

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

KATEDRA POZEMKOVÝCH ÚPRAV
STUDIJNÍ PROGRAM: M4101 ZEMĚDĚLSKÉ INŽENÝRSTVÍ
STUDIJNÍ OBOR: POZEMKOVÉ ÚPRAVY A PŘEVODY
NEMOVITOSTÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Tvorba digitálního modelu terénu pro povodí Jenínského
toku a analýza drah soustředěného odtoku vod**

Autor diplomové práce:

Stanislav Juránek

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Pavel Žlábek

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta
Katedra pozemkových úprav
Akademický rok: 2005/2006

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Stanislav JURÁNEK**
Studijní program: **M4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Pozemkové úpravy a převody nemovitostí**

Název tématu: **Tvorba digitálního modelu terénu pro povodí Jenínského toku a analýza drah soustředěného odtoku vod.**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je lokalizace a vyhodnocení drah soustředěného odtoku v digitálním modelu terénu.

1. Získání mapových podkladů.
2. Ověření přesnosti převzatých dat měření v terénu.
3. Průzkum software určeného pro tvorbu DMT.
4. Vytvoření DMT za pomoci software Erdas a Atlas.
5. Lokalizace přirozených údolnic.
6. Analýza drah soustředěného odtoku v DMT a porovnání se skutečným stavem na povodí.

Rozsah práce: 50 stran
Rozsah příloh: 10 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická


Seznam odborné literatury:

Kutílek, M.: Vodohospodářská pedologie, SNTL, Praha, 1978
Kemel, M.: Hydrologie, ČVÚT Praha, Praha, 1994
Manuál pro práci s Erdas imagine
Manuál pro práci s Atlas
Maršík, Z., Maršíková, M.: Kartografie, Skripta ZF JU, České Budějovice, 2004

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Žlábek
Katedra pozemkových úprav


Datum zadání diplomové práce: 28. března 2006

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2008


prof. Ing. Magdalena Hrabánková, CSc.

děkanka

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13
370 05 České Budějovice


doc. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 28. března 2006

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Tvorba digitálního modelu terénu pro povodí Jenínského toku a analýza drah soustředěného odtoku vod“ zpracoval samostatně, na základě vlastních zjištění a materiálů, které jsou uvedeny v přehledu použité literatury.

V Českých Budějovicích dne 30. dubna 2008

.....
Stanislav Juránek

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Pavlu Žlábkovi za jeho odborné rady, připomínky a pomoc při zpracování diplomové práce. Také děkuji Ing. Karlu Mikovi za cenné rady a pomoc při získávání materiálů potřebných ke zpracování této diplomové práce.

Cílem diplomové práce je lokalizace a vyhodnocení drah soustředěného odtoku v digitálním modelu terénu. Digitální model terénu (DMT) je zpracován pro povodí Jenínského toku, na kterém od roku 2004 provádí výzkum Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity. Pro vytvoření a porovnání DMT byly použity softwarové programy ERDAS IMAGINE a ArcGIS. Podkladem pro DMT byly digitalizované mapy vrstevnic pro toto povodí. Na vytvořeném DMT byla provedena lokalizace drah soustředěného odtoku a určeny přirozené údolnice. Následně byly modely porovnány se skutečným stavem na povodí a v diskuzi rozebrány možné příčiny odlišností. Výsledkem jsou barevně, i co se rozlišení týká, různé varianty DMT s lokalizovanými drahami soustředěného odtoku tak, aby byly co nejlépe čitelné a nejuvěrněji vyjadřovaly skutečný stav povrchu.

Klíčová slova

DMT, Digitální model terénu, povodí, soustředěný odtok, mapa, ArcGIS, ERDAS IMAGINE

The aim of the thesis is localization and interpretation of paths of concentration runoff in digital terrain model. Digital terrain model(DTM) is processed for the catchment of the Jenín stream, where The Faculty of Agriculture has held the research since the year 2004. For creation of DTM following software programs were used for comparison: Erdas and ArcGIS. Digitalized maps of contour lines for this catchment were the backgrounds for creation of the DTM. Localization of paths of concentration runoff and natural thalwegs was made on created DTM. Then was the comparison of models and the real topography of the catchment realized. Possible reasons of differences were discussed in discussion. Different (in colours and resolution) variations of DTM with localized paths of concentration runoff are the result, with the view of better legibility and more truly representation of real topography of the landscape.

Keywords

DTM, Digital terrain model, catchment, concentration runoff, map, ArcGIS, ERDAS
IMAGINE

Obsah

1. ÚVOD	10
2. LITERÁRNÍ PŘEHLED	11
2.1 Digitální model terénu	11
2.2 Charakteristické prvky.....	12
2.2.1 Terénní plocha.....	12
2.2.2 Popis terénní plochy	13
2.3 Datové reprezentace.....	13
2.3.1 POLYEDRICKÝ (trojúhelníkový) model	14
2.3.2 PLÁTOVÝ model	14
2.3.3 RASTROVÝ model	14
2.4 Matematické vyjádření terénní plochy.....	15
2.4.1 Vyhledání náhradní geometrické plochy	15
2.4.2 Rovina.....	16
2.4.3 Kupa, sedlo	17
2.4.4 Inflexní svah.....	17
2.4.5 Čára nespojitosti.....	18
2.5 Zpracování DMT	18
2.5.1 Proces terénního modelování.....	19
2.6 Povodí	19
2.7 Povrchový odtok.....	22
2.7.1 Soustředěný odtok	22
2.7.2 Dráhy soustředěného odtoku	23
3. MATERIÁL	24
3.1 Přírodní charakteristiky povodí Jenín	24

3.2	Klimatické poměry.....	25
3.3	Geologické a biogeografické poměry	27
3.4	Půdní poměry	29
3.5	Hydrologické poměry	30
3.6	Charakteristika toku a jeho okolí	31
3.7	Odvodnění.....	31
3.8	Zemědělství.....	32
4.	METODIKA.....	34
4.1	Použité mapy	35
4.2	Použitý software	35
4.2.1	ArcGIS 8.1	35
4.2.2	Reprezentace dat	38
4.2.3	Ovládání.....	39
4.3	ERDAS IMAGINE.....	39
4.4	Postup	42
4.4.1	Postup v ArcMap.....	42
4.4.2	Postup ERDAS IMAGINE.....	55
5.	VÝSLEDKY A DISKUZE	58
6.	ZÁVĚR	73
7.	SEZNAM LITERATURY	75
8.	PŘÍLOHY.....	78

1. Úvod

Tím, jak se vyvíjí lidské vědění, nabírá na významnosti i potřeba zjednodušit si zkoumané jevy na maximální možnou úroveň, ovšem za podmínky zachování vlastností, které jsou cílem zkoumání a následného poznání procesů a jejich zákonitostí. To nám dává do rukou velkou zbraň proti rozmarům přírody, jejíž projevy byly pro naše předky nepochopitelné a také často smrtelné. Zemský reliéf jako zkoumaný objekt je velice náročný na rozbor, neboť jeho výškové rozdíly jsou většinou vzhledem ke zkoumané velikosti plochy v nepřímém poměru. Proto je velice složité namodelovat na tomto zemském povrchu působení přírodních jevů, i když jejich podstata je nám mnohdy známa. Nerovnoměrné půdní složení, sklon, zrnitost, pokryv a spousta dalších kritérií, jež nám do simulace vstupují, dělá ze zemského reliéfu při jeho klasifikaci objem dat, který i se současnou vyspělou technikou nejsme schopni pokrýt. Proto se zaměřujeme pouze na úzké a specifické charakteristiky, které nám největší měrou ovlivňují zkoumaný jev. Ještě nedávno se odborníci snažili o sestavení co nejuvěrnějšího modelu zkoumaného území pomocí plastických modelů různých konstrukcí. Tyto velmi pracné a z dnešního pohledu nepřesné modely byly však inertní vůči snahám simulace přírodních jevů na nich a ověření si teorií. Nejvýznamnějším mezníkem bylo proto vynalezení počítačů a jejich inovace, která probíhá neuvěřitelnou rychlostí, a proto se v tak krátké době Geograficko informační systémy (GIS) stávají nepostradatelným pomocníkem pro výzkum přírodních procesů. Digitální modely terénu (DMT) jsou velmi specifické zejména již zmiňovaným objemem dat, který jsou schopny zobrazit a zahrnout do výpočtů s různou měrou významnosti. Stávají se tak aktivním pomocníkem, na kterém lze nasimulovat velice věrohodně jevy, jejichž fyzikální podstata je nám známa. Zatím jsme omezeni kapacitou současných hardwarových a softwarových systémů, ale vzhledem k raketovému rozvoji informačních technologií lze jen stěží říci, jak budou vypadat DMT v blízké budoucnosti.

Každá krajina podléhá a podléhá vývojovým změnám. Tím, že nám v dnešní době již nevyhnutelně do krajiny svojí činností zasahuje člověk, dochází většinou k urychlení některých procesů se zřetelně pozorovatelnými změnami. Na základě jejich pozorování, zobecnění a zobrazení pomocí DMT, je možné vytvořit určitý předpoklad dalšího vývoje a poukázat na možná rizika a ohrožení z nich plynoucí. V této diplomové práci jsem se zabýval identifikací drah soustředěného odtoku. Nejtěživějším degradačním procesem

v tomto případě je tedy eroze způsobená vodou. V ČR je potenciálně ohroženo cca 50 % orné půdy vodní erozí. Předpokládá se, že z území České republiky je ročně ve formě splavenin odnášeno asi 4 mil. tun materiálu, z výrazně poškozených ploch pak roční úbytky dosahují 250 – 500 tun půdy z 1 ha. Při hodnocení nepříznivých účinků vodní eroze se často přihlíží pouze k jejímu vlivu na kvalitu půd z hlediska odnosu půdní hmoty. Stejně tak důležité je ovšem zkoumat ohrožení prostředí nadměrnou tvorbou splavenin a zejména pak znečišťování vodních zdrojů chemickými látkami uvolněnými erozními procesy na zemědělské půdě. Takto se vliv eroze rozšiřuje na velké plochy a je třeba navrhovat účinná opatření plošně i délkově rozsáhlá, která jsou ovšem ekonomicky značně nákladná. Také nesmí tvořit překážku mechanizovanému obdělávání velkých zemědělských celků a snižovat tak rentabilitu jejich obhospodařování. Protierozní opatření musejí být aplikována na dané území komplexně. Velikost řešeného území je také důležitá. Při návrhu protierozních opatření se doporučuje a je také nejvhodnější vycházet z povodí (může a také často zasahuje do více katastrálních území) jako ze základní jednotky, v níž lze organizovanou soustavou zásahů vhodně upravit odtokové poměry.

V experimentálním povodí Jenínského toku probíhají výzkumy již od 80. let. Výzkum je zaměřený na zkoumání vlivu zemědělství a na porovnání jakosti vod před a po provedeném odvodnění. Zkoumáno je také působení a vliv člověka na vodní režim, velikost průtoků a na koncentrace dusičnanů Jenínského toku. Doufám, že výsledky této mé práce podají lepší náhled na zkoumané povodí a budou podkladem pro další výzkum, či srovnávání změn reliéfu v dalších letech.

2. Literární přehled

2.1 Digitální model terénu

V souvislosti s rozvojem moderní výpočetní a zobrazovací techniky vznikl nový způsob záznamu a vyjádření výsledků měření zemského povrchu (terénní plochy). Na místo tradičního grafického zobrazení v mapě je možno zaznamenávat, uchovávat a zpracovávat soubor číselných (digitálních) údajů o terénu. Vedle pojmu mapa se objevuje pojem „digitální model terénu“. I v české odborné literatuře se často vyskytuje zkratka **DTM** z anglického Digital Terrain Model, případně **DMT** – digitální model terénu. DMT

popisuje zemský povrch ve smyslu holého povrchu bez vegetace a bez lidských výtvorů jako jsou budovy, mosty apod. Obvykle se definuje digitální model terénu jako množina měřených bodů terénní plochy a dále soubor pravidel uložených v paměťovém mediu počítače. Údaje o měřených bodech, zvaných uzlové body, obsahují obvykle rovinné souřadnice x , y a nadmořské výšky těchto bodů a dále jejich charakteristické znaky (vyjádřené číselným kódem). Soubor pravidel obsahuje obvykle pokyny jak aproximovat na základě uzlových bodů pro daný účel terénní plochu nějakou geometrickou plochou a jak řešit různé topografické a technické úlohy na aproximované (geometrické) ploše (Maršíková, 2006). Digitální modely terénu jsou používány v geoinformatice od roku 1950 (Miller and La Flamme, 1958). Od té doby se staly nedílnou součástí digitálního zpracování v GIS, kde poskytují příležitosti pro modelování, analyzování a zobrazování úkazů souvisejících s topografií a reliéfem terénu (Klimánek, 2005)

Tedy i umístění přírodních a umělých objektů, hranice správních celků, hranice povodí, apod. Tyto informace jsou však z pohledu klasického pojetí digitálního modelu terénu méně důležité a hlavně svým charakterem velmi komplikují orientaci používaných systémů na čistou prostorovou geometrii reliéfu terénu. Ta má totiž velmi charakteristické prvky, které předurčují většinu současných programových systémů k tomu, aby zpracovávaly pouze geometrii reliéfu (Šindelář, 1999).

2.2 Charakteristické prvky

Charakteristické prvky jsou především tyto:

2.2.1 Terénní plocha

Terénní plocha je velmi nepravidelná. Vykazuje místa, kde je průběh velmi hladký, jinde jsou linie, na kterých je hladkost narušena. Dokonce se lze setkat s terénními stupni, které jsou sice většinou umělé, nicméně k terénu patří. Zvláštní charakter mají také vrcholy, sedla, údolnice a hřbetnice, které mají často podélně hladký průběh, ovšem v kolmém směru se na nich terénní plocha může ostře lámat. Tyto zjevy se v terminologii DMT nazývají singularity, jejich matematickou charakteristikou je nespojitost funkce či nespojitost její derivace.

Modelovaná plocha může být velmi rozsáhlá, popisovaná značným počtem dat. Na druhé straně vzhledem k rozsáhlosti většinou dosahuje malých převýšení, rozměry ve směru os x a y jsou větší než ve směru z .

2.2.2 Popis terénní plochy

Valnou většinu terénní plochy lze charakterizovat jako funkci polohopisných souřadnic x, y . Těm lze totiž vždy přiřadit pouze jednu výškovou složku z . Proto se často prostředky pro DMT používají i pro modelování a zobrazování exaktních matematických funkcí dvou proměnných (někdy se uvádí správněji termín funkce tří proměnných, tedy dvou nezávislých a jedné závislé proměnné). Výjimkou mohou být terénní stupně (zlomy nebo též schody), ve kterých je terénní plocha svislá, někdy dosahuje až charakteru převisu. Tzv. převisy jsou místa, kterými lze vést svislici, protínající povrch ve dvou nebo více bodech. Taková místa se vyskytují velmi zřídka a pro potřeby modelování nemají velký význam. Ovšem v případě jejich zpracování vyvstává velký problém, jakým komerčním produktem převisy řešit, neboť systémů, vhodných pro zpracování rozsáhlých DMT a schopných zohlednit takové detaily, je pomálu (Mayer, 1995).

2.3 Datové reprezentace

Způsob vytváření digitálních terénních modelů, je jedním z důsledků snah po automatizaci geodetických a kartografických prací v šedesátých letech. Byl typický tím, že základní soubor dat (souřadnice terénních bodů) byl vytvářen na základě přímého měření, ať už geodetickými nebo fotogrammetrickými metodami. Zejména fotogrammetrické metody byly velmi efektivní pro vytváření digitálního terénního modelu. Tímto způsobem byly vytvářeny digitální modely terénu zpravidla pro malá území za účelem pořízení podkladu pro počítačové řešení projektů v inženýrském stavitelství. Ukázalo se však záhy, že DMT nalezne uplatnění v nejrůznějších oblastech (Maršíková, 2006).

Pro snadný popis terénu se většinou používá princip rozdělení celé plochy na menší části (tzv. elementární plošky), které se dají snadněji geometricky popsat. Podle charakteristik těchto plošek se rozlišují následující typy modelů (Klimánek, 2005).

2.3.1 POLYEDRICKÝ (trojúhelníkový) model

Zde jsou elementárními ploškami nepravidelné rovinné trojúhelníky, které k sobě přiléhají a tvoří tak nepravidelný mnohostěn (polyedr), přimykající se k terénu. Vrcholy mnohostěnu jsou body na terénní ploše souřadnicově určené příslušnými geodetickými metodami (přímým měřením fotogrammetricky nebo i kartometricky). Interpolace plochy se obvykle provádí lineárně po trojúhelnících, ale existují i takové technologie, které umožňují tzv. „vyhlazení“ trojúhelníkového modelu za účelem získání spojité terénní plochy. Tento přístup je v současné době u komerčních systémů nejrozšířenější. Vrcholy trojúhelníků je vhodné zvolit tak, aby vystihovaly nejen obecně průběh terénu, ale i jeho singularity.

2.3.2 PLÁTOVÝ model

Tento typ modelu předpokládá, že se povrch rozdělí na nepravidelné, obecně křivé plošky trojúhelníkového nebo čtyřúhelníkového tvaru, přičemž hranice se vedou po singularitách (lomových hranách). Zřídka se používají rovněž obecné n-úhelníky. Rozdělení modelu na pláty je velmi výhodné a snadné je rozdělení vést po singularitách a charakteristických bodech terénu. Tento způsob popisu nepravidelných křivých ploch byl prvně použit v průmyslovém designu, odkud též pochází termín plát (z angl. patch). Plátový model může vzniknout „vyhlazením“ trojúhelníkového modelu v rozsahu několika vybraných trojúhelníků.

2.3.3 RASTROVÝ model

Jak název napovídá, model je dán množinou elementárních plošek nad prvky pravidelného (čtvercového) rastru. Jsou to vlastně zborcené čtyřúhelníky, které je možno rozdělit na rovinné trojúhelníky, případně je možné uvažovat i jiné, složitější plochy. Vrcholy, či spíše uzly pravidelné sítě nebývají přímo měřené, ale jsou odvozené výpočetním postupem. Je však také možné, pro území malého rozsahu, pořídit rastrový model na základě přímého měření fotogrammetrickými metodami. Naopak, pro velká území je možné pořídit rastrový model kartometricky z existujících topografických map. Rastrový model je výhodný v tom, že pracuje s pravidelnou maticí uzlových bodů, jež se

dají snadno vypočítat a není nutné o nich udržovat všechna data. Ovšem vypovídající schopnost modelu silně závisí na jeho rozlišovací úrovni, na kolik jsou jednotlivé prvky rastru přimknuty ke skutečnému reliéfu terénu (průběh singularit) (Maršíková, 2006).

Velmi špatně se taková hustota volí pro krajinu s velkou nepravidelností, kde jsou vysoké hory i rozsáhlé rovné pláně nebo jezera. Takový reliéf je nutné řešit rozdělením na několik modelů a každý zpracovávat v různém rozlišení. Rastrový model je v principu definován hodnotami $[x, y, z]$ - tedy prostorovými souřadnicemi každého bodu rastru. Při praktickém použití stačí určit vzdálenost bodů rastru a umístit jeden bod do souřadného systému. Všechny ostatní prvky se snadno dopočítají. Proto může obsahovat prakticky použitelný rastrový formát pouze:

- souřadnice jednoho rohu rastru
- úhel natočení rastrové sítě
- rozměr jednoho prvku (oka) rastru
- matici výškových hodnot každého bodu rastru

(Šindelář, 1999).

2.4 Matematické vyjádření terénní plochy

2.4.1 Vyhledání náhradní geometrické plochy

Některé terénní útvary svým vzhledem velmi připomínají některé geometrické plochy. Např. terénní útvar zvaný kupa se velmi podobá geometrické ploše zvané eliptický paraboloid, sedlo se podobá hyperbolickému paraboloidu. Lze předpokládat, že v jistém okolí bodu P_0 je možno nahradit terénní plochu geometrickou plochou o rovnici $z = f(x, y)$. Dále je nutno předpokládat, že v tomto okolí existuje množina n bodů P_i o souřadnicích (x_i, y_i, z_i) . Budiž počet bodů n vždy větší než počet parametrů určující funkci f . Potom je možno najít takovou funkci f a takovou polohu plochy $z = f(x, y)$ v prostoru, aby odchylky v_i ve výškách geometrické plochy od terénní plochy v bodech $P_i(x_i, y_i)$ byly malé a aby platilo $\sum (v_i \cdot v_i) = \min$.

Při praktickém výpočtu náhradní terénní plochy (geometrické plochy nahrazující terénní plochu) se zpravidla postupuje tak, že se nejdříve zvolí velikost a tvar okolí bodu P_0 , v němž bude nahrazena terénní plocha plochou geometrickou. Ve většině případů může být průmět tohoto okolí do zobrazovací roviny (x, y) ohraničen kružnicí. Ve zvláštním případě, kdy prochází okolím bodu P_0 „čára nespojitosti“ (tento pojem bude v dalším textu vysvětlen), je průmět okolí do roviny (x, y) ohraničen průmětem čáry nespojitosti do této roviny a částí kružnice. Průmět okolí do roviny (x, y) v tomto zvláštním případě ovšem také musí obsahovat střed oné kružnice (bod P_0). Potom se postupně nahrazuje terénní plocha geometrickými plochami (například dále uvedenými), a pro každou plochu se počítají výškové odchylky v_i . Geometrická plocha, u níž bude $\Sigma (v_i \cdot v_i)$ menší než předem stanovené číslo N (tolerance), bude považována za vyhovující náhradní plochu a další úlohy (topografické či technické) budou řešeny na této náhradní ploše.

2.4.2 Rovina

V dostatečně malém okolí je možno nahradit rovinu terénu, ať už vodorovnou rovinou nebo rovnoměrný svah geometrickou rovinou o rovnici

$$z = A_1x + A_2y + A_3$$

kde počet určujících parametrů (koeficientů A_j) je tři. Existují-li body $P_i (x_i, y_i, z_i)$ a je-li jejich počet $n \geq 4$, je možno nalézt koeficienty A_j vyrovnáním. Potom v bodech (x_i, y_i) má geometrická plocha (v tomto případě rovina) od terénní plochy odchylky v_i

$$v_i = A_1x_i + A_2y_i + A_3 - z_i$$

Postupem známým z vyrovnání podle metody nejmenších čtverců se odvodí z rovnic oprav (2) normální rovnice pro výpočet koeficientů A_j . Po jejich numerickém vyřešení se spočítají odchylky v_i všech uzlových bodů, a potom i součet čtverců $\Sigma (v_i \cdot v_i)$. Tento součet čtverců se porovná se stanovenou tolerancí N , a jestliže součet čtverců toleranci převyšuje, pokračuje se v řešení podle následujících rovnic.

2.4.3 Kupa, sedlo

Kupa se svým tvarem velmi podobá eliptickému paraboloidu, sedlo může být dobře vystiženo hyperbolickým paraboloidem. Eliptický a hyperbolický paraboloid mají ve zvláštní poloze rovnice

$$z = ax^2 + by^2 \quad (\text{eliptický}) \qquad z = ax^2 - by^2 \quad (\text{hyperbolický})$$

V obecné poloze vzhledem k osám x, y jsou oba paraboloidy vyjádřeny rovnicí

$$z = B_1x^2 + B_2y^2 + B_3xy + B_4x + B_5y + B_6$$

Jestliže je počet uzlových bodů v jistém okolí $n \geq 7$, je možno nalézt koeficienty B_j s vyrovnáním. Po výpočtu poznáme, zda jde o kupu nebo sedlo podle znamének koeficientů u kvadratických členů x^2 a y^2 . Jestliže jsou znaménka shodná, je aproximovaný terénní útvar kupou, jestliže jsou znaménka různá, je útvar sedlem. Potom se opět hledá, zda $\Sigma (v_i \cdot v_i)$ vyhovuje zadané toleranci N . Jestliže ne, přejde se na složitější geometrickou plochu.

2.4.4 Inflexní svah

Existují speciální terénní tvary, které nelze vyjádřit žádnou ze tří hlavních kategorií terénních tvarů: a) rovina (rovnoměrný svah), b) kupa, c) sedlo. Jsou to tvary, u nichž dochází v dostatečně malém okolí ke změně konvexního tvaru terénu na konkávní nebo naopak. Tyto tvary nemají své zvláštní označení v učebnicích, zabývajících se naukou o morfologii terénu, avšak jsou velmi důležité z hlediska matematického vyjádření terénní plochy. U takového tvaru existuje takové geometrické místo (bod, přímka či křivka) bodů, v nichž tečná rovina je z části nad a z části pod terénní plochou. Body, kde k tomu dochází, se nazývají v matematice inflexní bod. Označme tedy tento terénní tvar jako inflexní svah. Tento speciální terénní tvar je v obecné poloze vzhledem k osám x, y vyjádřen rovnicí

$$y = C_1x^3 + C_2y^3 + C_3x^2y + C_4xy^2 + C_5x^2 + C_6y^2 + C_7xy + C_8x + C_9y + C_{10}$$

Jestliže je počet bodů $n \geq 11$, lze nalézt koeficienty C_j vyrovnáním.

2.4.5 Čára nespojitosti

Z hlediska matematického vyjádření terénní plochy má zvláštní význam terénní tvar pojmenovaný terénní stupeň. Podobný význam mají všechny útvary, ať už vytvořené uměle lidskou činností (násep, úkop, apod.), nebo přirozeně (rýha, zářez, strž apod.), charakteristické náhlou změnou sklonu terénu. Čáry na terénní ploše, na nichž dochází k náhlé změně sklonu terénu, označme jako čáry nespojitosti, neboť z hlediska matematického vyjádření terénu je na těchto čarách terénní plocha plochou nespojitou. Body $P_i (x_i, y_i, z_i)$ na těchto čarách označme jako singulární terénní body. Všechny ostatní body P_i na terénní ploše jsou regulární terénní body. Terénní plochu je možné aproximovat i dalšími, složitějšími matematickými prostředky, jako např. multikvadratickými plochami, splajny, apod. (Maršíková, 2006).

2.5 Zpracování DMT

Problematika zpracování DMT se řadí do dvou skupin - a to mezi systémy **CAD** (objemové modelování, zobrazování) a mezi **GIS** systémy (rozsáhlostí dat a shodným předmětem modelování). Jedná se však o samostatnou problematiku, kterou je nutné chápat izolovaně.

Pro inženýrské úlohy je důležité vybrat správnou kategorii software (CAD, GIS, DMT), z nichž každý může být orientován na stejný předmět (krajinu, terén), ovšem s různými rozlišovacími schopnostmi. Pokud se budeme zajímat o vyšší územní celky, zajímá nás většinou pouze polohopis (výškopis maximálně schematicky - přes nakreslené vrstevnice) a dále vedení inženýrských sítí, silnice, řeky, hranice, pozemky, atd. Použijeme tedy GIS. Vše je otázkou rozlišovací úrovně či stupně generalizace (Šindelář, 1999).

Pro vytvoření DMT je nutné získat výškové informace o území, které zaručí její geomorfologickou charakteristiku. Obvykle jsou jako zdroj pro výškovou informaci

používány vrstevnice a výškové body. Takto vytvořené DMT mají ovšem dvě nevýhody: vzniká velké množství modelových dat, což je nepříznivé pro jejich zpracování, manipulaci i počítačové uložení a dále vykazují odchylky, které mění zobrazení reliéfu (Gonçalves, 2004).

2.5.1 Proces terénního modelování

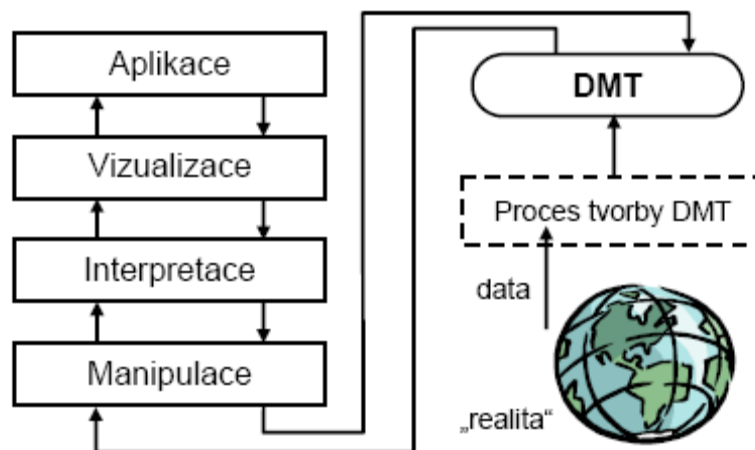
Tvorba DMT – vzorkování reliéfu, formulování vztahů, konstrukce modelu

Manipulace DMT – modifikace a „čistění“, odvozování dílčích modelů

Interpretace DMT – analýza, získávání informací získávání informací
z modelu

Vizualizace DMT – grafické ztvárnění modelu a odvozených informací

Aplikace DMT – vývoj vhodné aplikace pro specifické disciplíny



(Klimánek, 2005)

2.6 Povodí

Podle zákona č. 254/2001 Sb. je povodí území, ze kterého veškerý povrchový odtok odtéká sítí vodních toků k určitému místu vodního toku (obvykle soutok s jiným vodním tokem nebo vyústění vodního toku do jiného vodního útvaru). Povodí je ohraničeno rozvodnicí, kterou je myšlená hranice geomorfologického rozhraní mezi sousedními

povodími. Plocha povodí zahrnuje také plochy povrchových vodních útvarů v povodí (Zákon č. 254/2001 Sb.).

