

## Geologický prieskum životného prostredia Silickej planiny – komplexné hodnotenie citlivosti hornín a zraniteľnosti horninového prostredia

Michal Zacharov<sup>1</sup>

### *Environment geological research of Silica plateau - a global evaluation of sensitivity of rocks and vulnerability of the rock environment*

*From the standpoint of human activities the area of Silica plateau is a part of Slovak karst, which is used in the most intensive way. The extension and the way of using area and plateau resource activate a lot of interactions between technical works, human activities and the geological environment. An evaluation of the sensitivity of rocks and the vulnerability of the rock environment after the STN 443704 classification standards were realised as a part of the geological research of the Silica plateau environment. The rocks forming the plateau structure are typed to four lithological formations and they all belong to the group of sensitive rocks. A lower terrigenous formation is composed of rocks which are integrated in to the class NC – medial sensitive, VC – highly sensitive and EC – extremely highly sensitive; the limestone – dolomite's formation is created by rocks from the class MC – soft sensitive, NC and VC; the molasse formation is made by rocks in the class VC and the quarternary cover formation by rocks from the class VC and the EC. A substantial part of Silica plateau is integrated to the 3. vulnerability degree – medial vulnerable environment. Parts of the area with the limestone dominion, in case of intensive karstification, and travertine are integrated to the 2. degree – highly vulnerable environment. We integrated the area made by dolomites to the 4. the vulnerability degree – soft vulnerable environment.*

*This work was realised as a part of the grant project VEGA No. 1/6090/99*

**Key words:** Slovak karst, Silica plateau, global evaluation of sensitivity of rocks and vulnerability of rock environment.

### Úvod

Krasové územia sú oblasťami, v ktorých geologická stavba zásadne ovplyvňuje a podmieňuje ich využívanie. Tieto územia sú veľmi citlivé na narušenie ekologickej rovnováhy vyvolané antropogénnou činnosťou. Silická planina patrí z pohľadu množstva antropogénnych činiteľov, nepriaznivo pôsobiacich na životné prostredie, potenciálne k najviac ohrozeným územiám Chránenej krajinskej oblasti - Slovenského krasu.

Územie Silickej planiny patrí z hľadiska aktivít človeka jednoznačne k najintenzívnejšie využívaným v rámci Slovenského krasu. Rozsah a spôsob využívania územia a zdrojov planiny vyvoláva rad interakcií medzi technickými dielami, činnosťou človeka a geologickým prostredím. Pri geologickom prieskume životného prostredia Silickej planiny boli spracované a hodnotené okrem iného aj vlastnosti jej horninového prostredia. V rámci zisťovania týchto vlastností bolo vykonané aj hodnotenie citlivosti hornín a zraniteľnosti horninového prostredia.

### Geomorfologické pomery

Silická planina je krasovou oblasťou, ktorá sa nachádza na území dvoch štátov – Slovenskej republiky a Maďarskej republiky. Na území nášho štátu je podstatná časť tejto krasovej planiny, ktorá je súčasťou CHKO – Slovenský kras, v juhozápadnej časti východného Slovenska. Len juhovýchodná časť planiny sa nachádza v Maďarskej republike, kde je súčasťou Aggteleckého krasu v Aggteleckom národnom parku.

Hodnotené územie je z východnej strany ohraničené záverom kaňonovitej Turnianskej kotliny medzi obcami Hrušov a Silická Jablonica. Ďalej na východe táto hranica pokračuje depresiou sedla Soroška, ktorá tvorí hranicu medzi Silickou planinou od nej východne sa rozprestierajúcou planinou Horného vrchu. Zo severu je ohraničená depresiou Rožňavskej kotliny. Západné ohraničenie prebieha úzkym kaňonovitým údolím rieky Slaná, od obce Brzotín až k Plešivcu. Ďalšie pokračovanie západnej hranice je terénne nevýrazné, pretože planina tu postupne klesá pod nekrasové sedimenty kenozoika Rimavskej kotliny. Hranica planiny je v tejto časti približne vedená na línii Plešivec, obce Ardovo, Dlhá Ves a jaskyňa Domica. Južné ohraničenie je formálne a tvorí ho štátna hranica s Maďarskom.

V zmysle geomorfologického členenia Západných Karpát je územie planiny súčasťou celku Slovenský kras a podcelku Silická planina (Mazúr, et al., 1986). Podľa geomorfológie krasu (Jakál, 1993) sú v hodnotenom území vyvinuté dva typy. Najrozšírenejší je typ horského krasu, ktorý až na sporadické výnimky je vyvinutý na celom území Silickej planiny. Je to typ planinového krasu, charakteristický 1. stupňom skrasovatenia, s úplným vývojom exo a endokrasu, prevažne s autogénnym vývojom. Druhým typom sú plošne malé výskyty kotlinového krasu travertínových kôp a kaskád. Tento typ je charakteristický 4. stupňom skrasovatenia, s čiastočne vyvinutým exo a endokrasom, s prevažne nedokonale vytvorenými formami krasu, prejavmi fluviokrasu

<sup>1</sup> Doc. Ing. Michal Zacharov, CSc. Katedra geológie a mineralógie, F BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 15, 043 84 Košice  
(Recenzovaná a revidovaná verzia dodaná 20.1.2002)

s alogénnym, lokálne autogénnym vývojom. Uvedený typ krasu sa nachádza na dvoch lokalitách, v širšom okolí obce Hrušov.

