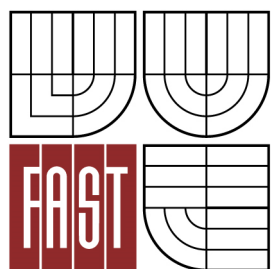




**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



**FAKULTA STAVEBNÍ**  
**ÚSTAV GEODÉZIE**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF GEODESY

# VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

USAGE OF GIS AND CAD SOFTWARE FOR DIGITAL TERRAIN MODEL

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**  
DIPLOMA THESIS

**AUTOR PRÁCE**  
AUTHOR

**BC. PETER ČIČKA**

**VEDOUCÍ PRÁCE**  
SUPERVISOR

**doc. Ing. DALIBOR BARTONĚK, CSc.**

BRNO 2014

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 30.5.2014

.....  
podpis autora  
Bc. Peter Čička

## **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Peter Čička *Využití programových prostředků GIS a CAD pro tvorbu digitálního modelu terénu*. Brno, 2014. 105 s., 64 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav geodézie. Vedoucí práce doc. Ing. Dalibor Bartoněk, CSc.

**Abstrakt**

Diplomová práca je zameraná na tvorbu digitálneho modelu terénu. Cieľom je zoznámiť sa s problematikou teórie modelovania terénu od samotného zberu dát až po vytvorenie digitálneho modelu terénu záujmového územia. Výsledkom práce je porovnanie výhod a nevýhod jednotlivých programov určených pre 3D modelovanie (ArcGIS, AutoCAD, Atlas DMT, Microstation, Catia, SolidWorks) v spojení s geodéziou a geoinformatikou.

**Klíčová slova**

digitálny model terénu, ArcGIS, AutoCAD, Atlas DMT, Microstation, Catia, SolidWorks

**Abstract**

Master thesis is focused on formation of digital terrain model. The aim of work is to become acquainted with a dilemma in regard to terrain formation theory from the very beginning of data gathering process up to landscape digital model creation of interested area. The result of thesis is to compare advantages and disadvantages of particular programs destined for 3D modelling (ArcGIS, AutoCAD, Atlas DMT, Microstation, Catia, SolidWorks) in relation to geodetics and geoinformatics.

**Keywords**

digital terrain model, ArcGIS, AutoCAD, Atlas DMT, Microstation, Catia, SolidWorks

## **Pod'akovanie:**

Ďakujem vedúcemu práce, doc. Ing. D. Bartoňkovi, Csc., za cenné rady a pripomienky a odbornú pomoc pri vypracovaní diplomovej práce. Pod'akovanie patrí i mojim rodičom za podporu počas celého štúdia na vysokej škole.

## Obsah

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | Úvod.....   | 9  |
| 2 | Digitální model terénu.....   | 10 |
|   | 2.1 Druhy digitálních model.....  | 10 |
|   | 2.2 Digitální modely v ČR.....  | 11 |
|   | 2.3 Zdroje dat.....   | 15 |
|   | 2.3.1 Geodetické měření.....  | 16 |
|   | 2.3.2 Globální navigační satelitní systémy (GNSS).....                        | 16 |
|   | 2.3.3 Fotogrammetrická analýza.....   | 18 |
|   | 2.3.4 Radarové snímání – radarová interferometrie.....                        | 19 |
|   | 2.3.5 Radarové snímání – radarová altimetrie.....                             | 19 |
|   | 2.3.5 Laserové snímání (LIDAR).....   | 20 |
|   | 2.3.5 Existující digitální a analogové data.....                              | 21 |
|   | 2.4 Typy terénních modelů.....  | 22 |
|   | 2.4.1 Polyedrický model terénu.....   | 22 |
|   | 2.4.2 Rastrový model terénu.....  | 24 |
|   | 2.4.3 Plátový model terénu.....   | 25 |
|   | 2.5 Interpolace dat.....  | 27 |
|   | 2.5.1 Thiessenové (Dirichlet, Voronoi) polygony.....                          | 29 |
|   | 2.5.2 Metoda inverzních vzdáleností IDW (Inverse distance weight method)..... | 30 |
|   | 2.5.3 Metoda triangulace s lineární interpolací.....                          | 31 |
|   | 2.5.4 Metoda minimální krivosti (Spline funkce).....                          | 32 |
|   | 2.5.5 Metoda radiálních bazových funkcí.....                                  | 33 |
|   | 2.5.6 Geostatistické metody (kriging).....                                    | 34 |
|   | 2.6 Operace nad DMT.....  | 36 |
| 3 | Zber a príprava vstupných dát.....  | 38 |

# ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

|     |   |     |
|-----|---|-----|
| 3.1 | Geografická poloha .....                          | 38  |
| 3.2 | Rekognoskácia terénu a bodového poľa.....         | 39  |
| 3.3 | Doplnenie bodového poľa .....                     | 40  |
| 3.4 | Podrobné meranie .....                            | 44  |
| 3.5 | Výpočtové práce .....                             | 45  |
| 3.6 | Testovanie presnosti polohopisu a výškopisu ..... | 46  |
| 4   | Software pre 3D modelovanie.....                  | 48  |
| 4.1 | AutoCAD.....                                      | 48  |
| 4.2 | Microstation.....                                 | 49  |
| 4.3 | Atlas DMT .....                                   | 50  |
| 4.4 | ArcGIS.....                                       | 51  |
| 4.5 | SolidWorks .....                                  | 53  |
| 4.6 | CATIA .....                                       | 54  |
| 5   | Tvorba DMT .....                                  | 55  |
| 5.1 | AutoCAD Civil 3D 2014.....                        | 55  |
| 5.2 | Microstation V8i (SELECTseries 3) .....           | 63  |
| 5.3 | Atlas DMT 6.4.2.....                              | 69  |
| 5.4 | ArcGIS 10.2.....                                  | 80  |
| 5.5 | SolidWorks 2013 .....                             | 84  |
| 5.6 | Catia V5-6R2013.....                              | 91  |
| 6   | Porovnanie funkčných možností.....                | 94  |
| 7   | Záver .....                                       | 99  |
| 8   | Použitá literatúra .....                          | 100 |
| 9   | Použité skratky .....                             | 104 |
| 10  | Prílohy.....                                      | 105 |

## 1 Úvod

Cieľom diplomovej práce je porovnanie dostupných softwarových prostriedkov určených pre trojrozmerné modelovanie terénu používaných v geodézii a príbuzných oboroch ako napríklad geoinformatika so softwarovými prostriedkami určenými pre trojrozmerné modelovanie komponentov a vytvárania kinetických modelov komponentov.

Medzi vybranými softwarovými prostriedkami sú AutoCad, MicroStation, ArcGIS, Atlas DMT, Catia a SolidWorks. AutoCAD a MicroStation patria do kategórie všeobecných CAD (Computer aided design - počítačom riadený dizajn) , ktoré podporujú 2D aj 3D kreslenie a modelovanie. ArcGIS je primárne určený pre tvorbu, editáciu, správu, analýzu a vizualizáciu priestorových dát. Atlas DMT je vyvinutý priamo na trojrozmerné modelovanie terénu a s ďalšími nastavbami vytvára silný softwarový nástroj využiteľný vo viacerých oblastiach, ako napr.: stavebná geodézia, ekológia, líniové stavby, ťažobná činnosť, atď.. Catia a SolidWorks sú programy patriace do kategórie CAE (Computer Aided Engineering - počítačom riadené inžinierstvo) a ich využitie je hlavne v leteckom a automobilovom priemysle, vo výrobe a inováciách veľmi zložitých strojárenských výrobkov.

V druhej kapitole sú popísané všeobecné informácie o digitálnom modeli terénu, jeho druhy a zdroje dát pre jeho vytváranie. V posledných podkapitolách je popísaná dátová reprezentácia, interpolácia dát a možné operácie nad digitálnym modelom terénu ako napríklad hypsometria, prelety, vrstevnice a profily.

Ďalšia kapitola popisuje jednotlivé kroky zberu dát v teréne a ich následné spracovanie, ktoré viedlo k vytvoreniu súboru podrobných bodov so súradnicami Y, X, Z a sú použité vytvorenie digitálneho modelu terénu v jednotlivých softwarových prostriedkoch.

Kapitola 4 popisuje možnosti a špecifikácie týchto softwarov, ich silné stránky a oblasť uplatnenia. Následujúca kapitola sa zaoberá tvorbou digitálneho modelu terénu v jednotlivých programoch a možnosťami pri tvorbe.

V šiestej kapitole je zhrnutý prehľad kladov a záporov, ďalšie funkcie, ktoré sú využiteľné v oblasti geodézie a geoinformatiky, samotné pracovné prostredie a možnosti uplatnenia.



## 2 Digitální model terénu

Zemský povrch je matematicky nevyjadriteľná plocha, a je nutné ju generalizovať – zjednodušiť. Úlohou digitálny model terénu je tento povrch popísať v digitálnej podobe a umožniť ďalšie operácie nad výsledkom. Vstupom sú body v priestore, ktoré nesú údaj o nadmorskej výške povrchu poprípade informáciu o priebehu terénu v bode, línii, ktoré popisujú priebeh terénu (horizontálne rezy, vertikálne rezy a hrany) a plochy popisujúce zvláštne plošné prvky vyskytujúce sa na povrchu terénu. [1]

### 2.1 Druhy digitálnych model

**Digitálny model terénu (DMT)** – Digital terrain model (DTM) – popisuje zemský povrch v zmysle holého povrchu bez vegetácie a bez ľudských výtvorov ako sú budovy, mosty a pod.

**Digitálny model povrchu (DMP)** – Digital surface model (DSM) – popisuje zemský povrch v zmysle prvého priesečníku paprsku, tzn. zahrňuje body na budovách, vegetácii a pod.

**Digitálny výškový model (DVM)** – Digital elevation model (DEM) – popisuje 2,5D rastrový model, ktorý obsahuje výškové body vo vzťahu k referenčnému povrchu, často bez obmedzenia toho čo objekty reprezentujú. Tento termín tak charakterizuje skôr modelovaciú techniku, ako dáta, ktoré DEM popisuje. [2]

## 2.2 Digitálne modely v ČR

### DMR 1

Je najstarší model reliéfu používaný v Armáde České republiky. Bol vytvorený pred 20 – 25 rokmi výskumnou zložkou letectva a protivzdušnej obrany ČSA v súčinnosti s Geografickým ústavom ČSAV. Model je tvorený sieťou buniek (rastrom) o veľkosti poľa 1 x 1 km, pričom výšky sú dané najvyšším bodom reliéfu v príslušnom kilometrovom štvorci a sú vzťahnuté k súradniciam juhozápadného rohu bunky. Výšky boli snímané ručne z vrstevníc topografickej mapy 1 : 200 000. Presnosť nebola nikdy vyčíslená, presnosť odčítania výšky sa môže pohybovať medzi 15 až 30 metrami v závislosti na členitosti terénu. Týmto modelom je pokryté celé územie strednej Európy.

### DMR 2

Pôvodne sa jednalo o model národného podniku Geofyzika Brno, ktorý bol skontrolovaný, doplnený a aktualizovaný na podkladoch TM25 a zahraničných zdrojov (prevažne mapových v mierke 1:25 000 a 1:50 000). Výsledkom sú výškopisné dáta vo forme pravidelne rozložených bodov v sieti o rozmeroch 100 x 100 metrov. Udávaná chyba v určení výšky bodu je závislá na členitosti terénu a podľa väčšiny dostupných zdrojov sa pohybuje medzi 3 až 15 metrami. Pokrýva celé územie Českej republiky, Slovenskej republiky a ďalej i pruh za štátnymi hranicami o priemernej šírke 50 kilometrov.

### DMR 2,5

Model bol vytvorený z vrstvy vrstevníc Digitálneho modelu územia 25, ktorá bola doplnená výškovými bodmi I. až VI. triedy. Obsahom sú pravidelne rozložené body v sieti 100 x 100 metrov, výška týchto bodoch reprezentuje skutočnú výšku terénu v príslušnom uzlovom bode. Chyba v určení výšky bodu sa pohybuje medzi 3 až 15 metrami v závislosti na členitosti terénu. Oblasť pokrytia odpovedá celému územiu ČR a priestoru cca 50 kilometrov za štátnymi hranicami. [3]

### **DMR 3**

Tento model vytvorilo Ministerstvo obrany České republiky stereofotogrametrickým mapovaním v rokoch 2003 až 2008. Body terénu sú nepravidelne rozložené v sieti TIN. Stredná chyba výšky v odkrytom teréne 1 – 2 metre a v zalesnených územiach 3 – 7 m. [4]

### **DMR 4G**

Digitálny model reliéfu České republiky 4. generácie predstavuje zobrazenie prirodzeného alebo ľudskou činnosťou upraveného zemského povrchu v digitálnom tvare vo forme výšok diskretných bodov v pravidelnej sieti (5 x 5 m) bodov o súradniciach X, Y, H, kde H reprezentuje nadmorskú výšku vo výškovom referenčnom systéme Balt po vyrovnaní (Bpv) s úplnou strednou chybou výšky 0,3 m v odkrytom teréne a 1 m v zalesnenom teréne. Model vznikol z dát získaných metódou leteckého laserového skenovania výškopisu územia České republiky v rokoch 2009 až 2013. DMR 4G je určený k analýzam terénnych pomerov regionálneho charakteru a rozsahu, napr.: pri projektovaní rozsiahlych dopravných a vodohospodárskych zámerov, modelovaniu prírodných javov a podobne.

### **DMR 5G**

Digitálny model reliéfu České republiky 5. generácie predstavuje zobrazenie prirodzeného alebo ľudskou činnosťou upraveného zemského povrchu v digitálnom tvare vo forme výšok diskretných bodov v nepravidelnej trojuholníkovej sieti (TIN) bodov o súradniciach X, Y, H, kde H reprezentuje nadmorskú výšku vo výškovom referenčnom systéme Balt po vyrovnaní (Bpv) s úplnou strednou chybou výšky 0,18 m v odkrytom teréne a 0,3 m v zalesnenom teréne. Model vznikol z dát získaných metódou leteckého laserového skenovania výškopisu územia České republiky v rokoch 2009 až 2013. DMR 5G je určený k analýzam terénnych pomerov lokálneho charakteru a rozsahu, napr.: pri projektovaní pozemkových úprav, plánovanie a projektovanie dopravných, vodohospodárskych a pozemných stavieb, modelovanie prírodných javov lokálneho charakteru a podobne. DMR 5G je základnou zdrojovou databázou pre tvorbu vrstevníc určených pre mapy veľkých mierok a počítačových vizualizácií výškopisu v územne orientovaných informačných systémoch vysokej úrovne podrobnosti.

## **DMP 1G**

Digitální model povrchu České republiky 1. generácie predstavuje zobrazenie územia vrátane stavieb a rastlinného pokrytia vo forme nepravidelného siete výškových bodov (TIN) s úplnou strednou chybou výšky 0,4 m pre presne vymedzené objekty (budovy) a 0,7 m pre objekty presne neohraničené (lesy a ďalšie prvky rastlinného pokrytia). Model vznikol z dát získaných metódou leteckého laserového skenovania výškopisu územia Českej republiky v rokoch 2009 až 2013. DMP 1G je určený k analýzam výškových pomerov terénu (DMR 5G) a geografických objektov na ňom sa vyskytujúcich (stavby a rastlinné pokrytie) regionálneho a čiastočne i lokálneho charakteru, napr.: pri analýzach viditeľnosti, modelovaní šírenia rádiových vln, modelovanie šírenia škodlivých látok a nečistôt ovzdušia, generovanie virtuálnych pohľadov na terén v leteckých simulátoroch a trenažéroch a podobne. [5]

## **DEM 25**

Pre získanie dát boli použité radarové družice ERS1 a ERS2 a špecializovaných algoritmov, vyvinutých v nemeckom inštitúte pre výskum kozmu (DLR). Vytvorila ich spoločnosť Aero-sensing Radar systémy. Výškové dáta sú získané v kroku 25 metrov a ich absolútna presnosť dosahuje presnosť 1 meter v rovinách a 5 až 7 metrov v členitom teréne. Pokrýva celú Českú republiku a prihraničné priestory do šírky 10-tich kilometrov.

## **DEM 10**

Pre získanie týchto dát boli využité digitálny model terénu DEM 25, kompletný vektorový model územia (vrstevnice s krokom 5m), výškové kóty a triangulačné body, vodné plochy, veľké komunikácie a ďalšie dátové zdroje. Výškové dáta sú získané v kroku 10 metrov, ich absolútna výšková presnosť dosahuje 1 – 3 metre v rovinách a 3 – 7 metrov v členitom teréne. Rozsahom pokrýva celé územie ČR a časť prihraničných priestorov. [3]

### **ZABAGED – výškopis – grid 10 x 10 m**

Základná báza geografických dát Českej republiky je geografický digitálny model územia ČR. Výškopisnú časť ZABAGED dopĺňuje odvodený digitálny model terénu v podobe pravidelnej mriežky (10 x 10 m) trojrozmerné vedených (3D) bodov.

### **ZABAGED – výškopis – 3D vrstevnice**

Základná báza geografických dát Českej republiky je geografický digitálny model územia ČR. Výškopisnú časť ZABAGED tvoria 3 typy objektov vrstevníc so základným intervalom 5, 2 a 1 m v závislosti na charakteru terénu. Obsah dátovej sady ZABAGED – výškopis - 3D vrstevnice je doplnený vybranými ďalšími výškovými prvkami – klasifikovanými hranami a bodmi, ktoré boli vyhodnotené stereofotogrammetrickou metódou pri spresnení vrstevnicového výškopisu. Všetky objekty sú reprezentované trojrozmernou vektorovou priestorovou zložkou. [5]

## 2.3 Zdroje dat

Medzi zdroje dat patria:

- **Pozemné meranie**
  - geodetické meranie
  - globálne navigačné satelitné systémy (GNSS)
  
- **Dial'kový prieskum zeme**
  - fotogrametrická analýza
  - radarové snímanie
  - laserové snímanie (LiDAR)
  
- **Existujúce digitálne a analógové dáta**
  - Základná báza geografický dat (ZABAGED)
  - Digitálny model územia (DMÚ)
  - a ďalšie zdroje dat

### 2.3.1 Geodetické meranie

- najpresnejšia metóda a zároveň najprácejšia
- zameranie polohových súradníc polygónových ťahov
- pomocou nivelácie určená nadmorská výška
- jednotlivé body terénneho reliéfu sú zamerané tachymetrický – súčasné určenie polohy (vyjadrené polárnymi súradnicami) i výšky (trigonometricky)
- zameranie bodov vystihujúcich charakteristické prvky reliéfu terénu (najmä singularity) v závislosti na mierke mapovania
- totálne stanice vo veľkej miere zefektívňujú prácu, najmä vďaka následnému spracovaniu na výkonných počítačových staniciach s príslušným geodetickým softwarom
- stále potrebné najmä v oblasti stavebnej činnosti

### 2.3.2 Globálne navigačné satelitné systémy (GNSS)

- počiatkom 70-tych rokov boli budované 2 systémy novej generácie. V USA to bol projekt GPS – NAVSTAR (Global Positioning System – Navigation System using Time and Raging) a v SSSR projekt GLONASS (Globalnaja Navigacionnaja Sputnikovaja Sistěma) [6]
- v Európe je budovaný systém GALILEO, ktorý by mal poskytovať služby do konca roku 2014 [7]

#### **GPS NAVSTAR:**

- Kozmický segment
  - o 24 satelitov na 6 skoro kruhových dráhach
  - o Družice obiehajú vo výške cca 26560 km s inklináciou 55 stupňov od rovníku
  - o Doba obehu je 11 hodín a 58 minút
- Riadiaci segment
  - o monitorovacie stanice a pozemné antény po celom svete

## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

- celkom 10 staníc, hlavná v Colorede Springs (MCS)
  - neustále prevádzajú zber dát z družíc a predávajú ich do MCS.
  - tu sú dáta spracované a vypočítané presné údaje o obežných dráhach a korekcie času, ktoré sú spätne prenesené pozemnými anténami do satelitov
- Užívateľský segment
- široká škála GPS prístrojov (navigácia v automobiloch, lodiach, lietadlách, RTK stanice, turistická navigácia)

Meranie pomocou družicových polohových systémov je možné realizovať na základe kódových, fázových alebo dopplerovských meraní.

Kódové meranie – základným princípom je určenie vzdialenosti medzi prijímačom a družicami. K tomuto účelu sa využívajú tzv. diaľkomerné kódy vysielané jednotlivými družicami, čo sú v podstate presné časové značky umožňujúce prijímaču určiť čas, kedy bola odvysielaná ktorákoľvek časť signálu vysielaného družicou.

Fázové merania spracovávajú vlastné nosné vlny (určuje sa počet vlnových dĺžok nosnej vlny medzi prijímačom a družicou). Tento počet sa skladá jednak z celočíselného násobku nosných vln a jednak z desatinnej časti – fázové merania preto vykazujú určitú nejednoznačnosť (ambiguity).

Dopplerovské meranie využíva princípu posunu frekvencie na nosnej vlne a prakticky sa používa iba k určeniu rýchlosti

Všetky satelity a prijímače generujú identickú radu kódov. Keď správa dorazí k prijímaču, porovná sa ich sprevádzajúci kód s kódom vygenerovaným v prijímači a môže zistiť, kedy bola vyslaná.

Presnosť určovania polohy a času ovplyvňujú tieto faktory: riadenie prístupu k signálom družice, stav družíc, rozsah presnosti merania, pomer signál a šum, viaccestné šírenie, počet viditeľných družíc, geometrické usporiadanie viditeľných družíc (PDOP), typ prijímača, platnosť efemeríd, presnosť určenia efemeríd, presnosť hodín na družiciach, vplyv ionosféry a troposféry, chyba hodín prijímača a spôsob merania a vyhodnotenia.



### 2.3.3 Fotogrammetrická analýza

K fotogrametrickej analýze je nutnosť dvoch leteckých alebo družicových snímok so stereoskopickým prekrytom (obvykle 60 – 80%) a potrebné prístrojové vybavenie (stereoploter alebo digitálna fotogrammetrická stanica)

Pred samotným stereoskopickým vyhodnotením je nutné previesť určenie prvkov vnútornej a vonkajšej orientácie snímok (vlicovanie).

Výstupom je matica číslíc, na ktorého základe je možné ďalej snímky ortorektifikovať.

Pri analógovom spracovaní sú v obrazovom poli operátora viditeľné dve bodky, ktorými sa pohybuje tak, pokiaľ nesplynú v jednu bodku na povrchu terénu, ktorú je možné po teréne pohybovať. Na základe rozdielu paraláx veľkého množstva bodov sa vypočítajú výškové rozdiely a absolútne hodnoty výšok. Zistenie presnej výšky je náročné na miestach, kde pozorovateľ nevidí terén (vegetácia, budovy, oblačnosť). Množstvo bodov a ich rozmiestnenie je pri tejto metóde je určené pravidelnou sieťou o predpísaných parametroch alebo je výsledkom sledovania línií o rovnakej výške a záznamom údajov v pravidelných intervaloch.

Pri automatizovanom digitálnom spracovaní sa snímky vyhodnocujú metódou obrazovej korelácie dvoch odpovedajúcich si obrazových záznamov. Cieľom je automaticky zistiť polohu dvoch odpovedajúcich si bodov (tzn. homologických bodov), zaregistrovať ich snímkové súradnice a vypočítať horizontálnu paralaxu umožňujúci stanoviť výšku príslušného bodu nad zrovnávaciu rovinu.

#### **2.3.4 Radarové snímání – radarová interferometria**

Získanie radarového echa rovnakého miesta z rôznych polôh, pričom dochádza k rozdielu fázy radarového signálu, ktorý je nositeľom informácie o výške. Radarové snímání je založené na rozdieloch vo fázy dvoch radarových signálov získaných z odlišnej pozície, ale i dvomi radarovými systémami. Získava sa tzv. interferogram pre určenie relatívnych výškových rozdielov jednotlivých prvkov. Zvýšenie presnosti je možné dosiahnuť diferenčnou interferometriou, ktorá je založená na rozdielu dvoch interferogramov. Presnosť vo vertikálnom smere je rádovo okolo 4-5 metrov, pri diferenčnej interferometrii rádovo centimetre.

#### **2.3.5 Radarové snímání – radarová altimetria**

Altimetre pracujú najčastejšie na družiciach, radarové echo je zaznamenávané ako časový interval medzi vyslaným a prijatým signálom a súčasne ako signál modifikovaný povrchom. Mikrovlnné žiarenie sa šíri konštantnou rýchlosťou, z rozdielu času medzi vyslaným a prijatým signálom je možné zistiť vzdialenosť a pri známych parametroch orbity ju prepočítať na absolútnu výšku povrchu. Intenzita prijatého echa tvorí tzv. krivku intenzity signálu a z tej je možné potom získať aj informácie o odrazových vlastnostiach a drsnosti povrchu. Vzhľadom k vlastnostiam, ktoré formulujú radarové echo, sa altimetre využívajú predovšetkým k meraniu výšky hladiny oceánov a k meraniu výšky povrchov pokrytým ľadom. Výsledná presnosť merania je veľmi variabilná, rádovo od desiatok centimetrov až po metre, a to z dôvodu ovplyvnenia radarového echa vlastnosťami povrchu.

### 2.3.5 Laserové snímání (LIDAR)

Je analýza zväzku laserových lúčov, ktorý je vysielaný z nosiča, pohybujúceho sa v určitej vzdialenosti od snímaného objektu. U každého laserového lúča je zaznamenaná jeho aktuálna poloha v priestore pomocou diferenciálnej GPS a inerciálnej navigácie. Lúč dopadne na objekt a odrazí sa v podobe echa späť k senzoru, pričom je zmeraná vzdialenosť, ktorú prešiel. Lúč sa odrazí od každej plôšky objektu, čím vytvára postupnosť ech od najvyšších odrazových plôch po najnižšie. Letecké laserové snímače vysielajú zväzok lúčov, ktoré v rade viac menej naprieč pohybu nosiča dopadajú na povrch. Krajné body rady definujú vysielač uhol a po jeho dosiahnutí je snímaný ďalší riadok, tento krát v opačnom smere. Každý jednotlivý lúč má svoj vlastný obrazový uhol, ktorý vytvára pohľadový kužeľ s vrcholom v snímači a podstavou na snímanom objekte. Táto stopa je tým väčšia, čím je snímač viacej vzdialený od objektu a od istej vzdialenosti sa môžu tieto stopy prekrývať, obzvlášť pokiaľ je nastavenie obrazového uhlu pevné.

V závislosti na výške letu je teda môže priemer stôp pohybovať v rozmedzí od 10 cm do 4 m.

V zásade platí, že čím väčšia frekvencia impulzov laser vysiela, tým presnejšie informácie získava, pretože je získaných viacej údajov na jednotku plochy. Analýzou zaznamenaného vráteného lúča je potom vyhodnotený vlastný objekt a vzdialenosť snímača od neho, a pokiaľ je toto meranie sprevádzané zberom optických dát vo viditeľnom, prípadne v ďalších pásmach, je výsledný efekt ešte umocnený.

Laserové snímání kladie vysoké nároky na spracovateľské možnosti disponibilnej techniky.

Vlastná vizualizácia do podoby DMT predstavuje v podstate zobrazenie posledného echa záznamu, tzn. pevného zemského povrchu bez dutín.

### 2.3.5 Existující digitálně a analogové data

ZABAGED je digitální geografický model územia České republiky, které svojou přesností a podrobností zobrazení geografické reality odpovídá přesnosti a podrobnosti Základní mapy České republiky v měřítku 1:10 000 (ZM 10). Obsah ZABAGED tvoří 106 typů geografických objektů zobrazených v databázi vektorovým polohopisem a příslušnými popisnými a kvalitativními atributy. ZABAGED obsahuje informace o sídlach, komunikacích, rozvodných sítích a povrchu a prvcích terénního reliéfu. Součástí ZABAGED jsou i vybrané údaje o geodetických, výškových a tížových bodech na území České republiky a výškopis reprezentovaný priestorových 3D súborm vrstevnic.

DMÚ 25 je významným zdrojem kvalitních topografických dat jako vojenské mapové dílo. Správcem digitálních produktů odvozených z vojenských topografických map je Vojenský geografický a hydrometeorologický úřad se sídlem v Dobrušce. Autorská práva k tomuto dílu spravuje Generální štáb Armády České republiky. Jedná se o vektorovou databázi topografických informací o území, která svojou přesností a obsahovou náplní koresponduje s vojenskými topografickými mapami v měřítku 1: 25 000 označenými TM25. Databáze obsahuje topografické objekty rozdělené do 7 tematických vrstev – vodstvo, sídla, komunikace, vedení sítí, hranice a ohrady, rostlinný a půdní kryt a terénní reliéf. Databáze je bezšvým digitálním modelem celého územia České republiky je miernym presahom cez štátne hranice. Na rozdiel od databáze ZABAGED nekončí na štátnej hranici, ale zobrazuje ešte niekoľko kilometrov široké pásmo susedných štátov. [8]

## 2.4 Typy terénnych modelov

Rozdelenie podľa typu plôch, ktorými sú tvorené:

- Polyedrický model terénu
- Rastrový model terénu
- Plátový model terénu

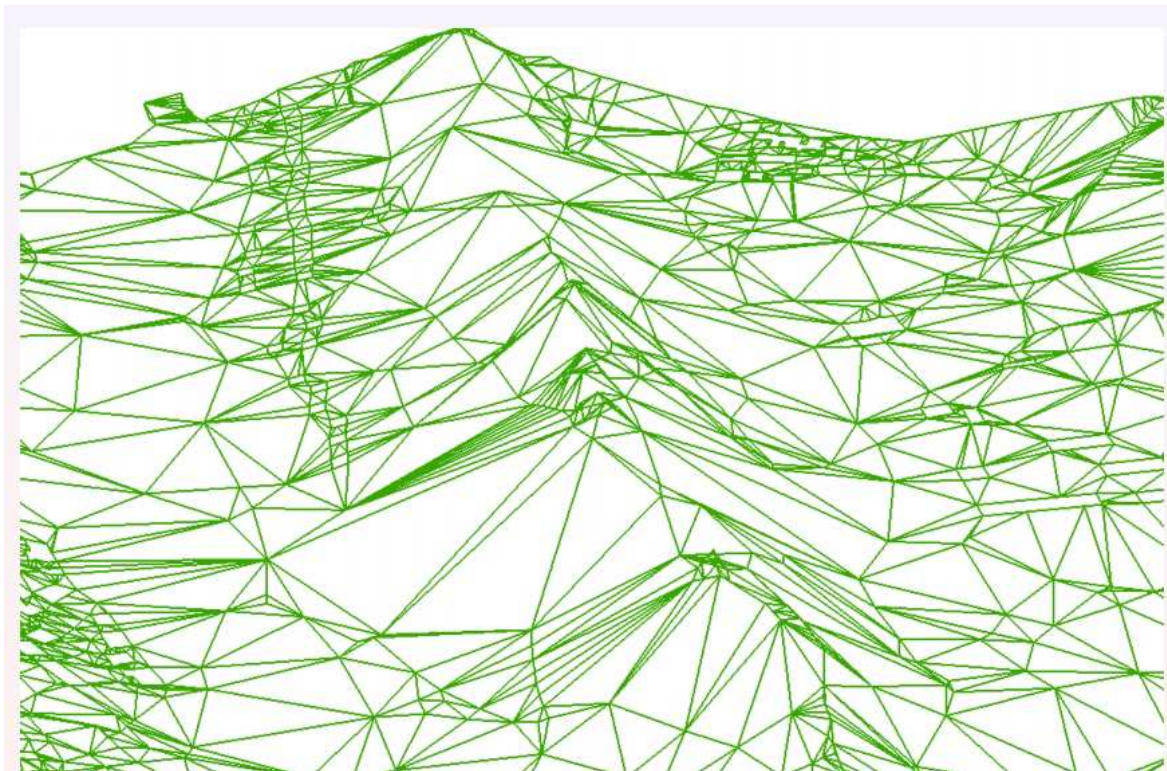
### 2.4.1 Polyedrický model terénu

Plôšky sú predstavované nepravidelnými trojuholníkmi. Sieť trojuholníkov je vytvorená pomocou triangulačných algoritmov. Preloženie rovín vrcholmi jednotlivých trojuholníkov v  $E^3$  vznikne nepravidelný mnohosten (tzv. polyeder), ktorý sa primýká k terénu. V trojuholníkoch sa využíva lineárna interpolácia.