Povodí je základní přirozenou geografickou a bilanční jednotkou území, ve které lze řešit všechny vodohospodářské problémy komplexně (Tlapák, 1992). Je to území, vztažené k určitému profilu na toku, omezené rozvodnicí, tj. myšlenou čarou (určenou nejlépe z vrstevnicových map vhodného měřítko), probíhající po obvodových nejvyšších místech, úbočích, vrcholech, hřebenech a sedlech horstev tak, že odděluje sousedící povodí. Takto určená plocha povodí je plochou, z níž srážková voda, vypadlá na kterémkoli místě má možnost (pokud se nevypaří), stéci povrchově do říčního systému a protéci uzávěrovým profilem (Kemel, 1991). Rozsah povodí s povrchovým odtokem obvykle souhlasí s rozsahem povodí s podzemním odtokem. Jen v případě pestřejší složitější geologické stavby rozvodní části povodí může voda přitékat podzemní cestou z orografického povodí sousední řeky nebo naopak do něho vtékat (Netopil, 1981). V územích s propustným povrchem zasahuje skutečné povodí toku za hranice orografického povodí, protože voda srážek se dostává do vodního toku i z území ležícího za rozvodnicí a to infiltrací a podzemními vodními cestami. Takové území se nazývá povodím geologickým nebo také hydrogeologickým (Šilar, 1983).

Pro obtížné určování hranic povodí s podzemním odtokem se u velkých povodí zanedbávají rozdíly v průběhu obou druhů rozvodí. Jsou obvykle jen na jeho malé části a v takovém případě podstatněji neovlivňují vodnost hlavní řeky (Netopil, 1981).

Na celkovou vodohospodářskou bilanci povodí působí kromě toho vzdušné srážky, vlhkost půdy, lesnatost, půdní pokryv, druhová skladba, umístění a stáří porostů, způsob obhospodařování, apod. (Tlapák, Kratochvíl, 1982).

Pro rozlišení mezi bystřinou, potokem a řekou nejsou pevná kritéria, rozhodující jsou místní zvyklosti a někdy tradice. Pod řekou se rozumí tok s větší plochou povodí, délkou koryta a zpravidla i většími průtoky. Potok je obecným označením pro menší tok. Bystřina se vyznačuje nepravidelným sklonem dna, zpravidla značným pohybem splavenin a náhlými změnami průtoků (Kemel, 1991). O charakteru povodí, kvalitě jeho povrchu, tvaru pro vzájemné jejich porovnávání, popř. stanovení průběhu hydrologických jevů, jejich obecných vztahů sloužících jako podklady při řešení praktických úloh inženýrské hydrologie, rozhodují geofyzikální poměry, do nichž zahrnujeme:

- Plochu povodí S_p zjišťujeme planimetricky (nejběžněji polárním planimetrem) nebo lépe digitálně a vyjadřujeme v km^2 nebo ha.
- Střední šířku povodí – b vypočítáme podle vztahu

$$b = \frac{S_p}{L} \text{ (km)}$$

Kde: S_p - plocha povodí v km^2

L - délka údolnice hlavního toku v km

Délku údolnice stanovíme na mapě staničením toku prodlouženého nejnižším místem údolí až k rozvodnici. Tím odstraňujeme nepřesnosti při zakreslování toku na mapě. Nulovou hodnotu staničení přiřazujeme ústí toku a staničíme po 1,0 km proti proudu. Za hlavní tok považujeme nejčastěji nejdelší, zachovávající hlavní směr povodí, popř. směřující k nejvyššímu místu na rozvodnici (Krešl, 2001).

Z dalších veličin jsou důležité:

- charakteristika tvaru povodí (protáhlé, vějířovité), členitost rozvodnice a symetrie povodí
- sklon vodního toku, tj. poměr výškového rozdílu h mezi dvěma průtočnými profily (absolutního spádu) a jejich vzdálenosti l . Sklon vodních toků vyjadřujeme v promilích
- absolutní spád povodí – rozdíl nejvyššího a nejnižšího bodu v povodí v procentech
- průměrný sklon povodí, tj. sklon plochy povodí v procentech
- hustota říční sítě, tj. poměr mezi celkovou délkou všech toků v uvažovaném území a plochou povodí
- sklon údolnice
- absolutní spád toku, tj. rozdíl mezi nadmořskou výškou pramene a uzávěrového profilu
- geologické poměry
- vegetační pokryv

(Šilar, 1983)

U každého toku můžeme určit jeho řád – je to číslo, udávající počet posloupných zaústění od moře. Hydrologické pořadí toku je řazení toků postupně od pramene po proudu, od toku nižšího řádu k vyššímu. Hlavní tok je tok nejvyššího řádu v daném povodí. Ten se svými přítoky tvoří říční soustavu, říční soustavy v uvažovaném území vytvářejí

říční síť. Území, ze kterého může voda povrchově odtéci do moře, se nazývá úmoří (Kemel, 1991).

2.7 Povrchový odtok

Atmosférické srážky, které se nezadržely na rostlinách, nezasákly do půdy, nevypařily se, nezadržely se v prohlubních terénu, povrchově odtékají do koryta toku (NYPL, KURÁŽ, 1992). Povrchový odtok značí část srážkové vody, která se nevypařila ani nevsákla a stéká nejprve v souvislé vrstvě jako nesoustředěný odtok, až posléze se rozčleňuje erozivními rýhami a stružkami do koryt toků jako soustředěný odtok (TLAPÁK, KRATOCHVÍL, 1982).

2.7.1 Soustředěný odtok

Československá státní norma ČSN 736530 definuje soustředěný odtok jako soustředěné stékání vody po povrchu terénu (NÁZVOSLOVÍ HYDROLOGIE, 1983). Funkce travních porostů spočívá většinou v zamezení působení rýhové eroze v místech soustředěného povrchového odtoku. Z hlediska geomorfologického členění je nejvíce ohrožena infiltračně-transportní zóna, tj. oblast středních a dolních částí svahů, pedologicky jde většinou o překryvy svahových hlín s výskytem svahových pramenních vývěřů. Převažuje zde transport vody. Vlivem gravitace a splachování jemnějších částic zemin zde došlo ke zvrstvení svahovin. Na skalním povrchu leží úlomkovitá a kamenitá suť. Mezery mezi úlomky a kameny jsou vyplněny pískem a hlinitými písky. Tyto sutě přecházejí směrem nahoru do svahových písků a hlinitých písků, nad kterými leží svahové hlíny. Mohou také zde být pokryvy spraší nebo sprašových hlín. Tato oblast je odvodňována podzemním odtokem do údolních náplavů. Erozní ohroženost svahu $7-12^0$ s limitem 1,5 t/ha v infiltrační oblasti drenážních systémů (Kvítek, 1995).

Soustředěný odtok - doba doběhu T_{tb}

Po cca 100 m plošného odtoku se zpravidla plošný odtok mění na soustředěný odtok o malé hloubce a době doběhu T_{tb} a je podílem délky proudění k jeho rychlosti:

$$T_{tb} = \frac{l}{3600 \cdot v} \quad [\text{h}]$$

kde T_{tb} - doba doběhu [h],

l - délka proudění [m],

v - průměrná rychlost [$m \cdot s^{-1}$].

Průměrnou rychlost v pro dlážděné a nedlážděné povrchy lze pro sklony větší než 0,005 stanovit pomocí vztahů založených na řešení Manningovy rovnice.

Pro nedlážděný povrch: $v = 4,9178 \cdot s^{\frac{1}{2}}$ [$m \cdot s^{-1}$]

Pro dlážděný povrch: $v = 6,196 \cdot s^{\frac{1}{2}}$ [$m \cdot s^{-1}$]

kde v - průměrná rychlost [$m \cdot s^{-1}$],

s - sklon vodního toku [$tg \alpha$].

Odtok v korytě - doba doběhu T_{tc}

Otevřená koryta začínají tam, kde lze zaměřit profil nebo kde jsou zakreslena na mapách apod. Průměrná rychlost proudění v se obvykle stanoví pro průtok plným korytem dle Manninga:

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot s^{\frac{1}{2}} \quad [m \cdot s^{-1}]$$

kde v - průměrná rychlost [$m \cdot s^{-1}$],

R - hydraulický poloměr [m], $R=F/O$,

F - plocha příčného profilu [m^2],

O - omočený obvod [m],

s - sklon koryta toku [$tg \alpha$],

n - Manningův drsnostní součinitel pro průtok otevřeným korytem.

Doba doběhu T_{tc} se pak vypočte podle již uvedeného vztahu:

$$T_{tc} = \frac{l}{3600 \cdot v} \quad [h]$$

(Dumbrovský, 2000)

2.7.2 Dráhy soustředěného odtoku

Dráhy soustředěného odtoku představují místa, kde dochází v důsledku konfigurace terénu k přirozené koncentraci plošného povrchového odtoku, vytváření výrazných odtokových drah a k možnosti vzniku rýhové eroze. Definují se na každé vyšetřované jednotce v území (tj. na každém pozemku); jejich směr se upřesňuje terénním průzkumem

a zaměřením. Charakteristiky drah soustředěného povrchového odtoku se definují a dokumentují podélným a příčným profilem.

- Tyto charakteristiky se používají pro návrh asanace drah soustředěného odtoku, např. tzv. zatravněnou údolnicí.
- V mapě se vyznačuje směr drah soustředěného povrchového odtoku a jejich pořadové číslo.

(http://storm.fsv.cvut.cz/on_line/hm30/, 2008)

3. Materiál

3.1 Přírodní charakteristiky povodí Jenín

Povodí Jenínského toku se nachází v Jihočeském kraji v jihovýchodní části bývalého okresu Český Krumlov v podhůří Šumavy. Studované území náleží do dvou katastrálních území; těmi jsou katastrální území obce Dolní Kaliště a katastrální území obce Jenín, obojí ve správním území obce Horní Dvořiště. Povodí je vzdáleno cca 10 km od hraničního přechodu s Rakouskem - Dolní Dvořiště. Rozloha zájmového povodí je 4,65 km², z toho 80 % představuje zemědělský půdní fond a 20 % území zaujímají lesy. Nejvyššími vrcholy povodí jsou Žibřidovský vrch (870,3 m n. m.) nacházející se v jeho nejsevernější části a vrch Babín (814,8 m n. m.).

Zájmová lokalita leží západně od obce Jenín. Na začátku 80. let byla vybrána k pozorování VÚMOP v Praze. Původní dvě zemědělsky využívané plochy povodí byly zatravněné a v delším časovém odstupu byla sledována jakost vody. Sledovaly se průtoky a jakost vody na dvou měrných přepadech Jenín 1. a Jenín 2., které uzavíraly zemědělsky využívaná mikropovodí. Sledování bylo po roce 1990 ukončeno a v roce 2004 bylo obnoveno a garantem výzkumného programu se stala Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity.

Rozloha území **Jenín 1.** je 0,55 km², procento zalesnění je 13,2 % a odvodnění je realizováno na ploše 39,60 ha. Půda je odvodněna systematickou drenáží.

Rozloha území **Jenín 2.** je 0,47 km², procento zalesnění je 12,1 % a odvodnění je realizováno na ploše 30,40 ha. Půda je odvodněna systematickou drenáží.

3.2 Klimatické poměry

Podle Atlasu podnebí Československé republiky se území nachází v klimatické oblasti B₁₀ (Kolektiv, 1958), která je definována jako mírně teplá, velmi vlhká oblast, okrsek mírně teplý, velmi vlhký, vrchovinový, s průměrnou nadmořskou výškou 650 m n.m, s průměrným ročním úhrnem srážek 715 mm a s průměrnou roční teplotou 6,7 °C.

Průměrné charakteristiky podnebí jsou vyjádřeny následujícími hodnotami:

- > průměrná roční teplota..... 6 - 7 °C
- > průměrná teplota vzduchu ve vegetačním období IV. – IX..... 11 - 12 °C
- > začátek období s průměrnou denní teplotou vzduchu 0 °C a vyšší..... 1. 3. - 11. 3.
- > konec období s průměrnou denní teplotou vzduchu 0 °C a vyšší..... 21.11. - 1.12.
- > délka období s průměrnou denní teplotou vzduchu 0 °C a vyšší..... 260 - 280 dní
- > začátek období s průměrnou denní teplotou vzduchu 5 °C a vyšší.... 11. 4. - 21. 4.
- > konec období s průměrnou denní teplotou vzduchu 5 °C a vyšší..... 21.10. -26.10.
- > délka období s průměrnou denní teplotou vzduchu 5 °C a vyšší..... 180 - 200 dní
- > začátek období s průměrnou denní teplotou vzduchu 10 °C a vyšší.... 11. 5. - 21. 5.
- > konec období s průměrnou denní teplotou vzduchu 10 °C a vyšší..... 21. 9. - 1. 10.
- > délka období s průměrnou denní teplotou vzduchu 10 °C a vyšší..... 120 - 140 dní
- > začátek období s průměrnou denní teplotou vzduchu 15 °C a vyšší..... 1. 7.
- > konec období s průměrnou denní teplotou vzduchu 15 °C a vyšší..... 11. 8.
- > délka období s průměrnou denní teplotou vzduchu 15 °C a vyšší.....40 - 60 dní
- > průměrný počet letních dnů v roce20 - 30
- > průměrné datum 1. mrazového dne.....1.10. - 11. 10.
- > průměrné datum posledního mrazového dne.....1. 5. - 11. 5.
- > průměrný počet ledových dnů v roce..... 50 - 60
- > průměrný počet mrazových dnů v roce..... 130 - 140
- > průměrný úhrn srážek v mm ročně..... 700 - 800
- > průměrný úhrn srážek ve vegetačním období IV. – IX. v mm..... 450 - 500
- > průměrný úhrn zimních srážek X. - III.v mm..... 200 - 250
- > průměrné datum 1. dne se sněhovou pokrývkou..... 1.11. - 11.11.

- > průměrné datum posledního dne sněhové pokrývky..... 1. 4. - 11. 4.
- > průměrný počet dnů od 1. do posledního dne se sněhovou pokrývkou.....140 - 160

Průměrná teplota vzduchu ve °C

Měsíc	Teplota ve °C	Měsíc	Teplota ve °C
Leden	-3 až -4	Červenec	15 – 16
Únor	-2 až -3	Srpen	15 – 16
Březen	1 – 2	Září	11 – 12
Duben	5 – 6	Říjen	6 – 7
Květen	11 – 12	Listopad	1 – 2
Červen	13 – 14	Prosinec	-2 až -3

Průměrný úhrn srážek v mm

Měsíc	Srážky v mm	Měsíc	Srážky v mm
Leden	30 – 40	Červenec	100 – 125
Únor	35 – 40	Srpen	80 – 100
Březen	35 – 30	Září	60 – 70
Duben	50 – 60	Říjen	45 – 60
Květen	70 – 80	Listopad	35 – 45
Červen	90 – 100	Prosinec	40 – 45

Syntézou klimatických jevů daného území jsou pak fenologické fáze, které jsou uváděny následovně:

počátek jarních polních prací.....	31. 3. - 9. 4.
počátek setí jarního ječmene.....	10. 4. - 14. 4.
počátek setí ovsa.....	5. 4. - 9. 4.
počátek sázení pozdních brambor.....	26. 4. - 30. 4.
počátek květu trnky obecné.....	6. 5. - 10. 5.
počátek květu jabloní.....	16. 5. - 20. 5.
rozkvět ozimého žita.....	16. 6. - 20. 6.
počátek senoseče.....	21. 6. - 25. 6.
počátek žní ozimého žita.....	26. 7. -30. 7.
počátek žní jarního ječmene.....	31. 7. - 4. 8.
počátek žní ovsa.....	15. 8. - 19. 8.
počátek setí ozimého žita.....	16. 9. - 20. 9.

Průměrná roční doba trvání slunečního svitu činí na většině území Jihočeského kraje 1550 hodin a je plošně dosti vyrovnaná. Ve volné atmosféře převládá nad územím západní až jihozápadní proudění, v přízemní vrstvě atmosféry jsou však směr i rychlost větru ovlivněny.

Povodí Jenínského toku leží v nadmořské výšce 637 – 870,3 m n.m..

3.3 Geologické a biogeografické poměry

Z hlediska geomorfologického členění území ČR jak uvádí Demek (1987) se řešené území nachází na hranici dvou celků - Šumavského a Novohradského podhůří:

- provincie: **Česká vysočina**
- subprovincie: **I Šumavská soustava**
 - oblast: **IB Šumavská hornatina**
 - celek: **IB - 2 Šumavské podhůří**
 - celek: **IB - 4 Novohradské podhůří**
 - podcelek: **IB - 4A Kaplická brázda**
 - okrsek: **IB - 4A - E Dolnodvořišťská sníženina**

Geomorfologický vývoj můžeme sledovat od konce druhohor, kdy byl zakončen vývoj předkřídového zarovnaného povrchu započatý po ukončení varijského vrásnění v mladších prvohorách. Tento povrch lze označit jako předkřídovou parovinu. Po oživení tektonických pohybů (v souvislosti se začínajícím alpinským vrásněním koncem druhohor a na počátku třetihor) se ve střídavě vlhkém podnebí začal vytvářet nový zarovnaný povrch. Na počátku mladších třetihor se začíná podnebí ochlazovat, stává se suším a současně začíná stále výrazněji působit geotektonika vedoucí k vývoji vlnovitých pohybů zemského povrchu. Působení megaantiklinál a megasyklinál vznikaly podélné a příčné kerné struktury, projevující se např. rozčleněním šumavského horského pásma na jednotlivé oddělené horské skupiny.

Novohradské hory přecházejí na západě a severu do Novohradského podhůří, které je na území České republiky tvořeno převážně málo členitou vrchovinou, místy s okrsky pahorkatin se zbytky několika úrovní plošin na rozvodích v nadmořských výškách 450 – 530 m n.m. a několika nevelkými sníženinami a kotlinami. V plošně rozsáhlém Novohradském podhůří se nachází téměř celá Kaplická jednotka zastoupená dvojslídnyými svorovými rulami, v nichž jsou hojné drobné křemenné a pegmatitové čočky s nerosty andalusitem, safírem, záhnědou.

Jižní Čechy s celou Šumavou leží v centru moldanubické oblasti Českého masivu. Téměř celé jejich území patří k tzv. moldanubiku Šumavy a kraje Jihočeského. Moldanubikum je budováno silně regionálně přeměněnými horninami a hojnými granitoidními vyvěřelými horninami. Na jihočeské území zasahují dva rozsáhlé plutony, středočeský a moldanubický.

Přeměněné horniny moldanubika jsou převážně prezentovány různými typy paralul a migmatitů, světlými ortorulami granuly. Pravděpodobně vznikly ve středním proterozoiku, ale nevylučuje se ani jejich raně paleozoické stáří. Moldanubické horniny byly několikrát zvrásněny a metamorfovány, naposledy v prvohorách při variském horotvorném procesu, kdy byly proniknuty tělesy hlubinných a žilných vyvěřelin. Horninotvorný podklad je tvořen svory a svorovými rulami (Albrecht, 2003).

Z hlediska bioregionu náleží území do Českokrumlovského bioregionu, pro který je typická mozaika bioty 3. dubovo-bukového až 5. jedlovo-bukového stupně. Tento

bioregion leží v mezofytiku a zaujímá část fytogeografického okresu 37 - Šumavsko-novohradské podhůří, podokresu 37n - Kaplické mezihoří (Culek, 1995).

3.4 Půdní poměry

Horninotvorný podklad v zájmové oblasti tvoří svory až svorové ruly, z nichž zvětráním vznikly půdní druhy s vysokým obsahem slídy. Takto vzniklé půdy vykazují v podsvahových partiích a depresích velmi nízkou propustnost a náchylnost k degradaci propustnosti vlivem vyšší filtrační zátěže. Expozice je jihovýchodní až jižní.

Z pedologického hlediska se území Českokrumlovského okresu řadí do regionu kambizemí silně kyselých a do regionů horských podzolů a podzolů kambizemních. Silně kyselá kambizem bystrická leží na svahovinách rul, granolitů, svorů, fylitů, místy i kyselých intruzív. Tvoří dominantní složku v celcích s pseudogleji prakticky na celém území okresu. Poměrně velké oblasti zaujímá také kambizem typická nasycená na svahovinách rul a granolitů v severní části Českokrumlovské vrchoviny a Kaplické brázdy (Albrecht, 2003).

Na zájmovém území se vyskytují půdní typy: hnědá půda kyselá (HPa), hnědá půda kyselá slabě oglejená (HPag), hnědá půda glejová (HPG), oglejená půda (OG) a půda glejová (GL). Nejvíce je zastoupena hnědá půda kyselá (BPEJ 8.34.21, 8.34.24, 8.37.16) a dále i půdy hydromorfní (BPEJ 8.73.11, 8.75.41).

Charakteristika nejzastoupenějších HPJ

- 34 - kambizemě dystrické, modální mezobazické, kryptopodzoly modální
- 37 - mělké kambizemě na všech horninách, kromě vlhkých oblastí výsušné půdy
- 73 - kambizemě oglejené, pseudogleje oglejené, gleje hydroeluviální, gleje povrchové, pseudogleje hydroeluviální
- 75 - kambizemě oglejené, glejové, pseudogleje, gleje (Vyhláška č. 546/2002)

3.5 Hydrologické poměry

Hydrologicky náleží zájmové území k povodí:

I. řádu: **Labe**

II. řádu: **Vltava**

III. řádu: **Vltava po Malši**

IV. řádu: **Rybnický potok** číslo dílčího povodí **1-06-01-138**

Převážná část vodoteče je neupravená, vede údolím, které je většinou doprovázeno stromovou a keřovou zelení. Tato niva se většinou nesklízí, vzhledem k zamokřenosti půdy. Travní porost tvoří většinou mokřadní byliny a dřeviny.

Číselné fyzicko-geografické charakteristiky

Název toku	Jenínský potok
Délka toku	2,250 km
Plocha povodí	4,65 km
Výšková poloha prameniště	691,0 m.n.m
Výšková poloha ústí	637,0 m.n.m
Spád	23,8 %
Délka údolí	4,10 km
Zalesněnost	10 %
Absolutní spád povodí	233,3 m.
Sklon údolnice	4,17 %
Průměrný sklon povodí	10,8 %
Střední šířka povodí	1,13 km
Sklon toku	2,4 %
Typ povodí	vějířovité
Odvodnění	0,75 km

Podle fyzicko-geografické regionalizace ČSR je předmětné území charakterizováno kódem **IV-B-3-d**, což značí, že se jedná o oblast dosti vodnou, v kategorii 6 -10 l/s/km² specifického odtoku, s nejvodnějším měsícem březnem, s retenční schopností dobrou, se stupněm rozkolísanosti odtoku středním a s koeficientem odtoku dosti vysokým.

3.6 Charakteristika toku a jeho okolí

Km 1,000 – 1,500: úzké koryto, hluboké zaříznuté v terénu s bohatou břehovou zelení, olše, bříza. Dno je kamenité s balvany.

Km 1,500 – 2,000: údolí v intravilánu bývalé obce Jenín.

Km 2,000 – 2,850: niva široká cca 100m, nesklížená s bohatou zelení se soustavou rybníků a význačným mokřadním porostem.

Km 2,400: malý rybník má charakter mokřadu. Je zde zastoupena především skřípina a lesknice rákosovitá.

Km 2,700: pravostranný přítok, zatrubená vodoteč je zakončena melioračním odpadem končícím v rybníku s provizorně upravenou zemní hrází. Bezpečnostní přeliv je bez brlení, jen korytka 30 x 30 cm. Voda v rybníku je silně eutrofizovaná.

Km 2,800: je těž rybník.

Km 2,850 – 3,200: je zde krytý kanál v rolích – poničené pastvou skotu. Pozemek je erozně ohrožený – nacházíme zde erozní rýhy.

3.7 Odvodnění

V jihozápadní části povodí převažují půdy s velmi nízkou propustností a je zde tedy nevyvážený vodní režim, proto zde bylo v letech 1978-79 provedeno odvodnění. Příčinou zamokření byly vysoké srážky a infiltrace ve vrcholových partiích povodí, které způsobovaly tvorbu svahové vody s napjatou i volnou hladinou. Další příčinou nevyrovnaného vodního režimu byla stagnace povrchové vody v depresních polohách. Při odvodnění byl volen diferencovaný přístup. V povodí Jenín I byla provedena sporadická drenáž a v povodí Jenín II klasická systematická drenáž. Oba drenážní zásahy byly doplněny podle potřeby záchytnými příkopy pro separaci cizích povrchových vod a hlubokými záchytnými drény za účelem odvedení cizích podzemních svahových vod. Bodové prameny byly asanovány hlubokými pramennými jímkami.

3.8 Zemědělství

V minulém období byly tyto plochy plně zorněny. Výsledky z let 1983 – 1985 charakterizují vlivy příslušných osevních postupů na kvalitu vody i průtoků. Po provedeném odvodnění byly obě mikropovodí vyvápněny a převedeny na ornou půdu. Zemědělské hospodaření odpovídalo tehdejším trendům, tzn. že z hlediska jakosti vody se zde projevuje vliv intenzivního minerálního hnojení a také pěstovaná plodina. Pěstované plodiny byly ve sledovaných letech následující:

- ozimá obilovina (pšenice)
- kukuřice
- jarní obilovina s podsevem

Nyní jsou obě plochy zatravněny a slouží k extenzivnímu pastevnímu využití. Nájemce neviduje odděleně zájmová povodí, proto jsou uvedeny velikosti pastevních areálů a jejich příslušné obsazení chovaným dobytkem.

Pastevní areál 1.

Přibližná rozloha pastvy: 120 ha + 23 ha Počet krav : 180 krav 136 telat

Pastevní areál 2.

Přibližná rozloha pastvy: 106 ha Počet krav : 196 krav 62 telat

Chována masná plemena skotu.

Způsob pastvy: stáda jsou na pastvinách přibližně od 1. 5 do 1. 11., přes zimu ustájená, prakticky celé období pastvy je stádo na jedné pastvině, maximálně se pastvina příčně přehradí a zamezí se tak vstup do jednotlivých částí, podle potřeby

Přírůstky: nesledují se, jenom se eviduje hmotnost telat po narození

Přikrmování: přikrmuje se jenom senem, především po začátku pastvy a před ukončení pastvy (přechod na systém krmení při ustájení, prodloužení období pastvy)

System napájení: napaječky s každodenním doplňováním pitné vody. Přírodní zdroje vody z pramenů – prohloubení zdroje a svedení do trubky

Obměna stáda: obměna stáda je pouze z vlastních zdrojů, na konci pastevního období se veškerý skot veterinárně prohlédne; stádo se rozdělí – nechají se zdravé a silné kusy, slabší se zapojí do ozdravného stáda, část na porážku; doplní se mladé kusy do stáda

Struktura stáda: na pastvinách jsou pouze krávy a telata, býci jsou ke stádu připojeni jen po potřebnou dobu, jinak jsou ustájeni zvlášť

Sečení pastvin: pastviny se většinou nesečou. Pouze v případě, že jsou na pastvině výrazné nedopasky, nebo v případě brzkého nástupu jara.

Hnojení pastvin, obnova pastvin, obnova drnu, použití chemie: pastviny se nehnojí, ani se nepoužívá žádná chemie, nedosévá se, k obnově drnu dochází pouze vláčením. Situace by se měla výhledově změnit – plánuje se používání hnojení, chemie a intenzivnější obnovy pastvin. Druhové složení pastvy se nesleduje.

V obci Jenín jsou pozůstatky po zařízeních pro chov drůbeže, skotu a prasat. V obci Jenín ani v rekreačních objektech v povodí není kanalizace, odpady jsou svedeny do septiků – podle dohody s vlastníky by na požádání měla septiky vyvážet společnost ZEMAV Rybník s.r.o. V povodí se nachází ještě stádo několika kusů koní a krav, které nejsou ve vlastnictví společnosti ZEMAV Rybník s.r.o., ale ve vlastnictví jiných osob (údaje od ZEMAV Rybník s.r.o.).



Celkový pohled na zájmové území.

4. Metodika

Lokalita povodí Jenínského toku je výzkumnou lokalitou již od 80. let, kdy na zemědělsky využívaných plochách povodí byla provedena hydromeliorace. Poté byla celá lokalita zatravněna a využívala se jako výzkumná plocha. Z počátku ji využíval VÚMOP v Praze a po roce 2000 výzkumnou činnost převzala Zemědělská fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Pokračovala ve zkoumání lokality Jenín, v odběrech vzorků vod pro chemické rozbory a v měření srážek a průtoků vody.

Po důkladném nastudování, všech podkladů týkajících se DMT, jeho historie, funkcí a možností jak jej vytvořit následovalo poznávání zemského reliéfu a jeho útvarů z hlediska matematického. Významné bylo také pochopení odtoku a jeho zákonitostí. V neposlední řadě jsem se snažil co nejvíce poznat povodí Jenínského toku, jeho charakter, způsob využívání, historii, hydrologické, klimatické a půdní podmínky, které zde panují.

