
GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

54

2002

4

*Jozef Jakál**

KRASOVÁ KRAJINA, JEJ VLASTNOSTI A ODOLNOST VOČI ANTROPICKÝM VPLYVOM

J. Jakál: Karst landscape, its properties and resistance to anthropic impact. Geografický časopis, 54, 2002, 4, 2 figs., 1 tab., 21 refs.

The paper is focused on solution of problems which emerge in the karst landscape as consequences of its use by man. Relationships between the properties of natural elements in the karst geosystem with emphasis on interaction between characters of georelief and water are analysed. Resistance of karst landscape is evaluated by geomorphological criteria. Economic activities with negative impact on the karst geosystem, as well as on its natural potential are identified.

Key words: karst landscape, georelief, geomorphological criteria, natural potential

ÚVOD

Krasovú krajinu sme v predchádzajúcich prácach charakterizovali ako špeciálny prírodný geosystém (Jakál 1986 a 1991), ktorý sa vlastnosťami reliéfu a cirkuláciou krasových vôd podstatne odlišuje od okolitej nekrasovej krajiny. Citlivosť krasu na antropické vplyvy je veľmi výrazná. V krasových územiach s vysokým stupňom povrchového a podzemného skrasovatenia je odraz zmien na povrchu krajiny veľmi rýchlo sprostredkovaný i do jej podzemia. Sprostredkujúcim médiom je zrážková voda a voda pritekajúca do krasu z nekrasového územia. Vysoký stupeň skrasovatenia so zastúpením najmä depresných foriem krasu (krasových jám, uval, slepých dolín a i.) a podzemných jaskynných systé-

* Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava

mov robí krasový geosystém vysoko organizovaným, a tým silne náchylným na zraniteľnosť antropickými aktivitami.

Krasové územia Slovenska majú zastúpenú veľmi širokú škálu morfológických typov krasu s rozdielnym stupňom skrasovatenia (Jakál 1993). Táto skutočnosť sa odráža aj v rozdielnej citlivosti jednotlivých typov krasu na antropické vplyvy a v schopnosti udržať ekologickú stabilitu krajiny.

Planinový kras a rozčlenený horský kras monoklinálnych chrbátov, ale aj mnohé ostrovné polohy krasu v Západných Karpatoch, poskytujú pre človeka obmedzený súbor využiteľných prírodných zdrojov. Krasové vody tvoria bohaté zásoby pitných vôd. Vysokopercenčné, chemicky čisté vápence sa využívajú v priemysle. Na druhej strane plytká pôdna pokrývka umožňuje len skromné podmienky pre rozvoj poľnohospodárstva, ako aj pre vývoj lesnej pokrývky, keď z veľkej časti umožňuje len pestovanie ochranného lesa.

Mimoriadne priaznivé podmienky vytvára krasová krajina pre rozvoj cestovného ruchu a ochranu prírody. Tu však vstupuje do konfliktu so záujmami ťažobného priemyslu, ktorý znižuje jej turistický a ochranný potenciál. Podstatná časť krasových regiónov Slovenska je zahrnutá pod ochranu v rámci národných parkov a chránených krajinných oblastí.

Krasová krajina si vyžaduje osobitný prístup aj pri riešení otázok trvalo udržateľného rozvoja, kde musí byť ochrana životného prostredia integrovanou súčasťou jej rozvoja. Riešenie otázok trvalej udržateľnosti krajiny úzko nadväzuje na problematiku racionálneho využívania prírodných zdrojov krajiny, ktorá bola rozvíjaná v 70-tych a 80-tych rokoch minulého storočia v Geografickom ústave SAV pod vedením Emila Mazúra. Trvalá udržateľnosť obsahuje tri hlavné dimenzie: 1. ekologickú, 2. ekonomickú a 3. sociálnu (Izakovičová et al. 1997). V našej práci sa chceme venovať ekologickej a ekonomickej dimenzii a budeme vychádzať zo základných krajinnno-ekologických vzťahov jednotlivých prvkov prírodného prostredia, najmä medzi reliéfom s podkladom a vodami s dôrazom na súčasné reliéfovotvorné a hydrologické procesy. Reliéf a vody považujeme v zmysle Armanda (1975) v krasovej krajine za vedúce prírodné prvky. Následne venujeme pozornosť prírodným zdrojom krasovej krajiny a dopadom ľudského impaktu na krajinu.

Planinový kras s takmer úplným zastúpením povrchových a podzemných foriem krasového reliéfu a hydrologických krasových fenoménov je príkladom typu klasického krasu, ktorý bude spolu s rozčleneným krasom monoklinálnych chrbátov s vysoko vyvinutým podzemným krasom modelom našej štúdie.

