

## Užití některých prvků morfostrukturní analýzy v prostředí GIS

Karel Jedlička, Pavel Mentlík

*smrcek@mat.fav.cz, pment@kge.zcu.cz*  
ZČU v Plzni, Univerzitní 8, ZČU v Plzni, Plzeň

Jedním z nástrojů geomorfologického a geologického výzkumu je morfostrukturní analýza reliéfu (MAR). Je to soubor metodických postupů, jejichž cílem je objasnění přímých nebo nepřímých vazeb mezi částmi reliéfu a stavbou zemského nitra (DEMEK 1987). LACIKA (1986) považuje MAR za soubor různých metodologických postupů, které slouží k poznání morfostrukturních vlastností zkoumaného území. Jako morfostrukturu označujeme v souladu s pojetím (GERASIMOVA 1946 IN LACIKA, URBÁNEK 1998) element georeliéfu, který vzniká činností endogenních a exogenních činitelů, s dominantním působením endogenního faktoru. Geomorfologové západních zemí preferují označení morfotektonická jednotka – *morphotectonic unit* (LACIKA, URBÁNEK 1998).

Podle LACIKY (1986) můžeme metody MAR dělit na geomorfologické a negeomorfologické a to na základě toho, zda zkoumají morfostruktury cestou od georeliéfu ke struktuře (metody geomorfologické) nebo od struktury ke georeliéfu (metody negeomorfologické). Cílem tohoto příspěvku je výběr vhodných geomorfologických metod MAR a návrh metodiky jejich užití v prostředí geografických informačních systémů (GIS).

Užití GIS pro zpracování této problematiky se přímo nabízí, protože geomorfologické formy jsou prostorové útvary, mající určité uspořádání. Toto uspořádání může mít dvě základní prostorové orientace: stromovitou síť (např. síť údolnic nebo rozvodnic) a mřížkovou síť (URBÁNEK 1993, 2000).

Podle URBÁNKA (1993, 2000) je mřížková síť tvořena navzájem se křižujícími geomorfologickými liniemi, projevujícími se na georeliéfu zřetelnou orientací geomorfologických forem. Každá forma, která leží na geomorfologické linii, akceptuje její směr (příklad geomorfologické linie viz Obr. příl. A).

S pomocí geomorfologické mřížky je podle URBÁNKA (1993) možné určovat tektonicky podmíněné linie. Taková tektonická linie (vznikající především mladými tektonickými pohyby zlomového charakteru), je prostorovým sjednocením jednodušších forem, které se v prostoru váží na její obě strany.

Jak je patrné z Obr. příl. A, mohou geomorfologické linie kromě tektonických linií manifestovat i vliv pasívní morfostruktury. V takovém případě by geomorfologické linie, mohly být ukazatelem morfostrukturních projevů jak pasívních tak aktivních. Obecně může geomorfologická linie být prostorovou linií orientovanou (vektorem) nebo neorientovanou, která má v podstatě charakter hranice.

PÁNEK, DURAS (2002) vymezují jako směrově orientované morfotektonické linie zlomy (s různou aktivitou a projevem v georeliéfu) a jako neorientované

okrouhlé struktury (*circular structures*), kterými jsou hranice kleneb a kruhových struktur.

GIS přináší do geomorfologie nové výrazné možnosti (VITEK ET. AL. 1996), kdy je možné pomocí operací nad DEM (*digital elevation model*) pracovat s poměrně spolehlivými daty – například morfometrickými charakteristikami zájmových území, které mohou sloužit k jejich vzájemnému srovnání a analýzám (JEDLIČKA, MENTLÍK 2002).

Uspořádání geomorfologických útvarů do prostorových (geomorfologických) mřížek, dává možnost dalšího rozpracování této hypotézy pro realizaci MAR v prostředí GIS. Vybrané metody byly testovány v oblasti centrální Šumavy. Podle ŠEBESTY (1992) zde nacházíme tři významné typy reliéfu:

- Zbytky paleoreliéfu centrální části pohoří přesahující 1 000 m n. m.
- Zbytky paleoreliéfu v marginálních oblastech pohoří, které se nachází v šumavském podhůří ve výškách 750–850 m n. m. a okolo 600 m n. m.
- Údolní síť, která byla modelována plio–pleistocénní erozí.

