TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií

Ústav nových technologií a aplikované informatiky
Akademický rok: 2006/2007

Bakalářská práce

Aplikace GIS a CAD systémů pro řešení úloh tvorby a zpracování 3D modelu území

Autor:	Milan Sedlák
Vedoucí práce:	RNDr. Blanka Malá, Ph.D.
Studijní program:	B 2612 – Elektrotechnika a informatika
Studijní obor:	1802R022 - Informatika a logistika

Rozsah práce a příloh:

Počet stran textu: 47
Počet příloh: 4
Počet obrázků: 23

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 BP 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

Prvním úkolem této práce bylo seznámit se z prostředím GIS (Geografické Informační systémy) a vybranými softwarovými nástroji pro tvorbu a úpravu geografických map, nejvíce pak s programem ArcGIS. Dále pak v podobném duchu nastudovat problematiku CAD (Počítačem podporovaný návrh/výkres) a software v této problematice nejvíce využívaný, především AutoCad. Výsledkem nastudování těchto pojmů a potřebných nástrojů byla teoretická kapitola, která ukazuje možnosti obou uvedených programů a kapitola věnující se více prvnímu z uvedených pojmů, tedy GIS. Dalším z úkolů této práce bylo nastudovat modelování objektů z obecného hlediska a shrnout jej v teoretické kapitole. Všechny tyto znalosti poté aplikovat na praktické úloze, která se zabývá propojením dat z ArcGis do AutoCad. Cílem bylo vytvořit metodiku, jak lze vybudovat 3D model území v GIS, CAD nebo kombinací obou systémů, aby splňoval dané požadavky. Teoreticky navrženou metodu pak verifikovat na konkrétních datech z vybrané lokality.

Abstract

The first task of this thesis was to become acquainted with GIS (Geographical Information System) and some software for creating and editing geographical maps mostly with ArcGis. Next was to study CAD (Computer Aided Design/Drawing) in the same way and software mostly used in this section, first AutoCad of all. As a result of studying these topics and used programs was made a theoretical chapter which shows possibilities of two mentioned programs and a chapter which devotes more the first topic - the GIS. The next task was to study modeling objects as common aspect and to sum it in a theoretical chapter of it. Than all these knowledge use in practical task which is dealing with connection of data from ArcGis to AutoCad. Objective was to create procedure, how to construct 3D model of land in GIS, CAD or combination of both system to fulfill given requirements. And then the theoretically propositioned method verify on concrete dates of chosen locality.

Obsah

Abstrakt 4
Obsah 5
Seznam obrázků 6
Úvod 7
1. Stav současného řešení 8
1.1. Možnosti modelování v CAD 8
1.1.1. Modelování v AutoCadu 8
1.1.2. Další CAD programy 12
1.2. Možnosti práce v GIS 13
1.2.1. ArcGis 13
1.2.2. Další GIS programy 14
2. Pojem GIS 16
2.1. Geodata 17
2.1.1. Vektorové zobrazení prostorových dat 17
2.1.2. Rastrové zobrazení prostorových dat 18
2.1.3. Zdroje geodat 19
2.2. Digitální geografická data 20
2.3. Digitální model terénu (DMT) 21
2.3.1. GRID 23
2.3.2. TIN 23
3. Teoretické řešení zadané úlohy 24
3.1. ArcGis - dotazy, vrstvy a exporty 24
3.2. ArcGis – příprava povrchu 26
3.3. AutoCad – tvorba povrchu 27
3.4. AutoCad – tvorba podloží 29
4. Praktické řešení zadané úlohy 30
4.1. V GIS 30
4.1.1. Výběry a SQL dotazy 30
4.1.2. Exporty 32
4.1.3. Vytvoření DMT dané oblasti 33
4.2. V CAD 36
4.2.1. Tvorba povrchu z výškových bodů 37
4.2.2. Tvorba povrchu z vrstevnic 38
4.2.3. Úprava povrchu 40
4.2.4. Tvorba struktury podloží (řezy) 44
4.2.5. Tvorba struktury podloží (šablonování) 45
Závěr 47
Použité materiály 48

Seznam obrázků

Obrázek 1 - AutoCad - Uchopování 9
Obrázek 2 - AutoCad - Důležité panely 10
Obrázek 3 - AutoCad - Metody 3D z 2D 11
Obrázek 4 - ArcGIS 13
Obrázek 5 - Struktura aplikace GIS 16
Obrázek 6 - Vektorový model 18
Obrázek 7 - Rastrový model 19
Obrázek 8 - DMT České republiky 21
Obrázek 9 - Vytvoření GRID, TIN 22
Obrázek 10 - DMT grid a tin (zvětšení) 23
Obrázek 11 - AutoCad - Geologie profilem (vysvětlení) 25
Obrázek 12 - AutoCad - Silueta 28
Obrázek 13 - ArcGIS - Výběr podle umístění 31
Obrázek 14 - ArcGis - SQL dotaz 32
Obrázek 15 - ArcGis - Tvorba TIN 34
Obrázek 16 - ArcGis - Vrstevnice do 3D 36
Obrázek 17 - Funkce DTM 38
Obrázek 18 - Vrstevnice a výsledný povrch 40
Obrázek 19 - AutoCad - Ježek 41
Obrázek 20 - Výběr části a model po úpravách terénu 42
Obrázek 21 - Finální těleso s 3D řezy 44
Obrázek 22 - AutoCad - Tvorba trajektorie 45
Obrázek 23 - Civil 3D -Regrese 46

Úvod

V dnešní době počítačového světa se tvorba klasických map a všemožných geologických studií začíná pomalu, ale jistě vytrácet a je nahrazována především tvorbou v geografických informačních systémech. Nelze říci, že by se z klasické papírové mapy nedaly vyčíst potřebné informace, ale představte si, že prohlížíte plány krajiny a potřebujete urychleně zjistit kolik procent z povrchu zabírá vodstvo. Určitě existují tabulky někde v šanonu ve skříni, ve kterých jsou takovéto informace uvedeny, ale vy tu informaci potřebujete ihned. Takovéto a mnohem složitější informace lze obdržet od geografických informačních systémů, které je nemají uloženy v databázích, ale mají prostředky na získávání takových a podobných informací ze zadaných dat. Tato práce se nezabývá přímo tvořením geografických map, ale převedením již hotových grafických výstupů s atributovými daty z těchto informačních systémů do nástrojů, kterými je možné tyto výstupy vylepšit a rozšířit. Důvod proč tato úloha vůbec vznikla je, že v GIS není možné prostorově zobrazovat data a vytvořit tak model území i s podložím pod povrchem a provést jeho vizualizaci. Úkolem této práce je tedy najít možnosti jak propojit dva rozdílné, ale ne příliš vzdálené světy CAD a GIS.

V první kapitole se čtenář nejdříve seznámí s možnostmi modelování v CAD aplikacích a tvorbě v GIS aplikacích, nástroji nejvíce využívanými k těmto problematikám a jejich základními funkcemi. Obojí pouze ve zkrácené podobě k uvedení do problému a porozumění dalšímu textu. V další kapitole je podrobněji rozveden pojem GIS jako vědecká disciplína. Jeho složení a struktura, dále možnosti zobrazování grafických dat a jejich ukládání v digitální formě. V dalším textu je rozebráno jak obecně získat model území. Jak získat data pro jeho modelování, jak je upravit . V kapitole teorie řešení je rozebrán problém při přechodu mezi GIS a CAD aplikací a rozvržení teoretického plánu pro konkrétní zadanou úlohu.

Tyto získané znalosti a plány jsou poté aplikovány na konkrétní úlohu na tvorbu 3D modelu území, která je rozdělena do dvou již zmiňovaných skupin CAD a GIS. Je zde na dodaných datech prakticky uvedeno jak data připravit při přechodu z jedné aplikace do druhé a následně jejich úprava při přetváření na 3D model.

1. Stav současného řešení

V této části práce je uvedeno několik faktů o současných možnostech a trendech 3D modelování v CAD (Computer Aided Design) a GIS (Geographical Information System), jaký software a jeho nadstavby v dnešní době existují a jaké metody lze k modelování použít. Zároveň v této kapitole uvedu několik pojmů, které se budou během práce v textu objevovat.

Navzdory tomu, že pojmy GIS a CAD jsou hodně spojovány nejsou tak sourodé jak by se mohlo na první pohled zdát. Oba systémy se zaměřují na vykreslení reálných grafických výstupů. CAD se používá především při návrzích konstrukcí staveb, strojů a nejrůznějších elektroprojekcí. CAD programy umějí zpracovávat i mapové podklady, ale bez možnosti analýzy dat. GIS z pohledu počítačového programu se používá na zpracování geografických dat a jejich prezentaci, dále jdou v tomto nástroji data nejrůzněji zkoumat a prostorově analyzovat, přičemž jsou brány v potaz jejich prostorové vztahy. Jedním z cílů této práce bude najít mezi nimi nějaké spojení a pokusit se o import dat z libovolné CAD aplikace do programu pracujícího s GIS.

1.1. Možnosti modelování v CAD

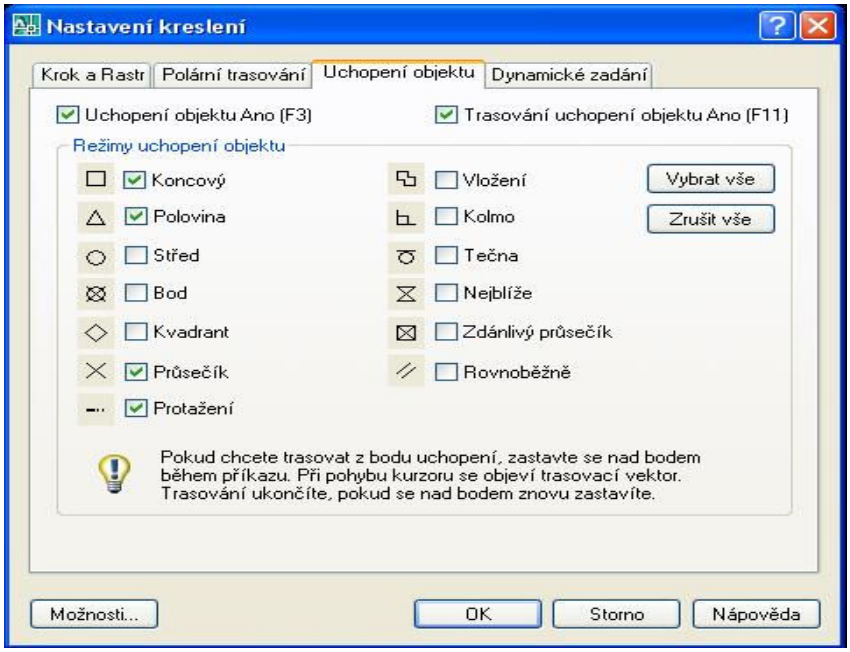
Na trhu s CAD nástroji v současné době existuje veliká konkurence, ale všeobecně nejvíce rozšířenými nástroji jsou AutoCad a Invertor od firmy Autodesk, Pro/Engineer od firmy PTC a dále Catia od firmy Dassault Systemes. Další nástroje z oblasti Open Source jsou například: ProfiCAD, gCAD3D, či QCAD, který byl ve svých prvních verzích volně stažitelný, od verze 2 již nikoliv. V dalším textu více rozeberu AutoCad, který jsem při tvorbě bakalářské práce nejvíce využíval, další programy již jen krátce. Jo to velmi dobře uživatelsky přívětivý a intuitivní program, který se ve větší míře využívá k výuce CAD ve školách. Vedle jeho mnoha dalších možností jsem nejvíce využil modelování těles jak 2D tak 3D.

1.1.1. Modelování v AutoCadu

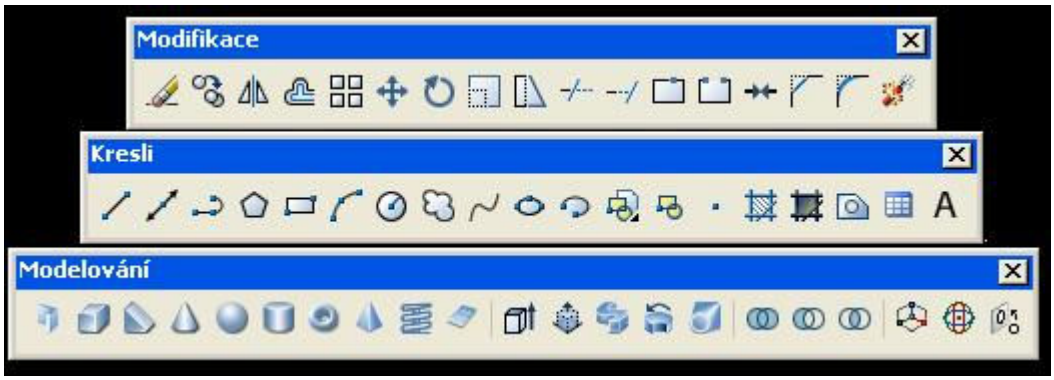
Jedna z hlavních potřeb při modelování jak v 3D tak 2D jsou pohledy. V AutoCadu je k tomu určen celý panel nástrojů. Jsou zde všechny základní pohledy v 2D tj. zprava, zleva, shora, zespoda, zepředu a zezadu a dále i pohledy pro 3D tj. jihozápad, jihovýchod,

severovýchod a severozápad. Dále je možné tvořit vlastní pohledy a kamery s vlastním systémem souřadnic, stylem zobrazení či pozadím.

V AutoCadu lze modelovat dvěma základními způsoby. Lze nakreslit výkres ve 2D a pak pomocí několika různých funkcí přetvořit na 3D, nebo vytvářet rovnou 3D objekty a dále je pak upravovat. V první variantě lze využít základních funkcí jako úsečka, přímka, kruh, křivka atd. (viz obr.: důležité panely), které lze vyvolat panelem nástrojů, nebo rovnou psát do konzole pod výkresovým oknem. Všechny tyto tvary lze na sebe napojovat velice vydařeným systémem uchopování (viz obr.: Obrázek 1 - AutoCad - Uchopování). Všechno kreslení probíhá ve zvoleném souřadném systému. Jednotlivé objekty lze od sebe navzájem ořezávat, zrcadlit, kopírovat, protahovat nebo je sjednocovat a vytvářet tak výslednou potřebnou strukturu. Velice důležitou funkcí je použití měřítka, kterým lze především změnit velikost objektu nebo ho lze využít ke kopírovaní zmenšeniny daného objektu, což se využije například pro šablonování. Při použití funkce křivka se tento objekt chová jako jedno těleso i když se na první pohled může zdát, že je složen z několika úseček. Může se stát, že při modelování bude ku potřebě jen určitá část této křivky, tedy jen některé úsečky, ale nelze k nim jednotlivě přistoupit. Zde se nejlépe uplatní funkce rozložit, která rozebírá vybraná tělesa (objekty) na jednotlivé úsečky. Všechny zde uvedené funkce se nachází na panelu modifikace na následujícím obrázku (viz. obr.: Obrázek 2 - AutoCad - Důležité panely).



Obrázek 1 - AutoCad - Uchopování

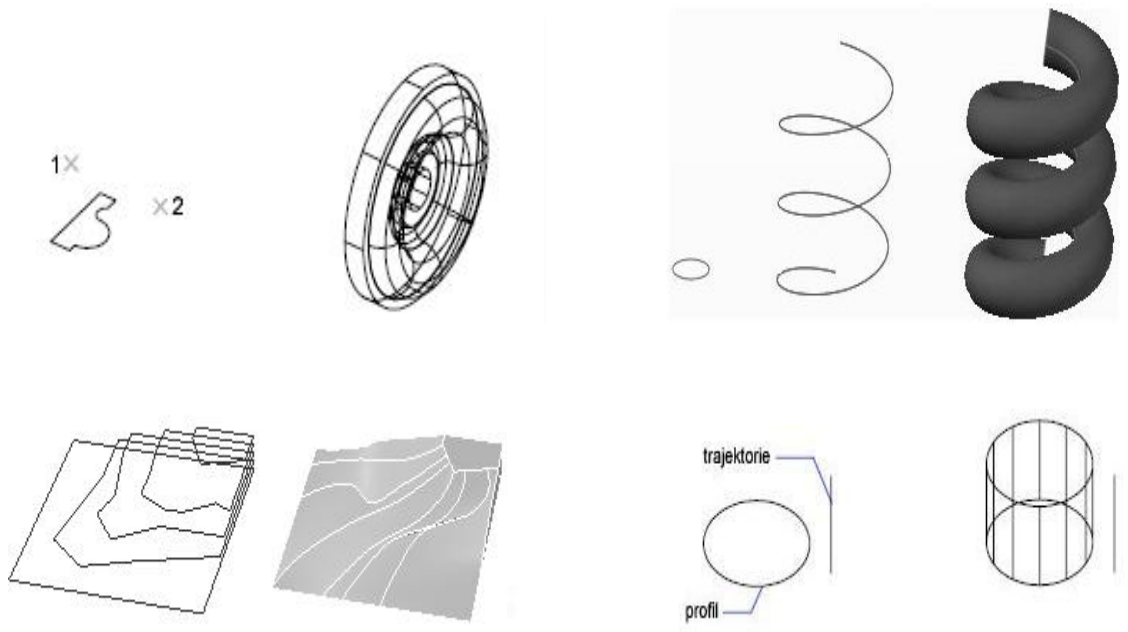


Obrázek 2 - AutoCad - Důležité panely

Takto vytvořenou strukturu je třeba „pozavírat“, aby tvořila uzavřené oblasti a pomocí příkazu Oblast, převést tyto zatím pouze křivky na jeden, nebo více sloučených objektů. Celou práci na jednom, nebo více objektech, které hodláme později převést do 3D je třeba od počátku směřovat na tu či onu metodu kterou chceme pro převedení použít. Tyto metody jsou např.: vytažení, rotace, šablonování (viz obr.: Obrázek 2 - AutoCad - Důležité panely - Modelování).

