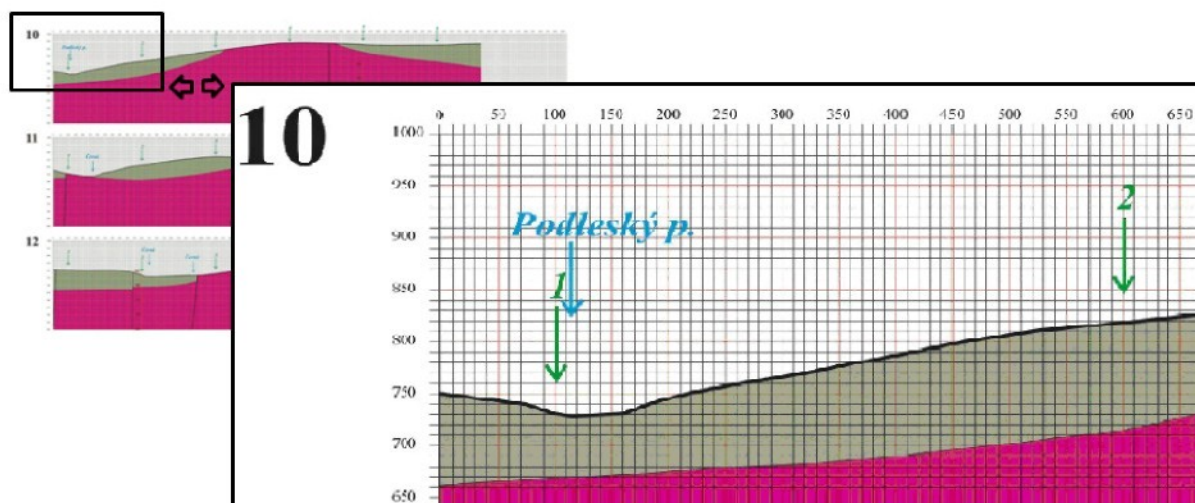
Obr. 13 Řezy hornin v oblasti Potůčky-vrstva 7-9

Posledním obrazovým podkladem je Obr. 14, kde profily na půdorysu patří do horizontální polohy a skládají se opět ze 2 typů hornin.



Obr. 14 Řezy hornin v oblasti Potůčky- vrstva 10-12

Při pohledu blíže na obrazové podklady, se mohou vypořádat podrobnější informace o daném profilu. Například na Obr. 15 se nachází podrobnější řez profilu č. 10, na kterém je zobrazena výška a šířka profilu, zelené šipky s číslovkami uvádí místa, kudy se protíná profil 10 s jinými profily a modrá šipka uvádí lokalitu významných bodů v oblasti.



Obr. 15 Podrobnější řez profilu č. 10

Celkem je k dispozici 1 půdorys lokality a 12 profilů. Pomocí těchto jednotlivých řezů profilů je tedy možné poskládat si a představit, jak vypadá geologická oblast v trojrozměrné podobě.

Mohou se použít i jiné geologické mapy, které mají jiný podrobný popis a podobu. Avšak musí vždy skládat z půdorysu lokality, kde je vyznačeno jednotlivé umístění profilů a z řezů jednotlivých profilů. Profily svým počtem nejsou omezeny, avšak musí se brát v potaz, že čím více je profilů, ze kterých se skládá lokalita, tím více je složení pracnější a pro představu geologa namáhavější, avšak přesnější.

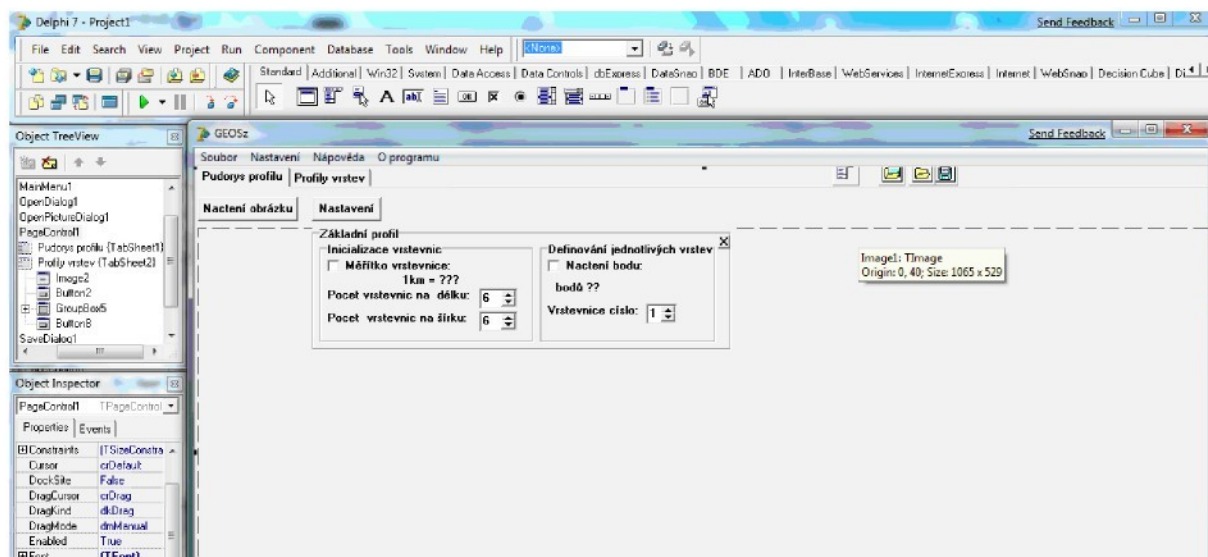
3 Vlastní práce

V rámci řešení BP byl vytvořen program pod jménem GeoSZ, jenž byl naprogramován v grafickém vývojovém prostředí Borland Delphi 7 v jazyce Object Pascal. Grafické výstupy byly realizovány pomocí knihoven OpenGL. Vlastní program byl vyvíjen pod testovací verzí operačního systému Windows 7 (build 7000) a spustitelný na počítačích s operačním systémem MS Windows 98 a vyšší. Spouštění programu je prováděno kliknutím na název souboru GeoSz s MS Windows příponou „.exe”. Samotný program GeoSz zabírá na diskovém oddílu necelý 1Mb.

Pro samotnou tvorbu programu GeoSz, který má v praxi sloužit jako interaktivní pomocník, pro zpracování obrazových podkladů strukturního geologa, je v následujících řádcích ukázáno, jak probíhal návrh systému pro tvorbu 3D popisu geologických struktur a jeho vizualizace. Jsou představeny dostupné prostředky knihovny OpenGL, základní procedury a funkce pro tvorbu 3D scén a jakým způsobem probíhá ukládání 3D popisu geologických struktur do diskového souboru a to ve formátu, vhodném pro další zpracování. Následné vytvoření 3D popisu a vizualizace příslušných geologických struktur. V závěru je ukázáno názorné použití programu s obrazovými podklady strukturního geologa.

3.1 Uživatelské rozhraní

Pro program GeoSZ je zapotřebí vytvořit úvodní formulář, který se bude skládat ze dvou částí. V první části je zapotřebí vytvořit mechanismus, jenž bude zpracovávat informace z půdorysů profilů a ve druhé části, aby zpracovával a interaktivně získával data z jednotlivých profilů. Vzhledem k tomu, že obrazových podkladů může být obecně libovolný počet, je vhodné vytvořit uživatelské rozhraní, které by umožňovalo přepínání mezi půdorysem a jednotlivými profily. K tomuto účelu byla použita komponenta TpageControl, která umožňuje vytvoření a správu záložek se stránkami o různém obsahu. Na Obr. 16 je zobrazeno, jakým způsobem je vytvořena část programu, která slouží pro nadefinování půdorysu profilů.

