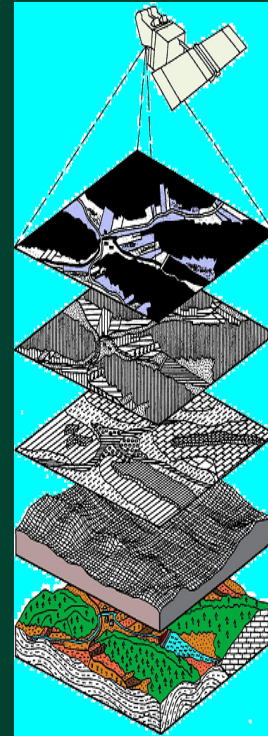
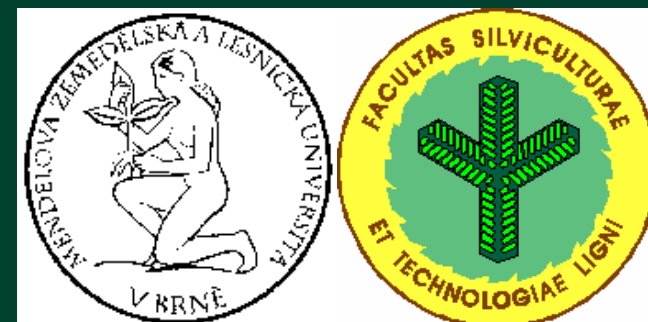


Některé možnosti topografického a hydrologického modelování v Idrisi Kilimanjaro



Prof. Vladimír Židek
Ústav geoinformačních technologií
Lesnická a dřevařská fakulta MZLU



Anotace

Příspěvek představuje některé možnosti topografického a hydrologického modelování, které systém Idrisi nabízí pro analýzu spojitých povrchů, především pro práci nad digitálním modelem terénu (DMT). Na příkladu Školního lesního podniku Křtiny se soustřeďuje především na operace, které umožňují detailně charakterizovat parametry odvodňovací sítě.

Osnova

1. Výpočet plochy povodí (modul WATERSHED)
2. Zjištění směru povrchového odtoku (modul FLOW)
3. Výpočet povrchového odtoku (modul RUNOFF)
4. Výpočet eroze půdy proudící vodou (modul RUSLE)
5. Identifikace morfologických tvarů reliéfu (modul TOPOSHAPE)

Hydrologické funkce nad DMT

Povodí představují jeden z reálných způsobů úplného členění prostoru, a řada přírodních jevů se k povodím vztahuje.

- Hlavní komponenty povodí tvoří jeho
 - topografický tvar a
 - topologická struktura jeho odvodňovací sítě
- Kvantifikace těchto komponent manuálním způsobem je únavná a časově náročná
- Automatizovaná nebo uživatelsky řízená determinace těchto komponent nad DMT je naproti tomu velmi efektivním způsobem aplikace analytických nástrojů GIS
- Determinace odvodňovací sítě a s nimi spojeného hydrologického členění poskytuje důležitý první krok při tvorbě hydrologického informačního systému.

Topografické a hydrologické funkce v Idrisi

Topografické a hydrologické funkce v Idrisi jsou součástí rozsáhlé palety nástrojů pro analýzu povrchu.

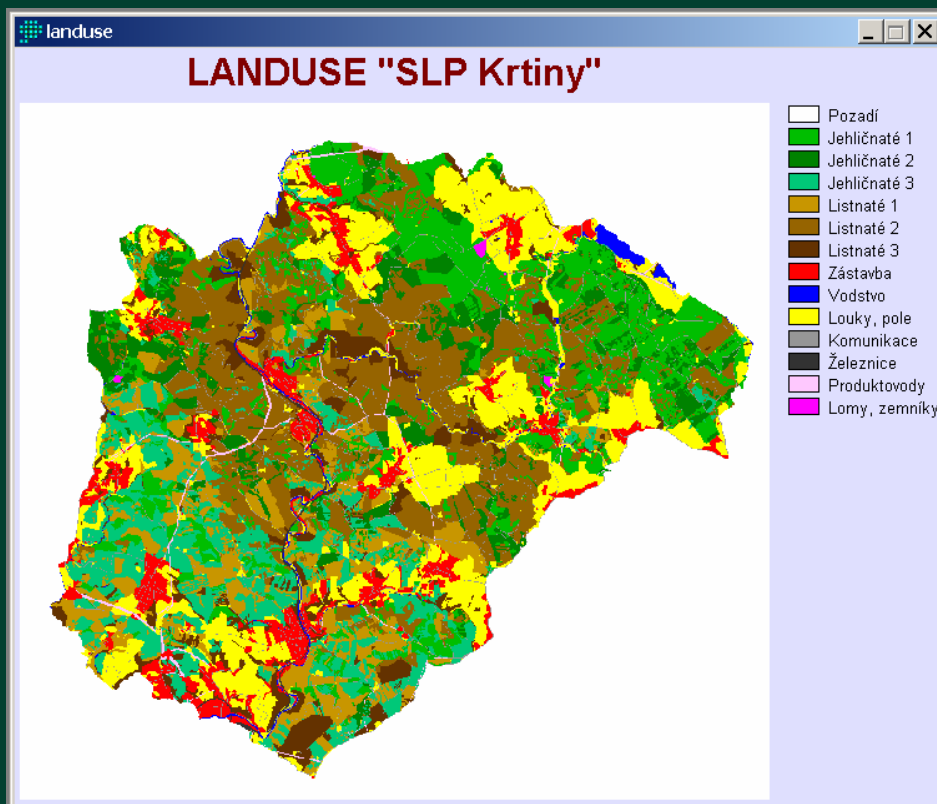
Z nabídky, která zahrnuje řadu algoritmů pro interpolaci, geostatistiku a pro výpočet topografických charakteristik,



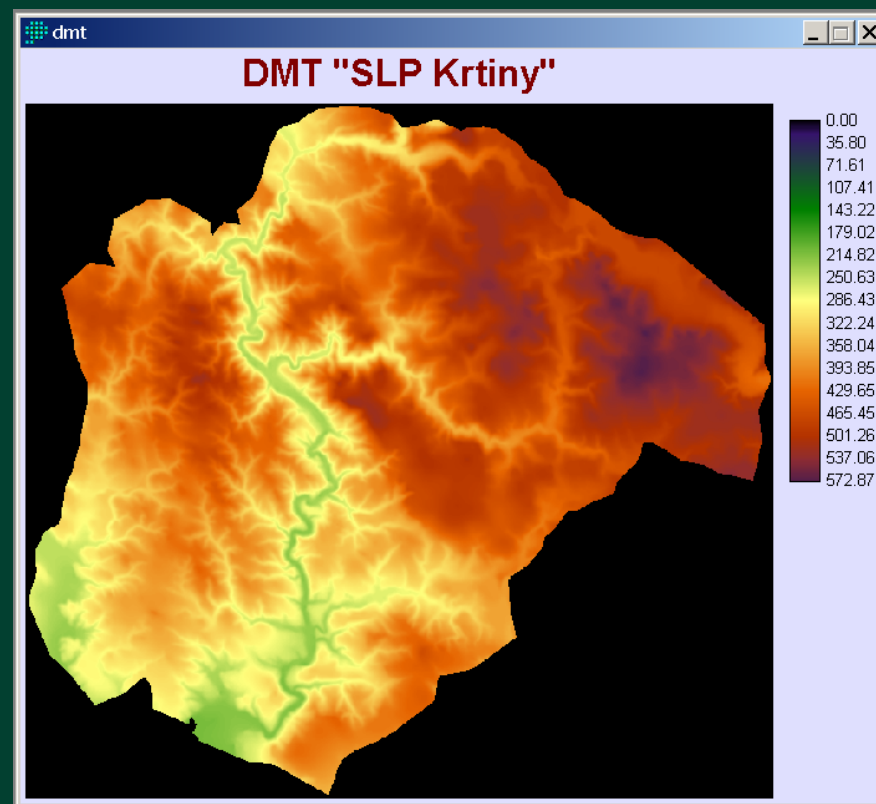
Interpolation >
Geostatistics >
Topographic Variables >
Feature Extraction >

se zde soustředíme na některé moduly čtvrtého submenu, které umožňují extrahovat některé charakteristiky povodí a identifikovat morfologické tvary reliéfu.

Jako vstupní digitální data použijeme dva soubory, které pokrývají území Školního lesního podniku Křtiny (celkem cca 12000 ha).