Popis jednotlivých metod nejvíce vystihují následující obrázky (viz obr.: Obrázek 3 - AutoCad - Metody 3D z 2D). V levé horní polovině obrázku je vidět z jaké lze například struktury rotováním vytvořit 3D objekt. Stačí vybrat nakreslený 2D objekt jedním ze dvou způsobů aktivovat funkci rotuj a následně vybrat osu rotování. Po tomto výběru je dále možné rotovat pouze o zvolený úhel a ne o celých 360°, což se může v mnoha případech hodit. Vpravo od rotování je obrázek k funkci tažení. Touto funkcí lze jednoduše vytvořit například pružinu. Pro tažení stačí zadat ve 2D, nebo 3D trajektorii a jako objekt vytažení vybrat cokoliv od úsečky po plochu (lze i rovinnou 3D plochu). Další velice chytrou funkcí je na obrázku vlevo dole funkce šablonování. Zde je za potřebí zadat několik průřezů, či křivek v 3D souřadnicích, které naznačují výsledné těleso, které chceme vytvořit. Po vybrání průřezů je možnost vybrat ze tří funkcí : trajektorie, vodící nebo pouze průřezy. Trajektorie má podobnou funkci jako tažení, ale na rozdíl od něho lze objekt pomocí daných průřezů zeslabovat i uprostřed tělesa. Ve volbě vodící se zadává více vodících čar, které popisují výsledné těleso, avšak je třeba aby tyto čáry začínaly v počátečním průřezu a končily v posledním, tedy koncovém průřezu. Třetí možností při použití šablonování tj. pouze průřezy otevře nabídku na zvolení kreslících úhlů, vyhlazení nebo přímkové vykreslení a zda těleso ukončit či ne. Poslední funkcí na obrázku vpravo dole je z uvedených funkcí nejjednodušší a

nejvíce užívanou: vysunutí. Jedná se pouze jednoduché vysunutí objektu určitým směrem nebo trajektorií zadanou téměř jakoukoliv křivkou. Po tomto tažení je možné objekt zadáním kladného úhlu zešikmit a nebo zadáním záporného úhlu rozšířit.



Obrázek 3 - AutoCad - Metody 3D z 2D

Některé z těchto metod se můžou zdát zbytečné, při modelování druhým způsobem, tj. přímé kreslení 3D objektů. Na druhou stranu je třeba si uvědomit, že v některých případech užití těchto objektů nelze dosáhnout takových parametrů a tvarů, jako při modelování ve 2D a následnou úpravou do 3D, tou či onou funkcí.

Nástroje pro modelování ve 3D se nachází na již několikrát zmiňovaném panelu modelovaní (viz obr.:Obrázek 2 - AutoCad - Důležité panely). Nachází se zde celá řada geometrických těles, které není třeba dále popisovat. Při kreslení tělesa se v konzoly programu otevírá pro každé těleso jednoduchá nabídka čekající na výběr z několika možností, jimiž jde těleso vykreslit nebo s již předem přednastavenou možností. Dále je třeba do nabídky vyplnit rozměry a úhly daného tělesa. Velice důležitou částí na panelu modelování je skupina tří ikon s překrývajícími se kružnicemi. Sjednocení, rozdíl a průnik jsou často používané funkce vzhledem k tomu, že jsou to jedny z mála možností jak hotové těleso následně upravovat. Sjednocení je způsob jak pomocí dvou či více těles dosáhnout potřebné struktury. Například sjednocením jehlanu a krychle lze vytvořit opravdu jednoduchý model domku. Funkci rozdílu lze použít například při tvorbě duté tyče. Je zapotřebí dvou válců

s rozdílnými průměry, vsazenými do sebe a jejich odečtení. Výběr těles při rozdílu probíhá v posloupnosti : výběr tělesa od jakého tělesa se bude odečítat a následný výběr odečítaného tělesa. Třetí možností jak upravovat 3D tělesa je průnik dvou, nebo více těles. Princip je stejný jako klasický matematický průnik například dvou množin. Průnikem je to co mají dvě množiny(tělesa) společné. Další skupinou funkcí na panelu modelování jsou 3D posun, 3D otočení a 3D srovnej. První dvě jsou jednoduché funkce na posunutí a otočení. V 3D otočení lze jednoduše vybrat jednu ze tří souřadnicových os nebo osu otočení vybrat přímo na objektu. Více prostoru je třeba věnovat třetí z nich, která je při kreslení hojně využívaná. Pro představu spojuji trubkové vedení a jednotlivé trubky mám nakreslené zvlášť jednu vedle druhé, dále mám nakresleny křižovatky a rozdvojení vedení každé s jiným úhlem. Místo zjišťování o kterou křižovatku nebo rozdvojení se jedná a o jaký úhel je třeba napojovanou trubku natočit, lze efektivně využít 3D srovnej. Je třeba pouze zvolit referenční bod otáčení a poté cílové dva body kam daný objekt přichytit. To by bylo z této kapitoly vše.

1.1.2. Další CAD programy

Pro/Engineer – Konkurenční program v předchozí kapitole zmiňovaného AutoCadu. Spojuje oblasti konstrukčních řešení CAD, CAE a CAM. Používá se pro návrh konstrukčních prvků v automobilovém, stavebním či leteckém průmyslu. Je hojně využívaným firmami k tzv. digitálnímu prototypu tzn. tvorbě modelu od prvopočátku až k výstupu na pracovní linku.

Využití:

- návrhy designu
- koncepční návrhy
- výrobní dokumentace

Qcad - Na rozdíl od výše uvedených programů Qcad pracuje pouze ve 2D. Navíc je open source takže je volně stažitelný. Je zde velice intuitivní uživatelské rozhraní, z toho plyne že není třeba rozsáhlých znalostí CAD pro využívaní tohoto nástroje. Je dostupný pod všemi pod všemi využívanými operačními systémy (Windows, Linux, Mac OS, Unix).

Využití:

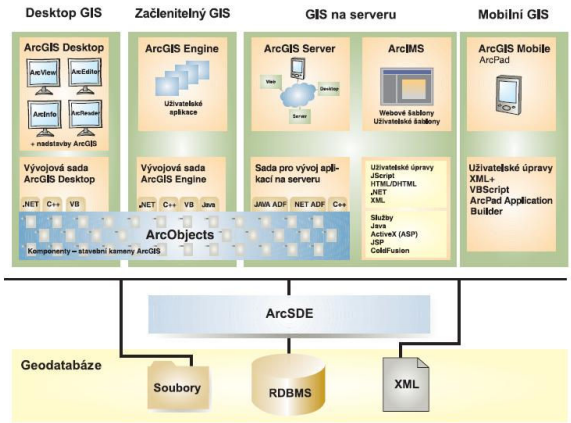
- plány budov, interiérů a částí strojů
- tvorba schémat a diagramů

1.2. Možnosti práce v GIS

Pojmem GIS jako vědeckou disciplínu více rozeberu v následující kapitole 2, zde se budu zabývat vývojovými nástroji pro GIS tvorbu . Software používaný na tuto problematiku zažívá v poslední době (cca 10 let) obrovský rozmach, proto je ho v dnešní době velké množství. Tato kapitola obsáhne jen malou část z nich, používané ve větší míře. Programy se zde také dají rozdělit na komerční a volně stažitelné. V odvětví komerčního software vystupuje především řada velkých firem v čele s ESRI a jejich projektem ArcGIS, dále pak AutoDesk s programy Map3D, civil 3D, nebo Topobase. V odvětví free software se nejvíce ujaly programy GRASS, Quantum GIS a PostGIS.

1.2.1. ArcGis

ArcGIS je celý balík programů, který se skládá z produktů ArcView, ArcEditor (pokročilejší editační nástroje, topologie), ArcInfo (plná funkcionalita GIS), ArcIMS (řešení pro internet) a ArcSDE (řešení pro správu geografických dat v relační databázi). Tento balík nejlépe vystihuje následující obrázek.



Obrázek 4 - ArcGIS

V podstatě hlavní částí ArcGIS je desktopový rozcestník Arcview, který slouží jako vizualizační nástroj pro jednodušší řešení problémů v GIS. Dále zprostředkovává přístup k dalším aplikacím ArcGIS. Arcview je rozdělen na tři časti (samostatné aplikace ArcMap, ArcCatalog, ArcToolbox). V aplikaci ArcMap můžete data zobrazovat, dotazovat se na ně, provádět nejrůznější analýzy, vytvářet výkresy a tisknout výsledné mapy. ArcCatalog nabízí nástroje pro správu, tvorbu a organizaci geografických a tabelárních dat. V aplikaci ArcToolbox máte k dispozici základní nástroje pro konverzi dat. ArcGIS podporuje většinu dostupných formátů. Další velice důležitou částí ArcGIS je ArcInfo. To je plně funkční GIS nástroj pro složitější prostorové operace. Firma ESRI považuje ArcInfo za svoji vlajkovou loď. Dále zde jsou možná nejrůznější rozšíření a volitelných nadstaveb. Je možné tvořit i vlastní nadstavby.

Využití:

- Interaktivní tvorba map, návrh a tvorba
- Dotazování na mapu
- Upravitelný aplikační rámec
- Přímé čtení datových formátů
- Tvorba a správa geodatabáze (editace, kompilace)

1.2.2. Další GIS programy

AutoDesk Map 3D

Nástroj pro mapování, přípravu, údržbu a analýzu geoprostorových dat. Kompletní řešení pro tvorbu map a topologickou analýzu, pro GIS a FM (správu majetku), založené na objektové bázi AutoCADu.

Využití:

- Asistovaná digitalizace dat - včetně přímé vazby na databázi
- Topologický model ukládaný v DWG nebo Oracle Spatial databázi

- Síťová analýza (nejkratší cesta z A do B, okolí, dosah...)
- Tvorba tématických map
- Analytické funkce, SQL dotazy a satelitní snímky, ...)
- Import/export souborů MicroStation (DGN), ArcInfo, MapInfo, ...
- Spousta dalších možností

Quantum GIS (QGIS)

Slouží k zobrazení geografických dat. Již ve svém základu má velké množství prostorových funkcí, ale ty lze i dále přidávat pomocí přídavných modulů. Původně konstruovaný pro Linux. Novější verze již pracují s windows.

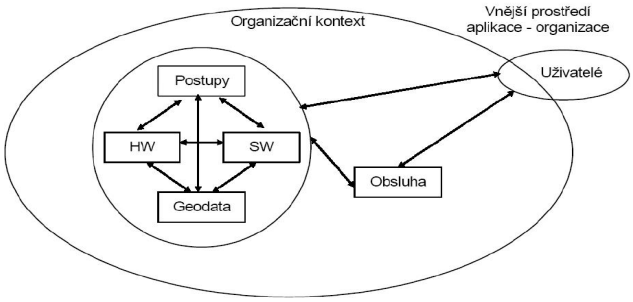
- podpora všech vektorových formátů obsažených v knihovně OGR,
- podpora všech rastrových formátů obsažených v knihovně GDAL,
- propojení s PostGIS databází,
- propojení s GRASS a možnost provádět prostorové analýzy,
- ze zobrazovat atributové tabulky vybraným geografickým prvkům,
- popisy geografických prvků,
- export do map souboru používaného MapServerem,

2. Pojem GIS

Jak již bylo zmíněno Geografický Informační systém se používá pro získávání, ukládání, analýzu a vizualizaci dat, která se vztahují k povrchu země. Lze vytvářet modely zemského povrchu a ty pak využívat jak v oblasti databázové tak grafické analýzy. Jednotlivé objekty na zemském povrchu se navzájem ovlivňují a pomocí GIS aplikace se dá využít jejich prostorových souvislostí před určitým zásahem v krajině. Tabulkový procesor dokáže vhodně zvoleným dotazem odpovědět na celou řadu otázek, či vytvořit přehlednou tabulku s výsledkem. Nelze jím ale odpovědět na řadu složitějších dotazů. Např. kolik obyvatel žije v zadaném okruhu a jaký je jejich průměr na kilometr, kolik procent z určitého územního celku zabírají silnice a dálnice, nebo možnost zobrazit si na mapě všechna parkoviště ve vybraném městě. Oblasti použití GIS:

- správa inženýrských sítí
- marketingové analýzy
- modelování jevů v území
- kartografie
- a spousta dalších

Strukturu aplikace GIS vystihuje následující obrázek. Můžu v ní vyčíst 7 základních složek, které je třeba vyvážit.



Obrázek 5 - Struktura aplikace GIS

Nejvíce důležité je mít připravený organizační kontext s pevně daným cílem, čeho se snaží uživatel dosáhnout a správnou volbu technických a programových prostředků. Jak již z obrázku vyplývá velice důležitou součástí GISu, kromě software, technických prostředků a uživatelů se svými znalostmi a metodikami jsou geodata.

2.1. Geodata

Jsou základem každého GIS systému. Skládají se z jednotlivých geologických objektů přímo, nebo nepřímo se vztahujících k povrchu země, které lze počítačově zpracovat. Jejich základní dělení je na prostorová a atributová. Atributová data jsou např. název řeky, nadmořská výška, nebo číslo silnice. Pro druhou skupinu tedy pro prostorová data je typické, že se vztahují k určitým místům v prostoru, a pro která jsou na potřebné úrovni rozlišení známé lokalizace těchto míst. O geografických prostorových datech můžu říci, že přesně zaznamenávají polohu daného objektu, nejčastěji zeměpisnou šířkou a délkou . Způsoby jak zobrazit prostorová data jsou dva: vektorové a rastrové zobrazení.

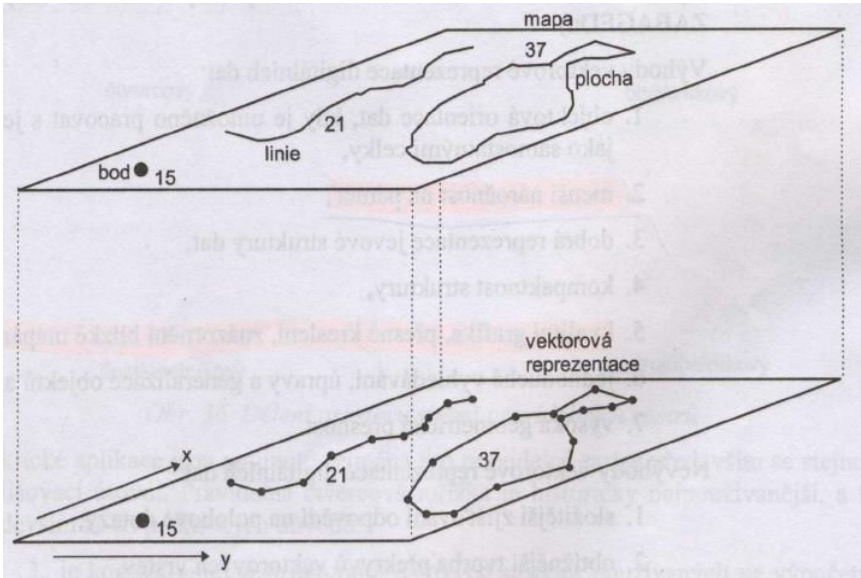
2.1.1. Vektorové zobrazení prostorových dat

Vektorový model je složen z jednotlivých geoprvků, které jsou graficky vyjádřeny jako vektory. Těchto vektorů jsou tři typy: bodové, liniové a plošné.

