



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



# Modelování v péči o krajinu

Zdeněk Neustupa

Vysoký škola Báňská Technická univerzita v Ostravě  
Ostrava 2019



## **ANOTACE**

Předmět je zaměřen na problematiku využití programových prostředků pro projektování a řízení v obnově krajiny. Vysvětluje nutná východiska, zdroje dat. Přípravu a vkládání informací. Jednotlivé etapy projektování. Prezenci výsledků. Závěrem se zaměřuje na problematiku 3D modelů a využití prostředků virtuálních modelů.

## ZÁKLADY INFORMATIKY

Základní, nejmenší jednotkou informace je bit. Informace o velikosti jednoho bitu umožňuje zaznamenat pouze dvě hodnoty: 0, 1. V reálném světě se informace vyjádřená pomocí bitu označuje jako binární hodnota a odpovídá např. stavu „ano/ne“, „otevřeno/zavřeno“, „jede/stojí“.

V počítačové praxi se používá vyšší jednotka, nazývaná byte [bajt], která je složena z osmi bitů. Osm bitů umožňuje dvě na osmou kombinací, což je celkem 256. Jeden byte tak může obsahovat 256 různých hodnot.

Pro vyjádření větších čísel se používají předpony, vyjadřující násobek bytu:

1 KB (kilobajt) = 2<sup>10</sup> B = 1 024 B

1 MB (megabajt) = 2<sup>20</sup> B = 1 048 576 B

1 GB (gigabajt) = 2<sup>30</sup> B = 1 073 741 824 B

1 TB (terabajt) = 2<sup>40</sup> B = 1 099 511 627 780 B

Co je to „číslo“? – abstraktní entita pro vyjádření množství nebo pořadí

Co je to „číslice“? – znak pro zápis čísla

Data v počítači mohou být buď znaková, nebo numerická (binární). V obou případech jsou vyjádřitelná pomocí bytů. Znakem rozumíme nějaký symbol – písmeno, číslice nebo speciální znaky jako závorka, tečka apod. Binární hodnota reprezentuje obvykle nějaké číslo.

Pokud je soubor „textový“, přečteme z něho první byte a ten má např. hodnotu 65, jedná se o znak, jehož hodnota v tabulce znaků je 65 (v ASCII sadě to odpovídá písmenu „A“). Pokud je soubor binární, reprezentuje byte s hodnotou 65 číslo 65.

**Číselná data (numerická)** mohou být buď celočíselná (integer) nebo reálná (s desetinnými místy, s pevnou nebo pohyblivou řádovou čárkou – **fixed nebo float point**). Číselná data tedy mají svůj datový typ. Každý datový typ, a to je důležité např. při práci s daty v databázi, má svůj rozsah – tedy maximální číslo, se kterým může datový typ pracovat.<sup>4</sup>

Použijeme-li pro kódování textů jeden bajt pro každý znak, můžeme v textu používat 256 různých znaků. Tato kombinace 256 možných znaků se označuje jako **znaková sada**. Historicky nejstarší znaková sada pochází z USA (kde byly sestrojeny první počítače), se označuje jako **ASCII (American Standard Code for Information Interchange)** a podle původní definice je tento kód sedmibitový, obsahoval tedy 128 znaků (číslice, písmena anglické abecedy a symboly). Prvních 32 znaků znakové sady ASCII bylo vyhrazeno pro řídicí znaky (převážně pro řízení kurzoru textového režimu terminálu).

Pro možnost používat národní diakritiku byly definovány další znakové sady. Pro kódování češtiny se používalo několik možných znakových sad. Počátkem 90. let se v éře operačního systému MS DOS nejvíce rozšířila znaková sada **bratří Kamenických** a firmou Microsoft podporovaná znaková sada **PC Latin 2** (kódové označení 852). Mainframe počítače a svět operačního systému UNIX nejčastěji využíval znakovou sadu **ISO Latin 2 (ISO-8859-2)** a další znaková sada pro češtinu se objevila s příchodem Windows: **Windows Central Europe** (code page 1250). Svou znakovou sadu zavedl i operační systém počítačů Apple. Tato roztržičnost způsobovala značné problémy s převody textů mezi různými systémy a nutnost řešit kódové stránky zobrazovacích a periferních zařízení.

Pro řešení problémů s kódováním textů v různých jazycích (zejména při tvorbě vícejazyčných aplikací) se začaly používat znakové sady používající pro kódování znaku více než jeden bajt. Jedním z takových kódování je **UNICODE**.

## **ZÁKLADNÍ POJMY**

Pro větší porozumění devinuji základní pojmy definovat základní pojmy, které by nemusely být pro všechny jasné, protože jsou v dalším textu potom používány bez vysvětlení.

### **Data**

Data jsou „opakovatelná reprezentace informace formalizovaným způsobem, vhodným pro komunikaci, interpretaci nebo zpracování.“

### **Geografická data, neboli geodata**

Geodata jsou ve výše zmiňované publikaci definována jako „ počítačově zpracovatelná forma informace týkající se jevů přímo nebo nepřímo přidružených k místu na Zemi“ nebo „data identifikující geografickou polohu a charakteristiky přírodních a antropogenních jevů a hranic mezi nimi.“

### **Formát dat**

Formát dat je „způsob uspořádání dat uvnitř souboru pro jeho čitelnost jinou aplikací.“

### **Pixel**

Jedná se o „nejmenší prvek zobrazovací plochy, jemuž lze nezávisle přiřadit barvu nebo intenzitu (šedi).“

### **RLE**

„Základním principem komprimace metodou RLE je zhuštění opakovaných znaků, které se v souboru vyskytují hned za sebou. Řetězec opakujících se znaků se nazývá proud (odtud proudové kódování). Tento proud znaků je vždy zkomprimován do formy jednoho paketu RLE. Paket musí vždy obsahovat dvě informace:

- proudové číslo udávající počet znaků proudu snížený o jedničku a následující
- proudovou hodnotu, jež se shoduje s hodnotou opakujícího se znaku v proudu.“

### **LZW**

„Základním principem LZW kompresního algoritmu je vyhledávání stejných posloupností bajtů v originálním souboru. Pomocí odkazů na tyto posloupnosti dat algoritmus buduje datový slovník.

Komprimace pak probíhá podle následujícího schématu:

- pokud se posloupnost bajtů (řetězec) ve vytvářeném slovníku nevyskytuje, je tato posloupnost přidána do slovníku a v nezměněné formě zapsán do komprimovaného výstupního toku dat.
- pokud se vstupní posloupnost bajtů ve slovníku již nachází, zapíše se do výstupního toku dat pouze zástupná slovníková hodnota odpovídající nalezené vstupní posloupnosti. Díky tomu, že zástupná hodnota je vždy menší než čtená posloupnost, dochází ke kompresi dat.“

### **Geodatabáze**

„Geodatabáze je základním modelem pro reprezentaci objektů reálného světa v GISa pro organizování prostorových dat do tematických vrstev.“

## **Datové modely a formáty**

Základní tři datové modely, pomocí kterých si můžeme znázornit reálný svět, jsou vektorový model, rastrový model a TIN. [1]

### **Vektorový datový model**

Vektor je orientovaná úsečka s počátečním a koncovým bodem, které jsou definované souřadnicemi, čili známe její směr a délku.

Vektorový datový model se skládá ze tří složek (features), a to jsou bod, linie a polygon.

Bod (point) je tvořen uspořádanou dvojicí souřadnic  $x$  a  $y$ , jedná se o vektor s nulovou délkou.

Linie (line) je tvořena sledem orientovaných úseček, počáteční a koncové body jsou definovány souřadnicemi.

Polygon (polygone) je uzavřený obrazec ohraničený liniemi.

### **Rastrový datový model**

Rastrový model zobrazuje reálný svět jako plochu pokrytou pravidelnou mřížkou pixelů. Jednotlivé plošky (čtverce) jsou definovány v souřadnicovém systému minimálně jedním rohem a obsahují také položku, která reprezentuje určitou naměřenou hodnotu. [1]

### **Modely TIN**

Tento model zobrazuje svět jako plochu pokrytou nepravidelnou trojúhelníkovou sítí, jak již vyplývá z anglické zkratky TIN (viz. Obrázek 1), neboli Triangulated Irregular Network. Slouží především pro zobrazování povrchů.



Obrázek 1: TIN

## Vektorové datové formáty

Vektorová data nás informují o umístění a tvaru prvku, a dále jsou jejich součástí atributy, které nám poskytují informace o prvku. Tato data se vyskytují v mnoha formátech, pro které musíme při tvorbě databáze dodržet specifická pravidla.

### Shapefiles

Tento formát má pevně stanovenou strukturu. Skládá se ze tří souborů uložených v jedné složce pojmenovaných shodně, liší se v příponách. Pro představu uvedu příklad: linie.shp, linie.shx a linie.dbf.

Složky toho formátu tedy jsou:

- soubor.shp, který obsahuje geometrickou složku popisu geoprvku,
- soubor.shx, jež obsahuje indexy geometrické složky popisu geoprvku,
- soubor.dbf, který obsahuje tematickou složku popisu geoprvku, tj. tabulku či textový soubor s doplňujícími informacemi.

Tato struktura může být rozvinuta o další nepovinné soubory jako na příklad:

- soubor.sbn, soubor.sbx, což jsou soubory obsahující prostorový index,
- soubor.fbn, soubor.fbx, což jsou soubory obsahující také prostorový index, ale jsou určené pouze pro čtení,
- soubor.xml, který obsahuje metadata. [12][16][11]

### Tabulka 1: Příklady shapefiles

Shapefile	Značka	Příklad
Bod		letišťe
Linie		silnice
Polygon		vodní plocha

## Coverage

Dalším formátem pro práci s geodaty je coverage (viz. Obrázek 2). Tento formát se skládá ze tří typů prvků, jsou to primární, sekundární a složené.



**Obrázek 2: Coverage**

Primárními prvky formátu coverage jsou bod, linie, nod a polygon. Pro představu bod může reprezentovat na příklad studnu, linie cestu a polygon zase parcelu. Nod (viz. Obrázek 3) je koncovým bodem linie, či uzlem v místě, kde se linie stýkají.



**Obrázek 3: Nod**

Složené prvky se skládají z linií či polygonů. V případě linií se jedná o trasy a sekce a v případě polygonů zase o regiony.

Za sekundární typ prvků považujeme anotace, čili text umístěný v mapě, popisující prvek, registrační, neboli geografické kontrolní body a dále propojení, což jsou vektory používané k přizpůsobení tvaru coverage.