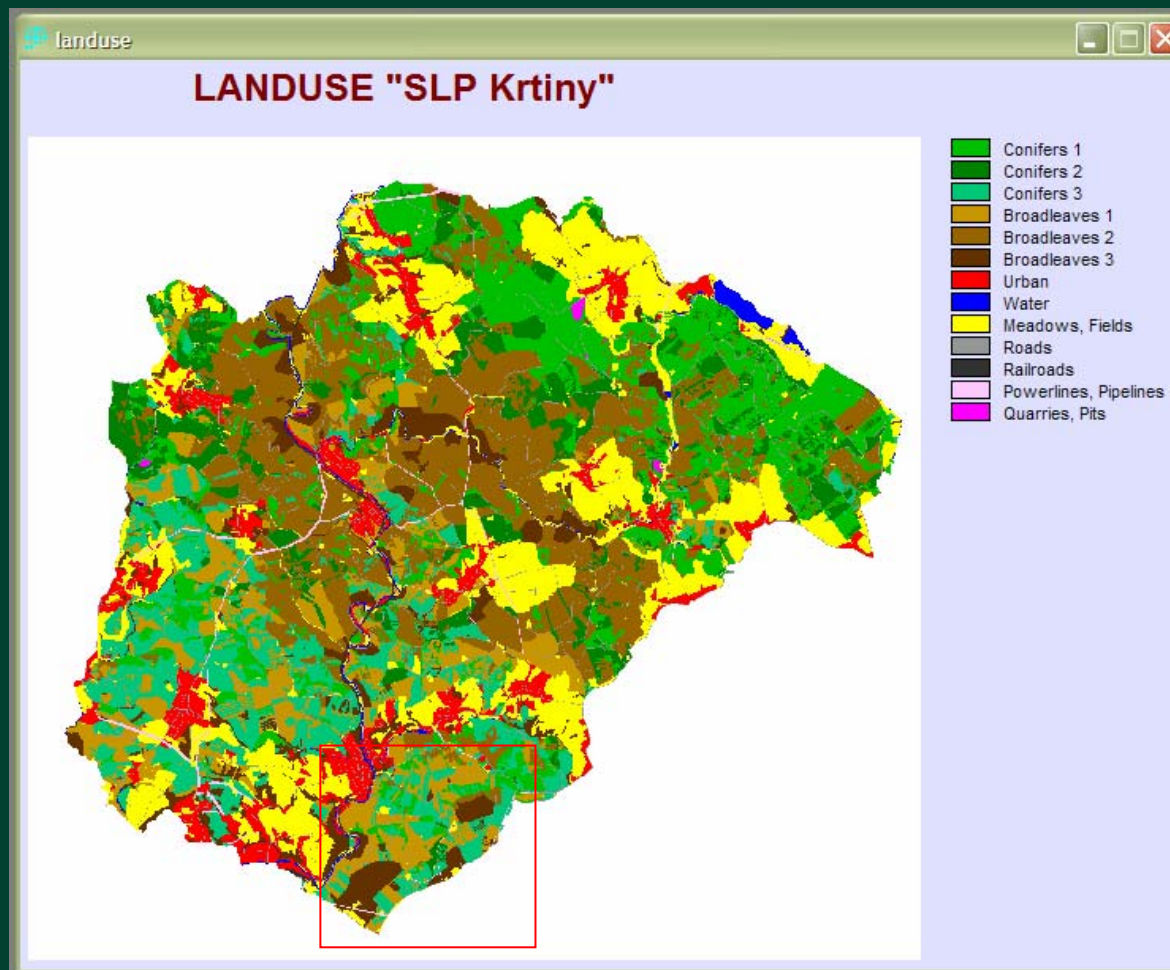


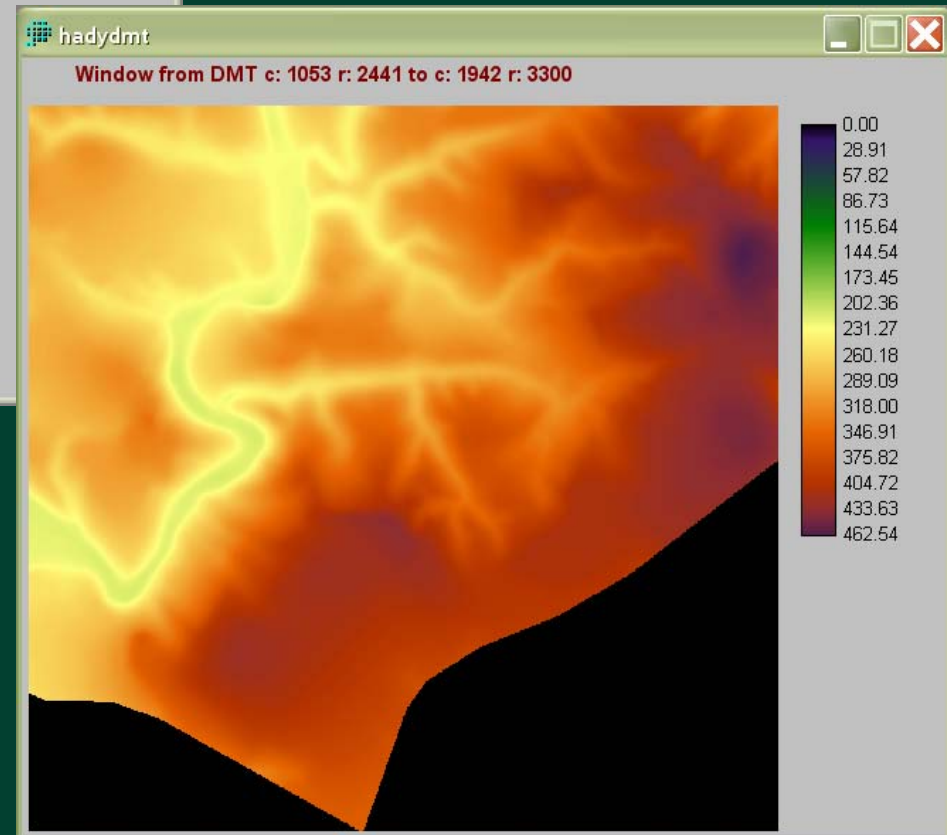
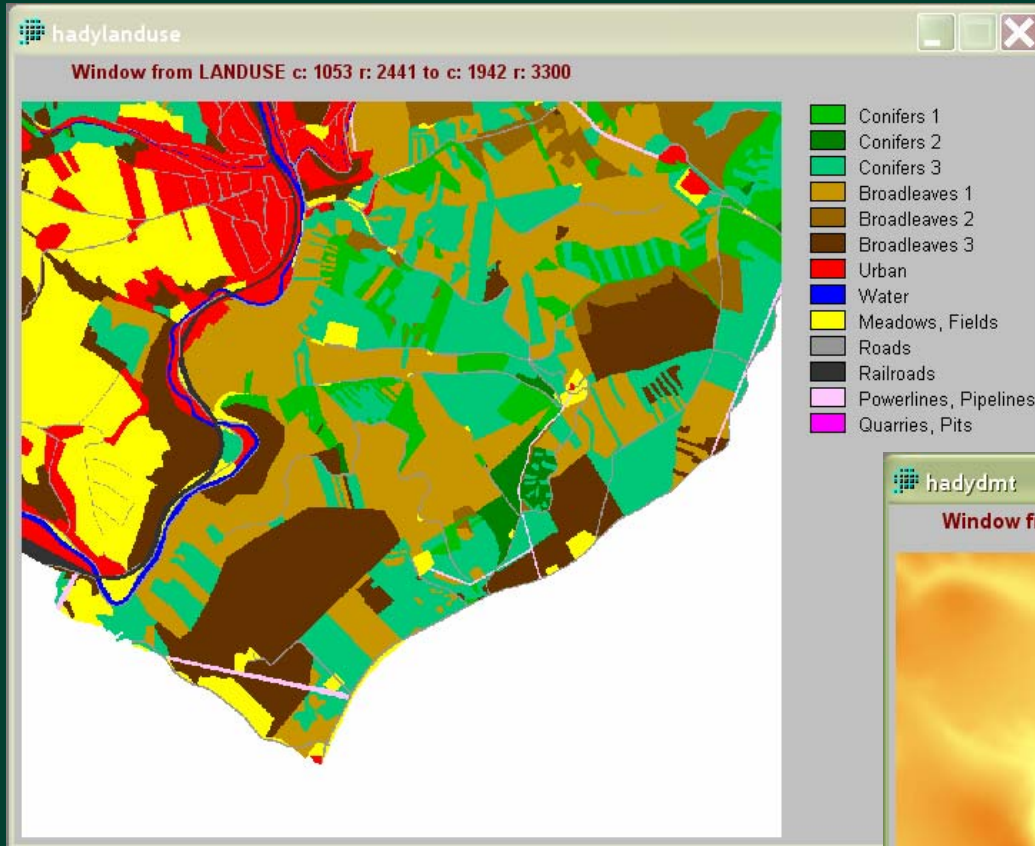
Mapa využití půdy LANDUSE



Digitální model reliéfu terénu DMT

Protože často je potřeba pracovat v detailnějším měřítku, použijeme pro většinu operací pouze část zájmového území ŠLP Křtiny, a to jeho nejnižnější oblast, do které patří především lokalita Hády.





Pracovní výřezy
území Hády
(soubory
HadyLanduse
a HadyDMT)

1. Výpočet hranic a plochy povodí (modul WATERSHED)

Velikost povodí má význam především pro zjišťování jeho ohrožení přívalovými dešti s velkou intenzitou a krátkou dobou trvání.