Tyto tři typy reliéfu se společně vyskytují v centrální Šumavě v oblasti Prášílska, Modravská a okolí Srní. Značná geomorfologická pestrost byla důvodem výběru této oblasti pro testování vybraných metod. Zájmové území (Obr. příl. B a C) bylo vymezeno rozvodnicemi. K tomu byl použit modul hydrologické analýzy (JEDLIČKA, MENTLÍK 2002).

**Generelní obraz geologické stavby** zájmové oblasti je dán plutonickým jádrem, které je tvořeno dvěma variskými žulovými masívy (prášílský masív a masív Vydry) a jejich moldanubickým pláštěm PELC (1991). Tektonicky se výrazně projevují linie S–J a SZ–JV – více viz (MENTLÍK 2002).

Podle KOPECKÉHO (1983) se zájmové území řadí do vrcholové části Šumavy. Zasahuje sem klenba Plesné (1 336 m), rozvinutá klenba Poledníku (1 315 m) – obě mají maximální předpokládaný vertikální pohyb za neotektonické období nad 1 200 m, nevýrazný prohyb Roklanského potoka a složitá synklinála horního toku Křemelné. Výrazné složitě diferencované kupy se podle KOPECKÉHO (1983) zvedají nad zbytky reliktního zarovnaného povrchu nevhodně označovaného jako peneplén. Na západě je zájmové území omezeno antiklinálou Velké a Malé Mokrůvky.

Následuje rozbor jednotlivých užitých metod a stručný popis jejich aplikace v prostředí GIS.

**Textura říčních sítí** je ve zvětšené míře kontrolována geologickými podmínkami zejména v případě pravoúhlé a mřížkovité říční sítě (AHNERT 1996), kde dlouhé přímé úseky vodních toků obvykle manifestují morfostrukturní podmínky.

Konstrukce mřížky vodních toků spočívala ve vizuálním zhodnocení typů říčních sítí podle (AHNERT 1996 a STRAHLER, STRAHLER 2003), určení typu jejich textury, vyhledání přímých úseků vodních toků (vzhledem k použitému měřítku, byla stanovena mezní délka 1 km) a následném porovnání jejich směrů.

Pokud byla zjištěna linie, obsahující alespoň dvě přímé části toků uvedené délky, byla v celém svém průběhu zaznamenána jako geomorfologická linie směru vodních toků (Obr. příl. B).

**Zjištění morfometrických charakteristik georeliéfu** je v prostředí GIS poměrně jednoduché (JEDLIČKA, MENTLÍK 2002), i když jejich přesnost je závislá na charakteru vstupních dat. Můžeme předpokládat, že na výrazné morfostrukturní linie jsou vázány svahy výraznějších sklonů – zejména pokud se jedná přímo o tektonicky podmíněné svahy. K výpočtu morfometrických charakteristik v prostředí GIS je nutná tvorba DEM a postup je blíže popsán v JEDLIČKA, MENTLÍK (2002). Jako vstupní data byly použity vrstevnice DMÚ 1 : 25 000.

Jako geomorfologická linie svahů s výraznými sklony byla zvolena spojnice alespoň dvou oblastí se sklonem svahů větším než 25°, stejného směru (90° ke spádnicí). Hranice 25° byl zvolena na základě předchozích prací JEDLIČKA, MENTLÍK (2002), kdy bylo zjištěno, že v oblasti Šumavy jsou nejčastěji rozšířené sklony v intervalu 15–25°. Tato hodnota je uvedena (DEMEK ED. 1972) jako horní hranice sklonů svahů typických pro středohory. Délka úseku svahu uvedeného sklonu musela být minimálně 1 km.

Pro **analýzu zarovnaných povrchů** je opět základem DEM. Výzkumem zarovnaných povrchů v našich podmínkách se zabýval (KRÁL 1968, 1971 a 1985), který jako hranici pro vymezení zarovnaných povrchů použil hodnoty 2° resp. 4° pro erozí postižené zarovnané povrchy. Na DEM byly vymezeny oblasti s výskytem těchto sklonů. Zjištěné celky byly zredukovány odstraněním menších ploch než 0,04 km<sup>2</sup>. Toto velikostní omezení použil i (KRÁL 1971). Došlo tak k odfiltrování ploch, nacházejících se v okolí vodních toků a menších oblastí u kterých je spíše pravděpodobný vznik působením exogenních činitelů, než předpoklad, že se jedná o relikty starého zarovnaného povrchu. Vznikla tak vrstva zarovnaných povrchů zájmového území. V zájmovém území byly empiricky vymezeny čtyři výrazné oblasti s velkým různě diferencovaným výskytem zarovnaných povrchů.