### Geologické pomery

Územie Slovenského krasu a jeho pokračovanie v Maďarskej republike má zložitú stavbu na ktorej sa podľa súčasných poznatkov (Mello, et al., 1997) zúčastňuje 5 základných tektonických jednotiek – silicikum, turnaikum, meliatikum, príkrov Bôrky a gemerikum. Ďalej sa na stavbe zúčastňujú sporadické výskyty kriedy zachované len v siliciku a kenozoické sedimenty nesúvisle prekrývajúce uvedené tektonické jednotky.

#### Silicikum

Silickú planinu tvorí len jedna tektonická jednotka – silicikum, na ktorej je nesúvisle vyvinuté kenozoikum, zastúpené terciérnymi a kvartérnymi pokryvnými sedimentami. Silicikum je tvorené silickým príkrovom, v ktorom sú zastúpené početné litofaciálne vývoje v stratigrafickom rozpätí vrchný perm – vrchný trias, s celkovou odhadovanou mocnosťou 2 – 3 km. Silický príkrov v oblasti Silickej planiny tvoria tri skupiny facií, vyčlenených (Mello, et al., 1997): 1 – fácie predriftového štádia, 2 – fácie karbonátovej platformy, 3 – fácie intraplatformových depresíí a pelagické fácie, resp. svahové a panvové fácie.

#### *Fácie predriftového štádia*

Fácie predriftového štádia predstavujú v súčasnosti najstaršie známe sedimenty silického príkrovu v oblasti Silickej planiny. Uvedené štádium je zastúpené nasledovnými litostratigrafickými vývojmami. Najstaršia je perkupská evaporitová formácia (najvyšší perm – spodný trias), tvorená pestrými pieskovecami a bridlicami, s polohami sadrovcov a anhydritov. Táto formácia nie je odkrytá na povrchu, bola zistená len vrtmi v podloží verfénskeho súvrstvia pri obciach Silica a Silická Brezová.

Nadložené verfénske súvrstvie (spodný trias – skýt), tvoria tri vývoje vrstiev. Najspodnejší vývoj je tvorený bodvasilašskými vrstvami (griesbach – spodný namal), zloženými z pestrých bridlic a pieskovecov. V ich nadloží sú vyvinuté silickojablonické vrstvy (namal – spodný spat), tvorené piesčitými vápencami, piesčitými bridlicami a pieskovecami. Najvyššiu časť verfénskeho súvrstvia tvoria sinské vrstvy (vrchný namal – stredný spat), zložené z monotónnych polôh bridlic, slienitých vápencov a vápencov. Verfénske súvrstvie sa vyskytuje najmä v okrajových častiach Silickej planiny. Vytvára rozsiahle polohy na juhovýchodných svahoch medzi obcami Silica, Silická Jablonica a Hrušov. Taktiež sa vyskytuje na severnom úpätí planiny, medzi Lipovníkom a Jovicami. V tektonickej pozícii sa predmetné súvrstvie vyskytuje v oblastiach styku čiastkových tektonických štruktúr silického príkrovu, prebiehajúcich v blízkosti obcí Ardovo, Silická Brezová a Silica.

#### *Fácie karbonátovej platformy*

Najväčšiu časť povrchu a pravdepodobne aj objemu hornín Silickej planiny tvoria fácie karbonátovej platformy, na ktoré sú viazané početné povrchové i podzemné krasové javy. Fácie sú tvorené rôznymi typmi karbonátov, v stratigrafickom rozpätí: najvyššia časť spodného triasu – vrchný trias. V oblasti Silickej planiny na báze tohto faciálneho vývoja vystupujú polohy dolomitov, rauvakov, brekcií a pestrých vápencov v drobných výskytoch severne od obce Silica (najvyšší spat). Podstatná časť horninového masívu, vytvoreného z facií karbonátovej platformy, je zložená z nasledovných karbonátov: gutensteinské vápence a dolomity (najvyšší spat – anis), steinalmské vápence a dolomity (anis), wettersteinské vápence a dolomity (ladin – karn), leckogelské vápence (karn) a waxenecké (tisovské) vápence (karn). Na povrchu planiny sa najviac vyskytujú svetlé – biele, masívne wettersteinské vápence. Z nich sú najrozšírenejšie rífové typy vápencov, ktoré budujú najmä severnú a severovýchodnú časť planiny. Menej sú rozšírené lagunárne (riasovo – stromatolitové) typy, ktoré tvoria planinu v oblasti medzi Plešivcom a Silicou. V oblasti severne od obce Kečovo a Dlhá Ves sa vyskytujú polohy tzv. nerozlíšených typov wettersteinských vápencov, s ktorými sa vyskytujú rozsiahle telesá wettersteinských dolomitov. Uvedené dolomity sa nachádzajú v spodnej časti súvrstvia wettersteinských karbonátov. Ostatné vyššie uvádzané dolomity vytvárajú nepravidelné a nesúvislé polohy v masívoch vápencov rovnakého označenia. Uvádzané typy karbonátov sa zúčastňujú na stavbe podstatnej časti povrchu náhornej plošiny krasovej planiny. Vytvárajú aj podstatnú časť svahov, ohraničujúcich Silickú planinu na západnom a severnom okraji.

