

# ZÁKLADNÝ KONCEPT NAVRHOVANÉHO LAVÍNOVÉHO GEOGRAFICKÉHO INFORMAČNÉHO SYSTÉMU

MIROSLAV ŽIAK\*

**Miroslav Žiak: Basic concept of proposed Avalanche Geographic Information System. *Geomorphologia Slovaca et Bohemica*, 9, 2009, 1, 2 figs., 5 tabs., 13 refs.**

The proposed Avalanche Geographic Information System (AGIS) is a data storage system that can analyze information on avalanche research. The skeleton of most information systems are databases which are used to store information that can carry out a number of operations. Large databases such as the structure, indexing and access to stored data are managed by DBMS - Database Management System.

Avalanche activity as the process can be accurately located on georelief; therefore we created a functional geodatabase in AGIS. Geodatabase provides a system for geographic information, but also works with traditional database structures, which are offered as the best way for the implementation of the AGIS.

The structure of the Avalanche Geographic Information System consists of tables set up in the personal geodatabase and tables representing different layers of data. It seeks to create geodatabase having all the data obtained empirically and allocated geographically, which is highlighted as geographical information system.

The entire information system is possible to apply to all endangered mountains with avalanche activity in future. System testing is underway on the model territory in the Malá Fatra Mts. In addition to the above system, tables are found supporting to the table containing specialized information. In our case, this table will be necessary for the preservation of data for avalanche research. One group will be set *variable components* and second *relatively stable*.

**Key words:** avalanche, avalanche geographic information system, GIS, geodatabase, logical model, weather, snow cover

## ÚVOD

Mnohé zo súčasných hlavných trendov nielen vo vede poukazujú na potrebu prítomnosti systematiky v evidencii a ukladaní dát. Analýzy sú náročné na kvalitu vstupných údajov, čiže je potrebná selekcia medzi dostupnými informáciami. Preto vystupuje potreba centrálne riadeného systému aj v oblasti lavínového výskumu, kde existuje množstvo faktorov, ktoré vstupujú do rôznych analýz.

Navrhovaný Lavínový geografický informačný systém (AGIS) predstavuje systém ukladaní dát, ktoré je potrebné analyzovať pri výskume lavín. Kostrou väčšiny informačných systémov sú databázy. Tie slúžia na uchovávanie informácií a môže sa v nich vykonávať množstvo operácií. Veľké databázy sú riadené pomocou DBMS – Database management system. Dôležitá je štruktúra, indexovanie a prístup k uloženým dátam. Tieto charakteristické črty zabezpečujú funkčnosť celého systému. Lavínovú činnosť možno ako proces presne lokalizovať na georeliéfe, preto je výhodné vytvoriť pre AGIS funkčnú *geodatabázu*. Geodatabáza poskytuje systém pre geografické infor-

mácie, ale zároveň pracuje aj s klasickými databázovými štruktúrami, čo sa ponúka ako najvýhodnejší spôsob implementácie v AGIS.

## PREHĽAD DATABÁZOVÝCH PLATFORIEM

Aplikácia geodatabázy je v súčasnosti veľmi rozšírená. V oblasti prírodovedných disciplín je to napríklad geologické mapovanie morského dna (ANDREWS 2005), geomorfologický informačný systém (MINAR et al. 2005, MENTLÍK et al. 2006 a VRACOVSKÝ 2006), geomorfologické mapovanie (GUSTAVSSON 2005) a v lavínovej problematike bola využitá geodatabáza (SCOTT 2004a, SCOTT 2004b a GRUBER 2001).

V súčasnosti je k dispozícii niekoľko systémov podporujúcich ukládanie geopriestorových dát. Najväčšia spoločnosť poskytujúca databázové produkty je Oracle, ktorá pre priestorové údaje používa nadstavbu Oracle Spatial. Je to asi najvýkonnejší nástroj pre ukládanie priestorových dát, ale jeho nevýhoda je vysoká cena, a tým aj dostupnosť pre menšie projekty. Ďalším významným serverovým rieše-