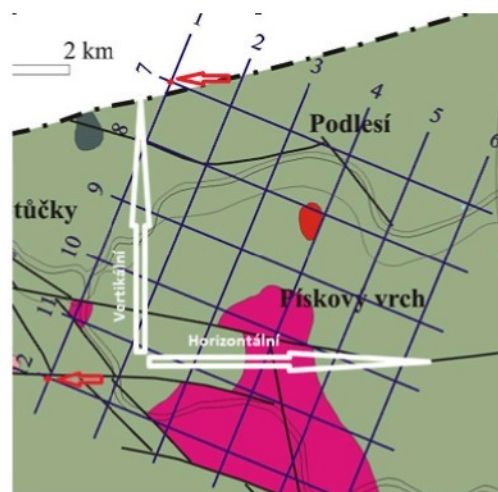


Obr. 16 Ukázka vytváření programu- nastavení půdorysu

Do první záložky uživatel může uživatel upravovat obraz půdorysu a v dalších záložkách ostatní profily. Aby se vůbec mohlo vykreslovat na panelu `TpageControl`, je zapotřebí použít komponentu, která umožňuje vykreslování obrázkových souborů, použije se `TOpenPictureDialog`, jenž nám načte obrazový soubor (nejlépe v podobě bitmapy) a `TImage`, na kterém se bude renderovat samotný obraz. Pro práci je vhodné použít formát `.bmp`, jelikož při práci s tímto formátem se může pracovat s jednotlivými body a díky tomu, že každý bod v mřížce je představován určitým počtem bytů a obrazová informace není komprimována, jako to může být u jiných obrazových formátů.

Obrazový soubor je načten a vykreslen na `TImage`. Cílem je, aby uživatel interaktivně pracoval s programem, nikoliv aby se jednalo automatické rozpoznávání obrazu. Proto se hledal způsob, jakým stylem se budou rozpoznávat jednotlivé profily vrstev dvojrozměrného obrazu, načítat a následně vykreslovat do 3D. Je mnoho variant, jakým způsobem je možné zaznamenávat jednotlivé polygony vrstev a představí se způsob použitý v programu `GeoSZ`.

V první části je zapotřebí získat informaci, jakým způsobem a kde se nacházejí jednotlivé profily v půdorysu, které při vykreslování musí do sebe zapadat. Vždy se určí dva body u jednotlivého profilu. Na Obr. 17 červené šipky ukazují, jaký způsobem se navolí body u profilu č. 1.



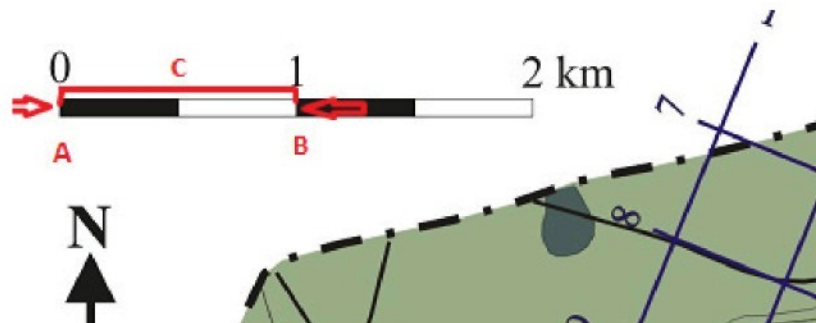
Obr. 17 Výřez z půdorysu oblasti Potůčky

Pro nadefinování vrstvy 1 se nejprve klikne do bodu, kde se vrstva 1 protíná s vrstvou 7 a dále kde se vrstva 1 protíná s vrstvou 12, tímto způsobem musí být navoleny všechny vrstvy. Pro informaci, jaká vrstva se aktuálně definuje, použije se například komponenta `TSpinEdit`, která při kliku na šipku „nahoru x dolů“ inkrementuje či dekrementuje svoji hodnotu a informaci o aktuální vrstvě se uloží do proměnné. Při každém kliku na půdorys obrázku nám procedura `TForm1.Image1MouseDown` vrací v hodnotách `X,Y` hodnoty souřadnice. Každá vrstva profilu má přiřazené dva body, ze kterých se následně vypočítají směrnice přímek, pro informaci, jakým směrem směřují profily. Známe-li směrnice, vytvoří se podmínka, která bude určovat, jestli se jedná o směrnice blížíci se horizontálnímu či vertikálnímu směru.

Jsou-li známy všechny důležité body a hodnoty jednotlivých profilů z půdorysu, uloží se hodnoty například do pole typu `real`. Získané data se použijí pro správné složení jednotlivých 2D profilů v 3D obraz.

Pro přepočet na reálné hodnoty (metry nebo kilometry) je dobré získat informaci o měřítku celé mapy, podle kterého se může přepočítávat obsah a objem geologických útvarů v reálných hodnotách. Každá mapa půdorysu obsahuje měřítko, ve kterém je daná mapa vedena. Na Obr. 18 je vyobrazen výřez měřítko mapy oblasti Potůčky. Pro interaktivní zjištění měřítko a uložení měřítko do proměnné je naprogramována procedura, která odečítá reálné hodnoty z mapy. Je použito tlačítko vytvořené komponentou `TCheckbox`, které indikuje, zda se má načíst měřítko na mapě. Následná procedura, k této komponentě, bude reagovat na stisk levého tlačítka od myši. Tím se načtou počáteční souřadnice „A“ a dalším stiskem levého tlačítka myši souřadnice „B“.

Jsou-li známy obě souřadnice, lze pomocí Pythagorovy věty dopočítat délku mezi body „A” a „B”. Vypočítaná délka „C” na mapě se bude rovnat hodnotě 1 km ve skutečnosti.

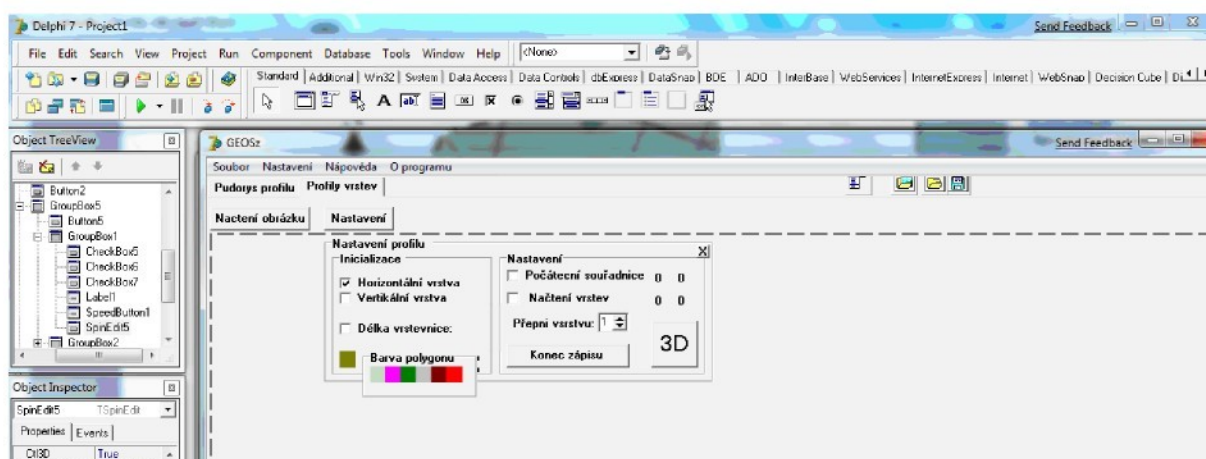


Obr. 18 Výřez měřítka z půdorysu profilů

Ve druhé části záložky, která bude sloužit pro zpracování a interaktivní získání dat z jednotlivých profilů, se vytvoří mechanismus, který bude načítat jednotlivé body polygonů.

Vytvoří se ovládací prvky, pomocí kterých bude možné navolit, zda jde o vrstvu vertikální nebo horizontální a jaká je délka vrstevnice. Použije se komponenta `TCheckBox`. Pro získání informace o délce vrstevnice, se opět získá informace o souřadnicích bodů „A” a „B” a následné dopočítání délky mezi body. Pro nadefinování barvy polygonu poslouží několik komponent `TspeedButton`, kterým se přiřadí konkrétní barva.

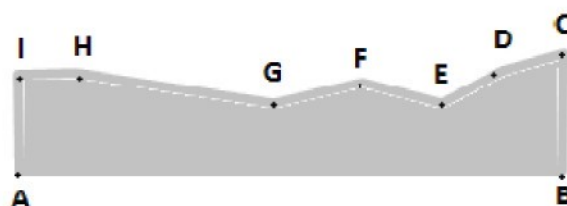
Jsou přidány ovládací prvky pro získání informace o počáteční souřadnici profilu, ze které se následně, při načítání vrstev, dopočítávají jednotlivé souřadnice bodů polygonu a tlačítko pro načítání všech bodů polygonu. Pro případ, že na jednom obrázku může být i více profilů, vytvoří se tlačítko pro přepínání mezi jednotlivými profily.