- Silně homogenní oblast SZ od Prášil v nadmořské výšce 800–900 m.
- Malý, diferencovaný celek v okolí Srní,
- Poměrně homogenní území v okolí Horské Kvildy
- Rozsáhlá, ale dosti heterogenní jednotka v okolí Modravy (resp. mezi Modravou a státní hranicí), kde se relikty zarovnaných povrchů nachází v intervalu 1 000–1 200 m n. m.

Empirické vymezení bylo ověřeno GIS analýzou, která spočívala v tvorbě centroidů zarovnaných povrchů – po převodu do vektorové reprezentace. Z těchto centroidů byl metodou trendu (*trend*) interpolován povrch. Tento povrch vykazoval skokové změny ve svém průběhu právě v oblastech, které odpovídaly hranicím empiricky vymezeným celkům.

**Metodu analýzy morfometrických map** popisuje ZUCHIEWITZ (1981) a u nás ji využil například PÁNEK (2001), v západních Karpatech.

Podle ZUCHIEWITZE (1981) je metoda vhodná pro studium neotektonických struktur u platforem i mladých zlomových pohoří. V místech intenzivního zdvihu gradient izobazit roste, v poklesávajících celcích je opačný. Mapa izobazit vychází z říční sítě, která je ohodnocena podle Strahlerovy metody – např. (STRAHLER, STRAHLER 2003). Ubíráním přítoků jednotlivých řádů dostáváme vzhled povrchu před rozčleněním říční erozí (ZUCHIEWITZ 1981).

Klasická tvorba mapy izobazit spočívá ve vytvoření povrchu z bodů, které jsou na průsečících vodních toků do určitého řádu a vrstevnic určeného intervalu (ZUCHIEWITZ 1981). V GIS probíhala konstrukce mapy v následujících krocích:

- Klasifikace zdrojové 2D vektorové říční sítě podle Strahlera
- Převedení říční sítě do 3D reprezentace – všechny body (vrcholy) linií sítě získají informace o své nadmořské výšce z DEM.
- Určení požadovaného řádu říční sítě pro tvorbu mapy izobazit.
- Vytvoření povrchu z linií říční sítě (vybraného řádu) ve vymezené zájmové oblasti.
- Volitelně generace libovolně podrobných izobazit.

Kvalitativní výhodou využití GIS pro tuto analýzu je to, že při získávání hodnot nadmořských výšek (krok 1) není omezena na průsečíky říční sítě a vrstevnic, nýbrž pro tento převod do 3D může využít libovolný bod DMÚ. Z uvedeného vyplývá, že i výsledkem není pouhé prostorově diskrétní vyjádření pomocí izobazit, ale kontinuální reprezentace zkoumaného jevu povrchem.

Z jednotlivých dílčích analýz byla následně v prostředí GIS provedena syntéza zjištěných skutečností. Podle URBÁNKA (1993) je geomorfologická linie tvořena různými geomorfologickými formami. Jednotlivé analýzy přinesly dílčí geomorfologické mřížky, které jsou vždy zaměřeny na jednu charakteristiku (i když konkrétní linie může být tvořena formami různé geneze (viz Obr. příl. A). Průnikem mřížek vznikla sekundární geomorfologická mřížka, která je tvořena sekundárními geomorfologickými liniemi. Podmínkou pro vymezení takové linie je průnik alespoň dvou základních (primárních) geomorfologických linií. Sekundární linie by měly charakterizovat hlavní morfostrukturní směry, které se ve zkoumané oblasti projevují a zároveň ohraničovat hlavní morfostruktury.

V zájmovém území bylo na základě zjištěných sekundárních geomorfologických linií vymezeno 6 morfostruktur (Obr. příl. C).

**Morfostruktura číslo 1** vymezuje Debrnickou hornatinu (podle KOPECKÉHO (1983) se jedná o klenbu Plesné) která na zájmové území zasahuje ze západu. Omezení oproti morfostruktuře 6 je v podstatě tvořeno úpatnicí a rozbor izobazit zde naznačuje oblast výrazného zdvihu. Hranice s morfostrukturou 2 probíhá údolím Prášilského potoka. Při srovnání s geologickou mapou (PELC, ŠEBESTA 1994) je zřejmé, že není provázána výraznou tektonickou linií.