Do polyedrického modelu je možné zadať povinné spojnice (chrbátnice, údolnice a spádnice), ktoré zlepšujú jeho aproximačné vlastnosti.

Dáta pre polyedrický model bývajú získané terestrickým meraním. Hustota bodov nie je na celom zemi rovnomerná. Väčší počet bodov na jednotku plochy sa nachádza v zložitejšom teréne, naopak pri rovnomernom priebehu terénu sa počet bodov výrazne znižuje.

Pri vhodnej voľbe bodov vystihuje skutočný terén lepšie ako rastrový model. Vzhľadom k nepravidelnému rozloženiu bodov je nutné pri interpolácii dát či rôznych analytických operáciách z polyedrického modelu používať špeciálne techniky (napr.: IDW alebo Krigging).



Obr. 1: Ukážka polyedrického modelu [9]

Vektorový popis polyedrického modelu so zavedením topologických vzťahov medzi jednotlivými trojuholníkmi sa nazýva TIN (Nepravideľná trojuholníková sieť).

TIN je tvorený zoznamom súradníc všetkých vrcholov trojuholníka, zoznamom súradníc každého trojuholníka a informáciami o susedných trojuholníkoch.

Zároveň umožňuje efektívny výber trojuholníkov susediacich s inými trojuholníkmi a urýchľuje radu geometrických i topologických operácií nad polyedrickým modelom. [9]

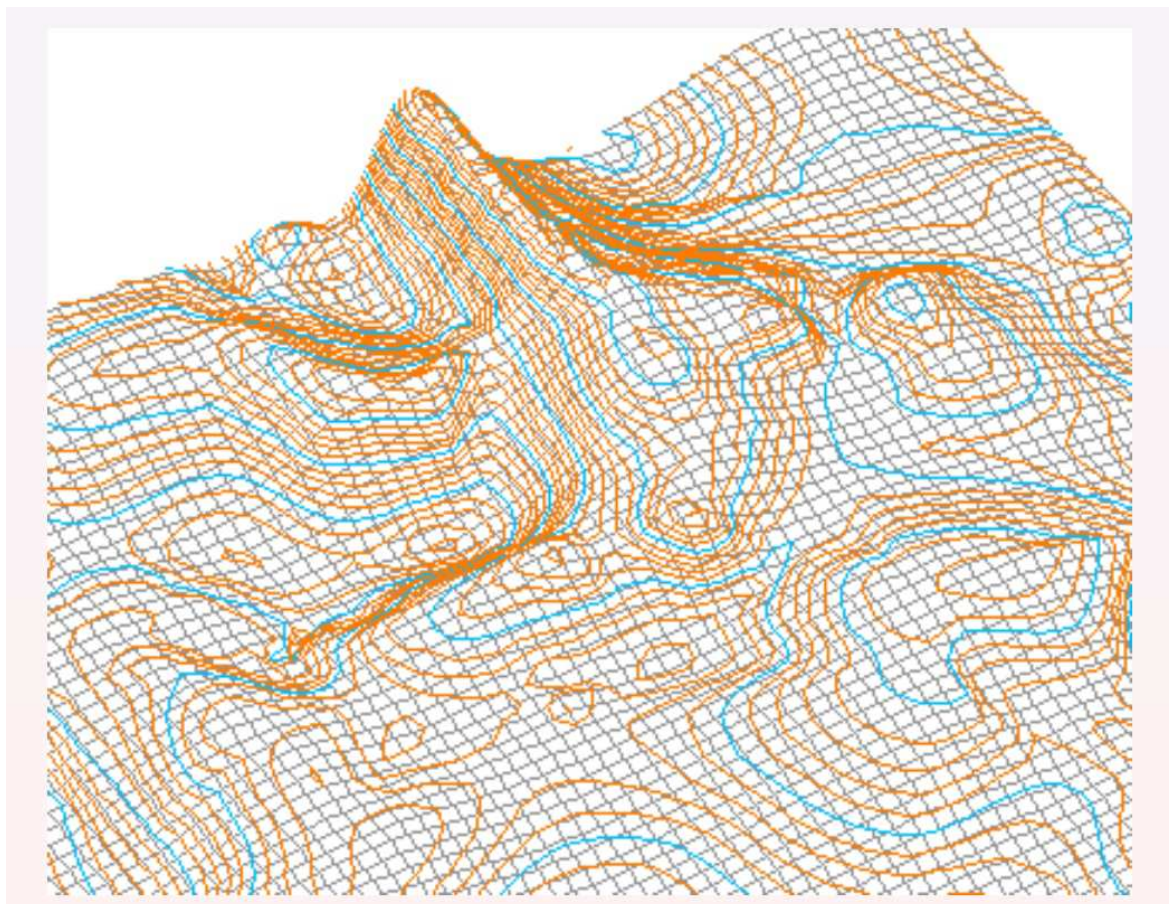
### 2.4.2 Rastrový model terénu

Rastrový model terénu je tvorený pravidelnými ploškami so spoločnými hranami. Plošky predstavujú skrútené štvoruholníky, ktoré je možné rozdeliť do trojuholníkov.

Body majú medzi sebou konštanté rozostupy a manipulácia medzi bunkami rastru je jednoduchá, tzn. interpolácia sa realizuje rýchlejšie.

Voľba bodov sa neprispôsobuje skutočnému tvaru terénu, v niektorých miestach môže byť počet nadbytočný, v iných naopak nedostatočný.

Rastrový model vo väčšine prípadov poskytuje horšie výsledky ako polyedrický model.  
[9]



Obr. 2: Ukážka rastrového modelu [9]

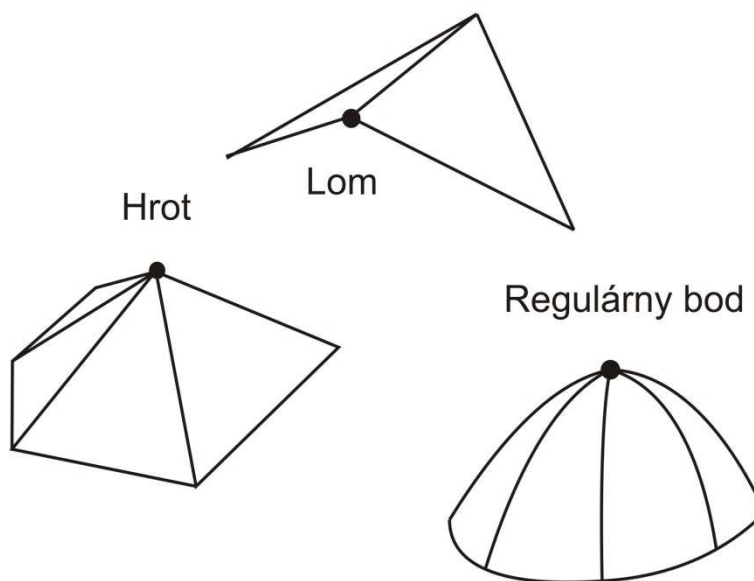
### 2.4.3 Plátový model terénu

Plátový model na rozdiel o polyedrického a rastrového modelu poskytuje priebeh terénu hladký, tzn. ostré prechody sú nahradené plátmi. Z estetického hľadiska je takýto spôsob reprezentácie pôsobí prirodzenejšie a z kartografického hľadiska zase omnoho vernejší.

Dôležitú úlohu pri plátovom modeli terénu hrá napojenie susedných plátov, a to hladké alebo ostré. Dva pláty sú na seba napojované v okrajových uzlových bodoch plátu.

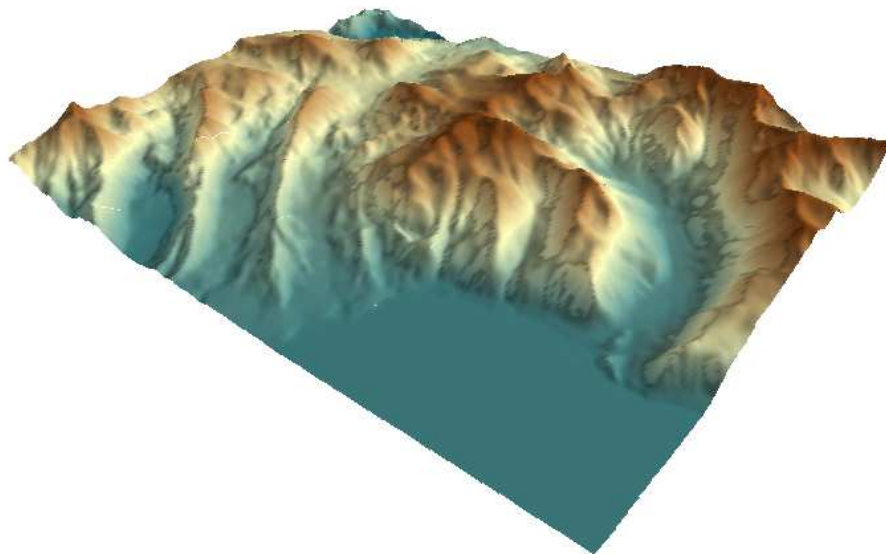
Uzlové body sú delené do troch skupín:

- singulárny bod typu *ZLOM*  
V bode existujú 2 dotykové roviny, tzn. dva pláty majú ostré napojenie. Ležia na hrane, na ktorej dochádza k zmene spádu.
- singulárny bod typu *HROT*  
Bod, v ktorom neexistuje spoločná dotyková rovina, tzn. v tomto bode nedôjde k zaobleniu terénu
- *REGULÁRNY BOD*  
V tomto bode existuje spoločná dotyková rovina, terén je zaoblený a všetky pláty sú napojené hladko. [9]



Obr. 3: Ukážka uzlových bodov [9]





Obr. 4: Ukázka plátového modelu [10]

## 2.5 Interpolácia dát

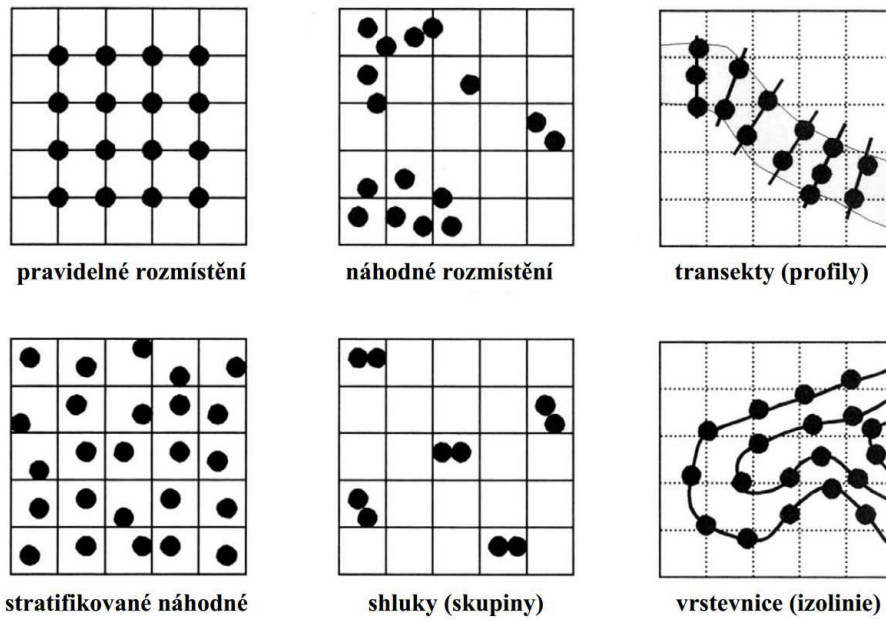
Interpolácia je procedúra odhadu neznámych hodnôt zo známych ( nameraných, zistených) hodnôt v okolí. Spravidla sa jedná o tzv. lokálny odhad, kedy odhadujeme hodnotu záujmovej veličiny v bode, kde nebola primárne zistená alebo nameraná.

Dôležitým kritériom rozdelenia interpolačných metód je, či zachovávajú pôvodné hodnoty v miestach so známou hodnotou v interpolovanom súbore. Takéto metódy môžeme označiť ako exaktné, na rozdiel od aproximačných (vyhladzovacích) metód, kde dochádza k vyhladeniu hodnôt i v mieste so známou hodnotou. [11]

K interpolovaniu dát sa používa niekoľko metód najčastejšie:

- Thiessenové (Dirichlet, Voronoi) polygóny
- Metóda inverzných vzdialeností (IDW)
- Metóda triangulácie s lineárnou interpoláciou
- Metóda minimálnej krivosti (spline funkcie)
- Metóda radiálnych bazových funkcií
- Geostatické metódy (kriging)

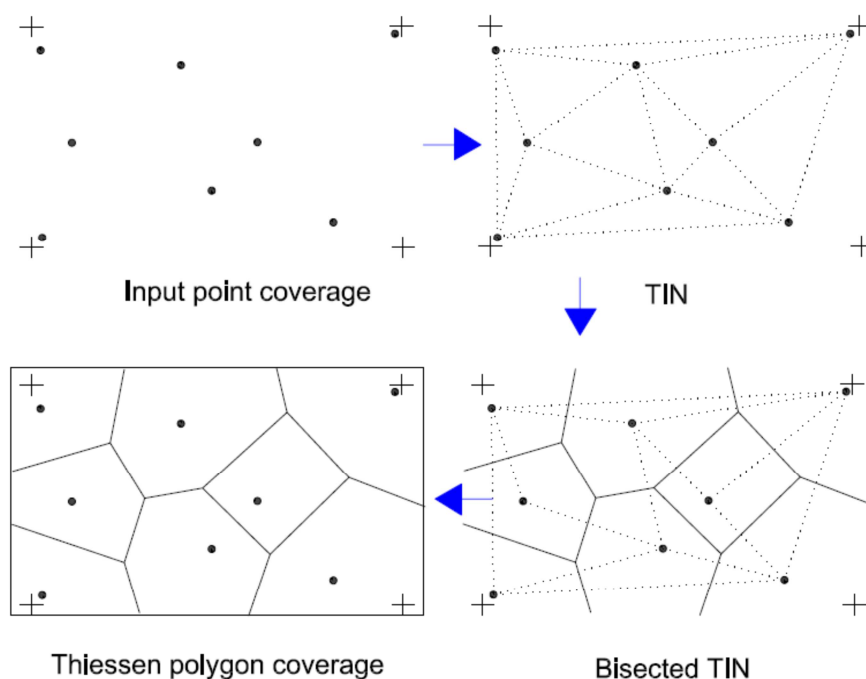
Každá z metód interpolácie dáva všeobecne rôzne výsledky v závislosti na rozložení a charakteru bodových dát. V neposlednej rade závisí na voľbe parametrov jednotlivých interpolačných metód. [12]



Obr. 5: Rozmiestnenie zdrojových dát [13]

### 2.5.1 Thiessenové (Dirichlet, Voronoi) polygóny

Predstavuje presnú metódu interpolácie, ktorá vychádza z predpokladu, že neznáme hodnoty bodov odpovedajú hodnote najbližších známych bodov. Zahrňuje šírenie teritória združeného s bodom, ktoré pokračuje tak dlho, až narazí na obdobné spracované teritórium susedného bodu. Pokiaľ je rozmiestnenie nepravidelné, výsledkom bude mozaika polygónov. [13]

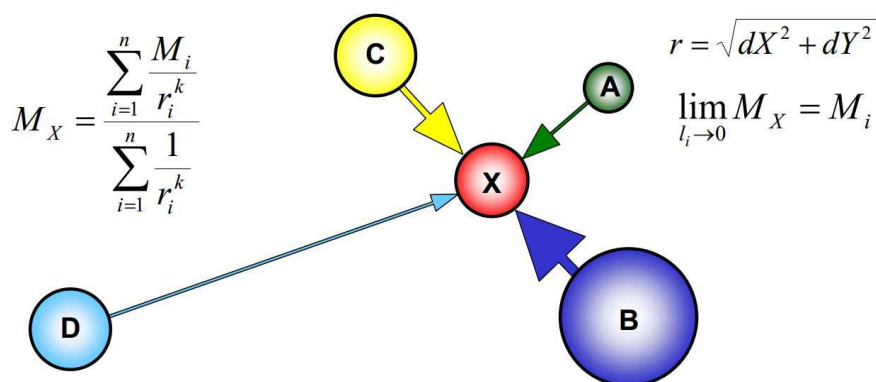


Obr. 6: Schéma interpolácie dát pomocou Thiessenových polygónov. [14]

Táto metóda interpolácie sa využíva hlavne v meteorológii a hydrológii. Slúži k vyhodnotení priestorových dát, najmä pre určenie výšky zrážky na danom území. [15]

### 2.5.2 Metóda inverzných vzdialeností IDW (Inverse distance weight method)

Interpoluje hodnoty bodov vo vektorovom formáte do povrchu vo formáte rastru. Táto interpolačná metóda predpokladá, že každý vstupný bod má vplyv na svoje okolie. Tento vplyv sa znižuje so vzdialenosťou. K určeniu hodnôt buniek rastru sa používa vážený priemer hodnôt bodov v okolí. Váhou je inverzná vzdialenosť. Čím ďalej je konkrétny bod od zisťovanej bunky (stred bunky), tým menší má vplyv na hodnotu bunky (hodnota je priradená stredú bunky). [16]



Obr. 7: Metóda inverzných vzdialeností [13]

Vysvetlivky:

- $M_i$  – známa hodnota v  $i$ -tom mieste
- $r_i$  – vzdialenosť  $i$ -tého miesta od miesta X
- $k$  – vhodná mocnina vzdialenosti (1 alebo 2)

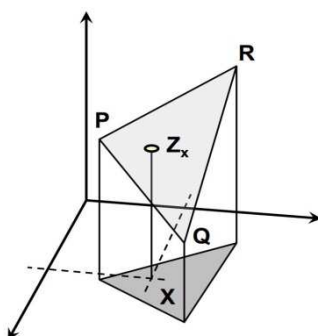
Táto interpolácia môže byť využitá v humánnej geografii, napríklad k hodnoteniu spotrebiteľskej kúpnej sily pre predajnú sieť. [16]

Metódu inverzných vzdialeností s kombináciou metódy najmenších štvorcov nazývame Shepardova metóda.

### 2.5.3 Metóda triangulácie s lineárnou interpoláciou

Poskytuje odhad neznámej hodnoty pomocou lineárnej závislosti. Lineárnym útvarom je teda rovina. Rovnica roviny obsahuje 3 koeficienty, tzn. že pre jej určenie potrebujeme 3 známe body  $P [x_1, y_1, z_1]$ ,  $Q [x_2, y_2, z_2]$ ,  $R [x_3, y_3, z_3]$ .

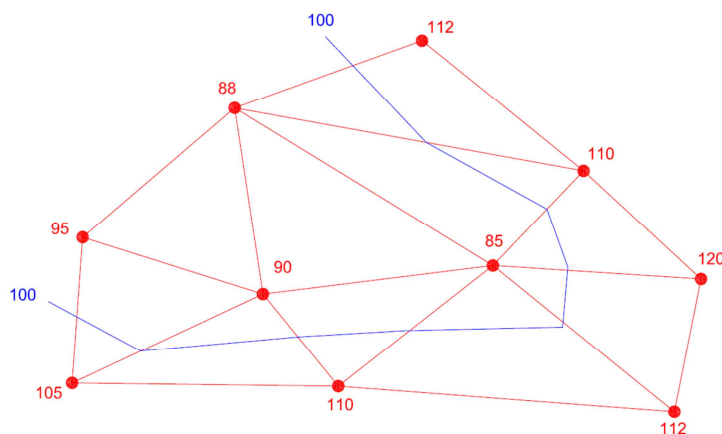
Body  $P$ ,  $Q$ ,  $R$  sú vybrané tak, aby bol  $X$  ležal vnútri trojuholníka získaného ako priemet trojuholníka  $PQR$ . Týmito koeficientmi je možné získať riešením sústavu rovníc. Hľadaný odhad  $Z_x$  je daný vzťahom:  $Z_x = ax_0 + by_0 + c$



Obr. 8: Geometrická interpretácia metódy [13]

Výhodou metódy je, že namerané hodnoty zostávajú nezmenené. Vhodná je tiež pri modelovaní nespojitostí v poli (zlom, hrana). Nevýhodou je nespojitosť vypočítaných hodnôt – nutnosť použiť vyhladenie.

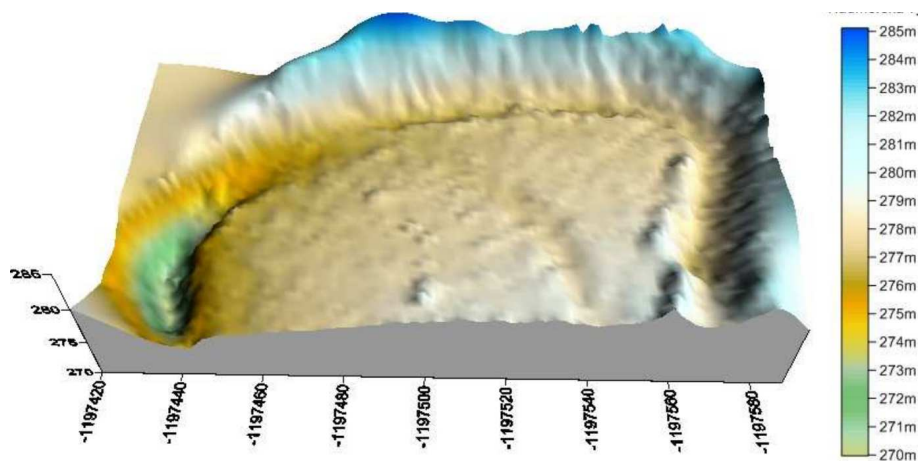
Táto interpolácia vytvorí nepravidelnú trojuholníkovú sieť (TIN triangular irregular network), z ktorej sú generované vrstevnice. [13]



Obr. 9: Interpolácia izolínií (vrstevníc) [13]

#### 2.5.4 Metóda minimálnej krivosti (Spline funkcie)

Táto metóda využíva bikubické B-spliny. Každá časť povrchu je reprezentovaná samostatnou polynomicou funkciou, odvodenú z lokálnych hodnôt, pritom musí byť zabezpečená spojitosť susedných polynomických funkcií na ich styku (v prípade kubických polynómov musia byť totožné prvé dve derivácie). Generuje hladké povrchy a ctí namerané hodnoty. Je pomerne rýchla. Nevhodná je u niektorých polí, kde potrebujeme čiastočne vyhladenie hodnôt alebo vtedy, keď je neprípustné vytváranie falošných maxím a miním v poli. [11]



Obr. 10: Vizualizácia DMR vytvoreného metódou minimálnej krivosti [17]

### 2.5.5 Metóda radiálních bázových funkcí

Je založená na princípe exaktných interpolačných metód. Táto metóda produkuje relatívne hladký povrch a pritom zachováva namerané hodnoty. Jednotlivé používané funkcie sú analogické semivariogramom používaným v geoštatistike. Najčastejšie sa používa multikvadratická metóda, ktorá vychádza z riešenia rovnice:

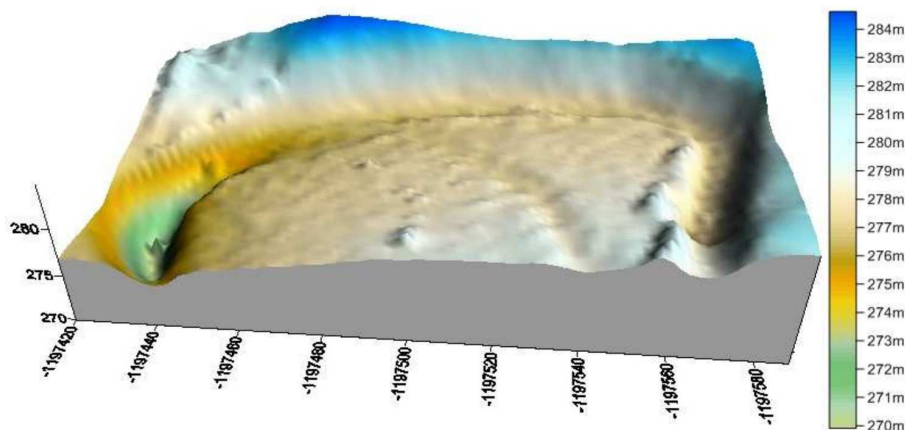
$$B_i(x, y) = \sqrt{d_i(x, y)^2 + R^2},$$

kde  $B_i(x, y)$  je radiálna funkcia vzdialenosti  $d_i(x, y)$

$d_i(x, y)$  je relatívna, anizotropná vzdialenosť merania v mieste  $x_i, y_i$

$R^2$  je vyhladzovací faktor

V priebehu interpolácie sú funkcie  $B_i(x, y)$  v každom mieste stanovené optimálne váhy riešenia sústavy lineárnych rovníc. [17]



Obr. 11: Vizualizácia DMR vytvoreného metódou radiálních bázových funkcí [17]



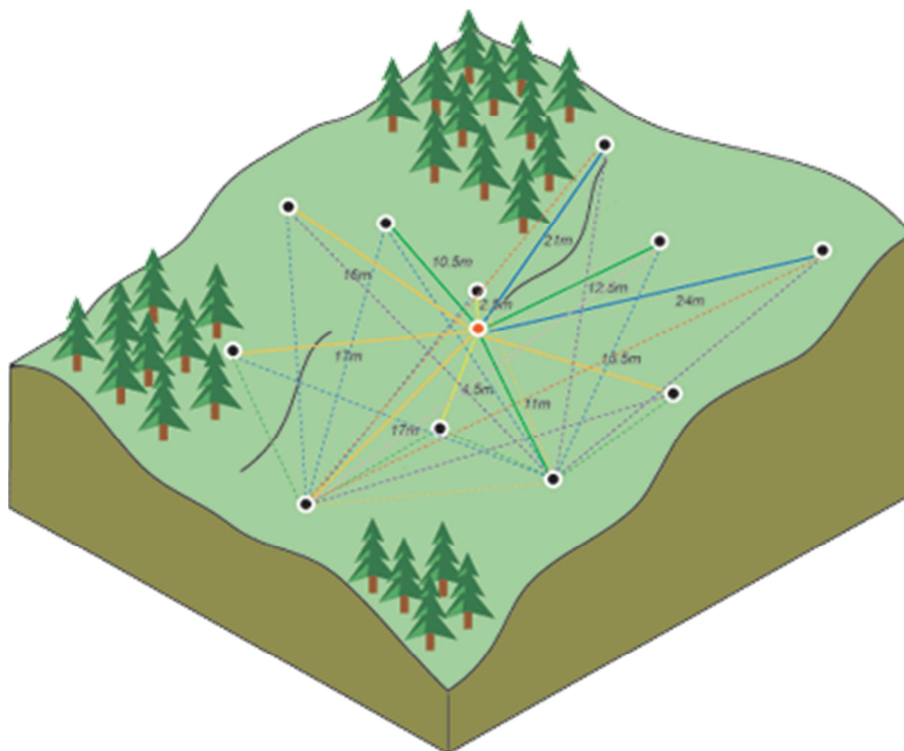
### 2.5.6 Geostatické metody (kriging)

Krigovanie je geostatickou metódou odhadu. Odhady sú počítané na základe vážených lineárnych priemerov, kde pre každé miesto je optimalizovaná sústava váh tak, aby mal výsledný odhad, čo najmenšiu chybu (rozptyl odhadu). Ku krigovaniu je potrebné previesť štrukturálnu analýzu a popísať vzťahy vo skúmanom poli, niekedy sa ale situácia zjednodušuje predpokladom lineárneho semivariogramu.

Teoreticky by pri nulovom zostatkovom rozptyle malo ísť o exaktnú metódu, praktické implementácie ukazujú chovanie aproximačné, teda vyhladenie pôvodných hodnôt. K základným predpokladom pre realizáciu geostatických odhadov patrí pre väčšinu metód požiadavka normálnej distribúcie interpolovanej veličiny, stacionarita a homogenita, z ktorých vyplýva i požiadavka na rovnaký rozptyl v poli.

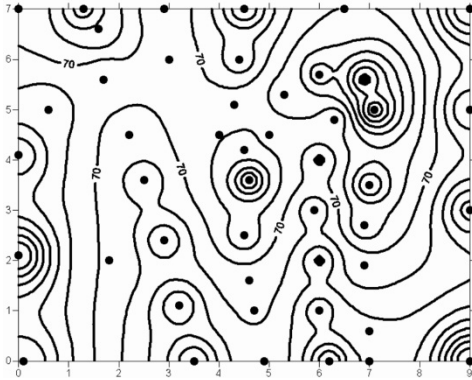
Jednoduché krigovanie je najjednoduchšou metódou krigovania. K výpočtu je potrebná priemerná hodnota veličiny v poli.

