

Martin BOLTÍŽIAR

# MAPOVANIE A ANALÝZA VZŤAHU KRAJINNEJ ŠTRUKTÚRY A RELIÉFU VYSOKOHORSKEJ KRAJINY TATIER S VYUŽITÍM ÚDAJOV DPZ A GIS

**Boltížiar, M.: Mapping and Analysis of Relationship Between a Landscape Structure and Relief in the High Mountain Landscape of the Tatra Mts. Using of Results of the Remote Sensing and GIS.** Kartografické listy, 2003, 11, 7 figs., 6 graphs., 14 refs.

**Abstract:** This paper presents large-scale mapping and analyse of landscape structure and morphometric parameters (slope and orientation aspect) in Tatra high mountain landscape. For this purpose a set of aerial photographs scanning the study area are using and processing by GIS tools. The result is detailed analysis of relationship between landscape elements and relief. The most important result is large-scale map of Slavkovská valley (1:5,000) with detailed analysis of its elements.

**Keywords:** Landscape structure, high-mountains landscape, Tatra Mts., infrared aerial photographs, remote sensing, geomorphological forms, slope and aspect of relief, GIS.

## Úvod

Vysokohorská krajina Tatier predstavuje pravé recentné niveoperiglaciálne, presnejšie kryoniválne prostredie západokarpatskej sústavy, rozprestierajúci sa prevažne vo výške 1500–2654,43 m n. m. (Midriak 1983). Jej význam determinuje celý rad vlastností, z ktorých v centre záujmu krajinných ekologov i geografov stojí práve krajinná štruktúra ako výraz priestorového usporiadania (mozaiky) krajinných prvkov, ktoré je výsledkom interakcie viacerých činiteľov, odrážajúcich extrémnosť prostredia nad hornou hranicou lesa. Z nich významné postavenie zaujíma zemský reliéf (georeliéf), resp. jeho genetické geomorfologické formy a na nich nadväzujúce geomorfologické procesy, ktoré spolu determinujú toto priestorové usporiadanie.

Krajinná štruktúra (KŠ – v chápaní druhotnej krajinej štruktúry) je tvorená *krajinnými prvkami* – základnými priestorovými a zároveň i mapovacími jednotkami. V zmysle metodiky krajinného plánovania – LANDEP (Ružička a Miklós 1982) sa prvky vyčleňujú na základe spôsobu využitia zeme, a v prípade vysokohorskej krajiny, najmä na základe charakteristickej fyziognómie. Ak uvažujeme o analógii KŠ s krajinnou pokrývkou, tak okrem fyziognomického je významný aj viditeľný morfoštruktúrny (obsahový) znak či biofyzikálna podstata.

V súlade s prácou J. Ořáhel et al. (1993) konštatujeme, že vhodným a z priestorového hľadiska často nezastupiteľným nástrojom poznávania krajinej štruktúry (pokrývky), v časovom horizonte posledných ca 50 rokov, je metodický aparát DPZ. Jeho konkrétnym prejavom je multitemporálna analýza, aplikovaná v prácach rôznej mierky a orientácie (Cebecauerová 1996, Feranec a Ořáhel 2001, Feranec et al. 1996, 1997, Ořáhel 1995, Čerňanský a Kožuch 2000a,b, 2001).

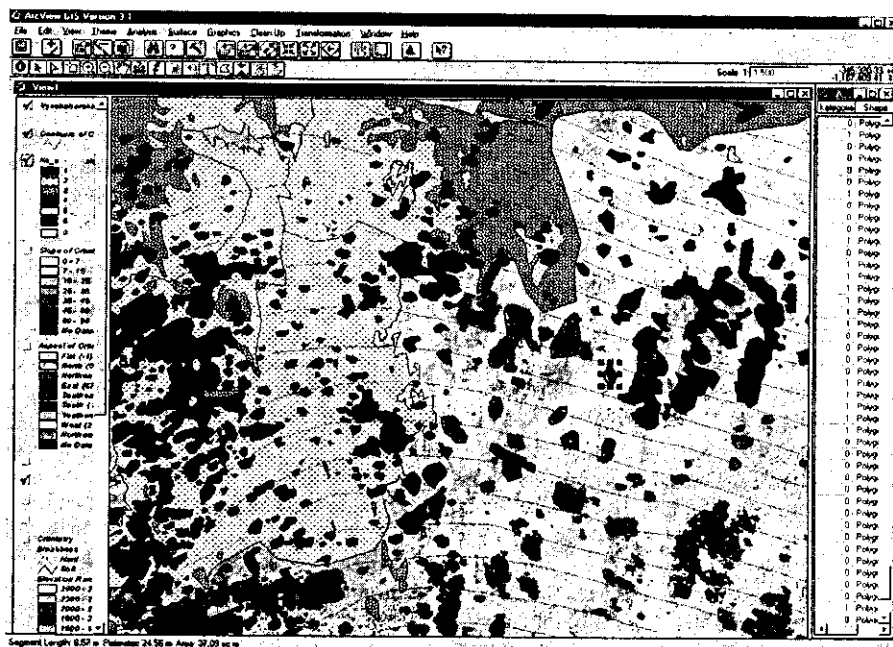
Cieľom tohto príspevku je prezentovať súčasné možnosti veľkomierkového mapovania, analýzy a hodnotenia KŠ vysokohorskej krajiny so zreteľom na morfogenetické a morfometrické vlastnosti reliéfu (sklon a orientácia) pomocou využitia výsledkov DPZ a geografických informačných systémov (GIS) na modelovom území Slavkovskej doliny.