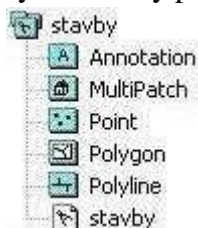
Geoprvky ve formátu coverage jsou reprezentovány třídami.

Coverage také obsahují geometrickou a tematickou složku, a je podstatné, aby zachovávaly topologii, čili spojitost, definici ploch a přilehlost. Soubory jsou ukládány do složky workspace, v nich jsou do zvláštních složek info zařazeny tabulky s atributy. Složky info jsou povinné, nelze je smazat, aniž by coverage zůstaly nepoškozeny.

### 3.4.3 CAD

CAD formáty jsou spojeny s produkty AutoCAD, kdy se jedná o soubor.dwg a soubor.dxf, a Microstation, kdy se jedná o soubor.dgn.

Tyto formáty pracují s anotacemi, multipatch, body, liniemi a polygonem (viz. Obrázek 4).



**Obrázek 4: CAD formát**

## 3.5 Rastrové datové formáty

Jak již bylo řečeno, svět je rastrovým datovým modelem zobrazován jako mřížka pixelů,

každá ploška obsahuje svou vlastní barvu, která reprezentuje určitou hodnotu, jako na příklad modrá vodní plochu, čím tmavší odstín, tím větší hloubka. Obraz je uložen v souboru, který se skládá z

- hlavičky (identifikace, verze a informace o uloženém obrazu),
- palety (do 256 barev),
- samotných dat (informace o barvách, nejčastěji Model RGB).

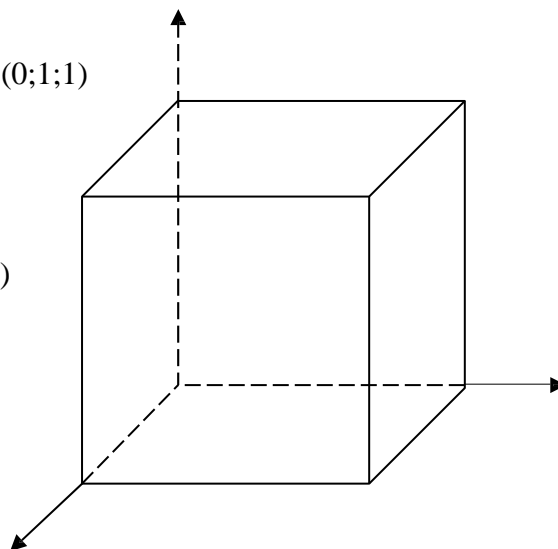
## RGB

Základem tohoto barevného modelu jsou barvy red (červená), green (zelená) a blue (modrá). Můžeme si ho představit jako krychli, na jejíchž vrcholech jsou různé barevné kombinace.

### B

modrá (0;0;1) tyrkysová (0;1;1)

fialová (1;0;1) bílá (1;1;1)



černá (0;0;0) zelená (0;1;0) G

červená (0;0;0) žlutá (1;1;0)

Obrázek 5: Model RGB



## Typy rastrů dle barevnosti

Rastrové obrázky můžeme dle barevného zobrazení rozdělit do tří typů:

- dvoubarevné- každá ploška obsahuje hodnotu 0 nebo 1 a podle toho se zobrazí buď černě, nebo bíle,
- odstíny šedi- plošky obsahují hodnoty od 0 do 255 a tím se zobrazují různě stupně šedé,
- barevné- hodnota každé plošky je tvořena třemi kombinacemi barev červené, zelené a modré (hodnoty od 0 do 255).

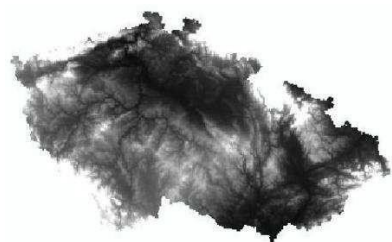
Lidské oko vidí obrázky v rastrových formátech spojitě, ale po určitém přiblížení se nám začne obrázek viditelně vykreslovat ve čtverečkách (viz. Obrázek 6).



Obrázek 6: Přiblížený rastrový obrázek

## Grid

Tento formát je přímo spojen se společností ESRI. Jeho struktura je daná, skládá se z povinných souborů bnd.adf, hdr.adf, sta.adf, vat.adf, log, w001001.adf, w001001x.adf. Zobrazuje se s příponou soubor.asc.



Obrázek 7: Grid

## **IMG**

Formát \*.img používá jednoduchou komprimaci obrazových dat pomocí metody RLE.

## **BMP**

Tento formát je používán aplikacemi MS Windows, obsahuje informace o rozměrech obrázku, o počtu použitých barev (2 až 16 miliónů). Nepoužívá kompresi, tím pádem jsou snímky \*.bmp ve vysoké kvalitě, ale datově velice objemné.

## **GIF**

Formát GIF používá bezztrátovou komprimační metodu LZW. Při ukládání souboru se barvám přiřadí čísla a obrázek se uloží po řádcích. Umožňuje zobrazit až 256 barev, čili 8 bitů. Tento formát také umožňuje zvolit jednu barvu jako transparentní či vytvářet animace.

## **PNG**

PNG formát užívá bezztrátovou kompresi, zobrazuje barvy z palety RGBA, kde složka A značí průhlednost. Je také schopen uložit 256 až 16 miliónů barev, snímky jsou ve vysoké kvalitě, ovšem nezabírají tolik místa jako ty ve formátu \*.bmp. Na rozdíl od jiných formátů není zatížen licenčními poplatky.

## **TIFF**

Formát \*.tiff (\*.tif, \*.tff) umožňuje zachovat vysokou kvalitu digitálních snímků a uložit více obrázků či vrstev v jednom souboru. Může být komprimován metodou LZW.

## **JPEG**

JPEG formát umožňuje zobrazit 24 bitů, čili 224 barev. Jeho komprese je ovšem ztrátová.

# ZÁKLADY ZPRACOVÁNÍ DAT

## Databáze a informační systémy

Informační systém pracuje s informacemi (a tedy s daty). Data musí být někde uložena – pro uložení dat se používají **databáze**. Téměř každý informační systém tedy nějakým způsobem používá databázi (forma může být různá, jako databáze mohou být použity i soubory...).

Základem úspěšného fungování informačního systému je tedy i správné vytvoření databáze a její optimalizace.

V rámci životního cyklu informačního systému, v jeho úvodní fázi, kdy je systém vytvářen, je také vytvářen návrh databáze (volba typu databáze, návrh její struktury, způsob práce, optimalizace...).

## Typy databázových systémů

- **Manuální systémy - kartotéka**
- **Agendové systémy** – sada programů řeší, obvykle dávkově, určitou „agendu“; data se ručně vpisovala do formulářů, z formulářů se převáděla do el. podoby (děrná páska, děrný štítek)-dávkové zpracování-výstup; závislost na fyzickém uložení dat (struktuře), nízká efektivnost, problémy s redundancí, konzistencí, integritou, dosažitelností, data jsou izolovaná, roztroušená
- **Hierarchický model** – data v stromové struktuře; rodič-potomek. Příkladem hierarchické databáze je například souborový systém.
- **Síťový model** – zobecnění hierarchického o mnohonásobné vztahy
- **Relační model** – E. F. Codd 1970 – data jsou ukládána v tabulkách, mezi kterými jsou definovány vazby; založen na matematickém aparátu množin a predikátové logiky, kolekce tabulek, jejich funkčních vztahů, indexů apod. tvoří databázi; důraz na integritu dat
- **Objektově orientovaný model** (Gemstone, Caché, ObjektStorem, O2, Versant, ...) – data jsou uloženy v objektech, které obsahují také funkce pro manipulaci s daty
- **Objektově-relační (Oracle)**
- **„NoSQL“** neboli bezeschémové databáze (CouchDB, MongoDB, Cassandra, Redis, ...) – nemají pevně danou strukturu (není třeba definovat datové typy sloupců), zápis dat ve tvaru klíč – hodnota, vhodné pro velký objem dat, využití formátů XML či JSON. Existuje několik kategorií NoSQL databází – dokumentové, klíč-hodnota, sloupcové a grafové databáze.

Základní návrh databáze vzniká v analytické fázi návrhu informačního systému.

Nejčastěji používaným typem databází je relační datový model – spolu s jazykem SQL tvoří standard pro databázové systémy.

## Relační datový model

Úrovně z hlediska abstrakce:

- **Konceptuální model** – rozpoznání základních datových objektů a jejich vztahů –návrh – co je obsahem systému
- **Logický model** – relační schéma (včetně integritních omezení) – určuje jakou mají data strukturu, datové typy; není zatížen konkrétní implementací. Často vyjádřen formou ERD a DFD diagramů.
- **Fyzický datový model** – implementace logického modelu v konkrétním databázovém produktu

## ZDROJE DAT

V této kapitole uvádíme základní zdroje dat, které jsou v České republice využitelné pro práci v GIS systémech.

### **Základní báze geografických dat (ZABAGED)**

Jedná se o digitální mapové dílo, které je představováno souborem geografických informací (geodat) uchovávaných, organizovaných a poskytovaných z části ve vektorové formě (ZABAGED/1), z části ve formě rastrové (ZABAGED/2). Tvorbu a aktualizaci tohoto mapového díla centrálně zajišťuje Český ústav zeměměřičský a kartografický a budou ve státní správě zřejmě uznávána jako jediný oficiální digitální mapový podklad.

ZABAGED/2 – topografická databáze ve formě rastrového obrazu. Jednotlivé topografické objekty jsou strukturovány do několika rastrových souborů. Digitální podoba vznikla převodem analogových podkladů zpracováním na skeneru. Vzhledem k tomu, že naplnění ZABAGED/1 bylo velmi pracné a zdlouhavé, znamenal vznik ZABAGED/2 provizorní řešení.

ZABAGED/1 – jedná se o topologicko-vektorovou topografickou databázi. Jednotlivé topografické objekty jsou strukturovány do osmi tematických kategorií a do 63 vrstev.

Tematickými kategoriemi jsou:

sídla, hospodářské a kulturní objekty;

vegetace a povrchy;

komunikace;

reliéf;

rozvodné sítě a produktovody;

geodetické body.

vodstvo;

územní jednotky;

Mapové dílo v rozsahu celé ČR bylo dokončeno v prosinci 2000 a proces aktualizace byl zahájen v roce 2001. Data svou přesností a stupněm generalizace odpovídají Základní

mapě České republiky 1:10 000 (ZM 10):

přesnost polohopisu: 3-10 m;

přesnost výškopisu: dle sklonu terénu (1 m při sklonu 0°; 2,5 m při sklonu 25°).