U základného krigovania sa predpokladá, že priestorová premenná má neznámu veličinu, ale konštantnú strednú hodnotu. [11]

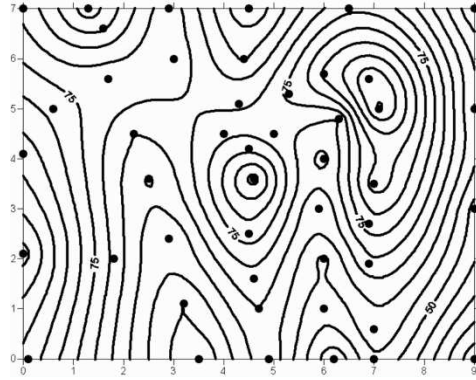


Obr. 12: Ukážka princípu krigovania [18]

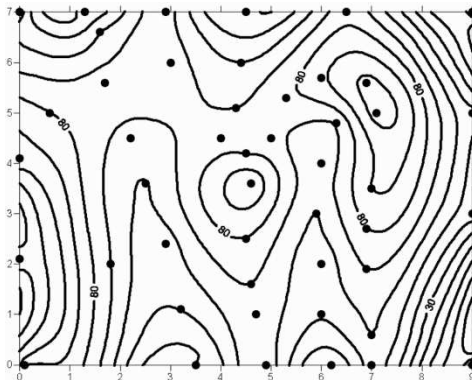
Porovnanie interpolácií v závislosti na použitej metóde [13]



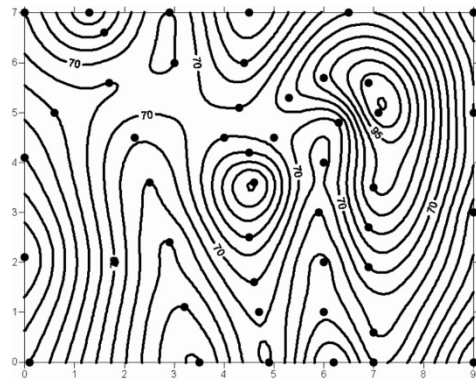
Metóda inverzných vzdialeností



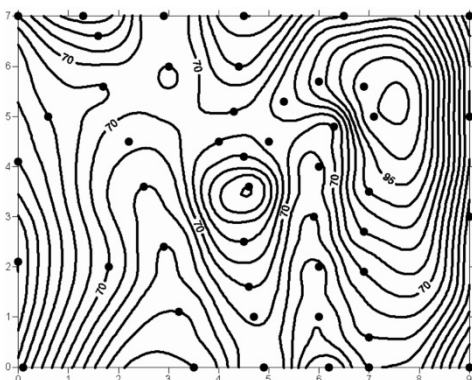
Metóda krigovania



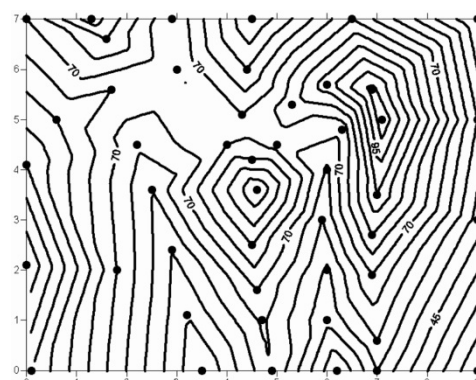
Metóda minimálnej krivosti



Metóda radiálnej funkcie



Shepardova metóda

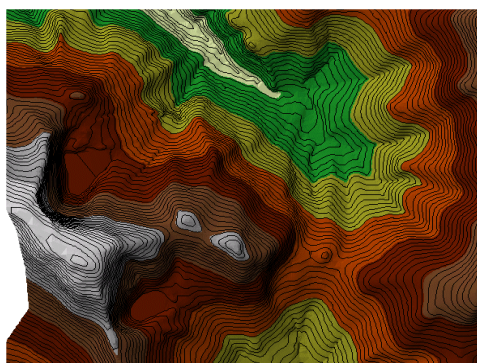


Metóda triangulácie

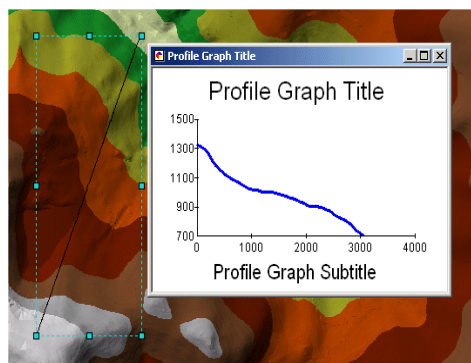
## 2.6 Operácie nad DMT

Medzi základné operácie, s ktorými sa dá disponovať nad digitálny modelom terénu sú:

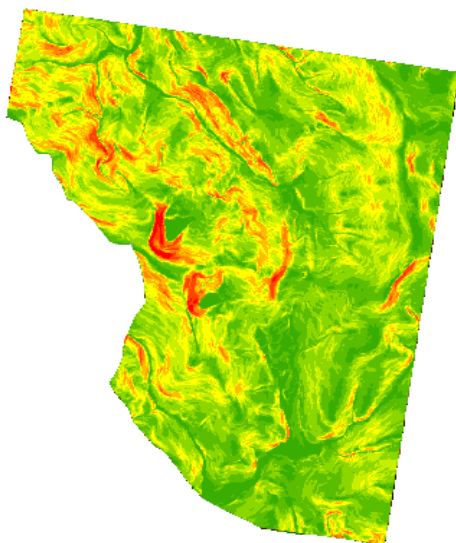
- Vrstevnice
- Výškový profil
- Sklon terénu
- Expozícia k svetovým stranám
- Gradient
- Viditeľnosť
- Hypsometria
- Tieňovanie



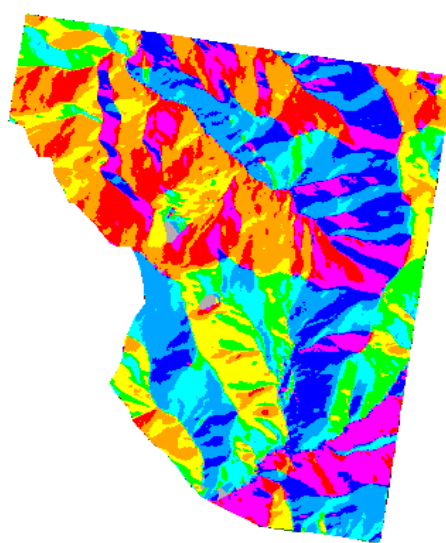
Obr. 13: Vrstevnice a hypsometria [19]



Obr. 14: Výškový profil [19]



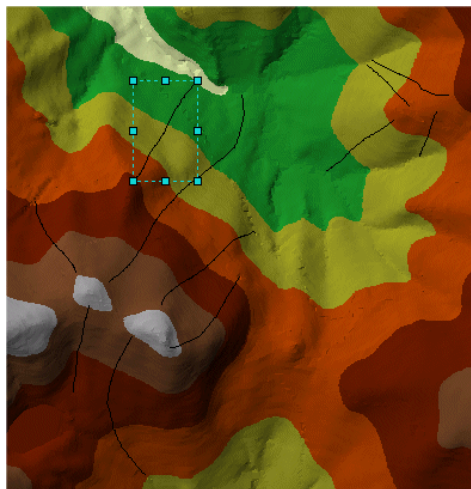
Obr. 15: Sklon terénu [19]



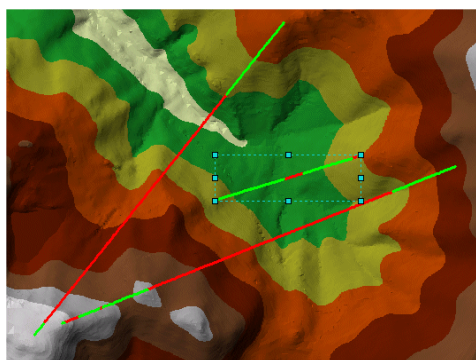
Obr. 16: Expozícia [19]



Obr. 17: Těňovaný reliéf [19]



Obr. 18: Gradient [19]



Obr. 19: Lína viditeľnosti [19]

### 3 Zber a príprava vstupných dát

#### 3.1 Geografická poloha

Medlánecké kopce je prírodná pamiatka, o celkovej rozlohe 12,5 ha, nachádzajúca sa na území štatutárneho mesta Brna v katastrálnych územiach Medlánky a Královo Pole. Jedná sa od dva chránené samostatné kopce v severnom pokračovaní Palackého vrchu. Severovýchodne položený menší Medlánecký kopec leží na západe katastrálneho územia Medlánky a juhozápadne položený Strelecký kopec leží na severe katastrálneho územia Královo Pole. Ako „Medlánecké kopce“ sa označujú z dôvodu, že až do 60-tych rokov 20. storočia obidva ležali v katastrálnom území Medlánky.

Dôvodom ochrany je lokalita, ktorá je bohatá na teplomilnú flóru (Poniklec veľkokvetý) a hmyz spadajúci do biotopu stepí. Na letisku AK Medlánky v blízkosti rezervácie sa súčasne vyskytuje i kolónia sýsľov.

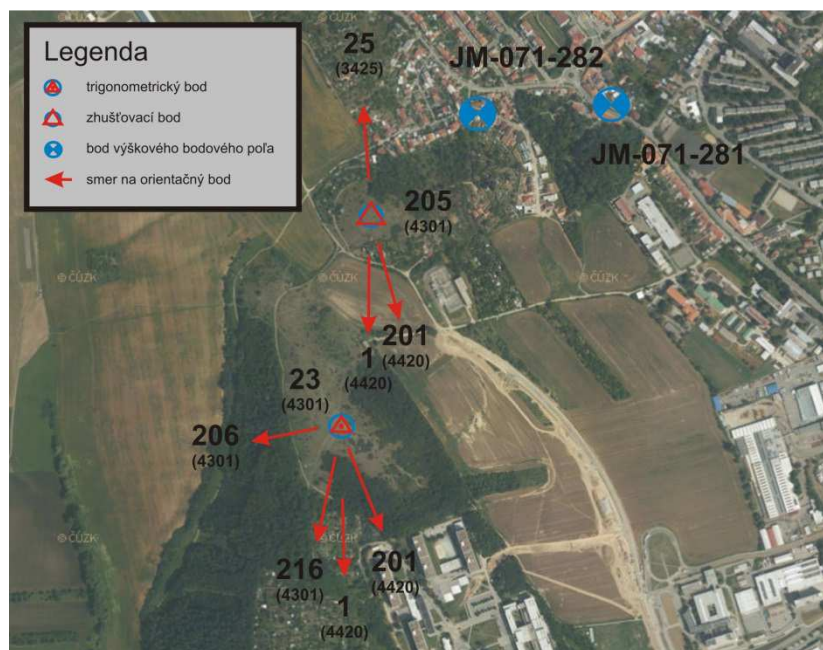


Obr. 20: Zaujímavá lokalita - Medlánecké kopce a blízke okolie [20][27]

### 3.2 Rekognoskácia terénu a bodového poľa

Zájmová lokalita sa nachádza na dvoch susediacich kopcoch, ktoré tvoria Prírodnú pamiatku Medlánecké kopce. Oba kopce majú na horizonte trávnatý povrch s kríkmi. Na severnej strane nižšieho kopca sa nachádza hustý porast výšky 3 metre s občasným výskytom stromov. Väčší kopec je zalesnený na severovýchodnej strane, na východnej strane hustým porastom výšky 3 m a na južnej strane je opäť zalesnený. Medzi kopcami sa nachádza široké sedlo, ktoré rozdeľuje dve polia s rôznymi poľnohospodárskymi kultúrami (kukuricou a repkou). V blízkosti lokality sa nachádza veľká rozvodná trafostanica, z ktorej vedie niekoľko elektrických vedení, ktoré križujú merané územie (VVN a VN). Cez územie vedú turistické značky NS Medlánecké kopce (žltá a zelená).

Z hľadiska bodového poľa má lokalita dobré umiestnenie, pretože sa na každom kopci nachádza trigonometrický bod (205 a 23), z ktorých sú vzdialené orientácie na kostoly v centre Brna (kostol sv. Jakuba, kostol sv. Tomáša, kostol sv. Augustín, kostol sv. Janov), kostol Narodenia Panny Márie v obci Vranov u Brna a Hrad Špilberk. Body PPBP neboli v blízkosti lokality nájdené.



Obr. 21: Dostupné bodové pole [21][27]

### 3.3 Doplnenie bodového poľa

V návaznosti na využitie trigonometrických bodov na obidvoch kopcoch, bolo využitie týchto bodov najjednoduchšou variantou. Vzhľadom k polohe trigonometrických bodov k meranej lokalite bolo nutné určiť polohu ďalšieho bodu ako pevného (61148400005009). Poloha tohto bodu bola určená z pretínania smerov. Bod sa nachádza na južnej strane lokality. Medzi týmito bodmi bolo vedených 8 polygónových ťahov, z toho 6 polygónových ťahov bolo vložených a 1 uzavretý a 1 voľný polygónový ťah. Bodové pole bolo doplnené 50 polygónovými bodmi a 21-mi rajónmi. Technologicky bolo pri polygónových ťahoch použitá trojpodstavcová sústava pre spresnenie a urýchlenie merania. Každý bod bol stabilizovaný dreveným kolíkom a označený signalizačným sprejom.

Použité prístroje:

TOPCON GPT-3003N [22]

|                               |                         |
|-------------------------------|-------------------------|
| zväčšenie ďalekohľadu         | 30 x                    |
| minimálna dĺžka zaostrenia    | 1,3 m                   |
| stredná chyba smeru           | 3"                      |
| dosah hranolového módu        | 3000 m                  |
| dosah bezhranolového módu     | 250 m                   |
| stredná chyba dĺžky na hranol | 10 mm (do 25mm)         |
|                               | 3 mm + 2 ppm (nad 25 m) |



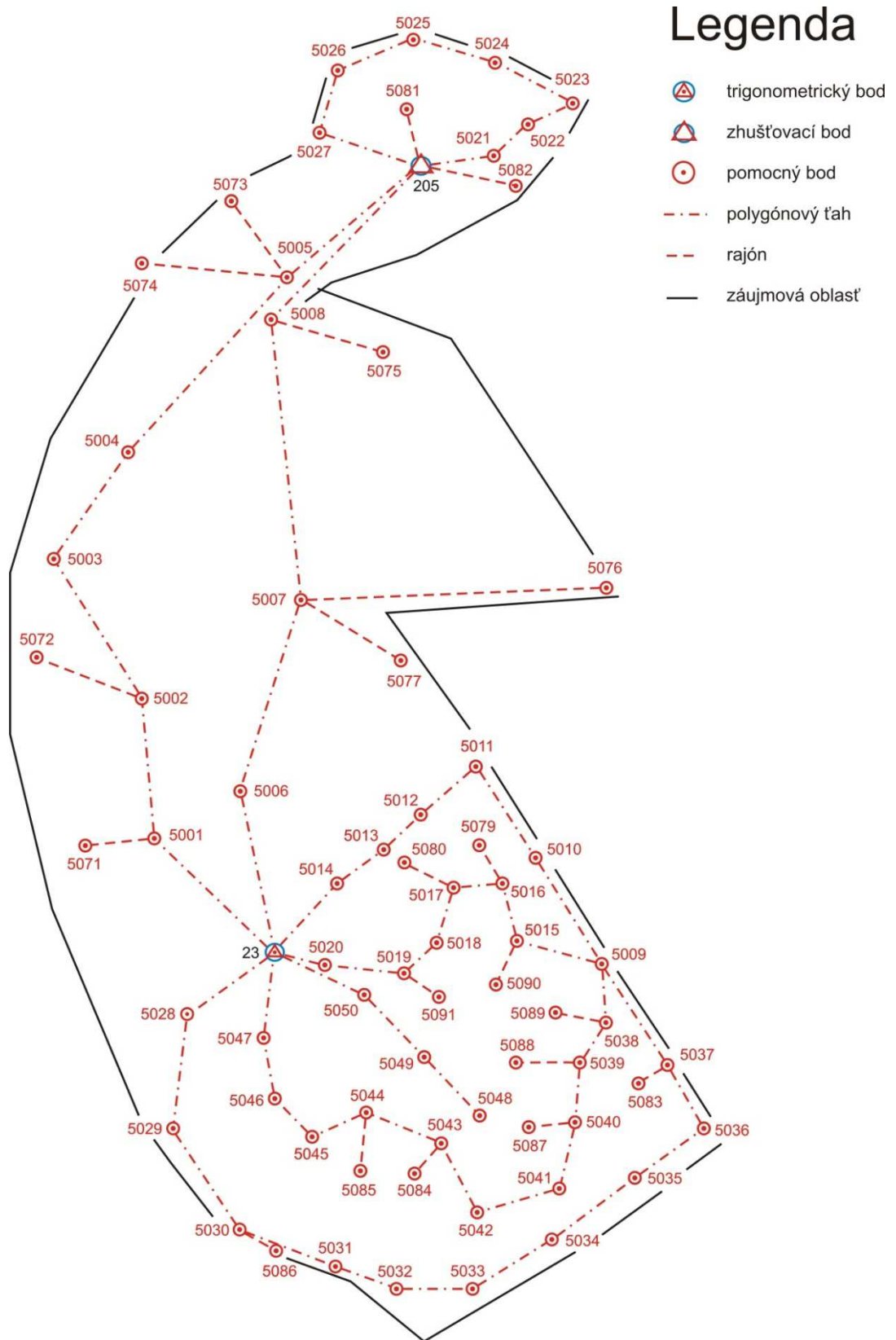
Obr. 22: Topcon GPT-3003N [23]

Topcon AT-G7 [24]

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| zväčšenie ďalekohľadu       | 22 x   |
| minimálna dĺžka zaostrenia  | 0,9 m  |
| citlivosť krabicovej libely | 2 mm   |
| stredná kilometrová chyba   | 2,5 mm |
| rozsah kompenzátora         | +/-10' |



Obr. 23: Topcon AT-G7 [25]



Obr. 24: Schéma meračskej siete a zúčtovnej oblasti [27]

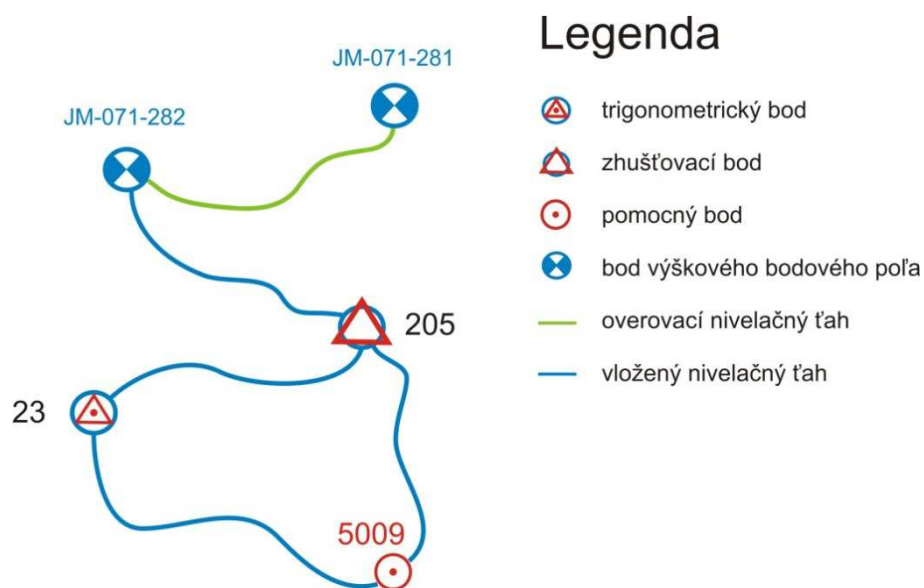


## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

K určení výšky polygónových bodov bola použitá geometrická nivelácia zo stredy. Vzhľadom k situácii, že najbližšie dostupné výškové pole sa nachádzalo iba severne od meranej lokality, bolo nutné previezť iba uzavreté niveláčny ťahy pre určenie výšok základných troch bodov (000943012050, 00094310230 a pomocného bodu meračskej siete 61174300005009), ktoré boli stanovené ako pevné (viď Tab.1).

| Nivelačný ťah |            | Typ      | R [km] | Oh=MB-JE (TAM) [mm] | Oh=MB-JE (SPAŤ) [mm] | $\Delta h = 20 \cdot \sqrt{R}$ [mm] |
|---------------|------------|----------|--------|---------------------|----------------------|-------------------------------------|
| JM-071-282    | JM-071-281 | vložený  | 0,4    | 2                   | 3                    | 12                                  |
| JM-071-282    | JM-071-282 | uzavrený | 0,5    | 4                   | 3                    | 14                                  |
| 205           | 205        | uzavrený | 1,6    | -5                  | 2                    | 25                                  |

Tab.1 Odchýlky nivelačných ťahov



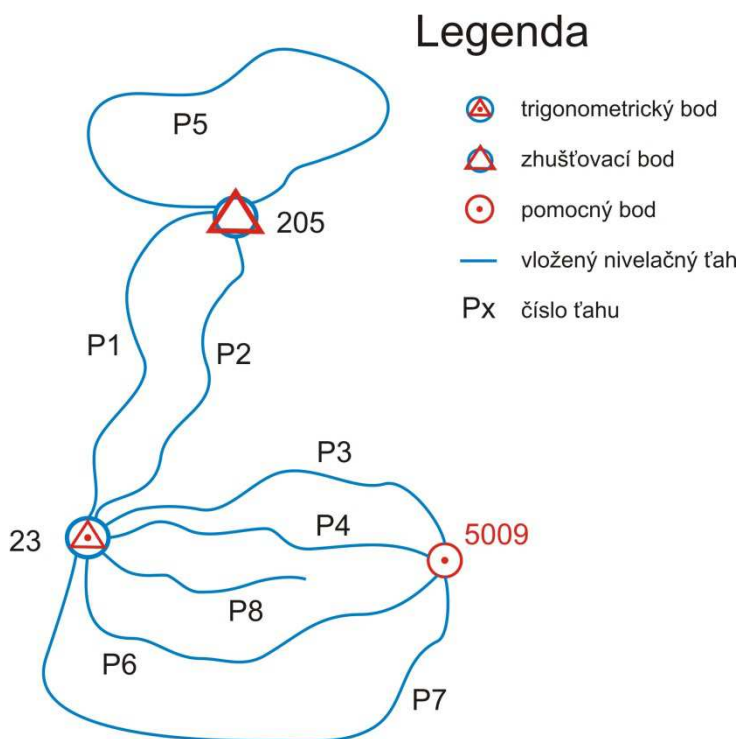
Obr. 25: Schéma nivelačných ťahov [27]

# ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

Medzi týmito tromi bodmi boli vložené nivelačné ťahy pre určenie výšok zvyšných polygónových bodov.

| Označ. ťahu | Nivelačný ťah |         | Nové polygónové body | Typ     | R [km] | Oh=MB-JE (TAM) [mm] | Oh=MB-JE (SPAŤ) [mm] | $\Delta h = 20 \cdot \sqrt{R}$ [mm] |
|-------------|---------------|---------|----------------------|---------|--------|---------------------|----------------------|-------------------------------------|
|             | Z bodu        | Do bodu |                      |         |        |                     |                      |                                     |
| P1          | 205           | 23      | 5001 - 5005          | vložený | 0,55   | 2                   | 4                    | 14                                  |
| P2          | 205           | 23      | 5006 - 5008          | vložený | 0,45   | -2                  | 3                    | 13                                  |
| P3          | 5009          | 23      | 5010 - 5014          | vložený | 0,35   | 4                   | -1                   | 11                                  |
| P4          | 5009          | 23      | 5015 - 5020          | vložený | 0,25   | 2                   | -2                   | 10                                  |
| P5          | 205           | 205     | 5021 - 5027          | vložený | 0,4    | 1                   | -2                   | 12                                  |
| P6          | 5009          | 23      | 5028 - 5037          | vložený | 0,4    | 3                   | -4                   | 12                                  |
| P7          | 5009          | 23      | 5038 - 5047          | vložený | 0,7    | 2                   | 2                    | 16                                  |
| P8          | 23            | 23      | 5048 - 5050          | vložený | 0,2    | 4                   | -2                   | 8                                   |

Tab.1 Odchýlky nivelačných ťahov



Obr. 26: Schéma nivelačných ťahov [27]

Výsledné výšky polygónových bodov boli určené aritmetickým priemerom vždy z dvoch nivelačných ťahov. Výšky rajónov boli určené trigonometricky z bodov meračskej siete.

### 3.4 Podrobné meranie

V meranej lokalite bolo zmeraných 2540 bodov z bodov meračskej siete metódou elektronickej tachymetrie (určenie polohy a výšky súčasne), pri ktorej bola zmeraná zenitová vzdialenosť, horizontálny a vertikálny uhol.

Pri podrobnom meraní boli merané identické body pre testovanie presnosti polohopisu. Vzhľadom k faktu, že sa z 99% jednalo o nespevnený terén, identické body boli v teréne stabilizované dreveným ceruzkami a označené signalizačným sprejom pre jednoduchšie hľadanie. Počet zmeraných bodov bol 289.

Nová mapa mala byť vypracovaná v mierke 1:500, tzn. že vzdialenosť bodov na mape by mala byť 2 – 3 cm, tzn. v teréne 10 – 15 m. V nepravidelnom teréne bol interval zmenšený pre lepšie vystihnutie terénu – terénnych hrán. Pri meraní bol vedený meračský náčrt a pre jednoduchšie grafické spracovanie boli podrobné body kódované (viď. Tab.3)

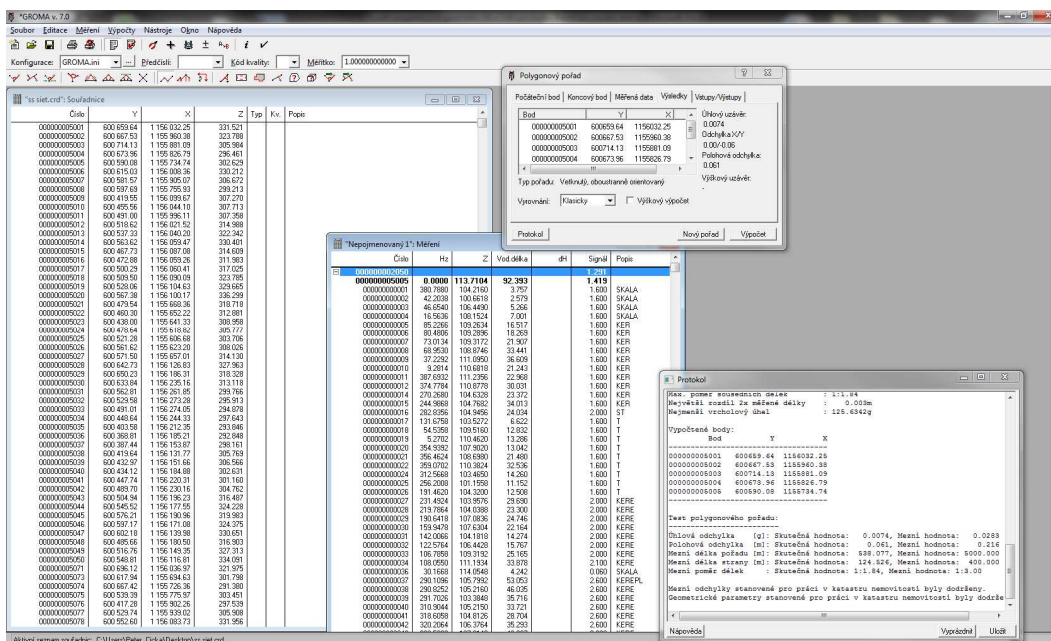
| kód  | význam         | kód | význam                |
|------|----------------|-----|-----------------------|
| T    | terén          | ST  | strom                 |
| H    | hrana          | Tur | turistický rozcestník |
| Pa   | päta           | Sk  | skala                 |
| C    | cesta          | Pl  | plot                  |
| Ker  | samotný krík   | VVN | veľmi vysoké napätie  |
| Kere | skupina kríkov | Tyc | oznamocia tyč         |
| CHD  | chodník        | L   | Les                   |

Tab. 3: Merané prvky a ich označenie [27]

# ČÍČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

## 3.5 Výpočtové práce

Namerané dáta boli stiahnuté z totálnej stanice v programe Geoman, pričom boli nastavené príslušné korekcie, a to z nadmorskej výšky a kartografického zobrazenia zadaním približných súradníc a približnej výšky stredu meranej lokality. Následne boli upravené tak, aby mohli byť automaticky spracované v programe Groma. Výsledkom boli súradnice bodov meračskej siete, ktorý bola potom priradená výška z vypočítaného nivelačného zápisníka (viď príloha 10.1.2). Nivelačný zápisník bol vypočítaný v softvare Microsoft Excel (viď príloha 10.1.4). Tachymetrickou dávkou boli vypočítané súradnice podrobných a identických bodov.



Obr. 27: Prostředie programu Groma [27]

### 3.6 Testovanie presnosti polohopisu a výškopisu

#### Polohová presnosť

Testovanie presnosti súradníc prebehlo na vybraných podrobných bodoch získaných dvomi nezávislými meraniami. Identické body pre overenie boli vybrané podľa určitých kritérií:

- sú jednoznačne identifikovateľné
- tvoria reprezentatívny výber
- sú rovnomerne rozmiestnené po celom území
- nezahŕňujú body umiestnené v bezprostrednej blízkosti bodového poľa, ktoré boli použité pri tvorbe modelu

Rozsah reprezentatívneho výberu je stanovený minimálnym počtom  $N_{min}=0,1*N_{celk}$ , tzn 10 percentami celkového počtu podrobných bodov.

K testovaniu presnosti súradníc x, y boli vypočítané pre každý identický bod súradnicové rozdiely medzi prvým a kontrolným určením  $\Delta x_i$  a  $\Delta y_i$ . Z nich boli zistené stredné výberové chyby súradníc.

$$s_x = \sqrt{\frac{1}{k*N} \sum_{i=1}^N \Delta x_i^2}, \quad s_y = \sqrt{\frac{1}{k*N} \sum_{i=1}^N \Delta y_i^2}$$

a polohové odchýlky:

$$\Delta p_i = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2}$$

kde N je počet identických bodov, k=2 (v prípade, že obidve určenia majú rovnakú presnosť)

Pomocí  $s_x$  a  $s_y$  bola vypočítaná výberová stredná súradnicová chyba  $s_{x,y}$  podľa vzorca:

$$s_{x,y} = \sqrt{\frac{s_x^2 + s_y^2}{2}}$$

Presnosť určenia súradníc sa pokladá za vyhovujúci pokiaľ:

1. polohové odchylky  $\Delta p$  vyhovujú kritériu  $|\Delta p| \leq 1,7 * u_{x,y}$
2. výberová stredná súradnicová chyba  $s_{x,y}$  vyhovuje kritériu:

$$s_{x,y} \leq \omega_{2N} * u_{x,y} ,$$

kde  $u_{x,y} = 0,14m$  pro 3. triedu presnosti,  $\omega_{2N} = 1,10$  (závisí na počte identických bodov). [26]

### Testovanie presnosti výšok

Testovanie presnosti výškopisu funguje na rovnakom princípe ako testovanie presnosti súradníc, teda porovnaním dvoch nezávislých meraní výšok. Pre všetky body výberu boli vypočítané výškové rozdiely  $\Delta H_i$  a z nich bola zistená výberová stredná výšková chyba  $s_H$ .

$$s_H = \sqrt{\frac{1}{k * N} \sum_{i=1}^N \Delta H_i^2} ,$$

kde N je počet identických bodov, k=2 (platí v prípade, že obidve určenia majú rovnáku presnosť)

Presnosť určenia výšok sa predpokladá za vyhovujúcu, pokiaľ:

1. výškové odchylky  $\Delta H_i$  vyhovujú kritériu  $|\Delta H_i| \leq 2 * u_H * \sqrt{k}$  ,
2. výberová stredná výšková chyba  $s_H$  vyhovuje kritériu:

$$s_H \leq \omega_N * u_H ,$$

kde  $u_H = 0,12m$  pro 3. triedu presnosti,  $\omega_N = 1,15$  (závisí na počte identických bodov). [26]

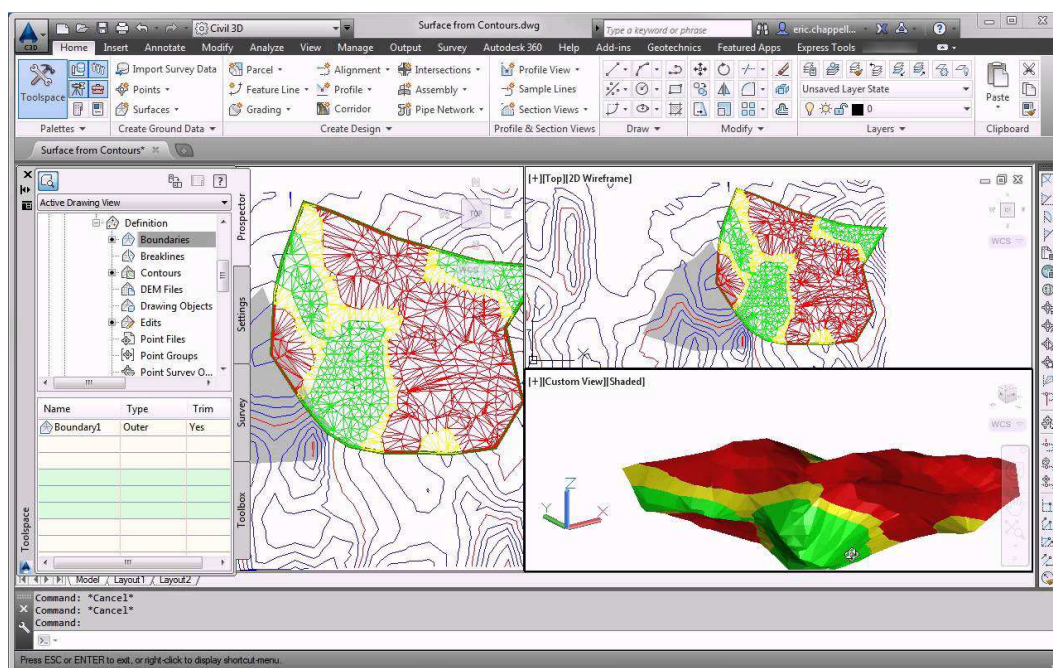
Výsledky testovania presnosti sú uvedené v prílohe 10.1.7.

## 4 Software pre 3D modelovanie

### 4.1 AutoCAD

Autocad je populárny software pre 2D a 3D projektovanie a konštruovanie, vyvinutý firmou Autodesk, ktorá vyvinula sadu profesných aplikácií určených pre CAD v oblasti strojárnskej konštrukcie, stavebnej projekcie a architektúry, mapovania a terénnych úprav.