KRASOVÁ KRAJINA AKO ŠPECIFICKÝ PRÍRODNÝ GEOSYSTÉM

Krasová krajina sa vyznačuje osobitnými fyziognomickými črtami, ktoré sú vyjadrené povrchovými a podzemnými formami krasového reliéfu a osobitnou povrchovou a podzemnou cirkuláciou krasovej vody. Charakteristické znaky krasového fenoménu sú výsledkom rozpustnosti a priepustnosti hornín, najmä vápencov, rýchleho priesaku zrážkových vôd do horninového prostredia, formujúcich sa do podzemných tokov s následnou tvorbou súboru povrchových a podzemných krasových tvarov. Vo vode rozpustná karbonátová hornina, určujúca rozsah krasu, je bázou jeho existencie a tvorí hranicu s okolitým nekrasovým

reliéfom. Morfológické a hydrologické javy, ktoré tvoria krasový fenomén, určujú celkový ráz a stupeň skrasovania krasovej krajiny. Pohyb zrážkovej vody v krase je usmerný morfometrickými parametrami reliéfu (sklonitosť, vertikálna a horizontálna členitosť), ale aj uzavretosťou foriem (krasových jám, uval, polí, slepých dolín). Významnú úlohu pri priestorovom rozložení foriem na povrchu i v podzemí krasu hrá geologická štruktúra (mocnosť, vrstevnatosť a čistota vápenca) a tektonická predispozícia.

Kras má oproti nekrasovej krajine ďalšiu dimenziu, ktorou je podzemný reliéf, vyjadrený jaskynným priestorom. Jaskynný systém a povrch krasu sú geneticky úzko prepojené a prostredníctvom reliéfových procesov silne integrované. Vysoký stupeň povrchového skrasovania je sprevádzaný zvýšeným výskytom jaskýň. Tieto vzťahy vytvárajú osobitné podmienky aj pre vývoj vlastností pôd, biozložky, ako aj miestnej klímy. Formuje sa tak špecifický prírodný geosystém. Uvedené zákonitosti sú platné predovšetkým pre planinový typ krasu s prevažne autogénnym vývojom, akými sú krasové územia Slovenského krasu, Muránskeho krasu a Slovenského raja. V rozčlenenom horskom type krasu prevládajú procesy alogénneho vývoja krasového fenoménu, ovplyvneného a formovaného tranzitnými riečnymi tokmi, ktoré prichádzajú do krasu z nekrasového okolia. V tomto krase je vysoká absencia povrchových foriem krasového reliéfu. Na druhej strane sú tu vytvorené rozsiahle jaskynné systémy v horninovom prostredí. V tomto type krasu, pre ktorý sú charakteristické fluviokrasové doliny, sa stretávame najmä s hydrologickým krasovým fenoménom (ponory, vyvieračky). Takýmto vlastnosťami sa vyznačuje najmä kras monoklinálnych chrbtov Nízkych Tatier (Demänovský kras) a Belianskych Tatier. Pri porovnávaní napr. krasu Nízkych Tatier a Slovenského krasu vidíme veľmi rozdielne povrchové znaky reliéfu, ale porovnateľný rozsah podzemného skrasovania s výskytom jaskýň.

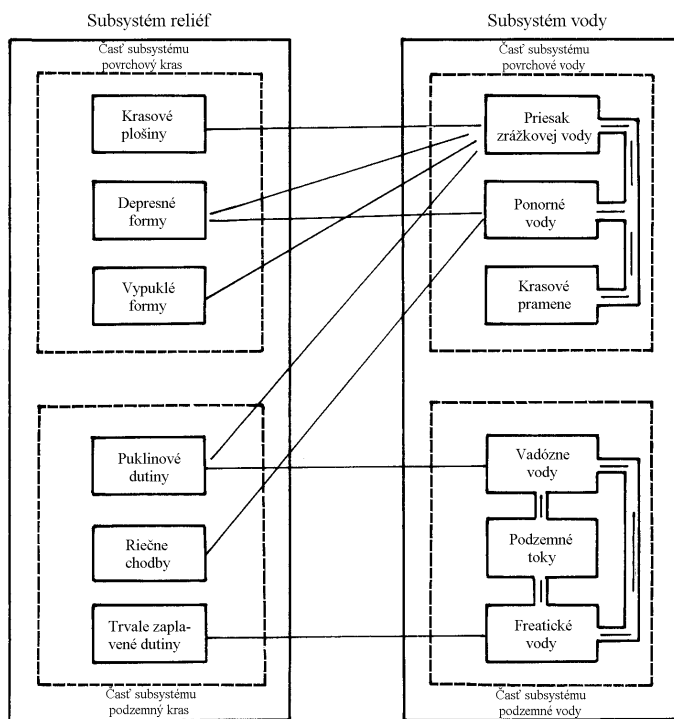
Vzájomná interakcia medzi povrchom a podzemím krasu, ako aj krasom a nekrasovým okolím, zohráva dôležitú úlohu pri usmernení toku hmoty, energie a informácií v krajine a vytvára aj podmienky pre využívanie krasovej krajiny a pre zachovanie jej geoekologickej stability. Široká typologická škála krasových území, rozdielny stupeň skrasovania v priestore Západných Karpát (Jakál 1993) si vyžaduje poznanie vlastností krajiny a prognózovanie smeru a vývoja aktívnych recentných procesov, a to ešte pred využívaním jej prírodných zdrojov.

