

## Vliv přesnosti DMR na kvalitu územního plánování

Jana Svobodová<sup>1</sup>, Jaroslav Burian<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Katedra Geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, tř. Svobody 26, 77146, Olomouc, Česká republika  
svobodova-j@centrum.cz

<sup>2</sup>Katedra Geoinformatiky, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, tř. Svobody 26, 77146, Olomouc, Česká republika  
jaroslav.burian@upol.cz

**Abstrakt.** Příspěvek se snaží představit důležitost přesného DMR a z něj odvozených charakteristik jako podkladů pro územní plánování. Maximálně přesný digitální model reliéfu je základní podmínkou pro správný výpočet dalších morfometrických charakteristik (např. sklonu a orientace svahu či křivosti reliéfu). Pokud neodhalíme a neodstraníme chyby v digitálním modelu reliéfu, jejich existence se určitě projeví právě při výpočtu morfometrických charakteristik mnoha extrémními či nereálnými hodnotami, které mohou mít následně špatný vliv na rozhodování v procesu územního plánování.

**Klíčová slova:** digitální model reliéfu, morfometrické charakteristiky, přesnost, územní plánování

**Abstract.** The influence of the accuracy of DEM on the quality of urban planning. The paper tries to introduce the importance of accurate DEM and the derivative characteristics as base for the planning. The highly accurate digital elevation model is an essential condition for the correct calculation of additional morphometric characteristics (slope and aspect or curvature of relief). While in urban planning the DEM can be used for basic 3D visualization or analysis of visibility, orientation and aspect can estimate potential areas for various human activities. If the errors in the digital terrain models are not eliminated, their existence is certainly reflected in the calculation of the morphometric characteristics of many extreme or unreal values, which may have a bad influence on the decision-making process in urban planning.

**Keywords:** digital elevation model, morphometric characteristics, accuracy, urban planning

### 1 Přesnost digitálního modelu reliéfu

Úkolem digitálního modelu reliéfu (DMR) je snaha co nejlépe reprezentovat variabilitu reliéfu. Kvalita této reprezentace je však limitována mnoha faktory, vycházejícími z podstaty tvorby modelu. Zatížení modelu nepřesnostmi se následně projevuje ve všech analýzách prováděných na daném modelu, tedy například i v procesu zpracovávání podkladů pro územní plánování.

#### 1.1 Typy a zdroje chyb

Většina DMR v ČR je vytvořena ze zdigitalizovaných analogových topografických map velkých měřítek. Kromě toho, že tyto mapy mohou být zastaralé, jsou již samy o sobě primárně zatíženy chybami. Převedením do digitální formy se tato chyba dále zvětšuje. Je nezbytné mít na paměti, že nelze provádět přesné analýzy z nepřesných dat a k hodnocení výsledků je třeba přistupovat kriticky (Voženílek a kol. 2001).

Výškové hodnoty v DMR jsou zatíženy třemi typy chyb (Hengl et al. 2003, Klingseisen 2004):

- Omyly (angl. blunders) jsou vertikální chyby spojené s procesem sběru dat.
- Systematické chyby (angl. systematic errors) jsou výsledkem procedury použité v procesu vytváření DMR.
- Náhodné chyby (angl. randoms) jsou čistě nepředvídatelné a zůstávají v modelech po odstranění omylů a systematických chyb.