Technológia Digitálneho prototypovania zaisťuje jednotné nástroje a jednotnú komunikáciu vo všetkých fázach strojárnskeho výrobu. [28]



Obr.28 Ukážka prostredia AutoCAD Civil 3D [28]

Aktuálna verzia: AutoCAD 2015

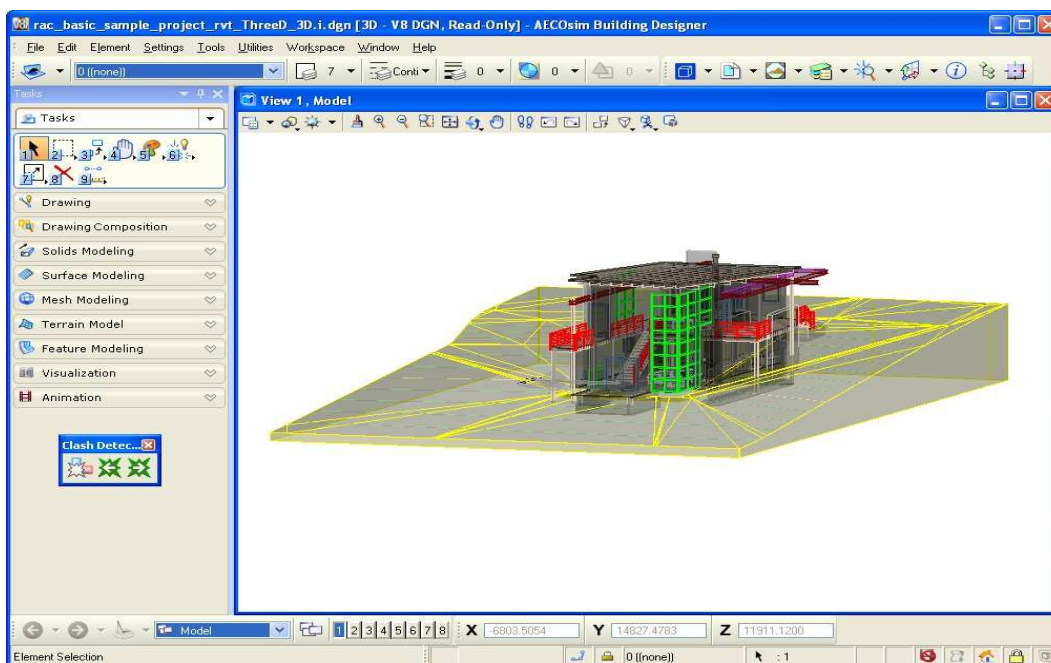
## 4.2 Microstation

Microstation je základom riešenia spoločnosti Bentley pre architektúru, stavebné inžinierstvo, dopravu, spracovateľský priemysel, výrobné zariadenia, štátnu správu a inžinierske a telekomunikačné siete.

Užívateľom umožňuje vytvárať 3D modely objektov a budov. Tieto modely a ich jednotlivé časti sú elektronickou simuláciou reálnych objektov a obsahujú všetky informácie o ich parametroch. Tieto parametre i celé časti modelov sa prispôbujú jednotlivým fázam životného cyklu objektu, čo zjednodušuje vedenie projektu a zefektívňuje prevádzku objektu.

Microstation umožňuje pracovať s informáciami na vyššej významovej úrovni. Z tohto hľadiska je Microstation V8 výnimočný predovšetkým v nasledujúcich oblastiach:

- výmena dát, ich opakované využitie a schopnosť spolupráce nad týmito dátami
- podpora pracovných postupov a užívateľských požiadavkou
- vytvorenie silnej platformy pre širokú škálu aplikácií [29]



Obr. 29: Ukážka prostredia Microstation V8 [30]

Aktuálna verzia: Microstation V8i (SELECTseries 3)



### 4.3 Atlas DMT

Atlas DMT je český softwarový produkt, ktorý je vyvíjaný priamo pre tvorbu digitálneho modelu terénu. Jeho využitie je veľmi širokospektrálne, od oblasti geodézie a kartografie, ťažby surovín až po ekológiu a erózie.

Príklady konkrétnych možností využitia:

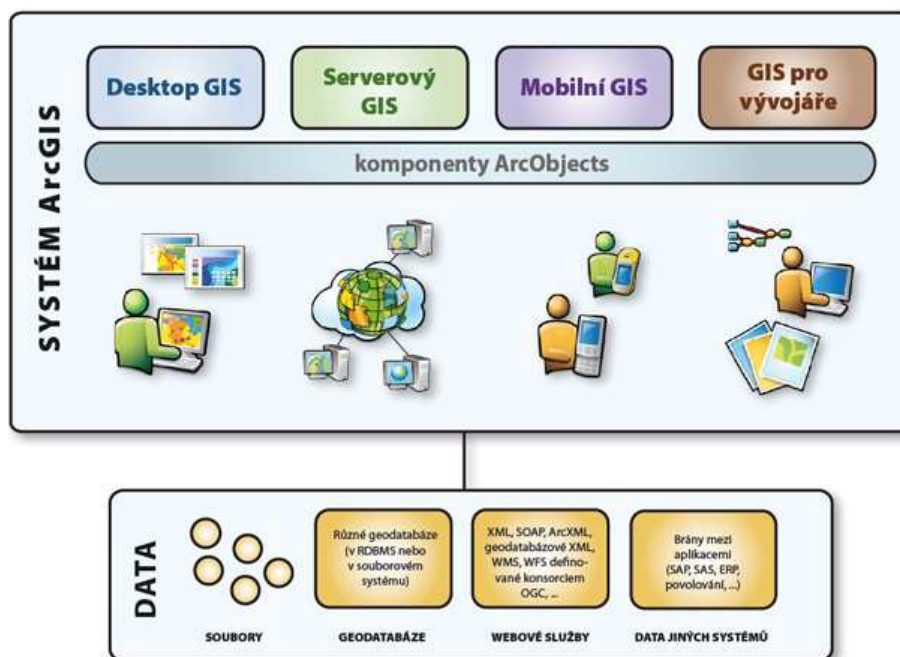
- Geodézia a kartografia
  - o Vrstevnice
  - o Farebné výplne
  - o Pohľadové mapy
- Ťažba surovín
  - o Výpočty kubatúr geologických vrstiev
  - o Návrhy umiestnenia jednotlivých vrtov
  - o Rezy nad vrtmi
- Líniové stavby
  - o Smerové a výškové pomery, výškové oblúky
  - o Návrhy nivelety potrubia
  - o Priečne rezy
- Ekológia a erózie
  - o Analýza povrchu
  - o Výpočet veľkosti povodia
  - o Výpočet pôdneho zmytia
- Vizualizácia
  - o Zobrazenie DMT
  - o Možnosti stafáže
  - o Prelety nad DMT [31]

#### 4.4 ArcGIS

Systém ArcGIS firmy Esri tvorí skupina nastavitelných produktů určených pro kompletné nasazení GIS na akejkol'vek úrovni. Súčast'ou ArcGIS sú desktopové, serverové aj vývojárske produkty, medzi ktorými nechýba ani riešenie pre mobilné zariadenia a špecializované nadstavby.

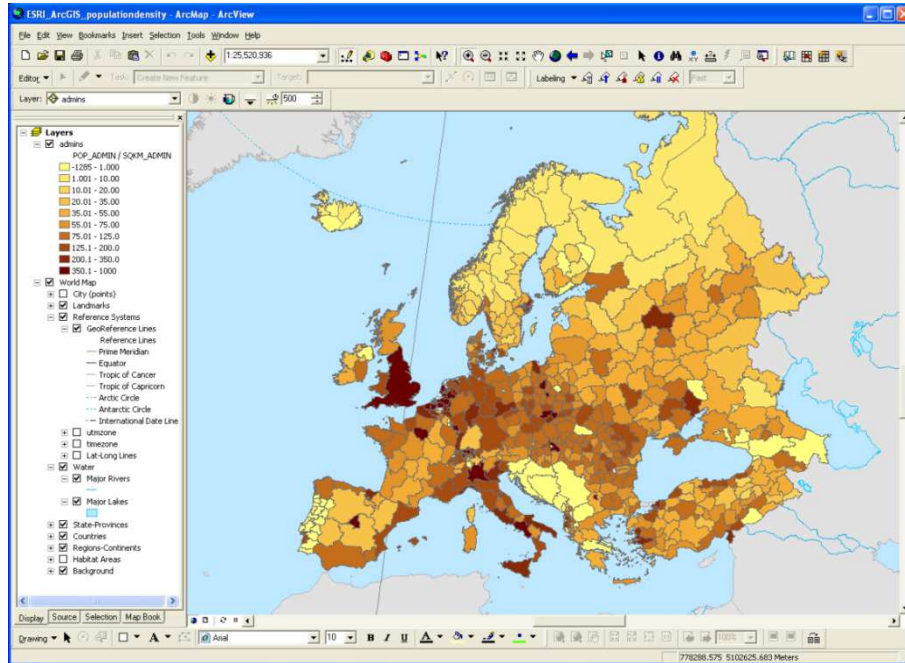
Kompletná softwarová platforma ArcGIS obsahuje:

- profesionálny desktop GIS pre tvorbu, editáciu, správu, analýzu a vizualizáciu geografických informácií
- geografickú databázu pre uloženie a správu všetkých geografických objektov
- webové prostredie GIS serveru pre distribuovanú správu, analýzu, zdieľanie a využitie geografických informácií
- sadu softwarových komponentov pre vytváranie akejkol'vek aplikácie GIS a začlenenie týchto aplikácií do rôznych prostredí a technológií
- riešenie pre mobilné aplikácie umožňujúce využitie GIS v teréne
- otvorenú architektúru založenú na štandardoch, čo umožňuje využiť interoperabilitu – pracovať s viacerými typmi dát, webovými službami a v rôznych prostredia
- možnosť využívať sieť snímacích zariadení zaznamenávajúcich informácie v časových radách [32]

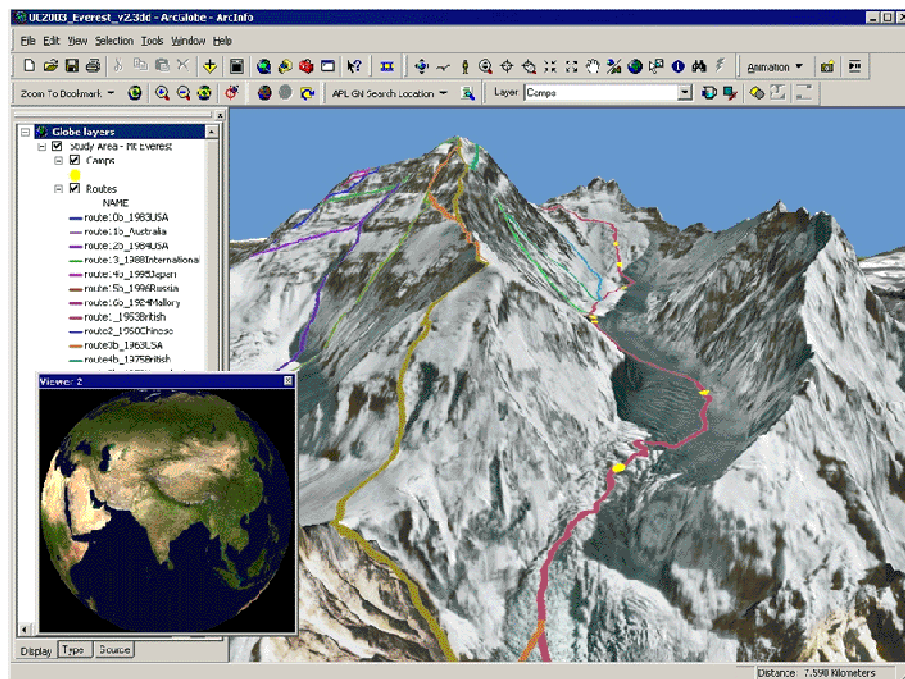


Obr. 30: Štruktúra ArcGIS [33]

# ČÍČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU



Obr. 31: Ukážka prostredia ArcGis [34]

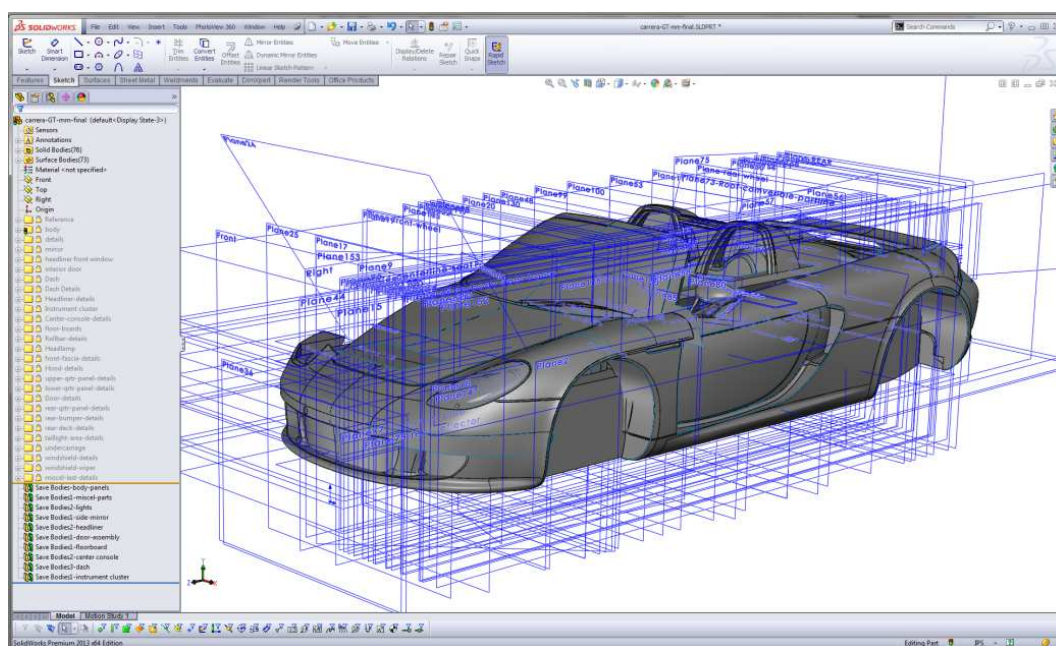


Obr. 32: Ukážka prostredia ArcGlobe [32]

V súčasnej dobe je na komerčnom trhu verzia ArcGIS 10.2.

## 4.5 SolidWorks

SolidWorks je v súčasnej dobe najúspešnejší 3D CAD systém na českom trhu. Ako parametrický 3D modelár poskytuje výkonné objemové a plošné modelovanie, vertikálne nástroje pre plechové diely, sváry a formy, prácou s neobmedzene rozsiahlych zostáv a automatické generovanie výrobných výkresov. [35]



Obr. 33: Ukážka prostredia SolidWorks [35]

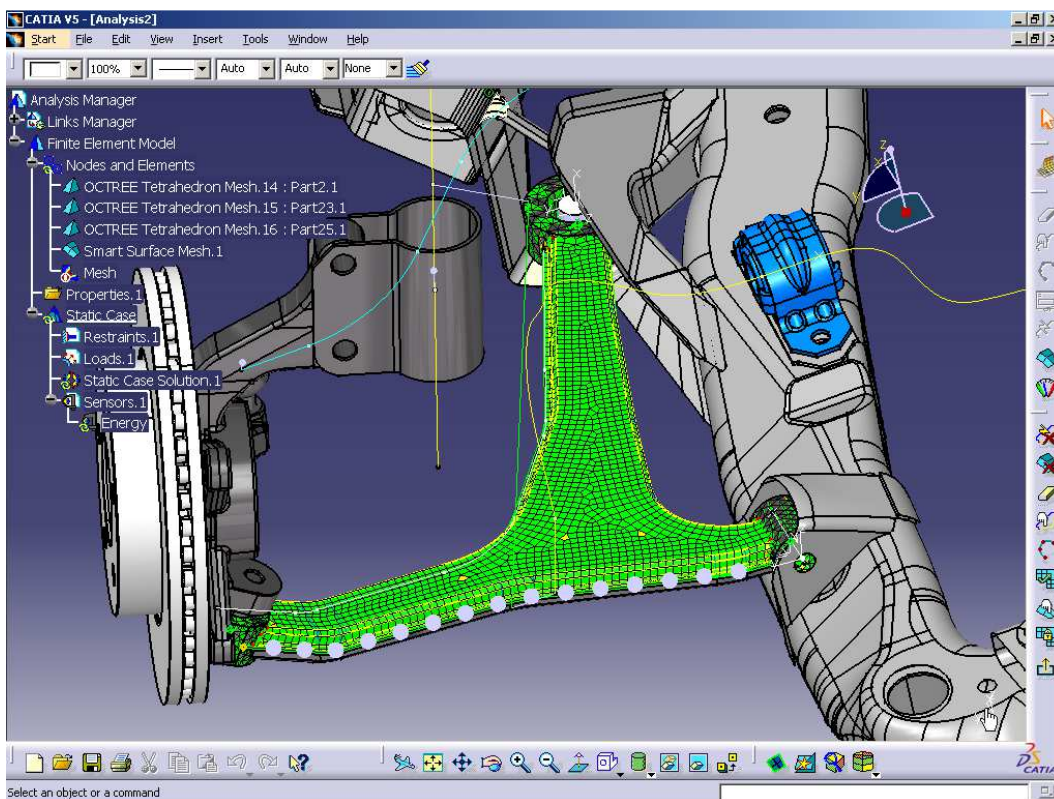
V súčasnej dobe je na trhu verzia SolidWorks 2014.

#### 4.6 CATIA

Počítačový produkt CATIA vznikol na konci 70-tych rokov minulého storočia vo francúzskej spoločnosti Dassault Aviation, aby podporoval návrh lietadiel z produkcie tejto firmy. Na začiatku 80-tych rokov minulého storočia sa z firmy Dassault Aviation oddelila spoločnosť Dassault Systemes, ktorá od tejto doby stanovuje trendy v počítačovej podpore návrhu výrobku. CATIA je multi platformný PLM/CAD/CAM/CAE komerčný software.

CATIA patrí medzi prvý produkt na trhu, ktorý podporoval trend digitálneho prototypu výroby (Digital Mock-Up) a digitálnej továrne (Digital Manufacturing). V súčasnej dobe ponúka 3 línie: CATIA V4, CATIA V5 a CATIA V6, ktoré ponúkajú nástroje vhodné pre široké spektrum podnikov od najmenších až po koncerny v rôznych priemyslových odvetviach.

CATIA V5 je systém, ktorý je schopný pokryť kompletný životný cyklus výrobku (tzv. PLM), tzn. od koncepčného návrhu designu, cez vlastnú konštrukciu, rôzne analýzy, simulácie a optimalizácie až po tvorbu dokumentácie a NC programov pre vlastnú výrobu.



Obr. 34: Ukážka prostredia Catia V5 [36]

## 5 Tvorba DMT

### 5.1 AutoCAD Civil 3D 2014

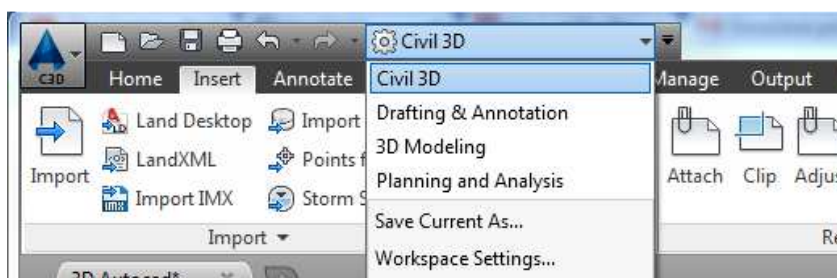
Prostředie softwaru AutoCAD Civil 3D 2014 je na velké úrovni, protože od vzniku prvej verzie ubehlo veľa rokov a každoročne vychádza nová verzia, takže tvorcovia prostredia si dali záležať na jednoduchosti a prehľadnosti jednotlivých funkcií a možností. V ponuke výberu prostredia máme 4 možnosti: Civil 3D, Drafting & Annotation, 3D Modeling a Planning and Analysis.

Prostředie *Planning and Analysis* je určené ku práci s geografickými informačnými systémami, so spracovaním a analýzou priestorových dát, ako so správou a editáciou databáz týchto dát.

Prostředie *Drafting & Annotation* sa používa na kreslenie 2 - dimenzionálnych výkresov v stavebníctve a strojárstve, kreslenie línií, kótovanie, atď.

Prácu s telesami ako valec, kváder alebo plocha umožňuje prostredie *3D Modeling*. V tomto prostredí sa nachádzajú ponuky pre modifikáciu týchto tvarov a konečné renderovanie pri tvorbe výstupov.

Posledným prostredím je *Civil 3D*. Toto prostredie obsahuje niekoľko ponúk, obsahujúce sekcie, ktoré vytvárajú silný nástroj pre technické inžinierstvo. Medzi niektorými možnosťami môžeme nájsť funkcie na vytváranie profilov terénu, cestných koridorov, parciel, rozvodných sietí a mnoho ďalších. V tomto prostredí je vytváraný 3D model terénu.

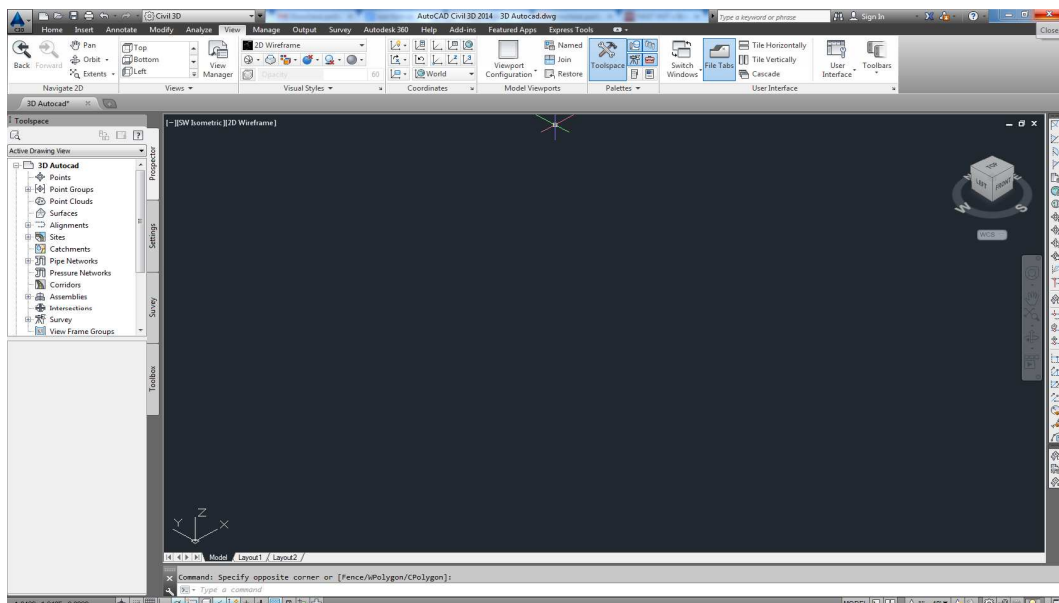


Obr. 35: Výber pracovného prostredia

## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

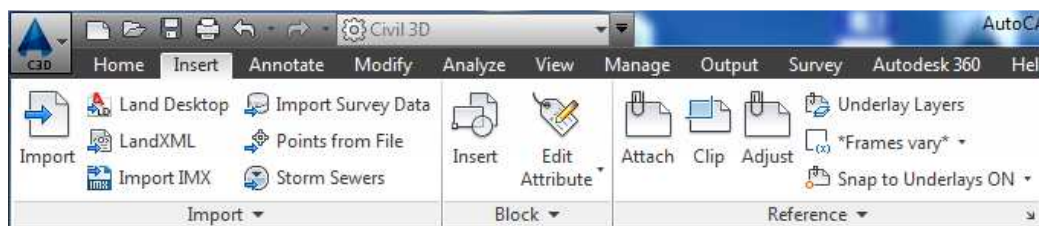
Práce s pohľadmi je veľmi jednoduchá a interaktívna. V pravej časti máme orientačnú ružicu s označením svetových strán a kocku s označením strany pohľadu (horná, predná ľavá, atď.) (viď. Obr.:). Pri prechádzaní cez určitú časť ružice a kocky sa daná možnosť natočenia pohľadu zvýrazní a kliknutím sa aktivuje. Druhou možnosťou je v ponuke *View* (Pohľad) v sekcii *Views* vybrať žiadaný pohľad.

Výbornou možnosť je funkcia späť na predchádzajúci pohľad, ktorá sa nachádza tiež v ponuke *View*. V tejto ponuke nájdeme možnosti na posunu pohľadu, určenie hraníc pohľadu alebo možnosť výberu natáčania pohľadu pomocou orbity. Tieto nástroje sa nachádzajú v sekcii *Navigate 2D*.



Obr. 36: Pracovné prostredie AutoCAD Civil 3D 2014

Medzi štandardné formáty pre import patrí DWG, čož je formát AutoCADu, ďalej formáty softwaru Microstation DGN a softwaru 3ds MAX formát 3DS.

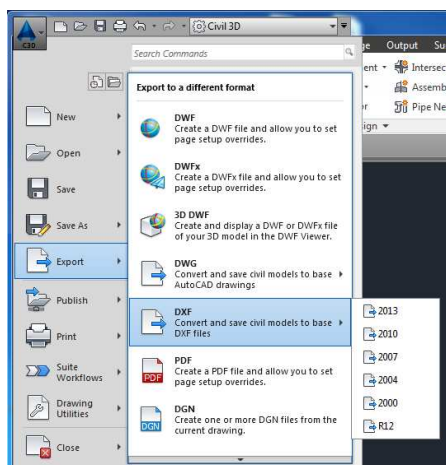


Obr. 37: Panel importovania a pripojenia súborov

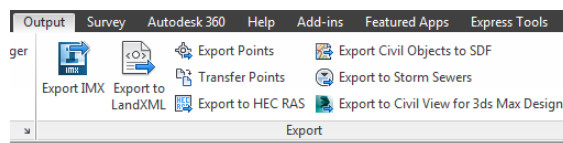
Okrem týchto základných formátov je AutoCAD schopný naimportovať dáta formátu LandXML, ktorý obsahuje geodetické a inžinierske dáta, načítať z textového súboru súradnice podrobných bodov. Zaujímavým formátom pre import je funkcia Storm Sewers, ktorá umožňuje naimportovať dáta priamo z terénu pomocou mobilných aplikácií. Jedná sa napríklad o informáciu poškodenia kanalizácie, s určenými súradnicami a priloženou fotografiou.

Fukcia *Attach* v sekcii *Reference* v sebe ukrýva možnosť importu ďalších formátov ako PDF alebo obrázkové formáty.

V ponuke AutoCAD systém podporuje štandardné formáty exportu ako je výmenný formát DXF aj v starších verziách (2013, 2010, 2007, atď.) Ďalej povoľuje exportovať svoj formát DWG ako aj formát softwaru Microstation DGN. Výhodou je exportovanie do formátu PDF (Portable document format) z dôvodu možného náhľadu na projekt aj bez potreby vlastnenia softwaru AutoCAD.



Obr. 38: Ponuka AutoCAD



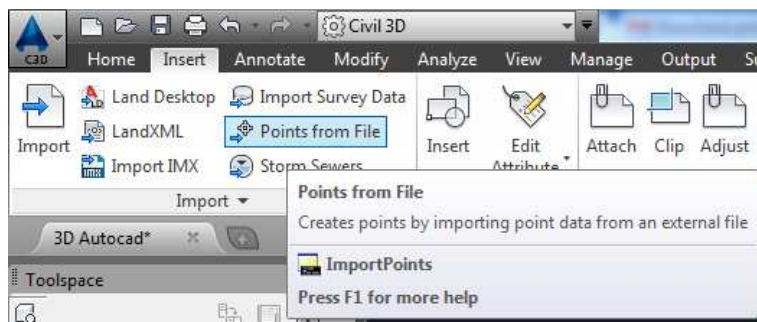
Obr. 39: Ponuka Output

Ponuka Output je možné exportovať dáta do ďalších formátov ako LandXML. Export to HEC RAS je možnosťou exportovať digitálny model do prostredia softwaru HEC RAS umožňujúca hydrotechnické výpočty ako napr. prietoky, záplavové oblasti, atď. Ďalším exportovaným formátom je SDF (Standard Delay Format) využívaný v databázach. Software AutoCAD dovoľuje pracovať ešte s ďalšími formátmi, ktoré sa dajú pomocou



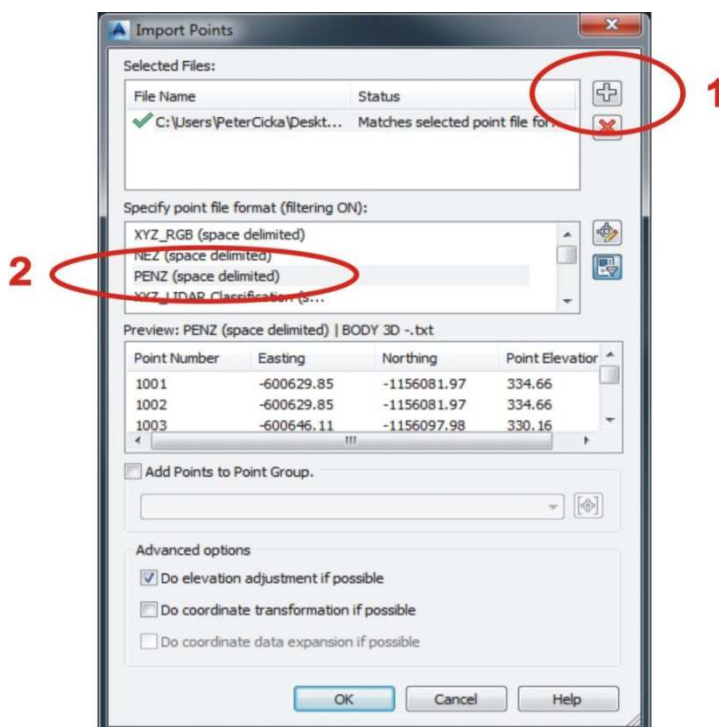
## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

vhodnej nastavby nainportovať. Import bodov je základným kameňom pri vytváraní 3D modelu. V ponuke *Insert*, v sekcii *Import* sa nachádza možnosť *Points from File* (body zo súboru).



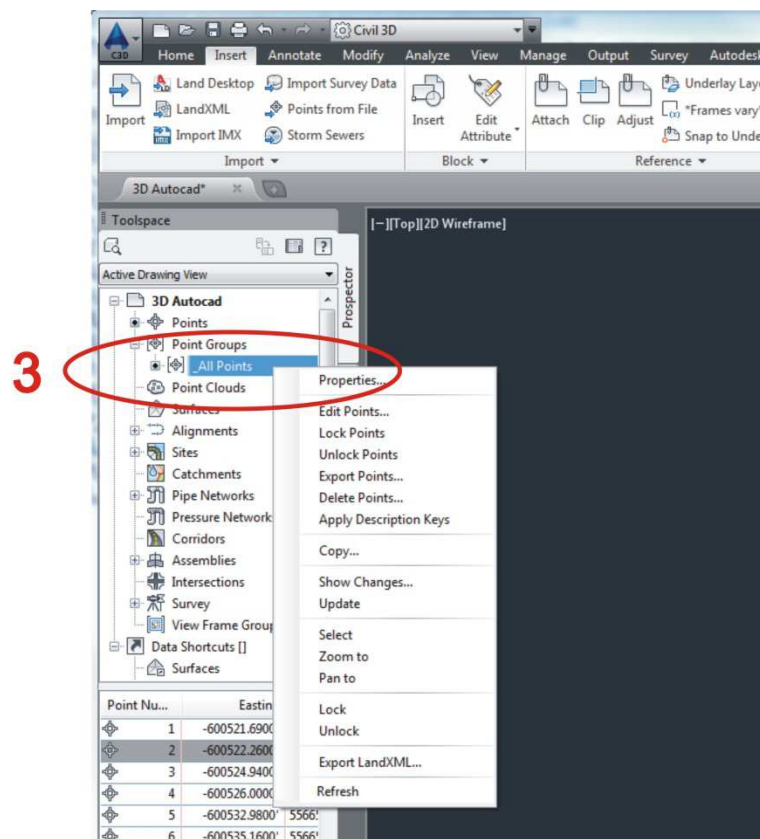
Obr. 40: Import bodov

V okne *Import points* je potrebný výber súboru s podrobnými bodmi a súradnicami (1). V ďalšom kroku je nutný výber formátu súradníc (2). V miestnej ponuke je výber asi z 15-tich možností. Z dôvodu ponechania prednastaveného globálneho súradnicového systému bolo nutné polohové súradnice poopraviť na záporné.