**Morfostruktura 2** (Obr. příl. C) omezuje výraznou rozsochu Poledníku, která je významným morfologickým prvkem v oblasti. Na východě je omezena geomorfologickou linií (Obr. příl. A), která je shodná s předpokládaným

zlomem zakrytým mladšími útvary (PELC, ŠEBESTA 1994). Podle KOPECKÉHO (1983) je oblast Poledníku tvořena rozvinutou klenbou. Popsaná linie (Obr. příl. A) tuto elevaci rozděluje na dvě části. Odděluje tak Poledník s markantní ostruhou, tvořenou Skalkou (1 237,8 m) s výraznými kryoplanačními a glaciálními tvary (MENTLÍK 2002) a oblast Jezerního hřbetu s rozsáhlými plošinami v temenních partiích. Tato jednotka je označena (Obr. příl. C) jako **morfostruktura 5**. Nejvyšší elevací je zde Oblík (1 224,7 m), který se zvedá nad relikty zarovnaného povrchu, rozloženými v nadmořských výškách 1 000–1 200 m. Jejich výška klesá na území jednotky na linii Z–V. Na západě tohoto celku byla pomocí rozboru izobazit zjištěná oblast výrazného zdvihu. Tomu odpovídají i nad sebou položené zarovnané povrchy (asi v 900 m n. m. v okolí Prášil a asi ve 1 200 m n. m. na Jezerním hřbetu).

**Morfostruktura 3**, má pozvolna stoupající povrch přibližně z okolí Srní do nevyšších poloh pohraničního hřbetu. Výraznou elevací, která se zde nachází je hřbet tvořený Modravskou horou (1 159,6 m), Studenou horou (1 298,5 m) a Blatným vrchem (1 367 m). KOPECKÝ (1983) ji označuje jako hřbet Blatného vrchu. V celé jednotce nacházíme relikty zarovnaných povrchů různých úrovní. Nejsou zde odděleny výrazným stupněm jako je tomu mezi celky 5 a 6.

**Morfostruktura 4** omezuje elevaci Velké a Malé Mokřůvky (1 370,2 m a 1 330,3 m), kterou KOPECKÝ (1983) považuje za výraznou antiklinálu.

**Morfostruktura 6** představuje homogenní zbytek zarovnaného povrchu. Jedná se o výběžek Kocháňovských plání (BALATKA 1979).

Celkově lze říci, že použité metody vedly k vymezení konkrétních celků, které mají charakter odlišných morfostruktur. V tomto směru je v některých bodech zřejmá shoda se zjištěními KOPECKÉHO (1983). Odlišné jsou předběžné závěry předpokládané geneze jednotek. Zdá se, že spíše než o rozvinutou kupu se v oblasti Poledníku a Prášilka jedná o dvě do různých výšek vyzdvížené kry.

Předložený příspěvek si však neklade za cíl vytvoření nového morfostrukturního členění zájmového území. Jeho úkolem je upozornit na možnost užití GIS nejen jako nástroje pro inventarizaci tvarů a tvorbu mapových výstupů, ale i jako prostředí, ve kterém je možné provádět geomorfologické analýzy a jejich následné vyhodnocení. Použité metody je nutné doplnit a ověřit v různých typech reliéfu. Na Šumavě budou prováděné výzkumy rozšířeny tak, aby bylo zkoumané území co nejširší a závěry pokud možno objektivní. Velký význam bude mít i doplnění údajů terénního výzkumu, bez kterých mají získané výsledky čistě hypotetický význam. Vstup takového typu relevantních informací celý postup zkonkretizuje a zpřesní.

