



Úvod do geografických informačních systémů

-

výuková opora pro praktická cvičení

Karel Janečka, Karel Jedlička
Katedra geomatiky, Fakulta aplikovaných věd
Západočeská univerzita v Plzni

Plzeň, 2019

Základy práce s GIS	3
ArcGIS Desktop	3
Seznámení s pracovním prostředím ArcMap	3
Přidání vrstvy z disku	5
Přidání vrstvy z webu - WMS	6
Přidání vrstvy z webu - Basemap	9
Tvorba základní mapové symboliky	10
Seznámení s pracovním prostředím ArcCatalog	13
Tvorba mapy závislé na měřítku	14
ArcGIS Pro	22
Seznámení s prostředím	22
Přidání vrstvy z disku	25
Tvorba mapových výstupů v GIS	27
Mapa hustoty zalidnění okresů ČR v roce 2011	27
Mapa druhů pozemků v k.ú. Plzeň	35
Aktivní tvorba a editace vektorových dat	38
Tvorba nové vrstvy v ArcCatalog	39
Vektorizace v ArcMap	41
Základní dotazování a analýzy vektorových dat	46
Atributové dotazy	47
Prostorové dotazy	50
Kombinace atributových a prostorových dotazů	53
Topologické překrytí	54
Základní operace topologického překrytí	55
Další operace využitelné při topologickém překrývání	56
Obalová zóna, základní vzdálenostní analýza	64
Základní zpracování a analýzy mozaikových dat	64
Georeferencování	64
Transformace souřadnicových systémů	68
Tvorba digitálního modelu reliéfu	73
TIN	73
GRID	77
Interpolace a rasterizace	79
Přímá interpolace digitálního modelu reliéfu z vstupních bodů	79
Rasterizace vrstevnic	82
Interpolace výnosového potenciálu	84
Mapová algebra	89
Lokální funkce mapové algebry - výpočet normalizovaného digitálního modelu povrchu	90

Fokální funkce mapové algebry - výpočet gradientu a orientace změn výnosového potenciálu	91
Zonální funkce mapové algebry	92
Globální funkce mapové algebry - odstranění bezodtokých oblastí	97
Analýzy povrchů	98
Rastr sklonu svahů (slope)	98
Rastr směru sklonu svahů (aspect)	99
Analýza osvětlení reliéfu	100
Tvorba izočar (vrstevnic)	101
Generování profilů	102
Analýza viditelnosti	103
Vzdálenostní analýzy nad rastrovými daty	105
Výpočet povrchu nákladů a povrchu vážené vzdálenosti	105
Povrch nákladů	105
Povrch vážené vzdálenosti	108
Nalezení nejlevnější cesty	111
Vymezení spádových oblastí	114

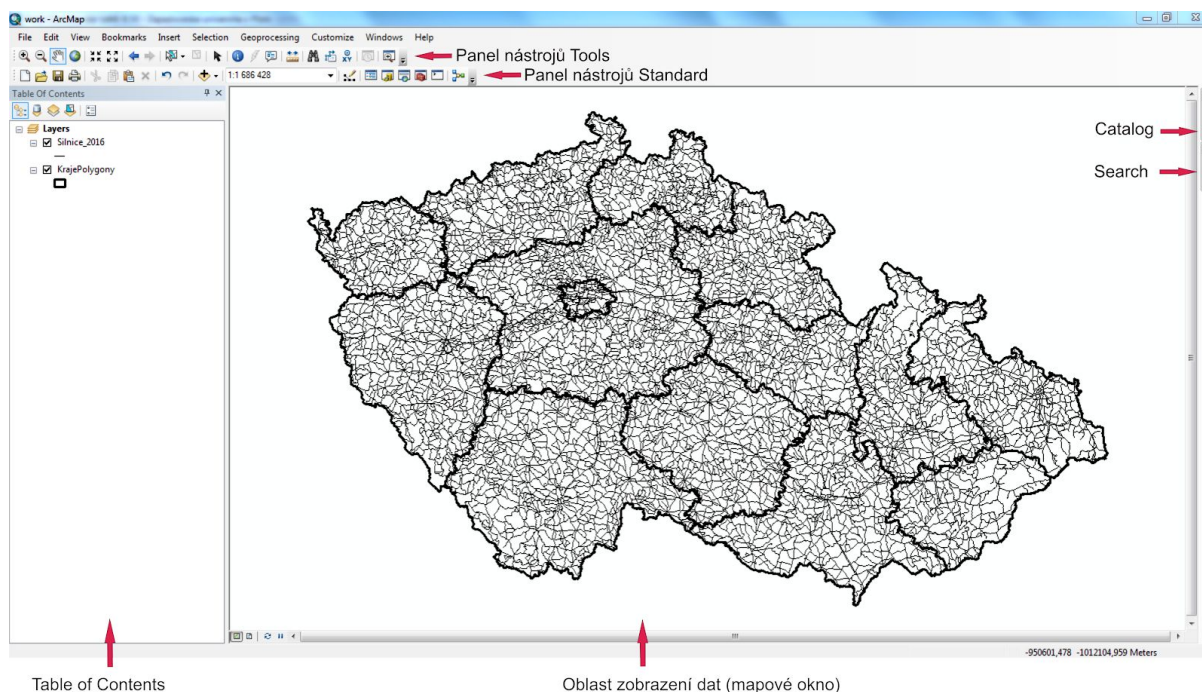
Základy práce s GIS

ArcGIS Desktop

Seznámení s pracovním prostředím ArcMap

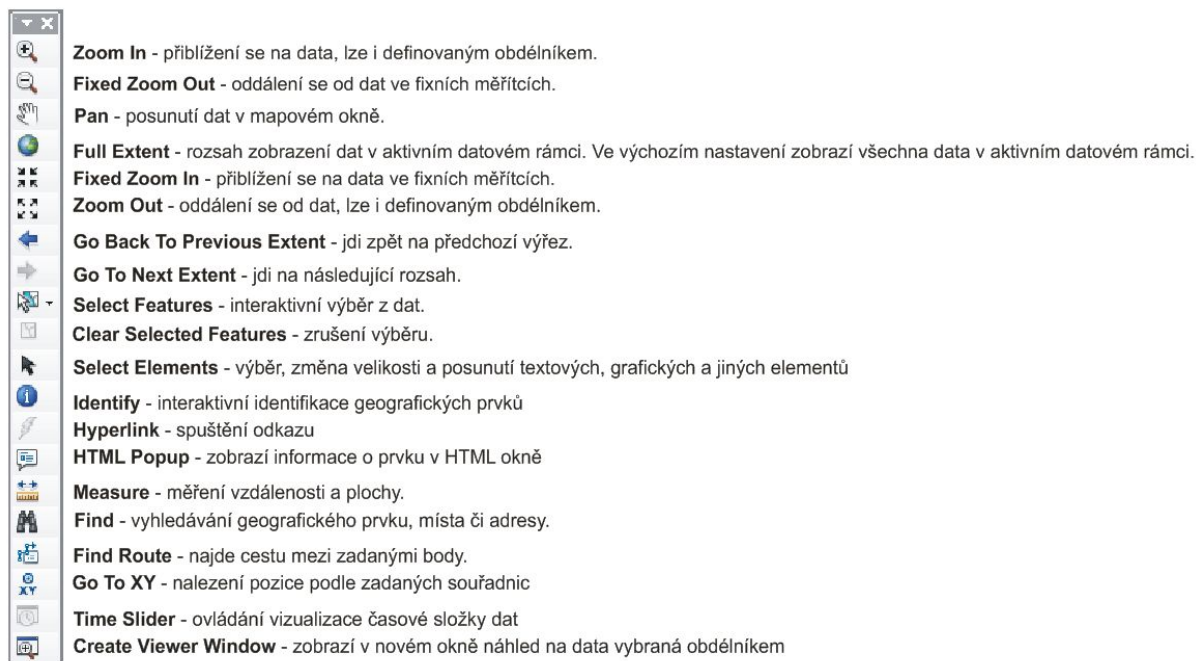
Po spuštění ArcMap uvidí uživatel prostředí tak, jak je zachyceno na obrázku 1. Základ pracovního prostředí ArcMap tvoří:

- horizontální menu (File, Edit,...),
- tabulka obsahu (*Table of Contents*) obsahující seznam načtených vrstev (na obrázku 1 je možné vyčíst, že jsou načtené dvě vrstvy),
- oblast zobrazení dat (mapové okno),
- ikona pro spuštění vyhledávání (*Search*),
- ikona pro spuštění ArcCatalog (*Catalog*) a
- panely nástrojů.



Obr. 1 Pracovní prostředí ArcMap. V mapovém okně jsou načtené dvě vrstvy (silniční síť ČR a hranice krajů z datové sady ArcČR® 500 verze 3.3).

Ve výchozím nastavení se po spuštění ArcMap zobrazí dva panelů nástrojů - *Tools* a *Standard*. Panel nástrojů *Tools* obsahuje základní funkce (reprezentované pomocí ikon) pro práci s daty v aktivním datovém rámci (popis funkcí je uvedený na obrázku 2).



Obr. 2 Popis funkcí z panelu nástrojů *Tools* (*Nástroje*).

Panel nástrojů *Standard* obsahuje funkce, které může uživatel ArcMap znát i z jiných aplikací. Příkladem jsou hned první čtyři ikony:



První ikona slouží pro vytvoření nového mapového dokumentu, druhá pro otevření existujícího mapového dokumentu, třetí pro uložení aktuálního mapového dokumentu a čtvrtá pro tisk.



ArcMap umožňuje zobrazit další panely nástrojů, na výběr je jich téměř 50 (*Customize -> Toolbars*).

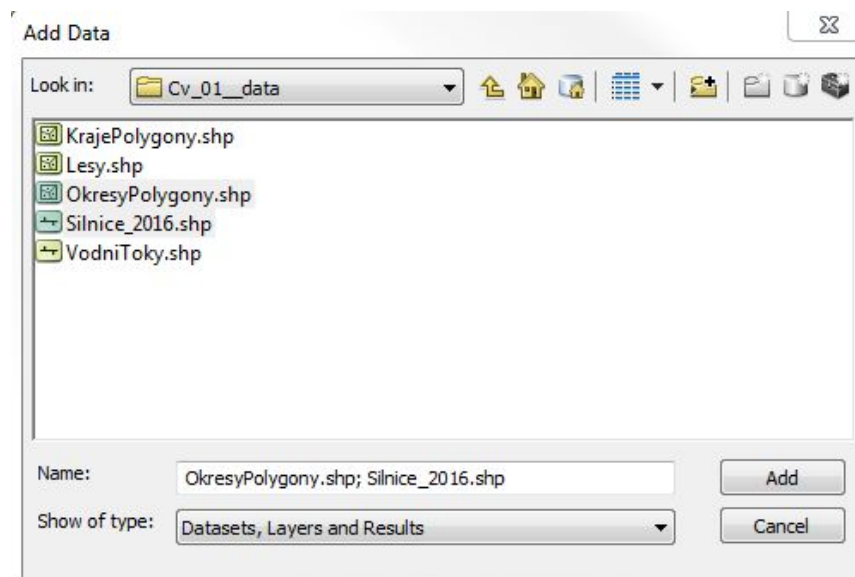
Popis formátu shapefile

Shapefile je datový formát pro ukládání vektorových geografických dat (prostorová + atributová data) vyvinutý firmou Esri. Struktura formátu shapefile se povinně skládá z:

- souboru s příponou *.shp, který obsahuje prostorová data,
- souboru s příponou *.dbf, který obsahuje atributová data,
- souboru s příponou *.shx, který propojuje prvek v souboru *.shp s odpovídajícím záznamem v souboru *.dbf.

Přidání vrstvy z disku

Pro načtení vrstvy (uložené například ve formátu shapefile) z disku slouží ikona Add Data . Pokud budeme často načítat data z nějakého konkrétního adresáře, lze si ho připojit pomocí ikony Connect to Folder . Vlastní přidání vrstvy pak provedeme jejím označením ze seznamu dostupných vrstev v daném adresáři a zvolíme Add. Přidat lze i více vrstev najednou (při výběru se přidrží klávesa Ctrl; obrázek 3 ilustruje přidání dvou vrstev ze souboru shapefile).



Obr. 3 Přidání dvou vrstev (uložených jako shapefile) z disku.

Po načtení vrstev do ArcMap se nám načtené vrstvy zobrazí v tabulce obsahu (*Table of Contents*, viz obrázek 1 - pracovní prostředí ArcMap). Načtené vrstvy se načtou do tzv. datového rámce (*data frame*). Datový rámeček má několik vlastností, především:

- název datového rámce (výchozí název je *Layers*),

- souřadnicový systém datového rámce (*coordinate system*),
- jednotky datového rámce (*map units*),
- jednotky zobrazené v mapovém okně (*display units*).

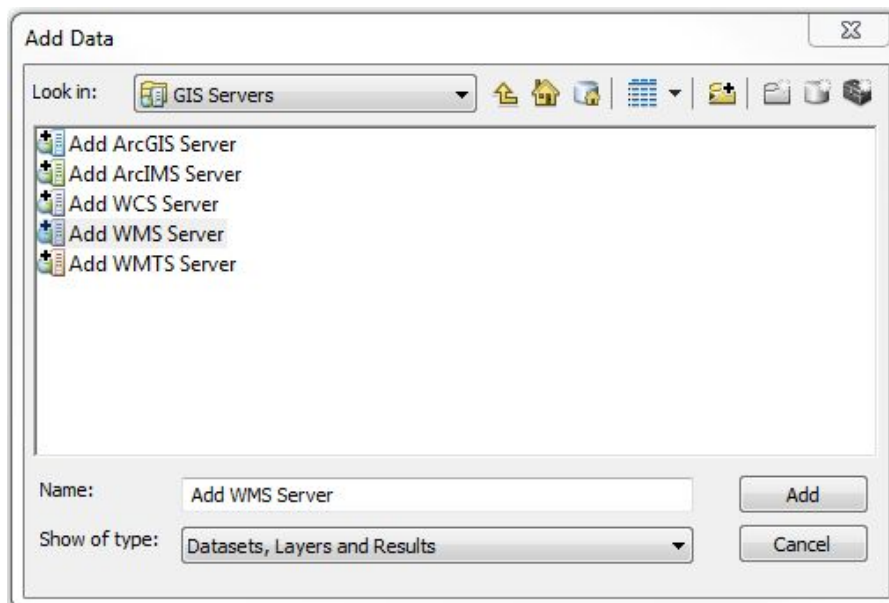
Pokud mají data načítaná do ArcMap definovaný souřadnicový systém, pak se informace o souřadnicovém systému nastaví pro datový rámec automaticky (společně s informacemi o jednotkách datového rámce a jednotkách zobrazených v mapovém okně). V opačném případě je potřeba (např. z důvodu správného provádění prostorových analýz) tyto informace nastavit ručně v dialogu Data Frame Properties, který je dostupný přes pravé tlačítko myši nad názvem datového rámce a volbou Properties. Potřebné informace o datovém rámci se pak nastavují v záložkách Coordinate System a General.

Více o souřadnicových systémech v kapitole [Transformace souřadnicových systémů](#) a předmětu Matematická kartografie.

Přidání vrstvy z webu - WMS

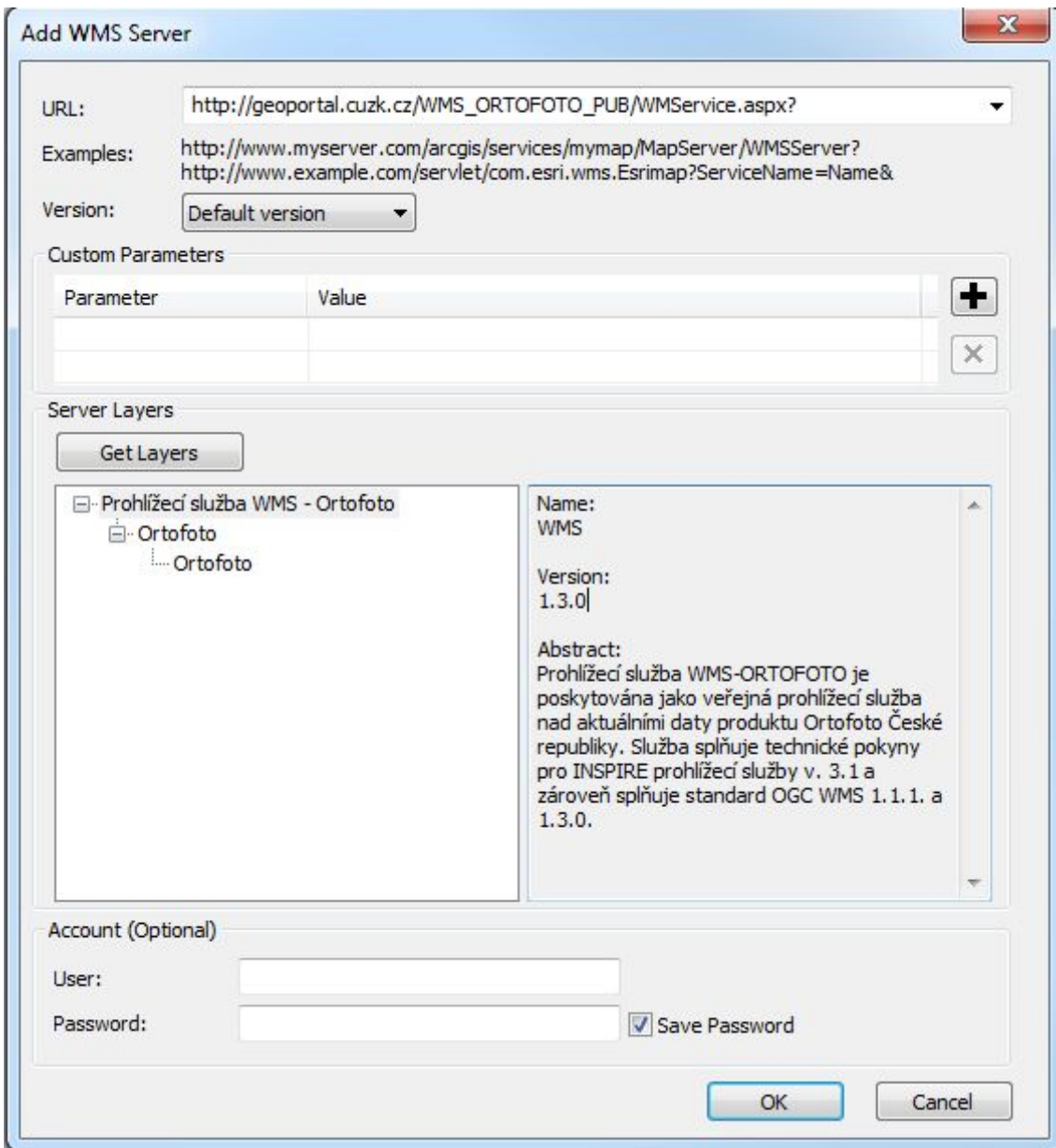
ArcMap umožňuje kombinovat data z více zdrojů. Poměrně populárním a využívaným zdrojem dat pro práci v GIS se v posledních letech staly WMS služby, pomocí kterých je možné si například do GIS připojit ortofoto jako podkladovou vrstvu.

Pro přidání dat do ArcMap jako WMS služby postupujeme v úvodu stejně jako při přidání dat z disku, pouze při zobrazení dialogu Add Data zvolíme možnost GIS Servers (viz obrázek 4 - Přidání WMS serveru).



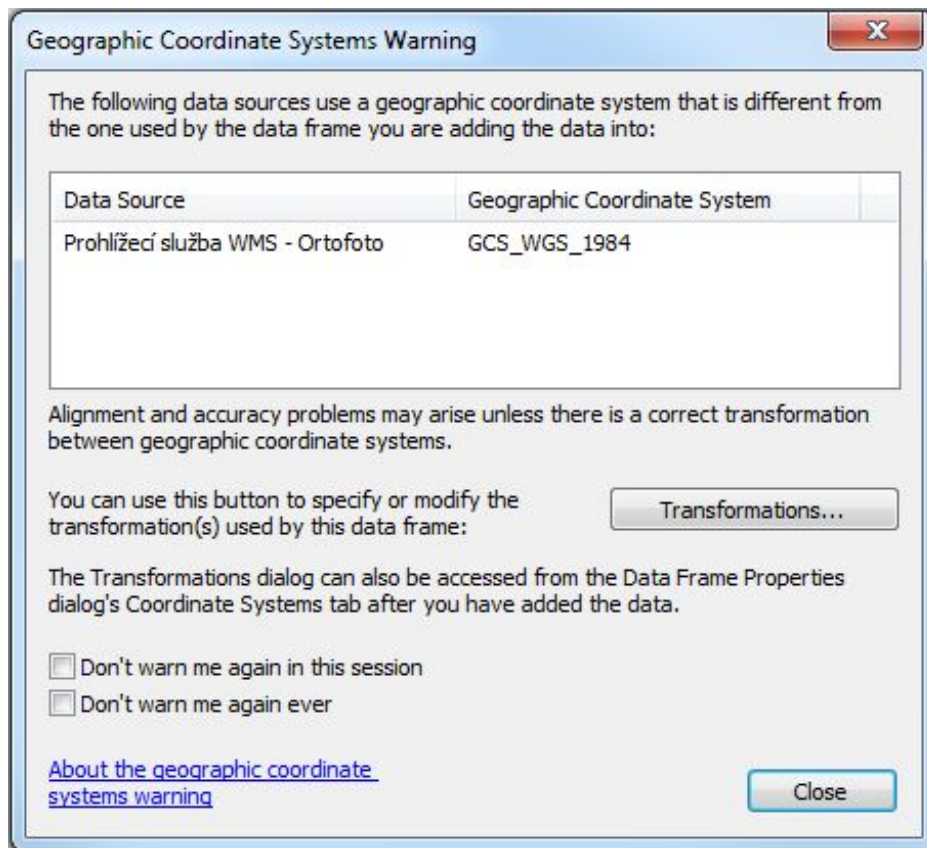
Obr. 4 Přidání WMS serveru

Abychom mohli data pomocí WMS služby přidat, musíme znát přesnou URL adresu, na které jsou tato data k dispozici. URL adresu (kterou najdeme například na internetu), pak zadáme do pole s URL adresou. Na obrázku 5 je ukázka zadání URL adresy pro přidání WMS služby Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK) poskytující ortofoto.



Obr. 5 Přidání ortofota jako WMS služby ČÚZK

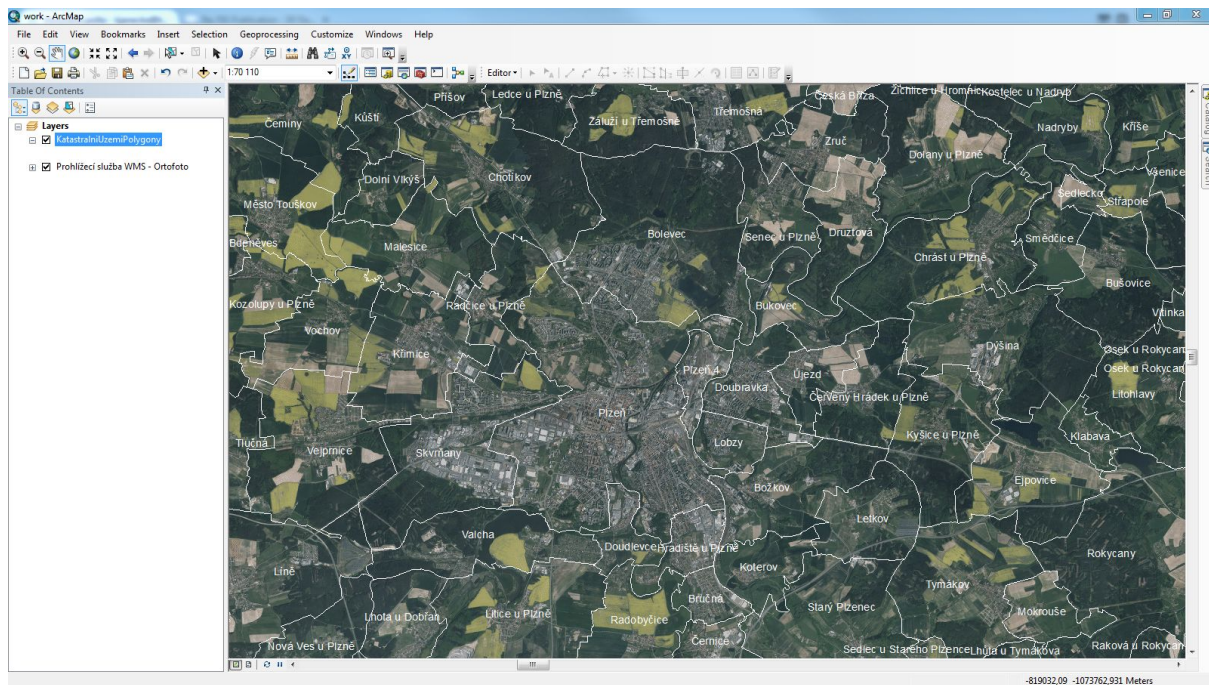
Při kombinování dat z více zdrojů je potřeba ohlídat, aby data byla ve stejném souřadnicovém systému. Toto je i příklad zmíněné WMS služby ČÚZK poskytující ortofoto, která se poskytuje v souřadnicovém systému WGS-84. Pokud byla před načtením této WMS služby do ArcMap načtena data např. v souřadnicovém systému S-JTSK, zobrazí se při přidávání dat pomocí WMS služby informace, že se pokoušíme do ArcMap načíst data v jiném souřadnicovém systému, než jaký používá aktuální datový rámeček (viz obrázek 6).



Obr. 6 Pokud se do ArcMap pokusíme načíst data v odlišném souřadnicovém systému, než je aktuálně nastavený, zobrazí se varovné hlášení, která nás o této skutečnosti informuje. V tomto případě do ArcMap načítáme data pomocí WMS služby se souřadnicovým systémem WGS-84, přičemž aktuálně nastavený souřadnicový systém je S-JTSK.

Abychom mohli data zkombinovat, je potřeba provést *on-the-fly* transformaci načítaných dat z WMS služby do souřadnicového systému datového rámce. Blíže o transformacích souřadnicových systémů v GIS v kapitole [Transformace souřadnicových systémů v GIS](#).

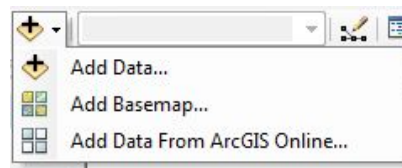
Po provedené transformaci souřadnicových systémů je možné data společně zobrazit v mapovém okně. Na obrázku 7 je ukázka kombinace dat z různých zdrojů - vrstva hranic katastrálních území je z datové sady ArcČR 500 (verze 3.3), podkladová vrstva je ortofoto načtené jako WMS služba ČÚZK.



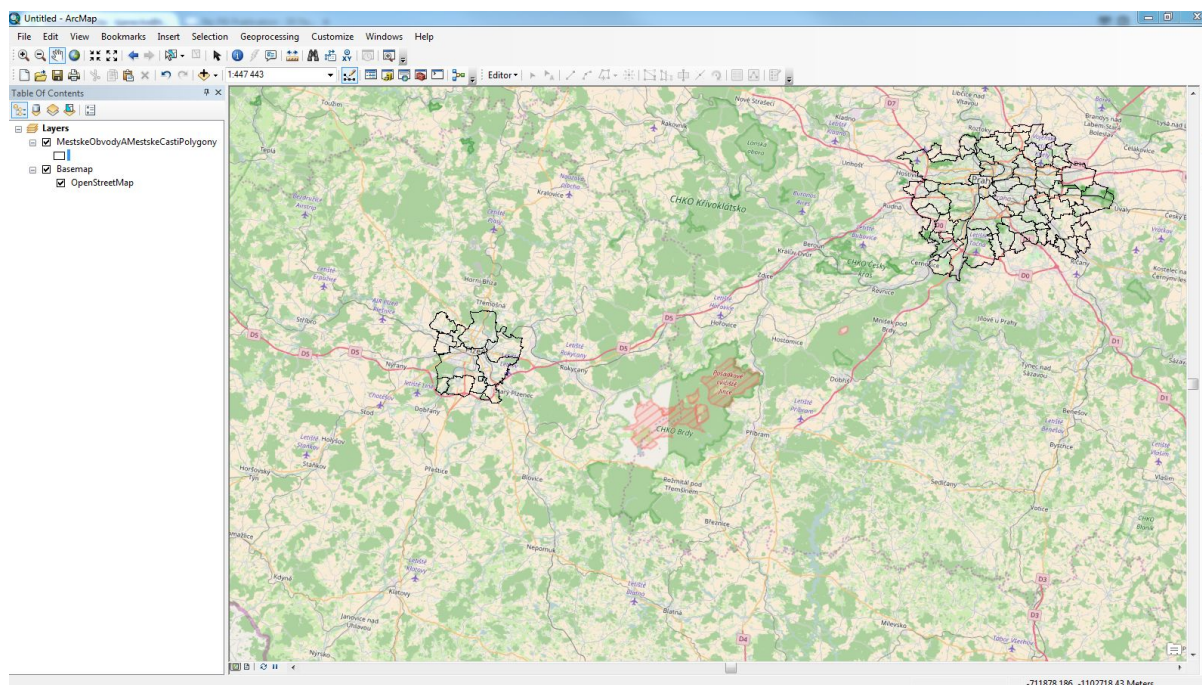
Obr. 7 Kombinace dat načtených z více zdrojů. Hranice katastrálních území jsou načtené ze shapefilu z disku, podkladová vrstva s ortofoto je načtena pomocí WMS služby.

Přidání vrstvy z webu - Basemap

Další možností přidání dat do ArcMap je načtení tzv. Basemap. Stejně jako v případě připojení WMS služby, i v tomto případě je potřeba mít aktivní připojení k internetu. Basemap lze načíst jako podkladovou mapu a je možné ji kombinovat s dalšími zdroji dat. Obrázek 8 znázorňuje nabídku přidání Basemap do ArcMap.



Obr. 8 Přidání dat z Basemap

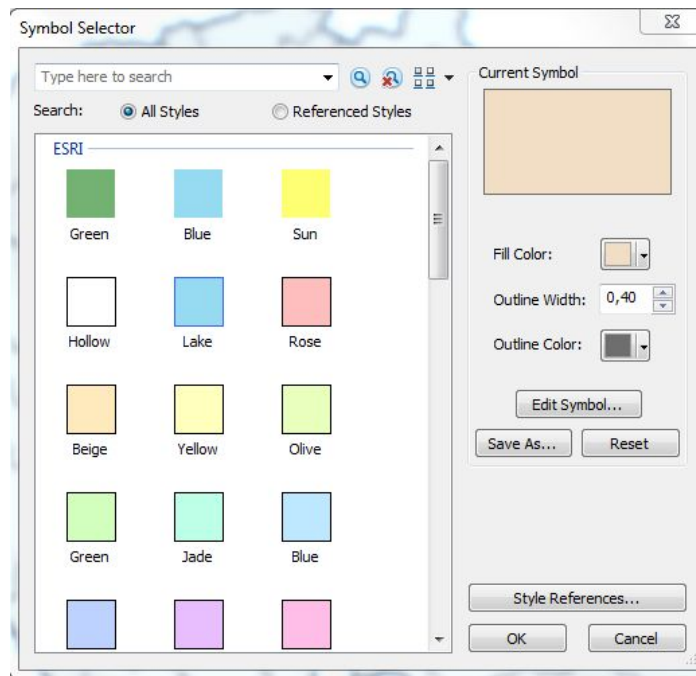


Obr. 9 Kombinace podkladové mapy (Open Street Map) načtené jako Basemap a polygonové vrstvy s hranicemi městských obvodů a městských částí.

Tvorba základní mapové symboliky

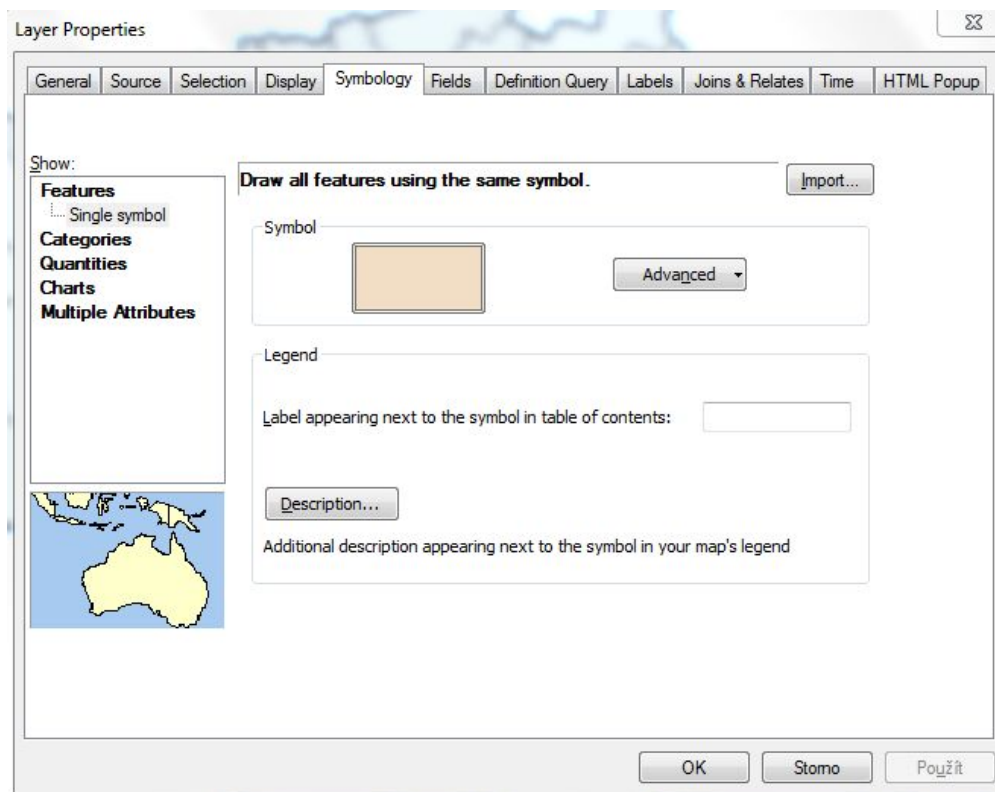
Po načtení vrstvy do ArcMap se všechny prvky ve vrstvě zobrazí náhodně vybranou barvou. To je dáno tím, že v datech uložených ve formátu shapefile není uložena informace, jakou barvou se mají data po načtení zobrazit.

Jedním ze způsobů, jak změnit symboliku prvků, je kliknout levým tlačítkem myši na aktuální symbol pod názvem vrstvy v tabulce obsahu.



Obr. 10 Symbol Selector pro základní nastavení symboliky. Je možné nastavit barvu výplně, tloušťku a barvu obrysové čáry nebo editovat mapový symbol.

Další možnost nastavení symboliky si zpřístupníme, pokud nad názvem vrstvy v tabulce obsahu klikneme pravým tlačítkem myši a zvolíme možnost Properties. Tím dojde k otevření dialogového okna Layer Properties. Pro nastavení symboliky nás bude zajímat záložka Symbology (viz obrázek 11).



Obr. 11 Dialog Layer Properties a aktivní záložka Symbology pro nastavení symboliky prvků.

Single Symbol

Někdy je potřeba zobrazit všechny prvky ve vrstvě stejným symbolem. V takovém případě lze jednotný symbol nastavit pomocí Features -> Single Symbol. Pokud chceme zobrazit v tabulce obsahu vedle symbolu popisek, vepíšeme jej do pole v části Legend a zvolíme tlačítko Použít.

Categories

- Unique values
Umožňuje nastavení symbolu jednotlivým prvkům na základě hodnoty vybraného atributu. Každá hodnota atributu tak představuje vlastní kategorii, pro kterou je možné nastavit symbol pro vykreslení.
- Unique values, many fields
Umožňuje nastavení symbolu jednotlivým kategoriím, přičemž kategorii zde představuje n-tice atributů, kde $n = 1, 2$ nebo 3 .
- Match to symbols in a style
Umožňuje použít existující styl. To je vhodné například v případě, kdy více organizací sdílí stejný styl pro vizualizaci konkrétních dat, která se tak budou zobrazovat stále stejně, bez ohledu na to, kdo styl aplikoval.

Quantities

Prvky ve vrstvě mohou mít v atributové tabulce uložené číselné atributy. Tyto číselné atributy mohou být použité k zobrazení určitého množství (*quantities*). Konkrétně mohou číselné údaje reprezentovat:

- množství,
- poměr (podíl),
- číselné hodnocení.

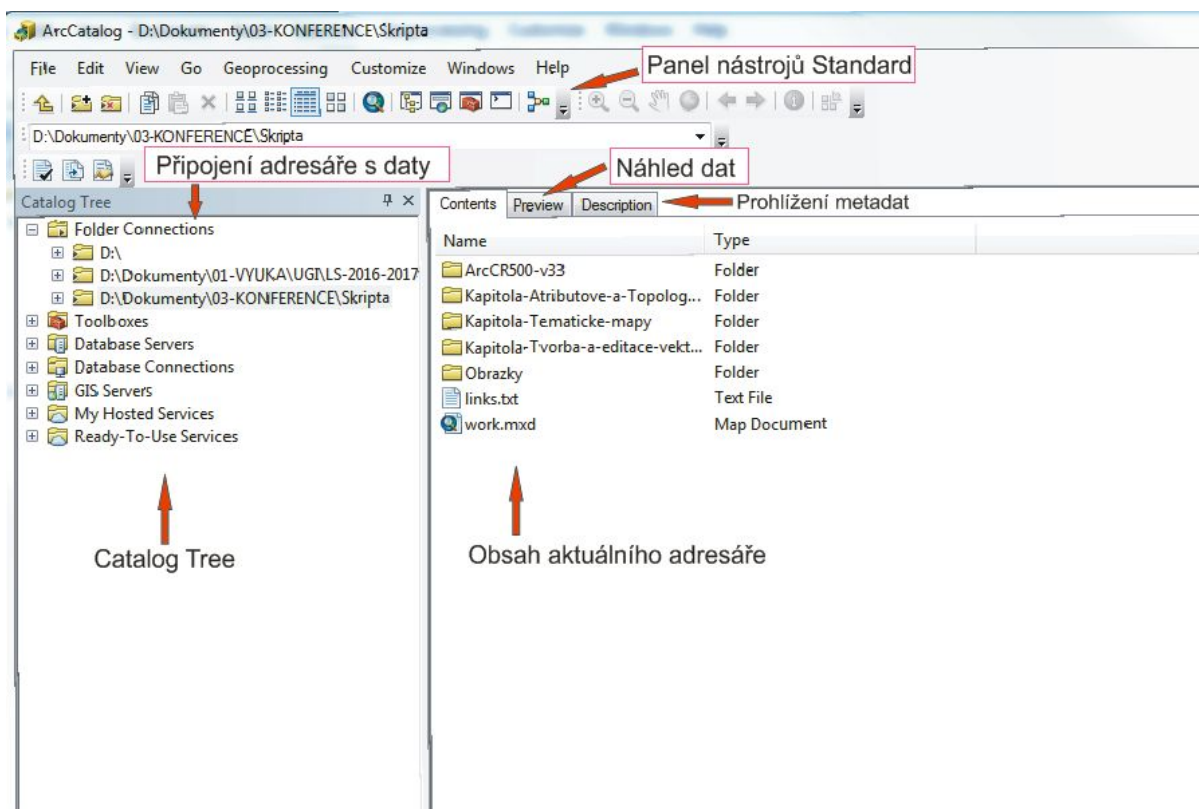
ArcMap nabízí několik způsobů, jak informace o kvantitě reprezentovat v mapě, např. pomocí barev (*colors*), různou velikostí symbolů (*graduated symbols*), proporcionální velikostí symbolů (*proportional symbols*), teček (*dot density*) a kartodiagramů (*charts*).

Kartodiagramy (*Charts*) (zdroj: <http://old.gis.zcu.cz/studium/tka/Slides/kartodiagramy.pdf>)

Kartodiagramy neboli diagramové mapy jsou nejčastěji používány pro prezentaci statistických údajů. Na rozdíl od kartogramů vyjadřujeme hodnoty u kartodiagramů vždy v absolutní podobě (výjimku tvoří členění daného znaku, kde jsou hodnoty většinou uváděny v procentech). Více o tvorbě kartodiagramů v předmětu Tematická kartografie.

Multiple Attributes

Volba MultiAttributes -> Quantity by Category umožňuje zobrazit data podle kategorie a číselného atributu. Například u silniční sítě můžeme pomocí jednoho atributu reprezentovat



Obr. 13 Pracovní prostředí ArcCatalog.

V levé části ArcCatalog máme možnost si připojit adresář s (geografickými) daty. Seznam připojených adresářů pak vidíme v Catalog Tree. Kromě adresářů nacházejících se na lokálním disku si můžeme v ArcCatalog připojit i dostupné síťové adresáře, nebo definovat připojení k databázovému serveru či GIS serveru (např. připojení WMS serveru).

ArcCatalog umožňuje prohlížet obsah aktuálního adresáře (záložka Contents), prohlédnout data (záložka Preview) a prohlédnout nebo vytvořit metadata (záložka Description).

ArcCatalog se používá i například pro vytváření nových vrstev (shapefile), viz kapitola [Tvorb a editace nové vrstvy v ArcCatalog](#).

Tvorba mapy závislé na měřítku

Vstupní data (vrstvy z datové sady ArcČR 500 verze 3.3):

- Silnice_2016
- SidlaBody
- KrajePolygony
- OkresyPolygony
- Popis dat v 3.3.pdf (popis dat ArcČR 500 verze 3.3)

Postupně vytvoříme z vrstvy silnic (Silnice_2016) 5 nových vrstev, které budou obsahovat:

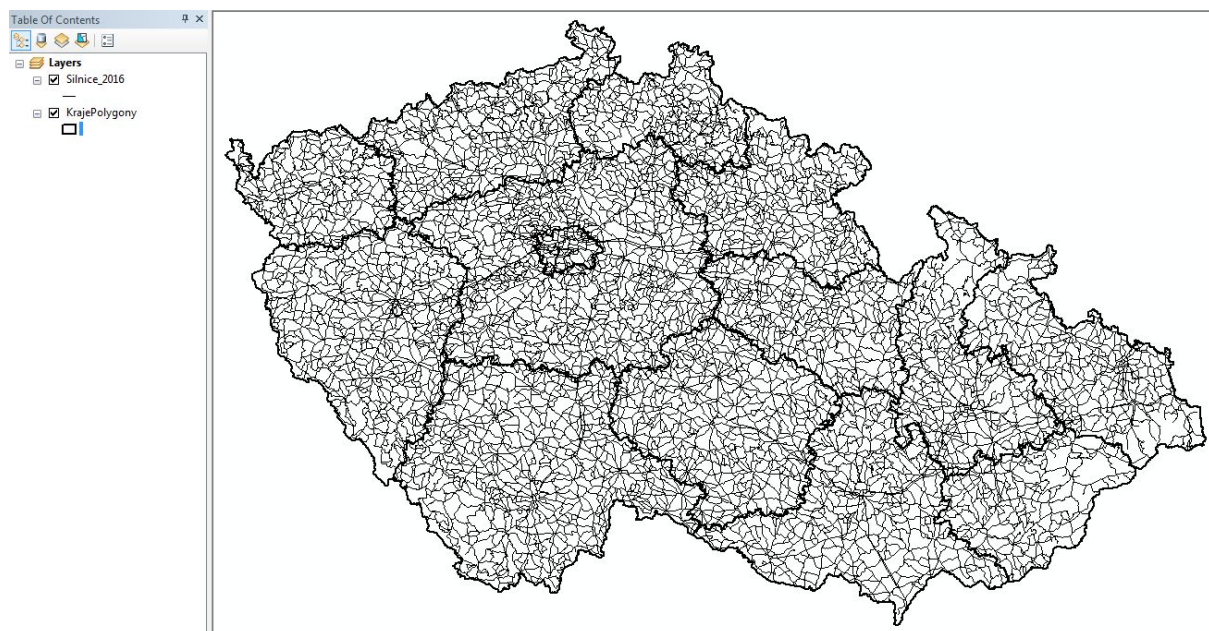
- dálnice,
- rychlostní silnice,

- silnice I. třídy,
- silnice II. třídy,
- silnice III. třídy a neevidované silnice.

Z vrstvy obcí (SidlaBody) vytvoříme tři nové vrstvy:

- města nad 100 tisíc obyvatel,
- města nad 20 tisíc obyvatel (a současně maximálně 100 tisíc obyvatel),
- ostatní města (501 - max. 20 tisíc obyvatel).

Pro každou z nově vzniklých vrstev následně nastavíme mapovou značku a rozsah měřítek, kdy se má daná vrstva zobrazit a kdy nikoliv. Při úvodním načtení/zobrazení dat silnic může postačovat zobrazit pouze nejdůležitější silnice (dálnice, rychlostní silnice), při přiblížení se na konkrétní oblast pak necháme zobrazit i silnice I. třídy atd. To samé platí např. pro obce, kdy nejprve můžeme nechat zobrazit obce s nejvyšším počtem obyvatel a postupně při přiblížení zobrazovat i obce s menším počtem obyvatel.



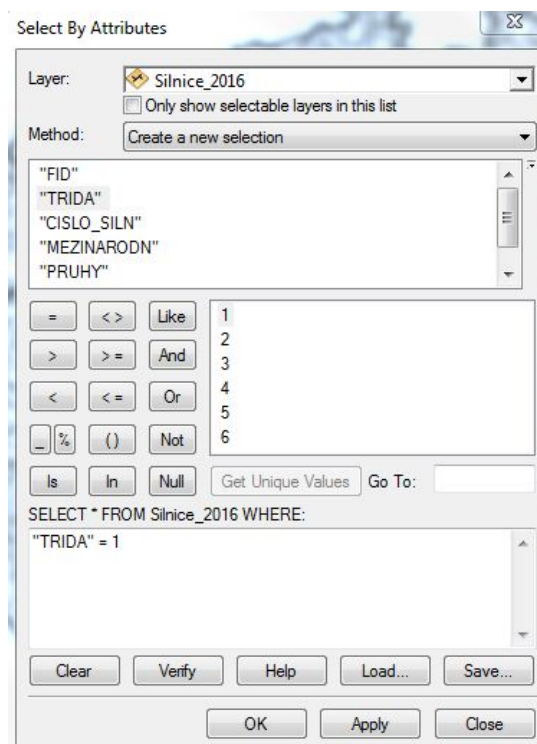
Obr. 14 Zobrazení vrstev silnic a krajů po načtení do ArcMap.

Atributovým dotazem (více o atributových dotazech v kapitole [Atributové dotazy](#)) vybereme z vrstvy silnic nejprve všechny dálnice. Z dostupného popisu dat (obr. 15) zjistíme, jakým způsobem poznat, které linie reprezentují právě dálnice.

jméno	popis	nabývané hodnoty
TRIDA	Třída silnice	1 - dálnice 2 - rychlostní silnice 3 - silnice I. třídy 4 - silnice II. třídy 5 - silnice III. třídy 6 - neevidovaná silnice
CISLO_SILNICE	Národní označení silnice	konkrétní číslo
MEZINARODNI_OZNACENI	Mezinárodní označení silnice	konkrétní číslo
PRUHY	Počet jízdních pruhů (součet v obou směrech)	konkrétní číslo

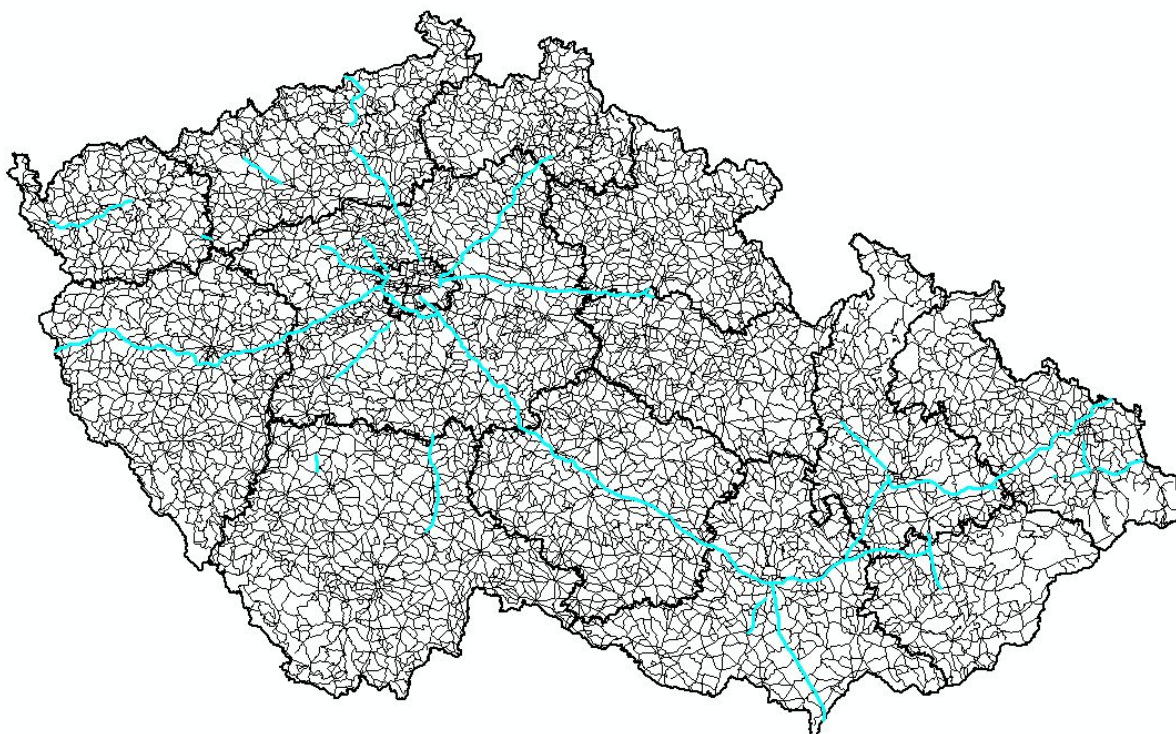
Obr. 15 Z dostupného popisu dat (uloženého v souboru Popis dat v 3.3.pdf) zjistíme, že třída silnice je rozlišena hodnotou atributu TRIDA. Dálnicím odpovídají všechny linie, které mají v atributové tabulce ve sloupci TRIDA hodnotu 1.