\*Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra fyzickej geografie a geoekológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava 4, e-mail: ziam@fns.uniba.sk

tabuľka	popis
GDB_AnnoSymbols	tabuľka obsahuje poznámky k typu feature class (prvky tried)
GDB_AttrRules	obsahuje pravidlá každého atribútu domény
GDB_CodedDomains	obsahuje zakódované hodnoty pre doménu
GDB_DefaultValues	obsahuje štandardné hodnoty pre subtypy tried každého objektu
GDB_Domains	obsahuje obmedzené atribúty zoskupené pravidlami atribútov tabuľky
GDB_EdgeConnRules	obsahuje pravidlá napojenia hrán
GDB_ExtensionDatasets	obsahuje informácie o rozšíreniach datasetu
GDB_Extensions	ukladá rozšírenia obsiahnuté v geodatabáze
GDB_FeatureClasses	obsahuje feature classes
GDB_FeatureDataset	obsahuje Feature Dataset (skupina feature classes)
GDB_FieldInfo	názov polí, štandardné hodnoty domén, reťazcov a počet hodnôt každého atribútu
GDB_GeomColumns	polohové informácie jednotlivých vrstiev
GDB_JnConnRules	pravidlá napojenia kríženia
GDB_ObjectClasses	objekty tried v geodatabáze, zahŕňa feature classes, vzťahy tried, riadiacu tabuľku a stĺpce
GDB_RangeDomains	obsahuje rozsah možných hodnôt povolených doménou
GDB_RasterCatalogs	tabuľka obsahuje odkaz na rastrový katalóg v geodatabáze
GDB_RasterColumns	informácie o rastrových vrstvách
GDB_RelClasses	tabuľka vzťahov geodatabázy
GDB_ReleaseInfo	informácie o verzii geodatabázy
GDB_RelRules	obsahuje pravidlá objektov tried
GDB_ReplicaDatasets	informácie o replikovaných datasetoch
GDB_Replicas	metadáta pre replikované datasety
GDB_ReplicasEx	doplňkové údaje k tabuľke GDB_ReplicasEx
GDB_SpatialRefs	referenčný systém použitý v geodatabáze
GDB_Subtypes	hodnoty subtypov objektových tried geodatabázy
GDB_Toolboxes	metadáta k toolboxom v geodatabáze
GDB_TopoClasses	feature classes participujúce v topológii
GDB_Topologies	tabuľka topológie použitej v geodatabáze
GDB_TopoRules	záznamy pravidiel použitých v topológii
GDB_UserMetadata	ukladá metadáta geodatabázy
GDB_ValidRules	tabuľka všetkých pravidiel v geodatabáze

**Tab. 1** Systémové tabuľky v geodatabáze

ním je program ArcSDE od spoločnosti ESRI. Opäť je to robustný systém určený pre veľké projekty a umožňuje riadenie databázy najväčších programov (IBM DB2, Informix, Microsoft SQL Server, Oracle). Podobným programom vo svete otvoreného softvéru je PostGIS (RAMSEY 2005) nadstavba v programe PostgreSQL (MOMJIAN 2003). Je to vynikajúci serverovo riešený program, ktorý obsahuje množstvo funkcií známych z klasických Desktop GIS-ov. Avšak nemohol byť použitý pri tvorbe AGIS-u, pretože ešte nedokáže v súčasnosti dobre pracovať s rastrovými mapami.