## **Literatura**

- AHNERT, F. 1996. Introduction to Geomorphology. London : Arnold. 352 p. ISBN 0-340-69259-6.
- BALATKA B. 1979: Regionální členění reliéfu Západočeského kraje. Krajský pedagogický ústav Plzeň, Plzeň. 55 pp.
- DEMEK, J. (ED.) 1971. Manual of Detailed Geomorphological Mapping. Praha : Academia.
- DEMEK, J. 1987. Obecná geomorfologie. Praha : Academia. 476 s.
- JEDLIČKA, K. MENTLÍK, P. 2002. Hydrologická analýza a výpočet základních morfometrických charakteristik povodí s využitím GIS. Sborník GEOINFORMATIKA z XX. Sjezdu ČGS v Ústí nad Labem 2002. edit: M. Balej, T. Oršulák. s. 46–58.
- KOPECKÝ, A. 1983. Neotektonický vývoj a stavba šumavské soustavy. Antropozoikum 15. Praha : ČSAV. Sborník geologických věd. s. 71–159.
- KRÁL, V. 1968. Geomorfologie vrcholové oblasti Krušných hor a problém paroviny. Rozpravy ČSAV, 78, 9, 66. řada MPV. Praha : Academia.
- KRÁL, V. 1971. Zarovnané povrchy v jižním předpolí Doupovských hor. Acta Universitatis Carolina 1, 2. Praha : UK Praha. s. 39–47.
- KRÁL, V. 1985. Zarovnané povrchy České vysočiny. Studie ČSAV, 10, 85. Praha : Academia. 72 s.
- LACIKA, J. 1986. Klasifikácia metód morfoštruktúrnej analýzy reliéfu. Bratislava : GGÚ ČSAV. Sborník prací 12. s. 36–38.
- LACIKA, J., URBÁNEK, J. 1998. New morphostructural division of Slovakia. Slovak Geological Magazin 4, 1. p. 17–28.
- MENTLÍK, P. 2002. Příspěvek ke geomorfologii okolí Prášílského jezera (povodí Jezerního potoka). Silva Gabreta 8, Vimperk : Správa NP Šumava. s. 19–42.
- PÁNEK, T. 2001. Morfostrukturní analýza české části Čantoryjské hornatiny (Slezské Beskydy). Geografie, Sborník České geografické společnosti, číslo 3, ročník 106. s. 148–165.
- PÁNEK, T., DURAS, R. 2002. The morphotectonics of the eastern marginal slope of Ropice–Range (The Moravskoslezské beskydy Mts.). Moravian geographical reports, 2002, 10, 2. Brno : Institute of Geonics, ASCR. p. 20–27. ISSN 1210-8812.
- STRAHLER, A., STRAHLER, A. 2003. Introducing Physical Geography. New York : John Wiley & Sons. 3th edition. 684 p. ISBN 0-471-23800-7.
- ŠEBESTA, J. 1992. Exodynamic analysis of Central Šumava Mts. Czech Geological Survey Prag. p. 5–7.
- URBÁNEK, J. 1993. Geomorfologické formy tektonického povodu (identifikácia a mapovanie). Mineralia slovac, 25 (1993), s. 131–137.
- URBÁNEK, J. 2000. Geomorfologická analýza – hľadanie pravdy. Geografický časopis, číslo 4, ročník 52. s. 291–302.
- VITEK, J. D. ET. AL. 1996. Mapping geomorphology: A journey from paper maps, through computer mapping to GIS and Virtual Reality. Elsevier. Geomorphology 16. p. 233–249.
- ZUCHIEWITZ, W. 1981. Morphometric methods applied to the morphostructural analysis of mountainous topography (Polish Western Carpathians). Annales Societatis Societatis Geologorum Poloniae, 51. p. 99–116.