Atributový dotaz (Selection -> Select by Attributes) pro vybrání všech dálnic z vrstvy silnic tak bude vypadat jako na obr. 16.



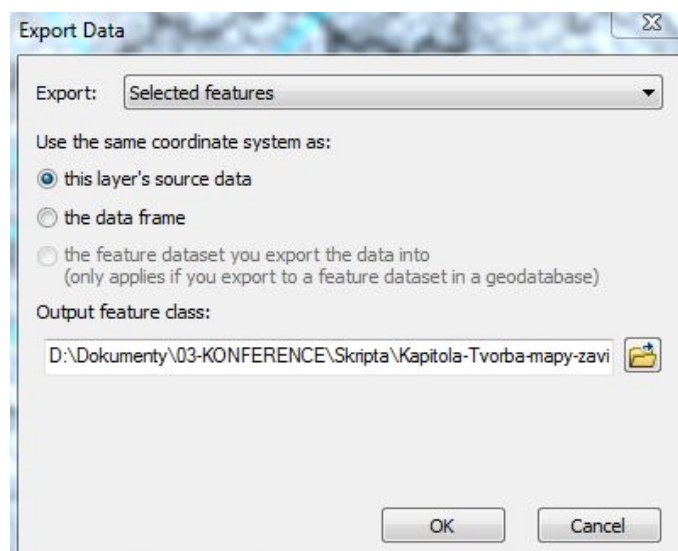
Obr. 16 Vybrání všech dálnic z vrstvy silnice.

Obr. 17 zobrazuje výsledek atributového dotazu pro vybrání všech dálnic.

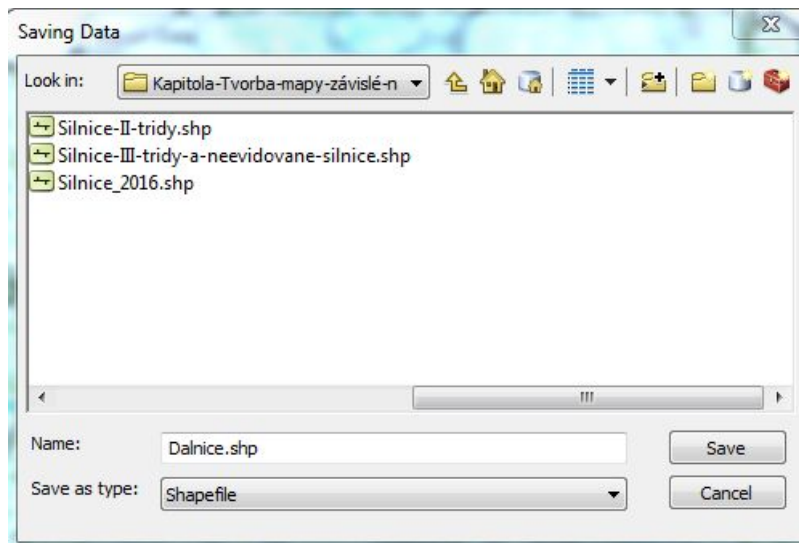


Obr. 17 Vybrané dálnice z vrstvy silnice.

Vybrané dálnice uložíme do nové vrstvy. Nejprve stiskneme pravé tlačítko myši nad vrstvou Silnice_2016 v Table of Contents a zvolíme Data -> Export Data. V okně Export Data zvolíme Export: Selected features a cestu pro uložení nové vrstvy obsahující dálnice, viz obr. 18 a 19. Při ukládání nové vrstvy používejte názvy bez diakritiky a bez mezer, tedy např. dalnice (a nikoli dálnice).

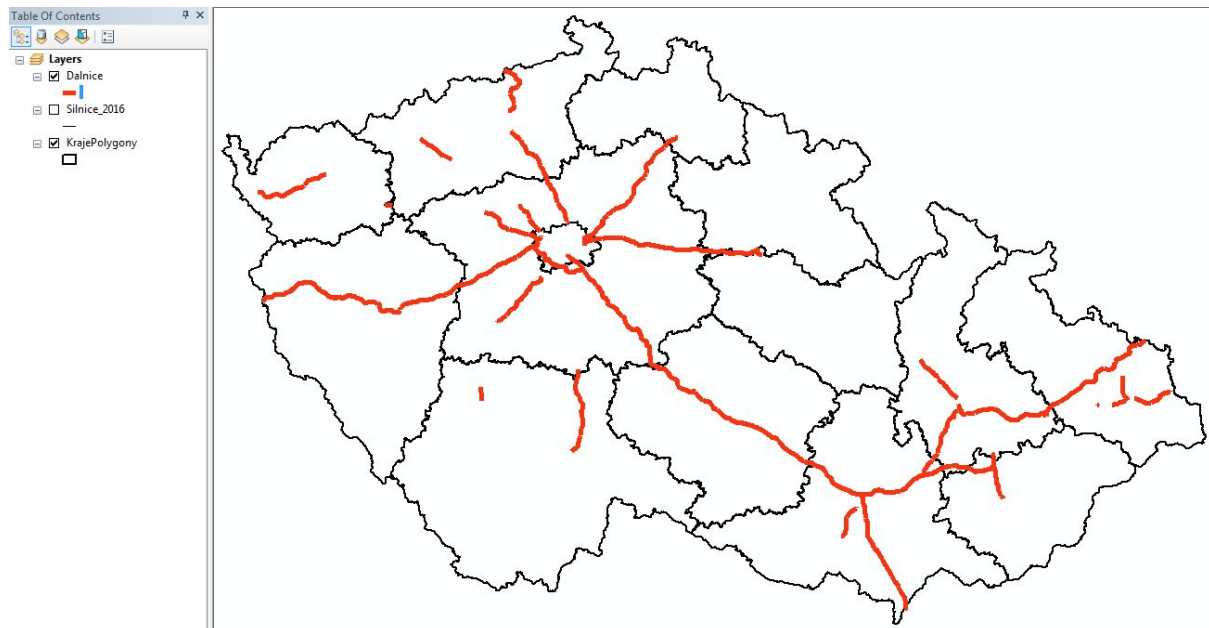


Obr. 18 Exportování vybraných dálnic do nové vrstvy dalnice. Exportujeme pouze vybrané prvky.



Obr. 19 Data exportujeme do formátu shapefile.

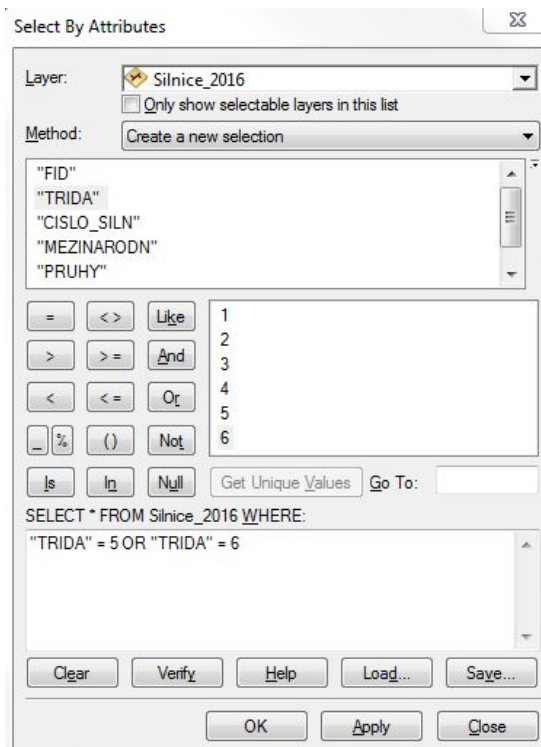
Po vytvoření nové vrstvy se nás ArcMap zeptá, zda-li chceme přidat exportovaná data (novou vrstvu) do ArcMap. Můžeme potvrdit, že ano a novou vrstvu přidat, případně ji můžeme načíst kdykoli později. Na obr. 20 je zobrazena načtená vrstva dálnic. Po načtení vrstvy s dálnicemi můžeme v Table of Contents změnit název, pod kterým se v ArcMap zobrazuje (klikneme na název vrstvy levým tlačítkem myši a upravíme jej).



Obr. 20 Vrstva dálnic s nastavenou mapovou značkou.

Obdobným způsobem, jako jsme vytvořili vrstvu dálnic, vytvoříme i další požadované vrstvy. Před novým výběrem (atributovým dotazem) nejprve vždy zrušíme předchozí výběr (Selection -> Clear Selected Features).

Pro vytvoření vrstvy obsahující silnice III. třídy a nevidované silnice bude atributový dotaz vypadat jako na obr. 21.

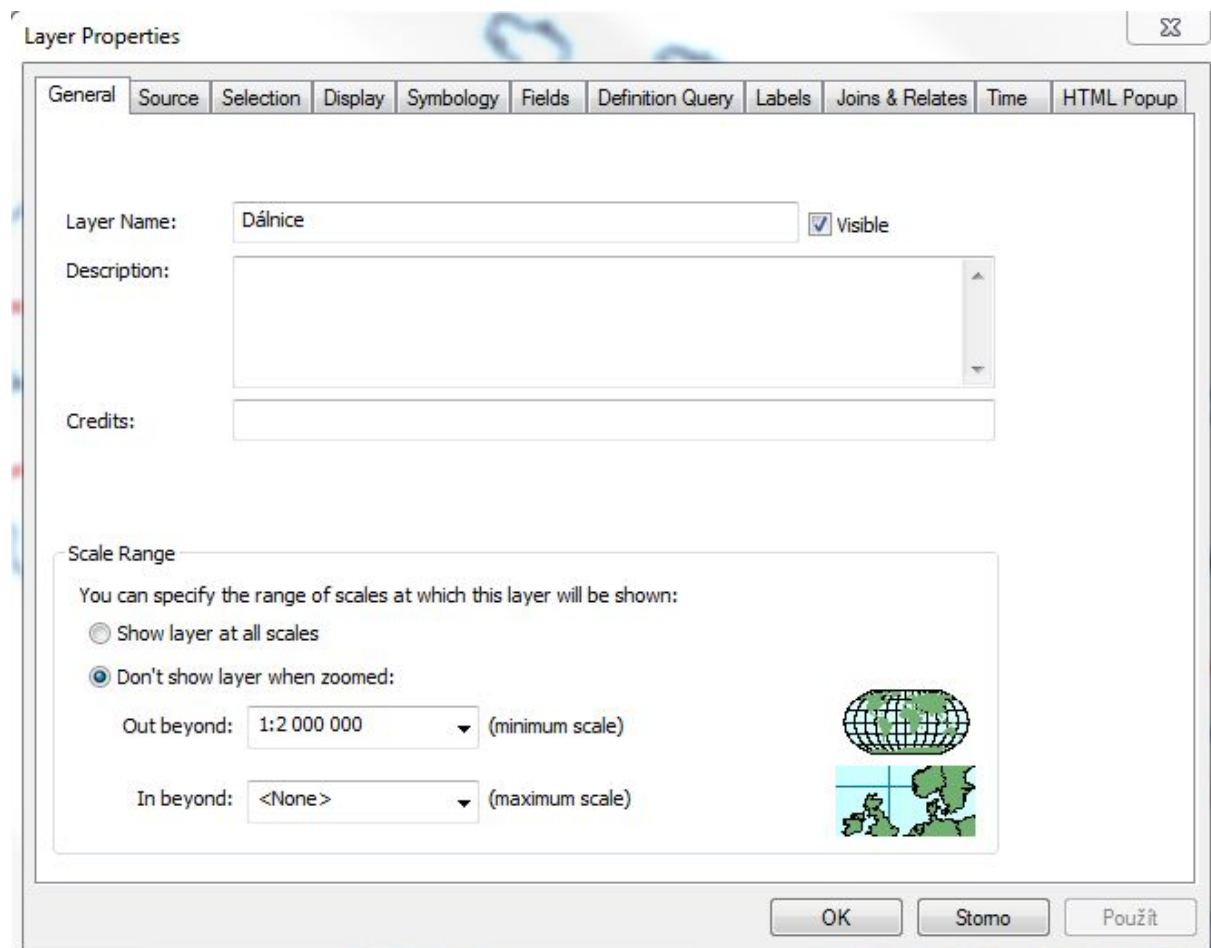


Obr. 21 Atributový dotaz pro výběr silnic III. třídy a nevidovaných silnic.

Když vytvoříme všechny požadované třídy z vrstvy silnice, můžeme si je spojit do jedné logické skupiny Silnice (v Table of Contents pomocí klávesy Shift a levého tlačítka myši označit všech 5 vrstev se silnicemi, a poté přes pravé tlačítko myši zvolit Group).

Následně vytvoříme ještě požadované tři vrstvy obcí, ze kterých si po vytvoření rovněž můžeme vytvořit logickou skupinu vrstev.

Po vytvoření všech potřebných vrstev si tyto vrstvy načteme do ArcMap a přiřadíme požadovaný rozsah měřítek, při kterých se mají tyto vrstvy v mapovém okně zobrazovat. Obrázek 22 ilustruje nastavení měřítek pro vrstvu Dálnice na záložce General v okně Layer Properties.

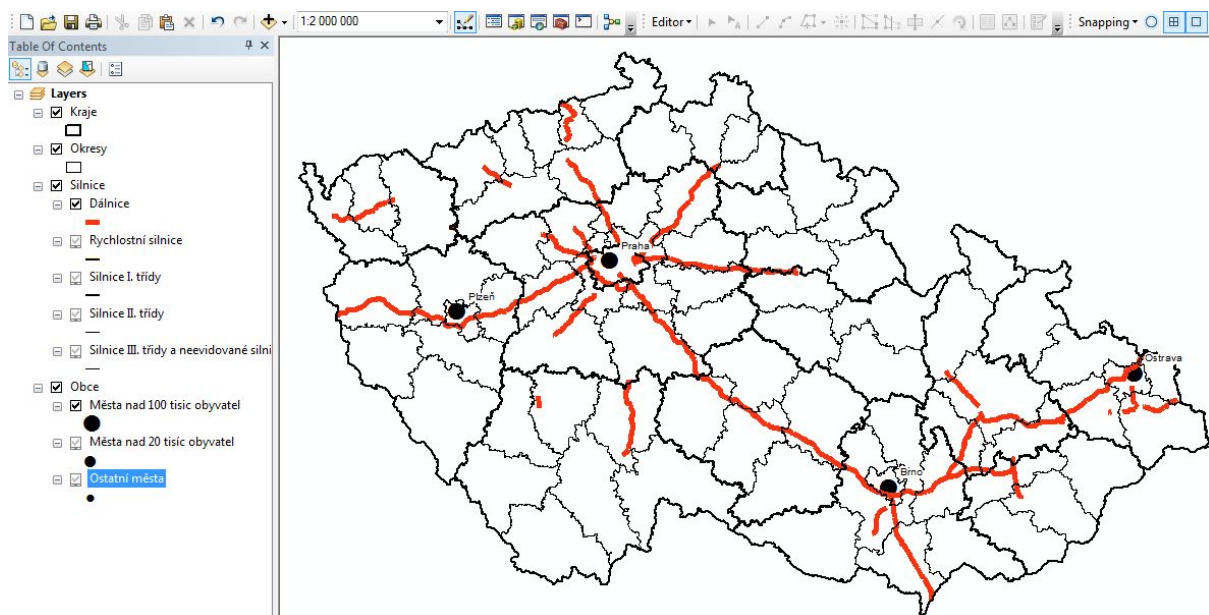


Obr. 22 Vrstva dálnice se bude zobrazovat v měřítku 1:2 000 000 a větším.

Rozsah měřítek můžeme nastavit např. takto:

- Kraje 1:2 000 000 a větší
- Okresy 1:2 000 000 a větší
- Silnice
 - Dálnice 1:2 000 000 a větší
 - Rychlostní silnice 1:1 500 000 a větší
 - Silnice I. třídy 1:1 250 000 a větší
 - Silnice II. třídy 1:1 000 000 a větší
 - Silnice III. třídy a neevidované silnice 1:500 000 a větší
- Města
 - Města nad 100 tisíc obyvatel 1:2 000 000 a větší
 - Města nad 20 tisíc obyvatel 1:1 000 000 a větší
 - Ostatní města 1:500 000 a větší

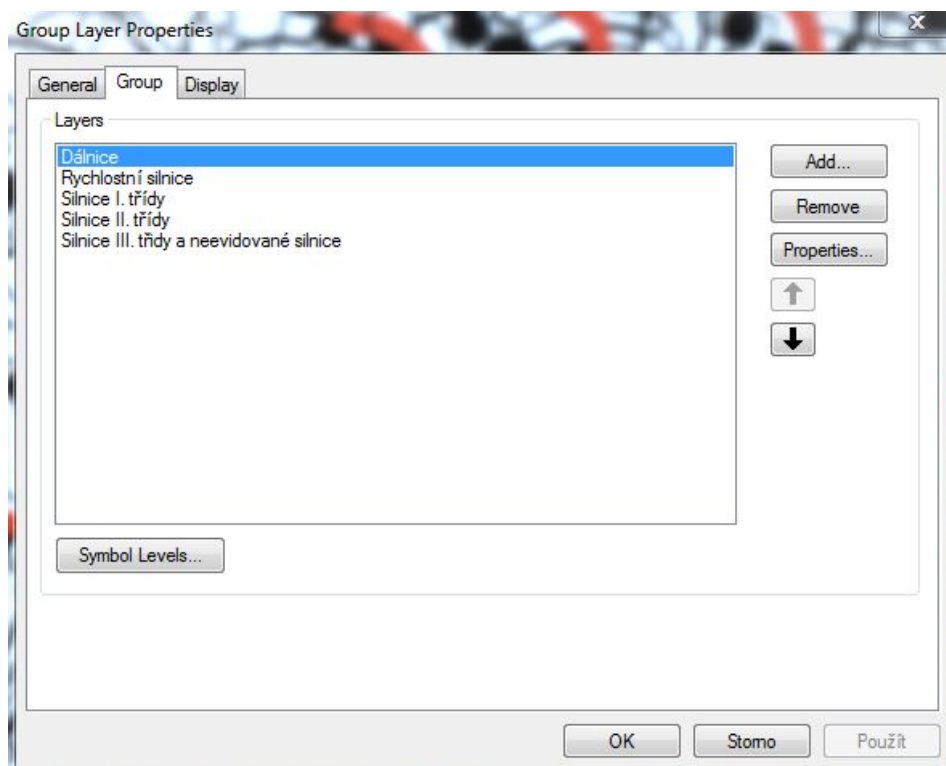
Výsledek si můžeme prohlédnout na obr. 23, kde jsou zobrazena data v měřítku 1:2 000 000 (zobrazují se pouze hranice krajů a okresů, dálnice a největší města).



Obr.23 Data se zobrazují v závislosti na aktuální měřítku.

Tip: Volba Layers -> Reference Scale -> Set Reference Scale zajistí proporcionální zvětšení / zmenšení kartografických symbolů.

Tip: Pořadí kreslení kartografických symbolů pro vrstvy v rámci jedné logické skupiny vrstev (Group) můžeme zajistit pomocí nastavení: pravé tlačítko myši nad názvem skupiny v Table of Contents -> Properties -> Group (viz obr. 24).



Obr. 24 Nastavení pořadí vykreslování vrstev pro vrstvy ze skupiny "Silnice".

ArcGIS Pro

Praktické ukázky v následujících kapitolách jsou popisovány pro software ArcGIS Pro ve verzi 2.0. Postup v jiných verzích se může mírně lišit. Zájemcům o detailní seznámení se s prostředím ArcGIS Pro lze doporučit vyčerpávající sérii tutoriálů na stránkách: <http://pro.arcgis.com/en/pro-app/get-started/pro-quickstart-tutorials.htm>

Následující popis poskytne základní vhled do prostředí ArcGIS Pro, nutný pro další kapitoly, ve kterých budou popisována konkrétní cvičení. Názvy jednotlivých částí pracovního prostředí, představené v této kapitole, budou používány i v dalších kapitolách, doporučujeme proto čtenářům se s nimi důkladně seznámit.

Seznámení s prostředím

Pro práci s ArcGIS Pro je nutné mít vytvořený uživatelský účet pro ArcGIS. Ten je možno založit na následující adrese: <https://www.arcgis.com/home/createaccount.html>. Po jeho vytvoření jsou vám k dispozici zkušební verze produktů Esri.

Po spuštění vyzve ArcGIS Pro uživatele k přihlášení pomocí ArcGIS účtu (někdy též nazývaného jako účet pro ArcGIS Online, viz obrázek 25.

ArcGIS Sign In

ArcGIS Pro wants to access your ArcGIS Online account information

Sign In **esri**

Username

Password

SIGN IN CANCEL


[Forgot password?](#) [Forgot username?](#)

OR

Sign in with **ENTERPRISE ACCOUNT**

Sign in with **f** **G+**

ArcGIS Pro developed by:



Esri

Esri publishes a set of ready-to-use maps and apps that are available as part of ArcGIS. ArcGIS is a mapping platform that enables you to create interactive maps and apps to share within your organization or publicly.

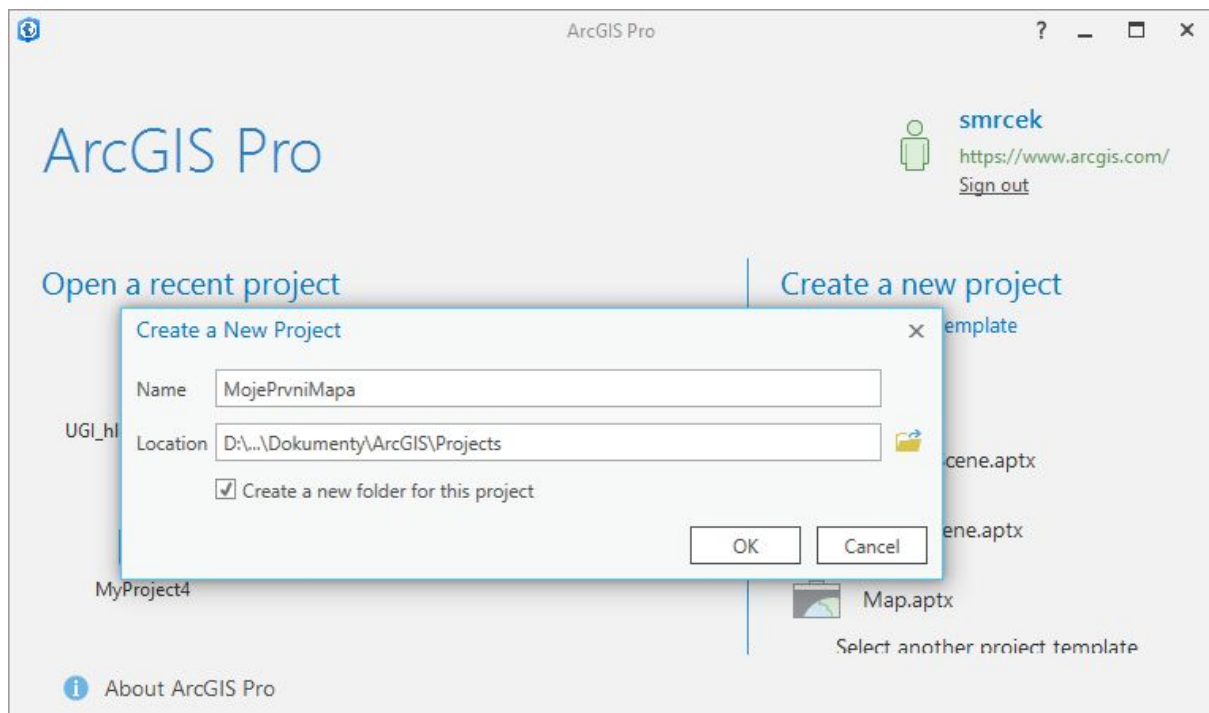
Sign me in automatically [Configure your licensing options](#)

Obr. 25 Přihlašovací obrazovka ArcGIS Pro

Práce v ArcGIS Pro je projektově organizována a proto první, co musí uživatel po přihlášení udělat, je zvolit existující nebo založit nový projekt. Na výběr má z několika šablon:

- Blank - prázdný projekt
- Global_Scene.aptx - šablona pro práci ve 3D v globálním souřadnicovém systému (např. WGS-84)
- Local_Scene - šablona pro práci ve 3D v lokálním souřadnicovém systému
- **Map.aptx** - šablona pro práci s mapou

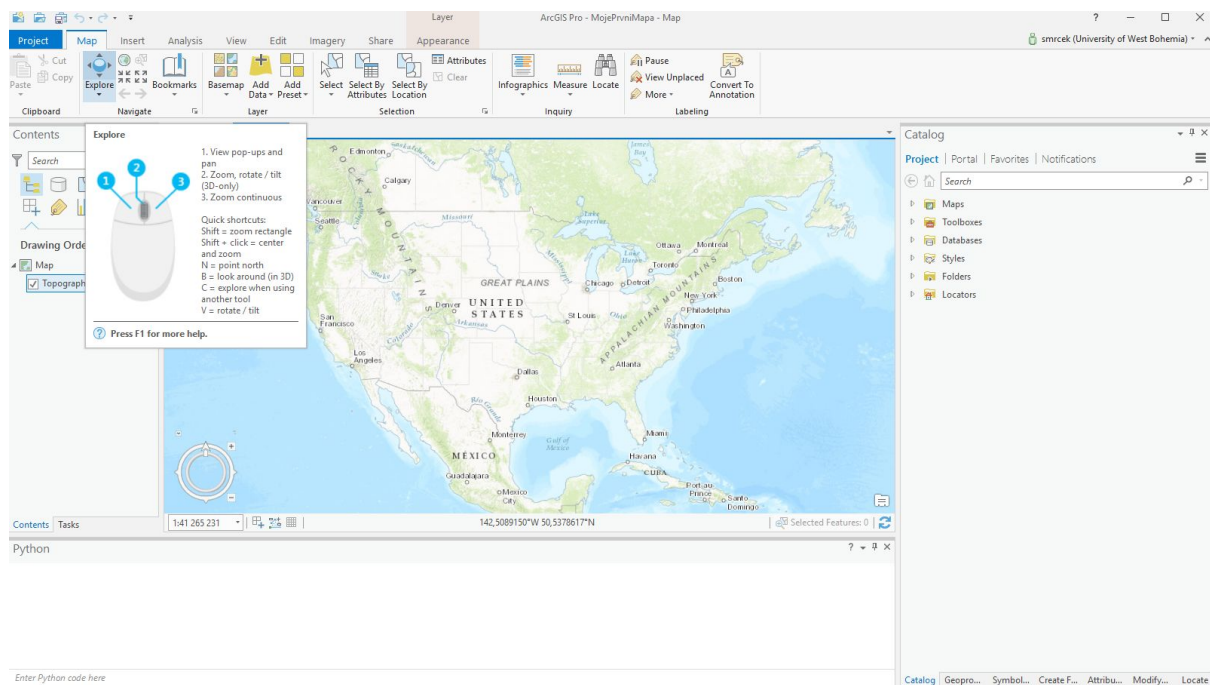
Pro první seznámení s aplikací ArcGISPro vybereme šablonu pro práci s klasickou dvojdimenzionální mapou (viz obrázek 26), 3D zobrazení do ní lze kdykoli později připojit.



Obr. 26 Založení nového projektu v ArcGIS Pro

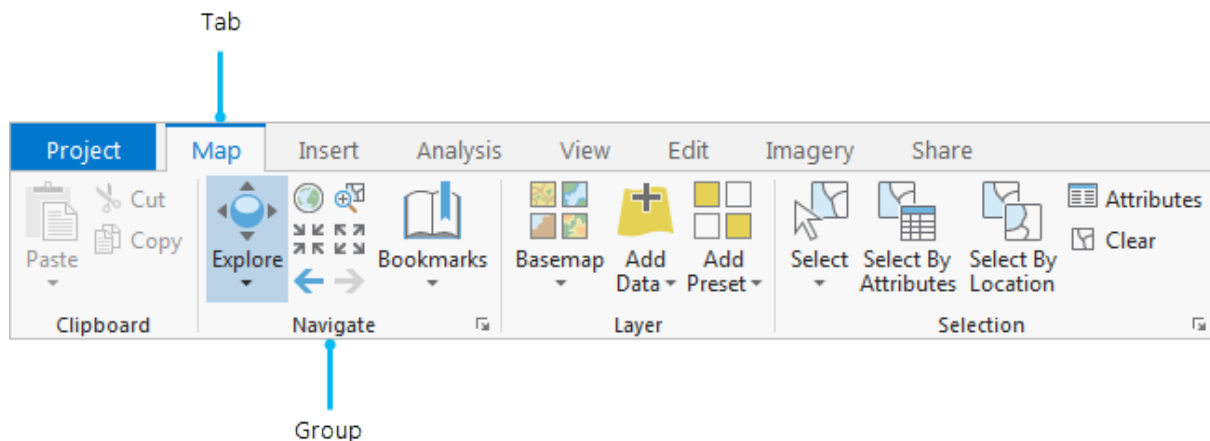
Na disku se následně ve specifikované složce (zde ..\Dokumenty\ArcGIS\Projects) založí nová složka "MojePrvniMapa". Doporučuje se nepoužívat speciální symboly, ani diakritiku. Tohoto doporučení je vhodné se držet při veškeré další práci se software.

Po otevření projektu vidí uživatel následující pracovní prostředí (viz obrázek 27):



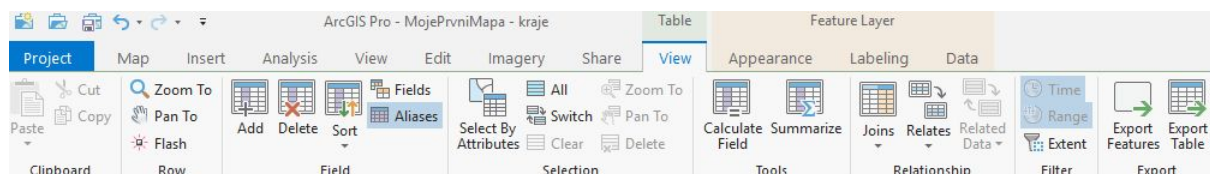
Obr. 27 Projekt v ArcGIS Pro

Základ pracovního prostředí ArcGIS Pro tvoří tzv. *Pás Karet* resp. *Pás Záložek* (nazývány Tabs v nápovědě k ArcGIS Pro). Jednotlivé záložky (Project, Map, Insert,...) se skládají ze *Skupin nástrojů*. Na obrázku 28 je aktivní záložka Map, sdružující nástroje pro práci s mapou: skupiny nástrojů Clipboard, Navigate, Layer, ...



Obr. 28 Záložka Map, Copyright © 2017 Esri.

V závislosti na typu práce s ArcGIS Pro se mohou v pásu záložek objevovat nové záložky. Například záložka *Table: View* při práci s tabulkou nebo záložky *Feature Layer: Appearance*, *labeling* a *Data*, při práci s vektorovou vrstvou, viz obrázek 29.

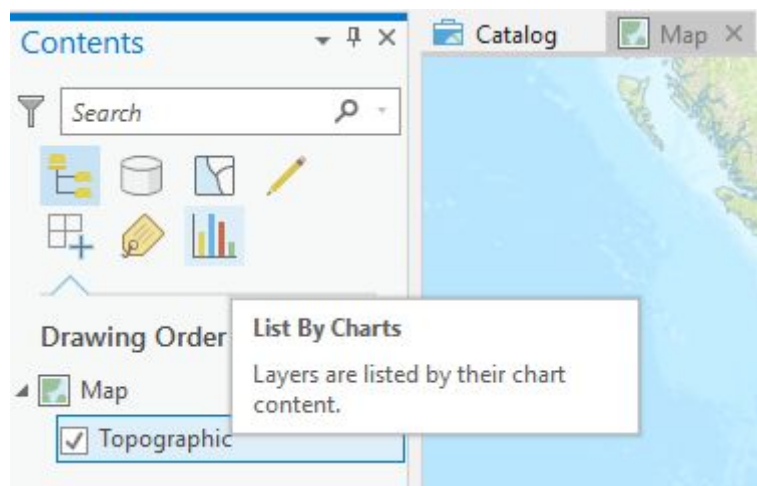


Obr. 29 Interaktivní změna pásu záložek při práci s tabulkou. Aktivní záložka Table: View, v pozadí aktivována i záložky *Feature Layer: Appearance, labeling a Data*.

Uprostřed aplikace samozřejmě zaujme *Mapové okno (Map view)* s přednastavenou podkladovou mapou (*Background map*), ovšem důležitý je i *Panel obsahu projektu (Content pane)* po levé straně a *Katalogový panel (Catalog pane)* vpravo¹. Na obrázku 27 je vidět m.j. i kontextová nápověda, která vyběhne po najetí myši na libovolný prvek pracovního prostředí - v tomto případě na nástroj *Explore*, umožňující intuitivní procházení mapy.

Content pane má několik graficky vyznačených záložek, počínaje Výpisem vrstev podle pořadí, jak se v mapě vykreslují (odspodu nahoru) ~ *List By Drawing Order*, přes *List By Data Source* ~ výpis podle umístění zdroje dat na disku, až po výpis všech grafů použitých v projektu (*List By Charts*), viz obr. 30.



Okno *Python* ve spodní části slouží k automatizaci často prováděných operací, ocení jej spíše až zkušenější uživatelé, pro začátečníky je doporučeno toto okno vypnout.



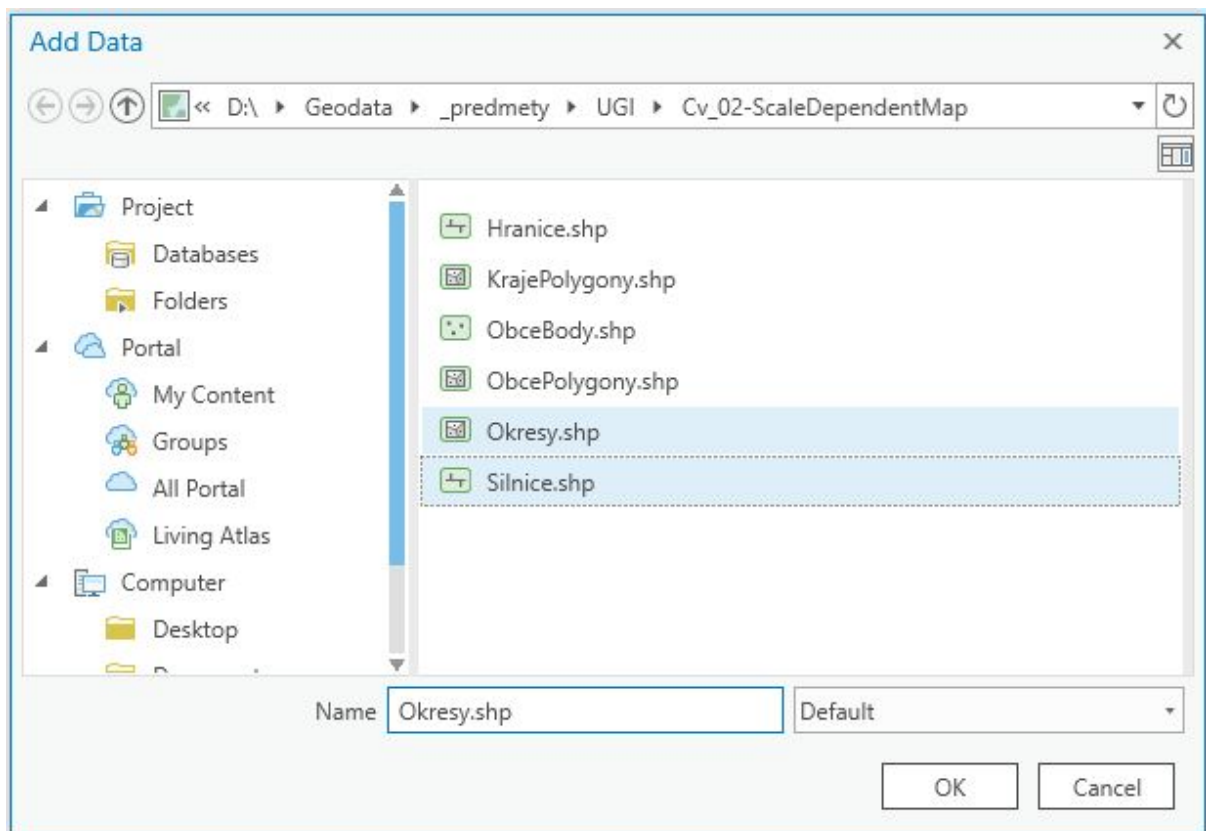
Obr. 30 Content pane.

Catalog pane je dále dělen na záložky (*Project, Portal, Favorite, ...*). Aktivní záložka *Project* (viz obr 27) obsahuje složky, ve kterých lze nalézt mapy, sady nástrojů (*Toolboxes*), data (*Databases*) a další součásti projektu *MojePrvniMapa.aprx*.

Přidání vrstvy z disku

Pro načtení vrstvy z disku slouží ikona *Add Data*  v záložce *Map*. Pokud budeme často načítat data z nějakého konkrétního adresáře, lze si ho připojit pomocí ikony *Connect to Folder*  v záložce *Insert*. Vlastní přidání vrstvy pak provedeme jejím označením ze seznamu dostupných vrstev v daném adresáři a zvolíme *Add*. Přidat lze i více vrstev najednou po přidržení klávesy *Shift* nebo *Ctrl*. Obrázek 31 ilustruje přidání dvou vrstev typu *shapefile* (více viz infobox na straně XY).

¹ Rozmístění panelů může uživatel měnit.



Obr. 31 Přidání dvou vrstev typu shapefile z disku.

Po načtení se vrstvy zobrazí v Panelu obsahu (*Content pane*) a samozřejmě do mapového okna (*Map view*).

Mapové okno má několik vlastností, především:

- název mapy (výchozí název je *Map*),
- souřadnicový systém mapy (*coordinate system*),
- jednotky mapy (*map units*) ~ metry / kilometry / míle / stupně, atp.,
- jednotky zobrazené v mapovém okně (*display units*),
- .. a další

Všechny vlastnosti mapy jsou dostupné po kliknutí pravým tlačítkem na název mapy v *Contents pane* (viz např. "Map" na obrázku 30.)² pod volbou *Properties*.

Pokud mají data načítaná do ArcGIS Pro definovaný souřadnicový systém, pak se informace o souřadnicovém systému nastaví pro Mapu automaticky (společně s informacemi o *map units* a *display units*).

V opačném případě je potřeba (např. z důvodu správného provádění prostorových analýz) tyto informace nastavit ručně v dialogu *Data Frame Properties*, který je dostupný přes právě

² Princip kontextových menu funguje na většině prvků v prostředí ArcGIS Pro. Po kliknutí pravým tlačítkem na název vrstvy lze zobrazit vlastnosti vrstvy, atp.

tlačítko myši nad názvem datového rámce a volbou Properties. Potřebné informace o datovém rámci se pak nastavují v záložkách Coordinate System a General.

Více o souřadnicových systémech v kapitole [Transformace souřadnicových systémů](#) a předmětu Matematická kartografie.

Tvorba mapových výstupů v GIS

Kartogram

Kartogram je mapa s dílčími územními celky, do kterých jsou plošným způsobem znázorněna statistická data (jedná se o relativní hodnoty) většinou geografického charakteru. Kartogram je jednou z nejpoužívanějších metod tematické kartografie. Metoda kartogramu se často kombinuje s jinými metodami, nejčastěji s metodou kartodiagramu. To má výhodu současné prezentace absolutních i relativních hodnot (<http://old.gis.zcu.cz/studium/tka/Slides/kartogramy.pdf>).

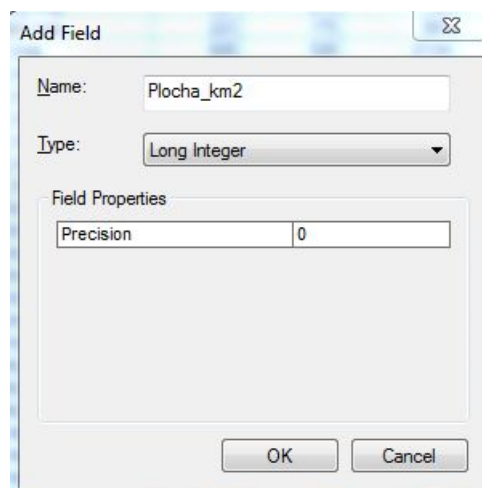
Mapa hustoty zalidnění okresů ČR v roce 2011

Vstupní data:

- OkresyPolygony (vrstva z datové sady ArcČR 500 verze 3.3)

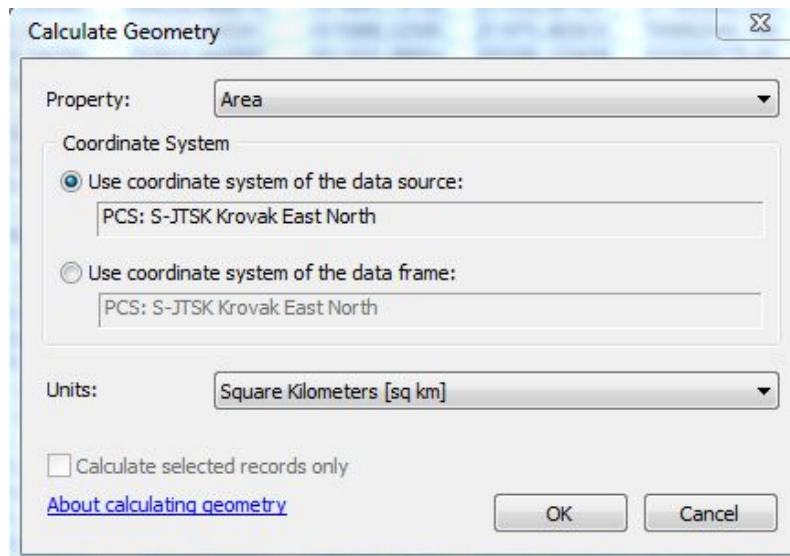
Informaci o hustotě zalidnění v jednotlivých okresech ČR znázorníme pomocí kartogramu.

Hustotu zalidnění typicky vyjadřujeme v počtech obyvatel na kilometr čtvereční. V dalším průběhu tvorby mapy budeme potřebovat atributový sloupec, ve kterém bude informace o rozloze okresu v km² uložena. Proto jako první krok vytvoříme ve vrstvě OkresyPolygon atributový sloupec Plocha_km2 (otevřeme si atributovou tabulku a v Table Options zvolíme Add Field; *bližší informace o vytvoření atributového sloupce viz kapitola [Aktivní tvorba a editace vektorových dat](#), podkapitola Přidání atributového sloupce*).



Obr. 32 Přidání atributového sloupce.

Následně do sloupce Plocha_km2 vypočteme plochu v kilometrech čtverečních (s využitím funkce *Calculate Geometry*; klikneme pravým tlačítkem myši nad názvem sloupce Plocha_km2 a zvolíme *Calculate Geometry* - vizte obrázek 33).



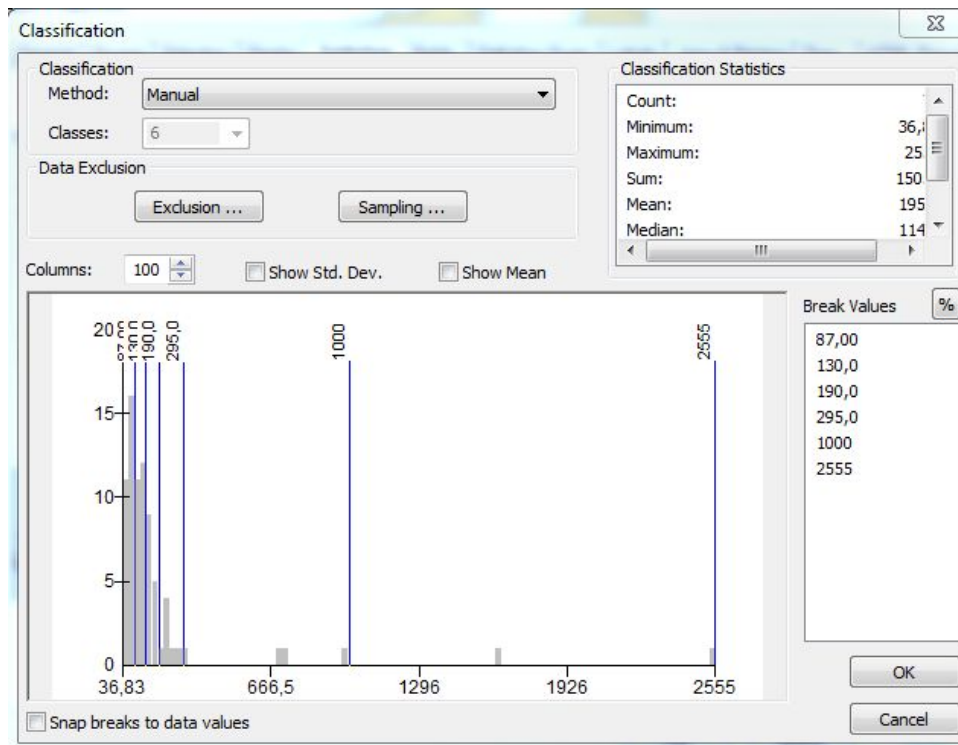
Obr. 33 Výpočet plochy (v kilometrech čtverečních) jednotlivých okresů.

V ArcMap pro tvorbu kartogramu (ale i kartodiagramu) slouží záložka Symbology ve vlastnostech (Properties) příslušné vrstvy. K vytvoření kartogramu následně vybereme možnost Quantities -> Graduated colors.

Pokud chceme zobrazit v mapě informaci o hustotě zalidnění, je nejprve nutné z rozbalovací nabídky Value vybrat atributový sloupec s údaji o počtu obyvatel. Z dostupného popisu dat lze vyčíst, že sloupec POCET_OBYV obsahuje informaci o počtu obyvatel z výsledků Sčítání lidí, domů a bytů v roce 2011. Zvolíme tedy jako zdroj informací o počtu obyvatel v jednotlivých okresech tento atributový sloupec.

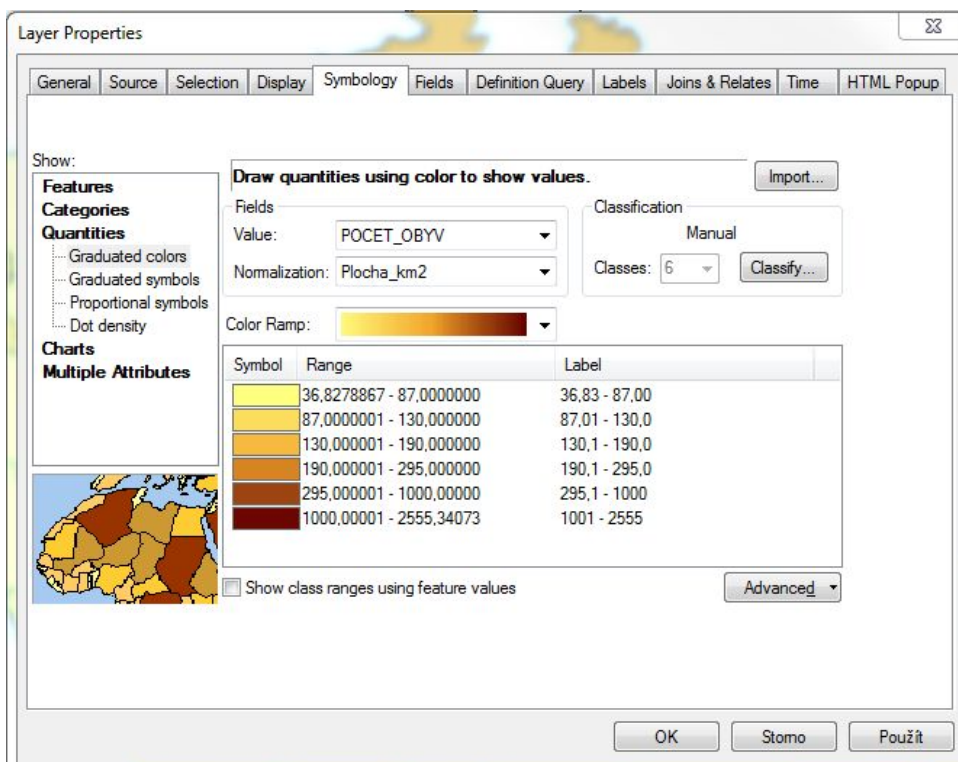
Abychom skutečně zobrazili informaci o hustotě (kartogram zobrazuje relativní hodnoty), je potřeba vyplnit hodnotu Normalization. V případě hustoty obyvatel zvolíme připravený sloupec Plocha_km2.

Další nastavení je počet intervalů, do kterých budou nabývané hodnoty hustoty zalidnění rozdělené, nastavíme 6. Přes volbu Classify zobrazíme okno Classification. V okně Classification ještě můžeme nastavit tzv. Break Values, které ohraničují jednotlivé intervaly. Z důvodů zvýšení čitelnosti mapy nastavíme tyto hodnoty na celočíselné (viz obr. 34).



