
GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

53

2001

2

*Milan Lehotský**

KOTLINOVÝ KRAS – GEOMORFOLOGICKÉ POMERY A ASPEKT EXHUMÁCIE (PRÍKLAD HYBSKÉHO KRASU)

M. Lehotský: The basin karst: geomorphic situation and exhumation aspect (example of the Hybe karst). Geografický časopis 53, 2001, 2, 7 figs., 17 refs.

The article attempts to offer the picture of geomorphic situation and exhumation of the Hybe karst located in the eastern part of the Liptov Basin. The area under investigation represents the type of basin karst of pediment plains and corresponds to the fourth grade of karstification. The Hybe karst is linked to carbonate tectonic subsiding blocks, which in the consequence of pediplanating processes formed river level in the Pliocene. Glacifluvial sediments covered it in the Pleistocene. Geomorphic mapping was focused on two levels of recognition of the territory. One of them was represented by geomorphic analysis of the morphometric and morphogenetic aspects of the whole territory at scale 1:25 000, the other was detailed mapping of a part of the territory under the process of exhumation. Man impact on the environment was characterized from the viewpoint of destruction of karstic forms and potential influencing of surface and ground waters. Territory is classified into eight geomorphic types. Exhumation of surface karst forms shows an accelerated development under the effect of land use. Comparison of the obtained results with those of Droppa (1967), which he attained 35 years ago allows for the statment that the number of sinkholes increased from 24 (three of them were destroyed by man) to 32, i.e. by 11 sinkholes during the period in question. Their development continues in different conditions, particularly their depth and shape change. It is also confirmed by analysis of aerial images from two time horizons (1947 and 1992).

Key words: geomorphology of karst, exhumation of karst forms, Liptovská kotlina Basin, Slovakia

* Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava

ÚVOD

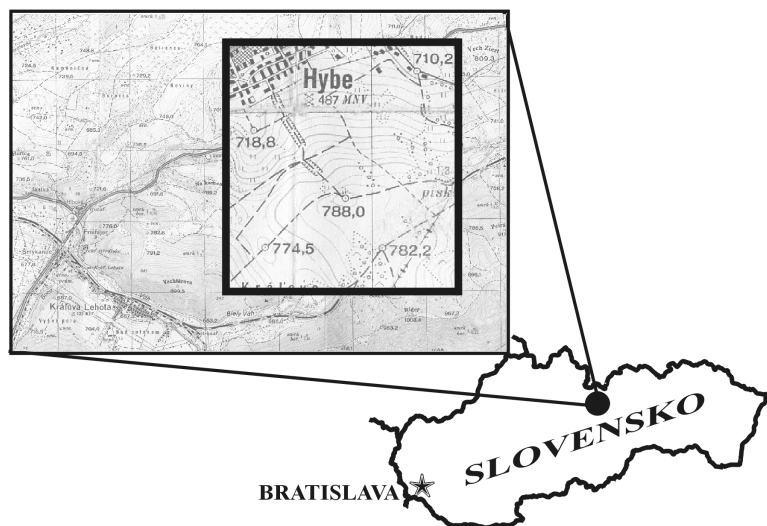
Charakter prírodného prostredia je určovaný všeobecne známymi komponentmi krajiny. Jeho priestorový aj časový charakter, v súvislosti s diferencovanými vlastnosťami komponentov, vykazuje výrazné znaky variability. Krajina má z hľadiska jej obsahu a formy rôzny prejav. Vníname ju v podobe svojských celkov, ktoré odrážajú špecifickú kompozíciu týchto komponentov. Každý z nich a každá ich kompozícia hrá svoju rolu a určuje odlišnosť celkov od ich okolia. Hlavnými morfoštruktúrnymi znakmi Západných Karpát je ich diferencovanosť do kontrastných morfoštruktúrnych jednotiek – pohorí a kotlín. V rámci kotlín nachádzame priestory s rôznou geologickou stavbou a jej geomorfologickou odozvou. Zvlášť špecifické sú priestory budované karbonátovými horninami autochtónneho a subatranského príkrovového mezozoika, ku ktorým sa v kotlinách pridružuje aj bazálna paleogénna litofácia. Tieto priestory morfológicky, funkčne, morfograficky a krajinoekologicky predstavujú územia, ktoré sú „odlišné od okolia“ a zvyčajne sa definujú pojmom kras, resp. krasové územie. Jedným z nich je aj územie vo východnej časti Liptovskej kotliny, v okolí obce Hybe, ktoré sa podľa Jakála (1993) nazýva Hybský kras (obr. 1). Jeho časť, spolu s krasovými ostrovmi v kotlinách Slovenska a menovite v Liptovskej kotline (okolie Važca a Hrubého Grúňa), predstavuje príklad pokrytého krasu v procese exhumácie. Podľa klasifikácie krasových území patrí k typu kotlinového krasu pedimentových plošín a terás a odpovedá štvrtému stupňu krasovatenia (Jakál 1993). Z hľadiska širšej geografickej lokalizácie predstavuje časť Hybianskej pahorkatiny. Viazaný je na karbonátové tektonicky subsidenčné bloky, nachádzajúce sa na dne Liptovskej kotliny, ktoré následkom depilačných procesov vytvorili poriečnu roveň. Jeho nadmorská výška sa pohybuje od 670 m n. m. v doline Váhu po 789,2 m n. m. vo vrcholových polohách. Cieľom práce je jeho základná geomorfologická analýza, v detailnejšej polohe spracovanie priestoru kde prebieha, resp. už prebehol proces exhumácie krasového reliéfu, porovnanie nami získaných výsledkov s prácou Droppu (1967) a zhodnotenie fungovania jeho prírodných systémov v environmentálnej polohe. Po obsahovej aj metodologickej stránke príspevok smeruje k získaniu základných poznatkov o jednom z krasových ostrovov Liptovskej kotliny a temporálnemu porovnaniu krasových foriem reliéfu z hľadiska posúdenia vývoja procesu ich exhumácie. Súčasne poukazujeme na širšie environmentálne aspekty fungovania záujmového územia z hľadiska impaktu človeka v tomto priestore. V príspevku sa nemienime venovať problematike vývoja názorov na výskum krasu ako celku. Považujeme ju za veľmi hutne a erudovane spracovanú v prácach Jakála (1975, 1978, 1983, 1993).