### **Digitální model území 25 (DMÚ 25)**

Jedná se o digitální mapové dílo, které je představováno souborem geografických informací (geodat) uchovávaných, organizovaných a poskytovaných ve vektorové formě. Poskytovatelem je Vojenský topografický ústav v Dobrušce. Data jsou organizována dosedmi logických vrstev:

vodstvo;

komunikace;

potrubní, energetické a telekomunikační trasy;

rostlinný a půdní kryt;

sídla, průmyslové a jiné topografické objekty;

hranice a ohrady;

terénní reliéf.

Tyto logické vrstvy jsou fyzicky členěny do 20 datových vrstev. Data svou přesností a stupněm generalizace odpovídají mapám v měřítku 1:25 000, což prakticky přináší pro určité typy prostorových informací následující třídy přesnosti:

1. třída - přesnost do 0,5 m (podrobné polohové body);
2. třída - přesnost do 3 m (stabilní polohopis);
3. třída - přesnost do 10 m (polohopis);
4. třída - přesnost do 20 m (nestabilní polohopis).

Aktuálnost dat je 3 - 7 let v závislosti na aktuálnosti topografických map měřítka 1 : 25 000.

### **Katastr nemovitostí**

Základní databáze (soubor geometrických informací SGI a soubor popisných informací SPI) vypovídající o majetkoprávních vztazích v území jsou ve formě Digitální katastrální mapy (dále jen DKM).

Databáze SGI a SPI vypovídající o majetkoprávních vztazích v území ve formě Digitální katastrální mapy. Data SGI (geometrická složka DKM) je ve výměnném formátu katastrální mapy

(dále je VKM). Jedná se o otevřený formát, jehož struktura vyplývá z předpisu Českého úřadu zeměměřického a katastrálního ze dne 24. listopadu 1999 č. j.

5270.1999-22 „Struktura a výměnný formát digitální katastrální mapy a souboru popisných informací katastru nemovitostí České republiky a dat BPEJ verze 1.3“. Data jsou organizována do následujících 10 vrstev:

- hranice parcel;
- parcelní čísla v definičních bodech;
- kódy značek druhů pozemků a způsobu jejich využití;
- vnitřní kresba parcel;
- kódy značek budov;
- další prvky polohopisu;
- popis;
- body bodových polí a hraniční znaky - jejich popis;
- rámy mapových listů;
- data BPEJ.

Základní výměnný formát a struktura SPI, vyplývají taktéž z uvedeného předpisu. Data

SPI (tematické složky DKM) jsou organizována do tabulek ve formátu DBF.

### **Informace o přírodních zdrojích**

Informace o rostlinných a živočišných zdrojích (rostlinná výroba, živočišná výroba, lesnictví, zvěř, ryby, ekosystémy, mimoletní zeleň) jsou získávány z Českého statistického úřadu, Ministerstva životního prostředí (MŽP), Ministerstva zemědělství (MZe), z institucí spadajících pod MŽP a MZe (referáty ŽP, územní odbory MŽP, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Agentura ochrany přírody a krajiny - Natura 2000, Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví), nebo s využitím dálkového průzkumu Země.

Informace o chráněných územích lze čerpat z databanky Geofondu, registru chráněných území přírody.

### **Data z Geofondu**

Registr vrtů;

záznamy o objektech: souřadnice, list mapy, název objektu, hladina podzemní vody, zkoušky, organizace;

geologické profily: metráž, stratigrafie, hornina, popis;

Hydrogeologický registr - údaje hydrogeologické, hydrologické a hydrochemické o prostých, minerálních a termálních vodách a zbytkových zásobách plynů, vč. ochranných pásem přírodních léčivých zdrojů, vymezení vnitřních lázeňských území a pásem nejvyšší ochrany proti ropnému znečištění.

## **Data z ČGÚ**

Sada dvanácti geologických a účelových map přírodních zdrojů. Tento komplet

zahrnuje tyto mapy:

Geologická mapa;

Inženýrsko geologická mapa;

Hydrogeologická mapa;

Mapa ložisek nerostných surovin;

Mapa geochemické reaktivity hornin;

Mapa půdně interpretační;

Mapa půdní;

Mapa geochemie povrchových vod;

Mapa geofyzikálních indikací a interpretací;

Mapa geofaktorů - střety zájmů;

Mapa geofaktorů - významné krajinné jevy;

Mapa chráněných území ČR 1:100 000.

Z celého kompletu lze především využít mapy:

**Mapa významných krajinných jevů**, kde jsou uvedeny hlavní informace z oblasti zdrojů nerostných surovin, hydrologie, pedologie, chráněných území (tedy základ informací obsažených v mapě ložisek nerostných surovin, hydrogeologické mapě, půdně interpretační a mapy chráněných území) a závažné informace z biosféry, atmosféry, antroposféry.

**Mapa ložisek nerostných surovin** - doplnění situace ložisek a prognózních zdrojů.

**Mapa půdně interpretační** - doplnění poškozených a ohrožených území, produkčního potenciálu půd.

**Mapa hydrogeologická** - kvalita podzemní vody pro zásobování, oblasti napájení, výchozy kolektorů, významné hydrogeologické a hydrologické objekty - vrty, studny, prameny.

## **ata z hornických a průzkumných organizací**

vrty - souřadnice, metráž příslušných vrstev, kód vrstev, základní kvalitativní parametry (např. Ad, Qid ,Sd), důležité chemické a fyzikální vlastnosti;

významné tektonické linie - souřadnice, charakter a popis zásoby - souřadnice, surovina, kategorie, kvalitativní parametry, tonáž, hloubka

data popisující očekávané postupy hornické a navazující činnosti (úpravnické, stavební, rekultivační) ve stanovených časových horizontech;

podklady k stavbě, složení výsypek;

podklady k proběhnuvším i probíhajícím rekultivacím.

## **Klimatická a vodohospodářská data**

Jsou využívána data z Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ), Výzkumného ústavu vodohospodářského T. G. Masaryka a Geofundu. Další vodohospodářské údaje lze získat ze Základních vodohospodářských map 1:50 000.

## **Informace o socioekonomických zdrojích**

Informace o osídlení - obytné zóny, průmyslové zóny, zemědělství, doprava, technické sítě a služby, občanská vybavenost, zeleň a rekreace. Informace o podnikových jednotkách - lokalizace, charakter výroby, intenzita.

## **Existující územně plánovací podklady a dokumentace**

Z orgánů státní správy a samosprávy a projektových organizací lze získat existující územní prognózy, územní plány a územní projekty především pro velké územní celky.

## **Data z hlediska časového aspektu**

Nezbytnou čtvrtou dimenzi systému tvoří časová osa, vyjádřená zachycením minimálně tří stavů.

**Historická úroveň** - údaje z doby před začátkem intenzivní povrchové těžby ČI JINÉ ČINNOSTI:

údaje o přírodních zdrojích, antroposféře, klimatu (topografická situace, údaje ČHMÚ);  
digitální model terénu.



Podchycení tohoto stavu je potřebné pro správné hodnocení trendu vývoje klimatu, přírodních společenstev, lidské společnosti i technosféry, protože změny v krajině vyvolávají změny ve všech uvedených složkách. Vycházíme z předpokladu platnosti geografického determinismu: intenzivní povrchová těžba odstartovala v oblasti velmi prudké změny, se kterými se např. přírodní společenstva vyrovnávají s určitým zpožděním, a po skončení těžby dojde k postupnému vytváření rovnováhy, i když na horší kvalitativní i kvantitativní úrovni. Vytváření rovnováhy bude tedy směřovat k relativně rovnovážnému stavu existujícímu zde před začátkem intenzivní těžby.

**Současná úroveň** - uvedená data a zdroje dat ve vztahu k územně plánovací činnosti a vzhledem k rozsahu ovlivnění těžbou. Především se jedná o tyto vlivy povrchové těžby - degradace reliéfu, hydrosféry, pedosféry a biosféry, ovlivnění až likvidace sídel a ovlivnění technosféry.

**Budoucí úroveň** - trendy vývoje společnosti, území, průmyslového využití krajiny, dopravních řešení, exploatace přírodních (zvláště nerostných) zdrojů:

prognózy, prověřující možnosti dlouhodobého urbanistického rozvoje území;

surovinové politiky;

možnosti obnovy - přiblížení původnímu stavu na základě databáze historické úrovně, pro následná opatření a hodnocení sanací.

Informace o budoucím (plánovaném, předpokládaném) stavu jsou z hlediska rozhodování velmi závažné a nelze jejich implementaci do informačního systému opominout.

## **Geodetická měření**

Jedním ze zdrojů dat mohou být klasické měřičské postupy, využívající dnes totálních stanic a elektronického sběru dat. Výsledná data jsou velice přesná, navíc přímo v terénu lze volit body měření tak, že výsledný model velice přesně odpovídá skutečnému terénu. Takto lze pořídit data pro generování vysoce přesných modelů velkého měřítka, ale jen omezených areálů.

## **Letecké snímky**

Pro získávání dat z leteckých snímků se používají fotogrammetrické techniky, využívající analytické stereoplotry, které mohou být případně vybavené i automatickými korelátory. Takto získaná data mají poněkud menší přesnost, než v předešlém případě, ale pro většinu aplikací jsou stále dostatečně přesná. Výhodou jsou nižší náklady na jejich získání. Tento způsob získávání dat lze proto využít při konstrukci DMT větších oblastí.

## **Existující mapy**

Dalším možným zdrojem dat pro generování DMT jsou existující topografické mapy. Data lze získat ruční nebo automatickou digitalizací vrstevnic. Přesnost těchto dat je snížena nepřesnostmi vznikajícími při produkci map a při digitalizaci. Takto získaná data proto mají mnohem menší přesnost než v předešlém případě. Lze je použít pro vytváření DMT větších oblastí, ale uživatel si musí být vědom nižší přesnosti vytvořeného modelu.

## **Družicové snímky**

Francouzská družice SPOT umožňuje získávat družicové stereosnímky. Družice by měla být použita pro konstrukci map v měřítcích 1 : 50 000 až 1 : 100 000. Pro získání terénních výšek lze získat běžné fotogrammetrické postupy. V takovém případě je však nutné mít kontrolní body o známých planimetrických souřadnicích i výškách. Jejich získávání je však časově i finančně náročné. Existují však i možnosti jak získat planimetrické souřadnice a výšky přímo ze stereosnímků bez použití jakýchkoliv kontrolních bodů.

