

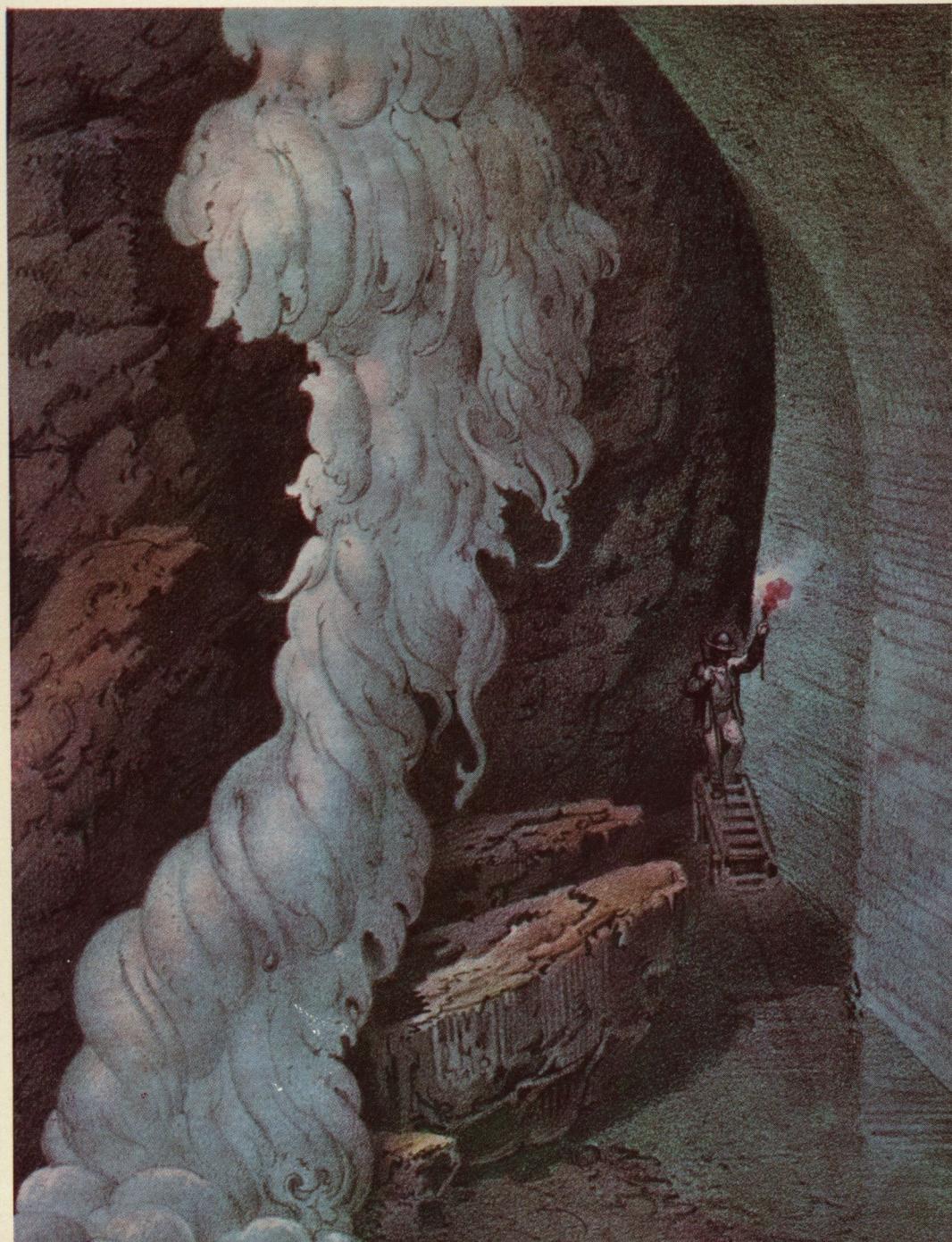
SLOVENSKÝ

KRAS

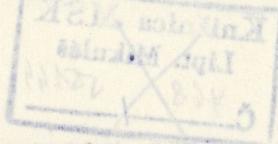
1971

ROČNÍK IX

Z BORNÍK MÚZEIA SLOVENSKÉHO KRASU



SLOVENSKÝ KRAS



ZBORNÍK

REFERÁTOV VÉDECKEJ KONFERENCIE Z PRÍLEŽITOSTI 100. VÝROČIA OBJAVENIA DOBŠINSKEJ LADOVEJ JASKYNE

Jún 1970 sláža DOBŠINSKEJ LADOVEJ JASKYNE s nábožením Dobšinskéj ladejovej jaskyne. Dňa 15. mája sa dočasne zaviedlo výročné. V rámci osláv uspo-riada Správa slovenských jaskyň nový žiarobudovania. Dedinských pri Hniezdej prichádza vedeckú konferenciu.

VYDALO VYDAVATELSTVO OSVETA, n. p., MARTIN, PRE MÚZEUM SLOVENSKÉHO KRASU V LIPT. MIKULÁŠI

SLOVENSKÉ MUZEUM OCHRANY PRÍRODY
A JASKYNiarstva
LIPTOVský MIKULÁš

Prísl. číslo: 8693 •

Pôvod /dar, vymenadl. 23.

MDT

JJ1.44/1162)



Redakčná rada

SMOPaJ Lipt. Mikuláš



49505A03199

Dr. JURAJ BÁRTA, CSc., prof. LEONARD BLAHA, Ing. MIKULÁš ERDÖS,
Ing. SVATOPLUK KÁMEN, doc. dr. EMIL MAZÚR, DrSc., VLADIMÍR NEMEC,
doc. dr. JÁN OTRUBA, CSc., dr. ANTON PORUBSKÝ, CSc.

Odborný redaktor: dr. Jozef Jakál
Výkonný redaktor: Alfonz Chovan

Adresy autorov referátov:

Prof. Leonard Blaha, Trnava, Februárového víťazstva 20, dr. Jozef Jakál, Správa slovenských jaskýň, Lipt. Mikuláš, dr. Štefan Petrovič, Hydrometeorologický ústav, Bratislava, Jeseniova 43, Juraj Šoltis, Hydrometeorologickej ústav, Bratislava, Jeseniova 43, dr. Marian Pulina, Instytut Geograficzny Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław (Polsko), dr. Alfred Bögli, 6285 Hitzkirch, Luzern (Švajčiarsko), dr. Hubert Trimmel, 1010 Wien, Hofburg Säulenstiege (Rakúsko), Gustav Abel, 5020 Salzburg, Haus der Natur (Rakúsko), dr. Walter Gressel, Klagenburg A 9020, Beethovenstrasse 12 (Rakúsko), dr. Ing. Franz Rudolf Oedl, 5020 Salzburg, Rudolfskai 20 (Rakúsko), dr. István Fodor, Pécs, Kulich Gyula ut. 22 (Maďarsko), dr. France Habe, Postojna, Titov trg 2 (Juhoslávia), dr. Vladimír Popov, Geograficki institut BAN, ul. Benkovska, Sofia (Bulharsko), dr. György Dénes Budapest 13, Visegrády ut. 36 (Maďarsko), Ing. Srećko Božičević, Zagreb, Kupská ul. 2 (Juhoslávia), Ing. Miklós Gádoros, Budapest XII, Budakeszi ut. 30 (Maďarsko), doc. dr. Ján Otruba, CSc., Bratislava, Moyzesova 1, dr. Peter Mariot, Geografický ústav SAV, Štefánikova 41, Bratislava, Jaroslav Hromas, TIS — Svaz pro ochranu přírody a krajiny, Praha 1, Nerudova 31, RNDr. Dušan Kubíny, Ban. Bystrica, trieda SNP 32, PhMr. Štefan Roda, Rožňava, Šafárikova 1648/V, Ing. Ladislav Rajman, Rožňava, Belákova 1611

Na obálke litografia Dobšinskéj Iadovej jaskyne od
Krennera z roku 1874

MUSEUM OF NATURAL HISTORY OF THE SLOVAK REPUBLIC
SLOVENSKÉ MUZEUM OCHRANY PRÍRODY A JASKYNARSTVA

© MÚZEUM SLOVENSKÉHO KRASU, LIPT. MIKULÁš, 1971

VEDECKÁ KONFERENCIA V DEDINKÁCH Z PRÍLEŽITOSTI 100. VÝROČIA OBJAVENIA DOBŠÍNSKEJ LADOVEJ JASKYNE

Jún 1970 sústredil pozornosť slovenského jaskyniarstva na jubileum Dobšinskéj ľadovej jaskyne. Dňa 15. júna sa dožila svojej storočnice. V rámci osláv usporiadala Správa slovenských jaskýň 8. – 11. júna 1970 v Dedinkách pri Hnileckej priehrade vedeckú konferenciu s medzinárodnou účasťou.

Na konferenciu boli pozvaní 20 účastníci zo zahraničia a 30 z domova, prevažne odborníci v problematike ľadových jaskýň. Na konferencii sa zúčastnilo 18 hostí zo zahraničia (Juhoslávia, Poľsko, Maďarsko, Bulharsko, Rakúsko, Švajčiarsko a Nemecká spolková republika) a 36 domácich účastníkov.

V čestnom predsedníctve konferencie boli: prof. dr. Mikuláš Konček, DrSc., ako predseda, doc. dr. Emil Mazúr, DrSc., dr. Juraj Pacl, CSc., a dr. Ján Petrovič, CSc.

Organizačný výbor konferencie tvorili: dr. Jozef Jakál, predseda, Ludovít Tar-
nóczy, tajomník, prof. Leonard Blaha, prom. geol. Štefan Homza a Ing. Mikuláš
Erdős.

Konferenciu otvoril dr. Jozef Jakál, riaditeľ Správy slovenských jaskýň. Slávnostný úvodný prejav povedal prof. dr. Mikuláš Konček, DrSc. Konferenciu pozdravili: dr. Milan Rybecký, riaditeľ Správy múzeí, pamiatok a ochrany prírody z Ministerstva kultúry SSR a zástupca ONV z Rožňavy. Písomne pozdravili konferenciu popri iných pozvaní hostia zo Zväzu sovietskych socialistických republík a z Rumunska, ktorí svoju neprítomnosť súčasne ospravedlни.

V prvých dvoch dňoch odznelo 19 prednášok v slovenskom, ruskom a nemčkom jazyku. Prednášky sa zaoberali problematikou Dobšinskej ľadovej jaskyne a ľadových jaskýň vôbec (morphológia, speleogenéza, mikroklíma, ochrana, speleoturistika); spestrilo ich premietanie filmov a diapositívov a obohatila ich čulá výmena názorov, skúseností a návrhov.

Po vlastnej konferencii nasledovali exkurzie. Prvá z nich viedla cez Poprad do Demänovskej doliny a naspäť cez Čertovicu a Šumiacky kras a bola spojená

s návštavou Dobšinskéj ľadovej jaskyne, Demänovskej ľadovej jaskyne a jaskyne Slobody. Trasa druhej exkurzie viedla cez Slovenský kras s návštavou Ochtinskej aragonitovej jaskyne, Domice, Silickej ľadnice a Gombaseckej jaskyne.

V záverečnom hodnotení podával univ. prof. Mikuláš Konček za dobrú prípravu, vhodné témy a príjemné prostredie konferencie, ktoré vytvorili predpoklady jej úspechu. V podobnom zmysle odzneli aj prejavy zahraničných hostí. Po návrate do domova napísal dr. H. Trimmel: „Ešte raz Vám ďakujem, že ste mi umožnili zúčastniť sa na konferencii. Dala mi cenné podnety, ktoré budú dôležité pre našu výskumnícku činnosť v Rakúsku.“

Výsledky konferencie budú zaiste prínosom pre našu speleológiu a dôstojným príspevkom v hodnotení jubilujúcej Dobšínskej ľadovej jaskyne.

L. Tarnócy

DOBŠINSKÁ LADOVÁ JASKYŇA —

100 ROKOV OD JEJ OBJAVENIA

LEONARD BLAHA

V stredu 15. júna 1870 zavčas rána bolo počúť na ceste vedúcej zo starej baníckej Dobšinej cez Stratenú na Vernár a ďalej na Poprad hrkotať ľažko naložený voz. Na ňom sedelo osem čudne vystrojených postáv. Keď za obcou Stratená prešli cez Skalnú bránu a dostali sa do meandrovite sa krútiaceho kaňonu riečky Hnilca, ich zraky sa skúmavo upierali na slnkom pozlátené štíhle bralá, ktoré zdialky vyzerali ako dlhočizné rady zakliatej armády. Osobitne ich zaujímalá istá skalná skupina pod vrchom Duča, kde sa nachádzal pomerne veľký, do neznámych hlbok vedúci otvor, ku ktorému si drevorubači, uhliari, pastieri, polovníci, ale i obyčajní výletníci radi prišli v letných horúčavách posedieť, aby si v príjemnom chladku mohli zajesť a vypíť na ľade „ladovej diery“ dobre ochladené nápoje. Z dlhej chvíle alebo skôr zo zvedavosti do otvoru spúšťali drevá, kamene a rôzne iné haraburdie, aby podľa zvuku padajúcich predmetov mohli usudzovať, aký je hlboký. Podľa ich mienky, sa im zdal nekonečný, končiaci až kdesi v pekle. Pretože v blízkosti otvoru a pokiaľ sa dalo dovidieť, bol samý ľad, a z otvoru vial mrazivý prieval, dostalo toto miesto priliehavý názov „ladová diera“. Otvor bol známy od nepamäti, len nikto nemal odvahu túto mrazivú dieru preskúmať...

Podľa povesti pod vrchom Hanisej bol kedysi dávno jaskynný priestor alebo stará štôlňa, cez ktorú sa vraj dalo z dobšinskej strany prejsť na severnú stranu až do údolia rieky Hnilec. Tento rozsiahly priestor sa raz s obrovským rachotom zrútil, zatarasiac takto vchod z južnej strany. Na severnej strane však zostal značný otvor, z ktorého dodnes prúdi mrazivý vzduch.

Otvor sa nachádza pod vrchom Duča, ktorého jedna časť sa kedysi prepadla. Ale nie sama od seba. Podľa povesti katastrofu zapríčinil zbojník Sámel, ktorý pre akúsi vraždu bol prinútený ujsť pred trestom do blízkych lesov, kde sa istý čas skrýval. Zanedlho sa mu však podarilo zorganizovať až 300-člennú skupinu hôrnych chlapcov, s ktorými zbíjal na cestách v oblasti Gemera a Spiša. Nakradnuté dukáty a rôzne iné poklady potajme nosil do skrýše, ktorú objavil kdesi v podzemných priestoroch pod vrchom Duča. Skrýša bola dobrá. Nevedeli o nej ani jeho druhovia. Keď sa mu zdalo, že zlata a pokladov je už dosť, chcel si za

ne kúpiť meštiacku česť a zanechať zbojníčenie i hôrnych chlapcov a začať poriadne žiť. Jedného dňa si zavolal murárov, ktorí mu mali tajnú skrýšu zamurovať. Toto jeho počinanie jeho kumpáni pobadali a chceli milého Sámeľa prinútiť, aby poklady spravodlivo rozdelil. Vznikla hádka. Ked Sámel zistil, že k dohode nedôjde, rozhadol sa k hroznému činu. Obrovský výbuch pochoval tajnú skrýšu i bohatú korisť spolu s murármi, zbojníkmi i Sámelom. Ľud na pamiatku nazval dolinku, ktorá viedla k tajnej skrýši, Sámelovou dolinkou. Na zbojníkov si pamätajú i tzv. Jatky pod vrchom Hanisková, kde zbojníci pri originálnych hostinách na ražni pekávali ukradnutých volov. Starí horári z Dobšinej radi spomínali na celé hromady kostí, ktoré tu po zbojníckom hodovaní zostali. Aj chodník vedúci zo Sámelovej dolinky na Čuntavu sa i dnes volá Zbojnícky...

Pred Ostrou skalou nedaleko horárne voz odbočil, aby sa po lesnej ceste, ktorá viedla cez Sámelovu dolinku, dostal čo najbližšie ku spomínamej „ladovej diere“. Na rovinke pod týmto otvorom voz zastal, pretože kone ďalej nevládali. Osem chlapov zoskočilo, každý z nich vzal niečo z banícko-jaskyniarskeho výstroja a rozložili sa v blízkosti lievikovitého otvoru „ladovej diery“, aby si oddýchli a poradili sa o spôsobe, ako najlepšie pripraviť prieskum povestami opradenej tajomnej mrazivej diery.

Baníci Jozef P a c k, Ján a Jakub G á l l o v c i pod vedením banského technika Jána L i p t á k a s t. začali otvor rozširovať, aby odvážlivec mohol doň pohodlnejšie vliezť. Po postavení rumpálu prvý sa prihlásil 24-ročný, len nedávno skončený banský inžinier Eugen R u f f i n i z Dobšinej. Zvedavo načúval dlho znejúce dunenie, ktoré prichádzalo z neznámych priestorov po výstrele z pušky. Pevne si pritiahol bezpečnostný pás, priviazaný na dlhom povraze, ktorý bol natočený na valci rumpálu. Rumpál striedavo obsluhovali spomenutí baníci i jeho spoločníci 21-ročný Gustáv L a n g, dôstojník Landwehru, a Andrej M e g a, mestský úradník tiež z Dobšinej. Celú akciu po dohode riadil dr. Ferdinand F e h é r, lekár, skúsený organizátor a štedrý podporovateľ tohto podujatia.

Po prerokovaní všetkých eventualít a po dohovorenom spôsobe signalizovania pomocou zvonca, upevneného na povrchu a spojeného šnúrou, ktorej koniec Ruffini chytí do jednej ruky a do druhej vezmúc banícky kahanec, nastúpil s chlapským odhodlaním cestu do mrazivého podzemia. S napäťím sledovali jeho druhovia, ako sa od povrchu postupne vzdalaťe svetlo kahanca a Ing. Ruffini mizne v tme neznáma.

Bolo to riskantné podujatie, ktoré sa mu mohlo stať osudným. Dlho sa musel predierať a kliesniť si cestu pomedzi nahádzané drevá, kamene a rôzne haraburdie, ktoré sem málo odvážni zvedavci nahádzali, aby sa presvedčili o hĺbke tohto otvoru. Konečne sa dostal do pomerne veľkého priestoru, čiže do dnešnej Malej siene, kde chcel odbočiť, no nešťastne sa pošmykol, nechtiac trhol pritom signalizačnou šnúrou, čo osádka pri rumpále pochopila ako nebezpečenstvo, a začala ho nemilosrdne tahať nahor. Pritom sa zaklínil medzi dva balvany a nebyť duchaprítomnosti dr. Fehéra, ktorý správne pochopil signál na „stoj!“, bol by sa Ing. Ruffini medzi balvanmi hned na začiatku akcie zadusil. Nebola to ľahká práca vyslobodiť sa z nepríjemného objatia skál. Značne vyčerpaného vytiahli ho na povrch. Po krátkom odpočinku a občerstvení i nadšenom vysvetlení, čo dote-

raz videl, dal sa znova spustiť do čiastočne preskúmaného prostredia, aby teraz ešte dôkladnejšie si prezrel to, čo už preskúmal, a hľadal možnosti objavenia ďalších priestorov. Podarilo sa mu preskúmať dnešnú Malú a Veľkú sieň, ba dostal sa až dolu do dnešného pravého Ruffiniho koridoru, čiže nad Peklo. Blikajúce svetlo kahanca slabo osvetľovalo pomerne veľké priestory. V magickom šere sliepnajúceho svetla všetko sa mu zdalo ako sen. Všetko sa jagalo a trblietalo, akoby bol v nejakom čarovnom rozprávkovom paláci. Neveril vlastným očiam. Aby sa presvedčil, že tá chladná hmota, v zajatí ktorej sa nachádzal, je naozaj ľad, skúšal ju nielen hmatom, ale i jazykom. Až keď sa presvedčil, že ho zmysly neklamú, zmocnila sa ho neopísateľná radosť i nadšenie. Celý rozrušený ponáhľal sa späť k otvoru a rozochveným hlasom volal na tých, čo ho netrpeživo očakávali: „Podte rýchlo za mnou, tu dolu je nádherná ladová jaskyňa!“ Hned na to postupne pozliezali znervóznení priatelia, aby všetci spoločne prezíli chvíle, ktoré pri objave jaskyne možno len raz prežiť, ale nemožno ich opísať.

Takto bola pred sto rokmi 15. júna 1870 objavená Dobšinská ladová jaskyňa. Nadšenie nemalo konca-kraja. Hned na druhý deň prišla do jaskyne z Dobšinej väčšia spoločnosť. O objave bol spisaný protokol a dr. Fehér ho dal po oficiálном ohlásení objavu 22. júna 1870 uložiť do mestského archívu. Predstavitelia mesta objaviteľom vyslovili vdaku a magistrát mesta sa krátko na to zaviazal jaskyňu ako zriedkavý prírodný poklad vziať do opatery, zachovať ju v pôvodnom stave a na tieto ciele neľutovať nijaké obete. Ďalej sa zaviazal jaskyňu podľa možností pohodlne sprístupniť širokej verejnosti a z toho vyplývajúce príjmy použiť len na udržovanie jaskyne a na okrášlenie jej okolia. Už 15. augusta 1870 jaskyňa bola provizórne sprístupnená ták, že nemenovaná väčšia spoločnosť mohla na počesť Ing. E. Ruffiniho a jeho druhow improvizovať menšiu slávnosť s korčuľovaním na lade a s popíjaním šampanského, ktoré sa chladilo na lade v jaskyni.

Do začiatku letnej sezóny nasledujúceho roka bola jaskyňa sprístupnená drevenými chodníkmi a schodmi a osvetľovaná petrolejovými lampami a na želanie návštevníkov zaujímaťcejšie miesta magnéziovým svetlom. Mesto zabezpečilo aj riadneho sprievodcu. Poplatky určili spočiatku na 40 a neskôr na 60 grajciarov. Mestský lesný úrad bol poverený starať sa o ochranu a dozerať na jaskyňu. V horární pod Ostrou skalou bola zariadená izba so 6 posteľami. V rokoch 1872 – 1873 mesto postavilo pre návštevníkov menší hotel s piatimi izbami, ktorý v roku 1878 zväčšili o ďalšie dve izby. Ing. Ruffini po podrobnom prieskume našiel pokračovanie z terajšej Veľkej siene, ktoré bolo na jeho počesť nazvané Ruffiniho koridrom ľavým a pravým, takže jaskyňa nadobudla takú podobu i rozlohu, akú má dnes.

Už v roku 1870 a v roku 1871 prvé meteorologické merania začal robiť dr. F. Fehér, lekár z Dobšinej, ktorý v knihe návštev, zavedenej v júni 1871, uvádza v prvom historickom zázname najvyššiu teplotu, nameranú 14. augusta 1870 $+4^{\circ}\text{R}$, pričom teplota vonku bola súčasne $+18^{\circ}\text{R}$, naproti tomu najnižšia teplota bola nameraná 23. decembra 1870 v jaskyni -7°R pri vonkajšej teplote -20°R . Zároveň v tomto zápise sa uvádza správny dátum objavu a odkrytie ďalších priestorov, a to 15. júna 1870, a nie 15. júla 1870, ako z doteraz nevyjasnených príčin sa tento dátum uviedol na pamätnej tabuli, ktorú mesto Dobšiná

odhalilo na počesť objaviteľov v roku 1877. Vedecký výskum sa datuje od roku 1873, keď z poverenia Maďarskej kráľovskej prírodrovedeckej spoločnosti kustód Národného múzea v Budapešti dr. Jozef Krenner Dobšinskú ľadovú jaskyňu od 3. do 11. apríla preskúmal, opísal a priniesol nové poznatky o vzniku ľadu a jaskyne samej. Aj Jozef Mikulík, vedecký radca mesta Dobšinej vzletným spôsobom sa usiloval jaskyňu propagovať. V roku 1884 mestský lekár dr. Ján Pelech vydal v maďarčine obsiahlejšiu štúdiu pod názvom „Stratené údolie a Dobšinská ľadová jaskyňa“, ktorá bola preložená do angličtiny a do nemčiny. V roku 1888 jaskyňu v obsiahlej štúdii vedecky zhodnotil Mikuláš Fischer zo Spišskej Novej Vsi v časopise A Magyarországi Kárpátegyesület Évkönyve. V roku 1908 I. Hanva i v publikácii Die Dobsinauer Eishöhle a v roku 1926 zase J. E. Hanvai v publikácii Die Dobsinauer Eishöhle und ihre Umgebung úspešne prepragoval krásy Dobšinskej ľadovej jaskyne a jej okolie. Články, publikácie pôsobili propagačne, takže začala prichádzať nielen šľachta z blízkeho i ďalšieho okolia, ale aj drobní ľudia a mnohé významné osobnosti z cudziny. Dňa 28. augusta 1872 jaskyňu oficiálne navštívil princ August von Sachsen Gotha s manželkou Klementínou, princeznou Amáliou a princom Ferdinandom, ktorý sa v roku 1887 stal bulharským panovníkom. V roku 1874 v jaskyni bol dr. I. Branislav Zoch s celým profesorským zborom zo slovenského gymnázia v Revúcej. V ďalšom roku prišlo 110 učiteľov zo širokého okolia, v roku 1876 známy optik dr. J. Petzval, univ. prof. z Viedne, pochádzajúci zo Spišskej Belej, a dr. Št. Marko Daxner s bratom Ivanom, obidvaja známi národovci z Tisovca. V roku 1879 bol tu Karol Siegmeth, známy geograf a speleológ, v roku 1887 bol tu srbský kráľ Milan s následníkom trónu Alexandrom a v roku 1890 bulharský cár Ferdinand I. V roku 1883 slovenskí spisovatelia P. O.-Hviezdoslav, S. H.-Vajanský s maďarským spisovateľom Jókai Mórom. V roku 1881 boli tu maďarskí spisovatelia a umelci a členovia Spolku lekárov a prírodrovedcov. V roku 1884 jaskyňu navštívilo sto francúzskych spisovateľov a umelcov, medzi ktorými boli Delibes, Massenet; jaskyňu navštívil aj Fr. Lesseps, známy staviteľ Suezského prieplavu a v roku 1900 bol v jaskyni aj polárny bádatel Fridjof Nansen.

Záujem o jaskyňu rástol' z roka na rok, takže mesto Dobšiná s mimoriadnym záujmom sa snažilo návštevníkom vychádzať v ústrety. V roku 1881 postavilo väčšiu turistickú chatu s 18 izbami a dve samostatné vilky, ktoré ešte i dnes slúžia svojmu účelu. V roku 1882 zaviedli osvetlenie jaskyne s Bunsenovými horákmi a v roku 1886 riadne elektrické osvetlenie z agregátu, ktorý bol postavený na plošine pred vchodom. Dobšinská ľadová jaskyňa sa môže takto pochváliť, že na európskom kontinente bola medzi prvými elektricky osvetlenými jaskyňami. Ani okrášlenie blízkeho i vzďialenejšieho okolia ľadovej jaskyne nebolo mestu ľahostajné. Postavili cestu od hotela ku jaskyni a to tak, aby bola zachovaná pôvodná vegetácia s občerstvujúcimi prameňmi a ihličnatými stromami. Tak vznikol kultivovaný lesopark. Založil ho a najviac sa oň zaslúžil Bartolomej Szontagh, podžupan Gemerskej župy, a obetavý Viliam Dobay, banský riaditeľ kniežaťa Coburga, ktorý s povestnou odbornosťou práce sám projektoval a riadiel.

V roku 1911 pred vchodom do jaskyne postavili drevenú útulňu, aby návštev-

níci v prípade nečasu sa mali kde uchýliť. V tom istom roku Maďarský štátny meteorologický ústav vo Veľkej sieni postavil stálu meteorologickú staničku, ktorá od tých čias plní svoje poslanie. Dňa 22. júna 1914 bola jaskyňa zapojená na sieť mestskej elektrárne. Počas prvej svetovej vojny návštevnosť jaskyne bola minimálna alebo vôbec stagnovala. V roku 1918 jaskyňu navštívilo len 78 osôb. Návštevnosť sa začala zvyšovať z roka na rok až po vytvorení ČSR. Podstatne sa zvýšila, keď v roku 1931 bola zavedená pravidelná autobusová doprava medzi Popradom a Dobšinou. Veľmi sa zvýšila otvorením železničnej trate Margecany – Červená skala so zastávkou v Dobšinskej ľadovej jaskyni v roku 1936, čo sa odrazilo v roku 1937 na ten čas rekordnou návštevou 23 231 osôb. Počas druhej svetovej vojny návštevnosť klesala, až v roku 1944 jaskyňa pre vojnové udalosti bola zatvorená. V januári 1945 počas bojov vyhorel hotel a v ňom aj knihy návštevníkov od roku 1906 až do roku 1945. Nový hotel postavili v roku 1949.

Dobšinská ľadová jaskyňa po skončení prvej svetovej vojny dosť často menila svojich majiteľov, resp. prenajímateľov, ktorí mali záujem z jaskyne čo najviac vyťažiť. O jej citlivý život sa však vôbec nestarali, nebrali do úvahy jej zložité zákonitosti. Stav jaskyne sa stále zhoršoval, k čomu podstatnou mierou prispievalo i zastaralé elektrické povrchové osvetlenie, ktoré sa pre celý prehliadkový okruh zapalovalo jedným vypínačom. Počas prehliadky, trvajúcej priemerne hodinu, vyše 70 žiaroviek vyžarovalo do priestoru jaskyne dostatok tepla, čo značne ovplyvňovalo mikroklimu jaskyne. Kríza vyvrcholila v roku 1947. Škáru, ktorá sa v SV časti Veľkej siene po horúcom a suchom lete objavila, horliví dobrovoľní jaskyniari ešte rozšírili, prenikli do kvapľových častí. Bol to nerozmyslený zásah, ktorý podstatne zasiahol do celkového stavu jaskyne, lebo zmenil cirkuláciu vzduchu. Z kvapľových častí totiž začali vanúť teplé prievany, ktoré zhubne pôsobili na ľadovú výzdobu, predovšetkým na ľadovú masu okolo vchodu do jaskyne. Tréning krasokorčuliarov v lete toho istého roku situáciu ešte zhoršil. Po zásahu Hydrometeorologického ústavu v roku 1950 a moravských speleológov v roku 1952 sa zatarasením uvoľnených vchodov do kvapľových častí podarilo roztápanie ľadu zastaviť, ale len čiastočne. Podrobným meraním sa zistilo, že cez škáry pomedzi voľne ložené kamene preniká ešte dostatok teplých prievanov, ktoré poškodzujú ľad. Podstatná náprava sa urobila až v roku 1953, resp. začiatkom roku 1954, keď jaskyňu prevzal 21. augusta 1953 do správy Turista, n. p. Na návrh odborno-vedeckej komisie, ktorú si vytvoril pre pozorovanie a odbornú správu ľadových jaskyň na čele s univ. prof. dr. M. Končekom a dr. Št. Petrovičom, známymi meteorologickými pracovníkmi, a v spolupráci s gen. konzervátorom ochrany prírody z bývalého Povereníctva školstva a informácií J. Matišom, uskutočnil generálnu opravu celej jaskyne. Pritom bolo odstránené staré povrchové elektrické osvetlenie a nahradené kábelovým elektrickým vedením so studeným výbojkovým osvetlením, ktoré sa zapáluje po jednotlivých úsekoch, čím sa zabránilo zbytočnému otepľovaniu jaskyne. Zároveň sa účinnejšie vyriešila komunikácia prehliadkového okruhu preložením chodníkov na výhodnejšie a bezpečnejšie miesta. Všetky narušené miesta vedúce do kvapľových priestorov sa dôkladne zamurovali a utesnili, takže jaskyňu mohli v novom rúchu a dobre zregenerovanú odovzdať slávnostne verejnosti 9. mája 1954. Od tých čias

je jaskyňa pod stálym odborno-vedeckým dozorom SAV a HMU, aby sa tento vzácný prírodný jav zachoval aj pre budúce generácie. Po tomto zásahu i po úcelnej propagácii návštevnosť jaskyne začala progresívne stúpať. Ak v roku 1871 jaskyňu navštívilo 292 osôb, tak v roku 1961 dosiahla rekordnú návštevnosť 117 272 osôb, ktorá doteraz nebola prekonaná. V celku za 100 rokov Dobinského ladevou jaskyňu navštívilo vyše 2 miliónov návštevníkov, možno povedať z celého sveta. Za ich prevedenie a odborný výklad patrí vďaka sprievodcom a správcom jaskyne, medzi ktorími treba spomenúť J. P a c k a, J. K o v á č a, J. C a p k u Kl. M i š u r u, Št. G a r a n a a terajšieho správcu M. B a u m g ä r t n e r a, ktorí sa s nevšednou láskou venovali nielen návštevníkom, ale aj zveľaďovaniu ladevej jaskyne a jej vstupného areálu. Nakoniec treba si želať len jedno, aby v úzkej spolupráci všetkých odborníkov a vedeckých pracovníkov, ako aj pre-vádzkových zamestnancov, ktorí sa každý deň stretávajú s jej problémami, pod vedením Správy slovenských jaskyň, aby i v ďalšej stovke rozohrievať srdcia a nadchýnať myseľ tých, ktorí prídu po nás.

ДОБШИНСКАЯ ЛЕДЯНАЯ ПЕЩЕРА —

100 ЛЕТ СО ДНЯ ЕЕ ОТКРЫТИЯ

ЛЕОНАРД БЛАГА

В среду, 15-го июля 1870 года, рано утром было слышно на дороге, ведущей из старой шахтерской деревни Добшина через Стратену на Вернар и дальше к Попраду, грохот тяжело нагруженной повозки. На ней сидело восемь, странно одетых, фигур. Когда за селом Стратена они проехали через Скальну брану и доехали к меандровито извивающемуся каньону реки Гнилец, их взоры начали пытливоглядываться, в солнцем позолоченные, стройные утесы, выглядевшие издали, как бесконечно длинные ряды заколдованной армии. Особенно их интересовала определенная группа скал под горой Дуча, где находилось сравнительно большое отверстие, ведущее в неизвестные глубины, и к которому дровосеки, угольщики, пастухи, охотники, да и простые дачники, с удовольствием приходили в летнюю жару отдохнуть, посидеть, чтобы в приятном холодке могли здесь поесть и выпить на льду «ледяной дыры», хорошо охлажденный освежающий напиток. От нечего делать, или вернее скорей из любопытства, в отверстие бросали поленья, камни и разный другой хлам, чтобы по звуку падающих предметов, могли судить о ее глубине. По их мнению, она казалась бесконечно глубокой, бездонной, кончавшейся где то в аду. Так как вблизи отверстия и докуда можно было видеть, был сплошной лед, а из отверстия дул холодный морозный ветер, это место получило подходящее название «ледяная дыра». Отверстие было известно с незапамятных времен, только ни у кого не хватало смелости исследовать эту холодную дыру.

Согласно преданию, под вершиной Ганисей был когда-то давно пещерный коридор или старая штолня, по которому, как говорилось, можно было с Добшинской стороны перейти на северную сторону и даже в долину реки Гнилец. Это обширное пространство как то раз с огромным грохотом обрушилось, загородив так вход с южной стороны. Однако, на северной стороне при этом осталось значительное отверстие, из которого и в настоящее время дует морозный воздух.

Отверстие находится под горой Дуча, одна часть которой когда то давно провалилась, и не сама собой. Согласно преданиям, эту катастрофу вызвал

разбойник Самел, который, из-за какого то совершенного им убийства, должен был перед ожидающим его наказанием уйти в близкие леса, где определенное время скрывался. В короткий срок ему удалось собрать группу разбойников, насчитывающую даже 300 человек, с которой он разбойничал по дорогам в области Гемера и Спиша. Награбленные дукаты и разные другие ценности, он тайком носил в убежище, открытое им когда то давно в подземных пространствах, коридорах под горой Дучка. Убежище было отличным тайником. О нем не знали его товарищи. Решив, что золота и драгоценностей у него уже достаточно, он захотел за них купить мещанскую честь, разойтись со своими товарищами, перестать разбойничать и начать жить порядочной жизнью. Однажды, он позвал каменьщиков, которые должны были замуровать его тайное убежище. Но об этом узнали его товарищи-разбойники и хотели милого Самела заставить клад справедливо разделить. Произошел спор. Самел, увидев, что достичь соглашения невозможно, решил на ужасный шаг. Огромный взрыв скрыл тайное убежище и богатую добычу вместе с каменьщиками, разбойниками и Самелом. Народ, в память этого, назвал долину, ведущую к тайному убежищу, Самеловой долинкой. О разбойниках помнят и так называемые Ятки под горой Ганискова, где разбойники во время оригинальных пиршеств жарили на вертелах украденных волов. Старые лесные сторожа в Добшиной с удовольствием вспоминали о целых горах костей, которые здесь остались, как свидетельство разбойничих пиршеств. И тропинка, ведущая из Самеловой долинки на Чунтаву, и в настоящее время носит название Збойницкой (Разбойничьей).