#### *Svahové a panvové fácie*

Na stavbe Silickej planiny sa tieto fácie z hľadiska plošného výskytu zúčastňujú iba v malej miere. Vytvárajú úzke pruhovité, často aj šošovkovité polohy, ktoré sú intenzívne rozblokované zlomovou tektonikou. Tieto fácie sú tvorené nasledovnými typmi vápencov: schreyeralmské vápence (anis – ladin), reiflinské a pseudoreiflinské vápence (anis – karn), raminské a wettersteinské lavicovité vápence (ladin – karn). Množstvo typov karbonátov svahových a panvových facií uzatvárajú hallstatské vápence (norik). Najviac sú rozšírené sivé a tmavosivé lavicovité, hľuznaté reiflinské vápence. Vytvárajú relatívne súvislú polohu, tiahnu sa od Plešivca

až k južnému okraju obce Silica. V týchto vápencoch sa západne od Silickej Brezovej vyskytujú tenké polohy redeponovaných kyslých tufitov (ladin). Súčasťou uvedenej skupiny facií je aj malá poloha zlambašských vrstiev (norik – réť), zložená z vápencov, slienitých a piesčitých bridlic, nachádzajúca sa západne od Silice.

### **Kenozoikum**

Terciér v oblasti Silickej planiny je v hlavnej miere tvorený neogénnymi sedimentami - poltárskym súvrstvom (pont). Súvrstvie je zložené z pestrých ílov, pieskov a štrkov, ktoré tvoria jeho podstatnú časť. Uvedené sedimenty vytvárajú nepravidelné polohy – denudačné zvyšky na exhumovanom krase. Vyskytujú sa hlavne na západnom okraji planiny, medzi Plešivcom a Ardovom a západne od Silickej Brezovej. Na planinových častiach hodnoteného územia sa vyskytujú reliktné sedimenty v stratigrafickom rozpätí pliocén – spodný pleistocén. Sú to prevažne íly a hliny terra – rossového typu. Tieto sedimenty majú často premenlivý obsah hlinito – kamenitých sutín a sú zachované najmä v medziškrapových priestoroch a krasových jamách. Pomerne časté sú ich akumulácie aj v krasových dutinách blízko povrchu, puklinových a rozsadinových štruktúrach.

Kvartér je vyvinutý hlavne na úpätiach svahov, lemujúcich náhornú plošinu krasovej planiny. Najviac sú rozšírené deluviálne sedimenty ( pleistocén – holocén), zložené z hlinito – kamenitých a kamenitých sedimentov. Plošne sú najviac rozšírené na západnom okraji Silickej planiny, v oblasti miernych svahov, v širšom okolí Dlhej Vsi a Domic. Pomerne málo sú vyvinuté deluviálne – proluviálne sedimenty (kolúvia), (pleistocén – holocén), ktoré vytvárajú ronové kužele zložené zo slabo opracovaných úlomkov hornín lokálne premiešaných s hlinami a osypové kužele tvorené chaoticky uloženými úlomkami hornín. Pri vyústeniach úpätných erózných rýh sa vyskytujú početné kuželovité telesá proluviálnych sedimentov (holocén). Sú zložené prevažne z hlinitých a hlinito – piesčitých, lokálne až štrkovitých sedimentov. Charakteristickým typom sedimentov kvartéru Silickej planiny sú travertíny. Vytvárajú sa pri väčších vyvierackách a významnejšie akumulácie sa nachádzajú v širšom okolí obce Hrušov a južne od Silickej Jablonice. Travertínové telesá sú zložené z doskovitých a lavicovitých polôh sypkých, penovcovitých i kompaktných typov travertínov. Pôvodne kaskádovité formy telies travertínov sú dnes výrazne premodelované zvetrávaním, eróziou i antropogénnou činnosťou.

Pri hodnotení horninového prostredia boli študované aj podzemné krasové javy – jaskyne a priepasti. Tieto formy endokrasu sú v rôznej miere vyplnené autochtónnymi jaskynnými sedimentami, ktoré tiež patria k typickým sedimentom kvartéru Silickej planiny. Boli tu hodnotené v podstate všetky formy sintrovej výzdoby, vyrážanej z krasových vôd.

### **Tektonika**

Silická planina je súčasťou rozsiahleho horizontálneho alebo subhorizontálneho príkrovového telesa – silického príkrovu. Mello, et al., 1997 ho definuje ako bezkorenný príkrov pomerne zložito prepracovaný vrásovo – zlomovou tektonikou na viacero menších čiastkových tektonických štruktúr. Silická planina je vo vyššie vyčlenenom geomorfologickom rozsahu zložená z troch čiastkových štruktúr. Najväčšou časťou planiny je silicko – turnianska štruktúra, ktorá tvorí jej severnú, východnú a centrálnu časť. Menšiu časť planiny na západe, resp. na juhozápade tvoria štruktúry brezovsko – plešivská a kečovská.