## **Jiné metody**

Data pro konstrukci DMT lze získat i celou řadou dalších metod, jako je měření pomocí stanic GPS, analytickým zpracováním družicových snímků, zpracováním dat radarového průzkumu apod. Tyto metody však zatím nejsou příliš rozšířené (GPS), případně jsou ještě ve stádiu výzkumu a vývoje vyhodnocovacích postupů (data z radarového průzkumu).

## **Zpracování dat pro systém**

Převod základních dat do počítače digitalizací lze provádět několika způsoby, ale v podstatě je můžeme rozdělit na dvě základní metody:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## Geografické informační systémy (GIS)

Geografické informační systémy stále více zasahují do okolních vědních disciplín a to nejen těch, které se týkají geografie. Jejich technologie jsou výborným způsobem zpracování studií, analýz a modelů týkající se konkrétního území a následnou vizualizací. Nejzákladnější a nejdůležitější vlastnost, kterou geografické informační systémy oplývají je schopnost propojit čistě prezentační medium, tedy mapu, s databází, obsahující údaje o poloze a popisu charakteristiky objektů, popřípadě je schopen popsát vztahy mezi nimi.

Geografické informační systémy zkoumají geografické jevy, pomocí informačních technologií. Je to poměrně mladá vědní disciplína, která se ale velmi rychle rozvíjí. Stále častěji se využívá jako studijní předmět na středních školách a to napomáhá široké veřejnosti o informovanosti a zájmu o tento obor.

GIS pracují se dvěma typy dat. Můžeme je rozdělit na vektorové a rastrové. První zmíněné, tedy vektorové, uchovávají informace o objektech zájmového území ve formě bodů, linií a polygonů. Vektorová grafika třídí objekty do různých vrstev, které mohou být v různých tematických souvislostech, jako jsou lesy, budovy, vodstvo apod. Každý objekt má svou popisnou složku, která se zapisuje do geodatabáze společně s polohopisnou složkou.

Druhým zmíněným typem dat jsou data rastrová. Ta na rozdíl od vektorových pracují s celými pixely. Pixel může obsahovat informace o celém objektu, či pouze jeho části. Ovšem jeden pixel může být nositelem i více objektů, které ale následně nejsme schopni rozeznat. Velikost informací, které si může tzv. schovat pod jeden pixel, úzce souvisí s velikostí pixelové jednotky, kterou udává prostorové rozlišení rastru. Představme si, že je pořízen letecký snímek s pixelovou velikostí 10cm, takovýto objekt bude mít tedy rozlišení 10x10 cm, čímž je v rastru tvořen právě jeden pixel.

## INFORMAČNÍ SYSTÉMY PRO SANACE A REKULTIVACE

V oblasti správy a revitalizace krajiny dotčené hornictvím se dnes neobejdeme bez podpory IT technologií. V oblasti našeho zájmu se můžeme nejčastěji potkat v souvislosti s využitím IT technologií a nástrojů s následujícími úlohami:

- Dokumentace stávajícího stavu území a jeho infrastruktury
- Vizualizace stávajícího stavu krajiny
- Dokumentace a vizualizace poškození krajiny a její kontaminace
- Modelování a vizualizace krajiny po rekultivačních a sanačních opatřeních

V následující kapitole přinášíme přehled doporučených postupů a nástrojů, které můžeme použít. Vysvětlíme si, jaké zdroje dat máme k dispozici a jaký je doporučený postup pro vizualizaci a modelování krajiny. Pro naše účely se tedy budeme zabývat především oblastí tzv. GIS systémů (Geografický informační systém) a nástroji jako jsou ArcGIS či AutoCAD.

## NÁSTROJE

V této kapitole se budeme zabývat programovými prostředky určenými pro modelování terénu nebo správu prostorových dat, které je možné použít v určité úrovni pro práci na projektech modelování krajiny a její revitalizace. V praxi nejpoužívanější systémy jsou: **Nadstavby AUTOCAD** pro modelování krajiny:

- Autodesk Land Desktop;
- Autodesk Survey;
- Autodesk Civil Design.

**Autocad Map 3D** je nadstavbou směřovanou do oblasti GIS a má následující funkce:

- vstup dat pomocí digitalizace;
- import a export dat různých formátů včetně DGN;
- vytvoření mapových listů do libovolně definovaných rámců;
- tvorba tematických map na základě objektových a topologických dotazů;
- tvorba topologie bodové, síťové nebo polygonové (plošné);
- analýza dat ležících v překryvu, vybraném okolí nebo pásu podél trasy;
- síťová analýza;
- možnost tvorby vlastní matematické projekce na vlastním elipsoidu.

### **Autocad Civil3D**

**ArchiCAD** – modelovací nástroj pro oblast návrhů objektů a budov. Lze provozovat v systémech Windows a McIntosh.

**Canoco** – světově uznávaný software pro statistiku v oblasti biologie (vícerozměrná regrese apod.)

**MGE** (Modular GIS Enviroment) je otevřené modulární prostředí pro tvorbu systémů GIS od firmy Intergraph. MGE podporuje velké množství formátů, ze kterých lze importovat data. V současnosti je k dispozici produkt GeoMedia, který zahrnuje komplexní GIS řešení, od inteligentního GIS klienta, přes GIS desktop aplikaci po aplikační webovské servery. Nejvýznamnějším prvkem nové generace GIS řešení je ukládání jak atributů, tak grafických

prvků v prostorově orientovaném datovém skladu a možnost čtení cizích GIS formátů v jejich nativní formě.

**ArcView GIS** je kompaktní systém od firmy ESRI, umožňující vytváření, údržbu a zpracování GIS [2]. Hlavními výhodami dle výrobce je:

- intuitivní grafické uživatelské prostředí;
- vytváření map pomocí symbolů, volba barevnosti, různé typy klasifikace dat;
- podpora jednoduchých i složitých dotazů na prostorová a tabulková data;
- funkce pro obchodní grafiku - vykreslování různých druhů grafů;
- podpora komunikace mezi aplikacemi (IAC);
- architektura klient-server;
- objektově orientovaný systém;
- nástroje pro vývoj aplikací a úpravu systému;
- české prostředí, současná podpora různých kódových stránek.

Systém umožňuje k prostorovým datům připojovat relačně další databáze. Pro práci s tabulkami ArcView nabízí celou řadu nástrojů pro třídění, dotazy, výběry, statistiky, výpočty i editaci. Data mohou být v řadě různých formátů, jako jsou soubory DBF, Oracle, Informix, Access, Excel, MS SQL Server, MySQL, Xbase a další podporované standardem ODBC. ArcView pracuje s řadou formátů jak rastrových (např. TIFF, RLC, BIL, BIP, Erdas, JPEG) tak i vektorových (např. DWG, DXF, DGN).

**ArcGIS Desktop (ARC. INFO)** je rozsáhlý systém pro GIS firmy ESRI, který je v podstatě skupinou dílčích modulů pracujících nad jednotnou strukturou dat s geografickou databází. Existuje v úrovních funkcionality od ARCVIEW, ARCEDITOR po ARCINFO. ArcGIS Desktop umožňuje všechny funkce jako ArcView GIS a má rozšířené funkce pro interaktivní tvorbu map, kompletní dotazování nad mapou, přímé čtení dalších datových formátů a podle úrovně mnoho dalších funkcí. Z programových systémů nejlépe vyhověly produkty firmy ESRI ArcGIS Desktop a ArcView GIS. Tyto systémy nemají přímo vybavení pro hornické plánování, ale spolu s nadstavbami pro práci s 3D strukturami 3D Analyst a Spatial Analyst poskytují možnost tvorby systému v plném rozsahu. Hlavní výhodou je pak možnost vytvoření distribuované databáze a geodatabáze (ArcGIS). Pro méně rozsáhlé systémy pak lze doporučit produkty firmy Autocad.

## INFORMAČNÍ SYSTÉM A DATABÁZE

Základem informačního systému jsou potřebná data, funkčnost systému je pak dána kvalitou a výběrem vstupních dat. Byly provedeny podrobné rozborů dostupných dat pro potřeby informačního systému a na jejich základě byla definována následná struktura dat:

- topografický podklad;
- inženýrské sítě;
- důlní mapy;
- správní prostorové členění;
- geologické mapy;
- digitální modely terénu.
- vlastnické vztahy na sledovaném území;

## **Datový model**

Systém zahrnuje řadu činností zaměřených na projektování a modelování postiženého území s využitím informací o jednotlivých složkách krajiny, geologie hydrogeologie, biologie a životního prostředí. Vzhledem k velkému množství typů sledovaných veličin a jejich vztahů je pro dobrou činnost systému nutné provést kvalitní informační přípravu, jejímž úkolem je výběr vhodného robustního datového modelu. Datový model zabezpečuje základní požadavky na kvalitní a efektivní správu dat potřebných a především využívaných při realizaci obnovy krajiny. K těmto základním požadavkům patří:

- ochrana dat;
- zabezpečení přístupu k datům pro jednotlivé pracovníky, řešící dílčí úkoly včetně víceuživatelského současného přístupu;
- omezení redundance dat;
- zajištění integrity dat;
- zabezpečení konzistence dat;
- transparentnost způsobu uložení dat.

Většina dat má prostorový charakter, proto je třeba předpokládat použití vhodného informačního systému. Datový model pokrývá obě základní složky popisu dat, tematickou (atributovou) i grafickou. Datový model je vhodné navrhnout s uložením grafických dat vně databázového systému [1]. Spojujícím prvkem jsou vazby geografických objektů k záznamům v databázi na bázi identifikátorů záznamů používaných v databázích s relačním ukládáním dat. Skutečné provedení databáze integrované nebo distribuované je pro systém modelování krajiny pak závislé na použitém prostředí. Z vytvořeného datového modelu vychází fyzický návrh databáze, ať již integrované, nebo vhodným způsobem distribuované. Společně s připravenou funkční koncepcí či funkčním modelem zabezpečí vznik informačního systému o sledovaném území. Systém se v jednom projektu skládá ze základních skupin, které zajišťují provedení dílčích funkcí. Skupiny jsou vymezeny pro získání celkového přehledu, jednotlivé vrstvy ale v řadě případů mohou být řazeny k více skupinám. Datový model je navržen jako vrstevný s ohledem na snadnost jeho používání a pravděpodobné zdroje dat. Hlavním cílem tohoto modelu je vymezit potřebné skupiny dat, omezit duplicity pořizování dat a zajistit logickou konzistenci dat sjednocením datových zdrojů a jejich aspektů kvality - především polohové přesnosti a aktuálnosti. Následně k tomu přistupuje i optimalizace datových struktur z hlediska jejich ukládání a především zpracování. Vrstvy umožňují propojení atributů objektů na základě ID objektů a spolupráci nad společnou částí báze dat. Další interakce je možná na základě provázání jednotlivých tematicky orientovaných částí databáze jednotným systémem identifikátorů a tím je dána možnost předávání informací jednotlivých vrstev ve skupinách jednoho projektu. Vrstvy lze následně seskupit do logických skupin. V dalším textu jsou popsány jednotlivé skupiny, potřebné vrstvy a zdroje dat.