Перед Острой скалой, недалеко от лесной сторожки, повозка свернула в сторону, чтобы по лесной дороге, ведущей через Самелову долинку, подъехать как можно ближе к упомянутой «ледовой дыре». На площадке под этим отверстием повозка останавливается, так как дальше лошади уже ее не могут вытянуть. Восемь парней соскакивает с повозки, каждый из них берет что-нибудь из шахтерско-пещерного орудия, и располагаются вблизи воронкообразного отверстия «ледяной дыры», чтобы отдохнуть и посоветоваться о способе, как лучше всего подготовить исследование, сказаниями окруженной, таинственной морозной дыры.

Шахтеры Йозеф Пак, Ян и Якуб Галл, под руководством горного техника Яна Липтака старшего, начали расширять отверстие, чтобы один из них — отважный человек, мог через него удобнее пролезть. После установки ворота первым вызвался 24-летний, только недавно окончивший институт, горный инженер, Эуген Руффини из Добшины. Долго и внимательно он прислушивался к длительному гулу, доносившемуся из неизвестных пространств после выстрела из ружья. Крепко подтянул пояс безопасности, привязанный длинной веревкой, накрученной на навивном валике ворота. Ворот поочередно обслуживали упомянутые шахтеры и их товарищи Густав Ланг (21-летний, офицер ополчения) и Андрей Мега, городской чиновник, также из Добшины. Всей акцией, по общему соглашению, руководил др. Фердинанд Фегер, доктор, опытный организатор и щедрый покровитель этого предприятия.

После обсуждений всех возможностей, и после договоренного способа сиг-

нализирования при помощи колокольчика, помещенного на поверхности земли с прикрепленным к нему шнуром, конец которого взял Руффини в одну руку, а в другую шахтерскую лампу, и приступил с мужественной решимостью к спуску в холодное подземелье. С напряженным вниманием наблюдали его друзья, как постепенно удаляется вглубь от поверхности свет лампы, и инж. Руффини исчезает в тьме неизвестности.

Это было очень рискованное предприятие, которое могло стать для него роковым. Он должен был долго и с большим трудом пробираться, и про-кладывать себе дорогу среди поленьев, камней и различного хлама,, на-бросанных сюда несмелыми, но любопытными людьми, чтобы удостовериться о глубине этого отверстия. Наконец он пришел в сравнительно большой грот, или же в теперешний, так называемый Малый зал, где он хотел свернуть в сторону, но при этом несчастно поскользнулся, и невольно дернул сигнальным шнуром; его сотрудники, оставшиеся у ворот, приняли это как сигнал об опасности, и начали его изо всех сил тянуть вверх. При этом он застрял между двумя глыбами камней и не будь хладнокровности др. Фегера, понявшего правильно сигнал как «стой!», инж. Руффини мог задушиться между камнями уже в начале акции. Это была не легкая работа — освободиться из неприятного объятия скал. Его вытянули на поверхность земли совсем обессилившего. После короткого отдыха и освежения, восторженного рассказа о том, что он успел увидеть, его снова спустили уже в частично исследованную часть пещеры, с целью чтобы он теперь еще более основательно осмотрел то, что уже видел, и нашел возможность открыть дальнейшие, неизвестные еще части пещеры. Ему удалось исследовать теперешний Малый зал и Велький зал, и даже спуститься вниз, в теперешний правый коридор Руффини, то есть над Пекло. Мелькающий свет лампы освещал сравнительно небольшие пространства. В магической полу-тьме ослепляющего света ему все казалось сном. Все блестело, сверкало и переливалось, как будто бы он попал в чарующий, сказочный дворец. Он не верил собственным глазам и был просто очарован всей этой красотой. Чтобы убедиться в том, что эта холодная масса, в плена которой он находился, действительно лед, он пробовал ее не только осязанием, но также и языком. И только когда убедился, что его органы чувств не обманывают, им овладели неописуемые радость и восторг. Сильно возбужденный, он быстро вернулся к отверстию и взволнованным голосом звал тех, которые его ждали с нетерпением: «Идите скорее сюда, ко мне, здесь внизу находится великолепная ледяная пещера!» Вслед за этим спустились к нему вниз его взволнованные товарищи, чтобы все сообща пережили прекрасные минуты, которые можно пережить только раз при открытии пещеры, но очень трудно они поддаются описанию.

Так, сто лет тому назад, 15 июня 1870 года, была открыта Добшинская ледяная пещера. Восторг, охвативший всех, был безграничным. На следую-щий день пришло из Добшины в пещеру большое общество. Об открытии был написан протокол а др. Фегер, после официального объявления открытия пещеры, 22 июня 1870 года уложил его на хранение в городском архиве.

Представители города выразили открывшим пещеру свою благодарность, а магистрат города, вскоре после этого, обязался пещеру, как редкостное природное сокровище, взять под свою охрану, сохранить ее в первоначальном состоянии, и для этой цели не жалеть никаких средств. Затем он обязался, по мере возможности, устроить для широкой общественности удобный приступ в пещеру, а из этого вытекающий доход, использовать только для сохранения пещеры и украшения и устройства ее окрестностей. Уже 15-го августа 1870 года был временно открыт приступ в пещеру настолько, что не именуемое большое общество здесь устроило в честь инж. Руффини и его товарищей небольшое торжество с катаньем на коньках на льду, с питьем шампанского, охлажденного на льду в пещере.

До начала летнего сезона следующего года, для приступа в пещеру, были устроены деревянные тротуары и лестницы и пещера освещалась керосиновыми лампами, а наиболее интересные места в пещере, по желанию посетителей, освещались магниевыми вспышками. Город нанял и постоянного экскурсовода. Сначала установили такси за вход в пещеру в 40, а позже 60 крейцеров. Городскому лесному учреждению была поручена забота о охране и надсмотр за пещерой. В лесной сторожке под Острой скалой была обставленная комната с 6 постелями. В 1872—1873 гг. город построил для посетителей небольшую гостиницу с пятью комнатами, которую в 1878 году увеличили еще постройкой двух комнат. Инж. Руффини после подробного исследования, нашел продолжение пещеры из теперешнего Велького зала, который в честь его назвали правым и левым коридором Руффини, так что пещера приобрела такой вид и площадь, какой мы видим ее в настоящее время. Уже в 1870 и в 1871 годах др. Ф. Фегер, доктор из Добшины, начал проводить первые метеорологические измерения, которые приводит в книге посетителей, заведенной в июне 1871 года, в первой исторической записи, наиболее высокую температуру в пещере при измерении, проведенном 14-го августа 1870 года и представляющую $+4^{\circ}\text{Р}$, причем температура снаружи была в то время $+18^{\circ}\text{Р}$, а наиболее низкая температура была установлена 23-го декабря 1870 года в пещере -7°Р при температуре снаружи -20°Р . Одновременно с этой записью был приведен день открытия пещеры, и открытия остальных пространств, а именно 15 июня 1870 года, а не 15 июля 1870 года, как это было, с невыясненных причин, приведено на мемориальной доске, которую город Добшина открыл в 1877 году в честь тех, которые открыли пещеру. Научные исследования датируются с 1873 года, когда по поручению Венгерского королевского естественно-исторического общества кустос Национального музея в Будапеште, др. Йозеф Креннер, исследовал, начиная с 3-его по 11-ое апреля, Добшинскую ледяную пещеру, описал ее и принес новые сведения о возникновении льда и самой пещеры. И Йозеф Микулик, научный советник города Добшина, старался высокопарным стилем пропагандировать пещеру. В 1884 году доктор Ян Пелех издал на венгерском языке обширную статью под названием «Стратенская долина и Добшинская пещера», переведенную на английский и немецкий языки. В 1888 году Микулаш Фишер из Спишской Новей Вси в журнале A Magyarországi

Кárpátegyesület Évkönyve оценил в обширной статье пещеру с научной точки зрения. В 1908 году И. Ганваи в публикации Die Dobsinauer Eishöhle, а в 1926 году И. Е. Ганваи в публикации Die Dobsinauer Eishöhle und ihre Umgebung успешно пропагандировали красоту Добшинской ледяной пещеры и ее окрестностей. Статьи и публикации служили хорошей пропагандой, так что пещеру начала посещать не только знать из близких и далеких окрестностей, но и простые люди, а также многие известные лица из заграницы. Пещеру официально посетил 28-го августа 1872 принц Август фон Саксен Гота с супругой Клементиной, принцессой Амалией и принцом Фердинандом, который в 1887 году стал болгарским монархом. В 1874 году пещеру посетил др. Бранислав Зох со всем профессорским составом словацкой гимназии в Ревуцей. В следующем году сюда приехало 110 человек учителей из широких окрестностей, в 1876 году известный оптик др. Я. Петзвал, профессор университета из Вены, происходящий из Спишской Белей, и др. Шт. Марко Дакснер с братом Иваном, оба известные национальные деятели из Тисовца. В 1879 году здесь был Карол Зигмет, известный географ и спелеолог, в 1887 году посетил эти места сербский король Милан с наследником трона Александром, а в 1890 году болгарский царь Фердинанд I. В 1883 году словацкие писатели П. О. Гвиездослав, С. Г. Ваянски с венгерским писателем Йокай Мором. В 1881 году были здесь венгерские писатели и художники, а также члены Союза врачей и естествоиспытателей. В 1884 году пещеру посетило 100 французских писателей и художников, между ними были и Делибе, Массене; пещеру посетил и Фр. Лессепс, известный строитель Суэцкого канала, а в 1900 году был в пещере полярный исследователь Фритц Нансен.

Интерес к пещере рос из года в год, так что город Добшина с исключительным вниманием относился к посетителям и старался удовлетворять их желания. В 1881 году была здесь построена большая турбаза с 18 комнатами и две самостоятельных небольших виллы, которые еще и в настоящее время служат для этой цели. В 1882 году было заведено освещение пещеры горелками Бунзена, а в 1886 году настоящее электрическое освещение при помощи агрегата, помещенного на площадке перед входом. Добшинская ледяная пещера может похвальиться тем, что на европейском континенте она была одной из первых с электрическим освещением. И к украшению и устройству близких и отдаленных окрестностей город не относился равнодушно. Была построена дорога от гостиницы к пещере, причем принималось во внимание сохранение первоначальной вегетации с освежающими источниками и хвойными деревьями. Так здесь образовался культивированный лесопарк. Его основал и принимал в нем самое большое участие Бартоломей Сонтаг, испан Гемерского комитата, и самоотверженный Вилиам Добай, горный инженер князя Кобурга, который, как известный специалист, сам лично проектировал и руководил работами.

В 1911 году, перед входом в пещеру построили деревянное убежище, чтобы посетители во время непогоды могли здесь скрыться. В этом же году Венгерский государственный метеорологический институт построил в Вель-

ком зале небольшую метеорологическую станцию, которая здесь с тех пор исполняет свое назначение. В 1914 году 22-го апреля освещение пещеры было присоединено к сети городской электрической станции. Во время первой мировой войны посещаемость пещеры была минимальной или вообще отсутствовала. В 1918 году пещеру посетило только 78 человек. Посещаемость начала повышаться из года в год после образования ЧСР. Она существенно повысилась, когда в 1951 году было заведено регулярное автобусное сообщение между Попрадом и Добшиной. А в 1936 году, вследствие закончения постройки и открытия железнодорожного пути Маргецаны — Червена скала с остановкой в Добшинской ледяной пещере, еще больше увеличилась, что в 1937 году отразилась в рекордной посещаемости пещеры — посетителей было 23 231 человек. Во время второй мировой войны наблюдается опять понижение посещаемости, а в 1944 году пещера, вследствие военных событий, была закрыта. В январе 1945 года, во время боев, сгорела гостиница, а в ней и книги посетителей, которые велись начиная с 1906 по 1945 год. Новую гостиницу построили в 1949 году.

Добшинская ледяная пещера после окончания первой мировой войны часто меняла своих хозяев или арендаторов, в интересах которых было извлечь из пещеры как можно больше дохода. Ее чувствительная жизнь их вовсе не беспокоила, они не принимали во внимание ее сложные закономерности. Состояние пещеры все больше ухудшалось, чему существенно способствовало и устаревшее поверхностное электрическое освещение, включающееся для освещения всего округа осмотра пещеры одним штепслем. Во время осмотра, продолжавшегося в среднем час, больше 70 лампочек излучало в пространство пещеры такое количество тепла, которое значительно влияло на микроклимат пещеры. Кризис достиг своего кульминационного пункта в 1947 году. Трещину, образовавшуюся в СВ части Велького зала после жаркого и сухого лета, усердные добровольцы-пещерники еще больше расширили и проникли в сталактитовую часть. Это было неразумным вмешательством, существенно повлиявшим на общее состояние пещеры, так как изменило циркуляцию воздуха. Из сталактитовых частей пещеры начал дуть теплый воздух, являющийся причиной сквозняка, пагубно действующего на ледяные украшения, прежде всего на ледяную массу у входа в пещеру. Тренировка фигуристов летом в том же году, еще больше ухудшила положение. После вмешательства Гидрометеорологического института в 1950 году и моравских спелеологов в 1952 году, новые входы в сталактитовую часть были завалены, таким образом, удалось частично приостановить таяние льда. Однако подробным измерением было установлено, что через скважины, находящиеся между свободно лежащими камнями, проникает достаточное количество теплых токов воздуха, вредящих льду. Существенное улучшение наступило только в 1953 году или в начале 1954 года, когда управление пещерой перешло в ведение предприятия «Турист» н. п. По предложению специальной научной комиссии, установленной для наблюдения и специального управления ледяными пещерами во главе с унив. проф. др. М. Кончеком и др. Шт. Петровичем, известными метеорологическими работниками, и

8693

в сотрудничестве с ген. консерватором охраны природы из бывшего Уполномоченного представительства просвещения и информации Я. Матисом, был проведен генеральный ремонт всей пещеры. При этом было устранено старое поверхностное электрическое освещение и заменено кабельной электроподачей с холодным разрядным освещением, включающимся по отдельным секциям, чем было устранено излишнее отопление пещеры. Одновременно были более эффективно решены коммуникационные округи осмотра пещеры перекладкой настилов тротуаров на более выгодные и безопасные места. Все поврежденные места, ведущие в сталактитовые пространства, были тщательно заделаны и таким образом пещеру хорошо восстановленную и в новом одеянии 9-го мая 1954 года можно было торжественно предоставить в пользование широкой общественности. С того времени, пещера находится под постоянным надзором научных работников-специалистов САН и ГМУ, в целях сохранения этого редкостного природного явления и для будущих поколений. После всех этих мероприятий и после целесообразной пропаганды, посещаемость пещеры начала прогрессивно повышаться. Если в 1871 году посетило пещеру только 292 человека, то в 1961 году посещаемость была рекордной и достигла числа 117 272 человека, которая до настоящего времени является самой высокой. Всего за 100 лет Добшинскую пещеру посетило больше 2 миллионов посетителей, и можно сказать, что со всего мира. При этом за их сопровождение и специальное изложение необходимо поблагодарить экскурсоводов и управляющих пещеры, среди которых надо упомянуть Я. Пацка, Я. Ковача, Я. Цапку, Кл. Мишуру, Шт. Гарана и теперешнего управляющего М. Баумгартнера, уделявших необыкновенное внимание не только посетителям, но и улучшению ледяной пещеры и ее ареала при входе в пещеру. Наконец, надо пожелать только одного, чтобы в тесном сотрудничестве всех специалистов и научных работников, также как и всех служащих, встречающихся каждый день с ее проблемами, под руководством Управления словацких пещер, и в дальнейшем столетии она согревала сердца и наполняла восторгом мысли тех, кто придет после нас.

Gerrumpel in das Loch hinunter, um aus dem Geräusch der fallenden Gegenstände zu ergründen, wie ließ es sei Ihrer Meinung nach was das Loch unfeindlich ließ und reichte wohl bis zur Hölle hinab. Da in der Nähe der Öffnung und soweit man hineinschauen konnte, lauter Eis war und weil aus der Öffnung eine frostige Zugluft wehte, erhieß dieser Ort den passenden Namen „Eisloch“. Die Öffnung war seit Menschengedächtnis bekannt, doch hatte bisher noch niemand den Mut aufgebracht, dieses eisige Loch zu erforschen...

Der Sage nach soll es unter dem Berg Hanisei früher einmal einen Höhlensaal oder einen alten Stollen gegeben haben, durch den man angeblich von Dobšiná unterirdisch auf die nördliche Seite bis ins Tal des Flusses Hnilec gelangen konnte. Dieser ausgedehnte unterirdische Raum soll einst unter schrecklichem Geböhr zusammengebrochen sein, wobei sein Eingang auf der Südseite verschüttet wurde. Auf der nördlichen Seite blieb jedoch eine große Öffnung frei, aus der bis zum heutigen Tag eiskalte Luft strömte.

Diese Öffnung liegt unterhalb des Berges Duča, von dem einst ein Teil ein-

DIE EISHÖHLE VON DOBŠINÁ — 100 JAHRE SEIT IHRER ENTDECKUNG

LEONARD BLAHA

Am Mittwoch, den 15. Juni 1870, hörte man zeitig in der Früh auf der Straße, die aus der alten Bergarbeiterstadt Dobšiná über Stratená nach Vernár und weiter nach Poprad führt, einen schwerbeladenen Wagen rasseln. Auf dem Gefährt saßen acht sonderbar ausgerüstete Gestalten. Als sie hinter der Ortschaft Stratená durch das Felsentor fuhren und in den mäanderförmig sich schlängelnden Cañon des Flüßchens Hnilec gelangten, richteten sich ihre Blicke forschend auf die steilen, von der Morgensonnen vergoldeten Felsen, die aus der Ferne wie unendlich lange Reihen einer verzauberten Armee aussahen. Ganz besonders interessierte die Reisenden eine bestimmte Felsengruppe unter dem Berg Duča, wo es eine verhältnismäßig große, in unbekannte Tiefen hinabführende Öffnung gab, die im Sommer gerne von Holzfällern, Köhlern, Hirten, Jägern, aber auch von gewöhnlichen Ausflüglern aufgesucht wurde. Hier ruhten sie von der schwülen Hitze aus, verzehrten ihre Jause in angenehmer Kühle und labten sich an den auf dem Eis des „Eisloches“ gekühlten Getränken. Aus Langeweile oder eher noch aus Neugier ließen sie oft Hölzer, Steine und anderes Gerümpel in das Loch hirunter, um aus dem Geräusch der fallenden Gegenstände zu ergründen, wie tief es sei. Ihrer Meinung nach war das Loch unendlich tief und reichte wohl bis zur Hölle hinab. Da in der Nähe der Öffnung und soweit man hineinsehen konnte, lauter Eis war und weil aus der Öffnung eine frostige Zugluft wehte, erhielt dieser Ort den passenden Namen „Eisloch“. Die Öffnung war seit Menschen-gedenken bekannt, doch hatte bisher noch niemand den Mut aufgebracht, dieses eisige Loch zu erforschen...

Der Sage nach soll es unter dem Berg Hanisej früher einmal einen Höhlenraum oder einen alten Stollen gegeben haben, durch den man angeblich von Dobšiná unterirdisch auf die nördliche Seite bis ins Tal des Flusses Hnilec gelangen konnte. Dieser ausgedehnte unterirdische Raum soll einst unter schrecklichem Getöse zusammengestürzt sein, wobei sein Eingang auf der Südseite verschüttet wurde. Auf der nördlichen Seite blieb jedoch eine große Öffnung frei, aus der bis zum heutigen Tag eiskalte Luft strömt.

Diese Öffnung liegt unterhalb des Berges Duča, von dem einst ein Teil ein-

gestürzt sein soll. Dies geschah aber nicht von allein. Der Sage nach wurde diese Katastrophe vom Räuber Samel verursacht, der vor der Strafe wegen eines Mordes in die nahen Wälder fliehen mußte, wo er sich eine Zeit lang versteckt hielt. Als bald gelang es ihm, eine Räuberbande von fast 300 Mitgliedern zu organisieren, mit denen er Reisende auf den Straßen im Gemer-Gebiet und in der Zips überfiel. Die zusammengeraubten Dukaten und andere Schätze trug er heimlich in ein Versteck, das er irgendwo in den unterirdischen Räumen unter dem Berg Duča entdeckt hatte. Das Versteck war so gut gewählt, daß nicht einmal seine Genossen etwas davon wußten. Als er glaubte, genug Gold und Schätze zu haben, wollte er das Räuberleben aufgeben, seine Kumpane verlassen, sich bürgerliche Ehre erkaufen und ein ordentliches Leben beginnen. Eines Tages ließ er Maurer kommen, die sein Versteck zumauern sollten. Doch dieses Vorhaben wurde von seinen Räubergenossen bemerkt und sie wollten nun den lieben Samel zwingen, die Schätze unter sie zu verteilen. Es kam zum Streit. Als Samel sah, daß es zu keiner Einigung kommen könne, entschloß er sich zu einer fürchterlichen Tat. Eine ungeheure Explosion begrub das geheime Versteck samt der reichen Beute, samt den Maurern, Räubern und ihn selber.

Zur Erinnerung an diese Begebenheit benannte das Volk das kleine Tal, das zu dem heimlichen Versteck des Räubers geführt hatte, Sámelova dolinka (Samel-Tal). An die Räuber erinnert auch der Flurnamen Jatky (Schlachtbänke) unter dem Berg Hanisková, wo die Räuber bei ihren Schmausereien gestohlene Ochsen am Spieß brieten. Die alten Förster von Dobšiná erzählten gerne von den riesigen Knochenhaufen, die von diesen Gelagen zurückgeblieben waren. Auch der Steg, der aus dem Samel-Tal zum Berg Čuntava führt, heißt bis zum heutigen Tag Zbojnícky chodník (Räubersteg).

Vor dem Berg Ostrá skala, nicht weit von einem Hegerhaus entfernt, wich der Wagen von der Landstraße ab, um auf einem Waldweg, der durch das Samel-Tal führte, so nah wie möglich an das erwähnte „Eisloch“ heranzukommen. Auf dem kleinen Plateau vor der Öffnung blieb der Wagen stehen, denn die Pferde konnten nicht weiter. Die acht Männer sprangen ab, jeder nahm etwas von der mitgeführten Bergarbeiter- oder Höhlenforscherausrüstung mit sich und trug es zur trichterförmigen Öffnung des „Eisloches“. Hier machten sie Halt um zu rasten und über die Art und Weise zu beraten, wie die Erforschung des sägenumwobenen, geheimnisvollen Loches am besten zu bewerkstelligen sei.

Die Bergleute Jozef Pack, Ján und Jakub Gáll begannen unter der Leitung des Grubentechnikers Ján Lipták des Älteren die Öffnung zu erweitern, damit der wagemutige Forscher bequemer hineinkriechen könne. Nachdem eine Bockwinde aufgestellt worden war, meldete sich als Erster der 24-jährige Eugen Ruffini aus Dobšiná, der erst vor kurzem sein Studium als Grubingenieur beendet hatte. Neugierig lauschte er dem langrollenden Dröhnen nach, das nach einem Büchsenschuß aus den unbekannten unterirdischen Räumen drang. Entschlossen zog er den Sicherheitsgurt fest, an dem ein langes Seil hing, dessen anderes Ende um die Welle der Winde gewickelt wurde. An der Winde standen die genannten Bergleute und ihre Gefährten, der 21-jährige Landwehroffizier Gustav Lang und der Stadtbeamte Andrej Mega, beide aus Dobšiná. Die ganze

Aktion leitete vereinbarungsgemäß der Arzt Dr. Ferdinand Fehér, ein erfahrener Organisator und freigebiger Gönner dieses Unternehmens.

Nachdem alle erdenklichen Eventualitäten besprochen und die Art der Signalisation mittels einer Glocke festgelegt worden war, die auf der Erdoberfläche befestigt und mit einer Schnur versehen war, nahm Ruffini die Grubenlampe in eine und das Ende der Schnur zur Glocke in die andere Hand und trat voll mannhafter Entschlossenheit den Weg in die frostige Unterwelt an. Voller Spannung sahen seine Gefährten, wie sich das Licht der Grubenlampe allmählich von der Mündung des Loches entfernte und im Dunkel des Unbekannten verschwand.

Es war ein riskantes Unternehmen, in das sich Ing. Ruffini eingelassen hatte, und es hätte ihm leicht verhängnisvoll werden können. Lange und mühsam mußte er sich zuerst einen Weg durch die Hölzer, Steine und das Gerümpel bahnen, das nicht allzu beherzte Neugierige heruntergeworfen hatten, um sich von der Tiefe der Öffnung zu überzeugen. Endlich kam er in einen verhältnismäßig großen Raum, in den heutigen Kleinen Saal. Hier wollte er seitwärts abbiegen. Da glitt er jedoch unglücklicherweise aus und zog dabei unversehens an der Signalisationsschnur, was die Besatzung an der Winde als ein Zeichen der Gefahr auffaßte. Also begannen sie ihn sofort und unbarmherzig heraufzuziehen. Dabei verklemmte er sich zwischen zwei Felsblöcken und ohne die Geistesgegenwart Dr. Fehérs, der sein Haltsignal richtig begriff, wäre Ing. Ruffini gleich zu Beginn der Aktion zwischen den Felsen ersticken. Es war keine leichte Arbeit, sich aus der unangenehmen Klemme zwischen den Felsen zu befreien. Ziemlich erschöpft wurde er schließlich doch an das Tageslicht gezogen. Nach einer kurzen Rast, verbunden mit einer kleinen Erfrischung, schilderte er das bisher Gesehene in begeisterten Worten und ließ sich aufs neue in die nun teilweise schon erforschte Unterwelt herablassen, um das bisher Geschaute gründlicher zu erforschen und möglicherweise noch weitere Räume zu entdecken. Es gelang ihm, den heutigen Kleinen und Großen Saal zu erforschen, ja er gelangte sogar bis hinunter in den heutigen rechten Ruffini-Korridor, der oberhalb des später Peklo (Hölle) genannten Teiles der Höhle liegt.

Das blinzelnde Licht der Grubenlampe konnte die verhältnismäßig großen Räume nur ungenügend erleuchten. In diesem magischen Dämmerschein erschien dem mutigen Forscher alles wie ein Traum. Um ihn herum glitzerte und flimmerte es, als ob er sich in einem zauberhaften Märchenpalast befände. Er traute seinen Augen nicht. Um sich davon zu überzeugen, daß diese kalte Masse, die ihn gefangen hielt, wirklich Eis ist, untersuchte er sie nicht nur mit seinen Händen, sondern auch mit der Zunge. Erst als er sich davon überzeugt hatte, daß ihn seine Sinne nicht trügen, bemächtigte sich seiner eine unbeschreibliche Freude und Begeisterung. Voller Aufregung beeilte er sich zur Mündung der Höhle zurück und rief denen, die ihn voller Ungeduld oben erwarteten, mit bewegter Stimme zu: „Kommt mir rasch nach, hier unten ist eine herrliche Eishöhle!“ Gleich darauf kletterten nacheinander alle seine aufgeregten Freunde herunter, um gemeinsam mit ihm jenen Augenblick zu erleben, den man bei der Entdeckung einer Höhle nur einmal erleben, aber niemals beschreiben kann.

So wurde vor 100 Jahren am 15. Juni 1870 die Eishöhle von Dobšiná entdeckt,

Die Begeisterung der Entdecker kannte keine Grenzen. Gleich am anderen Tag kam aus Dobšiná eine größere Gesellschaft zur Höhle. Über die Entdeckung wurde ein Protokoll verfaßt, das Dr. Fehér nach der offiziellen Bekanntmachung der Entdeckung am 22. Juni 1870 im Stadtarchiv deponieren ließ. Die Vertreter der Stadt sprachen den Entdeckern ihren Dank aus und der Stadtmagistrat verpflichtete sich, die Höhle als eine seltene Naturerscheinung unter seine Obhut zu nehmen, sie in ihrem ursprünglichen Zustand zu erhalten und für diesen Zweck keine Opfer zu scheuen. Desgleichen versprach er, die Höhle bald der breiten Öffentlichkeit bequem zugänglich zu machen und die aus dem Eintrittsgeld fließenden Einnahmen nur zur Erhaltung der Höhle und zur Verschönerung ihrer Umgebung zu verwenden. Schon am 15. August 1870 war die Höhle soweit provisorisch zugänglich, daß eine ungenannte größere Gesellschaft zu Ehren Ing. Ruffinis und seiner Gefährten hier ein kleines Fest improvisieren konnte, bei dem auf dem Eis Schlittschuh gelaufen und Champagner getrunken wurde, den man auf dem Eis der Höhle gekühlt hatte.

Bis zum Beginn der Sommersaison des folgenden Jahres wurde die Höhle durch hölzerne Stege und Treppen zugänglich gemacht und mit Petroleumlampen beleuchtet. Die interessantesten und eindrucksvollsten Stellen konnten auf Wunsch der Besucher auch durch Magnesiumlicht illuminiert werden. Die Stadt sorgte auch für einen regulären Fremdenführer. Als Eintrittspreis wurden anfangs 40, später 60 Kreuzer festgesetzt. Mit dem Schutz und der Aufsicht über die Höhle wurde das städtische Forstamt betraut. Im Hegerhaus unter dem Berg Ostrá skala wurde ein Fremdenzimmer mit sechs Betten eingerichtet. In den Jahren 1872—1873 erbaute die Stadt für die Besucher der Höhle ein kleineres Hotel mit fünf Zimmern, das 1878 um zwei weitere Zimmer vergrößert wurde.

Bei der genauen Erforschung fand Ing. Ruffini auch die Fortsetzung aus dem heutigen Großen Saal (Velká sieň), die ihm zu Ehren linker und rechter Ruffini-Korridor benannt wurde. Dadurch erhielt die Höhle ihre heutige Gestalt und Ausdehnung. Schon in den Jahren 1870 und 1871 begann Dr. Fehér mit den ersten meteorologischen Messungen. In seiner ersten historischen Aufzeichnung im Besucherbuch, das im Juni 1871 eingeführt worden war, gibt er die höchste, am 14. August 1870 in der Höhle gemessene Wärme mit + 4 °R an, wobei die Außentemperatur zur gleichen Zeit + 18 °R betrug. Im Gegensatz dazu wurde am 23. Dezember 1870 als tiefste Temperatur in der Höhle — 7 °R gemessen, damals betrug die Außentemperatur allerdings — 20 °R. Zugleich wird in dieser Aufzeichnung auch das richtige Datum der Entdeckung der Höhle und der Freilegung ihrer weiteren Räume festgehalten. Es war der 15. Juni 1870, und nicht der 15. Juli 1870, wie es aus bisher ungeklärten Gründen auf der Gedenktafel steht, die die Stadt Dobšiná zu Ehren der Entdecker der Höhle im Jahre 1877 enthüllen ließ. Die wissenschaftliche Erforschung der Höhle datiert man vom Jahre 1873, als der Kustos des Nationalmuseums in Budapest Dr. Jozef Krenner im Auftrage der Ungarischen Königlichen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft die Eishöhle von Dobšiná in der Zeit vom 3. bis zum 11. April erforschte, beschrieb und neue Erkenntnisse über die Entstehung des Eises in der Höhle und

der Höhle selbst veröffentlichte. Auch Jozef Mikulík, der wissenschaftliche Berater der Stadt Dobšiná, bemühte sich, die Eishöhle mit schwungvollen Worten zu propagieren.

Im Jahre 1884 gab der Stadtarzt Dr. Ján Pelech eine umfangreichere ungarische Studie unter dem Titel „Das Stratená-Tal und die Eishöhle von Dobšiná“ heraus, die später auch ins Englische und Deutsche übersetzt wurde. Vier Jahre darauf wurde die Höhle in der Zeitschrift „A Magyarországi Kárpátegyesület Évkönyve“ von Mikulás Fischer aus Spišská Nová Ves im Rahmen eines ausführlichen Artikels wissenschaftlich ausgewertet. Im Jahre 1908 propagierte I. Hanvai in der Publikation „Die Dobsinauer Eishöhle“ die Schönheiten der Eishöhle von Dobšiná und ihre malerische Umgebung und im Jahre 1926 tat dasselbe auch J. E. Hanvai in seiner Arbeit „Die Dobsinauer Eishöhle und ihre Umgebung“. Diese Artikel, Studien und Publikationen begannen sich mit der Zeit propagatorisch auszuwirken, so daß alsbald nicht nur die Adligen und Bürger aus der näheren und weiteren Umgebung herbeiströmten, sondern auch ärmere Leute und viele bekannte Persönlichkeiten aus der Fremde. Am 28. August 1872 besuchte Prinz August von Sachsen-Gotha die Eishöhle offiziell, begleitet von seiner Gemahlin Klementine, der Prinzessin Amalie und dem Prinzen Ferdinand, dem nachmaligen Herrscher von Bulgarien. Im Jahre 1874 weilte Dr. I. Branislav Zoch mit dem gesamten Lehrkörper des slowakischen Gymnasiums in Revúca in der Höhle. Ein Jahr darauf kamen 110 Lehrer aus der weiten Umgebung, um die Höhle zu bewundern, im Jahre 1876 auch der bekannte Optiker und Wiener Universitätsprofessor Dr. J. Petzval, der aus dem Zipser Städtchen Spišská Belá stammte. Im gleichen Jahr waren auch Dr. Št. Marko-Daxner mit seinem Bruder Ivan, zwei bekannte slowakische Patrioten aus Tisovec, unter den Besuchern. Im Jahre 1879 weilte der bekannte Geograph und Speläologe Karl Siegmeth hier, im Jahre 1887 der serbische König Milan mit dem Thronfolger Alexander und drei Jahre darauf der bulgarische Zar Ferdinand I. Im Jahre 1883 besuchten die slowakischen Schriftsteller Pavol Országh Hviezdoslav und Svetozár Hurban Vajanský in Begleitung des ungarischen Schriftstellers Jókai Mór die Eishöhle. Im Jahre 1881 waren mehrere ungarische Schriftsteller und Künstler sowie Mitglieder des Vereins der Ärzte und Naturwissenschaftler hier. Im Jahre 1884 besuchten etwa hundert französische Schriftsteller und Künstler, darunter Délèbes und Massenet, die Eishöhle, auch der berühmte Erbauer des Suezkanals Fr. Lesseps reiste herbei. Im Jahre 1900 beeindruckte auch der Polarforscher Fritjof Nansen die Höhle mit seinem Besuch.

Das Interesse für die Höhle wuchs von Jahr zu Jahr und die Stadt Dobšiná war bemüht, den Besuchern mit außerordentlichem Verständnis entgegenzukommen. Im Jahre 1881 ließ der Magistrat eine größere Touristenhütte mit 18 Zimmern und zwei separaten Villen erbauen, die auch heute noch ihren Zweck erfüllen. Im Jahre 1882 wurde in der Höhle eine Bunsenbrennerbeleuchtung eingeführt, doch schon vier Jahre später ersetzte man sie durch eine regelrechte elektrische Beleuchtung, die von einem Aggregat gespeist wurde, das auf dem Plateau vor dem Eingang zur Höhle aufgestellt wurde. Die Eishöhle von Dobšiná kann sich also rühmen,

daß sie zu den ersten elektrisch beleuchteten Höhlen auf dem europäischen Kontinent gehört. Auch die Verschönerung der näheren und weiteren Umgebung der Höhle war der Stadtverwaltung nicht gleichgültig. Sie ließ einen bequemen Weg vom Hotel zur Höhle erbauen, wobei der ursprüngliche Nadelbaumbestand sowie die erfrischenden Quellen erhalten blieben. So entstand ein kultivierter Waldpark, der von Bartolomej Szontágh, dem Vizegespan des Komitates Gemer gegründet und erhalten wurde. An seiner Entstehung hatte auch Vilim Dobay, der opferbereite Grubendirektor des Fürsten Coburg Anteil, der die notwendigen Arbeiten mit wohlbekannter Sachkundigkeit selbst projektierte und leitete.