Obr. 19 Ukázka vytváření programu- nastavení jednotlivých profilů

Pro ukládání hodnot datových struktur byl zvolen formát, který získaná data uloží do souboru takovým způsobem, aby bylo možné data zpětně načíst a vykreslit je do trojrozměrného obrazu. Pro trojrozměrné vykreslování polygonů je zapotřebí uchovávat informace o souřadnicích bodů polygonů a počet bodů tvořící daný polygon. Ostatní informace uložené do souboru mohou být čistě informativní nebo sloužící k další práci nebo efektům během vykreslování, jako například barva polygonu.

Samotný polygon vzniká ze souboru několika bodů, jdoucích zasebou, viz Obr. 20. Uživatel nejprve navolí bod „A“, pak „B“, „C“ až do bodu „I“. Přesně tak jak uživatel zasebou navolí body, vytvoří se obvod souřadnic, který se spojí a vznikne polygon- mnohoúhelník.



Obr. 20 Tvorba polygonu

Ukládá-li se do souboru polygon, je dobré si vytvořit informativní hlavičku, která bude o každém jednotlivém polygonu vypovídat základní informace. Na Obr. 21 je ukázáno, jakým způsobem je ukládání do souboru řešeno v programu GeoSZ. Na řádku „doplňková informace“ začíná soubor číslicí „14“ udávající počet bodů, který je potřebný pro složení „polygonu č.1“. Následuje číslice „1“, ta má informativního charakter a udává do jaké vrstvy polygon patří. Polygon č.1 tedy patří do vrstvy 1. Následující 3 číslice informují o barvě polygonu. Jedná se o RGB informaci, kde každé číslo vzáášť určuje jednotlivou barevnou složku „red, green, blue“. Pro určení barvy se použije hodnota typu `real` od 0 do 1.0 .

```

14 1 0.3 0.5 0.3 doplňková informace
-3.7 -3.72 0.01
3.67 -3.72 0.01
3.65 -3.72 0.54
2.14 -3.72 0.57
2.11 -3.72 0.63
-0.55 -3.72 0.69
-1.79 -3.72 0.75
-1.83 -3.72 0.89
-2.27 -3.72 0.91
-2.25 -3.72 0.81
-3.3 -3.72 0.77
-3.34 -3.72 0.69
-3.66 -3.72 0.67
-3.69 -3.72 0.01
13 2 0.3 0.5 0.3 doplňková informace

```

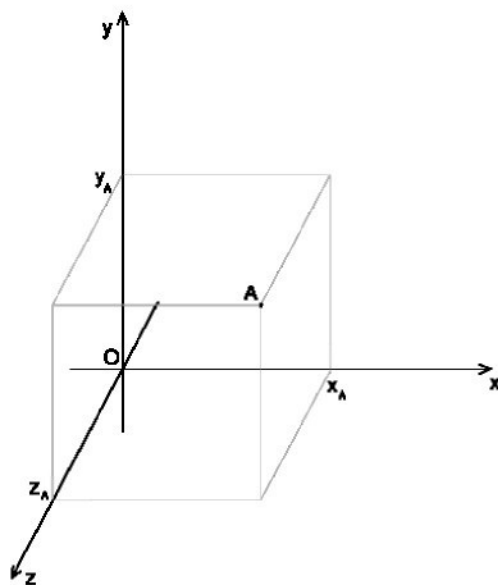
} Polygon č.1

Obr. 21 Ukázka datové struktury uložené v souboru

3.2 Zobrazení geologických struktur ve 3D

Pro začátek práce s 2D a 3D grafikou, která je nutná pro vyobrazení trojrozměrného obrazu geologických map, je představena grafická knihovna (viz reference [8] a [9]), která tuto práci umožní. Jedná se o standard OpenGL (Open Graphics Library), který se celosvětově používá ve všech oborech, kde se pracuje s grafikou. Firmy zabývající se programováním počítačových her, vědeckotechnická pracoviště, průmyslové firmy, jenž software využívají jako vizualizace projektů aj. Výhodou OpenGL je možnost použití na většině počítačových platformách. Samotné rozhraní OpenGL je kompatibilní s většinou vývojových prostředí.

Práce ve 3D prostoru je jiná, než je to u 2D a proto se představí souřadnicový systém, který OpenGL používá. Jedná se kartézskou soustavu souřadnic (viz reference [10]), která je zobrazena na Obr. 22. U 2D soustavy se používá označení směru „x,y“. Ve 3D prostoru přibyla osa a je označována směry „x,y,z“.

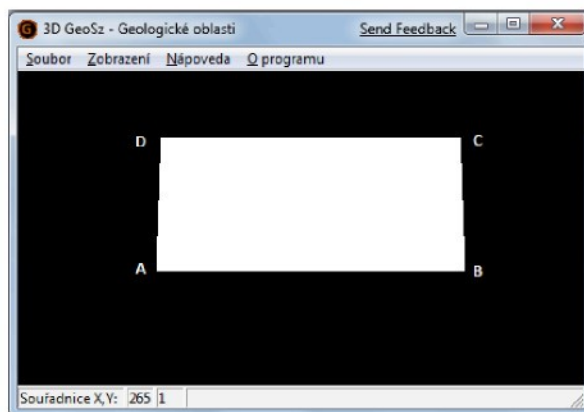


Obr. 22 Kartézská soustava souřadnic 3D

Během vykreslování scény v OpenGL musí být pamatováno, že osa „z“ je negací v prostoru. Proto kladná část osy „z“ je vždy blíže k nám a záporná osa naopak dále. V bodě $x = 0$, $y = 0$, $z = 0$ jsou souřadnice objektu nastaveny na střed obrazovky. Tato dvě základní pravidla reflektují, jakým způsobem zapisovat data a vytvářet z nich 3D objekty.

Vykreslování polygonu je ukázáno na následujícím příkladě. Základním příkazem pro začátek vykreslování objektu je `glBegin`, v závorce následovaným typem křivky, který se bude používat. Důležitý je příkaz `glVertex3f`, který nese v závorce informaci o souřadnicích x,y,z bodu, který se vykreslí. V níže uvedeném příkladě je `GL_POLYGON`, který má za úkol pomocí jednotlivých bodů vytvářet mnohoúhelníky.

```
glBegin(GL_POLYGON);
    glVertex3f(-4.5,-0.5,-2.0);
    glVertex3f(4.5,-0.5,-2.0);
    glVertex3f(4.5,-0.5, 2.0);
    glVertex3f(-4.5,-0.5, 2.0);
glEnd;
```



Obr. 23 Vykreslení polygonu pomocí `glVertex3f`

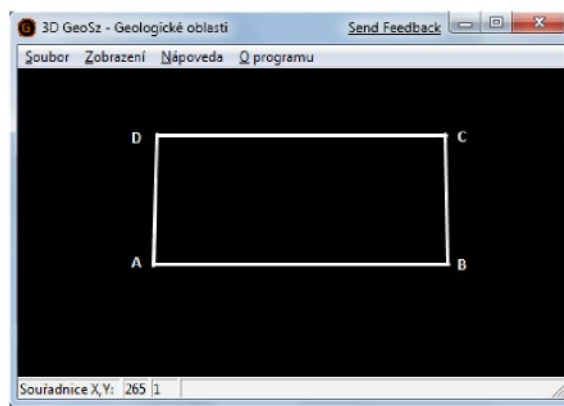
Pomocí 4 bodů se vykreslí obdélník, jehož společná plocha se vybarví barvou, viz Obr. 23. Výchozí hodnoty barvy jsou nastaveny na (1.0, 1.0, 1.0), změna barvy se provádí příkazem `glColor3f(red, green, blue)`, kde proměnné v závorkách jsou typu `real` a vyjadřují hodnoty od 0.0 (černá) do 1.0 (bílá).

Pro změnu typu křivky se místo `GL_POLYGON` může použít alternativ `GL_POINTS`, `GL_LINES`, `GL_LINE_STRIP`, `GL_LINE_LOOP`, `GL_TRIANGLES`, `GL_TRIANGLE_STRIP`, `GL_TRIANGLE_FAN`, `GL_QUADS`, `GL_QUAD_STRIP`.

Pomocí `GL_POINTS` se vykreslí pouze samotné body, které se nikterak nespojí a `GL_LINES` vykresluje body, které jsou mezi sebou propojeny přímkou. Jakým způsobem jsou příkazy vykreslovány, je zobrazeno na Obr. 24 a Obr. 25.