## **SKUPINA TOPOGRAFICKÝ PODKLAD**

V této skupině jsou uvedeny informace o objektech, které nejsou ve vlastnictví důlní organizace, ale nacházejí se v zájmovém území nebo v jeho přímém okolí. Topografický podklad se vymezuje dle aktuálního stavu Územně identifikačního registru, kde je předpoklad aktualizace 1x ročně. Připojuje se pomocí základních identifikačních atributů z ÚIR.

### **Vrstvy**

- administrativní hranice územních jednotek;
- sídla, hospodářské a kulturní objekty;
- vodstvo;
- vegetační kryt;
- komunikace;
- rozvodné sítě, produktovody;
- výškopis (vrstevnice, bodové pole);
- územní plán.

**Zdroje dat :** ZABAGED, DMÚ-25, digitální mapy MUS a.s., digitalizace příslušných podkladů.

### **SKUPINA KATASTRÁLNÍCH INFORMACÍ:**

#### **Vrstvy**

- hranice parcel;
- parcelní čísla v definičních bodech;
- kódy značek druhů pozemků a způsobu jejich využití;
- vnitřní kresba parcel;
- kódy značek budov;
- další prvky polohopisu;
- popis;
- body bodových polí a hraniční znaky - jejich popis;
- rámy mapových listů;
- data BPEJ.

**Zdroje dat :** Digitální informace z katastru nemovitostí

### **SKUPINA POVRCHY**

Tato skupina reprezentuje v podstatě digitální modely území, soustřeďuje informace o stavu dolu nebo lomu, jeho mapové podklady, hrany paty, vrstevnice, historické reliéfy- původní před těžbou, a průběhy zásahů během těžby. Výstupem jsou grafické podklady. Struktura se liší dle toho, jedná-li se o povrchovou nebo hlubinnou těžbu.

#### **Vrstvy**

- původní reliéf terénu;
- stávající reliéf terénu /lomu;
- stávající reliéf odvalů/výsypek;
- hranice ložiskového území;
- historie dolu/ lomu.

**Zdroje dat :** Zdroje dat jsou především měřičské informace, digitalizované mapy, informace z fotogrammetrie

**Tvar dat :** Vektorová data jsou dodána většinou ve tvaru ASCII, nebo DXF, nebo jsou do tohoto tvaru zpracována.

#### **Výstupy**

- mapy lomu a výsypek s konečným stavem skryvkových a uhelných řezů, etází vnitřních a vnějších výsypek v měřítku 1:2000 - 1:10000 s vyznačením zejména hranic dobývacího prostoru, chráněného ložiskového území, výchozu uhelné sloje a s vymezením morfologie území příslušnými výškovými kótami;
- mapy historického reliéfu;
- mapy dokumentující postup těžeb;
- mapy důlních děl dřívější hornické činnosti v původním měřítku;

- mapy strategie obnovy.

#### SKUPINA DIGITÁLNÍ MODEL Y TERÉNU

Soustřeďuje modely terénu potřebné pro projektování a následné zpracování postupů obnovy krajiny, modely jsou vytvářeny z podkladů uvedených ve skupině povrchy. Obsahuje následující DMT:

- digitální modely terénu zařazené dle let;
- digitální modely výsypek;
- digitální modely svahů lomu;
- digitální modely antropogenních terénních tvarů.

#### SKUPINA GEOLOGICKÝ PODKLAD

##### Vrstvy

- geologické mapy území;
- jiné typy účelových geologických map (např. hydrogeolog., IG rajónování).

#### SKUPINA GEOLOGIE

Tato skupina zahrnuje informace o ložisku, vrtech a modely ložiska. Umožňuje výstup informací o ložisku, doprovodných surovinách atd.

##### Vrstvy

- vrty;
- fiktivní vrty;
- sondy;
- geologický model ložiska původní lokality;
- geologický model ložiska stávající;
- geologický model nadloží;
- model výsypky.

**Zdroje dat :** Zdrojem dat jsou především vrty, zpracované do tvaru vrstev. V případě depozit doprovodných surovin ve výsypce a složení výsypky pak fiktivní vrty. Fiktivní vrty jsou vytvářeny na základě časového a místního určení ukládání ve výsypce. Informace o průběhu povrchu nutné k vymezení ložiska jsou přebírány ze skupiny povrchy.

##### Tvar dat: Uhelné ložisko

Data z vrtů rozčleněné na vrstvy, s následujícími atributy: název vrtu (jméno, číslo), souřadnice vrtu X, souřadnice vrtu Y, číslo vrstvy, kóta vrstvy, popel v sušině (Ad v %), výhřevnost v sušině (Qid MJ/kg), síra v sušině (Sid v %), dehet v hořlavině (Tskdaf v %).

##### Nadloží, meziloží a podzákladí výsypky

Data z vrtů rozčleněné na vrstvy, s následujícími atributy:

- název vrtu (jméno, číslo);
- souřadnice vrtu X;
- souřadnice vrtu Y;
- číslo vrstvy;
- kóta vrstvy;
- geotechnický rajon;
- geotechnický subrajón;
- litologický typ horniny;
- lokalizace;



- druh horniny;
- klasifikační třída dle ČSN 73 1001;
- koezistence;
- uhelnatost.

#### **Směrná normová charakteristika** podle konzistence - ČSN 73 1001

$\nu$	Poissonův součinitel;
$\gamma$	objemová tíha [ $\text{kNm}^{-3}$ ];
$E_{\text{def}}$	modul tvárnosti [MPa];
$c_u$	totální soudržnost zeminy [kPa];
$\varphi_n$	totální úhel tření [ $^\circ$ ];
$c_{\text{ef}}$	efektivní soudržnost zeminy [kPa];
$\varphi_{\text{ef}}$	efektivní úhel vnitřního tření [ $^\circ$ ].

#### Ložiska doprovodných surovin

Data z vrtů rozčleněná na vrstvy, s následujícími atributy:

- název vrtu (jméno, číslo);
- souřadnice vrtu X;
- souřadnice vrtu Y;
- číslo vrstvy;
- kóta vrstvy;
- druh suroviny;
- složení.

#### Výsypky

Data z vrtů, sond a fiktivních vrtů. Informace ve fiktivních vrtech jsou získány na základě znalosti zakládání materiálu, jeho časového a prostorového umístění ve výsypce

- název vrtu (jméno, číslo);
- souřadnice vrtu X;
- souřadnice vrtu Y;
- číslo vrstvy;
- kóta vrstvy;
- datum uložení;
- způsob zakládání;
- příznak svážných projevů;
- značka dle dokumentace sypaných hmot;
- zařazení JSK;
- relativní hutnost  $I_d$ ;
- index plasticity  $I_p$ ;
- modul přetvárnosti  $E$ ;
- pevnost  $\delta t_l$ ;
- klasifikace třída dle ČSN 73 1001.

Informace nemusí být povinné, je možná úprava na základě potřeb provozu

#### Depozita doprovodných surovin ve výsypce

Data z fiktivních vrtů. Informace ve fiktivních vrtech jsou získány na základě znalosti zakládání materiálu, jeho časového a prostorového umístění ve výsypce

- datum uložení;
- způsob zakládání;
- název vrtu (jméno, číslo);
- souřadnice vrtu X;
- souřadnice vrtu Y;
- číslo vrstvy;
- kóta vrstvy;
- druh suroviny;
- složení.

### **Výstupy**

- profily vrtů a sond včetně kompletní druhové dokumentace;
- seznam vrtů;
- mapa se zobrazením všech ložisek a výskytu vedlejších surovin zjištěných v nadloží a podloží ložiska;
- mapa vrstevnic stropu a počvy ložiska v měřítku 1:2000 - 1:5000;
- linie minimálně pěti geologických řezů;
- geologické řezy přes celý prostor ložiska v měřítku;
- likvidační výpočet zásob;
- mapa dokumentace zásob atd.

## **SKUPINA HYDROGEOLOGIE A HYDROLOGIE**

V této skupině jsou shromážděny informace o hydrogeologii ložiska, výsypky, lomu a blízkého okolí. Historické informace dávají možnost pohledu na zvodnění výsypek a chování vody v krajině po rekultivaci.

### **Vrstvy**

- |                          |                              |
|--------------------------|------------------------------|
| • hydrogeologie ložiska; | • historická hydrogeologie;  |
| • hydrogeologie výsypky; | • historické povrchové vody; |
| • povrchové vody;        | • odvodnění.                 |
| • vrty, studny;          |                              |

### **Zdroje dat**

Zdrojem dat je vlastní hydrogeologický průzkum, informace ČGÚ, správ povodí atd.

### **Tvar dat**

#### Podzemní vody

- hladina podzemní vody;
- kvalitativní parametry;
- popř. vektor proudění;
- pásma ochrany vodních zdrojů.

#### Povrchové vody

- zaměření vodních toků a stabilních vodních ploch;

- název;
- průtok;
- plocha;
- objem;
- kvalita.

### **Výstupy**

Výstupem jsou hydrogeologické mapy, mapy odvodnění.

## **SKUPINA TECHNICKÉ REKULTIVACE**

Tato skupina sdružuje informace potřebné k provedení technické rekultivace, k zahlazení lomové jámy, pro úpravu svahů atd.