Farebná mapa analýzy KŠ časti predmetnej doliny v mierke 1:5 000 bola už publikovaná (Boltížiar 2002). Predložený príspevok prináša výsledky z celého územia.

## Metodika práce

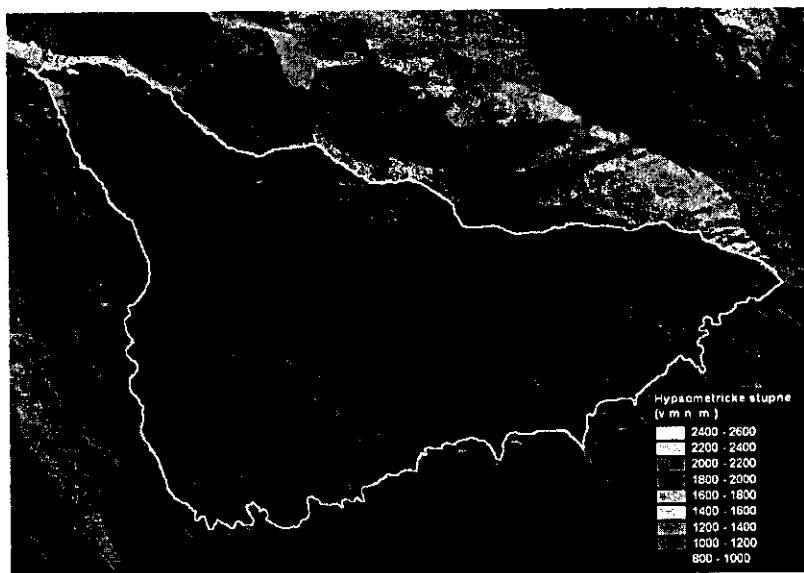
Prípravná etapa zahŕňala získanie a štúdium leteckých snímok, a taktiež predbežnú rekognoskáciu terénu. Tvorba samotnej veľkomierkovej mapy krajiny štruktúry vysokohorskej krajiny národnej prírodnej rezervácie (NPR) Slavkovskej doliny sa realizovala v počítačovom prostredí GIS v prostredí software ArcView GIS 3.1 a zahŕňala nasledujúce operácie:

- tvorbu digitálneho modelu reliéfu (DTM – Digital Terrain Model) vo formáte \*.tin (obr. 2), ako aj jednotlivých morfometrických máp (sklon, orientácia voči svetovým stranám – pozri obr. 5, obr. 6),
- identifikáciu jednotlivých prvkov krajiny štruktúry pomocou interpretácie leteckých farebných infračervených snímok,
- digitalizáciu priestorových údajov metódou „on screen“ (obr. 1) – tvorba tematickej mapy krajiny štruktúry (1:1 500) a mapy geomorfologických foriem (obr. 4),
- tvorbu flexibilného databázového systému, v ktorom budú uložené všetky relevantné informácie a ktorý umožní realizovať všetky ďalšie potrebné operácie,
- naloženie máp („overlay“) krajiny štruktúry a máp sklonov reliéfu a orientácie voči svetovým stranám vo vzťahu k celému územia doliny, ako aj k jej jednotlivým geomorfologickým formám,
- kartografické znázornenie informačných vrstiev v analógovej forme výstupu – mapy KŠ NPR Slavkovskej doliny (1:5000), ako aj morfometrických máp reliéfu (sklon, orientácia), digitálneho 3D modelu reliéfu, vrstevnicového modelu a 3D vizualizácie ortofotosnímky (obr. 3) v prirodzených farbách pomocou modulu ArcScene v prostredí ArcGIS 8.0.



Obr. 1 Digitalizácia priestorových údajov metódou „on screen“ pomocou interpretácie leteckej infračervenej snímky – tvorba tematickej mapy krajiny štruktúry (pracovná mierka 1:1 500)

Problémom pri zostrojení DTM je absencia vrstevníc z územia bralného reliéfu Tatier, keďže na základných topografických mapách SR je tento reliéf znázornený len kartografickými znakmi skalných a sutinových formácií. DTM bol preto vytvorený z bodov, ktoré boli generované fotogrametrickými metódami z leteckých snímok firmou EUROSENSE s. r. o. a zahustené bodmi zameranými prístrojom GPS (Global Positioning System) pracovníkmi Výskumnej stanice a múzea TANAPu (obr. 2) s presnosťou ca 0,5 m.



Obr. 2 Digitálny model reliéfu s hypsometrickými stupňami

Z DTM sme následne pomocou nadstavieb programu ArcView GIS 3.1 (3D Analyst, Spatial Analyst) vytvorili mapy sklonov a orientácie reliéfu. Kategórie sklonov boli vytvorené účelovo, so zreteľom na celkovú geomorfologickú stavbu územia.

Územie bolo naliatané firmou EUROSENSE s. r. o. Bratislava r. 1998. Výsledkom sú vertikálne infračervené letecké snímky vo forme farebných leteckých diapozitívov (23 × 23 cm), ktoré boli nasnímané z nadmorskej výšky približne 5 200 m v mierke 1:10 000 až 1:15 000 leteckou meračskou kamerou Leica Wild RC 30, pre tento účel vybavenou objektívom s ohniskovou vzdialenosťou  $f = 21$  cm. Stereoskopický pozdĺžny prekryt snímok je 60 % a priečny je 30 %. Snímky boli ortorektifikované a transformované do štandardného zobrazenia topografických máp súradnicového systému JTSK.