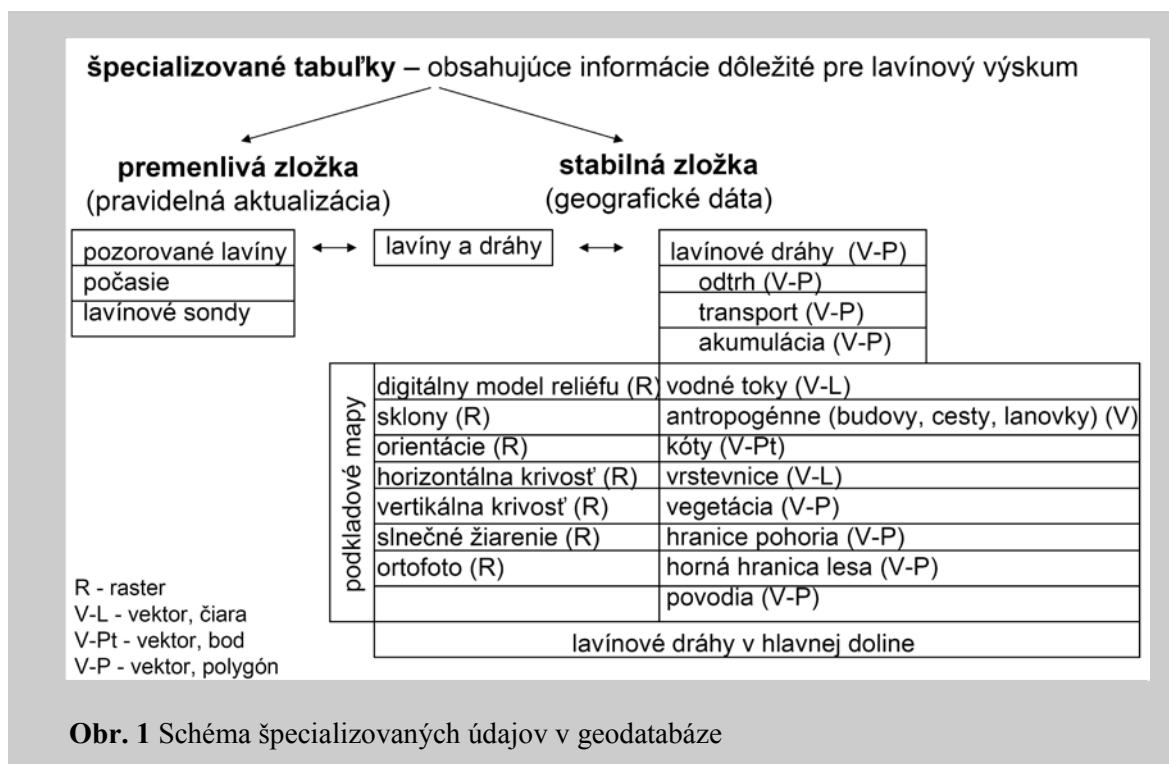
Najvýhodnejšia geodatabáza pre navrhovaný AGIS sa ukázala Personal Geodatabase (MACDONALD 2001) od firmy ESRI implementovaná v programe ArcGIS. Je to databáza, ktorá jednotlivé vrstvy uchováva v jednom súbore s príponou .mdb. Tento súbor je možné editovať a aplikovať v ňom funkcie programu Microsoft Access. Výhoda je *centrálne úložisko dát a jednoduchá aplikácia jazyka SQL*. Ok-

rem týchto predností je *jednoducho rozšíriteľná* na osobné počítače s balíkom MS Office.

### ŠTRUKTÚRA LAVÍNOVÉHO GEOGRAFICKÉHO INFORMAČNÉHO SYSTÉMU

Štruktúra pozostáva z tabuliek vytvorených v Personal Geodatabase a tabuliek predstavujúcich jednotlivé vrstvy údajov. Snahou pri vytváraní geodatabázy bolo, aby sa dali všetky empiricky získané údaje geograficky priradiť, čo je zdôraznené v názve informačného systému – geografický. Tabuľky vytvorené automaticky majú prefix GDB a základná charakteristika je uvedená v **tabuľke 1**.

Okrem vyššie uvedených systémových tabuliek sú nosné tabuľky v ktorých sú špecializované údaje. V našom prípade to budú tabuľky potrebné pre uchovávanie údajov pre lavínový výskum. Snahou bolo zachovanie údajov obsiahnutých v súčasnej databáze lavín Stre-



**Obr. 1** Schéma špecializovaných údajov v geodatabáze

diska lavínovej prevencie a ich rozšírenie najmä v oblasti geografických údajov. Jedna skupina bude súbor premenlivých zložiek a druhá relatívne stabilných. Základný popis tabuliek so špecializovanými údajmi prezentuje **obr. 1**.

V prvej skupine premenlivých zložiek je súbor tabuliek, ktoré sú pravidelne aktualizované – počasie (**tab. 2**), lavínové sondy (**tab. 3**) a pozorované lavíny (**tab. 4**). Dôležitý krok je priestorové priradenie získaných dát. Prakticky

sa to realizuje lokalizáciou bodov a polygónov, na ktorých sa vykonáva konkrétne sledovanie.