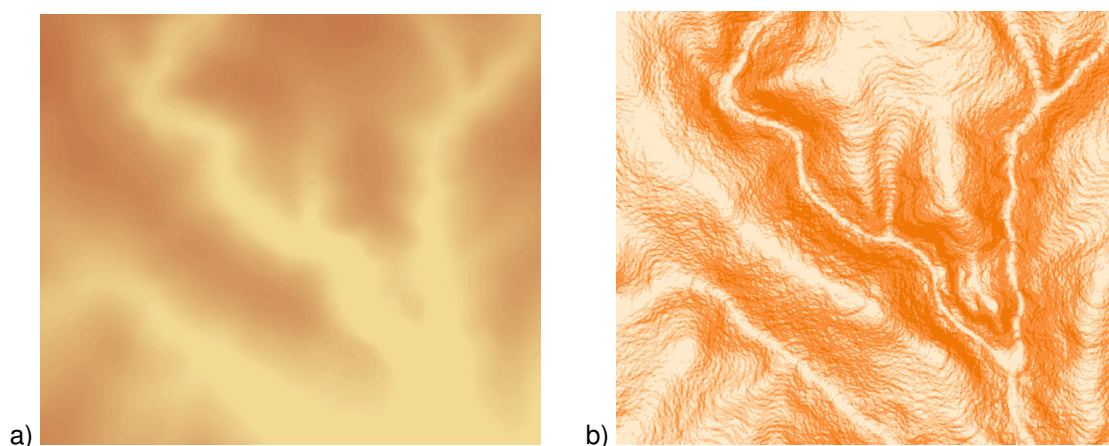
Existuje několik zdrojů chyb a nepřesností vyjádření prostorových vlastností reliéfu (Voženílek 2002, Svobodová - Voženílek v tisku):

- Typ podkladových dat

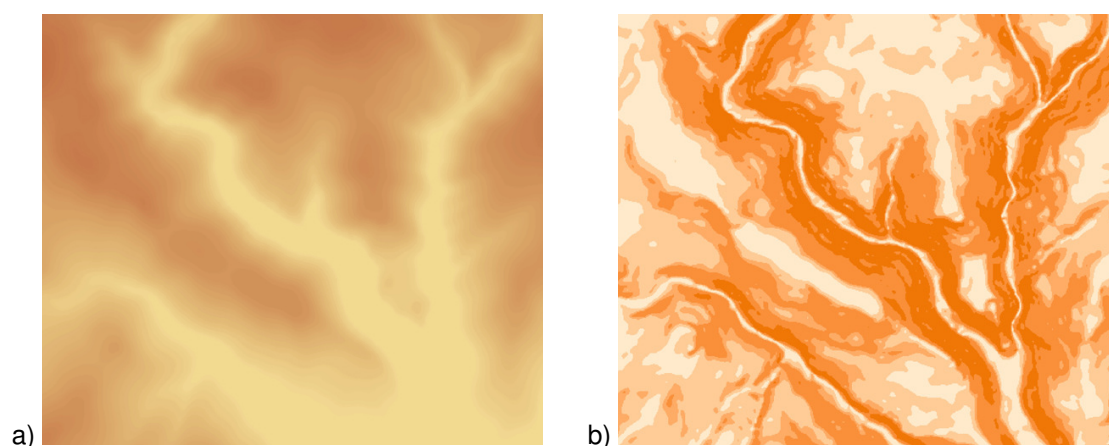
- Měřítko mapy
- Počet rozměrů v modelu
- Volba typu digitálního modelu reliéfu
- Volba interpolační metody digitálního modelu reliéfu

## 1.2 Vliv kvality digitálního modelu reliéfu na odvozené morfometrické charakteristiky

Z vygenerovaného DMR se odvozují hodnoty nejrůznějších morfometrických a dalších charakteristik reliéfu (Voženílek a kol. 2001), které se však liší podle použitých parametrů interpolačních metod. Nevhodně zvolená a nastavená interpolační metoda má za následek vznik nekvalitního DMR, z něhož jsou pak dále odvozovány chybné hodnoty geomorfometrických parametrů. Na obrázcích digitálních modelů reliéfu vytvořených pomocí různých a různě nastavených interpolačních metod (obr. 1a, 2a) není na první pohled vidět výrazný rozdíl v průběhu hodnot nadmořských výšek. Díky vizualizaci sklonů odvozených z příslušných DMR lze však pozorovat značný rozdíl mezi nevhodně (obr. 1b) a vhodně (obr. 2b) zvolenými hodnotami vstupních parametrů interpolačních metod výchozích DMR.