Geomorfológia územia Silickej planiny, vznik a vývoj krasu, v rozhodujúcej miere súvisí so zlomovou tektonikou, ktorá výrazne podmieňuje rozsah tektonického porušenia príkrovového telesa. Územie planiny je výrazne tektonicky formované najmä zlomami SZ – JV a S -J smeru. Tieto zlomy sa podieľajú najmä na rozblokovaní severného a južného okraja planiny. Morfogeneticky patria k poklesom, zčasti k šikmým poklesom. Charakteristickým prvkom stavby sú aj prešmykové štruktúry, vyvinuté najmä v oblasti styku brezovsko – plešivskej a kečovskej štruktúry. Prešmykové zóny sú tiež často vyvinuté na styku litologicko-rozdielných komplexov, kde predstavujú štruktúry s čiastkovým, diferencovaným transportom. Uvedené štruktúry majú generálne V-Z smer. Táto orientácia je však často rotovaná v dôsledku rozblokovania zlomami.

Horninový masív Silickej planiny je rozsiahle porušený. Najmä v karbonátoch sa to prejavuje tvorbou početných puklinových systémov, rozsiahlych drvených pásiem a lokálne zbridičnatých zón. Táto porušenosť podmienila intenzívne skrasovatenie a tvorbu početných krasových javov.

### **Hodnotenie citlivosti hornín a zraniteľnosti horninového prostredia**

Územie Silickej planiny je charakteristické tým, že horninové prostredie je tvorené pomerne veľkým počtom litologických typov hornín (tab.1.-4.). Uvedené typy hornín sú zaradené do štyroch litologických formácií:

1. spodnej terigénnej formácie (vrchný perm – spodný trias) – faciie predriftového štádia,
2. vápencovo – dolomitckej formácie (stredný – vrchný trias) – faciie karbonátovej platformy, svahové a panvové faciie,
3. molasovej formácie (neogén) - poltárske súvrstvie,
4. formácie kvartérnych pokryvov.

Horninové prostredie v krasových územiach výrazne priamo i nepriamo ovplyvňuje životné prostredie. Priamo od litologických vlastností hornín závisí vývoj reliéfu krajiny, pôdnych typov, hydrogeologických pomerov, výskyt nerastných surovín a pod., ale aj množstvo zložiek biosféry. Horninové prostredie Silickej planiny je pomerne vyčerpávajúco charakterizované z hľadiska faciálneho, litologického i stratigrafického. Z niektorých častí (oblasti vedenia líniových stavieb) sú známe aj inžiniersko-geologické charakteristiky, avšak doposiaľ neboli spracované podklady pre určenie citlivosti hornín a zraniteľnosti horninového prostredia.

### Hodnotenie citlivosti hornín

Hodnotenie citlivosti hornín a aj zraniteľnosti horninového prostredia bolo vykonané v zmysle klasifikačných kritérií STN 443705.

Podľa uvedenej normy, *citlivosť hornín* je schopnosť horninového prostredia reagovať na pôsobenie faktorov zraniteľnosti, vyvolaných pôsobením technického systému na horninové prostredie.

Na základe vykonaných štúdií sme zistili, že geologickú zložku životného prostredia Silickej planiny v rozhodujúcej miere ovplyvňuje trvalé osídlenie priamo v CHKO, poľnohospodárstvo, prevádzka a výstavba štátnych komunikácií pre cestnú dopravu, sieť poľnohospodárskych a lesných ciest, rozvody elektrickej energie – menovite vedenie 440 kV, rozsiahla preprava ropy a plynu bez kvalitného monitorovacieho systému a využívanie podzemnej vody. V menšej miere negatívne pôsobí na životné prostredie príležitostná ťažba nerastných surovín a postupne sa rozvíjajúci cestovný ruch.

Podstatná časť vyššie uvedených činností ovplyvňujúcich životné prostredie je v zásade pôsobením veľmi rozmanitých technických systémov na horninové prostredie.

Za *faktory zraniteľnosti* sú citovanou normou považované geologické aktivity (procesy), vrátane antropogénnych, ktoré spôsobujú zníženie kvality jednotlivých prvkov geologického prostredia. Celkove sa hodnotí 11 faktorov zraniteľnosti, ktorých charakteristika je stručne uvedená v záhlaví tabuliek 1. – 4. Hodnotenie citlivosti hornín Silickej planiny bolo vykonané na základe pozorovania a dokumentácie hornín v prírodnom prostredí. Laboratórne analytické hodnotenie vo vzťahu k citlivosti nebolo realizované. Prostriedky pridelené na riešenie grantovej úlohy boli neúnosne poddimenzované, sotva pokryli náklady na pobyt v teréne.

Štúdium jednotlivých litologických typov hornín bolo vykonané na množstve odkryvov na povrchu, ale aj v jaskyniach a priepastiach. Odkryvy na povrchu boli z časti prírodné – terénne ryhy, depresie, svahy planiny, skalné steny. Cenné údaje poskytli odkryvy, vytvorené antropogénnou činnosťou – lomové steny, svahy a zárezy ciest, terénne úpravy v trase líniových stavieb a pod. Značným prínosom sa ukázalo štúdium hornín a faktorov zraniteľnosti v jaskyniach a priepastiach. Na povrchu a pripovrchových častiach krasových území je rad vlastností a javov zväčša zakrytý produktami zvetrávania, vegetáciou a premodelovaný procesmi krasovatenia. Často sú však tieto javy zachované a prístupné v hlbších častiach krasového masívu, kde je ich možné skúmať s využitím metód jaskyniarskeho prieskumu a techniky. Oblasť Silickej planiny je mimoriadne intenzívne prestúpená množstvom podzemných krasových javov, čo umožňuje efektívne skúmať horninové prostredie aj z vnútra.