HYBSKÝ KRAS AKO SÚČASŤ LIPTOVskej KOTLINY – ASPEKT JEHO POZNANIA

Liptovská kotlina ako jeden z geografických fenoménov bola z prírodovedného hľadiska objektom mnohých prác. V súlade so zameraním práce spomenieme však len tie diela, ktoré bezprostredne súvisia s predmetným územím a vyššie spomenutými cieľmi práce. Komplexnému fyzickogeografickému aspektu bola venovaná práca Lehotského (1974). Aj keď priestorovo postihuje širšie územie, jej výsledkom je priemet priestorovej variability prírodných systémov predmetného územia. V reláciách spracovania fyzickogeografických pomerov

Liptovskej kotliny je nutné spomenúť prácu Oľahel'a a Poláčka (1987), ktorá študuje skúmané územie v dimenzii kotliny. Geologickým aspektom Liptovskej kotliny, z ktorej sme čerpali mnohé informácie, je práca Grossa et al. (1980). Michalík (1973, 1988) prezentoval výsledky svojho výskumu o datovaní rétskych sedimentov s fosíliami v prelomovej časti Bieleho Váhu, južne od priestoru v procese exhumácie. V priestore medzi obcou Hybe a kameňolomom sa nachádza prílívová zóna eocénneho mora, budovaná lavicovými vápnitými pieskovecami so vzácnym paleontologickým náleziskom výplní nôr kraba z rodu *Spongeliomorpha*. V rámci štúdie o obehú a režime puklinovo-krasových vôd severovýchodných svahov Nízkyh Tatier venoval Hybskému krasu pozornosť Hanzel (1977). Toto územie začlenil do karbonátového komplexu Kráľovej Lehoty ako jedného z typov vyššie spomenutého územia. Z geomorfologického hľadiska s akcentom na krasové pomery, a to zvlášť priestoru v procese exhumácie, sa venuje práca Droppu (1967). Z povrchových krasových foriem popisuje škrapy, závrty, suché doliny aj kaňonovité údolie Bieleho Váhu ako celok. Datuje terasový systém, popisuje ho a konštatuje, že krasovú plošinu pokrýva vo vrcholových polohách vrstva glacifluviálnych a riečnych sedimentov o hrúbke asi 15 m, o ktorých podáva petrografický a granulometrický obraz. Priestorovo zobrazuje výskyt 24 závrtovej a morfológicky ich popisuje. Identifikuje dve polia puklinových škrap a to v odkrytej vápencovej plošine pri „Ružiakovom závoze“ a v závere priestoru, ktorý my nazývame priestorom v procese exhumácie. Podrobne popisuje vlastnosti Hybskej jaskyne. Keďže táto práca je tematicky najbližšia k nami prezentovanej a predstavuje časový horizont porovnania vývoja povrchových krasových foriem, dovoľujeme si jej výsledky zhrnúť do nasledovných bodov:

- podrobne mapuje výskyt krasových javov v južnej časti Hybského krasu,
- hodnotí vtedajšie poznatky o geologických a hydrogeologických pomeroch z hľadiska ich vzťahu k rozšíreniu krasových foriem,
- datuje terasový systém Bieleho Váhu, ktorý predstavuje časť Hybského krasu.



Obr. 1. Lokalizácia Hybského krasu.

METODOLÓGIA VÝSKUMU

Metodologicky prácu členíme do troch rovín. Prvá spočíva v spracovaní základných poznatkov o prírodných pomeroch územia so zreteľom na jeho krasový charakter, s cieľom špecifikovať a ohraničiť územie v geomorfologickej, geologickej a hydrogeologickej polohe. Na ne nadväzuje geomorfologická analýza s cieľom identifikovať variabilitu systémov foriem reliéfu a načrtnúť genézu územia v rámci Liptovskej kotliny. Druhá rovina postihuje aspekt exhumácie časti krasového územia v procese exhumácie a komparáciu s prácou realizovanou Droppom (1967). V tretej rovine sa pokúšame poukázať na vplyv činnosti človeka na Hybský kras. K týmto trom rovinám sa viaže aj formulovanie pracovných hypotéz. Priestorovú variabilitu územia a priori definujeme v nasledovnej podobe, a to tak, že vyčleňujeme okrajové hraničné zóny, zónu centrálnu a v rámci nich zvlášť priestor v procese exhumácie krasu. Z uvedeného aspektu metodológia práce spočíva vo formulovaní hypotéz a na ich základe v aplikácii nasledovných prístupov a metód. Sú to: geomorfologické mapovanie, excerpce poznatkov z literárnych zdrojov, porovnania leteckých snímok z dvoch časových horizontov (1949 a 1992) za účelom detekcie vývoja povrchových foriem krasu a diferencovaného antropogénneho impaktu, porovnanie nami získaných poznatkov s výsledkami práce Droppu (1967) a vyhodnotenie antropogénneho impaktu. Geomorfologické mapovanie bolo nasmerované do dvoch úrovní poznávania územia. Jednu predstavovala geomorfologická analýza morfometrických a morfogenetických aspektov celého územia v mierke 1:25 000, druhú detailné mapovanie časti územia v procese exhumácie. Cieľom posledne spomenutej bolo postihnúť priestorového rozšírenia systémov geomorfologických foriem, a to zvlášť systémov povrchových krasových foriem, hlavne závrťov a ich klasifikácia na základe kritérií tvaru, veľkosti a hĺbky. Environmentálny impakt človeka bol charakterizovaný z aspektu deštrukcie krasových foriem a potenciálneho ovplyvňovania kvality povrchových a podzemných vôd. Z vyššie uvedeného vyplýva aj formulácia nasledovných pracovných hypotéz, a to:

1. čím sa Hybský kras odlišuje od okolia, čím je charakteristický a aká je jeho geomorfologická priestorová variabilita,
2. ak existuje proces exhumácie Hybského krasu a môžeme ho datovať, v akom časovom kroku a akými metódami,
3. človek tento priestor ovplyvňuje aktivitami súvisiacimi s poľnohospodárskou výrobou, aký efekt impaktu môžeme predpokladať.

PRÍRODNÉ POMERY, OHRANIČENIE HYBSKÉHO KRASU A SYSTÉMY JEHO GEOMORFOLOGICKÝCH FORIEM

Geologický podklad Hybského krasu predstavujú dva odlišné predkvartérne geologické celky, a to hronikum a paleogénna bazálna litofácia. Tieto boli na rozhraní pliocénu a pleistocénu procesmi pediplanácie zarovnané do poriečnej rovne. Do tohoto obdobia môžeme datovať aj vývoj krasových i nekrasových foriem reliéfu, ktoré svojím charakterom kopírujú vlastnosti podložia. Predkvartérna geologická diferenciácia bola modifikovaná glaciáluviálnymi sedimentami, ktoré prekryli územie v období staršieho pleistocénu. Kryt sa prerušované zachoval na rozvodnom chrbte medzi Bielym Váhom a Hybicou a na niektorých