Obr. 41: Definovanie vstupného súboru súradníc

## ČÍČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU



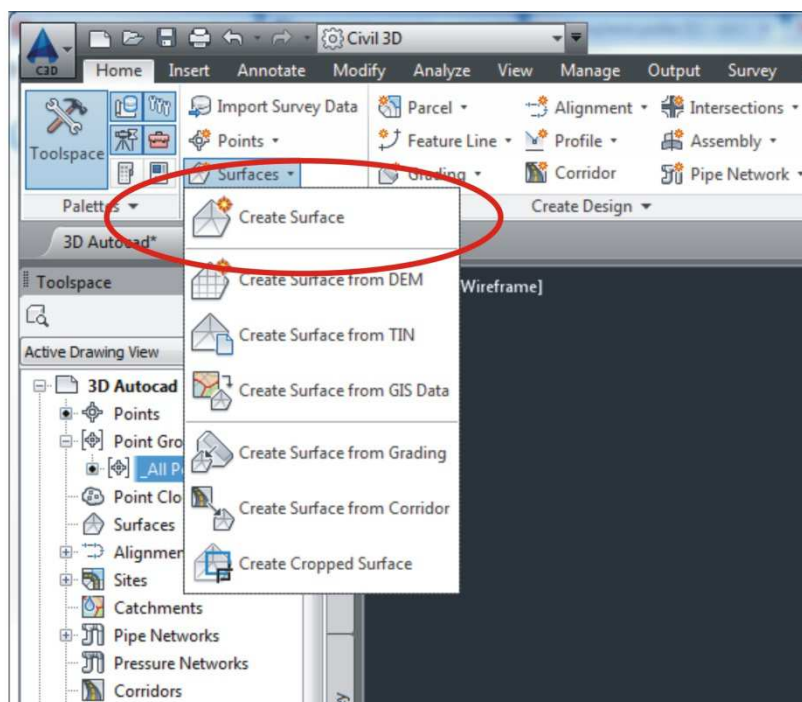
Obr. 42: Možnosti editácie a správy podrobných bodov

V miestnej ponuke skupiny bodov *All Points* (3) je možné podrobné body prehliadať, editovať súradnice, vymazať, alebo zobraziť určité typy bodov. Zároveň je možné body uzamknúť, aby pri procesoch nedošlo k ich zmeneniu.

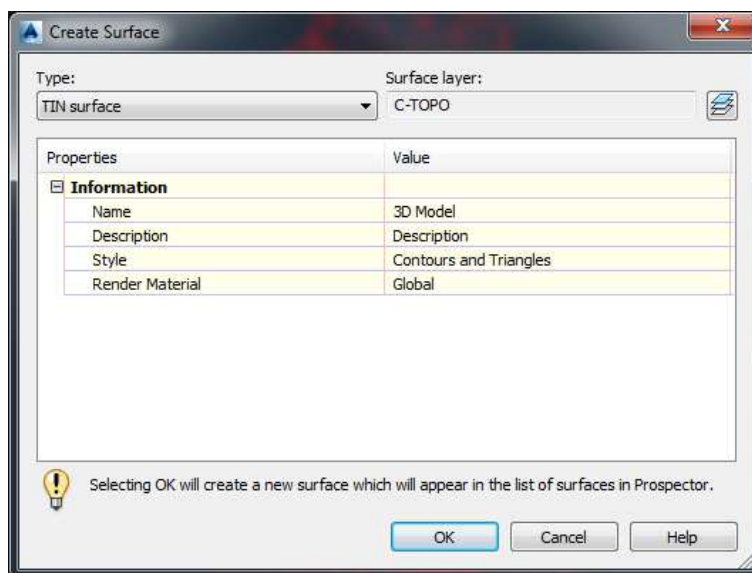
## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

V ponuke *Home* v sekcii *Create Ground Data* je možnosť *Surfaces* (plochy) a v jej ponuke *Create Surface* (Vytvorenie plochy).

4



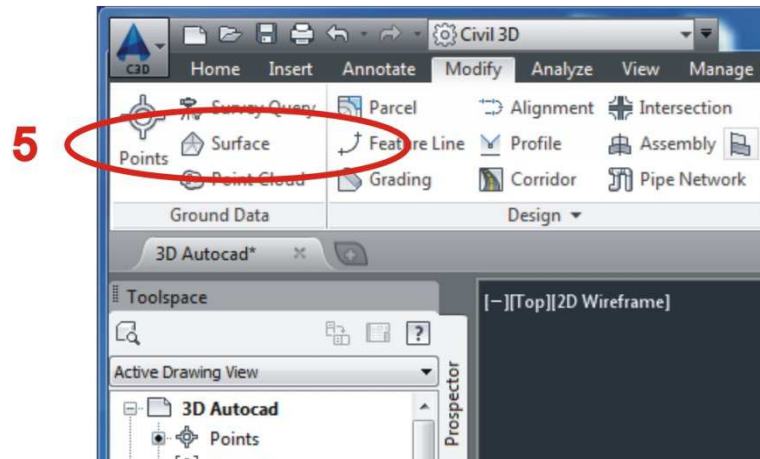
Obr. 43: Vytvorenie digitálneho modelu terénu



Obr. 44: Vlastnosti digitálneho modelu terénu

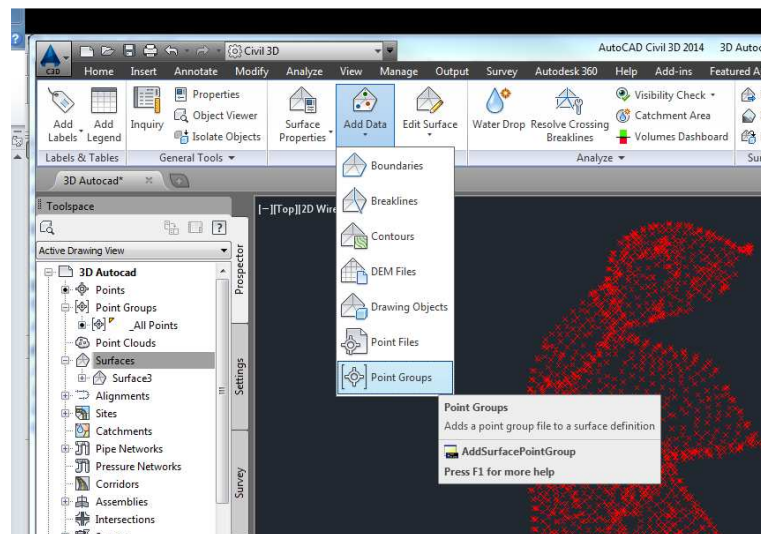
V tomto okne sa volí typ plochy, v našom prípade *TIN surface*, hladiny, z ktorých budú prevzaté dáta na vytvorenie 3D modelu (aktívne sú všetky hladiny). V informáciach sa volí názov a popis plochy, štýl zobrazenia (vrstevnice a trojuholníková sieť).

## ČÍČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU



Obr. 45: Modifikácia plochy

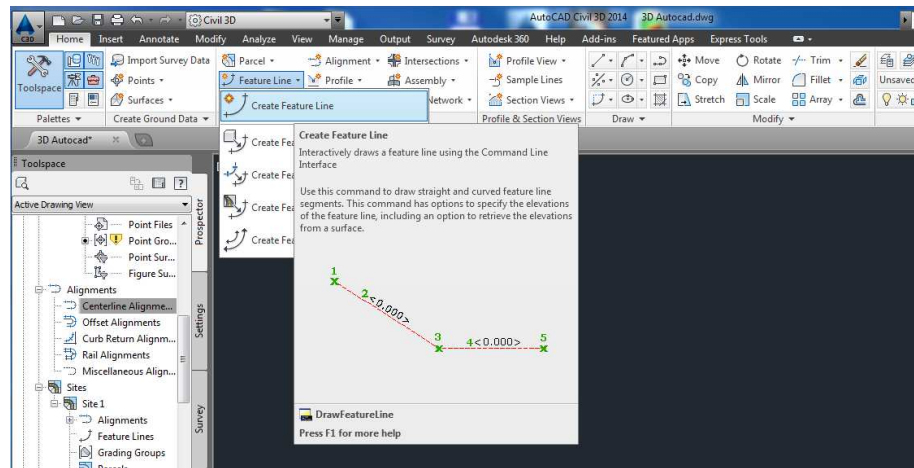
V ďalšom kroku je potrebné k vytvorenej ploche pripojiť skupinu podrobných bodov k modelu (*All points*).



Obr. 46: Pridanie dát do plochy – 3D modelu

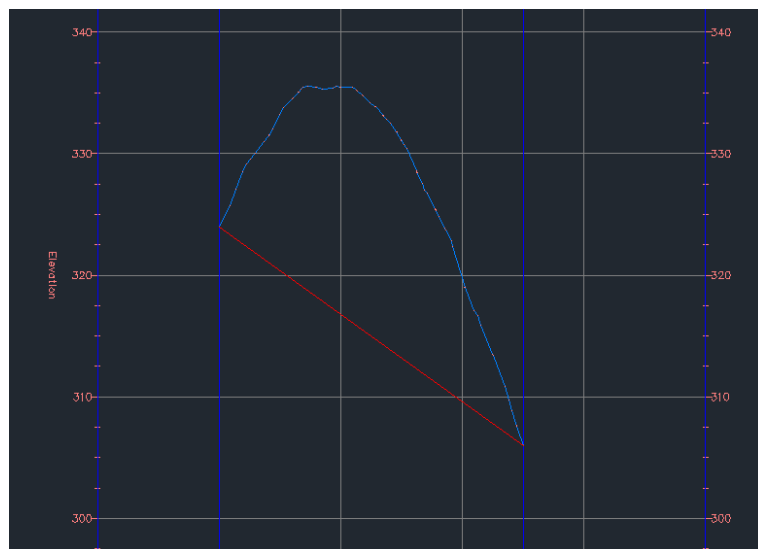
Po pripojení dát sa vytvorí trojuholníková sieť s vrstevnicami. Aby bol model hotový je nutné nadefinovať terénne hrany.

# ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU



Obr. 47: Definícia terénnej hrany

V ponuke *Home* v sekcii *Create Design* zvolíme možnosť *Feature Line*. Týmto príkazom nadefinujeme všetky terénne hrany modelu. Pre ich aktivovanie ich pridáme do *Breaklines* v ľavej ponuke.

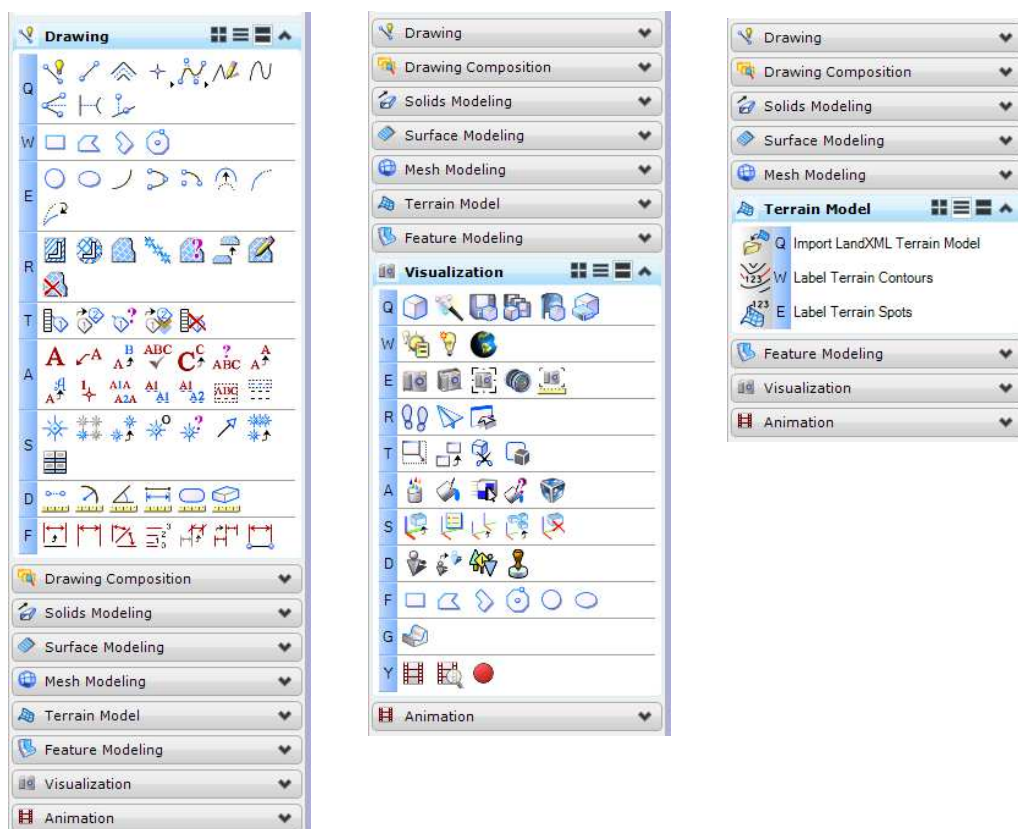


Obr. 48: Profil terénu

Vytvorený profil nie je vôbec dokonalý, má len informatívny charakter o priebehu terénu na danej trase.

## 5.2 Microstation V8i (SELECTseries 3)

Prostředie je typické pre Microstation už z predchádzajúcich verzií, pribudol panel na ľavej strane, v ktorom sú v jednotlivých záložkách skryté príkazy. Prehľadnosť je na veľmi vysokej úrovni a zároveň pre rýchlejšiu prácu aj vyznačenie kláves.



Obr. 49: Panely nástrojov

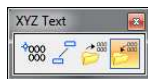
Na ovládanie pohľadov je v každom okne panel, v ktorom sa nachádzajú jednotlivé príkazy ako *Priblížiť*, *Oddialiť*, *Výrez obdĺžnikom*, *Zobraziť všetko*, *Orbita*, *Posun* a ďalšie.

Program Microstation komunikuje s mnohými programami a podporuje import a export do klasických CAD formátov (\*.DXF, \*.DWG, \*.IGES), do formátu \*.VRML a ďalších.

Zároveň dokáže referencovať rastre alebo komunikovať na diaľku pomocou služby WMS a z nej sťahovať dáta.

## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

Pre import podrobných bodov si v ponuke *Tools* aktivujeme panel *XYZ Text*, čo je panel na import súradníc do systému Microstation. Ten obsahuje 4 možnosti: *Label Coordinates* (popis súradníc), *Label Element* (Popis elementu), *Export Coordinates* (Export súradníc) a *Import Coordinates* (Import súradníc).



Obr. 50: Okno pre import súradníc

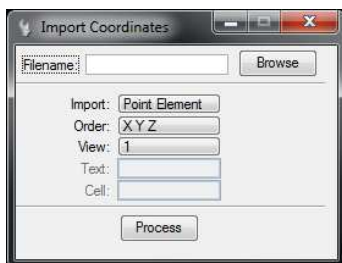
Po aktivovaní funkcie Import súradníc sa musí vybrať požadovaný súbor so súradnicami. V riadku *Import* je na výber z troch možností: *Point element* (Bodový element), *Text* a *Cell* (Bunka). Podľa zvoleného typu sa na dané súradnice naimportujú buď, podrobné body označené krížikom, ale určitý text (stred textu bude v mieste súradníc, alebo vybraný typ bunky (napr. stromy v lesoparku).

V riadku *Order* je na výber z dvoch možností typu formátu súradníc (X Y Z alebo Y X Z). Pre import podrobných bodov sa museli odstrániť čísla podrobných bodov a kódy.

V riadku *View* je možnosť výberu pohľadu, do ktorého sa nám zobrazia naimportované body.

Pri výber možnosti *Point element* v riadku *Import* sa posledné dva riadky javia ako neaktívne. Do riadku *Text* je možné zadať požadovaný text a do riadku *Cell* požadovanú bunku z knižnice buniek.

Po vyplnení týchto údajov a aktivovaní tlačidla *Process* sa podrobné body naimportujú.



Obr. 51: Definovanie parametrov importu

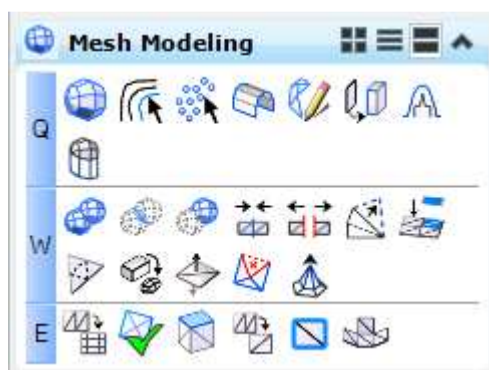
Pre vytvorenie nepravidelnej trojuholníkovej siete sa používa nástrojová rada nazvaná *Mesh Modeling* (*Modelovanie plochy*), ktorá sa nachádza na ľavom bloku ponúk.

## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

V řádce s písmenem Q sa nachádzajú príkazy pre vytváranie plochy: *Mesh from Elements* (Plocha z elementov), *Mesh from Countours* (Plocha z vrstevníc), *Mesh from Points* (Plocha z bodov), *Mesh from Two Curves* (Plocha z dvoch kriviek).

V řádce s písmenom W sa nachádzajú príkazy pre modifikáciu plôch: *Mesh intersect* (Prienik plôch), *Mesh Subtract* (Rozdiel plôch), *Split Mesh* (Oddelenie plochy), *Delete Mesh Facet* (Odstránenie časti plochy).

V řádce s písmenom E sa nachádzajú príkazy pre prevody plochy: *Convert Mesh To Surface* (Prevod plochy na povrch).



Obr. 52: Príkazy v ponuke Mesh Modeling

Po naimportovaní podrobných bodov boli všetky body označené (Ctrl+A alebo v ponuke *Selection – Place Fence* (Umiestnenie ohrady)) a bola vybraná možnosť *Mesh From Points* v ponuke *Mesh Modeling* v řádce s písmenom Q.



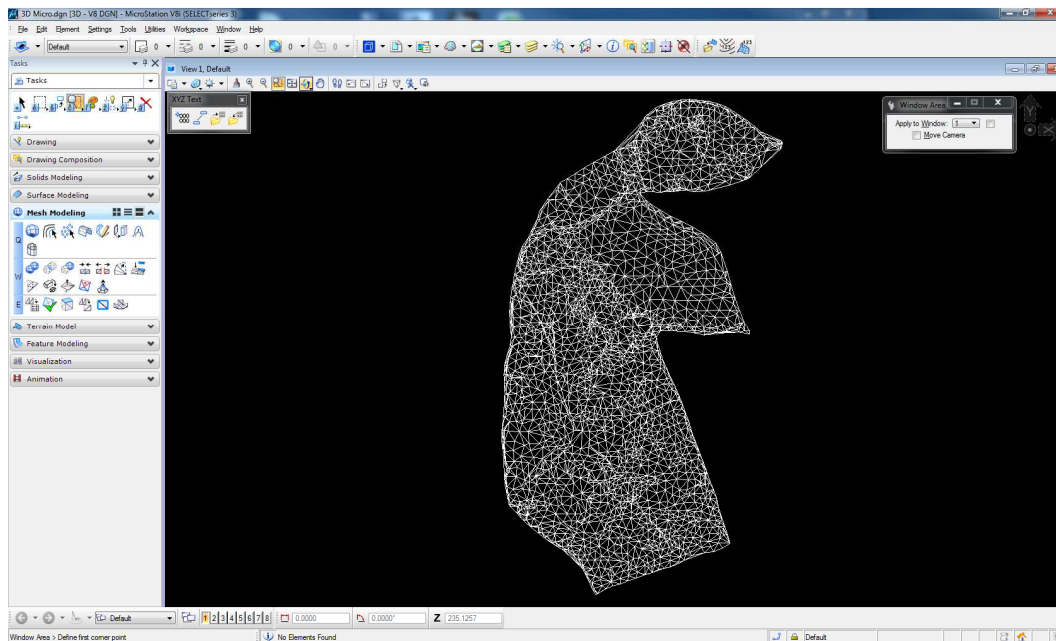
Obr. 53: Dialógové okno Mesh from Points

V dialógovom okne v řádce *Direction* je na výber z piatich možností: *Global Z*, *View*, *Tunnel*, *Volume* a *Vector*.

Pretože boli podrobné body už vybrané, v řádce *Direction* bola vybraná možnosť *View* (Pohľad). Po kliknutí do plochy sa vygenerovala nepravidelná trojuholníková sieť. Pretože, vygenerovaná sieť obsahovala nežiaduce trojuholníky, boli trojuholníky vymazané príkazom *Delete Mesh Facet* (Odstránenie časti plochy).

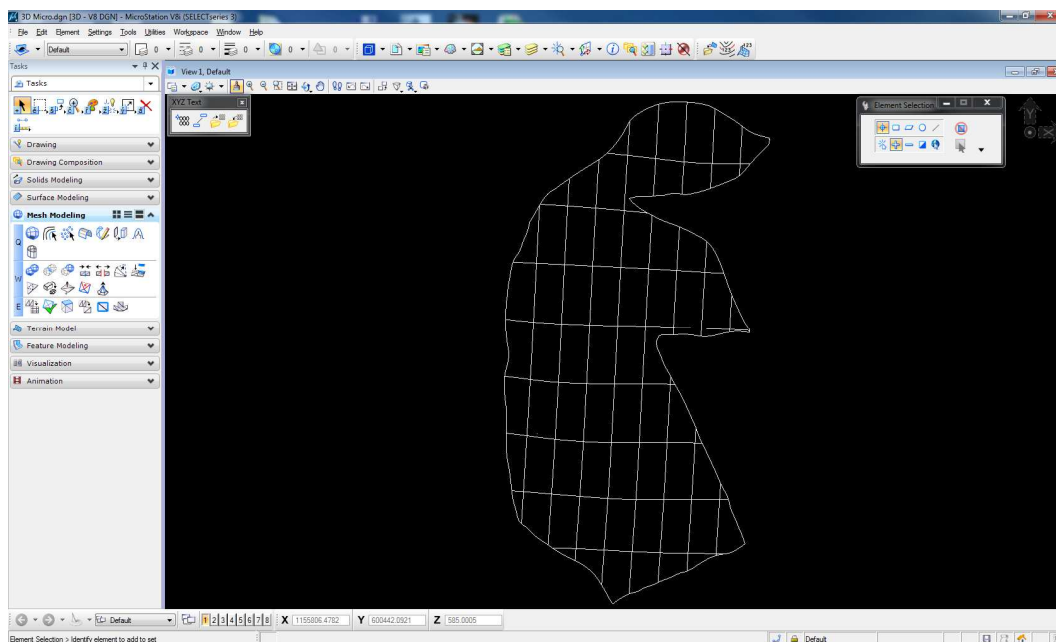


# ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU



Obr. 54: Vygenerovaná trojuhelníková sieť

K ďalšej práci, resp. analýza vytvorenom modely je nutné previesť trojuhelníkovú sieť z plochy na povrch. V riadku E v ponuke *Mesh Modeling* je príkaz *Convert Mesh To Surface* (Prevod plochy na povrch).



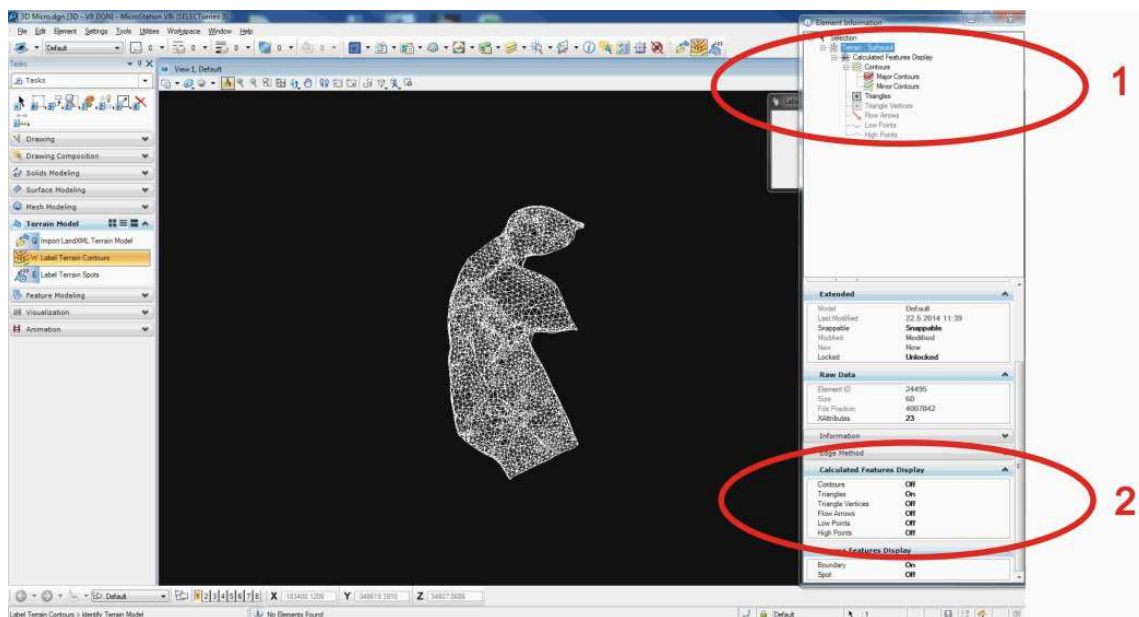
Obr. 55: Prevedená plocha na povrch

## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

Vytvorený povrch neodpovedal trojuholníkovej sieti, resp. z trojuholníkovej siete vytvoril obdĺžnikovú sieť. Tieto priame línie mali vlastnosti krivky, tzn. nebolo možné ho ďalej použiť pre spracovanie digitálneho modelu terénu.

V nástrojovej rade je ponuka *Terrain Model* (Model terénu), ktorá obsahuje bohužiaľ iba tri príkazy: *Import LandXML Terrain Model* (Import terénneho modelu vo formáte XML), *Label Terrain Coutours* (Popis vrstevníc) a *Label Terrain spots* (Popis miesta, resp. umiestnenie výškovej kóty).

Keďže v predchádzajúcej kapitole bolo zmienené, že AutoCAD dokáže exportovať LandXML, bolo využité tejto možnosti. Model terénu vo formáte XML bol nainportovaný do prostredia Microstation pomocou spomínanej funkcie *Import LandXML Terrain Model*.



Obr. 56: Možnosti TIN

Vo vlastnostiach modelu je možné nastaviť (2) zobrazenie vrstevníc (*Contours*), vypočítaných trojuholníkov (*Triangles*), bodov trojuholníkov (*Triangle Vertices*), najnižšie a najvyššie umiestnených bodov (*Low and High Points*) a smer odtoku (*Flow Arrows*).

Vo vlastnostiach jednotlivých prvkov je možné nastaviť (1):

Vrstevnice:

## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

- interval hlavných a vedľajších vrstevníc, zobrazenie vrstevnice vo forme lomovej čiary alebo vo forme krivky s hodnotou zaoblenia, umiestnenia do príslušnej hladiny a farba vrstevnice

### Trojuholníky:

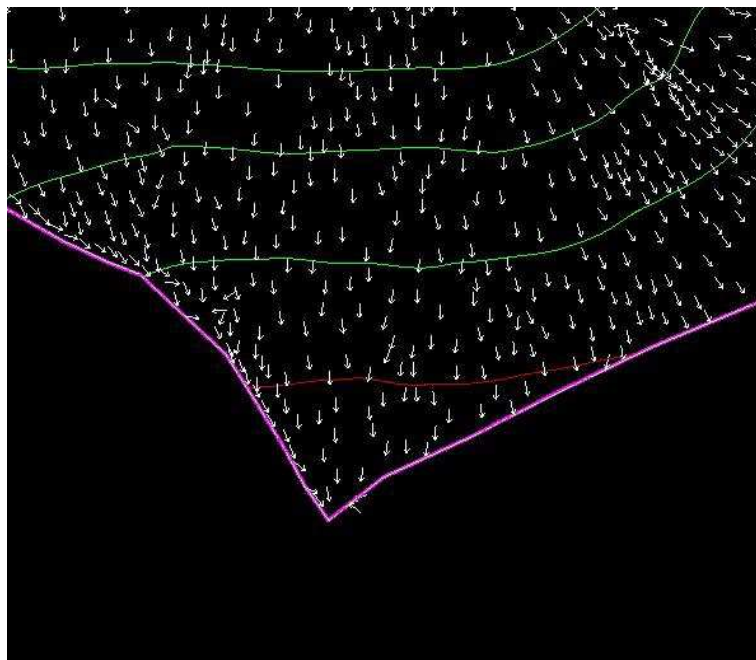
- hladina, farba, štýl línie trojuholníkov, šírka línie, transparentnosť a výplň trojuholníkov

### Body trojuholníkov:

- hladina, farba, transparentnosť, mierka bunky, zobrazovaný text

### Smer odtoku:

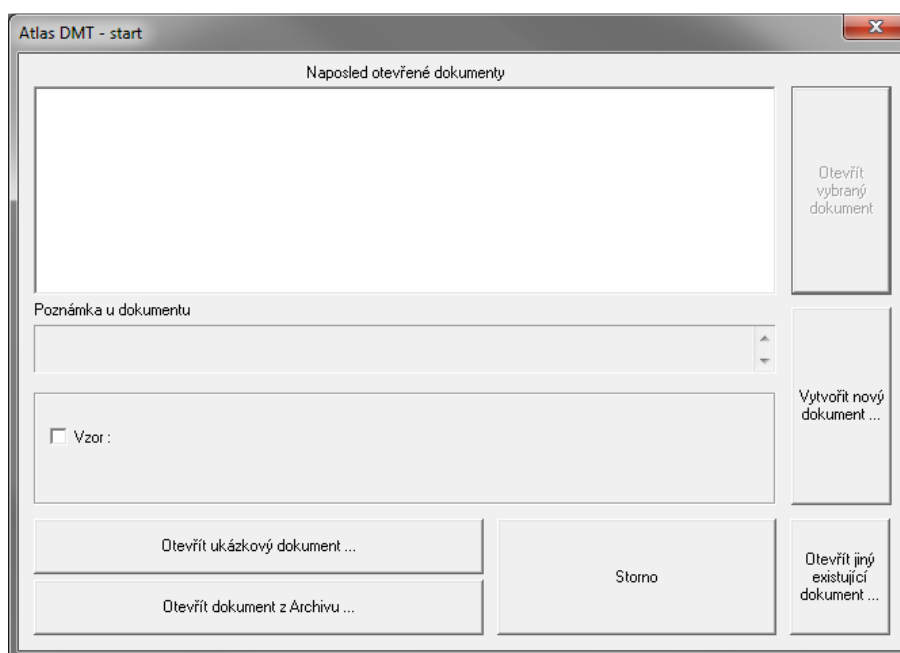
- hladina, farba, transparentnosť, mierka bunky



Obr. 57: Hlavné a vedľajšie vrstevnice so smerom odtoku

### 5.3 Atlas DMT 6.4.2

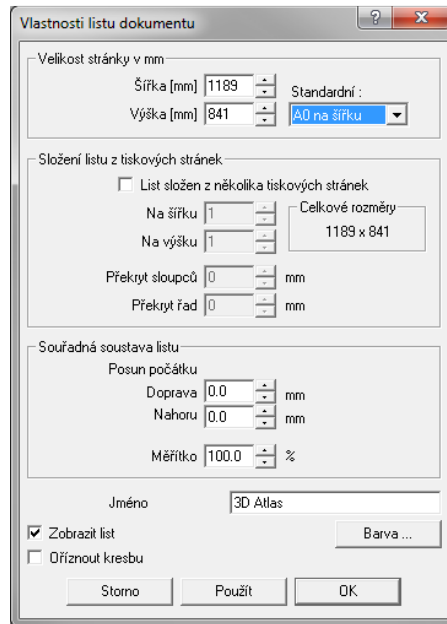
Pri otvorení programu Atlas DMT sa objaví okno s možnosťami *Vytvorenia nového dokumentu* a *Otvorenia existujúceho dokumentu*. Okrem týchto možností máme k dispozícii *Otvorenie vzorového dokumentu*, ktorý je automaticky uložený na disk PC pri inštalácii ako aj *Otvorenie dokumentu z Archívu*, čo je vo výsledku rovnaká možnosť. V tomto dialógovom okne je možnosť použitia *Vzoru*, ktorý nám umožní pri opakovaných projektoch použiť rovnaké nastavenia.