Pro výpočet povodí existují v Idrisi dvě metody:

a) Automatizovaná

Tato metoda identifikuje povodí o definované minimální velikosti v celém snímku.

b) Interakční

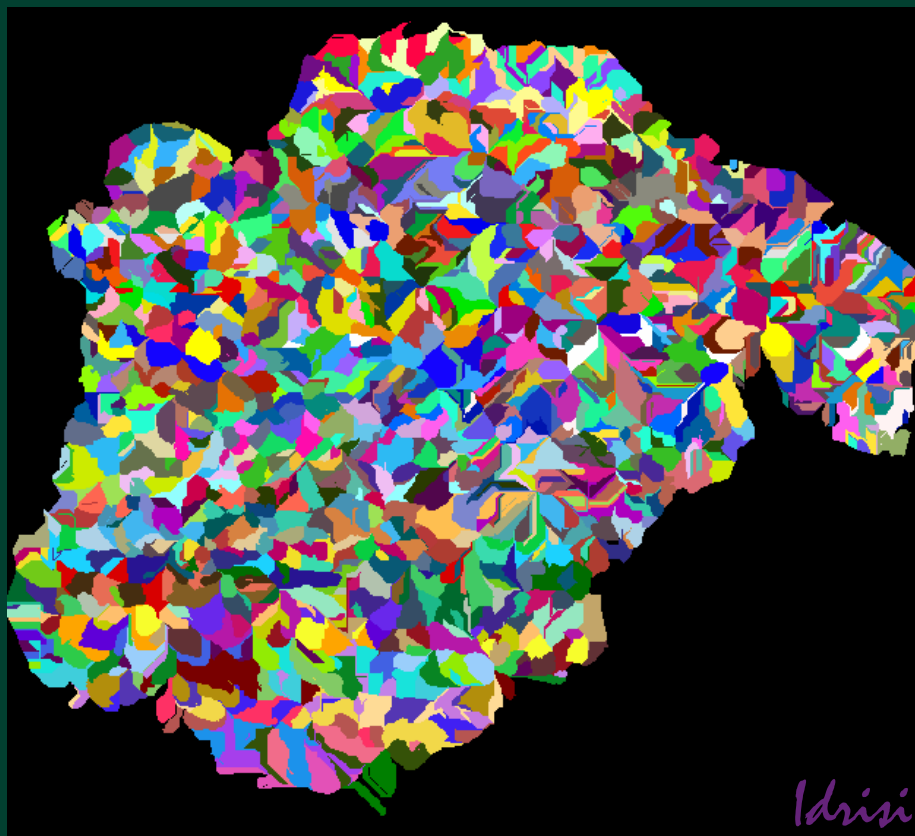
Při ní uživatel vytvoří uzávěru (seed image) na vybraném místě odvodňovací sítě, a systém vypočte plochu povodí vztahující se k tomuto místu.

Uzávěra se prakticky nejpohodlněji vytvoří digitalizací linie na stanoveném místě, uložením tohoto objektu ve vektorovém tvaru, a transformací objektu do rastrového formátu.

⇒ a) Automatizovaný výpočet povodí

- Minimální prahová hodnota pro výpočet je definována minimálním počtem pixelů. Chceme-li tuto hodnotu definovat v metrických jednotkách, musíme nejprve zjistit velikost pixelu ve snímku.
- Velikost pixelu: Rozdíl v souřadnicích x dělený počtem sloupců, nebo rozdíl v souřadnicích y dělený počtem řad.
(V našem případě je výsledek je cca 5m.)
- Na základě stanovené prahové hodnoty (v ha, km) modul WATERSHED rozčlení zájmové území na dílčí povodí o definované velikosti, se kterou je možno experimentovat.

Výsledky automatizovaného výpočtu povodí pro celý ŠLP Křtiny



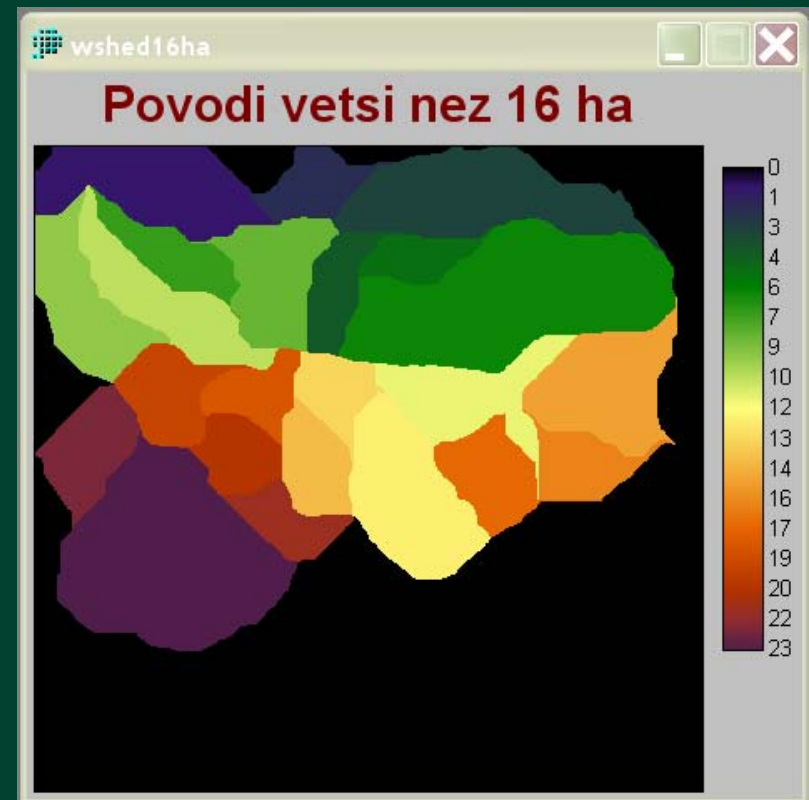
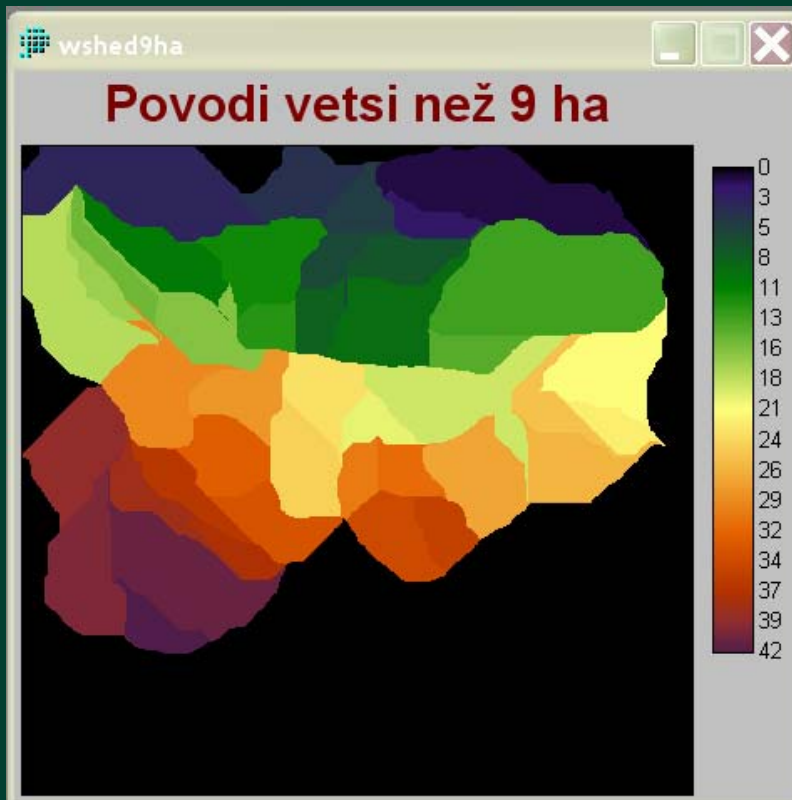
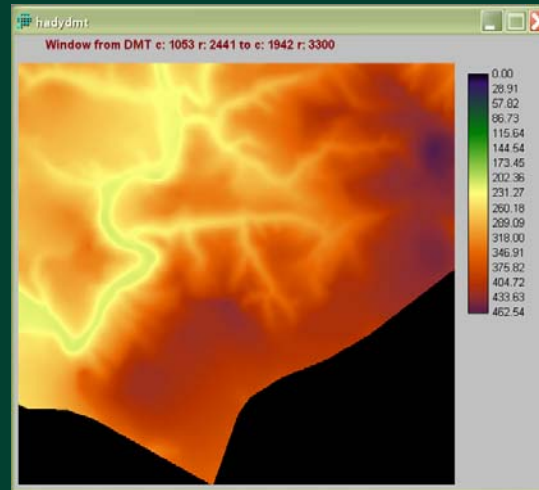
ŠLP Křtiny – mapa lokálních povodí
do 1 km² [modul WATERSHED]



ŠLP Křtiny – mapa lokálních povodí
do 10 km² [modul WATERSHED]

Výsledky
automatizovaného
výpočtu povodí pro
lokalitu Hády:

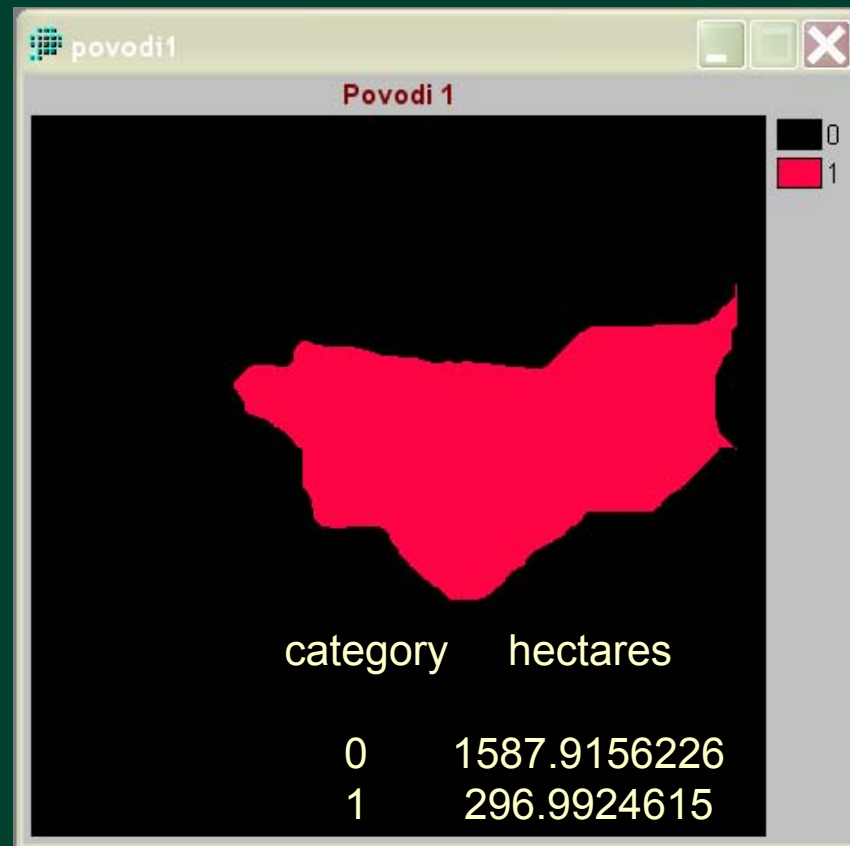
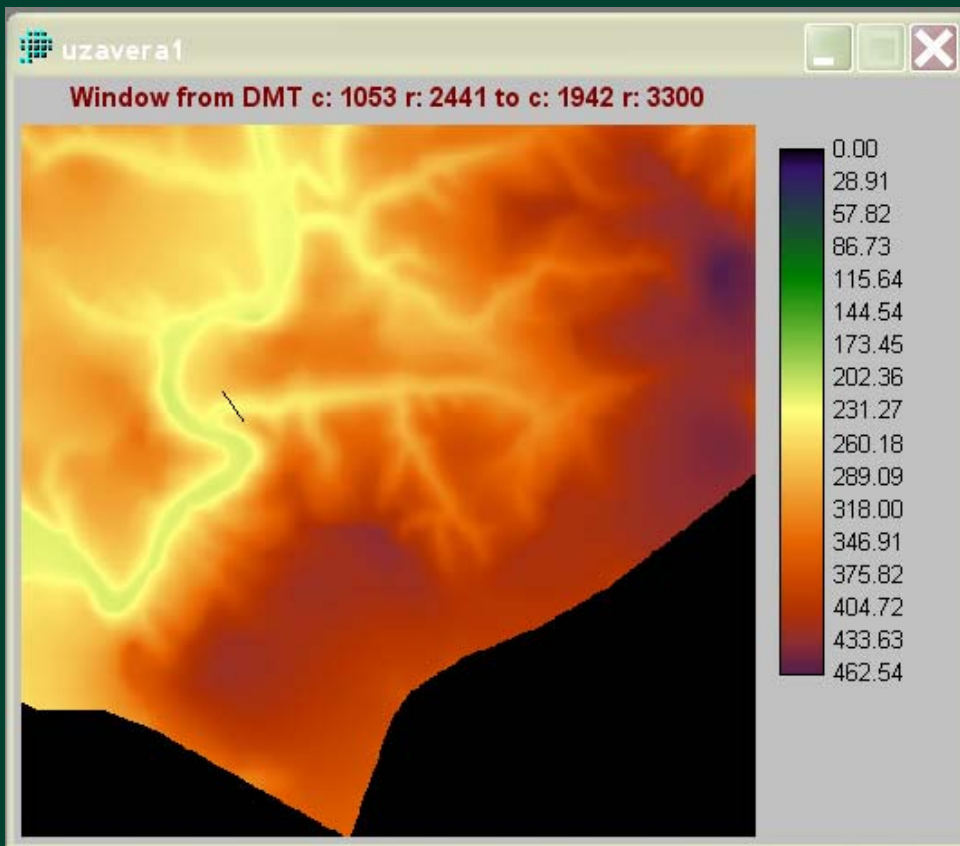
- 42 povodí > 9ha
- 23 povodí > 16ha



⇒ b) Interakční výpočet povodí

- Uzavírací objekt (seed image) se vytvoří na tom místě (profilu) odvodňovací sítě, pro které chceme výpočet povodí realizovat.
- Prakticky lze provést tak, že se digitalizací na obrazovce vytvoří linie, která se uloží jakožto nový vektorový soubor (např. Uzavera1.)
- Tento liniový soubor se převede do rastrového tvaru modulem RasterVector. (K vytvoření nového rastrového souboru slouží modul INITIAL, do kterého se zadají parametry formátem odpovídajícího souboru (v našem případě HadyDMT).
- Modul WATERSHED spuštěný se příslušným souborem digitálního modelu terénu souborem (HadyDMT) a s volbou Provide seed image (Uzavera1), pak vypočte hranice odpovídajícího povodí a vytvoří výstupní obrazový soubor (Povodi1).

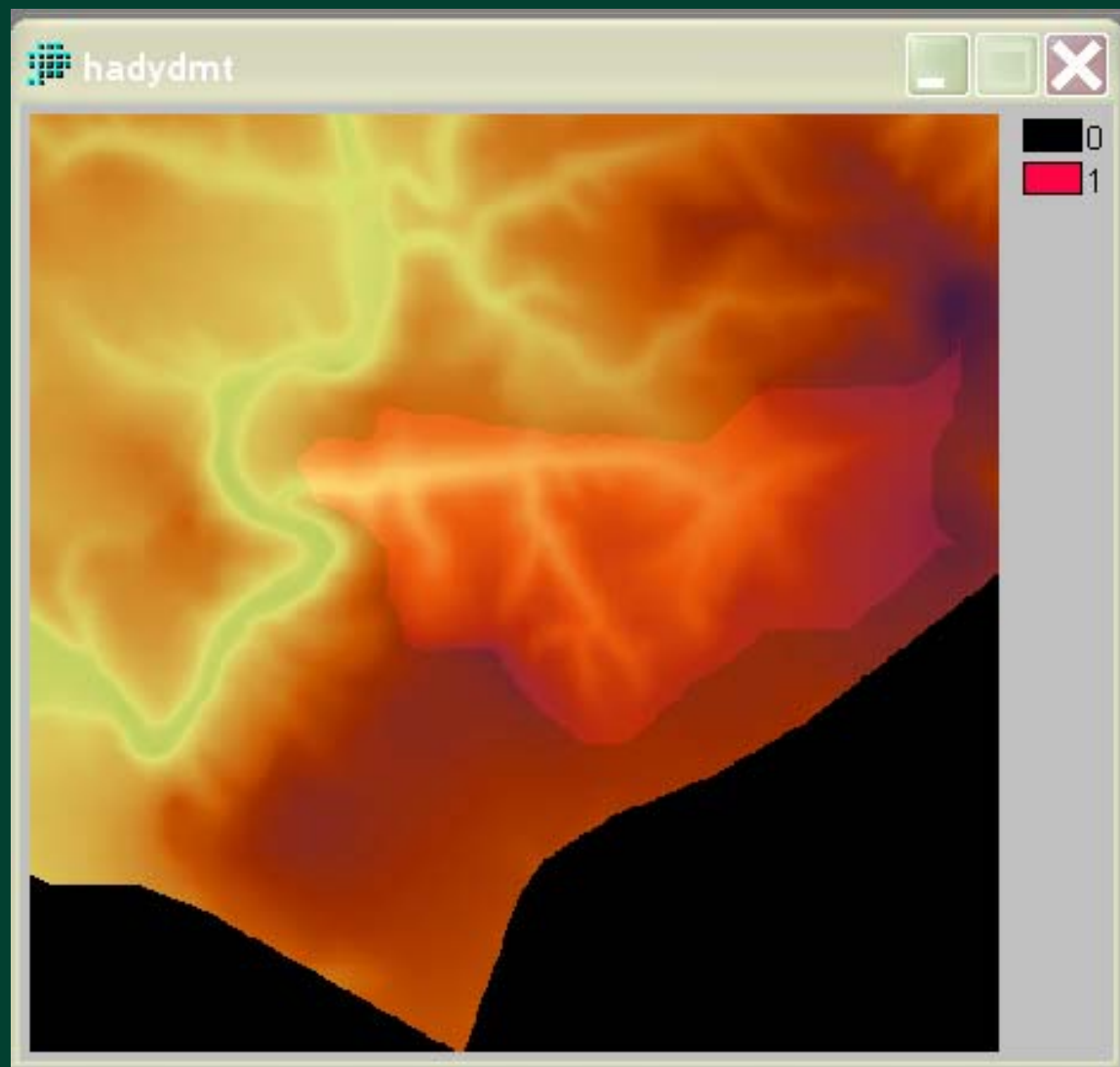
Pro Těsnohlídkovo údolí, které je významným rekreačním zázemím města Brna, byla uvedeným způsobem zjištěna plocha povodí 297 ha.



Plocha povodí pro uzavírací profil „Těsnohlídkovo údolí“

Získaný výsledek (soubor Povodi1) můžeme pomocí kompozéru zobrazit společně s odpovídajícím digitálním modelem terénu (DMTHady).

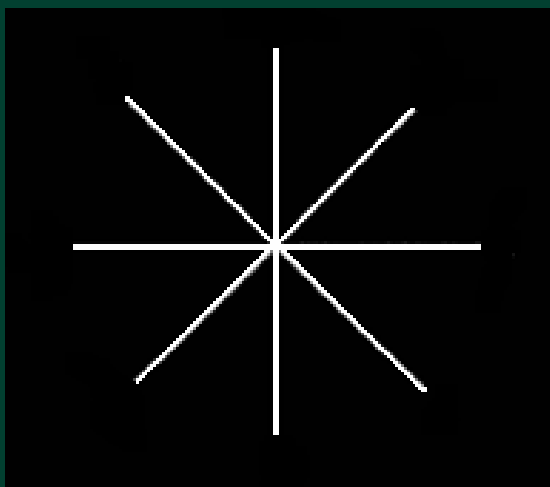
Když pomocí volby Layer properties a Visibility nastavíme transparentní překryt na 50%, získáme velmi instruktivní výstup.