Druhá skupina predstavuje geografické dáta relatívne stabilných zložiek krajiny. Zastúpené sú vybrané čiastkové fyzickogeografické sféry a zvláštne miesto majú mapované *lavínové dráhy*. Tieto prevažne stabilné zložky geodatabázy vytvárajú bázu pre všetky analýzy. Platí to však najmä pre lavínové dráhy. Tie je potrebné ďalej rozčleniť na miesta *odtrhu*, *trans-*

W	počasie	DD	smer vetra	FF	sila vetra
0	jasno	0	bezvetrie	0	bezvetrie
1	polojasno	5	SV	1	vánok
2	zamračené	9	V	2	slabý vietor
3	zvírený sneh	13	JV	3	mierny vietor
4	hmla	18	J	4	dost' čerstvý vietor
5	mrholenie	23	JZ	5	čerstvý vietor
6	dážď	27	Z	6	silný vietor
7	slabé sneženie	31	SZ	7	prudký vietor
8	silné sneženie	36	S	8	búrlivý vietor
9	dážď so snehom			9	víchrice
				10	silná víchrice
				11	mohutná víchrice
				12	orkán
Tr	teplota vzduchu	Sn	nový sneh	Sc	celková výška
5	5	0	žaden	999	poprašok
11	11	99	poprašok	5	5 cm
0	0	3	3 cm	17	17 cm
-2	52	12	12 cm	995	nesúvislá pokrývka

**Tab. 2** Polia v tabuľke počasie (počasie, smer vetra a sila vetra sú s definovanou doménou a ostatné sú s príkladom kódovania)

Tabuľka Lavínové sondy	Tabuľky k jednotlivým sondám:
Organizácia	výška snehu
Dátum, čas	prienikový odpor
Stupeň lavínového nebezpečenstva	druh snehu
Pozorovacie miesto	tvrdosť snehu
Pozoroval	vlhkosť snehu
Teplota vzduchu	veľkosť snehu
Oblačnosť	teplota snehu
Smer vetra	vodná hodnota
Rýchlosť vetra	
Zrážky	
Celková vodná hodnota	
Priemer. špec. váha	
Priemer. prienik. odpor	
Celková výška snehu	
ID výška snehu	
ID prienikový odpor	
ID druh snehu	
ID tvrdosť snehu	
ID vlhkosť snehu	
ID veľkosť snehu	
ID teplota snehu	
ID vodná hodnota	

**Tab. 3** Polia v tabuľke *lavínové sondy* a pripojené tabuľky k poliam, v ktorých je potrebný rad viacerých hodnôt

*portu* a *akumulácie* lavín. Bolo by vhodné viesť jednotlivé časti lavínových dráh osobitne. Analýza dráhy ako celku podáva skresľujúce informácie (napríklad priemerný sklon celej dráhy zahŕňa aj miesta akumulácie, ktoré bývajú zväčša takmer rovinné a výsledná hodnota nezodpovedá potrebnej presnosti). Jednotlivé časti dráh sú súčasťou jednej tabuľky s celými lavínovými dráhami a vektorový formát je typu polygón. Informácie o čiastkových fyzicko-geografických sférach majú rastrový aj vektorový formát a slúžia na lepšie topografické určenie a v prvom rade ako zdroj informácií pre štatistické vyjadrenie lavínových dráh (**tab. 5**). Tieto štatistické údaje sú exportované na základe zonálnej štatistiky v programe ArcGIS a extrahované sú z jednotlivých rastrových máp – *digitálneho modelu reliéfu, sklonov, orientácií, horizontálnych a vertikálnych krivostí a slnečného žiarenia*. Neskôr je možné tento zoznam rozšíriť. Pri každej tabuľke geografických dát je vytvorený *index*, pre rýchlejšie zobrazovanie údajov.

V súčasnom katastri lavínových dráh sú vedené informácie o početnosti výskytu, morfológických zvláštnostiach a type ohrozenia (**tab. 5**). V navrhovanom informačnom systéme tieto informácie budú ponechané, len s niektorými úpravami. Morfológické zvláštnosti sú premenované na geomorfologické predpokla-

dy. Navrhujem nasledovnú kategorizáciu, ktorá sa opiera o členenie, ktoré publikoval MILAN (1981).

#### KATEGÓRIE PODĽA POČETNOSTI A VÝSKYTU LAVÍN

- I – svahy s pravidelným každoročným výskytom lavín, prípadne aj viackrát ročne,
- II – svahy s veľmi častým výskytom lavín, lavína spadne raz za 2 – 6 rokov,
- III – svahy s častým výskytom lavín, lavína spadne raz za 6 – 30 rokov,
- IV – svahy s ojedinelým výskytom lavín, dochádza k pádu lavíny raz za 30 a viac rokov.