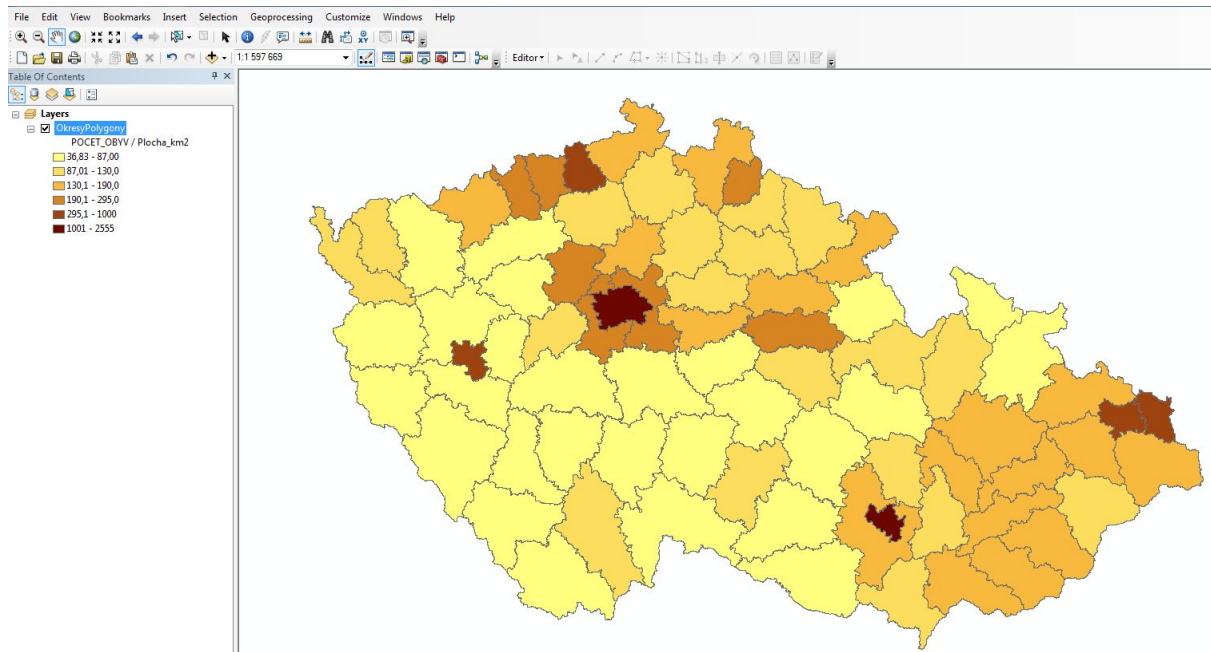
Obr. 34 Nastavení klasifikace - volba použité metody a nastavení velikosti intervalů (Break Values).

Nastavení kartogramu pak bude vypadat jako na obrázku 35.



Obr. 35 Vytvoření kartogramu znázorňujícího počet obyvatel na kilometr čtvereční.

Vytvoření kartogramu potvrdíme stiskem tlačítka Použít a OK. Data budou vypadat jako na obrázku 36.



Obr. 36 Kartogram znázorňující hustotu zalidnění v jednotlivých okresech.

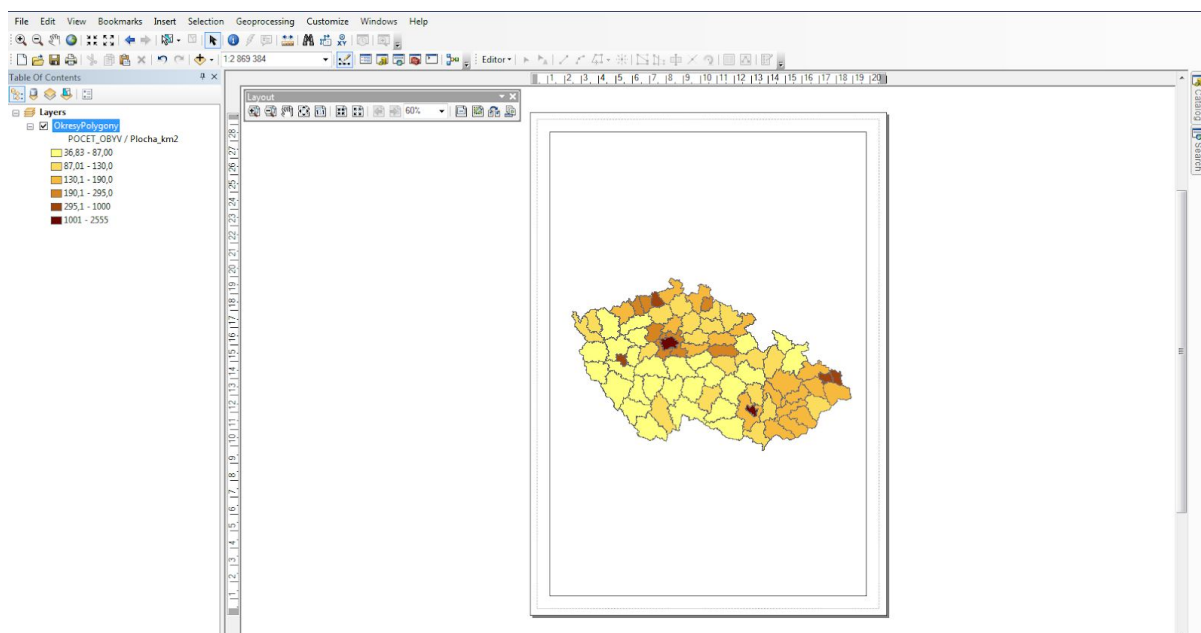
Prvky mapové kompozice

Pokud vytváříme tematickou mapu, musíme dát pozor, aby tato mapa obsahovala povinné prvky mapové kompozice. Těmi jsou:

- mapové pole,
- název,
- legenda,
- měřítko,
- tiráž.

Mezi další důležité prvky mapy patří směrovka.

Pro vytvoření mapy obsahující všechny výše uvedené prvky je potřeba se přepnout do tzv. Layout View (menu View -> Layout View). Po přepnutí vypadá pracovní prostředí jako na obrázku 37.

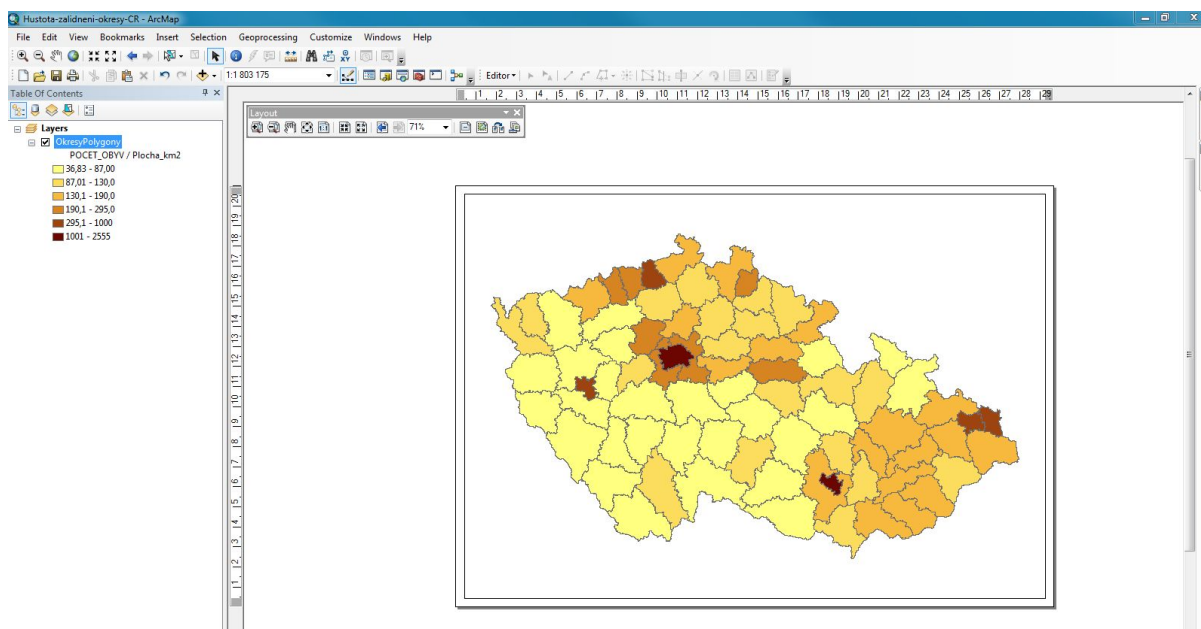


Obr. 37 Zobrazení dat po přepnutí do Layout View.

Vzhledem k rozložení dat je vhodné přepnout orientaci stránky do orientace na šířku (menu File -> Page and Print Setup; Orientation: Landscape). Tím dojde ke změně orientace stránky do orientace na šířku.

Abychom novou orientaci uzpůsobili i rozložení dat, klikneme na data v mapovém okně levým tlačítkem myši a následně pravým tlačítkem myši (nad daty v mapovém okně) a zvolíme Distribute -> Fit to Margins.

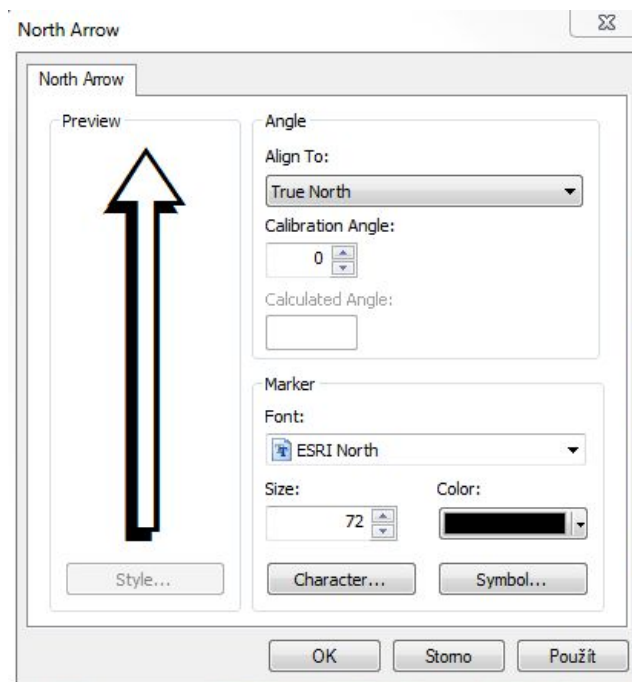
V posledním kroku (abychom maximalizovali plochu mapy využitě vlastními daty), zvolíme opět pravé tlačítko myši nad daty v mapovém okně a následně volbu Full Extent. Po provedených úpravách vypadá pracovní prostředí jako na obr. 38.



Obr. 38 Úprava dat v Layout View.

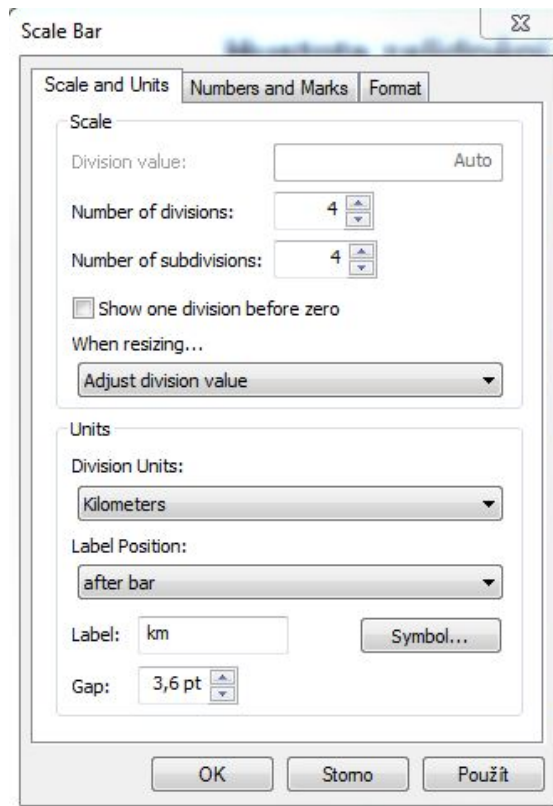
Přidání jednotlivých povinných a dalších prvků mapové kompozice se provádí přes menu Insert. V případě názvu a tiráže se vloží do mapy textové pole, do kterého zapíšeme požadované informace. Zadaný text je následně možné editovat, aby text (v případě názvu) byl například dobře čitelný.

U směrovky v jejích vlastnostech (Properties) zvolíme její nastavení na geografický sever (Align To: True North), viz obr. 39.



Obr. 39 Nastavení orientace směrovky na geografický sever.

Pokud budeme chtít naši mapu vytisknout, přidáme kvůli srážce papíru grafické měřítko. Ve vlastnostech měřítka nastavíme jako jednotky dělení (Division Units) kilometry a za měřítko umístíme popisek “km” (viz obr. 40).



Obr. 40 Nastavení grafického měřítka.

Přidáním legendy nás provede průvodce Legend Wizard (dostupný přes menu Insert -> Legend). Pokud v jednotlivých krocích průvodce ponecháme veškerá nabídnutá nastavení, bude mít legenda po přidání do ArcMap podobu, jak ji znázorňuje obrázek 41 (a). Je zřejmé, že vytvořenou legendu bude potřeba ještě upravit. K tomu nad legendou klikneme pravým tlačítkem myši a zvolíme možnost Convert to Graphics a následně ještě jednou pravým tlačítkem myši nad legendou a možnost Ungroup. Nyní bude možné přistupovat a upravovat či odstranit jednotlivé elementy legendy (viz obrázek 41 (b)).



Obr. 41 (a) Legenda tak, jak ji ve výchozím nastavení vytvoří průvodce. (b) Funkce Ungroup rozdělí legendu na jednotlivé elementy.

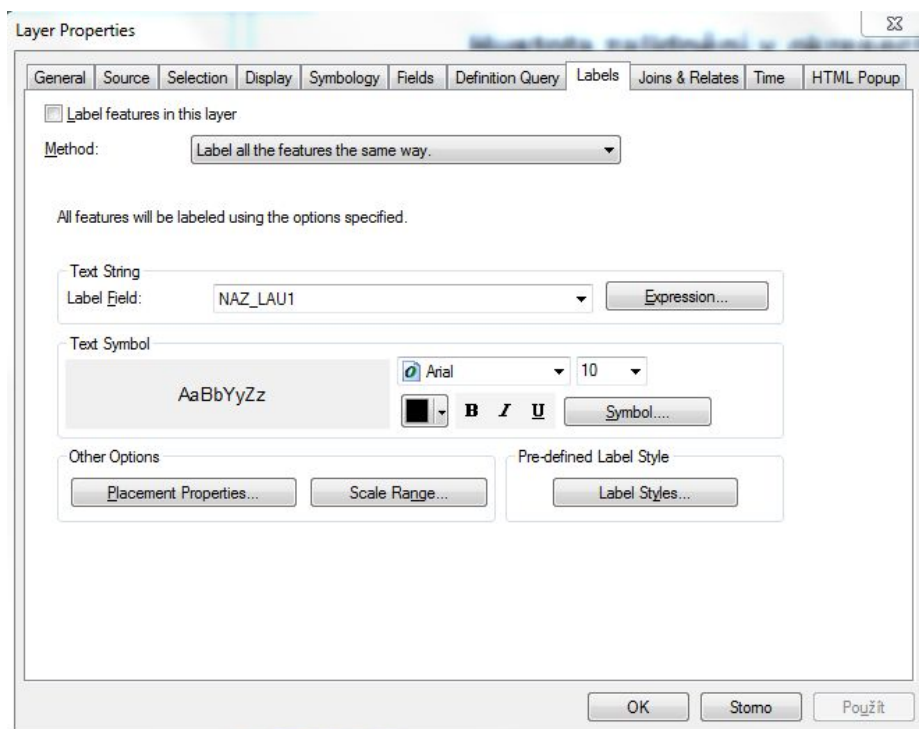
Po provedených úpravách je možné všechny elementy legendy označit a přes pravé tlačítko myši a volbu Group sloučit do jediného prvku. Upravenou legendu ilustruje obrázek 42.



Obr. 42 Upravená legenda.

Přidání popisků

Pro lepší orientaci ve vytvořené mapě přidáme do mapy ke každému okresu informaci o názvu příslušného okresu ve formě popisku. Názvy okresů máme dostupné v atributu NAZ_LAU1. Abychom zajistili, že se budou zobrazovat popisky právě z tohoto sloupce, otevřeme Properties a záložku Labels. V poli Label Field pak z rozbalovací nabídky vybereme sloupec NAZ_LAU1, viz obr. 43. Na záložce Labels je možné rovněž nastavit velikost popisků.

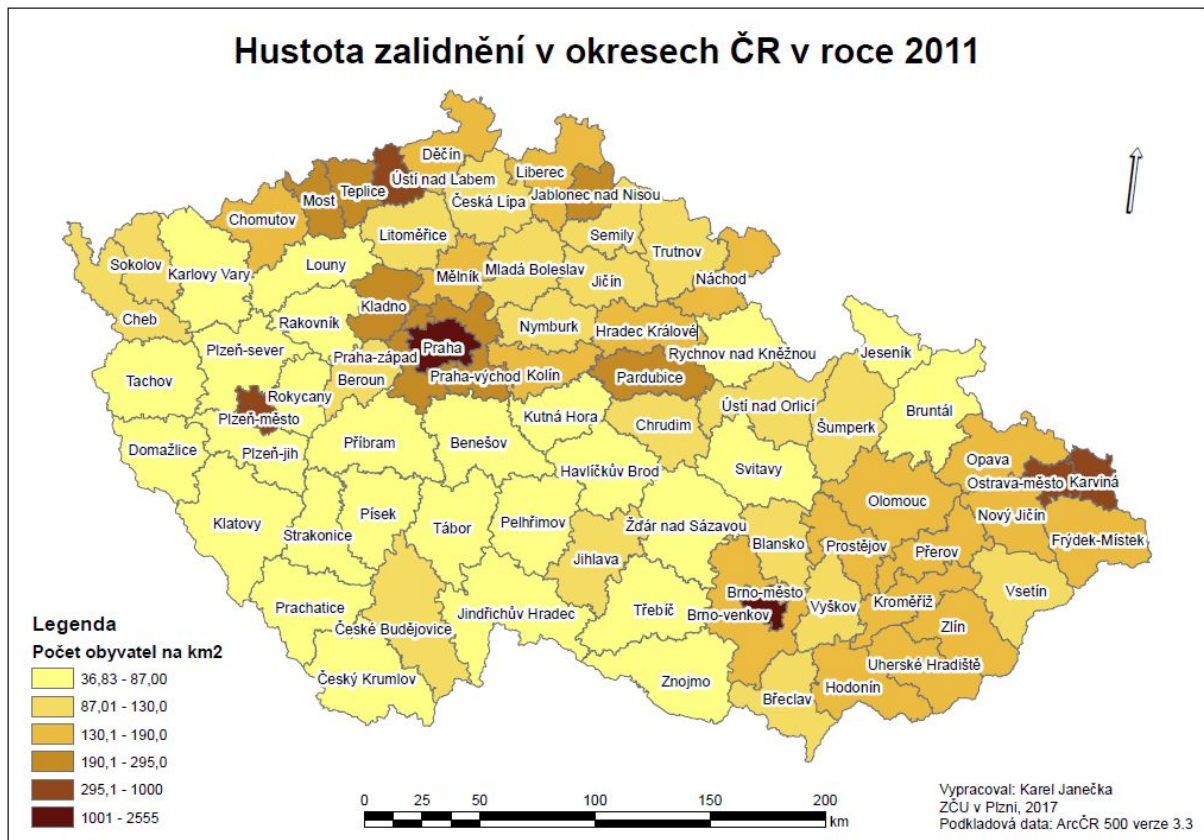


Obr. 43 Nastavení popisků na záložce Labels.

Abychom zajistili zvýšení čitelnosti v mapě, klikneme na záložce Labels na možnost Symbol... a následně na Edit Symbol... Otevře se nám tím okno Editor, kde klikneme na záložku Mask a zaškrtneme Style: Halo.

Zobrazení popisků pak provedeme přes pravé tlačítko myši nad názvem vrstvy a volbou Label Features.

Vytvořenou mapu je možné exportovat (File -> Export Map) do několika formátů (např. pdf, png) a ve zvoleném dpi (vyšší dpi zajistí lepší kvalitu vytištěné mapy). Vyexportovaná mapa je zobrazena na obr. 44.



Obr. 44 Mapa hustoty zalidnění v okresech ČR v roce 2011.

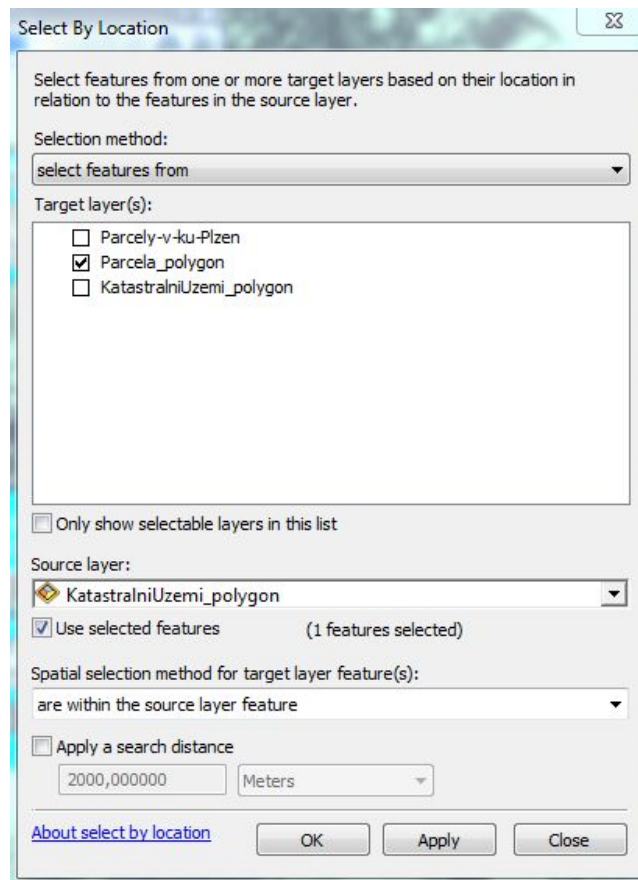
Mapa druhů pozemků v k.ú. Plzeň

Úkol: Vytvoření mapy druhů pozemků v k.ú. Plzeň

zdrojová data: RÚIAN (vrstvy: parcely, katastrální území), číselník SC_D_POZEMKU.csv

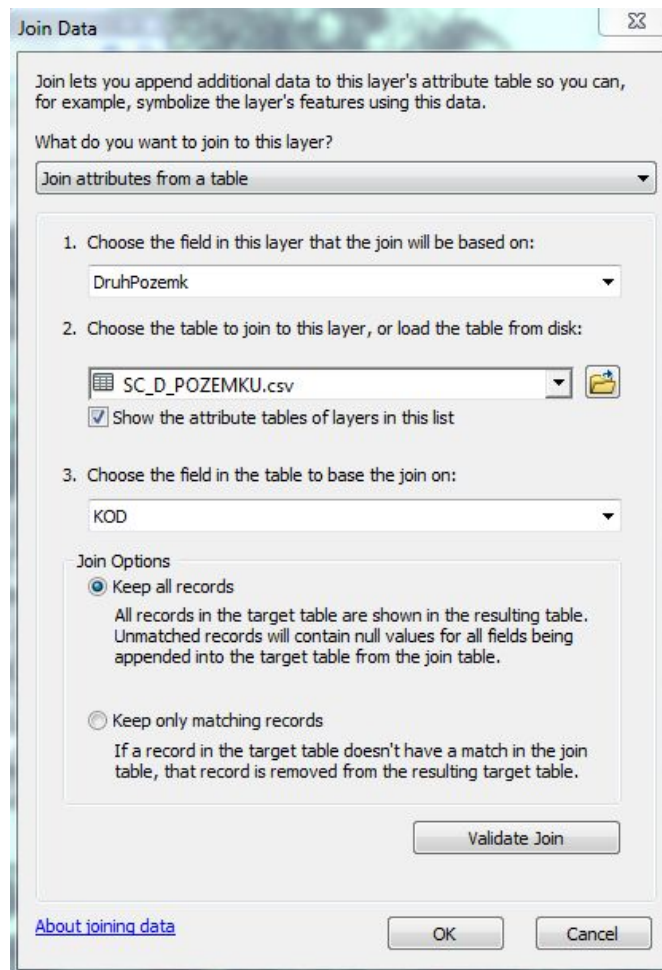
Řešení:

1. Z vrstvy katastrálních území vybereme (atributovým dotazem: Selection -> Select by Attributes...) katastrální území Plzeň.
2. Z vrstvy parcel vybereme (prostorovým dotazem: Selection -> Select by Location...) pouze parcely ležící v k.ú. Plzeň.



Obr. 45 Prostorový výběr parcel ležících v k.ú. Plzeň.

3. K parcelám připojíme (pravé tlačítko myši nad vrstvou parcel obsahující parcely v k.ú. Plzeň -> Joins and Relates a Join...) z číselníku textovou informaci o druhu pozemku.



Obr. 46 Připojení informací o druhu pozemku k vrstvě parcel ležících v k.ú. Plzeň.

4. Vytvoříme tematickou mapu znázorňující druhy pozemků v k.ú. Plzeň (viz obr. 47).
(Nápověda: vizte kapitolu [Tvorba základní mapové symboliky](#))



Obr. 47 Mapa druhů pozemků v k.ú. Plzeň

Aktivní tvorba a editace vektorových dat

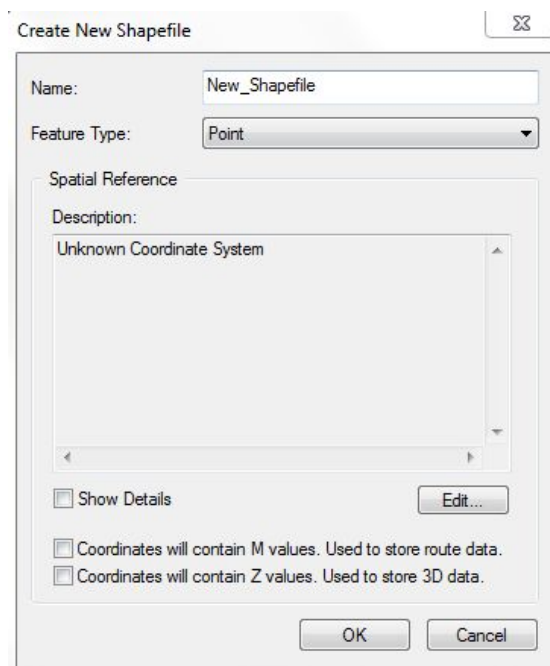
Cílem této kapitoly je ukázat, jak vytvořit novou vrstvu (ve formátu shapefile) a jak naplnit tuto vrstvu vektorovými daty včetně atributů. Jako podkladová data použijeme výřez naskenovaného mapového listu III. Vojenského mapování (viz obr. 48).



Obr. 48 Výřez mapového listu III. Vojenského mapování

Tvorba nové vrstvy v ArcCatalog

ArcGIS nabízí pro tvorbu nové vrstvy software ArcCatalog. Pro založení nového shapefile je potřeba v Catalog Tree označit (levým tlačítkem myši) adresář, do kterého chceme shapefile vytvořit. Následně nad názvem tohoto cílového adresáře klikneme pravým tlačítkem myši a zvolíme New -> Shapefile... Případně po výběru adresáře pro vytvoření nového shapefile zvolíme menu File -> New -> Shapefile... Tím se nám zobrazí okno jako na obr. 49.



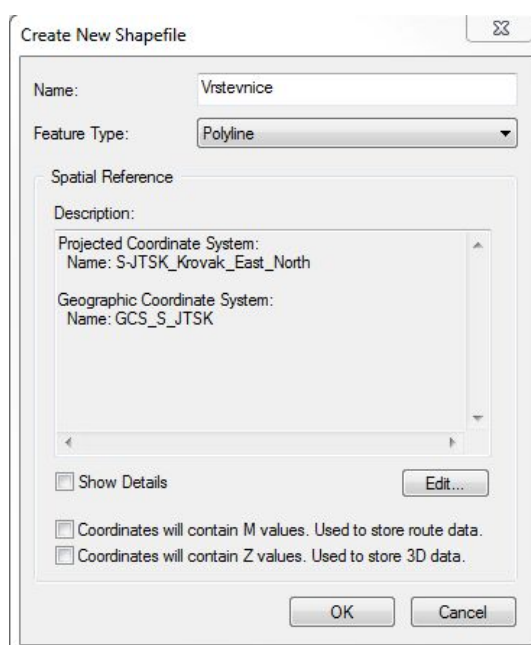
Obr. 49 Založení nového shapefile v ArcCatalog.

V poli "Name" zadáme název nové vrstvy. Předpokládejme, že v tuto chvíli chceme vytvořit novou vrstvu, do které budeme přidávat (vektorizovat) vrstevnice z naskenovaného mapového listu III. Vojského mapování. Do pole pro název tedy zapíšeme "Vrstevnice".

Jednotlivé vrstevnice budou v nové vrstvě reprezentovány liniemi. Z rozbalovací nabídky "Feature Type" tedy zvolíme hodnotu "Polyline". Kromě toho nabízí ArcCatalog ještě tyto možnosti:

- Point (pro bodová data)
- Polygon (pro polygonová data)
- MultiPoint (pro množinu bodů se shodnými atributy)
- MultiPatch (pro 3D objekty)

V části "Spatial Reference" nastavíme souřadnicový systém. Po stisknutí tlačítka "Edit" se nám otevře okno "Spatial Reference Properties", ve kterém vyhledáme požadovaný souřadnicový systém. V našem případě nastavíme "S-JTSK Krovak EastNorth".



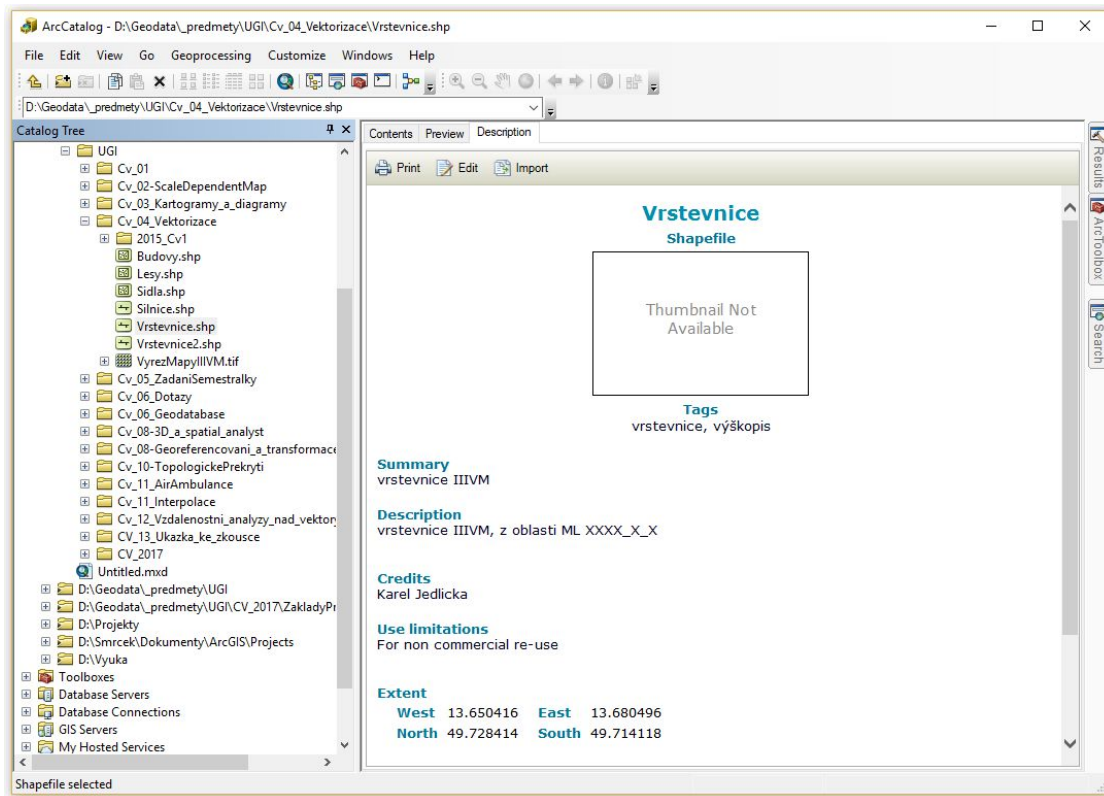
Obr. 50 Vytvoření nové vrstvy Vrstevnice v souřadnicovém systému S-JTSK.

Zaškrtnutím volby "Show Details" (nepovinné) si můžeme nechat vypsát detailní informace o nastaveném souřadnicovém systému. Pokud by shapefile obsahoval linie reprezentující routovatelná data, zašrtli bychom volbu "Coordinates will contain M values. Used to store route data". Pokud by shapefile obsahoval trojrozměrná data, zašrtli bychom volbu "Coordinates will contain Z values. Used to store 3D data".

Po vytvoření vrstvy můžeme v ArcCatalog vyplnit metadata. Vybereme vrstvu, pro kterou chceme metadata vytvořit a na záložce "Description" se nám po stisku "Edit" zpřístupní jednotlivé metadatové položky pro zápis³.

³ Nastavení stylu pro metadata je možné provést v ArcCatalog Options (menu Customize -> ArcCatalog Options...). Na záložce "Metadata" můžeme zvolit požadovaný styl (např. INSPIRE či ISO 19139).

Na obrázku 51 můžeme vidět příklad metadat vyplněných pro vrstvu vrstevnic



Obr. 51 Dialog pro vyplnění metadat

Vektorizace v ArcMap

Pro přidání prvků do nově vytvořené vrstvy (shapefile Vrstevnice) si tuto vrstvu načteme do ArcMap a otevřeme si panel nástrojů Editor (menu Customize -> Toolbars -> Editor).

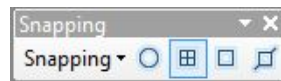
Poznámka: Pokud do ArcMap načtete nejprve georeferencovaný rastr s výřezem mapy III. Vojenského mapování a až poté nově vytvořenou vrstvu (shapefile), nemusí být výřez mapy viditelný. V takovém případě zvolte pravé tlačítko myši nad rastrem v Table of Contents -> Zoom To Layer.

Editaci zahájíme přes Editor -> Start Editing. Pozor - pokud máme v ArcMap načteno více vrstev, které je teoreticky možné editovat, musíme správně zvolit vrstvu, kterou chceme doopravdy editovat.

Ještě než začneme vytvářet nové prvky (nyní vrstevnice), nastavíme si tzv. snapping, abychom vytvářeli topologicky čistá data. Snapping je vhodné nastavit pro každou vrstvu zvlášť, abychom nastavili pouze to, co je potřeba. Panel nástrojů Snapping si otevřeme přes Editor -> Snapping -> Snapping Toolbar.

V případě vrstevnice budeme požadovat, aby byl koncový uzel vrstevnice identický s počátečním uzlem. Na panelu nástrojů Snapping tedy zvolíme End Snapping (přichytávání se na počáteční nebo koncový uzel linie, viz obr. 52). Kromě toho můžeme ještě nastavit tyto možnosti:

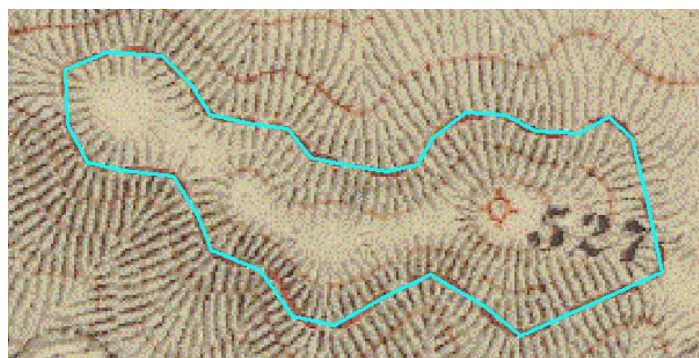
- Point Snapping. Přichytávání se na bodovou geometrii.
- Vertex Snapping. Přichytávání se na mezilehlé vrcholy.
- Edge Snapping. Přichytávání se na linie či hranice polygonů.



Obr. 52 Panel nástrojů Snapping s nastavením End Snapping.

Poslední nastavení, které provedeme na panelu nástrojů Snapping, je zaškrtnutí volby Snap To Sketch (Snapping -> Snap To Sketch). Toto nastavení nám umožní využít snapping pro dočasnou (doposud neuloženou) kresbu. Pokud budeme například vytvářet novou vrstevnici, která není zatím v datech uložena, umožní nám tato volba přichytit se na počáteční uzel kresby vytvářené vrstevnice.

Pro vytvoření nového prvku slouží funkce Create Features. Při vektorizaci volíme jednotlivé vrcholy tak, aby vznikající vektorová kresba nevybočovala z prvku vyznačeného ve zdrojovém rastru (viz obr. 53). V případě, že vektorizujeme liniový prvek (např. vrstevnici) a máme nastavený snapping (End Snapping), můžeme se v posledním kroku vektorizace přichytit kurzorem myši na počáteční bod. Následně ukončíme vektorizaci prvku volbou Finish Sketch (přes pravé tlačítko myši nad zvektorizovaným prvkem a volbou Finish Sketch, případně stiskem klávesy F2).



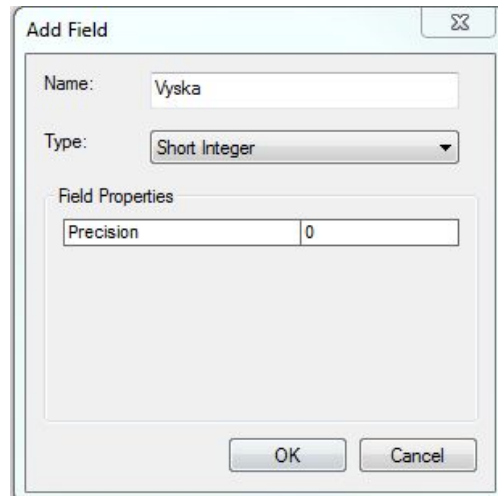
Obr. 53 Zvektorizovaná vrstevnice.

Vektorizaci uložíme přes Editor -> Save Edits.

Přidání atributového sloupce

Vytvořením nové vrstvy v ArcCatalog automaticky vznikne i odpovídající soubor *.dbf, který slouží pro uložení atributových dat (atributové tabulky). Ve výchozím stavu se v tabulce vytvoří pouze sloupce FID, Shape a Id. Při vektorizaci budeme často chtít kromě vytvoření prostorových dat vytvářet (resp. ukládat v atributové tabulce) i odpovídající atributová data.

V případě vrstevnic to např. bude údaj o nadmořské výšce. Abychom mohli přidat nový sloupec, otevřeme si atributovou tabulku a v Table Options zvolíme Add Field (pokud by tato volba byla neaktivní, musíme ukončit editovací režim). Vyplníme název sloupce, vhodný datový typ a případně počet desetinných míst (viz obr. 54).

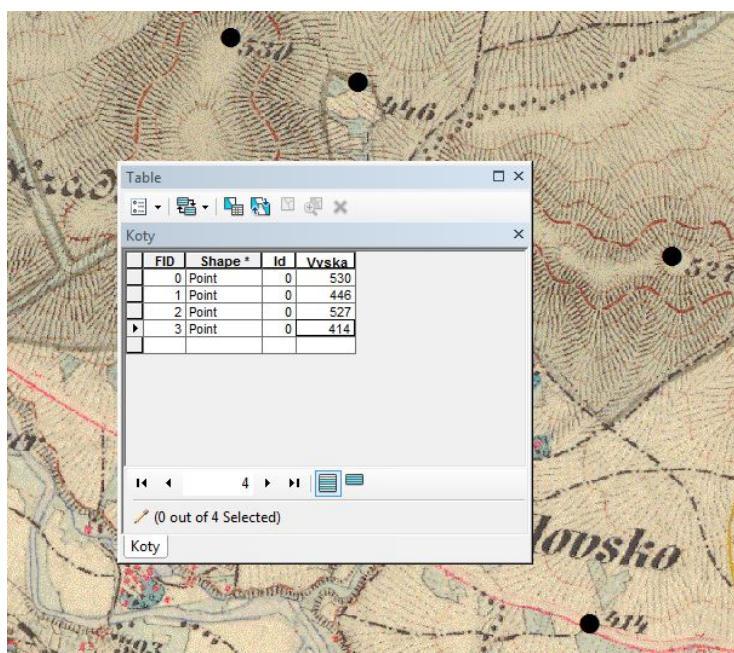


Obr. 54 Přidání atributového sloupce.

Abychom mohli vepsat do nově přidaného sloupce hodnotu, je potřeba znovu pustit režim editování. Na mapách III. Vojenského mapování jsou rozestupy vrstevnic 20 metrů, tučně vyznačené vrstevnice jsou pak celočíselnými násobky sta. Zvektorizovaná vrstevnice na obr. 53 tak bude mít hodnotu 500, kterou zapíšeme do atributové tabulky.

Vektorizace bodové vrstvy

Pokud budeme chtít vytvořit vrstvu, do které budeme ukládat prvky reprezentované bodovou geometrií, postupujeme při vytvoření vrstvy stejně jako v předchozím případě, pouze hodnotu *Feature Type* zvolíme *Point*. Body mohou být reprezentovány například kóty. Na obr. 55 jsou zobrazeny zvektorizované kóty s vyplněnou hodnotou atributu *Vyska*.



Obr. 55 Zvektorizované kóty v mapovém listu III. Vojenského mapování.

Vektorizace polygonové vrstvy

Polygony mohou být reprezentovány například stavby, či vodní plochy. Při vytváření nové vrstvy zvolíme u *Feature Type* hodnotu *Polygon*.

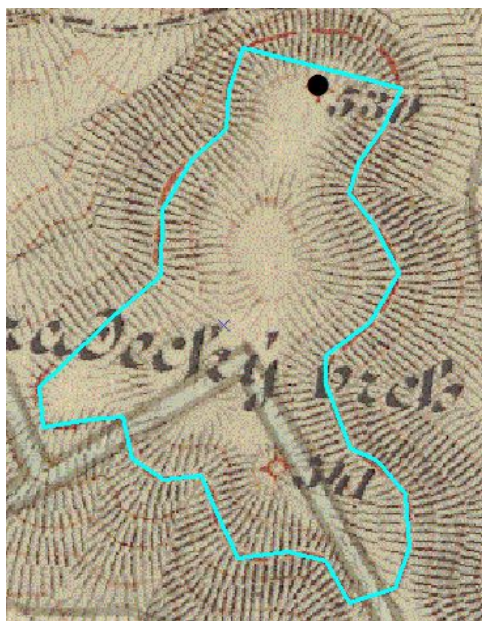
Při vektorizaci polygonového prvku neukončujeme vektorizaci opětovným kliknutím na počáteční bod, jako tomu bylo například u uzavřené linie, ale zvolíme pravé tlačítko myši a volbu *Finish Sketch*. Spojnici prvního bodu a předposledního bodu ArcMap automaticky doplní. Obr. 56 zobrazuje několik zvektorizovaných staveb.



Obr. 56 Zvektorizované stavby v mapovém listu III. Vojenského mapování.

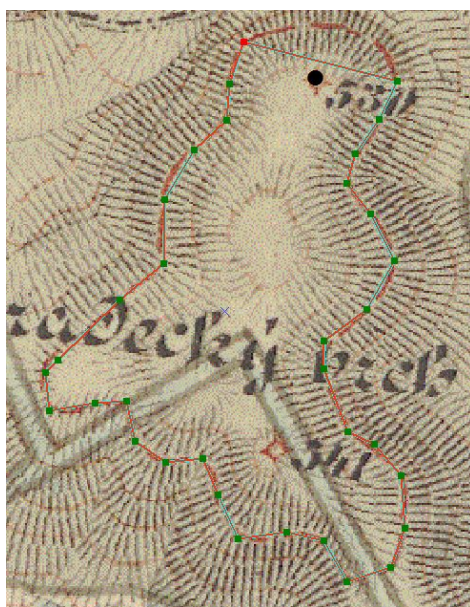
Editace geometrie

Předpokládejme, že dojde k tomu, že bude potřeba editovat vytvořená vektorová data, např. opravit chybně vektorizovaný prvek, viz obr. 57.



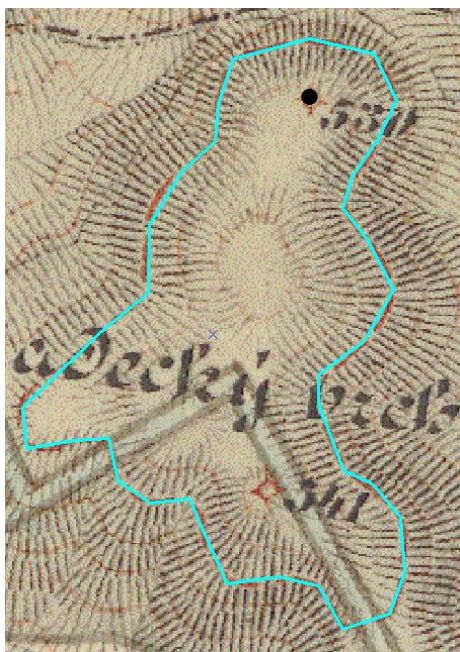
Obr. 57 Chybně (v horní části obrázku) vektorizovaná vrstevnice.

Pro opravu vektorové kresby lze využít nástroj *Edit Tool* z panelu nástrojů *Editor*. Zvolíme použití tohoto nástroje a následně levým tlačítkem myši klikneme na prvek, který chceme editovat. Dále klikneme pravým tlačítkem myši a zvolíme *Edit Vertices*. Vybraný prvek bude nyní vypadat jako na obrázku 58.



Obr. 58 Vybraný prvek, který chceme editovat. Zeleně jsou označené jednotlivé vrcholy.

Pokud budeme chtít na konkrétní úsek (mezi dvěma vrcholy) vložit nový bod, klikneme pravým tlačítkem myši nad tímto úsekem a zvolíme *Insert Vertex*. Nově vložený vrchol pak můžeme posunout na námi požadovanou pozici, aby došlo ke zlepšení geometrie prvku. Uvedený postup lze opakovat, abychom dosáhli potřebné přesnosti geometrie. Obr. 59 ukazuje opravenou vrstevnici se dvěma nově vloženými vrcholy.



Obr. 59 Editovaná vrstevnice s dvěma nově přidanými vrcholy.

Pokud bychom chtěli naopak smazat vrchol, vybereme nejprve prvek k editaci (*Edit Vertices*), dále klikneme na vrchol, který chceme odstranit a stiskneme pravé tlačítko myši a *Delete Vertex*.

Uvedený postup editace liniové vektorové kresby platí i pro polygonová data.

Základní dotazování a analýzy vektorových dat

Použitá data:

- ArcČR 500 verze 3.3, vrstvy:
 - KrajePolygony
 - Lesy
 - OkresyPolygon
 - SidlaBody
 - Silnice_2016
 - VodniPlochy
 - Zeleznice

+ pdf soubor [ArcCR_500-3.3-Popis-dat.pdf](#)⁴ (popis jednotlivých vrstev a jejich atributů).

⁴ http://download.arcdata.cz/data/ArcCR_500-3.3-Popis-dat.pdf (dostupné 24. 7. 2017).

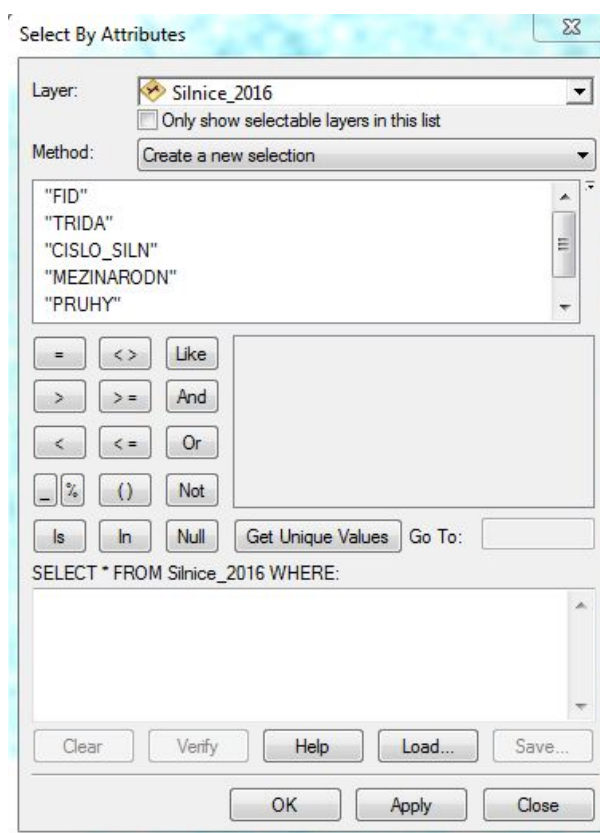
Atributové dotazy

Geografická data obsahují atributovou a prostorovou složku. Pokud vybíráme data na základě hodnoty atributu (nebo hodnot více atributů), hovoříme o **atributových dotazech**.

Úloha č. 1: Vyberte všechny dálnice.

Tento dotaz je již řešen v kapitole [Mapa závislá na měřítku](#). V té jsme vzali řešení daného dotazu pouze na vědomí, nyní se podíváme na jeho řešení detailněji.