KRASOVÝ RELIÉF A KRASOVÉ VODY AKO VEDÚCE PRÍRODNÉ PRVKY KRAJINY

Geologická štruktúra je nositeľom krasu, podmienkou jeho existencie. V karpatskej oblasti je kras viazaný na karbonátové horniny, a preto pod pojmom kras chápeme reliéf na týchto horninách. V našej práci budeme analyzovať prírodné prvky: reliéf spoločne s geologickým podkladom, vody, pôdy, klímu a biozložku. Pre krasovú krajinu sú relevantné predovšetkým väzby medzi reliéfom a vodou (obr. 1).

Súčasný krasový reliéf je výsledkom zložitých modelačných procesov a prostredníctvom morfometrických parametrov a morfotvorných procesov ovplyvňuje vlastnosti ďalších prírodných prvkov krajiny. Reliéf sme charakterizovali

ako „pódium“, ktoré je vždy situované v určitom priestore atmosféry (Jakál 1986). Grécky termín „pódium“ znamená stupeň, vyvýšeninu a v širšom slova zmysle priestor, na ktorom sa odohráva určitý dej. Reliéf ako „pódium“ je vyzdvihnutý do rozličných nadmorských výšok v príslušnej klimatickej oblasti, naklonený pod rôznym uhlom k teoreticky horizontálnemu povrchu Zeme a tiež exponovaný pod rôznym uhlom k smeru slnečnej radiácie. Utvára tak podmienky pre vývoj vlastností klímy, vôd, pôdy a biozložky. Interakcia medzi vlastnosťami prvkov krajiny sa uskutočňuje na tomto pódii. Samotný reliéf pod vplyvom tohoto prírodného prostredia spätne podlieha zmenám.



Obr. 1. Schéma hlavných vzťahov medzi vlastnosťami subsystému reliéf a subsystému vody v klasickom krase

Reliéf krasovej krajiny má osobitné črty tak v geomorfologickom procese, ako aj v tvaroch. Je nositeľom len pre kras typických foriem, akými sú škrapy, krasové jamy, uvaly, slepé doliny, kužeľové vrchy, polja a najmä jaskyne. Jaskyne predstavujú podzemný krajinný geosystém so špecifickými vlastnosťami morfológických tvarov, vlastnosťami mikroklímy a biozložky, výrazne sa líšiaci od povrchového prírodného prostredia Jakál (1986) a Bella (1998). Uzavretosť niektorých dimenzionálne rozsiahlych povrchových foriem krasu, ako aj fluvio-krasových zovretých dolín, vplýva na vlastnosti prírodných prvkov. Medzi základné faktory, ktoré podmieňujú vznik a priebeh procesov v geografickej sfére, je množstvo pohltenej slnečnej žiarivosti na jednotku plochy zemského povr-

chu za jednotku času a priestorové rozloženie tohto žiarenia (Krcho 1990). Na príklade Plešivskej planiny bola nameraná radiačná bilancia na južných svahoch tri až viackrát vyššia ako na severných svahoch (Tužinský a Zachar 1983). Od expozície svahov krasových jám závisí amplitúda dennej teploty, ktorá ďalej ovplyvňuje vlhkosť pôdy, hodnoty pH a počet pôdnych baktérií (Bárányi-Kevei 1987). Významná je klimatická a vegetačná inverzia v hlbokých tiesňavách. V Zádielskej doline trvalo zatienené svahy usmerňujú miestnu termickú cirkuláciu a spôsobujú nízku premenlivosť teploty vzduchu počas dňa. Vyrovnaný chod teploty v doline oproti dnu Turnianskej kotliny a náhornej plošine Zádielskej planiny je spôsobený zvýšenou vlhkosťou vzduchu z výparu vody Blatnického potoka, ochladzovaného aj vodami z krasových vyvieračiek (Jakál 1995). Amplitúda teploty vzduchu v letnom dni (18.-19. august 1986) bola v Zádielskej doline 4 °C, na Zádielskej planine 9,1 °C a v Turnianskej kotline 11,5 °C, v zimnom dni (19.-20. februára) v Zádielskej doline 3,2 °C, na Zádielskej planine 5,3 °C a v Turnianskej kotline 5,7 °C. Denná amplitúda vlhkosti vzduchu (leto) dosiahla rozpätie 7 % v Zádielskej doline, ale až 22 % na Zádielskej planine a 24 % v Turnianskej kotline. Na chladnom dne tiesňavy rastú horské a subalpínske a na vyslnených svahoch teplomilné panónske druhy. Hlboké tiesňavy tak podmieňujú vznik klimatickej a vegetačnej inverzie. Vo vlastnej krasovej krajine vzniká pestrá mozaika drobných prírodných geosystémov nižšieho radu ako sú mikrochory, nanochory (napr. trávne spoločenstvo na dne krasových jám v susedstve so skalnou stepou na škrapových poliach).