2. Zjištění směru povrchového odtoku (modul FLOW)

Na velikost odtoku v zájmovém profilu určitého malého povodí mají vliv také geometrické vlastnosti povodí, především uspořádání a hustota vodní sítě. Jednu z důležitých geometrických vlastností povodí charakterizuje směr povrchového odtoku.

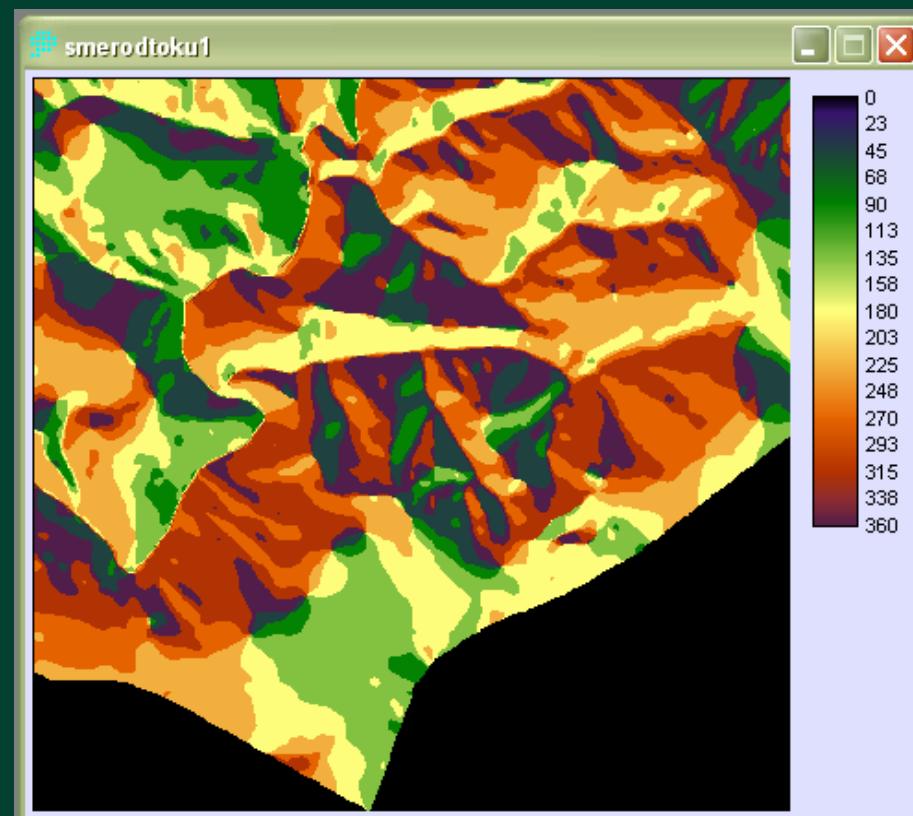
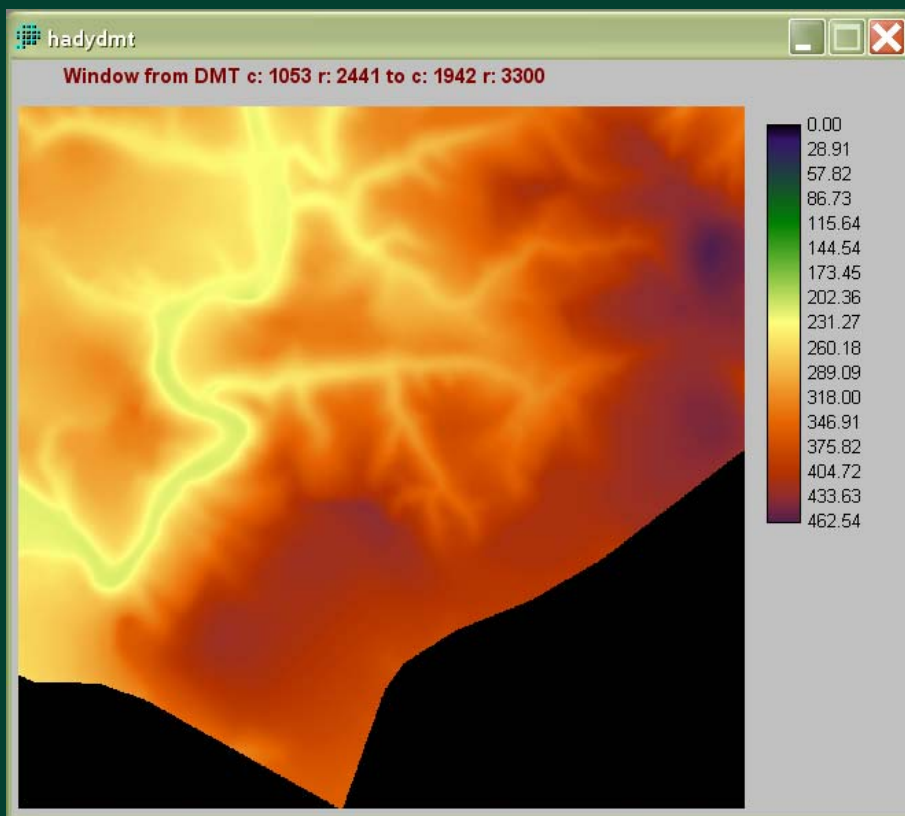
V Idrisi se počítá směr povrchového odtoku na základě DMT modulem FLOW. Tento směr se zjišťuje pro každý pixel na základě vztahu k jeho nejbližším sousedům. Do výstupního souboru se (ve stupních) pro každý pixel **x** ukládá odpovídající směr, z 8 možností připadajících v úvahu.



315	360	45
270	x	90
225	180	135

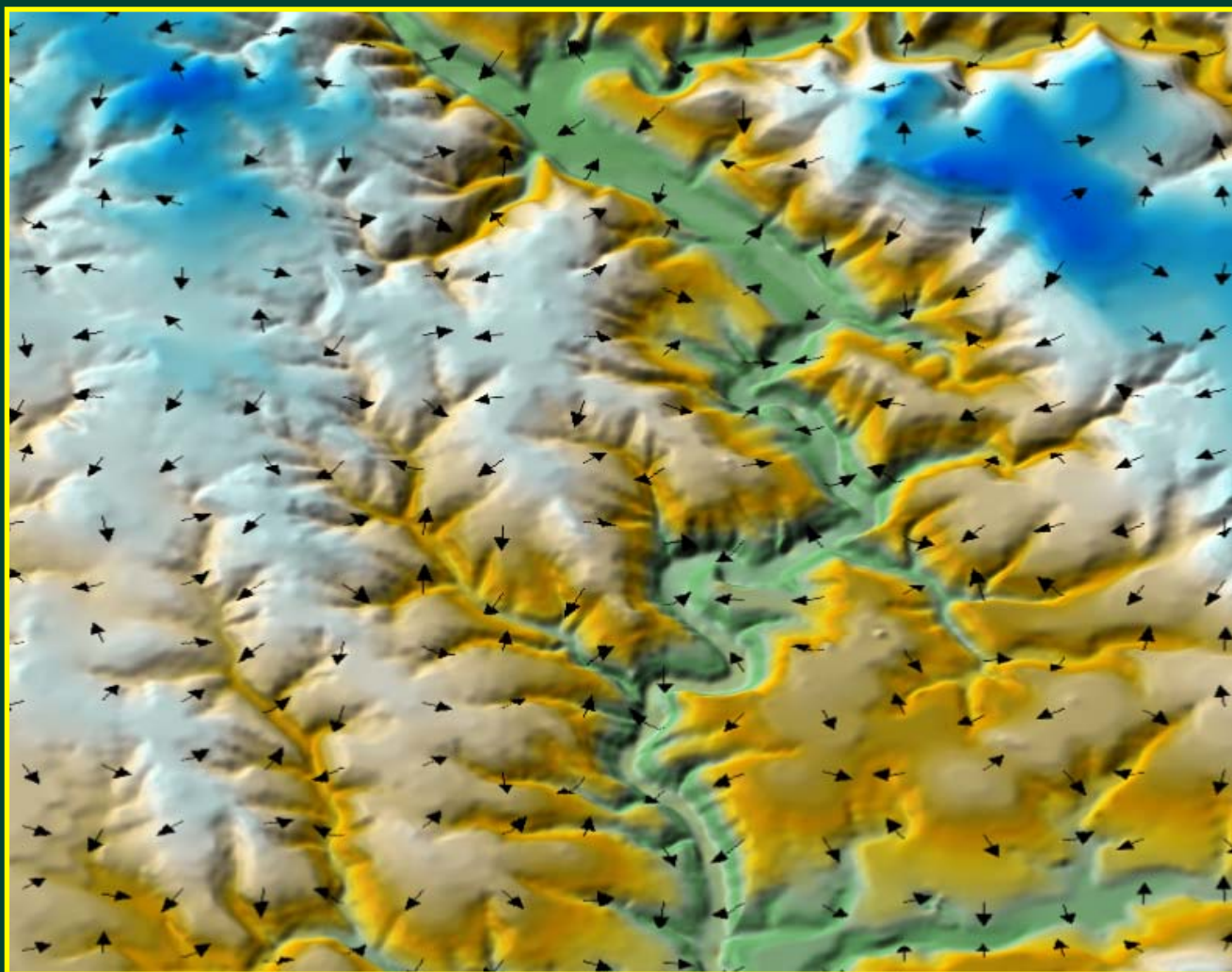
Výpočet směru povrchového odtoku pro lokalitu Hády

- Při výpočtu se zdává vstupní soubor DMT (v našem případě HadyDMT) a definuje se název výstupního souboru (v našem případě SmerOdtoku1). Lze použít volbu odstraňující dílčí bezodtoké deprese (Perform pit removal) a definovat hodnoty pozadí, které se nemají zpracovávat.
- Modul FLOW vypočte a zobrazí pro stanovené území příslušné směry povrchového odtoku. Pro lokalitu Hády připadla největší plocha (216.3 ha) pro směr 225°, tj. JZ.
- Výsledek znázorňují následující obrázky.