V ArcMap jsou atributové dotazy realizovány pomocí okna Select by Attributes (Selection -> Select by Attributes...; viz obr. 60).



Obr. 60 Okno Select by Attributes.

V Layer nastavíme vrstvu, ze které chceme vybírat data. V našem případě z rozbalovací nabídky zvolíme vrstvu Silnice_2016.

U metody výběru (Method) máme na výběr celkem ze 4 metod:

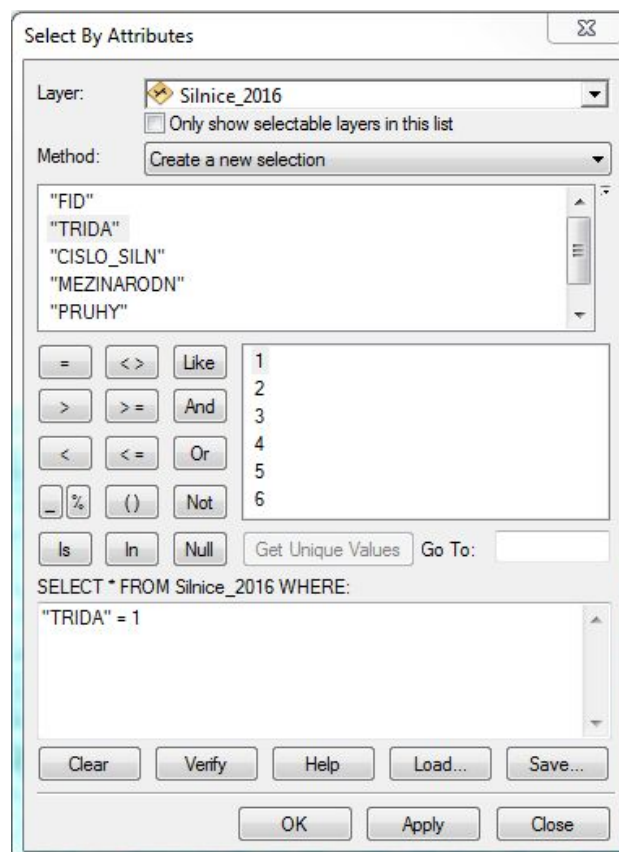
- **Create a new selection.** Vytvoření nového výběru.
- **Add to current selection.** Přidání prvků k aktuálnímu výběru.
- **Remove from current selection.** Odebrání prvků z aktuálního výběru.
- **Select from current selection.** Vybrání prvků z aktuálního výběru.

Protože vytváříme nový výběr (nemáme aktuálně vybrány žádné prvky ve vrstvě Silnice_2016), zvolíme metodu "Create a new selection".

Zbývá nám zadat, že se mají vybrat pouze prvky, které reprezentují dálnice. Tuto podmínku je potřeba zapsat do textového pole a doplnit tak dotaz zapsaný v jazyce SQL (Structured Query Language) 'SELECT * FROM vrstva WHERE:'.

Víme, že se musíme dotazovat na sloupec 'TRIDA'. Proto na tento sloupec v dialogovém okně klikneme a název sloupce se nám přidá do textového pole. Ze znamének vybereme '=', neboť se dotazujeme na rovnost atributu nějaké hodnotě. Konkrétně v tomto příkladě hodnotě '1'. Tuto hodnotu je možné zapsat ručně z klávesnice, případně kliknout na tlačítko 'Get Unique Values' a vybrat hodnotu z unikátních hodnot.

Kompletní atributový dotaz pro vybrání všech dálnic pak bude vypadat jako na obr. 61.



Obr. 61 Vybrání všech dálnic z vrstvy Silnice_2016.

Po stisku tlačítka "Apply" dojde k vybrání všech dálnic. Celkem se vybere 298 prvků, jedna dálnice je tedy v datech evidentně složena z více úseků, např. D5 je složena z 21 úseků (zkuste si samostatně ověřit pomocí atributového dotazu a použitím metody "Select from current selection"). Pokud otevřeme atributovou tabulku u vrstvy Silnice_2016, můžeme si tlačítkem "Show selected records" zobrazit pouze vybrané záznamy. Naopak ikona "Switch Selection" provede prohození výběru, tedy vybere všechny prvky, které nejsou dálnicí.

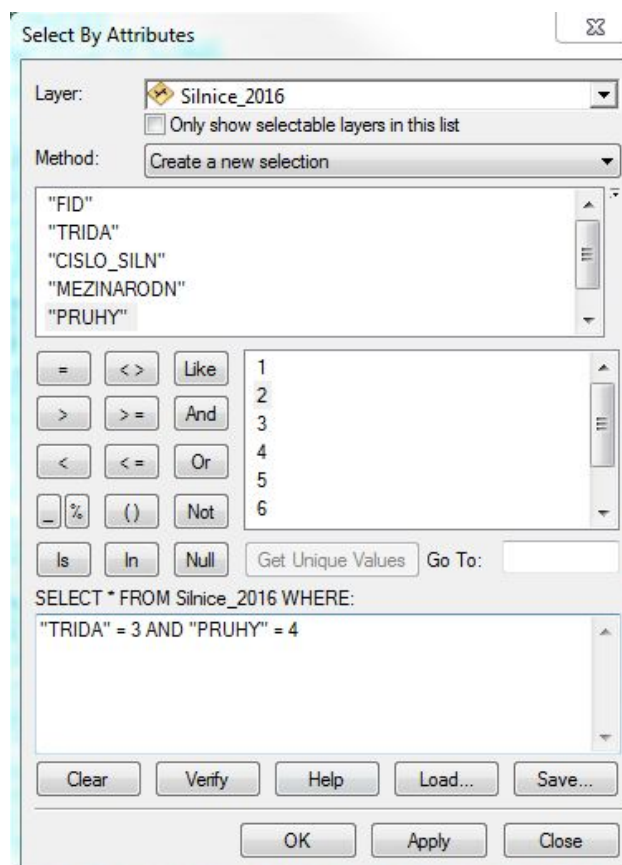
Pokud bychom některý dotaz zadávali častěji, je možné si jej pomocí tlačítka "Save..." uložit a příště pomocí "Load... načíst" a opětovně spustit.

Zrušení výběru provedeme přes Selection -> Clear Selected Features.

Úloha č. 2: Vyberte všechny silnice 1. třídy, které mají čtyři jízdní pruhy.

Opět budeme pracovat s vrstvou Silnice_2016. Informace o tom, zda je komunikace silnicí 1. třídy, je uložena v atributu "TRIDA", informaci o počtu jízdních pruhů najdeme v atributu "PRUHY".

Při řešení tohoto atributového dotazu můžeme s výhodou použít logickou spojku "And". To znamená, že podmínka pro výběr prvků zahrne jak požadavek, aby se vybraly pouze silnice 1. třídy, tak současně zohlední požadavek, aby vybrané silnice 1. třídy měly čtyři jízdní pruhy. Celý dotaz pak vypadá jako na obr. 62.



Obr. 62 Vybrání všech silnic 1. třídy, které mají čtyři jízdní pruhy.

Celkem se vybralo 334 záznamů.

Zkuste si rovněž dotaz vyřešit tak, abyste použili metody "Select from current selection". V obou případech musíte získat shodný výsledek.

Atributové dotazy k procvičení

Úloha č. 3: Vyberte všechny elektrifikované vnitrostátní dvoukolejné železniční tratě.
[Výsledek: 43]

Úloha č. 4: V kolika okresech ČR žilo k 1. 1. 2016 více jak 100 tisíc a méně než 150 tisíc obyvatel?
[Výsledek: 30]

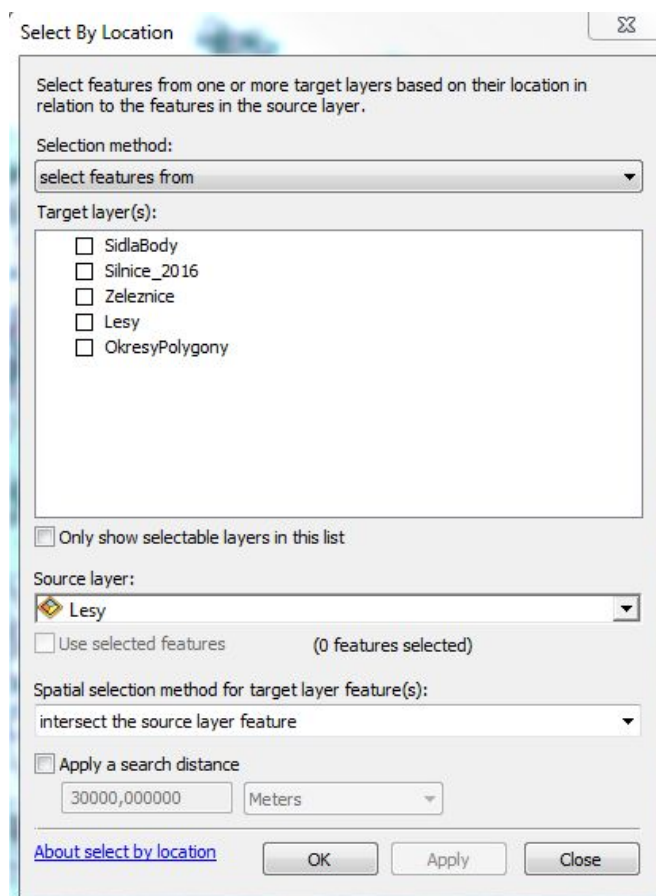
Prostorové dotazy

Pokud vybíráme data z více vrstev na základě jejich prostorového vztahu, hovoříme o **prostorových dotazech**.

Úloha č. 5: Kolik železnic prochází lesem?

V tomto případě budeme vybírat železnice (reprezentované liniemi), které se kříží/protínají (*intersect*) s lesy (reprezentované polygony). Pokud se tedy (stačí část) linie reprezentující určitou železniční trať protíná s alespoň jedním polygonem reprezentující les, bude tato linie (železniční trať) vybrána.

V ArcMap jsou prostorové dotazy realizovány pomocí okna Select by Location (Selection -> Select by Location...; viz obr. 63).



Obr. 63 Okno Select by Location.

U metody výběru (Selection method) máme na výběr celkem ze 4 metod:

- **Select features from.** Vytvoření nového výběru.
- **Add to the currently selected features in.** Přidání prvků k aktuálnímu výběru.
- **Remove from the currently selected features in.** Odebrání prvků z aktuálního výběru.
- **Select from the currently selected features in.** Vybrání prvků z aktuálního výběru.

Protože vytváříme nový výběr (nemáme aktuálně vybrány žádné prvky ve vrstvě Zeleznice), zvolíme metodu “select features from”.

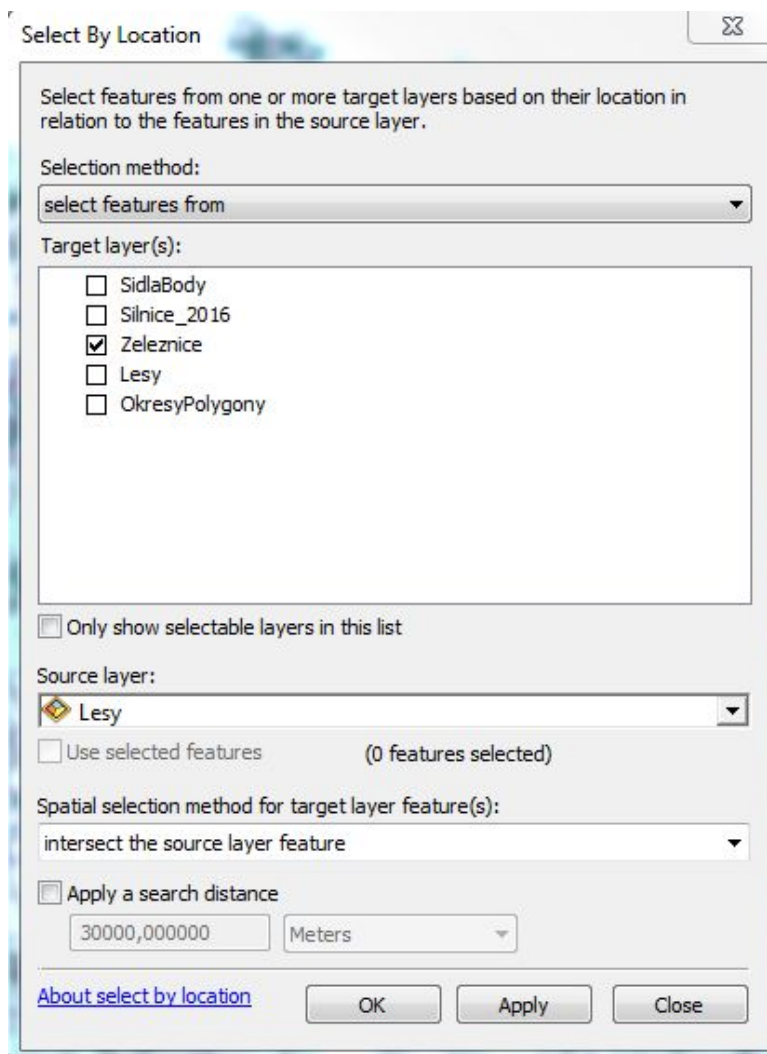
Vybíráme data z vrstvy Zeleznice, u volby “Target layer(s)” proto zaškrtneme Zeleznice. Jednotlivé železnice budou testovány na splnění konkrétního prostorového vztahu oproti prvkům z vrstvy Lesy, u volby “Source layer” proto zvolíme vrstvu Lesy.

Nastavení prostorového vztahu se provede ve volbě “Spatial selection method for target layer feature(s)”. ArcMap nabízí např. tyto prostorové vztahy⁵:

- **intersect** the source layer feature - kříží/protíná
- **are within distance of** the source layer feature - jsou ve (do) vzdálenosti (včetně)
- **contain** the source layer feature - obsahují
- **completely contain** the source layer feature - úplně obsahují
- **are within** the source layer feature - jsou uvnitř
- **are completely within** the source layer feature - jsou kompletně obsaženy
- **are identical to** the source layer feature - jsou identické s
- **touch the boundary of** the source layer feature - dotýkají se hranice
- **share a line segment with** the source layer feature - sdílejí liniový segment s
- **are crossed by the outline of** the source layer feature - jsou překříženy obrysem
- **have their centroid in** the source layer feature - mají svůj střed v

V tomto konkrétním dotazu, jak už bylo uvedeno výše, zvolíme typ prostorového vztahu “intersect”. Sestavený prostorový dotaz vyhledávající všechny železnice procházející lesem pak bude vypadat jako na obr. 64.

⁵ Vyčerpávající vysvětlení k nabízeným typům prostorových vztahů lze nalézt kliknutím na odkaz [“About select by location”](#) v dialogu vlevo dole (viz obr. 64).



Obr. 64 Prostorový dotaz, který vybere všechny železnice procházející lesem.

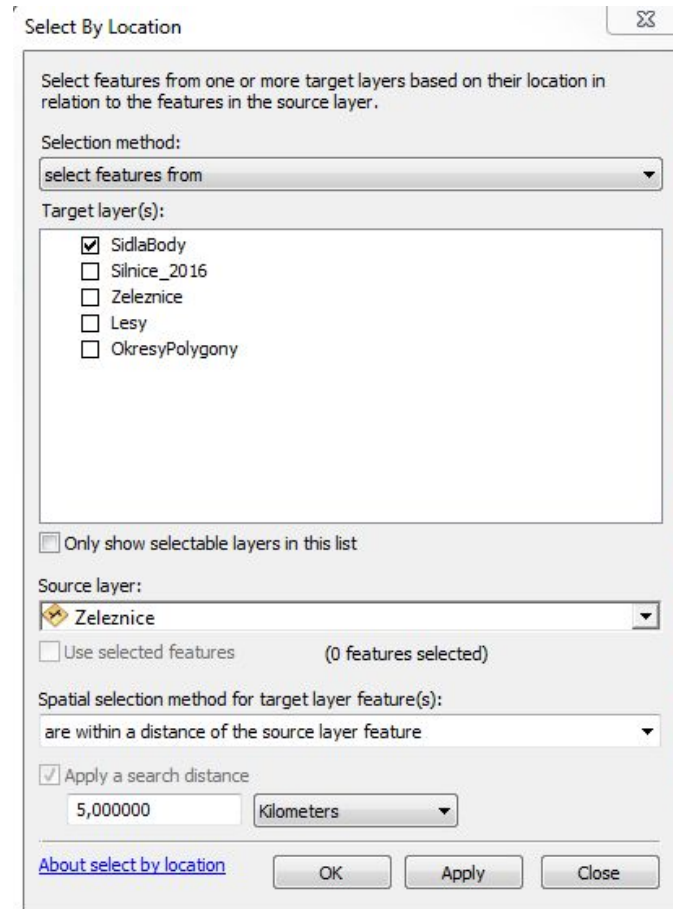
Dotaz necháme provést stiskem tlačítka "Apply". Celkem bude z vrstvy Zeleznice vybráno 1 154 záznamů.

Úloha č. 6: Kolik sídel leží ve vzdálenosti větší jak 5 km od železnice?

Důležité: Při vyhodnocování prostorového dotazu, při kterém se uvažuje vzájemná vzdálenost prvků z různých vrstev, ArcMap musí vědět, v jakých jednotkách měřit, to znamená, musí být nastavený souřadnicový systém. Pokud by se informace o souřadnicovém systému nepřevzala z první načtené vrstvy, lze v ArcMap nastavit souřadnicový systém přes: View -> Data Frame Properties... Dále zvolíme (pro S-JTSK): Projected Coordinate Systems -> National Grids -> S-JTSK Krovak EastNorth.

Při vyhodnocení prostorového dotazu můžeme postupovat tak, že nejdříve vybereme všechna sídla, která jsou ve vzdálenosti do 5 km od železnice (viz obr. 65) a poté invertujeme výběr.

Pro výběr sídel na základě podmínky vzdálenosti použijeme prostorový vztah “are within distance of the source layer feature”.



Obr. 65 Vybrání všech sídel, která jsou ve vzdálenosti do 5 km od železnice.

Invertování výběru pak provedeme v atributové tabulce pomocí ikony “Switch Selection”.

Po provedení všech výše provedených kroků se vybere 751 měst.

Kombinace atributových a prostorových dotazů

Při praktických úlohách často narazíme na situaci, kdy k vyřešení potřebujeme použít atributový i prostorový dotaz (případně více atributových a prostorových dotazů).

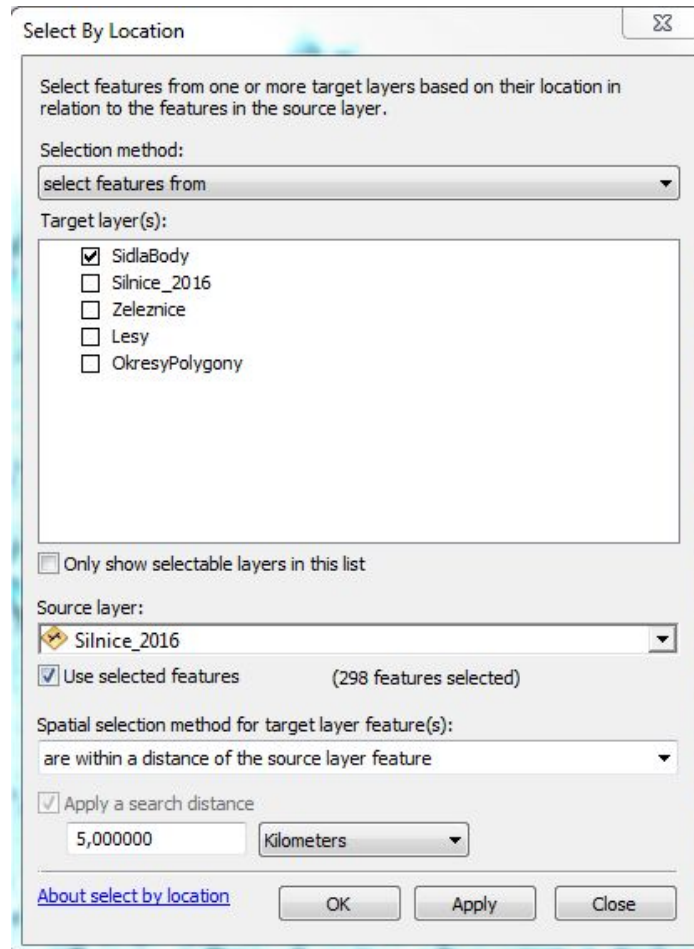
Úloha č. 7: Najděte všechna sídla ležící ve vzdálenosti do 5 km od dálnice.

Možných řešení zadané úlohy je jistě více. Efektivním řešením je rozložit úlohu na dva dotazy:

1. Nejprve provést atributový dotaz nad vrstvou Silnice_2016 a vybrat z ní všechny dálnice.
2. Následně prostorovým dotazem vybrat všechna sídla do 5 km od dálnic.

Atributový dotaz pro vybrání dálnic byl ukázán v úloze 1.

Prostorový dotaz pro vybrání sídel do 5 km od dálnice pak bude vypadat následovně:



Obr. 66 Vybrání sídel do 5 km od dálnice. Všimněte si, že je potřeba zaškrtnout volbu "Use selected features". Tato volba je zaškrtnuta z toho důvodu, aby se při testování prostorového vztahu (ve vzdálenosti do 5 km) uvažovaly pouze vybrané prvky z vrstvy Silnice_2016, tedy dálnice.

Jako výsledek dostaneme 1 488 sídel.

Úlohy k procvičení

Úloha č. 8: Kolik sídel leží v okrese Klatovy?

[Výsledek: 45]

Úloha č. 9: Kolik lázeňských sídel leží do 1 km od lesa?

[Výsledek: 21]

Topologické překrytí


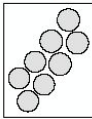


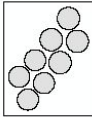


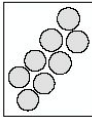
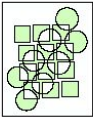

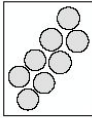
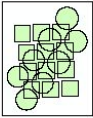

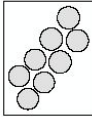
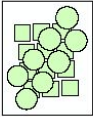
Obecně dotazování dvou nebo více informačních vrstev se označuje jako topologické překrytí (*overlay*) těchto vrstev. Klasicky se tento problém řešil překrytím dvou tématických

map na průhledných fóliích. Stejný problém se v GIS řeší pomocí základních algoritmů počítačové grafiky (test bodu v polygonu, hledání průsečíku dvou objektů, ořezávání). Výsledkem postupu je pak identifikace nových objektů, které mají kombinace vlastností objektů ze zdrojových informačních vrstev. Pro kombinaci vstupních objektů se opět (jako u atributových a prostorových dotazů) používají pravidla Booleovské logiky.

Základní operace topologického překrytí

Systémy obvykle nabízejí:

- IDENTITY (přiřazení na základě prostorového umístění – rozřeže vstupní vrstvu podle hranic v překryvné vrstvě).
- INTERSECT (AND – průnik – výsledek obsahuje všechny části prvků z obou vrstev, které se překrývají),
- Symmetrical difference (symetrický rozdíl – výsledek obsahuje všechny části prvků z obou vrstev, které nejsou v jejich průniku)
- UNION (OR – sjednocení – výsledek obsahuje všechny vstupní prvky, rozřezané na části podle hranic v obou vstupních vrstvách).

Input features	Overlay features	Operation	Result
		Identity	
		Intersect	
		Symmetrical difference	
		Union	
		Update	

Obr. 67 Princip fungování topologického překrytí (zdroj: ArcGIS 10.5 Help).

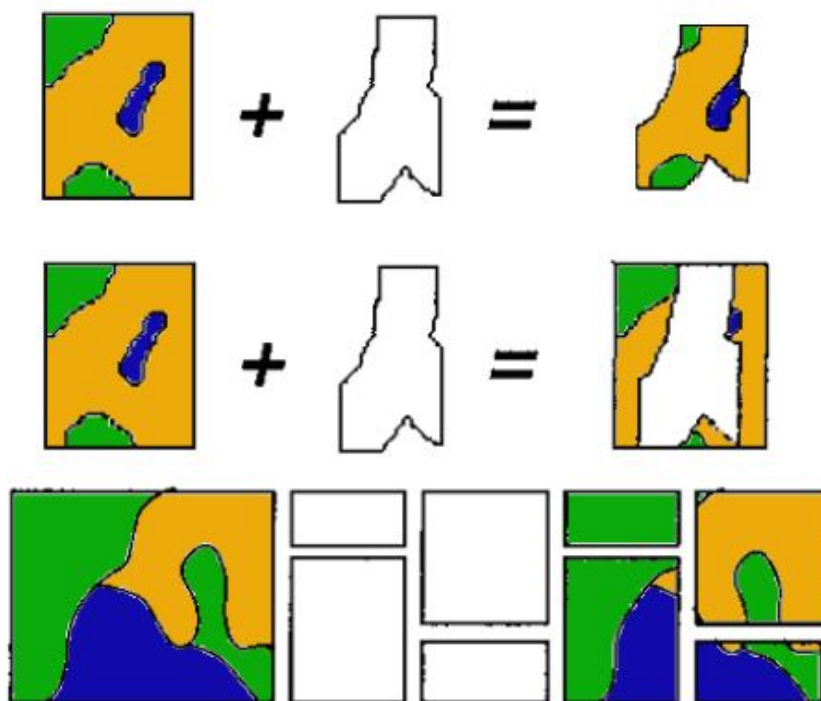
Při těchto operacích dochází k řešení vztahů bod, linie nebo polygon v polygonu⁶. Z procesu topologického překrytí vznikají nové objekty (vrstvy), kterým jsou přiřazeny také atributy. **Tím se topologická překrytí liší od prostorových dotazů, kde žádné nové vrstvy nevznikají.**

⁶ podrobnosti zde:

<http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/analyze/commonly-used-tools/overlay-analysis.htm> v kapitole "Vector overlay tools".

Další operace využitelné při topologickém překrývání

Mimo výše zmíněných základních funkcí lze při topologickém překrývání vrstev pracovat i s operátory, jako jsou clip (oříznutí), erase (vymazání), update (aktualizace/záměna) a split (rozřezání), viz obr 68. Tyto operace na rozdíl od základních operací k vstupní vrstvě nepřidávají atributy z překryvné vrstvy.

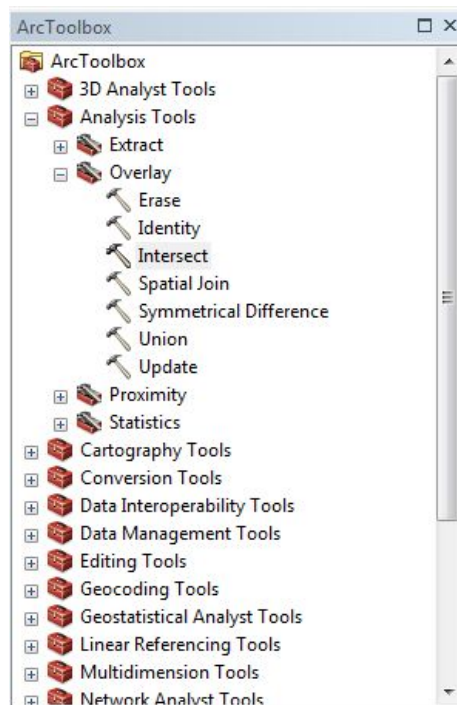


Obr. 68. Clip (oříznutí), erase (vymazání), update (aktualizace/záměna) a split (rozřezání).

Úloha č. 10: Najděte všechny úseky železnic, které procházejí lesem.

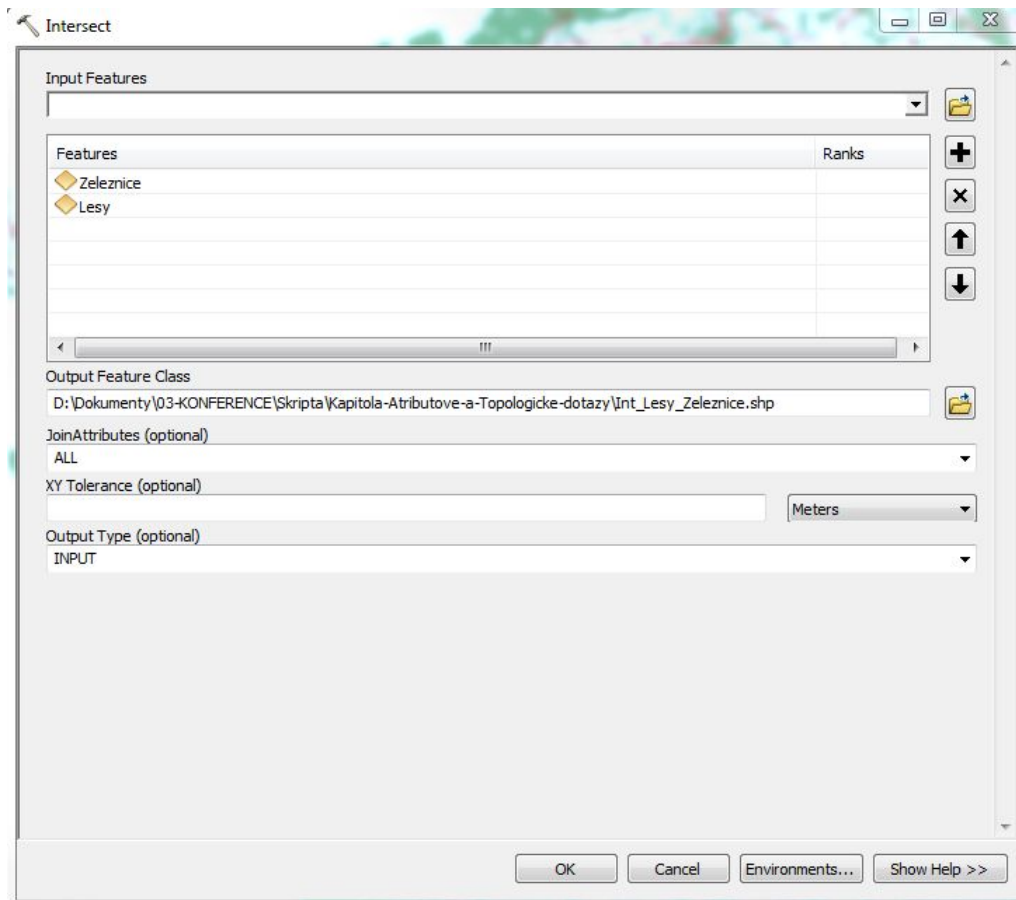
Tato úloha je svým zadáním podobná úloze č. 5. Řešením úlohy č. 5 pak byly všechny železnice, které procházejí lesem, přičemž stačilo, aby jen nepatrný kus železnice ležel v lese a tato železnice byla vybrána jako celek. Úloha č. 10 je myšlena odlišně - zajímají nás pouze takové úseky železnic, které skutečně leží v lese.

Úlohu vyřešíme pomocí topologického překrytí, přičemž použijeme operátor INTERSECT. Najdeme jej v ArcToolbox -> Analysis Tools -> Overlay -> Intersect (viz obr. 69).



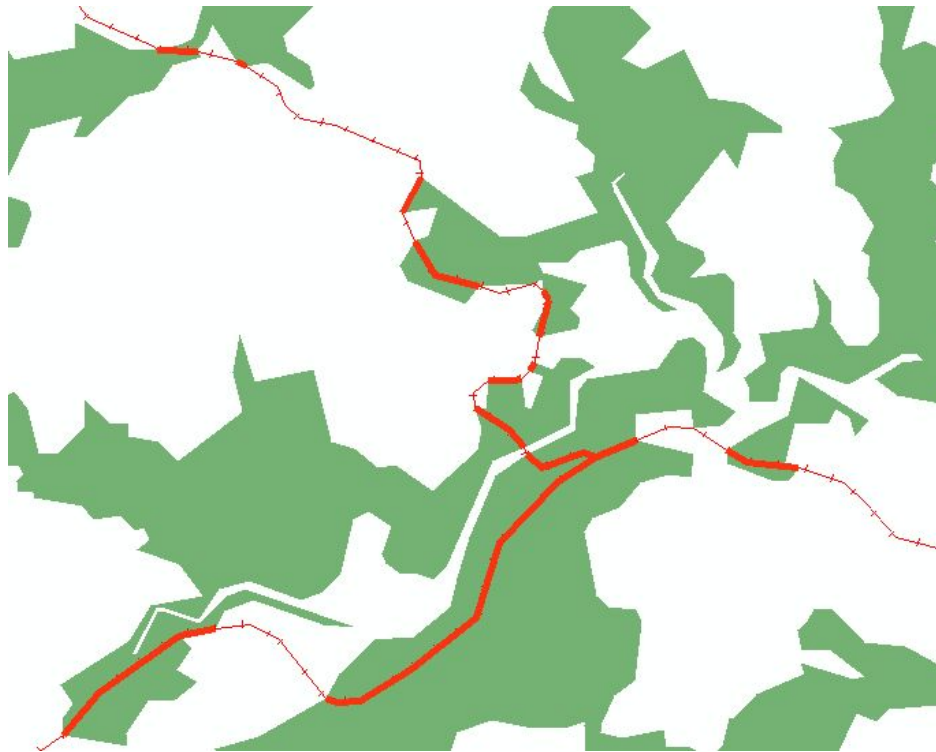
Obr. 69 Spuštění topologického překrytí z ArcToolbox

V otevřeném okně pro topologické překrytí (operátor INTERSECT) vybereme vrstvy, mezi kterými bude topologické překrytí probíhat, tedy Zeleznice a Lesy a protože při topologickém překrytí vzniká nová vrstva, nastavíme cestu pro tuto novou vrstvu (viz obr. 70).



Obr. 70 Nastavení topologického překrytí - použití operátoru INTERSECT.

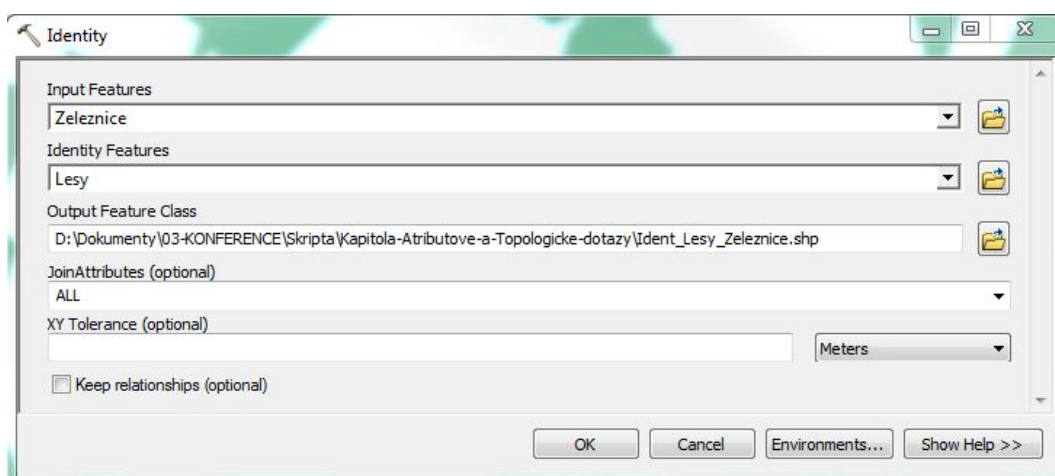
Výsledkem topologického překrytí je pak vrstva, která obsahuje pouze ty části železnic, které se nacházejí v lese (viz obr. 71).



Obr. 71 Úseky železnic, které se nacházejí v lese (zvýrazněné tučně červenou barvou).

Úloha č. 11 Najděte všechny úseky železnic, které neprocházejí lesem.

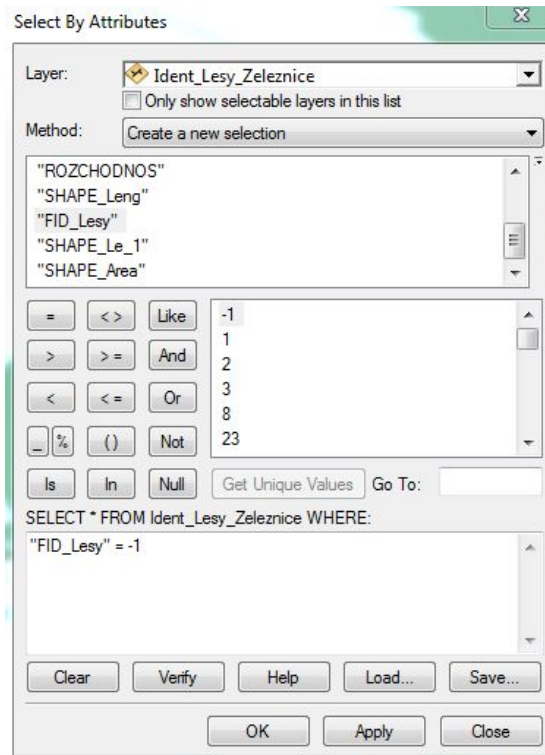
Na rozdíl od úlohy č. 10 máme tentokrát za úkol najít takové úseky železnic, které neprocházejí lesem. Potřebujeme tedy rozdělit úseky železnic tak, abychom pro každý úsek měli informaci o tom, zda lesem prochází či nikoli a následně jsme vybrali pouze takové úseky, které lesem neprocházejí. K tomu se hodí použít topologické překrytí s operátorem IDENTITY. Vstupní vrstvou bude vrstva železnic a překrývajicí vrstvou pak vrstva lesů (viz obr. 72).



Obr. 72 Nastavení topologického překrytí - použití operátoru IDENTITY.

Pokud úsek železnice procházel lesem, je v nově vzniklé vrstvě u tohoto úseku uložený i identifikátor (FID_Lesy) daného lesa. V opačném případě, pokud úsek v lese neležel, je u

záznamu v nové vrstvě hodnota atributu FID_Lesy rovna hodnotě -1. Zbývajícím krokem pro vyřešení úlohy je tedy najít všechny takovéto záznamy (viz obr. 73).



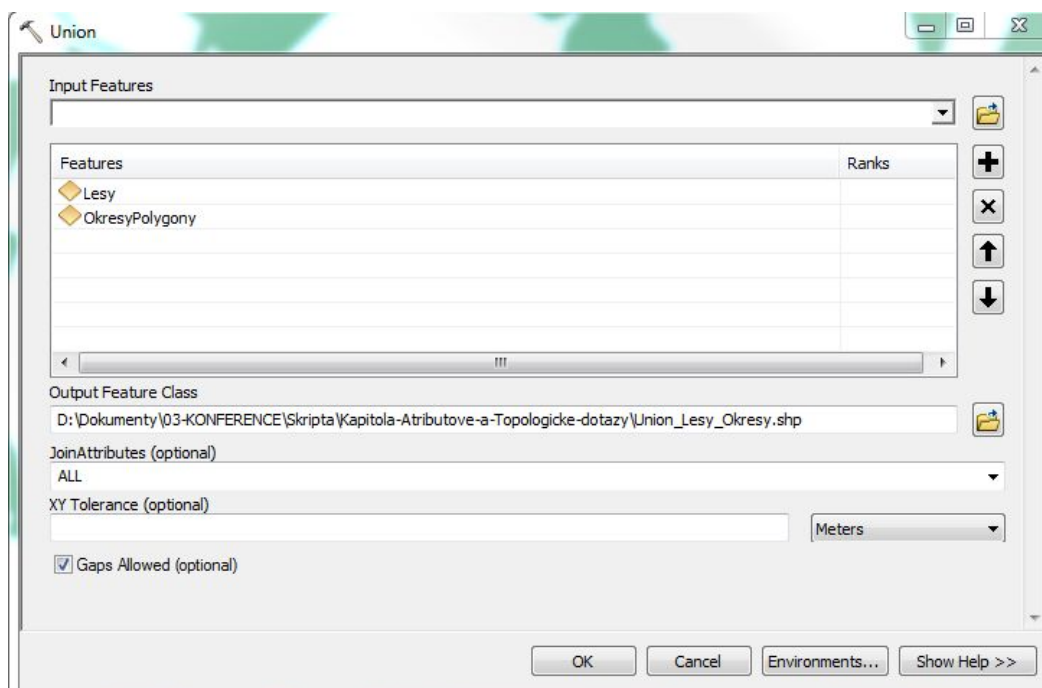
Obr. 73 Vyhledání železnic, které neleží v lese.



Obr. 74 Vizualizace železnic (zvýrazněné tyrkysovou barvou), které neleží v lese.

Úloha č. 12 Který okres má nejvíce zalesněné plochy?

Ukážeme si řešení tohoto zadání pomocí topologického překrytí s využitím operátoru UNION.



Obr. 75 Nastavení topologického překrytí - použití operátoru UNION.

Vrstva okresy, která vstupovala do topologického překrytí, pokrývá celé území ČR. Po provedení topologického překrytí s využitím operátoru UNION obsahuje část záznamů v nově vzniklé vrstvě v atributu FID_Okresy hodnotu -1. Tyto části lesů tedy leží mimo okresy (respektive hranice ČR).

Záznamy s hodnotou atributu FID_Lesy rovno -1 jsou zase takové, kde se na území okresu nenachází žádný les.

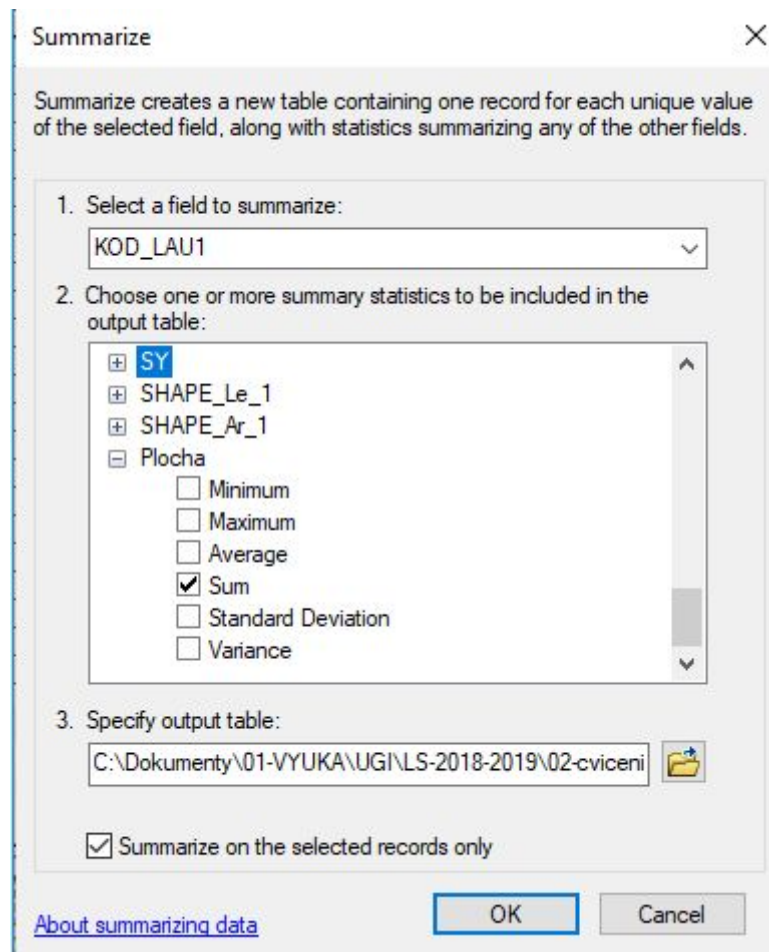
Pro každý záznam v nově vytvořené vrstvě bude potřeba vypočítat plochu, kterou daný prvek zaujímá. Přidáme nový atributový sloupec (Name: Plocha, Type: Long Integer) a do něj pomocí funkce Calculate Geometry plochu (například v hektarech) vypočítáme (přes pravé tlačítko myši nad názvem sloupce a volbu Calculate Geometry...).

Pro další postup vybereme z nově vzniklé vrstvy pouze ty záznamy, které odpovídají částem okresů, na jejichž území se nachází les⁷. Postupovat můžeme tak, že nejprve atributovým dotazem vybereme všechny záznamy, které splňují podmínku "FID_Okresy = -1 OR FID_Lesy = -1" a následně v atributové tabulce prohodíme výběr (*switch selection*), případně při konstrukci dotazu použijeme operátor <>.

⁷ Vybrání částí okresů, na jejichž území se nachází les, bychom docílili rovnou s použitím topologického překrytí a použitím operátoru INTERSECT. Cílem je zde ukázat, jak se jednotlivé operátory při topologickém překrytí chovají a na co si při jejich použití dát pozor.

Abychom zjistili, jaký okres obsahuje nejvíce zalesněné plochy, ponecháme si otevřenou atributovou tabulku (ve které nyní máme aktivně vybrané pouze záznamy odpovídající částem okresů pokrytých lesy) a použijeme funkci Summarize. Tato funkce vytvoří novou tabulku obsahující jeden záznam pro každou unikátní hodnotu ze zvoleného atributu (sloupce) a spolu s tím zde bude uložena statistika údajů z ostatních vybraných polí.

Kód okresu je uložený v atributu KOD_LAU1. Přes pravé tlačítko myši nad názvem tohoto sloupce vyvoláme nabídku a následně zvolíme funkci Summarize.... Objeví se okno jako na obrázku 76. U sloupce "plocha" (sloupec s vypočtenou plochou jednotlivých prvků) zaškrtneme volbu "Sum"⁸. Tím dojde k součtu všech ploch pro příslušný okres. Nastavíme cestu pro uložení tabulky (uložíme ji ve formátu dBASE Table) a zkontrolujeme, že máme zaškrtnou volbu "Summarize on the selected records only" (tato volba zajišťuje, že se uvažují pouze vybrané záznamy). Po vyplnění okna Summarize potvrdíme stiskem tlačítka OK, čímž dojde k vytvoření žádaného přehledu ve formě tabulky. Po jejím vytvoření nám ArcMap nabídne tuto tabulku přidat do Table of Contents.

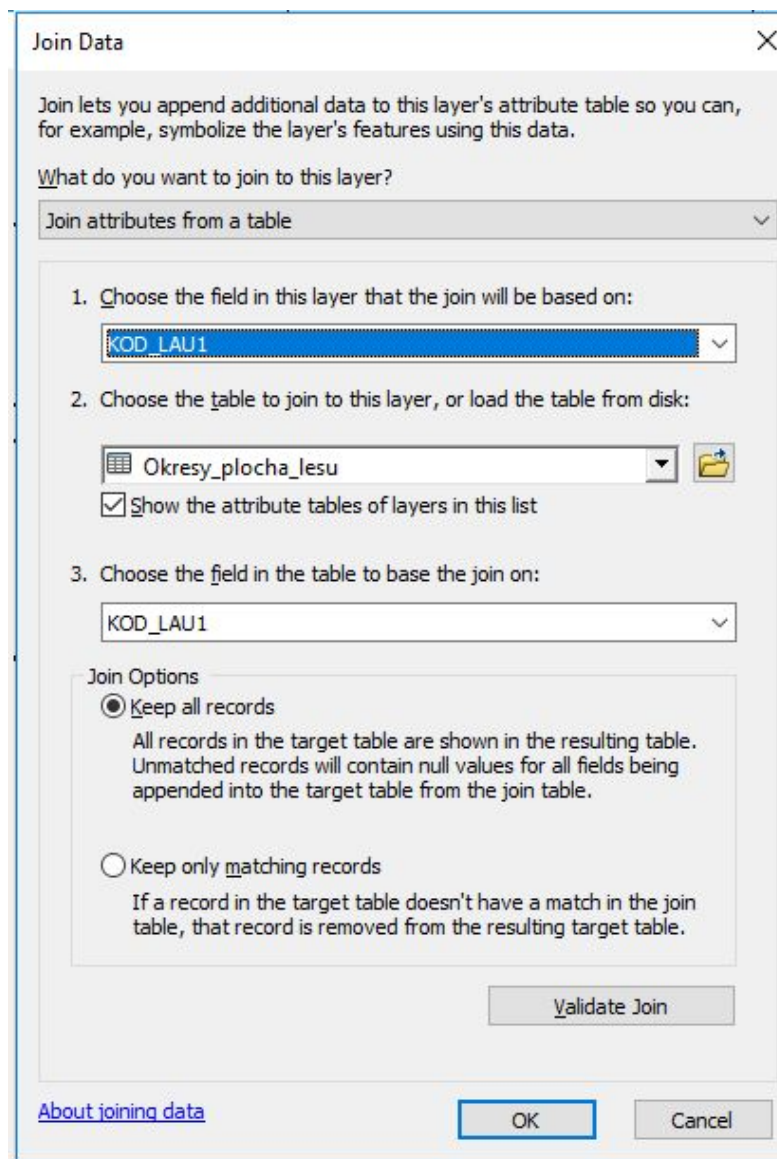


Obr. 76 Okno Summarize

⁸ Pokud bychom chtěli pouze zjistit četnost každé hodnoty v daném poli (v tomto případě v poli KOD_LAU1), pouze bychom zvolili, kam se má výstupní tabulka uložit a žádné další nastavení už není potřeba dělat.

Pokud v Table of Contents klikneme pravým tlačítkem myši na vytvořenou tabulku a zvolíme možnost Open, otevře se nám tabulka s požadovanými údaji. Přes pravé tlačítko myši nad sloupcem se součty ploch a volbu Sort Descending (seřazení sestupně) necháme seřadit jednotlivé okresy tak, že ten, který obsahuje největší plochu zalesnění, bude vypsán jako první (jeho kód KOD_LAU1) atd. Pokud následně vyhledáme (např. pomocí atributového dotazu) ve vrstvě Okresy příslušný okres, zjistíme, že výsledkem je okres Klatovy s plochou lesa 88694 hektarů.