## Summary

### Use of some parts of morphostructural analysis in GIS

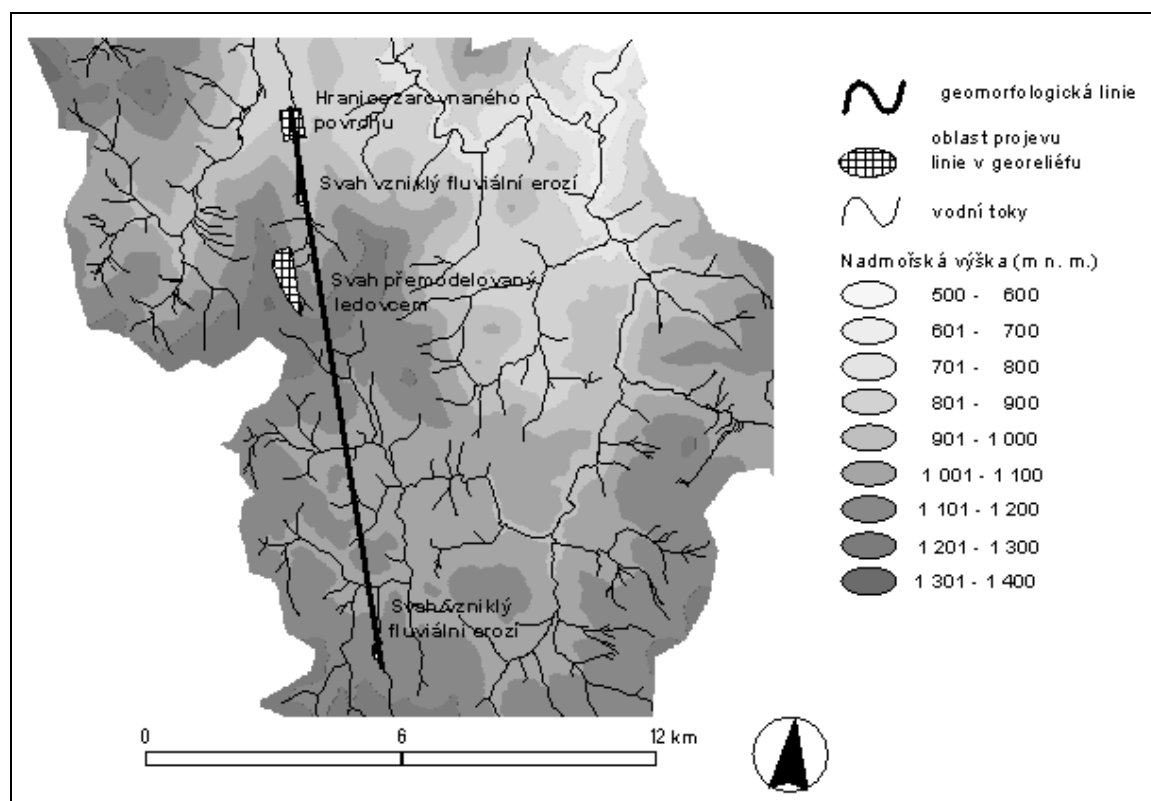
The morphostructural analysis serves for recognizing of relationship between morphostructural conditions and shapes of georelief. The presented paper deals with use of geomorphological methods of a morphostructural analysis in GIS. From geomorphological methods were chosen the methods of analysis of river networks, analysis of planed surfaces and analysis of steep slopes.

From the chosen characteristics were created geomorphological lines. From the geomorphological lines were created geomorphological lattices next. The ideas of geomorphological lines and lattices were described in URBÁNEK (1993) and (2000).

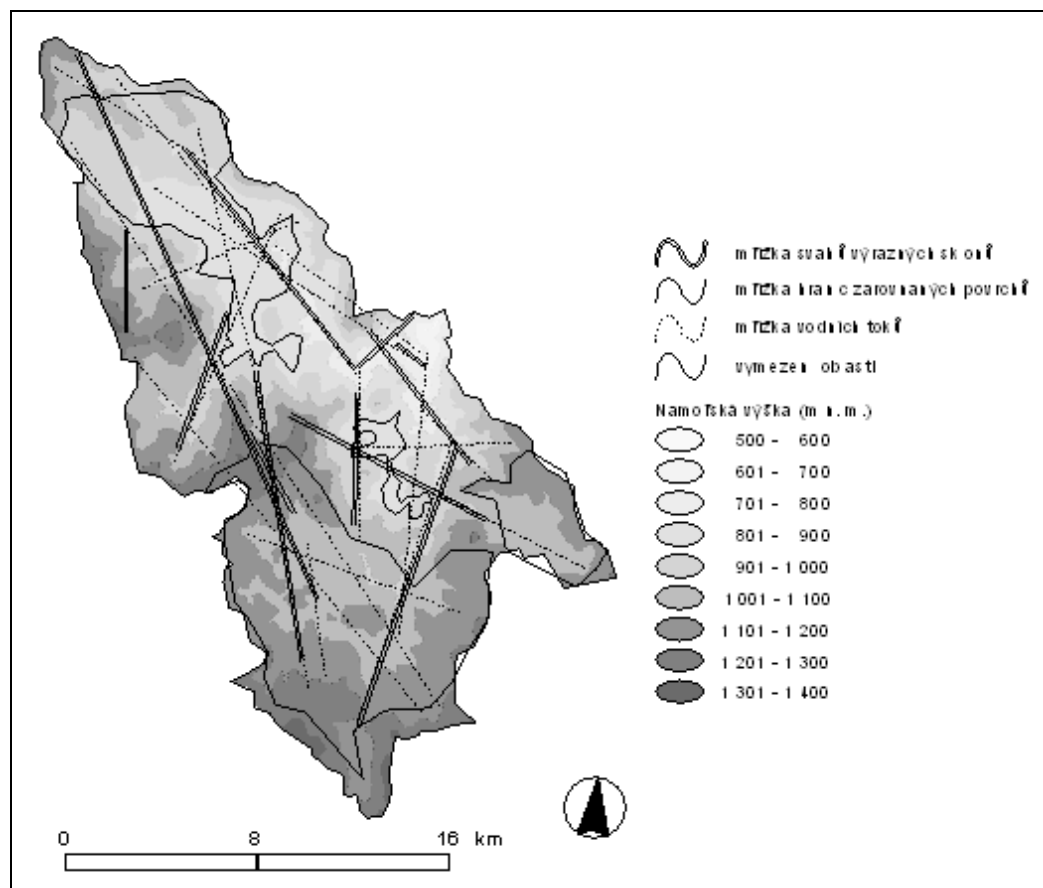
The geomorphological lattices were made from the chosen characteristics in GIS. Then an intersection of the lattices was made. By the result of the intersection a lattice of second order was acquired. The lattice presented the main morphostructural conditions in the investigated area. The second lattice was used for demarcation of morphostructural units.