Hlavní směry povrchového odtoku
v lokalitě Hády

category	ha	category	ha
0	432.88		
45	136.01	225	216.32
90	100.18	270	202.28
135	173.68	315	236.57
180	213.23	360	173.76



Surfer 8

Zobrazení zájmového území v programu Surfer

3. Výpočet povrchového odtoku (modul RUNOFF)

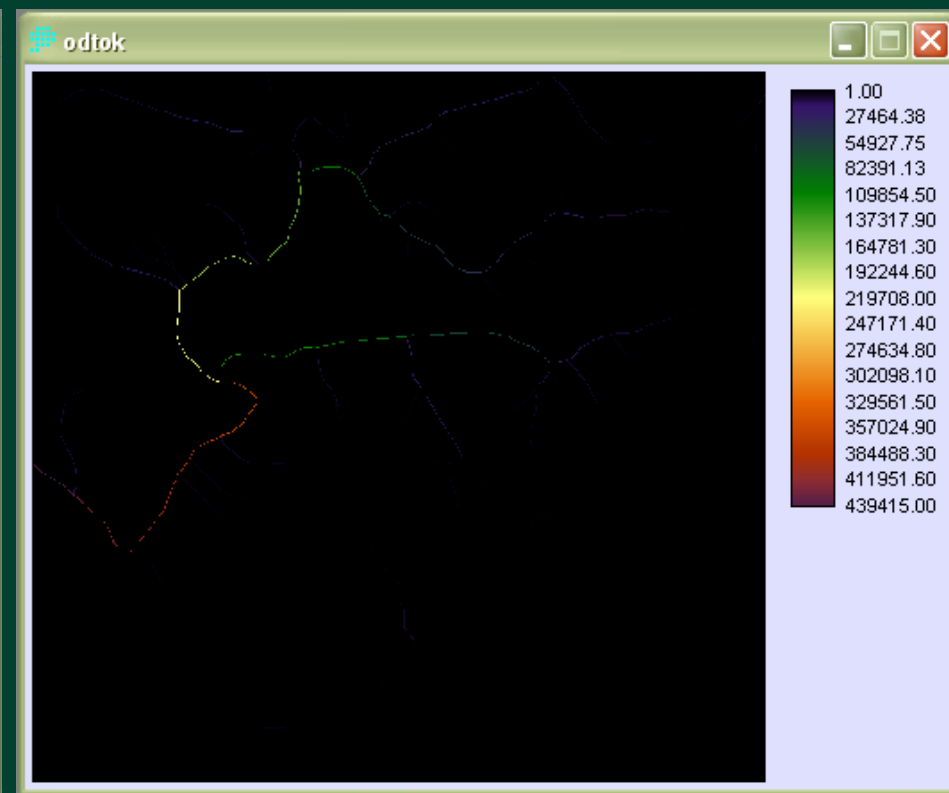
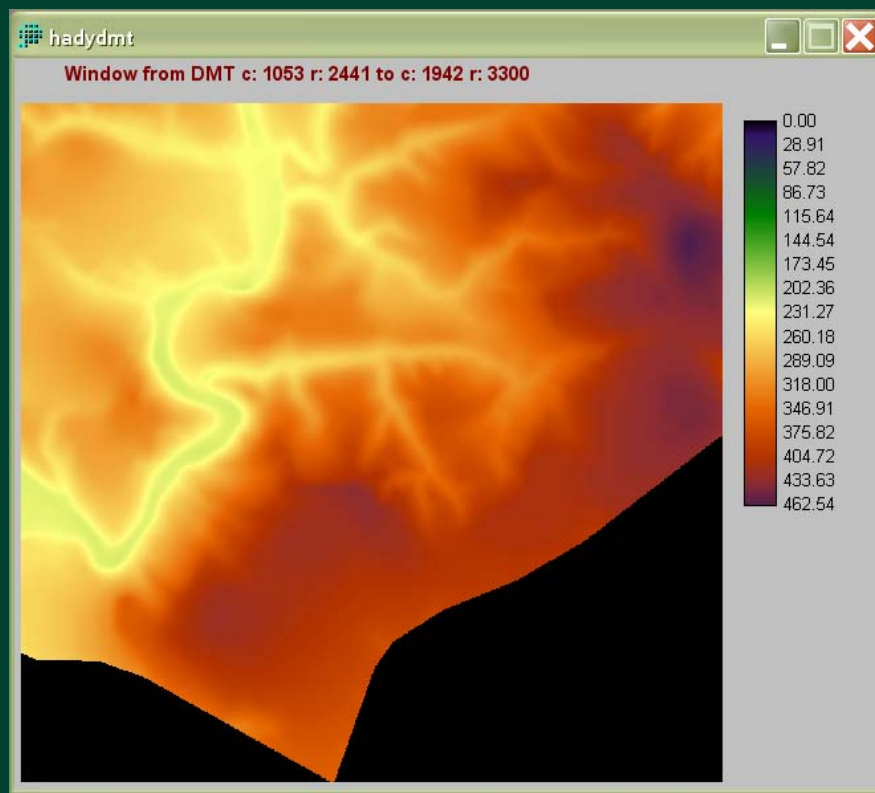
U malých povodí je povrchový odtok ovlivňován charakterem povodí, jeho geofyzikálními vlastnosti - především retenční schopností půdy, a způsobem obhospodařování. Povrchový odtok je veličinou, která rozhodující měrou podílí na vzniku vodních přívalů.

V nejjednodušší variantě lze povrchový odtok zjistit základní variantou modulu RUNOFF. V této variantě se předpokládá, že na každý pixel terénu dopadne jednotka srážek a počítá se akumulace srážkových jednotek (per pixel) na základě příslušného DMT.

Modul RUNOFF nejprve zjišťuje směry povrchového odtoku a potom počítá odpovídající kumulované úhrny srážkové vody.

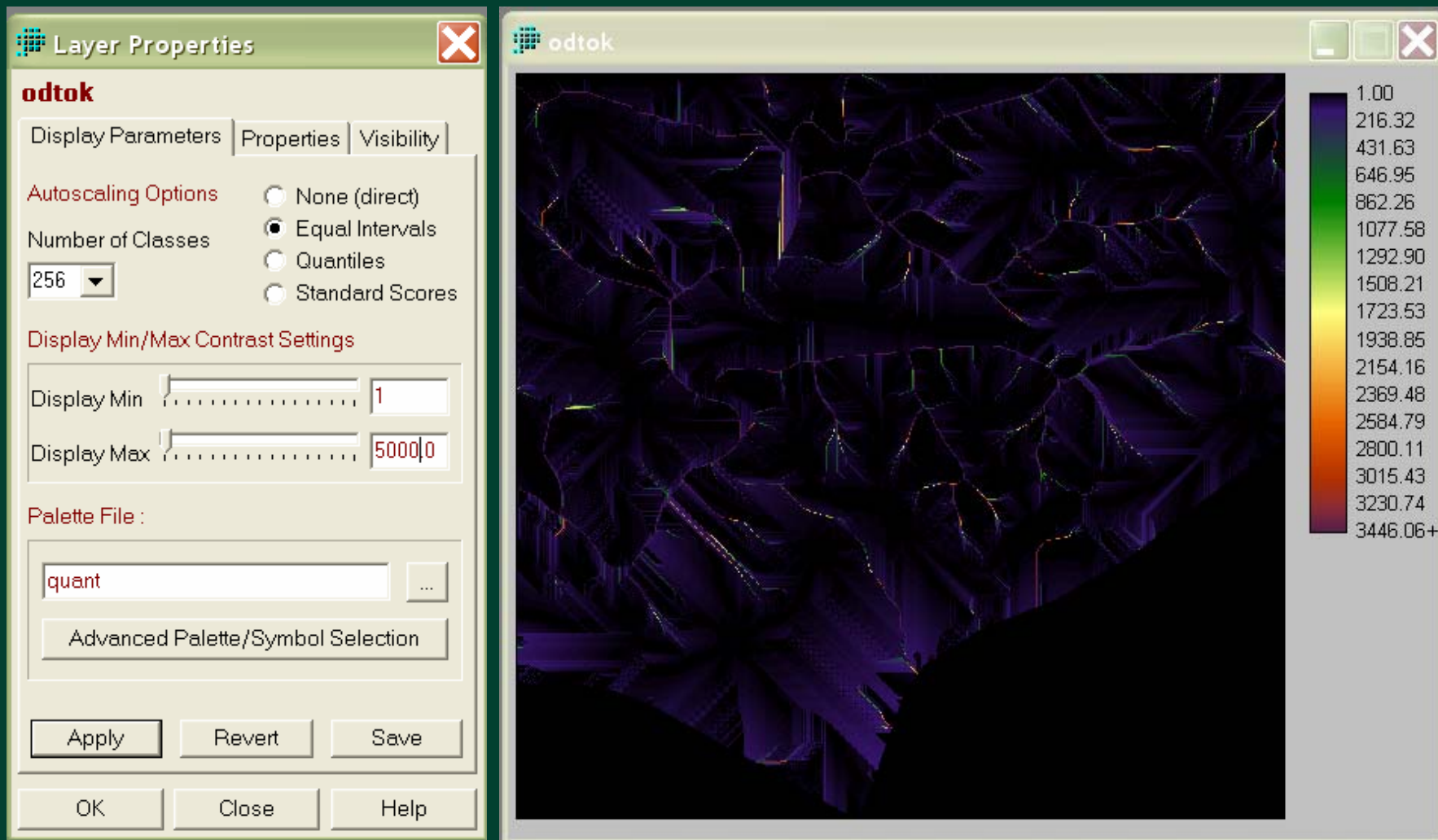
Tento výpočet povrchového odtoku může být upřesněn využitím pomocných souborů srážek a propustnosti půdy, které lze do algoritmu začlenit jako samostatné dílčí soubory.