V poslední řadě to bylo studium softwaru, jeho funkcí, práci s daty a možnost jejich interpretace a zobrazení.

Prvním krokem pro vytvoření DMT bylo zajištění podkladů. V první řadě se jednalo o odbornou literaturu, obhlídku mapovaného území a poznání příslušných softwarových programů. Z programů jsem použil ArcGIS verzi 8.1, s licenci ArcInfo, která je nainstalována v pokusné počítačové laboratoři katedry Pozemkových úprav. Jedná se o Desktop verzi. Dalším programem byl ERDAS IMAGINE verze 9.1, jehož licenci má katedra pozemkových úprav rovněž zakoupena a je nainstalován taktéž na počítačích v počítačové laboratoři katedry Pozemkových úprav.

4.1 Použité mapy

Podkladem se staly mapy z informačního systému ZABAGED. Soubor kartografických vrstevnic ZABAGED pokrývá plochu celé České republiky a je distribuován ve vektorové digitální formě v kladu jednotlivých mapových listů Základní mapy 1:10 000. K vytvoření DMT povodí Jenínského toku, byly využity vrstevnice s rozestupem 2 a 10 metrů. Z těchto dat byl mnou poté vytvořen rastrový digitální model terénu (DMT) s velikostmi buňky 2x2 a 5x5 metrů.

Podmínkou k bezplatnému vydání dat ZABAGED, ortofot, rastrových základních map středních měřítek (RZM) a Státní mapy 1:5000 pro účely diplomových, bakalářských nebo semestrálních prací je, že práce není součástí komerčních projektů nebo projektů financovaných z vnějších zdrojů fakulty nebo školy.

4.2 Použitý software

4.2.1 ArcGIS 8.1

ArcGIS je sada softwarových produktů pro geografické informační systémy, které vyvíjí a dodává firma ESRI. Obsahuje produkty pokrývající všechny úrovně nasazení GIS

v celé organizaci: desktopové prostředí, servery se vzdáleným přístupem i příruční zařízení. ArcGIS Desktop poskytuje kompletní software pro GIS a je k dispozici ve třech úrovních (tj. licencích): ArcView, ArcEditor a ArcInfo, které se liší různou úrovní funkcionality. Záleží na konkrétním uživateli, které produkty ArcGIS bude potřebovat pro svoji práci.

ArcView - poskytuje rozsáhlé nástroje pro tvorbu map a získávání informací z map a jednoduché nástroje pro editaci a prostorové operace.

ArcEditor - má plnou funkcionalitu ArcView a navíc rozšířené editační možnosti pro shapefile a geodatabáze.

ArcInfo - rozšiřuje funkcionalitu obou předchozích produktů o rozšířené prostorové operace. Také umožňuje využít stávající aplikace pro ArcInfoWorkstation, neboť v sobě zahrnuje i Arc, ArcPlot, ArcEdit atd. z předchozí generace systému ArcInfo.

Produkty z kategorie ArcGIS Desktop jsou tvořeny integrovanými a navzájem spolupracujícími softwarovými aplikacemi ArcCatalog, ArcMap, ArcToolbox a Model Builder. Použitím těchto tří aplikací můžeme provést jakoukoliv GIS úlohu, od jednoduché po složitou, včetně tvorby map, správy dat, geografické analýzy, editace dat a prostorových operací.

Aplikace ArcMap je centrální GIS aplikací ArcGIS Desktop, která slouží pro všechny mapově orientované úlohy včetně kartografie, prostorových analýz a editace dat. Poskytuje kompletní funkcionalitu pro tvorbu map. Poskytuje dva různé pohledy na mapu: zobrazení geografických dat a zobrazení výkresu mapy. V zobrazení geografických dat pracujeme s geografickými vrstvami a můžeme zde měnit symboliku, analyzovat a kompilovat datové sady GIS. Rozhraní tabulky obsahu napomáhá organizovat a ovládat vlastnosti vykreslení datových vrstev GIS v datovém rámci. Zobrazení dat je jakýmsi oknem do datových sad GIS, které máme k dispozici pro danou oblast. V zobrazení výkresu mapy pracujeme s mapovými stránkami, které obsahují nejen rámce geografických dat, ale i další mapové prvky, jako jsou legendy, měřítko, severky a referenční mapy. ArcMap slouží pro tvorbu mapových kompozic připravených pro tisk a publikaci.

Aplikace ArcCatalog pomáhá organizovat a spravovat data GIS, jako jsou mapy, glóby, datové sady, modely, metadata a služby. Obsahuje nástroje pro prohlížení a vyhledávání geografických informací, zaznamenávání a prohlížení metadat, rychlé prohlížení libovolných datových sad a vytváření schématu struktury geografických vrstev.

Aplikace ArcToolbox obsahuje kompletní sadu funkcí pro zpracování prostorových dat včetně nástrojů pro správu a konverzi dat, vektorové i rastrové analýzy a statistické analýzy.

Možnosti systému ArcGIS Desktop (ArcView, ArcEditor, ArcInfo) lze dále rozšířit přidáním specializovaných rozšiřujících modulů – nadstaveb (v našem případě jsme využili ArcGIS 3D Analyst a ArcGIS Spatial Analyst). Každá nadstavba se v rozhraní ArcGIS Desktop prezentuje novým panelem funkcí a nástrojů. Při práci s nadstavbou tedy uživatelé zůstávají ve svém obvyklém prostředí. Ovládání funkcí a tlačítek jednotlivých nadstaveb se neliší od způsobu ovládání obvyklého v ArcGIS Desktop. Sestava ArcGIS Desktop + nadstavba tvoří tedy kompaktní pohodlně ovladatelný systém. Funkčnost jednotlivých rozšiřujících modulů se nemění v závislosti na tom, s jakou úrovní ArcGIS Desktop jsou využívány.

ArcGIS 3D Analyst

Modul je zaměřen na tvorbu, analýzu a zobrazení dat ve 3D. Poskytuje jak nástroje pro interpolaci rastrových povrchů (Raster Interpolation), tak možnosti pro konstrukci TIN (TIN Creation). Jako jediný z nadstaveb umožňuje pracovat s TIN strukturou –konverze na rastr včetně práce s jednotlivými částmi této struktury, a dále výpočty sklonu, expozice a vrstevnic z TIN (TIN Surface).

Spatial Analyst

Jedním z nejdůležitějších přínosů nadstavby Spatial Analyst je možnost vytvářet data v rastrovém formátu a analyzovat souvislosti mezi různými typy geografických dat v rastrovém i vektorovém formátu. Otevírá tak cestu k využití těch dat, která popisují spojitě se měnící veličiny, jako např. nadmořská výška, sklon, teplota, tlak, srážky, znečištění apod. a umožní vám vytvořit rastrovou vrstvu prostřednictvím interpolace hodnot naměřených v diskrétních bodech zkoumaného území. Dále jsou zde propracovány hydrologické analýzy (Hydrology) –výpočty směrů odtoku, definování povodí k dílčí části

toku nebo k bodu, označování řádů a délek pro jednotlivé části toku, včetně možnosti odstranění bezodtokých depresí. Zároveň můžete v rámci nadstavby Spatial Analyst pracovat i s klasifikovanými rastry, či takové rastry vytvářet (převodem z vektorového formátu nebo kategorizací spojitých dat).

Pro tvorbu vysoce kvalitního rastrového modelu reliéfu je speciálně určen interpolační algoritmus „Topo to Raster“, který kromě vrstevnic a výškových bodů může pro zpřesnění modelu reliéfu využívat jako doplňující vstup rovněž hydrologickou síť zpracovávané oblasti. Tento algoritmus byl specificky navržen pro vytvoření hydrologicky korektního DMT. Algoritmus je primárně přizpůsoben pro práci s vrstevnicovými daty a základní úvaha vychází z předpokladu, že hlavním faktorem, který modeluje tvar terénu, jsou hydrologické procesy.

4.2.2 Reprezentace dat

Pro reprezentaci geografických jevů program používá bodů, linií a polygonů. Tento způsob reprezentace se nazývá vektorový datový model a jeho složky (body, linie či polygony) se v ArcGIS nazývají prvky (features).

Vektorový model je ukládán a používán ve třech provedeních: jako coverage, shapefile a jako geodatabase. První dva modely jsou založené na souborech, poslední je geodatabázový datový model. Soubory typu coverage a geodatabase jsou složitější a umožňují nám práci s daty se složitější topologií.

Soubory typu shapefile jsou užitečné pro vytváření map a některé druhy analýz, v současné době představují univerzální výměnný formát pro práci s geografickými daty. Strukturou jsou jednodušší, neukládají úplné topologické vztahy mezi různými prvky a třídami prvků, ale každý shapefile ukládá pouze prvky, které patří do jedné třídy prvků. Shapefile se skládá ze sady souborů vektorových dat shapefile (*.shp, *.shx) a z dBASEsouboru (*.dbf), který obsahuje atributy každého prvku. Každý shapefile obsahuje prvky pouze jednoho geometrického typu (bod, vícenásobný bod, linie, polygon).

4.2.3 Ovládání

Ovládání programu se děje převážně pomocí myši:

levé tlačítko – aktivace zvolené funkce

pravé tlačítko – rozvinutí menu pro danou vrstvu, funkci apod.

Kliknutí pravým tlačítkem na vrstvu v datovém okně nám umožňuje práci se zvolenou vrstvou – odstranění, zobrazení popisků a další možnosti nastavení. Většina nástrojů a funkcí je sdružena do nástrojových lišt, otevření jednotlivých lišt se děje pomocí View–Toolbars–zvolit lištu. Základní nástrojová lišta Tools slouží k ovládání mapového okna – posun, výřez, zoomin, zoomout, atd.. Pro zobrazení všech dat ikona FullExtent.

4.3 ERDAS IMAGINE

ERDAS IMAGINE je modulární systém firmy Leica Geosystems pro kompletní zpracování dat dálkového průzkumu Země (DPZ). Především je zaměřen na zpracování leteckých a družicových snímků, a to od vytvoření ortosnímků až po vyhodnocení informací o typu pokryvu, aktualizaci polohopisu a mapování výškopisu. Pomocí nástrojů ERDAS IMAGINE lze řešit všechny fáze zpracování leteckých či družicových snímků počínaje jejich rektifikací přes vyhodnocení a analýzu až po prezentaci výsledků formou mapy či dynamické 3D scény.

Systém je dodáván ve třech základních sestavách: IMAGINE Essentials, IMAGINE Advantage a IMAGINE Professional.

IMAGINE Essentials

Jádro sestavy IMAGINE Essentials tvoří prostředí pro zobrazení různých typů geografických dat, navržené tak, aby bylo možné prohlížet si všechna data o daném území v kontextu a pohodlně porovnávat, vyhodnocovat časové změny, kombinovat informace z různých zdrojů, interpretovat snímky, aktualizovat či vytvářet data pro GIS. V IMAGINE Essentials lze dále provádět rektifikaci snímků do zvoleného kartografického zobrazení,

automatickou klasifikaci multispektrálních snímků, tvorbu mapových výstupů. Na základě digitálního výškového modelu je možno vytvářet výškové profily a analyzovat viditelnost.

IMAGINE Advantage

Sestava IMAGINE Advantage doplňuje sestavu IMAGINE Essentials o rozsáhlou sadu nástrojů pro radiometrické, prostorové a spektrální zvýraznění snímků, pro tvorbu a úpravu výškových dat a jejich topografickou analýzu (tvorba digitálního modelu reliéfu na základě interpolace bodů či vrstevnic, vyhlazení a lokální úpravy DMR, tvorba anaglyfů ze snímku, stínování, analýza viditelnosti, sklonitosti apod.). Dále je k dispozici široká paleta funkcí pro prostorovou analýzu geografických dat, přičemž do zpracování mohou vstupovat data jak ve vektorovém tak i v rastrovém formátu zároveň. V rámci IMAGINE Advantage mohou být jednotlivé letecké i družicové snímky ortogonálně překresleny (ortorektifikovány), aby pak sloužily jako přesný polohopisný podklad.

IMAGINE Professional

Sestava modulů IMAGINE Professional doplňuje uvedené funkce o nástroje pro profesionální klasifikaci multispektrálních a hyperspektrálních snímků a pro zpracování radarových dat. Uživatelům, kteří si vytváří své vlastní algoritmy, přináší IMAGINE Professional unikátní grafický objektový nástroj Model Maker, ve kterém se zadání úlohy omezuje na pouhé sestavení jejího grafického schématu, výběr z předdefinovaných funkcí a zadání vstupů a výstupů.

Pro specializované zpracování je pak k dispozici celá řada rozšiřujících modulů.

Virtual GIS

IMAGINE VirtualGIS umožňuje vytvořit na základě polohopisných a výškopisných digitálních dat 3D scénu, která mimo to, že působí velmi realisticky, nepostrádá návaznost na veškeré informace obsažené ve využitých datech.

IMAGINE Vector

Vektor Module rozšiřuje možnosti vstupu vektorových dat různých formátů a zahrnuje řadu pokročilých funkcí pro zpracování vektorových dat ve formátu ArcInfo coverage (tvorba topologie, práce s tabulkami, vyřezávání, napojování, transformace atd.).

Kromě klasických kartografických výstupů mohou být geografická data využívána a prezentována ve formě 3D GIS. ERDAS IMAGINE je dále připraven i na řešení celé řady úloh GIS. K dispozici jsou nástroje pro prostorovou analýzu, je možno vytvářet či využívat vektorová data ve standardních formátech firmy ESRI. Software ERDAS IMAGINE je skladebný systém, uživatelé si tedy mohou vybrat ty moduly, které skutečně potřebují.

Fotogrammetrické zpracování snímků umožňuje doplňující produkt LPS.

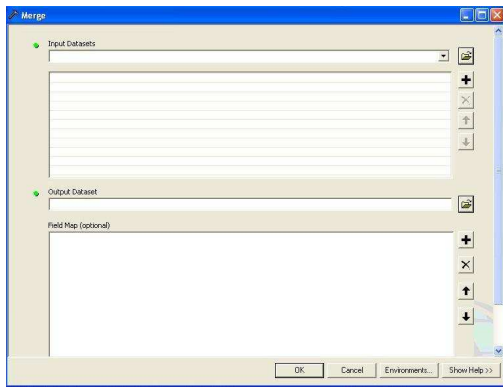
Leica Photogrammetry Suite (**LPS**) je sada profesionálních nástrojů z oblasti digitální fotogrammetrie, plně kompatibilních s prostředím ERDAS IMAGINE, které umožňují kompletní fotogrammetrické zpracování leteckých a družicových snímků od blokového vyrovnání a stereoskopického vyhodnocení až po automatickou tvorbu DMT, editaci DMT, tvorbu ortofoto a mozaiky. Tento produkt není v součásti ERDAS IMAGINE v počítačové učebně katedry Pozemkových úprav.


4.4 Postup

Nejprve jsem vytvořil DMT v programu ArcMap a to s rozlišením rastru 2x2 a 5x5 metrů. Na takto vytvořených DMT jsem provedl identifikaci drah soustředěného odtoku. K těmto digitálním modelům terénu jsem měl navíc k dispozici shapefile stávajícího drenážního systému a shapefile toku nacházejícího se zde. Poté jsem DMT vytvořil v programu ERDAS IMAGINE a to již pouze s rozlišením rastru 5x5 metrů. Na něj jsem aplikoval ortorektifikované snímky terénu a vytvořil několik pohledů na zkoumané povodí.

4.4.1 Postup v ArcMap

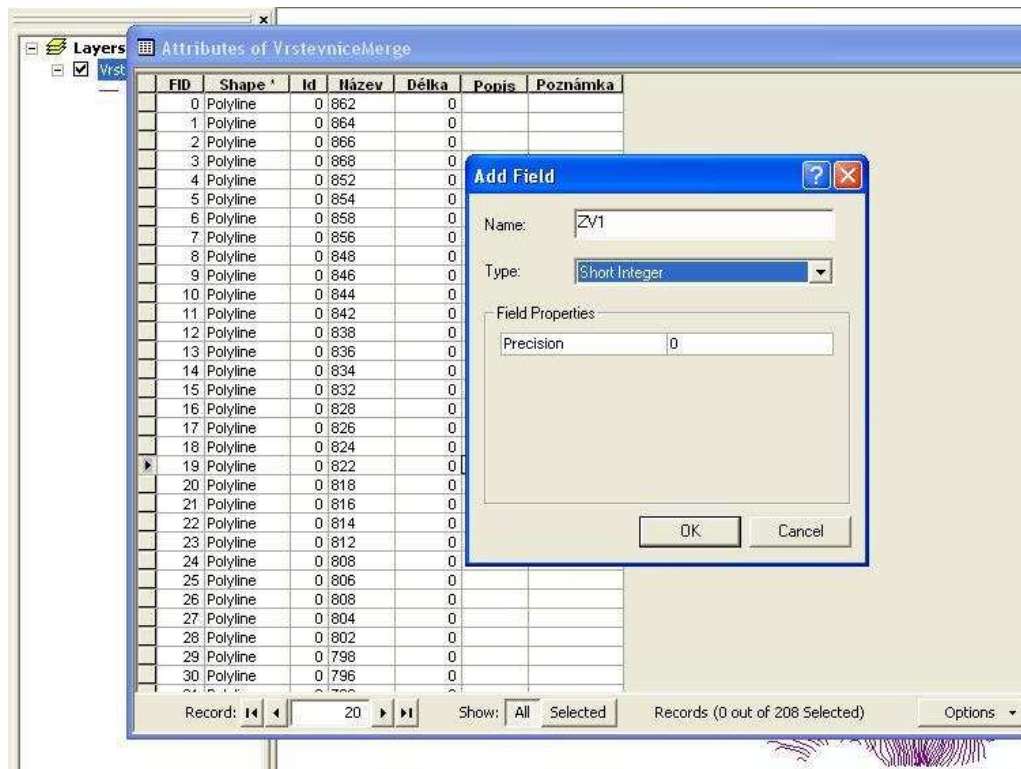
Jako zdrojové mapy jsem použil dva shapefile s vrstevnicemi ve formě polyline. V první vrstvě byly vrstevnice o rozestupu dva metry, ale bez vrstevnic označujících



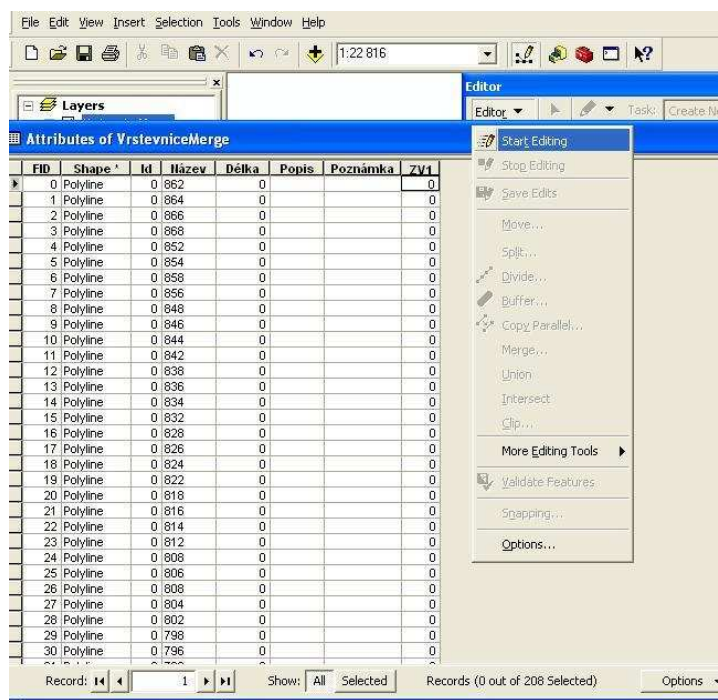
násobky deseti metrových kót. Proto jsem použil vrstvu vrstevnic o rozestupu deseti metrů. Tyto dva soubory jsem spojil v jeden s názvem vrstevnicemerge. Nejprve jsem načtl obě vrstvy do ArcMapu. K tomu jsem použil příkaz Add Data , načtl obě vrstvy a pomocí příkazu Merge je spojil a dostal tak výchozí podkladovou

mapu pro tvorbu digitálních modelů s vrstevnicemi o rozestupu dva metry. Tuto jsem ořezal pomocí shapefile, vystihujícího rozvodnici povodí Jenínského toku.

Informace o nadmořské výšce, však byla uložena v atributu název, data typu string. Proto se vrstva jevila jako bez údajů o nadmořské výšce a nešlo ji použít, program neměl informaci o výšce. Protože nástroj interpolace rastru přebírá zpracovávané hodnoty interpolovaných prvků pouze v podobě prvku atributové tabulky, pro vytvoření DMT bylo nutno vytvořit v atributové tabulce bodových a liniových prvků nový atribut nadmořské výšky s názvem ZV1, do kterého jsem nadmořskou výšku jednotlivých vrstevnic přepsal a uložil do stejného shapefile jako hodnotu typu Number. Veškeré změny probíhají přímo v načtené vrstvě a není generována vrstva nová, je proto vhodné původní vrstvu před započítím úprav zálohovat. Postup je následující. V programu ArcMap po načtení vrstvy vrstevnicemerge a kliknutí pravým tlačítkem na tuto vrstvu v Table of Contents (v nabídce Window) vybereme z nabídky Open attribute table.

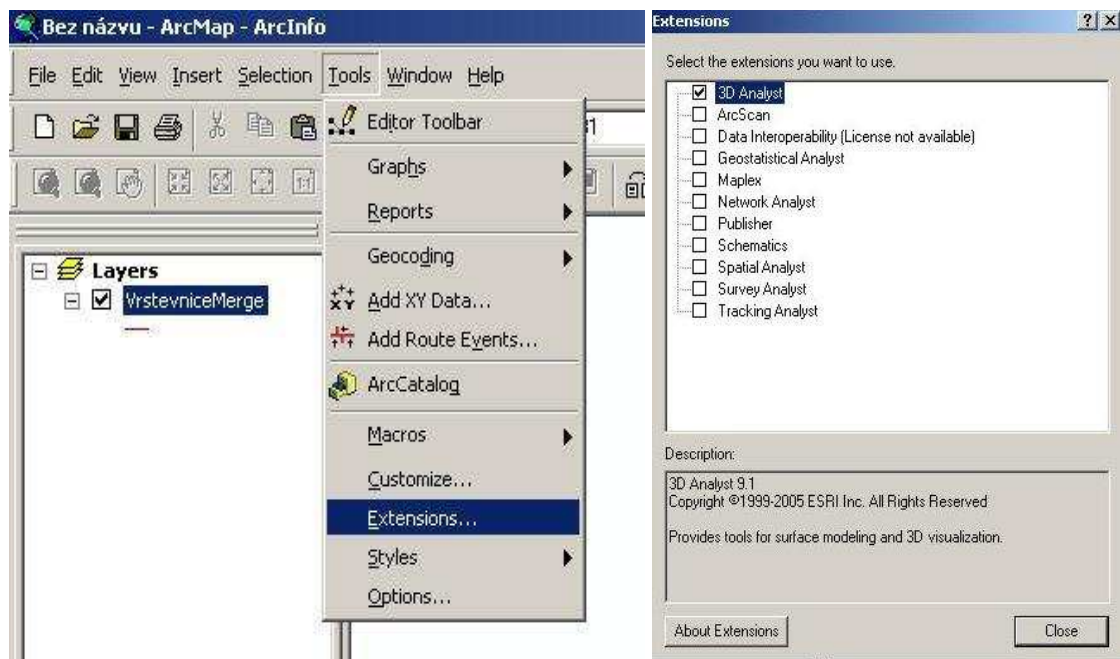


Zde vidíme všechny atributy, které daný shapefile obsahuje. Z nabídky Options jsem vybral add field a nazval jej ZV1 a typ dat short integer (Krátké celé číslo. Jedná se o nejzákladnější numerický typ dat uvnitř přesně daného rozsahu, v tomto případě jde o skutečnou numerickou hodnotu přibližně mezi -32,000 a +32,000. Hodnota je uložena jako série 16ti nul a jedniček. Osm bitů tvoří jeden byt, takže short integer jsou data o dvou bytech.)

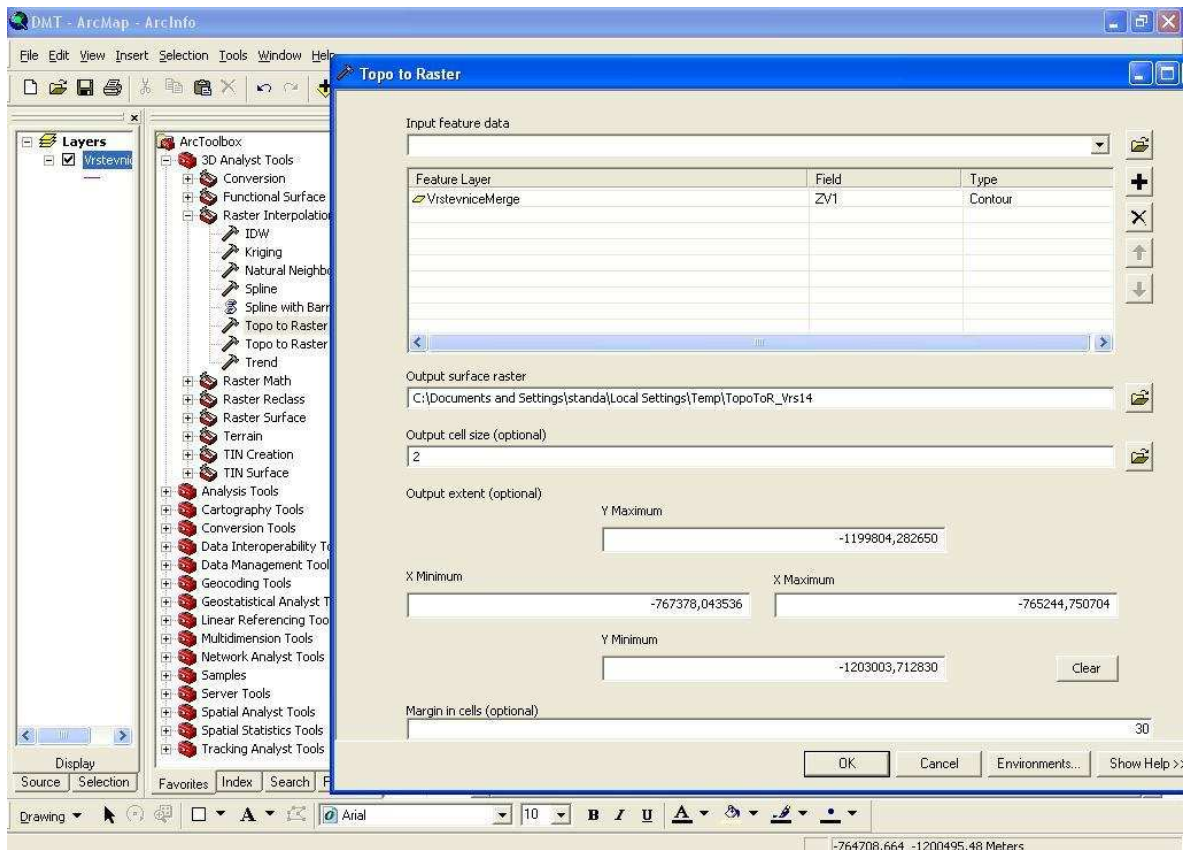


Poté jsem spustil editaci z Editor toolbaru – Editor – Start Editing a přepsal nadmořské výšky do tohoto pole. Následovně ukončil editaci a uložil. S takto upraveným souborem je již možno dále pracovat, tak aby program správně interpretoval nadmořskou výšku.

Po načtení základního shapefilu vrstevnicemerge.shp do ArcMapu a další práci je nejprve je nutné zapnout rozšíření 3D Analyst, jehož funkce a jsou popsány výše v představení programu ArcView 9.1. Zapnutí tohoto modulu se provede následujícím způsobem: Záložka *Tools – Extensions - 3D Analyst – Close*. Pracovní okno ArcMapu se tím nijak nezmění, dále se pohybujeme v prostředí na které jsme zvyklí. Nabídka ArcToolboxu se nám rozšíří o funkce tohoto modulu.

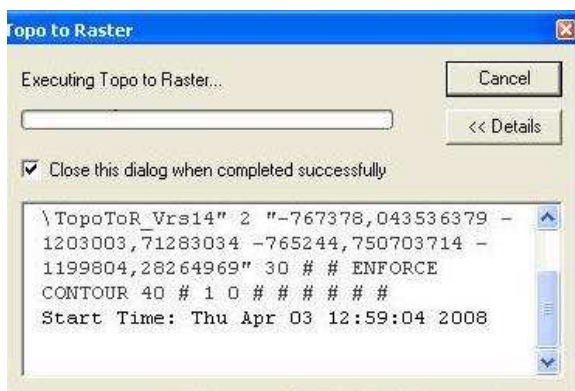


Následně jsem vyhledal v ArcToolbox funkci topo to raster (*3D Analyst Tools – Raster Interpolation – Topo to Raster*), která interpoluje hydrologicky správný povrch z bodových, liniových a polygonových dat.