Im Jahre 1911 wurde vor dem Eingang zur Höhle eine hölzerne Schutzhütte erbaut, die den Besuchern bei Unwetter Zuflucht bot. Im selben Jahr richtete das Ungarische Staatliche Meteorologische Institut im Großen Saal eine ständige meteorologische Station ein, die seither ununterbrochen ihre Aufgabe erfüllt. Am 22. Juni 1914 wurde die Höhle an das Netz des städtischen Elektrizitätswerkes angeschlossen.

Nach Ausbruch des ersten Weltkrieges nahm der Besuch der Eishöhle rapid ab und stagnierte fast vollständig. So besuchten im Jahre 1918 nur 78 Personen die Höhle. Erst nach der Gründung der Tschechoslowakischen Republik stieg der Strom der Besucher von Jahr zu Jahr an. Wesentlich erhöhte sich die Zahl der Gäste im Jahre 1931, als ein regelmäßiger Autobusverkehr zwischen Poprad und Dobšiná eingeführt wurde. Noch mehr nahm sie nach der Eröffnung der Eisenbahnstrecke Margecany-Červená Skala im Jahre 1936 zu, als an der Eishöhle die Haltestelle Dobšinská Ladová jaskyňa eingerichtet wurde. Die Verbesserung der Verkehrsverhältnisse äußerte sich im Jahre 1937 in einem für die damalige Zeit einmaligen Besucherrekord von 23 231 Personen.

Während des zweiten Weltkriegs ging die Zahl der Besucher wieder zurück, bis die Höhle im Jahre 1944 wegen der Kriegsereignisse geschlossen werden mußte. Bei den Kampfhandlungen im Januar 1945 brannte das Hotel nieder, wobei auch die Besucherbücher vom Jahre 1906 bis zum Jahre 1945 vernichtet wurden. Das neue Hotel wurde 1949 fertiggestellt.

Nach Beendigung des zweiten Weltkriegs wechselten häufig die Besitzer bzw. die Pächter der Höhle von Dobšiná. Leider wollte jeder von ihnen aus der Schauhöhle möglichst viel herausholen; um ihren empfindlichen Organismus kümmerten sie sich jedoch überhaupt nicht und respektierten auch die komplizierten Gesetzmäßigkeiten ihres Bestehens nicht. Der Zustand der Höhle verschlimmerte sich immer mehr. Dazu trug in wesentlichem Maße auch die veraltete, an der Oberfläche geführte Beleuchtungsanlage bei, die für den ganzen Besichtigungsrundgang auf einmal mit einem Schalter angezündet wurde. Während jeder Besichtigung, die durchschnittlich eine Stunde dauert, strahlten über 70 Glühbirnen soviel Wärme in den Raum der Höhle aus, daß ihr Mikroklima ungünstig beeinflußt wurde. Ihren Höhepunkt erreichte die Krise im Jahre 1947. Die Spalte, die nach dem heißen und trockenen Sommer dieses Jahres im nordöstlichen Teil des Großen Saales zum Vorschein kam, wurde von übereifrigen freiwilligen Höhlenforschern beim Vordringen in die Tropfsteinräume der Höhle noch erweitert. Das war ein unüberlegter Eingriff, der den Gesamtzustand der

Höhle äußerst ungünstig beeinflußte, weil dadurch die Luftzirkulation verändert wurde. Aus den Tropfsteinräumen begann nämlich warme Zugluft zu strömen, die sich auf den Eisschmuck verheerend auswirkte, besonders auf die Masse des Eises um den Höhleneingang. Als die Höhle im Sommer 1947 auch noch als Trainingsplatz für Eiskunstläufer benutzt wurde, verschlimmerte sich die Situation noch mehr. Erst nach dem Einspruch des Hydrometeorologischen Institutes im Jahre 1950 und nach dem Eingriff der Speläologen aus Mähren im Jahre 1952 gelang es durch Verbarrikadieren der freigelegten Eingänge in die Tropfsteinenteile der Höhle das Abschmelzen des Eises aufzuhalten, aber auch das nur zum Teil. Durch genaue Messungen wurde festgestellt, daß durch die Fugen der aus lockeren Steinen aufgeschichteten Barrikade noch genug warme Zugluft hineinströmt, um das Eis zu beschädigen. Ausreichende Abhilfe konnte erst im Jahre 1953 bzw. zu Beginn des Jahres 1954 geschaffen werden, nachdem der VEB Turista am 21. August 1953 die Höhle in seine Obhut übernommen hatte. Auf Antrag einer fachwissenschaftlichen Kommission, die unter der Leitung der bekannten Meteorologen Universitätsprofessor Dr. M. Konček und Dr. Št. Petrovič zur Beobachtung und sachgerechten Verwaltung der Eishöhlen in der Slowakei geschaffen worden war, und in Zusammenarbeit mit J. Matis, dem Generalkonservator der Abteilung für Naturschutz im ehemaligen Amt des Beauftragten für Schulwesen und Informationen, wurde eine Generalreparatur der ganzen Höhle durchgeführt. Dabei wurde die alte Beleuchtung entfernt und durch eine Kabelleitung mit elektrischen Entladungslampen ersetzt, die in einzelnen Abschnitten eingeschaltet wird, um eine überflüssige Erwärmung der Höhle zu vermeiden. Gleichzeitig wurden auch an manchen Strecken die Stege an vorteilhaftere und sichere Stellen verlegt und dadurch der Verkehr und die Besichtigung eindrucks voller gestaltet. Alle gestörten Stellen, die zu den Tropfsteinräumen führen, wurden gründlich zugemauert und abgedichtet, so daß die Höhle in einem neuen Gewand und völlig regeneriert am 9. Mai 1954 feierlich der Öffentlichkeit zur Besichtigung freigegeben werden konnte. Seit dieser Zeit steht sie unter der ständigen fachwissenschaftlichen Aufsicht der Slowakischen Akademie der Wissenschaften und des Hydrometeorologischen Institutes, damit dieses seltene Naturphänomen auch den kommenden Generationen erhalten bleibe. Nach diesem rettenden Eingriff und dank einer zweckentsprechenden Propagation begann die Zahl der Besucher stetig anzusteigen. Während die Höhle im Jahre 1871 von insgesamt 292 Personen besucht wurde, so waren es 1961 schon 117 272 Menschen, ein Rekord, der bis jetzt noch nicht übertroffen wurde. In den verflossenen 100 Jahren haben insgesamt über zwei Millionen Menschen aus aller Welt die Eishöhle von Dobšiná gesehen. Für die Führung der Besucher und die gebotenen fachlichen Erläuterungen gebührt den Führern und den Verwaltern der Höhle unser Dank. Unter ihnen sind besonders hervorzuheben: J. Packo, J. Kováč, J. Capko, Kl. Mišura, Št. Garan und der jetzige Verwalter M. Baumgärtner. Sie alle widmeten sich mit außerordentlicher Liebe nicht nur den Besuchern, sondern kümmerten sich auch um die Verschönerung der Höhle und ihres Eintrittsareals.

Abschließend bleibt nur zu wünschen übrig, daß die Eishöhle von Dobšiná

dank der engen Zusammenarbeit der Fachleute, Wissenschaftler und der Betriebsangestellten, die Tag für Tag verschiedene Probleme zu lösen haben, unter der Leitung der staatlichen Verwaltung der slowakischen Höhlen auch im kommenden Jahrhundert die Herzen aller Besucher erfreuen und die Sinne jener begeistern möge, die nach uns kommen werden.

Was wir hier von der Höhle und dem Höhlensystem wissen, ist nur ein sehr kleiner Teil des gesamten Wissens, das über die Höhle hinausgeht. Es gibt noch viele andere Höhlen in der Slowakei, die ebenfalls interessant sind, aber bisher nicht so gut erforscht wurden.

Das Jahr 1958 wird eine sehr wichtige Phase in der Entwicklung der slowakischen Höhlenforschung sein. Es ist geplant, dass im nächsten Jahr die ersten Ergebnisse der Arbeit in den Höhlen veröffentlicht werden. Es ist zu hoffen, dass diese Ergebnisse einen wichtigen Beitrag zur Erforschung der slowakischen Höhlen und ihrer Geheimnisse leisten werden.

Nach dem letzten Jahr hat sich die slowakische Höhlenforschung deutlich weiterentwickelt. Es wurden zahlreiche neue Höhlen entdeckt und untersucht, was zu einer Erweiterung des bekannten Jahrbuchs für Höhlenforschung und Höhlenkunde führt. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in den nächsten Jahren in einem neuen Jahrbuch veröffentlicht werden. Es ist zu hoffen, dass diese Ergebnisse einen wichtigen Beitrag zur Erforschung der slowakischen Höhlen und ihrer Geheimnisse leisten werden.

Das Jahr 1959 wird eine weitere wichtige Phase in der Entwicklung der slowakischen Höhlenforschung sein. Es ist geplant, dass im nächsten Jahr die ersten Ergebnisse der Arbeit in den Höhlen veröffentlicht werden. Es ist zu hoffen, dass diese Ergebnisse einen wichtigen Beitrag zur Erforschung der slowakischen Höhlen und ihrer Geheimnisse leisten werden.

Nach dem letzten Jahr hat sich die slowakische Höhlenforschung deutlich weiterentwickelt. Es wurden zahlreiche neue Höhlen entdeckt und untersucht, was zu einer Erweiterung des bekannten Jahrbuchs für Höhlenforschung und Höhlenkunde führt. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden in den nächsten Jahren in einem neuen Jahrbuch veröffentlicht werden. Es ist zu hoffen, dass diese Ergebnisse einen wichtigen Beitrag zur Erforschung der slowakischen Höhlen und ihrer Geheimnisse leisten werden.

MORFOLÓGIA A GENÉZA DOBŠINSKEJ LADOVEJ JASKYNE

JOZEF JAKÁL

Medzi prvé práce o Dobšinskej ladeovej jaskyni patria štúdie Krennera (1873 a 1874) a Fehéra (1872). Z novších prác, hoci sa nedotýkajú len problematiky Dobšinskej ladeovej jaskyne, treba spomenúť prácu o geológii Slovenského raja od M. M a h e l a (1957) a prácu M. Luknisa (1945) o krasovej geomorfológií Slovenského raja. Tieto štúdie však pomáhajú riešiť aj niektoré otázky Dobšinskej ladeovej jaskyne. Problematica jaskyne bola predmetom štúdie Šincla (1931), ktorý jej vznik vysvetľuje ako dôsledok tektonického presunutia vápencov, čím vznikli duté priestory. Najpodrobnejšia je práca A. Drappa (1957), ktorý na základe podrobného zamerania a zmapovania jaskyne urobil geomorfologickú analýzu a načrtol genézu jaskyne a jej útvarov.

Naše výskumy, ktoré sme robili na jar 1970 sme zamerali hlavne na vplyv tektoniky pri vzniku jaskynných priestorov a na niektoré otázky genézy jaskyne. Pri výskume sme sa opierali o mapky vyhotovené A. Droppom.

V predchádzajúcej prednáške hovoril dr. Bystrický o geologických pomeroch Slovenského raja. Pokial sa zameriam na niektoré geologické štruktúry, tak len z aspektu ich uplatnenia v reliéfe.

Územie Slovenského raja patrí k najtypickejším krasovým reliéfom slovenských Karpát; môžeme ho pripojiť k planinovému typu krasu. Slovenský raj, budovaný prevažne mezozoickými horninami, je pokračovaním severogemeridného synklinálneho pásma. Morfologicky sa uplatňujú tri komplexy hornín, a to verfénске bridličnaté pieskovce a slienito vápencové vrstvy spodného triasu, komplex silne drvených dolomitov a prevažnú plochu územia zaberajúce strednotriásové vápence.

Silne zvrásnené komplexy hornín boli v období stredného pliocénu zrezané do zarovnaného povrchu. V dôsledku vyzdvihnutia územia v rhodanskej tektonickej fáze, keď bol povrch značne vyzdvihnutý, nastalo obnovenie procesu krasovatenia a silný erozívny proces na nekrasových horninách.

Pri vyzdvihnutí územia erózia sledovala predovšetkým tektonické elevácie, v ktorých vystupovali na povrch menej odolné horniny spodného triasu, resp. drvené dolomity. Na týchto eleváciách vznikli subsekventné doliny. Plochý reliéf

sa zachoval na vápencoch, vyplňujúcich synklinály, v ktorých je hlboko položené nepriepustné dno.

V tektonických eleváciách, kde vystupujú nepriepustné horniny, sa vytvorili pomerne široké kotliny. Taká je napríklad kotlina pri Stratenej, v Dedinkách a pri samej Dobšinskej ľadovej jaskyni. Vo vápencoch vytvorili toky úzučké tiesňavy.

Celková rozčlenenosť územia teda úzko súvisí s tektonickými štruktúrami, ktoré prebiehajú v smere JZ — SV. Intenzívnosť zvrásnenia sa odrazila v tvárnosti reliéfu. Ak vo východnej časti územia sú zachované výrazné planiny na širokých synklinálnych pásmach Geravy, Glaca a tiež uklonenie vrstiev je pomerne malé, tak smerom k západu sa niektoré štruktúry rozvetvujú, resp. vznikajú nové. Táto oblasť je silne zvrásnená, skloný štruktúr sú oveľa väčšie. V tejto časti je teda aj reliéf intenzívnejšie rozčlenený. Základné štruktúry sú oddelené dolomitom, resp. verfénkskymi horninami. Silne sú zvrásnené vápencové pruhy synklinál, ku ktorým patrí aj masív vrchu Duča. Tieto masívy sú oddelené normálnou riečnou sieťou a pri nich nie sú zachované tak výrazne povrchy zarovnania.

Klasickým príkladom je aj vrch Ostrá skala (972 m), budovaný vrchnotriasovými vápencami, ktorý je z jednej strany oddelený od vápencového masívu tiesňavou a z druhej strany sedlom sledujúcim verfénkske bridlice.

Zhrnujúc možno povedať, že vo východnej časti, menej zvrásnenej sú zachované plošiny s dobre vyvinutým povrchovým krasom, ako sú krasové jamy (závrty), úvaly, škrapy, a tiež krasom podzemným, ako Medvedia jaskyňa. V JZ časti pre silné zvrásnenie je reliéf členitejší s nevyvinutými povrchovými formami, ale dobre vyvinutými formami podzemnými, ako Dobšinská ľadová jaskyňa.

Sám masív Duča, v ktorom sa rozprestiera Dobšinská ľadová jaskyňa, budujú svetlé vápence vetersteinského typu, ktoré sú silne zvrásnené a tektonicky polámané. O tom sa možno presvedčiť tak na povrchových profiloach, ako aj podzemných jaskynných priestoroch, kde sa často mení sklon a smer vápencových vrstiev.

O existencii podzemných priestorov svedčia výrazné prepadiiská — rútené závrty, a to pri vlastnom vchode do jaskyne, ale hlavne prepadiisko Duča, ktoré je pretiahnuté v smere hlavnej tektonickej línie Slovenského raja SV — JZ v dĺžke 250 m a v hĺbke 20 m. V prepadiisku možno dobre pozorovať zvrstvenie vápencov a tektonickú polámanosť. V hlavnej časti prepadiiska je sklon vrstiev 22° k JZ, vo východnejšej časti je sklon 50° k severu. Tektonické pukliny majú smer SZ — JV, S — J, SV — JZ. Na tektonických liniách možno pozorovať silne rozdrvený vápenec.

Zložité tektonické pomery a intenzívne prevrášnenie zohrali rozhodujúcu úlohu pri vzniku Dobšinskej ľadovej jaskyne a pri formovaní jej priestorov.

V masíve Duča sa najčastejšie uplatňuje tektonický smer SV — JZ, ktorý sa prejavuje aj v podzemí a na ktorý sa viažu jaskynné priestory. V podzemí môžno túto líniu sledovať od priestorov nad Peklom smerom k západným stenám Zrúteného domu. Tento smer zodpovedá aj hlavnej tektonickej línií Slovenského raja. Naprieč tomuto zlomu sú orientované pukliny v smere SZ — JV, resp. SSV —

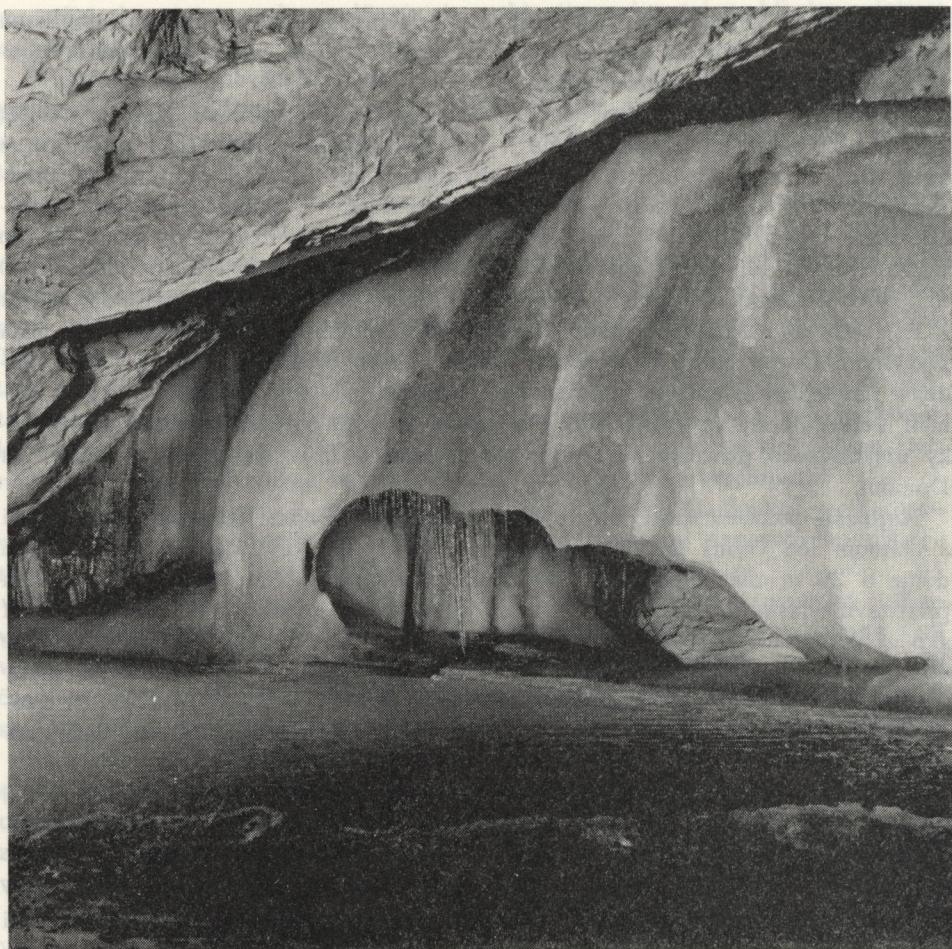
JJZ v Malej a Veľkej sieni. Táto priaznivá tektonická pozícia miestami doplnená výraznou vrstevnatostou vápenca vytvorila predoklad na vznik jaskynných úrovňí a neskôr na vznik väčšieho dómu.

Výrazné a zreteľné sú dve úrovne, ktoré možno z morfológie jaskyne vyčítať (A. Drappa). Ich rekonštrukcia v oblasti hlavného vrecovitého priestoru je však silne stažená pre mocnú výplň jaskynného ľadu. Napriek tomu možno predpokladať, že v úrovni dnešnej Malej a Veľkej siene a v pokračovaní do Kvaplovej siene možno hovoriť o prvej vývojovej etape. Táto úroveň sa nachádza vo výškach okolo 945 m. Druhá vývojová etapa je v úrovni priestorov Pekla (900 m), Suchého domu (899 m) a Kvaplovej pivnice (890 m). Tieto priestory patria k najspodnejším známym časťiam jaskynného systému, sú nezaľadnené a ležia pod dnom Dómu, ktorý je vyplnený ľadom. Tento priestor vyplnený ľadom bude pre lepšiu orientáciu nazývať len Dómom. Jeho dno možno sledovať v oblasti Veľkej opny vo výškach 927 m, kde vystupujú obrovské balvany, pozostatky niekdajšieho predelového stropu medzi hornou úrovňou a nižšie položeným Dómom.

Najnižšie položené časti, Suchý dóm a Peklo, sú spojené vo svojej hornej časti s Dómom len veľmi úzkymi puklinami. Dno týchto priestorov je pri Suchom dome o 29 m nižšie položené ako dno dnes zaľadeného Dómu. Suchý dóm predstavuje jaskynný priestor vytvorený na vrstevnej ploche, a tak povalovú časť ako aj podlahové partie tvoria kompaktné vrstvy lavicovitého vápenca v skлоне 45°. Na dne Suchého domu nenachádzame väčšie balvany. Ide teda o geneticky samostatný celok, ktorý je oddelený od Dómu. Vzniká otázka, či práve v priestore medzi Drappovou prvou a druhou úrovňou neexistoval samostatný jaskynný dóm.

Na určenie genézy jaskynného systému zdá sa byť rozhodujúci priestor medzi prvou a druhou vývojovou úrovňou. Tento priestor vysoký okolo 20 m je vyplnený jaskynným ľadom. Je teda možné v schéme predpokladať, že najvyššie položená úroveň, predĺžením ktorej je Kvaplová sieň, ležala nad priestorom, ktorý mal charakter dómu. Povalová prie hrada medzi týmito jaskynnými priestormi nebola mocná, ale silne tektonicky porušená. Až pod týmto Dómom ležali jaskynné priestory druhej vývojovej etapy (Droppovej). Z toho možno usudzovať, že medzi prvou a druhou úrovňou je ešte tretia úroveň, z ktorej sa vytvoril prieskumný dóm. Súhrne možno teda povedať, že prvej vývojovej etape zodpovedá Kvaplová sieň a priestor vo výškach okolo 945 m, ktorý sa nachádzal v dnešnej Veľkej a Malej sieni; druhej úrovni zodpovedá dno Dómu vo výškach okolo 926 m a tretej úrovni zodpovedá Peklo vo výškach okolo 900 m. Predpoklad tretej úrovne, resp. medziúrovne v relatívnych výškach medzi 60 — 105 m možno zdôvodniť aj výskytom podobných úrovní iných slovenských jaskynných systémov.

Okrem autochtonných sedimentov, ktoré sú v jaskyni zastúpené sutiou a balvanmi, a alochtonných štrkov stretáme sa v jaskyni tak s ľadovou, ako aj so sintrovou výzdobou. V jaskyni sú tri druhy priestorov s odlišným charakterom sekundárnej výplne.



Obr. 1. Dobšinská ľadová jaskyňa. Malá opona. (Foto E. Čapaj)
Abb. 1. Die Eishöhle von Dobšiná. Der Kleine Vorhang (Malá opona). E. Čapaj

Prvý je zastúpený hlavnou časťou jaskyne, ktorá má vrecovitý charakter a je vyplnený ľadom. Druhý typ, ktorý je zdobený sintrom, zastupujú niektoré horné jaskynné priestory, ako Kvapľová sieň a dolné jaskynné priestory, napr. Kvapľová pivnica. Tretí typ je bez akejkoľvek výzdoby, napr. Suchý dóm.

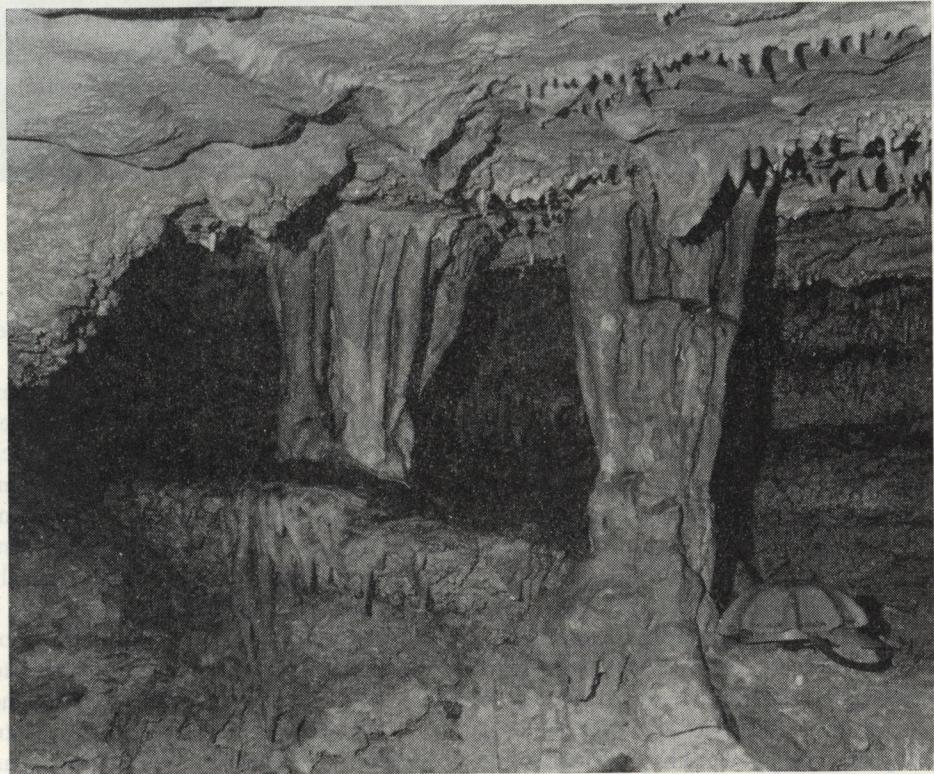
Podstatnú časť jaskyne tvoria rozsiahle priestory, ktoré mali pôvodne charakter obrovského dómu. Dnes je tento priestor takmer celý vyplnený ľadom. Mohutná vrstva podlahového ľadu rozdelila pôvodný dutý priestor na viac samostatných časťí, ako napr. Malú a Veľkú sieň, Ruffiniho koridor a ďalšie. Podlahový ľad nemá všade rovnakú hrúbku; smerom od vchodu do vnútra pribúda.

V spodnej časti dosahuje tak mocnosť vyše 20 m. Podlahový ľad pokrýva plochu 11 200 m². Obsah ľadu v jaskyni sa odhaduje na 145 000 m³ (údaj podľa Drop-

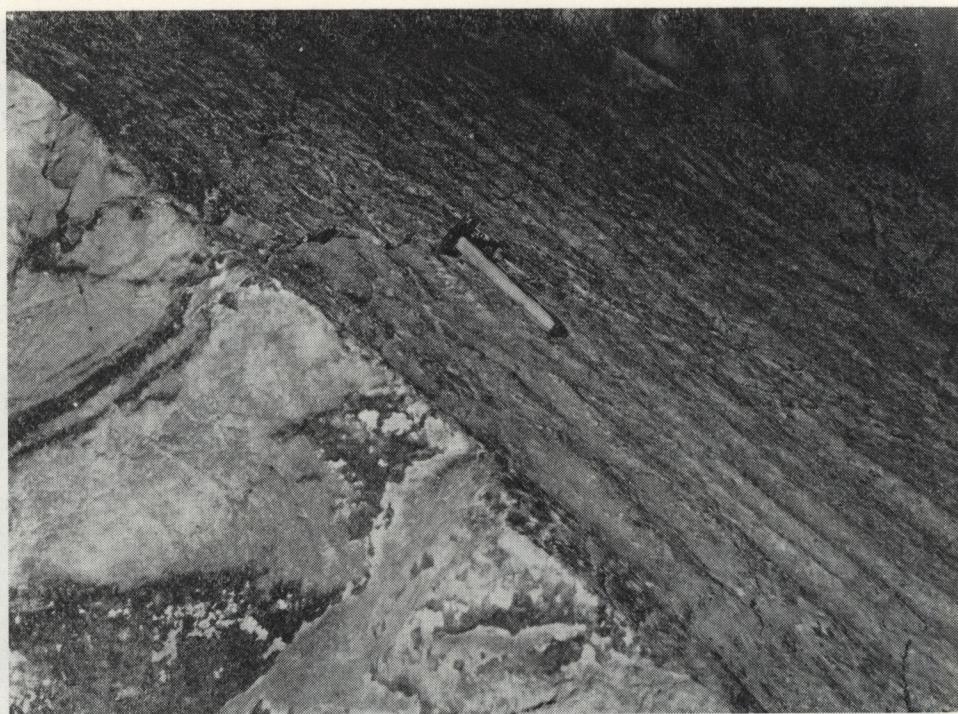
pu). Celá masa ľadu leží na strmo sklonenom suťovisku, ktoré je zložené z veľkých balvanov. Tie možno vidieť na dne Dómu. Profil ľadovej masy a jej vrstevnosť možno najlepšie sledovať v Ruffiniho koridore.

Ladové kvaplové útvary sledujú tektonické línie, ktoré možno dobre pozorovať na povale jaskýň. Tak v Malej sieni líniu S — J sleduje Malá opona a Cintorín. Vo Veľkej sieni sa križujú línie S — J a S — Z — J — V a tie sledujú Studňa, Oltár a na križovatke týchto zlomov Niagarské vodopády.

Kvaplová sieň sa nachádza vo výške jednej genetickej úrovne s dnešnou úrovňou Malej a Veľkej siene. Avšak v tejto časti sa dno neprepadlo do nižších priestorov, takže majú v niektorých úsekoch veľmi dobre zachovaný charakter riečne modelovaných chodieb (Vstupná chodba) a až vlastná sieň má charakter dómu. Mikroklimaticky je tento priestor odlišný od zaľadnených priestorov a teploty neklesajú pod nulu. Z veľkej časti tieto jaskynné priestory sledujú vrstevné škáry. Vrstvy sú uložené takmer horizontálne. Značná polámanosť umožňuje presakovanie vody a tvorbu sintrových kvaplov. Celý tento jaskynný priestor má recentnú tvorbu sintru. Pozoruhodný je častý výskyt mäkkého sintru.



Obr. 2. Dobšinská ľadová jaskyňa. Sintrová výzdoba v Kvaplovej sieni. (Foto E. Čapaj)
Abb. 2. Die Eishöhle von Dobšiná. Sinterschmuck im Tropfsteinsaal (Kvaplová sieň). Foto
E. Čapaj



Obr. 3. Dobšínská ľadová jaskyňa. Jaskynné škrapy v Suchom dóme. (Foto E. Čapaj)
Abb. 3. Höhlenkarren im Trockenen Dom (Suchý dóm). Foto E. Čapaj

Nie s takou živou tvorbou sintru sa stretneme v najspodnejších partiách jaskyne, napr. v Kvapľovej pivnici.

Tretí typ priestorov reprezentuje Suchý dóm; patrí k najspodnejším partiám jaskyne a s Hlavným dómom ho spája len úzke hrdlo. Mikroklimaticky je tiež odlišný a teploty neklesajú pod nulu. Suchý dóm je založený na silne uklonených vrstvach čistého vápenca, bez výraznejších tektonických porúch. V ňom sa okrem ojedinej výzdoby hráškového sintru na stenách nestretneme s inými kvapľovými útvarmi. V Suchom dóme totiž nepresakuje voda z vyšších priestorov a tým možno vysvetliť aj nedostatok kvapľov. Vody pravdepodobne presakujú pozdĺž vyššie položených vrstevných škár do ďalších neznámych priestorov.

Na dne Suchého domu sa stretáme s pozoruhodnými formami. Ako sme spomenuli, dno Suchého domu tvorí hladká vrstevná plocha vápenca. Na takomto sklonenom povrchu sa vytvorili tzv. Rillenkarren, žliabkovité škrapy. Vrstevné plochy majú sklon 40° . Žliabky sú široké 10 — 15 cm a hlboké 2 — 3 cm. Tieto jaskynné škrapy vznikli pravdepodobne v dôsledku prenikania vody z Dómu na tieto vrstevné plochy. Úlohu tu mohol zohrať aj topiaci sa ľad v hlavnej časti jaskyne, z ktorého voda mohla prenikať do týchto priestorov.

V zaľadnených častiach jaskyne sa stretáme so sintrovou výzdobou len veľmi

ojedinele, napr. v Ruffiniho koridore. Nedostatok sintrových útvarov je dôsledok intenzívneho mechanického zvetrávania vápencu, ktoré podporujú tak mikroklimatické pomery jaskyne, ako aj silná tektonická porušenosť vápencu. Na to poukazujú tiež čerstvo zvetrané steny a povalové partie jaskyne. Mechanické zvetrávanie je výsledkom klimatických teplotných zmien v jaskyni, ktoré dosahujú ročný výkyv až 5 °C.

Záverom treba načrtnúť vývoj jaskynných priestorov. Rieka Hnilec v období horného pliocénu predstavovala tak ako aj dnes tzv. „Vorfluter“ (tok odvodňujúci krasové územie). Na tento tok sa viazala freatická zóna podzemných krasových vôd. V nej prebiehal intenzívny korozívny proces, ktorý pripravil priestory pre voľné horizontálne prúdenie vody. Rozšírením puklín sa vytvoril priestor, do ktorého vnikli vody Hnilca a rozšírili pôvodné pukliny. Zvyšky štrkov vo vstupnej chodbe a Kvapľovej sieni sú toho dôkazom. Zarezávaním Hnilca znižovala sa aj piezometrická zóna krasovej vody a v období relatívneho tektonického pokoja mohli sa vytvárať v priebehu kvartéru ďalšie úrovne. Nie je však pravdepodobné, že v jaskynnom systéme Dobšinskej ľadovej jaskyne sa vytvorili všetky stupne úrovní, ktoré by zodpovedali schéme kvartérnych terás. Možno však predpokladať, že v jaskyni sa stretneme s poschodiarmi, ktoré sú viazané skôr na štruktúrne pomery vápencov. Dnešný vrecovitý tvar hlavných častí jaskynných priestorov je výsledkom tektonických pomerov, ktoré ovplyvnili ďalší proces vývoja jaskyne.

Literatúra

1. Dropa A., 1957: Dobšinská ľadová jaskyňa. Geografický časopis. Roč. IX. č. 2
2. Fehér F., 1872: A Dobsinai jegbarlang. Természettudományi Kozlöny IV. Budapest
3. Krenner J., 1874: Die Eishöhle von Dobsau. Budapest
4. Lukniš M., 1945: Príspevok ku geomorfológií povrchu Stratenskej hornatiny. Sborník prác Prfr. fak. Slov. univerzity v Bratislave, Bratislava
5. Mahe I M., 1957: Geológia Stratenskej hornatiny, Geologické práce, zoš. 48a. Bratislava

In unseren Forschungen, die wir im Frühjahr 1970 durchführten, orientieren wir uns hauptsächlich auf den Einfluß der Tektonik bei der Entstehung der Höhlenräume und auf einige Fragen der Genese dieser Höhle. Bei unserer Arbeit stützten wir uns auf die von A. Dropa entworfenen Karten.

Im vorigen Vortrag sprach Dr. Bystrícký über die geologischen Verhältnisse im Slowakischen Paradies. Soweit ich mich mit manchen geologischen Strukturen befasse, geschieht dies nur im Hinblick auf ihr Vorkommen im Relief.

Das Gebiet des Slowakischen Paradieses gehört zu den typischsten Karstreliefs in den slowakischen Karpaten; man kann es zum Plateautypus der Karstgebiete hinzurechnen. Es bildet sich vorwiegend aus mesozoischen Gesteinen auf und ist eine Fortsetzung der nordgermanidischen synklinalen Zone. Morphologisch betrachtet kommen hier drei Gesteinsskomplexe vor, und zwar Werfener Schiefer-Sandstein- und Mergel-Kalksteinschichten des Unterkreides, ein Komplex stark zerkleinerter Dolomiten und mitteltriasische Kalksteine, die den überwiegenden Teil des Gebietes einnehmen.

Die stark gefalteten Gesteinskämplexe wurden in der Epoche des mittleren Pliozäns zu einer planierten Oberfläche abgeschnitten. Infolge der Hebung die-

DIE MORPHOLOGIE UND GENESE DER EISHÖHLE VON DOBŠINÁ

JOZEF JAKAL

Bei der Entstehung der Eishöhle von Dobšiná und bei der Fomung ihrer Höhlenräume ist die tektonische Verhältnisse und die intensive Karstfaltung eine wichtige Rolle gespielt. Die Höhle hat einen linsenförmigen Querschnitt und verläuft von Südosten nach Nordwest zur Gefüngt; sie tritt auch hier wieder aus.