The methods were used for the case study of the central part of Šumava Mts. The demarcations of the morphostructural units and the reliability of the used methods are discussed.

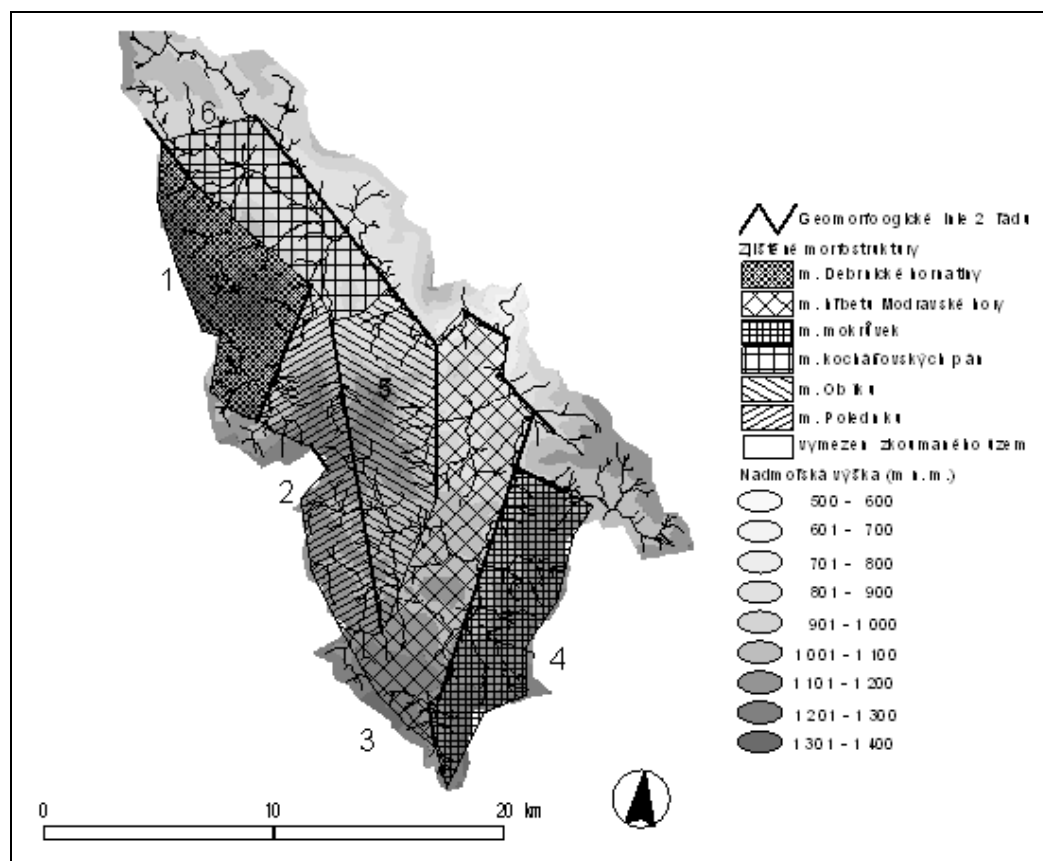
The result is that GIS are very good tools for creation of the significant methods of the morphostructural analysis. But searching of optimal methods and their sequence is necessary.