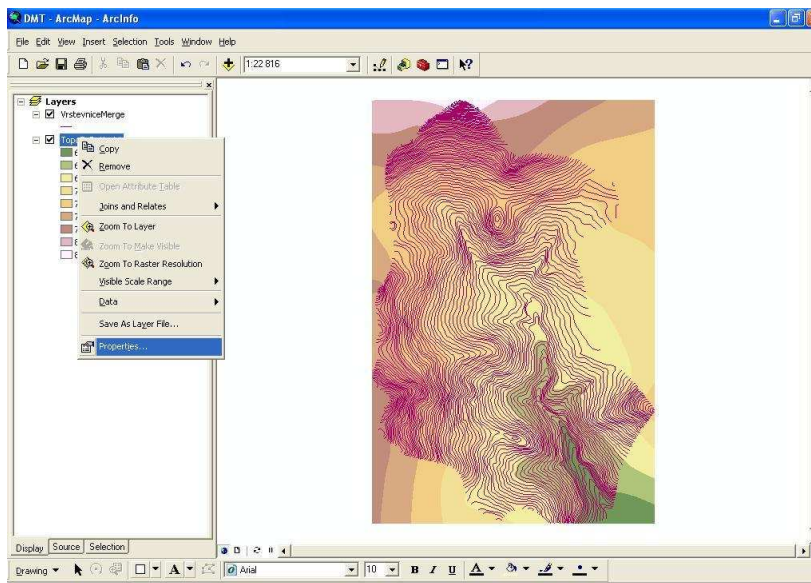
Po spuštění tohoto nástroje načteme naši vrstvu a vybereme atribut, který bude interpolován do rastrového zobrazení jevu, to uděláme změnou názvu atributu ve sloupci Field na ZV1 ve kterém se nachází údaje o nadmořské výšce. Hodnoty ve třetím sloupci Type necháme na přednastavené hodnotě Contour, která říká, že nejde o zlomové linie a ve výsledném rastru mají být hodnoty jejich výšek zachovány. Output cell size, tj. velikost rastrové buňky nastavíme na 2. Od velikosti buňky se odvíjí celkový počet buněk v rastru a tedy i jeho velikost na disku a doba potřebná k jeho zpracování. Pro dostatečnou podrobnost rastrového DMT se domnívám, že zvolená velikost buňky 2x2 metry je naprosto vyhovující a lze použít i velikost 5x5 metrů, která model posléze dělá méně přesnější pro další analýzy, ale i tak ještě dostatečně přesný. Nakonec určíme název

výstupního rastru a jeho umístění na disku. Po potvrzení těchto zadaných údajů a po určité době (čas zpracování interpolace závisí na výkonu počítače, rozsahu zpracovávaných dat a velikosti rastrové buňky) je vytvořen nový rastr.

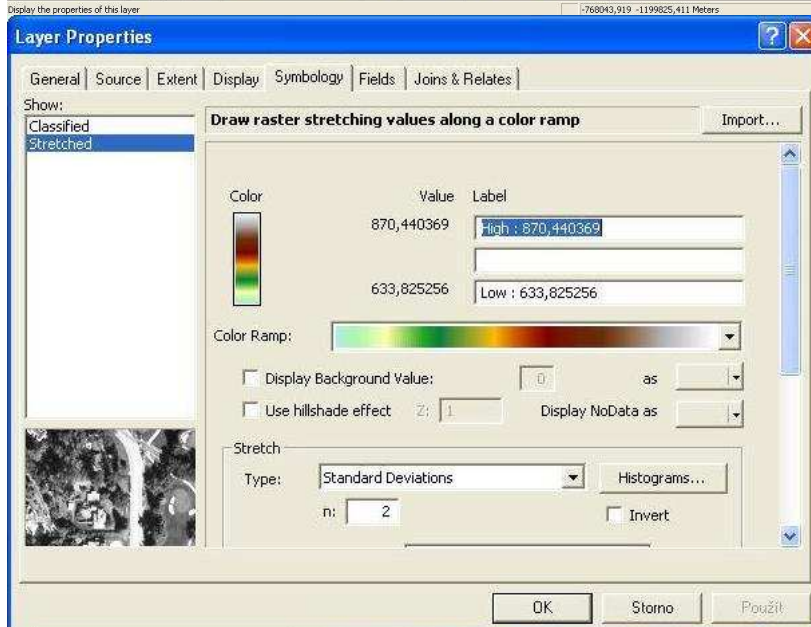


Ten jsem nazval Jenínský tok, po jeho vygenerování byly hodnoty klasifikovány do 9 tříd

jak je vidět na obrázku.



To je z hlediska klasifikačního a rozsahu nadmořské výšky (vygenerováno od 633,8 až 870,4 m n.m) málo, a proto jsem upravil ve vrstvě Jenínský tok vlastnosti zobrazení vrstvy.



V nabídce Properties se nám zobrazí okno se záložkami, které slouží k úpravě vlastností dané vrstvy. Zde v záložce Symbology najdeme, jakým způsobem jsou vybrané hodnoty klasifikovány. V našem případě to bylo rozdělením intervalu

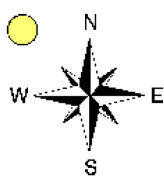
nadmořské výšky do devíti kategorií vyjádřených barvami dle výše zobrazeného obrázku. Místo klasifikace dat jsem zvolil roztažení intervalu na škálu barev, použitím volby Stretched v oknu zobrazení. Z Color ramp jsem vybral dle svého uvážení barevnou řadu, ve které by zobrazení terénu a jeho výškové vystižení bylo co nejlépe vnímatelné. U roztažení (Stretch) jsem zvolil Typ Standard Deviations a pokusem jsem zvolil napětí na $n=2$, při kterém měl rastr nejlepší vizuální kontrast. Po stisknutí tlačítka Použít se vždy provedené změny zobrazí na modelu a můžeme si tak model přizpůsobovat svým představám.

Takto vytvořený model by mohl obsahovat bezodtoké deprese (sink). V tomto případě se jedná o místo obvykle s chybnou hodnotou, která je lokálně nižší než hodnoty

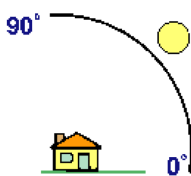


v jeho okolí. Odtok by se nám takto přerušil. Taková místa na modelu by nám mohla při identifikaci drah odtoku znehodnotit prováděné analýzy, a proto jsem se je rozhodl vyloučit (zaplavit depresi). Jak funguje funkce Fill je zobrazeno na

obrázku. Tato funkce nám vyplní případné extrémny, které by se v rovnoměrně se měnící řadě hodnot mohly vyskytnout. Cesta k tomuto nástroji vede přes *ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Fill*. V pracovním okně funkce Fill načteme vrstvu, na které chceme tento nástroj použít a jméno výchozí vrstvy. Také lze nastavit jak velké extrémny se mají odstranit, ponecháním defaultního nastavení se odstraní všechny. Tuto možnost jsem zvolil i já. Následně vytvořenou vrstvu jsem opět upravil pomocí nabídky Vlastnosti vrstvy stejně jako v prvním případě zmíněném výše po použití funkce Topo to Raster. Nyní jsem z této vrstvy vygeneroval za pomoci funkce Hillshade další vrstvu. Použitím nástroje Hillshade získáme vrstvu s hypotetickým osvětlením povrchu. Hillshade určí hodnotu osvětlení pro každou buňku v rastru a to tak, že si zvolíme pozici (azimut) a výšku zdroje světla (slunce) a nástroj poté vypočítá hodnotu osvětlení každé buňky ve vztahu k sousedním buňkám.

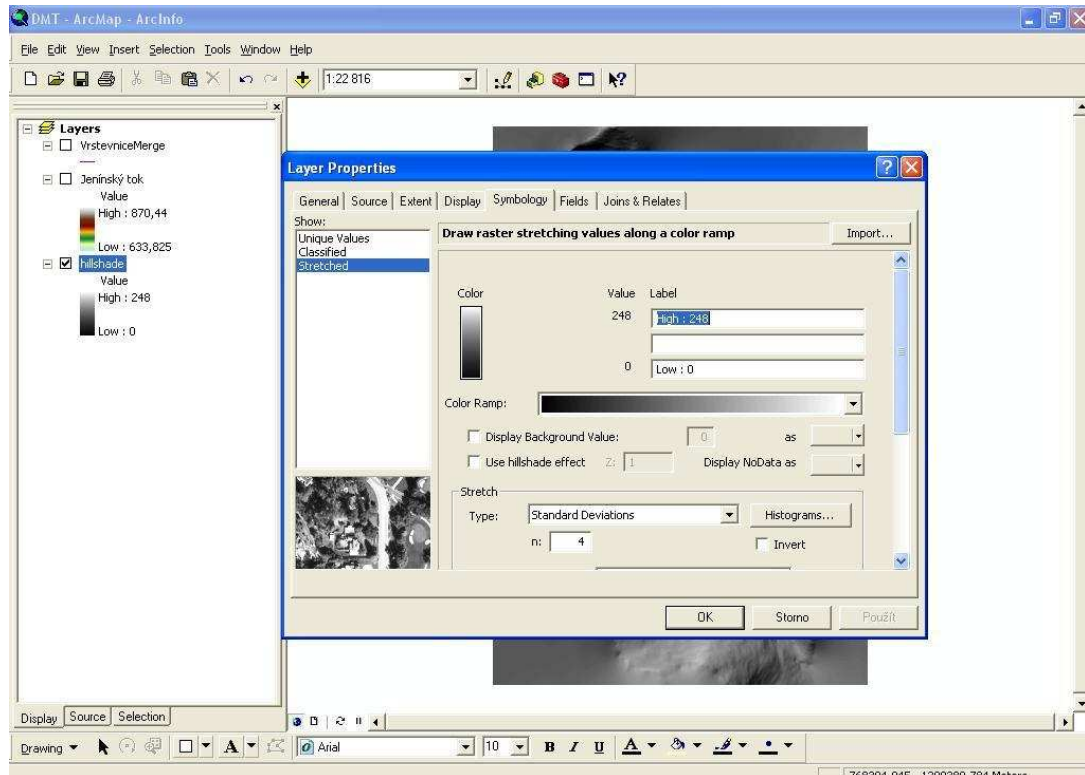


Azimut se měří od severu ve směru pohybu hodinových ručiček a hodnota se uvádí ve stupních, tedy v intervalu od 0 do 360°. V poloze na obrázku odpovídá mnou použité hodnotě 315° (SZ).

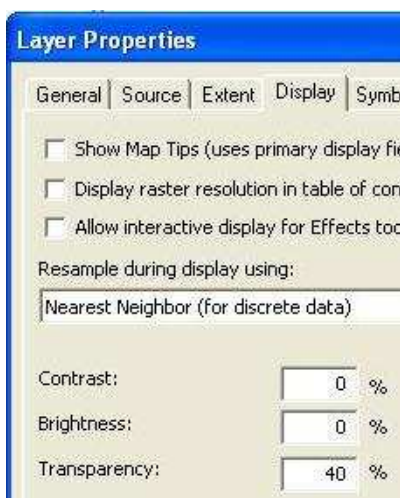


Úhlem se míní výška slunce nad obzorem, přičemž 0° jen na obzoru a 90° odpovídá nejvyšší poloze slunce nad obzorem. V poloze na obrázku odpovídá mnou použité hodnotě 45°.

Nástroj Hillshade nalezneme v Arctoolboxu v rozšiřujícím modulu 3D Analyst *Tools – Raster Surface – Hillshade*. Na této nové vrstvě nastavíme opět ve Vlastnostech vrstvy v záložce symbology barevnou škálu, pro reprezentaci dat a roztažení. Tímto krokem zvýšíme vizualizaci povrchu a dodáme mu tak na plastickém vjemu, přičemž se nijak nezmění jeho hodnota pro další analýzu.

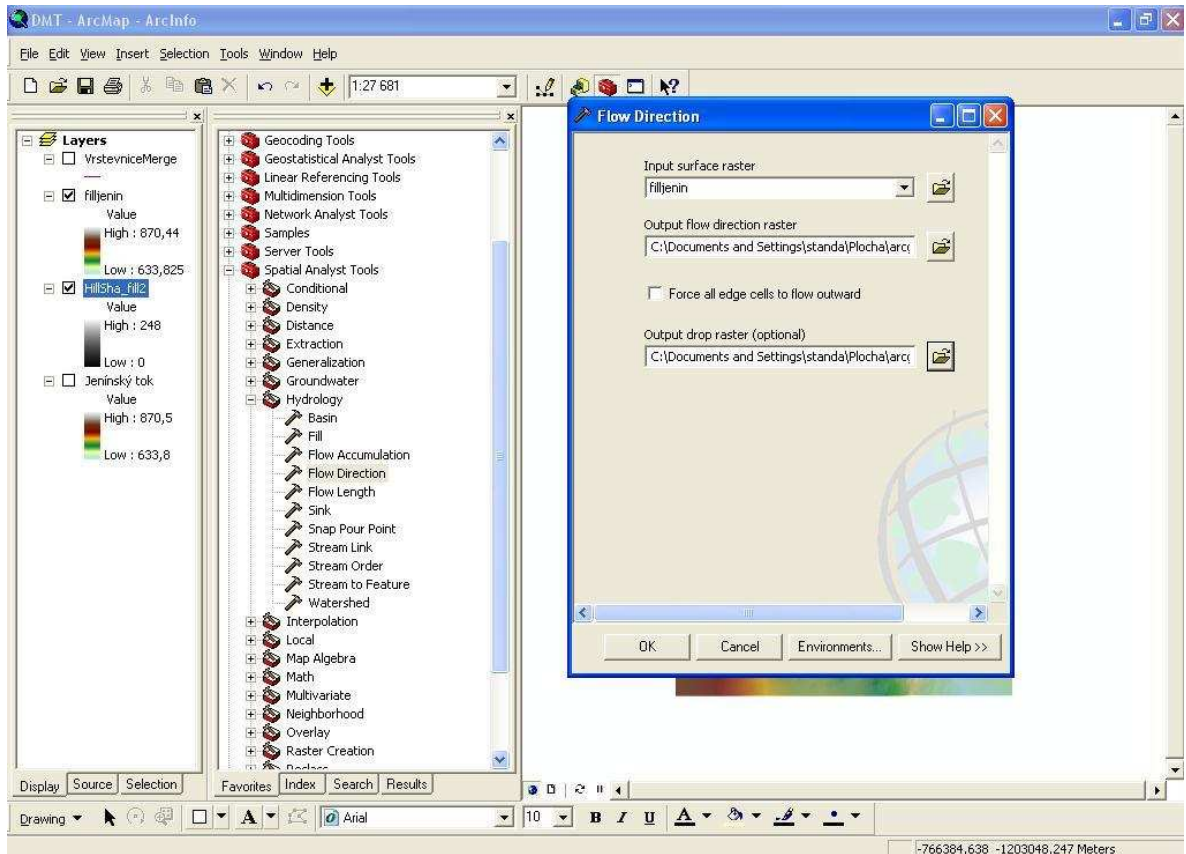


Já jsem vrstvu vytvořenou funkcí hillshade použil pouze jako podklad pro vrstvu

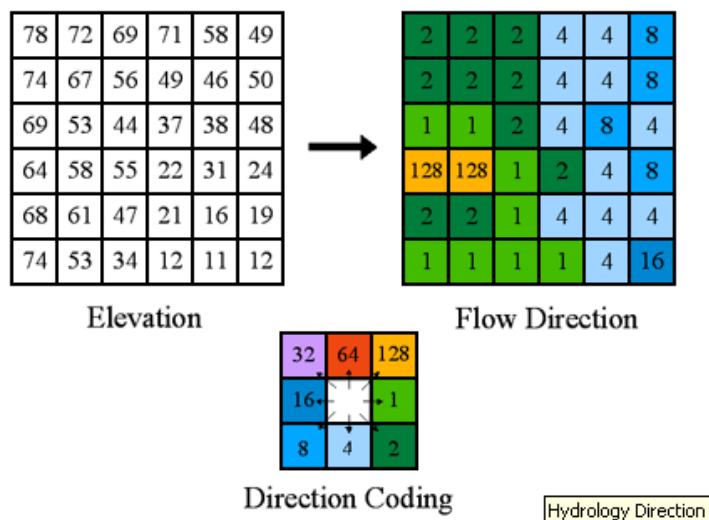


barevnou, na které jsem poté nastavil ve Vlastnostech vrstvy, záložce Display průhlednost (Transparency) na 40% a pořadí zobrazovaných vrstev změnil tak, aby vrstva Hillshade byla až na posledním místě. Takto bylo docíleno hodnověrného plastického vnímání zkoumaného povrchu. Tímto jsem získal pohledově pěkný DMT, na který se dají aplikovat různé nástroje. DMT v příloze č.1. Stejným způsobem vytvořený model, ale s rozlišením buňky 5x5 metrů je uveden jako příloha č. 2.

Cílem bylo vygenerovat vrstvu soustředěného odtoku. Za tímto účelem jsem využil analýzy Flow Direction. *ArcToolbox – Spatial Analyst Tools – Hydrology – Flow Direction*.



Tento nástroj je jedním z klíčových pro odvození hydrologických charakteristik. Dává nám možnost určit směr odtoku z každé buňky rastru.

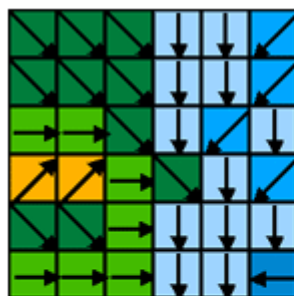


Tok může téci do přilehlých buněk, to znamená, že je zde osm platných výtokových směrů (stranová a diagonální souvislost pixelů – obrázek Direction Coding). Směr proudu je určen nalezením směru pomocí nejstrmějšího svahu nebo maximálního poklesu z každé buňky. Když je nalezen směr odtoku, výstupní buňky jsou kódovány pomocí hodnot reprezentujících směr toku. Výpočet je následující:

$$\text{Maximální pokles} = \text{změna ve výškové hodnotě} / \text{vzdálenost}$$

Vzdálenost je určována mezi centry buňky. Jestliže tedy velikost buňky je jedna, vzdálenost mezi dvěma buňkami je jedna a vzdálenost mezi dvěma úhlopříčnými buňkami je druhá odmocnina ze dvou. Výstupní rastr tedy ukazuje poměr maximální změny ve výšce z každé buňky podél směru toku a vzdálenosti mezi středy buněk a je vyjádřen v procentech.

Poté, co jsem zjistil směr odtoku na povodí, jsem použil nástroj Flow Accumulation, který spočítá akumulaci, jako součet všech buněk (směr určen v předešlém kroku), které vtékají do nižší buňky rastru. Hodnota výstupní buňky rastru je tedy tvořena součtem všech buněk, které do ní přitékají. Grafické znázornění ukazuje barevně interpretovaný rastr z předešlého kroku, kde hodnoty jsou nahrazeny šipkami znázorňujícími směr odtoku z každé buňky. Pravá matice je výstupní vrstvou po aplikaci nástroje flow accumulation a hodnoty zde představují součet buněk vtékajících do buňky, která se nachází oproti ní níže po směru odtoku. Také zde se jedná o stranovou a diagonální souvislost pixelů (počítáme se všemi osmi pixely obklopujícími analyzovaný pixel).

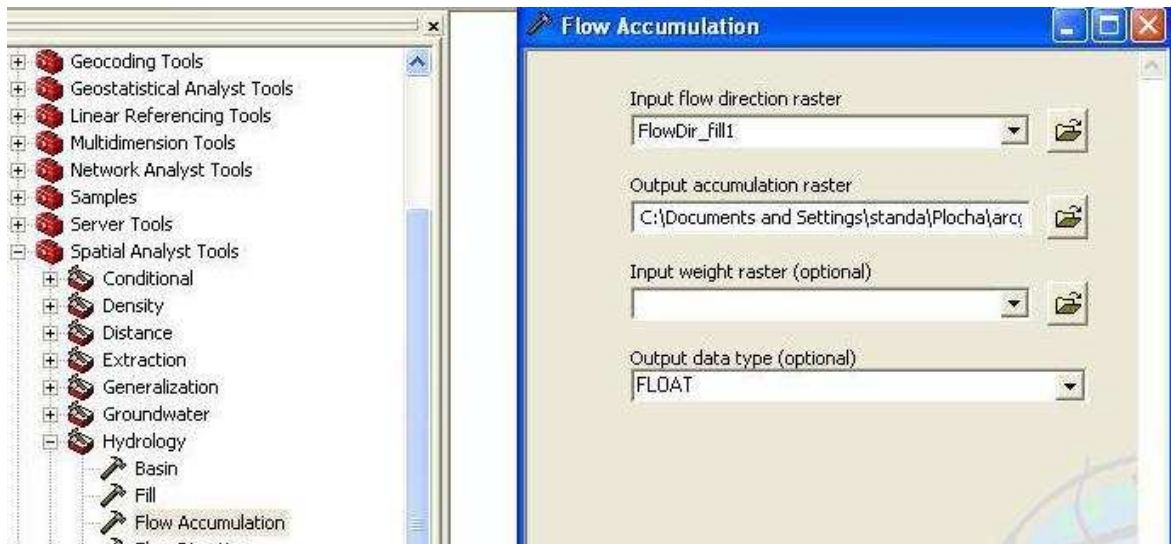


0	0	0	0	0	0
0	1	1	2	2	0
0	3	7	5	4	0
0	0	0	20	0	1
0	0	0	1	24	0
0	2	4	7	35	2

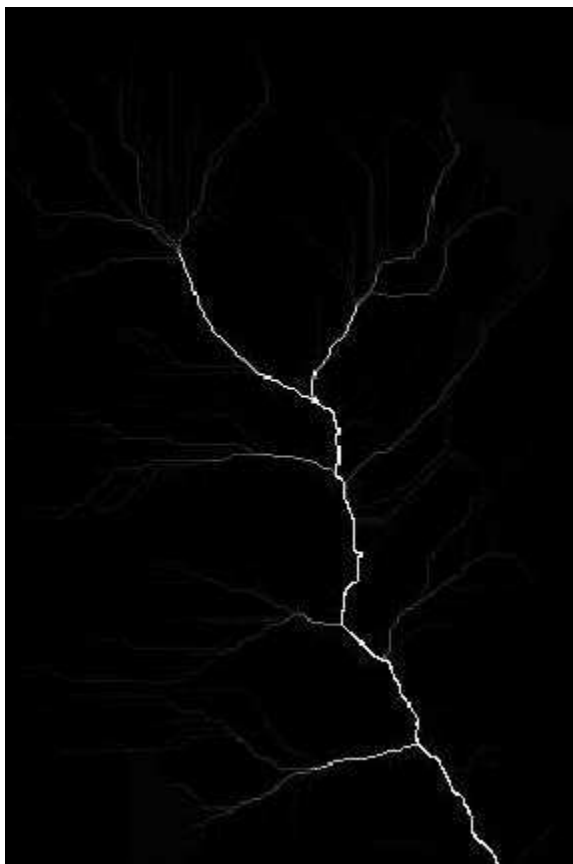
32	64	128
16	4	1
8	4	2

Direction Coding

Buňky s největší hodnotou nám identifikují oblasti s koncentrovaným odtokem a použil jsem jich k identifikaci údolnic. Buňky s hodnotou 0 jsou pak tedy topograficky nejvýše položené. Obrázek ukazuje umístění nástroje Flow Accumulation v ArcToolboxu a způsob jeho zadání.

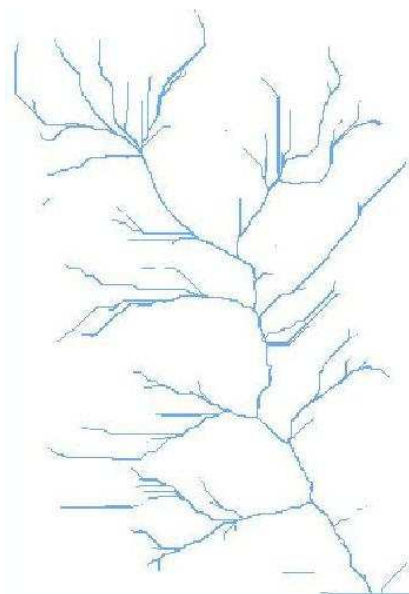
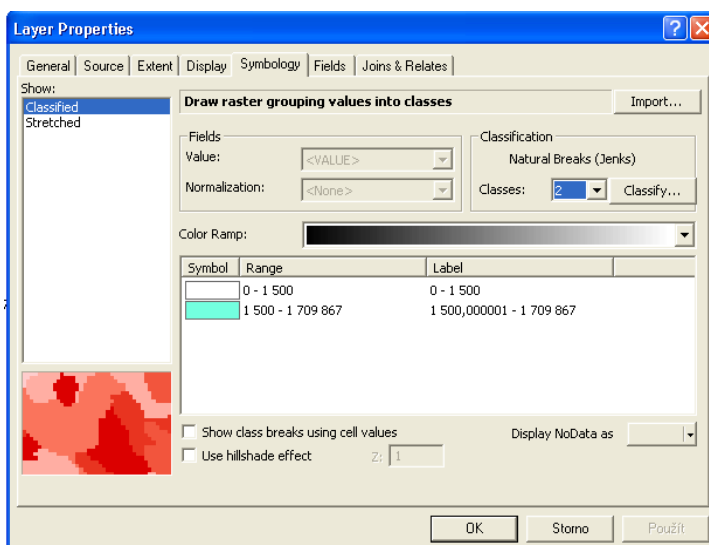


Je nutné si uvědomit, že tato situace nepočítá s intercepcí, evaporací ani s podpovrchovým odtokem vody.



Takto vypadá vrstva vytvořená pomocí nástroje Flow Accumulation. Zobrazení je nastaveno tak, aby se hodnotám přiřadila barevná škála černobílá a ta je roztažena na všechny vyskytující se hodnoty. Po překlasifikování zobrazení způsobem uvedeným níže, tj. ručním zadáním klasifikovaného zobrazení ve Vlastnostech vrstvy, záložce Symbology na dva intervaly zobrazovaných hodnot v rozmezí 0 – 1500 a 1500 – zbytek hodnot (v tomto případě 1 709 867). Klasifikace na tyto dva intervaly se provede kliknutím myší na tlačítko Classify a vybráním manuálního zadání intervalu a určením jejich hodnot.

Také jsem změnil barvu, aby odpovídala zobrazení vodní sítě.

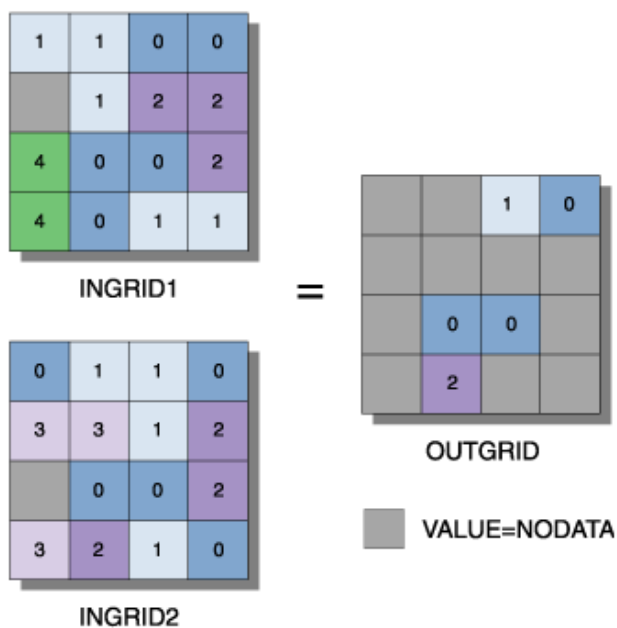


Zadání Vlastností vrstvy

a výsledek

Zhoršenou kvalitou snímku (výsledek) se může zdát, že je výsledná síť nespojitá, ale to je jen důsledkem zmenšení obrázku a s tím související generalizace zobrazení množství pixelů.