Pro nalezení názvu okresu můžeme rovněž vytvořenou tabulku připojit k vrstvě Okresy (pravé tlačítko myši nad vrstvou Okresy -> Joins and Relates -> Join...):



Obr. 77 Připojení vytvořené tabulky k vrstvě Okresy.

V atributové tabulce vrstvy Okresy pak necháme seřadit záznamy podle sloupce "Sum_Plocha" a snadno již zjistíme název příslušného okresu (Klatovy).

Úloha č. 13 Který okres obsahuje nejvíce lázeňských měst?

[Výsledek: okresy Cheb a Teplice - 3 lázeňská města]

Obalová zóna, základní vzdálenostní analýza

Při topologickém překrytí, obdobně jako u prostorových dotazů, se používá i funkce Obalová zóna (Buffer). Zatímco u prostorového dotazu se zadává jako jeden z parametrů dotazu (Volba *Apply a search distance*), u topologického překrytí je potřeba pro jeho vytvoření volat funkci z ArcToolbox / Analysis Tools / Proximity / Buffer.

Úloha č. 14 Ve kterém kraji je nejvíce rybníků ležících (*touch the boundary*) u lesa a zároveň do 5 km od železnice (*použijte buffer kolem železnic*)?

[Výsledek: Jihočeský kraj, 87]

Úloha č. 15 Vypište okresy, které jsou z více jak poloviny pokryté lesem.

[výzva - kdo první spočte, dejte vědět ;-)]



Obr. 78 Okresy, které jsou z více jak poloviny pokryté lesy.

Základní zpracování a analýzy mozaikových dat

Georeferencování

Georeferencování je proces výpočtu transformačních koeficientů mezi polohou v lokálním souřadnicovém systému a jejich polohou v rovinném souřadnicovém systému vztaženém k Zemi ~ v souřadnicovém systému mapy.. Georeferencování můžeme uplatnit například v případech, kdy naskenujeme mapový podklad, který je pak lokalizován v souřadnicovém systému skeneru a chceme jej přitom zkombinovat s daty v našem GIS vyjádřenými v konkrétním souřadnicovém systému (např. S-JTSK). Z pohledu geometrických transformací jde o transformaci souřadnic v rovině.

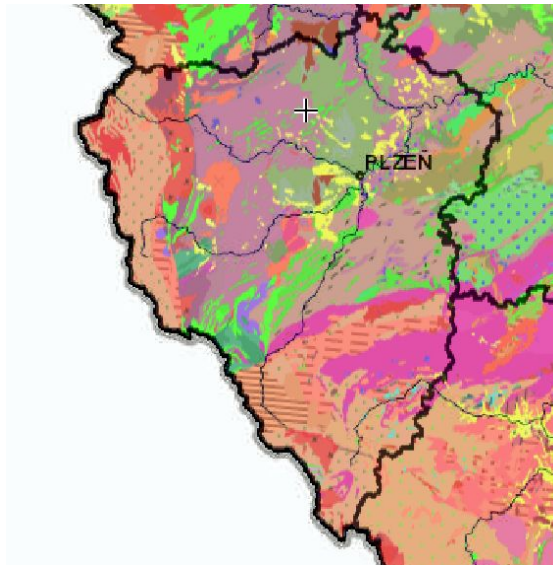
Ačkoli je georeferencování většinou potřeba provést pro rastrová data, georeferencovat lze i vektory. Georeferencování rastrových dat je v ArcGIS realizováno sadou nástrojů sdružených v panelu *Georeferencing* (jeho použití je podrobně popsáno níže). Pro georeferencování vektorů lze použít nástroj analogicky fungující panel *Spatial Adjustment*.

Zdrojová data:

- Výřez geologické mapy (rastr) v měřítku 1:500 000 pro Plzeňský kraj (zdroj: <https://mapy.geology.cz/geocr500/> ; přístupováno 16. 8. 2017)
- Vektorová vrstva *KrajePolygony* z datové sady ArcČR 500 verze 3.3

Naším úkolem bude georeferencovat výřez geologické mapy, abychom jej mohli zkombinovat s dalšími vrstvami v S-JTSK. Použitý rastrový výřez geologické mapy a vektorová vrstva obsahující hranice krajů mají ekvivalentní měřítko, takže při georeferencování nedojde ke ztrátě přesnosti z důvodu příliš rozdílných měřítek.

Obr. 79 zobrazuje zdrojový výřez geologické mapy.



Obr. 79 Výřez geologické mapy pro Plzeňský kraj.

Georeferencování se v ArcMap provádí pomocí panelu nástrojů *Georeferencing* (Customize -> Toolbars; viz obr. 80).



Obr. 80 Panel nástrojů *Georeferencing*.

Dříve, než začneme s georeferencováním (resp. volbou identických bodů), na panelu nástrojů *Georeferencing* klikneme na rozbalovací nabídku *Georeferencing* a následně odškrtneme volbu *Auto Adjust*. Pokud bychom ji nechali aktivní, ArcMap by po každé zadané dvojici identických bodů automaticky aktualizoval prováděnou transformaci.

Pro georeferencování použijeme afinní transformaci (polynomická transformace prvního řádu). Geometricky se tedy jedná o posun, rotaci a změnu měřítka v obou souřadnicových osách. Pro tento typ transformace jsou potřeba minimálně 3 dvojice identických bodů.

Volba a zadání identických bodů

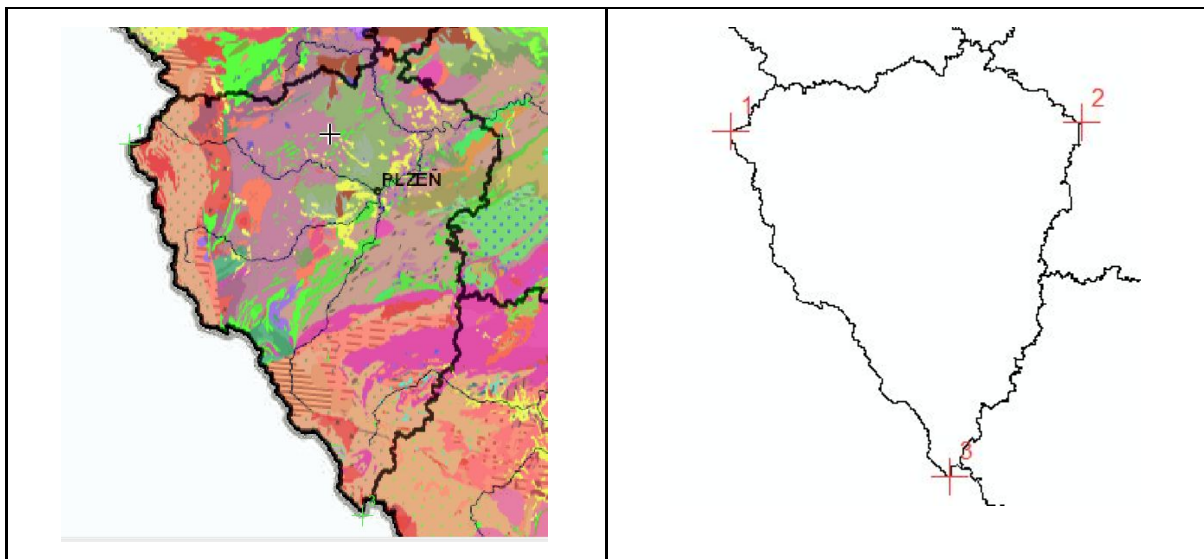
Identické body by měly být co nejjednoznačněji identifikovatelné v obou souřadnicových soustavách (zdrojové i cílové) a voleny tak, aby byly rovnoměrně rozmístěné při okrajích transformovaného území. Při zadávání dvojic identických bodů při georeferencování v ArcMap rovněž musíme dát pozor na to, abychom dodrželi pořadí zadávání bodů - tedy nejprve vždy bod ve zdrojové souřadnicové soustavě a následně odpovídající bod v cílové souřadnicové soustavě (v našem případě S-JTSK).

Pro zadání identických bodů slouží ikona *Add Control Points*  .

Tip: Pokud si na panelu nástrojů *Snapping* zvolíme *Edge Snapping*, umožní nám to při zadávání identických bodů v cílové souřadnicové soustavě přichytávat se na vektorovou kresbu hranic krajů, což nám pomůže zpřesnit transformaci.

Tip: Protože jsou zdrojová data v různých souřadnicových soustavách, nevidíme je v mapovém okně najednou. Při zadávání identických bodů můžeme v *Table of Content* vždy kliknout pravým tlačítkem myši nad vrstvou, na kterou se potřebujeme přiblížit a zvolit *Zoom To Layer*.

Obr. 81 ukazuje volbu identických bodů.



Obr. 81 Volba identických bodů - vlevo zdrojová soustava souřadnic, vpravo cílová.

Pro zobrazení souřadnic identických bodů v obou souřadnicových soustavách zvolíme funkci *View Link Table*, viz obr. 82. V této tabulce můžeme případně zrušit dvojici identických bodů (například jsme prohodili pořadí zadání bodů). Rovněž zde volíme transformaci, kterou chceme použít.

Link

Total RMS Error: Forward:0

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual
<input checked="" type="checkbox"/> 1	54,994167	-97,689306	-891500,820000	-1057124,430...	n/a	n/a	n/a
<input checked="" type="checkbox"/> 2	317,816250	-93,400833	-787154,256837	-1054678,732...	n/a	n/a	n/a
<input checked="" type="checkbox"/> 3	219,794028	-361,124028	-826376,270000	-1159681,500...	n/a	n/a	n/a

Auto Adjust Transformation: 1st Order Polynomial (Affine)

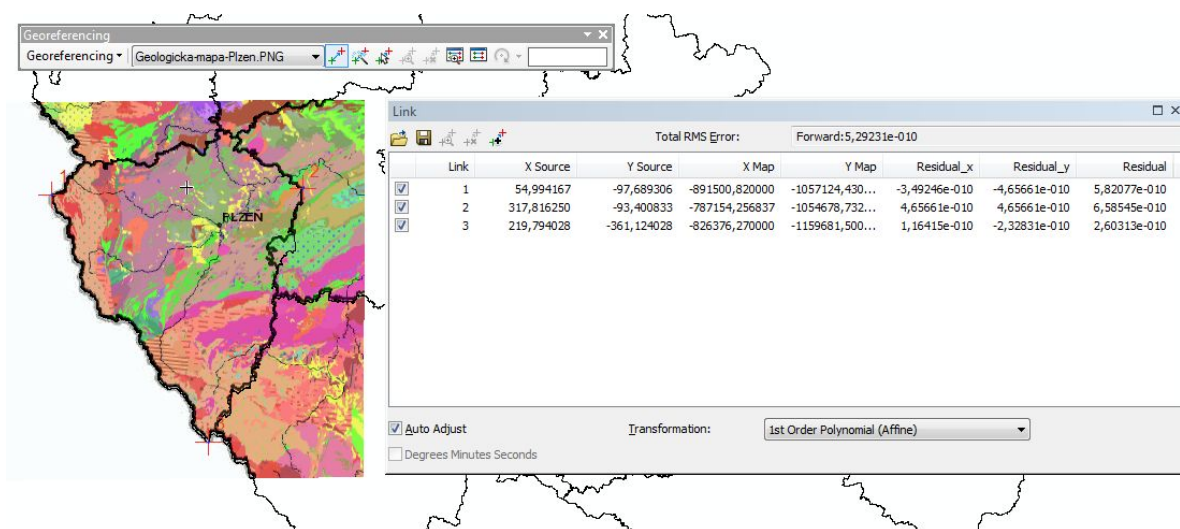
Degrees Minutes Seconds

Obr. 82 Tabulka se souřadnicemi dvojic identických bodů.

Pokud jsme vybrali typ transformace a zadali dostatečný počet identických bodů, můžeme si nechat zobrazit, jak by dopadla transformace při zadaných identických bodech. Buď v *Link* tabulce zaškrtneme volbu *Auto Adjust* (viz obr. 83), nebo na panelu nástrojů *Georeferencing* zvolíme rozbalovací nabídku *Georeferencing* a následně zaškrtneme *Auto Adjust*.

Georeferencing

Georeferencing Geologicka-mapa-Plzen.PNG



Link

Total RMS Error: Forward:5,29231e-010

Link	X Source	Y Source	X Map	Y Map	Residual_x	Residual_y	Residual
<input checked="" type="checkbox"/> 1	54,994167	-97,689306	-891500,820000	-1057124,430...	-3,49246e-010	-4,65661e-010	5,82077e-010
<input checked="" type="checkbox"/> 2	317,816250	-93,400833	-787154,256837	-1054678,732...	4,65661e-010	4,65661e-010	6,58545e-010
<input checked="" type="checkbox"/> 3	219,794028	-361,124028	-826376,270000	-1159681,500...	1,16415e-010	-2,32831e-010	2,60313e-010

Auto Adjust Transformation: 1st Order Polynomial (Affine)

Degrees Minutes Seconds

Obr. 83 Georeferencování výřezu geologické mapy pomocí afinní transformace.

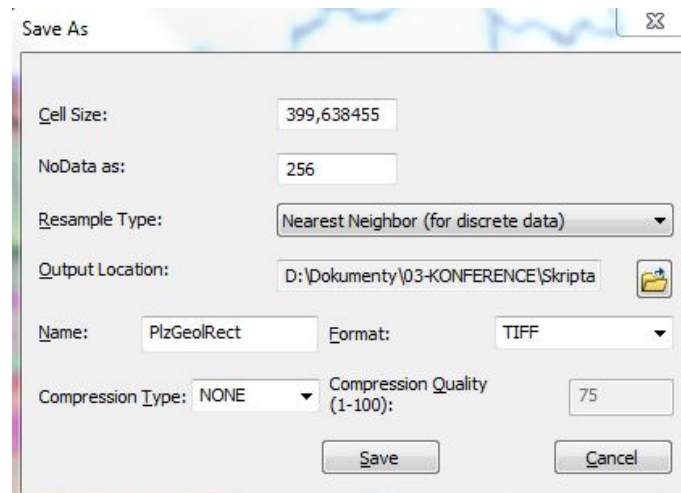
Pokud nejsme s výsledkem spokojeni, můžeme transformaci upřesnit a přidat další pár identických bodů.

K uložení výsledku transformace můžeme použít buď volbu *Georeferencing* -> *Update Georeferencing*, nebo *Georeferencing* -> *Rectify*.

Pokud zvolíme možnost *Update Georeferencing*, uloží se informace potřebné pro umístění transformovaného rastru v cílové soustavě souřadnic v souboru s příponou *.AUX.XML*.

Pokud bychom tento soubor z disku smazali a následně zdrojový rastr načteli, viděli bychom jej opět negeoreferencovaný v původním souřadnicovém systému.

Druhá možnost, *Rectify*, vytvoří úplně nový soubor (původní soubor zůstane nezměněný), do kterého uloží rektifikovaný rastr. Rektifikace je obecně proces transformace jednotlivých pixelů z jednoho souřadnicového systému do druhého. Pro vytvoření rektifikovaného souboru je potřeba zadat velikost pixelu nově vytvářeného rastru (ArcMap automaticky vypočítá doporučenou velikost), způsob převzorkování, umístění pro nový rastr, název výstupního souboru, formát (např. TIFF), a případný typ komprese (viz obr. 84).



Obr. 84 Nastavení rektifikace rastru.

Kromě rektifikovaného rastru vznikne ještě jeden soubor s příponou .fw. Tento soubor obsahuje informace o umístění v cílovém souřadnicovém systému.

Úkol: Provedte georeferencování nad daty, která si sami připravíte. Můžete si například připravit výřez geologické mapy pro jiný kraj, případně použít jakákoli jiná rastrová podkladová data, která následně georeferencujete.

Poznámka: georeferencování lze provádět i pro vektorové datové sady, byla-li jejich lokalizace v souřadnicovém systému nějakým způsobem poničena, případně pro rychlou transformaci geodetického měření z místní souřadnicové soustavy (jakkoli v takovém případě je korektnější použít geodetický postup převodu). V takovém případě použijte nástroj Spatial Adjustment:



Obr. 85 Nastavení rektifikace rastru.

Transformace souřadnicových systémů

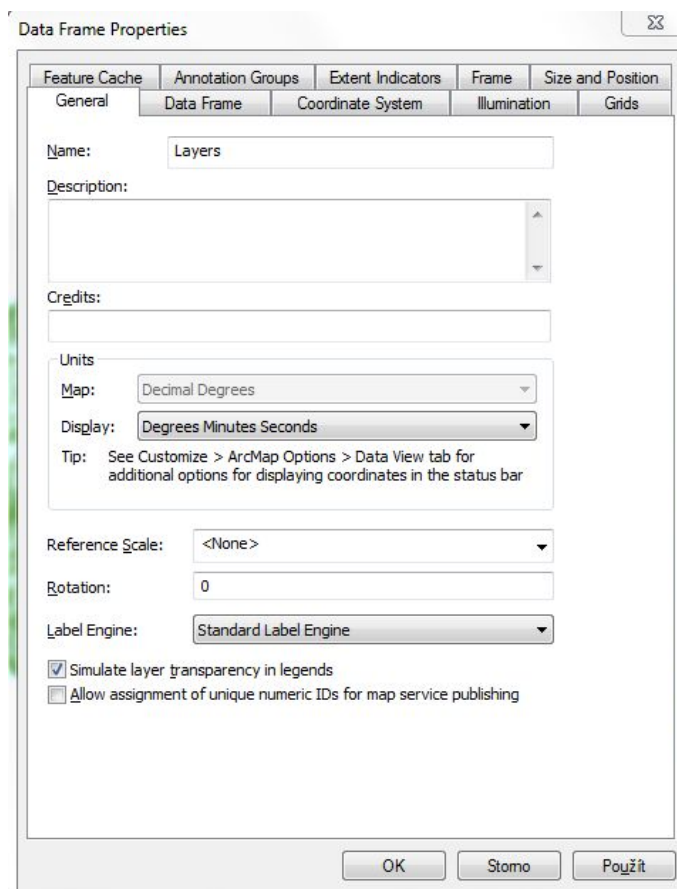
Cílem této kapitoly je ukázat vzájemnou transformaci mezi souřadnicovými systémy WGS-84 a S-JTSK.

Zdrojová data:

- vrstva *roads* z datové sady Open Street Map pro území České republiky v souřadnicovém systému WGS-84
- vrstva *KatastralniUzemi_polygon* z RÚIAN v souřadnicovém systému S-JTSK

Transformace WGS-84 -> S-JTSK

Spustíme si ArcMap a načteme do něj vrstvu *roads*. Tato vrstva je v systému WGS-84, který používá zeměpisné souřadnice, jednotlivé body jsou definované zeměpisnou délkou, šířkou a výškou. Po načtení vrstvy do ArcMap si můžeme všimnout, že se souřadnice v mapovém okně zobrazují ve stupních v desetinném tvaru (*Decimal Degree*). Pokud bychom si chtěli nechat zobrazovat souřadnice v jiném tvaru, můžeme nastavit požadovaný způsob zobrazení jednotek následovně: pravé tlačítko myši nad *Layers* -> *Properties...* -> *General a Display*. Obr. 86 ukazuje nastavení jednotek pro zobrazení pro vrstvu ve WGS-84 ve tvaru stupně-minuty-vteřiny (*Degrees Minutes Seconds*).



Obr. 86 Nastavení jednotek pro zobrazení pro vrstvu v souřadnicovém systému WGS-84.

Obecně, pokud bychom chtěli zjistit, v jakém souřadnicovém systému vrstva je, klikneme na ni v *Table of Contents* pravým tlačítkem myši, zvolíme *Properties...* a dále záložku *Source*. Zde najdeme informace o souřadnicovém systému a mapových jednotkách (viz obr. 87).

Geographic Coordinate System: GCS_WGS_1984
Datum: D_WGS_1984
Prime Meridian: Greenwich
Angular Unit: Degree

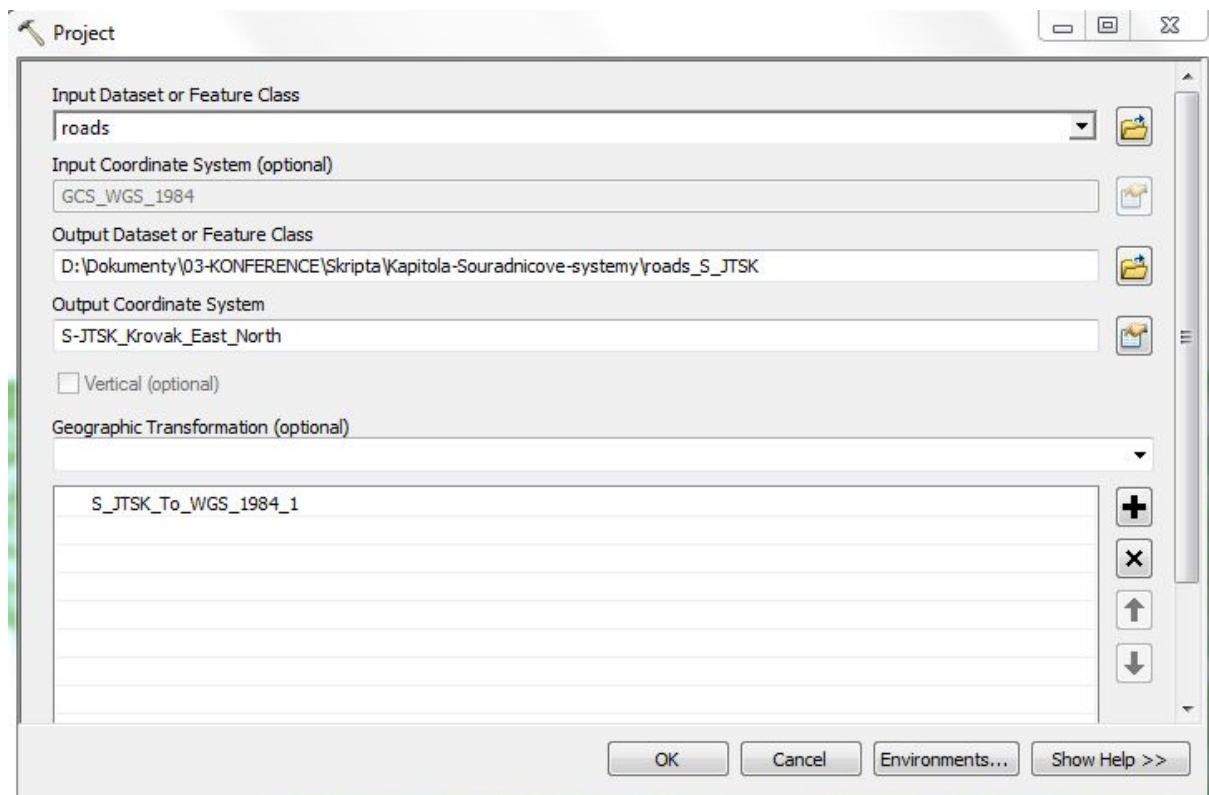
Obr. 87 Zobrazení informací o souřadnicovém systému pro vrstvu *roads*.

Pro provedení transformace použijeme nástroj *Project*, která pracuje s vektorovými daty⁹. Najdeme ji v ArcToolbox (*Data Management Tools* -> *Projections and Transformations*).

V otevřeném okně *Project* je potřeba vyplnit následující údaje:

- *Input Dataset or Feature Class*: vrstva, kterou chceme transformovat
- *Input Coordinate System*: souřadnicový systém zdrojové vrstvy
- *Output Dataset or Feature Class*: umístění pro transformovanou vrstvu
- *Output Coordinate System*: cílový souřadnicový systém
- *Geographic Transformation*: použitý transformační klíč

Obr. 88 zobrazuje nastavení transformace vrstvy *roads* z WGS-84 do souřadnicového systému S-JTSK.



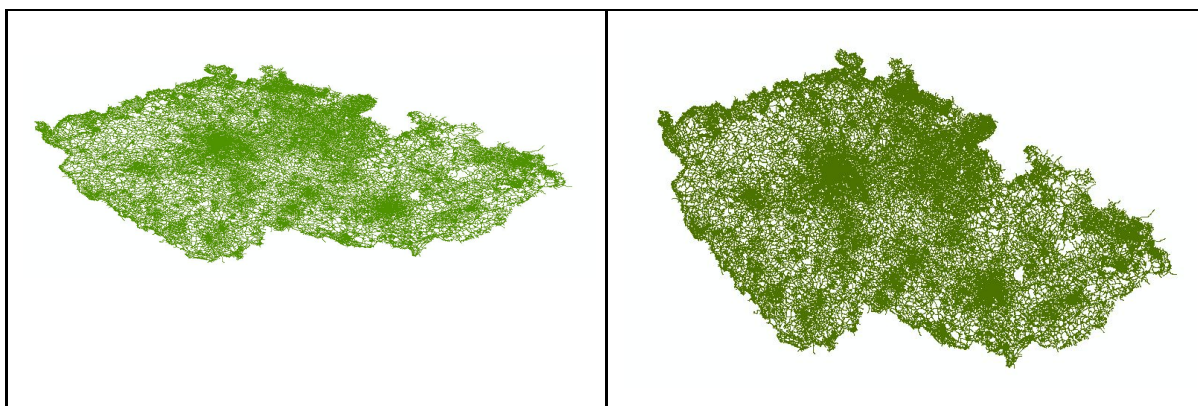
Obr. 88 Nastavení transformace vrstvy *roads* z WGS-84 do S-JTSK.

⁹ Pro případnou transformaci rastrových dat lze využít podobný nástroj: *Project Raster*

Použitým transformačním klíčem je *S_JTSK_To_WGS_1984_1*¹⁰. Stejný transformační klíč bychom použili i pro přechod z S-JTSK do WGS-84.

Pokud si budeme chtít transformovaná data prohlédnout v systému S-JTSK, načteme je do ArcMap a ujistíme se, že máme v datovém rámci nastavený souřadnicový systém S-JTSK, případně jej nastavíme (pravé tlačítko nad *Layers* -> *Properties...* -> *Coordinate System*).

Na obr. 89 je porovnání dat ve vrstvě *roads* v systémech WGS-84 a S-JTSK.

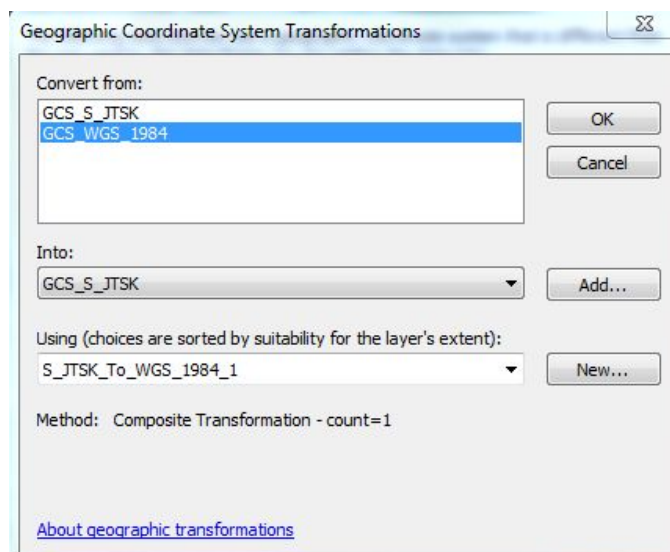


Obr. 89 Vrstva *roads* ve WGS-84 (vlevo) a transformovaná v S-JTSK (vpravo).

Transformovaná data je nyní možné kombinovat s jinými daty vyjádřenými v S-JTSK.

V kapitole [Přidání vrstvy z webu - WMS](#) je ukázáno načtení WMS služby poskytující ortofoto v systému WGS-84. Při načtení této vrstvy do ArcMap s nastaveným souřadnicovým systémem S-JTSK se zobrazí okno *Geographic Coordinate Systems Warning*, jak je ukázáno na obr. XY (v kapitole [Přidání vrstvy z webu - WMS](#)). Klikneme na tlačítko *Transformations...* a zobrazí se nám okno *Geographic Coordinate System Transformations*, kde nastavíme, z jakého do kterého souřadnicového systému chceme transformovat a jaký použijeme transformační klíč, viz obr. XY, který zachycuje nastavení pro transformaci WMS služby ve WGS-84 do S-JTSK.

¹⁰ Přehled zpřesňujících transformačních rovnic pro použití k převodu souř. systémů na území ČR a SR v ArcGIS 10. Online: <https://www.arcdata.cz/sluzby-a-podpora-zakazniku/podpora/clanek/prehled-zpresnujicich-transformacnich-rovnic-pro-pouziti-k-prevodu-sour-systemu-na-uzemi-cr-a-sr-v-arcgis-10> (přístupováno 17. 8. 2017).



Obr. 90 Transformace z WGS-84 do S-JTSK.

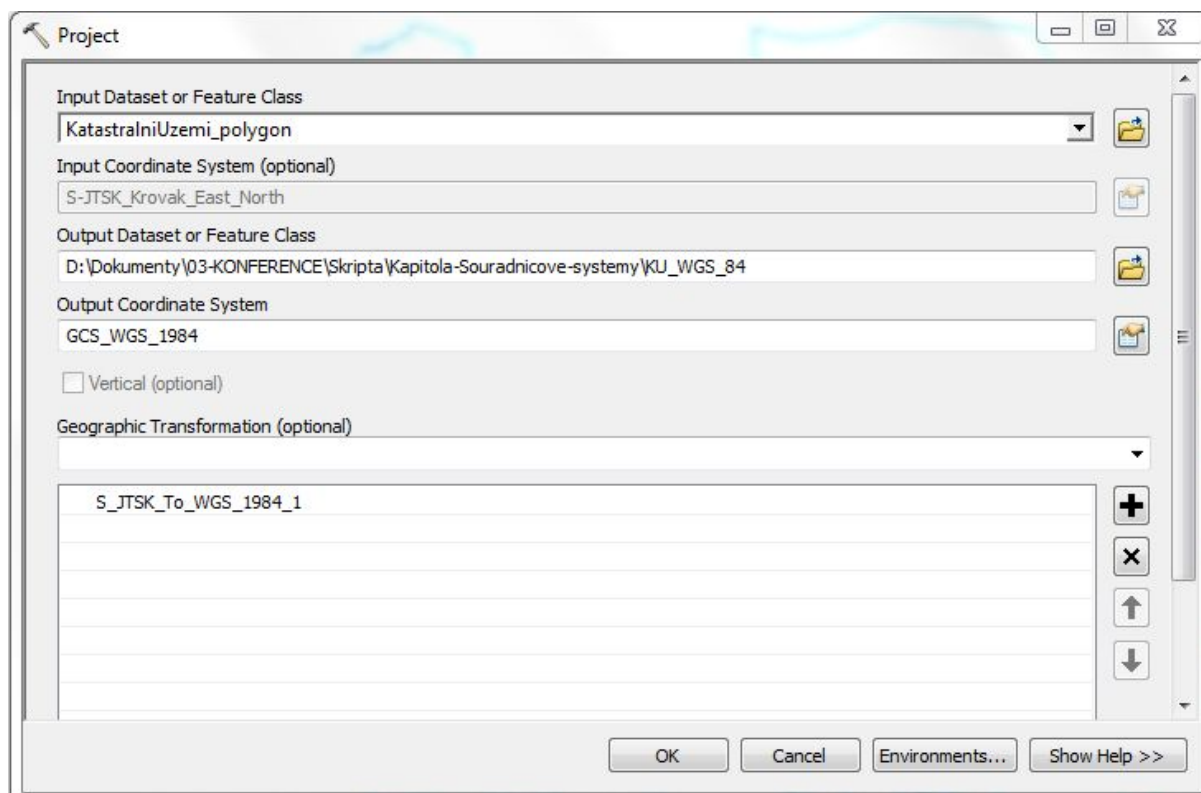
Obrázek 91 zachycuje kombinaci transformovaných dat z vrstvy *roads* a transformované WMS vrstvy ortofota.



Obr. 91 Kombinace transformovaných dat z datové sady Open Street Map (vrstva *roads*) a WMS služby poskytující ortofoto. Data jsou zobrazena v souřadnicovém systému S-JTSK.

Transformace S-JTSK -> WGS-84

Při transformaci ze souřadnicového systému S-JTSK do WGS-84 postupujeme shodně, jako v předchozím případě (*ArcToolbox -> Data Management Tools -> Projections and Transformations -> Project*), pouze na vstupu je vrstva v systému S-JTSK a na výstupu pak vrstva ve WGS-84, viz obr. 92.



Obr. 92 Transformace vektorové vrstvy z S-JTSK do WGS-84.

Tvorba digitálního modelu reliéfu

TIN

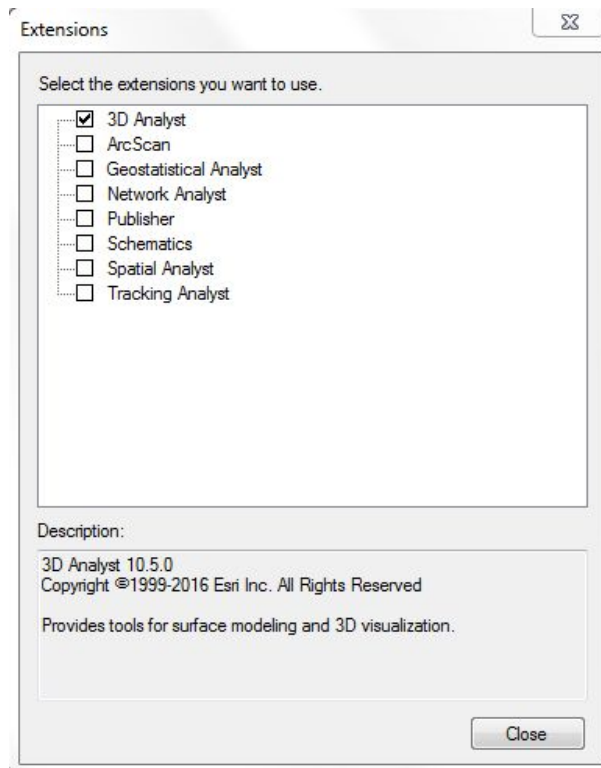
Vstupní data:

- vektorová vrstva *Vrstevnice_Cerne_Certovo* s vrstevnicemi pokrývajícími oblast Černého a Čertova jezera na Šumavě,
- vektorová vrstva *Zajmove_uzemi* vymežující oblast pokrytou vrstevnicemi.

Pro reprezentaci digitálního modelu reliéfu (DMR) se často používá nepravidelné trojúhelníkové síť (*Triangulated Irregular Network - TIN*). TIN reprezentuje povrch jako soubor trojúhelníků, které jsou definovány třemi body umístěnými v prostoru a pro tyto trojúhelníky uchovává topologické vztahy. Proces vytvoření TIN se nazývá triangulace.

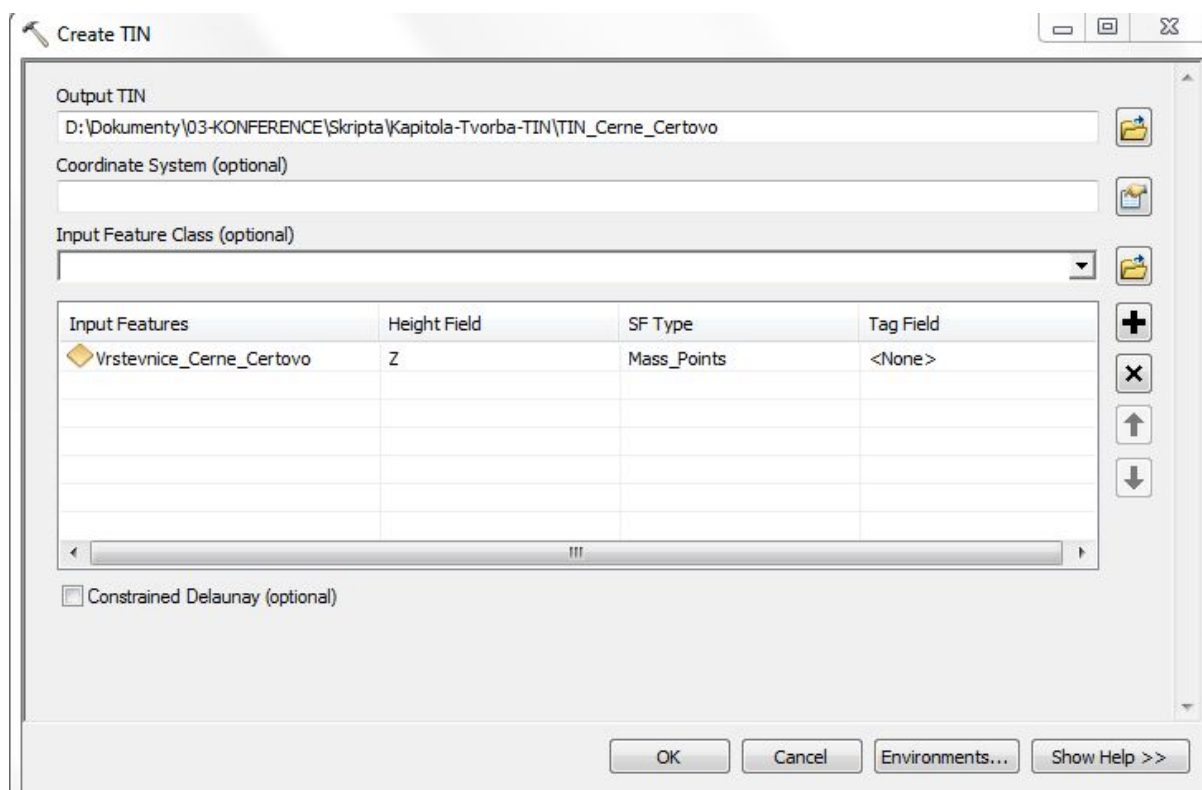
V ArcMap je triangulace (vytvoření TIN) dostupná přes funkci *Create TIN* (*ArcToolbox* -> *3D Analyst Tools* -> *Data Management* -> *TIN*).

Poznámka: funkce *Create TIN* je součástí rozšíření ArcGIS 3D Analyst. Abychom mohli funkci použít, musíme nejprve v ArcMap toto rozšíření povolit (menu *Customize* -> *Extensions*; viz obr. 93).

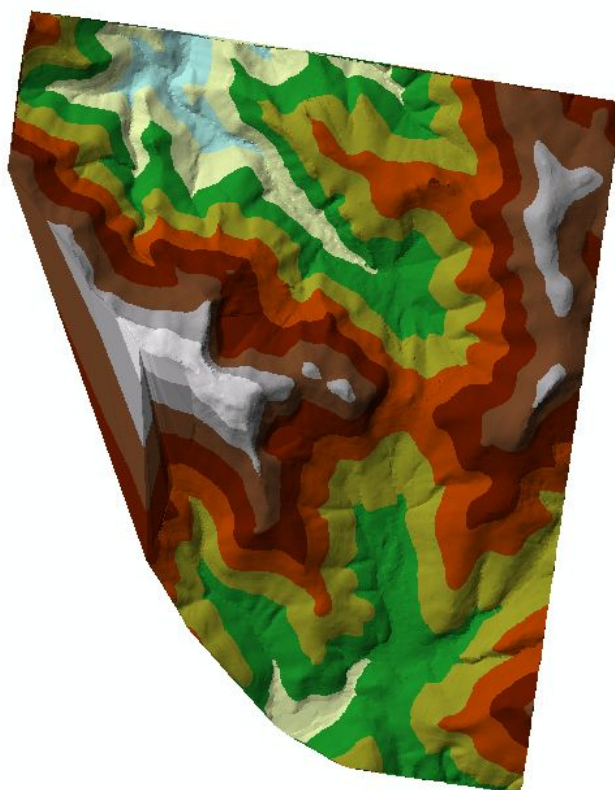


Obr. 93 Zapnutí rozšíření 3D Analyst.

V okně Create TIN nastavíme umístění pro výstupní TIN a vstupní data, ze kterých se má TIN vytvořit. TIN budeme vytvářet ze zdrojové vrstvy obsahující vrstevnice. Informace o výšce je ve vstupní vrstvě uložena v atributu Z. Jednotlivé body (vrcholy) se budou triangularizovat jako *Mass_Points*, tzn. jako běžné body, které určují hodnotu (např. výšku), která je v daném místě. Při tvorbě TIN však nemusí tvořit vrchol trojúhelníku, jsou-li v rámci optimalizace vyřazeny.

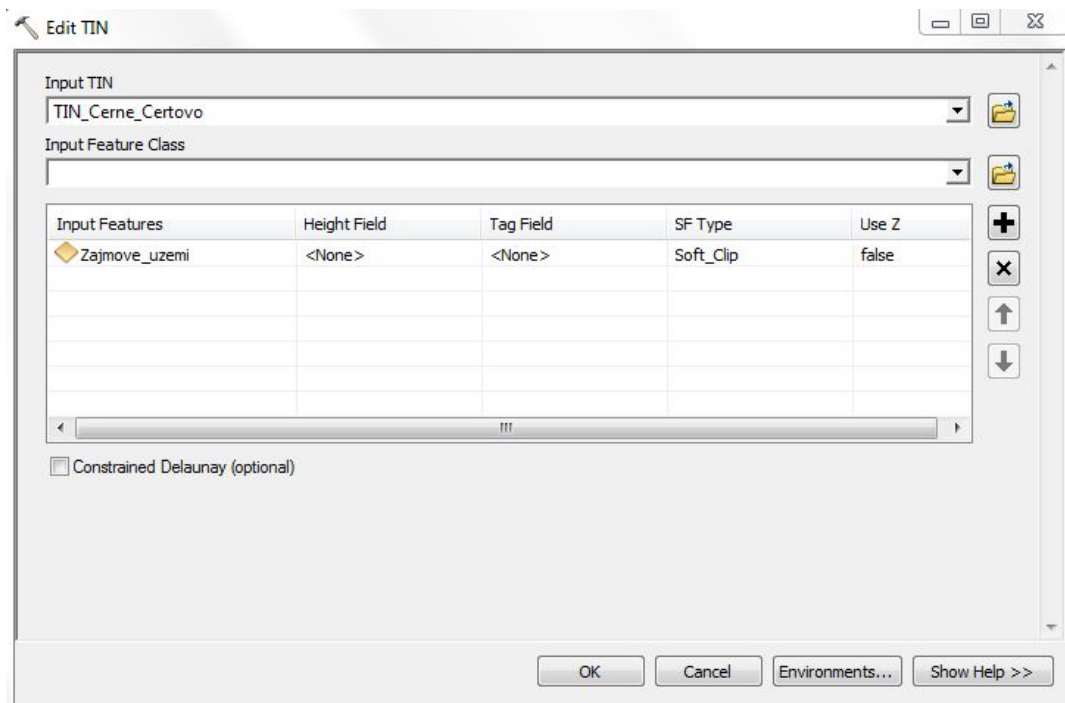


Obr. 94 Vytvoření TIN ze zdrojových dat - vrstevnic.

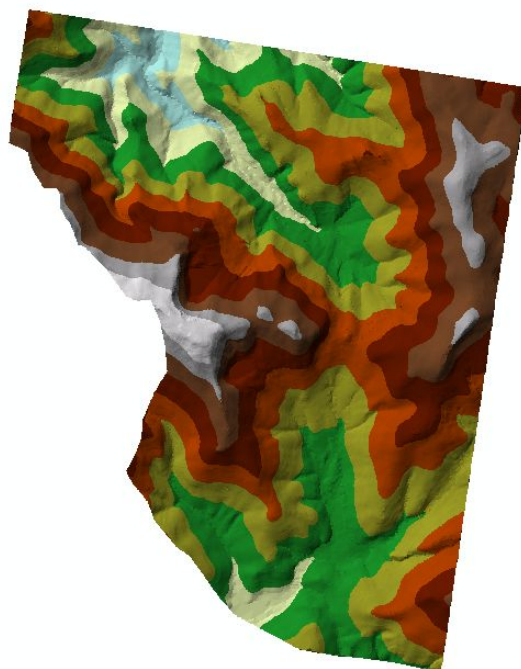


Obr. 95 TIN vytvořený pro oblast Černého a Čertova jezera.

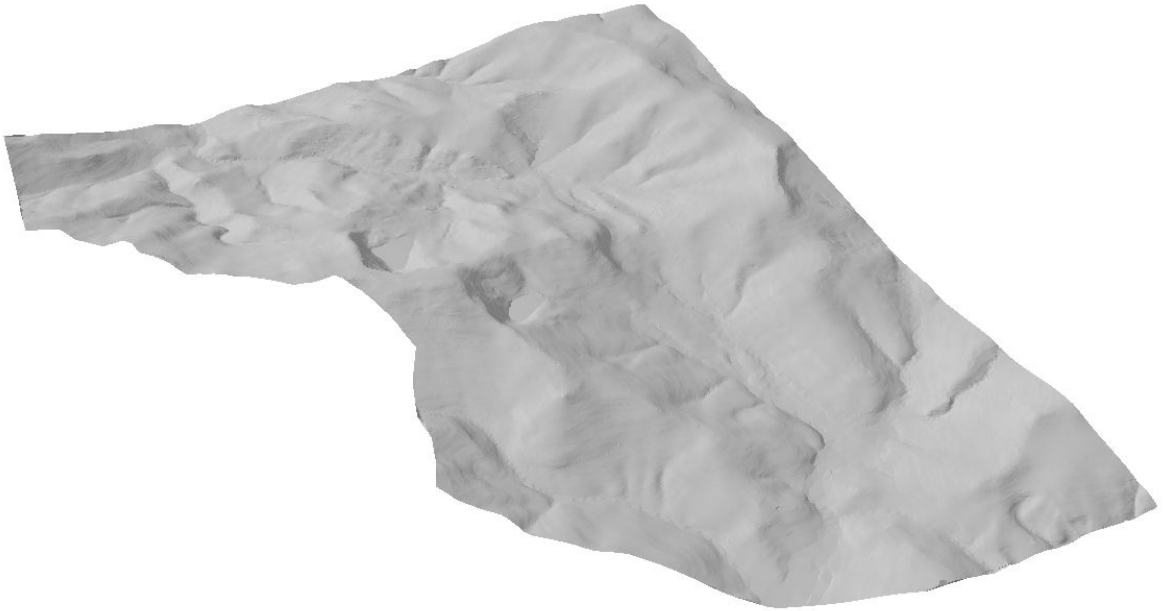
Pomocí triangulace vzniká vždy konvexní TIN – pomocí obálky můžeme tento konvexní TIN oříznout na nekonvexní. Náš vytvořený TIN ořízneme (*clip*) vektorovou vrstvou s vymežujícím polygonem. Pro oříznutí použijeme funkci Edit TIN. Typ oříznutí zvolíme *Soft_Clip*. Tím zajistíme, že na hranách po obvodu bude původní výška. *Hard_Clip* by bylo vhodné použít, pokud bychom TIN ořezávali polygonem se souřadnicemi ve 3D. Pokud bychom zvolili *Hard_Clip* pro oříznutí polygonem s chybějící výškovou souřadnicí, na obvodu TIN by hrany měly výšku $Z = 0$.



Obr. 96 Oříznutí TIN polygonem vymežující oblasti.



Obr. 97 TIN oříznutý vrstvou vymezující zájmové území.



Obr. 98 Vizualizace TIN v ArcScene.

Volitelně zkuste do ArcScene přidat vrstvu *Topograficka_mapa_Cerne_Certovo.tif* a v záložce *Base Heights* jí přidat výškové hodnoty převzaté z vytvořené trojúhelníkové sítě.