Pixel souboru HadyDMT má rozlišení 5 m, jeho plocha je tedy 25m². V základní variantě modulu RUNOFF (se zanedbáním půdní retence) dopadne na každý pixel 25 l srážek. Nejvyšší zjištěná hodnota 439.4 m³ ve výstupním profilu pak znamená, že spadne-li na území 1 mm srážka, projeví se to ve výstupním profilu odtokem cca 439.4 m³.



Kumulovaný povrchový odtok v lokalitě Hády (soubor Odtok)

Snížením parametru Display Max lze získat zajímavější zobrazení, přispívající k interpretaci charakteru povodí.



Layer Properties ✕

odtok

Display Parameters | Properties | Visibility

Autoscaling Options

- None (direct)
- Equal Intervals
- Quantiles
- Standard Scores

Number of Classes: 256

Display Min/Max Contrast Settings

Display Min: 1

Display Max: 5000.0

Palette File:

quant ...

Advanced Palette/Symbol Selection

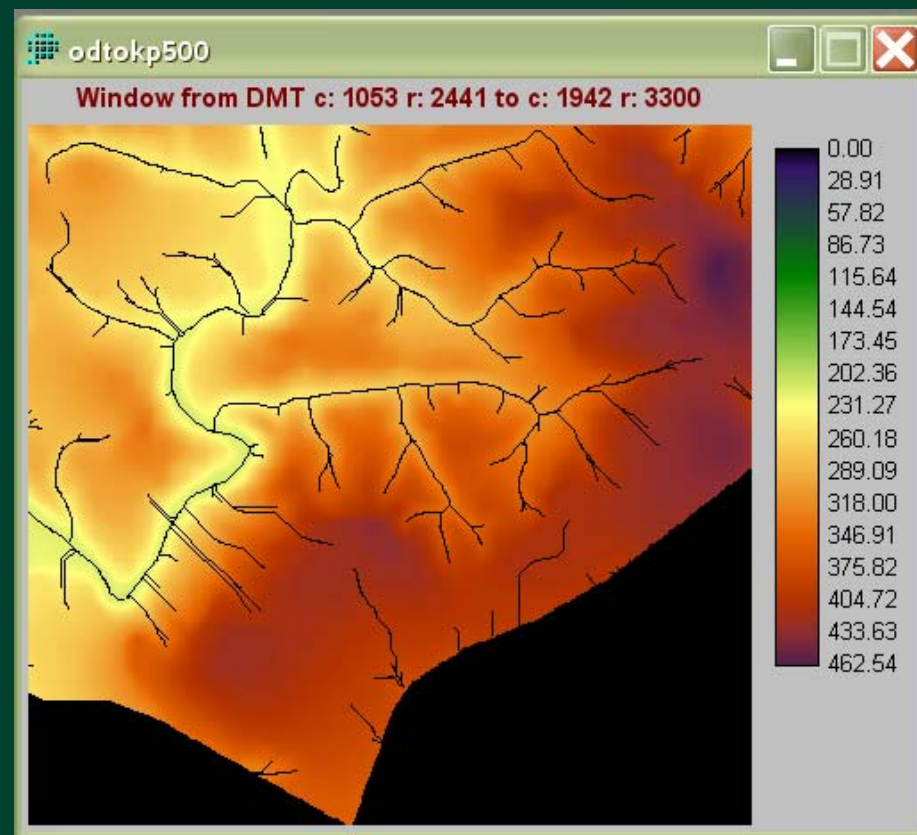
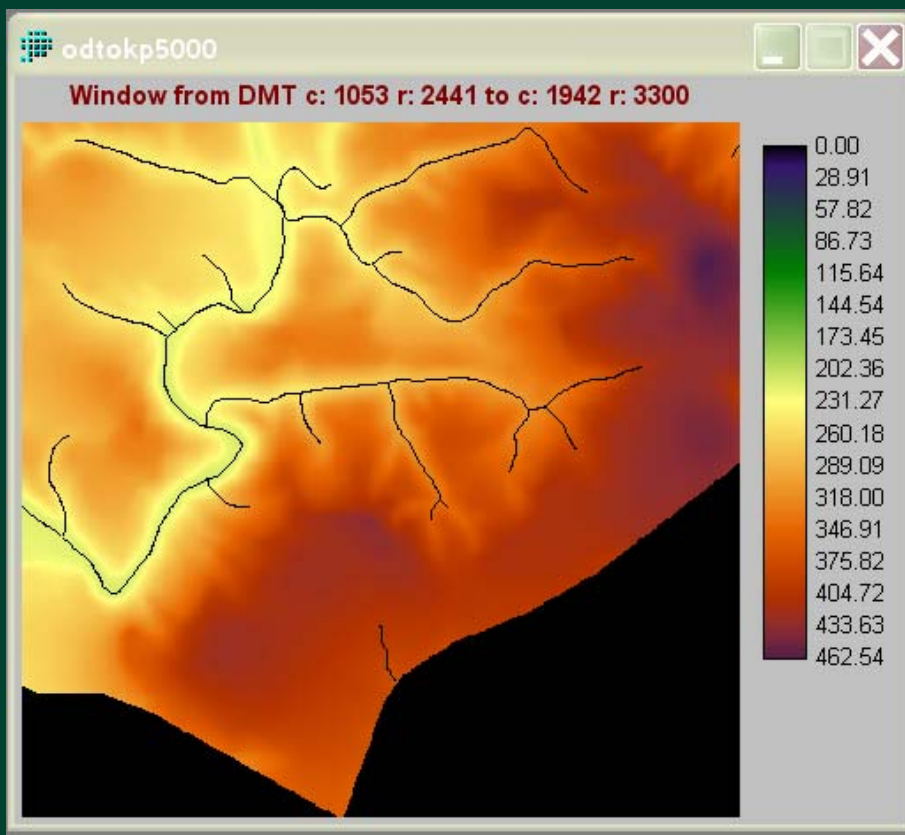
Apply Revert Save

OK Close Help

odtok ☐ ☐ ✕

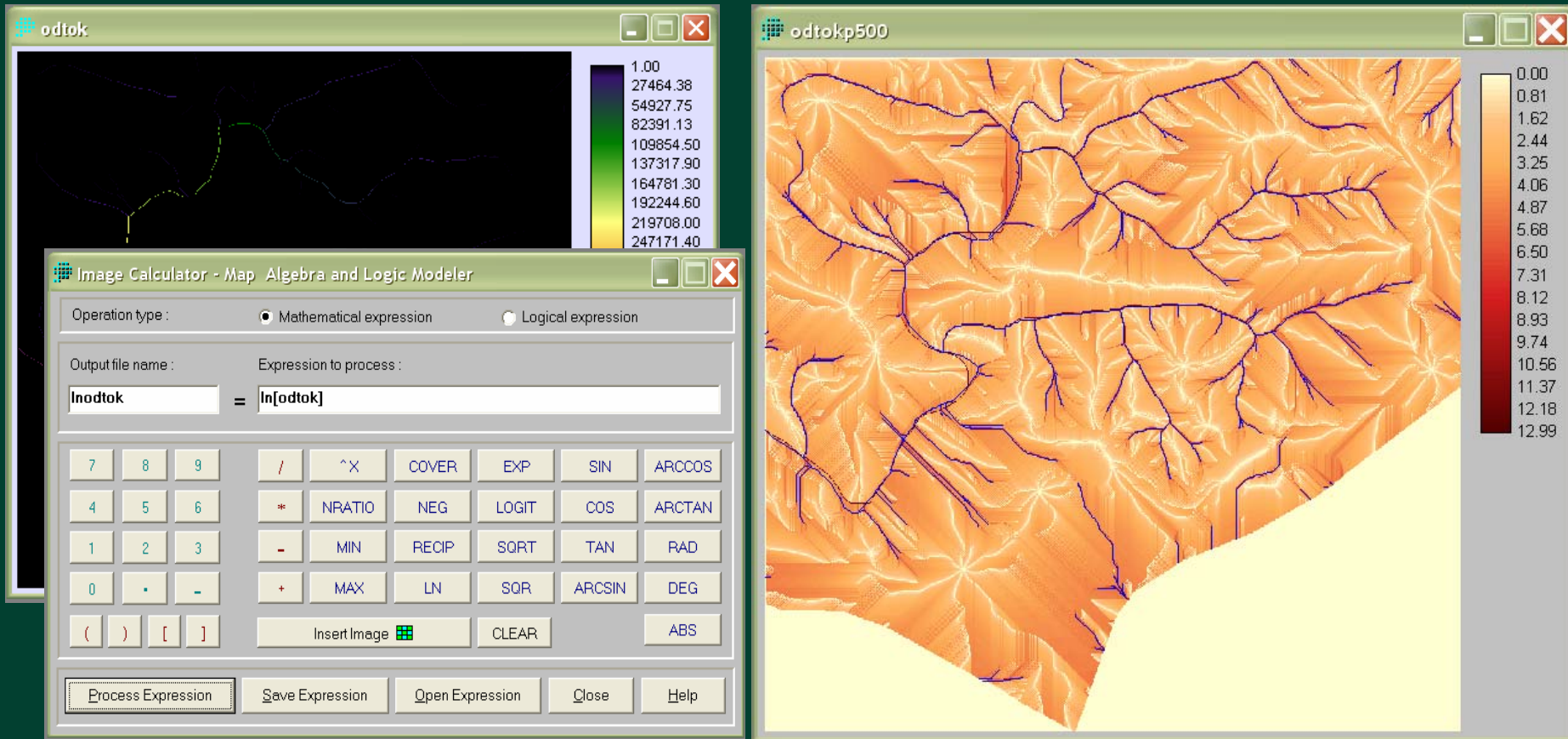
1.00
216.32
431.63
646.95
862.26
1077.58
1292.90
1508.21
1723.53
1938.85
2154.16
2369.48
2584.79
2800.11
3015.43
3230.74
3446.06+