Takto vytvořená vrstva operuje s velkým množstvím hodnot, každý zobrazený pixel má v sobě hodnotu větší než 1500. Tato hodnota nám udává, jak přesně chceme dané povodí z hlediska drah soustředěného odtoku zkoumat, jeho snížením docílíme větší podrobnosti a zobrazení hustší sítě drah soustředěného odtoku. Vzhledem k možnostem zobrazení na monitoru a zejména pak možnostem výstupního zařízení (tiskárny), jsem zvolil hodnotu 1000, 1500 a 3000 u DMT tvořeného buňkami o velikosti 2x2 metry a u DMT tvořeného buňkami o velikosti 5x5 metrů pak hodnoty 500, 1500 a 3000. Pro lepší práci s takto definovanými vrstvami jsem si nahradil hodnoty zobrazené podle výše uvedených podmínek v nové vrstvě hodnotou jednou. I dále buňky obsahují hodnotu o akumulaci, kterou lze následně využít při identifikaci pořadí drah. Takže nyní přikročíme k analýze vrstvy s cílem nahrazení hodnot z intervalu 1500 a více, jedinou hodnotou v tomto případě hodnotou 1. Použil jsem k tomu příkaz Set Null umístěný v *ArcToolbox – Spatial Analyst Toolbox – Conditional – Set Null*. Z obrázku na další straně je patrné, jak tento nástroj pracuje. Vstupní vrstva INGRID1 se porovnává s vrstvou INGRID2 a jestliže program shledá, že podmínka uvedená v Expression (vyjádření) je pravda (True) pro daný

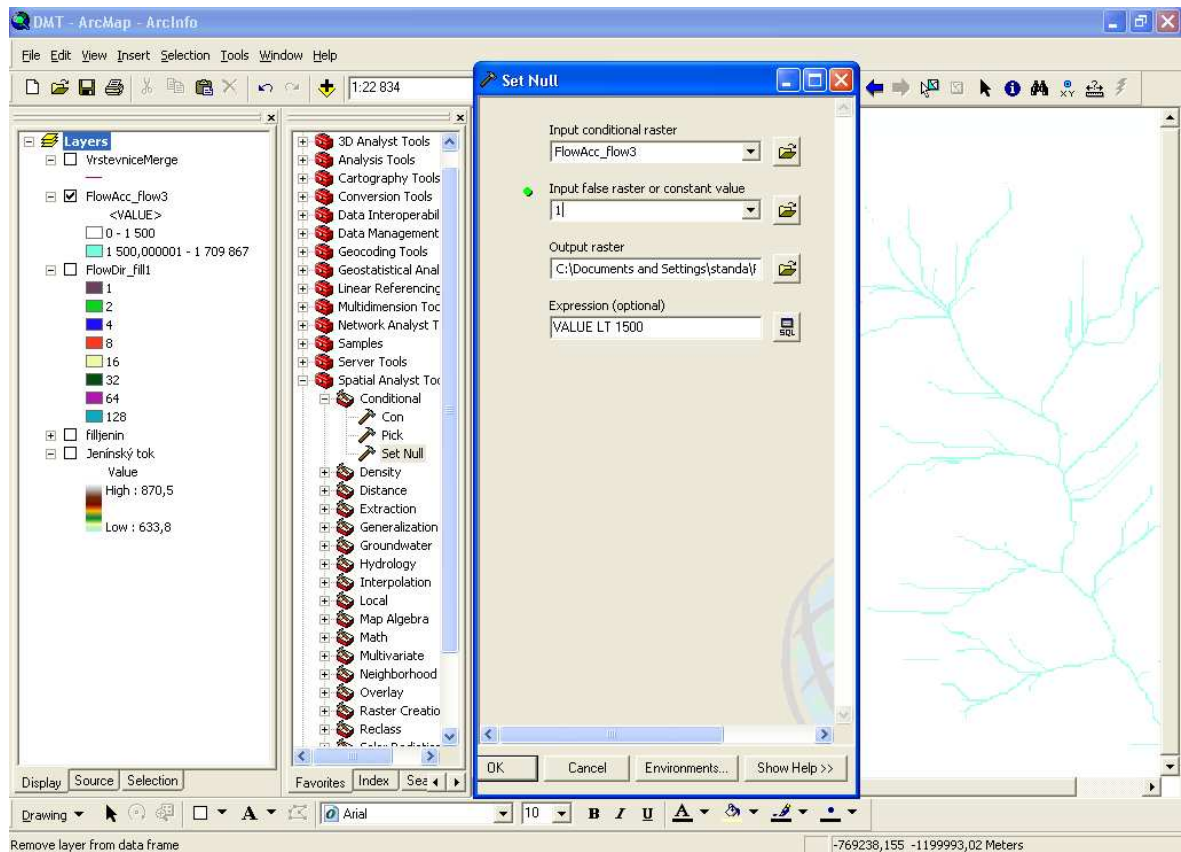


Expression: SETNULL(INGRID1, INGRID 2)

postupem tedy vyloučen s následujícího zpracování.

pixel vrstvy INGRID1 přiřadí mu ve výsledném rastru hodnotu žádnou (NODATA). Pokud naopak zjistí že podmínka pro vrstvu INGRID1 neplatí přiřadí mu hodnotu nepravda (False) a ve výsledném rastru je mu přiřazena hodnota odpovídajícího pixelu vrstvy INGRID2. Vrstvu INGRID 2 je možné také nahradit hodnotou dle svého uvážení, já jsem použil hodnotu 1, která pak byla v případě shledání nepravdy přiřazena daným pixelům ve výsledné vrstvě. Zbytek hodnot je tímto

Prakticky jsem tedy zadal výchozí rastr vytvořený v předešlém kroku (v našem případě FlowAcc_flow3), který je podmíněným podmínce Value LT 1500, která nám vybírá buňky obsahující hodnotu menší než 1500. LT je matematický operátor značící: menší než (<). Zkratka je z anglického Less Than. Tímto výrazem jsem si zvolil data, která chci z výsledného rastru odstranit tedy 0 – 1500. To samé jsem udělal pro hodnoty 1000 a 3000 v DMT o velikosti buněk 2x2 metry a u DMT o velikosti buněk 5x5 metrů hodnoty 500, 1500 a 3000. Níže je ukázka zadání nástroje Set Null.



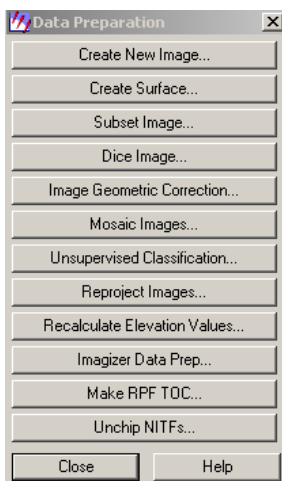
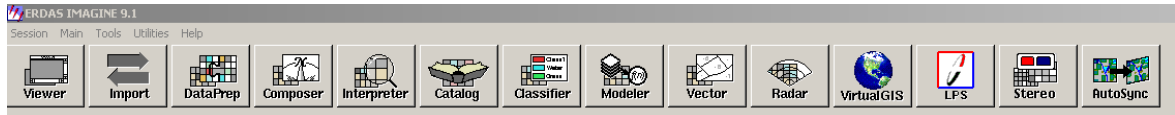
Takto vzniklé vrstvy jsem porovnal a vybral z nich tu, která svým zobrazením nejkvalitněji a s odpovídající přesností znázorňovala podmínky panující v povodí. Porovnání vrstev je na snímku v příloze č.3 pro DMT (2x2) a příloze č.4 pro DMT (5x5).


Od Ing. Karla Miky jsem získal shapefile svodných a sběrných drénů nacházejících se na tomto povodí, který byl vytvořen z dat přímo měřených v terénu. Ten jsem pro srovnání přidal do porovnání vrstev akumulace v DMT (5x5), abych mohl zvolit tu vrstvu vytvořených drah soustředěného odtoku, která je dostatečně detailní vzhledem k rozsahu drenážního systému. Porovnání se nachází v příloze č.5.

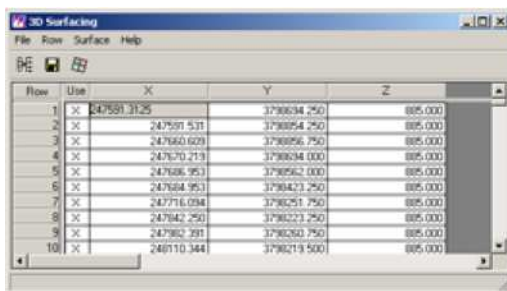
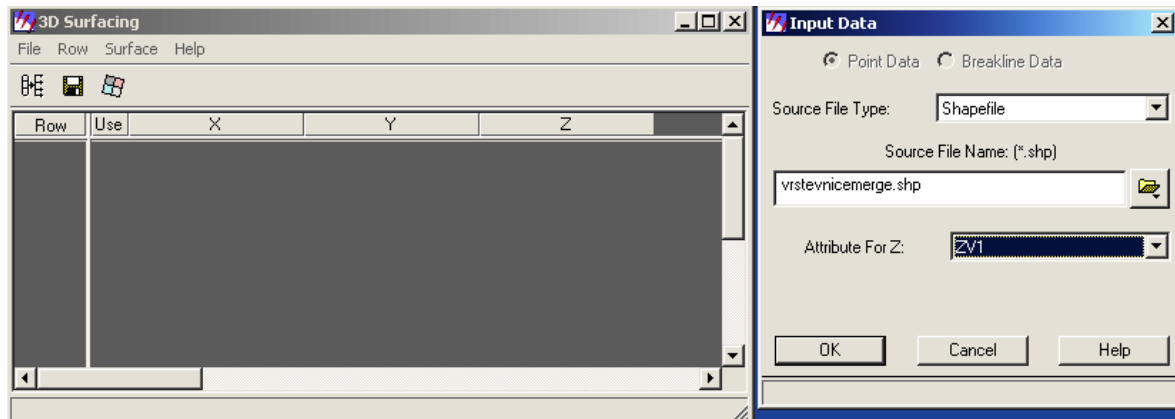
Všechny exportované mapy byly opatřeny nadpisem, legendou, severkou a měřítkem. Takto upravené projekty lze v softwaru exportovat do různých obrazových formátů.

4.4.2 Postup ERDAS IMAGINE

Po otevření programu ERDAS IMAGINE se nám objeví na pracovní ploše lišta s jednotlivými moduly.




Vycházel jsem opět z původního již spojeného shapefilu vrstevnicemerge.shp, ve kterém jsou vrstevnice pro povodí Jenínského toku v rozestupu 2 metry. Pro načtení tohoto výchozího zdroje informací pro vytvoření DMT použijeme modul Data Preparation, konkrétně nástroj Create Surface. Objeví se 3D Surfacing dialog. V něm v nabídce File zvolíme Input Data nebo můžeme použít ikonu s toutéž funkcí  a v okně Input Data, které se nám následně objeví, zvolíme jako zdrojový typ dat (Source File Type) Shapefile. V okně níže jsem načtl zdrojový shapefile s vrstevnicemi a jako atribut pro výšku zvolíme v nabídce pole (Field), které obsahuje údaje o výšce, v našem případě tedy ZV1. Ukázka zadání níže.

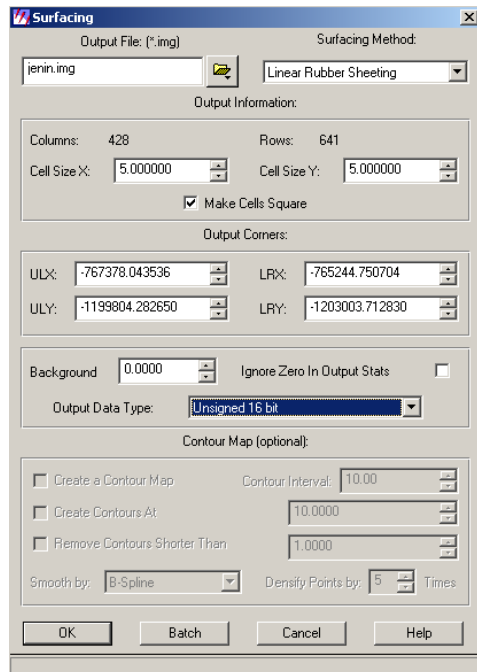


Poté proběhne analýza shapefilu, která je ukončena dialogovým oknem, jež nás informuje, že proces je 100% kompletní. V okně 3D Surfacing se objeví souřadnice X, Y a výšková informace o těchto bodech Z. Vytvořený soubor

si můžeme uložit jako vrstvu (Annotation Layer) v nabídce *File – Save As*.

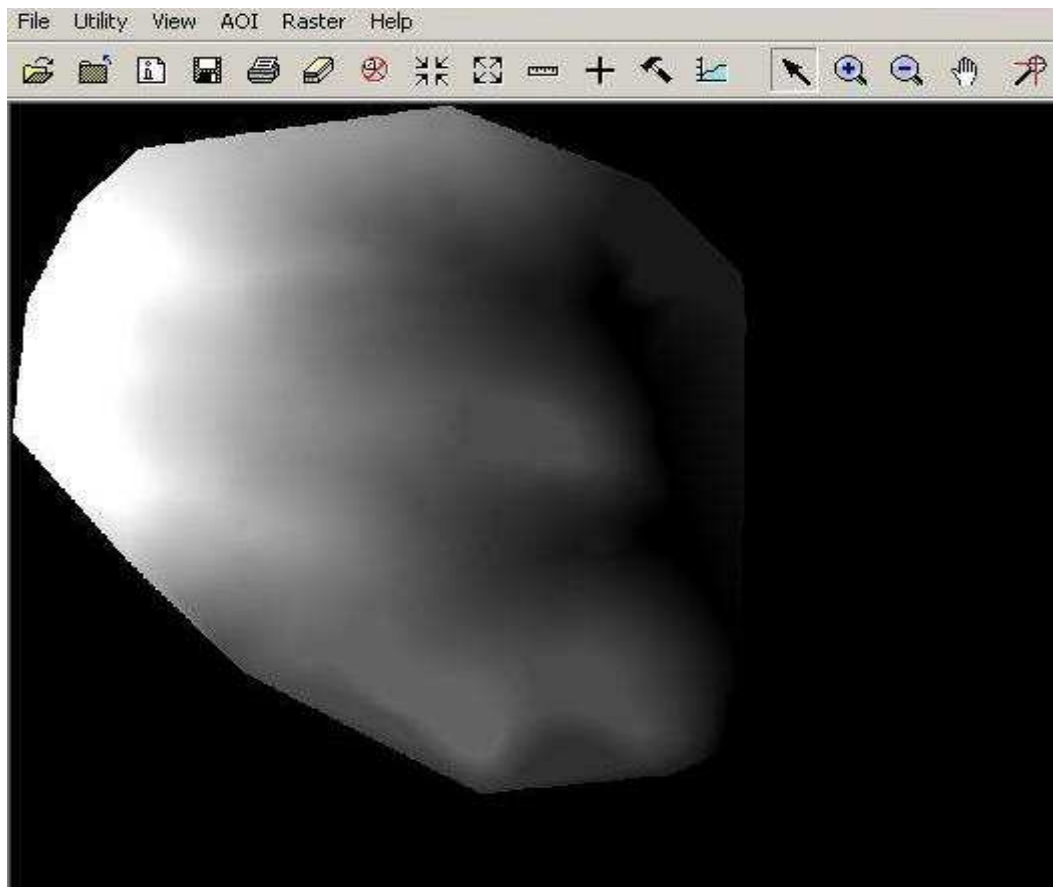
Nyní vytvoříme DMT, jež bude odpovídat hodnotám v této tabulce. V okně 3D

Surfacing klikneme na ikonu Perform Surfacing  a otevře se nám dialogové okno




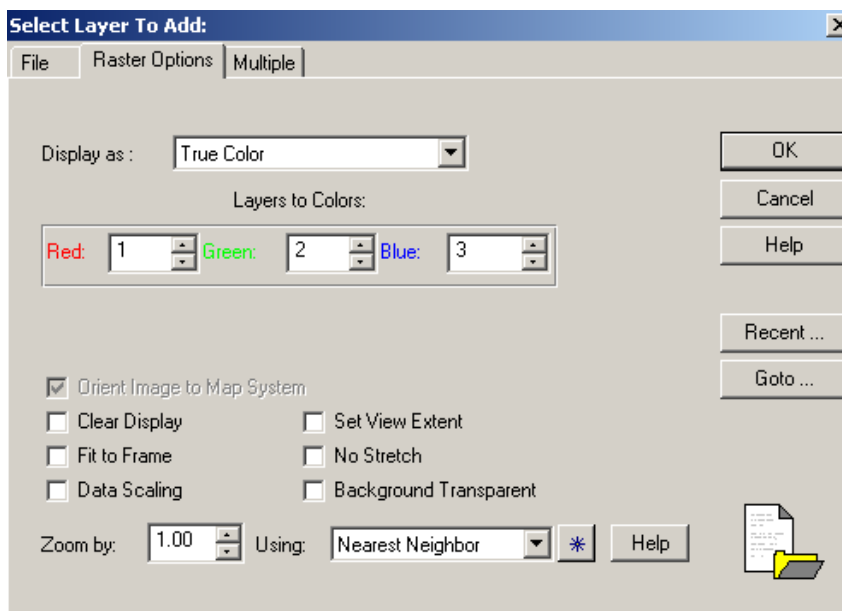
Surfacing. V tomto okně vyplníme název výchozího souboru a jeho umístění na disku. Já jsem jej nazval jenin. Dále metodu tvorby plochy. V nabídce jsou pouze dvě Linear Rubber Sheeting (první řád polynomické funkce) a Non-linear Rubber Sheeting (pátý řád polynomické funkce). V části Output Informations zadáme velikost pixelu 5x5 metrů a zbytek necháme nastaven defaultně. A potvrdíme OK.

Z hlavní lišty otevřeme nástroj Viewer a načteme soubor, který jsme vytvořili, v mém případě jenin.img. V okně se nám zobrazí výsledek.

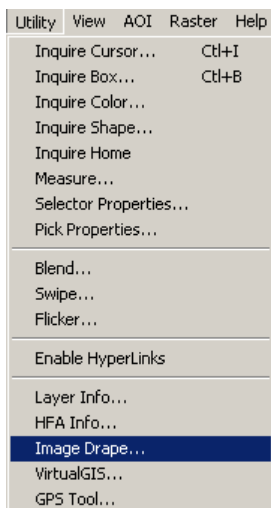


Po neúspěšném hledání nástrojů, kterými by se daly zjistit dráhy soustředěného odtoku, jsem se telefonicky obrátil na dodavatele softwaru s dotazem, zda lze takový úkol v softwaru ERDAS IMAGINE provést. Odpovědí bylo, že nikoli, software prý nástrojem pro takovou analýzu nedisponuje. Vzhledem k tomu jsem se rozhodl alespoň pokrýt vytvořený digitální model terénu ortofotomapou, jež jsem měl ve formátu TIFF, již zrektifikovanou od Ing. Karla Miky. Chtěl jsem tak vytvořit alespoň pohledově pěkný trojrozměrný DMT, i když bohužel bez analyzovaných drah soustředěného odtoku.

K již vytvořenému a ve Vieweru otevřenému DMT jenín.img jsem otevřel (*Select Layer To Add*)  tyto ortofotomapy ve formátu TIFF. Po vybrání souborů je nutno přejít na záložku Raster Options a odkliknout defaultně zatrhnutou volbu Clear Display.



Poté co vybrání potvrdíme a proběhne dialogové okno, jež nás informuje



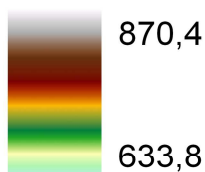
o ukončení nástroje, zobrazí se trojrozměrný DMT ve Vieweru. Nelze však měnit pohled a trojrozměrný vjem je velmi malý. Proto jsem použil Utilitu Image Drape, ve které lze nastavit více pohledů v již vytvořeném trojrozměrném DMT. Takto vytvořené pohledy z různých pozorovacích míst povodí Jenínského toku se nacházejí v přílohách č. 8 a 9.

5. Výsledky a diskuze

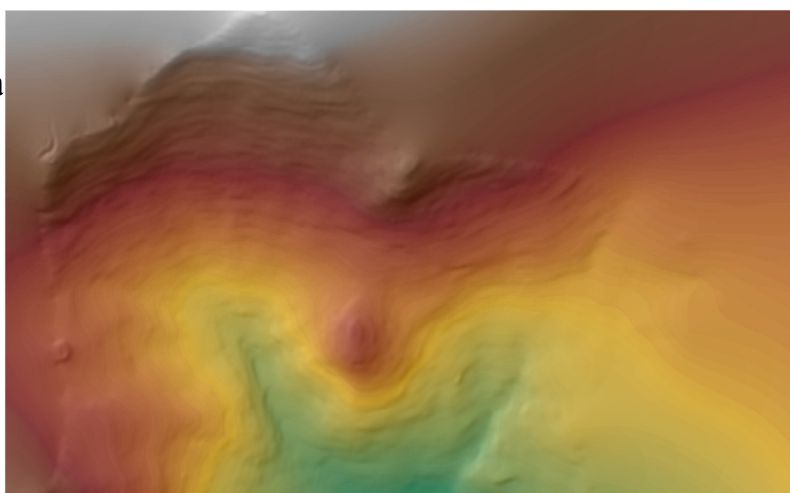
Nejprve zde rozebereme výsledky, ke kterým jsem dospěl v software ArcGIS. V tomto softwaru jsem za pomoci v něm implementovaných funkcí a analýz identifikoval dráhy soustředěného odtoku. Pro vytvoření DMT jsem použil různou velikost buněk, jak již bylo výše v postupu uvedeno 2x2 a 5x5 metrů. Velikost buňky se posléze projevila na zobrazovací možnosti DMT. Z níže prezentovaných výřezů je vidět, že vliv na DMT, kterých jsem použil jako základních podkladů pro další zkoumání, a které pocházejí z DMT z přílohy č.1 a č.2 je na první pohled neznatelný.

Povodí Jenínského toku v rozlišení 2x2 metry

Legenda
Nadmořská výška
(m n.m.)

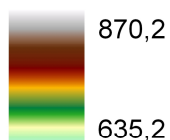


1:15 000

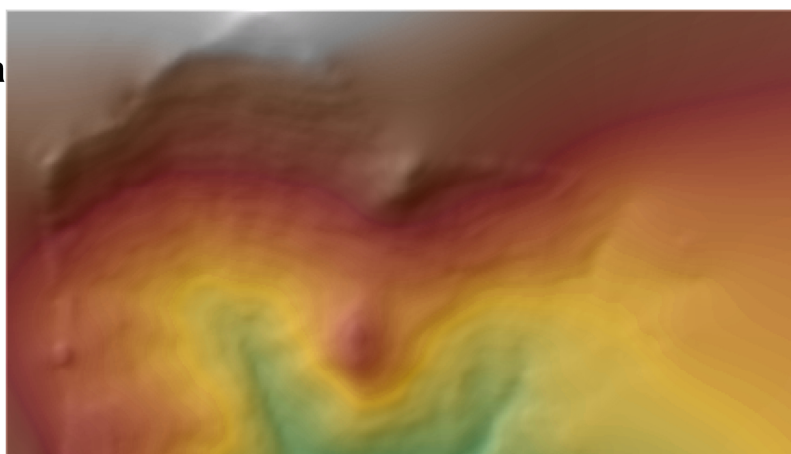


Povodí Jenínského toku v rozlišení 5x5 metrů

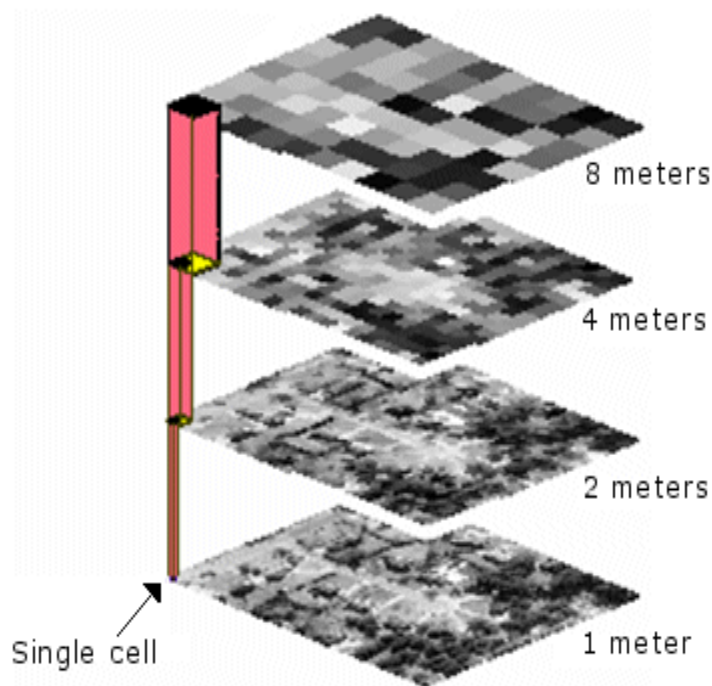
Legenda
Nadmořská výška
(m n.m.)



1:15 000



To však až do doby než se podíváme na legendu, která udává nadmořskou výšku. Zde vidíme, že rozsah nadmořských výšek není u obou modelů stejný, přestože bylo použito stejného zdrojového souboru obsahujícího vrstevnice s rozestupem 2 metry. Jak je vidět větší zobrazovaný výškový rozsah má model s velikostí buňky 2x2 metry. Tento rozdíl byl způsoben při interpolaci terénu, pomocí funkce Topo to Raster, která terén rozdělila na buňky o zadané velikosti. Tento nástroj převede plochu mezi vrstevnicemi na



plochu vyplněnou těmito buňkami. Právě při interpolaci menšími buňkami dojde k přesnějšímu vyplnění míst mezi vrstevnicemi o známé nadmořské výšce, a tak je ve výsledku identifikována přesněji i nadmořská výška. Větší odchylka se objevila v nejnižší nadmořské výšce, což je vzhledem k předchozímu samozřejmé. Větší rozstup vrstevnic se

nachází v nejnižších partiích povodí a při použití menších buněk bude tento prostor nahrazen více buňkami s detailnější interpolací nadmořské výšky a dostáváme se tak níže než při zvolené velikosti buňky 5x5 metrů v druhém případě. Svoji roli hraje i umístění zkoumaného území, které je údolím s jedním výtokem (jedná se o povodí omezené orografickou rozvodnicí). To znamená, že v nejvyšších místech, kde dochází k rychlému výškovému rozdílu, ani při interpolaci menšími buňkami zde nedostaneme vyšší hodnoty, neboť vrstevnice jsou oříznuty rozvodnicí. Není zde tedy o tolik větší prostor, který by při interpolaci dovolil nalezení většího množství menších buněk s větší výškovou informací než původní buňka 5x5 metrů. O tom že pro nalezení většího prostoru pro interpolaci menšími buňkami, která by nám z hlediska výškového zpřesnila rastr vytvořený většími buňkami se nachází v nejnižších místech povodí, svědčí na další straně zobrazená mapa zdrojových dat vrstevnic.