Zobrazení objektů:

- bezrozměrný objekt – bod, který je určen souřadnicemi (např. horský vrchol)
- jednorozměrný objekt – vektor, nebo řetězec vektorů (např. vrstevnice)
- dvojrozměrný objekt – plocha, kterou tvoří uzavřený řetězec (jakákoliv plocha)
- trojrozměrný objekt – používají se výjimečně, používá se DMT

Atributy geoprvků jsou zpracovány jako relační databáze s texty, čísly a odkazy na další relace, což umožňuje jejich lepší analýzu a zároveň se velice šetří místem.



Obrázek 6 - Vektorový model

Typy vektorových modelů:

Špagetový model

- je zde pouze jeden heterogenní seznam objektů o dvou položkách: typ objektu a parametry objektu. Nebere se ohled na počet dimenzí. Není zde žádná informace o topologii objektů, proto je pro analýzu nevhodný

Hierarchický model

- zde se již bere v potaz počet dimenzí a data se ukládají hierarchicky. Vychází z jednoduché úvahy, že linie je složená z několika bodů a plocha z několika linií

Topologický model –

- u tohoto modelu se ukládají pouze body a linie a je zde i informace o jejich orientovanosti

2.1.2. Rastrové zobrazení prostorových dat

Rastrových modelů jsou dva základní druhy, a to pravidelný a nepravidelný. Nepravidelný model si můžeme představit jako síť různých geometrických tvarů různé velikosti. V častěji používaném pravidelném modelu se používá čtvercová síť, která je pravidelně uspořádána do řádků a sloupců. Každý čtverec nese několik informací, proto se

data dají rychle vyhledávat. Rozlišení modelu je dáno velikostí jednotlivých čtverců v rastru. Je tedy možné obrázek v podstatě do nekonečna vylepšovat, je třeba ale vzít v potaz, že při zmenšení strany čtverce o polovinu se rastr zvětší kvadraticky.

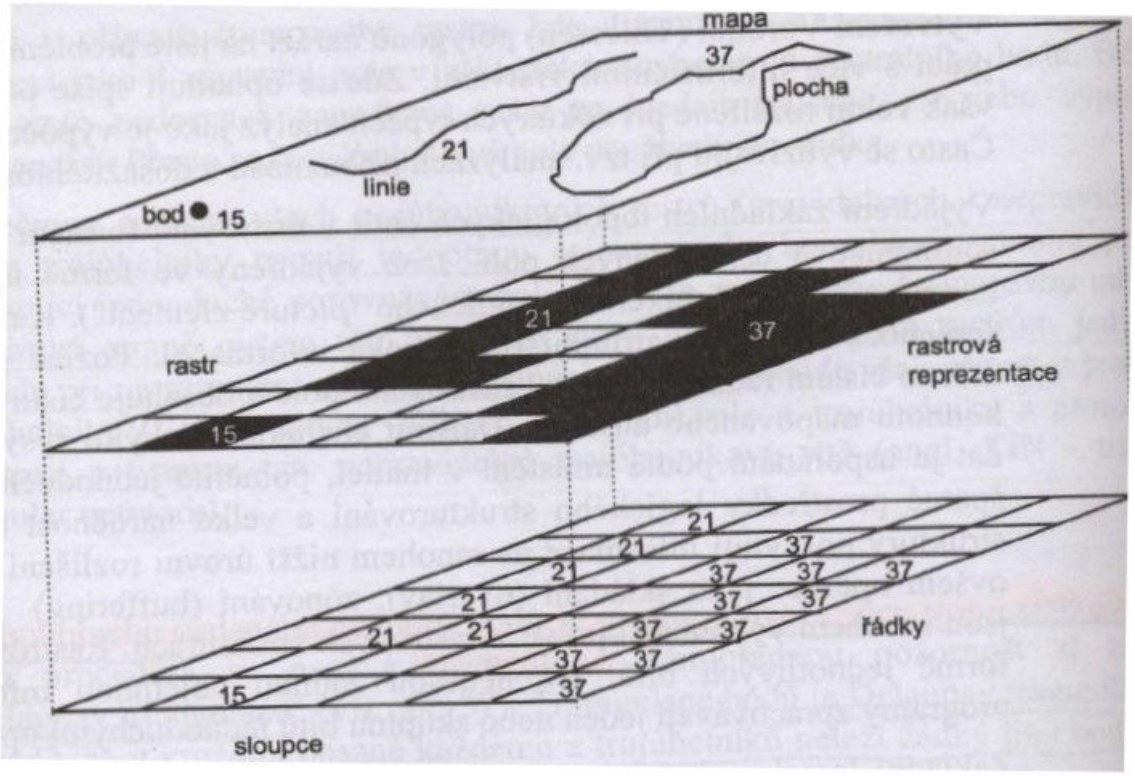
Typy rastrových modelů:

Výčtového typu

- v tomto modelu se nachází překládací tabulka, která má v sobě dvě hodnoty: nejčastěji celočíselný kód a ke každému kódu uveden údaj. Všechny plošky rastru mají přidělen tento kód.

Hodnotového typu

- Každá buňka rastru nese informaci o diskretizované hodnotě spojité veličiny, která může teoreticky nabývat nekonečného počtu hodnot.



Obrázek 7 - Rastrový model

2.1.3. Zdroje geodat

- **základní kartografická data** – nejlepším zdrojem jsou klasické papírové mapy neskenováním převedené do rastru

- **katastrální data** – důležité údaje o pozemcích a jejich vlastnících
- **tématická oborová data** – data o přírodních zdrojích (vodohospodářská mapa, geologické mapy)
- **registry** – negrafická data s nepřímou lokalizací sloužící pro jednoznačnou identifikaci objektů prostorových i neprostorových dat.
- **statistické údaje (cenzální data)** – negrafická data typu : demografie, hospodářství, nezaměstnanost, daňová výtěžnost, doprava a komunikace
- **digitální modely terénu (DMT)** – obsáhlejší téma, které je rozvedeno v celé kapitole

2.2. Digitální geografická data

Digitální ekvivalenty státního mapového díla. V České republice vznikají dva hlavní konkurenční projekty.

ZABAGED

Jedná se o digitální topografický model České republiky odvozený ze Základní mapy České republiky. Tato zkratka znamená : základní báze geografických dat. Vzniká a je upravován na základě usnesení vlády. Je spravován Českým zeměměřičským a katastrálním úřadem. Je tvořen 106ti geografickými objekty zobrazenými v databázi. Objekty jsou strukturovány do 8 základních tříd:

- Sídla, hospodářské a kulturní objekty
- Komunikace
- Rozvodné sítě a produktovody
- Vodstvo
- Územní jednotky
- Vegetace a povrchy
- Terénní reliéf

- Geodetické body

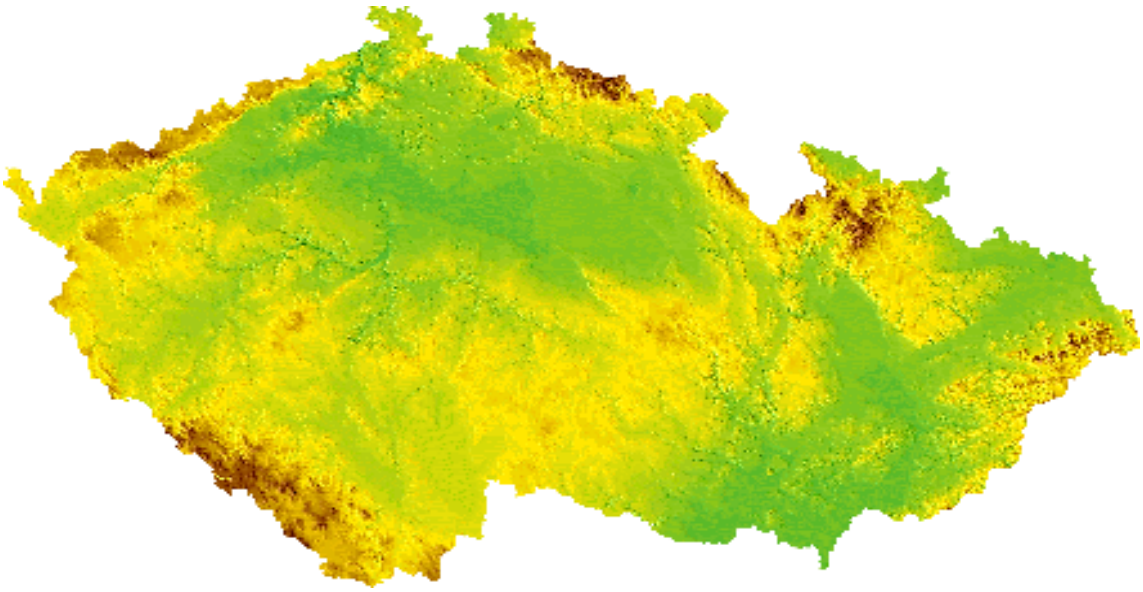
DMÚ

Zkratka DMÚ znamená digitální model území. Je součástí vojenského informačního systému a je vytvářen pod Výzkumným ústavem geodetickým, topografickým a kartografickým. Jedná se o soubor geografických informací uchovávaných ve vektorové formě.

- DMÚ 25 – Označení 25 znamená měřítko1:25000
- DMÚ 200 - Označení 25 znamená měřítko1:200000

2.3. Digitální model terénu (DMT)

Pro realizaci analýzy některé uvedených činností v kapitole 2, je třeba dobře znát reliéf krajiny. K tomuto účelu se zpracovávají tzv. digitální modely terénu (DMT). DMT je pro nás jak je již v kapitole geodat uvedeno zdroj geografických dat. Kromě geometrie povrchu v tomto modelu lze i zobrazovat nejrůznější informace, jako u klasické papírové mapy: umístění přírodních i umělých objektů, hranice správních celků, hranice povodí, apod.



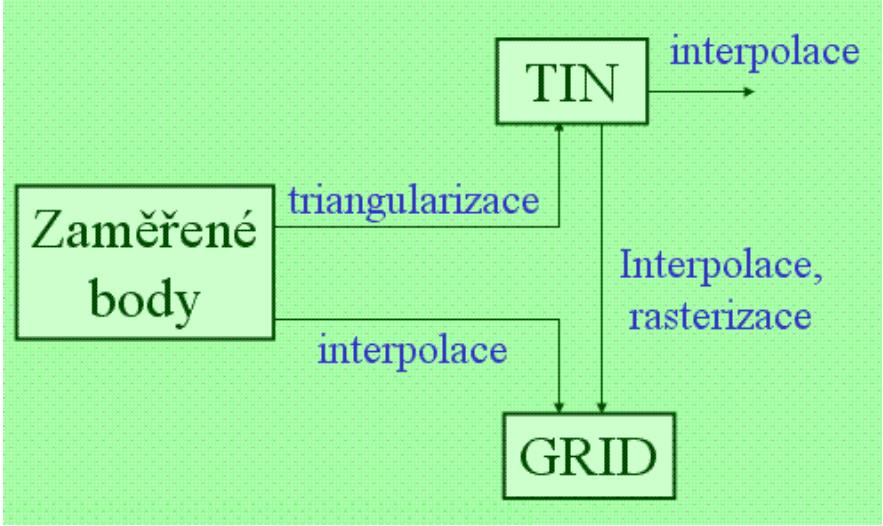
Obrázek 8 - DMT České republiky

Druhy DMT:

- Digitální model reliéfu (DMR)
- Digitální model povrchu (DSM)
- Digitální výškový model (DEM)
- Digitální model krajiny (DLM)

Tvorba DMT

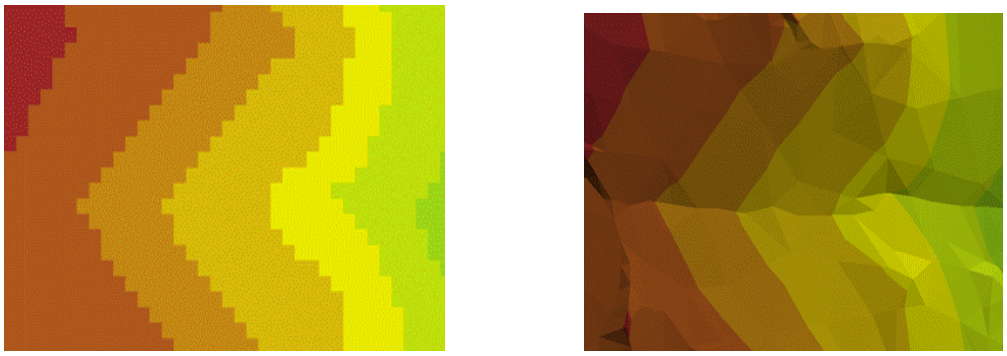
Možností, jak získat data pro vytvoření DMT, je hned několik: použití vrstevnic existujících mapových děl, výšková bodová pole, linie hřbetnic a údolnic, areály vodních ploch, zlomové linie, družicová stereofotogrammetrie, nebo radarová interferometrie. Poslední dvě možnosti jsou vzhledem k využití družice značně nákladné a zároveň nemají tak výbornou vypovídací hodnotu jako stereofotogrammetrie letecká. Pro samotné vytvoření DMT z takto získaných dat se používají dvě základní metody, podle potřebné datové struktury na výstupu (GRID - rastrový, TIN - vektorový). Tyto metody jsou interpolace a triangulace. Uplatnění metod a převod mezi nimi vystihuje následující obrázek.



Obrázek 9 - Vytvoření GRID, TIN

2.3.1. GRID

Skládá se z matice pravidelně rozmístěných výškových bodů, z toho vyplývá, že základní jednotkou je jeden bod. Navzdory tomu, že elementární částice je jeden bod, analýza se provádí se čtyřmi body, tedy buňkou gridu 2x2. Ta již reprezentuje složitější povrch, kvůli možnosti svojí zakřivenosti – body nemusí ležet v rovině. Rozměr základní buňky se volí tak, aby věrohodně zachytil reliéf terénu, což způsobí, že zbytek terénu kde není potřeba tak hustý grid, je tato buňka zbytečně malá. Z toho plyne využití přednostně na povrchy rovnějšího charakteru, bez náhlých výkyvů. Je zde ale i možnost rozdělit reliéf na několik modelů a pro každý z nich zpracovávat v jiném rozlišení. Na obrázku vlevo je zobrazen DMT v grid a vpravo ten samý model v tin struktuře, která bude přiblížena v následující kapitole.



Obrázek 10 - DMT grid a tin (zvětšení)

2.3.2. TIN

TIN je formát, který vzniká interpolací. Interpolace je algoritmus, který se používá k vytvoření nepravidelné trojúhelníkové sítě používá se především při konstrukci plátového a polyedrického modelu, které jsou nejpoužívanější ve většině systémech pro tvorbu DMT. Jsou dány souřadnice prostorových bodů. Z vrcholů se tvoří množina přiléhajících a neprotínajících se trojúhelníků tím, že se vrcholy spojují hranami. Vytvořené trojúhelníky se musí co nejvíce shodovat s terénem. Tyto základní triangulace lze poté pomocí nejrůznějších algoritmů vyhlazovat.

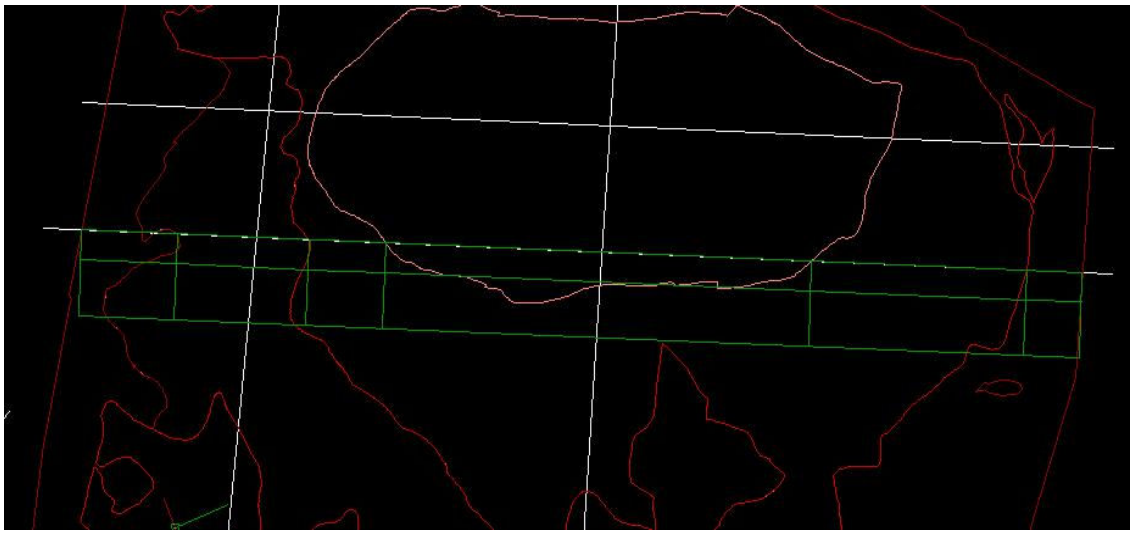
3. Teoretické řešení zadané úlohy

Úkolem zadané úlohy jak již bylo v úvodu zmíněno je pokusit se o propojení zadaných dat obecně z GIS do CAD. V programu ArcGis lze provádět velké množství vizualizací s nesčetným počtem nastavení, ale nelze zde dosáhnout vytvoření přímo 3D tvarů, se kterými by se později mohlo dále pracovat. Proto je zde snaha vytvořené objekty převést či upravit a následně převést například do AutoCadu. Zde s nimi dále pracovat a vytvářet tak plnohodnotný 3D model území. Dodaná data pro ArcGis typu .shp (více budou popsána v praktickém řešení), je nutno jako první analyzovat a najít možnost jak je využít v AutoCadu, který nejvíce využívá svůj vlastní formát .dwg. Výše zmíněné již přímo navazuje na první kapitolu této teorie, tedy práce s exporty v ArcGis.