**Obr. 1.** (a) DMR vytvořený metodou IDW s parametry power = 0,5 a počet vstupních bodů (zahrnutých do výpočtu neznámé hodnoty) = 30. (b) Grid sklonu odvozený z digitálního modelu reliéfu (1a), na kterém je patrné roztržitěné rozložení hodnot sklonů do rychle se střídajících tenkých pásků kopírujících průběh vrstevnic, což je způsobeno nevhodným nastavením parametrů DMR (1a).



**Obr. 2.** (a) DMR vytvořený metodou splajnů s tenzí s parametry weigh (tenze) = 5 a počet vstupních bodů = 20. (b) Grid sklonu odvozený z digitálního modelu reliéfu (2a), kde hodnoty sklonů v jednotlivých intervalech tvoří reálnější spojitě plochy.

Vizualizace DMR a z něj odvozených morfometrických charakteristik je jen jednou z možností, jak určit v první fázi vhodnost či nevhodnost použití a nastavení interpolační metody. Pro konečné stanovení nejvhodnějších parametrů interpolace je však vždy potřeba provést i objektivnější statistické hodnocení (např. výpočet RMSE, porovnání na základě vážených průměrů, atd.) (Kadlčíková – Tuček 2008).

### 1.3 Vztah členitosti reliéfu a kvality digitálního modelu reliéfu

Chyby v odvozených parametrech jsou většinou mnohem znatelnější než ve výchozích DMR. To je dále umocněno vlastnostmi (konfigurací) skutečného reliéfu – rovin, pahorkatin, vrchovin a hornatin. Je zřejmé, že existuje přímá úměrnost mezi relativní členitostí reliéfu a zkoumanými nepřesnostmi – v pahorkatinách jsou nepřesnosti menší než v hornatinách. Jakákoli chyba v digitálním modelu reliéfu pak generuje chybu i ve výsledku aplikace, ve které je reliéf jedním z faktorů.

Při porovnání odchylek základních statistických charakteristik od vstupních výškových dat např. u vrchovin a rovin je patrné, že odchylky (chyby) i rozdíly mezi výsledky jednotlivých interpolačních metod se směrem od členitějších typů reliéfu k méně členitým typům reliéfu zmenšují (tab. 1, tab. 2), což je podmíněno zmenšujícím se rozptylem hodnot nadmořských výšek. Obdobný trend lze sledovat i u hodnot RMSE. Rozdíly hodnot RMSE mezi testovanými metodami i v rámci jednotlivých metod, se směrem od členitějších typů reliéfu (hornatin, vrchovin) k méně členitým typům reliéfu (pahorkatinám, rovinám) zmenšují (tab. 3, tab. 4).

**Tabulka 1.** Odchylky základních statistických charakteristik od hodnot vstupních bodů pro testované metody na příkladu ploché vrchoviny (Divácké vrchoviny)

		<i>průměrná nadmořská výška [m]</i>	<i>směrodatná odchylka [m]</i>	<i>maximální nadmořská výška [m]</i>	<i>minimální nadmořská výška [m]</i>
vstupní body		284,060	29,340	220,000	385,000
odchylka od vstupních bodů [m]					
Divácká vrchovina (plochá vrchovina)	IDW	max.	0,812	2,802	7,855
		min.	0,537	0,456	0,000
	regulovaný spline	max.	1,034	3,499	10,562
		min.	0,967	3,302	3,165
	spline s tenzí	max.	0,964	3,319	2,343
		min.	0,795	2,724	0,148

**Tabulka 2.** Odchylky základních statistických charakteristik od hodnot vstupních bodů pro testované metody na příkladu roviny (Žerotínské roviny)

		<i>průměrná nadmořská výška [m]</i>	<i>směrodatná odchylka [m]</i>	<i>maximální nadmořská výška [m]</i>	<i>minimální nadmořská výška [m]</i>
vstupní body		251,713	3,840	245,000	260,000
odchylka od vstupních bodů [m]					
Žerotínská rovina (rovina)	IDW	max.	0,825	1,768	1,919
		min.	0,604	0,128	0,000
	regulovaný spline	max.	0,877	0,400	0,149
		min.	0,802	0,275	0,000
	spline s tenzí	max.	0,880	0,411	2,966
		min.	0,630	0,196	0,000