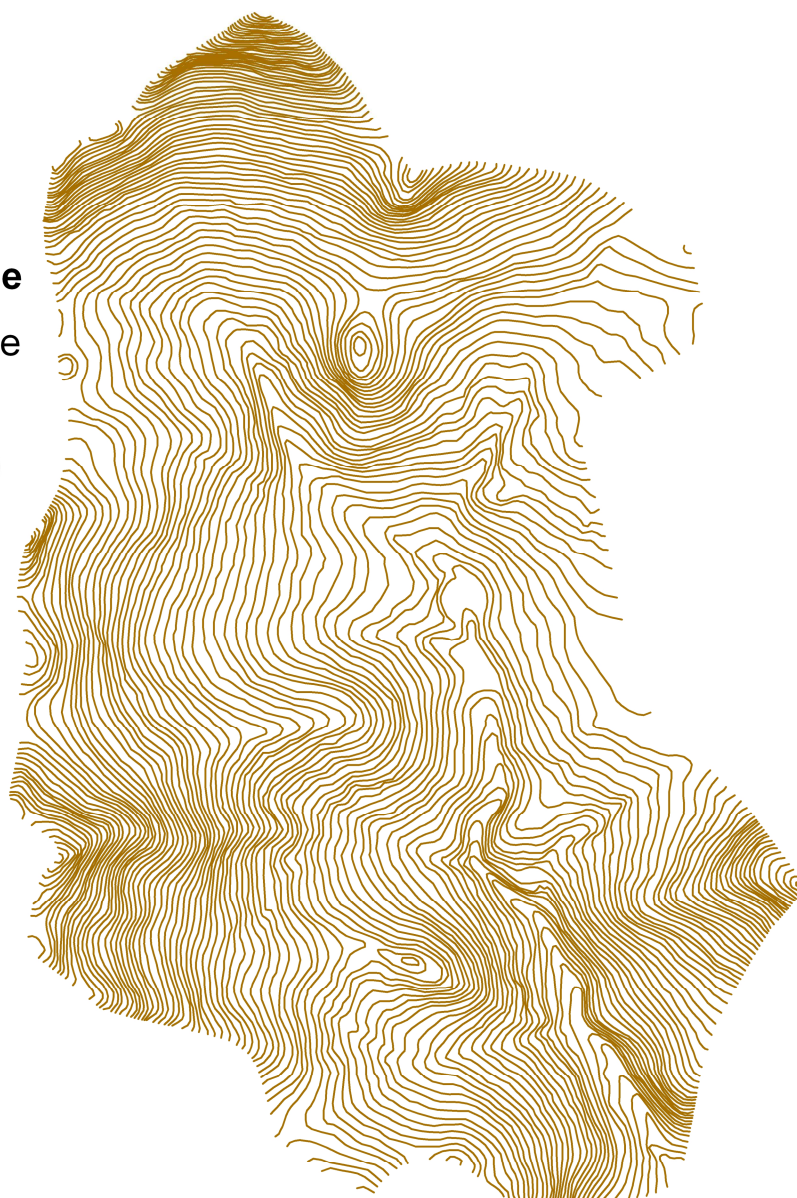
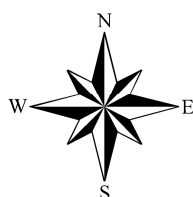
Zdrojová data (vrstevnice po 2 metrech)

Legenda

vrstevnicemerge

— Vrstevnice

1:15 000

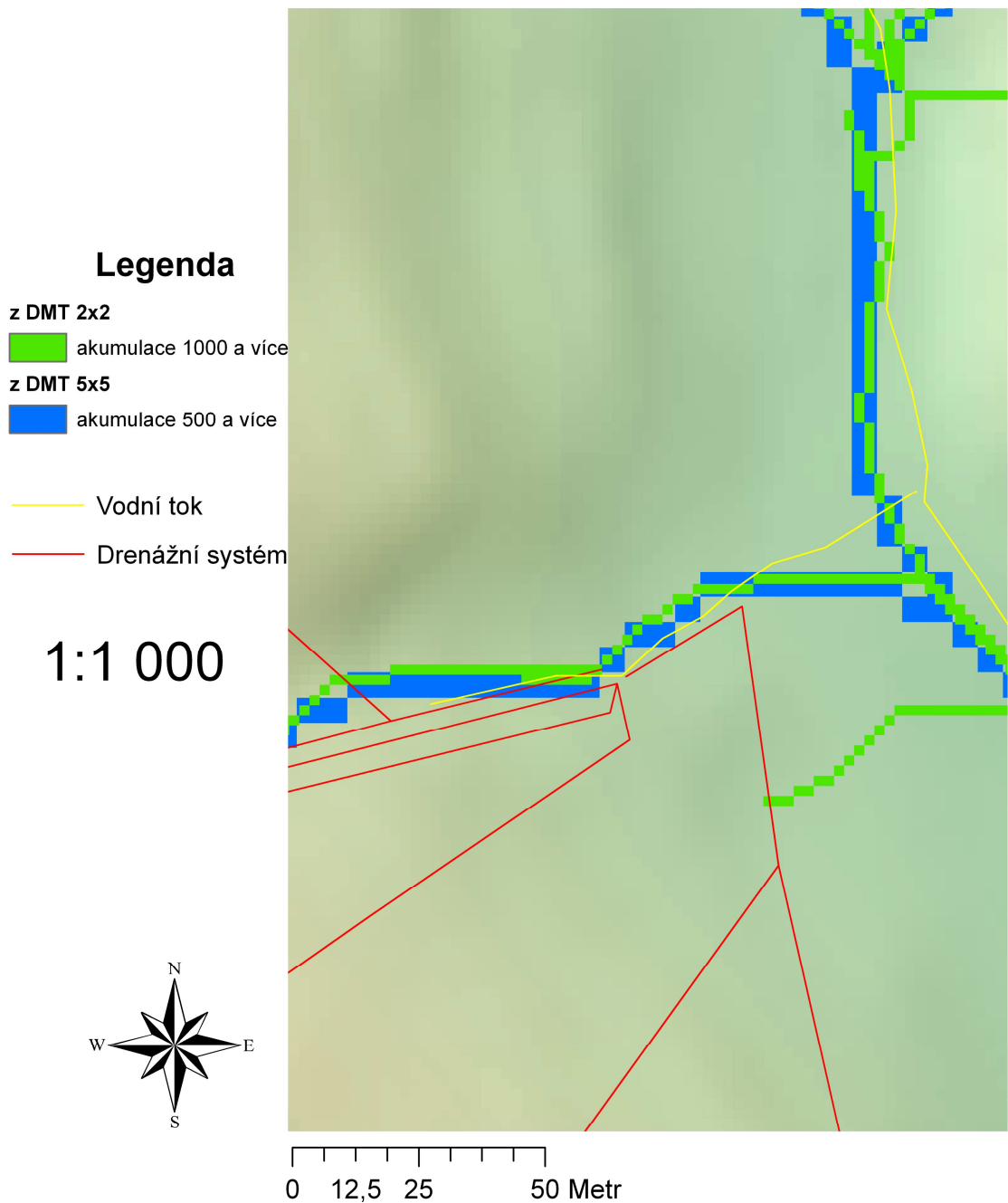


0 212,5 425 850 Metr

Při bližším pohledu na DMT s buňkami o velikosti 2x2 a 5x5 v příloze č. 1 a č.2 lze zpozorovat, že model DMT 2x2 je ostřejší a je lépe vykreslen. Ve výše, na straně 58, publikovaných výřezech není tento rozdíl tak markantní. Vzhledem k tomu, že jsem již od

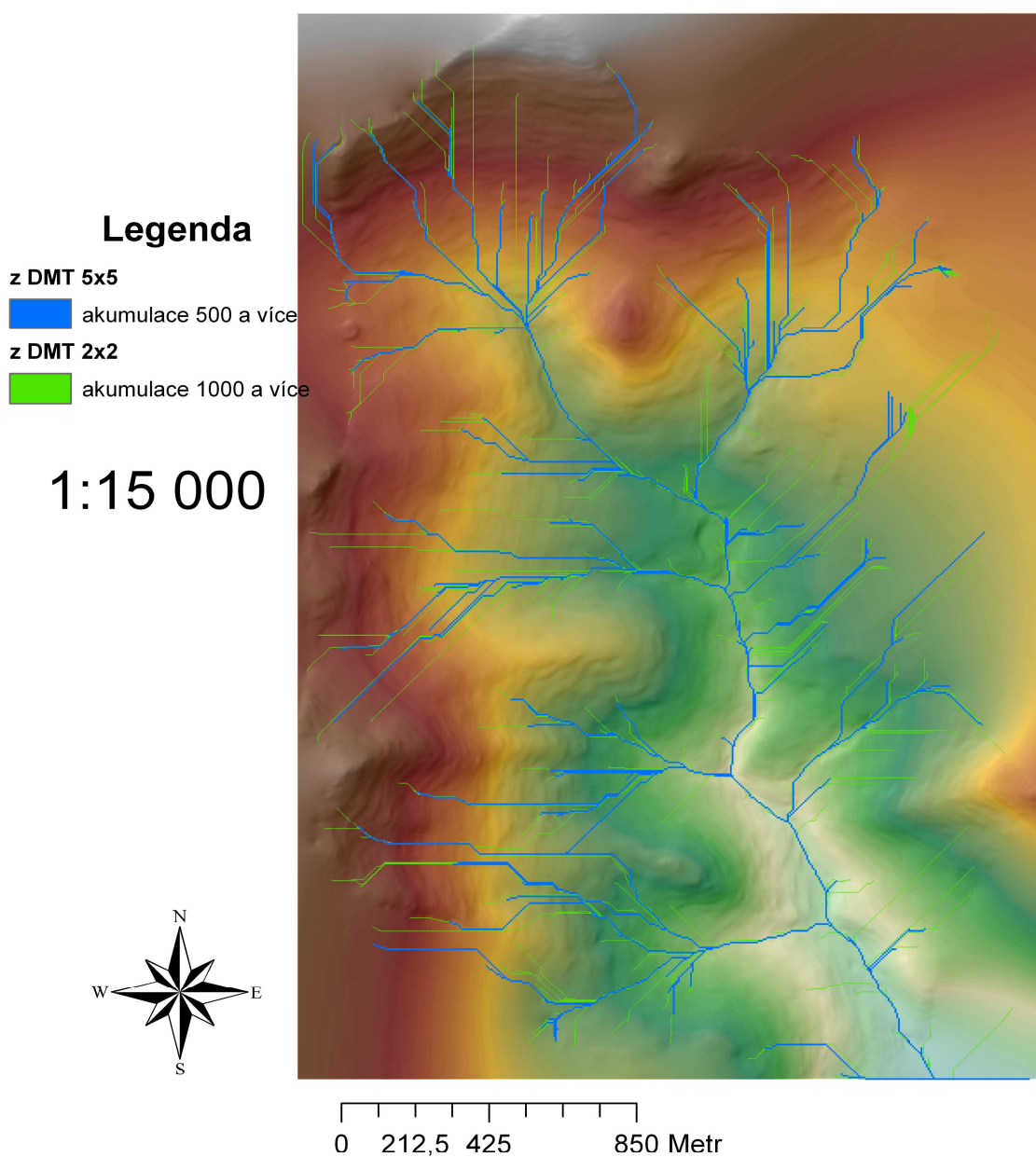
počátku předpokládal publikaci výsledků ve velikosti formátu A4, je z tohoto hlediska i volba velikosti buňky 5x5 metrů dostatečná. I při velkém zvětšení je obraz dobře čitelný jak ukazuje následující detail.

Porovnání drah soustředěného odtoku z DMT 2x2, 5x5, stávajícího vodního toku a drenážního systému



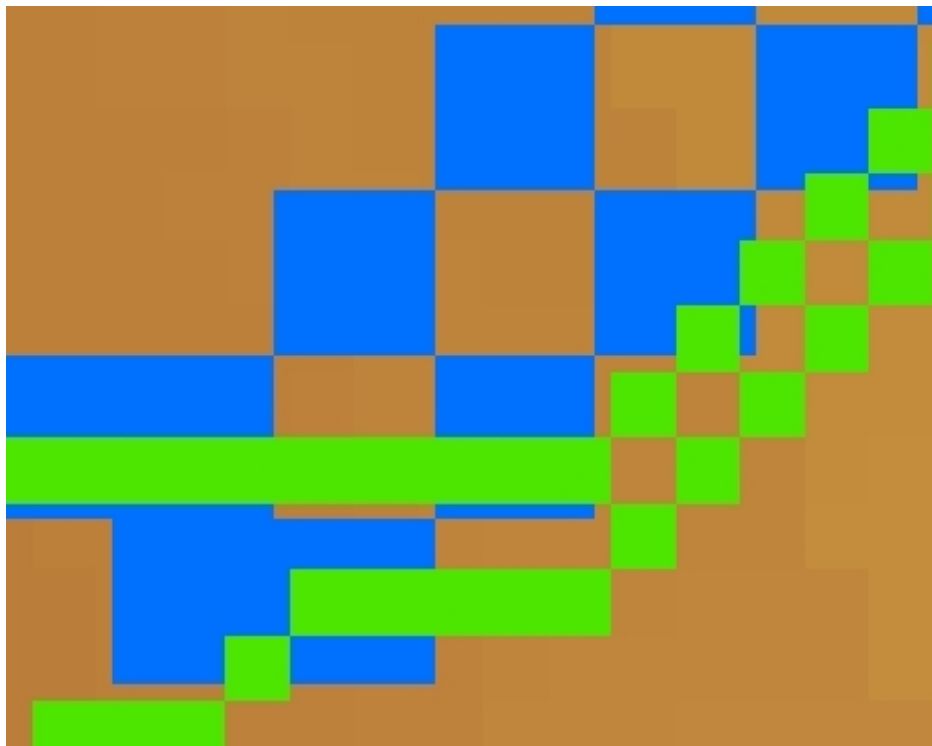
Z hlediska vizuálního porovnávání je pro velká měřítka (větší než 1:5000) v našem případě 1:1000 lepší zobrazení používající velikost buněk 2x2 metry – zelené buňky na obrázku. Na druhou stranu potřebujeme zobrazit i celé povodí, to znamená použít měřítko menší v další ukázce měřítko 1:15000.

Porovnání drah soustředěného odtoku z DMT 2x2 a 5x5



V těchto případech z hlediska vizuální interpretace identifikovaných drah soustředěného odtoku je lepší užít DMT používající velikost buněk 5x5 metrů. V daném DMT při měřítku 1:15000 je lépe viditelná vrstva drah soustředěného odtoku tvořená buňkami o velikosti 5x5 metrů. Jak se ukázalo je toto rozlišení pro zobrazení DMT v měřítku 1:15000, kdy se na formát A4 vejde celé povodí lepší.

Pokud bychom ale publikovali tento model na větším formátu a byla zde tedy možnost celé povodí zobrazit v menším měřítku, je samozřejmě vizuálně lepší použít DMT o velikosti buněk 2x2 metry a taktéž i dráhy soustředěného odtoku vytvořené v tomto modelu. Tím podáme přesnější, ale zároveň stále uživatelsky dobře čitelný DMT. U obou

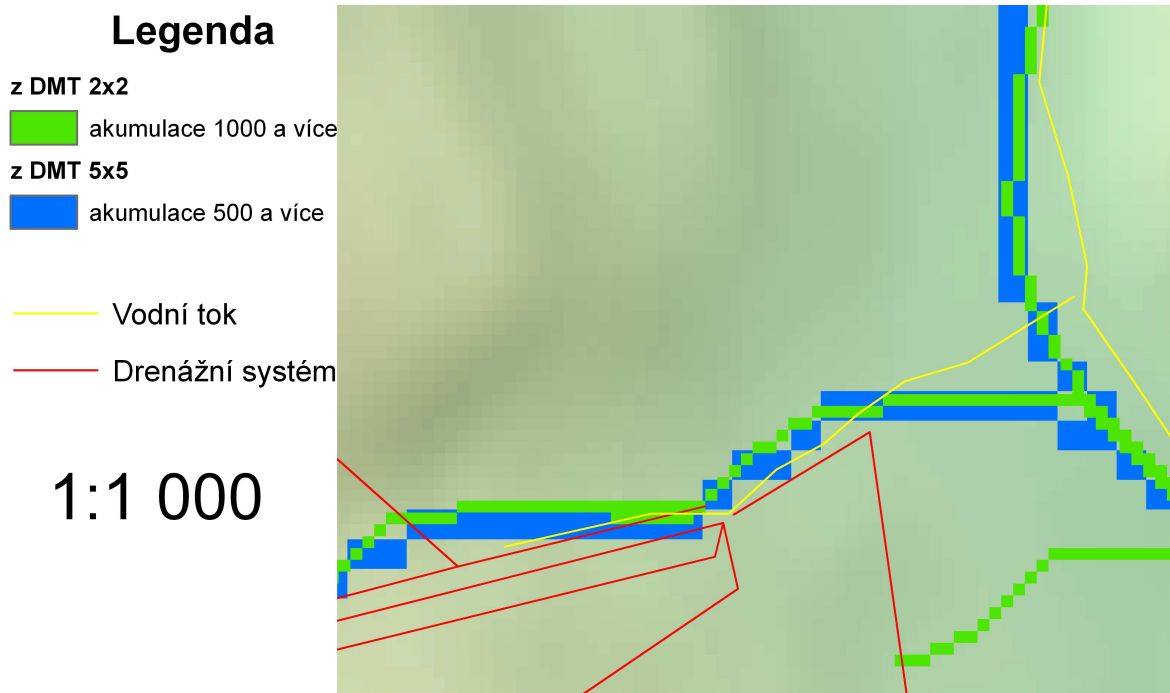


obrázků výše byl jako podklad použit přesnější DMT o velikosti buněk 2x2 metry.

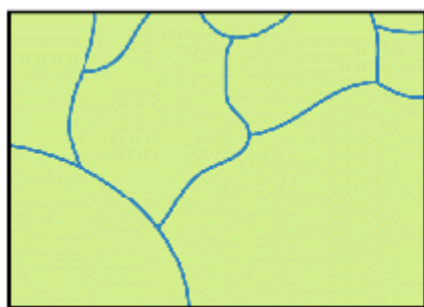
Ukázka toho jaký je rozdíl ve velikosti buněk 2x2 metry a 5x5 metrů je vlevo. Pokud bychom

chtěli přesnější srovnání, jednoduchým výpočtem zjistíme kolik buněk menších se vejde do jedné velké a to následovně. Obsah velké buňky 5x5 metrů je 25 m^2 , obsah malé buňky 2x2 metrů je 4 m^2 . $25/4 = 6,25$, z toho plyne že do jedné velké buňky se tedy vejde 6,25 buněk malých. Toto uvádím pro představu, jaký je rozdíl mezi těmito dvěma buňkami v již reálně vytvořeném DMT.

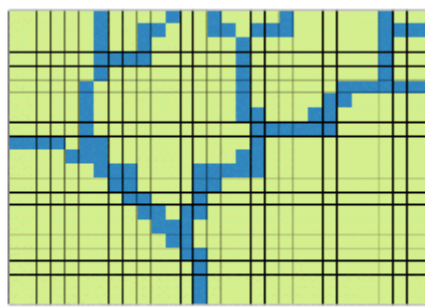
Zde níže ve výřezu z DMT (2x2) v měřítku 1:1000 by se mohlo zdát, že v DMT existuje ještě menší buňka než je pixel se zelenou barvou o velikosti 2x2 metry.



To že červená linka označující drenážní systém a žlutá stávající vodní tok je užší je dáno tím, že shapefile těchto dvou vrstev má vlastnosti polyline a je ve vektorovém formátu. Ve vektorovém formátu je linie tvořena pořadím souřadnic x a y kterými prochází. V rastrovém formátu je linie (dráhy soustředěného odtoku) reprezentována jako řetězec prostorově spojených buněk se stejnou hodnotou tak jak je ukázáno níže. Na levé straně vektorový formát dat, na pravé rastrový.



Line features

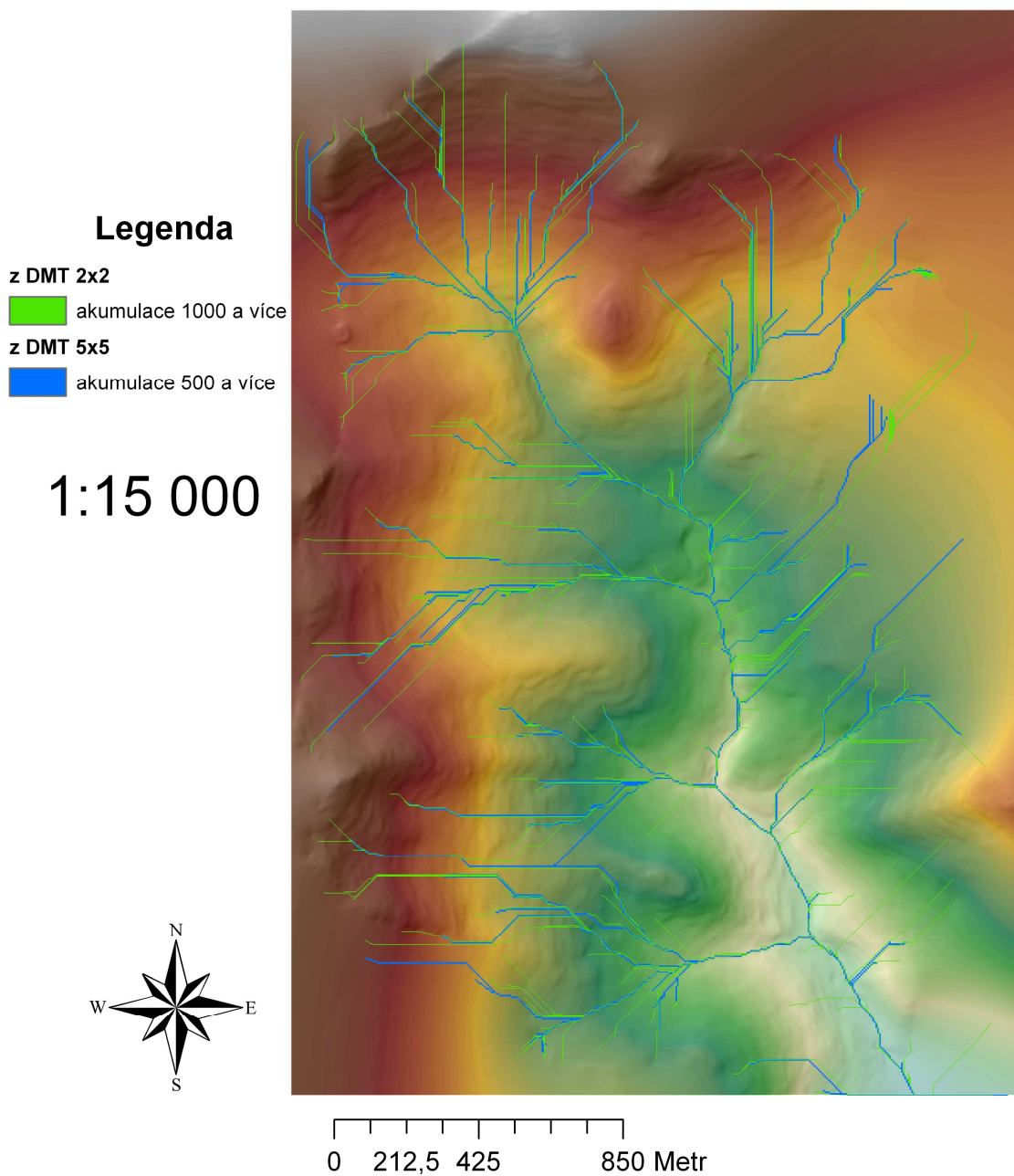


Raster line features

Velikost buňky má vliv na přesnost vytvořených drah soustředěného odtoku, v následujících vytvořených DMT si můžeme udělat představu o tom jak významně ovlivňuje velikost buněk přesnost určení drah soustředěného odtoku. Jako podkladový DMT je použit DMT tvořený buňkami o velikosti 2x2 metry. Vrstva s drahami soustředěného odtoku, vytvořená v DMT (2x2) leží na drahách vytvořených v DMT (5x5). U drah z DMT (2x2) je záměrně použito jejich podrobnější varianty, aby bylo i při malém

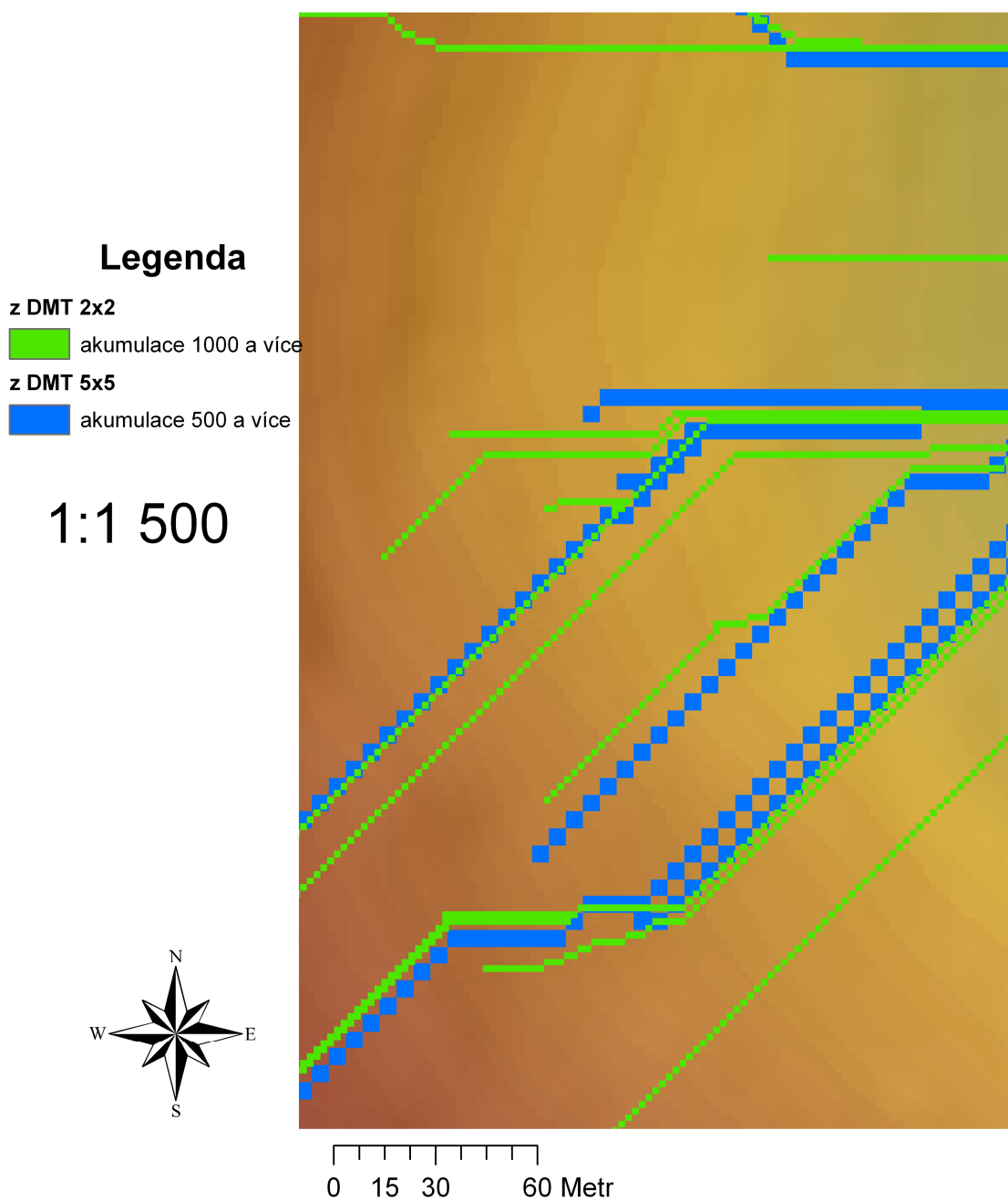
měřítku vidět kudy vedou neboť ve většině případů mají stejný průběh a mohly by tak být vizuálně těžko identifikovatelné.

Porovnání drah soustředěného odtoku z DMT 2x2 a 5x5



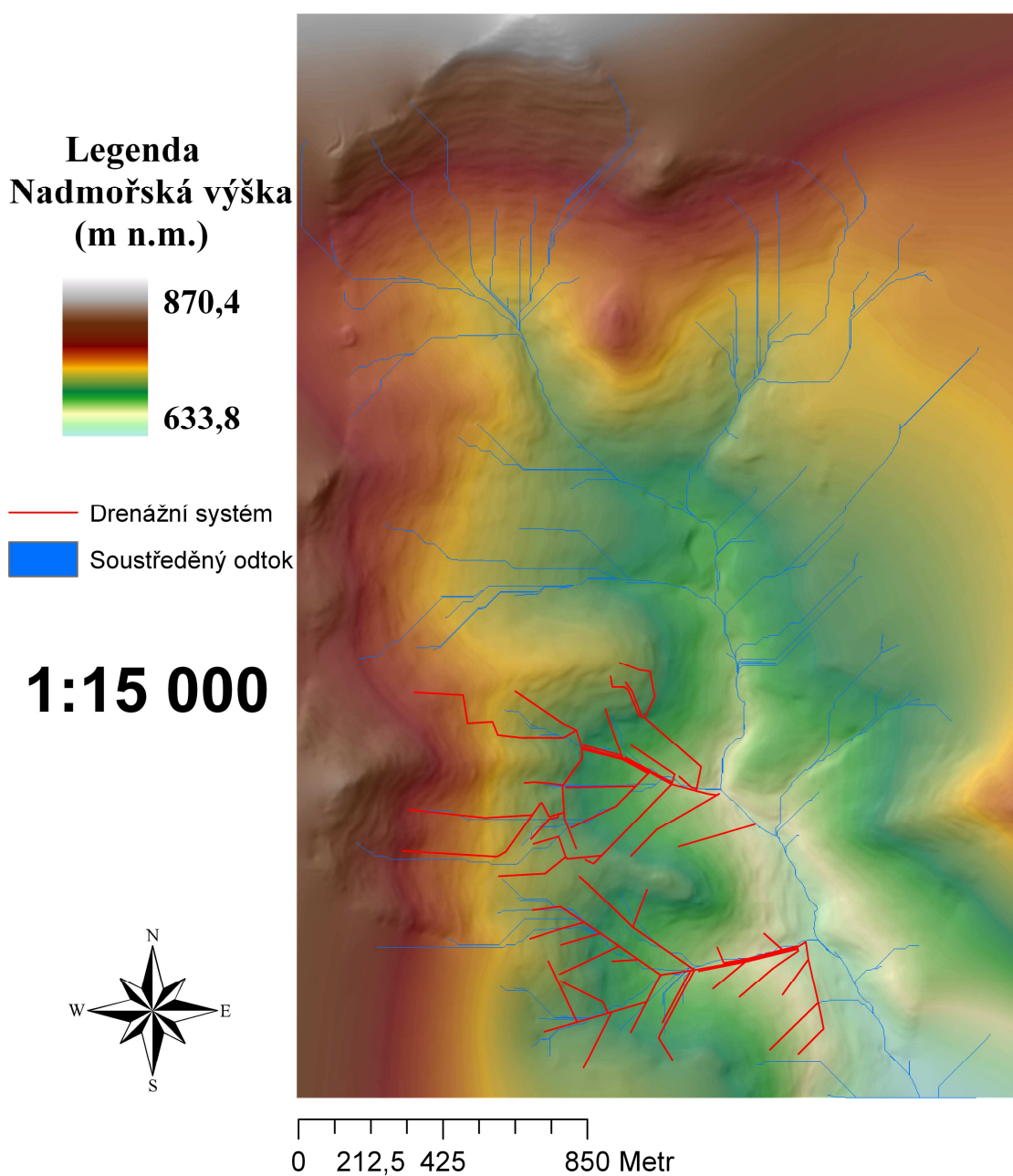
V detailu můžeme pozorovat, jak se odlišuje umístění drah soustředěného odtoku v terénu. Z hlediska přesnosti analýzy je tedy samozřejmě lepší použít přesnější DMT (2x2), zejména v případě, že se jej rozhodneme použít pro vytyčení těchto drah přímo v terénu.

Porovnání drah soustředěného odtoku z DMT 2x2 a 5x5



Musíme si však zvolit jak podrobnou analýzu drah soustředěného odtoku má v terénu ještě smysl vytyčit a zkoumat, k tomu můžeme použít zvětšení DMT a již spíše dle citu a zkušenosti zvolit příslušný vytvořený DMT.

Porovnání drah soustředěného odtoku se stávajícím drenážním systémem(v DMT 2x2)

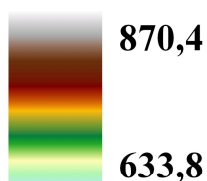


Dle mých analýz nejlépe vyhovuje vytvořený DMT s rozlišením buněk 2x2 metry s drahami soustředěného odtoku vytvořenými z buněk o akumulaci větší než 3000 buněk do nich vtékajících. Uvedený na předcházející straně. Na něm je také zobrazen drenážní systém, který jak se můžeme přesvědčit dobře kopíruje zjištěné dráhy soustředěného odtoku a ty se vyznačují nejpříjemnějším poměrem přesnost/detailnost.