Digitalizácia priestorových údajov (jednotlivých prvkov KŠ) sa realizovala metódou „on screen“ na základe analógovej (vizuálnej) interpretácie infračervených ortofotosnímkov. Digitalizácia (obr. 1) prebiehala v mierke 1:1 000 až 1:1 500, keďže letecké snímky poskytujú veľmi vysoké rozlíšenie (40 cm/pixel). Výsledná mapa KŠ je v mierke 1:5 000 (obr. 7) bez akejkoľvek generalizácie, pričom čitateľnosť mapy je dostatočná. Sledujeme tým zachovanie všetkých priestorových atribútov KŠ, resp. jej jednotlivých prvkov. Zaradili sme ich do šiestich tried: kosodrevinové porasty, alpske trávne porasty, sutinový pokrov, bralá, deštruované plochy a vodné plochy. Obsahová charakteristika väčšiny tried je zrejma, preto sa jej nebudeme detailnejšie venovať. Upozorníme len na triedu deštruované plochy, pod ktorými rozumieme fyziognomicky nápadné areály (v teréne, aj na infračervenej snímke), ktoré sa aj morfoštruktúrne (obsahovo) líšia od triedy sutinového pokrovu najmä rozdielom zloženia. Tieto areály vznikli v dôsledku intenzívnych geomorfologických procesov v extrémnom prostredí vysokohorskej krajiny Tatier.

Analýza krajiny štruktúry prebiehala metódou naloženia tematických máp („overlay“) krajiny štruktúry, sklonov a orientácie reliéfu voči svetovým stranám. Hodnotili sme:

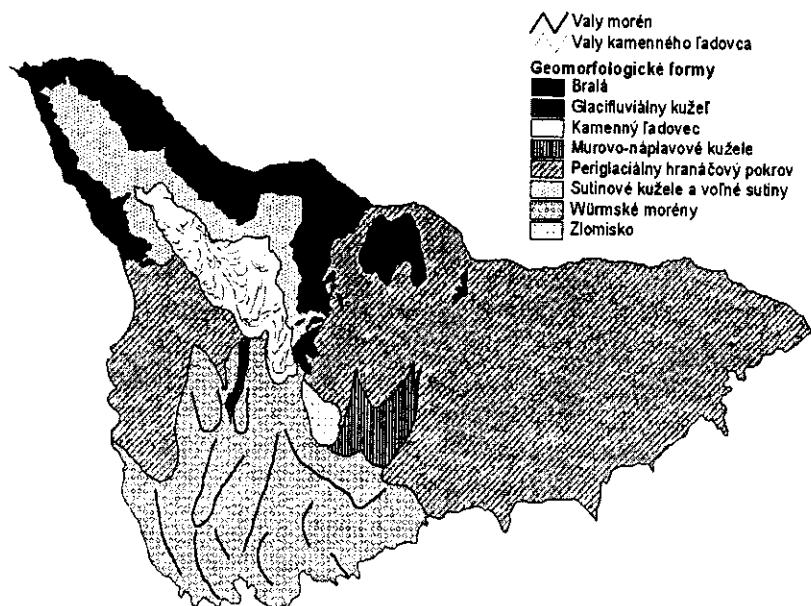
- rozlohu jednotlivých tried KŠ v rámci celého územia, ako aj v rámci jednotlivých geomorfologických foriem,
- zastúpenie min., max. a priemerných sklonov v jednotlivých triedach KŠ v rámci rozlohy celého územia doliny, ako aj v rámci rozlohy genetických geomorfologických foriem,
- orientáciu reliéfu v jednotlivých triedach KŠ v rámci rozlohy celého územia doliny, ako aj v rámci rozlohy genetických geomorfologických foriem,
- plošný podiel a absolútnu rozlohu tried KŠ v jednotlivých kategóriách sklonov reliéfu celého územia, ako aj v jednotlivých geomorfologických formách.



Obr. 3 3D vizualizácia infračervenej ortofotosnímk s časťou záujmového územia

### Vymedzenie záujmového územia

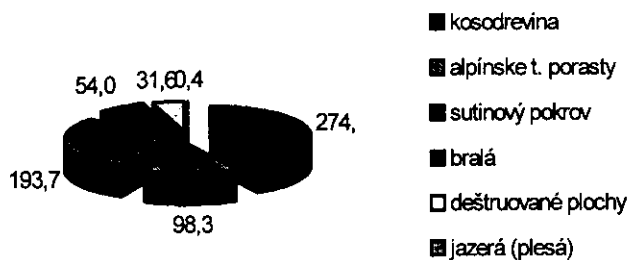
Za záujmové územie (z. ú.) sme vybrali už spomínanú vysokohorskú krajinu (územie nad hornou hranicou lesa) NPR Slavkovská dolina nachádzajúcej sa v centrálnej južnej časti Vysokých Tatier. Podľa našich zistení je jej rozloha **621,3 ha** a rozkladá sa v rozmedzí nadmorských výšok **1350-2476 m n. m.**