3.1. ArcGis - dotazy, vrstvy a exporty

Jak již bylo zmíněno AutoCad není sám o sobě schopen otevřít soubory typu .shp, je tedy nutné najít způsob jak data exportovat. ArcGis nabízí spoustu formátů, do kterých provést export a mezi nimi jsou i touto úlohou vyžadované, tedy .dwg a i CADovská znaková forma .dxf. Bylo by zbytečné převádět data do znakové formy a následně v CAD nástroji provádět jejich úpravu do formátu dwg. ArcGis je do té míry pokročilý nástroj, který podle různých názvů v atributových tabulkách po konverzi vytváří pro každý název vlastní hladinu, což v CAD značně usnadňuje práci. Představte si hledat malý kousek horniny uprostřed výkresu a přiřadit ho do správné hladiny podle původní vrstvy.

Ještě na chvíli zpět, proč tyto exporty vůbec vytvářet. Původním záměrem bylo jednotlivé části geologické mapy pomocí AutoCad funkcí vytáhnout a poté podle určitých pravidel (především tvaru profilů) tvarovat vytvořené objekty. Což se v průběhu práce ukázalo jako dost nevýhodná alternativa, ale i přesto se vytvořené exporty hodily pro jiné, později nalezené řešení. Dále je třeba vytvořit mnou pracovně nazvanou geologii profilem. Jejím vytvoření v ArcGis se zabývá celá kapitola, zde bude popsáno, k čemu tato vrstva bude. Vysvětlení bude nejlepší popsat na následujícím obrázku.



Obrázek 11 - AutoCad - Geologie profilem (vysvětlení)

Je třeba zjistit, kde dané horniny (v tomto případě je zobrazena pro jednoduchost mapa hydrogeologie) protínají profil a tím získat vodící čáry pro překreslování profilů. Mohli bychom přeměřovat nakreslený model například posuvkou, nebo pravítkem, ale když by se kreslil model jiný než 1:1, tak by se musely hodnoty převádět a pravděpodobně by docházelo ke zkreslením vinou zaokrouhlování čísel či kvůli nepřesnostem měření. Na obrázku je zobrazena hydrogeologie a zeleně vytažena místa, kde protíná profil. Toto celé je dokresleno do celkové výšky výsledného modelu. Možná by někdo namítal, že je zde ještě nezobrazené protnutí v levé části a to hned dvakrát, ale model není zobrazen shora. Je pomocí 3D orbitu pouze pootočený, takže protnutí je jen zdánlivé. Pro další práci pak bylo třeba „zelené čáry“ rotovat o 90°. Další na řadě je již pouze provést z nově vytvořených vrstev exporty a pokračovat v práci v CAD.

Na počátku této podkapitoly bylo sice uvedeno, že po exportu geologie do CAD se vytvořily pro jednotlivé názvy hornin vlastní hladiny, což není tak úplně pravda. Jednotlivé horniny jsou sice odděleny každá svou barvou, ale při prozkoumání menu hladin je vidět, že jsou v jedné hladině. Tato skutečnost je z vizuálního hlediska sice dostačující (geologie je přehledná), ale z důvodů, pro který byl export vytvářen ne. Tento důvod je prostý. Stejné typy hornin mívají stejné vlastnosti, a proto je dobré je modelovat nastejno. K tomu poslouží jedna hladina (budou se lépe dávat do výběru atd.). Z této kapitoly, kde je popisována příprava dat na tvorbu podloží, je to pravděpodobně vše. V další kapitole bude teoreticky popsáno jak vytvořit neméně důležitou část modelu, kterou je samotný 3D povrch.

3.2. ArcGis – příprava povrchu

Pro původní zavrhnuté i pro následně použité řešení k modelování podloží se postup k vytvoření povrchu změnil jen minimálně v koncových úpravách. Bylo třeba zjistit možnosti ArcGis pro tvorbu DMT. Dále také prozkoumat vlastnosti jednotlivých vrstev a jejich atributů, aby se zjistilo, z jakých dat model terénu vůbec vytvořit. Řešení se nabízelo ve vrstevnicích, které měly jako jeden z parametrů v atributové tabulce svoji výšku. K práci s těmito daty se jevil jako nejvhodnější velice silný soubor nástrojů - 3D analyst.

V této práci bylo postupováno zcela spontánně bez významnějších zkušeností, proto byly vrstvy v ArcGis tvořeny především praktickým zkoušením některých metod a po exportu následně zkoušeny v AutoCad. Z toho vyplývá, že to byla práce zdlouhavá a ve většině možností končící nezdarem, čili by se dalo v podstatě říci, že praxe předběhla teorii. Zde uvedu tři možnosti, které byly vysledovány jako funkční za určitých okolností a jsou podrobněji popsány v praktické části, proto zde jen krátce.

- **Vytvoření TIN z vrstevnic** – Toto řešení je nepoužitelné z hlediska CAD, jelikož TIN nelze exportovat do CAD. Vytvoření této struktury má význam z hlediska ArcGis, kde by se s ním dala vytvářet zajímavá vizualizace nebo pro nějaký jiný nástroj pracující s TIN vrstvami.

- **Vytvoření bodů ve svých výškách z TIN** – Toto je vynikající řešení z hlediska uchovávání dat, protože se jedná pouze o body se třemi souřadnicemi. Této úloze však nevyhovuje kvůli velké rozloze a členitosti terénu. Pro úlohy na tvorbu terénu s menším plochou je však tato možnost zcela dostačující a není třeba využívat jiných nástrojů, než ArcGis a klasického AutoCadu. Tomuto řešení je věnován v praktické části (jak v GIS tak CAD) potřebný prostor, a proto uživatelé s výkonnějším PC nebo menším modelem můžou zbytek této kapitoly zcela vypustit a pracovat dále pouze s body.

- **Vytvoření vrstevnic s výškovým parametrem** – Po vyčerpání pravděpodobně většiny možností různých převodů v 3D analyst bylo přikročeno ke zbývající funkci, tedy převést vrstevnice do svých výšek, které mají uvedeny v atributu hodnota. Toto řešení bylo v záloze od prvopočátku pokusů, a bylo odloženo stranou kvůli potřebě nadstavby nad klasickým AutoCadem, kterou je Civil 3D.

Jak již bylo napsáno výše tato kapitola byla spíše o praktickém zkoušení možností, proto je více popsána v praktické části. Tímto práce v ArcGis v postatě končí a dále je popsáno teoretické řešení v CAD.

3.3. AutoCad – tvorba povrchu

Na toto téma by se určitě dala rozvíjet širší diskuze, protože nástrojů na tvorbu digitálních modelů terénu je celá spousta. Na druhou stranu uživatelsky pohodlnější je využít při celém projektu co nejméně nástrojů, jak z hledisek finančních, tak hledisek jiných. Proto jsem se zaměřil hledání řešení v klasickém AutoCadu. Proč vlastně vytvářet pouze samostatně povrch a ne rovnou celý model. Tvorbu modelu jsem takto rozdělil, protože vytvářet strukturu podloží zároveň s povrchem by bylo značně složité jak z hlediska přehlednosti, tak z pohledu hardwarových nároků. Postup byl navržen nejdříve k ohraničení dat ze všech stran a vytvoření jakési kostry, do které se poté bude teprve vkreslovat vnitřní struktura. Tato kostra byla reprezentována jedním, nebo více na sebe napojenými tělesy, které ve vrchní části přesně kopírují terén a výšku mají v daném místě rozdílnou (podle nadmořské výšky daného místa). Nejprve bylo tedy nutné začít s povrchem daného tělesa (těles). K tomu bylo využito pluginu DTM.

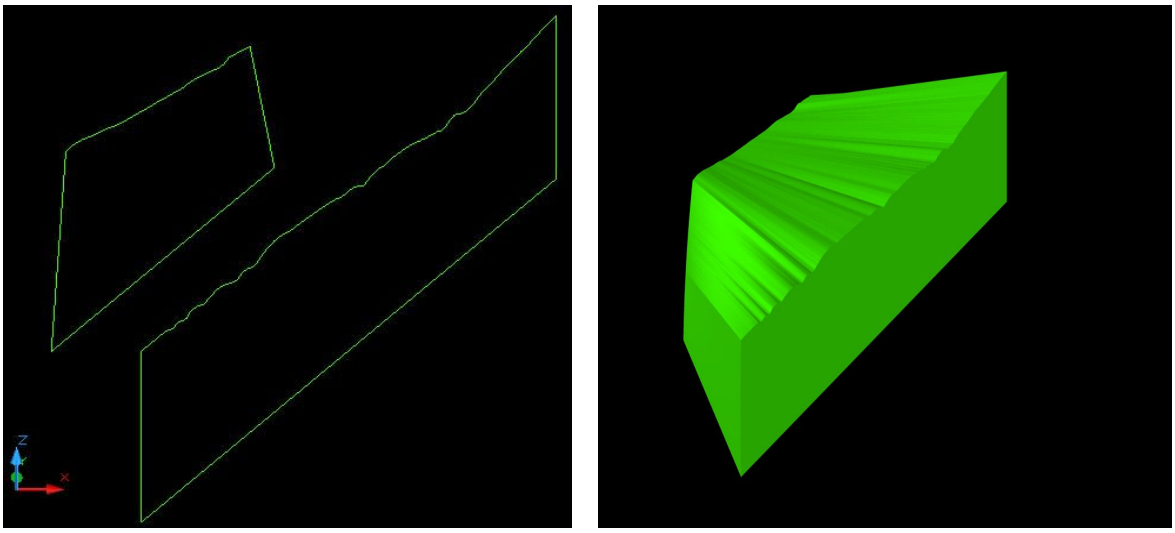
- **DTM** - Jak bylo uvedeno v úvodu kapitoly, byla zde snaha vytvářet celý model v jednom nástroji. Tato utilita by za normálních okolností byla dostačující, ale vzhledem k rozsáhlosti modelu, bylo od použití upuštěno. Bližší seznámení s tímto řešením nabízí praktická kapitola

Po prohledávání tipů a triků na webových stránkách (Internet [4]) bylo nalezeno řešení v podobě nadstavby AutoCad – Civil 3D. Tento nástroj lze spustit jako klasický AutoCad, nebo v druhé volbě jako nástroj pro vytváření povrchů, vodních rozvodů a všemožných struktur ve stavebnictví. S možností pustit tento nástroj jako klasický AutoCad by pak celá práce mohla proběhnout pouze v Civilu. Do jisté míry tedy byl splněn cíl vytvářet model v jednom programu.

- **Civil 3D** - V této části práce byla využita funkce k vytvoření povrchu z vrstevnic ve svých udaných výškách. Způsob jakým toho bylo dosaženo, je předmětem celé kapitoly v praktickém řešení.

Z obou dvou možných řešení na vytvoření povrchu vycházejí stejné výstupy v podobě trojúhelníkových 3D ploch. Pro další modelování je potřeba z těchto ploch vytvořit tělesa. Hlavním důvodem této tvorby je pozdější modelování struktury uvnitř zmiňované kostry. Plánem je překreslit profily do AutoCadu a následně je pak pomocí šablonování vytahovat po

zjednodušených trajektoriích vytvořených z geologické mapy a tím v podstatě vytvářet tělesa. Takto se sice dosáhne správného tvaru tělesa při pohledu z vrchu či ze zdola, ale z bočního pohledu se bude jednat pouze o jakousi siluetu. Lépe si tuto situaci představit při jednoduchém pohledu člověka do krajiny za tmy. Na obzoru vidíme pouze obrysy nejvyšších míst v krajině, ale nelze si představit co je před tímto nejvyšším místem či za ním. Toto vytvořené těleso by tedy vypadalo jako kdyby tato silueta začínala už přímo u člověka který se dívá na horizont a délka by byla určena vzdáleností mezi profily. Situaci nejlépe dokládá následující obrázek.



Obrázek 12 - AutoCad - Silueta

Tuto situaci však jde vyřešit odečítáním a sjednocováním právě těles. Vezme se připravená kostra a od ní se odečte šablonované těleso a vniknou jakési „zbytky“, které je poté třeba přičíst (sjednotit) k šablonovanému tělesu. Je však třeba pamatovat i na opačnou situaci, tedy že terén (kostra) bude v daném místě nižší než šablonované těleso. Proto je třeba provést i operaci opačnou, tedy od šablonovaného tělesa odečíst kostru. Touto operací také vzniknou ony zmiňované „zbytky“ a ty je pak třeba naopak od šablonovaného tělesa odečíst. Tím by měla vzniknout výsledná struktura. Popis tvorby a úpravy povrchu je podrobně vysvětleny v praktické části

3.4. AutoCad – tvorba podloží

Poslední a asi nejzdlouhavější práce na modelu je tvorba samotného podloží. Jako první bylo třeba vytvořit řezy přesně s rovinami jednotlivých profilů. Tím se získá potřebná oblast pro kreslení, do které se dále zakreslovaly profily. Ve vrchní části je tato oblast ohraničená přesnou křivkou terénu v daném místě. Dále je třeba profily překreslit přesně podle původních dodaných plánů. Zde model, lehce ztrácí na své přesnosti, protože nelze z papírového podkladu pouhým okem přesně překreslit dané řezy. Tento problém bude více rozebrán v závěru práce a rozeberou se zde i možná řešení. Z takto překreslených profilů je třeba vytvořit samostatné oblasti, protože do šablonování jdou vybrat pouze uzavřené a spojené průřezy. Dalším úkolem bylo vytvoření vodících křivek pro šablonování. K tomu se využily exporty jednotlivých typů hornin. Tyto „křivky“ se ořízly přesně mezi jednotlivými profily a vytvořili se tak potřebné trajektorie. Pomocí šablonování poté vybrat průřezy a vodící křivky a vytvořit tak tělesa. Při praktické tvorbě se však vyskytl problém s některými trajektoriemi, které byly příliš členité a AutoCad odmítal takhle složité těleso vytvářet. Bylo tedy třeba najít způsob jak trajektorie zjednodušit. Po hledání na již zmiňovaném fóru jsem objevil možnost ve funkci – dělm, která z jakékoliv křivky vygeneruje body s délkou mezery, kterou je možno volit. Dále je třeba podruhé využít nadstavbu Civil 3D a pomocí regresní analýzy, proložit vybranou množinu bodů jedním ze tří možných tvarů (přímka, oblouk, parabola). Tyto zjednodušené trajektorie pak použít při šablonování. S návodem z předchozí kapitoly pak šablonovaná tělesa upravit, aby získala přesnou strukturu povrchu.

4. Praktické řešení zadané úlohy

V této kapitole je navržen postup daného problému. Vycházel jsem ze zadaných dat v ArcGis. Tato data byla dodána jako soubory s příponou .shp tedy shapefile, což jsou v podstatě atributové tabulky, kde je uvedena struktura tvarů (většinou polylinie), velikosti, rozsahy a u vrstevnic např. osa z. Dále pak byly dodány teoretické nákresy geologických profilů nebo jinak řezů dané přírodní lokality. Řezů je celkem 5. Tyto profily byly zakresleny geology na základě několika vrtů v terénu. Jednotlivé profily se nacházejí v příloze A. Další vlastnosti zadané lokality jsem získal analýzou zadaných dat. Tato lokalita má rozlohu cca 140km^2 a pomocí vrstevnic jsem zjistil nejvyšší a nejnižší místa v terénu, což je 355 a 710 m.n.m. V zadaných datech se nachází celá řada vrstev včetně dat v atributových tabulkách. Celková mapa oblasti, včetně hydrogeologie, geologie a vodních ploch je zobrazena v příloze B.