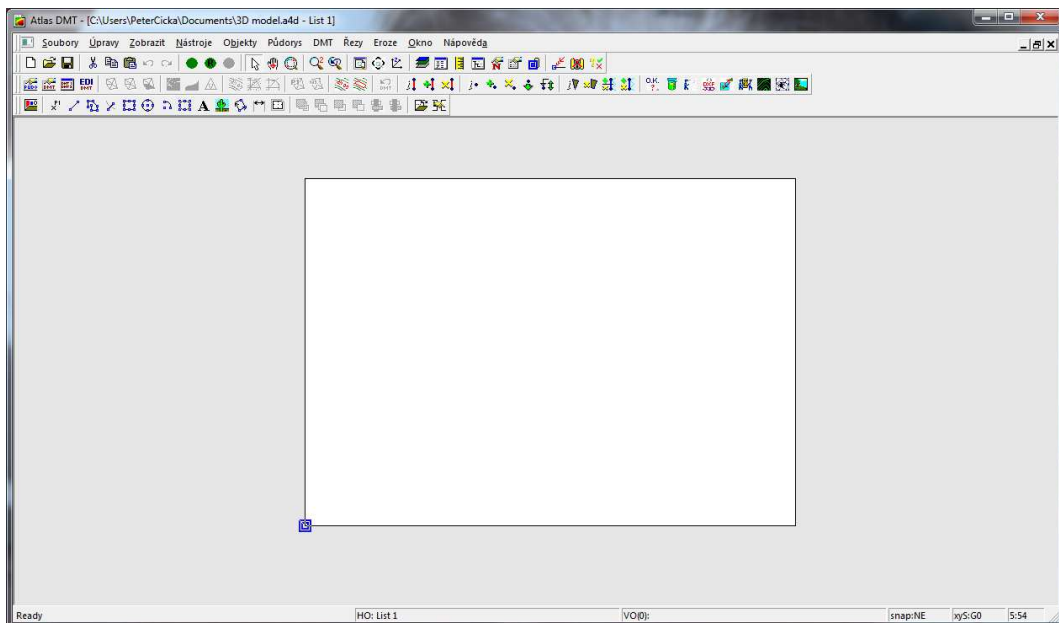
Obr. 58: Vytvorenie dokumentu

Po zvolení možnosti *Vytvoriť nový dokument* nám program ponúkne nastavenia nového listu a to rozmer (formáty rady A0 – A5 v orientácii na výšku aj šírku), rozloženie tlačových stránok s počtom stĺpcov a rád, počiatok sústavy listov a možnosť premenovania listu podľa nami zvoleného názvu.

# ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU



Obr. 59: Vlastnosti listu dokumentu



Obr.60: Pracovné prostredie Atlas DMT

Pracovné prostredie Atlas DMT je veľmi jednoduché a prehľadné. Nachádzajú sa v ňom klasické ponuky ako *Súbor*, *Úpravy*, *Zobrazit*, *Okno*, *Nápoveda* a špecializované ponuky ako *Nástroje*, *Objekty*, *Pôdorys*, *DMT*, *Rezy*, *Erózia*. Každá ponuka svojim názvom napovedá, o akú ponuku nástrojov sa jedná. Ponuka *DMT* obsahuje nástroje týkajúcej sa tvorby digitálneho modelu terénu ako napríklad *Body*, *Hrany*, *Trojuholníky*

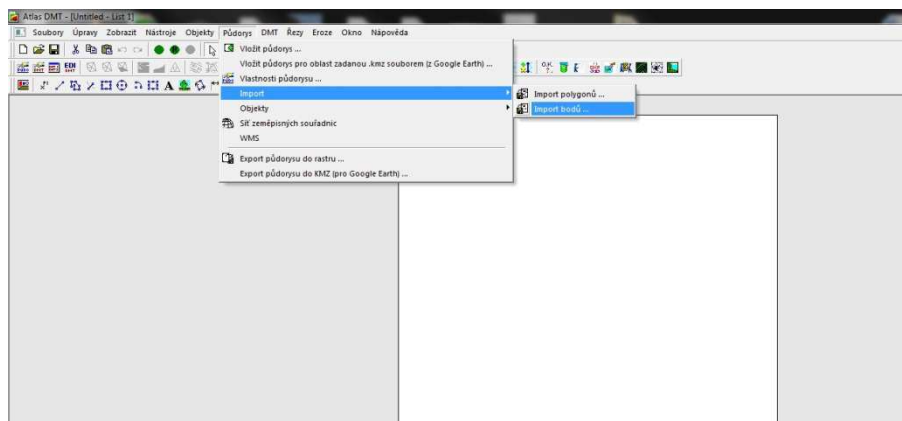
## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

a *Úlohy nad DMT*. V ponuke *Rezy* sa nachádzajú nástroje na vytváranie priečných a pozdĺžnych profilov a ponuka *Erózia* obsahuje príkazy na vytváranie erozívnych oblastí.

Pri spustení programu je v pracovnej plochy otvorených niekoľko panelov s príkazmi z ponúk *Súbor*, *Zobrazit'* a *DMT*, ktoré urýchľujú prácu. Na ovládanie pohľadov slúžia štyri ikonky (*Posun*, *Výrez obdĺžnikom*, *Oddialenie 2x* a *Pohľad späť*).

Program Atlas DMT vytvára svoj špecifický súbor s koncovkou \*.A4D. Tento formát bohužiaľ nejde otvoriť v žiadnom programe. Možnosťou spolupráce s inými programami je import z iných programov vo formáte \*.DGN (Microstation), vo formáte \*.DXF (AutoCAD) a vo formáte \*.VKM (Vektorová katastrálna mapa). Naopak export je možný iba do formátu \*.DXF a do formátu \*.BMP (export rastru). Tieto všetky príkazy sa nachádzajú v ponuke *Súbor>Import(Export)*.

Pri tvorbe digitálneho modelu terénu je nutné založiť pôdorys. Do pôdorysu importujeme podrobné body zo záložky *Pôdorys>Import>Import bodov*. V dokumente môžeme mať niekoľko pôdorysov, čo nám umožňuje rýchlejšiu a jednoduchšiu prácu s nimi.

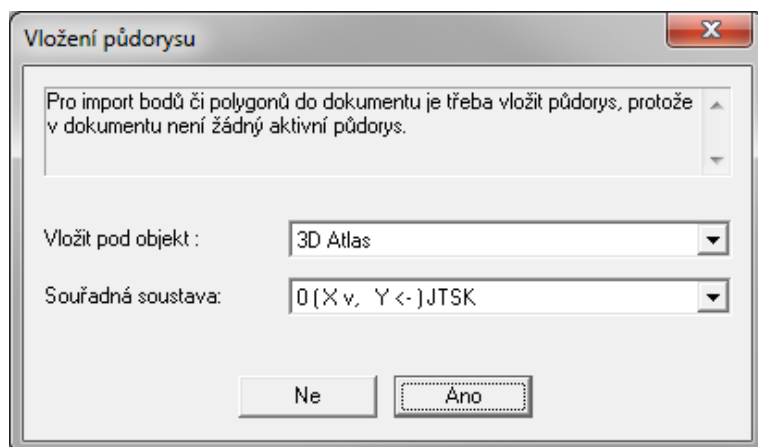


Obr. 61: Import bodov a vytvorenie pôdorysu

Po aktivácii nás program upozorní na fakt, že v dokumente nie je žiaden aktívny pôdorys a vytvorí ho s možnosťou definície súradnicového systému. Pretože je program vytvorený českou firmou a určený hlavne pre český trh, je nastavený primárne pod číslom

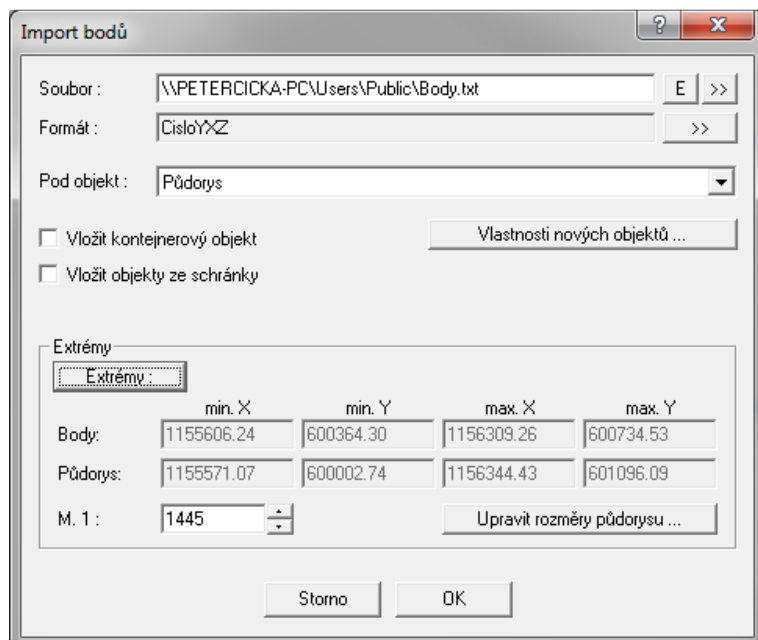
## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

0 súradnicový systém JTSK. Ďalšími možnosťami sú kartézská súradnicová sústava a Gauss-Krüger.



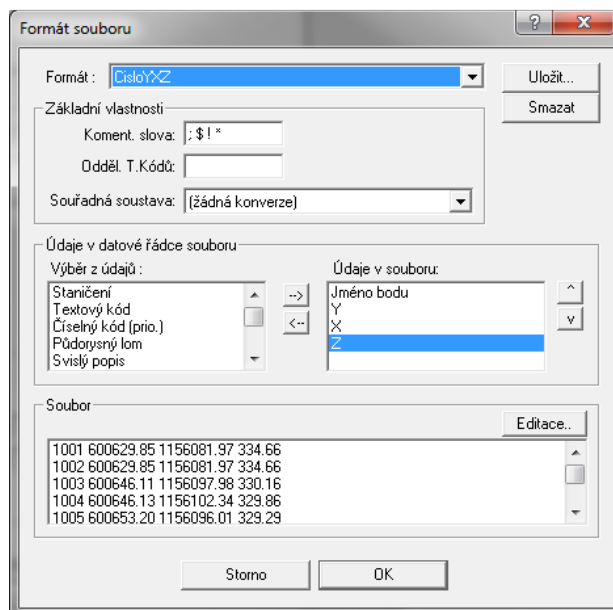
Obr. 62: Vloženie pôdorysu

Po nadefinovaní pôdorysu sa dostaneme k samotnému importovaniu bodov. V poli *Súbor* vyberieme textový dokument so súradnicami podrobných bodov. V nasledujúcom poli *Formát* musíme nadefinovať formát súradníc v predchádzajúcom súbore podrobných bodov (viď. Obr. AT6). Pod šablónou *CisloYXZ* je nadefinované poradie číslo bodu, súradnica Y, súradnica X a nakoniec súradnica Z.



Obr. 63: Import bodov

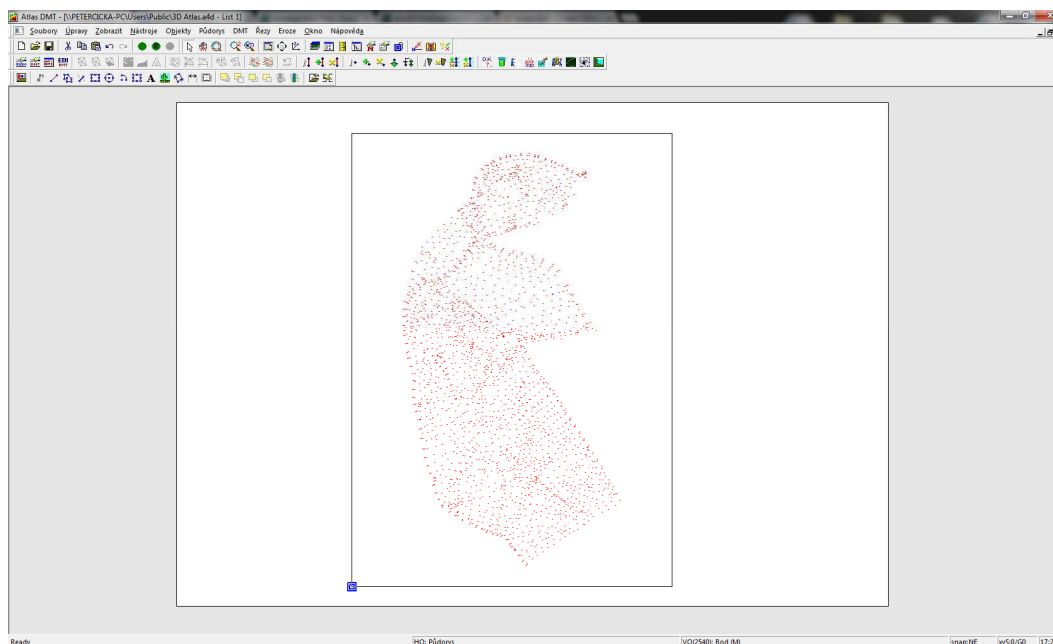
# ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU



Obr. 64: Formát dat pre import bodov

V prípade iných typov dát je možné zvoliť napríklad *Staničenie*, *Textový kód*, *Zvislý popis* v poli *Výber z údajov*.

Po odkliknutí obidvoch dialógových okien sa nám naimportované body zobrazia vo vytvorenom pôdoryse.

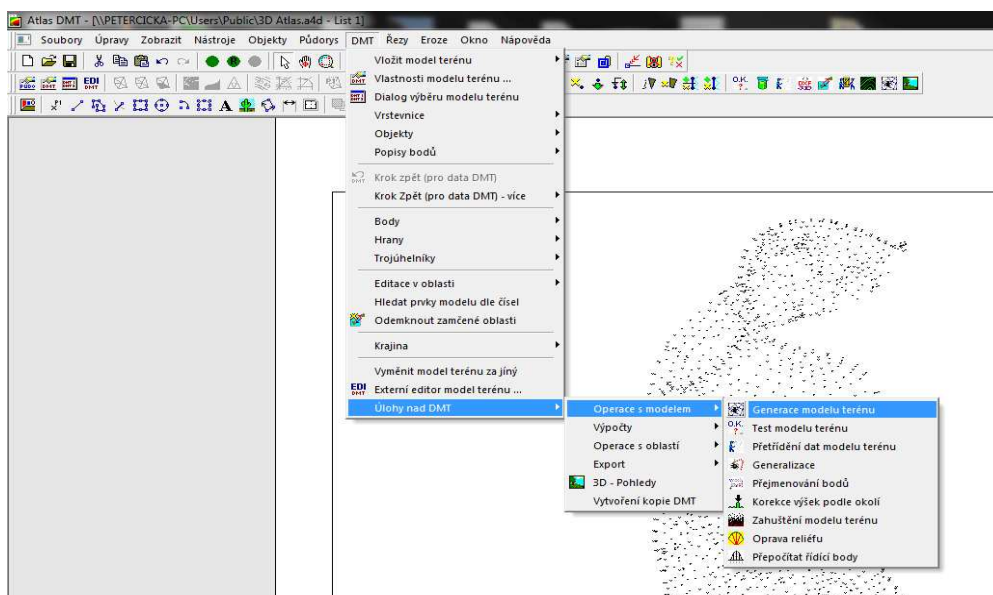


Obr. 65: Naimportované podrobné body.



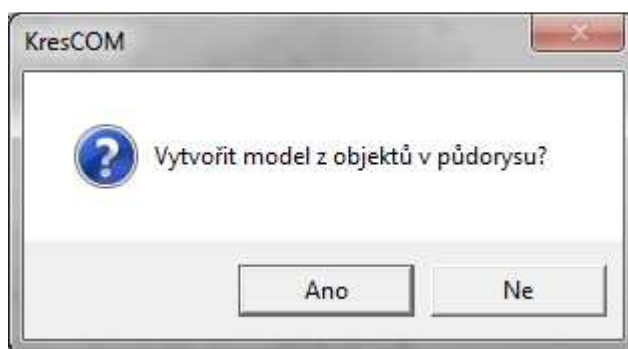
# ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

Pre vytvorenie modelu vyberieme možnosť z ponuky *DMT>Úlohy nad DMT>Operácie s modelom>Generácia modelu terénu*.



Obr. 66: Vytvorenie modelu

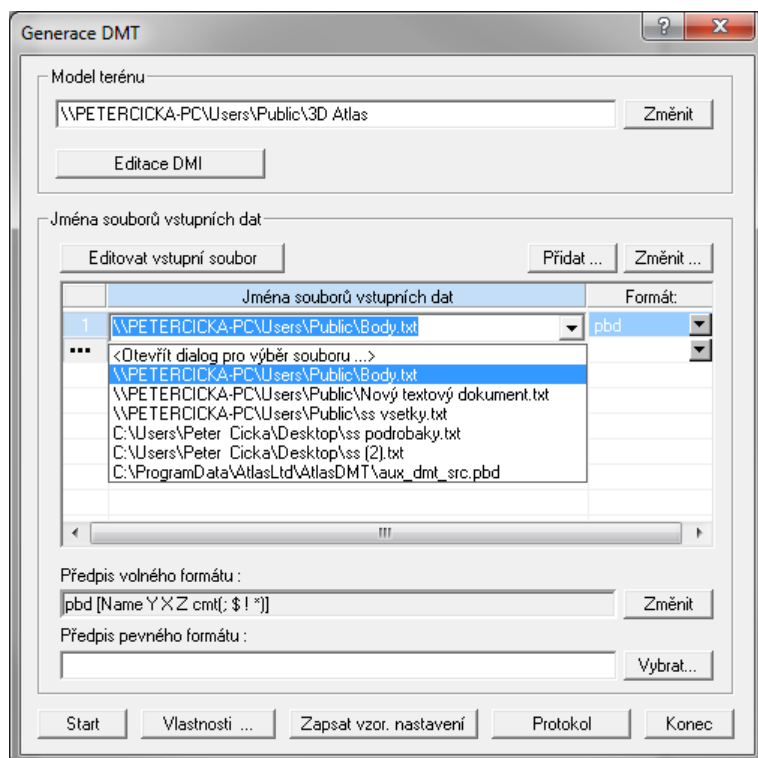
Následující dialogové okno nás dotazuje k vytvoření modelu z objektů půdorysu. Protože máme v půdoryse naimportované podobné body, odklikneme možnost *Áno*.



Obr. 67: Dotaz na objekty půdorysu

## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

Do prvního pole definujeme název modelu, v našem případě 3D Atlas. V dalším poli definujeme název a umístění vstupních dat, tzn. soubor Body.txt.



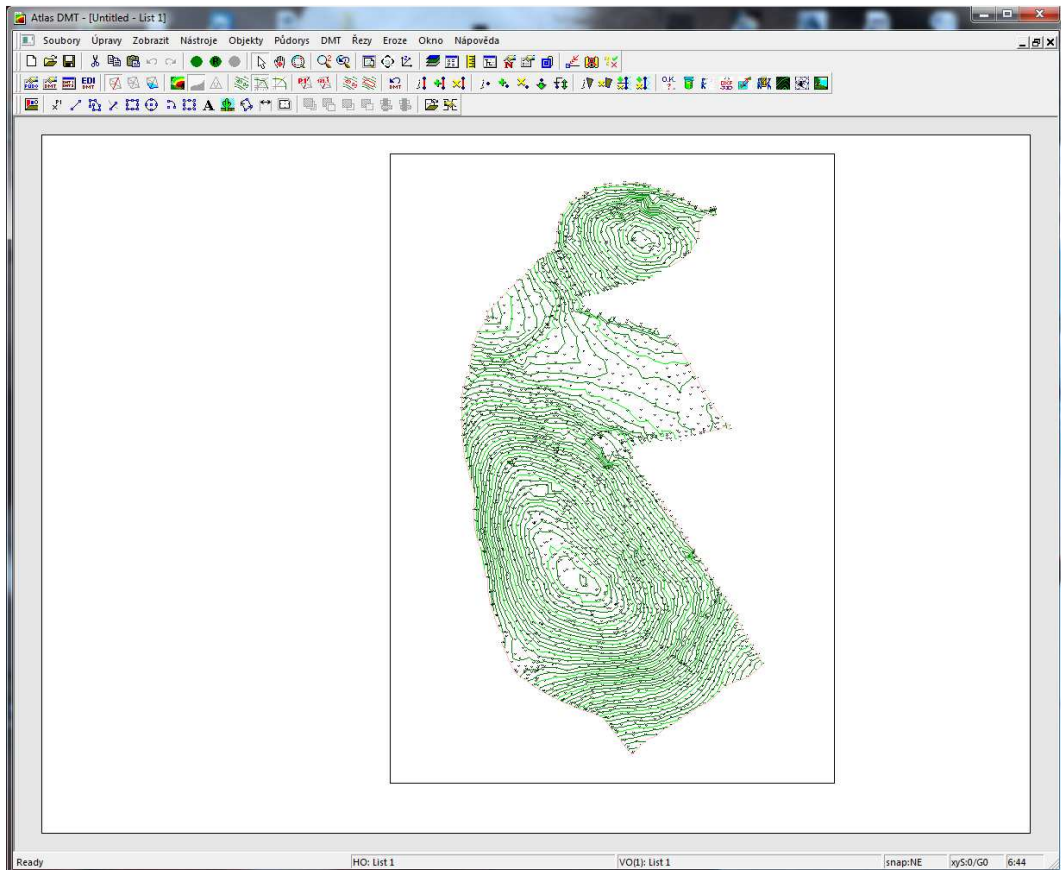
Obr. 68: Definovanie názvu modelu a vstupných dát

Po stlačení tlačidla Štart nám program vygeneruje trojuholníkovú sieť. V dialógovom okne je zobrazený počet vstupných bodov, počet zrušených bodov, počet bodov bez výšky, počet vytvorených hrán a trojuholníkov. Model je následne vložený do pôdorysu (Obr.69). Vytvorený model obsahuje tzv. obalové trojuholníky, ktoré je nutné odstrániť kvôli ďalšej práci s modelom a správnej interpretácii modelu.

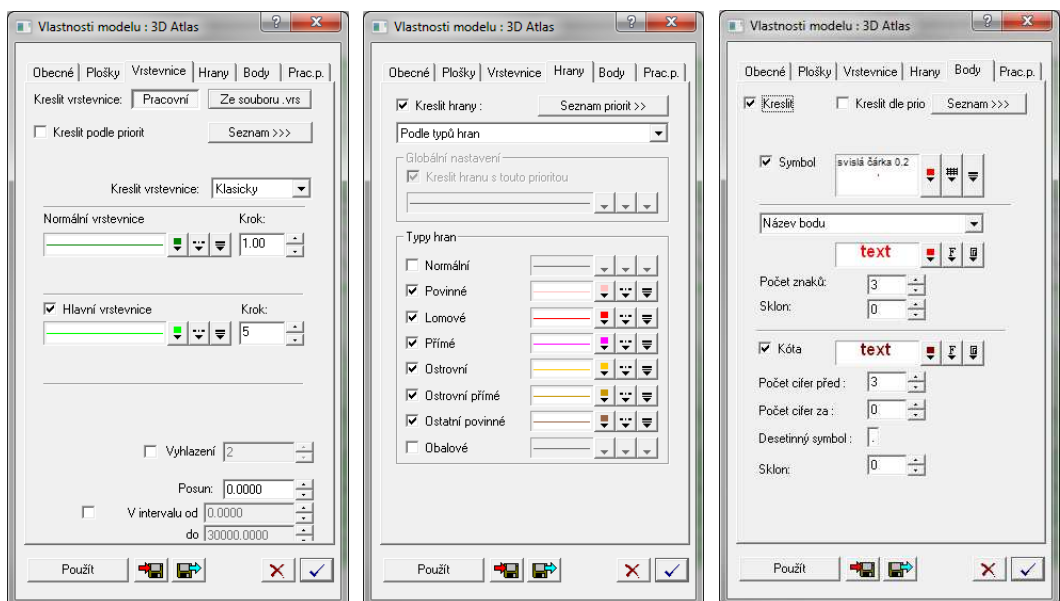
Pre dokončenie modelu je nutné nadefinovať terénne hrany ako cesty, chodníky, zrázy, atď. Príkazy k *Hranám* sa nachádzajú v ponuke *DMT>Hrany* alebo v paneloch priamo v pracovnom prostredí.

K dispozícii je 5 druhov povinných hrán (*Povinná, Lomová, Priama, Ostrovná, Ostrovná priama*).

# ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU



Obr. 69: Vytvořený model definovaný vrstevnicami a bodmi

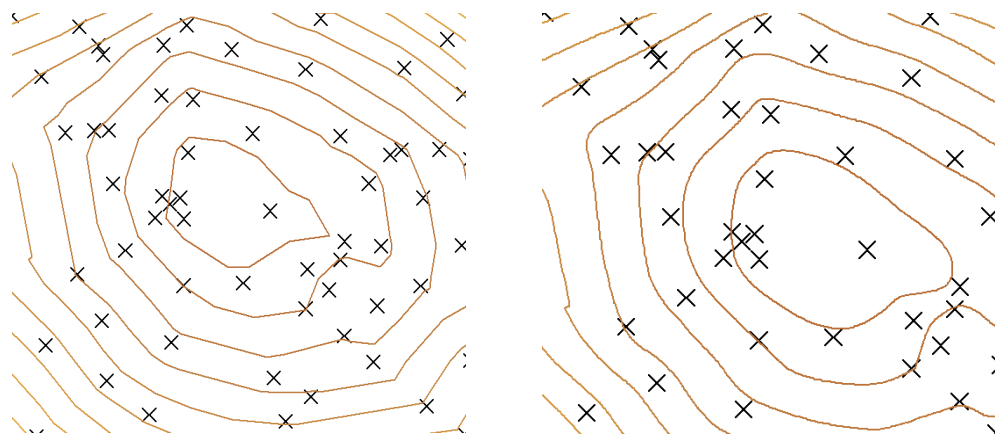


Obr. 70: Vlastnosti modelu (Vrstevnice, Hrany, Body)

V záložce *Vrstevnice* sa nachádzajú možnosti pre vykreslenie (zobrazenie) vrstevníc. Jedná sa o farbu, typ čiary, hrúbku a interval zobrazenia. V poli *Vyhľadanie* sa zadáva stupeň zaoblenia vrstevníc, pretože vygenerovaná sieť vytvorí vrstevnice z trojuholníkov, tak sa vrstevnica zobrazuje ako lomová čiara, pričom lomové body sa nachádzajú stranách vytvorených trojuholníkov (Obr.71). Pole *Posun* dovoľuje zmeniť výškovú zrovnávaciu rovinu a v poli *V intervale* zase zobrazenie územia v určitej výškovej úrovni. Pole *Kresliť vrstevnice* nám dovoľuje zobrazenie v troch možnostiach a to *Klasicky*, *Hypso plynulá* alebo *Hypso ostrá*. *Klasicky* – vrstevnice sú v nami zvolených farbách. *Hypso plynulá* – vrstevnice sú zobrazené v plynulom prechode farieb. *Hypso ostrá* – vrstevnice sú zobrazené v ostrom prechode farieb, ktoré sme schopní nadefinovať.

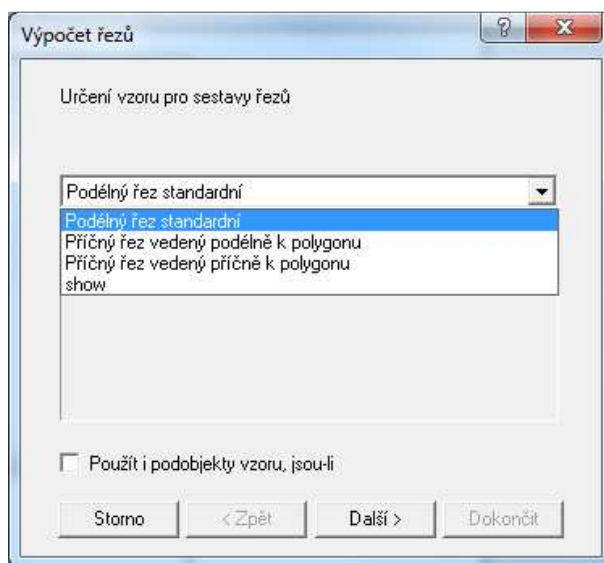
V záložke *Hrany* je možnosť definovania hrán podľa priorít a typu hrán. Vo vlastnostiach každej hrany je možné nadefinovať farbu, typ čiary a hrúbku.

V záložke *Body* je možné nadefinovať ako vlastnosti k bodom, tak vlastnosti kót, či samotného popisu – farba, veľkosť, počet zobrazovaných cifier, sklon atď..



Obr. 71: Vyhľadanie vrstevníc stupňom 14

V ponuke *Rezy* je možné vytvoriť profily, ako už bolo spomenuté v predchádzajúcom texte. V miestnej ponuke máme sprievodcu *Zostavy rezov pomocou sprievodcu*, ktorý nám dovoľuje vytvoriť profil tou najjednoduchšou cestou. V prostredí Atlas DMT si nadefinujeme modelový polygón nachádzajúci sa v ponuke *Objekty>Vložit' objekty>Polygon*. Jedná sa o vloženie trasy profilu do modelu. Po vykreslení polygónu aktivujeme sprievodcu.

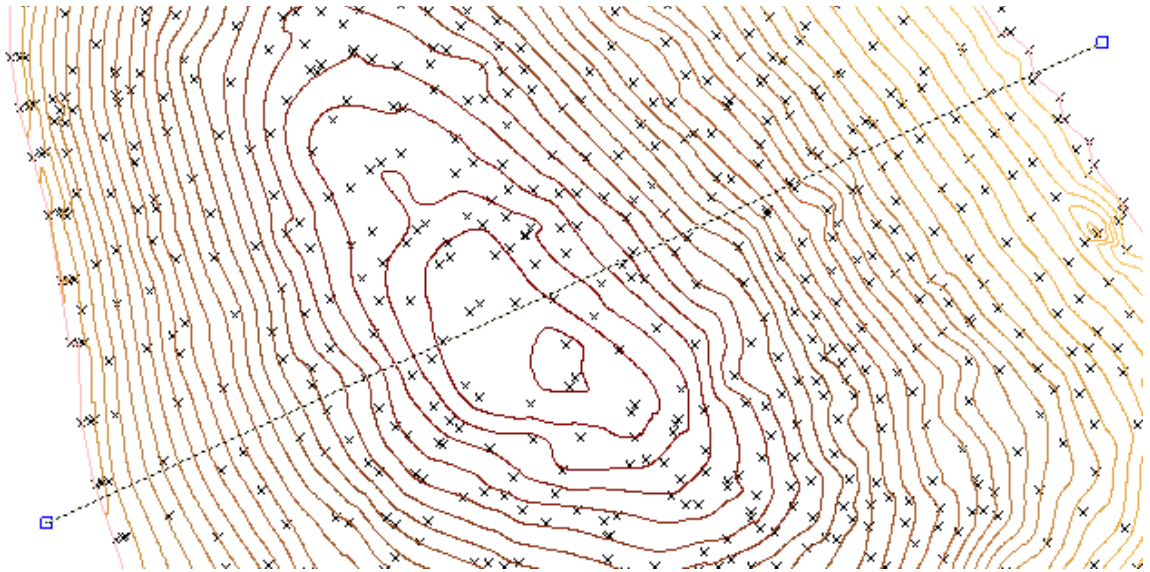


Obr. 72: Výber profilu

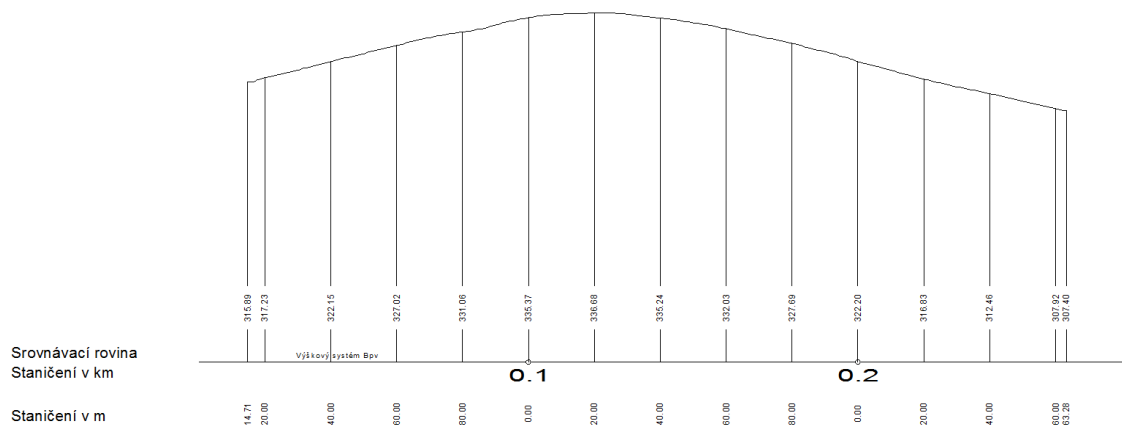
Miestna ponuka dovoľuje výber zo 4 možností (*Pozdĺžny rez štandardný*, *Priečny rez vedený pozdĺžne k polygónu*, *Priečny rez vedený priečne k polygónu* a *show*).