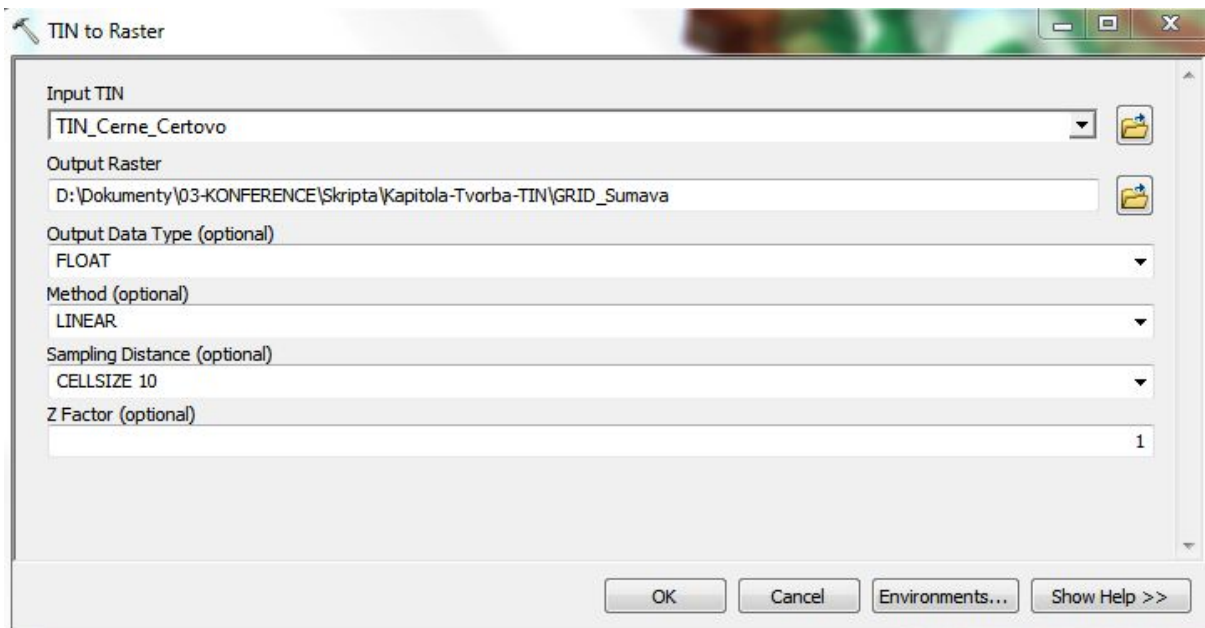
GRID

Vstupní data:

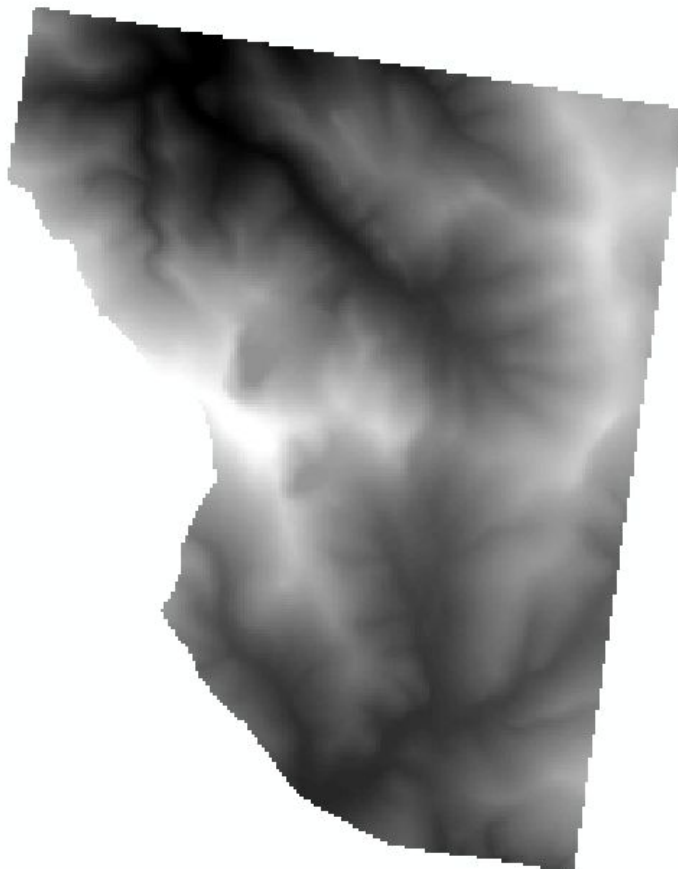
- TIN vytvořený z vrstevnic pro oblast Černého a Čertova jezera (viz kapitola [TIN](#))

DMR je možné v GIS reprezentovat rovněž jako mříž (*grid*). Převod z TIN do mříže se nazývá interpolace. ArcMap nabízí pro převod TIN na mříž funkci *TIN to Raster* (*ArcToolbox* -> *3D Analyst Tools* -> *Conversion* -> *From TIN*).

Pro převod z reprezentace TIN na mříž můžeme ve funkci *TIN to Raster* zvolit buď lineární interpolaci (*linear interpolation*), nebo interpolací pomocí metody přirozených sousedů (*natural neighbors interpolation*).



Obr. 99 Převod TIN na mříž. Pro převod je použita lineární interpolace. Sampling distance nastavte na CELLSIZE = 10; tím vznikne DMR s velikostí buňky 10x10m.



Obr. 100 DMR reprezentovaný ve formě mříže.

Interpolace a rasterizace

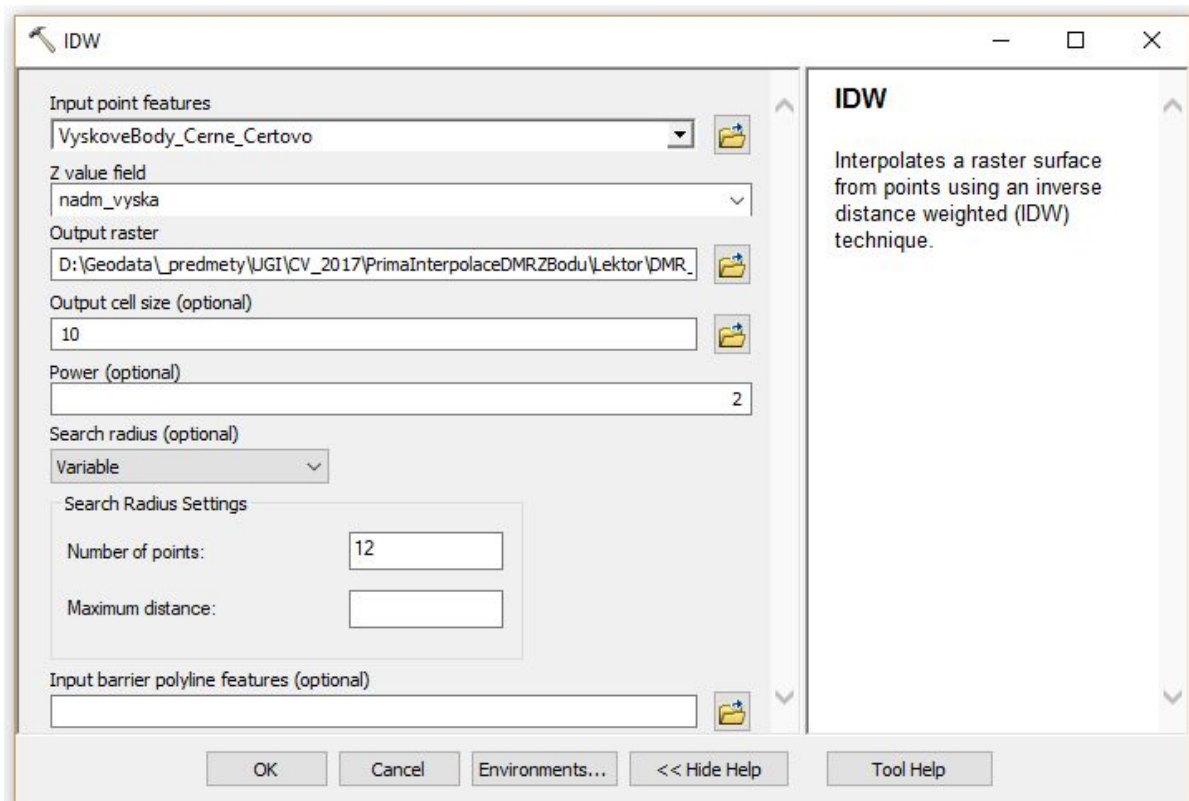
Přímá interpolace digitálního modelu reliéfu z vstupních bodů

Vstupní data:

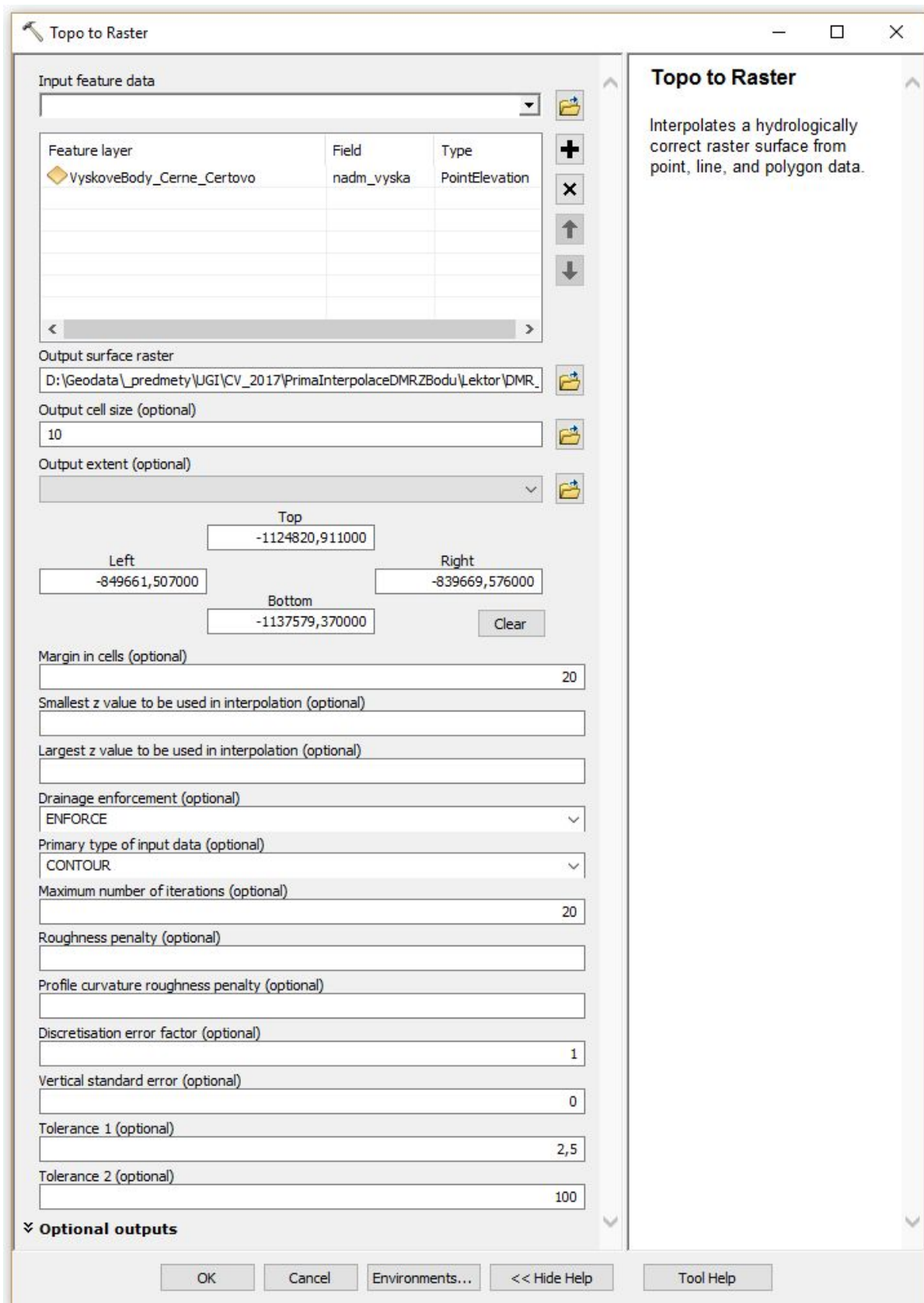
- Bodová vrstva *VyskoveBody_Cerne_Certovo* s nadmořskými výškami uloženými v atributu *nadm_vyska*.
- Plošná vrstva *Zajmove_uzemi* vymezující oblast pokrytou vrstevnicemi.

Poznámka: Protože budeme používat funkce z nadstavby Spatial Analyst, tak si nejprve tuto nadstavbu musíme povolit (menu *Customize -> Extensions*).

Interpolujeme povrch přímou interpolací z bodové vrstvy. Použijme k tomu nejprve metodu IDW a následně i metodu Topo To Raster (obě nalezneme v *ArcToolbox -> Spatial Analyst Tools -> Interpolation*):

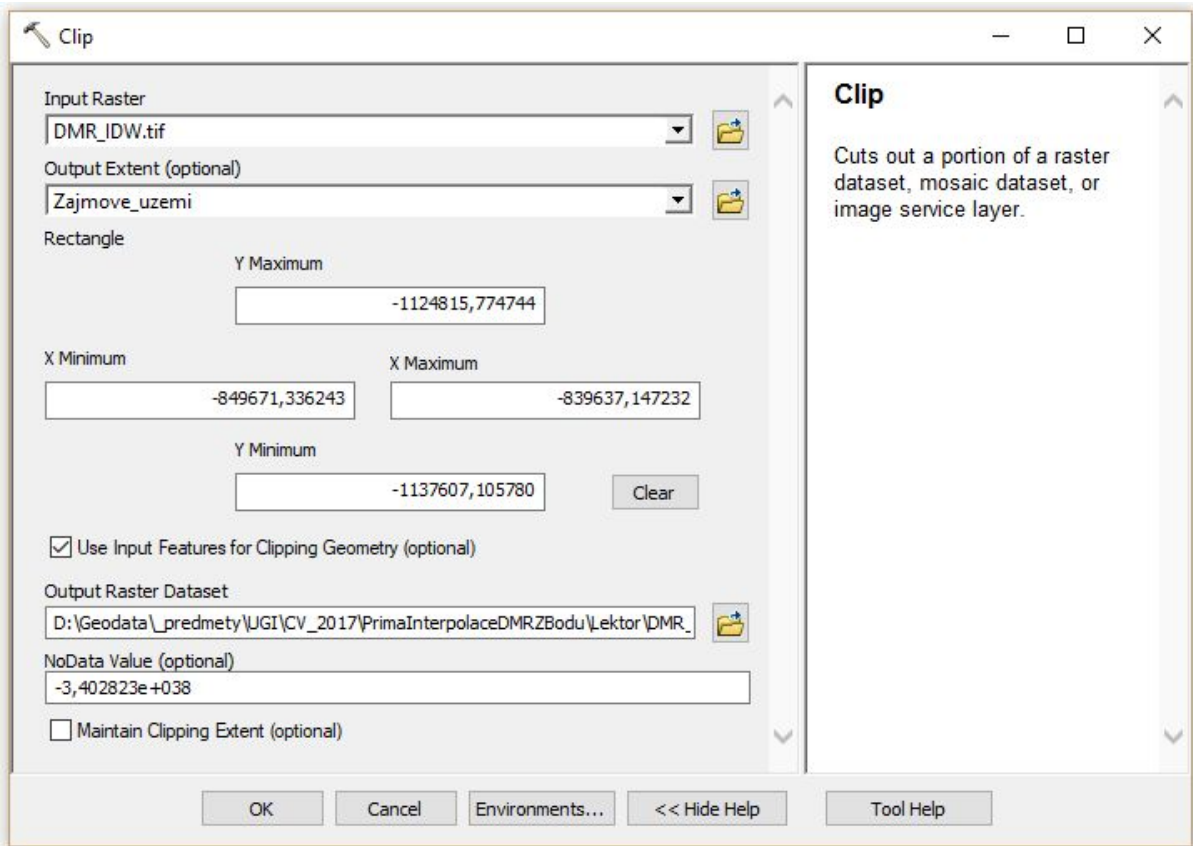


Obr. 101 Interpolace DMR metodou inverzní vážené vzdálenosti (IDW).



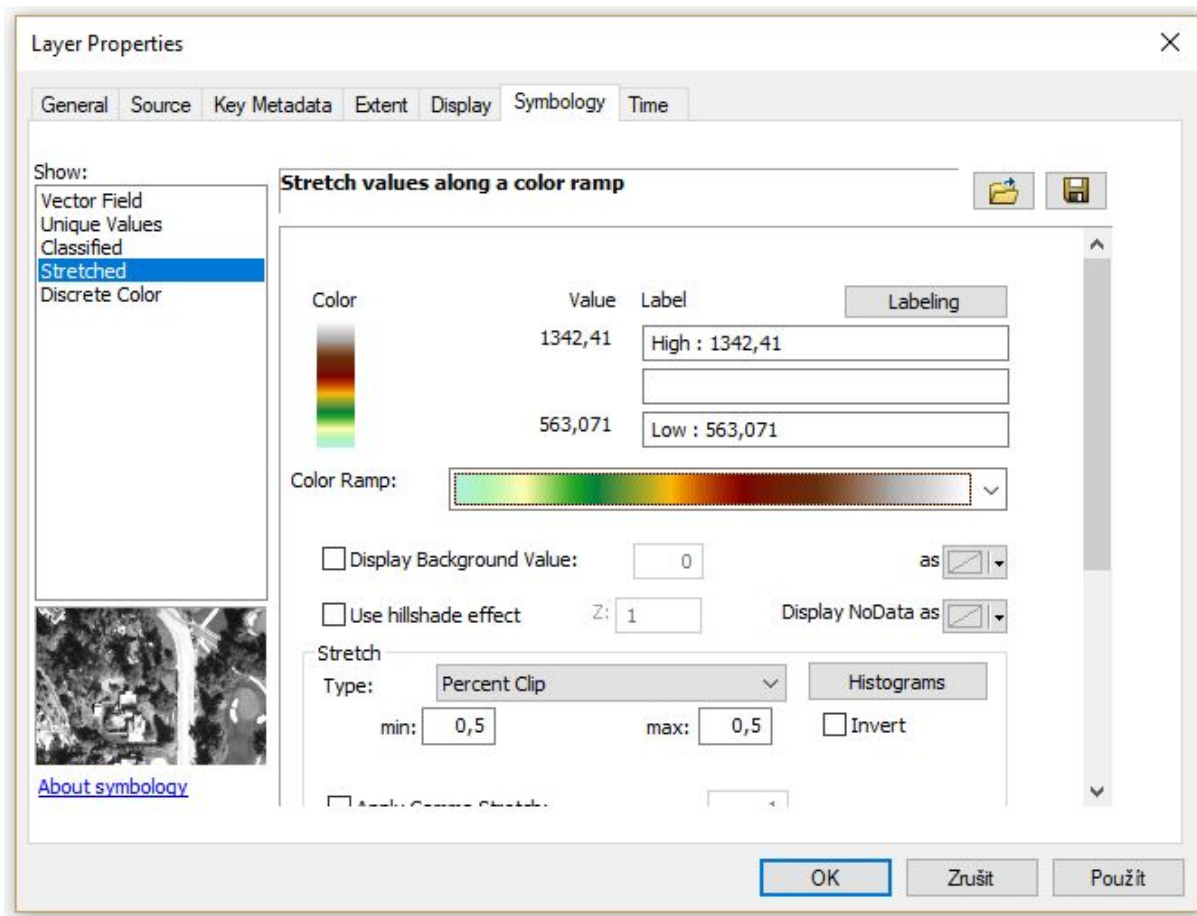
Obr. 102 Použití funkce Topo to Raster.

Vypočítané povrchy ořízneme vrstvou *Zajmove_uzemi* (ArcToolbox -> Data Management Tools -> Raster -> Raster Processing -> Clip). Nezapomeňme zatrhnout volbu *Use Features for Clipping Geometry*!



Obr. 103 Použití funkce Clip.

Oříznuté povrchy obarvěte vhodnou barevnou škálou a s vyučujícím diskutujte rozdíly v interpolaci povrchu různými metodami (převodem přes TIN, přímá interpolace různými metodami - IDW a Topo to raster). Zaměřme se zejména na oblast údolnic, hřbetnic a vodních ploch. Porovnání provádějme ve 2D i ve 3D.



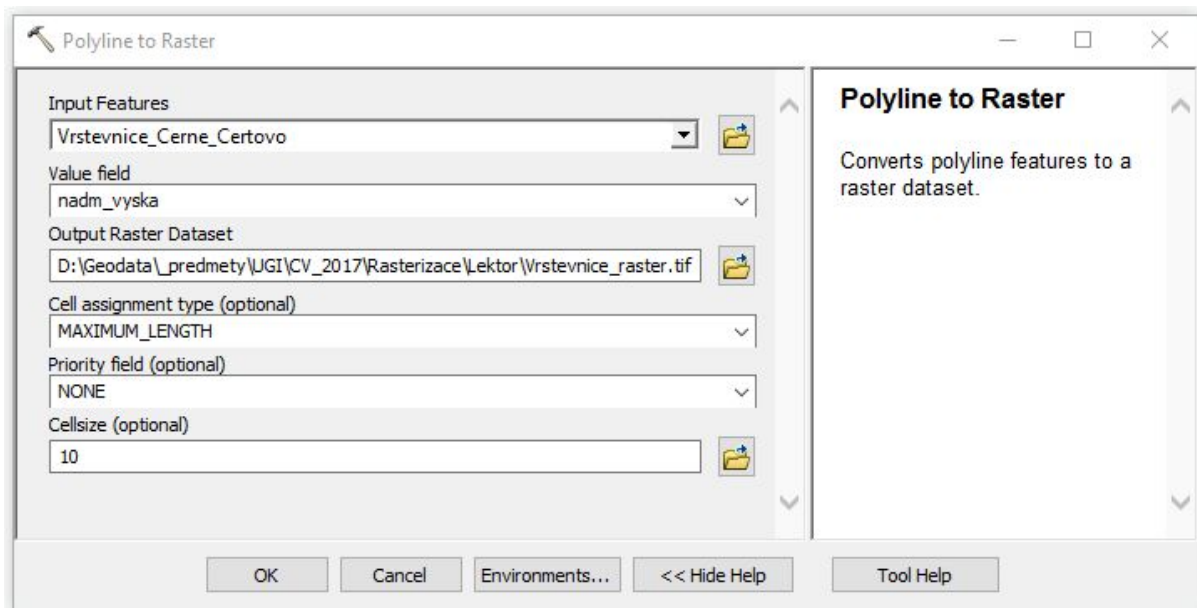
Obr. 104 Barevná škála pro vizualizaci digitálního modelu reliéfu.

Rasterizace vrstevnic

Vstupní data:

- Liniová vrstva *Vrstevnice_Cerne_Certovo* s vrstevnicemi pokrývajícími oblast Černého a Čertova jezera na Šumavě

V této ukázce použijeme funkci Polyline To Raster (k nalezení v *ArcToolbox -> Conversion Tools -> To Raster*), abychom ukázali rozdíl mezi rasterizací a interpolací.



Obr. 105 Použití funkce Polyline to Raster.

Jak můžeme vidět na obrázku 106, rasterizací, na rozdíl od interpolace, nevzniká souvislý povrch, pouze otisk vektorové vrstvy. Srovnejme s interpolací DMR z výškových bodů (viz kapitola Přímá interpolace DMR z vstupních bodů).

Poznámka: v některých verzích cvičných dat není nadmořská výška uložena v atributu [nadm_vyska], ale v atributu [Z].



Obr. 106 Rasterizovaná vrstva vrstevnic

Interpolace výnosového potenciálu

Vstupní data:

- Bodová vrstva *YieldMeasurement2017* obsahující body měřených výnosů (*yield*) z roku 2017 (atribut *YieldMeasu* označuje v procentech hodnotu, o jakou se v daném místě bude výnos lišit oproti průměrnému výnosu, kde průměrný výnos má hodnotu 100 %)
- Plošná vrstva *RosteniceFields* obsahující areály pozemků zemědělského družstva Rostěnice

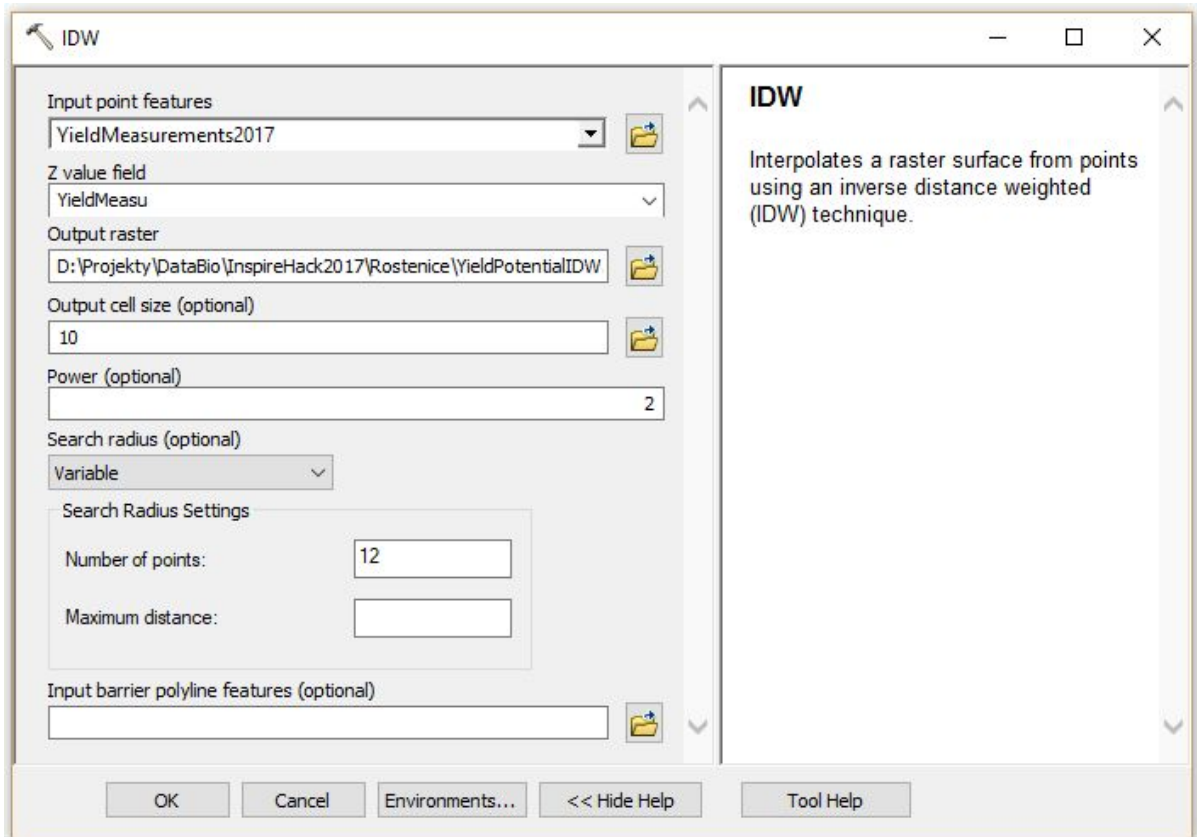
Za zapůjčení dat děkujeme farmě Rostěnice a.s. a Mendelově univerzitě v Brně.

Poznámka: povšimněme si souřadnicového systému dat.

Cílem ukázky je interpolace předpokládaného výnosového potenciálu pro celou plochu pozemků. Vyzkoušejme různé interpolační techniky.

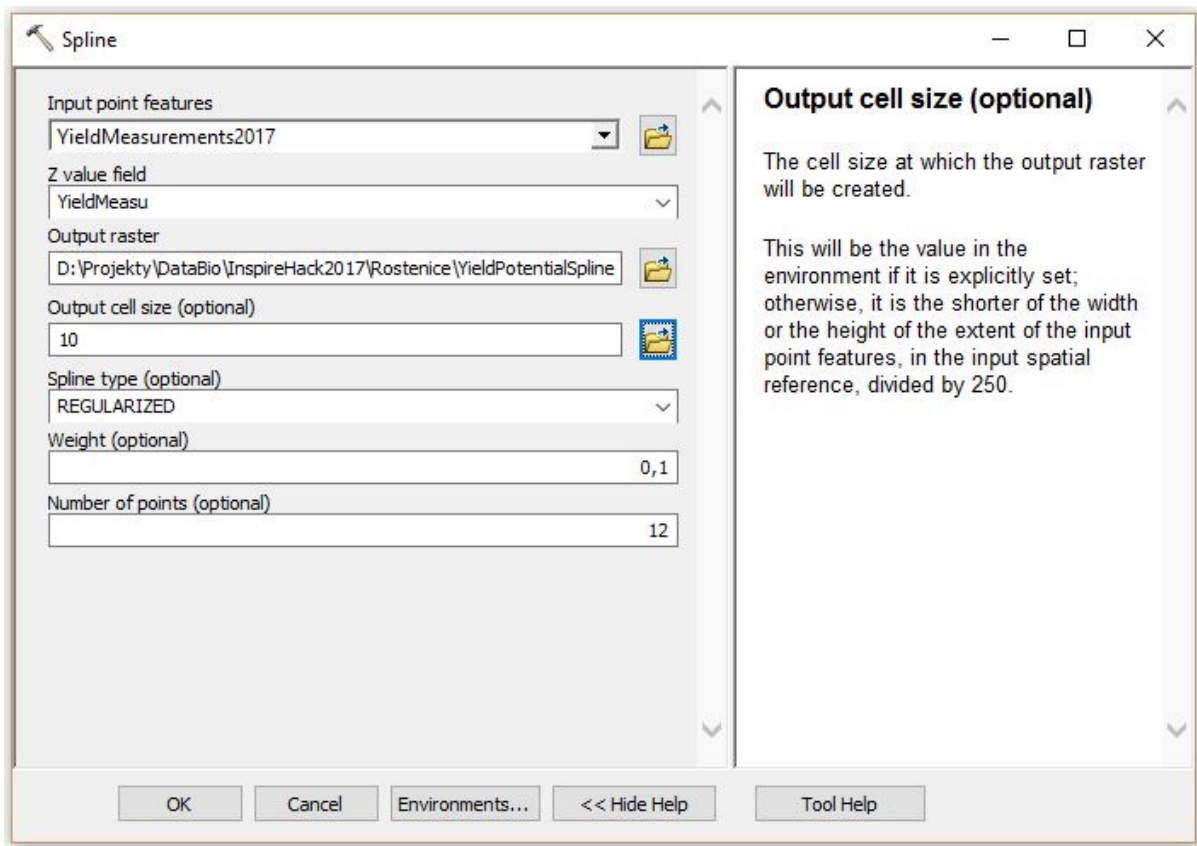
Poznámka: pro použití nástrojů pro interpolaci je zapotřebí mít zapnuté rozšíření Spatial Analyst (menu *Customize* -> *Extensions*; v dialogu zaškrtnout *Spatial Analyst*)

Nejprve interpolujme metodou inverzní vážené vzdálenosti (*ArcToolbox* -> *Spatial Analyst Tools* -> *Interpolation* -> *IDW*):



Obr. 107 Interpolace pomocí metody IDW.

Dále vyzkoušejme interpolaci metodou pomocí spline ploch (*ArcToolbox* -> *Spatial Analyst Tools* -> *Interpolation* -> *Spline*):

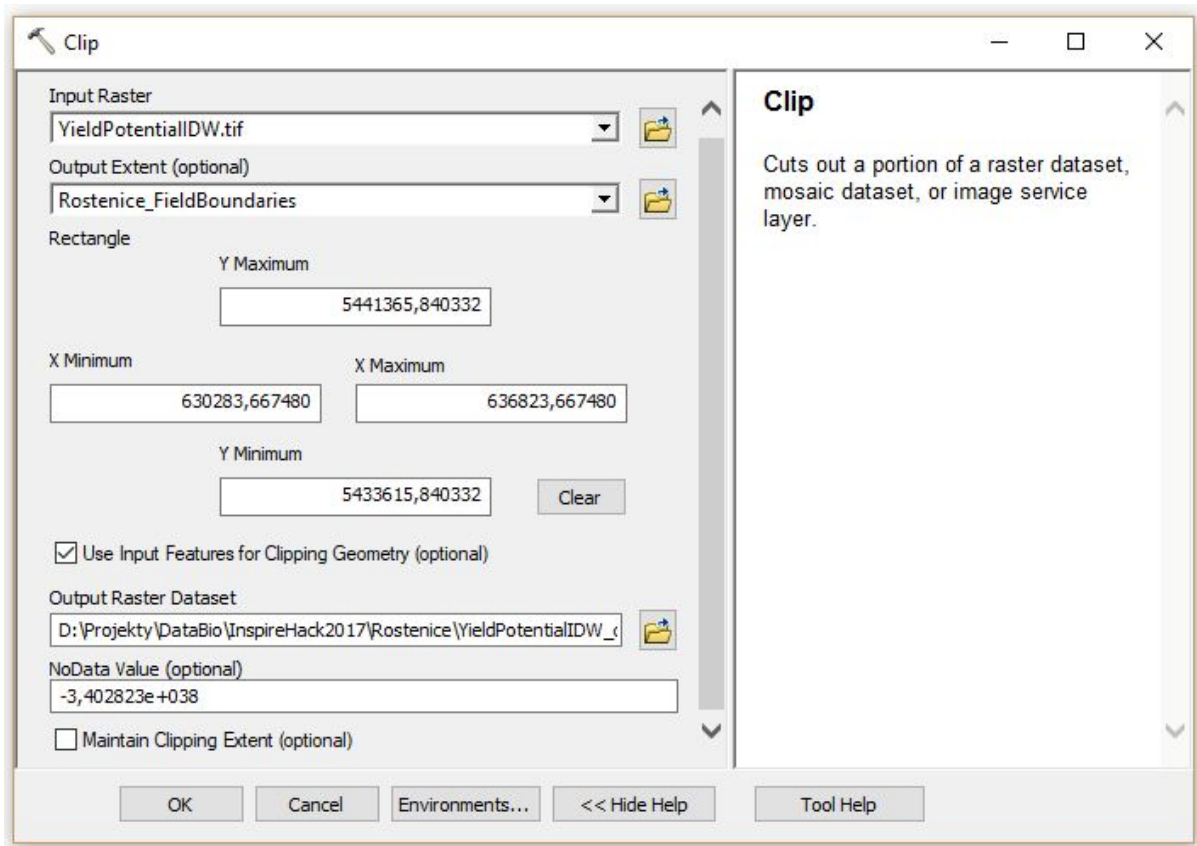


Obr. 108 Interpolace pomocí metody Spline.

Alternativně vyzkoušejme další interpolační metody z Toolboxu *Interpolation: Natural Neighbour, Kriging*.

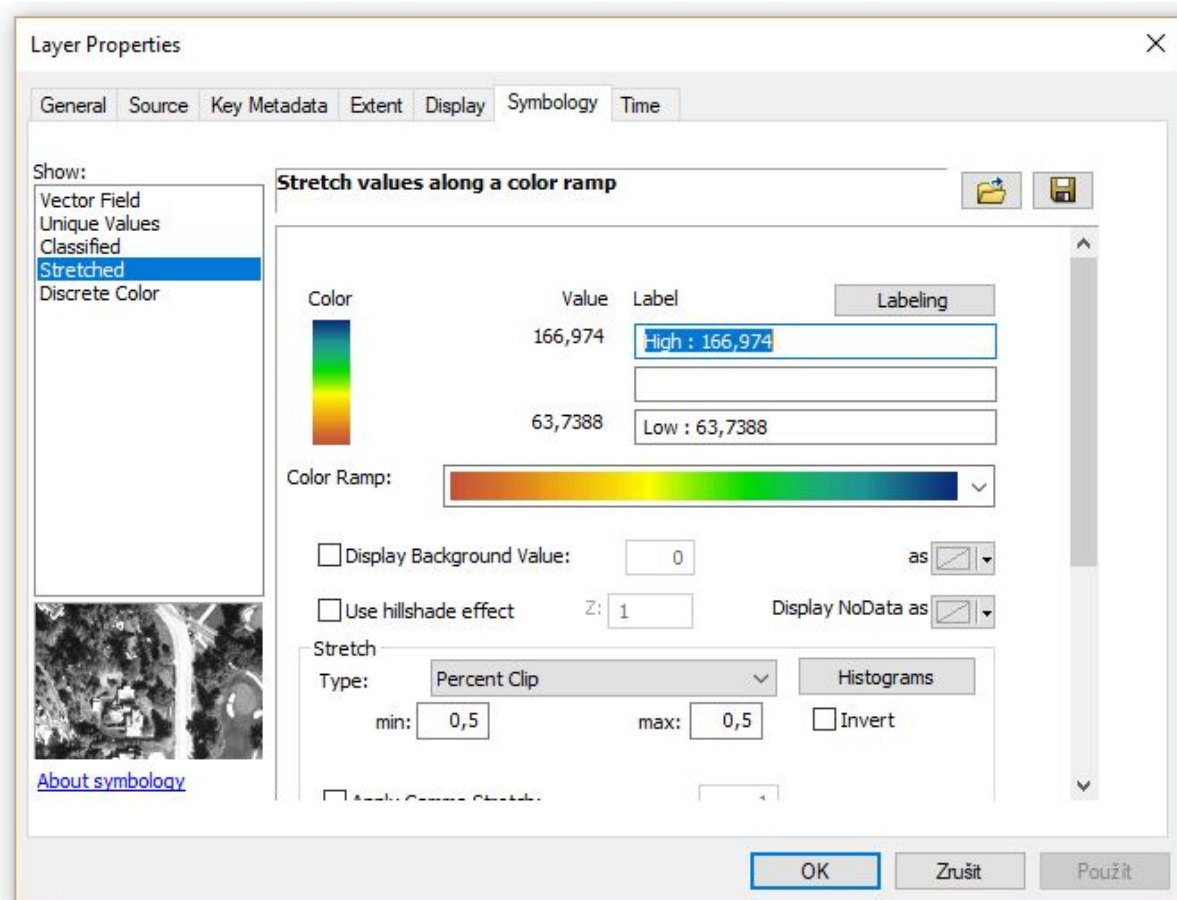
Vypočítané povrchy výnosového potenciálu ořízneme vrstvou *Rostenice_Fields* (*ArcToolbox* -> *Data Management Tools* -> *Raster* -> *Raster Processing* -> *Clip*. Nezapomeňme zatrhnout volbu *Use Features for Clipping Geometry!*

Poznámka: Při zadávání "Output Raster Dataset" je velikost výstupu omezena na maximálně 13 znaků.

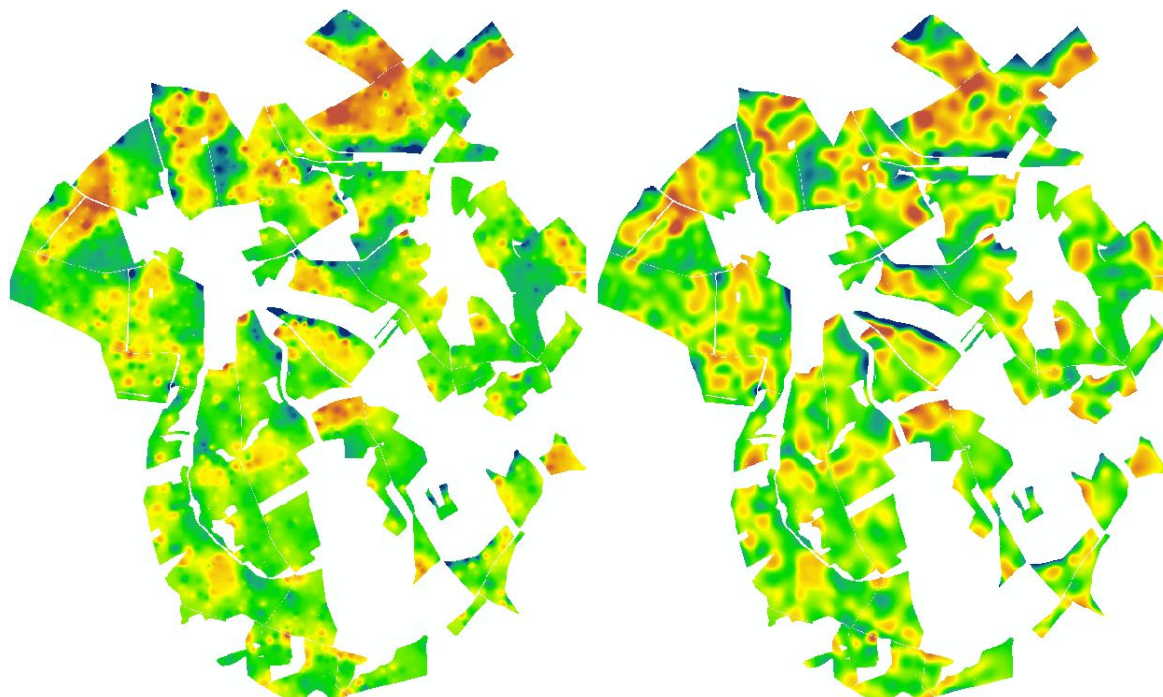


Obr. 109 Oříznutí povrchů výnosového potenciálu pomocí funkce Clip.

Oříznuté povrchy zobrazme barevnou škálou vhodnou pro výnosový potenciál:



Obr. 110 Výběr barevné škály vhodné pro výnosový potenciál.



Obr. 111 Dvě různé interpolace výnosového potenciálu (vlevo metodou IDW, vpravo jako regularizovaný spline).

S vyučujícím diskutujme rozdíly v interpolaci výnosového potenciálu různými metodami.

Mapová algebra

Vstupní data:

- Plošná vrstva *RosteniceFields* obsahující areály jednotlivých polí zemědělského družstva Rostěnice
- Rastrová vrstva *YieldPotencialSpline_Clipped.tif* obsahující interpolovaný výnosový potenciál ořezaný na jednotlivá pole. V každé buňce je uložena hodnota, o jakou se v daném místě bude výnos lišit oproti průměrnému výnosu (průměrný výnos má hodnotu 100 %).

Otevřeme ArcMap a do projektu načtíme vstupní data z disku počítače. Následně ze služby ArcGIS online (*File / Add Data / Add Data from ArcGIS Online ...*) dále připojme vrstvu *Digitálního modelu reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G)*, viz obrázek 112 a vrstvu *Digitálního modelu povrchu první generace (DMP 1G)*. Přidávejme služby vytvořené přímo Zeměměřickým úřadem (*Image Service by zem_urad*). Při přidávání vrstev dbejme nastavení vhodné transformace mezi souřadnicovými systémy (viz informace o [souřadnicových systémech](#))

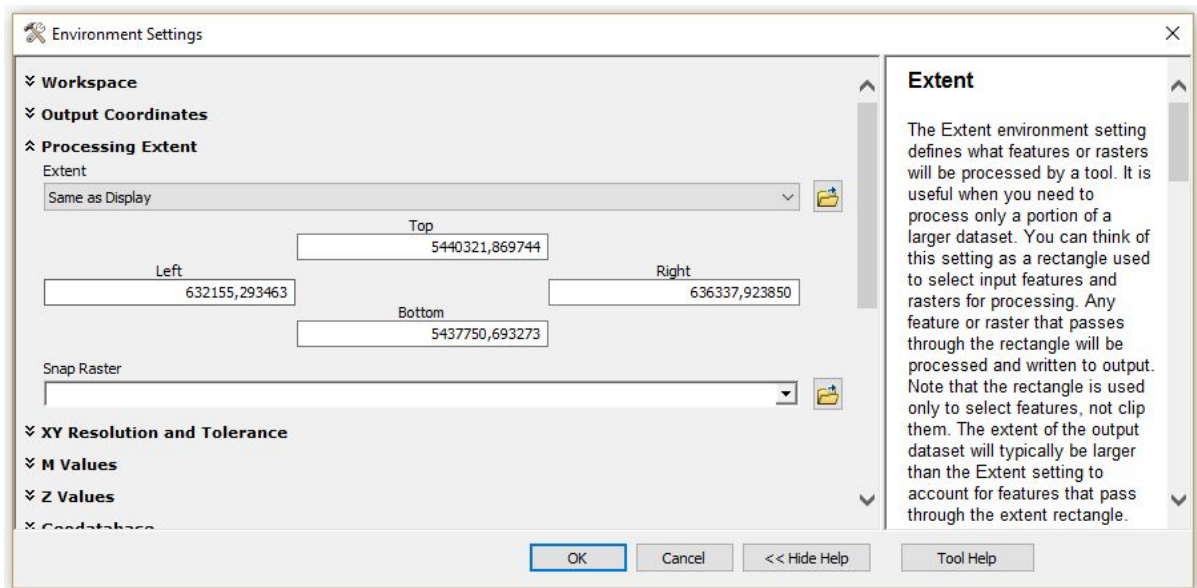


Obr. 112 Připojení vrstvy Digitálního modelu reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G) z ArcGIS online.

Přidané vrstvy mají na sobě aplikovanou symboliku ve formě stínování. To je vhodné pro vizualizaci, nelze to však použít pro analytickou práci. Proto po kliknutí na vlastnosti vrstvy (aplikujeme jak na vrstvu *DMR5G* tak i na *DMP1G*) vybereme záložku *Processing Templates* (v ArcMap verze 10.2 jde o záložku *Server Functions*), kde vypneme aplikovanou symboliku (volbu parametru *Function:GrayscaleHillshade* přepneme na *Function:None*). Tím získáme

sice vizuálně nic neříkající obraz, který však v hodnotách buněk obsahuje informaci o nadmořských výškách (možno ověřit nástrojem *Identify*).

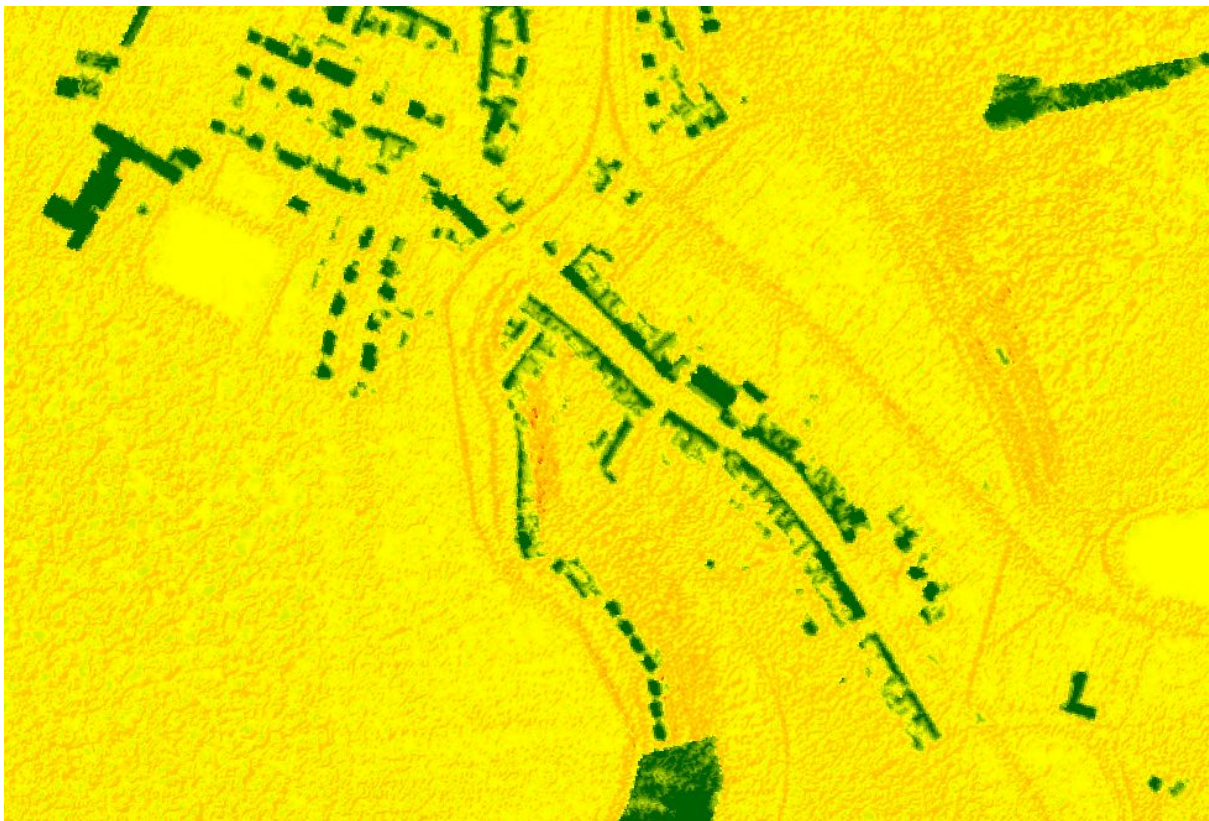
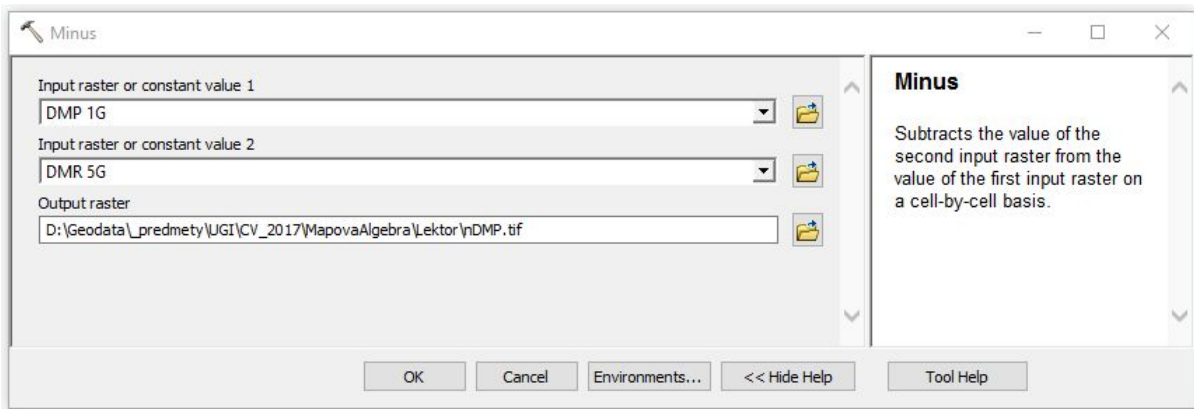
Protože budeme dále pracovat s daty z webové služby (obsahující DMR a DMP celé České republiky), je velice důležité si pro další práci nastavit pracovní prostor, ve kterém budeme všechny následující analýzy provádět! Proto se přiblížíme do oblasti vrstvy *RosteniceFields* na prostorově menší oblast (cca 3000 x 3000 metrů) a nastavme *Geoprocessing / Environments / Processing Extent / Same as Display* (alternativně použijme bookmark *Výřez pro výpočet nDMP* v předpřipraveném záchranném dokumentu *MapovaAlgebra.mxd*). Stejně tak, pokud se nepodaří připojit k výše zmíněným službám, použijme lokálně uloženou kopii *DMR5G.tif* a *DMP1G.tif*.



Obr. 113 Nastavení pracovního prostoru, ve kterém budeme provádět prostorové analýzy.