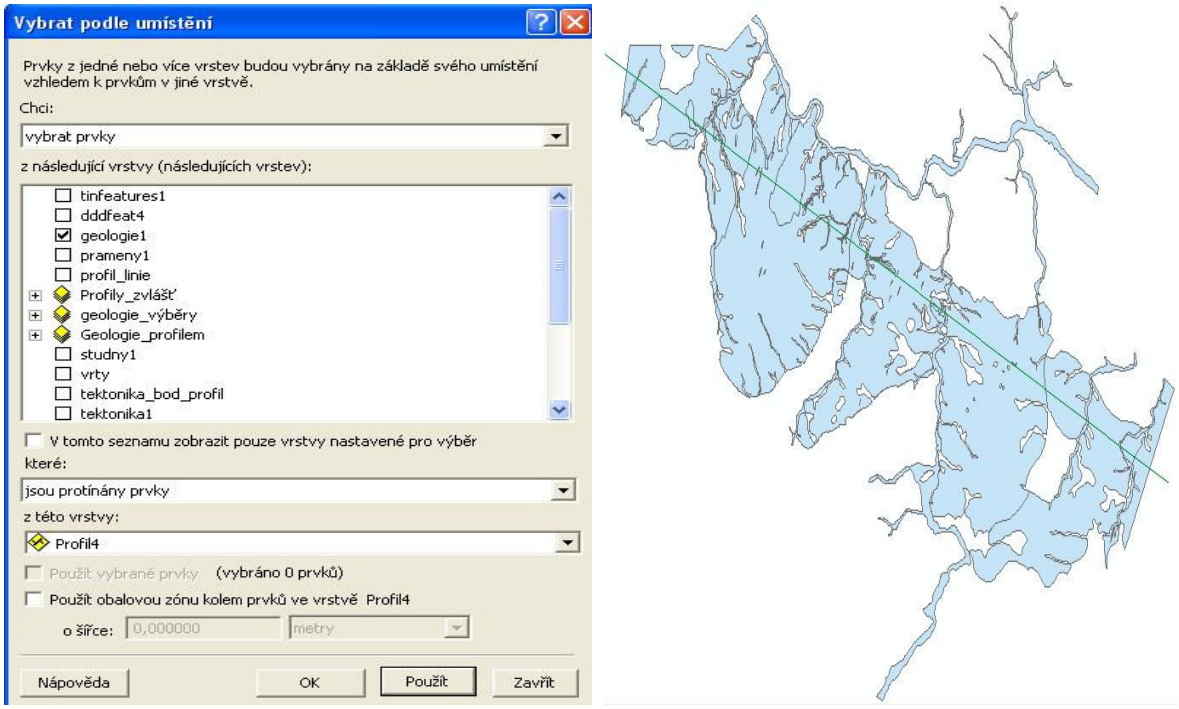
4.1. V GIS

Po seznámení se programem ArcGis bylo třeba důkladněji prostudovat zadané podklady a vytvořit si určitou představu o lokalitě. Důležité také bylo zjistit jak zakresleným geologickým profilům odpovídá vrstva hydrogeologie, která byla k dispozici. K tomu bylo využito SQL dotazů a z nich poté vygenerování nových vrstev. V teoretické kapitole je podrobněji rozebráno, z jakých důvodů nové vrstvy vytvářet a k čemu se budou později hodit. V práci jsem také velice využíval funkci k výběru prvků podle umístění vhledem k prvkům v jiných vrstvách, což bude rozebráno hned v následující kapitole Dále vytvoření zvláštních vrstev pro jednotlivé typy hornin, pro možnost modelování stejných typů horniny podobným způsobem, pro jejich podobné materiálové vlastnosti.

4.1.1. Výběry a SQL dotazy

Pro první výběry jsem užil název geologie profilem. Jedná se o všechny horniny, kterými prochází (protíná) daný řez. Řezů je 5, jedná se tedy o pět nových vrstev. Tento krok byl učiněn hlavně z důvodů přehlednosti a zlepšení práce. Jednoduchým výběrem v atributové tabulce profilů lze postupně po jednom profily vybírat a následně z výběrů vytvářet nové

vrstvy. Po vytvoření nových vrstev již bylo možné vytvořit jednotlivé geologie profilem. K tomu bylo využito již zmíněné funkce výběru podle umístění.



Obrázek 13 - ArcGIS - Výběr podle umístění

Jak ukazuje předchozí obrázek vlevo, nastavení funkce je vcelku intuitivní. Ve vrchní rolovací nabídce bylo třeba zvolit volbu vybrat prvky a následně ze které vrstvy se má výběr provést. Ve spodní části se nachází volby v jakém vztahu chceme výběr provést a s jakou další vrstvou vztah provést. Poslední možnost je tedy již jeden z pěti dříve vytvořených pomocných profilů. Dále je zde ještě možnost použít určitou toleranci, ale v tomto případě bylo za potřebí jen přesného protnutí hornin. Na pravém obrázku se nachází výsledek tohoto výběru, který byl ještě převeden na vlastní vrstvu. Další na řadě v ArcGis bylo vytvoření nových vrstev pro každý typ horniny, ať se nacházela v jakékoliv části mapy. K tomu jsem využil SQL dotazů. Postup vytvoření SQL dotazů je naznačen v úvodní kapitole, proto zde uvedu jen ukázku a ne krokový postup. Každá hornina má v atributové tabulce také kromě jiných vlastností přirazenou barvu, proto bylo jednodušší vytvořit dotazy na barvy, než složitě do SQL psát jednotlivé druhy a poddruhy hornin. Jednotlivé vrstvy jsem nazval – geologie_výběry (1-22). Zde je ukázka SQL dotazu:

SELECT * FROM geologie1 WHERE “COLOR” = 10

Barva číslo 10 odpovídá variskému granitu melechovského masivu. Zde je vidět jak by příkaz byl nečitelný při zadávání některých skupin hornin. Při vytváření vrstev z těchto dotazů se vytváří i nové atributové tabulky pro tyto vrstvy. Z toho plyne, že všechna data z původních tabulek jsou zaznamenána, takže výběr pomocí barvy nemá na tabulku žádný vliv. Na dalším obrázku je ukázka grafiky pro různé dva typy hornin. V GIS programu by nemělo v tomto případě smysl vytvářet takovéto vrstvy, jelikož jdou analyzovat data i v jedné vrstvě. Pro další přenesení do CAD to ale bylo nezbytné, kvůli mnohem jednodušší orientaci v modelu.

Obrázek 14 - ArcGis - SQL dotaz

4.1.2. Exporty

Jak již název kapitoly napovídá pro přenos vytvořených vrstev do AutoCad je třeba data vyexportovat. K tomu slouží veliká knihovna nástrojů ArcToolbox. Zde se nachází

nástroj konverze dat, ve kterém jde mimo jiné převést prvky také do CAD. V konverzi do CAD se nachází ještě čtyři další pod volby:

- **Alternativní jména CAD polí** – Jednoduchý export, který pouze přejmenuje hlavičky sloupců s daty, ze vstupní tabulky
- **Export do CAD** – Vytvoří klasický export jednoho nebo více CAD dat (výkresů) v závislosti na jednom či několika vstupech, které mohou pocházet jak z vrstev tak z atributových tabulek
- **Přidat pole CAD** – K exportu navíc přidá pole používaná CAD nástroji, aby byl používaný program schopen rozeznat o které se jedná
- **Vytvořit CAD Xdata** – Tato funkce vytváří speciální exporty ve formátu AutoCad extended entity data (EED). Tento formát je používaný pro objektové modelování – každá přímka, úsečka či oblouk je pomocí EDD přiřazena k nějakému objektu.

K exportu jsem použil druhý typ, tedy klasický export do CAD, z důvodu nepotřeby ve výkresu sledovat další závislosti. V nabídce ve vrchní části lze z rolovací nabídky vybrat vstupní prvky, dále výstupní formát souboru a umístění na disku. Jsou zde ještě zaškrtávací nabídky ignorovat cesty v tabulkách a připojit k existujícím souborům. Jak již vyplývá z určení výkresu, není třeba uvažovat cesty v tabulkách a do existujícího souboru se rovněž nepřidává. Exportů bylo v této první fázi práce 32 a všechny proběhly se stejným nastavením. Pět jich bylo vytvořeno při vytváření geologií profilem. Dalších 22 při vytváření geologií_výběru, kvůli mnoha druhům hornin, které se v lokalitě vyskytují. Vyexportoval jsem i klasické profily. I když by se na první pohled mohlo zdát, že se jedná o nesmysl, jde přeci pouze o čáru, ale opak je pravdou. V atributové tabulce nebyly zaznamenány údaje o úhlech jednotlivých profilů svírající s osou x, tedy informace pro práci v CAD velice důležitá. Profily budou tvořit funkci vodících křivek, a proto bylo nutné je mít přesně vynesené.

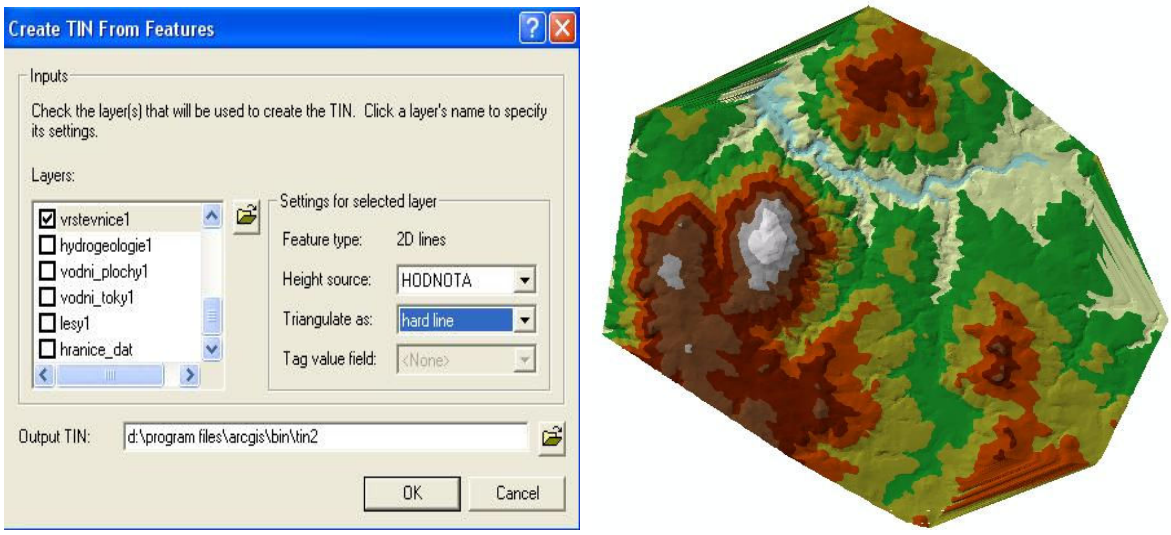
4.1.3. Vytvoření DMT dané oblasti

Další významnou kapitolou bylo vytváření povrchu výsledného modelu. Značně to usnadnil fakt, že v ArcGis datech se nacházely vrstevnice dané oblasti. Po prozkoumání atributových dat jsem zjistil další usnadňující element a to, že vrstevnice mají atribut hodnota, ve kterém je uvedena nadmořská výška vrstevnice. Po prostudování materiálů na internetu a

pročtení několika diskusních fór jsem zjistil, že v nadstavbě AutoCadu existuje řešení na vytvoření DMT z vrstevnic ve svých výškách. Toto řešení bylo prozatím vyřazeno jako pozdější možnost, pro případ nenalezení řešení bez použití nadstaveb hlavního programu. Po přečtení dalších materiálů (především rozsáhlé knihovny ArcGis - Internet [5]) jsem zjistil, že možnostmi jak vytvářet model terénu disponuje jeden z nástrojů v souboru nástrojů ArcToolbox. Tím nástrojem je 3D analyst. V dalším textu jsou uvedeny pokusy o vytvoření exportovatelné struktury v časové posloupnosti.

Vytvoření TIN z vrstevnic

V 3D analystu se nachází nabídka Vytvoř/Uprav TIN a podnabídka vytvoř TIN z prvků. Po výběru nabídky se otevře okno zobrazené na dalším obrázku. Na obrázku vlevo je rovněž zobrazeno nastavení, které bylo použito pro vytvoření obrázku vpravo. Jako zdrojové vrstvy bylo využito vrstevnic, výškovým parametrem byl zvolen atribut hodnota, který v sobě nesl informaci o nadmořské výšce vrstevnic. Je zde ještě dotaz jak provést triangulaci, zda použít množství bodů či pomocí silných čar.



Obrázek 15 - ArcGis - Tvorba TIN

Tato možnost se jevila jako možné koncové řešení, než došlo na export dat, kde se ukázalo, že takto vytvořený TIN nejde exportovat. Proto jsem další možnost hledal v nějaké úpravě právě vytvořeného TIN.

Vytvoření bodů ve svých výškách z TIN

Po zevrubnějším prostudování 3D analyst bylo zjištěno, že je možné TIN převést do jednotlivých 3D bodů. Nabídka se nachází v analyst/Převeď/ TIN do prvků. V otevřeném okně je možnost vybrat vstupní TIN a dále způsob jakou konverzi použít. Možnosti:

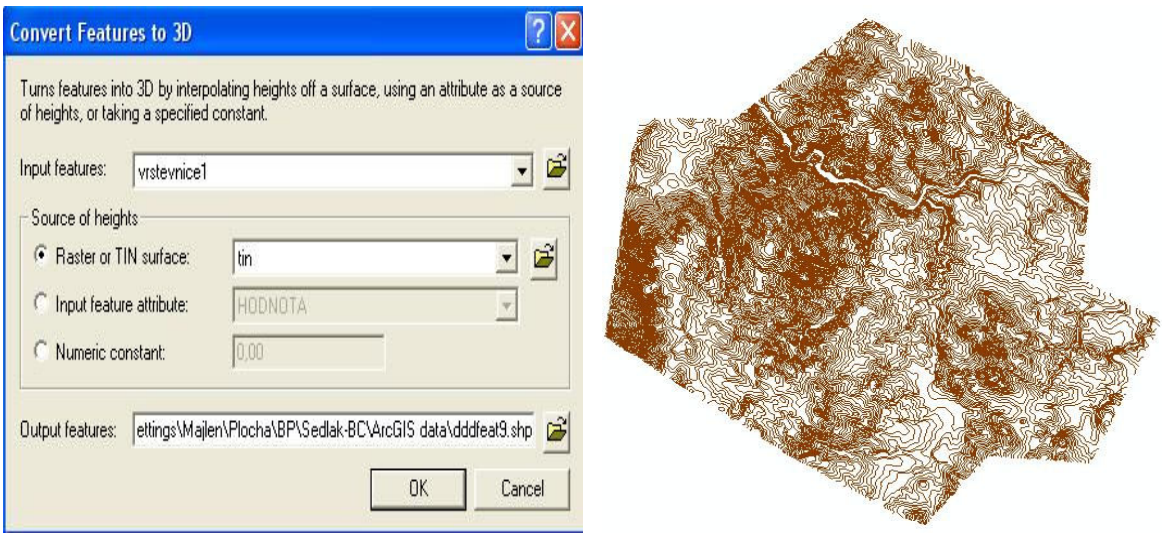
- **Nodes to points (data nodes only)** – Tato volba vygeneruje uzlové body, ale pouze ty, které od sebe mají určitou výškovou vzdálenost. Je zde lehce ztraceno na obrazu terénu.
- **Nodes to points (all nodes)** – V podstatě stejná možnost jako předchozí, ale vygenerují se zde všechny uzlové body trojúhelníků (HW náročnější).
- **Interpolation zone to polygon** – Provádí interpolaci oblastí do polygonů. Ne zcela bere v potaz výšku.
- **Triangles classsified by slope to polygon** – Vytvoří polygony z trojúhelníků v závislosti na spádu terénu.
- **Triangles classsified by acpect to polygon** – Vytvoří polygony z trojúhelníků v závislosti na jejich poloze.

U posledních dvou možností je třeba mít speciální TIN zobrazovaný pomocí spádového nebo polohového renderu. Jako první bylo použito druhé volby pro generování všech bodů, aby následně vytvořený povrch byl co nejvěrnější a maximálně odpovídal vrstevnicím. Problém však nastal až v CAD, kdy množství bodů zahlcovalo počítač. Z toho důvodu bylo využito první možnosti, tedy pouze datových uzlů, ale i zde bylo kvůli členitosti terénu množství bodů obrovské, a proto také tato možnost skončila na hardwarových nárocích. Tato funkce ale dává určitý příslib do budoucna a především vylepšení utility v AutoCadu by mohlo vést k řešení daného problému. Tento problém bude více rozebrán v kapitole CAD. Možnost interpolace oblastí byla zavržena kvůli nemožnosti nastavení výšky, což pro daný problém zcela postrádá smyslu. Nezbývalo tedy nic jiného, než hledat další řešení.