Pri výbere možnosti *Priečny rez vedený priečne k polygónu* sme v sprievodcovi nútený nadefinovať počet, krok a rozpätie profilov a mnoho ďalších parametrov. Jednoduchšou variantou je výber možnosti *Pozdĺžny rez štandardný*. Sprievodca nás prevedie pár krokmi a výsledkom je dokonalý pozdĺžny profil obsahujúci aj všetky formálne náležitosti (zrovnávací rovina, staničenie v kilometroch a metroch, výškový systém Bpv, výškové kóty) (Obr.74)

ČÍČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU



Obr. 73: Definovanie polygónu trasy



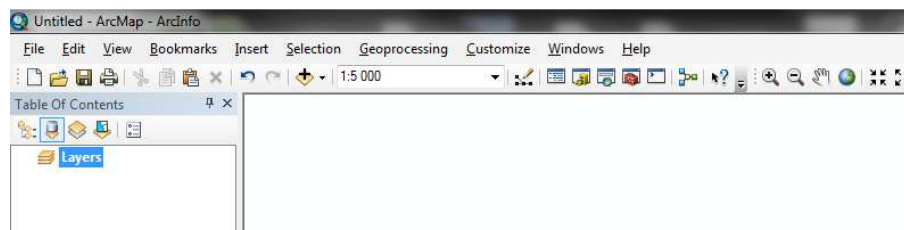
Obr. 74: Pozdĺžny rez

## 5.4 ArcGIS 10.2

Program ArcGIS sa skladá z niekoľkých podprogramov, konkrétne ArcMap a ArcGlobe. Pre túto prácu bola vybraná jazyková lokalizácia angličtina. Ponuky v prostredí ArcMap pôsobia veľmi jednoducho, nachádzajú sa tam klasické ponuky, ako napríklad Súbor (*File*), Úpravy (*Edit*), Zobrazenie (*View*), Okná (*Windows*) a Nápoveda (*Help*). Okrem týchto ponúk nájdeme ponuku Záložky (*Bookmarks*) Vložiť (*Insert*), Výber (*Selection*), Geoprocessing a Prispôbiť (*Customize*).

Funkcie v jednotlivých ponukách nepôsobia veľmi zaujímavo. Veľa z nich je vypnutých, resp. ich nie je možné použiť v prvotnej fázy. V ponuke *Customize>Toolbars* sa nachádza viac ako 30 vypnutých panelov, ktoré pokrývajú všetky funkcie tohto programu určeného pre geografické informačné systémy.

Okrem týchto ponúk sú po spustení programu zobrazené ovládacie tlačidlá k ovládaniu pohľadov (približovanie, vzdialovanie, úchop a zobrazenie celého projektu), pridávanie dát (*Add Data*) a mierka.

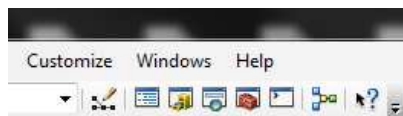


Obr. 75: Prostredie ArcMap

Na obr. 75 je zväčšené okno s najdôležitejšími ikonami. Zľava *Editor Toolbar* používa sa pre tvorenie 2D grafiky. Druhá ikona je *Table of Contents*, ktorou sa zapína prehliadač aktívnych hladín v danom projekte. Na treťom mieste je ikonka *Catalog*, ktorá slúži ako prehliadač ArcGIS súbov. *Search* slúži ako vyhľadávač v systéme Windows alebo na webových aplikáciach ArcGIS Online, ktorý sa nachádza na 4 pozícii zľava. Piatou ikonkou je *ArcToolbox*, ktorý poskytuje neskutočné možnosti v správe, úprave a analyzovaní dát. Predposledné miesto je určené pre programovanie v jazyku *Python*.

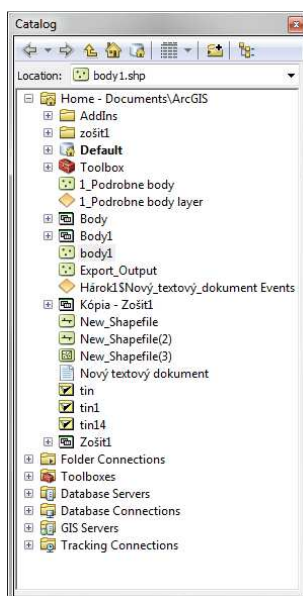
## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

Posledné miesto je obsadené *ModelBuilder*, ktorý sa používa pre vytváranie podmienok pri analyzovaní dát.



Obr. 76: Prostredie ArcMap

ArcCatalog slúži ako prieskumník zložiek. Pretože štruktúra súborov programu ArcMap je veľmi zložitá, v priečinku v prieskumníkovi Windows sa s rovnakým názvom objavia napríklad 4 súbory, ale v iných formátoch, v ArcCatalogu sa zobrazí iba jeden. Preto pri premiestňovaní súbor je nutné používať ArcCatalog.

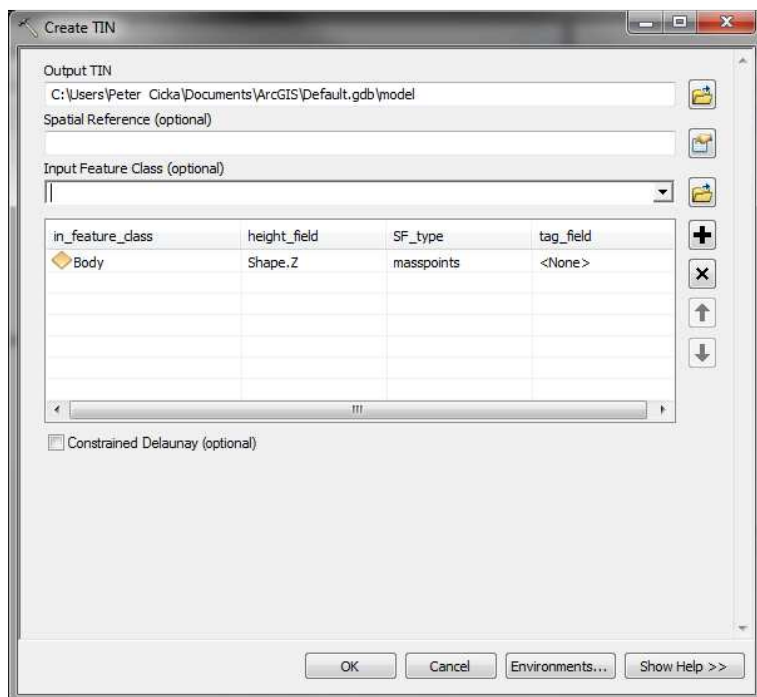


Obr.77: ArcCatalog

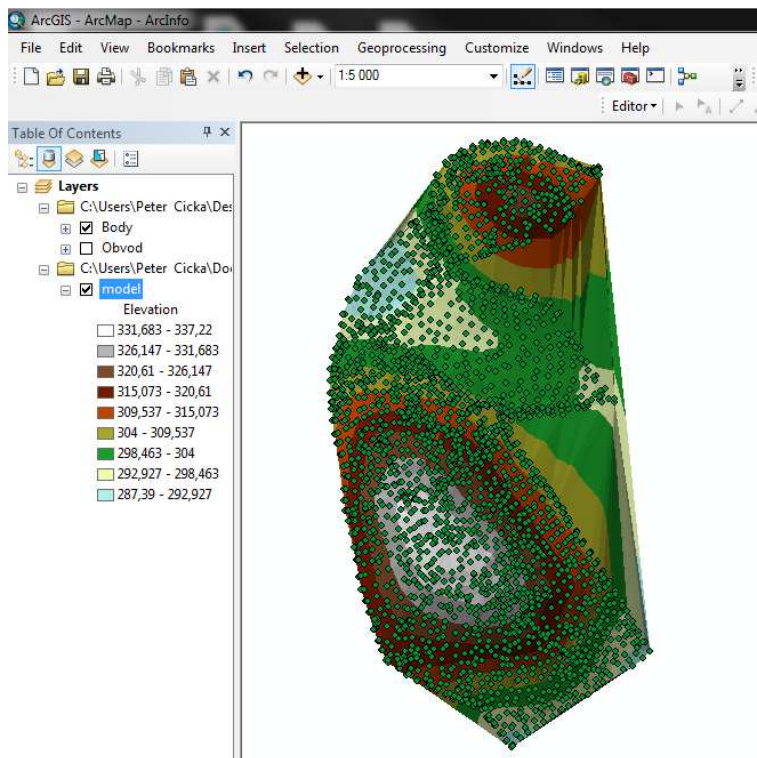
Pre vstup bodov využijeme funkciu *Add data* (Obr.75). Súradnice bodov musia byť uložené vo formáte programu Microsoft Excel. Pridané body sa pomocou príkazu v miestnej ponuke zobrazia v pracovnom prostredí *Display XY* a následne sa exportujú do formátu \*.SHP. Pre vytvorenie digitálneho modelu terénu využijeme nadstavby *3D Analyst Tools>TIN Management>Create TIN* (Obr.80).



# ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU



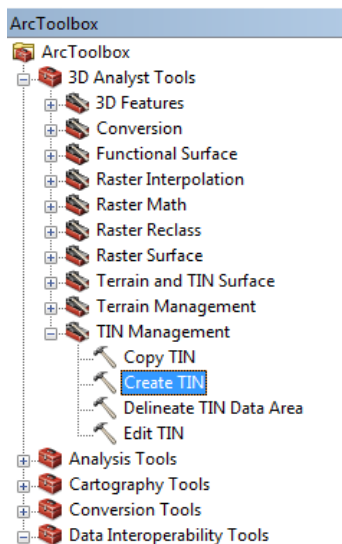
Obr.78: Vytvorenie digitálneho modelu terénu



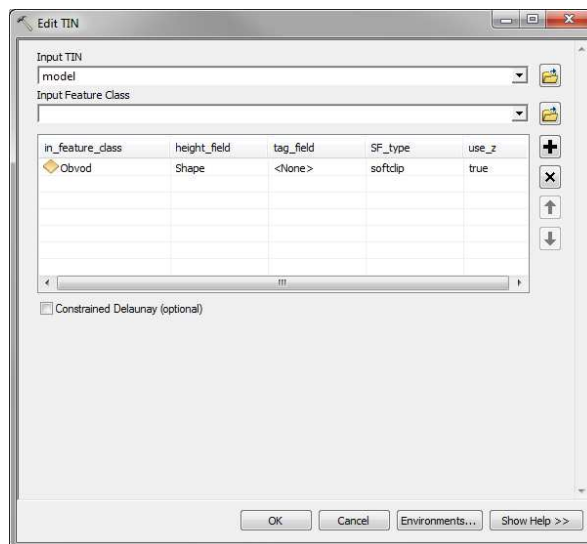
Obr.79: Digitálny model terénu bez definovania hranice.

## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

Vytvorený model treba ešte upraviť, aby odpovedal skutočnosti. Musíme nadefinovať hranice územia. V *ArcCatalog* vytvoríme nový súbor \*.SHP s modifikáciou *Polyline*. Aktivovaním *Editor* (Obr.76) vykreslíme obvodové línie záujmovej oblasti.



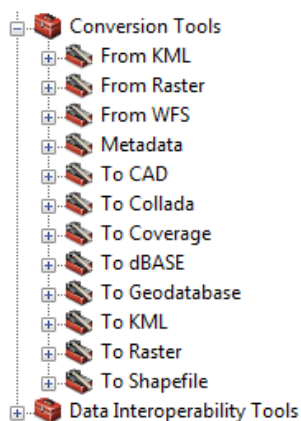
Obr.80: TIN Management



Obr. 81: Edit TIN

Tento súbor pomocou príkazu *Edit TIN* aplikujeme na 3D model a model sa dostane tvar podľa línie záujmovej oblasti.

Software ArcGIS dovoľuje pracovať s viacerými formátmi súborov. V *ArcToolbox*>*Conversion Tools* sa nachádzajú funkcie na prevody formátov (Obr.82).



Obr. 82: Conversion Tools

## 5.5 SolidWorks 2013

Po spuštění programu SolidWorks se objeví moderné dizajnové okno s možnostmi, které by ste určite nečakali. Tento program je celosvetovo uznávaný, užívaný a oblíbený ako medzi užívateľmi aj firmami.

Panel na pravej strane je práve tomu určený, konkrétne okrem prvých dvoch ikoniek tento panel obsahuje ikony a príkazy, s ktorými sa bežne nestretáme pri prvom kontakte s programom (Obr.83).

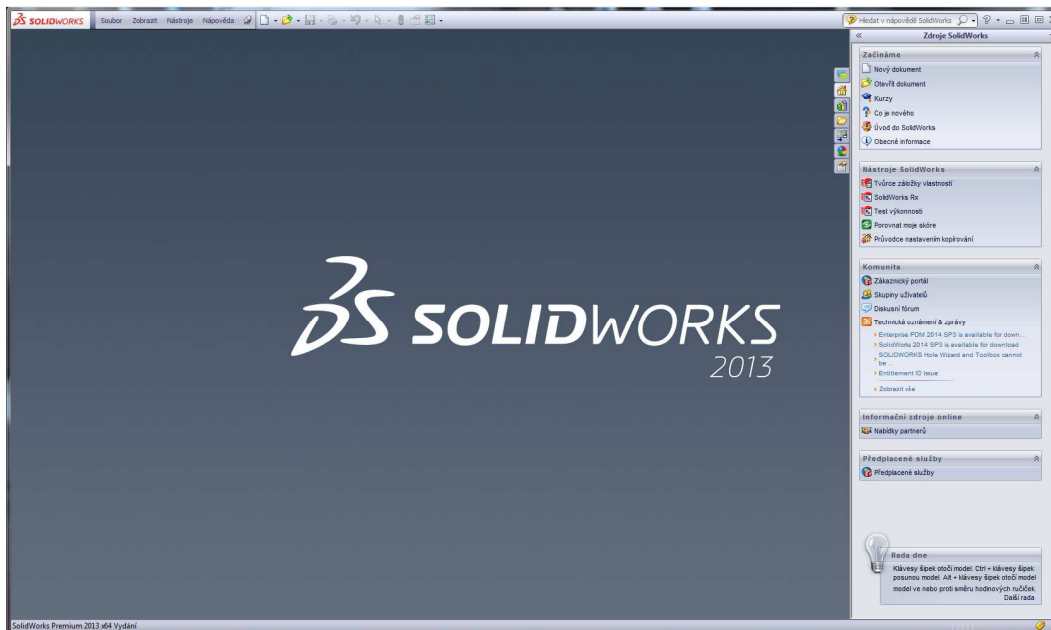
V sekcii *Začínáme* sa nachádzajú príkazy *Nový dokument* a *Otvoriť dokument* (klasické príkazy), príkaz *Kurz*, ktorý nás prevedie možnými kurzami a vzdelávacími programami končiacimi až záverečnými skúškami a certifikátmi. Ďalší príkaz je *Čo je nového*, ktorý obsahuje cca 200 strán noviniek oproti verzii 2012 vo formáte \*.PDF. *Úvod do Solidworks* je jednoduchý manuál ako začať, pokiaľ prvý krát siahnete na tento software.

V sekcii *Nástroje SolidWorks* sa nachádza 5 príkazov (*Tvorca záložky vlastností*, *SolidWorks Rx*, *Test výkonnosti*, *Porovnať moje skóre*, *Sprievodca nastavením kopírovania*). *Test výkonnosti* pokladám za celkom dôležitý a potrebný príkaz, pretože Vám to predurčuje úspech projektu, či je Vaša počítačová zostava schopná zvládnuť 3D modelovanie.

V sekcii *Komunita* sú odkazy *Zákaznícky portál*, *Skupina užívateľov*, *Diskusné fóra*, *Technické oznámenia a správy*. Odkaz *Diskusné fóra* je veľmi praktická a je možnosť sa dostať na zahraničné diskusné fóra, ktoré nie je možné vyhľadať cez Google.

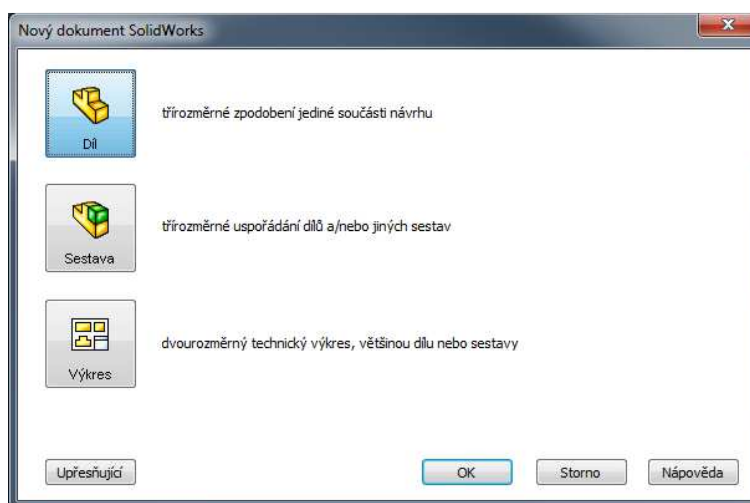
Klasické ponuky *Súbor*, *Zobraziť*, *Nástroje* a *Nápoveda* sa nachádzajú vo vyskakovacom okne pod textom *SolidWorks*. Obsahujú klasické príkazy ako ostatné programy podporujúce 3D modelovanie.

# ČÍČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU



Obr. 83: Pracovné prostredie SolidWorks 2013

Pri tvorbe nového projektu (dokumentu) je možnosť výberu z 3 volieb *Diel* (trojrozmerné napodobenie jednej súčasti návrhu), *Zostava* (trojrozmerné usporiadanie dielov alebo zostáv a poslednou možnosťou je *Výkres* (dvojrzmerný technický výkres, väčšinou dielov a zostáv. Pre účely digitálneho modelu terénu bude stačiť *Diel*.



Obr. 84: Výber typu dokumentu

Základné ponuky v prostredí sa po výbere typu dokumentu rozšírili o ponuky *Úpravy*, *Vložiť a Okno*. V ponukách *Úpravy* a *Okno* sa nachádzajú štandardné príkazy, typu kopírovať, vystrihnúť, možnosti práce s oknami, atď..

Vo vodorovnej ponuke príkazov sa nachádzajú záložky *Prvky*, *Skica*, *Analýzy*, *DimXpert*, *Produkty Office*.

V záložke *Prvky* sa nachádzajú príkazy na modifikáciu telies ako valec, kváder, ihlan alebo guľa. Tieto príkazy dovoľujú s týmito telesami rotovať, preťahovať, zaobľovať hrany, vytvárať lineárne polia, vytvárať rezy a mnoho ďalších.

Príkazy v záložke *Skica* sú z väčšej časti totožné ako v inom CAD programe v 2 dimenziách. Nachádzajú sa tam príkazy na vytváranie línií, bodov, obdĺžnikov, vkladanie textu, možnosti kótovania a vytváranie parametrických kót.

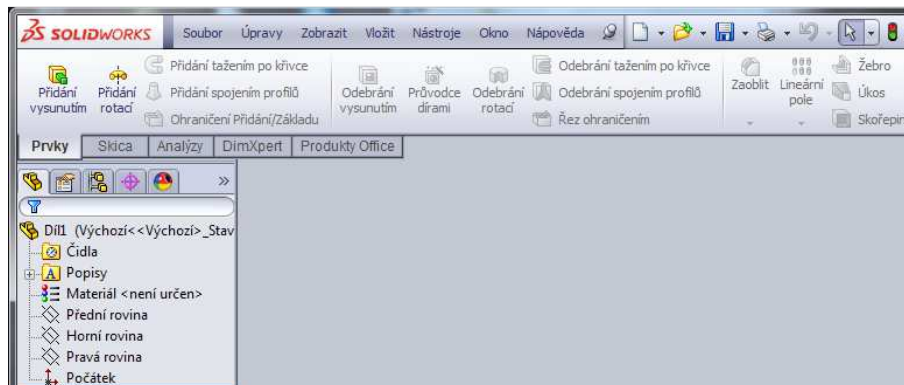
Záložka *Analýzy*, ako je obsiahnuté v jej názve dovoľujem previesť niekoľko analýz, definovať vlastnosti materiálov, napríklad modul pružnosti, hustotu, elektrický odpor. Vhodnou voľbou parametrov a tvarov sme schopný namodelovať zaťaženie nosníku s vyznačením najviac namáhaných častí a podobne.

Záložka *DimXpert* je rada nástrojov, ktoré slúžia pre aplikáciu kót a toleranciu dielov podľa požiadaviek normy ASME Y14.41-2003 a ISO 16792:2006.

Záložka *Produkty Office* obsahuje radu zaujímavých nástrojov ako napríklad *CircuitWorks* (je to databáza, respektíve súčasne a rada nástrojov určených pre dimenzovanie elektrických obvodov), *PhotoView* (rada nástrojov určená pre vizualizácie a fotorealistické zábery vytvorených modelov), *ScanTo3D* je nástroj na vytváranie 3D modelov z mračna bodov (bude využitý pre tvorbu 3D modelu), *SolidWorksRouting* (nástroj na vytváranie a analýzu elektrických obvodov) a ešte mnoho ďalších príkazov.

V ľavom stĺpci je zoznam dielov a rovín pohľadov a definovania počiatku a orientácie súradnicových ôs (Obr.85:).

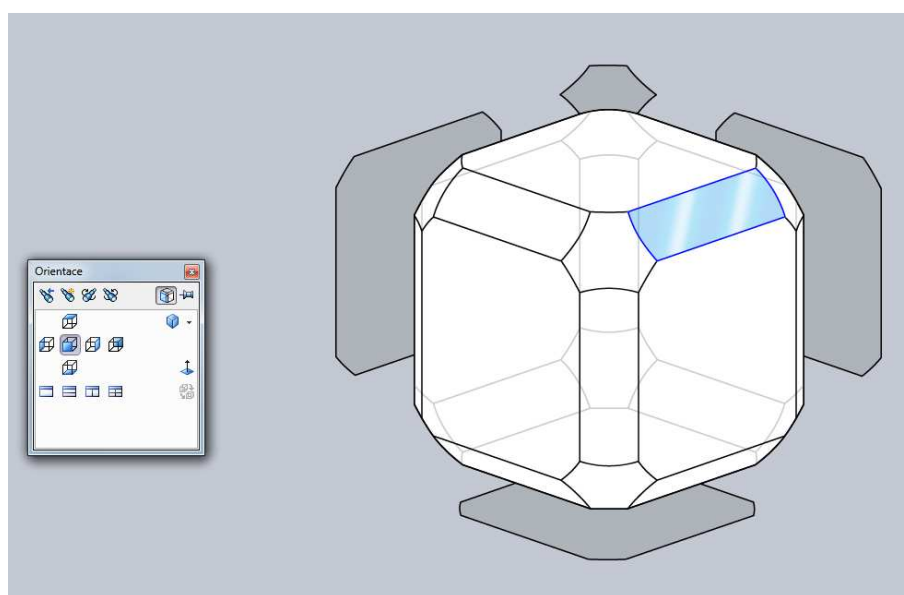
# ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU



Obr. 85: Hlavné ponuky prostředí

Na ovládanie pohľadov 3D modelov je možné použiť funkciu naprogramovanú pod tlačidlo klávesnice *Space* (medzerník), ktorá aktivuje kocku s možnosťou natočenia pohľadu. Kliknutím na príslušnú stenu kocky sa pohľad natočí.

V okne *Orientácia* je možné sú ďalšie možnosti ako zobrazenie modelu dimetricky, trimetricky a izometricky, možnosť rozdelenia pracovnej plochy do viacerých okien (Obr.).

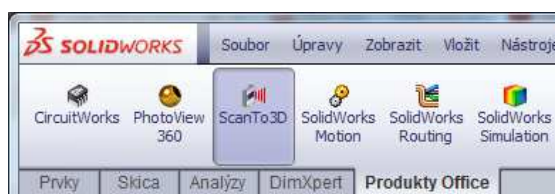


# ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

Obr. 86: Možnosti ovládaní pohľadov

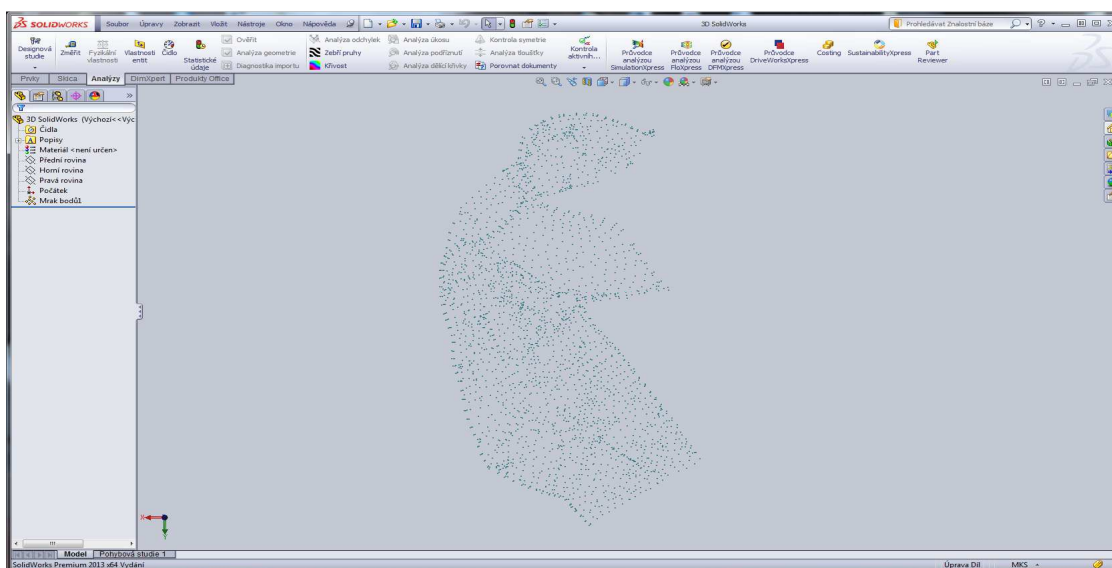
Tým, že program SolidWorks je používaný na celom svete a súčasne aj vo viacerých oblastiach ako letecký a automobilový priemysel, spracovateľskom sektore, atď., podporuje import a export veľké množstvo formátov. Ako každý CAD program podporuje \*.DXF a \*.DWG, SolidWorks ďalej podporuje formáty programov Rhino (\*.3DM), SolidEdge (\*.PSM a \*.PAR), Catia (\*.CGR), Adobe Illustrator (\*.AI), Adobe Photoshop (\*.PSD) a textové súbory (\*.TXT, \*.ASC).

Príkaz import súborov Solidworks nemá, má iba *Otvorenie dokumentu*, v ktorom sa zvolí príslušný formát importovaného súboru. Pre export súborov použijeme príkaz *Uložiť ako* v ponuke *Súbor*. Digitálny model terénu, ako už bolo spomenuté v predchádzajúcom texte, vytvoríme pomocou záložky *Produkty Office* a príkazu *ScanTo3D* (Obr.).



Obr. 87: Záložka Produkty Office

V ponuke *Súbor* príkaz *Otvoriť* si importujeme príslušný textový súbor so súradnicami vo formáte \*.TXT.

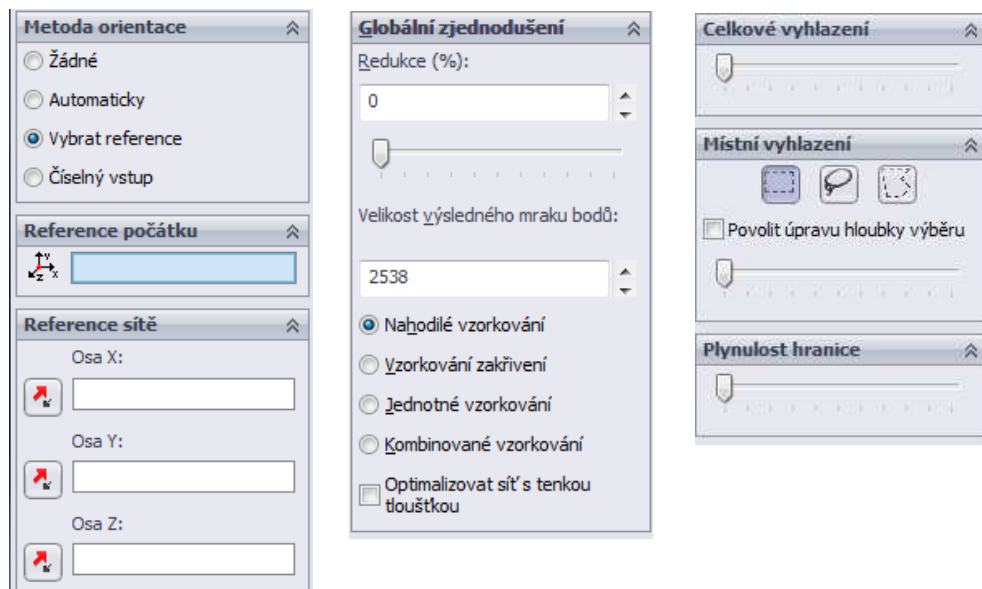


Obr. 88: Naimportované podrobné body

## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

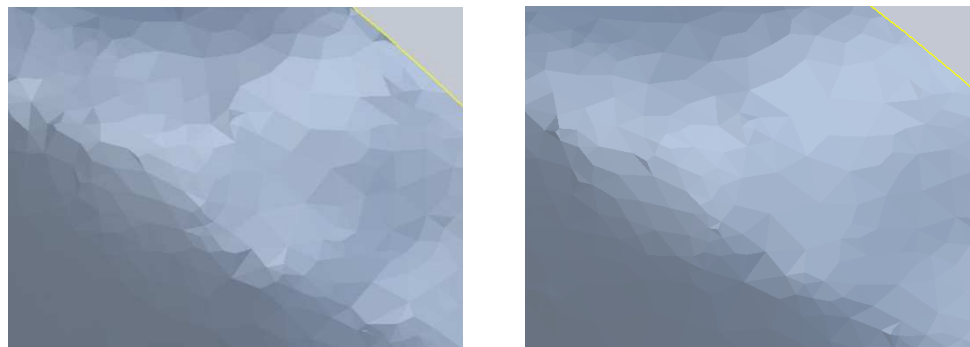
V pravom stĺpci sa vyskytla položka *Mračno bodov*. V miestnej ponuke tejto položky je *Sprievodca prípravou siete*, ktorého aktivujeme. Celý proces vytvárania 3D modelu sa odohráva v pravom stĺpci, tzn. vôbec sa neobjavujú vyskakovacie okná, ktoré by zakrývali pracovnú plochu SolidWorks.

V prvom kroku sme informovaný o počte podrobných bodov. Ďalší bod nás prevádza voľbou súradnicového systému, respektíve natočeniu a definovaniu súradnicových ôs. Nasledujúce kroky smerujú k *Odstráneniu šumu* a *Odstránenie nadbytočných dát*. Sprievodca v ďalšom kroku *Zjednodušenie* dovoľuje odstránenie percentuálnej časti podrobných bodov, čo je v našom prípade nežiaduce.



Obr. 89: Sprievodca prípravou siete

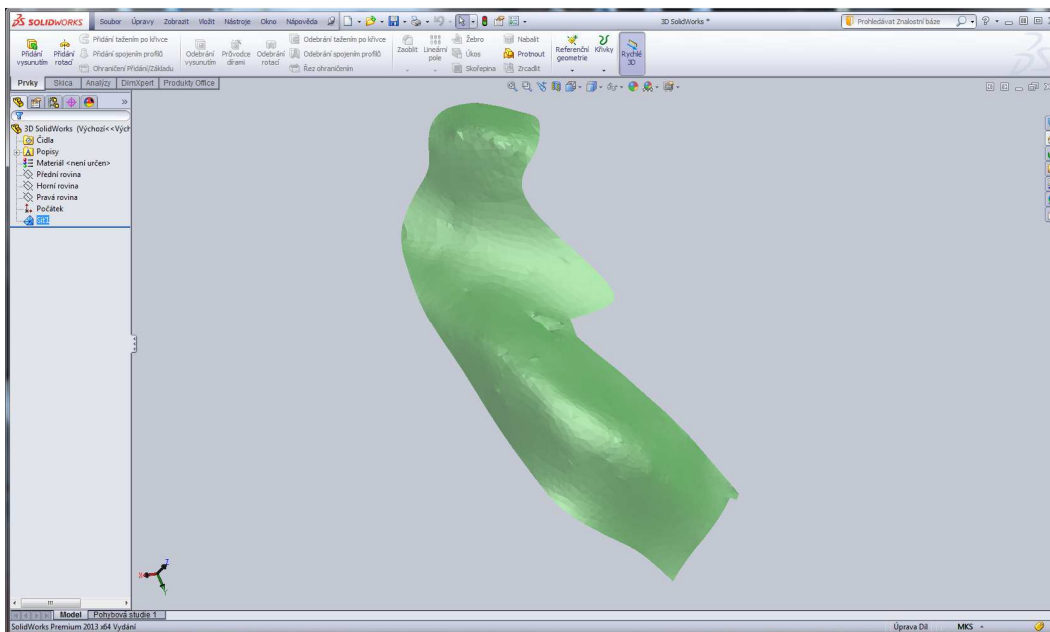
*Vyhladenie* je ďalším oknom, ktoré je k dispozícii. Tím sa vizuálna stránka modelu výrazne zlepší, ale súčasne zostane neporušená kostra trojuholníkovej siete (Obr.).