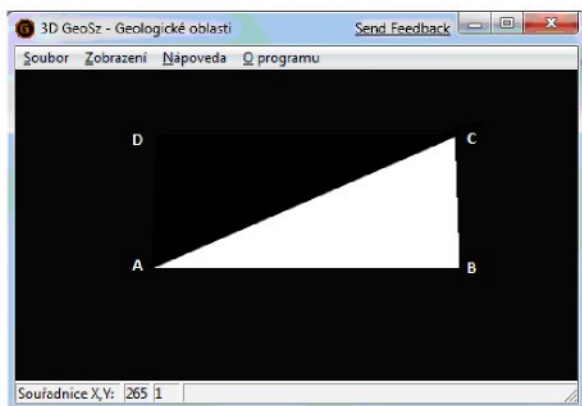


Obr. 24 Vykreslování pomocí GL_POINTS

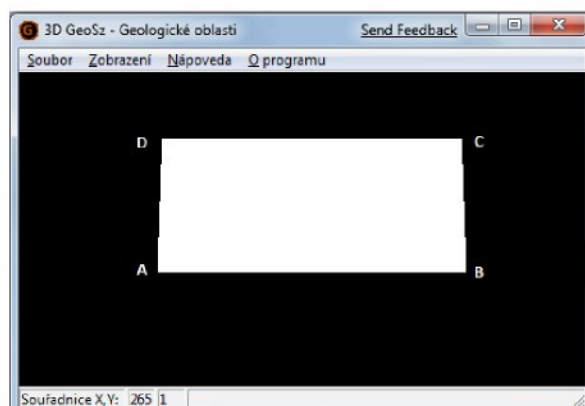


Obr. 25 Vykreslování pomocí GL_LINES

Příkaz GL_TRIANGLES slouží pro vykreslování trojúhelníků. Vykresluje vždy jen 3 po sobě jdoucí body a plochu spojených bodů propojí, proto bod D není nikterak vykreslen. Pomocí GL_QUADS se vykreslují čtyřúhelníky. Spojí vždy 4 po sobě jdoucí body a plochu spojených bodů opět vykreslí. Viz Obr. 26 a Obr. 27.



Obr. 26 Vykreslování pomocí GL_TRIANGLES



Obr. 27 Vykreslování pomocí GL_QUADS

Voláním příkazu glVertex může trvat i několik minut, než se vykreslí všechny body. Pro zrychlení vykreslování se používají příkazy GL_LINE_STRIP, GL_TRIANGLE_STRIP a GL_QUAD_STRIP, pomocí kterých se minimalizuje volání jednotlivých bodů na minimum.

Z představených typů křivek je v programu GeoSZ použito příkazů GL_POLYGON a GL_LINE_STRIP, které optimálně poslouží pro vykreslování jednotlivých profilů vrstev.

3.3 Inicializace OpenGL

Základní procedurou (viz reference [8]), která proběhne během vytvoření formuláře bude `GLForm.FormCreate`, v této části procedury se musí nastavit základní DC- definuje:

```
GetDC(Handle)
```

Funkci si uložíme při inicializaci do proměnné a ta nám bude odkazovat na výstup volaných funkcí. To je často nazýváno jako DC- Device Context.

```
wglCreateContext(Canvas.Handle)
```

Tato funkce vytvoří nový RC- Rendering Context, který bude sloužit jako zásobník, do kterého se budou odkazovat všechny prováděné funkce OpenGL. Při inicializaci si tuto funkci uložíme do proměnné, která nám bude sloužit pro plynulé zobrazování animace.

```
SetDCPixelFormat(Canvas.Handle)
```

Nastaví vytvořenému DC příslušný pixelový formát. Pixelový formát se dále definuje vlastní procedurou `SetDCPixelFormat`.

Další procedurou se je `TGLForm.FormResize`, která slouží k tomu, aby se při změně velikosti okna správně vykreslila velikost 3D scény.

```
wglMakeCurrent
```

Nastavuje Rendering Context jako aktuální.

```
gluPerspective
```

Funkce má za úkol nastavení pohledu kamery, která bude během spuštění vykreslování scény na formuláři. Nastavuje se úhel kamery, poměr šířky a výšky formuláře, největší vzdálenost bodu, který bude na formuláři ještě viděn a naopak, nejkratší vzdálenost bodu.

```
glViewport
```

Umožňuje nastavit a udává velikost zobrazované plochy zobrazované scény.

Procedura `TGLForm.FormPaint` umožňuje kreslení na samotném formuláři. Nastavujeme z pravidla Rendering Context na aktuální a odkazujeme se na proceduru `DrawScene`, ve které dochází k samotnému algoritmu kreslení.

Procedura `TGLForm.DrawScene` má na starosti samotné vykreslování objektů. Zde se mohou inicializovat příkazy, které mají nestarosti vlastnosti objektu.

`glPushMatrix`

Pomocí této funkce si uložíme do paměti nastavení projekční matice prostoru.

`glPopMatrix;`

Pokud máme uložené v paměti nastavení projekční matice prostoru, tak pomocí funkce `glPopMatrix` nastavení opět vyvoláme z paměti.

`glTranslatef`

Nastavuje se vzdálenost pohledu kamery. Může se nadefinovat vzdálenost z pohledu osy `x,y,z` pomocí celočíselných hodnot typu `integer`.

`glRotatef`

Funkce slouží k nastavení rotace objektu. Umožňuje nastavení nejenom, podle které osy se má objekt otáčet, ale i v jakém úhlu.

`SwapBuffers`

Prohodí zásobníky, které mají nestarosti výstup volaných funkcí.

`glFlush`

Příkaz donutí dokončit všechny prováděné OpenGL operace v přípustném čase.

Nastavuje se také procedura `TGLForm.FormDestroy`, kterou se zruší v OpenGL `Rendering Context`. v proceduře se vždy jen nastaví `Rendering Kontext`, jen se má „zničit“.

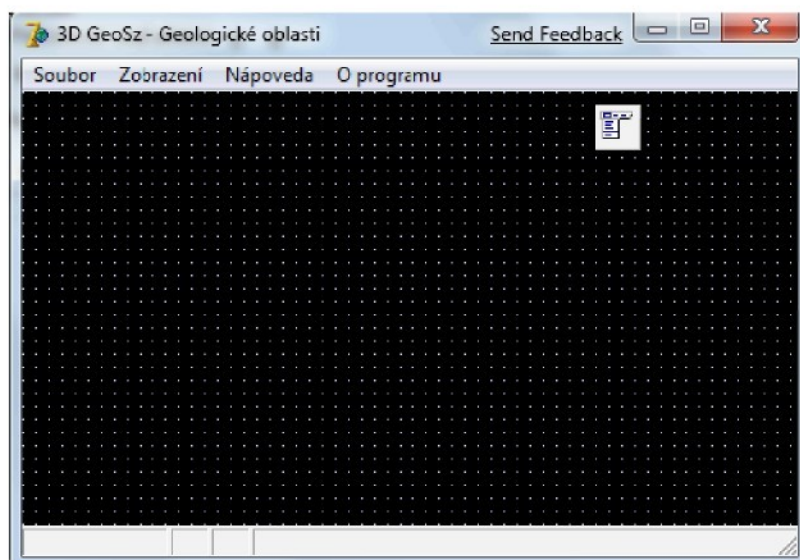
`wglDeleteContext`

Vymaže aktuální použitý `Rendering Context`.

3.4 Výstupní rozhraní geologických struktur

Jako výstupní rozhraní se použije formulář `TGLForm`, na kterém se vykresluje 3D scéna s pomocí grafické knihovny OpenGL. Formulář má primárně za úkol renderovat získané data umístěné v souboru. K tomuto účelu je přizpůsoben nejen vzhled, ale i přidané komponenty a algoritmus samotného výstupního rozhraní.

Na formuláři jsou přidány komponenty `TMainMenu` a `TStatusBar`, které uživateli poslouží během práce. Pomocí `TMainMenu` se nastaví základní „menu“ pro práci s programem, neměla by chybět ikona `Soubor -> Otevřít`, pomocí které se načte soubor s daty pro vykreslení 3D objektu. A ikona `Soubor -> Konec`, jenž umožní ukončení programu. Pro použití dalších ikon v menu záleží pouze na programátorovi, které vytvoří. V programu `GeoSZ` je použito ikon `Zobrazení`, `Nápověda` a `O programu`. Pomocí komponenty `TStatusBar` je na liště vypisován informativní řádek, kde jsou vyobrazeny souřadnice `x,y` aktuální pozice myši na formuláři a absolutní cesta souboru.