Vytvoření vrstevnic s výškovým parametrem

Toto řešení se od začátku jevilo jako zřejmé, ale bylo jasné, že klasický AutoCad nezvládne z takovýchto vrstevnic vytvořit povrch a bude třeba nadstavby. K tomuto postupu

bylo využito stávajících vrstevnic a jejich atributu hodnota, nesoucím hodnotu výšky. Známou funkcí 3D analyst - Převeď a zde možnost - Prvky do 3D. V následující nabídce vybrat vrstevnice a jako zdroj výšek použít atribut vrstevnic hodnota nebo již existující v předchozích krocích vytvořený TIN. Nová vrstva je na první pohled stejná jako vrstva původních vrstevnic, ale pokud se podíváme do atributové tabulky je jasné, že tělesa (shapes), ze kterých jsou vrstevnice tvořeny se změnilo z polylinie na polylinii ZM. Po exportu do CAD a zobrazení z bočního pohledu je jasně vidět, že se jedná o vrstevnice ve svých výškách. Náhled je na následujícím obrázku.



Obrázek 16 - ArcGis - Vrstevnice do 3D

4.2. V CAD

Jako první práce v CAD bylo zamýšleno přesné zakreslení zadaných profilů. Od toho bylo upuštěno po zamyšlení se nad strukturou řezu a jeho výšky. Není možné přesně nakreslit řez bez výškových souřadnic. Proto se první kroky ubíraly k tvorbě povrchu terénu a následnému vytvoření řezu tímto povrchem. Dále do tohoto řezu jednoduše zakreslit strukturu profilu. V předchozí kapitole bylo nastíněno, že možnosti jak v CAD při tvorbě povrchu postupovat jsou dvě. Vytvoření povrchu z bodů ve svých výškách nebo z vrstevnic ve svých výškách. První možnost ztroskotala na hardware a nedokonalosti použité utility, přesto by se s výhledem do budoucna dalo říci, že je to určité řešení. Toto řešení je rozebráno v následující podkapitole. V další kapitole je pak podrobně rozebrána druhá možnost.

Před samotným otevřením exportů z ArcGis a práce na nich, bylo třeba si v AutoCadu připravit pracovní prostor. Zejména zobrazit panely nástrojů, které budou během práce potřeba. Zde je výčet používaných panelů nástrojů:

- **Pohled** – Jsou zde všechny možné pohledy zabírající scénu a možnosti k vytvoření svého vlastního pohledu
- **Modelování** – Nástroj k modelování a upravování modelů. Je podrobně popsán v první kapitole.
- **Modifikace** – Zde jsou všechny možné úpravy 2D těles. I když se v práci jedná o tvorbu 3D modelu tento panel byl využit především k překreslení profilů terénu.
- **Kresli** – Panel pro 2D tělesa. Byl také využit především pro tvorbu řezů. Dále pro konstrukci vodících a konstrukčních přímek.
- **Hladiny** – Jeden z nejdůležitějších a nejpoužívanějších panelů. Byl využit především k zpřehlednění modelu, díky možnosti hladiny skrývat a barevně odlišovat.
- **Render** – Grafický výstup se světly a materiály. Požití pro vizualizaci a prezentaci či pro kontrolu vytvořeného modelu.
- **3D navigace** – Velice užitečný panel z hlediska navigace, kdy ani dostatek pohledů nestačil na prozkoumání určitého místa.
- **Dotaz** – Možnost jak si ověřit délky, úhly nebo hmotové vlastnosti tělesa.

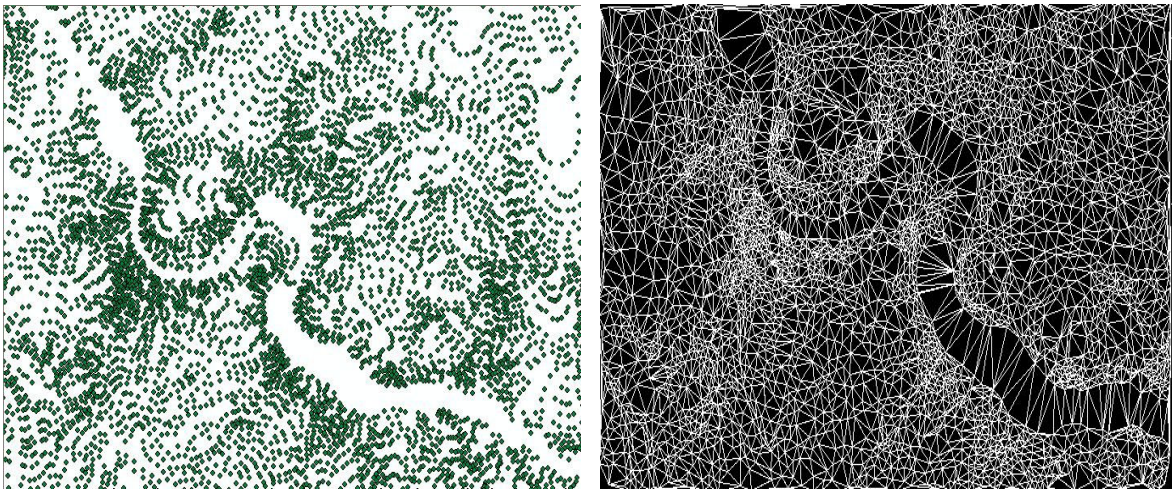
4.2.1. Tvorba povrchu z výškových bodů

Tuto možnost jsem objevil při procházení diskusí na českých fórum stránkách firmy Autodesk (Internet [4]). Sestává z použití jednoduchého externího nástroje DTM. Tato aplikace generuje trojúhelníkovou síť 3D ploch z množiny 3D objektů. Pomocí funkce aplčti lze vybírat, které aplikace budou načteny při spuštění programu, ale také lze načítat externí aplikace nevyskytující se přímo v programu. Po načtení utility DTM se zpřístupní celá řada příkazů:

- **DTM** – Samotné vytvoření 3D ploch z 3D objektů (v tomto případě 3D bodů)
- **DTMFLOW** – vytvoří takzvanou vodoteč tj. křivku ze zvoleného místa v terénu do nejvyššího nebo nejnižšího místa v terénu.

- **DTMZ** – zobrazí s určitým odhadem Z souřadnici zvoleného bodu v terénu.

Pro vyzkoušení bylo vybráno několik stovek bodů a řešení bylo zdánlivě na světě, ale po výběru všech 65ti tisíc bodů byl počítač zcela zahlcen. Po několika hodinovém výpočtu, žádných výsledcích a nemožnosti sledovat alespoň procentuelní postup jsem ve specifikacích aplikace nalezl možnost jak sledovat postup. Bylo třeba načíst Express Tools a po znovu spuštění DTM se objevil progressbar indikující průběh operace. Po několika hodinách však bylo jasné, že bude třeba nalézt jiné řešení, protože průběh byl značně pomalý. Na následujícím obrázku je vlevo zobrazení bodů v ArcGis a vpravo 3D plochy v AutoCadu po aplikaci utility DTM na stejnou množinu bodů.



Obrázek 17 - Funkce DTM

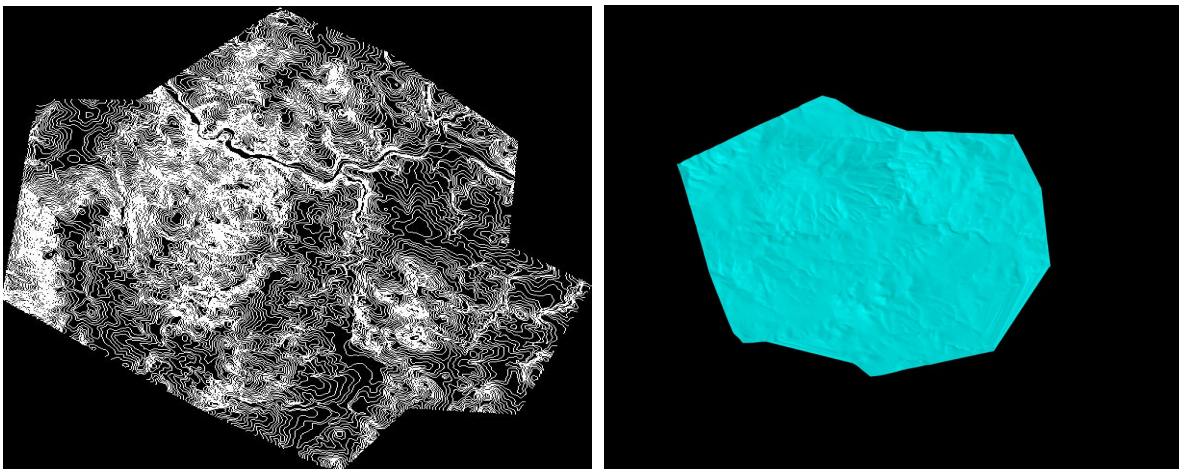
4.2.2. Tvorba povrchu z vrstevnic

Ještě před samotným vstupem přímo do AutoCadu bylo třeba provést několik zásadních kroků v nadstavbě jménem AutoCad Civil 3D. Tento program je určitým mezistupněm mezi GIS a CAD, kvůli svým funkcím spadajícím do obou oblastí. Z nejdůležitějšího exportu z ArcGis, tedy vrstevnic ve svých výškách bylo třeba vytvořit model povrchu. Nadstavba Civil 3D disponuje funkcemi jak tvořit 3D povrch pomocí několika různých možností. Povrch lze vytvořit pomocí zlomových čar, z DEM souborů a především také z vrstevnic. Jako první je třeba otevřít export z ArcGis ve formátu .dwg. Klasický AutoCad i Civil 3D využívají stejného typu souborů, takže není potřeba provádět nějakou konverzi. Dále v menu povrchy je nabídka vytvořit povrch a v této nabídce lze vybrat

TIN nebo GRID povrch. Po vytvoření TIN povrchu se v nabídce prospektoru rozevře nabídka právě vytvořeného povrchu. Zde je záložka definice povrchu a v ní je mimo jiné volba z vrstevnic. Po volbě přidat je v následující nabídce možnost k nastavení dvou parametrů, které ovlivní četnost trojúhelníkové sítě :

- **Weeding factors** (odstranění přebytečných bodů) – Každá vrstevnice jako ostatně každá křivka jde rozložit na body. Když budeme uvažovat pro jednoduchost rozložení úsečky na několik bodů, je zbytečné uvažovat všechny body na této čáře. Pro správné zobrazení úsečky stačí pouze dva body, počáteční a koncový. Touto problematikou se zabývá právě weeding, který odstraňuje přebytečné body generované z vrstevnic při převodu na trojúhelníkovou síť. Lze tedy nastavit maximální možnou vzdálenost mezi dvěma body krajními body, při odstraňování bodu mezi nimi a také úhel svírající úsečka tvořená počátečním bodem a prostředním bodem s úsečkou tvořenou prostředním bodem a koncovým bodem.
- **Supplementing factors** (podpůrné body) – Pracuje přesně opačně oproti weeding, tedy body do vrstevnice přidává. Zde se také nachází možnost nastavení nejdelší možné vzdálenosti, která se bere v úvahu pro tvorbu nových podpůrných bodů.

Po nastavení těchto dvou parametrů jsou zde ještě možnosti jakým způsobem minimalizovat plochy oblastí. To lze provést například přidáním bodů na kraje rovin nebo vyplnění mezer mezi vrstevnicovými daty. Po odsouhlasení nabídky je již uživatel vyzván k výběru vrstevnic, což je v této úloze počet 1009. Přidáním vrstevnic se vytvoří trojúhelníkový povrch. Na konec této kapitoly je však třeba dodat, že pouhým uložením vytvořeného bude sice výkres ve formátu .dwg, ale objekt uvnitř bude reprezentován jedním objektem typu proxy entity. Tento typ je pro další modelování v klasickém AutoCadu v podstatě nepoužitelný, a proto i přes příbuznost obou programů je třeba exportovat do AutoCad a tím zajistit reprezentaci objektu jako stovky 3D plošek. Obrázek na další stránce zobrazuje vlevo vrstevnice ve 3D a vpravo je render vygenerovaného povrchu. Obrázky se mohou zdát různé, ale jedná se pouze o jiné úhly pohledu.



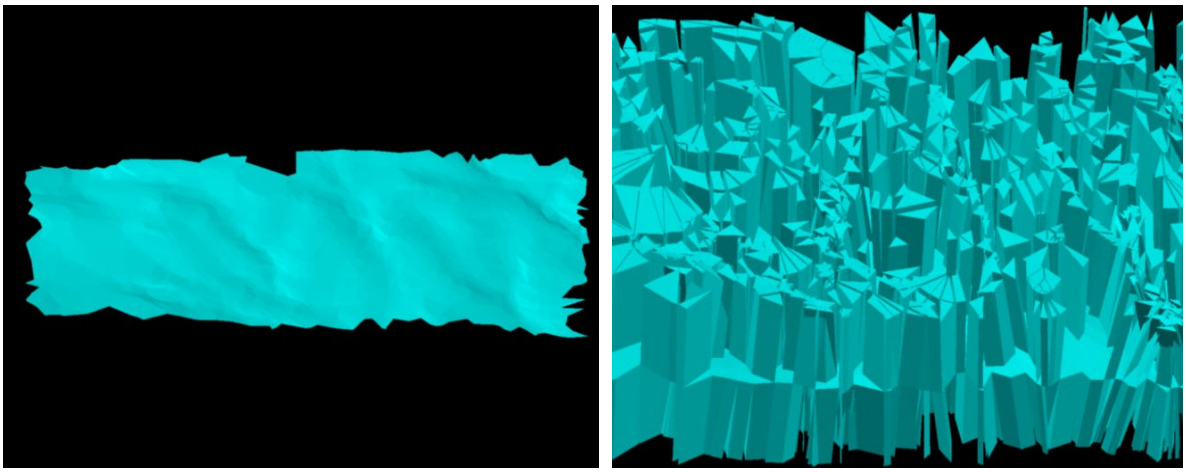
Obrázek 18 - Vrstevnice a výsledný povrch

4.2.3. Úprava povrchu

Po vygenerování povrchu bylo třeba začít s úpravami, protože 3D plochy jsou jak již název vypovídá jsou plochy a řez plochou by byla pouze čára. To by pro pouhé kreslení řezů splňovalo účel, ale k další práci při modelování podloží byla 3D plocha nedostačující. Z toho plyne, že dalším problémem byl převod plochy na těleso. Po prozkoumání internetu se nabízela možnost dané 3D plochy všechny převést na povrchy a ty pak následně zesílit. V této možnosti byly použity příkazy:

- **převnapovrch (convtosurface)** – převede dané 3D plochy na povrchy
- **zesil (thicken)** – vytáhne dané povrchy o zadanou hodnotu

Problém nastal v zjištění, že příkaz zesil nefunguje podobně jako příkaz vytáhni, tedy objekt nevytahuje ve směru osy Z, ale vytahuje jej ve směru náklonu daného povrchu. V realitě pak výkres vypadal jako ježek z kterého koukají bodliny na všechny strany včetně vršku, protože pro některé trojúhelníky zaměnil AutoCad rub za líc. Pro názornost je zde obrázek (pouze malá část modelu), vlevo před zesílením a vpravo po zesílení.