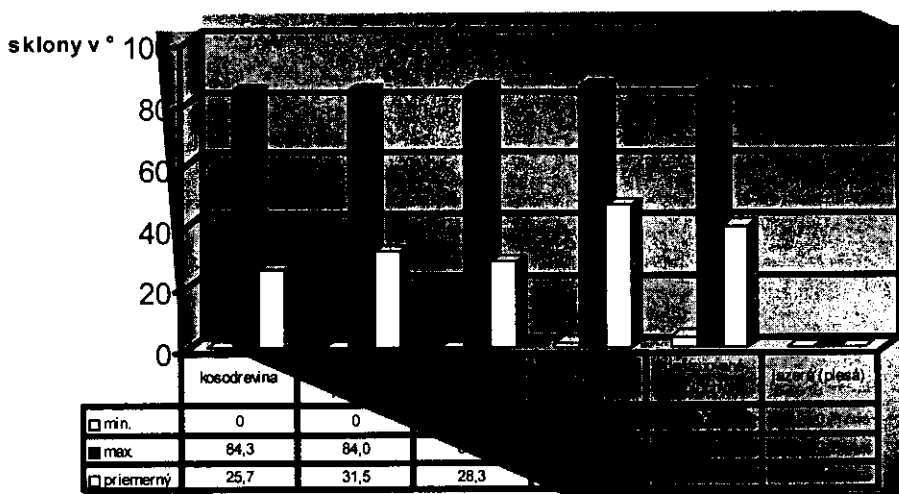
Obr. 4 Genetické geomorfologické formy vysokohorskej krajiny Slavkovskej doliny vyčlenené na základe interpretácie leteckých snímok a geomorfologickej mapy 1:50 000 M. Lukniša (1973)

## Výsledky

Pri analýze KŠ vysokohorskej krajiny Slavkovskej doliny sme dospeli k nasledujúcim poznatkom: Z hľadiska rozlohy jednotlivých prvkov najväčší podiel dosahujú areály kosodrevinových porastov (42 %). Reprezentujú takmer polovicu ZÚ. Veľkú plochu má ešte sutinový pokrov (30 %). Nepomerne menšiu rozlohu majú alpské trávne porasty (15 %). Rozlohu pod 10 % majú bralá (8 %) a deštruované plochy (5 %). Najmenší podiel rozlohy prináleží horským jazerám – plesám (do 1 %). Rozlohu jednotlivých prvkov ilustruje graf 1. Z hľadiska počtu areálov jednotlivých tried krajinných prvkov dosahujú kosodrevinové porasty (až 5314 areálov). Vysoký počet dosahujú aj alpské trávne porasty (2676 areálov). Sutinový pokrov má vyše 1000 areálov. Deštruované plochy sú obsahom 303 areálov. V ZÚ sa nachádzajú tri plesá.



Graf 1 Rozloha tried krajinných prvkov vo vysokohorskej krajine Slavkovskej doliny (v ha)

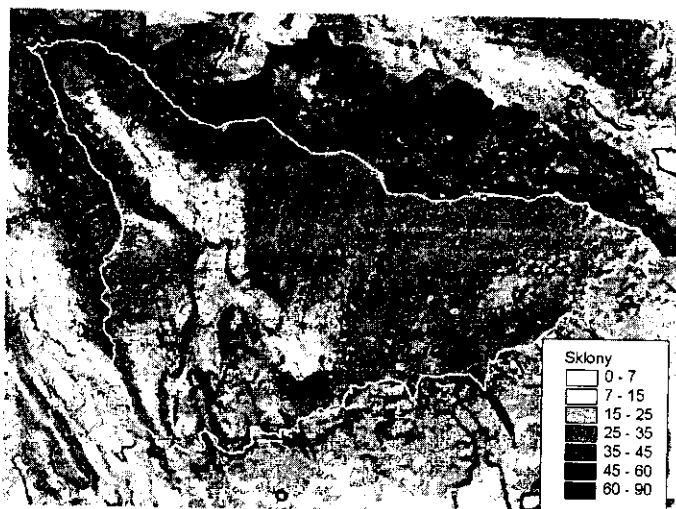


Graf 2 Zastúpenie sklonov (min., max., priem.) v jednotlivých triedach krajinných prvkov

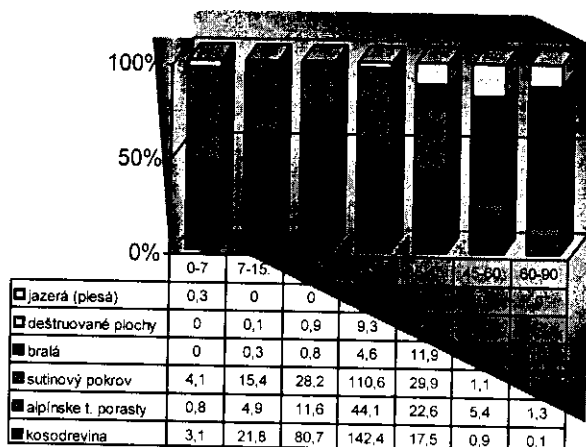
Zastúpenie sklonov reliéfu (min., max., priem.) v jednotlivých triedach krajinných prvkov ilustruje graf 2. Z neho jasne vyplýva, že všetky prvky, okrem plies, sa vyskytujú na max. sklonoch prevyšujúcich 84°. Minimálne sklony sa pohybujú od 0° do 4°. Najvyšší min. sklon majú práve deštruované plochy – 3,8°. Týmto sklonom je na niektorých miestach nepriamo podmienený aj ich vznik. Primárnymi činiteľmi ich vzniku sú najmä vlastné gravitačné, vodnogravitačné, ako aj eolické procesy. Dôležitým ukazovateľom celkového charakteru sklonov v triedach KŠ sú však priemerné hodnoty (vážené priemery), ktoré udávajú najčastejší charakter sklonu územia v jednotlivých triedach krajinných prvkov. Celkovo je sklon daného územia najčastejšie v intervale 25–46°.