Lokální funkce mapové algebry - výpočet normalizovaného digitálního modelu povrchu

Procvičme si lokální funkci mapové algebry tak že od Digitálního modelu povrchu odečteme digitální model reliéfu, vyjde nám normalizovaný digitální model povrchu (nDMP), zobrazující výšku vegetace a výšky antropogenních prvků ~ staveb. Použijme v ArcToolboxu funkci *Minus* (*ArcToolbox / Spatial Analyst Tools / Math / Minus*), viz obr. 114. Nezapomeňme pro její užití aktivovat rozšíření *Spatial Analyst* v menu *Customize / Extensions ...*



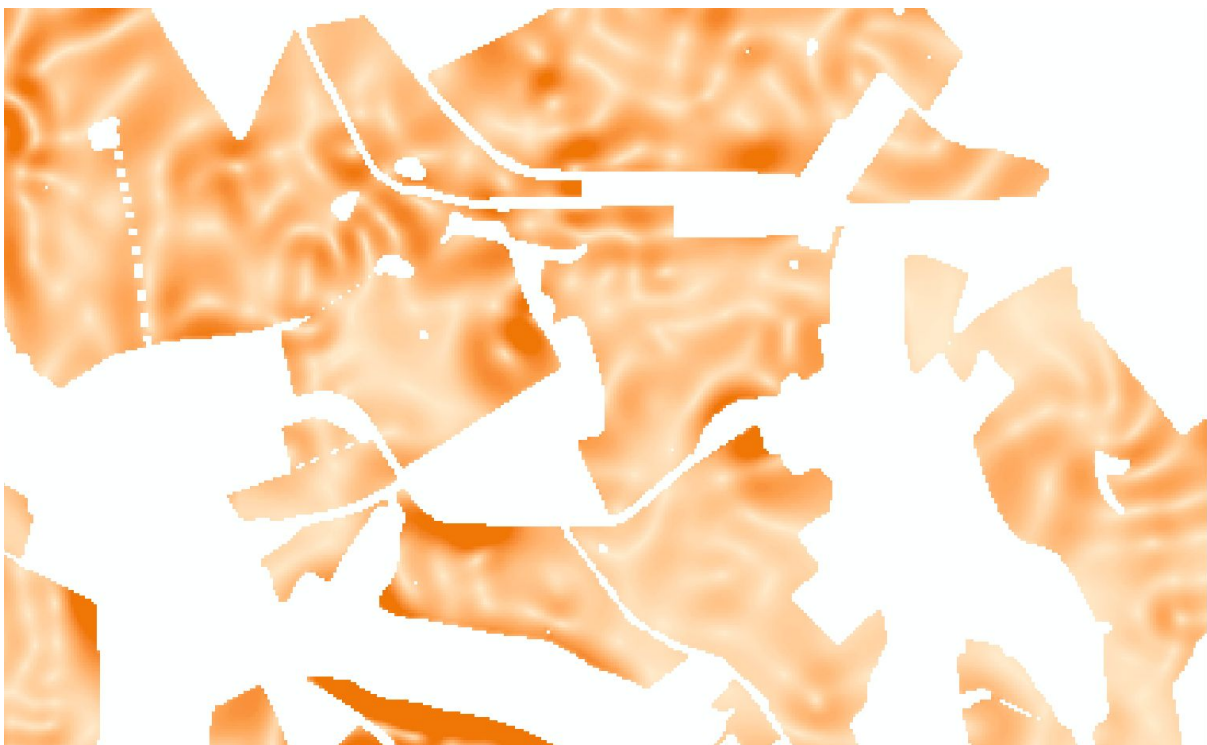
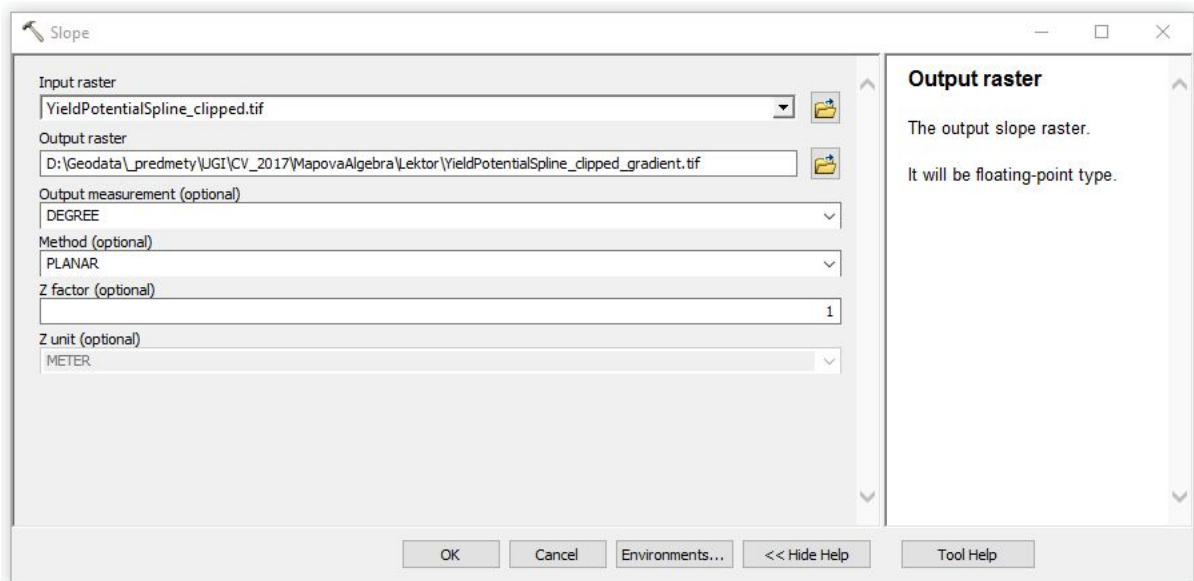
Obr. 114 Nástroj pro výpočet normalizovaného digitálního model povrchu pomocí funkce Minus (nahore) a jeho výsledek - zeleně vystupující oblasti zobrazují budovy a vegetace (dole).

Poznámka: Povšiměme si, že v zmíněné složce *Math* se nalézají i další lokální funkce mapové algebry, zejména *Plus*, *Divide* a *Times*. Nástroje využívající lokální funkce mapové algebry lze též nalézt v *ArcToolbox / Spatial Analyst Tools / Map Algebra / Map Calculator*.

Fokální funkce mapové algebry - výpočet gradientu a orientace změn výnosového potenciálu

Nejběžnějším využitím fokální funkce mapové algebry je bezesporu výpočet sklonu a orientace svahu (viz kapitola zabývající se [analýzou povrchů](#)). Tyto funkce lze ale obecně aplikovat i na jiné vrstvy. Například výpočet "sklonu" (*ArcToolbox / Spatial Analyst Tools / Surface / Slope*), zde obecněji gradientu, výnosového potenciálu

(*YieldPotentialSpline_Clipped.tif*) vytvoří povrch nesoucí informaci o největších změnách ve výnosovém potenciálu v prostoru (obr. 115). Tuto vrstvu lze interpretovat tak, že čím heterogennější je pole, k tím větším změnám výnosového potenciálu na nich dochází. Žádoucí jsou přitom spíše homogenní celky.



Obr. 115 Aplikace funkce Slope na vrstvu výnosového potenciálu (nahore) a výsledek (dole).

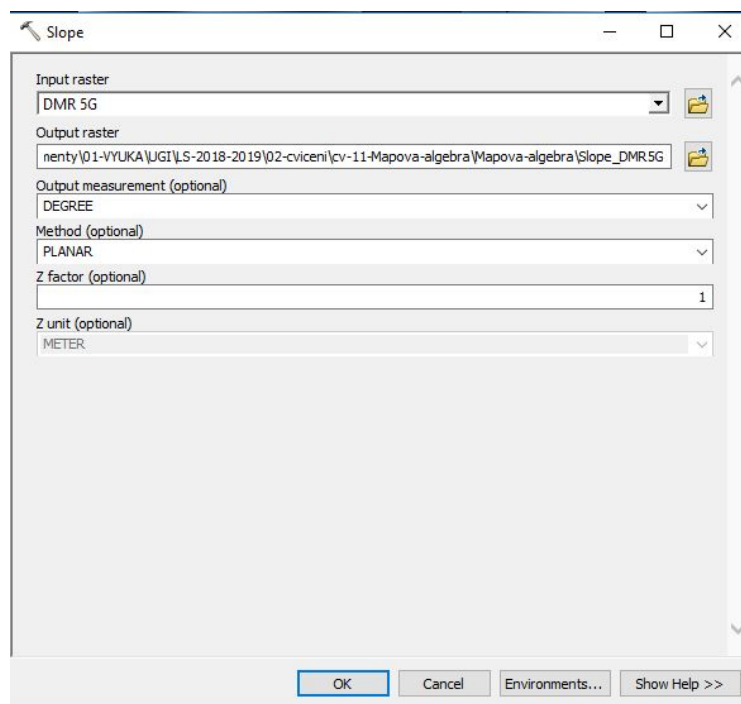
Zonální funkce mapové algebry

Při práci s zonální funkcí mapové algebry nejčastěji počítáme základní statistické informace o nějakém v prostoru spojitě se měnícím jevu v zájmových zónách. Lze si představit například výpočet minimálního a maximálního sklonu svahu (jev) pro jednotlivá povodí

(zóna) veličině. Dalším příkladem může být výpočet minimální, maximální a průměrný výnosový potenciál (jev) pro jednotlivá pole (zóny).

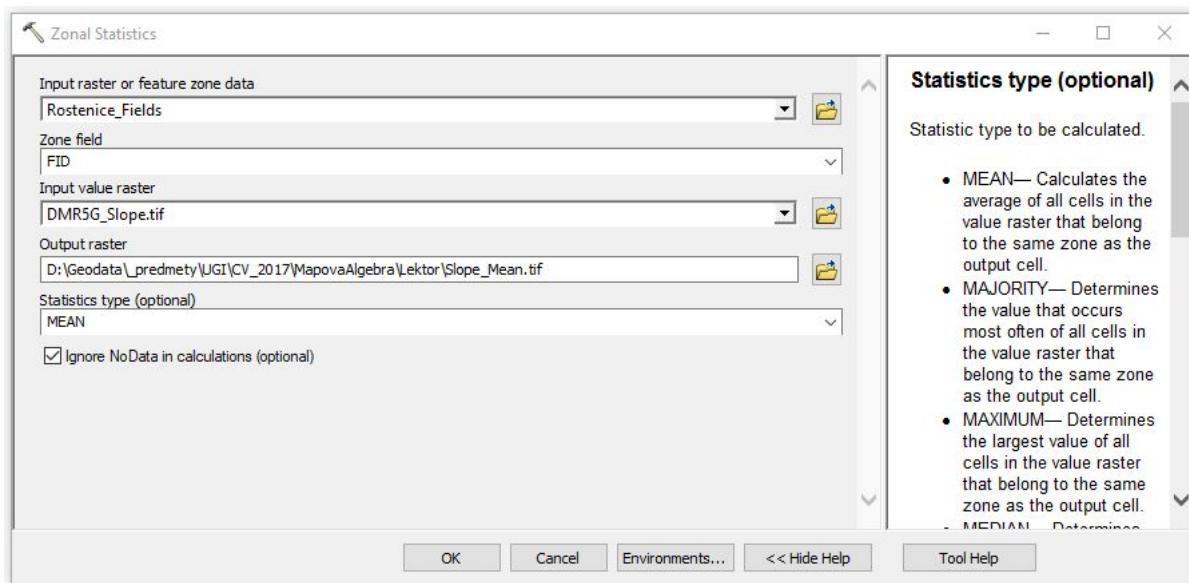
Spočítejme proto minimální, maximální a průměrný sklon polí na farmě Rostěnice resp. v oblasti, pro kterou máme k dispozici digitální model reliéfu (pozor zde nemá smysl počítat takovéto hodnoty z digitálního modelu povrchu, který není očištěn o vegetaci a antropogenní prvky).

Z DMR 5G tedy nejprve spočítejme rastr sklonu svahů (*ArcToolbox / Spatial Analyst Tools / Surface / Slope* ~ nastavení parametrů a použití funkce Slope viz kapitola o [Rastru sklonu svahů](#)).



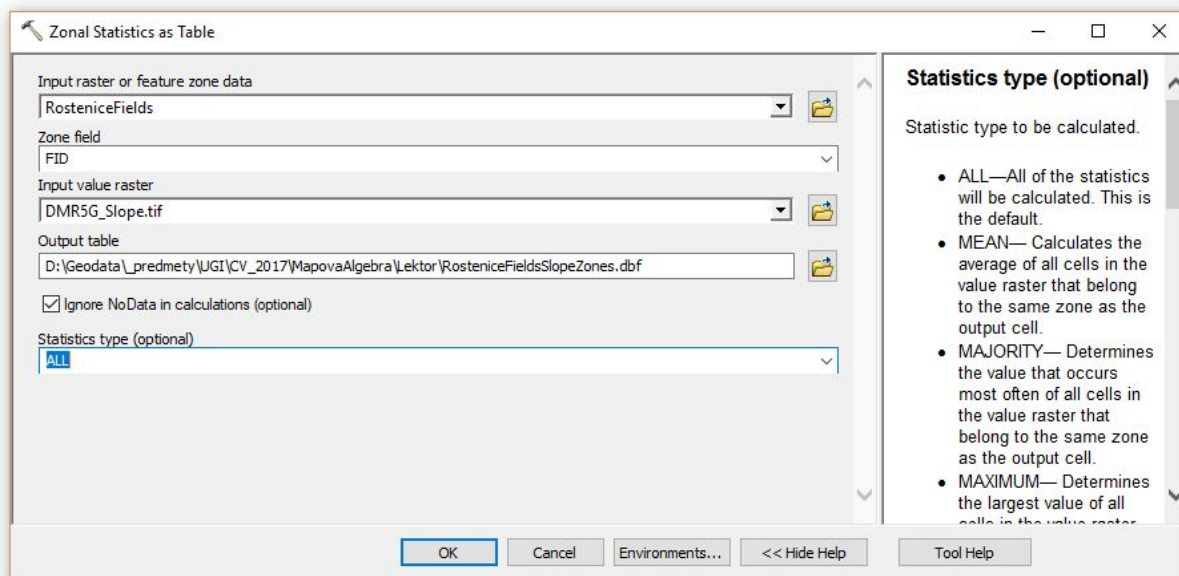
Obr. 116 Výpočet rastru sklonu svahů z DMR 5G.

Následně spustíme funkci *ArcToolbox / Spatial Analyst Tools / Zonal / Zonal Statistics* s parametry vyobrazenými na obrázku 117. Výsledkem je rastr s hodnotou buňky rovnou průměrnému sklonu svahu v každé zóně.



Obr. 117 Funkce *Zonal Statistic* (nahore) počítající průměrnou hodnotu sklonu pro každé pole ve vrstvě *RosteniceFields.shp*. Čím tmavší barva, tím větší průměrná hodnota na poli (dole). (Prostorový rozsah území na obrázku odpovídá oblasti bookmarku *Výřez pro výpočet nDMP* v předpřipraveném záchranném dokumentu *MapovaAlgebra.mxd*).

Vzhledem k tomu, že každá zóna na obr. 117 obsahuje mnoho buněk s naprosto stejnou hodnotou (neefektivita uložení), a vzhledem k tomu, že takto lze spočítat vždy pouze jednu statistickou veličinu, zde průměr (neefektivita ve výpočtu), používá se více funkce *ArcToolbox / Spatial Analyst Tools / Zonal / Zonal Statistics As a Table* (obr. 118). Po spuštění funkce dojde k výpočtu a k uložení jeho výsledků do atributové tabulky *RosteniceFieldsSlopeZones.dbf*.

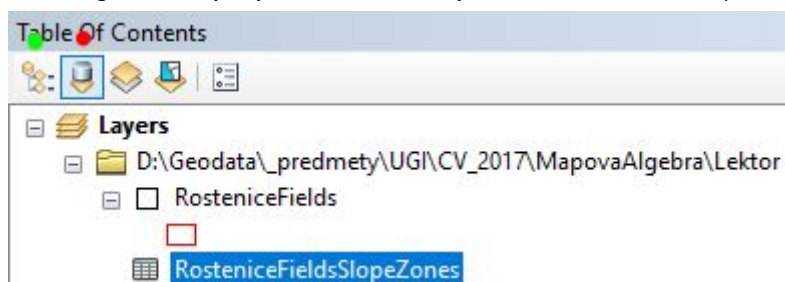


Obr. 118 Použití funkce/nástroje *Zonal Statistics As a Table*.

OID	FID *	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM
0	17	25518	102072	0,314211	23,292435	22,978224	6,867322	4,414478	175240,329761
1	18	4118	16472	1,723669	15,831927	14,108259	6,734996	2,591101	27734,714023
2	19	64923	259692	0,045458	23,795296	23,749838	6,870839	3,527143	446075,45131
3	20	13048	52192	0,091862	30,862068	30,770206	10,757052	3,843795	140358,014715
4	21	72617	290468	0,038933	15,24701	15,208077	4,609715	2,038884	334743,700012
5	22	34795	139180	0,817459	33,440319	32,62286	5,743641	2,828476	199849,980467
6	23	16660	66640	0,090239	38,267555	38,177316	8,677283	4,400466	144563,528158
7	24	86237	344948	0,00488	20,410349	20,405469	3,979065	2,105206	343142,65737
8	25	97681	390724	0,407979	31,511148	31,103169	5,375243	2,241701	525059,067434
9	26	10653	42612	0,090231	10,96168	10,87145	4,149633	1,227274	44206,039644
10	27	160087	640348	0,012368	26,374163	26,361795	5,235608	2,499151	838152,757511
11	28	32511	130044	0,018792	20,402218	20,383426	5,184492	2,059977	168553,007676
12	31	264818	1059272	0,009558	34,407093	34,397535	5,546259	3,555186	1468749,11835
13	32	35975	143900	0,017166	22,228664	22,211498	5,35301	3,066901	192574,524864
14	33	17360	69440	0,009679	13,432301	13,422621	2,009437	1,378753	34883,834476
15	34	59050	236200	0,001534	23,826996	23,825462	2,700087	2,168006	159440,111177

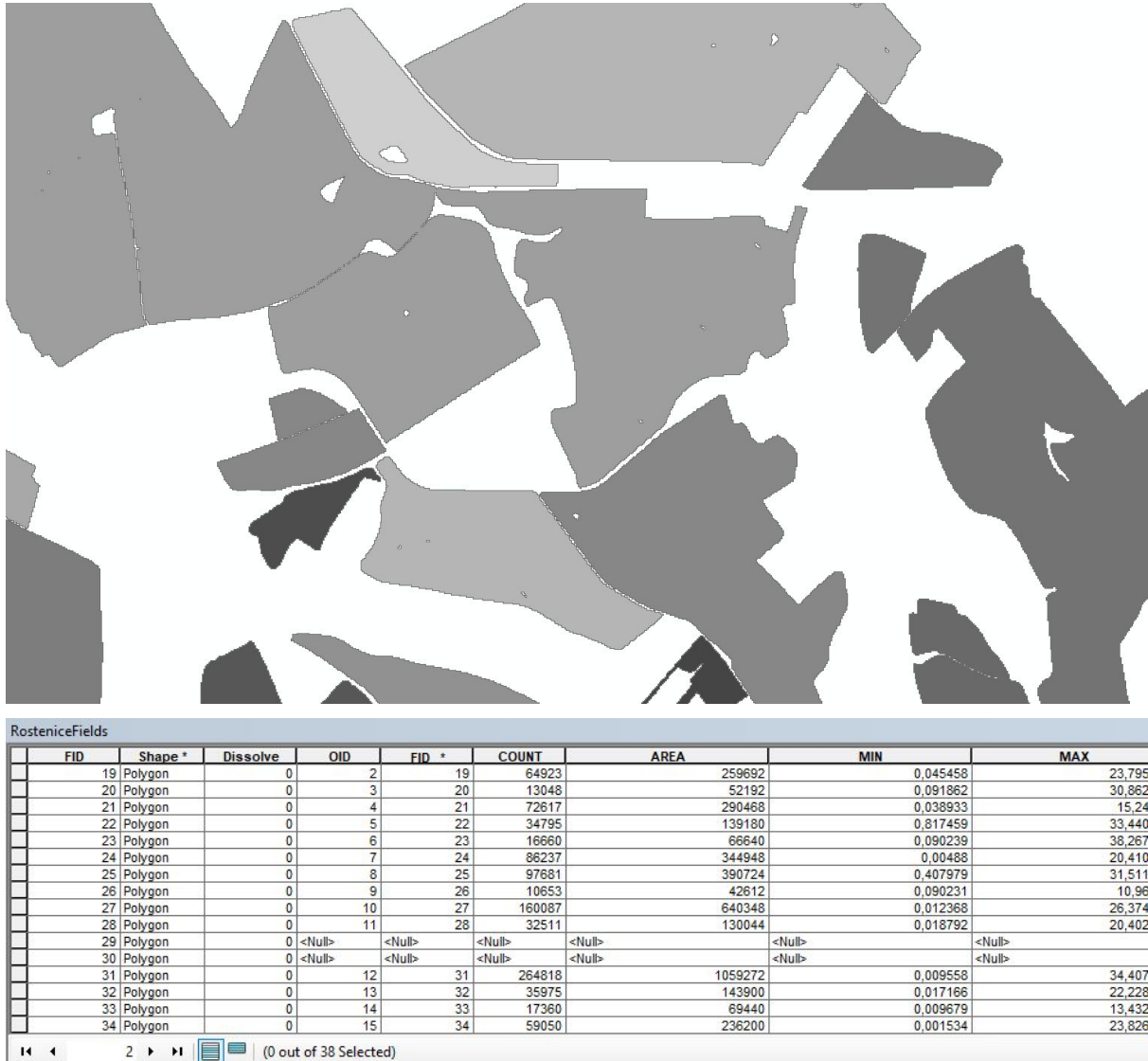
Obr. 119 Atributová tabulka vrstvy RosteniceFieldsSlopeZones.

Pozor, tato tabulka je automaticky přidána do aktuálního projektu a protože nemá žádnou prostorovou lokalizaci, ArcMap zareaguje přepnutím zobrazení Table of Content podle metody "List By Source", pro přepnutí zpět do zobrazení podle pořadí vykreslování ("List By Drawing Order" přepněte na ikonu pod zelenou tečkou (obr. 120).



Obr. 120 přepínání mezi metodami vykreslování.

Po propojení prvkové třídy *RosteniceFields* (pravé tlačítko myši nad *RosteniceFields* -> Joins and Relates -> Join...) s atributovou tabulkou *RosteniceFieldsSlopeZones* přes primární a cizí klíč *RosteniceFields.FID* a *RosteniceFieldsSlopeZones.FID* je pak možné data vizualizovat (pravé tlačítko myši nad vrstvou *RosteniceField* -> Properties -> Symbology) obdobně jako při užití funkce *Zonal Statistics*. Data jsou však ve vektorové formě, t.j. uložena úsporněji a zároveň máme možnost přepínat vizualizaci podle různých atributů. Při procházení výsledků si jen uvědomme, že zonální statistika byla vypočtena pouze pro zóny, pro které máme vstupní povrch sklonů svahů, některé zóny tedy nemají atribut vyplněn (obr. 121).



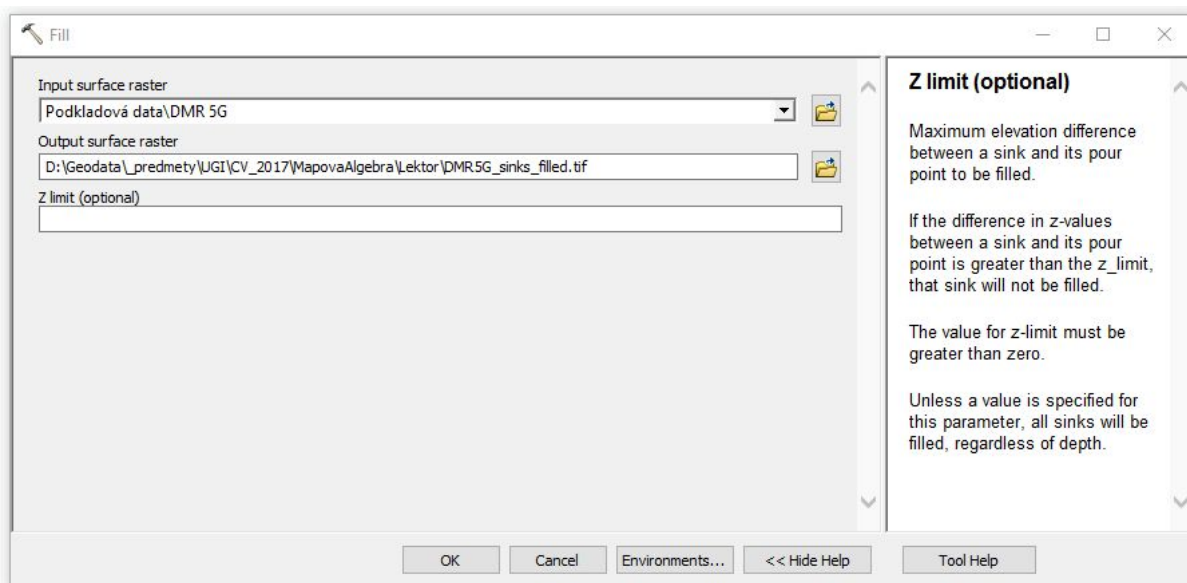
Obr. 121 Prostorová vizualizace průměrných sklonů svahů jednotlivých zón (nahore) a kompletní pohled na propojená data prvkové třídy *RosteniceFields* s atributovou tabulkou *RosteniceFieldsSlopeZones* (dole).

Výzva: V základu lze samozřejmě počítat podobné charakteristiky přímo pro nadmořskou výšku nebo naopak pak i pro analytické vrstvy pro výnosový potenciál.

Globální funkce mapové algebry - odstranění bezodtokých oblastí

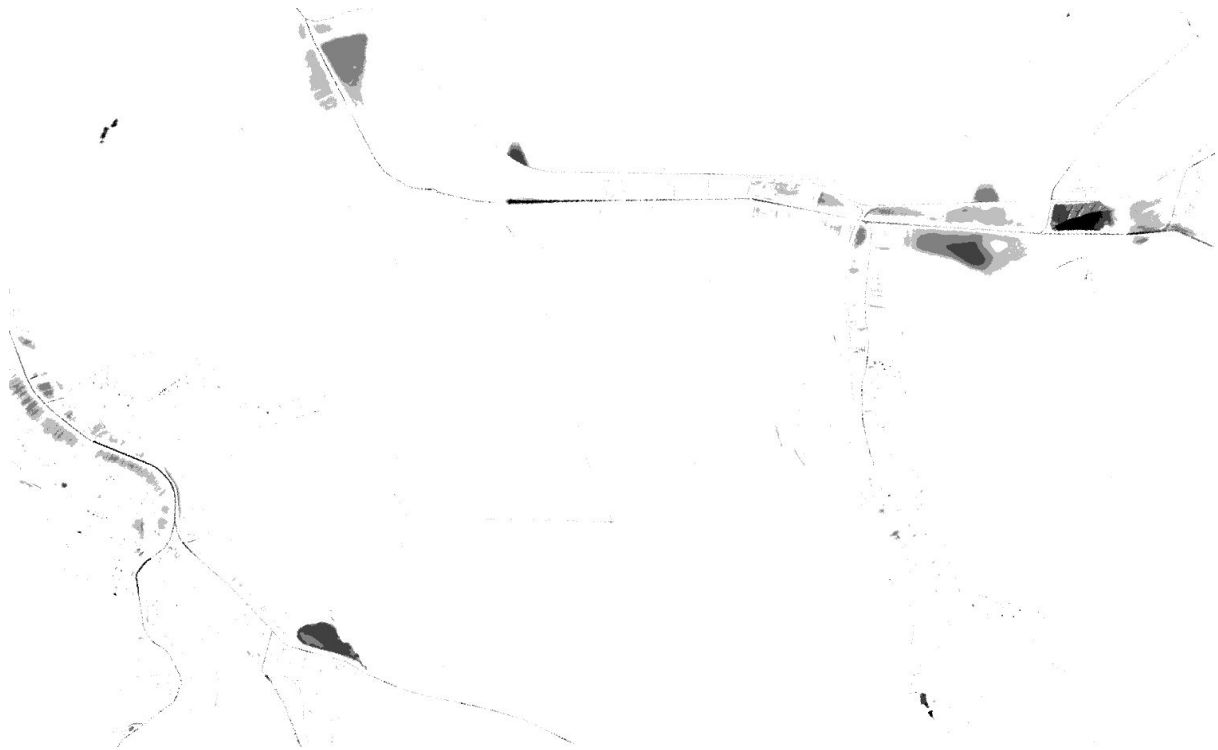
Globální funkce mapové algebry potřebuje pro výpočet jedné buňky výstupního rastru (potenciálně) všechny buňky vstupního rastru (nelze vymezit zóny o pevných hranicích, ze kterých výstupní buňky počítat. Nejjednodušším příkladem je vyhledání globálních extrémů (např. minima, maxima) v rámci celého vstupního rastru) jedná se v podstatě o obdobu zonální analýzy, kde zónou je celý rastr.

Zajímavějším příkladem je vyhledání sníženin (*sinks*) v digitálním modelu reliéfu. To jsou oblasti, ve kterých se v krajině drží voda. Těmito sníženinami mohou být jednak interpolační chyby, ale i lokální deprese nebo například rybníky. Tyto sníženiny se funkcí *ArcToolbox / Spatial Analyst Tools / Hydrology / Fill* vyplní po okraj (obr. 122). Výstupem z funkce je digitální model reliéfu zbavený lokálních snížení. Takový povrch se pak používá v dalších hydrologických analýzách, někdy je nazýván hydrologicky korektním modelem reliéfu. Z DMR 5G tedy (například v oblasti bookmarku Výřez pro výpočet nDMP v předpřipraveném záchranném dokumentu MapovaAlgebra.mxd) spočteme hydrologicky korektní model reliéfu.



Obr. 122 Funkce Fill, která vyplní lokální sníženiny a vytvoří tak hydrologicky korektní model reliéfu.

Po provedení výpočtu nevidíme příliš rozdílů mezi vstupním a výstupním povrchem. Pokud od sebe oba povrchy odečteme (viz kapitola o [lokální funkci mapové algebry](#)) a aplikujeme na výsledek vhodnou symboliku (~ vizualizujeme pouze buňky s nenulovým rozdílem + použijeme vhodnou barevnou škálu), uvidíme vyplněné oblasti (viz obr. 123).



Obr. 123 Vyplněné bezodtoké oblasti

Analýzy povrchů

Analýzy povrchů jsou prováděny nad digitálním modelem nějakého povrchu (typicky DMR). ArcMap obsahuje pro analýzy DMR řadu funkcí dostupných buď v ArcToolbox, případně panelu nástrojů 3D Analyst.

Vstupní data:

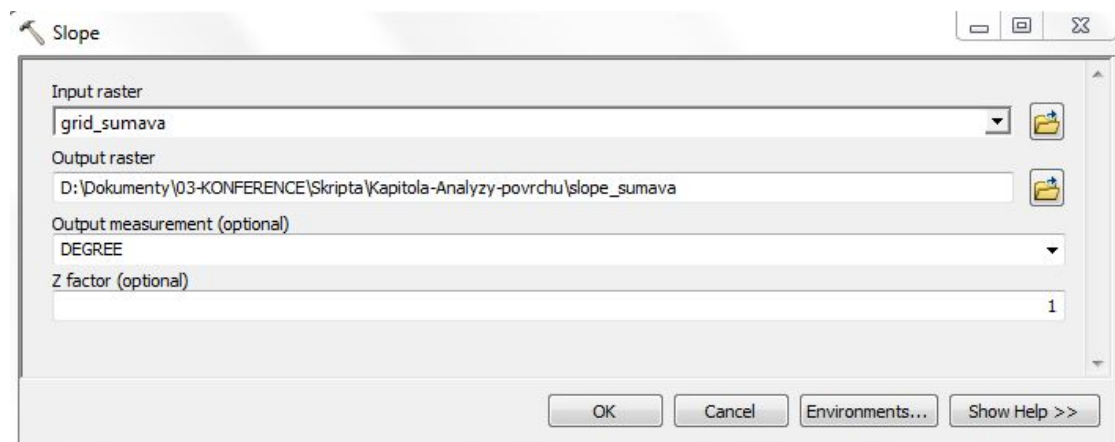
- DMR reprezentovaný ve formě rastru (vytvořený v kapitole [GRID](#))
- DMR reprezentovaný ve formě TIN (vytvořený v kapitole [TIN](#))

Rastr sklonu svahů (*slope*)

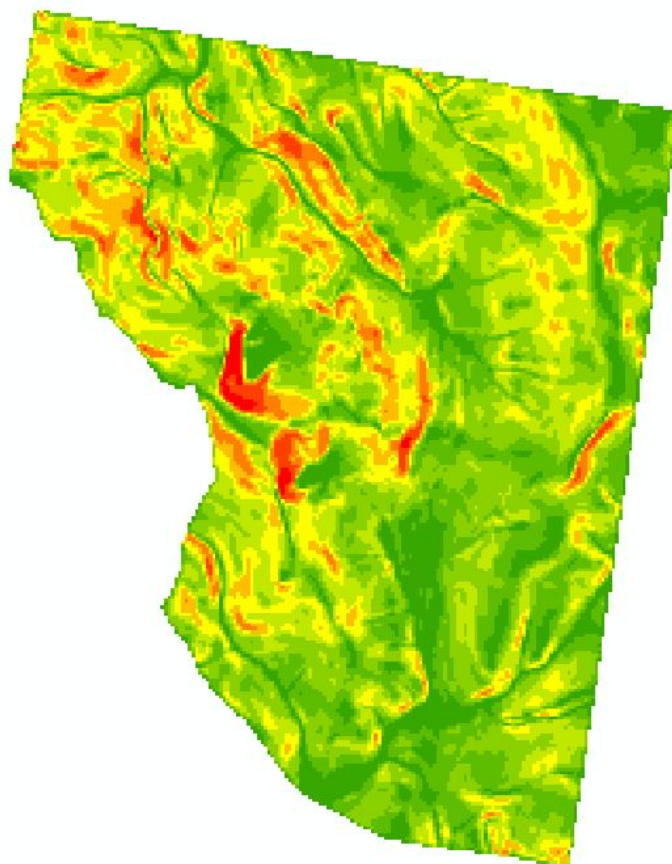
Funkce *Slope* pro výpočet rastru sklonu svahů je dostupná přes *ArcToolbox* -> *3D Analyst Tools* -> *Raster Surface* -> *Slope*.

Parametry funkce *Slope* (viz obr. 124):

- povinné:
 - *Input raster* - vstupní rastr.
 - *Output raster* - výstupní rastr.
- volitelné:
 - *Output measurement* - vypočítaný povrch udává hodnotu sklonu svahu buď ve stupních (hodnota DEGREE), či procentech (hodnota PERCENT_RISE).
 - *Z factor* - výchozí hodnota je 1.



Obr. 124 Nastavení funkce *Slope*.



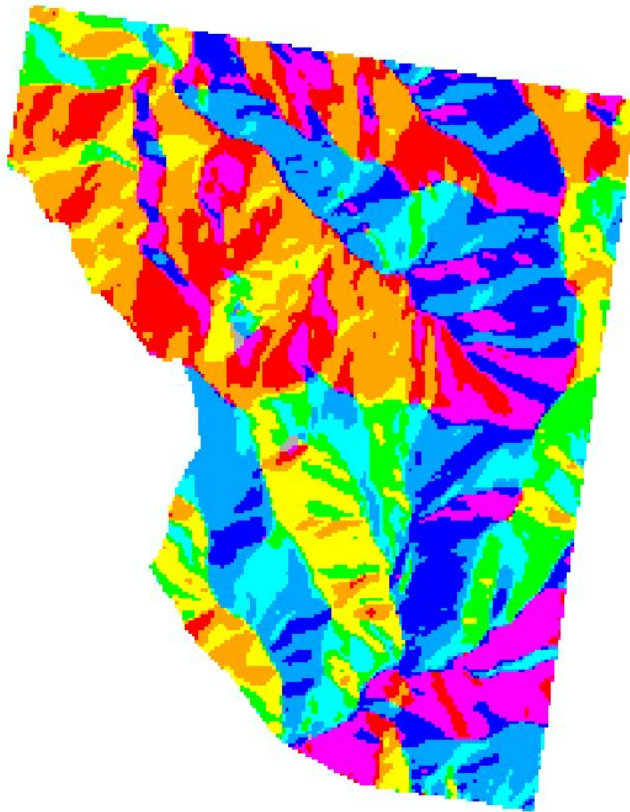
Obr. 125 Rastr sklonu svahů (ve stupních).

Rastr směru sklonu svahů (*aspect*)

Funkce *Aspect* pro výpočet rastru směru sklonu svahů je dostupná přes *ArcToolbox* -> *3D Analyst Tools* -> *Raster Surface* -> *Aspect*.

Parametry funkce *Aspect*:

- povinné:
 - *Input raster* - vstupní rastr.
 - *Output raster* - výstupní rastr.



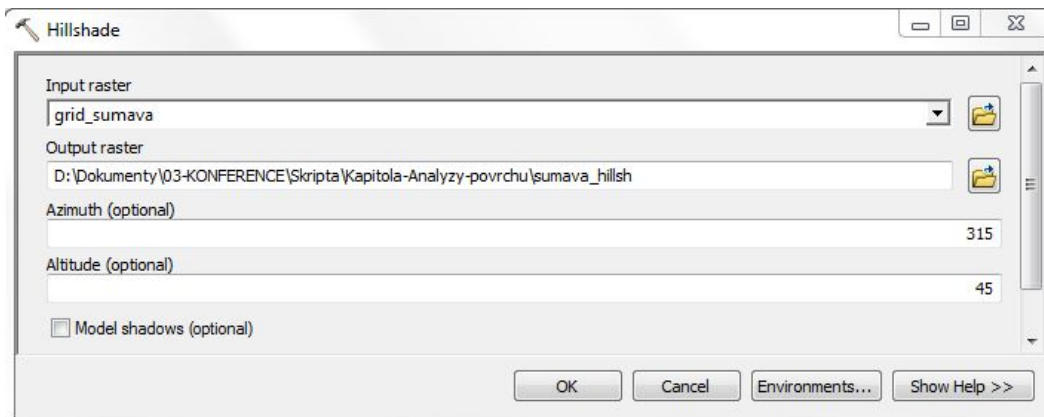
Obr. 126 Rastr směru sklonu svahů.

Analýza osvětlení reliéfu

Funkce *Hillshade* pro výpočet osvětlení reliéfu je dostupná přes *ArcToolbox* -> *3D Analyst Tools* -> *Raster Surface* -> *Hillshade*.

Parametry funkce *Hillshade* (viz obr. 127):

- povinné:
 - *Input raster* - vstupní rastr.
 - *Output raster* - výstupní rastr.
- nepovinné:
 - *Azimuth* - azimut zdroje světla. Lze zadat celočíselnou hodnotu z intervalu <0; 360>. Výchozí hodnota je 315.
 - *Altitude* - úhel nad horizontem. Lze zadat celočíselnou hodnotu z intervalu <0; 90>. Výchozí hodnota je 45.



Obr. 127 Nastavení funkce *Hillshade*.



Obr. 128 Rastr znázorňující osvětlení reliéfu.

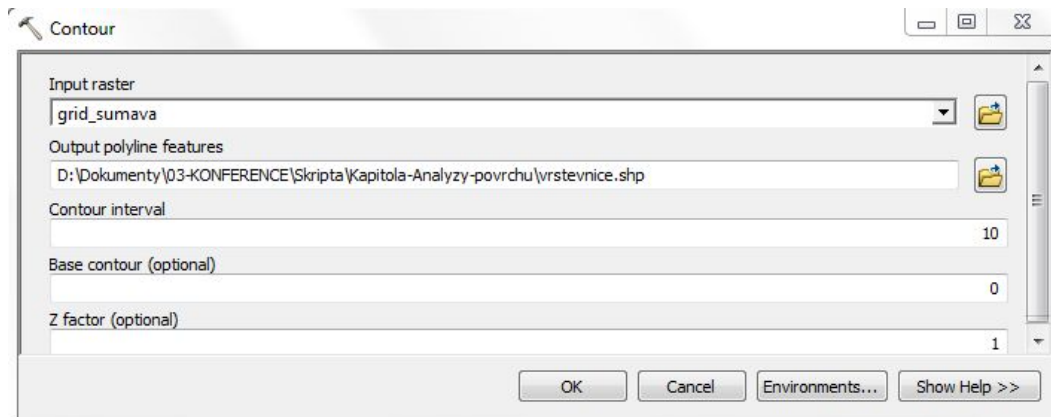
Tvorba izočar (vrstevnic)

Funkce *Contour* pro výpočet vrstevnic je dostupná přes *ArcToolbox* -> *3D Analyst Tools* -> *Raster Surface* -> *Contour*.

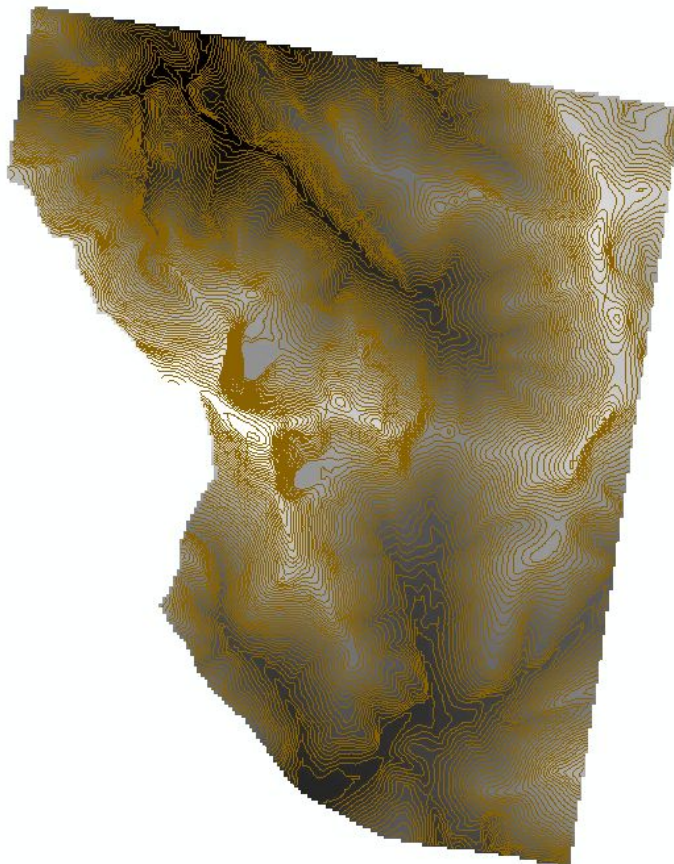
Parametry funkce *Contour* (viz obr. 129):

- povinné:
 - *Input raster* - vstupní rastr.
 - *Output polyline features* - výstupní vektorová vrstva s vrstevnicemi.
 - *Contour interval* - interval vrstevnic.
- nepovinné:
 - *Base contour* - výchozí hodnota je 0.

- *Z factor* - výchozí hodnota je 1.



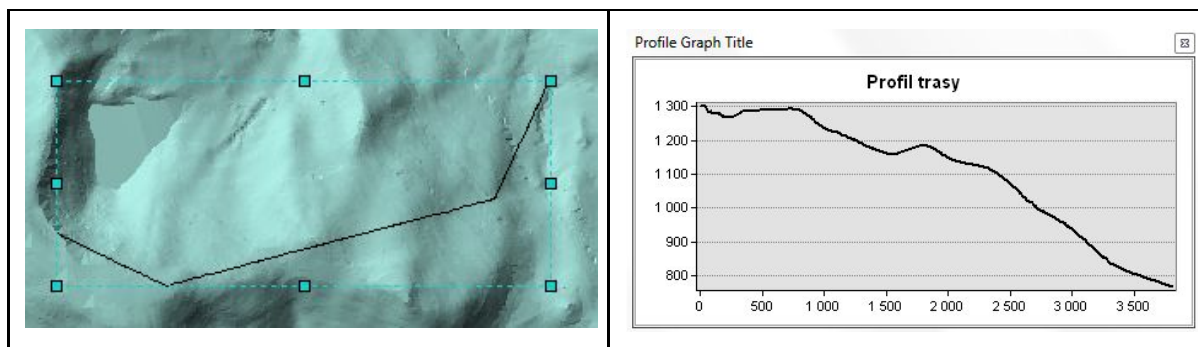
Obr. 129 Generování vrstevnic z DMR. Zvolený interval vrstevnic je 10 m.



Obr. 130 Vygenerované vrstevnice spolu s DMR.

Generování profilů

Nejprve nad TIN vytvoříme linii (funkce *Interpolate Line* na panelu nástrojů 3D Analyst) ve směru, ve kterém chceme určovat profil. Následně vybereme funkci *Profile Graph* (rovněž na panelu nástrojů 3D Analyst). Vytvoří se graf (viz obr. 131), který můžeme ještě dále upravovat.

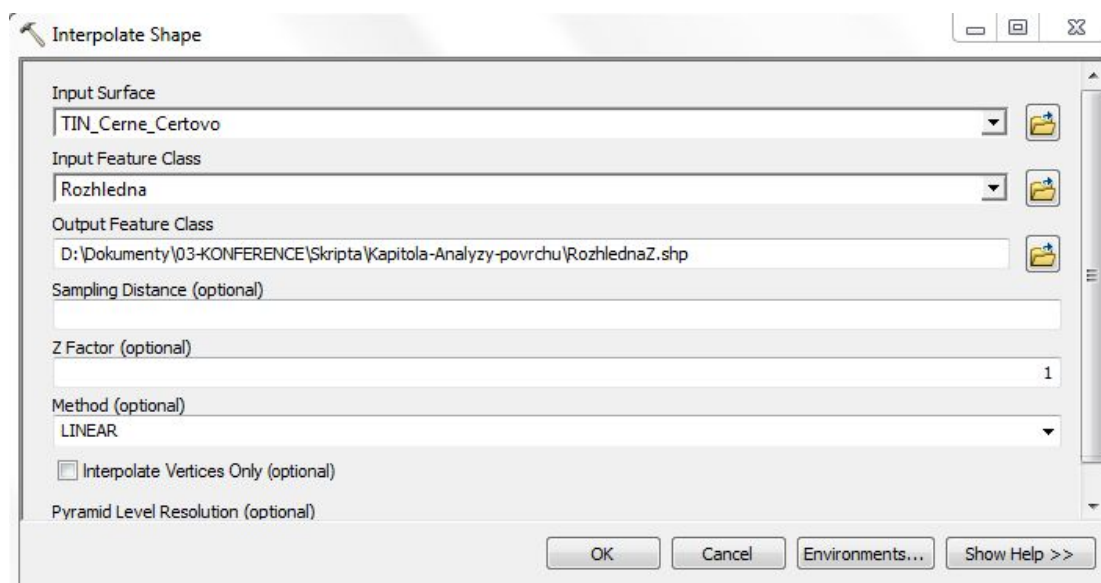


Obr. 131 Linie pro výpočet profilu (vlevo) a vypočtený profil (vpravo).

Analýza viditelnosti

Příkladem analýzy viditelnosti může být zjištění viditelnosti z daného bodu.

Vytvoříme novou bodovou vrstvu a nad DMR (TIN) do ní zvektorizujeme bod, ze kterého budeme zjišťovat viditelnost v dané oblasti. Následně pomocí funkce *Interpolate Shape* (*ArcToolbox* -> *3D Analyst Tools* -> *Functional Surface* -> *Interpolate Shape*) přiřadíme novému bodu výšku z DMR (TIN), viz obr 132.

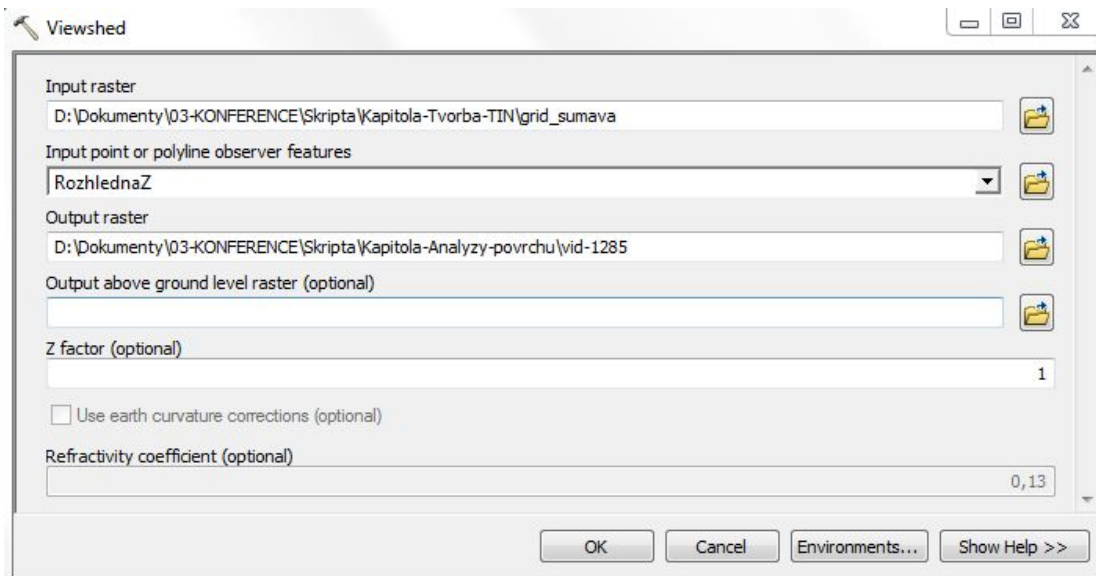


Obr. 132 Bod ve vrstvě Rozhledna dostane přiřazenou výšku z TIN.