**Obr. příl. A:** Příklad geomorfologické linie s vyznačením míst manifestace linie v georeliéfu

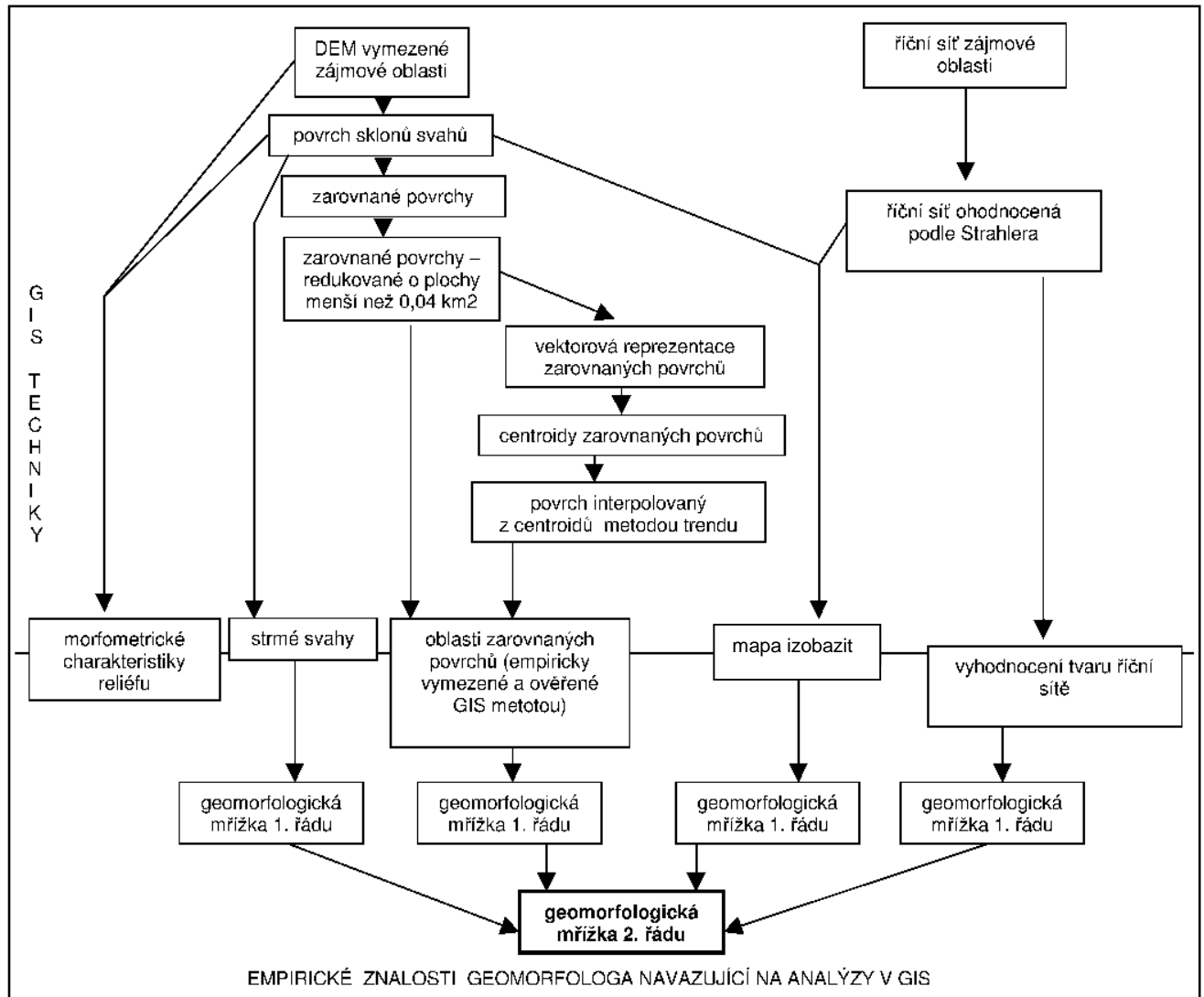


Obr. příl. B: Geomorfologické mřížky vymezené v zájmovém území



Obr. příl. C: Morfostruktury vymezené v zájmovém území





**Obr. příl. D:** Schéma provedených kroků morfostrukturní analýzy v prostředí GIS