#### KATEGÓRIE PODĽA GEOMORFOLOGICKÝCH PREDPOKLADOV

- α** – svahy v bralnatom, vysokohorskom type reliéfu, so systémom gravitačných rýh, skalné steny, stupne, osypy a sutinoviská so sklonom nad 30°,
- β** – svahy v hôľnom type reliéfu, morfológicky výrazné strmé lavínové žľaby s homogénnym alebo s členitejším konkávnym územím v smere vrstevnice a s výraznou lavínovou dráhou,

Popis lavíny		P.č. v doline: P.č. celkom:	
Pohorie: Dolina: Lokalita: Číslo svahu: Sklon odtrh. územia:		Výskyt dňa: hod: Expozícia svahu: Nadmorská výška odtrhu: Nadmorská výška čela nánosu: Celkový (paušálny) sklon:	
zóna	kritérium	alternatívne znaky a názov	
pásmo odtrhu	A príčiny vzniku	A1 samovoľné	A2 mechanické A3 človekom A4 zverou A5 odstreľom
	B forma odtrhu	B1 bodový odtrh	B2 čiarový odtrh B3 dosková lavína mäkká B4 dosková lavína tvrdá
	C poloha sklznej plochy	C1 povrchová lavína	C2 základová lavína
	D kvalita snehu	D1 nový sneh	D2 starý sneh
	E vlhkosť snehu	E1 suchý sneh	E2 mokrý sneh
	F rozmery odtrhu	F1 hrúbka zlomu (m)	F2 dĺžka zlomu (m)
trans. pásmo	G tvar dráhy	G1 plošná	G2 žľabová
	H typ pohybu	H1 vírivý, turbulentný- prachová lavína	H2 kĺzavý, valivý- tečúca lavína
	I rozmery dráhy	I1 minimálna šírka (m)	I2 dĺžka dráhy (dosah lavíny) (m)
akumulačné pásmo	J štruktúra nánosu	J1 hrubý nános J3 veľké kvádre J5 hrudy, gule	J2 jemný nános J4 malé kvádre J6 prachové častice
	K materiál nánosu	K1 čistý sneh	K2 sneh s prímiesami K3 zeminy, skál K4 kosodreviny, stromov K5 konštrukcie budov
	L rozmery nánosu	L1 šírka nánosu (m)	L2 dĺžka nánosu (m)
	M hĺbka nánosu	M1 max. výška čela (m)	M2 priem. hĺbka (m)
	N účasť človeka	N1 počet ohrozených	N2 počet zranených N3 počet mŕtvych
škody	O ohrozenie zasypaním	O1 objektov (ks)	O2 št. ciest, železníc (m) O3 zjazdoviek, lyž. trás (m) O4 lesných ciest (m) O5 turist. chodníkov (m)
	P poškodenie porastov	P1 lesa (ha)	P2 kosodreviny (ha)
	Dátum:		Meno:

Tab. 4 Polia v tabuľke pozorované lavíny

$\gamma$  – svahy v hŕľnom type reliéfu, menej strmé homogénne svahy lineárneho alebo konvexného tvaru v smere vrstevnice.

#### KATEGÓRIE PODĽA DRUHU OHROZENIA A ŠKÓD

**A** – svahy ohrozujúce lavínami komunikácie, ľudské objekty, turistické cesty a priechody, (ohrozenie ľudských životov a obydľí),

**B** – svahy, kde lavíny poškodzujú lesné porasty, kosodrevinu a inú vegetáciu (zložky živej prírody),

**C** – svahy neohrozujúce lavínami vegetáciu ani ľudské aktivity, zväčša nad pásmom kosodreviny.

Zmenu v používanej klasifikácii navrhujem najmä v pridaní novej položky v kategórii podľa početnosti a výskytu (pôvodne tu boli tri kategórie). Tu vidím potrebu prítomnosti zariadenia svahov s každoročným výskytom lavín, prípadne aj viackrát ročne, pretože je veľa lokalít s takýmto pravidelným výskytom. Pôvodne bola najnižšia kategória výskytu aspoň raz za šesť rokov. Preto tu boli prítomné rozdielne typy lokalít. V ostatných kategóriách sa