Zu den ersten Arbeiten über die Eishöhle von Dobšiná gehören die Studien Krenners (1873 und 1874) und Fehérs (1872). Von den neueren Werken ist die Arbeit M. Mahels (1957) über die Geologie des Slowakischen Paradieses (Slovenský raj) und die Studie M. Lukniš (1945) über die Karstgeomorphologie des Slowakischen Paradieses zu erwähnen, obwohl sich diese Abhandlungen nicht ausschließlich mit der Problematik der Eishöhle von Dobšiná befassen. Sie tragen jedoch auch zur Lösung mancher Fragen dieser Höhle bei. Mit der Problematik der Eishöhle von Dobšiná befaßt sich auch eine Studie von Šincl (1931), der ihre Entstehung als Folge einer Überschiebung von Kalksteinen erklärt, durch die ihre Hohlräume entstanden sind. Am eingehendsten wird die Eishöhle von Dobšiná in der Arbeit A. Droppas behandelt, der auf Grund einer genauen Vermessung und kartographischen Erfassung eine geomorphologische Analyse durchführte und die Genese der Höhle und ihrer Formationen skizzierte.

In unseren Forschungen, die wir im Frühjahr 1970 durchführten, orientierten wir uns hauptsächlich auf den Einfluß der Tektonik bei der Entstehung der Höhlenräume und auf einige Fragen der Genese dieser Höhle. Bei unserer Arbeit stützten wir uns auf die von A. Droppa entworfenen Karten.

Im vorigen Vortrag sprach Dr. Bystrícký über die geologischen Verhältnisse im Slowakischen Paradies. Soweit ich mich mit manchen geologischen Strukturen befasste, geschieht dies nur im Hinblick auf ihr Vorkommen im Relief.

Das Gebiet des Slowakischen Paradieses gehört zu den typischsten Karstreliefs in den slowakischen Karpaten; man kann es zum Plateautypus der Karstgebiete hinzurechnen. Es baut sich vorwiegend aus mesozoischen Gesteinen auf und ist eine Fortsetzung der nordgemeridischen synkinalen Zone. Morphologisch betrachtet kommen hier drei Gesteinskomplexe vor, und zwar Werfener Schiefer-Sandstein- und Mergel-Kalksteinschichten des Untertrias, ein Komplex stark zerkleinerter Dolomiten und mitteltriassische Kalksteine, die den überwiegenden Teil des Gebietes einnehmen.

Die stark gefalteten Gesteinskomplexe wurden in der Epoche des mittleren Pliozäns zu einer planierten Oberfläche abgeschnitten. Infolge der Hebung die-

ses Gebietes in der rhodanischen tektonischen Phase, als seine Oberfläche beträchtlich emporgehoben wurde, begann der Verkarstungsprozeß von neuem und auf den Nichtkarstgesteinen setzte ein starker Erosionsprozeß ein.

Bei der Erhöhung des Gebietes folgte die Erosion vor allem den tektonischen Elevationen, in denen besonders die minder widerstandsfähigen Gesteine des unteren Trias, bzw. die gebrochenen Dolomite zutage traten. An diesen Elevationen entstanden subsemente Täler. Das flache Relief blieb in den Kalksteinen erhalten, die die Synkinalen ausfüllen, deren tief unten liegende Sohle undurchlässig ist.

Wo in den tektonischen Elevationen undurchlässige Gesteine an die Oberfläche traten, entstanden verhältnismäßig breite Talkessel, so z. B. der Talkessel bei Stratená, bei Dedinky und bei der Höhle von Dobšiná selbst. In den Kalksteinen modellierten die Flußläufe enge Schluchten heraus.

Die gesamte Gliederung des Gebietes hängt deshalb eng mit den tektonischen Strukturen zusammen, die von Südwest nach Nordost verlaufen. Die Intensität der Faltung spiegelt sich in der Gestaltung des Reliefs wider. Während im östlichen Teil des Gebietes in den breiten synkinalen Zonen der Berge Geravy und Glac markante Plateaus erhalten blieben und auch die Neigung der Schichten verhältnismäßig gering ist, verzweigen sich manche Strukturen nach Westen zu, bzw. es entstehen neue. Diese Region ist stark gefaltet, die Neigung der Strukturen ist viel ausgeprägter. In diesem Teil ist also auch das Relief intensiver gegliedert. Die Strukturen werden durch Dolomit bzw. durch Werfener Schiefer voneinander getrennt. Stark gefaltet sind die Kalksteinsynkinalen, zu denen auch das Massiv des Berges Duča gehört. Diese Massive sind durch ein normales Flußnetz abgeteilt, bei ihnen hat sich die Oberfläche der Planierung nicht so markant erhalten.

Ein klassisches Beispiel ist auch der Berg Ostrá skala (972 m), aufgebaut aus obertriassischen Kalksteinen. Er wird durch eine Klamm vom Kalksteinmassiv getrennt, auf der anderen Seite durch einen Bergsattel, der den Werfener Schiefern folgt.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß im östlichen, weniger erhaltenen Teil dieses Gebietes Plateaus mit gut entwickeltem Oberflächenkarst (Dolinen, Urala, Karren), aber auch mit unterirdischen Karsterscheinungen (Medvedia-Höhle) erhalten blieben. Im südwestlichen Teil ist das Relief infolge der starken Faltung reicher gegliedert, seine oberirdischen Formen sind nicht entwickelt, dafür aber sind seine unterirdischen Formen, wie z. B. die Eishöhle von Dobšiná, gut ausgebildet.

Das Duča-Massiv selbst, in dem diese Eishöhle liegt, baut sich aus hellen Sandsteinen vom Wetterstein-Typus auf, die stark gefaltet und tektonisch zerbrochen sind. Davon kann man sich an den zutage tretenden Profilen überzeugen, wie auch in den unterirdischen Räumen der Höhle, wo sich die Neigung und Richtung der Kalksteinschichten oft ändert.

Von der Existenz unterirdischer Räume zeugen markante Einstürze, Sturzdolinen, und zwar beim eigentlichen Eingang zur Höhle, vor allem aber der Duča-Einsturz, der sich in der Richtung der tektonischen Hauptlinien des Slowaki-

schen Paradieses in einer Länge von 250 m und einer Tiefe von 20 m von Nordost nach Südwest erstreckt. Im Einsturz läßt sich die Schichtung der Kalksteine und ihre tektonische Zerbrochenheit gut beobachten. Im Hauptteil des Einsturzes beträgt die Neigung der Schichten 22° nach Südwesten, im östlichen Teil erreicht die Neigung 50° nach Norden. Die tektonischen Spalten verlaufen in einer nordwestlich — südöstlichen, südlich — nördlichen und nordöstlich — südwestlichen Richtung. An den tektonischen Linien kann man stark zerdrückten Kalkstein beobachten.

Bei der Entstehung der Eishöhle von Dobšiná und bei der Formung ihrer Räume spielten komplizierte tektonische Verhältnisse und die intensive Überfaltung eine entscheidende Rolle.

Im Duča-Massiv kommt am häufigsten die tektonische Richtung Nordost — Südwest zur Geltung; sie tritt auch unter Tage hervor und an diese Richtung knüpfen auch die Höhlenräume an. Unter Tage kann man diese Linie von den Räumen oberhalb des Peklo (Hölle) genannten Teiles der Höhle bis zur Westwand im Zrútený dóm (Eingestürzter Dom) verfolgen. Diese Richtung entspricht auch der tektonischen Hauptlinie des Slowakischen Paradieses. Quer zu diesem Bruch sind die Spalten in nordwestlich — südöstlicher, bzw. in nordnordöstlich — süd-südwestlicher Richtung in den Teilen Malá sieň und Velká sieň (Kleiner und Großer Saal) orientiert. Diese günstige tektonische Position, die stellenweise noch durch eine ausgeprägte Schichtung des Kalksteins ergänzt wird, schuf die Voraussetzungen für die Entstehung von Höhlenniveaus und später auch für die Entstehung eines größeren Domes.

Ausgeprägt und deutlich sichtbar sind zwei Niveaus, die man aus der Morphologie der Höhle herauslesen kann. (A. Droppa.) Im Bereich des sackartigen Hauptraumes ist die Rekonstruktion dieser Niveaus wegen der mächtigen Höhleneisfüllung sehr schwierig. Trotzdem kann angenommen werden, daß man beim Niveau im Kleinen und Großen Saal und in der Fortsetzung zum Tropfsteinsaal (Kvaplová sieň) von der ersten Etappe der Entwicklung sprechen kann. Dieses Niveau liegt in einer Höhe von etwa 945 m ü. d. M. Die zweite Entwicklungsetappe liegt in dem Niveau der Peklo-Räume (900 m), des Suchý dóm (Trockener Dom, 899 m) und der Kvaplová pivnica (Tropfsteinkeller, 890 m). Diese Räume gehören zu den untersten der bekannten Räume des Höhlensystems, sie sind nicht vereist und liegen unter der Sohle des Domes, der mit Eis angefüllt ist. Diesen Raum werden wir der besseren Orientierung halber nur „Dom“ nennen. Seine Sohle kann man beim Großen Vorhang (Velká opona) in einer Höhe von 927 m verfolgen, wo riesige Felsblöcke zutage treten, die Reste der einstigen Zwischendecke zwischen dem oberen Niveau und dem tiefer gelegenen Dom.

Die am tiefsten liegenden Teile, der Trockene Dom und die Hölle, sind in ihrem oberen Teil nur durch sehr enge Spalten mit dem Dom verbunden. Die Sohle dieser Räume liegt im Trockenen Dom um 29 m tiefer, als die Sohle des heute vereisten Domes. Der Trockene Dom ist ein auf einer Schnittfläche entstandener Höhlenraum, sowohl seine Decke als auch seine Bodenpartien bilden kompakte Kalksteinschichten mit einer Neigung von 45° . Auf seiner Sohle gibt

es keine größeren Felsblöcke. Es handelt sich also bei ihm um ein genetisch selbständiges Ganzes, das vom Dom abgeteilt ist. Da taucht die Frage auf, ob es nicht gerade im Raum zwischen Dropas erstem und zweitem Niveau einen selbständigen Höhlendom gegeben hat.

Bei der Bestimmung der Genese des Höhlensystems von Dobšiná scheint der Raum zwischen dem ersten und zweiten Entwicklungs niveau von entscheidender Bedeutung zu sein. Dieser Raum, etwa 20 m hoch, wird von Höhleneis ausgefüllt. Man kann also annehmen, daß das höchst gelegene Niveau, dessen Fortsetzung der Tropfsteinsaal darstellt, über einem Raum lag, der den Charakter eines Domes hatte. Die Sperrdecke zwischen diesen beiden Höhlenräumen war nicht stark, sondern tektonisch erheblich zerstört. Erst unter diesem Dom lagen nach Dropa die Höhlenräume der zweiten Entwicklungsetappe. Daraus kann gefolgert werden, daß es zwischen dem ersten und zweiten noch ein drittes Niveau gab, aus dem sich ein geräumiger Dom entwickelte. Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß der ersten Entwicklungsphase der Tropfsteinsaal und der Raum entspricht, der sich vormals in einer Höhe von etwa 945 m über dem heutigen Großen und Kleinen Saal befand. Dem zweiten Niveau entspricht die Sohle des Domes in einer Höhe von ungefähr 926 m und dem dritten Niveau entspricht die Hölle in einer Höhe von beiläufig 900 m. Das angenommene dritte Niveau, bzw. das Zwischeniveau in relativen Höhen von 60 — 105 m kann man auch mit dem Vorkommen ähnlicher Horizonte in anderen slowakischen Höhlensystemen begründen.

Neben autochthonen Sedimenten, die in der Höhle durch Schutt und Steinblöcke vertreten sind, und allochthonem Geröll, treffen wir in der Höhle auch eine Eis- und Sinterverzierung an. In der Höhle gibt es drei Arten von Räumen mit einer von einander abweichenden sekundären Füllung.

Die erste Art wird durch den Hauptteil der Höhle vertreten, der einen sackartigen Charakter hat und mit Eis ausgefüllt ist. Den zweiten, sinterverzierten Typus vertreten einige obere Höhlenräume, wie z. B. der Tropfsteinsaal, und die unteren Höhlenräume, wie z. B. der Tropfsteinkeller. Die dritte Art ist ohne jegliche Verzierung, wie beispielsweise der Trockene Dom.

Ein wesentlicher Teil der Höhle besteht aus ausgedehnten Räumen, die ursprünglich die Gestalt eines riesigen Domes hatten. Heute ist dieser Raum fast gänzlich mit Eis ausgefüllt. Eine mächtige Schicht von Bodeneis teilte den ursprünglichen Hohlraum in mehrere selbständige Teile auf, z. B. in den Kleinen und Großen Saal, in den Ruffini-Korridor und in andere Teile der Eishöhle. Das Sohleneis ist nicht überall gleich dick, in der Richtung vom Eingang ins Innere der Höhle nimmt seine Mächtigkeit zu, im unteren Teil der Höhle erreicht sie eine Dicke von über 20 m. Das Bodeneis bedeckt eine Fläche von 11 200 m², sein Rauminhalt wird auf etwa 145 000 m³ geschätzt (nach Dropa). Die gesamte Eismasse liegt auf einem steil abwärts geneigten Schuttfeld, das aus großen Felsblöcken besteht. Diese Blöcke kann man auf dem Boden des Domes sehen. Das Profil der Eismasse und ihre Schichtung läßt sich am besten im Ruffini-Korridor verfolgen.

Die Tropfeisgebilde folgen den tektonischen Linien, die man an der Decke

der Höhle gut beobachten kann. So verfolgt der Kleine Vorhang (Malá opona) und der Friedhof (Cintorín) im Kleinen Saal die Nord — Süd — Linie. Im Großen Saal kreuzen sich die Linien Nord — Süd und Nordwest — Südost, die von den Eisgebilden Brunnen (Studňa) und Altar (Oltár) gefolgt werden, während die Eisformation Niagarafälle (Niagarské vodopády) an der Kreuzung dieser Bruchlinien liegt.

Der Tropfsteinsaal liegt mit dem heutigen Niveau des Kleinen und Großen Saales in der Höhe eines genetischen Niveaus. Aber in diesem Teil der Höhle sank die Sohle nicht in tiefere Räume hinab, so daß hier in manchen Abschnitten ihr Charakter eines von einem Wasserlauf modellierten Ganges (Vstupná chodba) sehr gut erhalten blieb. Erst der eigentliche Saal hat den Charakter eines Domes. Mikroklimatisch weicht dieser Raum von den vereisten Räumen ab und seine Temperaturen sinken nicht unter Null. Diese Höhlenräume folgen größtenteils den Schichtungsfugen. Die Schichten sind hier fast horizontal gelagert. Eine beträchtliche Zertrümmerung des Gesteins ermöglichte das Durchsickern des Wassers und damit die Entstehung von Sintertröpfchen. Dieser ganze Höhlenraum weist eine rezente Sinterbildung auf. Beachtenswert sind auch die häufigen Vorkommen von Weichsinter (Bergmilch). Einer nicht so lebhaften Sinterbildung begegnen wir in den untersten Partien der Höhle, z. B. im Tropfsteinkeller.

Den dritten Typus der Räume repräsentiert — wie bereits gesagt — der Trockene Dom. Er gehört zu den untersten Teilen der Höhle, nur ein enger Schlund verbindet ihn mit dem Dom (Hlavný dóm). Auch er weicht in mikroklimatischer Hinsicht von den eisführenden Räumen ab und seine Temperaturen sinken nicht unter Null. Der Trockene Dom ruht auf stark geneigten Schichten aus reinem Kalkstein ohne ausgeprägtere tektonische Störungen. Außer einem vereinzelten Schmuck aus Erbsensinter an den Wänden treffen wir hier keine anderen Tropfsteingebilde an. In den Trockenen Dom sickert nämlich kein Wasser aus den höher gelegenen Räumen ein und dadurch läßt sich das Fehlen von Tropfsteinen erklären. Das Wasser sickert wahrscheinlich höher liegenden Schichtungen folgend in andere, unbekannte Räume ab.

Auf dem Boden des Trockenen Domes begegnen wir beachtenswerten Formen. Wie wir bereits erwähnten, wird die Sohle des Domes aus einer glatten Kalksteinfläche gebildet. Auf dieser geneigten Schichtfläche entstanden sog. Rillenkarren. Die Schichtfläche hat eine Neigung von 40° , die Rillen sind 10—15 cm breit und 2—3 cm tief. Diese Höhlenkarren entstanden wahrscheinlich durch die Einwirkung des Wassers, das aus dem Dom auf diese Schichtflächen eindrang. Auch das im Hauptteil der Höhle schmelzende Eis konnte dabei eine Rolle spielen, denn das Schmelzwasser konnte aus dem Hauptteil in diese Räume eindringen.

In den vereisten Teilen der Höhle stoßen wir nur selten auf Sinterbildungen, z. B. im Ruffini-Korridor. Dieser Mangel an Sinterschmuck ist eine Folge der intensiven mechanischen Verwitterung des Kalksteins, die sowohl von den mikroklimatischen Verhältnissen, als auch von der erheblichen tektonischen Zerstörung des Kalksteins unterstützt wird. Darauf weisen auch die frischverwitterten Wände und Deckenpartien hin. Die mechanische Verwitterung der Höhle ist

eine Folge der klimatischen Temperaturveränderungen in der Höhe, deren jährliche Schwankung bis 5 °C beträgt.

Abschließend wäre noch die Entwicklung der Höhlenräume anzudeuten. Der Fluß Hnilec stellt im oberen Pliozän so wie heute einen sog. Vorfluter dar, einen Wasserlauf, der ein Karstgebiet entwässert. An die Tätigkeit dieses Flusses knüpfte die phreatische Zone der unterirdischen Karstwasser an. In ihr verlief ein intensiver Korrosionsprozeß, der die Räume für eine freie horizontale Strömung des Wassers vorbereitete. Durch die Erweiterung der Spalten entstand ein Raum, in den das Wasser des Hnilec eindrang und durch seine Tätigkeit die ursprünglichen Spalten noch mehr erweiterte. Die Geröllreste im Eingang und im Tropfsteinsaal sind ein Beweis für diese Annahme. Als sich der Fluß immer tiefer in das Terrain einschnitt, sank auch die piezometrische Zone des Karstwassers und während der folgenden, relativ ruhigen tektonischen Epoche konnten sich im Laufe des Quartärs weitere Niveaus herausbilden. Es ist jedoch nicht wahrscheinlich, daß sich im System der Eishöhle von Dobšiná alle Stufen der Niveaus herausbildeten, die dem Schema der quartären Terrassen entsprechen würden. Man kann jedoch voraussetzen, daß wir in der Eishöhle von Dobšiná noch auf Stockwerke stoßen werden, die ihre Entstehung eher den Strukturverhältnissen des Kalksteins verdanken, als der Tätigkeit des Wassers. Das heutige sackartige Geblüde des Hauptteiles der Höhlenräume ist ein Resultat der tektonischen Verhältnisse, die den weiteren Entwicklungsprozeß beeinflußt haben.

Quellen nachweis

1. Droppa A., 1957: Dobšinská ľadová jaskyňa (Die Eishöhle von Dobšiná), Geografický časopis, Jg. IX, Nr. 2
2. Fehér F., 1872: A Dobsinai jegbarlang (Die Eishöhle von Dobšiná), Természettudományi közlöny IV, Budapest
3. Krenner J., 1874: Die Eishöhle von Dobschau. Budapest
4. Lukniš m., 1945: Príspevok ku geomorfológii Stratenskej hornatiny (Beitrag zur Geomorphologie des Berglandes von Stratená), Sborník práce Prírodovedeckej fakulty Slovenskej univerzity v Bratislavě, Bratislava
5. Mähé I. M., 1957: Geológia Stratenskej hornatiny (Die Geologie des Berglandes von Stratená), Geologické práce, Heft 48 a, Bratislava

STRUČNÁ MIKROKLIMATICKÁ CHARAKTERISTIKA DOBŠINSKEJ LADOVEJ JASKYNE

STEFAN PETROVIČ — JURAJ SOLTIS

Objav ľadovej jaskyne s krásnou srieňovou výzdobou, s mohutnými ľadovými stĺpmi a veľkým ľadopádom v roku 1870 vzbudil iste veľkú pozornosť prírodovedcov. V tom čase bolo však Hnilecké údolie málo prístupné, a tak sa dôkladnejšie pozorovanie priestorov jaskyne začalo oneskorene. Prvý prieskum teplotných pomerov pochádza od dr. Pelecha, ktorý prvý spracoval ročný chod teploty vzduchu vo Veľkej sieni na základe pozorovaní za rok 1881.

Závažnejšie dlhodobé hodnotenie teploty vzduchu v jaskyni sa uskutočnilo až v rokoch pred prvou svetovou vojnou. V roku 1912 postavil pri jaskyni Maďarský meteorologický ústav malú pozorovaciu staničku a v samej jaskyni vo Veľkej sieni inštaloval meteorologickú búdku, čím zabezpečil riadne pozorovania. Zavedol aj pozorovania teploty v skale, aby tak mohol sledovať celkový teplotný režim v jaskyni. Výsledky merania teploty vzduchu z rokov 1913 až 1918, resp. zo skalnej steny v jaskyni za rok 1918 publikoval v roku 1922 dr. Steiner v časopise Meteorologische Zeitschrift. V rokoch predmníchovskej Československej republiky sa tu nerobili nijaké sústavné mikroklimatické pozorovania. V kraji samom sa však odohrali veľké zmeny. Hnileckou dolinou prechádza od 30. rokov železničná trať; k jaskyni sa tým uľahčil prístup a zvýšila sa jej návštevnosť.

V prvých rokoch po druhej svetovej vojne sa stala ľadová plocha Veľkej siene letnou tréningovou plochou pre krasokorčuliarov, priestory jaskyne boli osvetlené žiarvkami celý deň a bol tu zvýšený ruch. V tom čase prieskumníci-jaskyniari prenikli aj do ostatných priestorov jaskyne, pričom pri postupe do nezaľadených častí prekopali viac nových otvorov z časti zaľadnej do častí nezaľadených. Okrem toho ešte druhá polovica 40. rokov mala viackrát teplé leto a koncom desaťročia veľmi mierne zimu. Všetky tieto okolnosti spôsobili, že sa vzhľad jaskyne badateľne zhoršoval a na viacerých miestach ľad od skaly ustupoval. Tento alarmujúci stav podnetil zodpovedných činitelov, aby sa zhodnotil stav jaskyne. Z ich podnetu sa v jeseni 1950 zišli na mieste viaceré komisie. Jedna z nich — komisia klimatológov v složení prof. dr. Konček, dr. Bečvářa a dr. Petrovič — zvážila všetky podmienky, ktoré krízu vyvolali, a na vrhla opatrenia na ďalšie zachovanie jaskyne. Od jesene 1950 sa v ľadovej

jaskyni znova zaviedli pravidelné pozorovania, ktoré pomáhajú sledovať jej celkový teplotný režim. Krízu okolo roku 1950 pripomíname tu preto, že jaskyňa je živý útvar a každý väčší zásah v jaskyni samej a na jej okolí sa môže postupne prejavíť priamo v tepelnom režime jaskyne.

Ľadovú jaskyňu čo do tvaru a rozmerov opíšu iste odborníci, ktorí ju z tohto hľadiska študovali. V tejto správe ukážeme stručne na klimatickej podmienky, ktoré dali základ pre vznik ľadovej jaskyne. Vrecovitý tvar jaskyne s jedným horným otvorm, lievikom, je veľmi vhodný na to, aby sa v nej v zimnom období zhromažďoval studený vzduch s teplotou pod bodom mrazu. Čažší studený vzduch vytlačí v zimnom období z priestoru jaskyne pozdĺž stropu teplejší vzduch tak, že studený vzduch zaplní celú jaskyňu. Od tohto vzduchu sa postupne ochladzujú steny jaskyne a tie potom konzervujú chlad v jaskyni pre teplejšie obdobie, v ktorom studený vzduch bez väčšieho pohybu a teplotnej zmeny zapĺňuje jaskyňu. Táto fyzikálna podstata statických ľadových jaskýň je známa a tento fyzikálny dej bol v podstate určujúcim činitelom pri vzniku Dobšinskej ľadovej jaskyne. Na to prispeli aj primerané vonkajšie klimatické podmienky: horská poloha okolia so studenou zimou, s primeranou vonkajšou teplotou v januári pod -6°C . Pre vznik ľadu v jaskyni je nevyhnutné, aby do nej presakovala stropom voda, ktorá potom v priestoroch jaskyne zamrzne a vytvára jednak ľadové stĺpy pod stropnými otvormi, ktorými vniká voda do jaskyne. Otvory v strope nesmú mať podobu komína, lebo potom by sa v jaskyni intenzívnejšie vymieňal vzduch a trvalé udržanie ľadu v jaskyni by sa už stalo problematickým.

Jaskyne s viacerými otvormi v rôznych výškových úrovniach majú dynamický režim. V takej jaskyni vystupuje v zime teplejší vzduch horným otvorom ako komínom von a súčasne prúdi spodnými otvormi do jaskyne studený vzduch dnu. Toto prúdenie trvá, kým je teplota vzduchu vnútorných priestorov vyššia ako vonkajšia nad horným otvorom jaskyne. Keď je teplota vzduchu vnútorných priestorov nižšia ako vonkajšia, obráti sa smer prúdenia: do jaskyne preniká horným otvorm teplejší vzduch a chladný uniká spodnými otvormi. Prúdením vzduchu v jaskyni sa, prirodzene, striedavo ochladzuje, resp. ohrieva skala v jaskyni. Zmeny teploty vzduchu a v skale sú v dynamických jaskyniach pomerne veľké.

Tabuľka 1. Priemerné teploty vzduchu vo Veľkej sieni ($v^{\circ}\text{C}$)

Mesiac	II.	V.	VIII.	IX.	Rok
Podľa Pelecha za rok 1881	−3,4	0,9	3,8	−1,9	−0,4
Podľa Steinera za roky 1913 – 1918	−2,7	−0,4	0,2	−0,7	−0,9
Podľa Šoltísa za roky 1958 – 1962	−3,3	−0,6	0,2	−0,3	−0,9
Celkove za obdobie 1951 – 1965	−3,9	−0,7	0,2	−0,4	−1,0

O Dobšinskej ľadovej jaskyni po prieskume a po zhodnotení doterajších získa-
ných priemerných teplôt vzduchu vo Veľkej sieni môžeme povedať, že má prevaž-
ne statický režim s určitými dejmi, ktoré poukazujú aj na dynamické zložky
v prúdení. Ľadová jaskyňa je živý útvar, jej režim sa môže meniť a ako ukazujú
niektoré skutočnosti, možno predpokladať, že v minulosti boli v Dobšinskej ľado-
vej jaskyni značnejšie zastúpené deje dynamicky podmienené, kým terajší režim
má už viac statický charakter. Z dát tab. 1, ktoré získal dr. Pelech za rok
1881, vidieť, že priemerná teplota v auguste bola až $3,8^{\circ}\text{C}$ a že ročná amplitúda
teploty vzduchu tu dosiahla až 8°C (pri januárovej $-4,2^{\circ}\text{C}$ a augustovej
 $3,8^{\circ}\text{C}$). Taký veľký rozkyv teploty vzduchu svedčí o tom, že v jaskyni bolo
v tom čase ešte silné vetranie. Kedže nies dôvod pochybovať o údajoch dr. Pe-
lecha, musíme sa prikloniť k tvrdeniu dr. Valoviča, že sa jaskyňa v rokoch
po začiatku náslovo stala statickejšou, ako o tom svedčia ďalšie dátá
v tab. 1.

Amplitúda teploty vzduchu podľa meraní v našom storočí, podľa dát zo spra-
covania dr. Steinerá, resp. Šoltisa a konečne podľa zhodnotenia za roky
1951 – 1965 sa podstatnejšie zmenila. Podľa dr. Steinera je ročný rozkyv $3,4^{\circ}\text{C}$,
podľa Šoltisa $3,0^{\circ}\text{C}$ a podľa celkového zhodnotenia $4,1^{\circ}\text{C}$. Dáta ukazujú, že zá-
kladný znak pre teplotný režim v jaskyni, ročný rozkyv teploty vzduchu vo
Veľkej sieni, sa oproti minulému storočiu zmenil prakticky na polovicu pôvod-
nej hodnoty. Súčasne teploty v najteplejšom mesiaci roka v jaskyni, v auguste,
podstatne klesli. Podľa všetkých hodnotení v našom storočí ostali pod 1°C , čo
svedčí, že prestal podstatnejší pohyb vzduchu v jaskyni v teplej časti roka.
Zmenšená teplotná amplitúda a znížená augustová teplota dokazujú, že jaskyňa
dostala postupom času viac statický charakter. Spodné otvory v jaskyni v časti
zvanej Peklo boli pravdepodobne voľnejšie. Neskoršie tieto otvory zavalili skaly,
zatarasil ich aj vzrastajúci ľad a tým sa zmenil otvor na dne jaskyne a nastal
v nej režim, ktorého charakter môžeme označiť ako staticko-dynamický.

Z údajov v tab. 1 vidieť, že priemerná ročná teplota vzduchu vo Veľkej sieni
podľa všetkých autorov má hodnotu pod bodom mrazu. Z podrobnejších údajov
poznávame, že priemerné teploty jednotlivých mesiacov sú od polovice októbra
do polovice júna pod bodom mrazu, ostatná časť roka má priemerné teploty
nad 0°C , v roku je to približne okolo 95 dní, v ktorých je priemerná teplota nad
bodom mrazu. Terajší teplotný režim v najväčšom priestore jaskyne dáva všetky
teplotné predpoklady, aby si ľadová jaskyňa nadalej zachovala svoj terajší stav.
Ďalším základným predpokladom však je ešte aj to, aby sa do priestorov jaskyne
každoročne dostávala voda, ktorá sem presakuje v teplej časti roka a z ktorej sa
potom v prechladených priestoroch jaskyne vytvárajú ľadové útvary a podlahový
ľad, lebo aj ľadová vrstva v jaskyni je živý útvar; na skale ležiaci ľad v spod-
ných častiach sa postupne rozťápa a vo vrchnej časti narastá. V rokoch bohatých
na vlahu je prírastok väčší, v suchých zas menší, takže rôzna hrúbka vrstiev ľadu
môže byť aj základom pre štúdium sekulárnych zmien zrážok pre oblasť Dobšin-
skej ľadovej jaskyne.

Mesačné a ročné teploty vzduchu sme určili na základe pozorovaní pracovní-
kov správy jaskyne, tí ich robili raz až dva razy týždenne, čo pri pomalej zmene

DOBŠINSKÁ ĽADOVÁ JASKYŇA

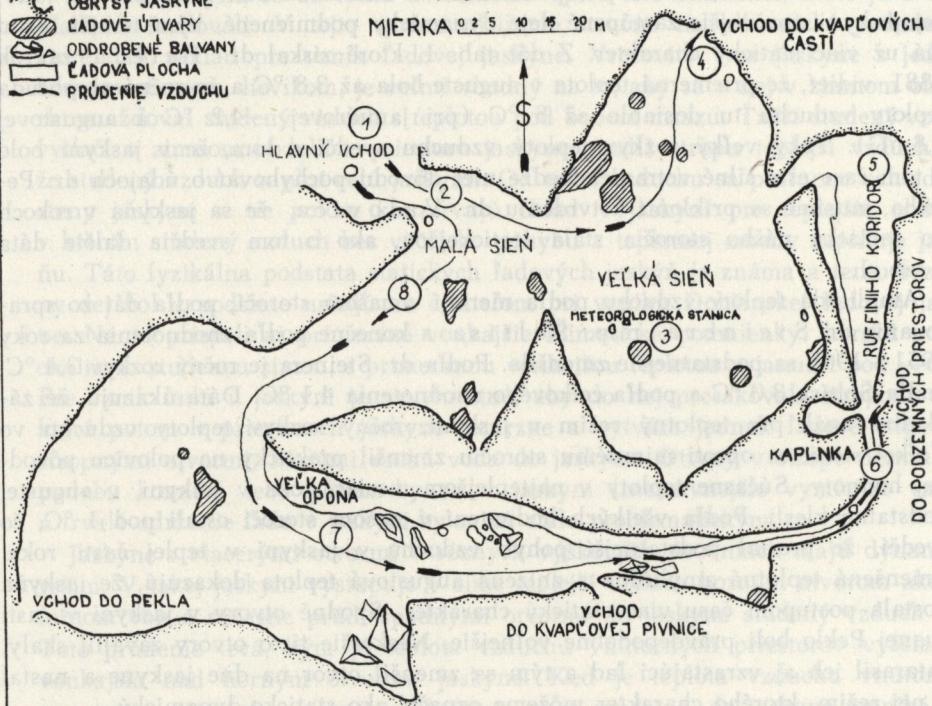
ZAMERAL A SPRACOVAL A. DROPA R. 1950

LEGENDA:

- OBRYSY JASKYNE
- ĽADOVÉ ÚTVARY
- ODDROBENÉ BALVANY
- ĽADOVÁ PLOCHA
- PRÚDENIE VZDUCHU

PÔDORYS

MIERKA 0 2 5 10 15 20 M



teploty vo Veľkej sieni pre určenie teplotných pomerov stačilo. Za túto službu patrí správe Dobšínskej Ľadovej jaskyne patričná vďaka, najmä jej dlhorocnému správcovi M. Baumgartnerovi.

Ako sme už na začiatku tejto správy uviedli, komisia klimatológov v jeseni 1950 prešla všetky prístupné priestory jaskyne. Pri ich obhlidke sa ukázalo, že v terajšej sprístupnejnej Ľadovej jaskyni sú miesta, na ktorých badať citelné prúdenie, miesta, ktoré sú vhodné na sledovanie dynamiky dejov v jaskyni. Na týchto miestach sa potom pri občasných mikroklimatických meraniach konaných pracovníkmi ústavu merala teplota vzduchu a určovalo prúdenie. Zisťoval sa vždy smer prúdenia, či šlo prúdenie do ďalších priestorov jaskyne, resp. či prichádzalo z podzemných priestorov a smerovalo z jaskyne. Na vytýčených miestach sa určovala aj rýchlosť prúdenia. Na meranie rýchlosťi prúdenia sa používali jednak ručné anemometry (pri rýchlosťach nad 1 m/s), jednak katateplomery, ktorými sa podľa schladzovacej veličiny určila rýchlosť prúdenia nepriamo. Na ďalších význačnejších miestach sa merala pri pochôdzke v jaskyni teplota vzduchu. Na priloženom pláne vidieť, na ktorých miestach sme konali podrobnejšie merania

v jaskyni. Pochôdzky mali umožniť aj zistenie, aký je denný chod základných prvkov v jaskyni, preto sa v letnom období konali 3 merania, ráno pred začiatím prevádzky v jaskyni, na poludnie a večer po skončení vstupov do jaskyne; v zimnom len 2 merania: ráno a v neskorších popoludňajších hodinách. Výťah z takého merania v zime a v lete vidíme na tab. 2, ktorá prináša teplotné údaje, a na tab. 3 s údajmi o prúdení. Pohľad na zimné rozdelenie teplôt v jaskyni ukazuje, ako sa postupne jaskyňa ochladzuje. Údaje svedčia o tom, že horné priestory jaskyne, napr. Veľká sieň, zretelne prejavujú závislosť od vonkajšej teploty, kým spodné priestory jaskyne sú podstatne teplejšie a vonkajšie ochladenie sem postupuje len pomaly. Príklad z letného merania teplôt v jaskyni zas ukazuje, že všetky priestory jaskyne mali skoro rovnakú teplotu vzduchu; rozdiely teplôt boli len malé, maximálne do $0,4^{\circ}\text{C}$, čo je naozaj nepodstatný rozdiel. Údaje v tab. 3 o prúdení dokazujú, že v zime je za hlavným vchodom do jaskyne pomerne silné prúdenie smerujúce do jej vnútorných priestorov, pri kvaplovej jaskyni vidieť slabšie prúdenie, kým do podzemných priestorov v dolnej časti je zas prúdenie silnejšie. Údaje z letného dňa svedčia, že prúdenie v lete je pomerne slabšie, než aké sa zaznamenalo v zime; ďalej vidieť, že najväčší prieval prichádza z miest pri vchode do kvaplovej jaskyne.