Z hľadiska plošného podielu a absolútnej rozlohy krajinných prvkov v jednotlivých kategóriách sklonov (graf. 3) sa kosodrevina vyskytuje v najväčšom množstve na sklonoch 7–35° (250

ha), čo je viac ako 90 % jej rozlohy. Už menej sa vyskytuje na sklonoch 0–7° a 35–60°. Na strmších svahoch než 60° sa v podstate kosodrevina už nevyskytuje. Alpínske trávne porasty osadzujú najmä svahy so sklonmi od 15–45° (78,3 ha), menej už ostatné. Z hľadiska plošného podielu majú však najväčšie zastúpenie na svahoch 35–60°. Sutinový pokrov sa nachádza prevažne na svahoch so sklonom 25–35° (110,6 ha), v menšej miere na sklonoch 15–25° a 35–45° (do 30 ha). Plošným podielom však najviac prevládajú v kategórii sklonov 0–7°, menej v 7–15° a 35–45°. Deštruované plochy z hľadiska svojej rozlohy dosahujú maximá najmä na svahoch so sklonom 25–45° (0,13 ha). Z hľadiska podielu deštruovaných plôch v jednotlivých kategóriách sklonov je však tento najväčší v kategórii 45–60° svahov, menej v 60–90°, kde svoje maximá podielu, oproti ostatným triedam prvkov i absolútnej rozlohe, dosahujú bralá (10,6 ha). Vysokú rozlohu i plošný podiel z hľadiska svojej kategórie dosahujú ešte na svahoch so sklonom 35–45°. Na sklonoch 0–25° zaujímajú sotva 1 ha. Vodné hladiny plies majú nulový sklon, zaberajú spolu 0,3 ha.



Obr. 5 Kategórie sklonov reliéfu vo vysokohorskej krajine Slavkovskej doliny

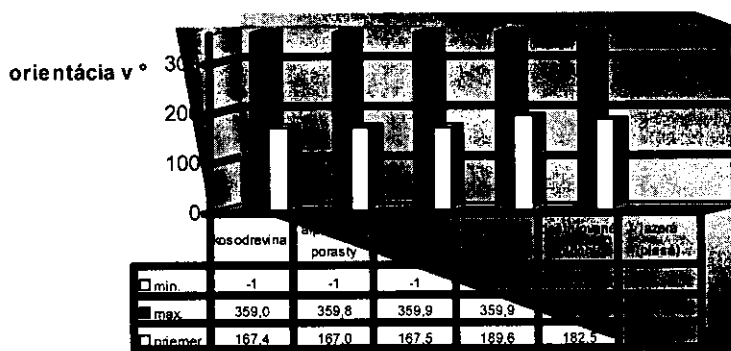


Graf 3 Plošný podiel a rozloha prvkov v % a ha v jednotlivých kategóriách sklonov reliéfu



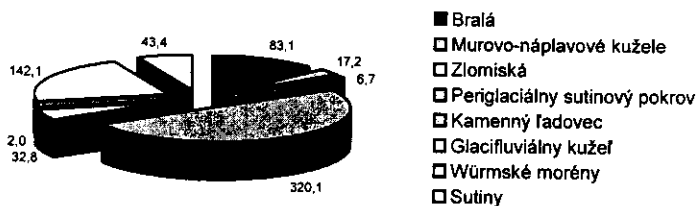
Obr. 6 Orientácia reliéfu voči svetovým stranám vo vysokohorskej krajine Slavkovskej doliny

Pri analýze prvkov KŠ a orientácie svahov možno z grafu 4 postrehnúť, že v najväčšej miere sú krajinné prvky situované na svahoch s J orientáciou, podobne ako celá dolina. Všetky krajinné prvky (okrem jazier) sa však vyskytujú aj na inak orientovaných svahoch. Prvky prvých troch kategórií sú orientované prevažne na J až JV. Bralá a deštruované plochy sú však orientované prevažne na J až JZ, čo súvisí najmä s lokalizáciou rozľahlého deštruovaného areálu západnými vetrami na Z svahoch Sennej kopy. Bez orientácie sú jazerá.

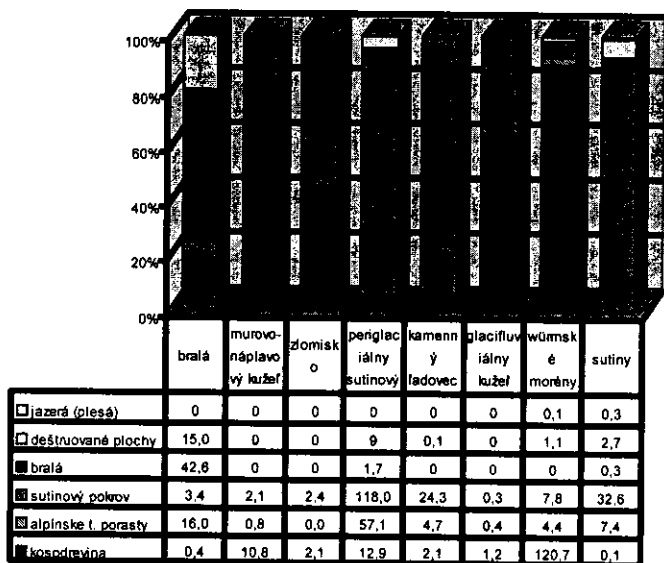


Graf 4 Hodnoty orientácie svahov (min., max., priem. v °) v jednotlivých triedach krajinných prvkov