vyšších terasových stupňoch (pozri Droppa 1964, Gross et al. 1980). Podľa vyššie uvedených literárnych zdrojov sa v najvyššej plošinatej časti územia predpokladá ich hrúbka okolo 15 m. Obdobie mladšieho pleistocénu a holocén je charakteristické postupným presunom toku Bieleho Váhu k južnému okraju kotliny. Zarezávanie sa Bieleho Váhu v prelomovej časti prebiehalo etapovito, o čom svedčí výskyt akumulčných aj skalných terás v rôznej výške nad hladinou Bieleho Váhu. Súčasne sa formovalo povodie Hybice a systémy bočných dolín. Dochádza k deštrukcii glacifluviálneho krytu a odhaľovaniu krých tektonicky rozrušenej poriečnej rovne (podľa Droppu (1968) krasová plošina z mladšieho pliocénu s relatívnou výškou 80 až 110 m nad súčasnou hladinou Váhu a Hybice), a tým aj k postupnej exhumácii krasových foriem. Geologická hranica územia predkvartérnych útvarov prebieha po línii kóty 769,8 (východný cíp územia), severný okraj priestoru exhumácie smerom cca 200 m na s. od kóty 784,0 v západnej časti územia. Končí hranicou styku hronika s bazálnou litofáciou (obr. 2). Južná časť územia je budovaná súvrstviami dachsteinského vápenca s prevahou hrubolavicových (jednotlivé litotypy sa striedajú v asi 6-9 m hrubých cykloch), svetlosivých a hnedosivých vápencov. Cykly sa obvykle končia polohou oolitového vápenca. Typickým znakom celého súvrstvia je pórovitosť (póry vysychania, fenestrálne póry a pod., cf. Michalík et al. 1988). Severná časť Hybského krasu je charakteristická nehomogénnym rozšírením karbonátových komplexov podliehajúcich krasovateniu (súvrstvia bazálnej litofácie zo stredného priabonu predstavujú organodetritické, slabopiesčité, hrubolavicové vápence, zlepenca, karbonátové pieskovce) umožňujúcich len veľmi lokálny vývoj krasových javov (bralá, jaskyne, škrapy).

Hydrogeologické pomery Hybského krasu, ako vyplýva z geologickej stavby, sú veľmi diferencované. Z aspektu genézy, správania sa a procesu exhumácie krasového územia je vhodné mať na zreteli fungovanie agensa zrážkovej vody. Priestorovú diferenciáciu geologických útvarov z aspektu vývoja fenoménu krasu interpretujeme ich transmisivitou a charakterom ich kontaktu s podložím. Z hľadiska exhumácie krasových foriem a prvého kontaktu so zrážkovými vodami sú preto dôležité hlavne hydrogeologické vlastnosti glacifluviálnych sedimentov, ktoré kras pokrývajú. I keď ich transmisivita ($1,10^{-3} \text{ až } -4 \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) je oproti karbonátovému súvrstviu hronika (transmisivita viac ako $1,10^{-2} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) výrazne nižšia, predsa ich kontakt s transmisnejšími karbonátovými horninami hronika podmieňuje rozušovanie ich kompaktnosti. Podľa Kullmana (1990) charakterizujeme priestor Hybského krasu ako odtokovo otvorenú hydrogeologickú štruktúru. Pohyb podzemných vôd je determinovaný privilegovanými puklinami, krasovými kanálmi založenými na zlomoch viacerých smerov a horizontálnymi na sever uklonenými vrstvami hronika a diaklázami. Priestory hronika, t.j. južné časti Hybského krasu, charakterizuje krasovo-puklinová priepustnosť. Podľa sklonu vrstiev hronika na juhozápad možno usudzovať, že zrážkové vody sa dostávajú do hĺbkového systému podzemných vôd kotliny a časť z nich pravdepodobne vyviera v údolí Hybice (Droppa 1967, Hanzel 1997). Z uvedeného usudzujeme, že pôvod vôd Hybice a vôd z prameňov v priestore prielomu Hybice je odlišný. Vody z prameňov sú teda evidentne puklinovo-krasového pôvodu hronika (Hanzel 1977). V jeho centrálnom a severnom priestore, budovanom bazálnou litofáciou, z hydrogeologického aspektu a vývoja krasových foriem dominuje puklinová priepustnosť. Z hľadiska exhumácie krasových foriem je potrebné, okrem vyššie spomenutého, poukázať na aspekt efektu erózne

bázy, keď hlboko zarezaný prelomový úsek Bieleho Váhu predstavuje voči vrcholovej centrálnej časti územia jednoznačne najvyšší potenciál pre priebeh povrchového odvodnenia a odnosu materiálu z dominantnej časti územia. Výsledkom vyššie uvedených prírodných podmienok je aj vývoj územia v procese exhumácie, t.j. vývoj depresných foriem reliéfu, predstavujúcich jadrá a línie koncentrujúce a súčasne distribujúce materiál a vodu do krasového prostredia (závrty, ponory, periodicky prietočné doliny a pod.).