Pokud přikročíme k rozboru přesnosti vytvořených DMT, budeme vycházet z porovnání se stávajícím umístěním drenážního systému, který byl v terénu přímo zaměřen a z měření byl jako výstup vytvořen shapefile drenážního systému. Pokud vezmeme v úvahu, že jako výchozí podklad byl použit shapefile vrstevnic s rozstupem 2 metry a drenáž je zaměřena s běžnou přesností v terénu, s maximální střední souřadnicovou chybou $m_{xy} = 0,14\text{m}$, jsou výsledky dle mého názoru velmi uspokojivé a software ArcGIS vyhodnotil dráhy soustředěného odtoku velmi dobře. Drenáž kopíruje dráhy soustředěného odtoku věrně. Vzhledem k chybám, které se mohou v polohovém určení u DMT objevit je faktem, že DMT vytvořené na základě vrstevnic si mimo chyby z interpolace vrstevnic nesou také chybu vrstevnic samotných. V neposlední řadě tam, kde se od vytvořených drah drenáž odchyľuje, si musíme uvědomit, že drenáž byla budována, převážně, dle potřeb jednotlivého stanoviště. V DMT takto zjištěné dráhy soustředěného odtoku nepočítají s intercepací, evaporací ani s podpovrchovým odtokem vody. To vše nám, společně s cestní sítí, ovlivňuje dráhy soustředěného odtoku a tyto vlivy nejsou v DMT zahrnuty. Přesto všechno jako počáteční podklad pro identifikaci drah soustředěného odtoku jsou vytvořené DMT použitelné a velmi usnadňují lokalizování průběhu těchto drah v terénu. Ze všech mnou vytvořených DMT byly také odstraněny bezodtoká místa, která se v reálném terénu právě pomocí drenáží odvodňují. Proto nemusí reálně zbudovaná drenáž vždy kopírovat dráhy soustředěného odtoku, ale místně se při budování přizpůsobovala potřebám a podmínkám odvodňovaného území. O kvalitě lokalizace drah a porovnání se stávajícím drenážním systémem vypovídá následující detail DMT(2x2).

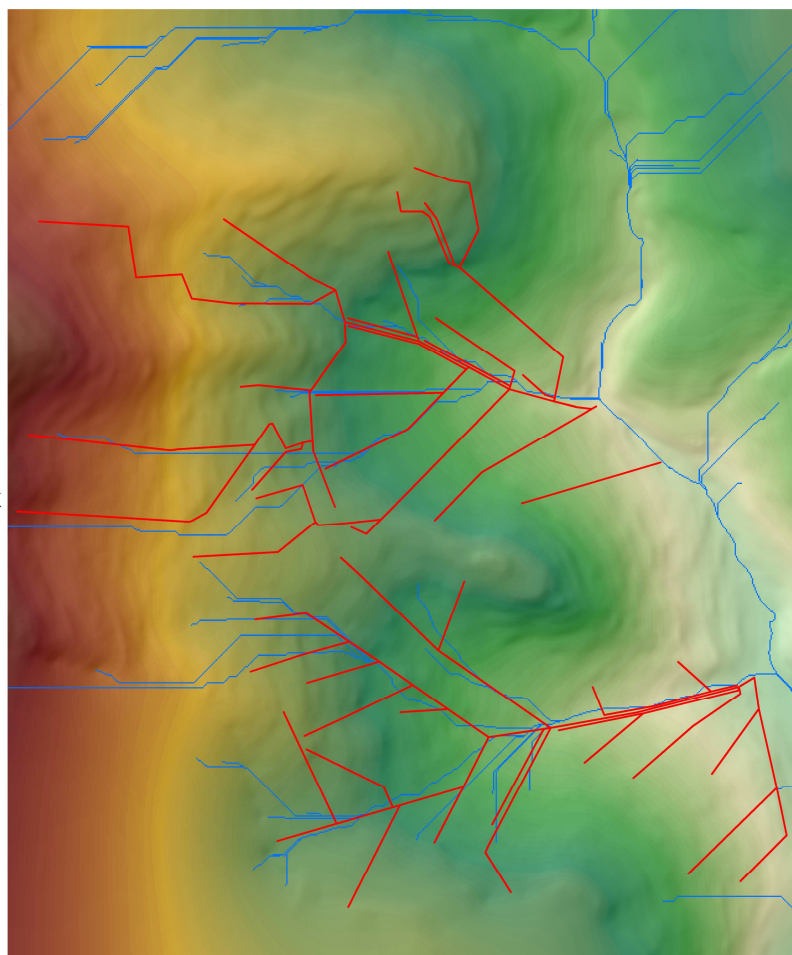
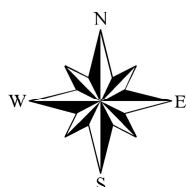
Detail porovnání drah soustředěného odtoku se stávajícím drenážním systémem(v DMT 2x2)

Legenda
Nadmořská výška
(m n.m.)



— Drenážní systém
— Soustředěný odtok

1:9 000



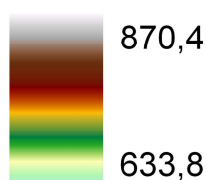
0 125 250 500 Metr




Nejdůležitější z hlediska přesnosti je porovnat umístění vyústění drenážního systému, které se buduje vždy do recipientu, nejnižšího místa, odkud již voda sama volně odtéká. Toto místo je již poměrně dobře identifikovatelné z vrstevnic. Na území

Jenínského povodí bylo toto vyústění dodatečně upraveno a proto se přeci jen trochu liší od přirozené údolnice, ale rozdíl není nijak markantní. Následující DMT společně linií vodního toku vytvořenou digitalizací ze ZM 1:10 000 tuto situaci ukazuje.

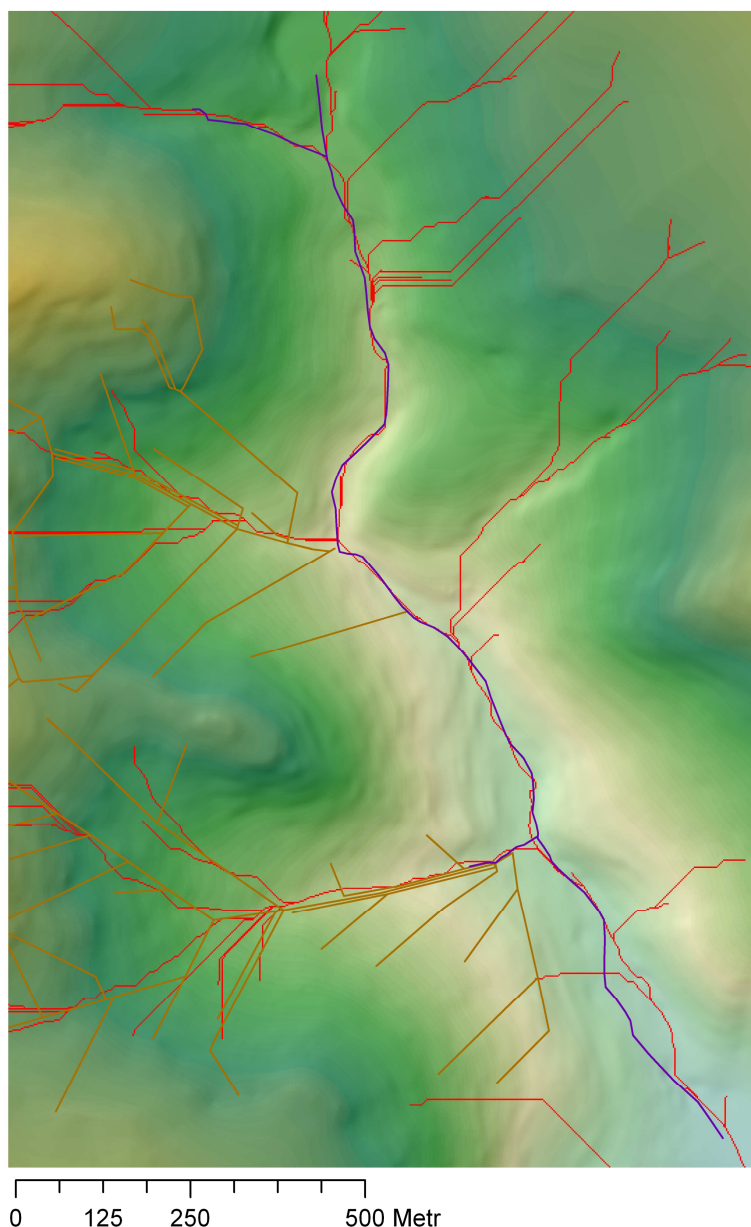
Srovnání identifikovaných drah soustředěného odtoku se stávajícím tokem a drenážním systémem (v DMT 2x2)

Legenda
Nadmořská výška
(m n.m.)

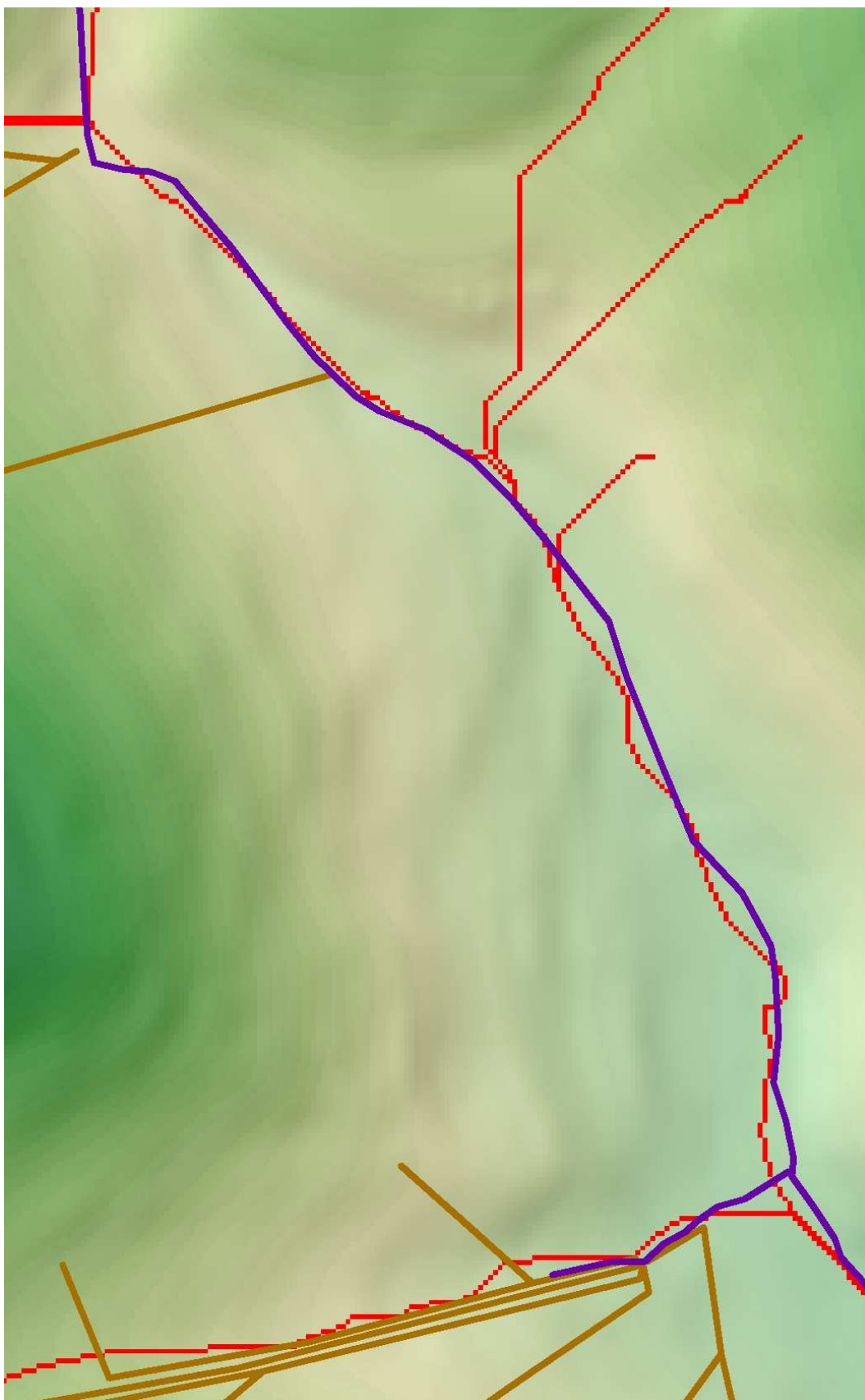


-  Vodní tok
-  Drenážní systém
-  Soustředěný odtok

1:8 000



Výřez z tohoto modelu potvrzuje, že DMT (2x2) má velmi dobrou polohovou přesnost ve srovnání s vodním tokem a drenáží.



Analýza a vysvětlení DMT tedy ukázala, že volba velikosti buňky byla provedena zodpovědně vzhledem k aplikační potřebě prostorového rozlišení, praktickým požadavkům pro rychlé zobrazování na displeji, dobu zpracování a velikost výsledného souboru. Jak výsledky ukázaly, doba zpracovávání úkolů u použitých nástrojů nebyla větší jak 3 minuty ani při velikosti buňky 2x2metry, vykreslování probíhalo také plynule a časově bylo přijatelné. Velikost souboru se pohybovala v přijatelných mezích v souvislosti s množstvím použitých nástrojů a dat vstupujících do analýz. Dosažené maximum činilo 89MB, což je vzhledem ke kapacitě dnešních běžně používaných disků (80 – 160 GB) zanedbatelné a nemusel jsem se tedy z těchto důvodů práci na DMT nijak omezovat.

6. Závěr

Protože software ATLAS byl dodán do počítačové učebny se zpožděním a následné problémy s licencí mi neumožnily tento software prozkoumat a použít při zpracování mé diplomové práce, vytvořil jsem DMT v softwaru ArcGIS a ERDAS IMAGINE. Ve výsledku se tato volba ukázala být správnou, neboť software ArcGIS disponuje opravdu velkým množstvím nástrojů, které dovolují provést analýzy potřebné ke zjištění drah soustředěného odtoku a další nástroje, jichž lze využít k následnému dalšímu zkoumání hydrologických charakteristik zkoumaného terénu. Software ERDAS IMAGINE mě potěšil intuitivním ovládáním, přehlednou volbou jednotlivých nástrojů a celkově jsem se v programu dobře orientoval. Tento software mě překvapil množstvím nástrojů pro úpravu obrazového formátu dat. Tato je jednoduchá a zdroj dat může být velice různorodý. Pro tvorbu DMT je nabídka interpolačních metod terénu omezená. Je možno volit pouze ze dvou. To ovšem odpovídá koncepci tohoto programu a pro jednoduché interpretování zobrazovaného terénu je vyhovující. Zejména pak cesta k vytvoření DMT je zde velmi přímá a intuitivní a bez větších problémů ji zvládne i laik, který s tímto softwarem pracuje poprvé. Možnost použití stejného zdrojového souboru je samozřejmě kladem, ovšem kazí jej fakt, že v ERDAS IMAGINE nebylo možno určit dráhy soustředěného odtoku a tím byl pro potřeby mé diplomové práce nepoužitelný. Jednoduchá možnost vytvoření pohledově přitažlivého trojrozměrného DMT v průběhu tří kroků jej však nestaví na okraj zájmu. Potřeba chytlavé a pohledově zajímavé prezentace zjištěných výsledků je dnes již v kterémkoli oboru podmínkou úspěchu projektu. Tento software je prvotně koncipován jako nástroj pro úpravu obrazových dat a jako takový plně obstál. Co se týče analýz a nástrojů pro odbornější a hlubší vyhodnocování podmínek v programem vytvořeném DMT, za softwarem ArcGIS zaostává. Taktéž možnost tvorby výstupů je v ERDAS IMAGINE poměrně dosti omezená, nástroje pro tuto část práce jsou nedostatečné a špatně se ovládají. Na rozdíl od toho ArcGIS nabízí velké množství možností tvorby různorodých výstupů. Je zde možnost jednoduchého přidání měřítka, směrové růžice, legendy a to vše v různých stylech a automaticky se přizpůsobující zobrazené mapě. Také 3D funkcemi a ovládáním při tvorbě publikovatelných výstupů je ArcGIS napřed. I když jsem v ArcGIS trojrozměrný model nevytvářel, z předešlé zkušenosti s tímto softwarem mi dovolují srovnat tyto funkce. ArcGIS má v tomto směru širokou škálu nástrojů, které dovolují zobrazit trojrozměrný terén z různých úhlů pohledu i průlet tímto terénem a mít tak výstup

ve formě videa či sekvence obrázků. Naproti tomu s utilitou Image Drape v ERDAS IMAGINE, která je určena pro práci s trojrozměrným modelem jsem byl nespokojen. Obsahovala pouze základní funkce a ovladatelnost při tvorbě pohledů byla komplikovanější. Závěrem lze říci, že ve srovnání těchto dvou software jsem celkově shledal za lepší software ArcGIS. Možnosti jeho použití jsou opravdu široké a škála jeho nástrojů dovoluje jeho použití při řešení různorodých problémů. Tento propracovaný a nástrojově ucelený software byl dobrou volbou pro zpracování této diplomové práce.

Je nutné si uvědomit, že dráhy soustředěného odtoku vytvořené v mém DMT, nepočítají s intercepací, evaporací ani s podpovrchovým odtokem vody, které se na povodí Jenínského toku vyskytují. Při určování údolnic nelze vycházet pouze ze situace zjištěné na DMT, ale vždy je nutno zkoumané místo navštívit vícekrát v různých fázích ročního období, kdy se odtokové poměry výrazně mění a je možné při zvýšených srážkách, či zejména v jarním období za odtávající sněhové pokrývky vysledovat dráhy soustředěného odtoku, které zůstávají v hydrologicky průměrných dnech roku skryty. Proto, i když bychom používali nejvyspělejší techniku a co nejpřesnější data, přímá rekognoskace terénu je vždy nutností.

Doufám, že moje práce pomůže při dalším zkoumání tohoto krásného a zajímavého pokusného povodí. Taktéž doufám, že by se mohla stát odrazovým můstkem pro kohokoli, kdo by si chtěl DMT vytvořit, ať již pro výzkumné potřeby či pro vlastní potěšení.

7. Seznam literatury

ALBRECHT, J. Českobudějovicko, Chráněná území ČR, svazek VIII. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR Brno, 2003. 808 s. ISBN 80-86064-65-4.

CULEK, M. *Biogeografické členění České republiky*. Praha: Enigma, 1995.

ČSN 73 6530 Vodní hospodářství. *Názvosloví hydrologie*. Praha: Vydavatelství úřadu pro normalizaci a měření, 1984. 96 s.

DEMEK, J. *Zeměpisný lexikon ČSR. Hory a nížiny*. Praha: Academia ČSAV, 1987.

DUMBROVSKÝ, M., MEZERA, J. *Metodický návod pro pozemkové úpravy a související informace*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 2000. 189 s.

KLIMÁNEK, M. *Digitální modely terénu*. 1. vyd. Ediční středisko MZLU v Brně : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2006. 85 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-7157-982-3.

KOLEKTIV. *Atlas podnebí Československé republik*. Praha: Ústřední správa geodézie a karatografie, 1958.

KREŠL, J. *Hydrologie*. 1. vyd. Ediční středisko MZLU v Brně : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2001. 128 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-7157-513-5.

KVÍTEK, T. a kolektiv. *Zásady delimitace kultur a využívání travních porostů v útlumových – extenzivních podmínkách*. Praha: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 1995. 38 s. Metodika 15/1995.

LEGÁT, V., ŠÁLEK, J., TLAPÁK, V. *Voda v zemědělské krajině*. 1. vyd. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda, 1992. 318 s. ISBN 80-209-0232-5.

MARIA, G., CARLOS, C., ANTONIO, V. Vytváření digitálního modelu terénu na základě digitálních map 3D : studie zaměřená na garantování geomorfologické charakteristiky při redukci modelových dat. *Novinky zeměměřičské knihovny*. 1.1.2004, ročník 21, č. 2, s. 1-3. Přeložila Semrádová(zkráceno).

MARŠÍKOVÁ, M., MARŠÍK, Z. *Kartografie*. Recenzent Doc. Ing. Miroslav Mikšovský, CSc. 2006. 1. vyd. České Budějovice : ZF JU, 2006. 113 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-7040-841-3.

MAYER, P. *Počítačové modelování krajiny*. 1. vyd. Praha : ČVUT, 1995. 110 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-01-01389-8.

MILLER, C.L., LAFLAMME, R.A. The digital terrain model-tehory and application. *Photogrammetric Engineereing* 24(3), 1958, p. 433-42.

MIROSLAV, K. *Hydrologie*. 3. přeprac. vyd. Ostravské Tiskárny, s.p., Novinářská 7, Ostrava 1 : České vysoké učení technické v Praze, 1991. 222 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-01-00509-7.

NETOPIIL, R. *Fyzická Geografie-I. : Hydrologie-Limnologie-Oceánografie*. 1. vyd. Tiskařské závody, n.p, provoz 52, Praha 1 : Státní pedagogické nakladatelství, n.p., Praha 1, 1981. 258 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 17-008-81.

NYPL, V., KURÁŽ, V. *Hydrologie a pedologie*, Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 1992, 293 s. ISBN 80-7080-152-2

SOUKUP, M. a kolektiv. *Opatření pro regulaci odtoku v zemědělsky využívaném povodí*. 1. vyd. Praha5-Zbraslav : Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha, 2001. 51 s. ISBN 1211-2872.

ŠILAR, J. *Všeobecná hydrologie*. Praha: Univerzita Karlova v Praze, 1983. 177 s.

ŠVEC, M. a kolektiv. *Stavební geodézie 10*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. 215 s. ISBN 80-01-01733-8.

TLAPÁK, V., KRATOCHVÍL. S. *Voda v zemědělské krajině*. 1. vyd. Brno: Vysoká škola zemědělská v Brně, 1982. 152 s. Učební texty vysokých škol.

ZÁKON č. 254/2001 Sb. *Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)*

Elektronické zdroje:

http://storm.fsv.cvut.cz/on_line/hm30/

ŠINDELÁŘ, V. *Digitální model terénu – 1.část. GRAFIKA ON-LINE : 3D grafika* [online]. 1999 [cit. 2007-12-11], s. 1-1. Dostupný z <<http://www.grafika.cz/art/3d/clanek1033198934.html>>. ISSN 1212 - 9569 .

8. Přílohy

Příloha č.1: **DMT povodí Jenínského toku s velikostí buněk 2x2 metry**

Příloha č.2: **DMT povodí Jenínského toku s velikostí buněk 5x5 metrů**

Příloha č.3: **Porovnání vytvořených drah soustředěného odtoku podle velikosti akumulace v DMT(2x2)**

Příloha č.4: **Porovnání vytvořených drah soustředěného odtoku podle velikosti akumulace v DMT(5x5)**

Příloha č.5: **Porovnání vytvořených drah soustředěného odtoku podle velikosti akumulace s drenážním systémem(v DMT 5x5)**

Příloha č.6: **Porovnání drah soustředěného odtoku z DMT 2x2 a 5x5 metrů**

Příloha č.7: **Porovnání drah soustředěného odtoku se stávajícím drenážním systémem v DMT(2x2)**

Příloha č.8: **Pohled na jih a na jihozápad v DMT vytvořeném softwarem ERDAS IMAGINE**

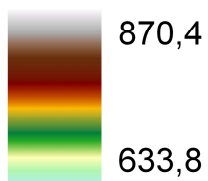
Příloha č.9: **Pohled na sever a na severovýchod v DMT vytvořeném softwarem ERDAS IMAGINE**

Příloha č.10: **Fotografie z povodí Jenínského toku**

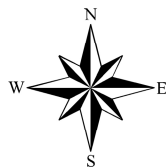
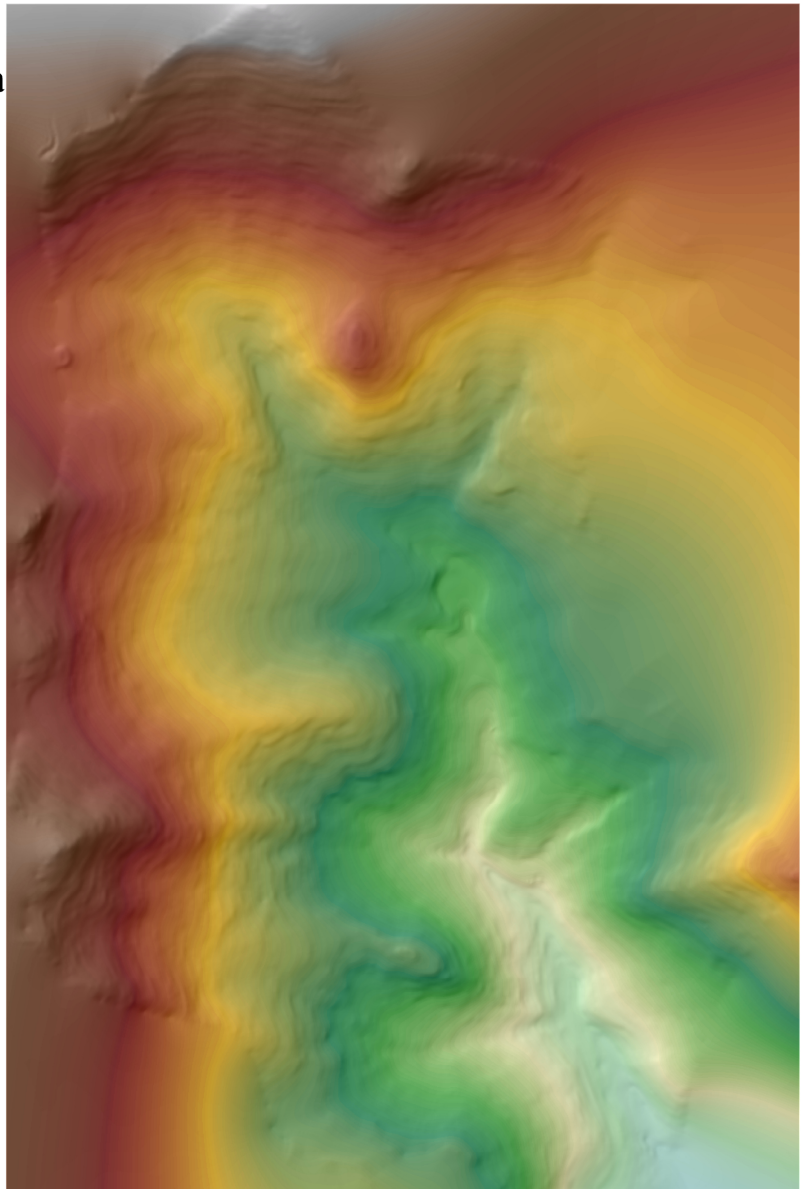
Příloha č.1

Povodí Jenínského toku v rozlišení 2x2 metry

Legenda
Nadmořská výška
(m n.m.)



1:15 000

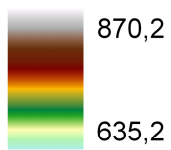


0 212,5 425 850 Metr

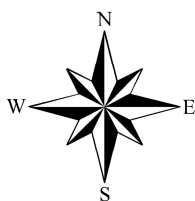
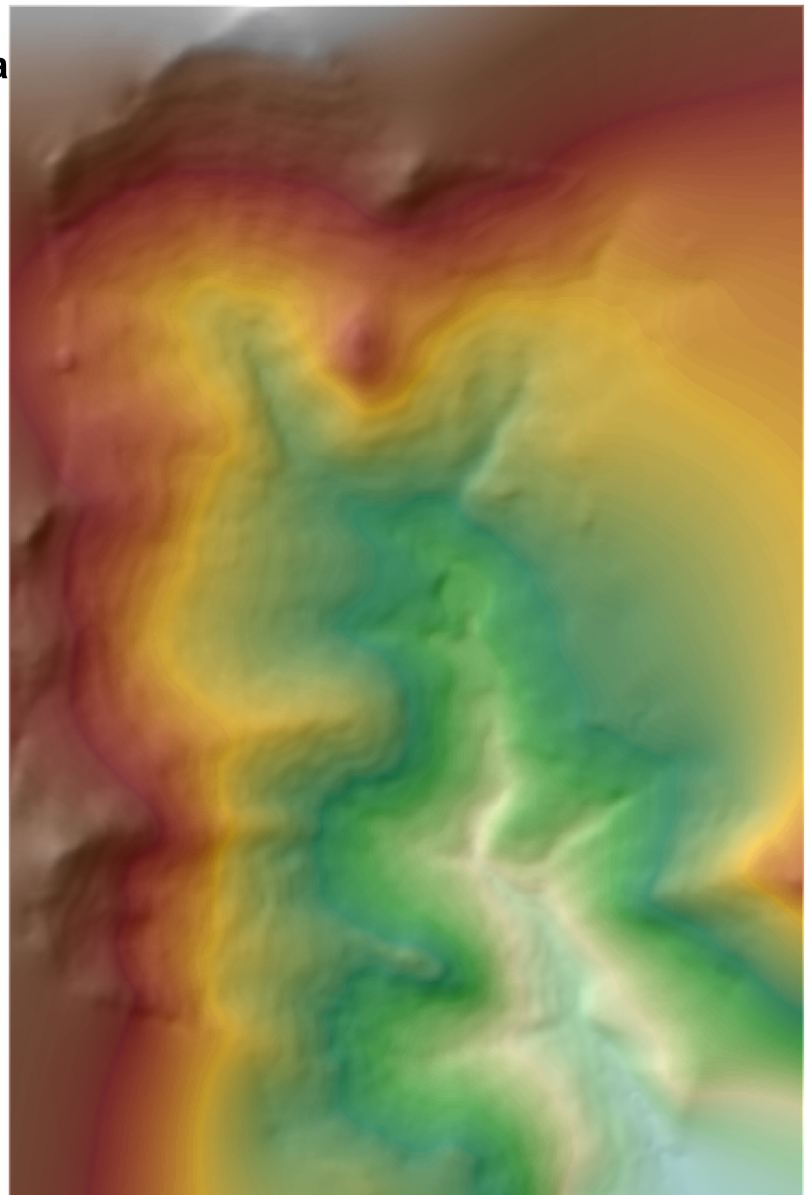
Příloha č.2

Povodí Jenínského toku v rozlišení 5x5 metrů

Legenda
Nadmořská výška
(m n.m.)