Tabuľka Lavínové dráhy
ID záznamu (automatické číslo)
ID dráhy
ID old
pohorie - BT, CH, MF, NJ, NS, OM, VF, VT, ZT (doména)
hlavná dolina
poradové číslo v doline
pindexpossible
lokalita
početnosť (doména)
geomorfológia (doména)
ohrozenie (doména)
ID zóny - 1,2,3,4 (doména)
Zóna - celá dráha, odtrhová, transportná, akumuláčna (doména)
ID rastrovej mapy 1-6 (doména)
Rastrová mapa - DMR, sklony, orientácie, horizontálne a vertikálne krivosti, slnečné žiarenie (doména)
Count (počet pixelov rastra)
Area (rozloha zóny)
Min (minimálna hodnota)
Max (maximálna hodnota)
Range (rozdiel max-min)
Mean (priemer)
Std (štandardná odchýlka)
Sum (suma)

Tab. 5 Polia v tabuľke *lavínové dráhy*

čiastočne upravilo ich znenie, ale hlavná idea bola zachovaná.

Systém identifikovania lavínových dráh je na Slovensku podľa pohorí a následne podľa hlavnej doliny, kde lavínová dráha ústí. V nej sú číslované podľa poradia v akom za sebou nasledujú. Tu je potrebné vytvorenie tabuľky pre uchovávanie týchto informácií – *Lavínové dráhy v hlavnej doline*, ktorá obsahuje polia *pohorie* (doména – rovnaká ako v tabuľke Lavínové dráhy, v poli pohorie), *ID doliny a názov hlavnej doliny*. A na spojenie pozorovaných lavín s lavínovou dráhou slúži tabuľka *Lavíny a dráhy*. Jednotlivé prepojenia sú realizované pracovníkmi Strediska lavínovej prevencie na základe vyplnenia pripraveného formulára. Ten sa vyplní pri pozorovaní lavíny.

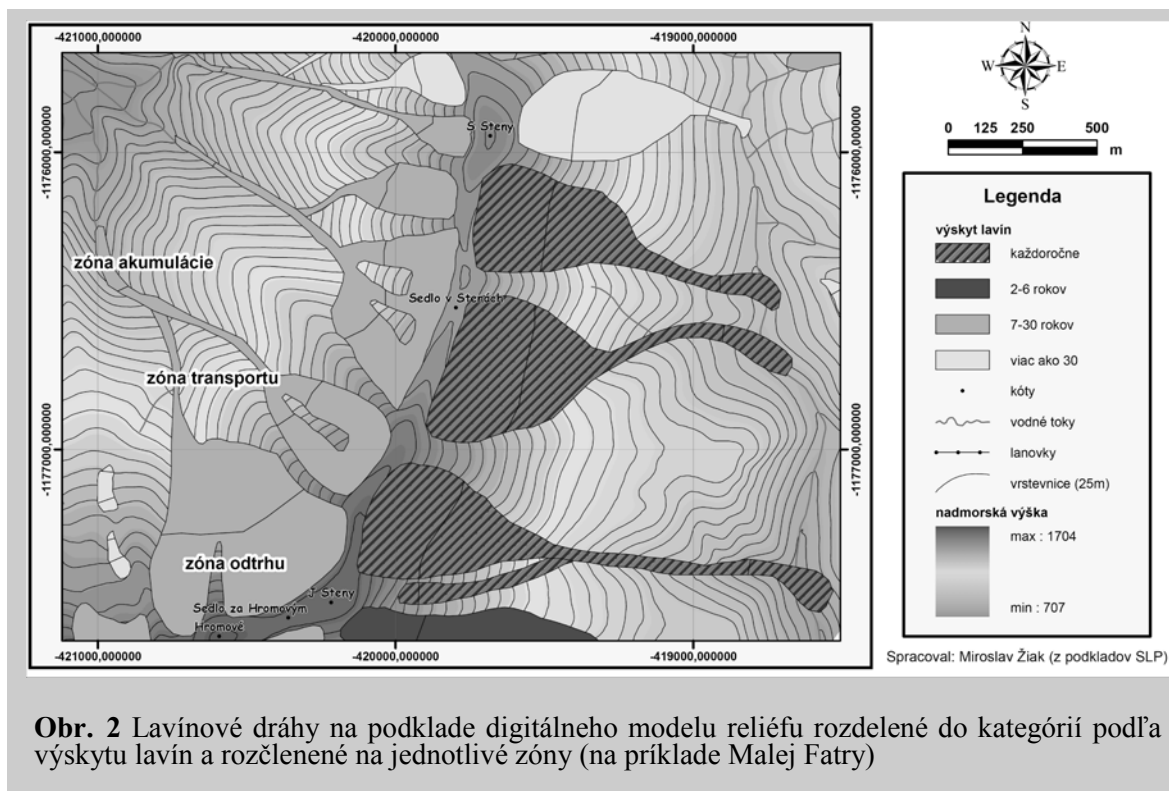
Vektorové podkladové vrstvy – *vodné toky, antropogénne činnosti, kóty, vrstevnice, vegetácia, hranice pohoria, horná hranica lesa a hranice povodí* sú v databáze kvôli lepšiemu začleneniu lavínových území v krajine. Môže sa takto napríklad sledovať potenciálne riziko vzniku lavín v oblastiach s ľudskou činnosťou, môže sa urobiť analýza celého pohoria, respektíve územia nad hornou hranicou lesa a porovnať výsledky s jednotlivými lavínovými dráhami. Vyhraničené povodia zoskupujú lavínové dráhy do skupín podľa príslušnosti k jednotlivým povodiam vodných tokov. Podkladové vrstvy nemajú špeciálnu potrebu prítom-