Priemerne bolo preštudovaných na každý litologický typ, s výnimkou rauvakov, pestrých vápencov a zlambašských vrstiev, 15 lokalít – odkryvov, pretože len ojedinele bolo možné preštudovať výskyt všetkých 11 faktorov zraniteľnosti na každom odkryve. V tabuľke 1. je uvedené aj hodnotenie citlivosti sadrovca a anhydritu, aj keď sa na území Silickej planiny na povrchu nevyskytujú. Tieto typy hornín sme však preštudovali na odkryvoch v Maďarskej republike, v oblasti obce Perkupa, čiže na typovej lokalite.

Hodnotením horninového prostredia Silickej planiny bolo zistené, že jednotlivé litologické typy hornín patria do skupiny citlivých hornín. Sú to podľa STN 443705 typy hornín, v ktorých možno očakávať vznik, alebo intenzifikáciu prejavov pôsobenia niektorého z faktorov zraniteľnosti. Citlivé horniny sa rozdeľujú do štyroch tried citlivosti, podľa počtu [v %] uplatňujúcich sa faktorov na hornine. Sú to horniny triedy **MC** – málo citlivé, **NC** – stredne citlivé, **VC** – veľmi citlivé a **EC** – extrémne citlivé.

Citlivosť hornín Silickej planiny bola hodnotená po jednotlivých litologických formáciách. Z hodnotenia litologických typov hornín spodnej terigénnej formácie zloženej z facií predriftového štádia (tab. 1) vyplýva, že územia s touto formáciou sú tvorené skalnými a poloskalnými horninami triedy **NC**, **VC** a **EC**. Do triedy **NC** patria pieskovce a jednotlivé typy vápencov, ktoré v litologických komplexoch vytvárajú tenkodoskovité až lavicovité vrstvy, ako aj anhydrit

Podstatnú časť formácie, ktorá sa nachádza najmä v juhovýchodnej časti planiny, tvoria rôzne typy bridlíc, ktoré sú hodnotené ako trieda hornín **VC**. Polohy bridlíc dosahujú rádovo desiatky až stovky metrov.

Triedu hornín **EC** zastupuje sadrovec, ktorý ako bolo uvedené, na povrchu v území Silickej planiny nevystupuje. Jeho hodnotenie, ako aj vyššie uvedeného anhydritu, uvádzame z dôvodu komplexnosti údajov o formácii.

Plošne je na Silickej planine najviac rozšírená vápencovo- dolomitická formácia, tvorená horninami fácie karbonátovej platformy (tab. 2.) a horninami svahových a panvových facií (tab. 3.). Podstatná časť planiny je tvorená skalnými horninami fácie karbonátovej platformy zaradenými do nasledujúcich tried citlivosti – **MC**, **NC** a **VC**.

Tab.1. Citlivosť typov hornín spodnej terigénnej formácie.  
 Tab.1. Rock types sensitivity of lower terrigenous formation.

SKUPINA FÁCIE	LITOLOGICKÝ TYP	FAKTORY ZRANITEĽNOSTI											TRIEDA CITLIVOSTI				
		Zmena hladiny podzemn. vody	Zmena vlhkosti horniny	Zmena teploty horniny	Zmena morfologie terénu	Seizmické a iné otrasy	Mech. a fyz. rozpoj. hornin	Chem. rozpušťa- nie hornin	Premiest. rozvol. hornin	Sedimen- tácia hor- nín mate- riálu	Uklada- nie odpadov	Odkrytie hornin. prostre- dia					
FÁCIE PREDRIFTOVÉHO STÁDIA	Pestré fľovité bridlice	-	+ -	+	+ -	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	VC
	Piesčité bridlice	-	+	+	+ -	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	VC
	Pestré pieskovce	-	-	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	NC
	Anhydrity	-	-	+ -	-	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	NC
	Sadrovce	-	+	+	+	+ -	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	EC
	Slieňité bridlice	-	+	+	+ -	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	+	VC
	Slieňité vápence	-	+ -	+ -	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-	NC
	Piesčité vápence	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	NC

Vysvetlivky:  
 + hornina citlivá na faktor zraniteľnosti,  
 - hornina odolná na faktor zraniteľnosti,  
 + - hornina odolná na faktor zraniteľnosti, ale za istých geologických a geomorfologických podmienok môže byť i citlivá (napr. zosuvná geologická štruktúra, vysoký stupeň zvetrania alebo rozvoľnenia a pod.)

Explanations:  
 + Rock sensitive to vulnerability factor,  
 - Rock resistant to vulnerability factor,  
 + - Rock resistant to vulnerability factor, which in some geological and geomorphological conditions can be also sensitive (eg. slide geological structure, high grade of weathering or separation etc).