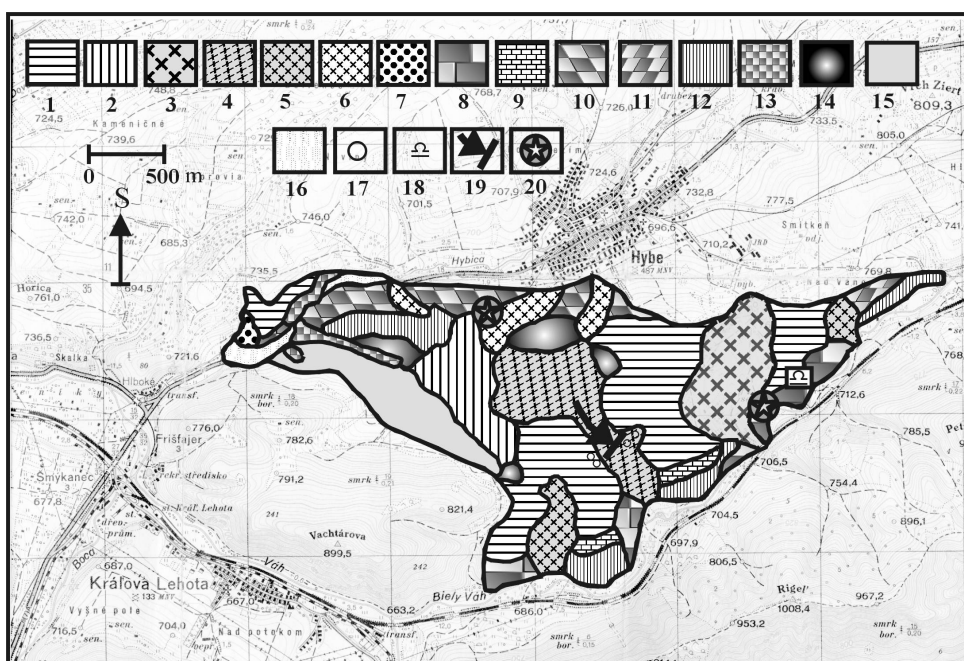
Hranicu Hybského krasu zo severu a z juhu predstavujú dva výrazné líniové morfológické dolinové typy, a to Bieleho Váhu na južnom okraji a Hybice na severnom (obr. 2). Na juhu je to ostrá hranica prielomovej epigenetickej pravo-brežnej časti doliny Bieleho Váhu založenej na kontakte kotliny a severného okraja Nízkyh Tatier v mezozoiku hronika. Pravostranné stránne prielomu predstavujú asi 100 m hlbokú tiesňavovitú, v niektorých úsekoch terasovanú dolinu. Zúžené úseky s príkrymi (až do 60°) priamymi dlhými svahmi doliny Bieleho Váhu ostro ohraničujú skúmané územie v južnej centrálnej časti. Niva Bieleho Váhu je v tejto časti hranice vyvinutá len lokálne. Krátky úsek južnej hranice vo východnej i západnej časti tvorí systém riečnych (rissských) terás. Južné ohraňenie je súčasne charakteristické vyústením troch takmer paralelných, do doliny Bieleho Váhu kolmo ústiacych, periodicky pretekajúcich, relatívne krátkych (700 až 1500 m) periglaciálnych dolín. Typické sú úvalinovitými závermi, založenými v glacifluviálnych sedimentoch, resp. sedimentoch bazálneho paleogénu a úzkym až tiesňavovým vyústením do nivy Bieleho Váhu. Centrálne a východnú časť severnej hranice Hybského krasu (na juhovýchod od obce Hybe) predstavuje málo kontrastný prechod do flyšovej pahorkatiny s hladko modelovanými ľavostrannými svahmi doliny Hybice a jej prítoku (okolie dvora roľníckeho družstva). Relatívne hlbšie rezaným pahorkatinovým reliéfom je severná hranica typická v západnom úseku, a to v širšom priestore prielomu Hybice (od západného okraja obce Hybe až na východ od priestoru križovatky ciest Liptovský Mikuláš-Poprad a Čertovica-Kráľová Lehota). Západné úseky hranice môžeme trasovať na kontaktnej zóne dolomitického a vápencového komplexu hronika na línii dolina Váhu, úpätie masívu Vachtárova, dnom periglaciálnej doliny, ústiacej do prielomu potoka Hybica. Do doliny Hybice z ľavej strany ústi asi 700 m dlhá asymetrická, dobre vyvinutá periglaciálna suchá dolina, ústiaca do hlavnej doliny (na dolnom konci obce Hybe), dve krátke asi 200 a 300 m dlhé, nedokonalé vyvinuté dolinové systémy, morfológicky predstavujúce skôr úvalinové závery dolín ako vlastné doliny (jedna sa nachádza východne od kóty 787,6, druhá pri kameňolome) a dolina so stálym tokom, ústiaca do hlavnej doliny v priestore prielomu pri Moteli Hybe. Úvalinový charakter s dnovým zarezaným korytom tvaru zovretého V s hĺbkou 2-3 m má aj jediná pravostranná prietočná dolina so škrapovým poľom, ústiaca do hlavnej doliny na západ od prielomu Hybice. Centrálny priestor Hybského krasu predstavujú morfológicky, geneticky aj podložími dve odlišné územia. Južná časť krasu je charakteristická:

1. výskytom glacifluviálnych sedimentov najstaršieho pleistocénu morfológicky sa prejavujúcich v podobe plošín,
2. systémom riečnych terás a prelomovým úsekom doliny Bieleho Váhu,
3. periodicky prietočnými dolinami, ktorých úseky pri ústiach vykazujú typické znaky krasových území (tiesňavový charakter a výskyt škrap).

Severnejší priestor predstavuje:

1. mierne zvlnený plochý chrbát s tvrdošmi budovaný sedimentami bazálnej transgresívnej litofácie (brekcie, zlepenice, organodetritické vápence, karbonátové pieskovce), z ktorých bol denudovaný kryt glaciáluviálnych sedimentov,
2. epigenetický prielom Hybice a blízke okolie typické vyššou energiou reliéfu v bazálnej litofácii. Prielom o hĺbke asi 20-30 m je charakteristický výskytom bralných foriem a škrapového poľa v pravostrannej bočnej doline.

K vyššie uvedenému je vhodné dodať, že v priestore Hybského krasu sa v súčasnosti nachádza 30 evidentne vyvinutých závrty a dve lokality, nesúce základ pre ich exhumáciu. Jedna sa nachádza v priestore v procese exhumácie (obr. 4, lokalita 16), druhá v pravej časti periglaciálnej doliny v priestore ponoru (obr. 2).



Obr. 2. Geomorfologická mapa Hybského krasu-systému foriem reliéfu.

1 – glaciáluviálne kužele a terasy, 2 – exhumovaný chrbátovo-plošinatý priestor na bazálnom paleogéne, 3 – priestor v procese exhumácie, 4 – závery periglaciálnych dolín založené v litofácii bazálneho paleogénu, 5 – ústia periglaciálnych dolín s charakterom tiesňav založených v karbonátových komplexoch hronika, 6 – krátke úvalinové doliny v bazálnej litofácii, 7 – škrapové pole, 8 – priame stráne prelomovej časti Bieleho Váhu, 9 – stráne medzi riečnymi terasami, 10 – výraznejšie sklonené strány (15-20°) vo vyššie spomenutom, 11 – priestorestrány s miernym sklonom (do 10°) v priestore bazálnej litofácie a povodia Hybice, 12 – skalné terasy Bieleho Váhu, 13 – bralný systém prielomu Hybice, 14 – exhumované tvrdoše bazálneho paleogénu, 15 – kontaktná dolina Hybského krasu s dolomitickým masívom so stálym tokom, 16 – niva potoka Hybice, 17 – závrty nachádzajúce sa mimo územia v procese exhumácie, 18 – Hybská jaskyňa, 19 – systém ponoru, 20 – paleontologické náleziská

PRIESTOR V PROCESE EXHUMÁCIE KRASU

Teoretická báza exhumácie reliéfu

Exhumácia patrí podľa Laciku (2000) do kategórie pojmov, ktoré sa medzi geomorfológmi obvykle chápu ako jasné a dostatočne zadané. Ako to vyplýva z vyššie citovanej práce, jeho obsah až taký jasný nie je. Práca Laciku (2000) obsiahle diskutuje s názormi na definovanie aj vývoj exhumovaných povrchov vrátane exhumácie krasu. Z nich vyberáme aspoň tie, ktoré odpovedajú novšiemu chápaniu exhumácie krasu. Panoš (1978) upozorňuje na to, že pochovaný kras sa po exhumácii zvyčajne aktivizuje v zmenených klimatických podmienkach, teda je iný ako kras pred pochovaním. Lacika (2000) predpokladá, že v rámci exhumovaného krasu sú makroformy fosílné, ale mikroformy môžu byť aj novodobé. Jestvuje aj kategória čiastočne pochovaného krasu (semi-buried karst), ktorý Panoš (1978) chápe ako kombinovaný útvar, skladajúci sa z čiastočne exhumovaného fosílného krasu a recentného krasu. Jakál (1983) považuje exhumovaný kras za fosilizovaný krasový reliéf, ktorý vplyvom zmenených klimatických a obnovných erózo-denukačných procesov a odnosom pokrývných sedimentov obnažil svoj pôvodný súbor krasových foriem. Na povrchu takého typu krasu sa znova obnovuje proces krasovatenia. Súhlasíme s Lacikom (2000), že pre explanáciu exhumácie Hybského krasu je najvhodnejšia špirálová vývojová schéma, ktorá nepripúšťa reverzibilitu geomorfologického vývoja a podľa nej dochádza len k zdanlivému návratu geomorfologickej formy do určitého východiskového stavu, avšak po atraktorovej špirále sa dostáva do polohy, ktorá je o jednu hierarchickú úroveň vyššie. Na základe vyššie uvedeného a štúdií Droppa (1967), Koreň (1974) a Jakál (1975) sme realizovali aj výskum tej časti Hybského krasu, ktorá je v procese exhumácie.