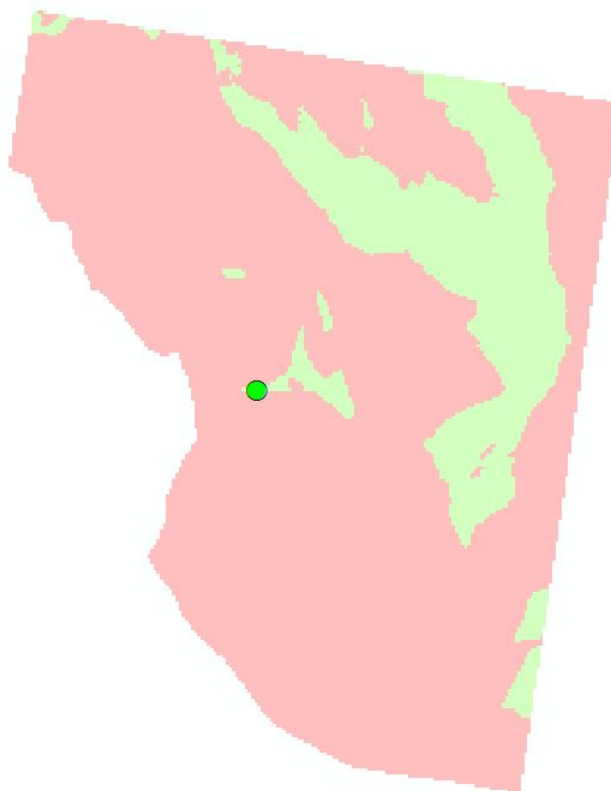
Viditelnost z bodu s přiřazenou výškou pak spočteme pomocí funkce *Viewshed* (*ArcToolbox* -> *3D Analyst Tools* -> *Visibility* -> *Viewshed*).

Povinné parametry funkce *Viewshed* (viz obr. 133):

- *Input raster* - vstupní rastr s DMR.
- *Input point or polyline observer features* - vektorová vrstva s bodem, ze kterého se počítá viditelnost.
- *Output rastr* - výstupní rastr viditelnosti.



Obr. 133 Nastavení funkce Viewshed.



Obr. 134 Vypočtení rastr viditelnosti z daného bodu na povrchu.

Vzdálenostní analýzy nad rastrovými daty

Vzdálenostní analýzy jsou poměrně časově náročné na přípravu vstupních dat. Pro demonstraci funkcionality GIS v oblasti vzdálenostních analýz jsou proto data již připravena.

Poznámka: Pro další postup si nezapomeňte povolit rozšíření Spatial Analyst (Customize -> Extensions).

Výpočet povrchu nákladů a povrchu vážené vzdálenosti

Postup tvorby povrchu nákladů a z něj odvozeného povrchu vážené vzdálenosti je detailně probrán na příslušné přednášce¹¹. Nejprve je potřeba spočítat povrch nákladů, poté povrch vážené vzdálenosti a nakonec nejlevnější cestu.

Povrch nákladů

Připomeňme, že pro výpočet *povrchu nákladů* je použita lokální funkce mapové algebry, když jsou seskládány jednotlivé faktory do sebe. Pro zájemce, rastry reprezentující jednotlivé složky frikčního povrchu (povrchu odporu krajinného pokryvu), naleznete ve složce *ZdrojoveRastry* a to včetně doporučení na jejich ohodnocení:

Tabulka 1. Doporučené ohodnocení jednotlivých faktorů

Vrstva	Předpokládaná rychlost	Odvozená celočíselná hodnota
Silnice druhých tříd	90	1
Silnice třetích tříd	80	2
Ostatní silnice	80	2
Ulice	50	3
Nezpevněné cesty	25	6
Pěšiny	4	35
Vodní toky	cca 0,000001	999
Lesy - křoviny	1	140
Lesy - kosodřeviny	2,5	56
Lesy - stromy	3	47
Louky, Pastviny	3	47
Orná půda	2,5	56
Vodstvo - plochy	cca 0,000001	999
Zahrady, sady	3	47
Zástavba	1	140

¹¹ <http://youtu.be/j9gtPrMrUEU>

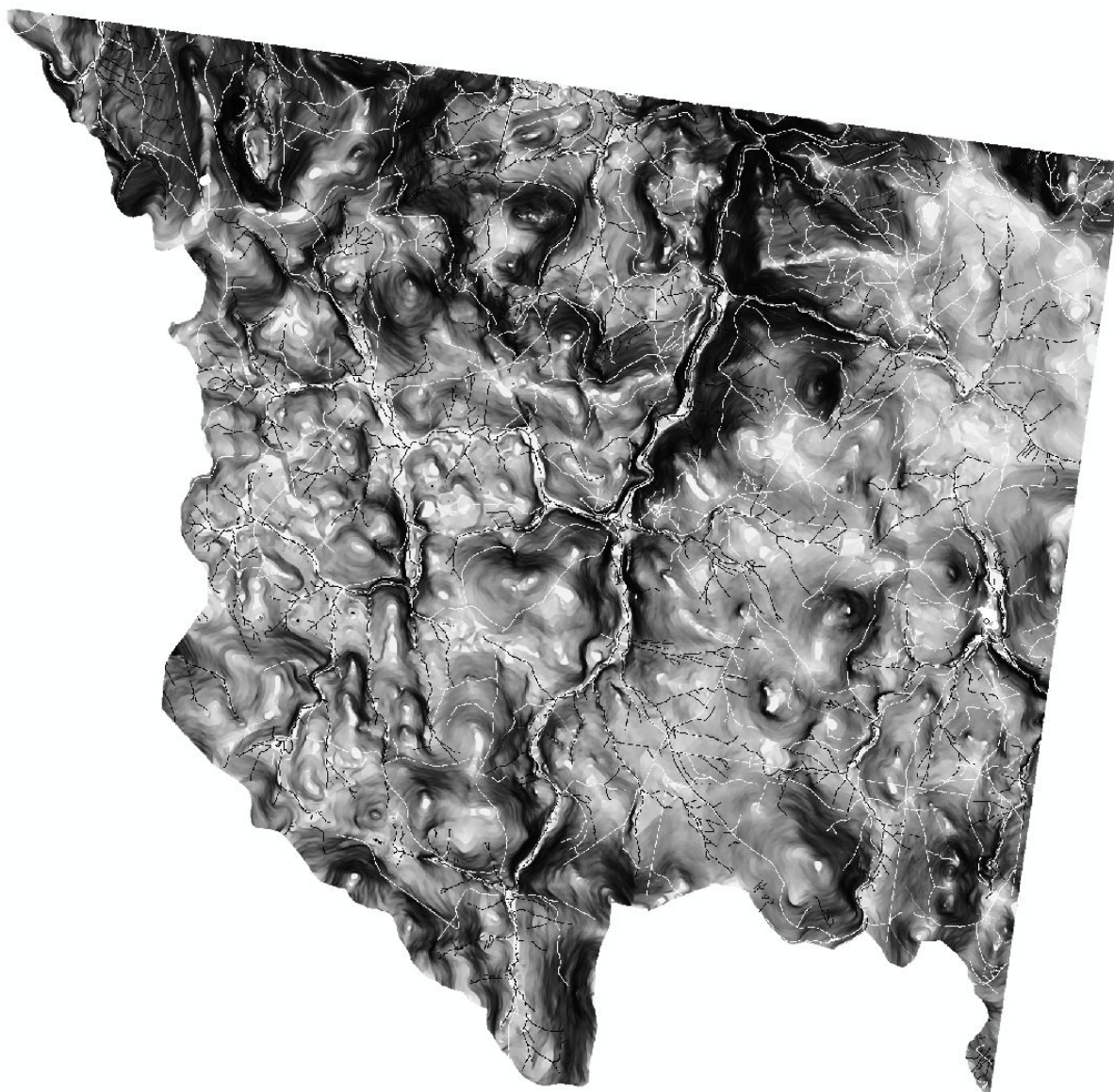
Výsledný frikční povrch je pak složen dohromady reklasifikací hodnot vstupních rastrů podle výše uvedené tabulky a následným součtem hodnot všech rastrů pomocí nástroje *ArcToolbox / Spatial Analyst Tools / Map Algebra / Raster Calculator* případně nástroje *ArcToolbox / Spatial Analyst Tools / Math / Plus* a naleznete jej ve stejném adresáři (*ZdrojoveRastry*).

Výsledný *povrch nákladů* zahrnuje kromě frikčního povrchu i faktor terénního reliéfu, zkombinované dohromady podle empiricky odvozeného vzorce:

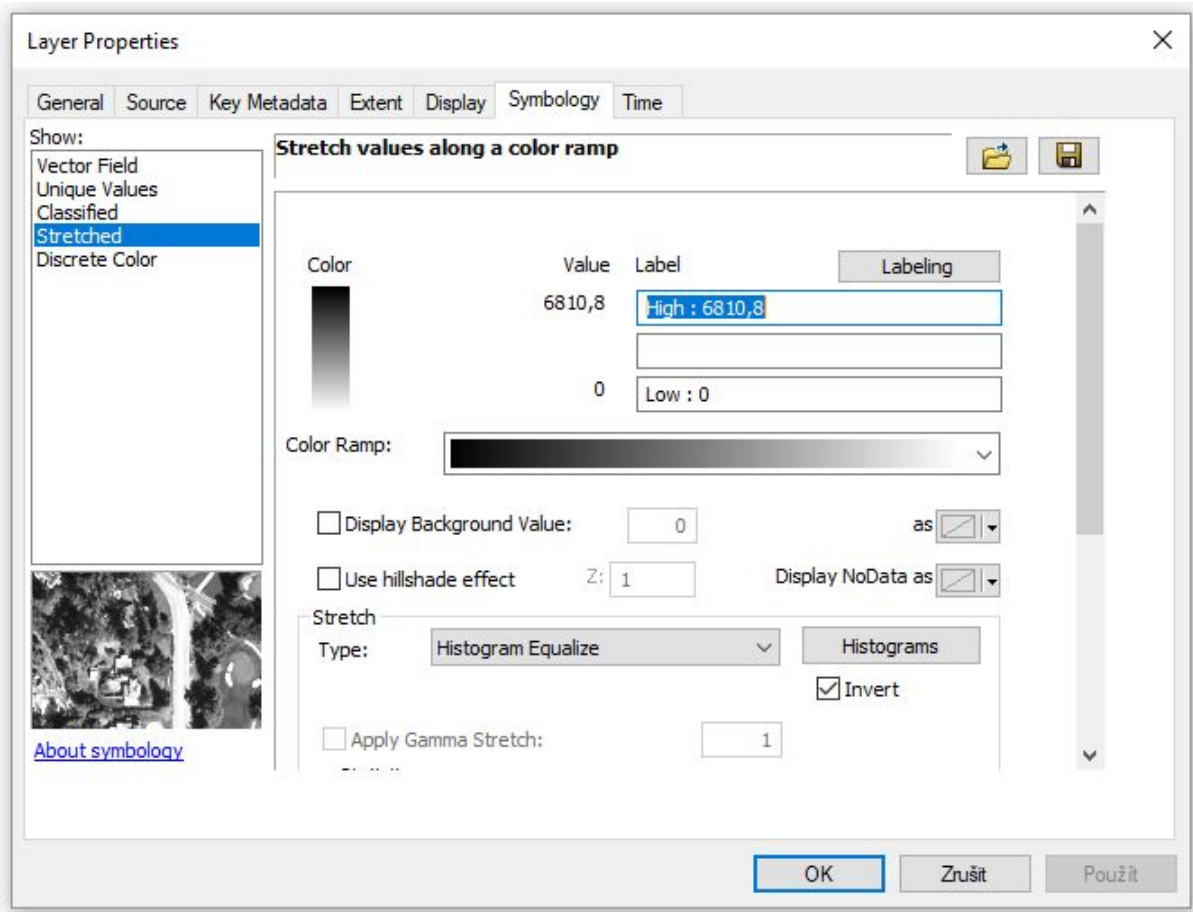
$$((0,25*([\text{sklon svahu uvedený ve stupních}]+1))+[\text{frikční povrch}])/2$$

Sklon svahu (k nalezení v podadresáři *ZdrojoveRastry*) lze spočítat nástrojem *ArcToolbox / .. / Slope* s nastavením výpočtu ve stupních;

Vzorec počítající *PovrchNakladu* lze následně spočítat nástrojem *Raster Calculator* nebo kombinací nástrojů ze skupiny *ArcToolbox / Spatial Analyst Tools / Math*. Výsledný rastr *PovrchNakladu* naleznete ve stažených datech:



Obr. 135 Povrch nákladů vyjádřený rastrem, symbolizovaný za pomoci:



Obr. 136 Symbolika užitá pro vizualizaci povrchu nákladů, povšimněme si zejména volby *Histogram Equalize* a *Invert Histogram*.

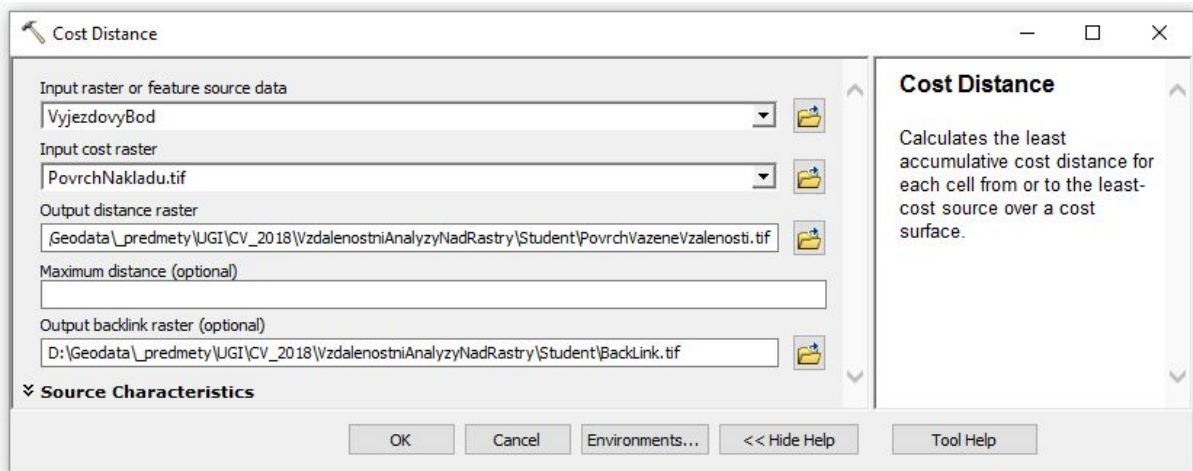
Povrch vážené vzdálenosti

Vstupem pro výpočet povrchu vážené vzdálenosti je v předešlé podkapitole spočtený *PovrchNakladu.tif* a bodová vrstva určující centrum nebo centra, **do kterých** je povrch vážené vzdálenosti počítán (zde *VyjezdovyBod.shp*).

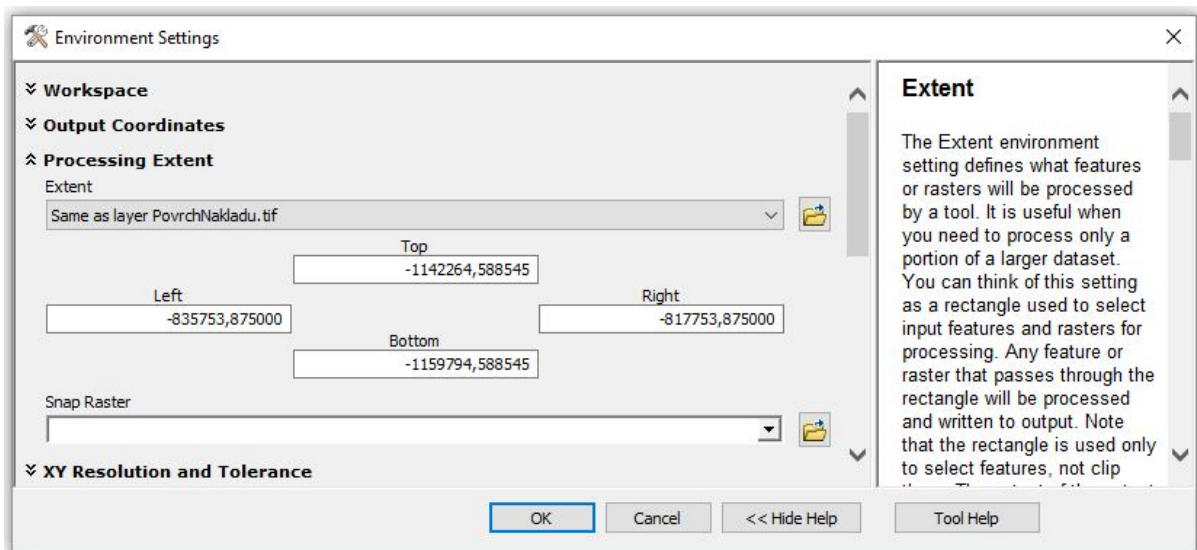
Vlastní výpočet povrchu vážené vzdálenosti (*PovrchVazeneVzdalenosti.tif*) provedeme spuštěním funkce *ArcToolbox / Spatial Analyst Tools / Distance / Cost Distance*¹² s níže uvedenými parametry (viz obr. 137). Pro následující analýzy budeme potřebovat i tzv backlink raster - rastr "sklonů svahů" nově vzniklého povrchu vážené vzdálenosti; umístění pro backlink raster rovněž zadáme v nastavení funkce *Cost Distance* (viz obr. 137). Na obrázku 137 je rovněž vidět tlačítko "*Environments...*" pro nastavení hodnot prostředí, které ovlivňují výpočet povrchu vážené vzdálenosti. Jednou z těchto hodnot prostředí, kterou je při výpočtu potřeba nezapomenout uvést, je tzv. *processing extent*, takže klikneme právě na tlačítko "*Environments...*" a nastavíme *processing extent*, viz obr. 138.

¹² Všechny další analytické funkce vztahující se k vzdálenostním analýzám se nacházejí ve stejném toolboxu.

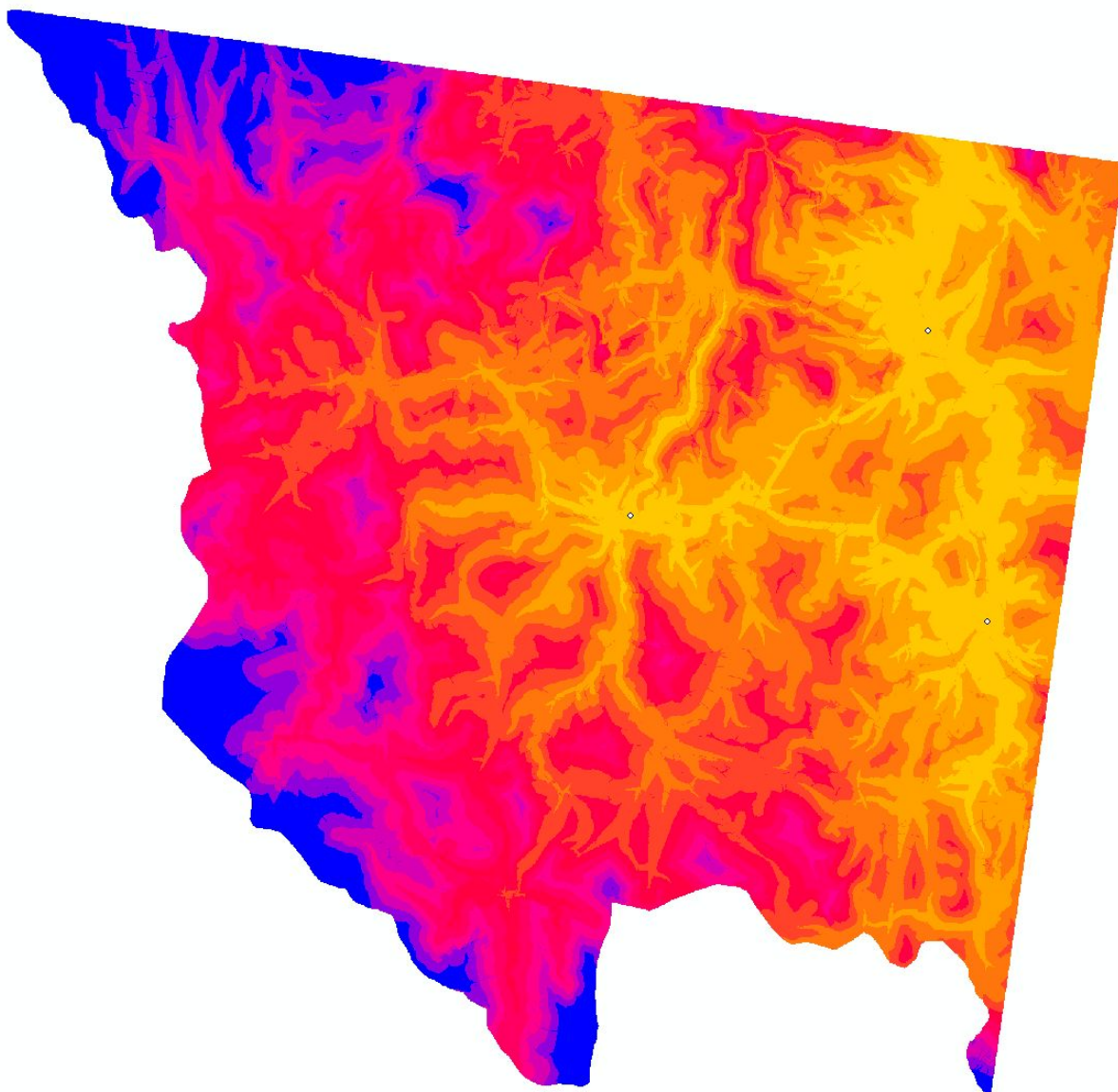
Na obr. 139 a 140 si prohlédněme vypočtené povrchy. Volitelně, manipulací s vrstvou *VyjezdovyBod.shp*, můžeme vyzkoušet výpočet nejlevnější cesty z různých výjezdových míst.



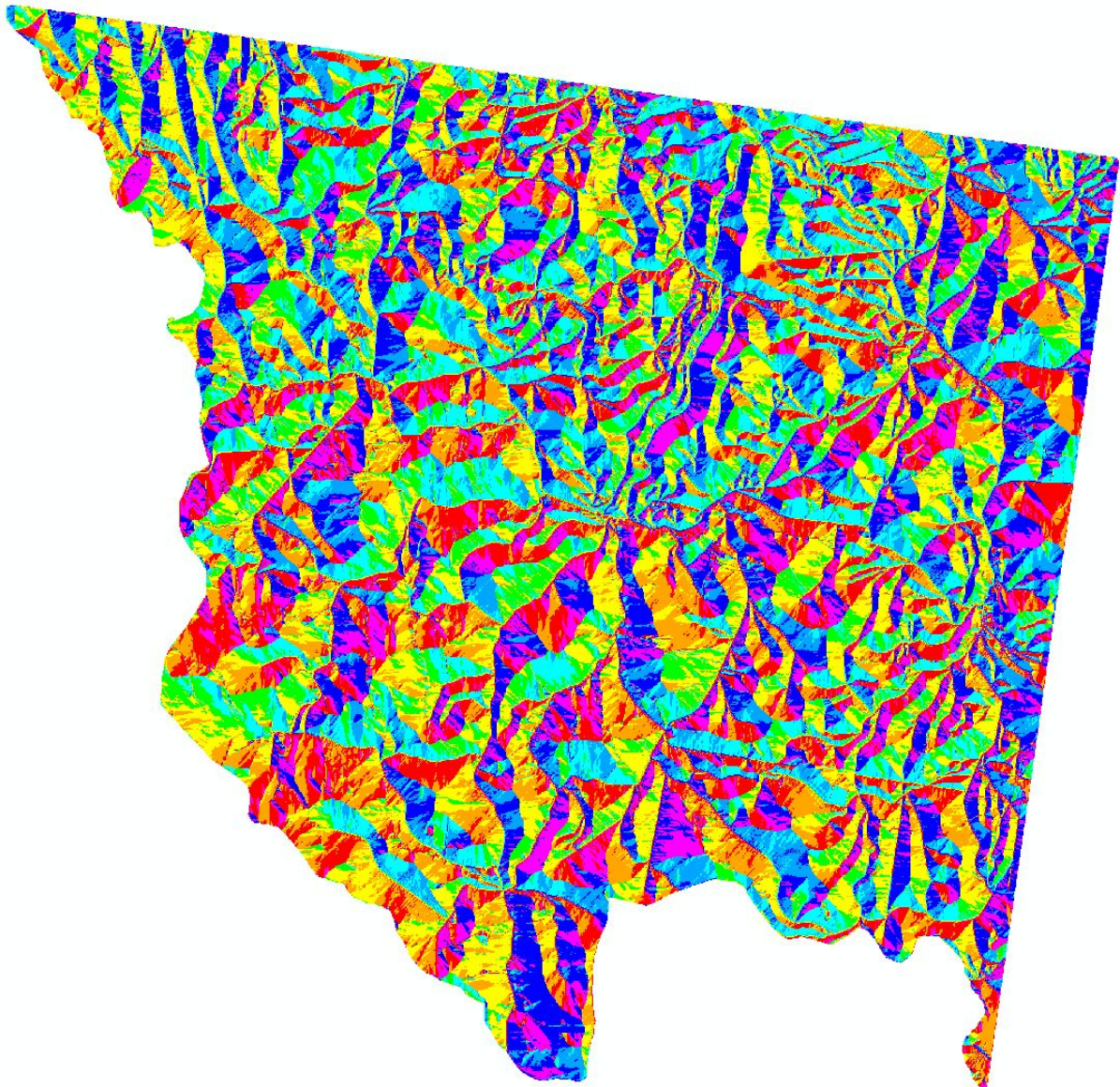
Obr. 137 Použití funkce Cost Distance pro výpočet povrchu vážené vzdálenosti.



Obr. 138 Nastavení *Processing Extent*.



Obr. 139 Výsledný povrch vážené vzdálenosti.

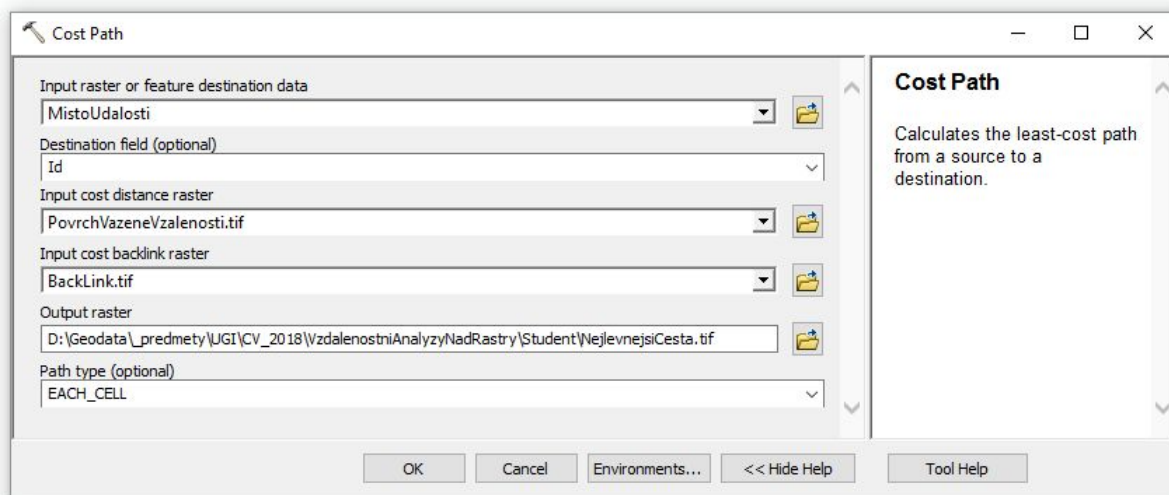


Obr. 140 Výsledný backlink raster - rastr "sklonů svahů" nově vzniklého povrchu vážené vzdálenosti.

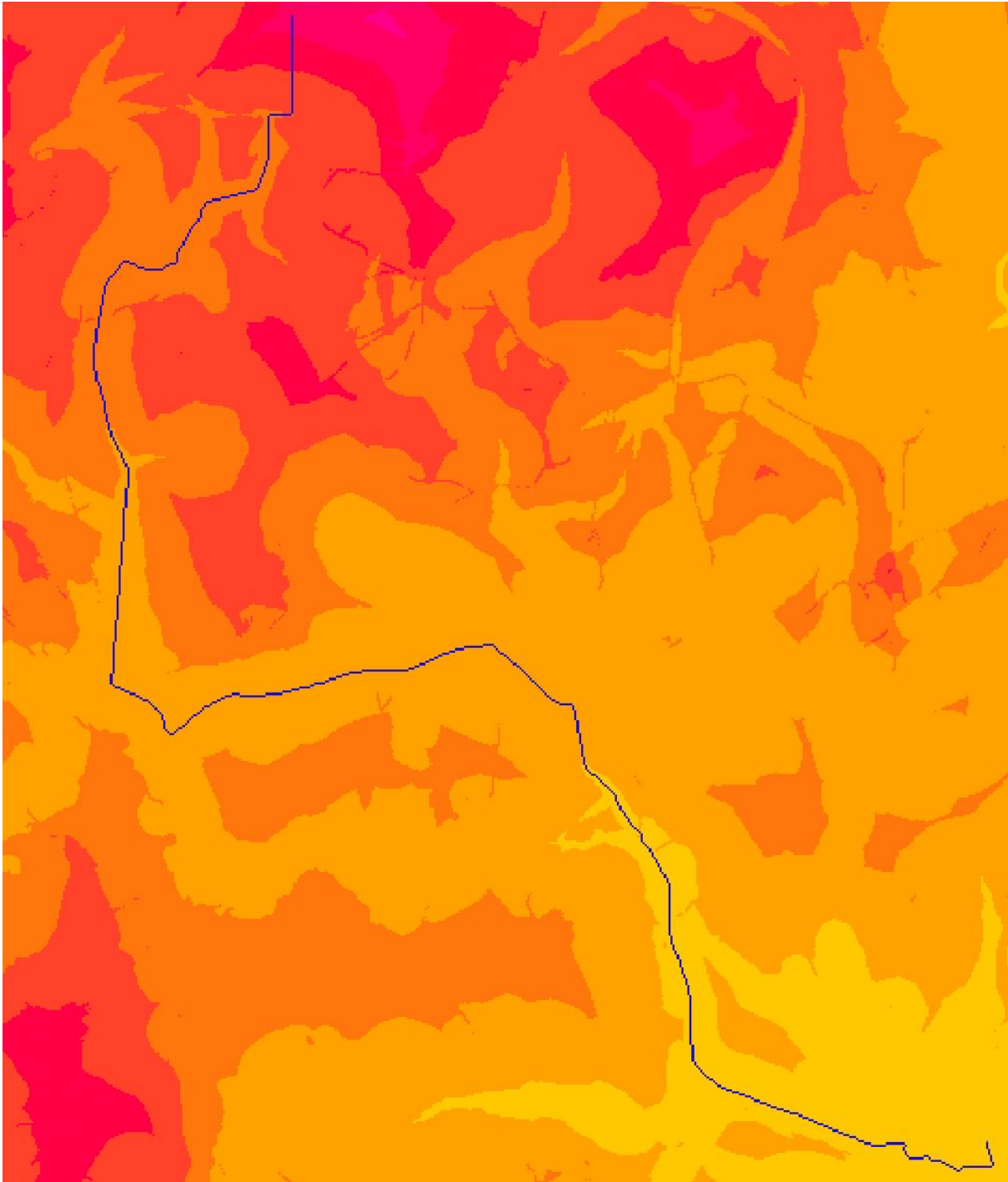
Nalezení nejlevnější cesty

Vstupem pro analýzu nalezení nejlevnější cesty (*Cost Path*) je v předešlé podkapitole spočtený *PovrchVazeneVzdalenosti.tif* a *BackLink.tif*, dále pak místo (*MistoUdalosti.shp*), ze kterého chceme spočítat nejlevnější cestu do nejbližšího z center, do kterých je povrch vážené vzdálenosti počítán. Vlastní výpočet nejlevnější cesty (*NejlevnejsiCesta.tif*) provedeme spuštěním funkce *Cost Path* s níže uvedenými parametry (viz obr. 141). Výslednou nejlevnější cestu si prohlédneme na obrázku 142.

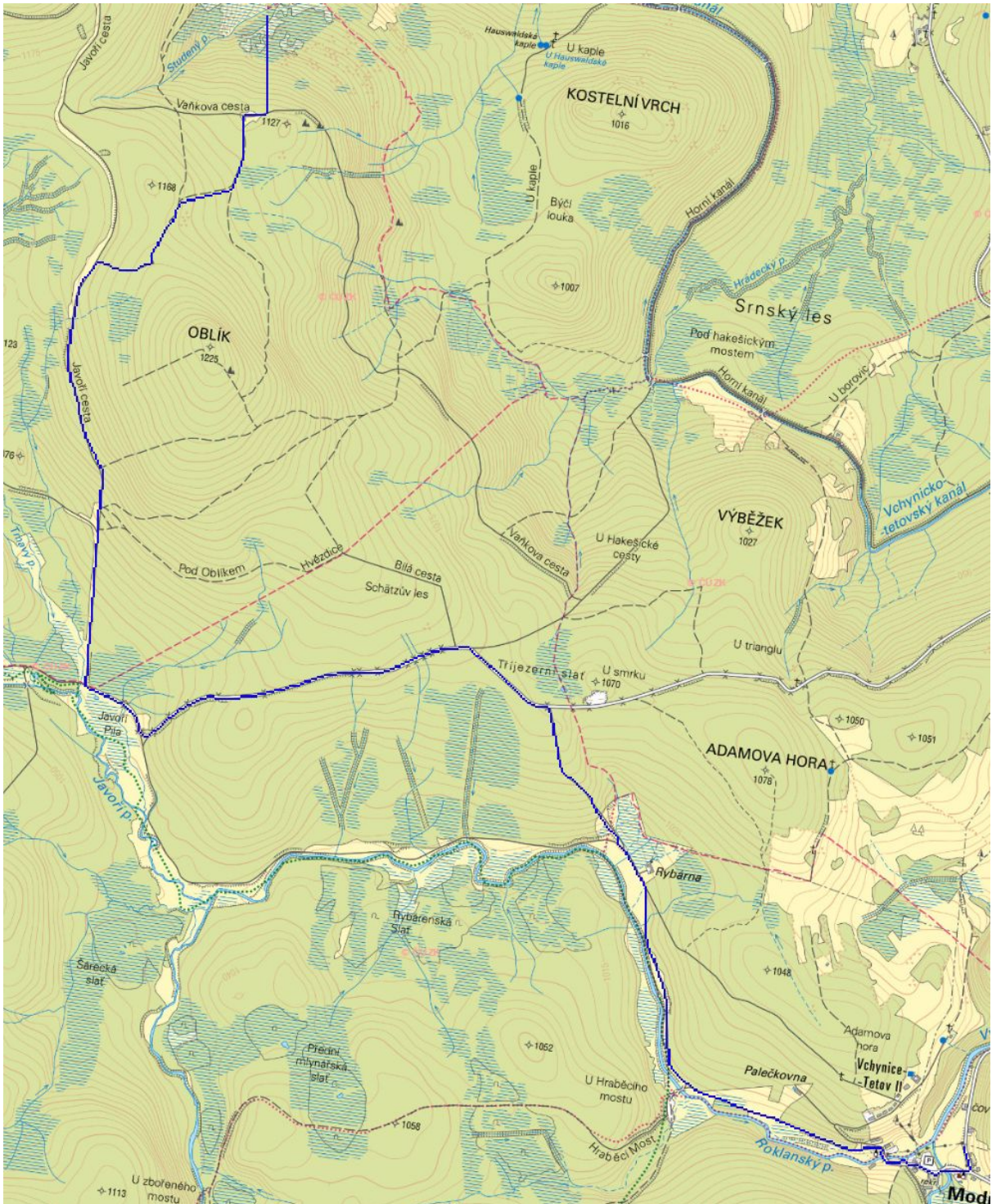
Volitelně převedme výsledek na vektor (nástroj *Raster To Polyline*) nebo porovnejme s topografickým podkladem přidaným z ArcGIS Online, např. Základní mapou ČR, obr. 143. Dále, manipulací s vrstvou *MistoUdalosti.shp* můžeme vyzkoušet výpočet nejlevnější cesty z různých míst.



Obr. 141 Parametry nástroje *Cost Path*.



Obr. 142 Nalezená nejlevnější cesta porovnaná s povrchem vážené vzdálenosti.



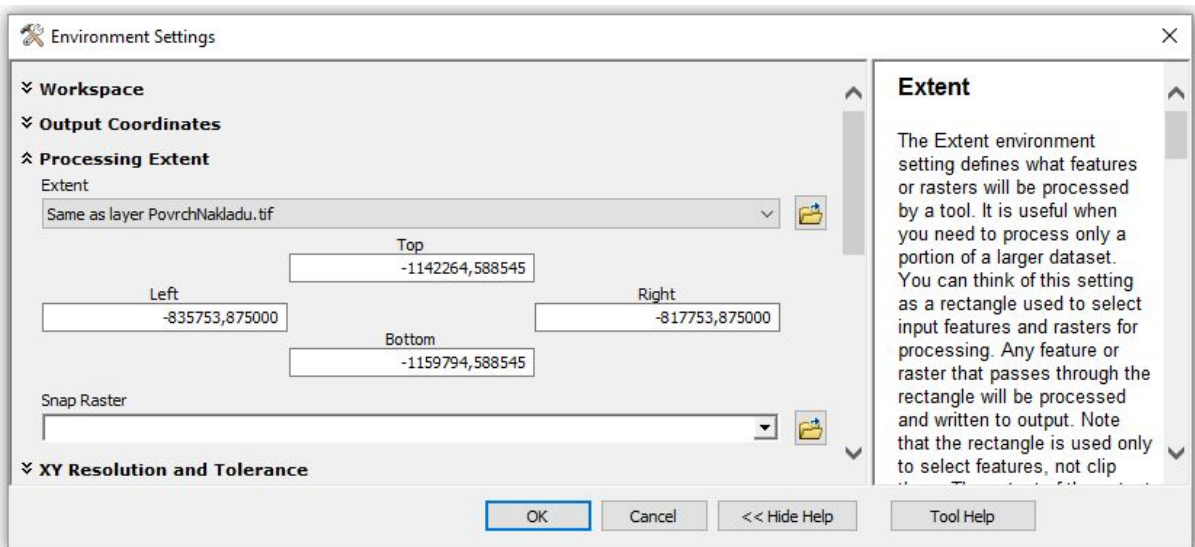
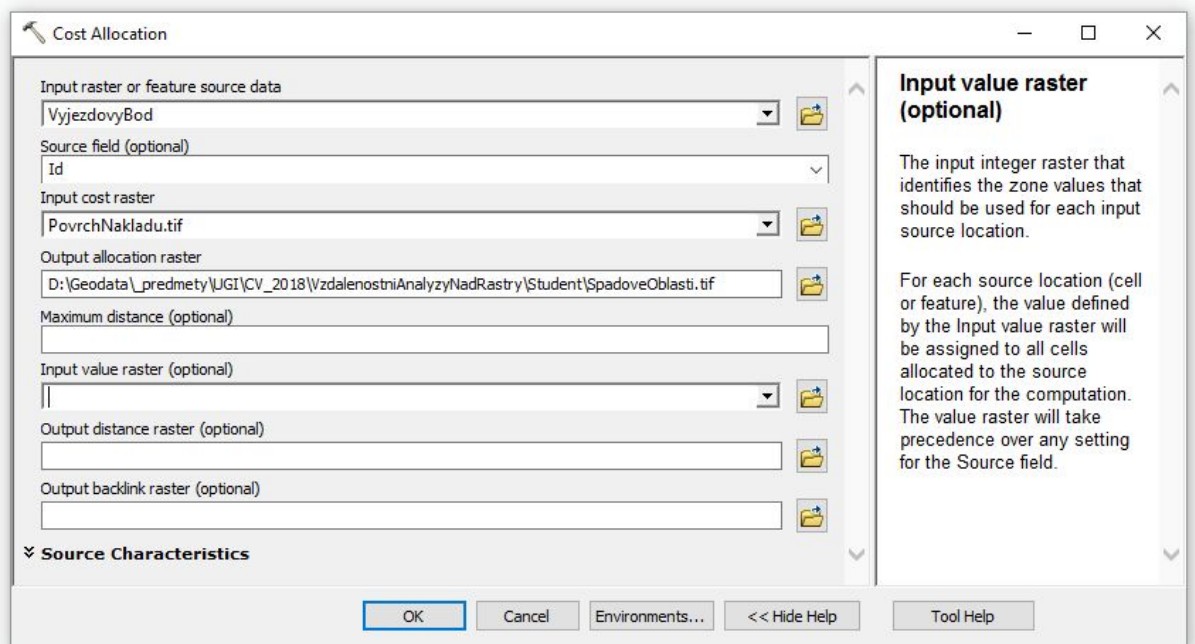
Obr. 143 Nalezená nejlevnější cesta provnaná s topografickým podkladem přidaným z ArcGIS Online, konkrétně Základní mapou ČR.

Vymezení spádových oblastí

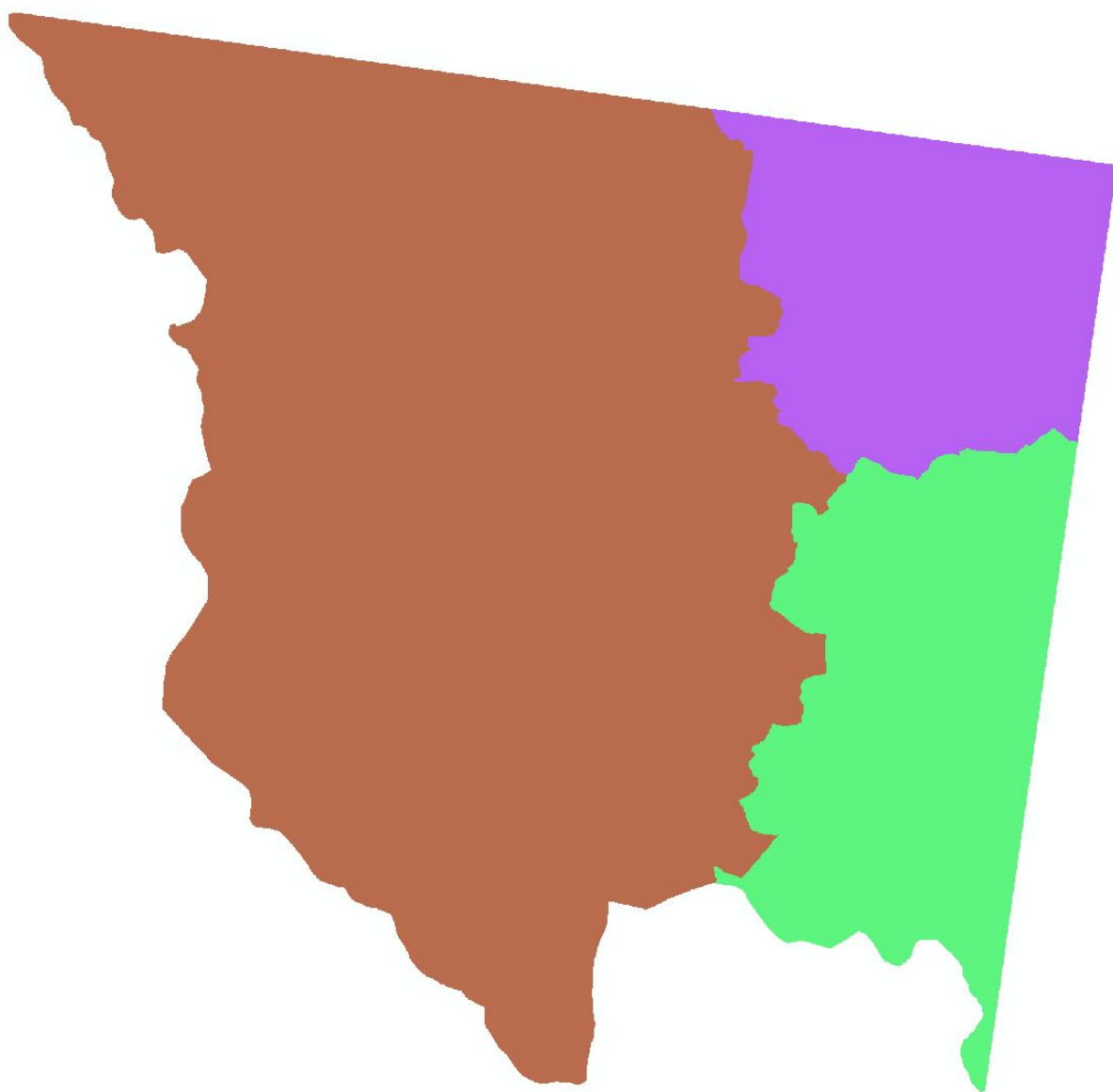
Vstupem pro vymezení spádových oblastí (*Cost Allocation*) je *PovrchNakladu.tif* (spočtený v podkapitole Povrch Nákladů nebo k nalezení v podkladových datech) a dále pak výjezdová centra (*VyjezdovyBod.shp*), pro která chceme vymežit spádové oblasti. Nastavení parametrů

viz obr. 144. Vymezené spádové oblasti (*SpadoveOblasti.tif*) si prohlédněme na obrázku 145.

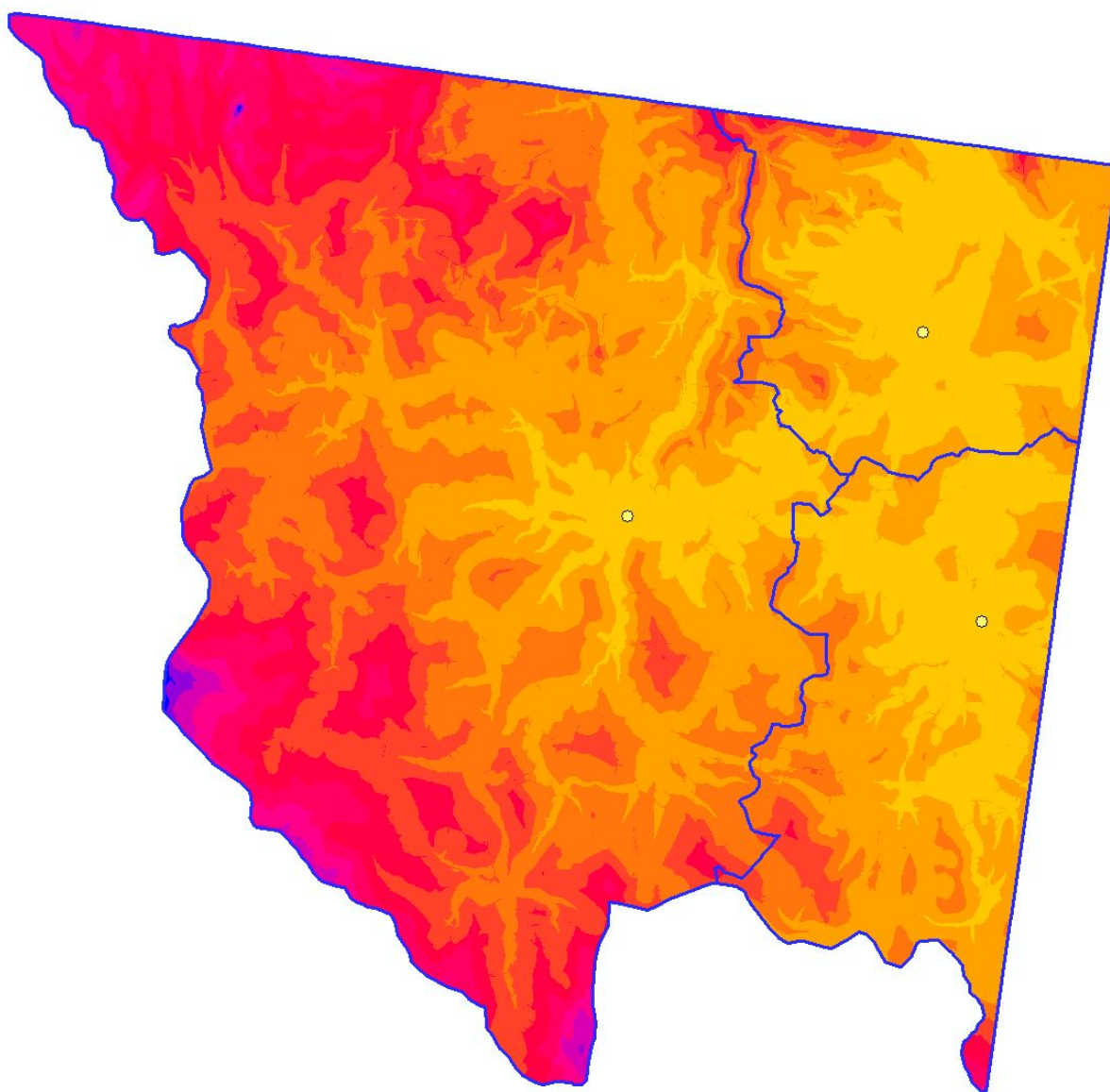
Volitelně převedme výsledek na vektor (nástroj *Raster To Polygon*) a porovnejme s povrchem vážené vzdálenosti (obr. 146) nebo topografickým podkladem přidaným z ArcGIS Online, např. Základní mapou ČR, obr. 147. Dále, manipulací s vrstvou *VyjezdniBod.shp*, můžeme vyzkoušet výpočet spádových oblastí pro různá centra.



Obr. 144 Parametry nástroje *Cost Allocation*.



Obr. 145 Vymezené spádové oblasti.



Obr. 146 Vymezené spádové oblasti porovnané s povrchem nákladů.



Obr. 147 Vymezené spádové oblasti porovnané s topografickou mapou.