**Tabulka 3.** Maximální a minimální hodnoty RMSE dosažené použitím jednotlivých interpolačních metod na příkladu ploché vrchoviny (Divácké vrchoviny)

Divácká vrchovina (plochá vrchovina)	RMSE		interpolační metoda	nastavení parametrů		
	max.	min.		počet vstupních bodů	mocnitel	váha
	max.	6,078	IDW	50	0,5	
min.	2,096	10		3		
max.	0,820	regulovaný spline	10		0,9	
min.	0,722		30		0	
max.	1,142	spline s tenzí	3		50	
min.	0,719		30		10	

**Tabulka 4.** Maximální a minimální hodnoty RMSE dosažené použitím jednotlivých interpolačních metod na příkladu roviny (Žerotínské roviny)

Žerotínská rovina (rovina)	RMSE		interpolační metoda	nastavení parametrů		
	max.	min.		počet vstupních bodů	mocnitel	váha
	max.	1,824	IDW	50	0,5	
min.	0,000	3		2		
max.	0,153	regulovaný spline	5		0	
min.	0,110		10		0,01	
max.	0,257	spline s tenzí	3		50	
min.	0,097		10		10	

S rostoucí členitostí reliéfu se tedy mění velikost chyb. V první řadě se jedná o chyby ve smyslu kvality vlastního DMR, který má vliv na odvozované parametry, v druhé řadě se pak může jednat o rozdíly mezi vyjádřením ve 2D a 3D. Tomuto tématu, rozdílu hodnot při vyjádření ve 2D a 3D, se věnuje např. práce Svobodová – Voženílek (v tisku).

## 2 Prostorové konflikty s nevhodným sklonem svahu

Sklon svahu je charakteristikou reliéfu, která do značné míry ovlivňuje většinu lidských aktivit v jakémkoliv území. Roviny a mírné svahy byly vždy vyhledávány a osídlovány dříve než svahy s vyššími sklony. Výjimku tvoří pouze aktivity spojené s nutností skloněného terénu, např. zimní sporty nebo oblasti, kde není vhodnější (rovnější) lokalita. Z urbanistického hlediska jsou svahy vždy technicky náročnějším a také finančně nákladnějším řešením. Je však také nutné zmínit, že v oblasti územního plánování není s přesnými hodnotami sklonu svahu příliš často počítáno, a tak návrhy na využití ploch v území jen málokdy zohledňují toto kritérium.

### 2.1 Sklon svahu – limitní hodnoty

Urbanizované plochy mají vymezeny limitní hodnoty sklonu pro určité typy lidských aktivit. Důvodem mohou být například nebezpečí eroze či sesuvů a následná technická náročnost jejich zabezpečení. Technicky obtížné a finančně nákladnější je rovněž realizovat výstavbu objektů (budov nebo komunikací) v oblastech s výraznějším sklonem.

Umístění bytové a průmyslové výstavby je doporučováno do sklonu 7° bez omezení, což někdy není respektováno. Proto návrhy urbanizovaných ploch na svahy se sklonem vyšším než 7° nejsou vhodné.

Sklenička (2003) doporučuje využití přírodních ploch území podle sklonu svahu vzhledem k možnému

eroznímu ohrožení následovně. Svahy do sklonu 7° nemají žádná omezení, na svazích se sklonem od 7° do 12° se doporučuje využití pro ornou půdu s protierozními opatřeními, od 12° do 20° jsou doporučovány trvalé travní porosty, od 20° do 30° lesy s hospodářskou funkcí a nad 30° les s ochrannou funkcí. Obecně se doporučuje převod ploch se svazitostí vyšší než 17° do lesního půdního fondu. Kolečka (1999, 1996, 2001) uvádí jako kritický sklon svahu, od kterého velmi často dochází k erozi půdy na zemědělských pozemcích hodnotu 15°.