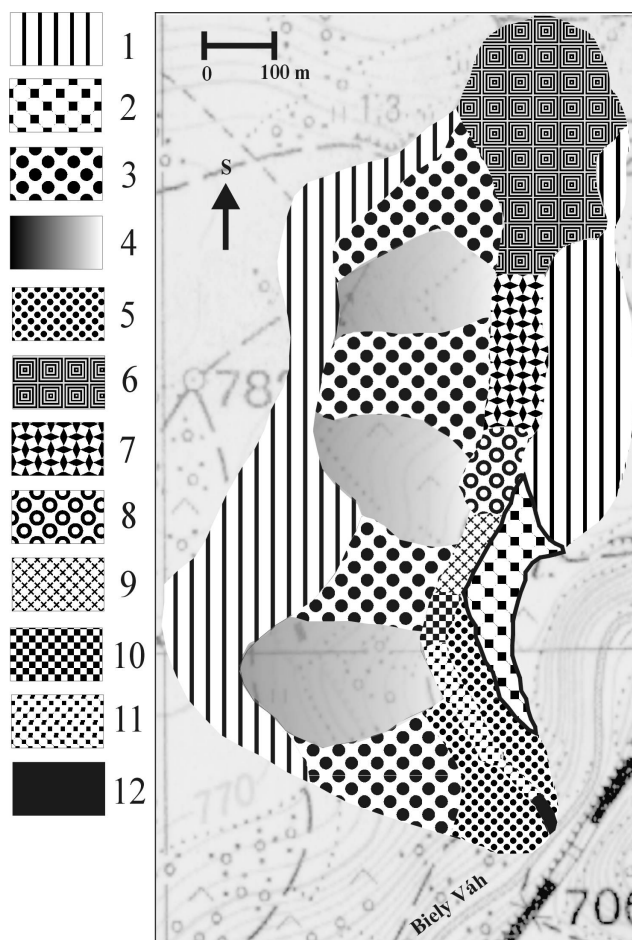
Systémy geomorfologických foriem

Ako sme už uviedli vyššie, polohovo, geologicky a hydrogeologicky sa územie Hybského krasu javí ako diferencovaný celok. Vlastný priestor exhumácie sa nachádza juhovýchodne od obce Hybe. Ohraničený je kótami 782,2 a 762,0 a tokom Bieleho Váhu (obr. 3). Morfológicky ho predstavuje prírodný systém periodicky pretekanej asymetrickej doliny, zložený z dvoch plošinatých a jedného oblého chrbta, troch terasovaných úvalín, štyroch medziúvalinových chrbtov, dolinových strání a zo systému dna doliny. Pravostrannú rozvodnú a vyššiu časť doliny tvorí výrazne plošinatý glacifluviálny chrbát z obdobia najstaršieho pleistocénu. Z neho spadajú terasované medziúvalinové chrbty a terasované úvalinové systémy so závrtni v rôznom štádiu exhumácie. Ľavostrannú časť predstavuje kompozícia plošinatého chrbta s glacifluviálnym krytom a nižší oblý chrbát s nerovnomerne odhaleným vápencovým podložíom. Jeho pokračovanie predstavuje strán o sklone 10-15°, ktorá spolu s protiahlou stránou nesie typické znaky už exhumovaného krasu (škrapy, rendziny, teplomilná vegetácia). Dno periodicky pretekajúcej doliny tvorí morfológická katena so šiestimi členmi. Periodicky prietokná dolina končí tiesňavovitým ústím a úzkym (15 m), v smere toku pretiahnutým (30 m) náplavovým kužeľom. Geomorfologicky územie z hľadiska širších geografických polôh členíme do nasledovných typov (obr. 3):

1. sedlový s iniciačnou funkciou pohybu vody a materiálu. Predstavuje ho morfológicky asymetrický priestor záveru doliny (úvalinový južná časť a typické

sedlo severná časť) s napojením bočnej doliny, ústiacej na sever do doliny Hybice. Celok iniciuje odtok povrchových vôd južným smerom do periodickej prietochnej doliny a taktiež do bočnej doliny povodia Hybice v smere na sever. Dvoma závrťmi súčasne iniciuje odtok do podzemných priestorov,

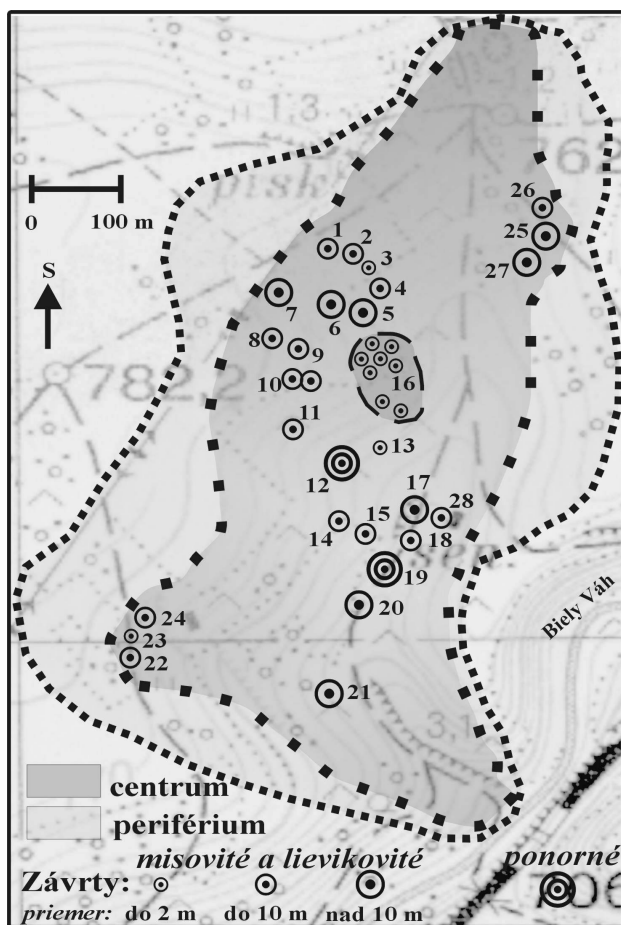
2. chrbátovo-plošinatý s infiltráciou zrážkovej vody a zdrojovou funkciou. Typ symetricky (na východe i západe) „obopína“ periodicky prietochnú dolinu a predstavuje pre centrálny priestor exhumácie jeho okolie. Charakteristický je sklonmi 3-7° a značnou mocnosťou (10-5 m) glacifluviálnych sedimentov pokrývajúcich krasový priestor,



Obr. 3. Geomorfologická mapa priestoru v procese exhumácie – systémy foriem reliéfu.