### **Vrstvy**

- |                          |                    |
|--------------------------|--------------------|
| • stávající povrch;      | • svahové poměry;  |
| • rekonstruovaný povrch; | • utěsnění dna;    |
| • přesuny hmot;          | • tvar dna jezera. |

**Zdroje dat :** Zdrojem dat je skupina povrchy a plán rekultivací

### **Tvar dat**

- grafická vrstva stávajícího povrchu;
- vymezení svahových poměrů;
- vymezení překrytí oblastí výška v metrech;
- vymezení překrytí uhelné sloje v metrech;
- koeficient nakypření;
- požadavky na drenážní kanály, přítoky atd.

### **Výstupy**

- výsledné technické rekultivace;
- mapy svahových poměrů;
- řezy;
- izometrické pohledy.

## **SKUPINA BIOLOGICKÁ REKULTIVACE**

Tato část umožňuje propojit informace o provedených, prováděných a plánovaných pracích s povrchem. Poskytuje informace o povrchu, svahových poměrech, povrchové vodě, způsobu prováděné rekultivace a o půdě.

### **Vrstvy**

- |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|
| • povrch;                | • prováděné rekultivace; |
| • úklony;                | • plánované rekultivace; |
| • půda;                  | • povrchová voda.        |
| • provedené rekultivace; |                          |

**Zdroje dat :** Zdrojem dat jsou vrstvy skupin technické rekultivace a hydrologie, rozborů půd výsypek, plány a popis rekultivací.

**Tvar dat:** Data představují jednak grafické soubory z jiných skupin, v jednotlivých vrstvách jsou informace připojovány k objektům vymezujícím jejich platnost.

### Půdy

Informace o povrchu výsypky a půdách jsou vázány na prostor, jejich tvar je:

- vymezení území souřadnicemi vrcholů plochy;
- třída protierozní odolnosti;
- třída výsypkového půdotvorného substrátu;
- půdní typ;
- půdní druh;
- zrnitost;
- sorpční kapacita;
- pH;
- obsah těžkých kovů;
- mineralogické složení;
- organické látky;
- celkový obsah živin;
  - o dusík;
  - o fosfor;
  - o draslík; o hořčík;
  - o vápník;
- hydrofyzikální vlastnosti;
  - o pórovitost;
  - o kapilární kapacita;
  - o využitelná vodní kapacita;
  - o objemová hmotnost.

### Rekultivace

- vymezení území souřadnicemi vrcholů plochy;
- datum počátku rekultivace;
- datum ukončení rekultivace;
- způsob rekultivace;
- definice porostů.

### **Výstupy**

- izometrické pohledy;
- mapy svahových poměrů;
- 3 D pohledy;
- mapy rekultivací.

## SKUPINA EKOLOGIE

V této skupině navazujeme přímo na skupinu technické a biologické rekultivace, Jsou zde shromážděny informace pro hodnocení vlivu obnovy krajiny na stávající a budoucí ekosystém.

### Vrstvy

- chráněná území v širším okolí (NPP, PP, PR, NPR, CHKO, VKP);
- ÚSES (především biokoridory a biocentra);
- mapa reálné vegetace;
- mapa potenciální vegetace;
- prvky trvalé zeleně, dřevina, travní porost;
- přírodě blízké prvky a segmenty krajiny;
- ekologická charakteristika hlušin;
- mapování fauny a zvláště chráněné druhy;
- mapování flory a zvláště chráněné druhy;
- půdní mapy a kontaminace půd;
- hydrologické mapy a kontaminace povrchových vod;
- mapy imisní zátěže;
- staré ekologické zátěže.

## SKUPINA TECHNICKÉHO ZABEZPEČENÍ

Skupina technického zabezpečení sdružuje informace o inženýrských sítích, stavbách a komunikacích ve vlastnictví důlní společnosti.

### Vrstvy

- komunikace;
- elektrické rozvody;
- voda;
- pára;
- telekomunikace.

**Zdroje dat:** Zdrojem dat je dokumentace důlní společnosti

**Tvar dat:** Data jsou ve tvaru grafické prezentace jednotlivých položek jako objektů s návaznou informací o objektech.

**Komunikace:** datum výstavby; typ; určení.

**Elektrické rozvody:** datum výstavby; typ; napětí; určení.

**Výstupy:** mapy a grafická zobrazení; technická dokumentace.

## SKUPINA DÁLKOVÝ PRŮZKUM ZEMĚ

### Vrstvy

- družicové snímky zařazené dle jednotlivých let, scény, snímacího zařízení;
- letecké snímky zařazené dle jednotlivých let, scény, snímacího zařízení.

## SKUPINA ÚZEMNÍ PLÁNOVÁNÍ

- UPD různého stupně, pro různé územní celky.

## SKUPINA VYUŽITÍ ÚZEMÍ

### Vrstvy

- aktuální využití území;
- historická využití území;
- plánovaná či předpokládaná využití území: sídla; průmyslové zóny; zóny sportovní; lesy; vody; zemědělské plochy.

Navržená datová struktura odpovídá situaci při řešení zájmové oblasti, lze ji podle potřeb doplnit o vrstvy nebo prvky tak, jak vyplýne z dalších kroků řešení problematiky, nebo při změně projektu obnovy.

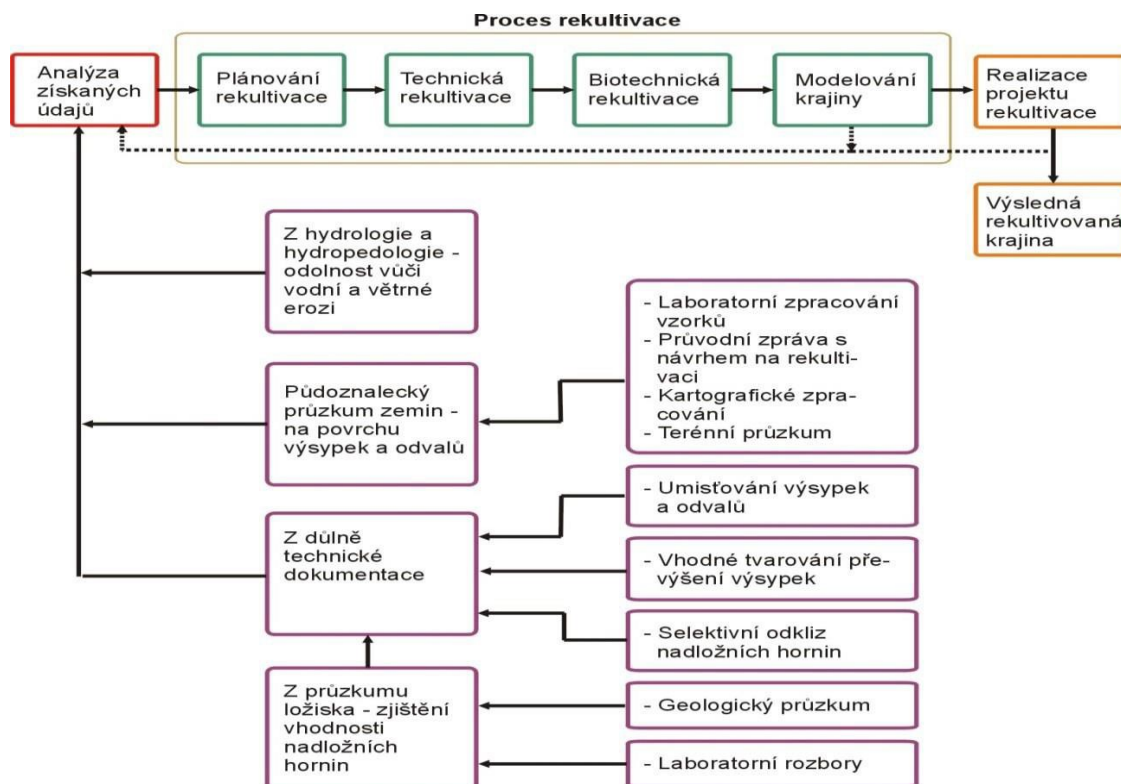
## INFORMAČNÍ SYSTÉM

Na základě zjištění a analýzy rozhodujících vstupních dat můžeme vhodně volit způsob a časový postup rekultivace, tak aby bylo dosaženo vyváženosti jednotlivých struktur a funkcí ekosystémů v rekultivované krajině. Pro potřeby návrhu informačního zabezpečení, bylo na základě datového modelu vytvořeno schéma informačního zabezpečení, viz obrázky 6.1 a 6.2.

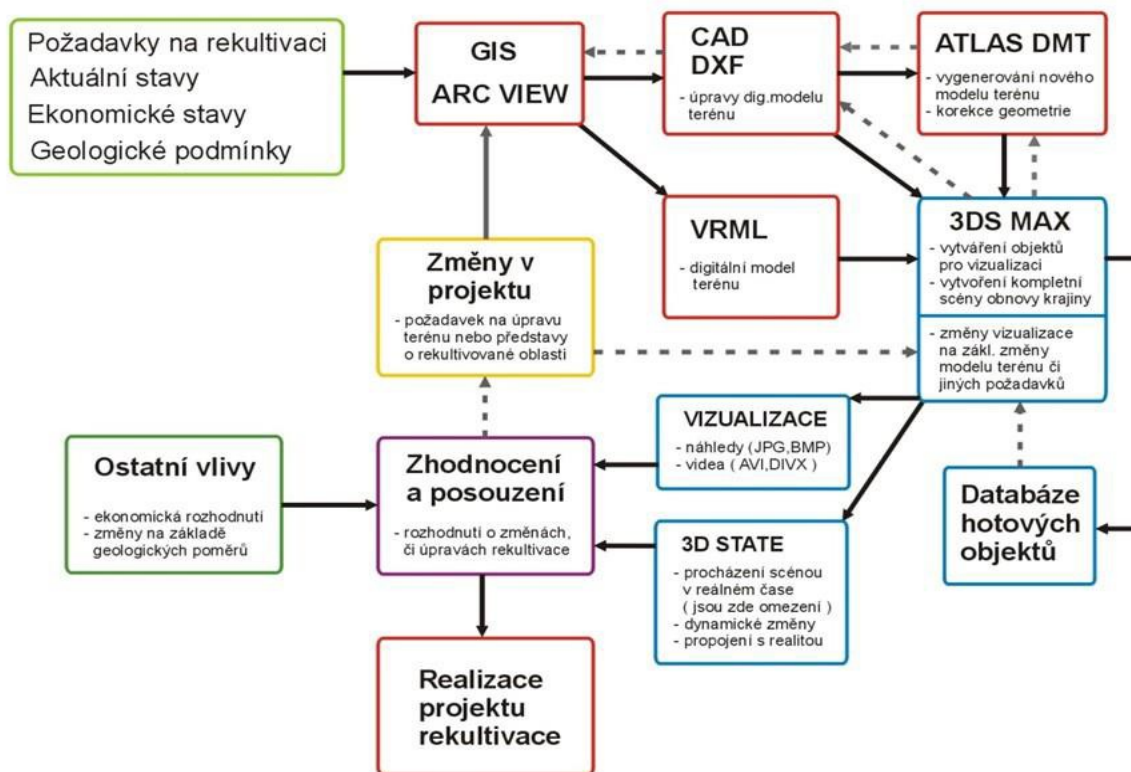
Programový komplet se sestává z vlastního ARCVIEW GIS a nástaveb 3D Analyst, Spatial Analyst a Mila Utilites. Pro kompletní řešení problematiky je navržen systém, který dává potřebné informace a grafické výstupy pro návrh využití krajiny a její obnovu po hornické činnosti. Informace a podklady jsou pak vodítkem při rozhodování o postupech. Návrh a systém je otevřený, je ho možné doplňovat o další skupiny a vrstvy podle potřeb a požadavků uživatele. Pro potřeby modelování, vizualizace a informačního propojení bylo vytvořeno schéma systému uvedené na obrázku 6.3.