V súlade s cieľom práce sme mapovali nasledujúce genetické geomorfologické formy, pričom sme čiastočne vychádzali z podkladov M. Lukniša (1973): bralá, murovo-náplavové kužele, zlomiská, periglaciálne hranáčové sutinové pokrovy, kamenné ľadovce, glacifluviálne kužele, würmské morény a sutiny, resp. sutinové kužele. Ich rozlohu v ha ilustruje graf 5. Takmer na polovici územia (49 %) je periglaciálny sutinový pokrov z hranáčov pokrývajúci južné fazetové svahy ZÚ. Reprezentovaný je dvoma výraznými areálmi. Viac ako pätinu územia pokrývajú würmské morény (22 %), a to najmä v najjužnejšej časti územia. Bralá sú na 13 % územia (veľká SZ časť územia, ako aj ostrovčeky v podvrcholovej časti Slavkovského štítu – osem areálov). Sutiny formované do sutinových kužeľov sú zastúpené najmä v samotnom kotle doliny (7 %). Obklopujú mohutný kamenný ľadovec s podielom 5 % rozlohy územia. Vodou indukovanými procesmi vytvorené murovo-náplavové kužele zaberajú 3 %. Glacifluviálny kužeľ zaberá 1 % rozlohy územia a zlomisko 0,9 %.



Graf 5 Geomorfologické formy a ich rozloha v ha v záujmovom území Slavkovskej doliny



Graf 6 Plošný podiel a rozloha tried krajinných prvkov (v % a ha) v geomorfologických formách.

Pri analýze a hodnotení plošného podielu a absolútnej rozlohy jednotlivých tried krajinných prvkov v geomorfologických formách (graf. 6) sme dospeli k nasledujúcim záverom.

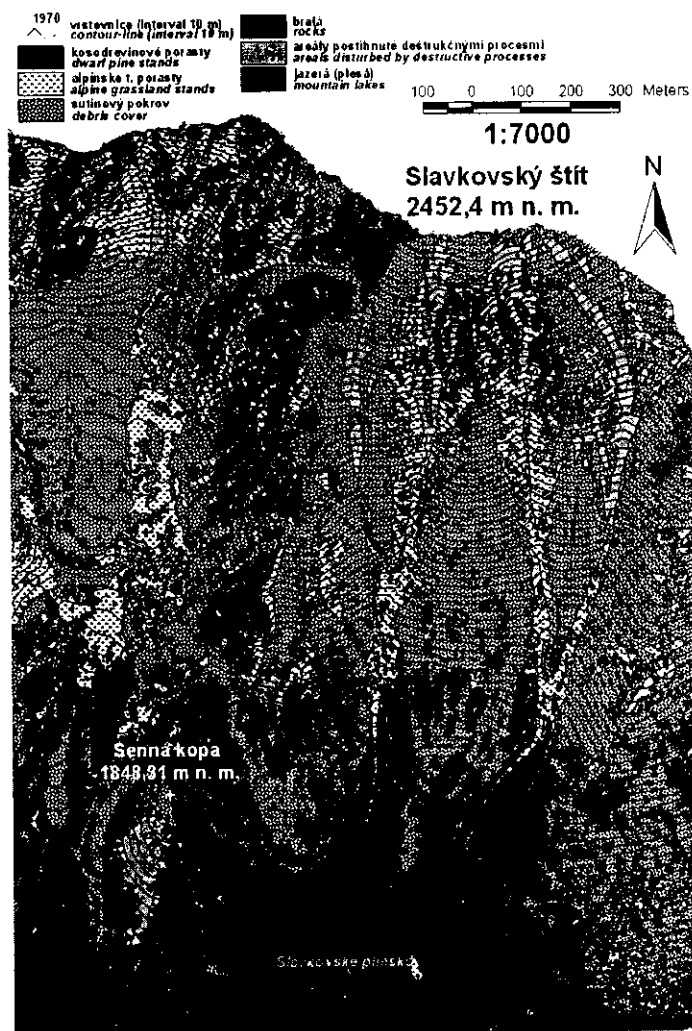
*Kosodrevina* má najväčšiu absolútnu rozlohu na povrchu wümských morén (120 ha), čo súvisí najmä s vyššou zvetranosťou materiálu a následnou tvorbou pôdy v nižších nadmorských výškach pri relatívne vyšších priemerných ročných teplotách. Porasty sú kompaktné bez väčších narušení. Výrazne brzdia rozvoj deštrukčných procesov. Taktiež podiel jej porastov v rámci tejto geomorfologickej formy je najvyšší (okolo 90 %). Väčšiu rozlohu zaujímajú porasty na periglaciálnom sutinovom pokrove (24,3 ha), zatiaľ čo ich plošný podiel rozlohy je na tejto forme minimálny (7 %). Najvyšší plošný podiel kosodrevinových porastov je (okrem morén) na murovo-náplavových (81 %) a glacifluviálnych kuželiach (52 %), a na zlomisku (43 %).

Najvyššia absolútna hodnota rozlohy *alpínskych trávnych porastov* je na periglaciálnom sutinovom pokrove z hranáčov, čo plošne predstavuje 57,1 ha. Ich priestorovú diferenciáciu podmieňuje priaznivý hydrologický režim, a to najmä v okolí erozných rýh a murových prúdov. Vyššie hodnoty dosahujú ešte v podobe rozdrobených ostrovčekovitých areálov na bralných formách (16 ha). Z hľadiska plošného podielu v jednotlivých geomorfologických formách dosahujú tieto porasty vysoké zastúpenie v spomínanom periglaciálnom pokrove (29 %) a bralách (21 %), a taktiež na glacifluviálnom kuželi (20 %). Nižší podiel ich výskytu je na kamennom ľadovci a sutinách, resp. sutinových kuželiach.