1 – plošiny s glacifluviálnym krytom, 2 – oblý chrbát s diferencovane denudovaným glacifluviálnym krytom, 3 – medziúvalinové svahové chrbty, 4 – úvaliny, 5 – exhumované dolinové stráne s výskytom škrap, 6 – sedlo s úvalinovým záverom doliny, 7 – mierne zvlnené zlaziskové dno bez závrťov, 8 – výrazne zvlnené, až stupňovité zlaziskové dno s náznakmi exhumácie závrťov, 9 – ploché dno so systémom závrťov, 10 – zúžená ponorovo-závrťová časť dna, 11 – úzke dno bez závrťov a s výskytom škrapov, 12 – tiesňavovité ústie s náplavovým

3. medziúvalinové chrbty s infiltračno-prietočnou funkciou. Nachádzame ich ako zvyškové priestory glacifluviálneho krytu. Charakteristické sú plochejším reliéfom (podobným vyššie uvedenému typu) v horných a exponovanejšími zvlnenými svahmi v dolných polohách so sklonom okolo 15°. Výskyt exhumovaných krasových foriem (závrťov) nie je dominantný,
4. úvaliny so závrťmi a infiltračnou funkciou. Hrúbka krytu glacifluviálnych sedimentov v týchto územiach je značne zredukovaná. Uvedená skutočnosť podmieňuje intenzívnejší prienik zrážkových vôd v depresných formách reliéfu do prekrytého krasového podložia a jeho exhumovanie,
5. dno periodicky prietočnej doliny s líniovým presunom vody a materiálu so šiestimi členmi dnovej kateny, s prietočnou a infiltračnou funkciou a ponorným závrťom. Jej líniový charakter, ako polohovo najnižšieho geomorfologického komponentu, definuje celkový vývoj procesu exhumácie. Katenová sekvencia potvrdzuje systém lokálnych zlomových porúch hronika, ktorých paralely kopíruje aj priestorové rozšírenie závrťov,



Obr. 4. Priestorové rozšírenie a základná klasifikácia povrchových krasových foriem v území v procese exhumácie.

6. oblý chrbát s infiltračnou funkciou a výskytom závrto. Nachádzame ho v ľavostrannej dolnej časti doliny a predstavuje nerovnomerne exhumovaný priestor poriečnej rovne,
7. exhumované stráne s výskytom škráp a infiltračnou funkciou sa nachádzajú pred ústím doliny. Charakteristické sú relatívne vysokými sklonmi (10-20°) a prítomnosťou vyššie uvedených krasových foriem,
8. tiesňavovité ústie doliny s dnom výmoľového charakteru, náplavovým kužeľom a prietoknou funkciou uzatvárajúci celý systém dna doliny.

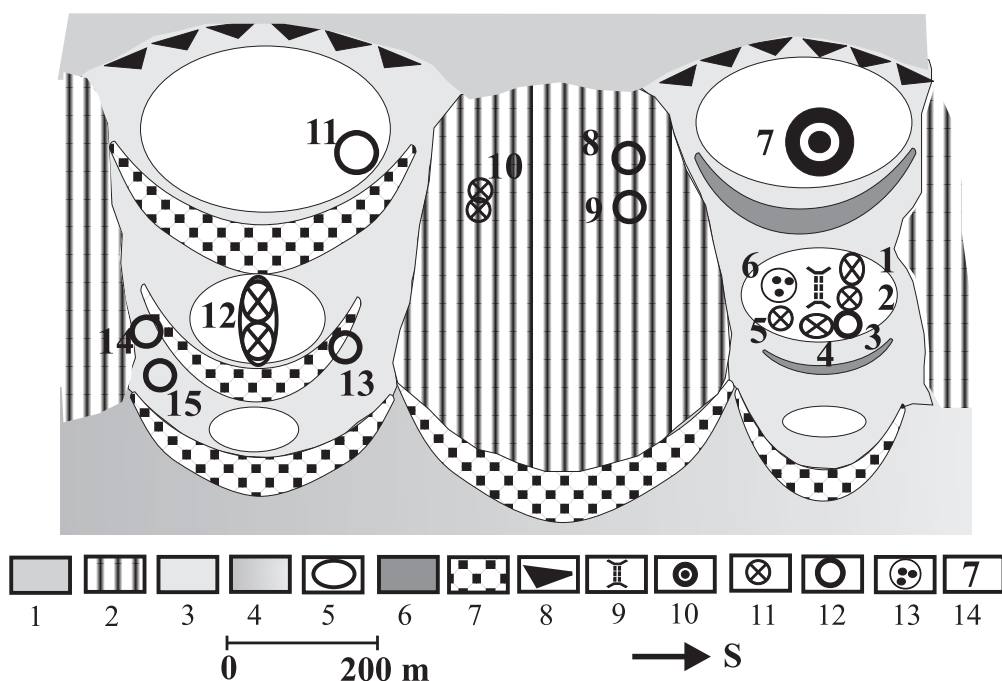
Charakteristika povrchových krasových foriem

V uvedenom priestore v procese exhumácie v súčasnosti nachádzame 28 závrto a jedno pole puklinových škráp so zaoblenými hranami. Typológiu závrto a ich priestorové rozšírenie prezentujeme na obr. 4 a v schematickej podobe na obr. 5. Vlastnosti prezentujeme nasledovnými parametrami, a to priemer (P), hĺbka (H) a forma (F). Závrť č:

1. P – 5 m, H – 2,5 m, F – lievikovitá,
2. P – 8 m, H – 1,5 m, F – misovitá,
3. P – 2 m, H – 0,5 m, F – iníciaľne štádium, misovitá,
4. P – 3 m, H – 1 m, F – misovitá oválna,
5. P – 12 m, H – 2 m, F – misovitá s plochým dnom,
6. P – 20 m, H – 0,5 m, F – náznak exhumácie 3 misovitých závrto s plochým dnom,
7. P – 30 m, H – 0,5 m, F – misovitá s výrazne plochým dnom,
8. P – 8 m, H – 1,5 m, F – lievikovitá,
9. P – 3 m, H – 0,3 m, F – misovitá,
10. P – dvojzávrť – 3 m, H – 1,5 m, F – lievikovitá,
11. P – 3 m, H – 0,5 m, F – iníciaľne štádium, misovitá,
12. P – ponorový dvojzávrť – 15 m, H – 3 m, F – lievikovitá,
13. P – 2 m, H – 0,3 m, F – iníciaľne štádium,
14. a 15. P – 8 m, H – 0,5 m, iníciaľne štádium,
16. systém závrto s priemerom asi 2 m, H – 0,3 m, F – výrazne iníciaľne štádium,
17. P – 15 m, H – 0,5 m, F – misovitá,
18. P – 3 m, H – 0,4 m, F – misovitá,
19. P – ponorový závrť – 20 m, H – 6 m, F – lievikovitá,
20. P – 10 m, H – 3 m, F – lievikovitá,
21. P – 15 m, H – 0,3 m, F – misovitá,
22. P – 10 m, H – 3 m, F – lievikovitá,
23. P – 1,5 m, H – 0,7 m, F – misovitá,
24. P – 3 m, H – 0,5 m, F – misovitá,
25. P – 25 m, H – 3 m, F – misovitá,
26. P – 6 m, H – 1 m, F – lievikovitá,
27. P – 20 m, H – 1,5 m, F – misovitá,
28. P – 6 m, H – 2 m, F – lievikovitá.