Využití jednotlivých kategorií urbanizovaných ploch území je limitováno podle typu, rozsahu a způsobu využití. Například bytová výstavba je podle Ružičky (2000) limitována sklonem do 12°, při individuální bytové výstavbě je možná realizace staveb do sklonů svahů až 17°. Průmyslové stavby mohou být umísťovány na svazích se sklonem menším než 7°. Specifická opatření platí pro zemědělské využití. Zahrady mohou být na sklonech do 3°. Orná půda je limitována sklonem do 7° s nutností agrotechnických protierozních opatření, ovocnářství a sadařství umožňuje využití svahů do 17°. Podobné hodnoty uvádí rovněž Kolečka (1996, 1999 a 2001).

Na území České republiky je 43,4 % orných půd na svazích se sklonem 3 až 7°, 9,8 % na svazích se sklonem 7 až 12° a 0,7 % na svazích nad 12°.

## 2.2 Hranicko

Hranicko je poměrně členitý region, především v severní části území. Nachází se zde převážně pahorkatiny v kombinaci s vrchovinami. Hluboce zaříznutá údolí řek jsou lemována svahy se sklonem i 25°. Tyto sklony jsou pro urbanistické využití možné s vyššími náklady a důslednou péčí s ohledem na nebezpečí eroze apod. Je však nutné rozlišovat přírodní plochy a urbanizované plochy, neboť limity využití se značně různí. Společným problémem při jakémkoli využití svahů je nedopustit vznik eroze půdy. A právě k tomuto opatření směřují limity využití.

Při prostorových analýzách přírodních podmínek, tedy sklonitosti území Hranicka a stávajícího a navrhovaného využití území z územních plánů obcí byly odhaleny některé konflikty. V rozporu s obecně doporučovanými sklony pro jednotlivé typy využití území jsou některé aktivity navrhovány do svazitějších území.

Jako nejkritičtější lze označit celkem 11,2 ha současné orné půdy na svazích se sklonem nad 20°. Konflikt nastává i na 30,6 ha v případě sklonu nad 17°, dále na 64,2 ha v případě sklonu nad 15° a na celkem 215 ha v případě sklonu nad 12°, což jsou sklony doporučované již pro trvalé travní porosty a nikoli ornou půdu. Navrhované plochy orné půdy jsou umísťovány většinou v lokalitách s vhodným sklonem svahu, tedy do 12° a pouze 0,13 ha je navrženo na plochách s nevhodným sklonem svahu nad 12°.