FÁCIE KARBONÁTOVEJ PLATFORMY	SKUPINA FÁCIÍ	LITOLOGICKÝ TYP	FAKTORY ZRANITEĽNOSTI													TRIEDA CITLIVOSTI	
			Zmena hladiny podzem. vody	Zmena vlhkosti horniny	Zmena teploty horniny	Zmena morfológie terénu	Seizmické a iné otrasy	Mech. a fyz. rozpoj. hornín	Chem. rozpušťa-nie hornín	Premiest. rozvol. hornín	Sediment- tácia hornín mate- riálu	Uklada- nie odpadov	Odkrytie hornin. prostre- dia				
		Pestré vápence	+	-	-	-	+	+	+	-	-	+	-	-	+	-	NC
		Rauvaky	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	VC
		Gutensteinské vápence	+	-	-	-	+	+	+	+	+	+	-	-	+	-	NC
		Gutensteinské dolomity	-	-	-	-	+-	+	+	-	+-	-	-	-	+	-	MC
		Steinalmské vápence	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-	+	-	NC
		Steinalmské dolomity	-	-	-	-	+-	+	+	-	+-	-	-	-	+	-	MC
		Wettersteinské vápence	+	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	+	-	NC
		(všetky typy)															
		Wettersteinské dolomity	-	-	-	-	+-	+	+	-	+-	-	-	-	+	-	MC
		Leckogelské vápence	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	NC
		Waxenecké vápence	+	-	-	-	+	+	+	+	-	-	-	-	+	-	NC
		Breckiovité vápence	+	+-	-	-	+	+	+	+	+-	-	-	-	+	+-	VC
		(tektonické brekcie)															
		Breckiovité dolomity	-	-	-	-	+	+	+	+-	+-	-	-	-	+	-	NC
		(tektonické brekcie)															

Tab. 2. Citlivosť typov hornín vápencovo dolomitickej formácie.  
 Tab. 2. Rock types sensitivity of limestone - dolomite s. formation.

Vysvetlivky: totožné s tab. 1  
 Explanations: Same in tab. 1

Tab. 3. Citlivosť typov hornín vápencovo – dolomitckej formácie.  
 Tab. 3. Rock types sensitivity of limestone – dolomite s formation.

SKUPINA FÁCIE	LITOLOGICKÝ TYP	FAKTORY ZRANITELNOSTI											TRIEDA CITLIVOSTI				
		Zmena hladiny podzemn. vody	Zmena vlhkosti horniny	Zmena teploty horniny	Zmena morfologie terénu	Seizmické a iné otrasy	Mech. a fyz. rozpoj. hornin	Chem. rozpušťa- nie hornin	Premiest. rozvol. hornin	Sedimen- tácia hor- nín mate- riálu	Uklada- nie odpadov	Odkrytie hornin. prostre- dia					
SVAHOVĽA PANOVĚ FÁCIE	Schreyeralmské vápence	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	NC	
	Reiflinské vápence	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	NC	
	Pseudoreiflinské vápence	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	NC	
	Raminské vápence	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	NC	
	Wettersteinské vápence	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	NC	
	(lavicovitě typy)																
	Hallstatské vápence	+	-	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	-	NC	
	Sliepitě brdlice (zlambašské vrstvy)	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	VC	
	Piesčité brdlice (zlambašské vrstvy)	-	+	+	+	-	+	+	+	+	-	+	+	-	+	VC	
	Tufity	-	+	-	+	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	VC	

Vysvetlivky: totožné s tab. 1.  
 Explanations: same in tab. 1.

Tab. 4. Citlivosť typov hornin molassovej formácie a formácie kvartérnych pokryvov.  
 Tab. 4. Rock types sensitivity of molasse formation and formation of Quaternary covers.

SKUPINA FACIÍ	LITOLOGICKÝ TYP	FAKTORY ZRANITEĽNOSTI										TRIEDA CITLIVOSTI	
		Zmena hladiny podzemn. vody	Zmena vlhkosti horniny	Zmena teploty horniny	Zmena morfologie terénu	Seizmické a iné otrasy	Mech. a fyz. rozpoj. hornin	Chem. rozpušťa- nie hornin	Premiest. rozvol. hornin	Sedimen- tácia hor- nin mate- riálu	Ukladá- nie odpadov		Odkrytie hornin. prostie- dia
1/	Pestré íly	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	VC
	Piesky	+	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	VC
2/	Štrky	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	NC
	Íly a hlíny terra - rossoveho typu	-	+	+	+	+	-	-	+	+	-	+	VC
3/	Hlinito-kamenité sedimenty (delúvia)	-	+	+	+	+	-	+-	+	+	+	+-	VC
	Kamenité sedimenty (delúvia)	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	VC
	Kamenité sedimenty (kolúvia)	-	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	VC
	Hlinité sedimenty (prolúvia)	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	VC
4/	Hlinito-piesčité sedimenty (prolúvia)	+-	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	VC
	Traverťiny	+	+	+	+-	+	+	+	+	-	+	+	EC
5/	Sintrové formy (všetky formy)	+	+	-	+-	+	+	+	+-	-	+	+	EC
	Sintrové formy (všetky formy)	+	+	-	+-	+	+	+	+-	-	+	+	EC

Vysvetlivky: totožné s tab. 1  
 Explanations: Same in tab. 1

1/ Riečne fácie. 2/ Reziduálne fácie. 3/ Svahové fácie – terestrické. 4/ Piedmontné fácie. 5/ Premenné fácie. 6/ Vypln jaskýň a priepasti  
 1/ River (alluvial) facies. 2/ Residual facies. 3/ Slope facies – terrestrial. 4/ Piedmont facies. 5/ Spring facies. 6/ Cave and precipice filling



Výrazne tu prevládajú horniny triedy **NC** – najmä vápence, ktoré sú jednoznačne najrozšírenejšími litologickými typmi a vytvárajú polohy desiatky a stovky metrov hrubé. Ďalšou rozšírenou triedou citlivosti je **MC**, do ktorej sú zaradené dolomity. Vytvárajú nesúvislé hrubolavicovité, často zložité členené šošovkovité polohy, do maximálnej hrúbky desiatok metrov vo vápencových litologických komplexoch. Plošne najrozsiahlšie výskyty hodnotených dolomitov sú v juhozápadnej časti Silickej planiny.