Vlastní řešení - aplikace informačního systému - probíhá v následujících krocích:

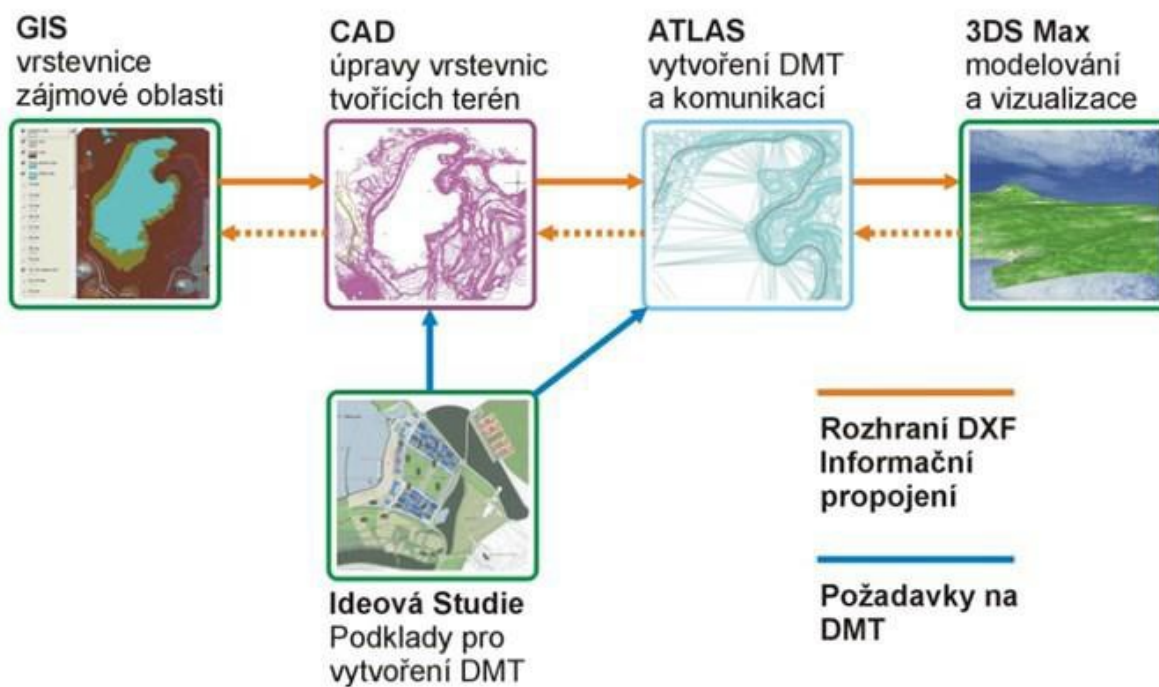
- výběr programového zabezpečení
- návrh datové struktury
- příklady praktického řešení
- vytvoření modelu krajiny



Obr 8. Bloková struktura informačního zabezpečení (Zdroj: [4])



Obr. 9 Struktura systému informačního zabezpečení (Zdroj: [5])



Obr. 10 Blokové schéma typu dat (Zdroj: [5])

## MODELY A VÝSTUPY

### Modely průběhu povrchu terénu

Pro zpracování výpočtů objemů, geologie, a mnoha dalších úloh potřebujeme údaje o průběhu povrchu terénu v analyzované oblasti, případně údaje z tohoto průběhu odvozené. Jedná se například o následující úlohy:

- analýzy průběhu povrchu terénu;
  - o velikost úklonu svahů a s tím související otázky;
  - o stabilita svahů;
  - o průjezdnost terénu pro dopravní prostředky;
  - o expozice ke slunci;
    - osvětlování terénu;
    - řešení různých úloh viditelnosti;
      - o mezi dvěma body;
      - o areál viditelný z jednoho bodu;
    - generování pohledů z různých směrů;
    - simulovaný průlet nad terénem.
  - o výpočty objemů změn terénu;
  - o generování drenážní sítě a hranic povodí;
  - o odtokových poměrů;
  - o směr úklonu svahů;
- nejvhodnější rozmístění bodů pozorování.;

Za tímto účelem vytváříme digitální modely terénu (DMT). DMT představuje digitální popis a reprezentaci povrchu terénu, ale může reprezentovat i jiné povrchy, např. geologická rozhraní apod. Průběh povrchu terénu lze v zásadě popsat několika typy prvků:

- body, které lze rozdělit do dvou skupin:
  - o body nesoucí pouze údaj o nadmořské výšce povrchu terénu v daném bodě;
  - o body nesoucí vedle nadmořské výšky ještě další informaci o průběhu terénu v tomto bodě; vrcholky kopců; nejnížší body údolí;
- sedlové body;
- body odtoku z povodí;
- kontrolní body;
- linie, které lze rozdělit na:
  - o linie popisující průběh terénu; horizontální řezy – vrstevnice; vertikální řezy – profily;
  - obecné linie vedené po povrchu terénu;
  - o linie popisující náhlé změny průběhu terénu (hrany): tzv. lomové linie - hrany útesů, lomů, propastí apod.;
  - hranice modelované oblasti;
  - o linie popisující zvláštní liniové prvky povrchu terénu (tzv. strukturní linie): hřbetnice; údolnice; spádnice;
  - pobřežní linie;



- plochy, které lze rozdělit na:
  - o plochy popisující zvláštní plošné prvky povrchu terénu; o
  - oblasti s konstantní nadmořskou výškou (hladiny jezer); o
  - skryté oblasti (s neznámou nadmořskou výškou).

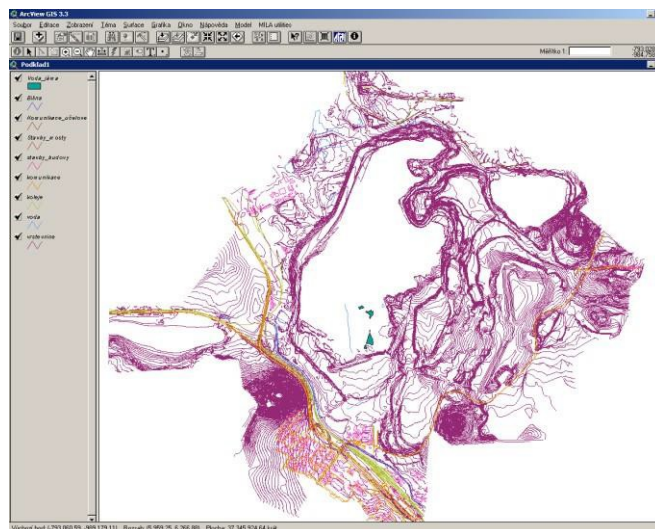
DMT je možné definovat jako množinu reprezentativních bodů, linií a ploch povrchu terénu, uloženou v paměti počítače a algoritmus pro interpolaci nových bodů dané planimetrické pozice nebo pro odvození jiných informací (např. sklonu svahu apod.).

Vlastní modelování terénu se skládá z následujících kroků:

- získávání dat;
  - o pomocí terénních měření;
  - o pomocí fotogrammetrie;
  - o pomocí digitalizace vrstevnic;
  - o pomocí DPZ;
  - o pomocí GPS (globální polohový systém; anglicky: Global Position System);
- generování DMT - konstrukce modelu, spojování a hledání vztahů mezi daty z různých zdrojů;
- zpracování DMT - modifikace a ladění DMT, generování odvozených modelů;
- interpretace DMT - analýza a získávání informací z DMT;
- zobrazování DMT - grafické zobrazení DMT a odvozených informací;
- aplikace DMT - vývoj vhodných aplikací pro různé oblasti použití. [3]

### **Příklad modelu povrchu terénu v ARCGIS**

Na následujících příkladech jsou ukázány jednotlivé kroky řešení, tak jak jsou popsány v přechozích odstavcích. Cílem je, jak již bylo uvedeno, vytvořit co nejuvěrnější 3D modely terénu pro výpočty objemů přesunů zemin, řešení povrchových vod, odtokových poměrů a dalších uvedených úloh. Programový systém umožňuje vytvářet 3D modely terénu z prostorových dat. K dispozici jsou dva typy modelů TIN - vytvořený triangulací Grid - čtvercová síť. Modely se vytváří podle potřeb pro modelování reliéfu, řešení odtokových poměrů, viditelnosti a výpočtu objemů. Pro následnou vizualizaci vytváříme 3D TIN model využitím rozšíření 3D Analyst a Spatial Analyst pro podporu modelování povrchu a 3D vizualizaci. Z takto připraveného modelu terénu bylo exportováno vrstevnicové a bodové schéma zájmového území a 3D model trojúhelníkové interpolace TIN. Z tohoto modelu můžeme pak vytvářet další odvozené modely v některém prezentačním jazyku 3D modelů a vizualizace. K dispozici jsou také exporty vrstev cesty, železnice, toky, stavby, zeleň a další. Pro potřeby vizualizace bylo však nutné tento model terénu modifikovat (úpravy svahů, vytvoření nových cest, vytvoření přístavu) a zredukovat množství dat (polygonů) tak, aby bylo možné výslednou vizualizaci vytvořit co nejrealističtěji a přiblížit se co nejvíce reálnému stavu modelované krajiny po dokončení rekultivací [3].