Krasový reliéf s vysokým stupňom skrasovatenia, ktorý sa nachádza v štádiu zrelosti, má typicky krasový hydrologický režim s infiltráciou zrážkových vôd do podzemia, s prechodom od puklinovo-krasovej cirkulácie podzemných vôd k turbulentnej, až k tvorbe podzemných riečnych tokov. Vo väčšine typov krasu s vyšším stupňom skrasovatenia je riečna sieť premiestnená do podzemia. Typickým znakom hydrologického krasového územia sú ponory a krasové pramene, resp. ponory typu hltáčov a výstupy podzemných riek typu vyvieračiek. Zriedkavým javom sú estavy. Uvedená charakteristika naznačuje, že ide o jednotný krajinný hydrologický systém, ktorý sprostredkúva rýchlu komunikáciu medzi povrchovou a podzemnou časťou krajiny. Preto aj odozva v podzemí je veľmi rýchla na podnety a zmeny povrchovej krajiny. Pritom nejde len o čisto hydrologické vzťahy, ale voda sprostredkuje i pohyb materiálu (zvetralín, pôdy), často kontaminovaného, čo vyvoláva v jaskynnom prostredí zmenu kvality jej aerosolu a mikroklimatických podmienok, a tým aj biologického života v jaskyni. Pri silnej kontaminácii môžu tieto zmeny viesť k zvetrávaniu a narušeniu sintrovej, ľadovej, resp. aragonitovej výplne jaskýň.

Samočistiaca schopnosť krasových vôd závisí od stupňa skrasovatenia. V územiach, ktoré sa nachádzajú v štádiu zrelosti krasového reliéfu, by mala byť teoreticky veľmi nízka. V skutočnosti je v priestore väčšieho krasového regiónu veľmi premenlivá. Dôkazom sú krasové pramene, ktoré reagujú znečistením vody už krátko po búrkových dažďoch zakalením vody, iné takúto reakciu majú veľmi oneskorenú, resp. vody zostávajú bez kvalitatívnej zmeny. Závisí to od vlastností hydrologickej štruktúry a priechodnosti podzemných dutín a ich sekundárnej alochtónnej výplne.

ODOLNOSŤ KRASOVEJ KRAJINY

Pri hodnotení potenciálneho zaťaženia krajiny musíme vychádzať z poznania jej ekologickej stability a prírodnej odolnosti. Prírodná zaťažiteľnosť je schopnosť prírodného ekosystému uniesť takú úroveň využívania, aby nedošlo k nepriaznivým ekologickým zmenám. V podstate ide o určenie kritického prahu, za ktorým sa menia abiotické prvky prírodného prostredia vplyvom ľudských aktivít (Izakovičová et. al. 1997).

Odolnosť krajiny chápe Hagget (1988, in Izakovičová et al. 1997) ako schopnosť krajiny vzdorovať vonkajšiemu pôsobeniu, resp. absorbovať vplyv vonkajšieho pôsobenia. Kritériá anglosaskkej geomorfológie, používané pre hodnotenie reliéfnej odolnosti, uvedené v práci Izakovičová et al. (1997), sme aplikovali na podmienky krasovej krajiny.

Odolnosť podložia – geomorfologická hodnota hornín. V miernej klimatickej oblasti patria vápence k veľmi odolným horninám. Počas paleogeomorfologického vývoja boli naše krasové územia pod vplyvom tropickej klímy (vrchná krieda, panón) i studenej pleistocénnej klímy, kedy bol vápenec náchylnejší na rozpúšťanie, a tým aj na formovanie krasového fenoménu. Dnešný reliéf je takto pamäťou predchádzajúcich etáp krasovatenia. Zrážková a alochtónna voda však pôsobí v krase na niekoľkonásobne väčšej ploche ako v nekrasovej krajine. Okrem povrchovej denudácie dochádza k rozpúšťaniu vápenca pozdĺž hustej siete puklín a jaskynných dutín, a tým aj k zvýšenému odnosu hmoty z krasu. Podzemné rieky vytvorili rozsiahle jaskynné priestory, ktorých objem je často porovnateľný s objemom povrchových dolín.

Morfologická odolnosť, konfigurácia povrchu sa v krajine prejavuje vlastnosťami morfometrických parametrov. Absolútna nadmorská výška určuje klimatické podmienky pre intenzitu krasovatenia na Slovensku od nížinného krasu cca 200 m n. m. po vysokohorský kras 2100 m n. m. S pribúdaním nadmorskej výšky sa zvyšuje množstvo zrážok a agresivita studených zrážkových vôd a vôd z topiaceho sa snehu, a tým stúpa tiež intenzita rozpúšťania vápenca.