*Sutiny* dosahujú maximum svojej rozlohy na periglaciálnom pokrove J svahov územia (118 ha). Vyššie hodnoty rozlohy sú ešte na sutinách a kamennom ľadovci. Je to dané skutočnosťou, že tieto sutiny tvoria vlastný obsah týchto genetických geomorfologických foriem. Najvyšší po-



diel sutín, v porovnaní s ostatnými prvkami, obsahuje kamenný ľadovec (81 %) a sutinové úsypy, resp. kužele (okolo 79 %). Vysoký podiel sutín majú aj zlomiská (58 %).



Obr. 7 Ukážka mapového výstupu krajiny štruktúry časti záujmového územia Slavkovskej doliny

Krajinný prvok *bral* tvorí samotný obsah rovnomennej geomorfologickej formy, ktoré vznikli glaciálnou činnosťou. Ich rozloha je 42,6 ha a podiel v porovnaní s ostatnými prvkami vyskytujúcimi sa na bralných formách je 60 %. Bralá taktiež ostrovčekovite vyrážajú z podložia na periglaciálnom sutinovom pokrove z hranáčov (1,7 ha). Ich podiel v tejto forme predstavuje asi 2 %.

Osobitným fenoménom sú areály fyziognomicky i morfoštruktúrne nápadných *deštruovaných plôch*. Ich rozloha je 5 % z vysokohorskej krajiny daného územia. Najvyššiu absolútnu rozlohu dosahujú na bralách, kde ich vznik je v drvivej väčšine podmienený najmä intenzívnou činnosťou murových prúdov a odieraním skalného podložia znečistenými žľabovými lavinami. Tu je ich plošný podiel v porovnaní s ostatnými podielmi vo zvyšných relevantných formách najväčší – až 21 %. Tieto areály sú taktiež lokalizované na morénových valoch (1,1 ha), kde je ich genéza podmienená prevažne eolickou činnosťou najmä v oblasti Sennej kopy. Deštruované plochy sa taktiež vyskytujú aj na periglaciálnom sutinovom pokrove, kde vznikajú intenzívnou činnosťou vod-

nogravitačných procesov, úšustov (v Z časti územia), ale najmä murových prúdov, zliezania sutiny, ako aj erózných a kryogénnych procesov, a to najmä v oblasti Spáleniska. Spúšťacím mechanizmom ich aktivity bolo odstránenie vegetačnej pokrývky rozsiahlym požiarom v roku 1928, ktorému padlo za obeť 50 ha plochy kosodreviny a časť porastov hornej hranice lesa. Deštrukciou sú postihnuté aj sutinové kužele (zliezanie materiálu, v miestach vyústenie skalných žľabov) s podielom 5 % v porovnaní s ostatnými triedami. V nepatrinej miere sa vyskytujú aj na valoch kamenného ľadovca (0,1 ha), kde ich vznik podmieňujú gravitačné a kryogénne a sčasti aj eolické procesy.

Jazera (*plesá*) sú lokalizované v morénovej panve (0,1 ha) a vyššie v glaciálnom kotle doliny v sutinami pokrytom kare (0,3 ha).

## Záver

V príspevku prezentujeme jeden z možných prístupov mapovania a analýzy krajiny štruktúry vysokohorskej krajiny Tatier vo veľkých mierkach s využitím výsledkov DPZ a GIS. V súčasnosti na Slovensku vôbec absentujú mapy z územia Tatier, ktoré by podrobne zachytávali KŠ nad hornou hranicou lesa. Naším cieľom je postupne túto medzeru vyplniť. Nazdávame sa, že výsledná mapa KŠ Slavkovskej doliny v mierke 1:5000 predstavuje vzhľadom na svoju mierku, podrobnosť a presnosť zobrazených prvkov originálne dielo, pričom nesie v sebe cenný potenciál napr. pre detailný geoeologický výskum (Minár et al. 2001). Prínosom je tiež poznanie niektorých vlastností georeliéfu vo vzťahu k prvkom KŠ. Najzreteľnejšie väzby sa prejavili v korelácii sklonitosti svahov a biotických prvkov. Zaujímavé sú tiež vzťahy rozlohy jednotlivých prvkov KŠ a genetických geomorfologických foriem. Sledovali sme absolútne hodnoty rozlohy v jednotlivých formách a plošný percentuálny podiel v ich rámci. Využitelnosť vytvorenej informačnej databázy vidíme v rôznych krajinné-ekologických štúdiách, plánoch či návrhoch, resp. pri starostlivosti a manažmente chráneného územia (národná prírodná rezervácia, národný park) pre praktické, ale aj poznávacie ciele. Možno ju tiež dopĺňať, upravovať a rozširovať podľa potreby konkrétnych úloh (projektov), napr. pri hodnotení zmien KŠ, mapovaní vegetácie, resp. biotopov či účelových vlastností krajiny akou je zraniteľnosť, únosnosť, ohrozenosť prírodnými hazardmi ap.

## Podakovanie

Autor vyjadruje poďakovanie za pomoc a spoluprácu pri realizácii výskumnej úlohy Ing. Robertovi Barcovi, riaditeľovi firmy Eurosense, spol. s r. o. Bratislava.

Za hmotné zabezpečenie terénneho výskumu ďakuje autor sponzorovi – firme SLAVO s. r. o. Poprad, výrobcovi športových turistických odevov a páperových spacích vakov.