nosti rozšírených údajov v databáze, ale časom je ich možné naplniť.

Okrem databázovej zložky sú potrebné ďalšie časti na správu informačného systému, ktoré nie sú súčasťou databázy, ale zabezpečujú prostredie pre správcov systému. Potrebná je prítomnosť obslužnej zložky. Jednu časť si vytvorí samotná Personal Database pre *rastrové mapy*, kde sú uložené podkladové mapy pre široké územie. Prípadné *výstupné rastre a vektory* by mali k dispozícii samostatné zložky. Okrem toho ešte priestor pre vytvorené odvodené *konečné mapy*. Jednalo by sa najmä o formát .pdf, .jpeg, .png a .lyr. Potrebná je možnosť ukladania *metadát (.xml), dočasných súborov (temporary), šablón (templates)* a použitých *procesov, resp. skriptov (.sql, .py...)* do samostatných častí. Pre výskumné účely je potrebná možnosť ukladania *literatúry a fotografií*.

## PRÍSTUPY K INFORMAČNÉMU SYSTÉMU

Definovaných prístupov k databáze sa predpokladá niekoľko. Správca celého systému, ktorý pozná celú štruktúru a vnútorné väzby a má neobmedzený prístup je *administrátor*. Obsahovú stránku, bez možnosti ovplyvňovať štruktúru databázy, majú *pracovníci Horskej*



**Obr. 2** Lavínové dráhy na podklade digitálneho modelu reliéfu rozdelené do kategórií podľa výskytu lavín a rozčlenené na jednotlivé zóny (na príklade Malej Fatry)

*záchranej služby*, resp. Strediska lavínovej prevencie. Tí zodpovedajú za obsah aktuálnych informácií o počasi, lavínových sondách a pozorovaných lavínach. Ďalším prístupom k obsahu je prístup ku geografickým údajom. Túto časť má na zodpovednosti *geograf*, resp. geomorfológ. Poslednou zložkou sú jednotliví *užívateľia*. Tí nemôžu nijako vstupovať do štruktúry ani obsahu, ale môžu prijímať výsledky celého systému. Výsledky by mali byť prezentované prostredníctvom internetu. Zatiaľ ešte nie je doriešené softvérové prostredie, ale predpokladá sa využitie databázy MySQL (DUBOIS et al. 2005), ktorá je najrozšírenejšia, bezplatná a aj spoľahlivá.