Sklonitosť a energia reliéfu (relatívna členitosť) ovplyvňujú infiltráciu zrážkových vôd do podzemia. Plošinový reliéf usmerňuje priesak zrážkových vôd systémom puklín priamo do podzemia, svahy nad 15° urýchľujú povrchový odtok zrážkových vôd.

V Západných Karpatoch rozlišujeme štyri stupne energie reliéfu: planinový kras – náhorné plošiny 31-100 m s výnimkou strmých svahov tiesňav a kaňonov, rozčlenený kras masívnych chrbátov a hrástí 100-310 m, kras monoklinálnych chrbátov 311-470 m, vysokohorský kras 471-640 m. Uvedené údaje teoreticky naznačujú na zvyšovanie povrchového odtoku so stúpajúcou energiou reliéfu, do tohto procesu však vstupujú úložné pomery a pórovitosť krasovatejúcich hornín.

Morfometrické parametre sú limitujúcim faktorom pre ekonomické aktivity človeka v krase, najmä v lokalizácii sídelnej štruktúry, výstavby komunikácií, zakladaní technických a vodohospodárskych diel a poľnohospodárskych činností.

Štruktúrna odolnosť je daná charakterom priestorovej mozaiky foriem reliéfu a *lokačná odolnosť* s prenosom látok a energie sa môže v krasovej krajine klasifikovať spoločne. Obe sú vyjadrené individuálnymi formami reliéfu, husto-

tou ich výskytu, dimenziou a vzájomnými priestorovými vzťahmi. Pre kras sú podstatné z hľadiska prenosu látok a energie dva vzťahy: a) prenos materiálu z vypuklých a plochých foriem reliéfu do depresných (krasové jamy, uvaly, slepé doliny), na dne ktorých materiál sedimentuje; b) prenos materiálu z depresných foriem do horninového prostredia, vyplňujúci dutiny a jaskynné priestory. Materiál z povrchu krasu sa pohybom vody a gravitačných procesov premiestňuje podzemím a systémom krasových prameňov je časť materiálu vyplavovaná na povrch mimo kras. V silne vyvinutom krase je tento proces rýchly a transportná odolnosť je veľmi nízka.

Filtračná odolnosť – filtrovanie transportovaných látok a energie je určené hustotou a šírkou puklín a dutín, najmä sekundárnej pórovitosti skrasovateľých hornín. Laminárne prúdenie vody prechádza v turbulentné už v dutinách 5-16 mm širokých (Ford 1977). Pri turbulentnom prúdení vody je možný prenos látok do väčších hlbok vo vadóznom priestore na jeho kontakt s freatickou zónou podzemných vôd. Uvoľňovanie puklín, vyplavovanie materiálu na jednom mieste, upchatie puklín v inom priestore robí kras veľmi premenlivým pre transport látok.

Odolnosť daná stavom systému – každý systém má určitý stav a správanie. Stav systému v krasovej krajine je vyjadrený stupňom povrchového a podzemného skrasovatenia a typom súčasného vývoja reliéfu (autogénny, alogénny, zmiešaný), od ktorého závisia vzťahy medzi krasom a nekrasovým okolím. Čím je vyšší stupeň skrasovatenia, tým je krasový geosystém zraniteľnejší. Nízky stupeň odolnosti systému predurčuje len jeho malú zaťažiteľnosť humánnym impaktom.

INTERAKCIA EKONOMICKÝCH AKTIVÍT REALIZOVANÝCH V KRASE

Ekonomická aktivita a využívanie prírodných zdrojov krasovej krajiny má často veľmi nepriaznivý dopad na prírodné prostredie a priebeh procesov v krajine. Každé odvetvie ľudskej činnosti v krasovej krajine vstupuje do prírodného prostredia viacerými aktivitami. Tie nachádzajú odozvu v zmene vlastností krajiny, ktoré majú následne prejav a dopad na kvalitu povrchového, resp. jaskynného geosystému. Jaskynný geosystém je najčastejšie postihnutý cez zmenu vlastností povrchového geosystému (tab. 1).

Vzájomné vzťahy medzi ľudskými aktivitami v krase analyzujeme na príklade vodného hospodárstva, lesného hospodárstva, poľnohospodárstva, cestovného ruchu a priemyslu. Veľmi zložené sú vzťahy medzi jednotlivými aktivitami, ktoré sa vykonávajú v oblasti kontaktného krasu.

Vodné hospodárstvo, využívanie prírodných zdrojov pitných vôd zachytávaním pramenných vôd a čerpaním hlbinných krasových vôd, neatakuje vlastnosti a kvalitu ďalších prírodných zdrojov. Má skôr priaznivý dopad na iné ľudské aktivity, ktoré sú existénčne závislé na zdrojoch krasových vôd. Na druhej strane je kvalita, ale aj kvantita využiteľných pitných vôd ohrozená ostatnými ľudskými aktivitami, ktoré vedú k znečisteniu krasových vôd, ako aj k zmene cirkulácie vôd (napr. v dôsledku ťažby surovín). Výstavbou vodných nádrží v krase sa ovplyvní cirkulácia podzemných krasových vôd.