Tabuľka 2. Mikroklimatické merania v jaskyni teploty vzduchu ($\text{v } ^\circ\text{C}$)

	Dňa 23. II. 1955 9 hod.	Dňa 7. VIII. 1959 13 hod.
Vonkajšia	-12,1	15,6
Za vchodom	-10,7	0,7
Veľká sieň	-6,5	0,5
Pri kvaplovej jaskyni	-5,7	0,7
Ruffiniho koridor	-0,9	0,4
Pri Kaplnke	-1,3	0,5
Pri Opone	-2,7	0,3
Malá sieň	-10,1	0,5

Tabuľka 3. Prúdenie v jaskyni (v m/s)

	Dňa 23. II. 1955 9 hod. do jaskyne	Dňa 7. VIII. 1959 13 hod. von z jaskyne
Za vchodom	1,26	0,43
Pri kvaplovej jaskyni	0,28	0,58
Pri Kaplnke	0,69	0,53

Mikroklimatické merania, ako sme práve uviedli, umožnili bližšie určiť celkový režim zmien teplôt a prúdenia v jaskyni, a to zimný a letný režim. Zimný režim sa prejavuje jednosmerným prúdením studeného vzduchu do jaskyne a do podzemných priestorov. V Malej sieni sa prúd rozdeľuje, časť postupuje smerom k Organu a ďalej do ostatných spodných priestorov až ku Kaplnke a dolu do prepadiska. Druhý prúd zaplavuje Veľkú sieň a preniká ku kvaplovým časťam jaskyne. Teplota v horných priestoroch je podstatne nižšia ako v spodných, relatívna vlhkosť vzduchu je v hornej časti znížená; zaznamenali sa tu dlhšie obdobia s relatívou vlhkostou pod 80 %, minimá vlhkosti poklesli až na 63 %, ako sa to zaznamenalo v marci 1955. Letný režim sa prejavuje jednosmerným prúdením vzduchu z vnútorných priestorov z jaskyne. Teplota vzduchu je na začiatku letného režimu, začiatkom mája v celom priestore okolo -1°C , pozorovať tu ako by izotermiu v celej jaskyni. V priebehu letného obdobia, za letného režimu, sa teplota vzduchu v celej jaskyni postupne zvyšuje, až v auguste dosahuje maximum, pričom teplotné rozdiely v priestoroch jaskyne sú pomerne malé. Relatívna vlhkosť za letného režimu je pomerne vysoká, okolo 90 %, ba býva tu vzduch až na 100 % nasýtený. Z celej jaskyne badať najmenšie zmeny v teplote vzduchu a v relatívnej vlhkosti v Ruffiniho koridore; to je aj najmenší pohyb vzduchu. V prechodných obdobiah medzi zimným a letným režimom je stagnácia v prúdení, preto sú aj zmeny teploty a vlhkosti malé.

Podľa doterajších pravidelných meraní v meteorologickej bûdke a príležitostných meraní pri obchôdzkach sme ako extrémne teploty zistili: maximum viac ráz $1,6^{\circ}$, podľa merania Pelechovho bolo v roku 1881 maximum $4,5^{\circ}$, minimum teploty vzduchu podľa meraní po roku 1950 bolo zaznamenané 1. februára 1956, a to $-12,0^{\circ}$.

V jaskyni pozoroval aj denný chod v priebehu teploty a prúdenia. V dennom chode spomenutých prvkov badať rytmus obdobný, aký má vonkajšie prostredie, prirodzene v značne tlmenej forme. V prúdení sa v zime zaznamenáva maximum ráno, za vchodom je priemerná rýchlosť $0,8 \text{ m/s}$, minimum v popoludňajších hodinách, za vchodom $0,5 \text{ m/s}$, kým v lete je maximum na poludnie, za vchodom s priemerom $0,4 \text{ m/s}$, minimum večer s rýchlosťou $0,3 \text{ m/s}$ v priemere.

Pre klímu jaskyne je dôležitá teplota skaly. Podľa dlhodobého sledovania teploty v skale vo Veľkej sieni vo výške približne 1 m nad ľadom v hĺbke 1 m a 0,5 m ukázal dr. V a l o v i č, že v hĺbke 1 m ostáva teplota po celý rok pod bodom mrazu, že zimná teplota je v priemere $-1,5^{\circ}$, letná $-0,1^{\circ}$. V hĺbke 0,5 m bola priemerná teplota v zime $-1,9^{\circ}$, kým letná $0,1^{\circ}$. Vo vyšších častiach jaskyne bude ročný chod teploty skaly iste odlišný a podľa presakovania vody do jaskyne môžeme súdiť, že celý strop jaskyne má od jari do začiatku zimy teplotu nad bodom mrazu.

Priestory jaskyne sčasti zapĺňuje podlahový ľad až k stene; sú však časti, kde medzi ľadovou masou a stenou sú medzery. Ak také medzery umožňujú ventiláciu medzi spodnými a hornými partiemi jaskyne, potom sa na takých miestach vytvára bohatý srieň, keď začne ventilácia smerom k vyšším časťam jaskyne, lebo pri takom prúdení sa vzduch ochladením nasýti vodnou parou, naráža na skalu ochladenú pod bod mrazu a na nej sa potom sublimáciou tvorí krásna ľadová

výzdoba. Začiatkom jari práve srieň na strope jaskyne dobre dokumentuje, kadiaľ tu postupuje vzduch zo spodných priestorov. V jaskyni sa srieň na skale a na strope udrží tak dlho, kým má stena jaskyne teplotu pod bodom mrazu. Opadávanie srieňa v jaskyni je potom ukazovateľom, ako v jaskyni postupuje oteplovanie pozdĺž stien a stropných častí jaskyne.

Opísané priebehy teploty vzduchu, prúdenia, zmeny vlhkosti vzduchu, pozorované zmeny v ľadovej výzdobe a v posune podlahového ľadu ukazujú, že ľadová jaskyňa je živý útvar. Preto táto vzácnna prírodná osobitost Slovenska zasluhuje, aby sa jej venovala patričná pozornosť a starostlivosť. Jednou z jej úloh má byť aj stále sledovanie klimatických pomerov v priestoroch jaskyne a starostlivosť o vonkajšie okolie, aby sa neuváženým zásahom do prirodzenej podoby jaskyne nezasiahlo do podmienok, ktoré jaskyňu vytvorili. Pozorovanie klímy jaskyne by malo byť zaradené do povinností s údržbou jaskyne. Hydrometeorologický ústav je ochotný prevziať zhodnotenie týchto pozorovaní a je ochotný kaňať potrebné merania v celej jaskyni.

Záverom našej správy podotýkame, že opísaný priebeh klimatických prvkov a dejov je len stručným zhrnutím meraní, ktoré boli pre túto správu k dispozícii. Ľadová jaskyňa ako živý útvar má ešte mnohé osobitosti, ktoré doteraz nepoznáme. Nepoznáme napr. pohyb podlahového ľadu, zmeny teploty v rôznych výškach skalného masívu, nesledovala sa ešte zmena v pribúdaní a ubúdaní ľadu v závislosti od zrážkových pomerov okolia. Je tu ešte mnoho problémov, preskúmanie ktorých by lepšie umožnilo poznat všetky zákonitosti, ktoré sú pre zachovanie ľadovej jaskyne určujúce. Myslíme, že by taká úloha o komplexe všetkých podmienok určujúcich život ľadovej jaskyne mala byť zaradená do plánu úloh; jej riešenie by malo byť finančne zabezpečené, lebo len väčšou pozornosťou k týmto problémom zabezpečíme ich riešenie, a tak sa z klimatickej stránky postaráme o zachovanie Dobšinskéj ľadovej jaskyne, obdivuhodného prírodného klenotu Slovenska.

L iter at úra

1. Dr. Pelech J., 1884: Das Stracenauer Thal und die Dobschauer Eishöhle, Budapest
2. Dr. Petrovič, 1950: Mikroklimatický prieskum jaskyne u Dobšinej, Meteor. Zpr., r. V, č. 4
3. Dr. Steiner L., 1922: Die Temperaturverhältnisse in der Eishöhle von Dobšiná, Meteor. Zeitschr., r. 1922
4. Dr. Valovič Š., 1957: Mikroklimatický prieskum v Dobšinskej ľadovej jaskyni v r. 1952 — 56. Meteor. Zpr., r. X, č. 4
5. Soltis J.: Dielčie výsledky mikroklimatického prieskumu v Dobšinskej ľadovej jaskyni, Sborník Čsl. spol. zeměpisné, v tlači

und infolgedessen stieg die Zahl ihrer Besucher beträchtlich an.

In den ersten Jahren nach dem zweiten Weltkrieg wurde die Eisfläche im Großen Saal als Sommerspielplatz für Eiskunstläufer benutzt. Die Räume der Höhle wurden den ganzen Tag über mit elektrischen Glühbirnen beleuchtet und es herrschte in ihr ein erhöhter Verkehr. Gleichzeitig versuchten einige Höhlenforscher, auch die anderen Räume der Höhle zu erkunden. Bei ihrem Vordringen in die unvereisten Teile der Höhle gruben sie mehrere Öffnungen aus

KURZGEFAßTE MIKROKLIMATISCHE CHARAKTERISTIK DER EISHÖHLE VON DOBŠINÁ

STEFAN PETROVIĆ — JURAJ SOLTÍS

Die Entdeckung der Eishöhle von Dobšiná mit ihrem wunderschönen Rauhreifschmuck, ihren mächtigen Eissäulen und ihrem großartigen Eisfall erweckte im Jahre 1870 bei den Naturwissenschaftlern gewiß große Aufmerksamkeit. Zu dieser Zeit war jedoch das Hnilectal schwer zugänglich und deshalb begann man mit der genaueren Beobachtung der Höhle erst später. Die erste Erforschung der Temperaturverhältnisse in der Höhle führte Dr. Pelech durch, der als erster den Jahresablauf der Lufttemperatur im Großen Saal (Veľká sieň) auf Grund seiner Beobachtungen im Jahre 1881 beschrieb.

Eine wissenschaftliche, langfristige Beurteilung der Lufttemperaturen in der Höhle wurde erst in den Jahren vor dem ersten Weltkrieg vorgenommen. Im Jahre 1912 stellte das Ungarische Meteorologische Institut eine kleine Beobachtungsstation bei der Höhle auf und installierte im Großen Saal ein kleines meteorologisches Häuschen. Dadurch waren die wichtigsten Bedingungen für eine regelmäßige Beobachtung geschaffen. Es wurden auch Temperaturmessungen im Gestein durchgeführt, um auf diese Weise das gesamte Wärmeregime in der Höhle studieren zu können. Die Ergebnisse der Lufttemperaturmessungen aus den Jahren 1913 bis 1918 und der Messungen in einer Felswand in der Höhle im Jahre 1918 veröffentlichte Dr. Steiner 1922 in der Meteorologischen Zeitschrift. Während der ersten Tschechoslowakischen Republik wurden in der Eishöhle von Dobšiná keine systematischen Beobachtungen des Mikroklimas vorgenommen. In der dortigen Gegend spielten sich aber in diesen Jahren große Veränderungen ab. Durch das Hnilectal führt seit den dreißiger Jahren eine Eisenbahnstrecke. Dadurch wurde der Zutritt zur Höhle wesentlich erleichtert und infolgedessen stieg die Zahl ihrer Besucher beträchtlich an.

In den ersten Jahren nach dem zweiten Weltkrieg wurde die Eisfläche im Großen Saal als Sommertrainingsplatz für Eiskunstläufer benutzt. Die Räume der Höhle wurden den ganzen Tag über mit elektrischen Glühbirnen beleuchtet und es herrschte in ihr ein erhöhter Verkehr. Gleichzeitig versuchten einige Höhlenforscher, auch die anderen Räume der Höhle zu erkunden. Bei ihrem Vordringen in die unvereisten Teile der Höhle gruben sie mehrere Öffnungen aus

den vereisten in die eisfreien Räume. Unglücklicherweise folgten in den vierziger Jahren mehrere warme Sommer aufeinander und am Ende dieses Jahrzehnts waren die Winter sehr mild. Alle diese Umstände bewirkten, daß sich der Zustand der Höhle merklich verschlechterte und daß das Eis an mehreren Stellen bedrohlich zurückging. Dieser alarmierende Zustand bewog die zuständigen Behörden, den Zustand der Höhle eingehend zu erforschen. Auf ihre Anregung hin versammelten sich im Herbst 1950 mehrere Kommissionen an Ort und Stelle. Eine von ihnen, die klimatologische Kommission, zu deren Mitgliedern Prof. Dr. Konček, Dr. Bečvař und Dr. Petrovič gehörten, erwog alle Ursachen, die die Krise verursacht hatten, und schlug Maßnahmen vor, wie der Weiterbestand der Höhle gesichert werden könnte. Seit dieser Zeit werden in der Höhle wiederum regelmäßige Beobachtungen durchgeführt, die der Erforschung ihres gesamten Wärmehaushaltes dienen. Wir erwähnten deshalb die Krise im Jahre 1950, weil die Höhle ein lebendiges Gebilde ist und weil jeder größere Eingriff in ihr selbst oder in ihrer Umgebung sich mit der Zeit unmittelbar in ihrem Wärmeregime bemerkbar machen kann.

Die Form und Ausmaße der Höhle werden gewiß von Fachleuten beschrieben werden, die sie zu diesem Zweck eingehend untersucht haben. Im vorliegenden Bericht wollen wir nur kurz auf die klimatischen Bedingungen hinweisen, denen die Eishöhle von Dobšiná ihre Entstehung verdankt. Die sackförmige Gestalt der Höhle mit einer oberen Öffnung, dem Trichter, ist sehr gut dazu geeignet, daß sich im Winter kalte Luft mit einer Temperatur unter dem Gefrierpunkt in ihr ansammelt. Die schwerere Kaltluft verdrängt dabei die wärmere Luft aus den Räumen der Höhle, die an der Höhlendecke entlang ins Freie entweicht, so daß die ganze Höhle bald mit kalter Luft angefüllt ist. Diese kalte Luft kühlt die Wände der Höhle allmählich so stark ab, daß die Kälte in der Höhle für die wärmere Jahreszeit konserviert wird, während die Kaltluft ohne größere Bewegung und ohne Temperaturveränderung alle Räume der Höhle ausfüllt. Dieses physikalische Prinzip statischer Eishöhlen ist bekannt und der geschilderte physikalische Vorgang war im wesentlichen auch der entscheidende Faktor bei der Entstehung der Eishöhle von Dobšiná. Aber auch die gegebenen Klimabedingungen trugen dazu bei: die hohe Lage der Höhle und die kalten Winter, in denen die durchschnittliche Außentemperatur im Januar unter -6°C liegt. Unumgänglich notwendig für die Eisbildung in der Höhle ist auch, daß durch ihre Decke Wasser einsickert, das dann in den Höhlenräumen gefriert und dabei unter den Öffnungen in der Decke, durch die es in die unterirdischen Räume eindringt, Eissäulen bildet. Die Deckenöffnungen dürfen jedoch nicht die Form von Kaminen haben, weil sonst ein intensiverer Luftaustausch eintreten würde und die Erhaltung des Eises in der Höhle auf die Dauer problematisch wäre.

Höhlen mit mehreren Öffnungen, die in verschiedenen Höhen liegen, haben ein dynamisches Regime. In einer solchen Höhle strömt im Winter die wärmere Luft durch die Deckenöffnungen wie durch einen Schlot heraus. Gleichzeitig dringt durch die unteren Öffnungen kalte Luft von draußen in die Höhle ein. Diese Strömungen dauern solange an, bis die Lufttemperatur in den inneren Räumen der Höhle höher ist, als die Außentemperatur über der oberen Öffnung der

Höhle. Ist die Lufttemperatur in den Innenräumen niedriger als die Außentemperatur, wechselt die Richtung der Strömung: durch die obere Öffnung dringt wärmere Luft in die Höhle ein, während die kalte Luft durch die unteren Öffnungen aus der Höhle entweicht. Durch diese Luftströmungen werden die Felsen in der Höhle auf natürliche Weise abwechselnd abgekühlt bzw. erwärmt. Diese Veränderungen der Temperatur in der Luft und im Felsen sind in dynamischen Höhlen verhältnismäßig groß.

Nach dem Studium und der Auswertung der bisher beobachteten Durchschnittstemperaturen der Luft im Großen Saal können wir über die Eishöhle von Dobšiná sagen, daß sie ein vorwiegend statisches Regime hat, doch gibt es gewisse Anzeichen, die auch auf dynamische Komponenten in den Luftströmungen hinweisen. Wie bereits gesagt wurde, ist eine Eishöhle ein lebendiges Gebilde, ihr Regime kann sich also verändern und aus manchen Tatsachen kann man annehmen, daß früher in der Eishöhle von Dobšiná dynamisch bedingte Vorgänge stärker vertreten waren, während ihr heutiges Regime einen mehr statischen Charakter hat. Aus den in der Tabelle 1 angeführten Daten, die Dr. Pelech im Jahre 1881 beobachtete, ist ersichtlich, daß die Durchschnittstemperatur damals im August $3,8^{\circ}\text{C}$ betrug und daß die Jahresamplitude der Lufttemperatur in diesem Jahr einen Wert von 8°C erreichte (bei einer Januartemperatur von $-4,2^{\circ}\text{C}$ und einer Augusttemperatur von $3,8^{\circ}\text{C}$). Diese große Amplitude der Lufttemperatur zeugt davon, daß zu dieser Zeit in der Höhle starke Luftströmungen herrschten. Da keine Ursache besteht, die Angaben Dr. Pelechs anzusehen, müssen wir der Behauptung Dr. Valovičs Glauben schenken, daß die Höhle in den Jahren seit Beginn unseres Jahrhunderts statischer wurde, wie es die weiteren Daten aus der Tabelle 1 beweisen.

Nach den Messungen in unserem Jahrhundert, nach den von Dr. Steiner bzw. von Šoltis erarbeiteten Daten und schließlich auch nach der Auswertung der Aufzeichnungen aus den Jahren 1951—1965 hat sich die Amplitude der Lufttemperatur wesentlich verringert. Nach Dr. Steiner betrug der Jahresausschlag $3,4^{\circ}\text{C}$, nach Šoltis $3,0^{\circ}\text{C}$ und nach der Gesamtauswertung $4,1^{\circ}\text{C}$. Diese Angaben beweisen, daß sich das grundlegende Merkmal des Wärmeregimes in der Höhle, die Jahresamplitude im Großen Saal, im Vergleich zum vergangenen

Tabelle 1. Die durchschnittlichen Lufttemperaturen im Großen Saal (*Velká sieň*) in $^{\circ}\text{C}$

Monat	II.	V.	VIII.	IX.	Jahr
Nach Pelech im J. 1881	-3,4	0,9	3,8	-1,9	-0,4
Nach Steiner in den Jahren 1913 — 1918	-2,7	-0,4	0,2	-0,7	-0,9
Nach Šoltis in den Jahren 1958 — 1962	-3,3	-0,6	0,2	-0,3	-0,9
Insgesamt für den Zeitraum 1951 — 1965	-3,9	-0,7	0,2	-0,4	-1,0

Jahrhundert praktisch um die Hälfte ihres ursprünglichen Wertes vermindert hat. Gleichzeitig nahmen im August, dem wärmsten Monat des Jahres, in der Höhle auch die Temperaturen wesentlich ab. Nach allen Messungen blieben sie in unserem Jahrhundert unter 1°C , was davon zeugt, daß eine größere Luftbewegung in der Höhle in der wärmsten Jahreszeit aufgehört hat. Die kleinere Temperaturamplitude und die Abnahme der Augusttemperatur sind ein Beweis dafür, daß die Höhle im Laufe der Zeit einen mehr statischen Charakter angenommen hat. Es ist anzunehmen, daß früher die unteren Öffnungen in der Höhle besonders in ihrem Peklo (Hölle) genannten Teil, wahrscheinlich freier waren, als dies heute der Fall ist. Im Laufe der Jahre wurden sie durch Geröll verschüttet, auch das anwachsende Eis verbarrikadierte sie und dadurch verkleinerten sich die Öffnungen auf der Sohle der Höhle beträchtlich. So bildete sich in ihr ein Regime heraus, dessen Charakter wir als statisch-dynamisch bezeichnen können.

Aus den Angaben in der Tabelle 1 geht hervor, daß die durchschnittliche Jahrestemperatur im Großen Saal unter dem Gefrierpunkt liegt. Aus detaillierten Angaben läßt sich erkennen, daß die Durchschnittstemperaturen in den einzelnen Monaten von Mitte Oktober bis Mitte Juni unter dem Gefrierpunkt liegen; im übrigen Teil des Jahres herrschen Durchschnittstemperaturen über 0°C . Im Jahr gibt es ungefähr 95 Tage, an denen die Durchschnittstemperatur den Nullpunkt überschreitet. Das heutige Wärmeregime im größten Raum der Höhle, im Großen Saal, bietet alle Voraussetzungen dafür, daß die Höhle in ihrem heutigen Zustand erhalten bleiben wird.

Eine weitere prinzipielle Voraussetzung dafür ist aber auch, daß alljährlich genug Wasser in die Höhlenräume eindringt. Das Wasser sickert in der warmen Jahreszeit ein und bildet dann in den unterkühlten Räumen der Höhle Eisformationen und Bodeneis. Auch die Eisschicht in der Höhle ist ein lebendiges Wesen; der auf dem Felsen liegende untere Teil des Eises schmilzt allmählich ab, aber an ihrer Oberfläche nimmt die Eisschicht zu. In feuchten, niederschlagsreichen Jahren ist die Zunahme des Eises größer, in Trockenjahren geringer. Die unterschiedliche Dicke der Eisschichten kann also als Grundlage für ein Studium der säkulären Veränderungen der Niederschlagsmengen im Gebiet der Eishöhle von Dobšiná dienen.

Die monatlichen und jährlichen Lufttemperaturen bestimmten wir auf Grund von Beobachtungen der Angestellten der Höhlenverwaltung, die sie ein- oder zweimal wöchentlich durchführten, was bei der langsamen Veränderung der Temperatur im Großen Saal zur Bestimmung der Temperaturverhältnisse völlig ausreichte. Für die Durchführung dieser Messungen gebührt der Verwaltung der Eishöhle von Dobšiná, insbesondere ihrem langjährigen Verwalter, Herrn M. Baumgärtner, unser Dank.

Wie wir schon eingangs erwähnten, besuchte eine Kommission von Klimatologen im Jahre 1950 alle zugänglichen Räume der Höhle. Bei dieser Besichtigung wurde festgestellt, daß es in den bisher erschlossenen Teilen der Höhle Stellen gibt, wo eine spürbare Luftströmung zu bemerken ist, Stellen also, die sich zur Beobachtung der Dynamik der Vorgänge in der Höhle eignen. An diesen Stellen

wurden dann bei den zeitweisen mikroklimatischen Messungen von den Mitarbeitern des Meteorologischen Institutes die Lufttemperatur gemessen und ihre Strömung bestimmt. Es wurde immer die Richtung der Strömung festgestellt, ob es sich nun um eine Strömung in die weiteren Räume der Höhle handelte oder ob die Strömung aus den unterirdischen Räumen kam, also aus der Höhle hinaus gerichtet war. An den festgesetzten Orten wurde auch die Geschwindigkeit der Strömung gemessen. Dies geschah teils mit einem Handanemometer (bei Geschwindigkeiten über 1 m/s), teils mit einem Katathermometer, mit dem die Geschwindigkeit der Strömung anhand der Größe der Abkühlung indirekt bestimmt wurde. An weiteren markanten Stellen wurde bei den Rundgängen durch die Höhle die Lufttemperatur gemessen. Aus dem beiliegenden Plan ist ersichtlich, an welchen Stellen wir in der Höhle genauere Messungen durchgeführt haben. Bei den Rundgängen sollte auch festgestellt werden, wie der Tagesablauf der grundlegenden Vorgänge in der Höhle verläuft. Deshalb wurden zur Sommerszeit drei Messungen vorgenommen: morgens vor Beginn des Betriebes in der Höhle, zu Mittag und abends nach der Beendigung der Höhlenbesuche. Zur Winterszeit fanden nur zwei Messungen täglich statt: morgens und in den späteren Nachmittagsstunden. Einen Auszug dieser Messungen im Sommer und im Winter sehen wir in der Tabelle 2, die Temperaturangaben enthält, und in der Tabelle 3, mit Angaben über die Luftströmung. Ein Blick auf die Ver-

Tabelle 2. Mikroklimatische Messungen der Lufttemperatur in der Höhle in °C

Ort	Am 23. II. 1955 um 9 Uhr	Am 7. VIII. 1959 um 13 Uhr
Draußen	-12,1	15,6
Hinter dem Eingang	-10,7	0,7
Im Großen Saal	-6,5	0,5
Im Tropfsteinsaal	-5,7	0,7
Im Ruffini-Korridor	-0,9	0,4
Bei der Kapelle	-1,3	0,5
Beim Vorhang	-2,7	0,3
Im Kleinen Saal	-10,1	0,5

Tabelle 3. Die Luftströmungen in der Höhle in m/s

Ort	Am 23. II. 1955 um 9 Uhr in die Höhle	Am 7. VIII. 1959 um 13 Uhr aus der Höhle
Hinter dem Eingang	1,26	0,43
Im Tropfsteinsaal	0,28	0,58
Bei der Kapelle	0,69	0,53

teilung der Temperaturen im Winter zeigt, wie die Höhle allmählich auskühlt. Die festgestellten Werte deuten an, daß in den oberen Räumen der Höhle, z. B. im Großen Saal, eine deutliche Abhängigkeit von der Außentemperatur herrscht, während die unteren Räume wesentlich wärmer sind, so daß sich die Abkühlung der Außenluft hier nur langsam bemerkbar macht. Die sommerlichen Temperaturmessungen in der Höhle zeigen wiederum, daß in fast allen Räumen die gleiche Temperatur herrscht. Die Wärmeunterschiede sind sehr gering und betragen maximal bis zu $0,4^{\circ}\text{C}$, was wirklich nur ein unwesentlicher Unterschied ist. Die Angaben in der Tabelle 3 über die Luftströmungen beweisen, daß es im Winter hinter dem Höhleneingang eine ziemlich starke Strömung gibt, die in die inneren Räume gerichtet ist. Beim Tropfsteinsaal (Kvaplová sieň) macht sich eine schwächere Strömung bemerkbar, während die Strömung in den Räumen des unteren Teiles der Höhle wiederum stärker ist. Die an einem Sommertag festgestellten Werte beweisen, daß die Strömung im Sommer relativ schwächer ist, als im Winter; außerdem ist ersichtlich, daß der stärkste Luftzug ebenfalls aus dem Eingang zur Höhle kommt.

Wie wir eben anführten, ermöglichten es die mikroklimatischen Messungen, das gesamte Regime der Temperaturveränderungen und der Luftströmungen in der Höhle näher zu bestimmen, und zwar sowohl das Winter-, als auch das Sommerregime. Das Winterregime ist durch eine einseitige, in die Höhle und in ihre tieferen Räume gerichtete Kaltluftströmung gekennzeichnet. Im Kleinen Saal teilt sich diese Strömung, ein Teil der Kaltluft fließt weiter in der Richtung zur Orgel (Organ) und dann in die anderen, tiefer gelegenen Räume bis zur Kapelle (Kaplnka) und bis zum Einsturz (Prepadlisko). Der andere Teil der Strömung überschwemmt den Großen Saal und dringt bis zu den Tropfsteinräumen der Höhle vor. Die Temperatur in den oberen Räumen ist bedeutend niedriger, als in den unteren; auch die relative Luftfeuchtigkeit ist im oberen Teil der Höhle geringer, es wurden hier längere Zeitabschnitte mit einer relativen Luftfeuchtigkeit unter 80 % verzeichnet; das im März 1955 festgestellte Minimum an Luftfeuchtigkeit sank sogar bis auf 63 % herab. Für das Sommerregime ist eine einseitig gerichtete Luftströmung aus den Innenräumen der Höhle charakteristisch. Die Lufttemperatur bewegt sich zu Beginn des Sommerregimes, Anfang Mai, im ganzen Höhlenraum um -1°C . Man kann hier gewissermaßen von einer Isothermie in der ganzen Höhle sprechen. Im Laufe des Sommers steigt die Temperatur in der ganzen Höhle allmählich an, bis sie im August das Maximum erreicht. Auch dabei sind die Temperaturunterschiede in den einzelnen Räumen verhältnismäßig gering. Die Luftfeuchtigkeit hingegen ist während des sommerlichen Regimes ziemlich hoch und beträgt etwa 90 %, ja die Luft pflegt hier bis zu 100 % gesättigt zu sein. Die geringsten Veränderungen in der Lufttemperatur und in der relativen Luftfeuchtigkeit in der ganzen Höhle wurden im Ruffini-Korridor verzeichnet; hier herrscht auch die geringste Luftbewegung. In der Übergangszeit zwischen dem Winter- und Sommerregime stagniert die Luftströmung, deshalb sind um diese Zeit auch die Temperatur- und Feuchtigkeitsveränderungen gering.

Bei den bisherigen regelmäßigen Messungen im meteorologischen Häuschen

im Großen Saal und bei gelegentlichen Messungen während eines Rundganges durch die Höhle konnten wir als extreme Temperaturen feststellen: ein Maximum von 1,6 °C mehrmals; nach Dr. Pelechs Messungen betrug das Maximum im Jahre 1881 sogar 4,5 °C; ein Minimum bei den seit 1950 vorgenommenen Messungen wurde am 1. Februar 1956 mit –12,0 °C verzeichnet.

In der Höhle läßt sich auch ein täglicher Ablauf der Temperaturen und der Luftströmungen beobachten. Beim Tagesablauf der erwähnten Komponenten kann man einen ähnlichen Rhythmus feststellen, wie in der Außenwelt, begreiflicherweise in einer stark gedämpften Form. Bei der Luftströmung wird im Winter das Maximum morgens verzeichnet, hinter dem Höhleneingang beträgt ihre Durchschnittsgeschwindigkeit 0,8 m/s; das Minimum fällt auf die Nachmittagsstunden und beträgt hinter dem Eingang 0,5 m/s. Im Sommer ist das Maximum zu Mittag fällig und beträgt hinter dem Eingang durchschnittlich 0,4 m/s; das Minimum abends macht 0,3 m/s aus.

Für das Klima in der Höhle ist auch die Temperatur der Felsen von Wichtigkeit. Auf Grund langjähriger Beobachtungen der Temperatur im Felsen, und zwar im Großen Saal, in einer Höhe von etwa einem Meter über dem Eis und in einer Tiefe von einem Meter und von einem halben Meter im Felsen bewies Dr. Valovič, daß in einer Tiefe von einem Meter die Temperatur im Felsen das ganze Jahr über unter dem Gefrierpunkt bleibt. Die Temperatur im Winter betrug durchschnittlich –1,5 °C, im Sommer –0,1 °C. In einer Tiefe von 0,5 m im Felsen betrug die durchschnittliche Temperatur im Winter –1,9 °C, im Sommer 0,1 °C. In höheren Teilen der Höhle wird der Jahresablauf der Temperaturen im Felsen wahrscheinlich von diesen Werten abweichen. Da in der warmen Jahreszeit Wasser von oben in die Höhle einsickert, kann angenommen werden, daß die ganze Höhlendecke bis zum Beginn des Winters Temperaturen über dem Gefrierpunkt aufweisen muß.

Die Räume der Höhle werden zum Teil von Bodeneis bedeckt, das bis an die Wände heranreicht; es gibt jedoch Stellen, wo zwischen der Eismasse und der Wand Lücken vorkommen. Wenn diese Lücken eine Ventilation zwischen den unteren und oberen Partien der Höhle ermöglichen, bildet sich an diesen Stellen ein reicher Rauhreifschmuck, doch nur dann, wenn die Ventilation unten beginnt und auf die höher liegenden Teile der Höhle gerichtet ist. Bei einer derart orientierten Luftströmung wird die Luft infolge ihrer Abkühlung mit Wasserdampf gesättigt, dann trifft sie auf die Felswand, die bis unter den Gefrierpunkt abgekühlt ist, und an ihr bildet sich dann durch Sublimation eine schöne Verzierung aus Eiskristallen. Zu Beginn des Frühlings zeigt gerade der Reif an der Höhlendecke auf welchen Wegen die Luft aus den unteren Räumen in die oberen vordringt. Der Reif hält sich an den Wänden und an der Decke der Höhle nur solange, bis ihre Temperatur den Gefrierpunkt überschreitet. Sobald der Reif in der Höhle abzufallen beginnt, ist dies ein Zeichen, daß die Erwärmung an den Wänden und an der Decke fortschreitet.

Der geschilderte Verlauf der Lufttemperatur, der Luftströmung, die Veränderungen der Luftfeuchtigkeit, des Eisschmuckes in der Höhle und die Verschiebung des Bodeneises beweisen, daß die Eishöhle von Dobšiná ein lebendiges

Gebilde ist. Deshalb verdient dieses seltene Naturphänomen, daß man ihm eine angemessene Aufmerksamkeit widmet und entsprechende Fürsorge angedeihen läßt. Eine von diesen Aufgaben besteht darin, die klimatischen Verhältnisse in der Höhle ständig zu beobachten, um die Erhaltung der Höhle sowie ihre Umgebung zu sichern. Es muß dafür gesorgt werden, daß die Bedingungen, unter denen die Höhle entstanden ist, nicht durch einen unüberlegten Eingriff gestört werden. Die Beobachtung des Höhlenklimas sollte unter die Pflichten eingereiht werden, die mit der Instandhaltung der Höhle verbunden sind. Das Hydrometeorologische Institut ist bereit, die Auswertung dieser Beobachtungen zu übernehmen und die notwendigen Messungen in der Höhle durchzuführen.

Zum Abschluß unseres Berichtes möchten wir darauf hinweisen, daß der beschriebene Verlauf der klimatischen Elemente und Prozesse nur eine knappe Zusammenfassung der Meßergebnisse darstellt, die uns für diesen Bericht zur Verfügung standen. Als lebendiges Gebilde hat die Eishöhle noch viele andere Besonderheiten aufzuweisen, die wir bisher noch nicht kennen. Unerforscht ist z. B. die Bewegung des Bodeneises, die Temperaturveränderungen in verschiedenen Höhen der Felswände, die Veränderungen in der Zu- und Abnahme des Eises im Zusammenhang mit der Niederschlagsmenge in der Umgebung der Höhle — alle diese Faktoren wurden bisher noch nicht untersucht. Es gibt also noch viele Probleme zu lösen, deren Erforschung dazu beitragen könnte, alle Gesetzmäßigkeiten zu erkennen, die für die Erhaltung der Eishöhle von Bedeutung sind. Wir sind der Ansicht, daß man eine solche Aufgabe, wie die komplexe Erforschung aller Bedingungen, die das Leben in der Höhle bedingen, in den Aufgabenplan einreihen sollte. Die Durchführung dieser Aufgabe sollte auch finanziell sichergestellt werden, denn nur bei einem entsprechenden Verständnis für diese Probleme können wir ihre Lösung gewährleisten und das Unsriige zur Erhaltung der Eishöhle von Dobšiná, dieses bewundernswerten natürlichen Kleinods der Slowakei, beitragen.