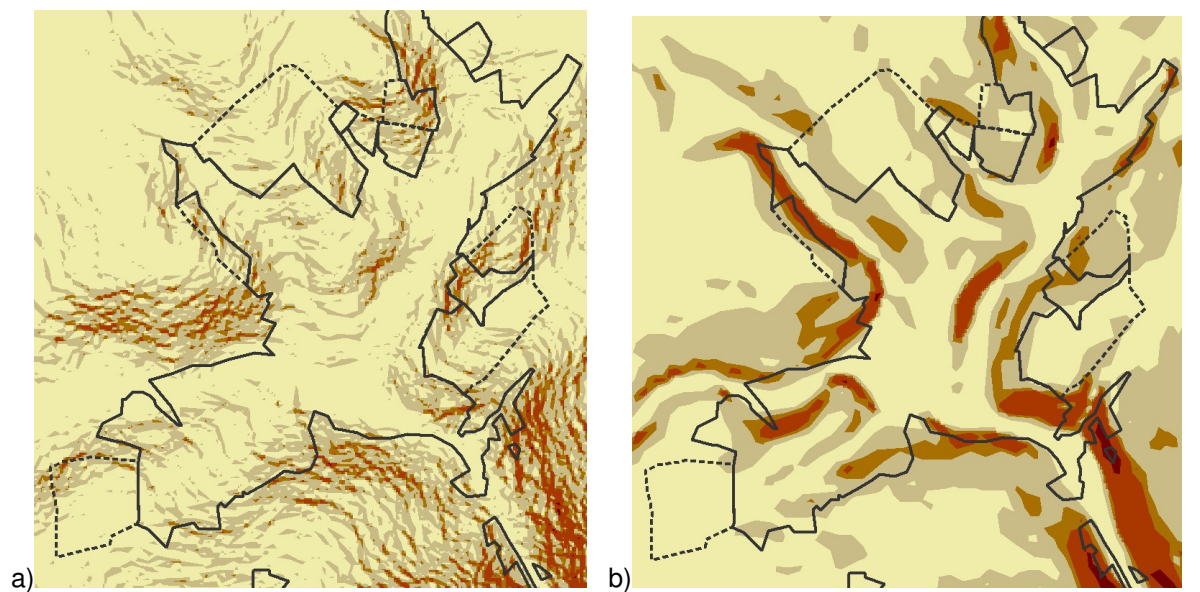
V případě urbanizovaných ploch je situace obdobná. Pro průmyslové využití jsou doporučovány svahy se sklonem do 7°. Tuto hodnotu překračuje celkem 9,1 ha navrhovaných výrobních aktivit a 0,8 ha ploch navrhovaných pro průmyslové využití. Pro bytovou výstavbu je limitním sklonem 12° a pro individuální bytovou výstavbu sklon 17°. Tyto hodnoty jsou v návrzích umístění ploch také překračovány. Jde celkem o 0,51 ha ploch na svazích se sklonem větším než 20°, resp. o 1,37 ha ploch se sklonem vyšším než 17°. Faktem zůstává, že v současné době je využíváno v obcích Hranicka pro bydlení 4,02 ha ploch se sklonem vyšším než 20°, resp. 9,22 ha ploch se sklonem nad 17°. Funkci bydlení vyšší sklon svahu jistě neomezují, vyžadují však komplexní přístup urbanistický, technický i estetický, aby nedošlo k porušení harmonie krajiny a rázu obcí.

## 2.3 Vybrané lokality Hranicka

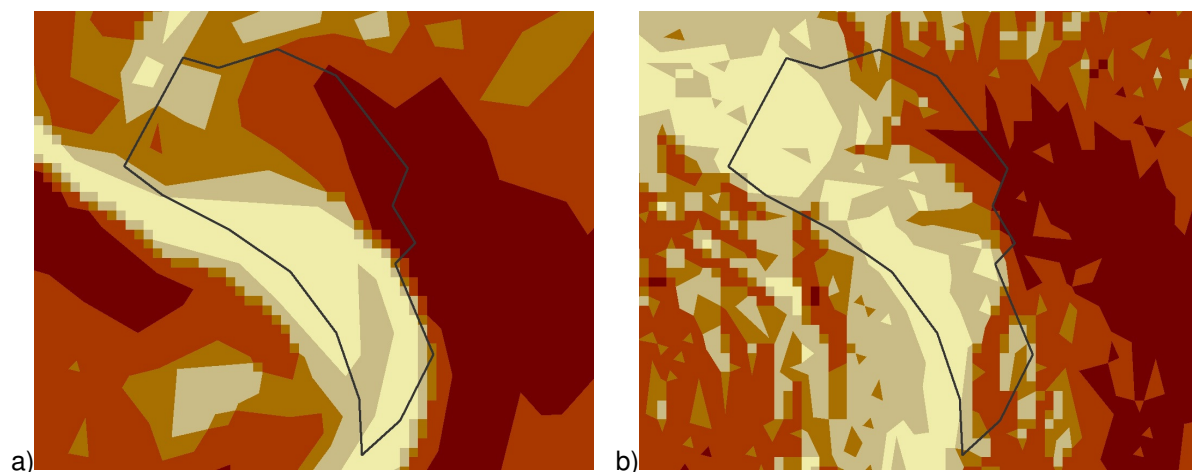
V této kapitole se termínem „kvalitní sklon svahu“ rozumí sklon svahu vygenerovaný z DMR vytvořeného pomocí metody splajnu a jako „nekvalitní sklon svahu“ se označuje sklon svahu vygenerovaný z DMR vytvořeného pomocí metody IDW. Následující příklady názorně dokumentují lokality, ve kterých je rozdíl mezi „kvalitním sklonem svahu“ a „nekvalitním sklonem svahu“ nemarkantnější. Z obr. 3 je dobře patrné, že zatímco na obrázku 3a se v místech se sklonem větším než 12° nachází jen minimum pixelů, tak na obr. 3b do kategorie sklonu svahu více než 12° spadá výrazně větší množství pixelů. Pokud by byl v této lokalitě vytvořen nekvalitní sklon svahu a z něj by bylo následně usuzováno o dalším rozvoji lidské činnosti, byla by výsledná rozhodnutí značně nepřesná. Podobná situace nastává i v případě obr. 4, kde na obr. 4b do kategorie 12°a více spadá jen malé množství pixelů a na obr. 4a je to již značná část znázorněného zastavěného území obce Potštát.