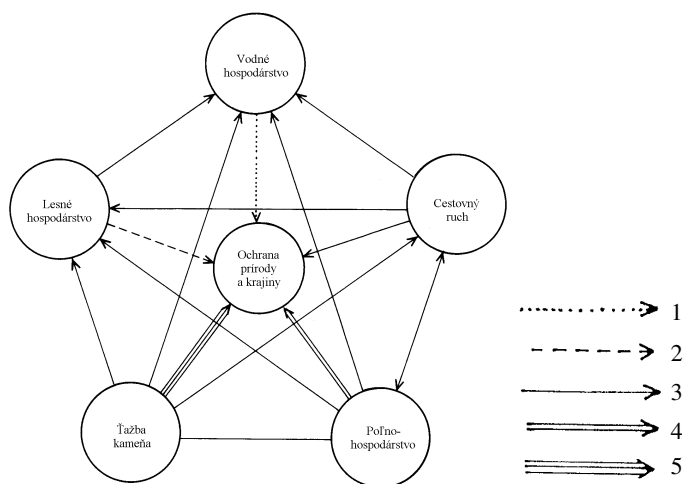
Tab. 1. Ľudské aktivity a ich dopad na krasovú krajinu

Ekonomické odvetvie	Aktivita - vstup	Odozva	Dopad na povrchový geosystém	Dopad na jaskynný geosystém
Vodné hospodárstvo	záchyt krasových prameňov	úbytok vlhkosti → prostredia	zníženie atraktivity prostredia	
	čerpanie podzemnej vody	zníženie → piezometrického povrchu podzemných vôd	vyschnutie prameňov →	rozšírenie vadóznej zóny
	vodné nádrže	záber pôdy →	zatopenie geosystému →	zmena cirkulácie podzemných vôd
Lesné hospodárstvo	odlesnenie	redukcia → evapotranspirácie	zníženie kvality geosystému	
		strata biomasy → ↓	ochudobnenie geosystému	
		erózia pôdy →	ochudobnenie geosystému →	sedimentácia v jaskynnom geosystéme
	aplikácia chemických postrekov	kontaminácia → ↓ vody ↓ pôdy	zníženie kvality geosystému →	kontaminácia jaskynného geosystému ↓ znečistenie aerosólu ↓ zvetrávanie sintrov
Cestovný ruch	výstavba obslužných zariadení	záber pôdy a → vegetácie ↓ úbytok biomasy	ochudobnenie geosystému	
	odpadové vody	znečistenie vôd →	zníženie kvality geosystému →	znečistenie podzemnej vody
Poľnohospodárstvo	agrotechnika – orba	erózia pôdy →	ochudobnenie geosystému →	sedimentácia v jaskynnom geosystéme ↓
	chemizácia, hnojenie, postrek	kontaminácia → ↓ vody ↓ pôdy	zníženie kvality geosystému →	kontaminácia jaskýň ↓ znečistenie aerosólu ↓ zvetrávanie sintrov
Priemysel	ťažba kameňa	narušenie reliéfu →	ochudobnenie geosystému → ↓ zníženie estetiky krajiny	zánik jaskýň a krasových dutín
		narušenie hydro- → geologickej štruktúry	ochudobnenie geosystému o vodu	možná zmena cirkulácie podzemných krasových

Lesné hospodárstvo. Plytká pôdna pokrývka náhorných plošín, strmosť svahov krasových planín, ale aj strmosť svahov v rozčlenenom type stredohorského krasu, ktoré je odrazom odolnosti vápencov, sťažujú podmienky pre pestovanie hospodárskeho lesa. Náročnosť ťažby dreva na strmých svahoch, ale aj obnova lesnej pokrývky si vyžadujú v krase nákladné práce. Dnes už podstatná časť ty-

pického krasu Západných Karpát leží v chránených územiach, čo umožňuje pestovanie prevažne ochranného lesa. Ťažba systémom holorubov by sa mala v krase vylúčiť. Odlesnenie podmieňuje eróziu plytkých pôd a ich splavovanie do podzemia s následnou kontamináciou podzemných vôd, ktorá sa zvyšuje používaním chemických postrekov proti pôsobeniu lesných škodcov.

Poľnohospodárstvo expanduje na úkor lesa. Vo svete, ako aj na Slovensku, ide o najstarší signifikantný humánny impakt rozpoznateľný v krajine za posledných 10 000 rokov. Odlesnenie a pasienkárstvo, najmä na náhorných plošinách, podmienilo osobitý ráz krajiny. Kultúrne lesostepi, uzavreté v dubohrabových lesoch, je potrebné z ochranárskeho hľadiska zachovať. Dávajú krajine osobitný ráz. Zabrániť živelnému prenikaniu lesa do kultúrnej lesostepi je možné len regulovanou pastvou, čo do počtu a času pasenia. Pastva však znamená aj urýchlenie erózie, čo vedie k splavovaniu pôdy do krasového podzemia. Chemizácia v poľnohospodárstve zvyšuje riziko kontaminácie krasových vôd a jaskynného prostredia.