Obr. 28 Formulář pro práci s OpenGL

Data jsou již uloženy v souboru a připraveny k načtení. V následujících částech je ukázáno, jakým způsobem probíhá v programu `GeoSZ` načítání dat ze souboru a vykreslování na formulář. Nejprve se otevře soubor, který chceme číst a načte se informace ze souboru uložená na první řádce. V té je uložena informace o počtu bodů tvořící 1. polygon, číslo vrstvy, kam polygon patří a informace o barvě polygonu. Na řádcích níže je uveden algoritmus, který zpracovává data ze souboru.

```
while not eof(f) do begin
  readln(f,vrchol,vrstva,redX,greenX,blueX);
  pocetVrcholu:= vrchol-1 ;
  glBegin(GL_POLYGON);
  glColor3f(redX,greenX,blueX);
  for i:=0 to pocetVrcholu do begin
    readln(f,v1,v2,v3);
    glVertex3f(v1,v2,v3);
  end;
glEnd;
```

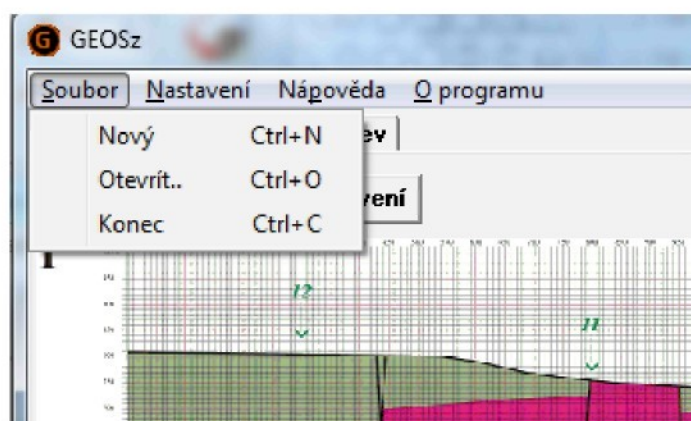
Dokud nebude načten poslední řádek souboru, budou se opakovaně provádět jednotlivé kroky. Nejprve se načte první informativní řádek do proměnných, dekrementuje se `pocetVrcholu`, nastaví se barva polygonu a následovat bude samotné vykreslení polygonu. Vykreslování probíhá v cyklu `for`, který se bude opakovat tolikrát, kolik má vrcholů jednotlivý polygon. V části cyklu `for` probíhá proces, kdy se vykreslují jednotlivé body na formulář a spojí se v jeden polygon. Po načtení a vykreslení posledního bodu polygonu se cyklus `for` ukončí a načte se další informativní řádek o novém polygonu. Proces probíhá do doby, dokud se nedojde na konec souboru.

Polygony jsou již vykresleny na formuláři a zbývá nastavení rotace, ta se provádí natáčením pohledu kamery formuláře `TG1Form` v osách X,Y v závislosti na natáčení myši. Nadefinuje procedura, která při stisku levého tlačítka od myši na formuláři bude aktivní a bude vykonávat akci, při které se při stisku tlačítka budou odečítat aktuální souřadnice pozice myši a přičítat je k pohledu kamery.

3.5 Základní použití programu

V následujícím textu bude představen základní postup pro použití programu GeoSz. Nejedná se o podrobný manuál, ale o rychlý přehled, jak se s programem pracuje.

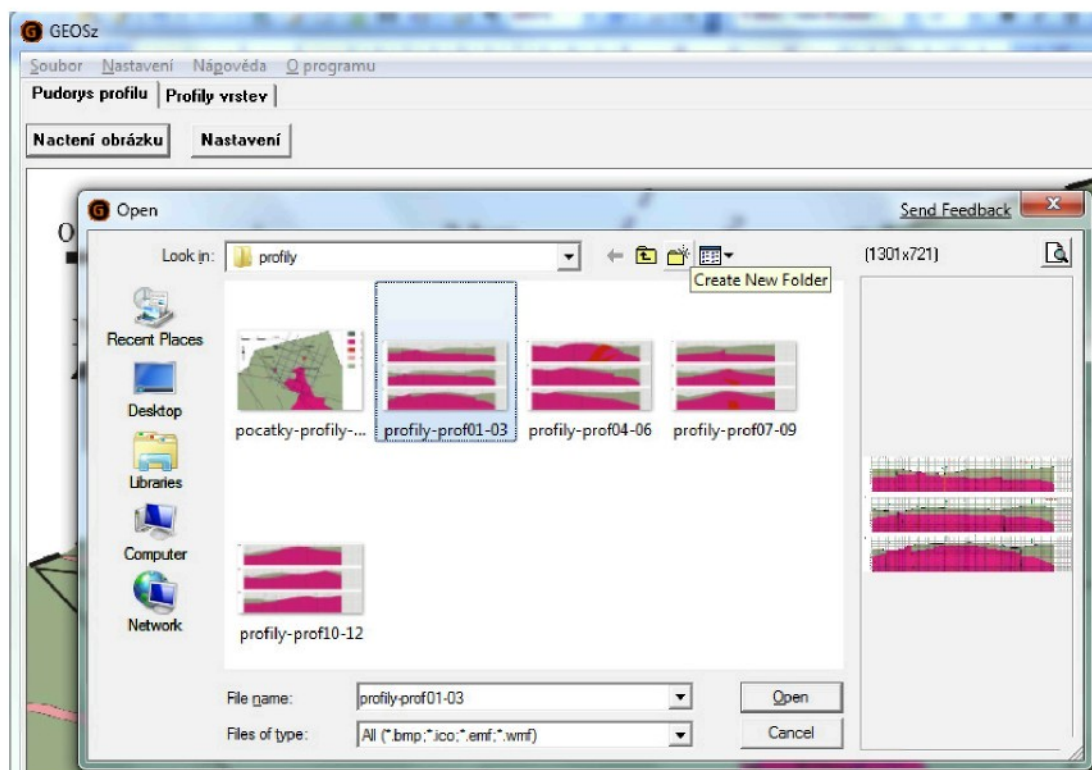
Nejprve je potřeba nadefinovat soubor, kam se budou ukládat data o polygonech jednotlivých vrstev. V nabídce `Soubor` se zvolí možnost `Nový` nebo `Otevřít`. Chceme-li vytvořit úplně nový, neexistující soubor, klikneme na ikonu `Nový`. Pro použití existujícího souboru, kde jsou data již uloženy, klikne se na ikonu `Otevřít`.



Obr. 29 Menu programu GeoSZ

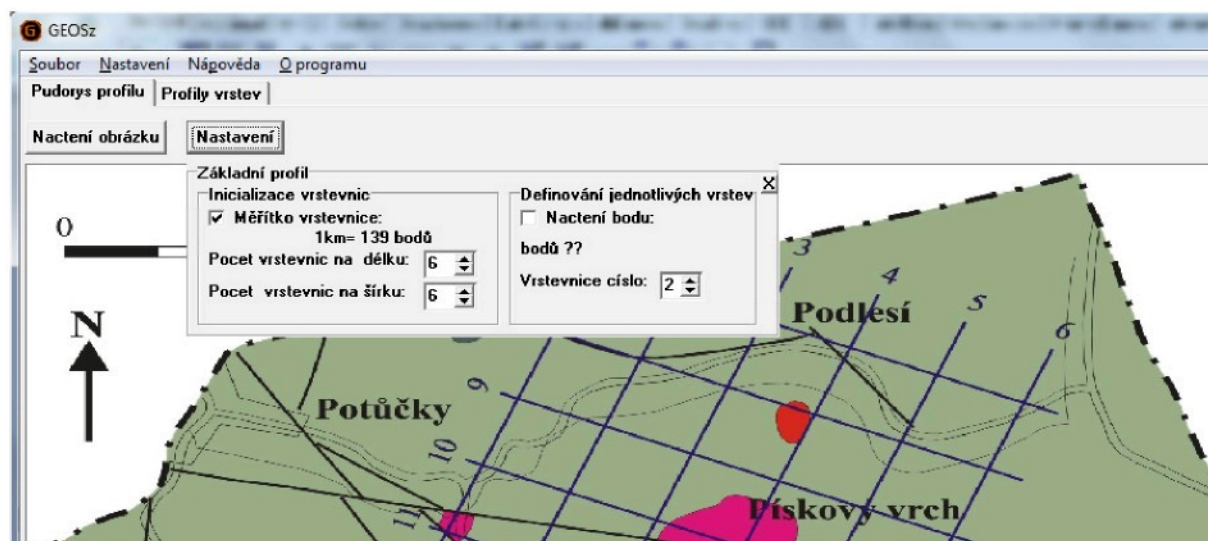
Program má kam ukládat data a proto se může přejít k dalšímu nastavení. Klikne se na záložku `Půdorys profilu` -> `Načtení obrázku`. Otevře se Open picture dialog,

kde je potřeba najít cestu souboru k obrázkům profilu. Vybereme obrázek, kde je uložen půdorys profilu a klikneme na Open. Tím se nám obrázek načte do záložky a je s ním možné pracovat.