Obrázek 19 - AutoCad - Ježek

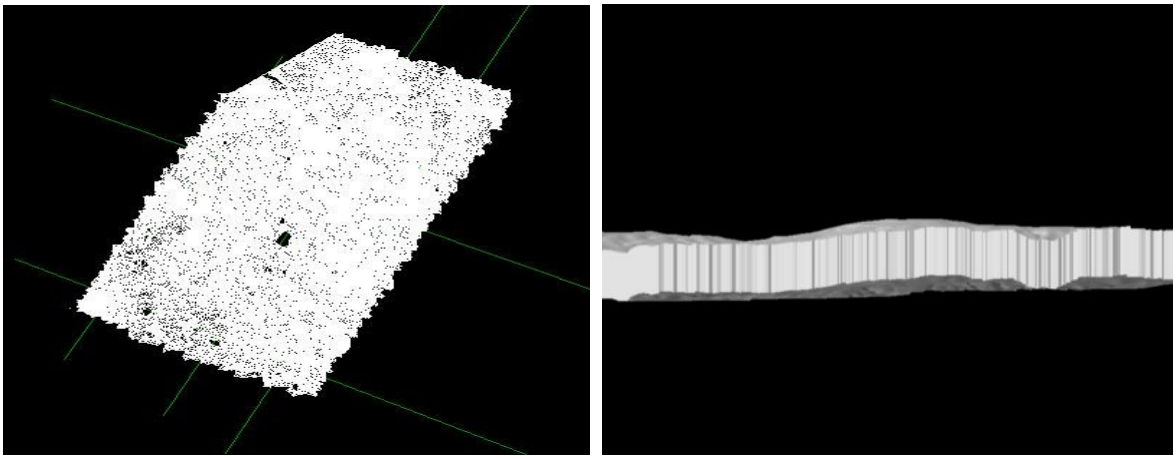
Tato skutečnost by šla vyřešit nakreslením obrysu celé oblasti a vytvořením jakési formy, která by se od sjednocených objektů odečetla a vzniklá oblast by byla úhledně rovná. Problém byl však v tom, že objekty se sice vzájemně překrývaly a šly tudíž sjednocovat a tím přetvářet na jedno těleso, ale na druhou stranu zde zůstávaly nevyplněné oblasti. Těchto oblastí bylo obrovské množství a navíc je nebylo možné ve zbytku výkresu řádně zanalyzovat. To vedlo k hledání dalšího řešení. Při předchozích pracích v AutoCadu jsem několikrát využíval tvorby těles tažením z dané oblasti. Ukázalo se, že tato metoda je aplikovatelná i na toto zadání. Dané 3D plochy lze převést na oblasti a ty pak následně vytáhnout. Použité příkazy:

- **oblast (region)** – z uzavřených čar vytvoří oblast
- **vytáhni (extrude)** – vytáhne oblasti

Po převedení 3D ploch lze tyto oblasti vytahovat několika různými způsoby. Při zadání velikosti vytažení se funkce chová stejně jako zesil a oblast vytáhne podle jejího natočení. Jsou zde však ještě funkce trajektorie a směr. Funkce trajektorie by se hodila pro tažení oblasti neobvyklým směrem po určité křivce. Pro tento projekt se však nejvíce hodila možnost směr. Pro snadnější zadání směru vytažení je dobré si ještě před zadáním příkazu nakreslit v tomto případě kolmou polopřímku s velikostí vytažení v tomto případě rovnou 710 metrů. Dále pak vybrat oblasti a definovat směr jako počáteční a koncový bod polopřímky.

Z důvodu velké náročnosti vytaženého modelu na hardware bylo s vedoucí práce dohodnuto zmenšení dané oblasti a předchozí úpravy a modelování probíhalo pouze na

vybrané oblasti. Výběr části byl proveden na základě podkladů, konkrétně geologických profilů. Byla zvolena část s nejvyšší vypovídající hodnotou, tedy zahrnutí všech pěti řezů a jejich vzájemné křížení. Dále se zde nacházejí i nejvyšší a nejnižší místo v terénu. Na dalším obrázku vlevo je výběr části a vpravo je render modelu po proběhnutí výše uvedených úprav.



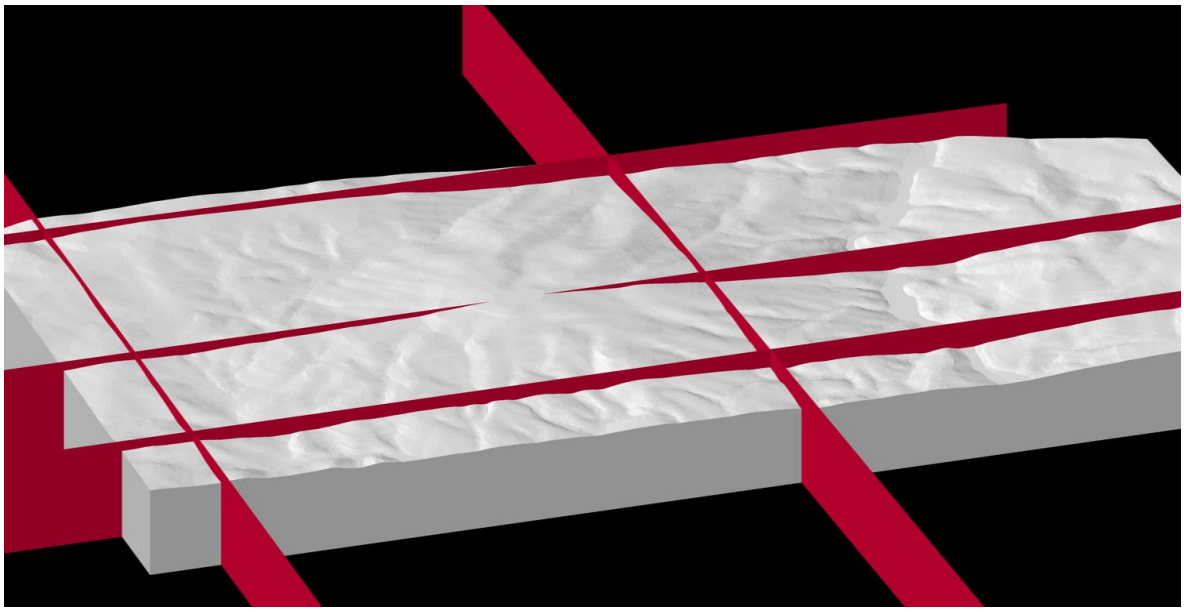
Obrázek 20 - Výběr části a model po úpravách terénu

Těmito operacemi však úpravy nekončí. Z obrázku je jasně vidět, že model je po výběru jakoby roztřepený, což je způsobeno samotným výběrem. Výběr byl proveden rovnoběžně s profily. Na levé, pravé a spodní straně s určitou tolerancí a nad horním profilem s větší oblastí kvůli zajímavé struktuře geologie podloží. Trojúhelníková struktura nedovoluje vybrat hranice přesně rovnoběžně s profily, kvůli velikostem jednotlivých oblastí, proto je zde to roztřepení. Tato skutečnost byla ignorována do doby než byl výběr převeden na jednotlivá tělesa. Tato tělesa byla pomocí příkazu sjednocení (union) sloučena do jednoho objektu. Dále byla vytvořena forma přesně kopírující chtěnou oblast a pomocí konstrukčních přímek vyvedených z profilů nasazena na toto těleso. Příkazem rozdíl (subtract) byl proveden odečet formy od neupraveného modelu a tím vytvořena upravená struktura s rovnými stranami kolmými na osy x a y.

Další problém spočíval v úpravě vnitřní struktury. Z různých převýšení v terénu plyne, že tažením oblastí o přesně stanovenou délku se konce jednotlivých kusů nacházejí v jiné výšce, což bylo třeba upravit na výšku jednotnou. Bylo třeba vytvořit oblast z horního pohledu přesně kopírující kraje modelu. Jelikož krajní výšky jsou všude jiné, prostým tažením čáry po hranách modelu bychom získali úsečky každou v jiné výšce. Z vrchního pohledu by oblast vypadala, že přesně kopíruje obvod, ale při pohledu z boku je jasné, že tomu tak není.

Zde bylo třeba si pohrát s nastavením systému uchopování. S první úsečkou začít kdekoliv v modelu a následně nastavit uchopení jako kolmici. Další čáry se již chytají pouze kolmo k první vytvořené a tudíž jsou všechny v jedné rovině. Po obkreslení celého objektu stačí vytvořit z tohoto obvodu oblast a tu následně vytáhnout o požadovanou velikost. V této úloze byla snaha modelovat do 500ti metrů pod nadmořskou výšku 0, ne tedy o 500 metrů pod zem, což by v některých místech modelu znamenalo nedostat se ani pod relativní nulu. Při vytahování oblasti bylo taženo o 710 metrů tedy do relativní nuly z jediného důvodu. Tím je nepotřeba dalšího vyměřování při tvorbě zbytku podloží. Výše popsaný obvod byl tažen pochopitelně o 500 metrů. Problém nastal při umisťování nového tělesa k tělesu starému, hlavně v nastavení správné výšky. Kvůli tomu bylo třeba vytvořit dodatečné exporty nejvyšších a nejnižších míst z ArcGis. Jako u některých předchozích vrstev bylo využito SQL dotazů na zjištění těchto míst a následné vytvoření samostatných vrstev.

Pro upřesnění je třeba dodat, že po převedení vrstevnic na plochy v Civil 3D se rozlehlá místa se stejnou nadmořskou výškou nevygenerovala jako trojúhelníky, ale jako plochy různých tvarů, v podstatě takové plošiny. Umístění nových exportů tedy bylo záležitostí pouze kvalitně zvoleného uchopení. Pro lepší orientaci ve výkresu bylo hlavní těleso pomocí hladiny skryto a další orientace probíhala právě pomocí nových exportů. Po vytvoření konstrukčních přímek přistavěných k nejvyššímu místu v krajině bylo již přisadit nově vytažené k již existujícímu otázkou vteřin. Následně pouze zbývalo provést sjednocení obou modelů. Na dalším obrázku je render tělesa po výše popsaných úpravách. Červeně jsou zde vyznačeny profily. Jejich výroba bude popsána v další kapitole, ale aby se zbytečně nezabíralo místo v podstatě stejným obrázkem byly přidány již do této ilustrace.



Obrázek 21 - Finální těleso s 3D řezy

4.2.4. Tvorba struktury podloží (řezy)

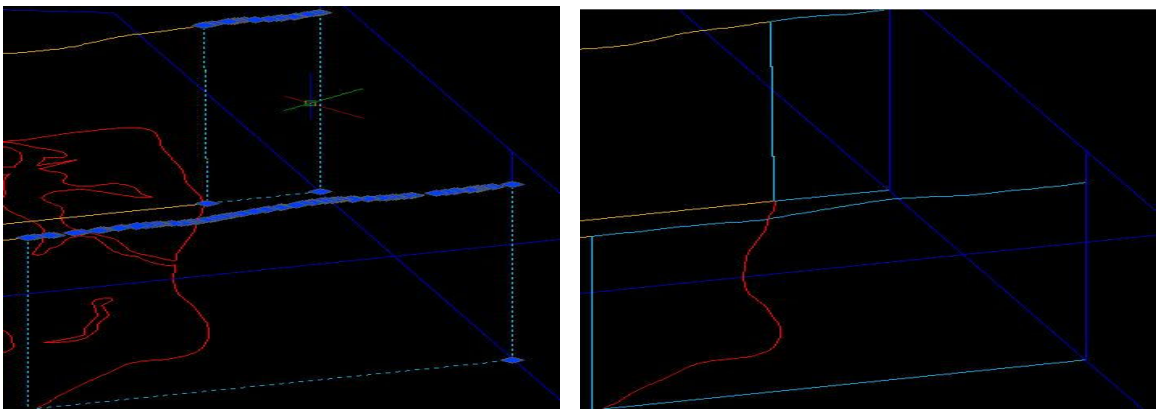
Tato kapitola popisuje postup jak ze zadaných řezů vymodelovat strukturu podloží do již vytvořeného modelu. V AutoCadu se jednalo o nejvíce náročnou a ještě více zdlouhavou práci. Již od prvopočátku modelování v CAD byla práce na kreslení řezů pozastavena kvůli zatím neexistujícímu ohraničení vršků řezů (Doposud nebyla vytvořena 3D struktura povrchu). Proto asi není překvapením, že po vygenerování povrchu s dočasným podložím (v teorii nazvaným - kostra) se další modelování zabývalo právě touto tematikou. Nejprve bylo nutné si profily překreslit také do 3D zobrazení. V praxi to znamenalo existující čáru zkopírovat a posunout přesně o 1210 metrů po ose z do minusových souřadnic a po stranách je doplnit úsečkami stejné velikosti. Pro další práci se hodí z takto poskládaných úseček vytvořit oblast. Vznikl tak obdélník ležící kolmo k ose x a y. Stejný postup se provedl pro všech pět řezů a po renderu model vypadal jako obrázek výše.

Dále již k samotným vršků řezu. Z obrázku je již asi patrné jak se postupovalo při vytváření vrchní hranice profilu. Bylo třeba vytvořit průřezy modelem přesně podle právě vytvořených obdélníků. K tomu byl využit příkaz průřez (section). Po jeho zvolení je uživatel dotázán na těleso na kterém se má průřez vytvořit a dále na rovinu řezu což jsou v tomto případě ony zmiňované červené oblasti. Takto vytvořené průřezy mají přesně strukturu vrchní hranice tak jak prochází terénem a na šířku jsou samozřejmě seříznuté s okrajem oblasti. Tyto průřezy je pro další práci lepší přesunout nebo zkopírovat někde stranou výkresu, otočit je o

90° a zarovnat rovnoběžně s osou x. Pak lze strukturu řezu v podstatě kreslit jakoby ve 2D a tím pádem využívat automatického protažení podél osy x a y a v podstatě kreslit jako na plátno (ve 3D by bylo mnohem složitější kontrolovat jestli opravdu kreslíte v rovině xy) Po vytvoření se průřez chová jako jedna křivka s čímž nelze dále pracovat, kvůli nemožnosti ořezávání. To bylo vyřešeno jednoduchou funkcí – explode, která rozebere křivku na jednotlivé úsečky. Dále již nebyl problém pomocí 2D technik popsaných v první kapitole vytvořit strukturu řezů a vytvořit z nich oblasti. Pro každou horninu (mají různé barvy v dodaných profilech) vlastní oblast, aby bylo možné ji vybrat do šablonování. V tomto případě byly řezy otočeny o 90° a zarovnány s osou x tudíž je bylo třeba vrátit na původní místo do modelu. Model profilů po uzavření prací na nich je zobrazen v příloze C.

4.2.5. Tvorba struktury podloží (šablonování)

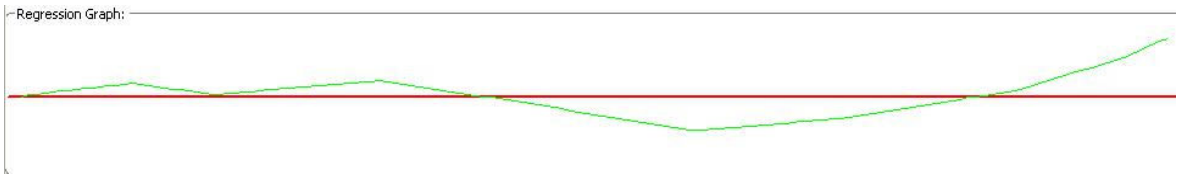
Při šablonování lze průřezy vytáhnout pomocí několika různých metod, což je blíže popsáno v úvodní kapitole, zde se využila volba trajektorie. Tato trajektorie se získala pomocí seříznutí příslušné geologické vrstvy. Postup bude lepší vysvětlit na zobrazeném obrázku.



Obrázek 22 - AutoCad - Tvorba trajektorie

Chceme šablonovat pomocí dvou označených průřezů a jako trajektorii využít „červenou“ geologii (obrázek vlevo). Pro jednoduchost nebudeme uvažovat přerušení, které je způsobeno zvodní či protékající řekou, které se nachází na povrchu. Správným využitím příkazu ořež pak získáme křivku, kterou doplníme o chybějící místo a spojíme v jednu křivku pomocí příkazu - spoj nebo příkazu na editaci křivek - kedit (obrázek vpravo). Při spuštění příkazu šablonování a výběru trajektorie však nastalo nemilé překvapení v podobě hlášení –

Vybraná entita není platná. Příkaz šablonování pravděpodobně nedokáže pracovat s tak složitou trajektorií. Proto bylo nutné trajektorii zjednodušit, čímž se lehce ztratí na přesnosti modelu. Pomocí příkazu - dělm jde danou křivku „rozebrat“ na množinu bodů s definovanou vzdáleností. Dále bylo podruhé využito nadstavby Civil 3D kde je funkce čára/oblouk mrakem bodů, která využívá regresní analýzy. Množinou bodů tedy lze proložit regresní přímku, oblouk nebo parabolu. Po vybrání příkazu jste dotázáni na zdrojové body, kde lze vybrat přímo body AutoCad. Potvrzení vybraných bodů otevře graf regrese se zdrojovými body, které lze ještě upravovat. Graf regrese je na následujícím obrázku.



Obrázek 23 - Civil 3D -Regrese

Po vytvoření regresí (předpoklad více částí) a překopírování do AutoCadu je potřeba takto vytvořené křivky pospojovat, kvůli výběru trajektorie, což lze provést příkazem kedit. Poté stačí nově vytvořené trajektorie přesunout na správné místo v modelu a některé průřezy by již měly jít šablonovat. Není tomu však u všech průřezů, což je způsobeno ostrými přechody na trajektorii mezi jednotlivými regresemi, které lze vyřešit pomocí zaoblování. U většiny trajektorií však nepomohlo ani zaoblení. Tomuto problému bude věnován prostor v závěru. Tělesa, která se povedla vytvořit šablonováním je poté třeba upravit dle kapitoly v teoretickém řešení, nazvané AutoCad – tvorba povrchu. To je z této kapitoly vše.