Obr. 2. Schéma vzájomných vzťahov a negatívnych vplyvov medzi ekonomickými aktivitami a ich nepriaznivým dopadom na ochranu krajiny

Intenzita negatívnych vplyvov: 1 – veľmi slabý, 2 – slabý, 3 – mierny, 4 – silný, 5 – veľmi silný

Cestovný ruch má v krase široké uplatnenie. Nielen jaskyne, ale aj rozmanité prírodné zákutia krasových tiesňav, osobitosť krasového fenoménu sú potenciálom pre rozvoj turistiky. Na druhej strane budovanie športových a obslužných zariadení môže tiež nevhodne pôsobiť na znečistenie krasových vôd.

Priemysel, ktorý je v našich krasových územiach zastúpený predovšetkým ťažbou kameňa, najvýraznejšie zasahuje do estetiky krajiny a znehodnocuje tak jej potenciál pre cestovný ruch, môže mať vplyv aj na zmenu režimu podzemných vôd v hydrologických štruktúrach.

Usmernené vodné hospodárstvo, lesné hospodárstvo a cestovný ruch môžu vzájomne pôsobiť v rámci zásad ochrany prírody a krajiny. Vzájomne sa negatívne ovplyvňujú len čiastočne (pozri obr. 2). Tendencia rozširovania poľnohos-

podárstva by nemala narastať a už vôbec nie zakladanie nových kameňolomov v chránených územiach. Takáto tendencia sa v súčasnosti dostáva do popredia dokonca v Národnom parku – biosférickej rezervácii Slovenský kras.

ZÁVER

Krasová krajina, nachádzajúca sa v štádiu zrelosti vývoja reliéfu, je vysoko organizovaný geosystém s pevnou vzájomne sa ovplyvňujúcou väzbou medzi reliéfom a krasovými vodami. Tieto dva prvky krajiny ovplyvňujú aj charakter vlastností pôdy, miestnej klímy, flóry a fauny. Humánny impakt do krasovej krajiny vedie často k nepriaznivej odozve v prírodnej krajine s dopadom na zmenu kvality povrchu a podzemia krasu, čo môže vyústiť až k znehodnoteniu čiastkových potenciálov krajiny pre jej využívanie človekom. Jednotlivé ekonomické aktivity sa navzájom ovplyvňujú. Vhodnosť využívania krasovej krajiny sa nám javí v následnosti od vhodného po najmenej vhodné takto: 1. vodné hospodárstvo; 2. lesné hospodárstvo; 3. cestovný ruch; 4. poľnohospodárstvo a 5. priemysel.

Tento príspevok bol spracovaný v rámci riešenia projektu 2/7049/21, ktorému bol udelený grant na základe odporúčania grantovej agentúry VEGA.

LITERATÚRA

- ARMAND, D. L. (1975). *Nauka o landšafte*. Moskva (Mysl').
- BÁRÁNYI-KEVEI, I. (1987). Vergleichende Karstbodenuntersuchungen im Gebirge Bükk und im Karst von Agtelek in Ungarn. *Acta Geographica*, 27, 39-50.
- BELLA, P. (1992). Klasifikácia negatívnych antropogénnych zásahov v krasovej krajine na Slovensku. *Slovenský kras*, 30, 57-73.
- BELLA, P. (1997). Stability of karst geosystems. In Dluholucký, S., Bozalková, I., eds. *Protection and Medical Utilisation of Karst Environment*. Banská Bystrica (SAŽP), pp. 27-30.
- BELLA, P. (1998). Priestorová a chronologická štruktúra jaskynných geosystémov. *Slovenský kras*, 36, 7-34.
- DAOXIAN, Y. (1988). Karst environmental systems. In *Resource management in limestone landscapes*. Sydney (IGU), pp. 149-163.
- FORD, D. C. (1977). Genetic Classification of Solution Cave System. *Proceeding of the 7th International Congress of Speleology*. Sheffield (International Speleological Union), pp. 189-192.
- FORD, D. C., WILLIAMS, P. W. (1989). *Karst geomorphology and hydrology*. London (Chapman-Hall).
- GERGEDAVA, B. A. (1983). *Podzemnyje landšafy*. Tbilisi (Mecniereba).
- GVOZDECKIJ, N. A. (1972). *Problemy izučeniija karsta i praktika*. Moskva (Mysl').
- IZAKOVIČOVÁ, Z., MIKLÓS, L., DRDOŠ, J. (1997). *Krajinnoekologické podmienky trvaloudržateľného rozvoja*. Bratislava (Veda).
- JAKÁL, J. (1986). Krasová krajina ako špecifický prírodný geosystém. *Slovenský kras*, 24, 3-26.
- JAKÁL, J. (1991). Natural resources of a karst landscape and possibilities of their utilization. *Slovenský kras*, 29, 3-29.
- JAKÁL, J., BELLA, P. (1991). Karst of Demänovské vrchy Mts., morphology, contemporaneous processes and human impact. *Studia carsologica*, 4, 15-28.
- JAKÁL, J. (1993). Karst geomorphology of Slovakia. Typology map of the scale 1:500 000. *Geographia Slovaca*, 4, 38.