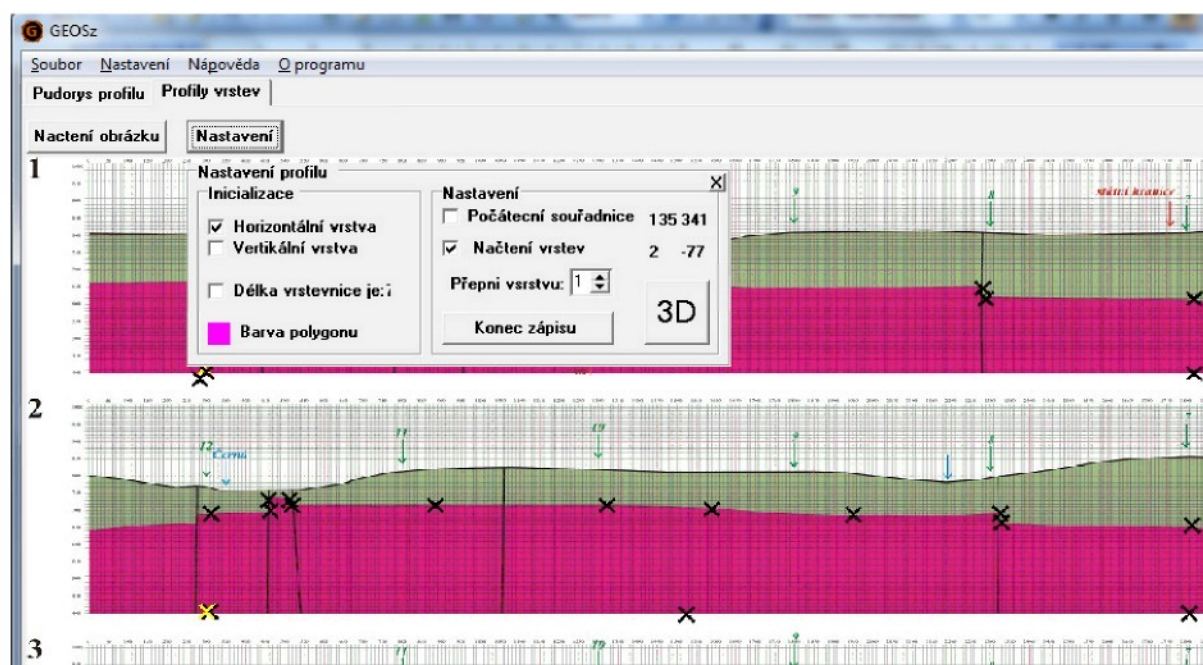
Obr. 30 Načtení obrázku do programu

Přejde se k samotné inicializaci půdorysu profilu. V aktuální záložce klikneme na ikonu „Nastavení“, otevře inicializační okno, kde se nadefinují základní informace o půdorysu obrázku mapy. V části nastavení „Inicializace vrstevnic“ se pomocí kliku na spin edit se určí, kolik je vrstevnic na délku a vrstevnic na šířku na půdorysu profilu. Může se navolit délka vrstevnic v kilometrech a to kliknutím na check box „Měřítko vrstevnice“. Na obrázku se klikne na počáteční bod, kde je vyobrazen začátek měřítka mapy a druhým klikem se klikne se na bod, kde má měřítko mapy hodnotu 1 kilometru. Tím se zjistí, kolik bodů na půdorysu mapy má hodnotu 1 km. Přejde-li se v nastavení do části „Definování jednotlivých vrstev“, ve spin editu si navolíme, jaké číslo vrstevnice se bude inicializovat a teprve kliknutím na check box „Načtení bodu“ se začíná definovat počáteční a koncová souřadnice vrstvy. Body se určí tam, kde vrstva začíná a končí v průsečíku s jinou vrstvou. Pokračuje se do té doby, dokud se nenavolí všechny jednotlivé vrstvy na půdorysu.



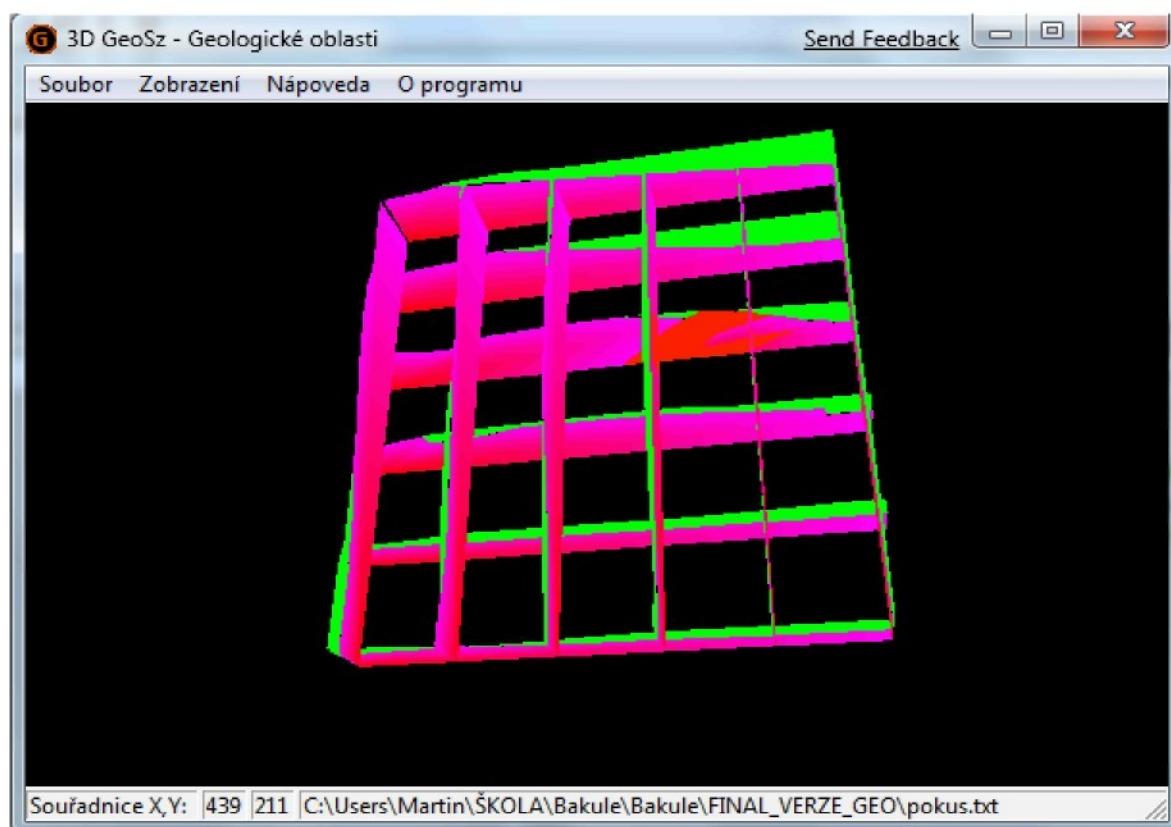
Obr. 31 Nadefinování bodů půdorysu v programu GeoSz

Po nadefinování půdorysu profilu se přejde na záložku „Profily vrstev“. V této záložce se postupuje podobně jako v předchozí záložce. Nejprve se načte obrázek vrstev a poté kliknutím na ikonu „Nastavení“ se začne s inicializací jednotlivých vrstev. V prvním kroku inicializace je nutné nastavit délku vrstevnice. Počáteční bod je v místě, kde se námi inicializovaná vrstva začíná protínat s jinou vrstvou a koncový bod je v místě, kde se inicializovaná vrstva končí protínat s jinou vrstvou. Inicializace délky vrstevnice se provede pouze jednou. Na Obr. 32 je ukázáno, jakým způsobem polygon navolí. Nastaví se barva polygonu a v jaké poloze je aktuální zvolená vrstva, zda ve vertikální nebo v horizontální poloze.