Obr. 90: Pred a po vyhladení modelu



## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU



Obr. 91: 3D model v izometrickom zobrazení

Vytváranie profilov v SolidWorks je možné, ale bohužiaľ výstupy neobsahujú žiadne informácie o zrovnávacej rovine, staničenie, príslušné výšky a výškový systém. Výsledkom by bola lomená čiara bez ďalších informácií.

## 5.6 Catia V5-6R2013

Catia, presne tak ako SolidWorks, nepatrí medzi software určené priamo na tvorbu digitálneho modelu terénu. Tento fakt sa odráža aj na ponukách tohto prostredia. Ponuky Catie sú podobné ako v ostatných CAD programoch až na prvú ponuku *START*. V tej sa totiž nachádza veľké množstvo možností, podľa toho, čo máme v pláne prevádzať. Jedná sa vlastne o voľbu prostredia, a zároveň aj voľbu možností, ktorú sme schopní upotrebiť.

Ponuka *Start* teda obsahuje *Infrastructure* (Štruktúry), *Mechanical Design* (Mechanické časti), *Shape* (povrchy), *Analysis & Simulation* (Analýzy a simulácie), *AEC Plant* (Výrobné linky), *Machining* (Stroje) a *Digital Mockup* (Kinetické modely).

Ponuka *Infrastructure* obsahuje *Product Structure*, *Material Library*, *Catalog Editor*, *Photo Studio*, *Immersive System Assistant*, *Real Time Rendering*, *Feature Dictionary Editor*.

Ponuka *Mechanical Design* obsahuje *Part Design*, *Assembly Design*, *Sketcher*, *Structure Design*, *2D Layout for 3D Design*, *Drafting*, *Funcional Modeling Part*, *Sheet Metal Design*, *Wireframe and Surface Design*, *Generative Sheetmetal Design*.

Ponuka *Shape* obsahuje *FreeStyle*, *Sketch Tracer*, *Imagine &Shape*, *Generative Shape Design*.

Ponuka *Analysis Simulation* obsahuje *Generative Structural Analysis*.

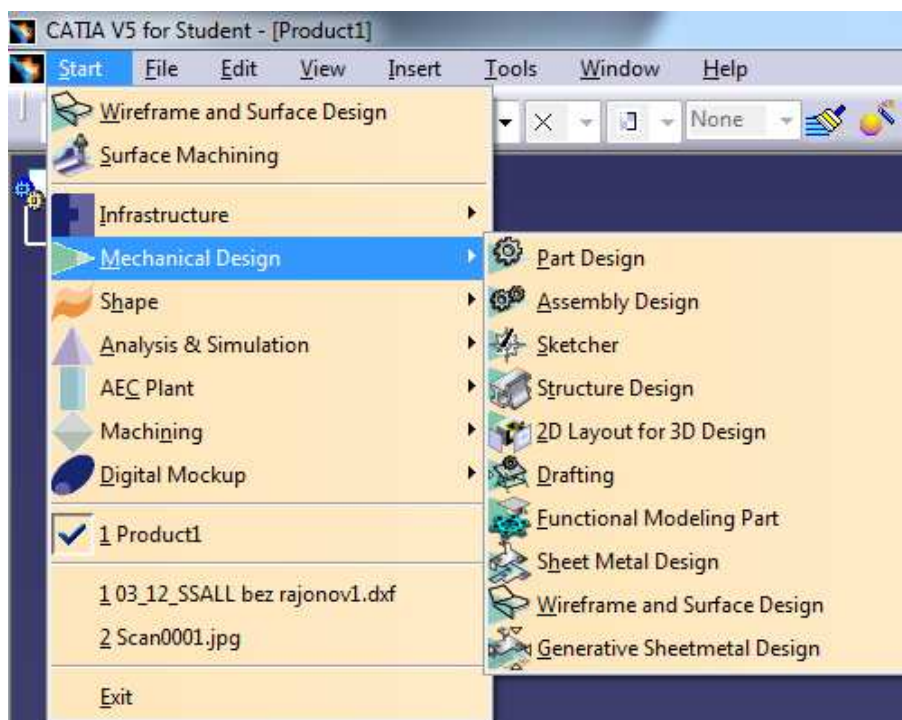
Ponuka *AEC Plant* obsahuje *Plant Layout*.

Ponuka *Machining* obsahuje *Lathe Machining*, *Prismatic Machining*, *Surface Machining*, *NC Manufacturing Review*, *STL Rapid Prototyping*.

Ponuka *Digital Mockup* obsahuje *DMU Space Analysis* a *DMU Kinematics*.

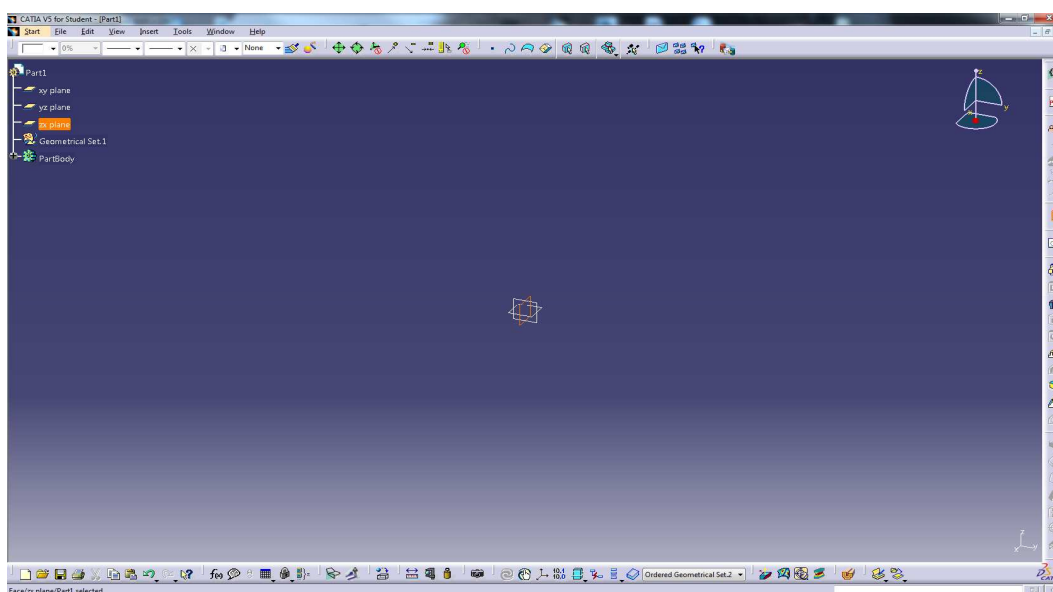
Počiatočným krokom pre vytváranie určitej časti, napríklad 3D telesa, je otvorenie si vhodného prostredia. Ako už bolo spomenuté v predchádzajúcom texte, všetky možnosti v ponuke štart vytvárajú akési prostredia pre spracovanie.

## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU



Obr. 92: Ponuka *Start a Mechanical Design*

Ovládanie pohľadov je veľmi jednoduché, k dispozícii je ponuka s klasickými príkazmi. V pravom rohu je k dispozícii obraz súradných ôs a v strede sú zobrazené roviny. V ľavom paneli je zobrazený názov projektu s jednotlivými časťami a rovinami pohľadu.



Obr. 93: Prostredie Catia V5-6R2013

## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

Program Catia podporuje opäť klasické CAD formáty (\*.DXF a \*.DWG). Okrem toho podporuje aj formáty \*.3DXML. Ponuky pre import a export neexistujú, sú nahradené príkazmi *Otvoriť a Uložiť ako*.

Pre vytvorenie 3D modelu je potrebné prostredie *Digitized Shape Editor* v ponuke *Shape*. Toto prostredie bohužiaľ neobsahuje študentská verzia, ktorú mi poskytol server Catie.

Princíp vytvorenia 3D modelu je úplne rovnaký ako pri programe SolidWorks. Jedná sa o naimportovanie podrobných bodov do systému pomocou funkcie *Cloud* a vytvorenie nepravidelnej trojuholníkovej siete.

Ďalšie možnosti tvorby a možností operovania s 3D modelom neboli zistené z dôvodu absencie daného prostredia. Podľa všetkých predpokladov ako SolidWorks nebude obsahovať žiadne prevratné funkcie, ktoré by prekvapili. V prípade profilu sa bude opäť jednať je jednoduchú rezovú líniu bez označenia staničenia, výškového systému atď..

## 6 Porovnanie funkčných možností

### LICENCIE

S licenciami týchto softwarov je to celkom komplikované. Všetky firmy z toho chcú vyťažiť maximum, a preto sú i niektoré študentské licencie spoplatnené, dokonca niektoré firmy ani neponúkajú študentské licencie, väčšinou sa stretávame s časovo obmedzenými licenciami, tzv. trial verzie, ktoré bývajú funkčné po dobu jedného mesiaca. Potom sme nútení zvoliť variantu zakúpenia softvéru, alebo prenájmu licencie.

**AutoCAD** firmy Autodesk ponúka trialové verzie na všetky svoje produkty ako napríklad AutoCAD, Inventor Professional, 3ds Max, atď a zároveň poskytuje študentské licencie na 3 roky používania bez obmedzenia softwarových nástrojov. Získanie študentskej licencie je veľmi jednoduché, vyplnením dotazníka a identifikačných údajoch, informácia o škole Vám pracovníci Autodesk-u zašlú sériové číslo a produktový kľúč. V poslednom kroku máte možnosť výberu verzie softwaru, typu operačného systému a jazyku softwaru.

**Microstation** v Českej republike distribuuje firma GISOFT, ktorá ponúka iba študentskú verziu produktu Microstation PowerDraft zadarmo. Po vyplnení formulára dostanete na email potrebné informácie, ako kód atd. Samotný Microstation je možné stiahnuť iba v 30 dňovej trial verzii.

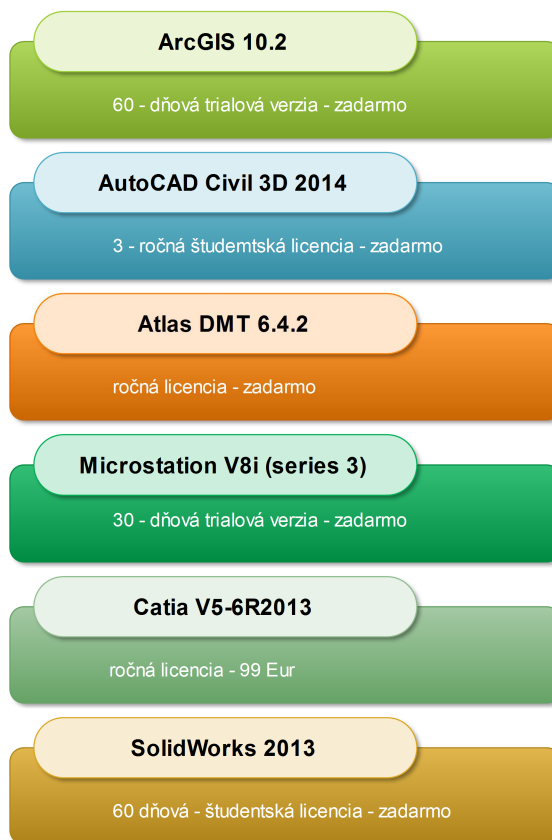
**Atlas DMT** je na vyžiadanie a poslanie potvrdenia o štúdiu. Za vratnú kauciu 3000 Kč Vám pošlú hardwarový kľúč.

**ArcGIS** je distribuovaný firmou ArcData. Na študentskú ročnú licenciu majú nárok iba študenti vysokých škôl poučívajúcich celouniverzitnú licenciu. Bohužiaľ, VUT medzi ne nepatrí. K dispozícii máme teda ročnú licenciu za približne 3000 Kč alebo vyskúšať 60 dňovú licenciu.

**SolidWorks** má k dispozícii 30 dňové licencie, ale pre študentov je možné túto dobu predĺžiť na dvojnásobok. Distribútorom pre Českú republiku je firma 3E, ktorá poslala študentský kód, ktorý sa vyplnil na stránkach Dassault Systemes. Potom bolo zaslané na email 60 dňové seriálové číslo a odkaz na stiahnutie softwaru.

## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

**Catia** je software s největšími možnostmi, čo sa týka licencií. Distribuuje ho firma Technodat. Software si môžete kúpiť za plnú čiastku, máte možnosť si kúpiť licenciu na dobu dlhšiu ako 3 mesiace. Pre študentov majú dve možnosti. Prvou možnosťou je zakúpenie ročnej licencie, ktorá stojí 99 Eur, alebo využiť prázdninovú licenciu, ktorá je bezplatná, ale funguje iba na obdobie letných prázdnin, teda dvoch mesiacov. Pre získanie študentskej licencie musí na stránkach Dassault Systemes vyplniť registračný formulár, do ktorého musíte vložiť naskenovaný alebo vyfotený doklad o tom, že ste študent. Po 5 dňoch, pokiaľ overenie prebehne v poriadku, máte k dispozícii možnosť výberu softwaru a možnosť platby. Všetko prebieha online, tzn. za 120 minút môžete software plnohodnotne využívať.



Obr. 94: Použité licencie

## **PRACOVNÉ PROSTREDIE**

Nejkonformnějším prostředím je určite SolidWorks a AutoCAD. Tieto dva programy idú s dobou a snažia sa, o čo najvybavenejšie prostredie, aby prilákali užívateľov množstvom nových funkcií. Catia je im v tomto smere veľmi podobná. Microstation, ArcGIS a Atlas DMT si držia svoju formu už niekoľko posledných verzií, čo im uberá na zaujímavosti.

## **OVLÁDANIE**

Medzi najlepšie ovládateľné programy určite patria SolidWorks a AutoCAD vďaka svojej „kocke pohľadov“. Je to najrýchlejšia a najpresnejšia cesta k nami myslenému pohľadu.

## **PODPOROVANÉ DÁTOVÉ FORMÁTY**

\*.DXF ako výmenný dátový formát je podporovaný všetkými programami. Najväčšiu dátovú výmenu podporoval SolidWorks, nasledoval AutoCAD a za nimi ArcGIS. Catia má veľa svojich formátov začínajúcich \*.CAT...

## **SÚRADNICOVÉ SYSTÉMY**

Catia a SolidWorks ako jediné programy využívajú ako súradnicovú sústavu pravouhlú axonometriu. Ostatné programy vo svojej databáze obsahujú súradnicový systém JTSK a WGS84 ako aj mnoho ďalších.

## **DIGITÁLNY MODEL TERÉNU**

Všetky porovnávané programy dokázali jednoducho vytvoriť nepravidelnú trojuholníkovú sieť, avšak s definovaním povinných hrán sa vyskytol problém u SolidWorks a s veľkou pravdepodobnosťou by tento problém nastal aj pri Catii. V programe Microstation nastal problém s prevedením plochy na povrch, pretože sa vytvorila pravouhlá sieť, s ktorou sa nedalo ďalej pracovať. Funkcia na definovanie terénnych hrán nebola nájdená. SolidWorks ako jediný program dokázal vyhladiť terén.

## **VRSTEVNICE**

Atlas DMT so svojimi funkciami a možnosťami úpravy a modifikácie vrstevníc opäť získal náskok pred ostatnými programami. AutoCAD ich dokáže vygenerovať, ale

## ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

nedokáže s nimi dále pracovat (popisy, atd.) Microstation nedokáže vygenerovat vrstevnice, ale dokáže po importe formátu LandXML, přidat patričnou výšku. ArcGIS dokáže vygenerovat vrstevnice z digitálního modelu terénu, dokáže im přidat výšku, ale nedokáže vytvořit prostor pro umístění vrstevnice. Catia a SolidWorks vůbec nedokážou pracovat s vrstevnicami.

### **PROFILY**

Profily patří mezi základní podklady pro projektantův, a proto je kladen důraz na přesné identifikované údaje, to znamená staničení, nadmořská výška, výškový systém a zrovnávací rovina. Tieto údaje jednoznačne najlepšie obsiahol software Atlas DMT. Ďalším programom, ktorým celkovo zvládol správne a so všetkými náležitosťami bol AutoCAD. Programy ArcGIS a Microstation rezy vykreslili, ale bez ďalších patričných náležitostí. Catia a SolidWorks tieto náležitosti vôbec neobsahovali, pretože na profily tohto typu nie sú vytvorené.

### **PRÁCA S RASTROVÝMI DÁTAMI**

ArcGIS, Atlas DMT a AutoCAD dokážu na vytvorený digitálny model položiť georeferencovaný raster a doplniť ho 3D objektmi ako napríklad stromy a domy.

### **ANIMÁCIE**

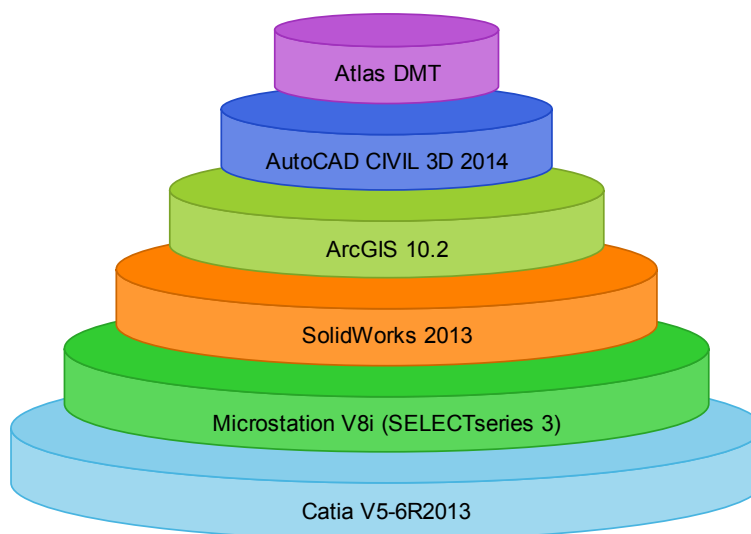
Všetky programy dokážu vytvárat kvalitné animácie, dovoľuje im to vytvárat prelety, pohľady a ďalšie náležitosti.



ČIČKA PETER: VYUŽITÍ PROGRAMOVÝCH PROSTŘEDKŮ GIS A CAD PRO TVORBU DIGITÁLNÍHO MODELU TERÉNU

|                     | ArcGIS 10.2 | AutoCAD Civil 3D 2014 | Atlas DMT 6.4.2 | Microstation V8i (SELECTseries 3) | Catia V5-6R2013 | SolidWorks 2013 |
|---------------------|-------------|-----------------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
| Dostupná licencia   | ✓           | ✓                     | ✓               |                                   |                 |                 |
| Ovládanie pohľadov  |             | ✓                     | ✓               |                                   |                 | ✓               |
| Pracovné prostredie |             | ✓                     | ✓               |                                   |                 | ✓               |
| Podporované formáty | ✓           | ✓                     |                 |                                   | ✓               |                 |
| Súradnicové systémy | ✓           | ✓                     | ✓               | ✓                                 |                 |                 |
| Digitálny model     | ✓           | ✓                     | ✓               | ✓                                 |                 | ✓               |
| Vrstevnice          | ✓           | ✓                     | ✓               |                                   |                 |                 |
| Profily             |             | ✓                     | ✓               |                                   |                 |                 |
| Rastrové dáta       | ✓           | ✓                     | ✓               | ✓                                 |                 |                 |
| Animácie            | ✓           | ✓                     | ✓               | ✓                                 | ✓               | ✓               |

Obr. 95: Hodnotenie podľa kritérií



Obr. 96: Celkové hodnotenie programov

## 7 Závěr

Cieľom diplomovej práce bolo porovnať dostupné softwarové prostriedky, konkrétne ArcGIS, AutoCAD, Microstation, Atlas DMT, Catia a SolidWorks, vyskúšať tvorbu digitálneho modelu terénu v týchto programoch a zhodnotiť ich funkcie.

Ako vstupné dáta boli použité podrobné body získané priamym meraním elektronickou tachymetriou záujmovej oblasti Prírodnej pamiatky Medlánecké kopce. Počet zmeraných bodov bol 2540 a počet kontrolných bodov 289 použitých na testovanie presnosti polohopisu. Všetky body polohopisu vyhovujú.

Aj napriek skutočnosti, že všetky porovnávané programy sú určené na 3D modelovanie, respektíve podporujú 3D modelovanie terénu, nie každý z nich je na túto činnosť vhodný.

Catia a SolidWorks boli vybrané zámerne, aby bolo zistené, či sa môžu porovnávať s programami ako AutoCAD a Atlas DMT pri tvorbe digitálneho modelu terénu. SolidWorks sa vyznačuje veľmi kvalitným pracovným prostredím a spôsobom ovládania, Catia zase veľmi bohatou škálou funkcií a zameraní.

Vo výslednom hodnotení Catia skončila na poslednom mieste, pretože dostupná licencia neobsahovala pracovné prostredie potrebné na vytvorenie modelu. Hneď za programom Catia sa umiestnil program Microstation, ktorý svojimi funkciami pre 3D modelovanie terénu neoslňuje. SolidWorks hodnotím ako veľký vzor ostatných programov, kvôli jeho pracovnému prostrediu. ArcGIS aj napriek svojej špecializácii na geografické informačné systémy, obsahuje veľa užitočných nástrojov k modelu terénu. AutoCAD a Atlas DMT patria medzi špičky modelovania terénu a možností práce s ním. Ich bohatá škála funkcií predurčuje ich používanie v najbližšej dobe aj výhľadovo do budúcnosti.

## 8 Použitá literatura

- [1] FIŠER, Zdeněk a Jiří VONDRÁK. A KOLEKTÍV. Mapování. 2. vyd. Brno: CERM, 2007. ISBN 80-7204-472-9.
- [2] KLIMÁNEK, M. Digitální modely terénu. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007. 87 s. ISBN 80-7177-982-3
- [3] HOUŠKA, Radek. GLOBÁLNÍ DIGITÁLNÍ MODELY TERÉNU ČR. [online]. 2004 [cit. 2013-12-14]. Dostupné z: [http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2004texty/pdf/07\\_Geodezie%20a%20kartografie/7\\_01\\_Prakticke%20aspekty%20geodezie%20a%20kartografie/Houska\\_Radek.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2004texty/pdf/07_Geodezie%20a%20kartografie/7_01_Prakticke%20aspekty%20geodezie%20a%20kartografie/Houska_Radek.pdf)
- [4] RAPANT, Petr. Digitální modely reliéfu XIV. In: [online]. [cit. 2013-12-14]. Dostupné z: [http://gis.vsb.cz/rapant/vyukove\\_materialy/LS/DMR/Prezentace/DMR\\_2009\\_XV.pdf](http://gis.vsb.cz/rapant/vyukove_materialy/LS/DMR/Prezentace/DMR_2009_XV.pdf)
- [7] Výškopis - úvod [online]. Praha: ČUZK, 2010 [cit. 2013-12-14]. Dostupné z: [http://geoportal.cuzk.cz/\(S\(2q0jqc472v0dtvnmjzvao2t\)\)/Default.aspx?mode=Text&Meta&text=vyskopis&side=vyskopis&head\\_tab=sekce-02-gp&menu=30](http://geoportal.cuzk.cz/(S(2q0jqc472v0dtvnmjzvao2t))/Default.aspx?mode=Text&Meta&text=vyskopis&side=vyskopis&head_tab=sekce-02-gp&menu=30)
- [7] KLIMÁNEK, Martin. Digitální modely terénu: Zdroje dat [online]. [cit. 2013-12-14]. Dostupné z: [http://ugt.mendelu.cz/sites/default/files/data/skripta/DMT/dmt\\_02.pdf](http://ugt.mendelu.cz/sites/default/files/data/skripta/DMT/dmt_02.pdf)
- [7] Navigační systém Galileo. Wikipedia [online]. 2013 [cit. 2013-12-14]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Naviga%C4%8Dn%C3%AD\\_syst%C3%A9m\\_Galileo](http://cs.wikipedia.org/wiki/Naviga%C4%8Dn%C3%AD_syst%C3%A9m_Galileo)
- [8] Centrum pro virtuální realitu a modelování krajiny. [online]. [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: <http://gis.fzp.ujep.cz/DTM/3d.pdf>
- [9] BAYER, Tomáš. Digitální modely terénu. *Charles University in Prague, Faculty of Science* [online]. [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: <http://web.natur.cuni.cz/~bayertom/IM/idm7.pdf>

- [10] Welcome to GEOG 487: Lesson 7: Representing Volumes and Surfaces. WELCOME TO GEOG 487. *E-Education institute* [online]. [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: <https://www.e-education.psu.edu/geog487/book/export/html/1778>
- [11] JUŘÍKOVSKÁ, Lucie a Jiří HORÁK. VYUŽITÍ INTERPOLAČNÍCH METOD PRO ODHAD SRÁŽKOVÝCH ÚHRŇŮ. [online]. [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: [http://gis.vsb.cz/zsv/images/stories/publikace/jurikovska\\_horakMikulov2007.pdf](http://gis.vsb.cz/zsv/images/stories/publikace/jurikovska_horakMikulov2007.pdf)
- [12] Digitální modely terénu, odvozené charakteristiky DMT, základní analýzy využívající DMT. [online]. [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: [http://gis.fzp.ujep.cz/files/prednaska03%20\[Re%C7%BEim%20kompatibility\].pdf](http://gis.fzp.ujep.cz/files/prednaska03%20[Re%C7%BEim%20kompatibility].pdf)
- [13] KLIMÁNEK, Martin. Digitální modely terénu: Prostorová interpolace dat. [online]. 3-27]. Dostupné z: [http://ugt.mendelu.cz/sites/default/files/data/skripta/DMT/dmt\\_03.pdf](http://ugt.mendelu.cz/sites/default/files/data/skripta/DMT/dmt_03.pdf)
- [14] Creating Thiessen polygons. *ArcGIS Desktop* [online]. [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: [http://resources.esri.com/help/9.3/arcgisdesktop/com/gp\\_toolref/coverage\\_toolbox/creating\\_thiessen\\_polygons.htm](http://resources.esri.com/help/9.3/arcgisdesktop/com/gp_toolref/coverage_toolbox/creating_thiessen_polygons.htm)
- [17] Voroného diagram. [online]. [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Voron%C3%A9ho\\_diagram](http://cs.wikipedia.org/wiki/Voron%C3%A9ho_diagram)
- [17] Metoda vážené inverzní vzdálenosti. [online]. [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: <http://athena.zcu.cz/kurzy/gish/000/HTML/170/>
- [17] BRUNČÁK, Peter. TVORBA DMR Z HLADISKA RÔZNYCH INTERPOLAČNÝCH METÓD. Juniorstav [online]. [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: [http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2011/pdf/7.2/Bruncak\\_Peter\\_CL.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2011/pdf/7.2/Bruncak_Peter_CL.pdf)
- [18] <https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=0CEAQFjAD&url=http%3A%2F%2Fwww.gisaci.upol.cz%2Ffilesftp%2Fstats.doc&ei=yAG3UvXTDNL7yAP3hoDABg&usg=AFQjCNHmviiVsc72Z7xkJfkmO1j78k7HQw>

- [19] Základní analýzy. [online]. [cit. 2014-03-27]. Dostupné z: <http://gis.fzp.ujep.cz/gis1/Cviceni/ch10s04.html>
- [20] Mapy. [online]. [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://www.mapy.cz/#!x=17.779047&y=49.237829&z=17&l=17>
- [21] Databáze bodových polí. [online]. [cit. 2014-04-07]. Dostupné z: <http://bodovapole.cuzk.cz/>
- [22] Prospekt totální stanice TOPCON řady 3000N a 3000LN [online, cit. 2014-12-22], dostupný na: [http://www.geoserver.cz/zbozi\\_files/313/totalni-stanice-topcon-GPT3000LN.pdf](http://www.geoserver.cz/zbozi_files/313/totalni-stanice-topcon-GPT3000LN.pdf)
- [23] Totální stanice TOPCON GPT 3000. Geodézie-Duchcov [online]. [cit. 2014-12-22]. Dostupné z: <http://geodezieduchcov.blog.cz/galerie/pristroje/obrazek/27738230>
- [24] Prospekt nivelačního přístroje AT-G7, AT-G4 [online, cit. 2014-12-22], dostupný na: <http://www.nivelacni-pristroje.cz/images/nivelaky/atg7cz.pdf>
- [25] Topcon Survey Automatic Levels AT-G7. Pine Environmental Services LLC [online]. [cit. 2014-12-22]. Dostupné z: <http://www.pineenvironmental.com/survey-levels/topcon-at-g7.htm#content>
- [26] ČSN 013410 Mapy velkých měřítek - Základní a účelové mapy, Praha: Vydavatelství norem, 1990
- [27] Vlastný zdroj
- [28] Exclusive: AutoCAD's Fateful Return to the Mac. [online]. [cit. 2014-03-30]. Dostupné z: <http://architosh.com/2010/12/exclusive-autocad-mac-return/>
- [29] MicroStation. [online]. [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: <http://www.gissoft.cz/MicroStation/MicroStation>
- [30] To publish a Bentley i-model from within Revit®. Bentley's public documentation archive [online]. [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: <http://docs.bentley.com/en/imodelRevitPlugin/bfrphelp7.html>

- [31] Použití Atlas DMT. ATLAS DMT [online]. [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: <http://www.atlasltd.cz /pouziti-atlas-dmt.html>
- [32] ArcGIS. ARC DATA PRAHA [online]. [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: <http://www.arcdata.cz/produkty-a-sluzby/software/arcgis/>
- [33] 3D visualization - ArcScene and ArcGlobe. ROCK WARE [online]. [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: <http://www.rockware.com/assets/products/194/features/443/1430/arcgis3ddata1b.gif>
- [34] Geographic information management. [online]. [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: [http://www.gim.eu/\\_\\_c12574ad00426bec.nsf/0/6DC31A24177C8FAEC12576E8004D0751/\\$file/Ori\\_screenshotarcgis\\_desktop.jpg](http://www.gim.eu/__c12574ad00426bec.nsf/0/6DC31A24177C8FAEC12576E8004D0751/$file/Ori_screenshotarcgis_desktop.jpg)
- [35] SolidWorks Doesn't Do Trains, Planes and Automobiles. [online]. [cit. 2014-05-30]. Dostupné z: <http://www.solidsmack.com/cad/solidworks-doesnt-do-trains-planes-and-automobiles/>
- [36] Dassault Systemes. [online]. [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: <http://www.plmmarketplace.com /upload/GPS.jpg>

## 9 Použité skratky

- GIS - geografické informačné systémy
- CAD - computer aided design – počítačom riadený dizajn
- CAE - computer aided engineering - počítačom riadené inžinierstvo
- TIN - triangulated irregular network –nepravidel'ná trojuholníková sieť
- BPV - Balt po vyrovnaní

## 10 Přílohy

### 10.1 Zber a spracovanie dát

|        |   |   |       |
|--------|---|---|-------|
| 10.1.1 | Rekognoskácia bodov bodového poľa             | E | 1xA4  |
| 10.1.2 | Výpočtový protokol meračskej siete            | E | 10xA4 |
| 10.1.3 | Prehľad meračskej siete                       | E | 2xA4  |
| 10.1.4 | Nivelačný zápisník                            | E | 20xA4 |
| 10.1.5 | Zoznam súradníc a výšok bodov meračskej siete | E | 1xA4  |
| 10.1.6 | Zoznam súradníc podrobných bodov              | E | 20xA4 |
| 10.1.7 | Testovanie presnosti polohopisu               | E | 10xA4 |

### 10.2 Tvorba DMT

|        |                                   |   |  |
|--------|-----------------------------------|---|--|
| 10.2.1 | AutoCAD Civil 3D 2014             | E |  |
| 10.2.2 | Microstation V8i (SELECTseries 3) | E |  |
| 10.2.3 | Atlas DMT 6.4.2                   | E |  |
| 10.2.4 | ArcGIS 10.2                       | E |  |
| 10.2.5 | SolidWorks 2013                   | E |  |