## Literatúra

- BOLTIŽIAR, M. (2002). Analýza krajiny štruktúry vysokohorskej krajiny Tatier vo veľkých mierkach v prostredí GIS. In: *Geografické informácie 7*. Zborník z XIII. Zjazdu SGS pri SAV. Nitra (Katedra geografie UKF v Nitre), s. 288–297. + mapa 1:5 000 v prílohe.
- CEBECAUEROVÁ, M. (1996). Štruktúra krajiny pokrývky analyzovaná pomocou leteckých snímok. In: *Ekológia a tvorba sídelnej a poľnohospodárskej krajiny*. Zvolen (Technická univerzita), s. 34–38.
- ČERNÁNSKÝ, J., KOŽUCH, M. (2000a). Tvorba priestorovej databázy pre oblasť Chopok – Jasná s využitím digitálneho fotogrametrického systému Imagestation SSK. In *Aplikácia diaľkového prieskumu Zeme v lesníctve*. Zborník referátov. Zvolen (Technická univerzita), s. 135–160.
- ČERNÁNSKÝ, J., KOŽUCH, M. (2000). Využitie digitálneho fotogrametrického systému Imagestation SSK pri tvorbe priestorovej databázy v oblasti Chopok – Jasná. *Kartografické listy*, 8, s. 71–82.
- ČERNÁNSKÝ, J., KOŽUCH, M. (2001). The monitoring of changes high mountains landscape National park Nízke Tatry with methods digital photogrammetry. *Geodetický a kartografický obzor*, s. 8–9.
- FERANEC, J., OŤAHEL, J. (2001). Krajinná pokrývka Slovenska (Land cover of Slovakia). Bratislava (VEDA).
- FERANEC, J. et al. (1996). Krajinná pokrývka Slovenska identifikovaná metódou CORINE land cover + mapa krajiny pokrývky v mierke 1:500 000. In: *Geographia Slovaca*, 11.
- FERANEC, J. et al. (1997). Analýza zmien krajiny aplikáciou údajov diaľkového prieskumu Zeme. *Geographia Slovaca*, 13.

- LUKNIŠ, M. (197). *Reliéf Vysokých Tatier a ich predpolia*. Bratislava (VEDA), ISBN 71-018-73
- MIDRIAK, R. (1983). *Morfogenéza povrchu vysokých pohorí*. 1. vyd. Bratislava (VEDA).
- MĚNÁR, J. et al. (2001). Geoeologický výskum a mapovanie vo veľkých mierkach. In: *Geografické spektrum* 3. Bratislava (Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského).
- OŤAHEL, J. et al. (1993). Landscape Use as a Basis for Environmental Planning (Case Studies of Bratislava and Nitra Hinterlands). In: *Geographical studies* 2. Nitra (Vysoká škola pedagogická), s. 7–83.
- OŤAHEL, J. (1995). Krajinný (vegetačný kryt) a súčasná krajina. In: *Vybrané problémy súčasnej geografie a príbuzných disciplín*. Bratislava (Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského), s. 49–54.
- RUŽIČKA, M., MIKLÓS, L. (1982). Landscape ecological planning (LANDEP) in the process of territorial planning. *Ekológia (ČSSR)*. 1, 3, s. 297–312.

## Summary

### Mapping and Analysis of Relationship Between a Landscape Structure and Relief in the High Mountain Landscape of the Tatra Mts. Using of Results of the Remote Sensing and GIS

In the paper we present the one of the possible approaches of the large-scale mapping and analyse of the landscape structure in the high mountain landscape of the Tatra Mts. with using of data obtained from the aerial photograph analysis and GIS tools. At present, the map of detailed landscape structure above timberline in the Tatra Mts. area absent. The aim is to fill gap. With regard to its detailness and/or accuracy of mapped features the resulting map of the landscape structure in the Slavkovská valley in scale 1:5,000 represents the original product which can be offer a potential e.g. for detailed geoeological research. The most significant relations were performed in correlation the slope gradient and biotic features.

The relation between the area of particular features of the landscape structure and genetic geomorphological form are relevant too. Both absolute area expression within the particular georelief forms and the area percentual ratio within them. The utilization of this information database is reposed in various landscape ecological studies, development plans and proposals, or in management of protection areas. Due to its flexibility, this digital map can be easily modified following the needs of the project or task, e.g. the evaluation of the landscape changes, natural hazards, landscape vulnerability/sensitivity, mapping of the vegetation, biotopes etc. The results are presented in 6 graphs and 7 pictures/maps.

- Fig. 1. Digitalisation of spatial data with „on screen“ method, using interpretation of aerial infrared photograph – creation of thematic map of the landscape structure (work scale 1:1,500).
- Fig. 2. Digital terrain model with elevation range.
- Fig. 3. 3D visualization of infrared orthophoto with the part of the study area.
- Fig. 4. Genetic geomorphological forms of the high-mountain landscape of the Slavkovská valley. on the base of interpretation of aerial photos and geomorphological map 1:50,000 by Lukniš (1973).
- Fig. 5. Classes of the relief slopes in the high-mountain landscape of the Slavkovská valley.
- Fig. 6. Area and ratio of classes of landscape elements (in % and ha) in geomorphological forms.
- Fig. 7. The sample of map output of the landscape structure in the selected area of Slavkovská valley (reduced scale to 1:7,000).
- Graph 1. Area of classes of landscape elements in the high-mountain landscape of the Slavkovská valley (in ha).
- Graph 2. Representation of the relief slopes (min., max., mean) in the particular classes of landscape elements.
- Graph 3. Area and ratio of elements (in % and in ha) in the categories of the relief slopes.
- Graph 4. Values of slope orientations (min., max., mean in °) in the classes of landscape elements.
- Graph 5. Geomorphological forms and their area in the study territory of the Slavkovská valley.
- Graph 6. Area and ratio of classes of landscape elements (in % and in ha) in the geomorphological forms.

Lektoroval:

Doc. RNDr. Ján OŤAHEL, CSc.,  
Geografický ústav SAV, Bratislava