Obr. 32 Nadefinování profilů v programu GeoSz

Ve druhé polovině nastavení se nastavují polygony jednotlivých vrstev. Vždy se musí určit na obrázku počáteční souřadnice, od které se budou dále dopočítávat ostatní polygony. Je-li načtená počáteční souřadnici vrstvy 1 (na obrázku zvýrazněna žlutou barvou), klikne se na check box „Načtení vrstev”. Klikáním levým tlačítkem od myši na obrázku, se postupně kopíruje obvod polygonu, aby se vyznačily jeho důležité body, které poslouží pro následné vykreslování do 3D. Ukončení vyznačování obvodu polygonu se provede stisknutím pravého tlačítka od myši. Přepne se barva vrstevnice na dané vrstvě a pokračuje se dál načítáním obodu polygonu do doby, dokud nebudou načteny všechny polygony na vrstvě 1. Jsou-li navoleny všechny významné polygony na vrstvě 1, v „Nastavení” se přepne na vrstvu 2, opět se označí počáteční souřadnice na vrstvě 2 a celý proces se opakuje, dokud nejsou nadefinovány všechny vrstvy. Jsou-li vrstvy, které uživatel potřebuje navolit, uloženy ve více obrázkových souborech, stačí kliknout na „Načtení obrázku”, obrázek se vloží do záložky „Profily vrstev” a v načtení další vrstev může uživatel pokračovat. Postupným naklikáváním se získávají data polygonech, které se ukládají do souboru.

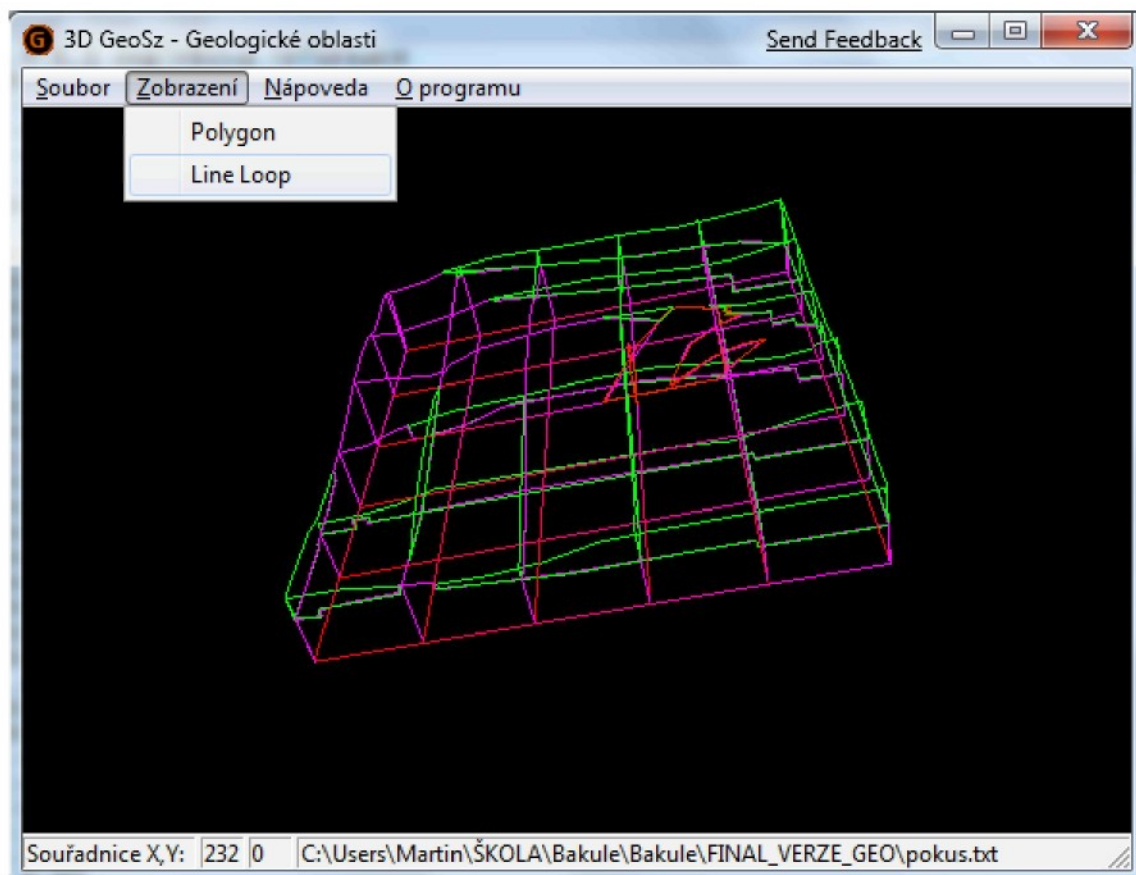


Obr. 33 3D vizualizace v programu GeoSz (polygon)

Jsou-li navoleny všechna potřebná data, může se přejít k samotnému vykreslení obrazové informace do trojrozměrného prostoru. Klikne se na tlačítko 3D. Na Obr. 33 je vidět výsledná trojrozměrná vizualizace polygonů.

Na novém formuláři „3D GeoSZ” se vykreslí složené vrstvy jednotlivých profilů v trojrozměrné podobě a to ze souboru, který byl nastaven na začátku práce v GeoSZ.

V programu GeoSZ existují dva typy vykreslování. Pomocí „polygonu” a pomocí „line”(mřížky). Na Obr. 34 se nachází vizualizace pomocí mřížky. Přepnutí mezi jednotlivými typy se provádí kliknutím na položku Zobrazení -> Polygon/ Line Loop.



Obr. 34 3D vizualizace v programu GeoSZ (Line)

Stisknutím a podržením levého tlačítka od myši nám formulář umožňuje natáčet 3D scénou do různých směrů. Chce-li uživatel prohlížet jiný trojrozměrný model, stačí zvolit položku „menu” Soubor-> Otevřít, tím se otevře dialogové okno, ve kterém bude možno datový soubor vyhledat a zmáčknutím tlačítka „Open” načíst. Pro ukončení trojrozměrné vizualizace slouží položka Soubor-> Konec.

4 Závěr

Na základě zadání bakalářské práce byl vytvořen v grafickém vývojovém prostředí Borland Delphi 7 program GeoSZ, který umožňuje práci s geologickými podklady strukturního geologa. Vlastní program GeoSZ umožňuje zpracování geologických podkladů interaktivní cestou, ze kterých se může vykreslit trojrozměrný obraz.

Získané data z programu jsou uloženy na souboru a lze je tedy kdykoliv použít. Vzhledem k tomu, že byl použit vlastní systém zápisu datové struktury, vykreslování datových struktur ze souboru nebude kompatibilní s jinými programy. Aby tedy program dobře posloužil geologovi, muselo by být dodělán systém pro import a zpracování datových formátů, které se již používají v geologické oblasti.

Na tuto práci lze dále navazovat. Program by mohl umožňovat výpočet obsahů, objemů a hustot u geologických struktur nebo také pracovat s daty získané z GIS systému, pomocí kterých by mohl modelovat sítě oblastí a popisovat tak modely např. koncentrací škodlivin, obsahů složek v horninách, kontaminace území apod.

Samotným uživatelům může sloužit jako pomůcka pro složení trojrozměrných modelů z 2D podkladů, jelikož není nutností, aby obrazové podklady byly geologického charakteru. Pokud nebudou mít žádné podklady, postačí uživatelům jakýkoliv program, který umožňuje editaci formátu .txt a zdrojové data mohou rovnou zapsat do souboru.

V práci jsou uvedeny pouze základní funkce při inicializování OpenGL, které by pouze měly sloužit jako představa, co vše se musí nadefinovat pro správné vykreslování 3D scény. Ve skutečnosti je nastavení funkcí ještě o něco složitější. Záleží pouze na programátorovi, jaké funkce si nastaví, nejen pro vykreslování, ale i pro ovládání objektů. OpenGL umožňuje nejenom pohyb objektů, ale může modelovat i jejich změnu tvaru, pohyb polygonů, detailní nastavování scény, jako je například průhlednost, z-buffering, lighting, cull-facing. V našem programu bylo použito vykreslování 3D objektů, měnění barev, nasvícení a průhlednosti objektů, nastavování pohledu kamery a její natáčení.