Obrázek 6 následně dokumentuje stejné území obce Potštát s územním plánem jako podkladovou vrstvou. Zatímco z obr. 6b je patrné, že sklon svahu na 12° se v oblasti vyskytují jen velmi zřídka, obr.

6a již dokumentuje, že část ploch navržených nebo již vyžívaných pro bydlení nebo rekreaci a spot leží na sklonech se svahem větším než 12°.

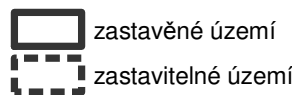
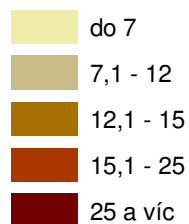


**Obr. 3.** (a) zastavěné plochy (šedá linie) a zastavitelné plochy (šedá šrafa) nad přesnějším sklonem svahu odvozeným z DMR vygenerovaného metodou splajnů, (b) zastavěné plochy (šedá linie) a zastavitelné plochy (šedá šrafa) nad nepřesným sklonem svahu odvozeným z DMR vygenerovaného metodou IDW

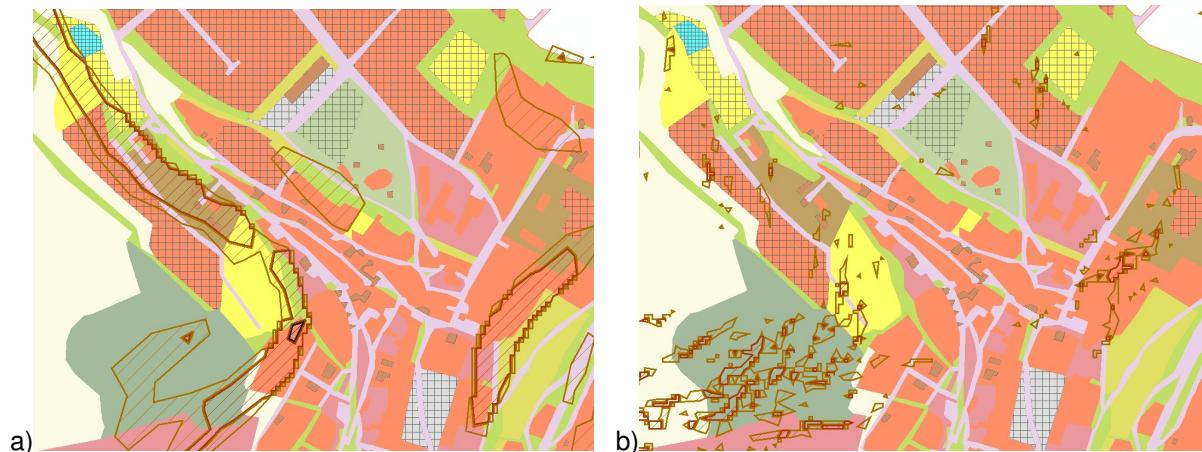


**Obr. 4.** (a) zastavěné plochy (šedá linie) nad přesnějším sklonem svahu odvozeným z DMR vygenerovaného metodou splajnů, (b) zastavěné plochy (šedá linie) nad nepřesným sklonem svahu odvozeným z DMR vygenerovaného metodou IDW

Sklon svahu [°]



**Obr. 5.** Legenda k obr. 3 a 4



**Obr. 6.** (a) DMR vytvořený metodou splajnů s tenzí s parametry weigh (tenze) = 5 a počet vstupních bodů = 20.  
 (b) Grid sklonu odvozený z digitálního modelu reliéfu (2a), kde hodnoty sklonů v jednotlivých intervalech tvoří reálnější spojité plochy.