Quellen n a c h w e i s

- Dr. Pelech J., 1884: Das Stracenauer Tal und die Dobschauer Eishöhle, Budapest
Dr. Petrovič Š., 1952: Mikroklimatický prieskum jaskyne pri Dobšinej (Die mikroklimatische Erforschung der Eishöhle bei Dobšiná), Meteorologické zprávy, Jahrgang V, Nr. 4
Dr. Steiner L., 1922: Die Temperaturverhältnisse in der Eishöhle von Dobšiná, Meteorologische Zeitschrift, Jahrgang 1922
Dr. Valovič Š., 1957: Mikroklimatický prieskum v Dobšinskej Iadovej jaskyni v r. 1952 — 1956 (Die meteorologische Forschung in der Eishöhle von Dobšiná in den Jahren 1952 — 1956). Meteorologické zprávy, Jahrgang X, Nr. 4
Soltis J.: Dielcie výsledky mikroklimatického prieskumu v Dobšinskej Iadovej jaskyni (Teilergebnisse der mikroklimatischen Forschung in der Eishöhle von Dobšiná), Sborník Česko-slovenské společnosti zeměpisné, dzt. im Druck

TYPY ĽADU V TATRANSKÝCH JASKYNIACH

MARIAN PULINA

V rokoch 1960—1968 sa uskutočnil výskum ľadu tatranských jaskýň. Jeho cieľom bolo určiť genézu jaskynného ľadu, spôsob kryštalizácie a jeho vplyv na morfologické procesy. Počas výskumu sa zároveň robili mikroklimatické pozorovania a štúdie kriogenických procesov a fyzicko-chemické analýzy vod roztopeňho ľadu. Doplnením tatranských výskumov boli pozorovania v Balaganskej jaskyni vo východnej Sibíri, v jaskyniach Bachušti-Bagrationi a Žove-Kvara v západnom Kaukaze, Triglavskej Brezne v Julských Alpách a v jaskyniach Vercors vo francúzskych Prealpách.

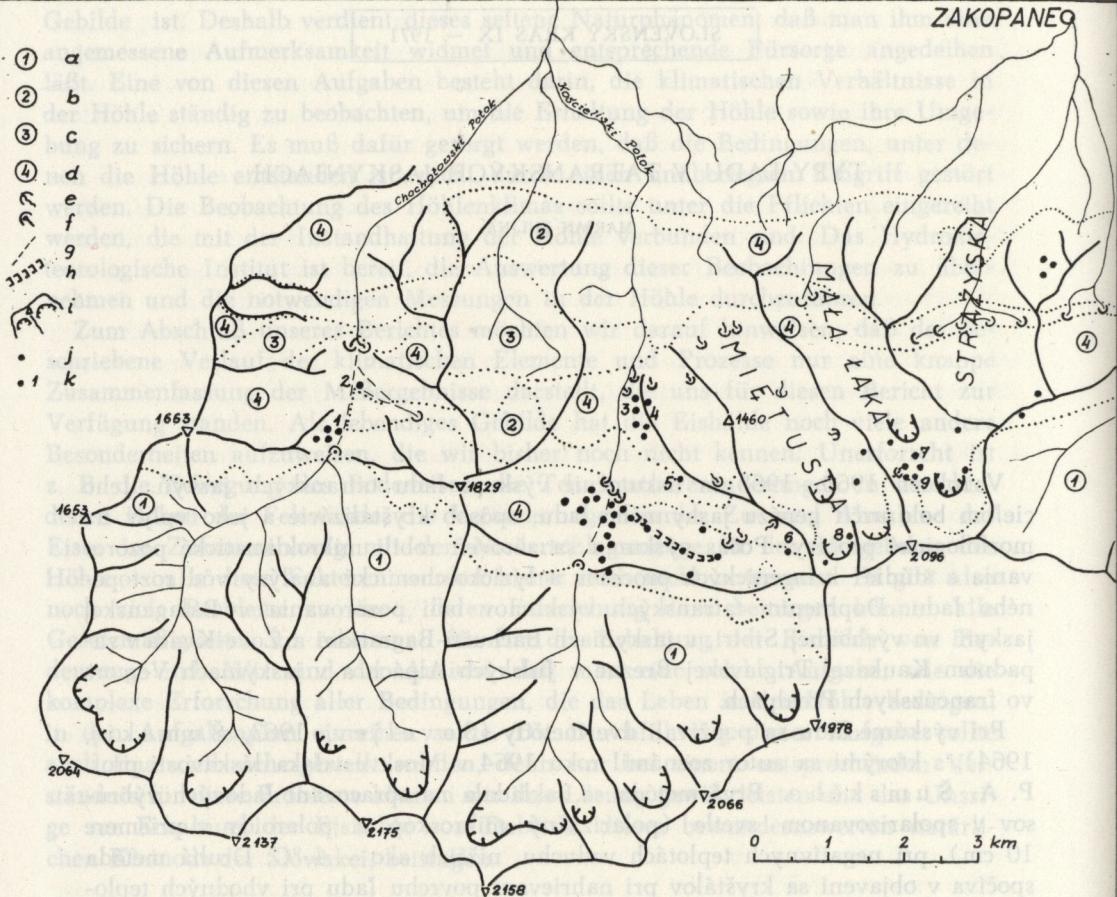
Pri výskume ľadu sa používali dve metódy (Saveljev, 1963, Šumskij, 1964), s ktorými sa autor zoznámil roku 1964 v Moskve vďaka láskavosti prof. P. A. Šumského. Prvá metóda sa zakladala na spracovaní ľadových výbrusov v spolarizovanom svetle (polarizačný mikroskop a polaroidy v priemere 10 cm) pri negatívnych teplotách vzduchu, nižších ako -4°C . Druhá metóda spočíva v objavení sa kryštálov pri nahrievaní povrchu ľadu pri vhodných teplotách vzduchu. Náčrt kryštálov získaných týmto spôsobom prekreslí sa na priesvitný papier v pomere 1:1.

Mechanickej spracovanie ľadu sa uskutočňuje takto: Pomocou mechanickej alebo elektrickej pilky vypíli sa kocka ľadu, ktorá sa na podstavcovom skielku obrúsi (chirurgickým skalpelom, brúsnym kameňom, brúsnym papierom) do hrúbky asi 1 mm. Takto vytvorený ľadový výbrus sa natiera špeciálnym olejom (pri nízkej teplote tuhnutia), aby sa vyhlo vyparovaniu povrchu výbrusu. Výbrusy sa robia v jaskyniach, ale i na povrchu. Vzorky ľadu sa primerane označia, prenesú sa a prechovávajú v terénnych chladničkách (veľká termoska s chladiacou substanciou v podobe snehu a kuchynskej soli).

Výskumy kryštalografickej štruktúry ľadu sa zakladali na označení veľkosti kryštálov, typu, orientácie priestorove dlhších osí „z“, označených na osovom stolíku 3, a na iných fyzických vlastnostiach. Miery osi „z“ sa nanášali na stereografické sieťky Schmitta. Urobili sa aj fotografie výbrusov na farebnom filme.

Výskumy sa uskutočňovali v deviatich tatranských jaskyniach (obr. 1). Tieto jaskyne sú vo výške od 1010 do 1850 m nad morom. Reprezentované sú aj hori-

ZAKOPANE

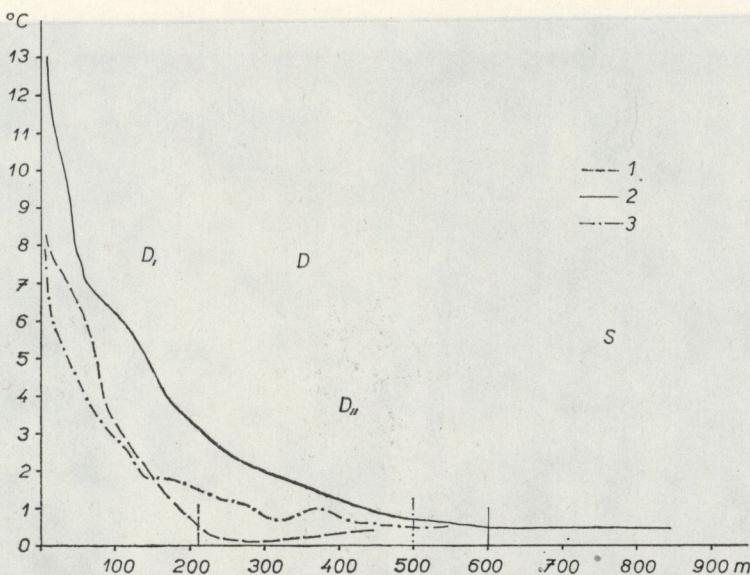


Obr. 1. Krasové javy v Západných Tatrách. a — kryštalické skaly, b — sliene, bridlice, pieskovce, c — vápencové bridlice, d — vápence a mezozoické dolomity, e — krasové pramene, f — ponory, g — oblastné pramene, h — krasová roklina, i — horské chrbáty a poľadovcové oblúky, h — väčšie jaskyne, k — skúmané jaskyne

Рис. 1. Карстовые образования в Западных Татрах. а — кристаллические скалы, б — мергель, сланец, песчаник, в — известняковые сланцы, г — известняки и мезозойские доломиты, е — карстовые источники, ф — поноры, г — областные источники, х — карстовый овраг, и — горные хребты и гололед на дугах, ж — большие пещеры, к — исследуемые пещеры

zonálne jaskyne, o. i. Czarna (Čierna) jaskyňa, 6 km dlhá, ktorá je zároveň najdlhšou jaskyňou poľských Tatier, a vertikálne, o. i. jedna z najhlbších jaskýň na svete Sniežna (Snežná) jaskyňa s hĺbkou 780 m.

Tatranské jaskyne sú prevažne štrbinového charakteru. Majú veľa úzkych svoriek a väčšie sály sú tu okrem Czarnej jaskyne zriedkavé. Vo vertikálnych jasky-

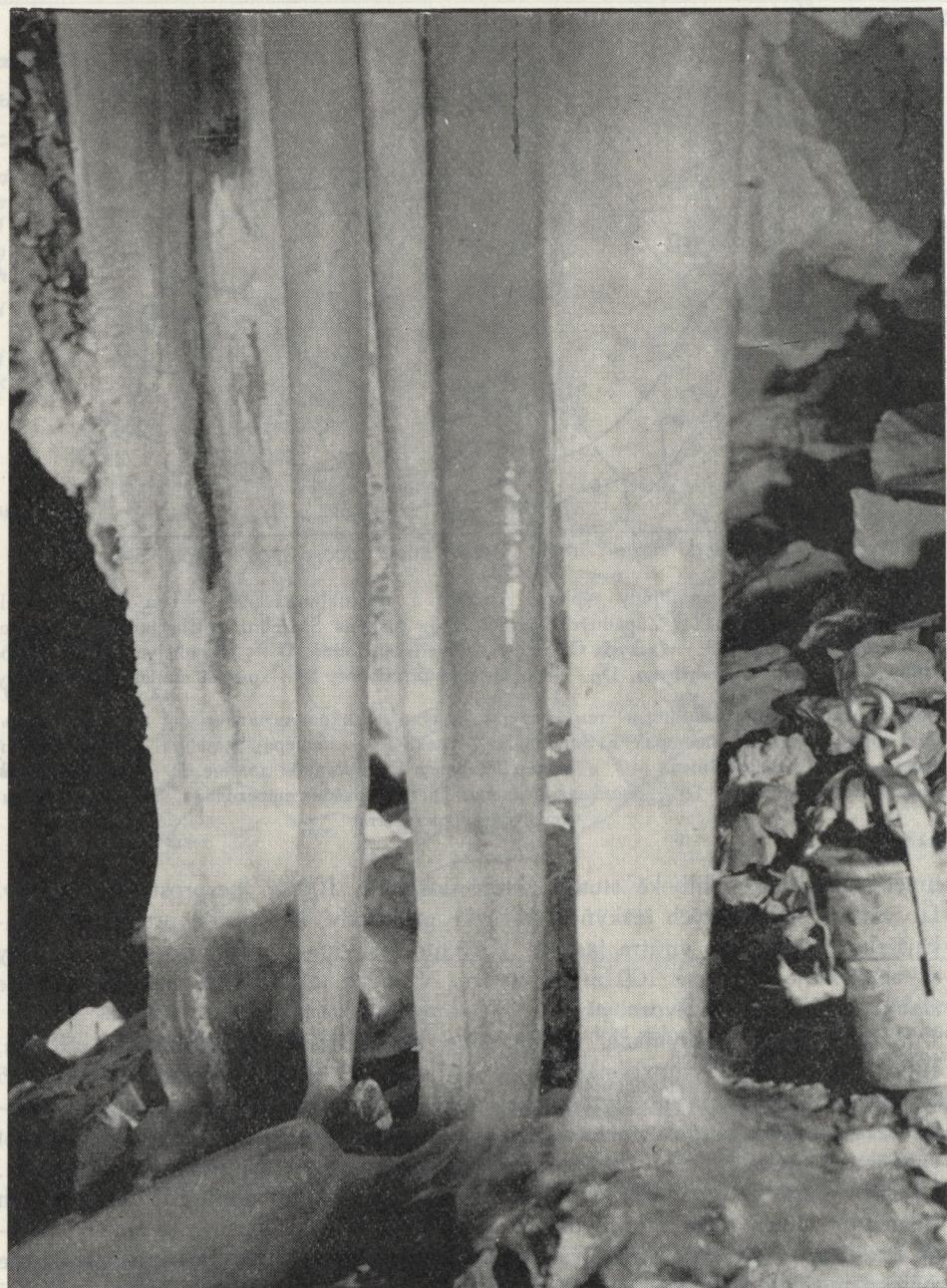


Obr. 2. Mnohoročné amplitúdy teploty vzduchu a mikroklimatického pásma v niekoľkých horizontálnych jaskyniach v Západných Tatrách. 1 — jaskyňa Szczelina v Chocholowskej doline, 2 — jaskyňa Zimna a 3 — jaskyňa Czarna v Kościeliskej doline. D — pásmo dynamickej mikroklímy, D_1 — ľadové podpásma, D_{II} — podpásma prechodné, S — pásmo statickej mikroklímy

Рис. 2. Многолетние амплитуды температуры воздуха и микроклиматической зоны в нескольких горизонтальных пещерах в Западных Татрах. 1 — пещера Szczelina в Хохоловской долине, 2 — пещера Зимна и 3 — пещера Чарна в Костелицкой долине. D — зона динамического микроклимата, D_1 — ледяная подзона, D_{II} — подзона переходная, S — зона статического микроклимата

niach sú prevažne hlboké studne, ktoré dosahujú 100 m bezprostrednej hĺbky. Do väčšiny tatranských jaskýň vedú úzke priechody, čo sťaže prenikanie vonkajšieho vzduchu do vnútra jaskýň. V týchto jaskyniach dosah povrchovej klímy sa obmedzuje sotva na 100 m od otvoru. V iných tatranských jaskyniach môže siaháť do 0,5 km od otvoru.

V tatranských jaskyniach vládnu dve mikroklimatické pásma (Pulina, 1968). Mikroklíma vnútri masívov je statická. V susedstve otvorov, max. 0,5 km od vchodu, je pásmo dynamickej mikroklímy. Statické pásmo sa charakterizuje zostabilizovanými meteorologickými elementmi. Ročná amplitúda teplôt vzduchu neprekračuje $0,5^{\circ}\text{C}$ (obr. 2). Kondenzácia prevažuje nad vyparováním. Naproti tomu v dynamickom pásme pozorujú sa veľké amplitúdy jednotlivých elementov nielen ročne, ale aj denne. Vystupujú tu charakteristické zmeny pohybu vzduchu: v zime do stredu jaskyne a v lete z jaskyne. V dynamickom pásme rozlišujeme dve podpásma: priotvorové alebo ľadové a prechodné. Hranicu medzi nimi určuje minimálna teplota vzduchu 0°C . Vo väčšine tatranských jaskýň ľadové podpásma v letnom období zaniká. Je však niekoľko jaskýň, ktoré majú zodpovedajúce morfologické podmienky, v ktorých sa ľadové podpásma stále

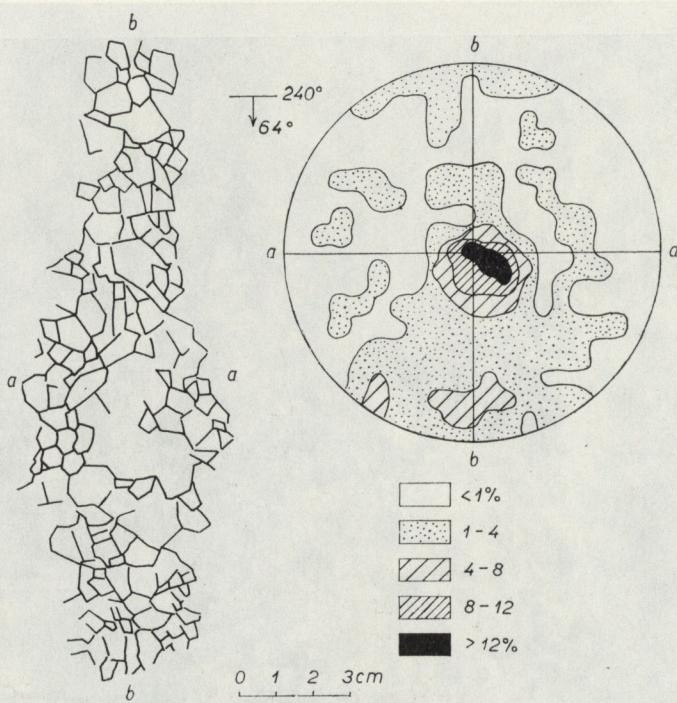


Obr. 3. Nátekový ľad v Zimnej jaskyni v prechodnom ľadovom podpásme
Рис. 3. Натековый лед в Зимней пещере в переходной ледниковой подзоне



Obr. 4. Kalcitové tvary v III. komíne Czarnej jaskyne, ktorých genéza je spojená s nátekovým ľadom

Рис. 4. Известковые образования в III колодце Черной пещеры, генезис которых связан с на- тековым льдом



Obr. 5. Kryštalografická orientácia v ľadovej jaskyni Czarna. Povrch obrázku a stereografickej sietky sú rovnobežné so skalnou stenou. Zanalyzovalo sa 123 kryštálov

Рис. 5. Кристаллографическая ориентировка в ледяной пещере Чарна. Поверхность рисунка и стереографической сетки параллельны с скалистой поверхностью

udržuje. Výskumy sa uskutočnili v štyroch ľadových jaskyniach: Lodovej v Ciemiňaku, Šnieznej, Lodovej Mulovej a v Biaľom Awenie (obr. 1). V týchto jaskyniach, s chodbami nad 1 km, sú ľadové podpásma.

Prítomnosť ľadu v jaskyniach je absolútne závislá od zásahu ľadového alebo prietvorového podpásma. V tomto pôdpláme sa zistili typy ľadu, ktoré sa odlišujú kryštalografickými, chemickými a morfologickými vlastnosťami. Ďalej spomínané poradie je zhodné s častým vystupovaním jednotlivých typov ľadu v tatranských jaskyniach.

1. Nátekový ľad (obr. 3) — analógia kalcitových nátekov. Vzniká zmrznutím gravitačných (spádových) vôd, ktoré sa dostávajú do jaskýň štrbinami. Mineralizácia vody z tohto ľadu je blízka gravitačným vodám. Obsahuje do 100 mg/l minerálov (sporadicky do 200 mg/l), pH 6,5—8, CO₂ voľne od 0 do niekoľkých mg/l. Vody z tohto ľadu sú slabo agresívne. V niektorých prípadoch sú schopné na depozíciu drobných kalcitových nátekov (kalcitové výkvety, kúželky — obr. 4).

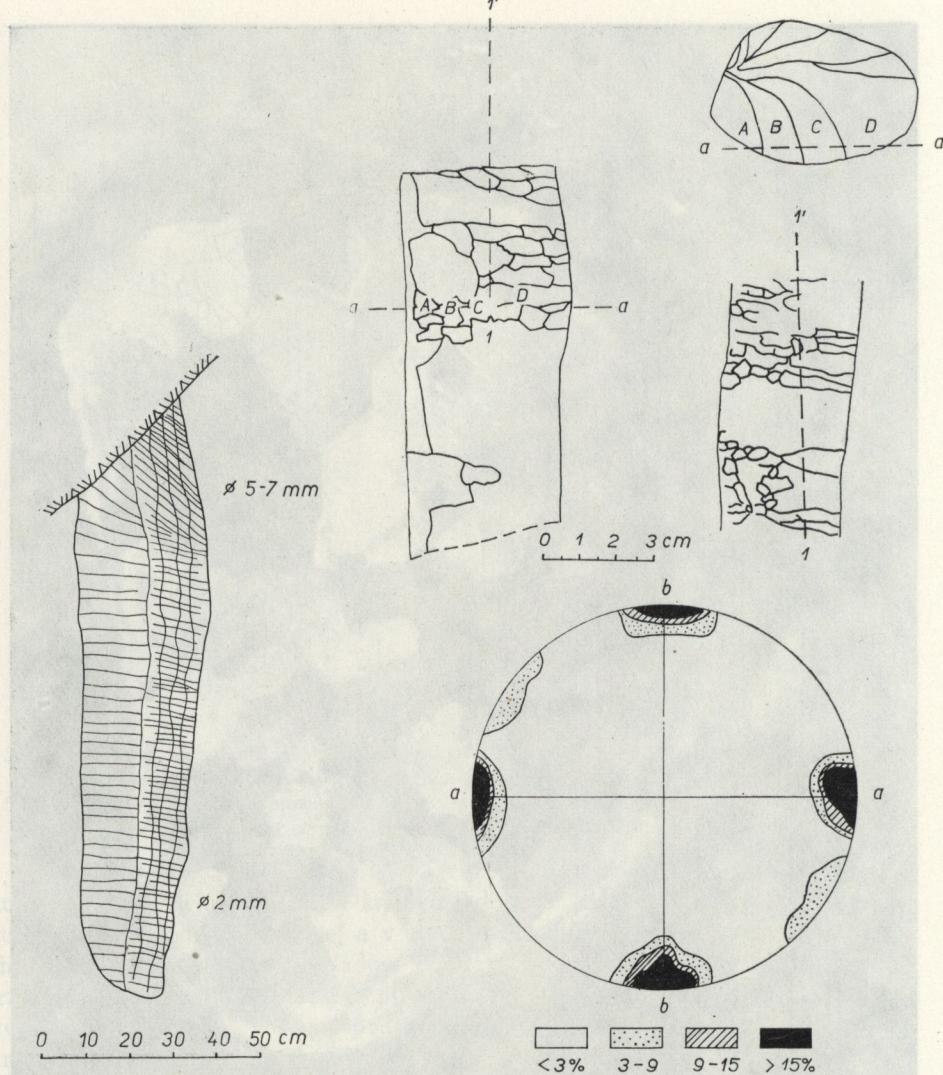
2. Pôdny ľad. Vyskytuje sa v troch formách: ľad segregačný, vláknitý a celistvý. Vzniká v nánosoch alebo v skalných štrbinách. Jeho chemické vlast-



Obr. 6. Výbrus ľadového povrchu v spolarizovanom svetle. Povrch výbrusu je rovnobežný so skalným povrhom. (Fragment obr. 5)

Рис. 6. Шлиф ледяной поверхности в поляризованном свете. Поверхность шлифа параллельна с скальной поверхностью (фрагмент рис. 5)

Obr.
Pr.
udr.
ná
náci
pr.
jd
na
sk
mi
M

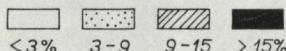


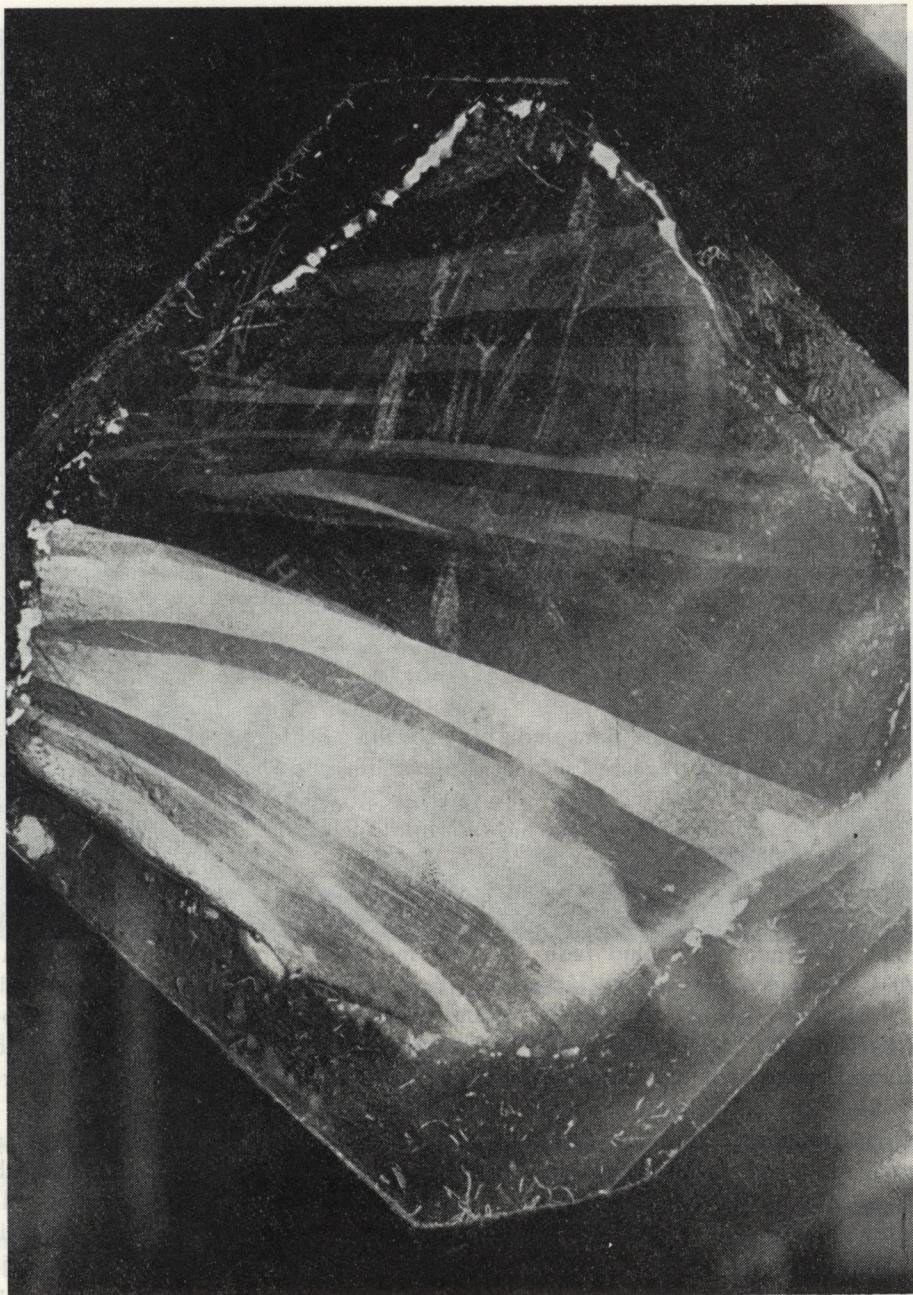
Obr. 7. Kryštalografická orientácia v ľadovej drapérii v jaskyni Dziura. V ľavej časti formy priezračného ľadu, tvoriaci veľké kryštály. Vpravo ľad so zvislými mliečnymi pruhmi, vytvorený z menších kryštálov

Рис. 7. Кристаллографическая ориентировка в ледяной драпировке в пещере Dziura. В левой части формы прозрачного льда, образующие большие кристаллы. Направо лед с вертикальными молочного цвета полосами, образованный из меньших кристаллов

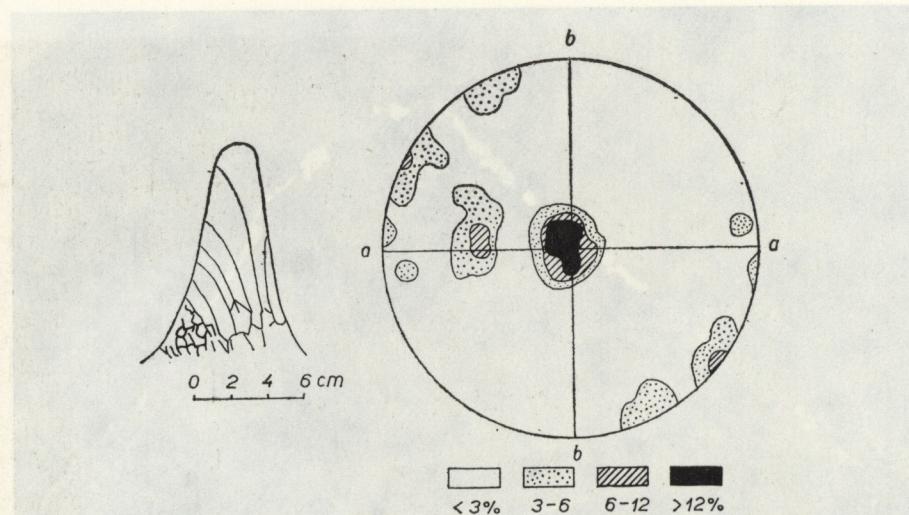
Рис. 8. Кристаллографическая ориентировка в средней части ледяного сталактиста в пещере Dziura. Общая длина сталактиста 70 см. Был проведен анализ отрезка в 20 см от потолка. Поверхность стереографической сетки перпендикулярной к оси сталактиста. Былоанализировано 35 кристаллов

Obr. 8. Kryštalografická orientácia v strednej časti ľadového stalaktitu v jaskyni Dziura. Celková dĺžka stalaktitu 70 cm. Zanalyzoval sa výsek 20 cm od stropu. Povrch stereográfickej siefky kolmý k osi stalaktitu. Zanalyzovalo sa 35 kryštálov





Obr. 9. Výbrus Iadového stalaktitu v spolarizovanom svetle. Povrch výbrusu a — a z obr. 8
Рис. 9. Шлиф ледяного сталактида в поляризованном свете. Поверхность шлифа а — а из
рис. 8



Obr. 10. Kryštalografická sústava v malom ľadovom stalagmite (jedna fáza vývinu) v jaskyni Dziura. Stereografická sieťka v horizontálnom premietnutí. Zanalyzovalo sa 29 kryštálov

Рис. 10. Кристаллографическая система в небольшом ледяном сталагмите (одна фаза развития) в пещере Dziura. Стереографическая сетька в горизонтальной проекции. Было анализировано 29 кристаллов

nosti sú podobné vlastnostiam ľadu nátekového. Tento typ ľadu je hlavným činiteľom mrázovej segregácie (súčasné štrukturálne pôdy) a mechanického vetrania (Pulina, 1968).

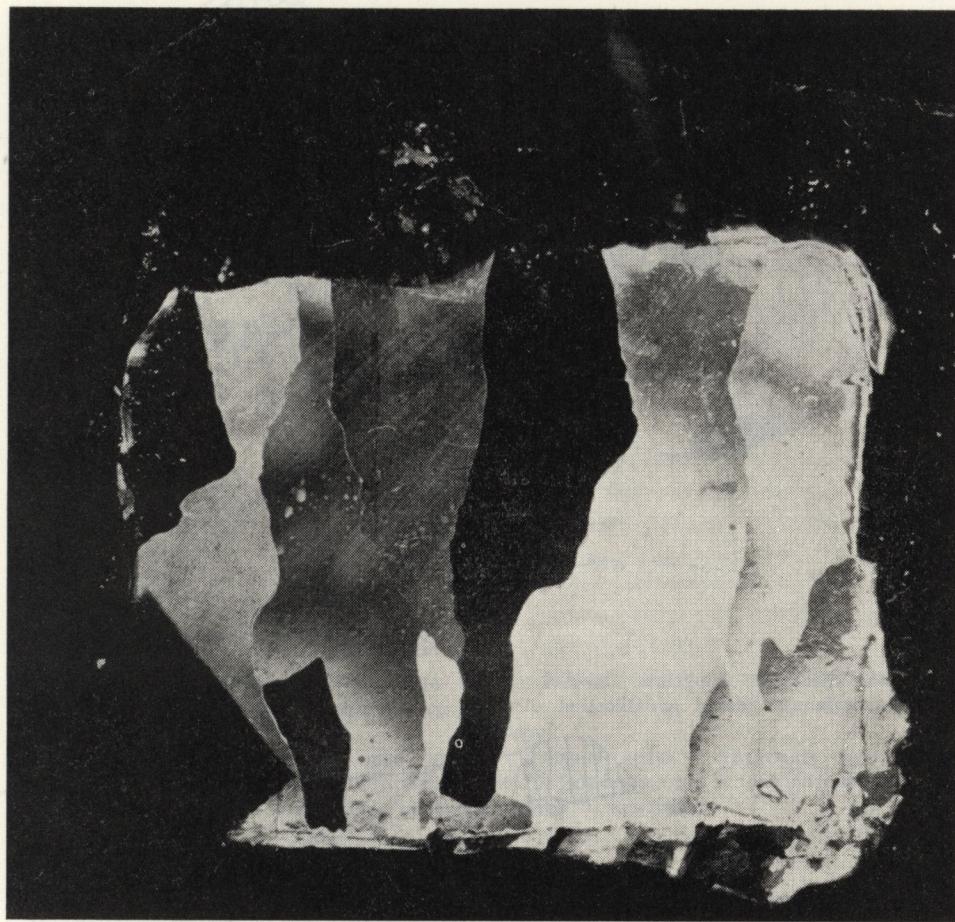
3. Firnový ľad. Vzniká z metamorfózy snehu, naviateho cez otvory. Vody z tohto ľadu sú slabo mineralizované (do 50 mg/l). Majú malý obsah CO₂ a sú zásaditého charakteru. Sú stredne agresívne.

4. Sublimačný ľad. Vzniká kryštalizáciou vodnej parí na zmrazených stenách jaskyne. Vody tohto ľadu sú slabo mineralizované, ale s veľkým obsahom CO₂. Kyslá a veľmi kyslá reakcia. Tento ľad má silné korózne vlastnosti.

Používaním metódy výskumov kryštalografickej štruktúry ľadu (Dobrowski, 1923, Šumskij, 1964), chemickými analýzami vód z rozopenejho ľadu a zistením ich morfologických vlastností sa určili jednotlivé ľadové povrchy, ktoré sa nachádzajú v deviatich tatranských jaskyniach.

Pri výskumoch ľadu sme upriamili pozornosť na spôsob kryštalizácie a na povrch kryštálov nátekového ľadu. Dokázalo sa, že nátekový ľad v tatranských jaskyniach kryštalizuje v trojuholníkovéj sústave (L³3P) a tvorí tak ditrigonál-nopyramídálne typy symetrie. Kryštály ľadu narastajú tu najčastejšie parami tvoria šesťsten pozdĺž horizontálnej osi kryštálu. Základom symetrie je tu trojnásobná os symetrie (3×120°) a tri roviny symetrie. Výsledkom sú kryštály stôlpového tvaru (mnohostranné stôlpe), najčastejšie hexagonálne, tabuľkovité kryštály (ditrigonálne a romboedrické), sploštené lišty a i.

Symetrické hexagonálne stôlpy sa najčastejšie nachádzajú v povrchovej ľadovej



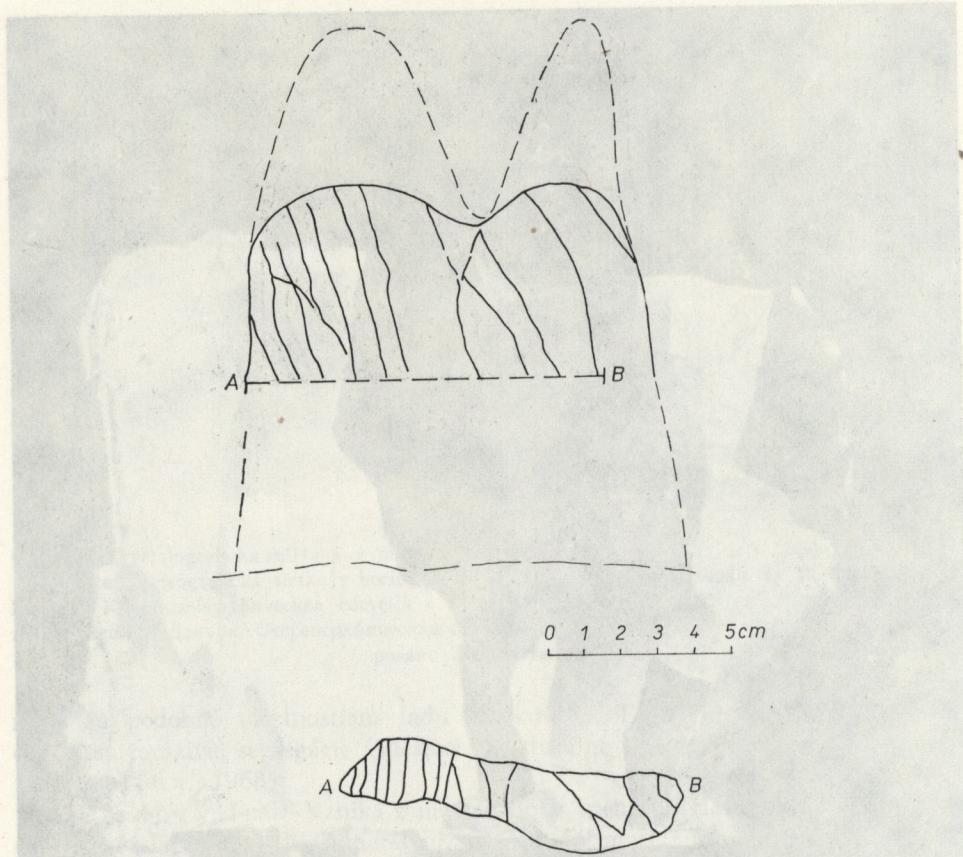
Obr. 11. Základný výbrus ľadového stalagmitu v spolarizovanom svetle. Zvislá orientácia.
(Fragment obr. 13)

Рис. 11. Основной шлиф ледяного сталагмита в поляризованном свете. Вертикальная ориен-
тировка (фрагмент рис. 13)

vrstve (obr. 5, 6). V stalaktitoch a stalagmitoch vedľa týchto stôpov vystupovali predĺžené pyramídy a v drapériách lišty dlhé niekoľko cm (obr. 7).