Závěr

Tato práce měla za úkol mě v první části uvést do problematiky GIS a CAD, abych byl posléze schopen pochopit a zpracovat úlohu na vytvoření 3D modelu území. Kapitola GIS byla pro mě naprosto novou záležitostí, ale jedná se o obor srozumitelný a i pro laika po určité době pochopitelný, jak z hlediska tvorby, tak z hlediska využitelnosti. Měl jsem možnost seznámit se nástrojem ArcGis, který je do značné míry intuitivní a v místech kde novopečený uživatel tápe, je možné si pomoci rozsáhlým webovým helpem. Problematika CAD pro mě nebyla ryze novou záležitostí, setkal jsem se s ní během studia na střední i vysoké škole. Ale i zde se našla místa, kde bylo třeba vypomoci cizími znalostmi a to především vynikající sbírkou tipů a triků zaslaných od uživatelů programů firmy Autodesk na stránkách CAD fóra.

Praktická část se týkala jak již bylo zmíněno tvorby 3D modelu území. Data zadaná v programu ArcGis, bylo třeba přepracovat a převést do AutoCadu a v něm následně vytvořit strukturu zemského povrchu zadané oblasti včetně podloží. Tuto problematiku lze v krátkosti popsat ve dvou částech : tvorba povrchu modelu a tvorba podloží modelu.

První část se podařila bez větších problémů a i když bylo původně počítáno pouze s potřebou AutoCadu, musela být využita nadstavba v podobě Civil 3D. Při tvorbě méně členitého či méně rozsáhlého terénu by však šlo využít v prvním řešení používaný externí plugin DTM, který vytváří povrch z množiny bodů. Při využití silné pracovní stanice, či výpočetního gridu by se toto řešení dalo aplikovat i na tuto úlohu.

Druhá část se týkala vytvoření struktury podloží pod povrchem země. V této kapitole bylo řešení sice nalezeno, ale při členitější struktuře geologie je třeba tuto strukturu značně zjednodušit a tím pádem snížit kvalitu modelu. Pokud by uživatel nebyl spokojen s výslednou podobou modelu, šlo by užitou trajektorii, podle níž byla tělesa tvořena, rozdělit a modelovat je po částech. Tyto části pak následně spojovat a pokoušet se tak o zkvalitnění modelu. Tato oblast je určitě hodna dalšího zkoumání například v navazující diplomové práci.

Na úplný závěr bych ještě uvedl, jak model ještě více zkvalitnit z hlediska tvorby řezů. Tyto řezy byly pouze ručně překreslovány podle předlohy v pdf dokumentu do AutoCadu, po různém měření vzdáleností a úhlů. Při použití kvalitního scanneru a programu rozpoznávajícím čáry, by šlo takto zakreslené profily uložit jako obrázek a v tomto formátu lze již za použití různých grafických editorů exportovat strukturu do CAD nástroje a zde ji následně využít.

Použité materiály

Literatura

[1] Petr Rapant, Geoinformatika a geoinformační technologie: skriptum, Ostrava 2006

[2] Josef Krása, Václav David a kolektiv, Geografické informační systémy: skriptum, Praha 2006

Internet

[1] Mgr. Jan Langr: Geografická data

URL: http://www.tmapy.cz

[2] Články na stránkách Arcdata.

URL: http://www.arcdata.cz

[3] Články na stránkách Xanadu.

URL: http://www.xanadu.cz

[4] Typy a triky na stránkách Cadforum.

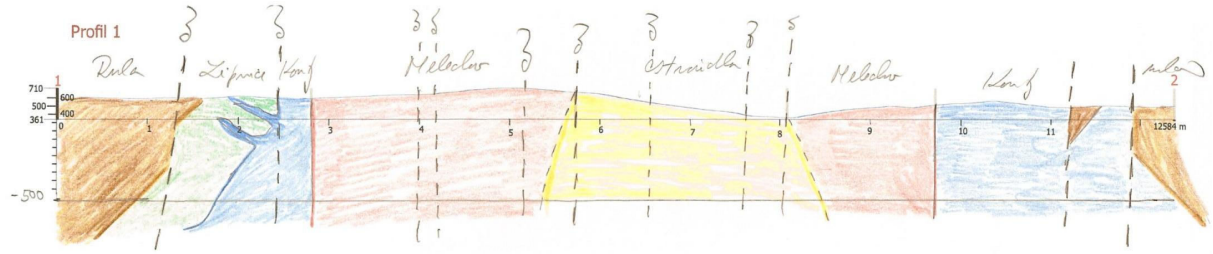
URL: http://www.cadforum.cz

[5] Webový help servis od firmy Esri.

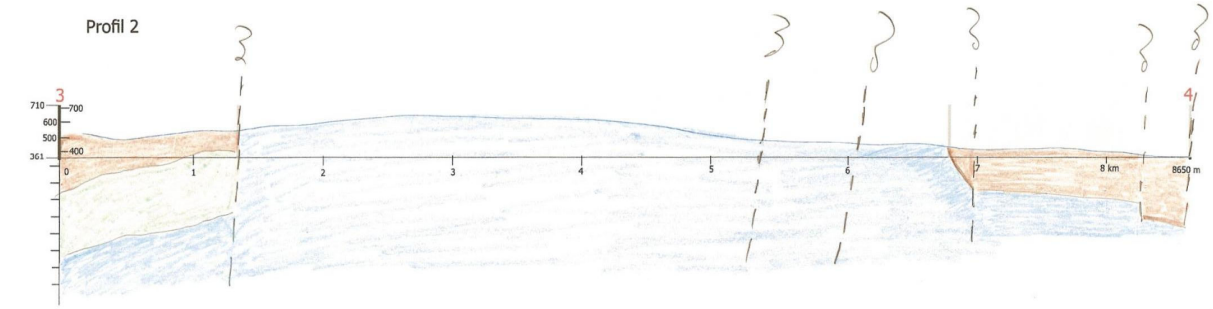
URL: http://webhelp.esri.com

Příloha A – Profily

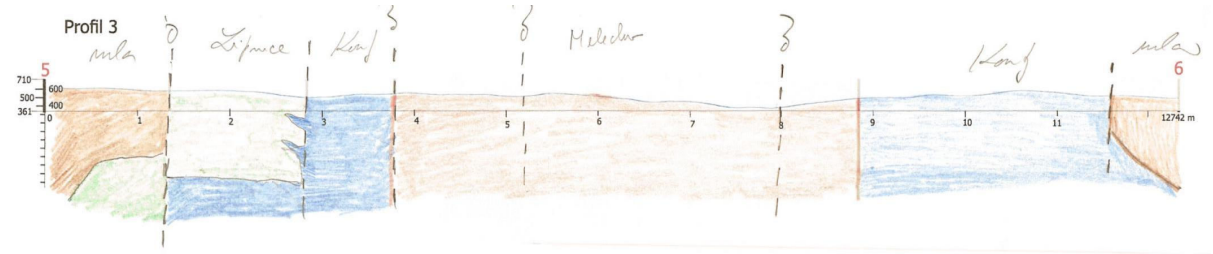
Profil 1:



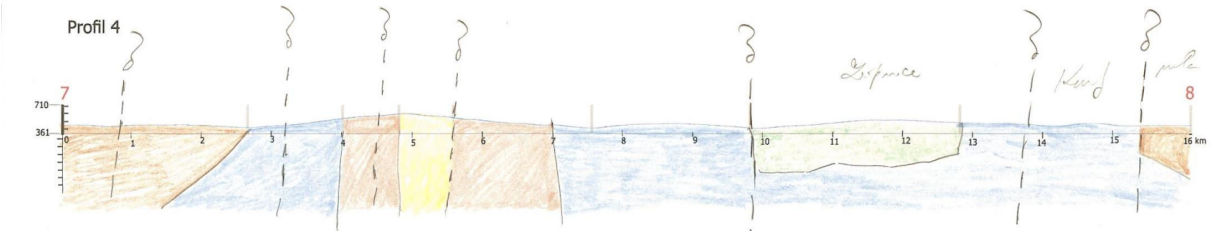
Profil 2:



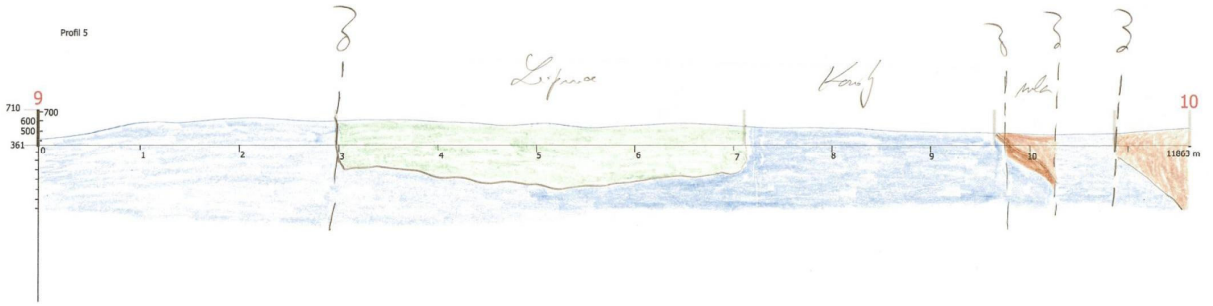
Profil 3:



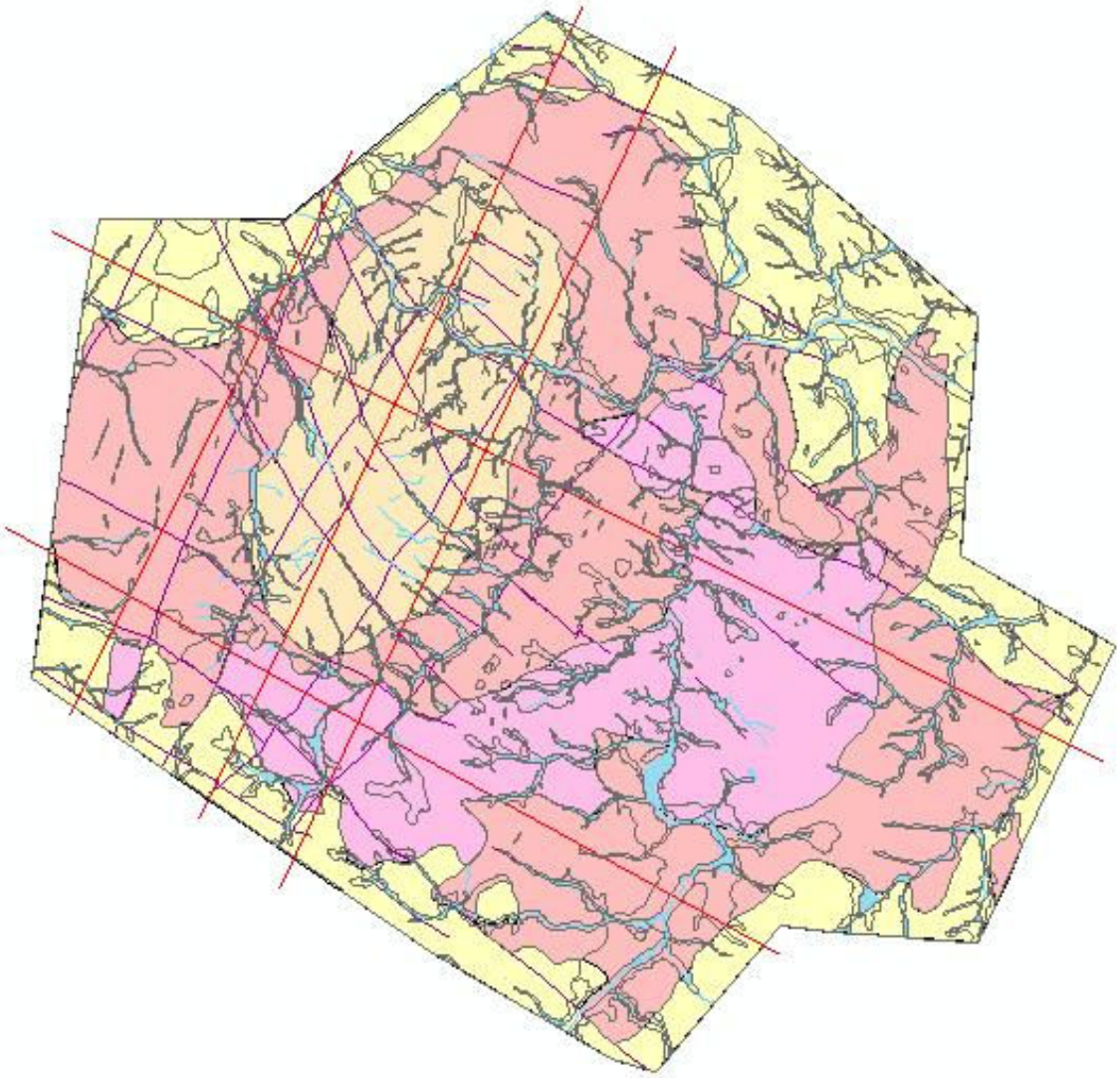
Profil 4:



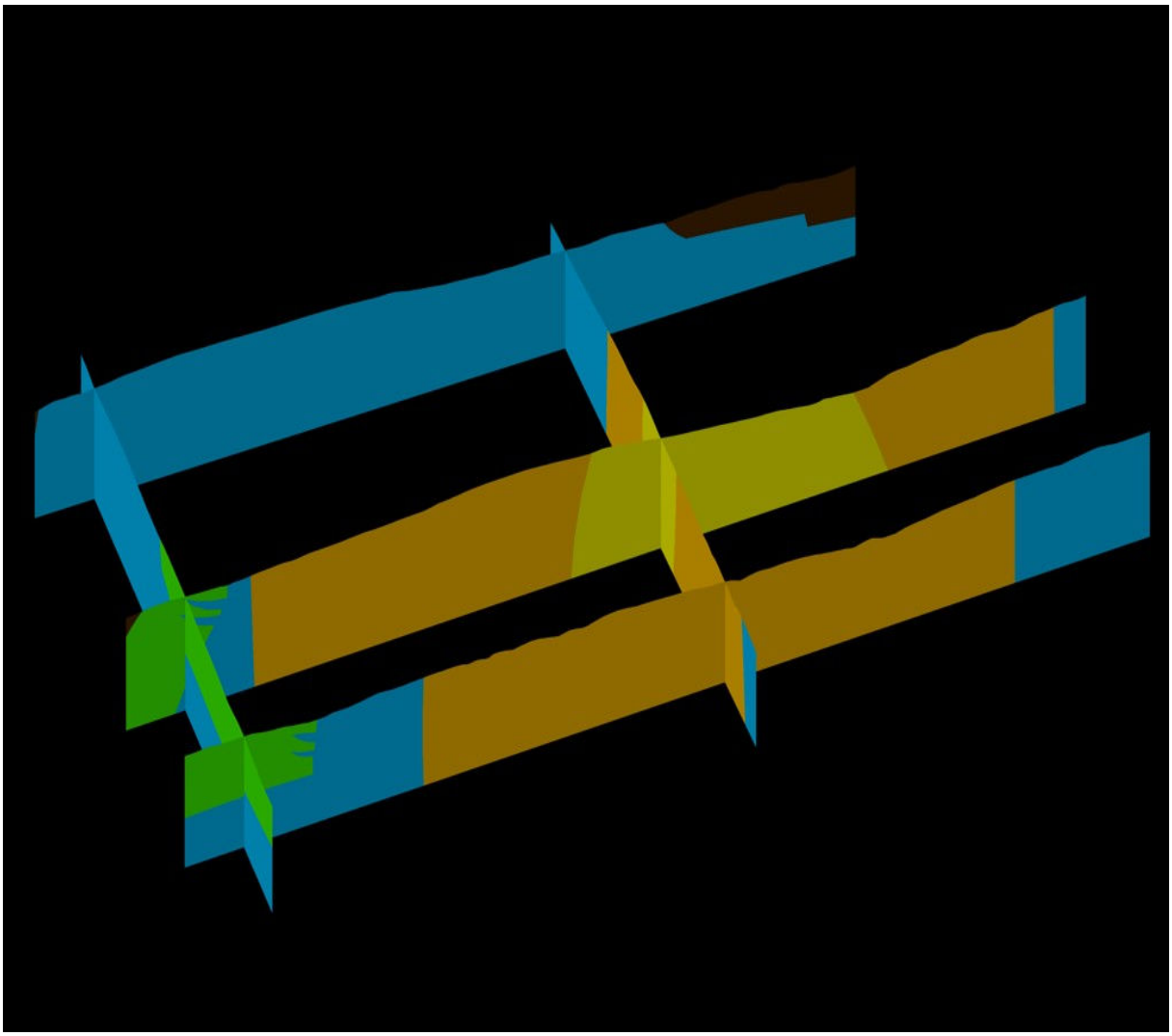
Profil 5:



Příloha B – Mapa oblasti



Příloha C – Finální profily



Příloha D – CD

Obsah CD :

- Výsledný model ve formátu .dwg - AutoCadu
- Dodaná data ve formátu .shp - ArcGis
- Bakalářská práce ve formátu .doc
- Bakalářská práce ve formátu .pdf