Reklasifikací výsledného souboru Odtok (definováním prahové hodnoty, která se bude zobrazovat) lze získat strukturu odvodňovací sítě území o různé úrovni podrobnosti. Po transformaci výsledného souboru do vektorového formátu a zobrazení výsledné vrstvy nad DTM obdržíme názorný grafický výstup.



Odvodňovací síť v lokalitě Hády (práh zobrazení 5m³ a 0.5m³)

Při modifikaci souboru Odtok přirozeným logaritmem se minimálními hodnotami použité palety zobrazují rozvodnice.



Odvodňovací síť v lokalitě Hády (práh zobrazení 0.5m^3) s rozvodnicemi

4. Výpočet eroze půdy proudící vodou (modul RUSLE)

Modul RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) počítá erozi půdy na základě rovnice popsané v USDA Agricultural Handbook, Number 703.

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad [t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}], \text{ kde}$$

A - průměrná roční ztráta půdy,

R - faktor erozní účinnosti deště, K - faktor erodovatelnosti půdy,

L - faktor délky svahu, S - faktor sklonu svahu,

C - faktor vegetačního krytu a osevního postupu, P - faktor protierozního opatření

K výpočtu je nutný DMT, obrazový soubor srážek R, obrazový soubor faktoru erodovatelnosti půdy K, obrazový soubor půdního krytu C a obrazový soubor faktoru protierozního managementu P.

Dále je nutno stanovit prahové hodnoty pro sklon svahu, expozici svahu, délku svahu a nejmenší velikost plošek (patch). Prahové hodnoty sklon a expozice svahu slouží k rozdělení topografického povrchu do homogenních plošek.

R - faktor erozní účinnosti srážek se vyjadřuje v závislosti na četnosti jejich výskytu, kinetické energii, intenzitě a úhrnu

K - faktor erodovatelnosti půdy vyjadřuje vliv kvality půdy na její odolnost vůči dopadajícím dešťovým kapkám a proudící vodě a vliv velikosti infiltrace na množství povrchového odtoku

LS - faktory svahu vyjadřují vliv nepřerušené délky svahu a vliv sklonu svahu na velikost ztráty půdy

C - faktor vegetačního krytu a osevního postupu vyjadřuje ochranný vliv vegetačního pokryvu, v závislosti na druhu a vývoji vegetace a použité agrotechnice
Velikost faktoru C se stanoví jako poměr zjištěného smyvu půdy na pozemku s pěstovanými plodinami (vegetací) ke smyvu na pozemku s kypřeným černým úhorem (kde $C = 1$) při stejných ostatních podmínkách. Hodnoty v intervalu 0–1.

P - faktor účinnosti protierozních opatření zahrnuje organizační opatření, technická opatření, agrotechnická a vegetační opatření,

Velikost faktoru P se stanoví jako poměr zjištěného smyvu na pozemku s použitým protierozním opatření ke smyvu na standardním pozemku. Hodnoty v intervalu 0–1.

Realizaci výpočtu RUSLE v podmínkách ŠLP Křtiny řeší ve své bakalářské práci posluchač Petr Suk, výsledky dosud nejsou k dispozici.

5. Identifikace morfologických tvarů reliéfu (modul TOPOSHAPE)

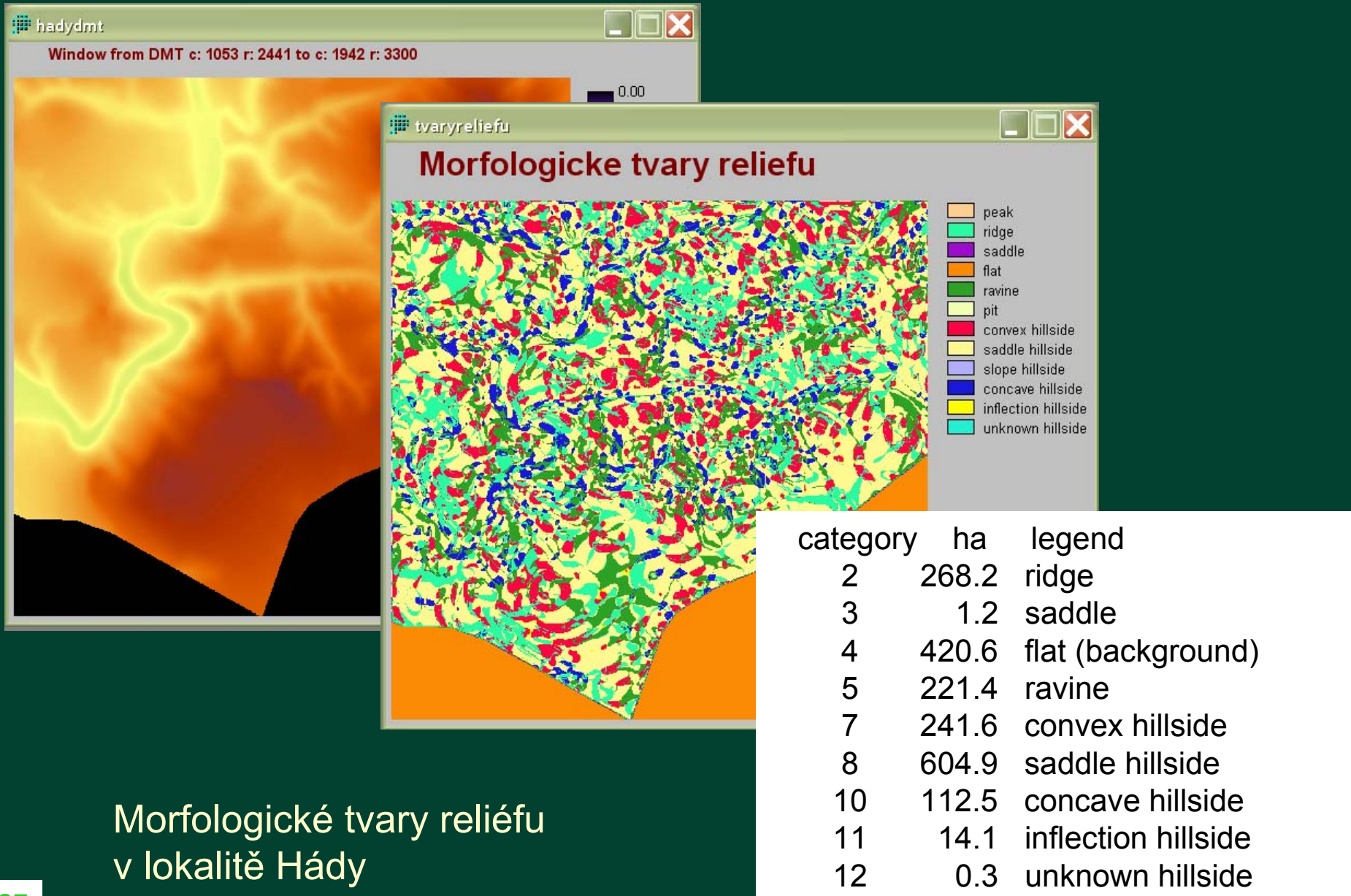
Modul TOPOSHAPE klasifikuje obraz digitálního modelu terénu do jedenácti morfologických tvarů reliéfu:

peak, ridge, saddle, flat, ravine, pit,
convex hillside, saddle hillside, slope hillside, concave hillside,
inflection hillside

česky

vrchol, hřeben, sedlo, plošina, strž, deprese,
konvexní svah, svah v sedle, úbočí, konkávní svah, inflexní část svahu

Algoritmus pro odvození tvarů reliéfu je založen na publikaci
Pellegrini G. J., 1995: Terrain Shape Classification of Digital Elevation Models
using Eigenvectors and Fourier Transforms; UMI Dissertation Services.



Děkuji za pozornost

Kontakt

Prof. Vladimír Židek
Ústav geoinformačních technologií MZLU
Zemědělská 3, 61300 Brno
Tel. +4205 4513 4014-5
E-mail: zidek@mendelu.cz
<http://mapserver.mendelu.cz/>