Do hodnotenia boli zahrnuté aj tektonicky postihnuté karbonáty – brekciovité vápence a dolomity (tab. 2.). Aj keď delenie hornín v zmysle citovanej normy na citlivé a odolné platí pre zdravé, neporušené horniny, brekciovité karbonáty sú pomerne časté a tvoria dôležitú časť horninového prostredia Silickej planiny. Brekciovité typy karbonátov je možné a potrebné hodnotiť a zaraďovať do vyššej triedy citlivosti ako “nepostihnuté” primárne litologické typy, čiže brekciovité vápence zaraďujeme do triedy **VC** a brekciovité dolomity do triedy **NC**. Litologické vlastnosti tektonicky postihnutých karbonátov sú do istej miery zmenené, čo sa prejavuje pri hodnotení intenzifikácie pôsobenia niektorých faktorov zraniteľnosti, ako je to zrejme z tab.2.

Výrazne menej z hľadiska rozšírenia sa vyskytujú skalné a poloskalné horniny svahových a panvových facií, ktoré sú zaradené do tried citlivosti **NC** a **VC**. Prevládajúcim litologickým typom sú vápence, ktoré obdobne ako vápence karbonátovej platformy, sú zaradené do triedy citlivosti **NC** (tab. 3.). Do triedy citlivosti **VC** z tejto skupiny facií sú zaradené klastické horniny zlambašských vrstiev a tufty. Ich výskyt je sporadický a plošné rozšírenie vzhľadom k vápencom je malé, nepodstatné.

Molasová formácia je málo rozšírená a najviac sa v nej vyskytujú polohy štrkov triedy citlivosti **NC**. Všetky ostatné typy zemín sú zaradené do triedy citlivosti **VC** (tab. 4.).

Zaujímavým litologickým typom sú íly a hliny, resp. ílovité hliny terra – rossového typu. Tieto reziduálne sedimenty lokálne dosahujú hrúbku až niekoľko metrov a väčšina polôh je pravdepodobne resedimentovaná. Tieto zeminy boli hodnotením zaradené do triedy citlivosti **VC**.

Hodnotením litologických typov formácie kvartérnych pokryvov bolo zistené, že vo formácii sú zastúpené horniny triedy citlivosti **VC** a **EC** (tab.4.). Do triedy **VC** patria početné delúviá, tvorené zeminami s prímiesou kamenitej frakcie až zeminy kamenité. Hrúbka polôh je veľmi premenlivá a dosahuje od niekoľkých decimetrov až po niekoľko metrov. Ďalej do tejto triedy patria kolúviá, zložené zo zemín balvanitých (osypové kužele) a lokálne zo zemín kamenitých, s prímiesou balvanitej frakcie (ronové kužele) a prolúviá, zložené prevažne z jemnozrnných zemín, lokálne zo štrkovitých zemín do hrúbky niekoľkých metrov.

Do triedy citlivosti **EC** boli zaradené travertíny, vyskytujúce sa v oblasti krasových vyvieraciek. Kaskádovité telesá dosahujú hrúbku až 20 m a sú tvorené striedavými polohami poloskalných (penovcovité travertíny) a skalných (kompaktné travertíny) hornín. Lokálne sa vyskytujú polohy sypkých travertínov charakteru jemnozrnných piesčitých zemín, vytvárajúcich decimetrové polohy. Všetky výskyty travertínov sú značne poškodené príležitostnou ťažbou a zvetrávaním.

Do hodnotenia kvartérnych hornín boli zahrnuté aj výplne jaskýň a priepastí. Najmä výplne jaskýň sú v oblasti Silickej planiny značne rozšírené v početných jaskyniach, dosahujúcich v niektorých prípadoch kilometrové dĺžky (Domica, Gombasecká jaskyňa, Krásnohorská jaskyňa). Hodnotené boli len autochtónne výplne, čiže všetky formy sintrov, vynímajúc sintre plastické a excentrická. Hodnotené sintrové formy podľa inžinierskogeologickej klasifikácie hornín (STN 721001) boli zaradené ku skalným horninám a do triedy citlivosti **EC**.

### **Hodnotenie zraniteľnosti horninového prostredia**

Základné údaje pre hodnotenie boli získavané z časti z archívnych a publikovaných materiálov a hlavne z terénnych výskumov. Zraniteľnosť horninového prostredia sa klasifikuje piatimi stupňami: 1. stupeň – kriticky zraniteľné prostredie, 2. stupeň - veľmi zraniteľné prostredie, 3. stupeň - stredne zraniteľné prostredie, 4. stupeň mierne zraniteľné prostredie a 5. stupeň – nepatrne zraniteľné prostredie.