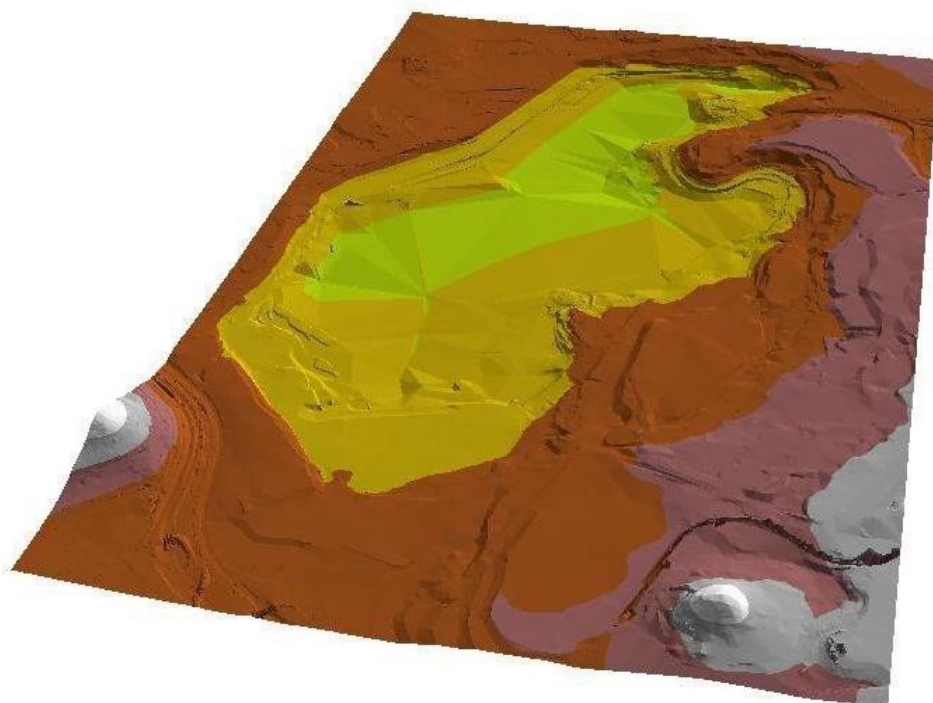


Obr. 4 Topografický podklad (Zdroj: vlastní zpracování)



Obr. 5 Data terénu načtená do ArcView GIS (Zdroj: vlastní zpracování)

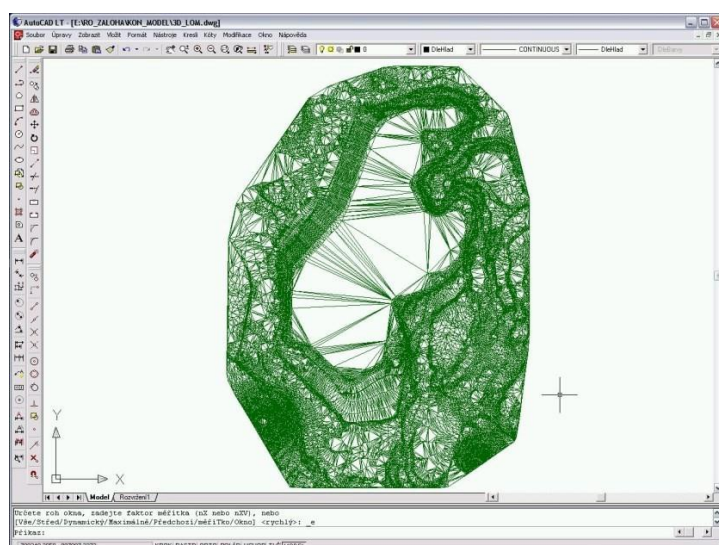
Redukci je vhodné provést i z důvodu uspořádku výkonu použitých hardwarových prostředků. Jedná se o redukci, která nemá vliv na tvar terénu, nýbrž jen odstraní přebytečné body v datovém modelu.



Obr. 6 Příklad 3D TIN modelu terénu v ArcView GIS (Zdroj: vlastní zpracování)

## Modelování a vizualizace

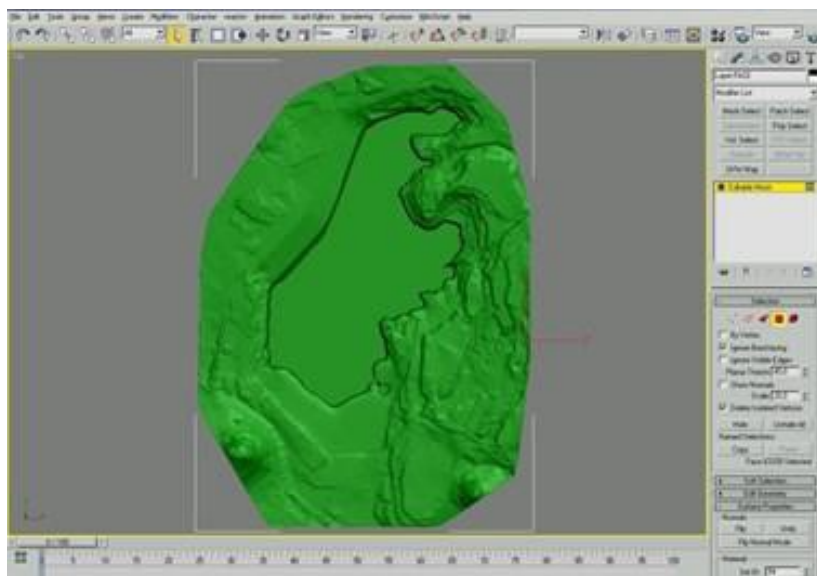
Vlastní modelování provádíme v produktu 3D Studio Max firmy Autodesk, Inc. 3D Studio MAX nabízí profesionální animační techniky a výbornou technologii vykreslování scény. Jednou z předností programu je open source (otevřená architektura, je k dispozici včetně zdrojového kódu), umožňující specializovaným firmám vytvářet zásuvné moduly. Jde o specializované programy podporující práci s geometrickými primitivy, materiály a efekty v prostředí 3DSMAX. Otevřenost kódu programu je jednou z nejvíce ceněných vlastností. Výsledkem jsou stovky volně dostupných a komerčních zásuvných modulů, z nichž můžete vybírat, nebo si můžete vytvořit svůj vlastní. Z důvodu širší pracovních možností, ceny a vývoje zásuvných modulů se stal programovou volbou pro řadu televizních, filmových, multimediálních a herních vývojových ateliérů. Stává se stále otevřenějším systémem, umožňujícím tvůrčí spolupráci řadě umělců ve světě počítačové grafiky.



Obr. 7 Kompletní vytvořený terén v CAD (Zdroj: vlastní zpracování)

Z výše uvedených předností a výhod tohoto programu byl použit pro modelování krajiny a objektů v ní umístěných právě tento software, který také nabízí mnoho dalších možností. Jedná se hlavně o aktualizaci scény na základě změny v projektu pomocí skriptů a dále také nabízí množství nástrojů pro vytvoření co nejvěrnější virtuální scény. Podporuje tzv. externí reference, což znamená, že mohu vytvořit databázi vymodelovaných objektů a z této databáze poté do hlavního souboru načítat tyto objekty a libovolně je měnit. Je to velmi výhodné, zvláště pokud aktualizuji, nebo upravuji konkrétní část scény a nechci pracovat s celou scénou. Tato aktualizace se projeví ihned ve výsledném souboru obsahujícím kompletní scénu pro vizualizaci.

Rozhraní 3D Studia MAX je rozděleno podle jednotlivých fází tvůrčího procesu na šest základních skupin nástrojů: modelování, materiály, světla, kamery, animace a vykreslování. Pro výstup finálního souboru s informacemi o prostorovém průběhu terénu můžeme použít například modul ATLAS WintEd Extended. Výsledný upravený a ořezaný soubor modifikovaného DMT obsahuje hladinu, ve které jsou uloženy 3D face (plošky), vytvářející digitalizovaný průběh terénu, vhodný pro další zpracování při modelování a vizualizaci. Dalším krokem je import terénu do 3D Studia MAX.

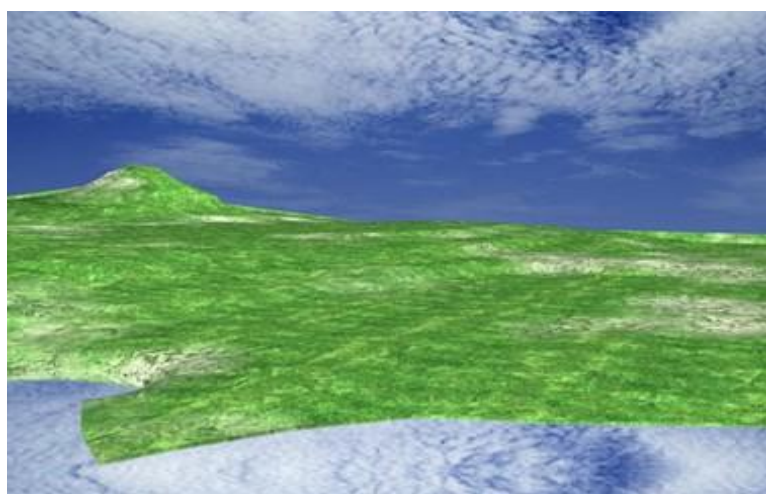


Obr. 8 Terén importovaný do 3DSMAX (Zdroj: vlastní zpracování)

Navržený systém dává potřebné informace a grafické výstupy pro návrh využití krajiny a její obnovu po hornické činnosti. Informace a podklady jsou pak vodítkem při rozhodování o postupech a tím slouží k interaktivnímu plánování a modelování rekultivací. To umožňuje modelování situací pro jednotlivé kroky postupu a urychluje vypracování dokumentace. Tyto funkce jsou důležité především v případě neplánované změny postupu těžby nebo záměru rekultivací

Byly odzkoušeny možnosti systému na funkcích, jednotlivých vrstvách a skupinách. Informační systém je otevřený a je ho možné doplňovat o další skupiny a vrstvy podle potřeb a požadavků uživatele. Systém umožňuje další rozvoj a může být směřován ke komplexnímu až expertnímu systému; doplněním dalších vrstev a modelů spolu s vytvořením znalostních modulů a rozhodovacích programů nad daty

Konečným výstupem mohou být vizualizační modely jednotlivých verzí obnovy krajiny vybraných zájmových území.



Obr. 9 Příklad terénu potaženého texturou (Zdroj: vlastní zpracování)