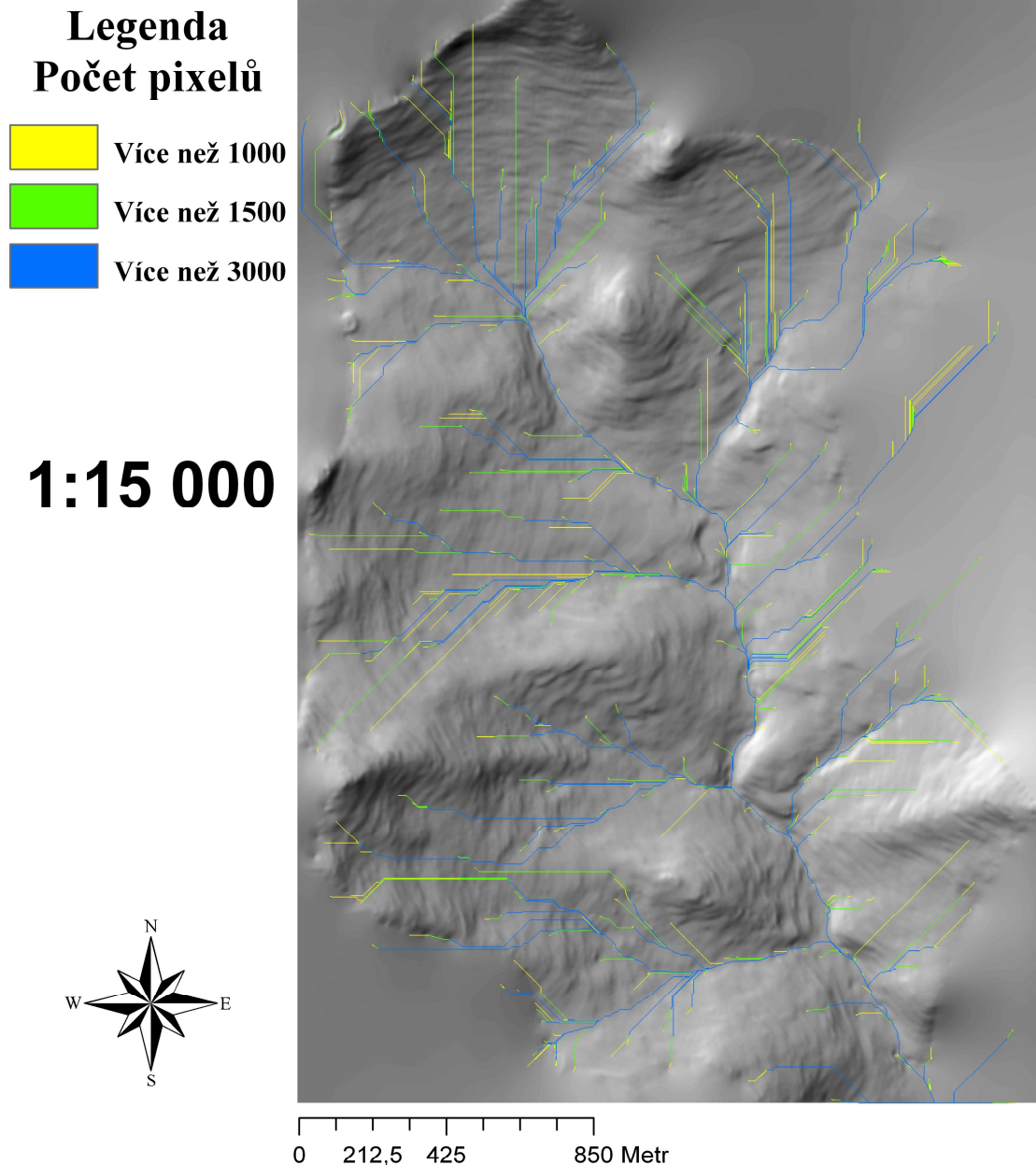
1:15 000



0 215 430 860 Metr

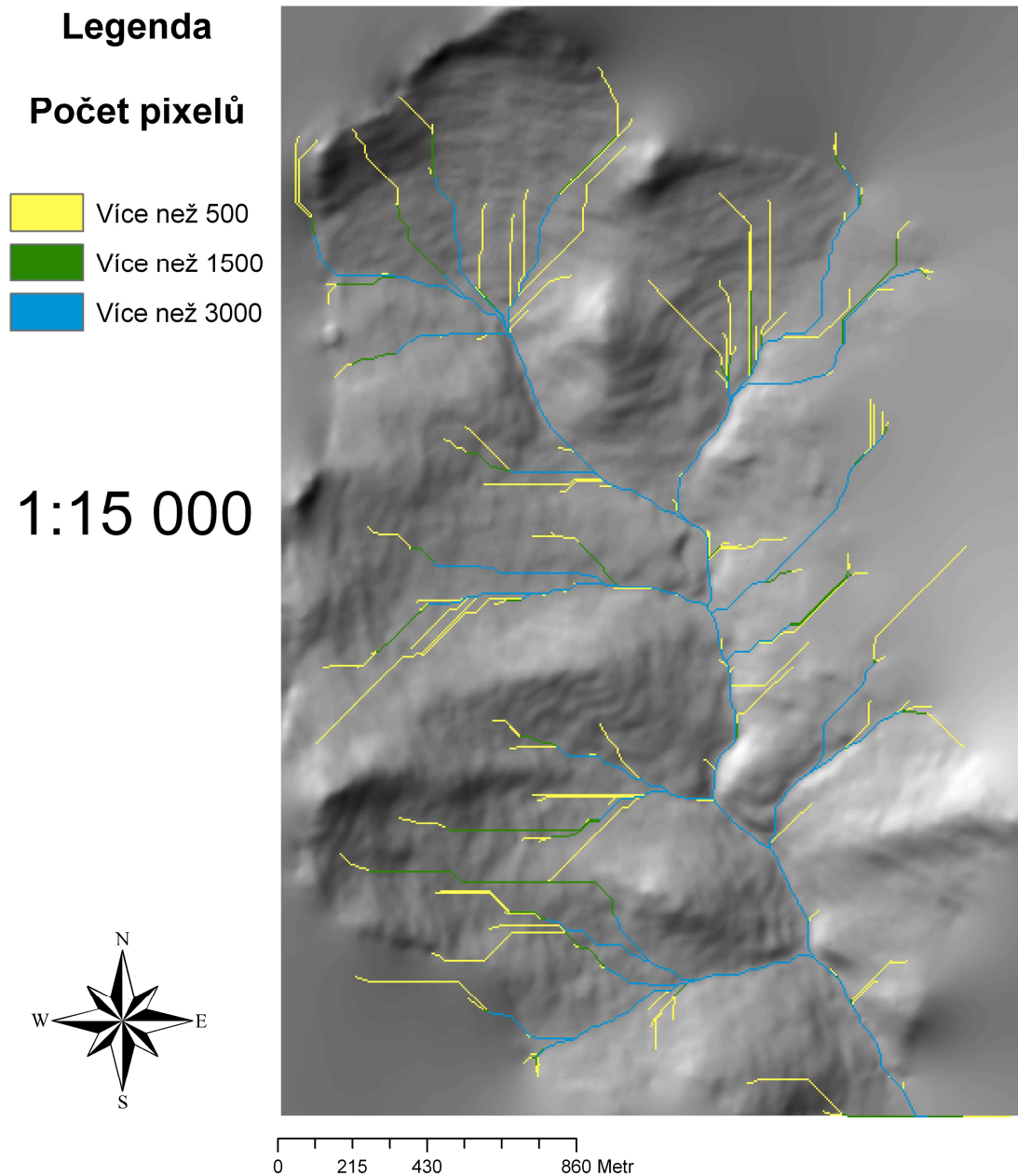
Příloha č.3

Porovnání vytvořených drah soustředěného odtoku podle velikosti akumulace (v DMT 2x2)



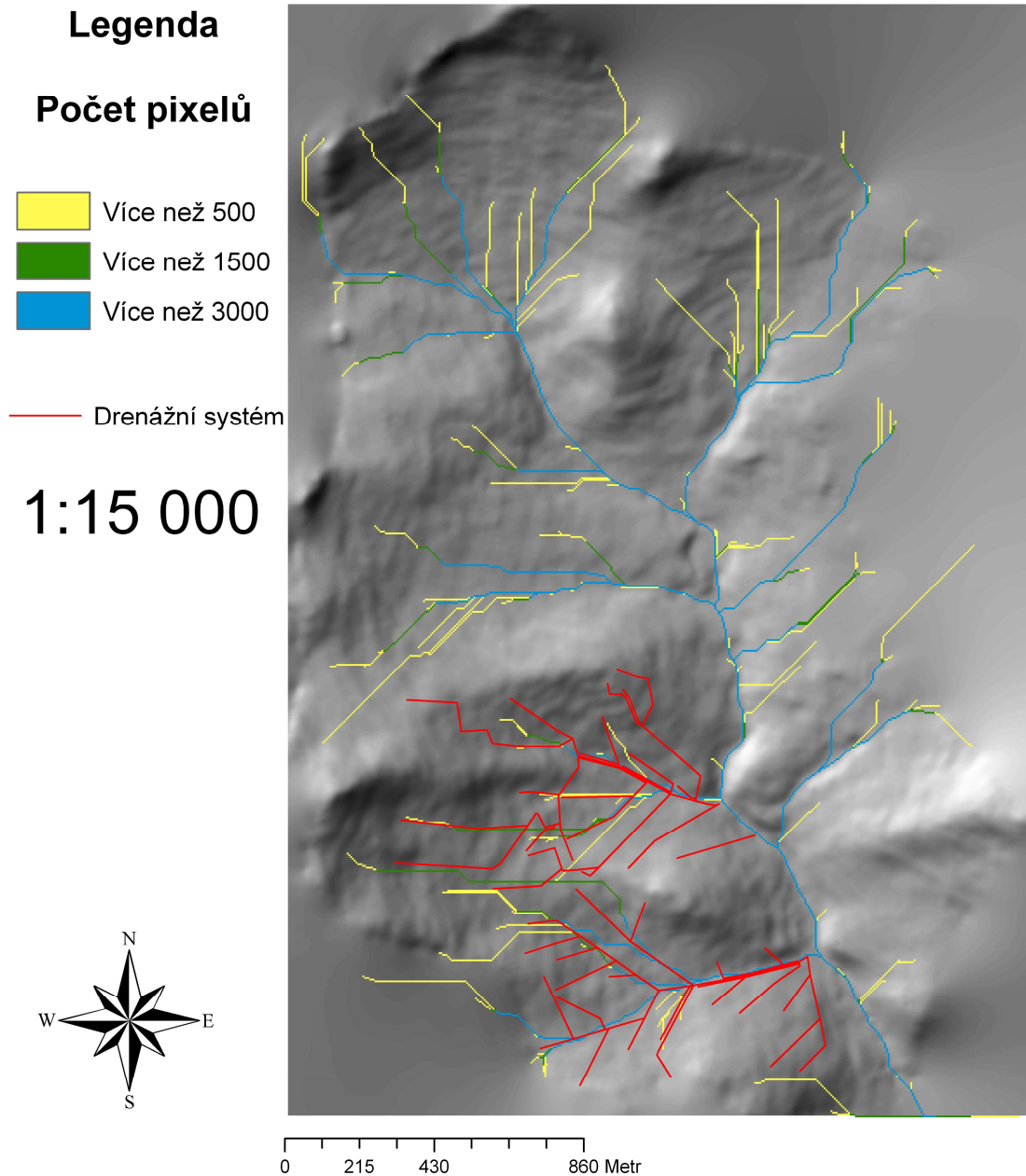
Příloha č.4

Porovnání vytvořených drah soustředěného odtoku podle velikosti akumulace(v DMT 5x5)



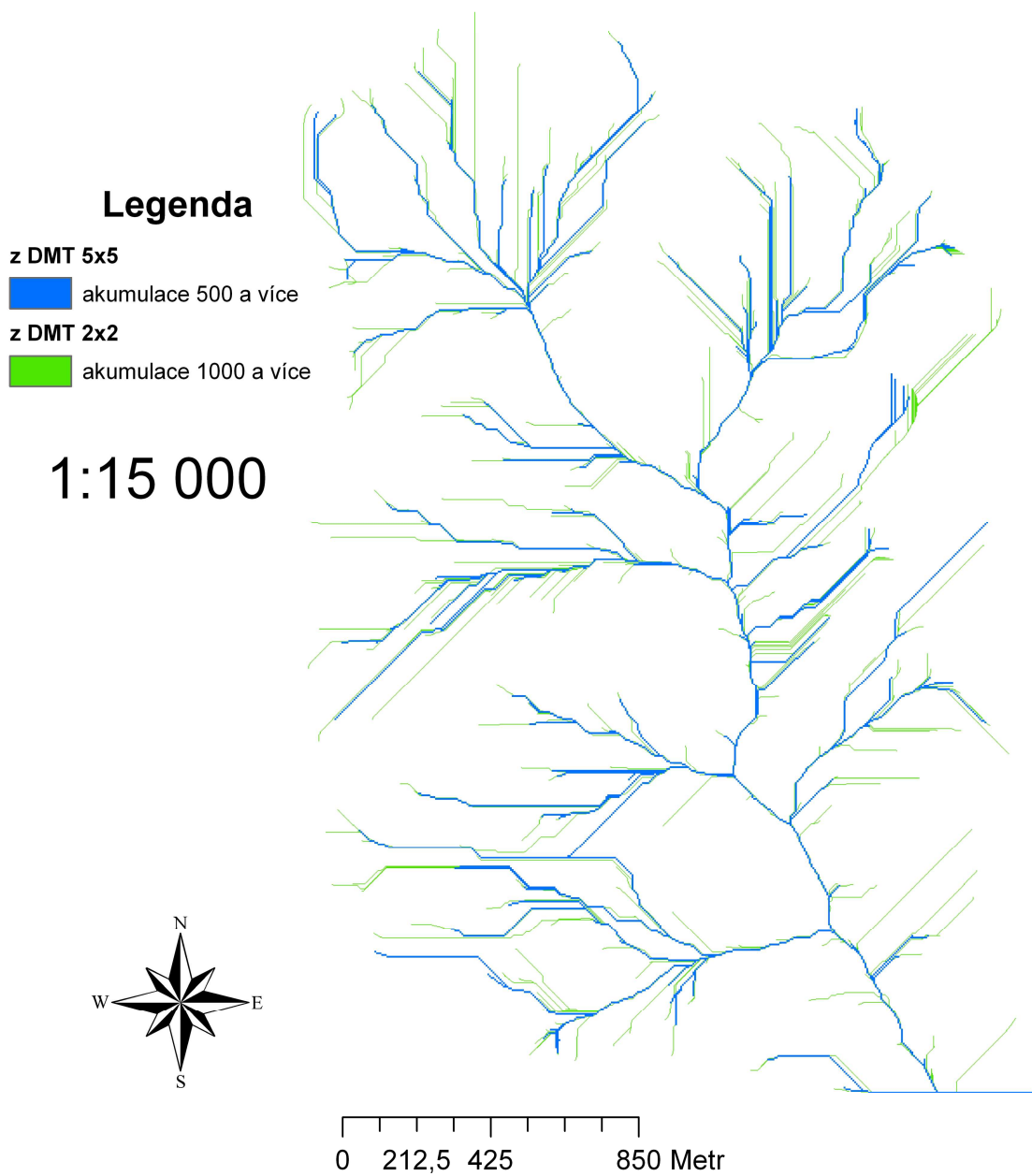
Příloha č.5

Porovnání vytvořených drah soustředěného odtoku podle velikosti akumulace s drenážním systémem (v DMT 5x5)



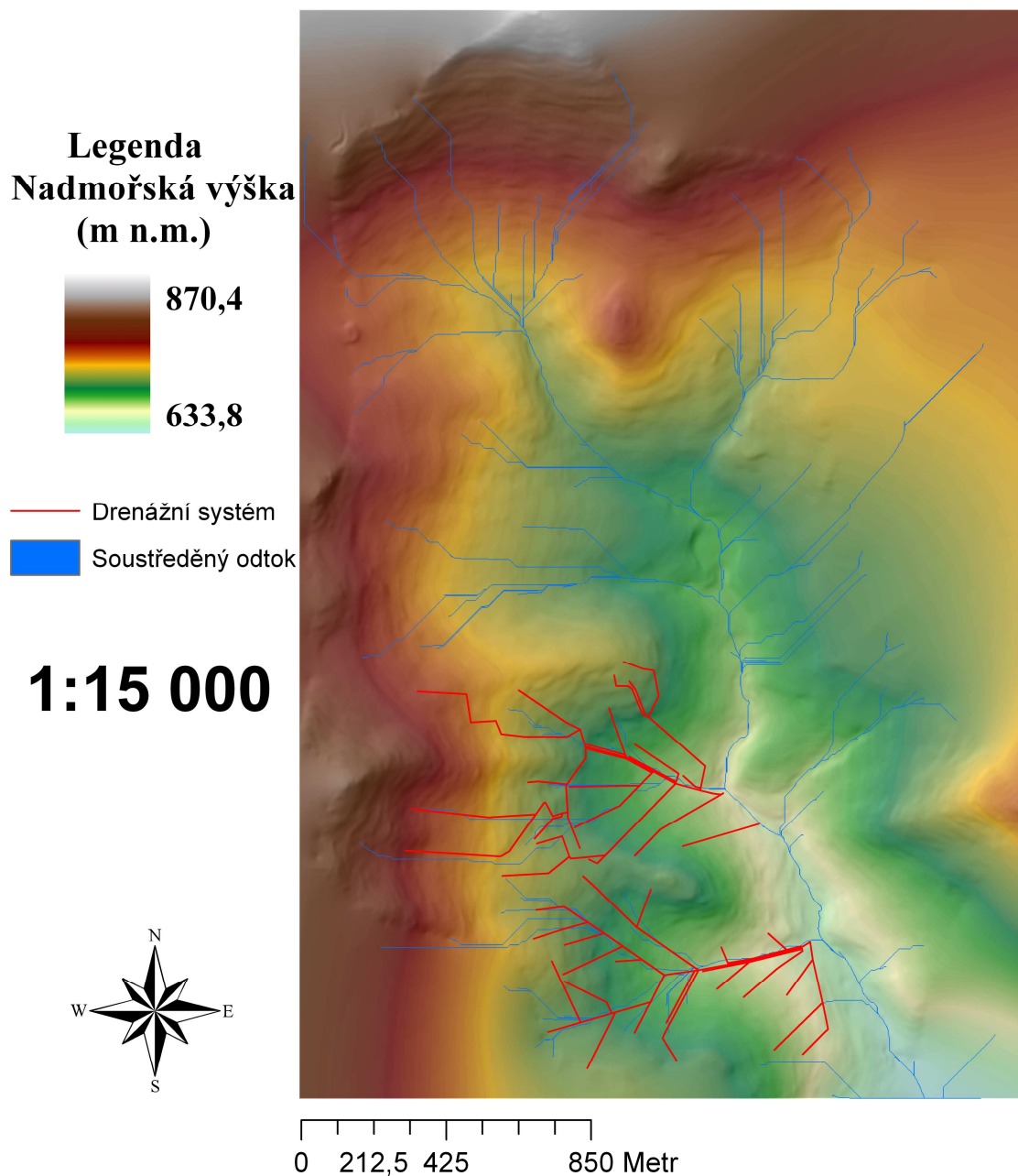
Příloha č.6

Porovnání drah soustředěného odtoku z DMT 2x2 a 5x5



Příloha č.7

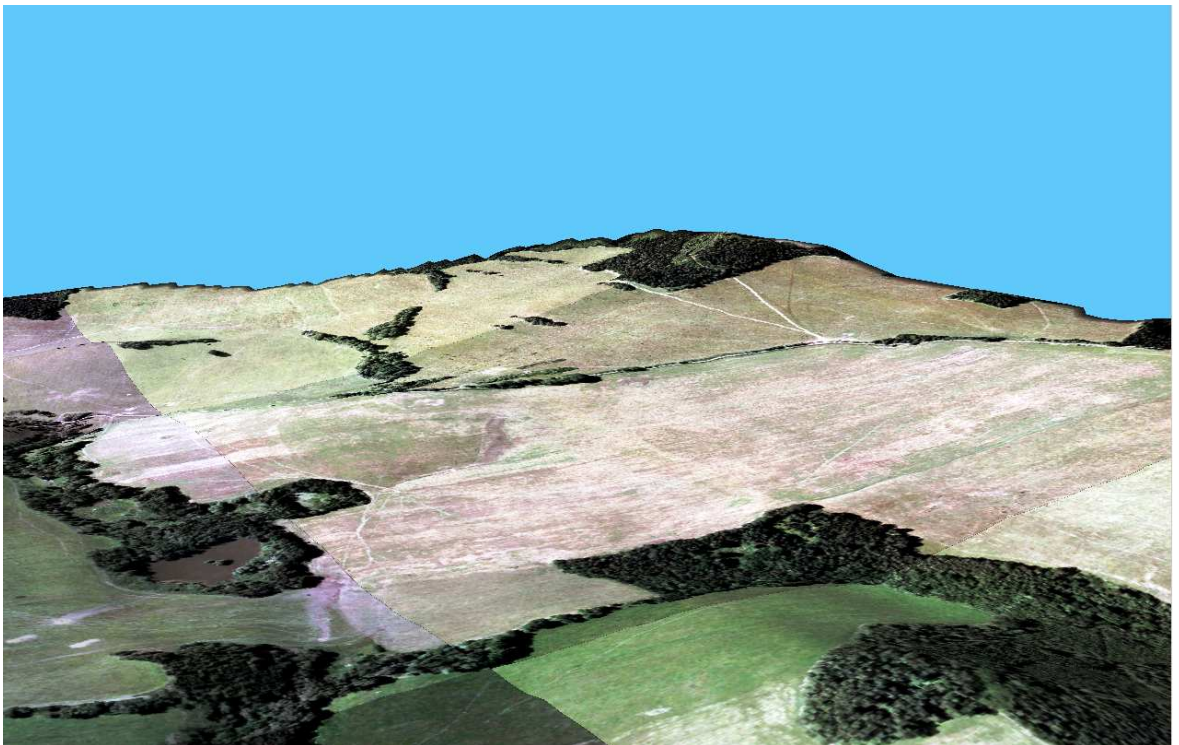
Porovnání drah soustředěného odtoku se stávajícím drenážním systémem(v DMT 2x2)



Příloha č.8

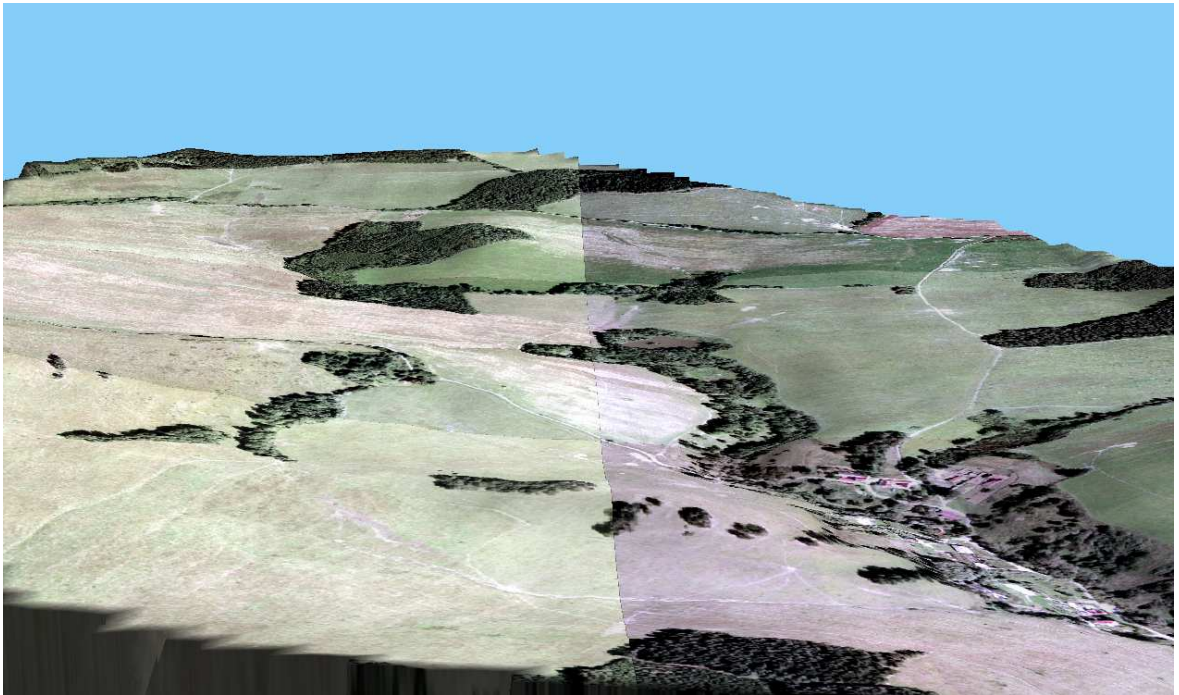


Pohled na jih

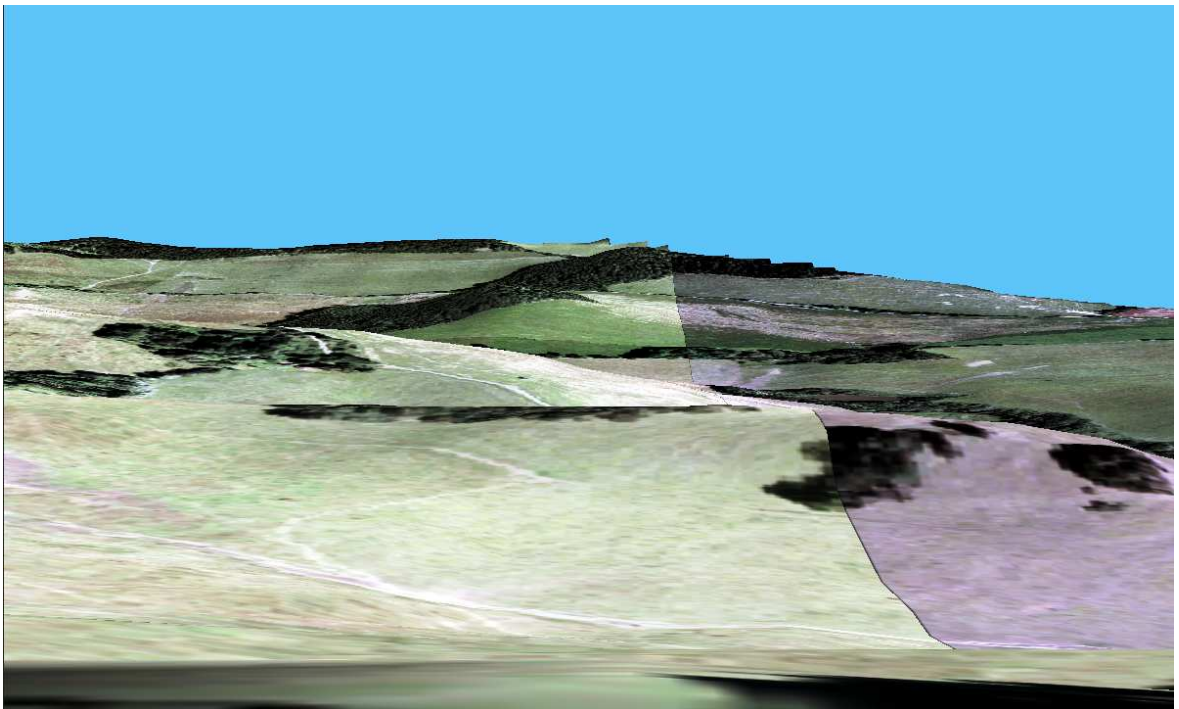


Pohled na jihozápad

Příloha č.9



Pohled na sever



Pohled na severovýchod z místa na terénu

Příloha č.10



Fotografie z povodí Jenínského toku