VPLYV ČLOVEKA NA VÝVOJ HYBSKÉHO KRASU

Postihujeme ho jednak v rovine vlastného terénneho zhodnotenia využitia zeme, jednak na základe analýzy leteckých snímok z dvoch vyššie uvedených časových horizontov. Terénny výskum spočíval v zhodnotení impaktov človeka do územia (v správaní sa územia v kritických obdobiach – topenie snehu vo viacerých časových horizontoch a čase extrémnych zrážok v roku 1997). V teréne sme okrem identifikácie základných typov krajinej pokrývky (orná pôda, trvalé trávnaté porasty a les, ovplyvňujúce režim povrchového odtoku) identifikovali nasledovné kritické uzly, ktoré ovplyvňujú kvalitu povrchových, ale hlavne podzemných vôd: 1. úložisko exkrementov v závere priestoru v procese exhumácie, 2. uzol rónových vôd v obci Hybe. Na základe konduktometrických meraní a merania teploty vody Bieleho Váhu v profile dlhom asi 400 m na 8 bodoch zo 16.IV. a 29.VII.1995, ktoré sme realizovali na kontakte priestoru v procese exhumácie a toku Bieleho Váhu, t. j. kde sme predpokladali prísun vôd z tohoto územia konštatujeme (aj keď sú to iba dve časové obdobia), že neexistuje vzťah medzi podzemným prítokom vôd z územia v procese exhumácie a



Obr. 5. Schéma časti územia v procese exhumácie – geomorfologické formy a systémy.

1 – plošina s glacifluviálnym krytom, 2 – medziúvalinové svahové chrbty, 3 – úvaliny, 4 – dnový systém periodicky prietocnej doliny, 5 – depresie v úvalinovej katene, 6 – mierne medzidepresiové svahy v úvalinovej katene, 7 – výrazné medzidepresiové svahy v úvalinách a ich konvexné uzávery, 8 – konkávne svahy medzi plošinou s glacifluviálnym pokrovom a úvalinou, 9 – elevácie medzi systémom závrto, 10 – elipsovité, ploché močiarové a plošne rozsiahle iniciačné formy exhumácie závrto, 11 – lievikovité závrty, 12 – závrty v iníciačnom štádiu exhumácie, 13 – priestor s náznakmi exhumácie viacerých závrto, 14 – číslo priradené závrto

vlastnosťami vôd Bieleho Váhu, a tým aj globálnejšieho vplyvu človeka na vlastnosti vôd Bieleho Váhu. Súhlasíme tak s prácami Droppu (1967) a Hanzela (1997), ktoré na základe sklonu vrstiev hronika taktiež predpokladajú vstup zrážkových vôd do hĺbkového systému podzemných vôd kotliny. Ako sme už uviedli vyššie, povrchové vody sú odvádzané do podzemie hydrogeologicky jasne definovanými cestami. Analógová analýza leteckých snímok spočívala v analýze štruktúry (patternu) využitia územia Hybskeho krasu vo vyššie uvedení dvoch časových horizontoch (obr. 6 a 7). Ako vyplýva z práce Solína a Cebecauera (1997), krajinná pokrývka predstavuje jeden z hlavných agensov ovplyvňujúcich fungovanie krajinných systémov, pričom v našich podmienkach je zvlášť dôležité obdobie kolektivizácie. Na základe ich myšlienok, analyzujúc letecké snímky môžeme konštatovať, že patern krajiny diferencovane ovplyvňoval správanie sa prírodného systému Hybského krasu. Rozdrobenosť krajiny a charakter jej celkového využívania v roku 1949 nepodmieňovali urýchlenie procesov exhumácie. Naopak, súčasný obraz v podobe veľkoplošného využitia (snímka z roku 1992) podmieňuje zrýchlenie všetkých procesov, súvisiacich s formovaním tzv. krátkodobých foriem reliéfu, resp. s exhumáciou jeho starších foriem. Porovnávajúc letecké snímky z dvoch uvedených období konštatujeme (hoci kvalita snímok nie je porovnateľná), že povrchové krasové javy (závrty a škrapové polia) sa koncom 50-tych rokov neprejavovali na rozdiel od súčasnosti ako výrazné krajinné fenomény.

ZÁVER

Hybský kras z geomorfologického hľadiska predstavuje jeden z fenoménov kotlinového pokrytého krasu v rôznom štádiu krasovatenia aj exhumácie. Jeho systém je nespojitý a odpovedá zložitej kompozícii, zvlášť geologickým a tektonickým vlastnostiam podložia. Odrazom tejto stavby a vplyvu človeka je aj priebeh recentných procesov podmieňujúcich jeho exhumáciu. Geomorfologicky, geologicky, hydrologicky aj krajinnno-ekologicky predstavuje Hybský kras prírodný celok Liptovskej kotliny so špecifickou priestorovou kompozíciou foriem reliéfu, ktorej charakter dokumentuje aj prezentovaná štúdia. Ak porovnávame výsledky práce Droppu (1967) s našimi, dospievame k nasledovným záverom:

1. Hybský kras predstavuje v rámci krasových území Slovenska jeden z príkladov krasových území v procese exhumácie.
2. Exhumácia povrchových krasových foriem vykazuje zrýchlený vývoj vplyvom zmeny krajinej pokrývky. Charakter aj počet závrty sa v porovnaní s vyššie uvedenou prácou, t.j. za obdobie posledných 35 rokov, značne zmenil.
3. V priestore Hybského krasu sme identifikovali 32 závrty v rôznom štádiu exhumácie. Sú to závrty fosilizované a následne exhumované. Ich vývoj pokračuje, avšak v iných podmienkach.
4. Práca prináša nový komplexný geografický pohľad na celé územie Hybského krasu a postihuje jeho obraz v geomorfologicko-typologickej rovine s akcentom na priestor v procese exhumácie.

Príspevok bol spracovaný v rámci vedeckého projektu č. 2/7049/20 finančne podporeného agentúrou VEGA.



Obr. 6. Letecká snímka časti Hybského krasu z roku 1949.



Obr. 7. Letecká snímka časti Hybského krasu z roku 1992.