## ZÁVER

Celý informačný systém je možné v budúcnosti aplikovať na všetky pohoria ohrozené lavínovou aktivitou. V súčasnej databáze sú evidované: Belianske Tatry, Chočské vrchy, Malá Fatra, Nízke Tatry – juh, Nízke Tatry – sever, Oravská Magura, Veľká Fatra, Vysoké Tatry, Západné Tatry a Kubínska hoľa (ktorá by mala správne patriť pod Oravskú Maguru). Testovanie prebieha na modelovom území v Malej Fatre (**obr. 2**). Vybrané bolo územie, v ktorom je možné pozorovať výskyt lavín v rôznych časových intervaloch. Od pravidelného každoročného výskytu až po veľmi zriedkavé zosuvy snehovej pokrývky. Lavínové dráhy majú rozčlenené jednotlivé prechodné zóny od odtrhovej, cez transportnú až po akumuláč-

nú. Podkladovú mapu tvorí mapa nadmorských výšok, ale je možné ju nahradiť všetkými rastrovými snímkami evidovanými v geodatabáze. Tieto je vhodné doplniť vektorovými vrstvami pre lepšiu orientáciu.

Celý proces vytvárania informačného systému je dlhý. Uvedený príspevok má za cieľ predložiť základný koncept, ktorý je potrebné ďalej rozvíjať, podľa štandardných krokov. Po ukončení fázy *konceptuálneho* návrhu nasleduje *logický* model a na záver už konkrétny *fyzický* model informačného systému. Až potom je možná aplikácia v praxi.

## POĎAKOVANIE

Príspevok vznikol v rámci riešenia projektu podporovaného Vedeckou grantovou agentúrou Ministerstva školstva SR a Slovenskej akadémie vied (VEGA) č. 1/4042/07 a Grantu UK/259/2008.

## LITERATÚRA

ANDREWS, B. (2005). *Geologic Seafloor Mapping using the ArcMarine Data Model*. USGS Seafloor Mapping Group, Coastal and Marine Geology Program, Woods Hole.

DUBOIS, P., HINZ, S., PEDERSEN, C. (2005). *MySQL 5.0 Certification Study Guide*. MySQL Press.

- GRUBER, U. (2001). Using GIS for avalanche hazard mapping in Switzerland. *Proceedings - 21st Annual ESRI International User Conference (San Diego, California, USA, 9 - 13 July 2001)*. <<http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc01/professional/papers/pap964/p964.htm>> On-line [November 2<sup>nd</sup> 2009].
- GUSTAVSSON, M. (2005). *Development of a Detailed Geomorphological Mapping System and GIS Geodatabase in Sweden*. Geotryckeriet, Uppsala, 129 p.
- MACDONALD, A. (2001). *Building a Geodatabase*. ESRI, Redlands.
- MILAN, L. (1981). Spracovanie katastru lavínových terénov a ich topografickej charakteristiky v horstvách Slovenska. *Geografický časopis*, 33, 2, 145 - 166.
- MINÁR, J., MENTLÍK, P., JEDLIČKA, K., BARKA, I. (2005). Geomorphological information system: idea and options for practical implementation. *Geografický časopis*, 57, 3, 247 - 266.
- MENTLÍK, P., JEDLIČKA, K., MINÁR, J., BARKA, I. (2006). Geomorphological information system: physical model and options of geomorphological analysis. *Geografie - Sborník České geografické společnosti*, 111, 1, 15 - 32.
- MOMJIAN, B. (2003). *PostgreSQL, Praktický průvodce*. Computer Press, Brno, 402 p.
- RAMSEY, P. (2005). *PostGIS Manual*. Refractions Research.
- SCOTT, D. (2004a). *Observational Guidelines for Avalanche Programs*. The American Avalanche Association, USDA Forest Service National Avalanche Centers, USA.
- SCOTT, D. (2004b). GIS Data Model. *Proceedings - International Snow Science Workshop (Jackson Hole, Wyoming, USA, 19 - 24 September 2004)*. <[http://www.avalanche.org/~issw2004/issw\\_previous/2004/proceedings/pdf/papers/089.pdf](http://www.avalanche.org/~issw2004/issw_previous/2004/proceedings/pdf/papers/089.pdf)> On-line [November 2<sup>nd</sup> 2009].
- VRACOVSKÝ, F. (2006). *GmIS - zpracování dat pro geomorfologickou databázi*. Semestrální práce, Fakulta aplikovaných věd, Západočeská univerzita v Plzni, Plzeň, Česká republika. <[http://www.gis.zcu.cz/studium/apa/referaty/2006/Vracovsky\\_TopologieVGmIS/](http://www.gis.zcu.cz/studium/apa/referaty/2006/Vracovsky_TopologieVGmIS/)> On-line [November 2<sup>nd</sup> 2009].