### Funkční plochy

	bydlení návrh		orna puda stav	Sklon svahu [°]	
	bydlení stav		parkoviště návrh		
	bydlení výhled		sady a zahrady stav		
	hřbitov návrh		služby, garáže, hospodářské objekty stav		
	hřbitov stav		sport a rekreace návrh		
	komunikace stav		sport a rekreace stav		
	les stav		vodní tok, vodní plocha návrh		12,1 - 15
	občanská vybavenost stav		zemědělská výroba stav		15,1 - 25
	ochranná a doprovodná zeleň stav				25 a víc

**Obr. 7.** Legenda k obr. 6

## 3 Závěr

Příklady uvedené v kapitole 2 názorně dokumentují, jak je zásadní správná volba použité interpolační metody. Nekvalitní digitální model reliéfu má za následek vygenerování nepřesného a nekvalitního sklonu svahu a může mít negativní následky na proces územního plánování. Proto by měla být při tvorbě územních plánů na výběr vhodné interpolační metody kladena zvýšená pozornost, aby výsledky byly co nejpřesnější.

## Reference

1. Ružička, M.: *Krajinnoeologické plánovanie – LANDEP I. (Systémový prístup v krajinej ekológii)*. Bratislava, 2000.
2. Sklenička, P.: *Základy krajinného plánování*. Praha, 2003
3. Kadlčíková, J. - Tuček, P.: Evaluation and setting of parameters in interpolating methods by modeling of different types of georelief. *Sborník z konference GIS Ostrava 2008*, Ostrava, 8 p., 2008.
4. Kilianová, H., Burian, J., Kadlčíková, J. (2008): Prostorové konflikty v územním plánování Mikroregionu Hranicko .Sborník z 24. konference fg. sekce ČGS MU Brno, xxs.
5. Klingseisen, B.: *GIS based generation of topographic attributes for landform cassification*. [diploma thesis] Fachhochschule Technikum Kärnten. 2004
6. Kolečka, J.: Krajinné plánování a využití GIS. *Sborník příspěvků Výroční konference České*

geografické společnosti „Česká Geografie v období rozvoje informačních technologií (Létal, A., Szczyrba, Z., Vysoudil, M., eds.), ČGS/UP, Olomouc, 2001, CD, s. 80-92. (ISBN 80-244-0365-X)

7. Batelková, K., Kolejka, J., Pokorný, J.: Horňácko - krajinná syntéza a GIS při hodnocení přírodní krajiny pro plánování regionálního rozvoje. *Geografie - Sborník ČGS*, roč. 101, 1996 č. 4, s. 296-309
8. Kolejka, J., Pokorný, J.: Využití integrovaných digitálních dat v územním plánování na bázi krajinného potenciálu. *Integrace prostorových dat - Olomouc '99. Sborník příspěvků*, Univerzita Palackého, Olomouc, 1999, s. 51-61. (ISBN 80-244-0003-0)
9. Svobodová, J., Voženílek, V.: Relief expression for models of natural phenomena. 15 s., (v tisku).
10. Voženílek, V. a kol. 2001. *Integrace GPS/GIS v geomorfologickém výzkumu*. Olomouc, Vydavatelství Univerzity Palackého, 161 p.
11. Voženílek, V.: Vliv vyjádření reliéfu na výsledky modelování prostorových jevů. *Sborník příspěvků Kongresu SGS*, 10.-12. 9. 2002, Nitra, 2002.