LITERATÚRA

- PPA, A. (1967). Krasové javy v doline Bieleho Váhu. *Geografický časopis*, 19, 41-153.
- PPA, A. (1968). Geomorfologický výskum krasových ostrovov v Liptovskej kotline. *Geografický časopis*, 20, 328-342.
- SS, P. et al. (1980). *Geológia Liptovskej kotliny*. Bratislava (Geologický ústav J. Štúra).

- HANZEL, V. (1977). Puklinovo-krasové vody severovýchodných svahov Nízkych Tatier a vplyv skrasovatenia na ich režim. *Slovenský kras*, 15, 31- 51.
- JAKÁL, J. (1975). *Kras Silickej planiny*. Martin (Osveta).
- JAKÁL, J. (1978). Morfoštruktúrna analýza a jej využitie pri typológii krasu. *Slovenský kras*, 26, 17-37.
- JAKÁL, J. (1983). Krasový reliéf a jeho význam v geomorfologickom obraze Západných Karpát. *Geografický časopis*, 35, 160-183.
- JAKÁL, J. (1993). *Karst geomorphology of Slovakia*. Geographia Slovaca, 4. Bratislava (Geografický ústav SAV).
- KOREŇ, M. (1974). Krasové javy v povodí Belanky a Hybice. *Slovenský kras*, 12, 209-221.
- KULLMAN, E. (1990). *Krasovo-puklinové vody*. Bratislava (Geologický ústav D. Štúra).
- LACIKA, J. (2000). Ako ďalej s exhumovaným reliéfom? In Lacika J., ed. *Zborník referátov z 1. konferencie ASG pri SAV*. Bratislava (Asociácia slovenských geomorfológov pri SAV), pp. 69-76.
- LEHÓTSKÝ, M. (1974). *Komplexná fyzicko-geografická charakteristika územia v okolí obce Hybe vo východnej časti Liptovskej kotliny*. Diplomová práca, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava.
- MICHALÍK, J. (1973). Nové poznatky o charaktere rétu lokality Hybe. *Geologické práce, Správy*, 60, 197-212.
- MICHALÍK, J. et al. (1988). Paleontológia a biostratigrafia triasových súvrství v podtatranskej oblasti Spiša a Liptova. In Michalík, J., ed. *Spríevodca k celoštátnej paleontologickej konferencii*. Bratislava (Slovenská geologická spoločnosť pri SAV a ČSVTS), pp. 13-16.
- OŤAHEL, J., POLÁČIK, Š. (1987). *Krajinná syntéza Liptovskej kotliny*. Bratislava (Veda).
- PANOŠ, V. (1978). Krasové typy podľa geomorfologických hľadísk. *Zborník prací Přírodovědecké fakulty University Palackého v Olomouci*, 17, 31-50.
- SOLÍN, L., CEBECAUER, T. (1998). Vplyv kolektivizácie poľnohospodárstva na vodnú eróziu pôdy v povodí Jablonka. *Geografický časopis*, 50, 35-57.

Milan L e h o t s k ý

THE BASIN KARST: GEOMORPHIC SITUATION AND EXHUMATION ASPECT (EXAMPLE OF THE HYBE KARST)

The main morphostructural features of the Western Carpathians is the variety of contrasting morphostructural units – mountain ranges and basins. The areas built by carbonate rocks of the autochthonous and sub-Tatra nappe Mesozoic and basal Palaeogenic lithoface are especially specific. One of such area is the territory in the eastern part of the Liptov Basin in the environs of the village of Hybe. It is classified as the basin type of karst of pediment plains and terraces and corresponds to the fourth type of karstification (Jakál 1993). It is linked to carbonate tectonically subsiding blocks situated at the bottom of the Liptov Basin where in the consequence of pediplanating processes the blocks created a river level. Its sea level altitude moves between 670 m a.s.l. in the valley of the Váh and 789.2 m a.s.l. in its top positions.

The study is divided into three parts as far as the methodology is concerned. The first part contains basic knowledge on natural and particularly geomorphic situation of the territory. The second part deals with exhumation of a part of karst territory and comparison with the work rendered by Droppa (1967). The third part represents a hint at human impact on the karst of Hybe. Geomorphic mapping concentrated on two levels.

One of them was represented by geomorphic analysis of morphometric and morphogenetic aspect of the whole territory at scale 1:25 000, detailed mapping of a part of territory under exhumation was the second. The aim of the latter was to observe spatial distribution of sinkholes and their classification by shape, size and depth. Human impact on the environment was characterized from the viewpoint of destruction of karst forms and potential influencing of surface and ground water quality.

The parent rock of the Hybe karst is represented by two different pre-Quaternary geological wholes, i.e. Hronicum and Palaeogene basal lithoface. These were the processes of pediplanation leveled up to river level at the turn of the Pliocene and Pleistocene periods. The development of karst and non-karst relief forms can be also dated in this period as they copy the parent rock properties. The pre-Quaternary geological differentiation was modified by glaci-fluvial sediments which covered the territory in the period of the older Pleistocene. Later came destruction of the glaci-fluvial cover and denudation of the blocks of tectonically disrupted river level with relative altitude of 80 to 110 m above the present level of the river Váh and consequently also gradual exhumation of karst forms. The northern and southern borders of the Hybe karst is represented by pronounced line type of valleys, that of the Biely Váh at the southern edge and the valley of the Hybica at the northern edge (Fig. 2). The central space of the karst is also represented by two areas with different genesis and parent rock. Spiral-shaped developmental scheme, which does not permit reversibility of the geomorphic development is the one that suits best the explanation of exhumation of the Hybe karst. According to this scheme, the geomorphic form only apparently returns to a certain salient state but following an attractor spiral it reaches a hierarchically higher position. The area of exhumation represents from the morphological viewpoint a natural system of periodically flowed-through asymmetric valley composed of two plain ridges and one round ridge, three terraced dells, four inter-dell ridges, valley slopes and a system of valley floor. There are 28 sinkholes and one lapies field with rounded-up edges (Figs. 3 and 4). Apart from the basic types of land cover (arable land, permanent grassland and forest), which influence the surface runoff also critical nodes, which affect the surface and ground water quality, were identified. One of them is the manure pit in the area of saddleback in area under exhumation process and the node of runoff waters in the village of Hybe is another. Analogue analysis of aerial images consisted from analysis of land cover of the Hybe karst in two time horizons (Fig. 6 and 7). The broken up pattern of landscape and the overall nature of land use did not support the process of exhumation in 1949. On the contrary, the present large-scale use (image from 1992) favours acceleration of all processes connected with formation of what is called the short-term relief forms, with exhumation of its older form. Comparing aerial images we arrived at the conclusion that the surface karst phenomena (sinkholes and lapies fields) were not conspicuous as distinct landscape phenomena by the end of the 1950s. Number of sinkholes (three of them were destroyed by man) increased in the course of the recent 35 years to 32 (i.e. by 11). They are fossilized and subsequently exhumed sinkholes. However, their development continues though in different conditions. The study brings a new comprehensive geographic view of the whole territory of the Hybe karst and presents its geomorphic-typological picture with emphasis on the exhumation process of the area.

Translated by H. Contrerasová