Hodnotením citlivosti hornín a ďalších klasifikačných kritérií na hodnotenie zraniteľnosti horninového prostredia klasifikujeme územie Silickej planiny nasledovne: Na stavbe územia planiny sa z hľadiska inžinierskogeologických pomerov v hlavnej miere zúčastňujú dve litologické formácie – spodná terigénna formácia a vápencovo – dolomitická formácia, ktorá tvorí podstatnú časť územia. Územia tvorené týmito formáciami zaraďujeme do 3. stupňa zraniteľnosti – stredne zraniteľné prostredie. V rámci vápencovo –dolomitovej formácie sa vyskytujú územia s mimoriadne vysokou koncentráciou exo a endokrasových javov. Tieto časti územia Silickej planiny potom klasifikujeme ako 2. stupeň zraniteľnosti – veľmi zraniteľné prostredie. Je to najmä oblasť Domice, oblasti severovýchodne od Kečova, Silice, Silickej Brezovej. K plošne najrozsiahljším patria oblasti medzi Silicou, Silickou Brezovou a Gombaseckou jaskyňou a severozápadná časť planiny. Územia tvorené dolomitmi klasifikujeme ako 4. stupeň zraniteľnosti - mierne zraniteľné prostredie. Uvedené zatriedenie území tvorených dolomitmi nie je opodstatnené v tých prípadoch, kde sú dolomity intenzívne zbrekciovatené a rozvoľnené. V takýchto prípadoch sú predmetné územia (čo je prevažná časť) klasifikované ako 3. stupeň zraniteľnosti. Horninové prostredie molasovej formácie a formácie kvartérnych pokryvov, s výnimkou území s polohami travertínov je klasifikované ako 3. stupeň zraniteľnosti. Výskyty travertínov sú klasifikované ako 2. stupeň zraniteľnosti – veľmi zraniteľné prostredie.

Špecifickým prípadom v krasových územiach môže byť hodnotenie zraniteľnosti horninového prostredia endokrasu – jaskýň, resp. jaskynných systémov, ale aj priepastí pri technickej činnosti. Táto môže byť najčastejšie vykonávaná pri sprístupňovacích prácach, technických úpravách pre vodárenské využitie a pri stavebnej činnosti.

U endokrasu, ktorý je bez sintrových foriem alebo len s minimálnym množstvom bežných foriem je potrebné, klasifikovať ho ako 2. stupeň - veľmi zraniteľné prostredie. Všetky ostatné endokrasové javy so zastúpením sintrových foriem je možné a domnievame sa, že aj nutné, klasifikovať ich ako 1. stupeň zraniteľnosti – kriticky zraniteľné prostredie.

Citlivosť hornín (klasifikačné kritérium pre hodnotenie zraniteľnosti horninového prostredia) na pôsobenie jednotlivých faktorov zraniteľnosti je zrejmá z tabuľky č. 1. – 4. Aktivita a intenzita pôsobenia faktorov zraniteľnosti (ďalšie klasifikačné kritérium) v karbonátovom (vápence, travertíny, sintre) horninovom prostredí sa prejavuje a uplatňuje najmä u týchto faktorov: zmena hladiny podzemnej vody, seizmické a iné otrasy, mechanické a fyzikálne rozpojavanie hornín, zvlášť výrazne chemické rozpúšťanie hornín a ukládanie odpadov.

### Záver

Hodnotením citlivosti hornín a zraniteľnosti horninového prostredia bol získaný originálny súbor údajov pre prípravu a zhodnocovanie podkladov o geologickom prostredí pre usmernenie, resp. odstránenie jeho interakcií s antropogénnou činnosťou, najmä technickými dielami. Hodnotenie bolo realizované pre celú oblasť Silickej planiny, čiže pre územia krasové i nekrasové, tvoriace povrch planiny a svahy ohraničujúce planinu.

V krasových územiach boli vykonané štúdie aj v podzemných častiach horninového prostredia, čo umožnilo získať podstatne viac údajov a komplexnejší pohľad na prostredie, ako z bežných štúdií len na povrchu. Uvedené hodnotenie bolo pre oblasť Silickej planiny spracované po prvýkrát a je to taktiež prvý súbor údajov tohto charakteru z CHKO Slovenský kras.

Táto práca bola realizovaná v rámci grantovej úlohy VEGA č. 1/6090/99.

### Literatúra

- JAKÁL, J.: Geomorfológia krasu Slovenska. Slovenský kras 31, Martin, *Osveta*, 1993. s. 13-28
- MAZÚR, E., LUKNIŠ, M., BALATKA, B., LOUČKOVÁ, J., SLÁDEK, J.: Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. Slovenská kartografia, n.p., Bratislava, 1986.
- MELLO, J., ELEČKO, M., PRISTAŠ, J., REICHWALDER, P., SNOPKO, J., VASS, D., VOZÁROVÁ, A., GAÁL, Ľ., HANZEL, V., HÓK, J., KOVÁČ, P., SLAVKAY, M., STEINER, A.: Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského krasu 1:50 000, Bratislava, *Vydavateľstvo D. Štúra*, 1997, s. 1-255.
- STN 443705 – Hodnotenie citlivosti hornín a zraniteľnosti horninového prostredia, 1996, s.18
- STN 721001 – Pomenovanie a opis hornín v inžinierskej geológii, 1990, s. 35.