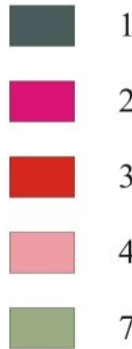
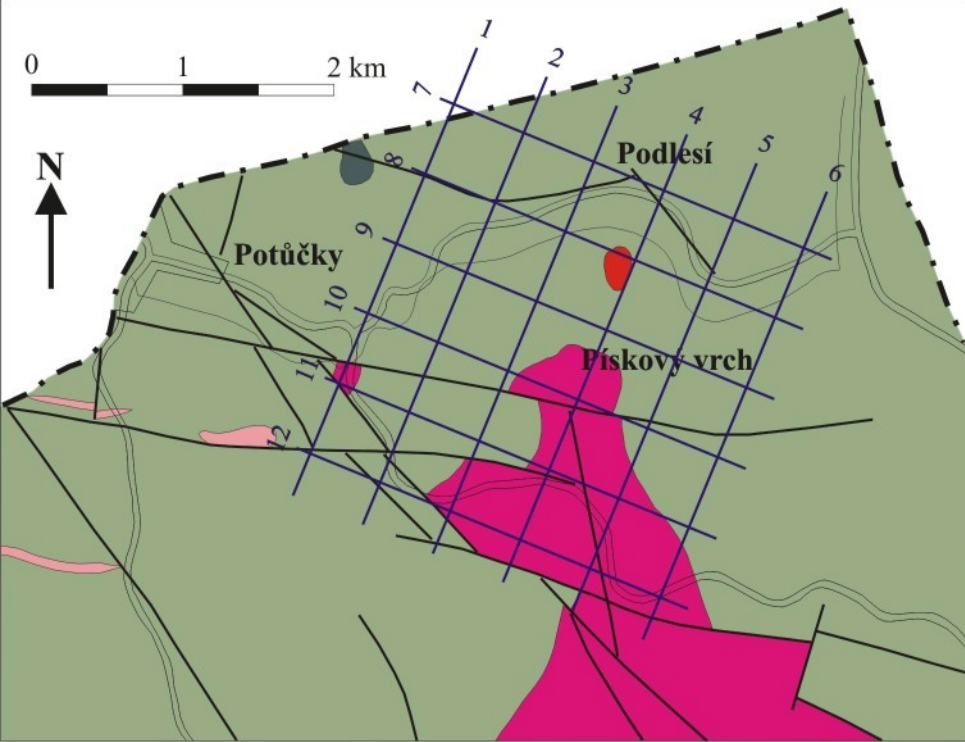
Odborná literatura:

Svoboda L., Voneš P., Konšal T., Mareš M.: 1001 Tipů a triků pro Delphi. Computer Press, Brno, 2003. ISBN: 80-7226-488-5

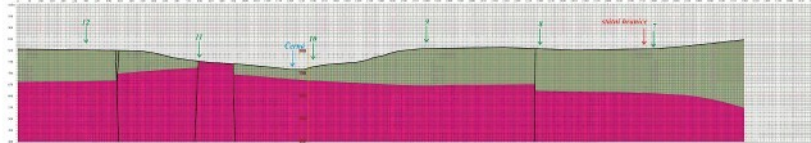
Shreiner D., Woo M., Neider J., Davis T.: OpenGL Průvodce programátora. Computer Press, Praha, 2006. ISBN: 80-251-1275-6

Internetové zdroje:

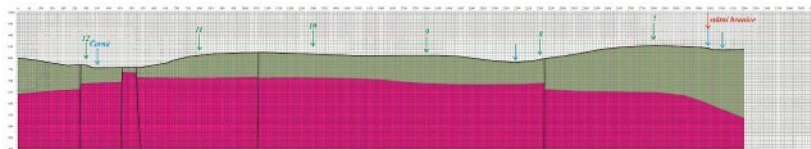
- [1] http://cs.wikipedia.org/wiki/Geologie#Geologick.C3.A9_obory
- [2] <http://www.nndb.com/people/430/000097139/>
- [3] <http://www.gweb.cz/geologie/geologie/>
- [4] <http://www.volny.cz/gepro15/index1.htm>
- [5] <http://www.fine.cz/gint/>
- [6] <http://www.rockware.com/product/supportLobby.php?id=165>
- [7] http://www.geoinformatics.upol.cz/studium/diplomky/Blazek2005/prezentace%20web_s_oubory/page0003.htm
- [8] <http://kengine.sourceforge.net/tutorial/opengl02.htm#ctverec>
- [9] <http://www.falloutsoftware.com/tutorials/gl/gl3.htm>
- [10] http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Prostorova_kartezska_soustava_souradnic.svg
- [11] http://cs.wikipedia.org/wiki/Geografický_informační_systém



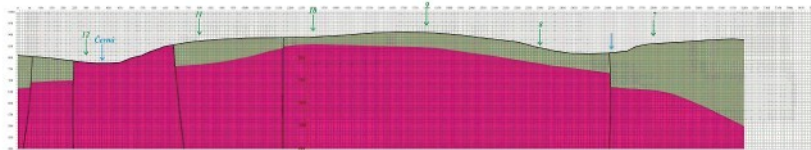
1



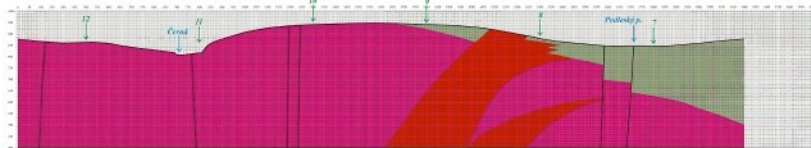
2



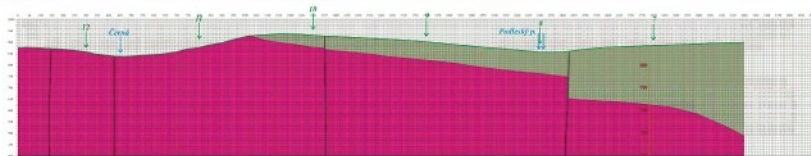
3



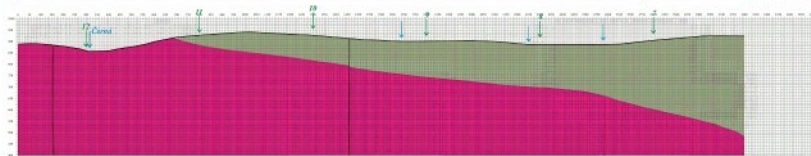
4

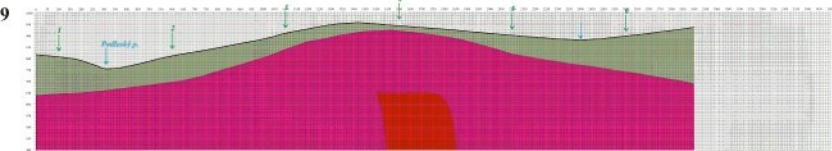
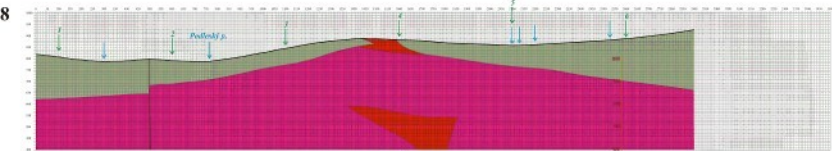
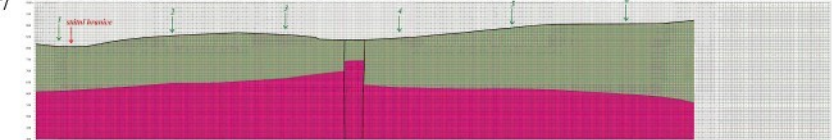


5

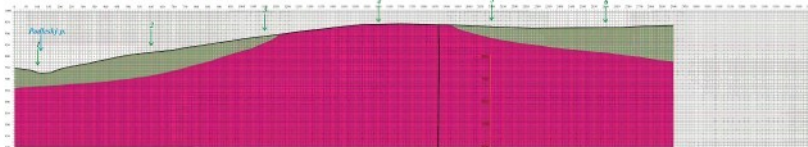


6

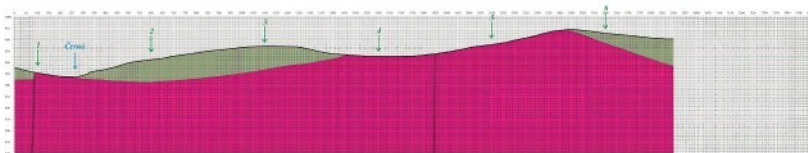




10



11



12