- JAKÁL, J. (1995). Vplyv reliéfu na mikroklímu a miestnu klímu krasovej krajiny. In Lalkovič, M., ed. *Kras a jaskyne*. Liptovský Mikuláš (Slovenské múzeum ochrany prírody a jaskyniarstva), pp. 71-75.
- KRCHO, J. (1990). *Morfometrická analýza a digitálne modely georeliéfu*. Bratislava (Veda).
- PFEFFER, K. H. (1990). Relief und Reliefgenese – wichtige Parameter in Geoökosystem der Frankenalb. *Tübingen geographische Studien*, 105, 247-266.
- TUŽINSKY, L., ZACHAR, D. (1983). Bioklimatické a mikroklimatické podmienky vybraných lesných ekosystémov Plešivskej planiny. In Benko, J., ed. *Vyhodnotenie prírodných podmienok územia CHKO Slovenský kras (Plešivská planina)*. Liptovský Mikuláš (Ústredie štátnej ochrany prírody), pp. 80-98.
- VOROPAJ, L. I., ANDREJČUK, V. N. (1985). *Osobennosti karstovych landšaftov kak geosistem*. Černovcy (Černovickij gosudarstvennyj universitet).
- WILLIAMS, P. W. (1993). Environmental change and human impact on karst terrains. *Catena Supplement*, 25, 1-19.

Jozef Jakál

KARST LANDSCAPE, ITS PROPERTIES AND RESISTANCE TO ANTHROPIC IMPACT

Karst landscape represents a specific natural geosystem. The properties of its relief and circulation of karst water make it very different from the surrounding non-karst landscape (Jakál 1986). Sensibility of landscape with high degree of karstification and relief in stage of maturity to anthropic effects is high and its carrying capacity limited. Interaction between the surface of karst landscape and underground cave systems is also very strong. The medium is the allochthonous precipitation water. The karst geosystem is highly organized and consequently susceptible to damage by anthropic activities.

The territory of Slovakia is characterized by a wide range of morphological types of karst. A high level of karstification accompanied by prevailingly autogenic evolution is typical for the classical high plain karst (Slovenský kras, Spišsko-gemerský kras) while the dissected karst of monoclinical ridges (karst of Demänová in the Nízke Tatry Mts. and that of the Belianske Tatry Mts.) is characterized by allochthonous evolution. The effect of allogeny or autogeny of evolution of karst is decisive for the geoecological stability of karst. It is a varied process of energy, mass, and information movement.

Karst relief (together with geological basement) and karst waters are referred to as the major natural landscape elements which also determine the development of soils, biocomponents, and the local climate.

The level of loading of the karst landscape by anthropic activities and its response depend on landscape resistance. Landscape resistance is the capacity of landscape to resist or absorb external pressure. This paper analyses resistance of relief with emphasis on the specific properties of karst relief.

Resistance of basement, geomorphological value of rocks. Karst is submitted to corrosive processes, denudation takes place not only on the surface, but also along rock fissures. Consequently the effect of denudation is more intensive than in non-karst landscapes.

Morphological resistance – configuration of surface is expressed by morphometric relief parameters. The vertical distribution of karst regions of Slovakia starting with lowland karst situated at 200 m above sea level and ending with high-mountain karst at 2,100 m a.s.l. is manifested in varied intensity of limestone rock solution which is determined by climate. Relief inclination and energy affect infiltration of precipitation water

into the ground (slope inclination above 15° accelerates surface runoff) and limits development of larger surface relief forms, above all the depressed ones (such as dolines – dells).

Structural and location resistance is expressed by individual forms, their dimensions, frequency of occurrence and mutual relationships, which is substantial from the point of view of matter and energy movement on the surface and underground.

Filtration resistance depends on density and width of karst hollows and their filling.

Resistance determined by the state of the system is expressed by the level of surface and underground karstification. Higher level of karstification makes the system more vulnerable.

Economic activities realized in the karst of Slovakia are linked to water and forest management, travel, agriculture and extraction of raw material. Human impact on karst landscape often leads to negative response of the natural landscape with after-effects on surface and cave ecosystems (Tab. 1). Consequently, the landscape potential for human exploitation also suffers. Individual economic activities influence each other and result in direct impact on the observation of nature and landscape conservation principles (Fig. 2). Suitability of karst landscape use can be defined from the least suitable to the most suitable by the following scale: 1. water economy, 2. forest management, 3. tourism, 4. agriculture, 5. industry – extraction of stone.

This scale also reflects the fact, that the majority of typical karst areas in Slovakia are under governmental protection in form of Protected Landscape Areas or National Parks.

Translated by H. Contrerasová