Výskumy priestorovej kryštalografickej štruktúry jednotlivých typov ľadových nátekov ukázali:

1. V počiatočnom štádiu sa tvoria formy nátekového ľadu; kryštály narastajú prevažne kolmo na povrch.
2. V stalaktitoch a v ľadových drapériach podľa oddalovania sa od povrchu vzrastu orientácia osí kryštálov mení sa na vodorovnú, často s radiálnym priebehom (obr. 7, 8, 9).



Obr. 12. Kryštalografická orientácia v stalagmitie — dvojča (jedna fáza vývoja) z jaskyne Dziura
Výbrus ľadu z horizontálnej pozície

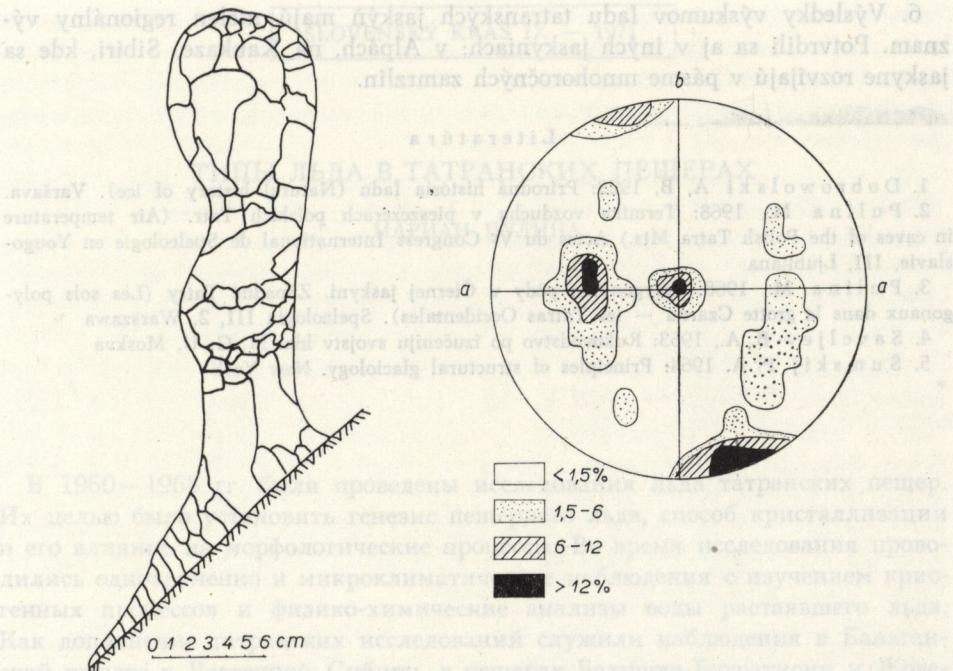
Рис. 12. Кристаллографическая ориентировка в сталагмите — близинцы (одна фаза разви-
тия) из пещеры Dziura. Шлиф льда из горизонтального положения

3. V ľadových stalagmitoch sa pozoruje tendencia zvislej orientácie dlhších osí kryštálov ľadu (obr. 10, 11, 12).

4. Ľadové náteky narastajú v niekolkých etapách, čo komplikuje kryštalografickú sústavu (obr. 13). Keď na predošлом roztočenom povrchu náteku narastajú nové kryštály, vtedy tento povrch treba chápať ako iniciálny, na ktorom kolmo narastajú nové kryštály ľadu.

Výskumy ľadov tatranských jaskýň priniesli tieto všeobecné výsledky:

1. Výskyt ľadu v jaskyniach je závislý od mikroklímy vnútra jaskýň. Ľad sa môže tvoriť a pretvárať v ľadovom alebo priotvorovom podpásme. V jaskyniach, v ktorých sú možnosti zhromažďovania studeného vzduchu mimo otvor, môžu vzniknúť podmienky na udržanie stáleho ľadového podpásma, v ktorom panujú podmienky podobné periglaciálnym (pásme periglaciálu podzemného).



Obr. 13. Kryštalografická orientácia vo veľkom ľadovom stalagmite (niekoľko fáz vývoja) z jaskyne Dziura. Povrch stereografickej sietky v horizontálnej polohe. Zanalyzovalo sa 70 kryštálov

Рис. 13. Кристаллографическая ориентировка в большом ледяном сталагмите (несколько фаз развития) в пещере Dziura. Поверхность стереографической сетки в горизонтальном положении. Был проведен анализ 70 кристаллов

2. Dokázala sa existencia štyroch genetických typov ľadu: nátekový, pôdový, firnový a sublimačný. Odlišíť ich možno pomocou kryštalografických metód, označením fyzicko-chemických vôd z ich roztopenia i pomocou morfologických vlastností.

3. V jaskyniach, v ktorých sa nachádza sezónne ľadové podpásmo, tvorí sa nátekový, pôdový a sublimačný ľad. Naproti tomu v ľadových jaskyniach okrem vymenaných typov ľadu nachádza sa i ľad firnový. Vyskytuje sa tu mnoho-ročná zamrzliny spolu s kriogenickými formami, ktoré sú vyvolané ľadom pôdnym.

4. Každý typ ľadu má odlišný vplyv na morfologické procesy. Nátekový ľad má vlastnosti konzervujúce skalný povrch. Naproti tomu pôdny ľad je hlavným činiteľom mechanického zvetrávania. Vody zo sublimačného a firnového ľadu sú chemicky agresívne.

5. V tatranských jaskyniach sa najčastejšie vyskytuje nátekový ľad. Zistil sa mechanizmus narastania a vnútorná kryštalografická štruktúra jednotlivých form ľadových nátekov.

6. Výsledky výskumov ľadu tatranských jaskyň majú nielen regionálny význam. Potvrdili sa aj v iných jaskyniach: v Alpách, na Kaukaze, Sibíri, kde sa jaskyne rozvíjajú v pásme mnohoročných zamrzlín.

L i t e r a t ú r a

1. Dobrowolski A, B., 1923: Prírodná história ľadu (Natural history of ice). Varšava.
2. Pulina M., 1968: Termika vozducha v pieszczerach polskich Tatr. (Air temperature in caves of the Polish Tatra Mts.) Actes du Ve Congress International de Speleologie en Yougoslavie, III, Ljubljana
3. Pulina M., 1968: Polygonálne pôdy v Čiernej jaskyni. Západné Tatry (Les sols polygonaux dans la grotte Czarna — les Tatras Occidentales). Speleologia III, 2, Warszawa
4. Saveljev B. A., 1963: Rukovodstvo po izučeniju svojstva ľda. M. G. U. Moskva
5. Šumskij P. A. 1964: Principles of structural glaciology. New York

ТИПЫ ЛЬДА В ТАТРАНСКИХ ПЕЩЕРАХ

МАРИАН ПУЛИНА

В 1960—1968 гг. были проведены исследования льда татранских пещер. Их целью было установить генезис пещерного льда, способ кристаллизации и его влияние на морфологические процессы. Во время исследования проводились одновременно и микроклиматические наблюдения с изучением криогенных процессов и физико-химические анализы воды растаявшего льда. Как дополнение татранских исследований служили наблюдения в Балаганской пещере в Восточной Сибири, в пещерах Бахушти-Багратиони и Жовев-Квара на Западном Кавказе, Триглавской Брезне в Юлийских Альпах и в пещерах Веркорс и во французских Предальпах.

При исследовании льда пользовались двумя методами (Савельев, 1963 г., Шумский, 1964 г.), с которыми автор познакомился в 1964 году, благодаря любезности проф. П. А. Шумского. Первый метод был основан на обработке ледяных шлифов в споляризованном свете (поляризационный микроскоп и поляроиды диаметром в 10 см), при отрицательных температурах воздуха, ниже -4°C . Второй метод заключается в появлении кристаллов при согревании поверхности льда при подходящих температурах воздуха. Рисунок кристаллов, полученных таким образом, перерисовывается на прозрачную бумагу в соотношении 1 : 1.

Механическая обработка льда осуществляется следующим образом: при помощи механической или электрической пилки выпиливается кусок льда, который на подкладном стеклышке отшлифовывается (хирургическим скальпелем, шлифовальным камнем, шкуркой) на толщину, приблизительно, 1 мм. Таким образом, полученный ледяной шлиф покрывается специальным маслом (при низкой температуре застывания), с целью исключить испарение поверхности шлифа. Шлифы приготавляются в пещерах, но также и на поверхности. Образцы льда обозначаются соответствующим образом, переносятся и сохраняются в полевых холодильниках (большой термос с охлаждающим веществом в виде снега и кухонной соли).

Исследование кристаллографической структуры льда заключалось в обо-

значении величины кристаллов, типа, ориентирования пространственно более длинной оси «З», обозначенных на осевом столике З, и установлении других физических особенностей. Величины оси «З» наносились на стереографические сетки Шмитта. Были сделаны и фотоснимки шлифов на цветной фотопленке.

Исследования проводились в девяти татранских пещерах (рис. 1). Эти пещеры находятся на высоте от 1010 до 1850 м над уровнем моря. Представлены здесь также и горизонтальные пещеры, кроме других и Чарна (Черная) пещера, длиной в 6 км, являющаяся одновременно самой длинной пещерой Польских Татр, и вертикальные, между прочим одна из самых глубоких пещер в мире Снежна (Снежная) пещера глубиной 780 м.

Татранские пещеры имеют преимущественно характер скважин у них много узких зажимов и большие залы здесь, кроме Чарней пещеры, встречаются изредка. В вертикальных пещерах имеются преимущественно глубокие колодцы, достигающие непосредственной глубины 100 м. К большей части татранских пещер ведут узкие проходы, что затрудняет доступ внешнего воздуха внутрь пещер. В этих пещерах проникновение поверхностного климата ограничивается едва на 100 м от входа. В других татранских пещерах может достигать до 0,5 км от входа.

В татранских пещерах господствуют две микроклиматических зоны (Пулина, 1968). Микроклимат внутри массивов статический. По соседству с отверстиями, максимально 0,5 км от входа, находится зона динамического микроклимата. Статическая зона характеризуется стабилизованными метеорологическими элементами. Годовая амплитуда температуры воздуха не превышает 0,5 °C (рис. 2). Конденсация преобладает над испарением. В отличии от этого, в динамической зоне наблюдаются большие амплитуды отдельных элементов не только в течение года, но и в течение дня. Можно здесь наблюдать характерные изменения в движении воздуха: зимой в середину пещеры, а летом из пещеры наружу. В динамической зоне мы различаем две подзоны: у отверстия или ледяную, и переходную. Границу между ними определяет минимальная температура воздуха 0 °C. В большинстве татранских пещер ледяная подзона в летний период исчезает. Существует, однако, несколько пещер, в которых, благодаря соответствующим морфологическим условиям, ледяная подзона постоянно сохраняется. Исследования проводились в четырех ледяных пещерах: Лодовой в Цилемниаку, Снежной, Лодовой Муловой и в Биелым Авение (рис. 1). В этих пещерах, с коридорами длиной больше 1 км, находятся ледяные подзоны.

Наличие льда в пещерах зависит абсолютно от присутствия подзоны ледяной или находящейся у отверстия. В этой подзоне мы установили типы льда, отличающиеся кристаллографическими, химическими и морфологическими свойствами. В дальнейшем, упоминаемая очередность, аналогична с частым фигурированием отдельных типов льда в татранских пещерах.

1. Натековый лед (рис. 3) — аналогия кальцитовых натеков. Образуется вследствие замерзания гравитационных (текущих) вод, вникающих в пе-

щеры щелями. Минерализация воды из этого льда близка гравитационным водам. Она содержит до 100 мг/л минералов (спорадически до 200 мг/л), pH 6,5–8, CO₂ не связанных, от 0 до нескольких мг/л. Вода из этого льда слабо агрессивная. В некоторых случаях она обладает способностью образования и откладывания мелких кальцитовых натеков (кальцитовые цветы, кегли — рис. 4).

2. Почвенный лед. Встречается в трех формах: лед сегрегационный, волокнистый и сплошной. Образуется в наносах или в щелях скал. Его химические свойства подобны свойствам льда натекового. Этот тип льда является основным фактором морозной сегрегации (современные структурные почвы) и механического проветривания (Пулина, 1968).

3. Фирновый лед. Образуется из метаморфозы снега, нанесенного через отверстия. Вода из этого льда слабо минерализована (до 50 мг/л). В ней находится небольшое количество CO₂, носит щелочный характер и отличается средней агрессивностью.

4. Сублимационный лед. Образуется вследствие кристаллизации водяных паров на замерзших стенах пещеры. Вода из этого льда слабо минерализована, но содержит большое количество CO₂. Отличается кислой и очень кислой реакцией. Этот лед обладает сильными коррозионными свойствами.

Путем использования метода исследования кристаллографической структуры льда (Добровольски, 1923, Шумский, 1964), при помощи химических анализов вод из растаявшего льда и определения их морфологических свойств, были установлены отдельные поверхности льда, находящиеся в деляти татранских пещерах.

При исследовании льда, мы обратили внимание на кристаллизацию и на поверхность натечного льда. Было установлено, что натечный лед в татранских пещерах кристаллизуется в треугольной системе (L³ 3Р), и таким образом образует дитригональнопирамидальные типы симметрии. Кристаллы льда здесь нарастают чаще всего вследствие притока пара к холодной поверхности, образуют шестигранник вдоль горизонтальной оси кристалла. Основанием симметрии здесь является ось симметрии третьего порядка (3×120°) и три плоскости симметрии. Результатом являются кристаллы в форме столбиков (многосторонние столбики), чаще всего гексагональные, пластинчатые кристаллы (дитригональные и ромбоэдрические), сплющенные рейки и т. д.

Симметрические гексагональные столбики чаще всего находятся в поверхностном ледяном слое (рис. 5, 6). В сталактитах и сталагмитах, кроме этих столбиков, выступали вытянутые пирамиды, а в драпировке — рейки длиной в несколько сантиметров (рис. 7).

Исследования пространственной кристаллографической структуры отдельных типов ледяных натеков показали:

1. В начальной стадии образуются формы натекового льда; кристаллы нарастают по большей части перпендикулярно к поверхности.

2. В сталактитах и в ледяной драпировке по мере удаления от поверхности роста, ориентировка оси кристаллов изменяется в горизонтальную, часто с радиальным направлением (рис. 7, 8, 9).

3. В ледяных сталагмитах наблюдается тенденция вертикальной ориентации более длинной оси кристаллов льда (рис. 10, 11, 12).

4. Ледяные натеки нарастают в нескольких этапах, что осложняет кристаллографическую систему (рис. 13). Если на предыдущей, растаявшей поверхности натека, нарастают новые кристаллы, тогда эту поверхность надо считать начальной, на которой нарастают вертикально новые кристаллы льда.

Исследования льда татранских пещер принесли следующие общие результаты:

1. Наличие льда в пещерах зависит от микроклимата внутри пещеры. Лед может образовываться и преобразовываться в подзоне ледяной или находящейся у отверстия. В пещерах, в которых есть возможность накопления холодного воздуха помимо отверстия, могут возникнуть подходящие условия для сохранения постоянной ледяной подзоны, где господствуют условия, похожие на перигляциальные (зона перигляциальная подземная).

2. Было установлено существование четырех генетических типов льда: натековый, почвенный, фирновый и сублимационный лед. Различить их можно при помощи кристаллографических методов, обозначением физико-химических вод при их таянии и при помощи морфологических свойств.

3. В пещерах, в которых находится сезонная ледяная подзона, образуется натековый, почвенный и сублимационный лед. В то же время в ледяных пещерах, кроме упомянутых типов льда, находится и лед фирновый. Здесь встречается многолетняя мерзлота вместе с криогенными формами, вызванными почвенным льдом.

4. Каждый тип льда различно влияет на морфологические процессы. Натековый лед обладает свойством консервирования скалистой поверхности. В то же время почвенный лед является главным фактором, вызывающим механическое выветривание. Вода, возникшая при растапливании сублимационного и фирнового льда, является химически агрессивной.

5. В татранских пещерах чаще всего встречается натековый лед. Был установлен механизм нарастания и внутренней кристаллографической структуры отдельных форм ледяных натеков.

6. Результаты, полученные при исследовании льда в татранских пещерах, имеют не только региональное значение. Они подтвердились и в других пещерах: в Альпах, на Кавказе, Сибири, где пещеры развиваются в зоне многолетней вечной мерзлоты.

Л и т е р а т у р а

1. Добровольский А. В. 1923: История природного льда (*Natural historia of ice*). Варшава
2. Пулина М., 1968: Температура воздуха в пещерах Польских Татр. (*Air temperature in caves the Polish Tatra Mts.*) Actes du IVe Congress International de Speleologie en Yougoslavie, III, Ljubljana
3. Пулина М., 1968: Полигональные почвы в Чиерней пещере. Западные Татры (*Les sols polygonaux le grotte Czarna — les Tatras Occidentales*). *Speleologia* III, 2, Warszawa
4. Савельев Б. А., 1963: Руководство по изучению свойств льда. М. Г. У. Москва
5. Шумский П. А., 1964: *Principles of structural glaciology*. Нью-Йорк

DAS HÖLLOCH WÄHREND DER KALTZEITEN DES PLEISTOZÄNS

ALFRED BÖGLI

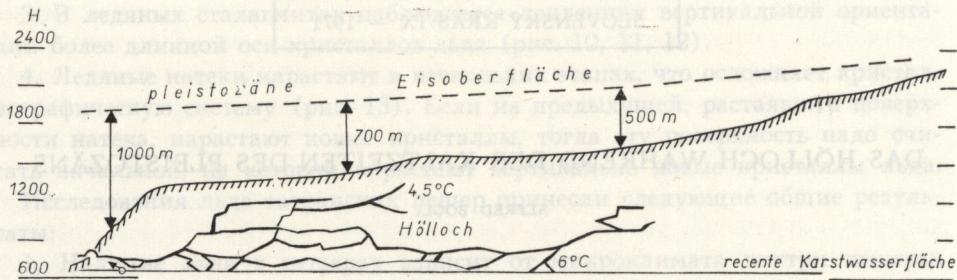
Hölloch davor, daß diese Holz z. B. angefroren werden. Das genetische Modell über die Kaltzeiten ist wahrscheinlich falsch.

es negalbauer Gruppengebäude gib stützbov ab undold mbeunigart siüm
-lelags eisbergs aus 1000 S. in ong mbeunig. Lärkne flanib mit sib sei
-Während dagegen der Eiszeit war es sehr kalt und die Höhle war vollständig mit Eis verstopft. Es gab
-eisab das nahezu aufreit zu wohlt M. Abert und C. ngejau reh
-nach dem Eisgang wieder offen. Ein großer Teil des Hölloches ist heute wieder offen und
-durch den Eisgang wieder offen. Ein großer Teil des Hölloches ist heute wieder offen und

Diese Studie hat nicht die Entwicklung des Höllisches im Muotatal während des Pleistozäns zum Ziel, sondern eine Kurzdarstellung des mutmaßlichen Verhaltens während der Vereisungszeit.

Das Höllloch gehört zum Typus der tiefen alpinen Höhlen, und die Beobachtungen dürften ganz allgemein für diese Gruppe gelten. Bisher herrschte, soweit man sich überhaupt Gedanken über dieses Problem machte, die Auffassung, eisüberdeckte Höhlen wären kalt, kälter als heute, ja sie seien Bestandteil eines blockierten Karstes mit Permafrost. Der in der Eisriesenwelt (Salzburg) in großen Mengen gefundene Frostschutt schien diese Auffassung zu unterstützen. Nun ist aber unter mächtigen Eisdecken nicht mit der Bildung von Permafrost zu rechnen, vor allem nicht in den Alpen, wo die Täler meist zu Beginn der Kaltzeit schon unter Eis und Firn begraben wurden. In den tiefen alpinen Höhlen haben daher Temperaturen über Null geherrscht. Die Eisüberdeckung betrug über den östlichen Teilen des Höllisches mindestens 500 m, über den westlichen 700 bis 1000 m.

Das Höllloch umfaßt ein Gangsystem von über 109 km Länge (1. 4. 1970) mit einer Höhendifferenz von 730 m. Die Gänge liegen zwischen 150 m und 900 m unter der Erdoberfläche und auf 625 bis 1355 m ü. M. An der tiefsten Stelle wurden im Winter 6 °C, an der höchsten 4 ½ °C gemessen. Es besteht somit ein Grad Temperaturabnahme auf 500 m, eine Temperaturschichtung also, die sich ganz wesentlich von jener der freien Atmosphäre unterscheidet. Die Temperatur der Luft ist identisch mit jener des Gesteines. Die übliche geothermische Tiefenstufe ist gänzlich aufgehoben. Bei Annahme einer normalen Temperaturzunahme, 3° pro 100 m Tiefe, müßten die höchsten Teile mindestens 6 bis 7 °C aufweisen, die tiefsten nahezu 30 °C. Die Ursache für deren Fehlen liegt in der karsthydrographischen Struktur der Wasserwege, in denen das Wasser relativ schnell hindurchfließt. Im Höllloch benötigt es während des Winters von der Ausgangsstelle bis zur Karstquelle des Schleichenden Brunnens 9 Tage, bei Hochwasser, besonders im Sommer, wesentlich weniger. Dazu kommt eine beträchtliche Luftzirkulation. Der Versuch des Aufstellens einer Wärmebilanz



müßte fragmentarisch bleiben, da vorläufig die entscheidenden Grundlagen zu lückenhaft sind. Jährlich werden pro m^2 2 000 Liter Wasser unterirdisch abgeleitet, die im Schleichenden Brunnen mit einer Mitteltemperatur von $5 \frac{1}{2}^\circ\text{C}$ wieder austreten. 22 km^2 mit 44 Millionen m^3 Abfluß werden nach dieser Exsurgenz hin entwässert. Dieses Wasser nimmt den gesamten Wärmefluß aus den tiefen Erdschichten im Ausmaße von 400 kcal pro m^2 restlos auf und leitet ihn nach außen ab. Fehlte diese Kühlung, würde sich das Gestein so weit aufheizen, daß sich bei höherer Temperatur im Bergesinnern ein neues Gleichgewicht einstellte.

Während der Kaltzeiten wird das Wasser über dem Höolloch als Eis gebunden und mit dem Gletscher ins Alpenvorland gebracht. Während des größten Teils der Vereisung reicht die Gletscheroberfläche weit über die Schneegrenze hinaus. Die Wasseraufgabe ans Höolloch ist infolgedessen bedeutend geringer als heute, wo sie 2 000 Liter pro m^2 und Jahr beträgt. Der Wärmefluß aus der Tiefe ist aber unverändert geblieben. Die Wasserkühlung ist daher beträchtlich zurückgegangen und die Luftzirkulation nahezu unterbunden. Das Gestein wird nun geothermisch aufgeheizt, bis die Temperatur sich soweit erhöht hat, daß das verbliebene Wasser wieder genügend Kalorien wegführt. Eine Temperaturerhöhung von schätzungsweise 2°C würde genügen, um die Wärmeabfuhr einer auf die Hälfte gesunkenen Wassermenge auszugleichen, z. B. von heute 5°C auf 7°C .

Es besteht zur Zeit keine Möglichkeit, den Wärmeanstieg durch irgendwelche Mineralneubildungen oder Bodenbildungen nachweisen zu können, denn ein Anstieg um einige Grade über 5°C hinaus bewirkt noch keine Veränderungen. Dagegen lassen einige Lebewesen Schlüsse zu. Es gibt im Höolloch zwei endemische Collembolen, *Onychiurus inferni* Gisin und *O. Subcribrosus* Gisin. Ihre Existenz weist auf eine lange ungebrochene Entwicklungszeit hin, die mindestens ins letzte Interglazial, wenn nicht noch weiter zurück reicht. Es ist fraglich, ob sie eine bedeutende lang andauernde Temperaturerhöhung überlebt hätten. Das begrenzt die Erwärmung gegenüber heute auf einige wenige Grade. Andererseits leben im Höolloch auf der Nordseite der Alpen viele Tausende von *Octolasmium transpadanum* Rosa, einen mediterranen Wurm, dessen nördlichster Standort in der Schweiz bisher Ascona am Südrand der Alpen war. Das Höolloch ist somit ein weit gegen Norden vorgeschobener isolierter Posten, das Refugium für ein interglaziales oder sogar präglaziales Relikt. Heute lebt der Wurm unter so ungünstigen Bedingungen, daß eine geringe Temperaturerniedrigung das Erlöschen

dieser Spezies verursacht hätte. Seine Existenz beweist daher eine kaltzeitliche Temperatur im Höllloch, die nicht unter der heutigen gelegen haben kann, wahrscheinlich aber höher war. Dies deckt sich gut mit der theoretisch geforderten höheren Temperatur während den langen pleistozänen Eisbedeckungen. An organischen Substanzen fehlte es während dieser Zeit auch nicht, denn in älteren, interglazialen Höhlenlehmen sind bis zu 2 % Humusgehalt nachweisbar, ganz abgesehen davon, daß einzelne seltene organische Anhäufungen, vermodertes Holz z. B. angetroffen werden. Das genügt, um die Tiere über die Kaltzeiten hinweg am Leben zu erhalten.

Z U S A M M E N F A S S U N G

Während der pleistozänen Eisbedeckung muß in den tiefen alpinen Höhlen gegenüber heute etwas erhöhte Temperatur geherrscht haben. Dies ist zu erklären mit dem geringeren Wasser- und Luftdurchsatz, so daß die Kühlung nur bei erhöhter Temperatur den heutigen Wert erreichen konnte. Bewiesen wird dies durch zwei Endemiten und durch das Auftreten der mediterranen Wurmart *Octolasmium transpadanum Rosa*.

Jaskyna Höllloch patrí k typu hlbokých alpských jaskýň a v nej uskutočnené pozorovania by mali všeobecne platí pre skupinu iných podobných jaskýň. Do tejto panovala náznak, pokiaľ sa ľudia s týmto problémom vôbec zaobehali, že jaskyne pokryté jaskynne boli studené, studenčík leží dnes, keď však je sú často blokovanejšie krasu s permafrostom. V jaskyni Eisriesenwelt (Salzburg) v obrovských množstvach objavovaná mrazová sutina tento názor zdánlivô podporovala. Teraz však už nenožno počítať s tvorením sa permafrostu, predovšetkým nie v Alpách, kde údolia boli previazne oč zasiahnutím studeného ohodbia pochované pod ľadom a firmom. V hlbokých alpských jaskyniach však panovali teploty výšky nuly. Ľadová prikrývka nad východnými časťami jaskyne Höllloch merala najmenej 500 m, nad západnými 700 až 1000 m.

Höllloch zahrňuje systém chodieb 109 km dĺžich (1. apríla 1970). Výškový rozdiel v hornej dosahuje 730 m. Chodby prebiehajú medzi 150 m a 900 m pod povrchem zeme a vo výške 625 až 1355 m n. m. Na najhlbšom mieste namerali v zime 6 °C, na najvyššom 4,5 °C. Toto predstavuje pokles teploty jedného stupňa na 500 m, teda tepelné vrstvenie, ktoré je ephém odlišné od tepelného rozloženia vo voľnej atmosfere. Teplota vzduchu je totožná s teplotou horniny. Obvyklá paleotermická hlbková stupnica je tu uplnie neplatná. Za predpokladu normálneho zvyšovania sa teploty o 3 °C na 100 m hlbky museli by najviac časť vyzkázať teplotu najmenej 6 až 7 °C, najnižšis až 30 °C. Príčina tejto nezložnosti väzí v krasovo-hydrografickej struktúre vodných ciest, ktorými voda ponorne rýchlosť preteká. V jaskyni Höllloch prechádza cez zimu od svojho počiatku po krasový prameň Schleichender Brunnen 9 dní za vysokého vodného stavu, najmä v lete, podstatne menej. Ke tomu pristupuje značná cirkulácia vonku. Fokus zostaví tepelnú bilanciu by musel zostať neplný, pretože predbežne sú rozičujúce podklady veľmi nepostatočné. Ročne sa na m² pod zemou odvedie 2000 litrov vody, ktorá v prameňi Schleichender Brunnen vystupuje opäť s priemernou

JASKYŇA HÖLLOCH POČAS LADOVÝCH DÔB PLEISTOCÉNU

ALFRED BÖGLI

Cieľom tejto štúdie nie je opísať vývoj jaskyne Höllnoch v údolí Moutatal počas pleistocénu, ale zachytiť jej krátke pravdepodobné správanie sa počas zladovania.

Jaskyňa Höllnoch patrí k typu hlbokých alpských jaskyň a v nej uskutočnené pozorovania by mali všeobecne platíť pre skupinu iných podobných jaskyň. Dosiaľ panovala mienka, pokiaľ sa ľudia s týmto problémom vôbec zaoberali, že ľadom pokryté jaskyne boli studené, studenejšie než dnes, ba čo viac, že sú častou blokovaného krasu s permafrostom. V jaskyni Eisriesenwelt (Salzburg) v obrovských množstvách objavená mrazová sutina tento názor zdaniu podporovala. Teraz však už nemožno počítať s tvorením sa permafrostu, predovšetkým nie v Alpách, kde údolia boli prevažne už začiatkom studeného obdobia pochované pod ľadom a firnom. V hlbokých alpských jaskyniach však panovali teploty vyšše nuly. Ladová prikrývka nad východnými časťami jaskyne Höllnoch merala najmenej 500 m, nad západnými 700 až 1000 m.

Höllnoch zahrňuje systém chodieb 109 km dlhých (1. apríla 1970). Výškový rozdiel v ňom dosahuje 730 m. Chodby prebiehajú medzi 150 m a 900 m pod povrhom zeme a vo výške 625 až 1355 m n. m. Na najhlbšom mieste namerali v zime 6°C , na najvyššom $4,5^{\circ}\text{C}$. Toto predstavuje pokles teploty jedného stupňa na 500 m, teda tepelné vrstvenie, ktoré je úplne odlišné od tepelného rozloženia vo voľnej atmosfére. Teplota vzduchu je totožná s teplotou horniny. Obvyklá geotermická hlbková stupnica je tu úplne neplatná. Za predpokladu normálneho zvyšovania sa teploty o 3°C na 100 m hlbky museli by najvyššie časti vykazovať teplotu najmenej 6 až 7°C , najnižšie asi 30°C . Príčina tejto nezhody väzí v krasovo-hydrografickej štruktúre vodných ciest, ktorými voda pomerne rýchlo preteká. V jaskyni Höllnoch potrebuje cez zimu od svojho počiatku po krasový prameň Schleichender Brunnen 9 dní; za vysokého vodného stavu, najmä v lete, podstatne menej. K tomu pristupuje značná cirkulácia vzduchu. Pokus zostaviť tepelnú bilanciu by musel zostať neúplný, pretože predbežne sú rozhodujúce podklady veľmi nedostatočné. Ročne sa na m^2 pod zemou odvedie 2000 litrov vody, ktorá v pramene Schleichender Brunnen vystupuje opäť s priemernou

teplotou $5,5^{\circ}\text{C}$. Podľa tejto exsurgencie sa odtokom 44 miliónov m^3 vody odvodní 22 km^2 . Táto voda odoberá bez zvyšku celý tepelný tok z hlbších vrstiev zeme v množstve 400 kcal na m^2 a odvádza ho na povrch. Keby nebolo tohto chladenia, hornina by sa tak zohriala, že by sa pri vyšej teplote vo vnútri pohoria musela vytvoriť nová rovnováha.

Počas studených období bola voda nad jaskyňou Höllloch viazaná vo forme ľadu a s ľadovcom sa dopravovala až do predalpskej oblasti. Počas najväčšej časti zlădovatenia siahala plocha ľadovca ďaleko za hranicu snehu. Preto odvod vody pre jaskyňu Höllloch bol podstatne nižší ako dnes, keď dosahuje 2000 litrov na m^2 za rok. Tepelné prúdenie z hlbky zostało nezmenené. Chladenie vodou sa teda podstatne znížilo a cirkulácia vzduchu sa takmer úplne zastavila. Hornina sa teraz geotermicky ohrieva, kým teplota vystúpi tak, aby ostatná voda opäť odviedla dostatok kalórií. Podľa odhadu by stačilo zvýšenie teploty o 2°C , aby sa vyrovnal odvod tepla na polovicu zníženého množstva vody, napr. dnes z 5°C na 7°C .

V súčasnosti nejestvuje možnosť dôkazu zvýšenia teploty nejakou tvorbou nerastov alebo tvorbou pôdy, lebo zvýšenie o niekoľko stupňov nad 5°C nezapríčinuje nijaké zmeny. V jaskyni Höllloch existujú dva druhy endemických článko-nožcov *Onychiurus inferni* Gisin a *O. subcribrosus* Gisin. Ich existencia poukazuje na dlhú nepretržitú dobu vývoja, začiatky ktorej siahajú najmenej do posledného interglaciálu, ak nie ešte viac dozadu. Je otázne, či by boli pretrvali aj významnejšie, dlhotrvajúce zvýšenie teploty. Naproti tomu v jaskyni Höllloch žijú na severnej strane Álp mnohé tisíce *Octolasmium transpadanum* Rosa, druh stredomorského červa, ktorého doteraz najďalej na severozápad určené nálezisko bolo Ascona vo Švajčiarsku na južnom okraji Álp. Höllloch je teda vysoko na sever vysunuté izolované stanovište, útočište pre interglaciálny alebo až preglaciálny relikt. Dnes žije tento červ za takých nepriaznivých podmienok, že nepatrne zníženie teploty by mohlo spôsobiť vyhynutie tejto species. Jeho existencia dokazuje, že teplota v Höllochu za studenej periôdy pleistocénu nemohla byť nižšia ako dnes; pravdepodobne však bola vyššia. Toto sa dobre kryje s teoreticky predpokladanými vyššími teplotami počas dlhého pleistocénneho zlădovatenia. Počas tohto obdobia nebolo nedostatku organických látok, pretože v starších, interglaciálnych jaskynných hlinách sa dokázal až 2-percentný obsah humusu, odhliadnuc od toho, že sa objavili jednotlivé zriedkavé organické nahromadeniny, napr. spráchnivené drevo. To stačí na prechovanie fauny cez studené periód.

S Ú H R N

Počas pleistocénneho zaľadnenia musela v hlbokých alpských jaskyniach panovať o niečo vyššia teplota, než aká tam panuje v súčasnosti. Toto možno vysvetliť menším prenikaním vody a vzduchu, takže dnešné ochladenie sa mohlo dosiahnuť väčšou cirkuláciou vody a vzduchu, čo spôsobila zvýšená teplota. Dokazuje to výskyt dvoch endemitov a výskyt stredomorského červa *Octolasmium transpadanum* Rosa.

DAS EIS DER ÖSTERREICHISCHEN SCHAUHÖhlen UND DER HÖHLENSCHUTZ

HUBERT TRIMMEL

Der „Eishaushalt“ in den Höhlen mit ständiger Eisführung gehört zu jenen Problemen, deren möglichst genaue Kenntnis für die Betreuung geschützter Höhlen entscheidend ist. Aufgabe des Höhlenschutzes, dessen Wahrnehmung in Österreich dem Bundesdenkmalamt in Wien übertragen ist, ist es, das natürliche Wechselspiel aller Faktoren der Höhlenentwicklung möglichst unverändert zu erhalten. Der Zuwachs an Höhleneis, das Ausmaß seines Abschmelzens im Sommer, die Gesetzmäßigkeiten des Höhlenklimas und deren Abhängigkeit vom Außenklima sind Faktoren, die in den alpinen Höhlen eine große Rolle spielen. Die meisten der weit mehr als hundert Eishöhlen Österreichs (worunter nur Objekte verstanden werden, in denen ganzjährig Eis anzutreffen ist) weisen dynamische Wetterführung auf. Es sind „Windröhren“, die vielfach kompliziert verlaufende und manigfach verschlungene Wetterwege besitzen. In jenen Eishöhlen, die als Schauhöhlen der Öffentlichkeit zugänglich sind, ist es Aufgabe des Höhlenschutzes, den Eishaushalt besonders sorgfältig zu überwachen. Die beiden Eishöhlen unter den zwanzig Schauhöhlen Österreichs sind überdies jene, die die höchsten Besucherzahlen und die größte Bedeutung für den internationalen Fremdenverkehr besitzen. Die Dachstein-Rieseneishöhle bei Obertraun (Oberösterreich) hat in den Sommermonaten jeden Jahres rund 125 000 Besucher aufzuweisen, die Eisriesenwelt im Tennengebirge (Salzburg) jeweils rund 65 000. Schätzungsweise sind rund 60 % aller Besucher Ausländer.

Die ständige Betreuung dieser Höhlen durch Fachkräfte und Organe des Bundesdenkmalamtes hat erwiesen, daß jede Höhlenerschließung einen Eingriff in die Naturvorgänge bedeutet, dessen Folgen nicht immer gleich sichtbar werden. Gerade bei den Eishöhlen wird am offenkundigsten, daß man früher kaum einmal die Frage gestellt hat, ob die Höhle die Erschließung für das Publikum aushält oder ob dadurch auf lange Sicht eine entscheidende Veränderung des Höhlencharakters hervorgerufen wird.

Die angeführten österreichischen Eishöhlen haben sich beide innerhalb von mehr als fünf Jahrzehnten von kleinen Anfängen zu ihrer heutigen Bedeutung entwickelt. Rückschauend zeigt sich, daß die Ausweitung der Erschließung mit

allen ihren Konsequenzen bei der seinerzeitigen Öffnung für das Publikum nicht im entferntesten erahnt werden konnte. Die Erfahrung hat gezeigt, daß jede Erschließungsanlage nur eine begrenzte Belastung verträgt. Sobald diese Grenze erreicht ist, muß eine Anpassung der Anlagen an die steigende Besucherzahl erfolgen. Weitere Eingriffe in die Höhle und weitere Veränderungen sind zwangsläufig die Folge. Es ist Aufgabe jener Behörden, die mit dem Höhlenschutz befaßt sind, bei ihren Entscheidungen zu beurteilen, wieweit ein derartiger Ausbau vertretbar ist, ohne beispielsweise die Existenz des Eises innerhalb der Höhle zu gefährden. Sie haben bei diesen Entscheidungen darauf zu achten, daß

- a) möglichst enge Grenzen für die Veränderung gezogen werden;
- b) unerwünschte Folgen für den Eishaushalt dabei möglichst verhindert werden;
- c) daß die Sicherheit der Besucher gewährleistet ist.

Die Erfahrung zeigt, daß gezielte Eingriffe nur auf Grund umfangreicher Beobachtungen, Meßreihen und Informationen erfolgen dürfen, in denen die Beiträge verschiedenster Arbeitsrichtungen und Fachleute berücksichtigt werden. Gerade bei Eishöhlen ist das Ergebnis der Erschließung für den Fremdenverkehr, wie im einzelnen noch zu zeigen sein wird, vielfach eine weitgehende „Manipulation“. Eine derartige zweckentsprechende Manipulation wird allerdings dadurch erschwert, daß viele für den Eishaushalt maßgebende Faktoren nicht exakt faßbar sind. Schwankungen des Witterungsablaufs, des Klimaablaufs oder plötzliche Veränderungen in den wetterwegsamen Strecken durch Verstürze, durch das Zueisen oder das Freischmelzen eines Ganges kommen unvorhergesehen zustande.

Wie komplex das Zusammenwirken der Faktoren ist, die den Eishaushalt einer Höhle bestimmen, geht aus dem recht unterschiedlichen Verhalten verschiedener Eishöhlen hervor, die unter annähernd gleichen klimatischen Verhältnissen im nordalpinen Raum liegen. So ist es nicht zulässig, die vielen Eishöhlen gemeinsame Erscheinung zu verallgemeinen, daß das Bodeneis der Höhlen in ständiger Zunahme begriffen sei; dies mag für wesentliche Teile der Eisriesenwelt im Tennengebirge und auch der Dachstein-Rieseneishöhle zutreffen, die in dieser Betrachtung im Mittelpunkt der Überlegungen stehen sollen, ist aber beispielsweise unrichtig für das Geldloch im Ötscher (Niederösterreich) oder das Tablerloch auf der Dürren Wand (Niederösterreich). Die beiden letztgenannten Höhlen scheinen gewissermaßen in der Grenzzone zwischen perennierender Eisbildung und eisfreiem Bereich zu liegen. Beide weisen gegenüber den Unterlagen und Messungen, die vor etwa 70—80 Jahren angestellt wurden, einen nachweisbaren beträchtlichen Eisrückgang auf.

Auch Eisriesenwelt und Dachstein-Rieseneishöhle unterscheiden sich wesentlich in ihrem Bau und in der Situation und der Gestaltung der eisführenden Teile. Ständige Beobachtungen haben gezeigt, daß die Dachstein-Rieseneishöhle eine weitaus empfindlichere Reaktion auf veränderte Witterungsabläufe aufweist als die Eisriesenwelt. Der Eiszuwachs ist in diesem Fall vorwiegend von der Sickerwasserzufuhr zur Zeit der Schneeschmelze, von deren Zeitpunkt und von deren Tempo abhängig. Im allgemeinen kann man annehmen, daß in der Dach-

stein-Rieseneishöhle etwa 13 000 Kubikmeter Eis auf einer Oberfläche von rund 5000 Quadratmetern lagern. Die größte Dicke des Bodeneises liegt im Tristandom bei 15 — 17 Metern.

Die Erschließung der Höhle beschränkte sich ursprünglich auf den Weg vom natürlichen Eingang durch den Tristandom bis zum Parzivaldom und von dort in die kleine Eiskapelle beim sogenannten „Eispalast der Kondwiramur“. Von dort führte eine Engstrecke, der „Keyeschluf“, abwärts in den König-Artus-Dom und damit in eisfreie Höhlenteile. Als nach dem zweiten Weltkrieg der zunehmende Besuch die Schaffung eines Rundganges in der Höhle und die Öffnung eines zweiten Einganges erforderlich machte, lagen bereits Meßreihen der meteorologischen Faktoren in der Höhle vor, die sich über mehr als ein Jahr erstreckten. Der Rundgang wurde dadurch ermöglicht, daß am Ende des eisfreien Teiles eine im wesentlichen nur durch Hangschutt verlegt gewesene Tagöffnung freigelegt wurde. Von dieser Tagöffnung, die sofort mit einer Klimaschleuse versehen worden ist, erreichten die Besucher durch eisfreie Teile der Höhle den König-Artus-Dom und von dort durch den Keyeschluf aufsteigend den Eisteil. Vor der Schaffung dieses Rundganges war der Keyeschluf zeitweise offen, häufiger aber vollständig zugeeist und unpassierbar. Der neue Führungsweg mußte zunächst im Eis ausgehakt werden. Schon im Laufe weniger Jahre erwies sich, daß die Öffnung und Erweiterung des Keyeschlufs den Eishaushalt dieser Eishöhle mit dynamischer Wetterführung stark beeinflußte. Das Bodeneis im Eispalast der Kondwiramur nahm ab, und es kam zu einem allmählichen Abschmelzen des Sockels einer eindrucksvollen Hangeisfigur, die sich über dem Aufstieg in die Eisteile aus dem Keyeschluf befand. Diese Hangeisfigur, ein großer Eisvorhang, geriet dadurch schließlich in eine langsame Abgleitbewegung und drohte sich von der Wand abzulösen und zusammenzustürzen. Dies bedeutete gleichzeitig eine erhebliche Gefahr für die Besucher, da der Führungsweg unterhalb des Eisvorhangs vorbeiführte.

Um sowohl die Eisfigur zu erhalten als auch eine Gefährdung der Besucher anzuhalten, führte das Bundesdenkmalamt über Anregung des Betriebsleiters der Dachsteinhöhlen, Roman Pilz, eine „Sanierung“ des betreffenden Höhlenabschnittes durch. Zunächst wurde angeordnet, daß im Keyeschluf am Beginn des eisführenden Teiles eine den Gang weitestgehendabdichtende zusätzliche Wettertür angebracht wurde, die die Luftzirkulation zwischen König-Artus-Dom und Eisteil weitgehend unterbindet. Während des Winters, in dem der Schauhöhlenbetrieb ruht, wurde der kopflastige Eisvorhang in seinen oberen Teilen ständig mit mehreren Heizstrahlern angestrahlt. Das anfallende Schmelzwasser, das langsam über das Hangeis zum Sockel der Figur hin abfloss, wurde dort mit Hilfe von kunstvoll aufgeschichteten Eisblöcken festgehalten und wieder zum Gefrieren gebracht. Dadurch wurde der Schwerpunkt der Figur gegen den Sockel zu verlagert, der Sockel entscheidend verstärkt und gleichzeitig ein möglichst natürliches Aussehen der manipulierten Figur herbeigeführt. Im Sommer 1970 — 2 Jahre nach dem Abschluß des Versuches — war für den Nichteingeweihten kaum mehr erkennbar, daß an dieser Stelle ein Eingriff in das natürliche Er-

scheinungsbild der Höhle vorgenommen worden war. Der Versuch, den Eisvorhang zu festigen, ist als gelungen zu betrachten. Dieses Beispiel zeigt aber, daß trotz gewissenhafter Abschätzung der möglichen Folgen in Eishöhlen mit dynamischer Wetterführung sich unvorhergesehene Entwicklungen anbahnen können.

In Eishöhlen, die diesem Typus angehören, läßt darauf schon die Tatsache allein schließen, daß innerhalb der einzelnen Jahre je nach dem Witterungsablauf sehr bedeutende Veränderungen zu beobachten sind. Im Falle der Dachstein-Rieseneishöhle läßt die Schichtung des Bodeneises an ein ungestörtes allmähliches Wachstum denken. Die Frage, wann dieses Wachstum begann, ist in den letzten Jahren für diese Höhle mit Hilfe pollanalytischer Untersuchungen im Höhleneis geklärt worden. Friedrich Kral hat 1967 insgesamt 15 Eisproben entnommen, in denen sich vor allem der Anteil der „Kulturpollen“ als wichtig für die zeitliche Einordnung der jeweiligen Eisschichten erwies. Ergebnis dieser Untersuchung war die Erkenntnis, daß die Eisbildung frühestens am Beginn des 15. Jhd. eingesetzt haben kann. Vorher war die Dachstein-Rieseneishöhle eisfrei. Es ist bekannt, daß um diese Zeit im ostalpinen Raum eine fühlbare „Klimaverschlechterung“ eingetreten ist, die offenbar die Voraussetzung für den Beginn der Vereisung in der Höhle bildete. Das bedeutet jedoch, daß umgekehrt schon eine leichte Klimaschwankung in der Richtung auf höhere Durchschnittstemperaturen, kürzere Dauer der Schneedecke im Gelände über der Höhle, rascheren Ablauf der Frühjahrsschneeschmelze oder eine geänderte Niederschlagsverteilung nicht nur einen weiteren Zuwachs an Höhleneis in Frage stellen könnte, sondern auch die Eiserhaltung. Es kommt daher darauf an, durch eine möglichst umfangreiche Sammlung von Daten über den Gang der Temperaturen, der Niederschläge, der Luftbewegungen und der Eisbildungen die Grundlage für Schlüsse über den Zusammenhang dieser Faktoren zu gewinnen. Jeder Eingriff in den Eishaushalt, der einen Substanzverlust an Bodeneis oder Hang-eis zur Folge haben könnte, muß nach menschlichem Ermessen vermieden werden. Um die unabsehbaren Folgen selbst einer geringen Klimaänderung nach Möglichkeit zu vermeiden oder zu kompensieren, bleibt keine andere Wahl als die Manipulation des gesamten Eshaushaltes. Dazu gehört, daß vor allem in der Zeit des Eindringens der spätwinterlichen ersten Schmelzwässer in die Höhle deren Ableitung an Stellen erfolgt, wo ihr Festfrieren besonders erwünscht ist. Dazu gehört ferner, daß ein systematisches Öffnen und Schließen der Wettertüren bei bestimmten Wetterlagen erfolgt. Dazu gehört schließlich, daß danach getrachtet werden sollte, wenigstens an einigen Stellen den natürlichen Eiszuwachs oder Eisschwund ohne menschliche Einflußnahme ständig zu beobachten. Dies ist im Bereich des Führungsweges deshalb schwer oder gar nicht möglich, weil der starke Besuch der Höhle das Waschen der Eisoberfläche am Ende jeder Saison notwendig macht. Dadurch wird die Eisoberfläche so verändert, daß sie höchstwahrscheinlich auch in fernerer Zukunft für exakte wissenschaftliche Untersuchungen keine einwandfreien Möglichkeiten bietet.

Schon diese wenigen Hinweise zeigen zweifellos, daß die Eishöhlen „besondere Sorgenkinder“ des Höhlenschutzes sind. Im Prinzip sollten daher in jenen

Gebieten, in denen die eine oder andere repräsentative Eishöhle bereits dem Fremdenverkehr geöffnet und damit im gewissen Sinne „geopfert“ worden ist, keine weiteren Erschließungen vorgenommen werden. Noch vorhandene, ästhetisch gleichwertige Objekte sollten — diese Forderung erwächst aus der Verpflichtung des Höhlenschutzes, zukünftige Forschungsmöglichkeiten zu sichern — von jedem menschlichen Eingriff völlig frei gehalten werden.

HUBERT TRIMMEL

Ladový režim v jaskyniach so stálym ľadom patrí k tým problémom, ktorých podľa možnosti prenášajúca je rozhodujúca pre obhospodarovanie chránených jaskyň. Ulohou ochrany jaskyň, ktorú v Rakúsku má na starosti Bundesdenkmalamt (Spolkový pamätkový úrad) vo Viedni, je zachovať posta možnosti všetky faktory, ktoré majú vplyv na vývoj jaskyň. Prirastok jaskynného ľadu, miera zbytku topenia v lete, zákonitosti jaskynej klímy a jej závislosť od vonkajšej klímy sú faktory, ktoré hrajú v alpských jaskyniach dôležitú úlohu. Prevažná väčšina omnoho viac než sto ladových jaskyň Rakúska (ktorími treba rozumiť ihu objekty, v ktorých sa ľad vyskytuje po celý rok) má dynamické vetranie. Sú to komíny, ktoré majú často komplikované prebiehajúce a rozlične prepletené vterné chodieb. V ladových jaskyniach, ktoré sú sprístupnené širokej verejnosti, členou ochrany jaskyň je venovať osobitne veľkú pozornosť ladovému režimu. Dve ladové jaskyne sponzorí dyadsiatich sprístupnených jaskyň Rakúska majú najväčšiu návštěvnosť a najväčší význam z hľadiska medzinárodného turistického ruchu Rakúska. Obrovskú ladovú jaskyňu Dachstein-Rieseneishöhle pri Obertraun (Horné Rakúsko) v letných mesiacoch každoročne navštívili až 125 000 návštěvníkov, Eisriesenwelt v Tennengebirge (Salzburg) každoročne 65 000. Odhaduje sa, že 80 % všetkých návštěvníkov sú cudzinci.

Stála starostlivosť o tiež jaskyne zo strany odborníkov a orgánov Spolkového pamätkového úradu dokázala, že každé sprístupnenie jaskyne predstavuje zásah do prírodných procesov, následky ktorých nemôžu vždy a včas predvídať. Práve pri ladových jaskyniach sa to prejavuje najzreteľnejšie. Bola chyba, že sa akoraz sepôložila otázka, či jaskyna sprístupnenie pre verejnosť znesie, alebo či sa týmto podinom nevyvolať rozhodujúca zmena charakteru jaskyne.

Obe uvedené jaskyne sa po výše piatich desaťročiach zo skromných začiatkov dožili dnešného významu. Pohľadom späť sa ukázalo, že sa ani zdaleka nedali domyslieť všetky dôsledky, ktoré vyplynuli z ich rozšírenia a sprístupnenia pre širokú verejnosť. Skúsenosť ukázala, že každé zariadenie na sprístupnenie jaskyne sniesie len ohmezené značenie. Keď sa táto hranica dosiahne, musia sa opäťovne upustiť určité opravy zariadenia pre zvýšený počet návštěvníkov. Ďalšie zá-

LAD V RAKÚSKYCH SPRÍSTUPNENÝCH JASKYNIACH A OCHRANA TÝCHTO JASKÝŇ

HUBERT TRIMMEL

Ladový režim v jaskyniach so stálym ladom patrí k tým problémom, ktorých podľa možnosti presná znalosť je rozhodujúca pre obhospodarovanie chránených jaskýň. Úlohou ochrany jaskýň, ktorú v Rakúsku má na starosti Bundesdenkmalamt (Spolkový pamiatkový úrad) vo Viedni, je zachovať podľa možnosti všetky faktory, ktoré majú vplyv na vývoj jaskýň. Prírastok jaskynného lадu, miera úbytku topením v lete, zákonitosti jaskynnej klímy a jej závislosť od vonkajšej klímy sú faktory, ktoré hrajú v alpských jaskyniach dôležitú úlohu. Prevažná väčšina omnoho viac než sto ladových jaskýň Rakúska (ktorími treba rozumieť iba objekty, v ktorých sa lad vyskytuje po celý rok) má dynamické vetranie. Sú to komínky, ktoré majú často komplikované prebiehajúce a rozlične prepletené věterné chodby. V ladových jaskyniach, ktoré sú sprístupnené širokej verejnosti, úlohou ochrany jaskýň je venovať osobitne veľkú pozornosť ladovému režimu. Dve ladové jaskyne spomedzi dvadsiatich sprístupnených jaskýň Rakúska majú najväčšiu návštevnosť a najväčší význam z hľadiska medzinárodného cudzineckého ruchu Rakúska. Obrovskú ladovú jaskyňu Dachstein-Rieseneishöhle pri Obertraun (Horné Rakúsko) v letných mesiacoch každoročne navštívi asi 125 000 návštevníkov, Eisriesenwelt v Tennengebirge (Salzburg) každoročne 65 000. Odhaduje sa, že 60 % všetkých návštevníkov sú cudzinci.

Stála starostlivosť o tieto jaskyne zo strany odborníkov a orgánov Spolkového pamiatkového úradu dokázala, že každé sprístupnenie jaskyne predstavuje zásah do prírodných procesov, následky ktorých nemožno vždy a včas predvídať. Práve pri ladových jaskyniach sa to prejavuje najzreteľnejšie. Bola chyba, že sa skôr nepoložila otázka, či jaskyňa sprístupnenie pre verejnosť znesie, alebo či sa týmto počinom nevyvolá rozhodujúca zmena charakteru jaskyne.

Obe uvedené jaskyne sa po vyše piatich desaťročiach zo skromných začiatkov dožili dnešného významu. Pohľadom späť sa ukázalo, že sa ani zdaleka nedali domyslieť všetky dôsledky, ktoré vyplynuli z ich rozšírenia a sprístupnenia pre širokú verejnosť. Skúsenosť ukázala, že každé zariadenie na sprístupnenie jaskyne znesie len obmedzené zafázenie. Keď sa táto hranica dosiahne, musia sa opäťovne uskutočniť určité úpravy zariadenia pre zvýšený počet návštevníkov. Ďalšie zá-

sahy v jaskyni a novšie zmeny sa stávajú nevyhnutným dôsledkom. Je úlohou tých ustanovizní, ktoré sa zaoberejú ochranou jaskýň, aby posúdili pred svojím rozhodnutím, ako ďaleko možno zodpovedať za takúto výstavbu bez toho, aby sa napr. ohrozila existencia ľadu v jaskyni. Pri svojich rozhodnutiach musia dozerať na to, aby sa

- A) a) zmeny uskutočnili v čo možno najužšom rámci,
- b) podla možnosti úplne vyhlo nežiadúcim následkom v ľadovom režime,
- c) zaručila bezpečnosť návštevníkov.

Skúsenosť dokazuje, že účelné zákroky možno uskutočniť len na základe rozsiahlych pozorovaní, sérií meraní a informácií, v ktorých sa berú do úvahy príspevky odborníkov najrozličnejších smerov. Práve pri ľadových jaskyniach je sprístupňovanie pre cudzinecký ruch veľmi často „manipuláciou“ s veľkým dosahom. Takáto cieľu zodpovedajúca manipulácia sa však sťaží tým, že mnohé rozhodujúce faktory pre ľadové režimy nemožno presne zhodnotiť. Nepredvídané môžu nastať výkyvy vo vetraní, v klimatizácii, alebo rýchle zmeny na úseku vetracích ciest závalmi, zamrznutím alebo naopak odmrznutím niektoréj chodby.

Aká komplexná je súčinnosť faktorov, určujúcich ľadový režim jaskyne, vyplýva z množstva rozličných reakcií rôznych ľadových jaskýň, ktoré sa vyskytujú v alpskej oblasti v približne rovnakých klimatických podmienkach. Preto je nepripustné spoločné javy v mnohých ľadových jaskyniach zovšeobecniť tým, že pôdneho ľadu v jaskyniach stále pribúda; môže to platiť pre podstatné časti ľadových jaskýň Eisriesenwelt v Tennengebirge a v Dachstein-Rieseneishöhle, ktoré majú byť fažiskom tejto úvahy, nesprávne je to ovšak aplikovať pre jaskynu Geldloch v Ötscher (Dolné Rakúsko) alebo pre Tablerloch na Dürre Wand (Dolné Rakúsko). Zdá sa, že obe posledne menované jaskyne ležia do určitej miery v hraničnom pásme stále pribúdajúceho ľadu a ľaduprostej oblasti. Obe jaskyne vykazujú oproti podkladom a meraniam uskutočneným pred 70–80 rokmi dokázať veľmi velký úbytok ľadu.

Aj Eisriesenwelt a Dachstein-Rieseneishöhle sa od seba podstatne líšia stavbou i situáciou a vytváraním zaľadnených častí. Nepretržité pozorovania ukázali, že Dachstein-Rieseneishöhle oveľa citlivejšie reaguje na zmenené klimatické podmienky ako Eisriesenwelt. Príastok ľadu je v tomto prípade závislý prevažne od prítoku presakujúcich vód a v období topenia snehu od jeho trvania a rýchlosťi prítoku vody. Vo všeobecnosti možno predpokladať, že v jaskyni Dachstein-Rieseneishöhle na ploche asi 5000 m^2 leží asi $13\,000\text{ m}^3$ ľadu. Najväčšia hrúbka pôdneho ľadu sa nachádza v Tristanovom dome (15–17 metrov).

Sprístupnenie jaskyne sa pôvodne obmedzilo na trasu od prírodného vchodu cez Tristanov dom po Parzivalov dom, odtiaľ do „Kleine Eiskapelle“ (Malá ľadová kaplnka) pri tzv. „Eispalast der Kondwiramur“. Odtiaľ viedol úzky priechod „Keyeschluf“ do Dómu kráľa Artuša a tým do ľaduprostých častí jaskyne. Keď si po druhej svetovej vojne narastajúca návštevnosť využíta vytvorenie obchôdzky v jaskyni a otvorenie nového vchodu, boli k dispozícii už séria meraní meteorologických faktorov v jaskyni, ktoré sa konali vyše jedného roka. Obchôdzka sa umožnila tým, že na konci ľaduprostej časti uvoľnili otvor na povrch, ktorý bol v podstate iba zasypaný sutinou. Z tohto otvoru, ktorý okamžite

dostal veterné vráta, prešli návštevníci ľaduprostými časťami jaskyne do Dómu kráľa Artuša a odtiaľ cez Keyeschluf do ľadovej časti. Pred vytvorením tejto obchôdzkovej trasy bol Keyeschluf občas otvorený, častejšie však úplne zamrznutý a nepriechodný. Nová trasa sa musela najskôr vysekať do ľadu. Už niekoľko málo rokov dokázalo, že otvorenie a rozšírenie Keyeschlufu ľadový režim jaskyne dynamickým vetraním silno ovplyvnil. Pôdneho ľadu v Ľadovom paláci Kond-wiramury ubudlo, postupne sa začal topiť aj podstavec jednej pôsobivej figúry nátekového ľadu, ktorý sa nachádzal nad výstupom do ľadových častí v Keyeschlufu. Tento nátekový ľad, veľká ľadová záclona, sa postupne dostal do pomalého klzavého pohybu a hrozilo nebezpečenstvo, že sa od steny uvoľní a zrúti. To znamenalo aj veľké nebezpečenstvo pre návštevníkov, keďže obhliadková trasa viedla pod touto ľadovou záclonou.

Aby sa tento ľadový útvar zachoval a súčasne sa zabránilo ohrozeniu návštevníkov, vykonal Spolkový pamiatkový úrad na návod vedúceho prevádzky jaskýň na Dachsteine Romana Pilza „sanáciu“ príslušného úseku jaskyne. Najskôr nariadił, aby sa v Keyeschlufe, na začiatku ľadovej časti dodatočne namontovali dobre tesniace veterné vráta, ktoré znemožnia cirkuláciu vzduchu medzi Dómom kráľa Artuša a ľadovou časťou jaskyne. Počas zimy, keď sa obhliadky nekonajú, sa v záhlaví zaťažená záclona v jej vrchných častiach stále ožarovala viacerými tepelnými žiaricmi. Stopená voda, ktorá pomaly stekala po visiacom ľade na podstavec figúry, sa pomocou umelo navrstvených ľadových blokov zachytila a nechala zamrznúť. Tým sa ľažisko celého útvaru presunulo na podstavec, ktorý sa súčasne zodpovedne zosilnil a upravil do prirodzeného vzhľadu. V lete 1970, 2 roky po skončení úprav, nezasvätení návštevníci sotva spozorovali, že sa na tomto mieste urobil umelý zásah do prírodného javu jaskyne. Pokus zosilniť ľadovú záclonu treba teda považovať za úspešný. Tento príklad však ukazuje, že napriek svedomitým odhadom možných následkov v ľadových jaskyniach a dynamickým vetraním môže nastať nepredvídaný vývoj.

V jaskyniach, ktoré patria k tomuto typu, možno už z tejto skutočnosti konštatovať, že počas jednotlivých rokov, podľa priebehu klimatických pomerov, možno pozorovať veľmi významné zmeny. V prípade Rieseneishöhle na Dachsteine možno z vrstvenia pôdneho ľadu usudzovať o nerušenom pomalom narastaní. Otázka, kedy toto narastanie začalo, sa vyjasnila v posledných rokoch pomocou peľových analytických výskumov v jaskynnom ľade. Friedrich Kral odobral roku 1967 celkom 15 vzoriek ľadu, v ktorých sa predovšetkým podiel „kultúrneho peľu“ pre chronologické zatriedenie príslušných vrstiev ľadu ukázal dôležitý. Výsledkom tohto výskumu bolo poznanie, že ľad sa mohol začať tvoriť najskôr začiatkom 15. storočia. Predtým bola Dachstein-Rieseneishöhle bez ľadu. Je známe, že približne v tomto čase nastalo vo východoalpskej oblasti citeľné „zhoršenie podnebia“, ktoré bolo pravdepodobne predpokladom pre začiatok zľadovatenia v jaskyni. To však znamená, že naopak už mierny výkyv klímy smerom k vyšším priemerným teplotám, kratšie zotrvanie snehovej prikrývky v priesotre nad jaskyňou, rýchlejší priebeh jarného topenia snehu môže ďalší prírastok jaskynného ľadu, ale aj jeho zachovanie ohrozí. Preto je veľmi dôležité získať podklady pre závery o vzájomnej závislosti týchto faktorov podľa možnosti naj-

rozsiahlejším zbieraním údajov o pohybe teplôt, priebehu zrážok, pohybe vzduchu a tvorením ľadu. Bolo by potrebné vyhnúť sa každému zákroku do ľadového režimu, ktorý by mohol spôsobiť stratu hmoty pôdneho ľadu alebo ľadových nátekov. Aby sa mohlo nepredvídaným následkom čo aj len nepatrnej zmeny klímy vyhnúť alebo ju kompenzovať, nezostáva iná voľba, než manipulácia celého ľadového režimu. K tomu patrí predovšetkým odvádzanie vôd presakujúcich v období prvého topenia snehu neskorej zimy na tie miesta, kde je jej zamrznutie osobitne žiaduce. Ďalej k tomu patrí systematické otváranie a zatváranie veterálnych vrát, ktoré sa musí uskutočňovať za určitých klimatických podmienok. Ko nečne patrí k tomu aj sústavné úsilie aspoň na niekoľkých miestach nepretržite pozorovať prírastok a úbytok ľadu bez ľudského ovplyvnenia. Táto činnosť je na trasách obhliadiok ľažká alebo priam nemožná, lebo veľká návštevnosť jaskyne si vynucuje, aby po každej sezóne cudzineckého ruchu sa povrch ľadu umýval. To tak zmení povrch ľadu, že pravdepodobne ani v dalekej budúcnosti sa nevyskytne možnosť bezchybných presných vedeckých meraní.

Už tieto málopočetné poukazy bezpochyby dokazujú, že ľadové jaskyne sú objektom váznych starostí orgánov ochrany jaskýň. V zásade by sa v týchto oblastiach, kde už je jedna alebo viac reprezentatívnych jaskýň sprístupnených pre cudzinecký ruch a teda priam „obetovaných“, ďalšie sprístupňovania nemali uskutočňovať. Jestvujúce, esteticky rovnocenné objekty by sa mali bezvýhradne chrániť pred každým ľudským zásahom. Táto požiadavka sa vynára z povinnosti ochrany jaskýň, aby sa umožnili ďalšie vedecké výskumy v jaskyniach.

ochrany jaskyní, aby sa umožnili ďalšie vedecké výskumy v jaskyňach.

EISHÖHLEN IN DEN SALZBURGER ALPEN

GUSTAV ABEL

Alle Naturphänomene erweckten schon in den frühesten Zeiten grosse Beachtung, so auch zu Beginn des 19. Jahrhunderts Höhlen, die im Sommer Eis führten und heute sind im Land Salzburg mehr als 50 solcher Höhlen bekannt. Kartographisch wurden um das Jahr 1801 der Grosse Eiskeller im Untersberg und im Jahre 1826 die Schellenberger Eishöhle erfasst. Diese Naturscheinung des permanenten Eises in Höhlen veranlasste R. Posselt-Czorich um 1874 erstmals, systematisch nach Eishöhlen zu suchen und er betritt u. a. als erster 1879 eine, später nach ihm benannte Posselt-Eishöhle, die heute als Eisriesenwelt bekannt ist. Nahezu zur selben Zeit ist es auch der Geograph Eduard Richter, der nach Eishöhlen forscht. Grundlegende Forschungen beginnt jedoch erst der Geologe Eberhard Fugger um 1880. Besonders in den Eishöhlen des Unterberges macht er regelmässige Messungen von Eisständen, Temperaturen und skizziert die Veränderungen an den Eisfiguren. Das Vorhandensein von Eis in Höhlen war damals ein umstrittenes Problem, Fugger legte jedoch die Wintereistheorie fest. Dazu möchte ich ergänzen: Im Winter erfolgt die Unterkühlung der Höhlenräume und im Frühjahr beginnt in den alpinen Höhlen die Eisbildung als Folge der eintretenden Schneeschmelze mit den Sickerwässern und erst im Herbst erfolgt die Abschmelzung. Die Jahreszeiten verschieben sich hier um ein Vierteljahr, denn die dynamische kalte Luftzirkulation konserviert im Sommer das Eis.

Die Eisbildung in Höhlen ist unterschiedlich in ihrer Art. In absinkenden Sackhöhlen und in Naturschächten fällt Schnee ein und verfirnt wie die Gletscher zu Schneieis, dann spricht man über Schneehöhlen. Eine andere Art ist das Wassereis. Dieses entsteht, wenn Sickerwässer in den unterkühlten Höhlenräumen erstarren und zu Wassereishöhlen werden. Es treten auch beide Fälle in einer Höhle auf, dann handelt es sich um kombinierte Eishöhlen. Alle anderen Höhlen mit nur periodischem Eis sind temporär und die Bezeichnung Eishöhle ist nicht stichhaltig.

Die Ursache zur permanenten Eisbildung ist in den Salzburger Höhlen die örtliche Jahresdurchschnittstemperatur von $\pm 0^{\circ}\text{C}$, welche hier bei 1400 m ü. M.

beginnt. Diese Höhenzone liegt hierorts im Bereich des miozänen Niveaus, wo seinerzeit die Großhöhlen entstanden sind.

Klimaänderungen von wenigen Graden gefährden jedoch den Eisbestand und da im Mittelalter ein wesentlich wärmeres Klima herrschte, ist die Annahme, dass es sich um Glazialeis handelt, hinfällig.

Veränderungen im Eis sind am besten mit Pegeln festzuhalten und mit eingeziehnneten Flächenveränderungen auf detaillierten Höhenplänen. Auf Grund alter Höhenpläne von Richter, Fugger und Mörk konnten wir überall einen Flächenzuwachs ermitteln als auch an den Pegeln ein Anwachsen registrieren und dies für den Zeitraum von 90 Jahren im Gegensatz den nächstgelegenen alpinen Gletschern, wo ein starker Rückgang zu verzeichnen ist.

Mit den Pegelkontrollen waren auch Temperaturmessungen erforderlich. Zu diesem Zweck machte ich vierteljährig, den Jahreszeiten entsprechend, in den in Frage kommenden Höhlen Ablesungen an bis 30 Thermometern, die auf der ganzen Länge verteilt waren, wodurch an die 3000 Ablesungen an Lamberth-Thermometern zustande gekommen sind. Dabei konnte ich in den Höhlen jeweils sechs Zonen abgrenzen.

Die 1. Zone ist die Außenzone, d. i. abseits vom Höhleneingang und erfasst die grössten Extreme vom Sommer bis zum Winter. Die 2., die Eingangszone reduziert schon wesentlich die Unterschiede, welche ohne weiteres hier noch 15° ausmachen können. Einen auffallenden Kältesack bildet die 3. Zone, zum Teil in den Vorhallen, wo die Temperaturen der Höhlen am tiefsten sind. (Das ist auch der Bereich des permanenten Höhleneises.) Nach dieser ist ein Ansteigen im Klima zu verzeichnen, das die 4., die Ausgleichszone als Übergang zur 5. Zone ergibt, die anschließend die Höhlenzone (5) bildet, die mindestens die Hälfte des gesamten Höhlenraums einnimmt. Hier sind die Temperaturschwankungen äußerst gering, bis 2,5 °C. Dieser Bereich korrespondiert zugleich mit dem Jahresmittel der Außenzone. Wir haben hier auch das ausgeglichene neutrale Klima, dessen geothermische Stufen im Laufe der Zeit hier aufgeboten werden. Als letzte bezeichne ich die Endzone, also den Endbereich der Höhle, wo ein leichter Temperaturanstieg zu verzeichnen ist. Es handelt sich hier um eine Durchgangshöhle, wonach der eigentlichen Höhlenzone die Zonen 4, 3, 2 und 1 folgen. Höhlen mit Fließwasser wurden nicht einbezogen. Durch Eissiphons, oder wenn das Bodeneis die Höhlendecke erreicht, können natürlich Klimaänderungen hervorgerufen werden. Künstliche Klimaänderungen, wie Öffnungen, Wettertüren etc. können unsachgemäß den Eishaushalt empfindlich stören.

Anschließend folgen bedeutende Beobachtungen in einigen unserer Eishöhlen. Im Untersberg ist es die Kolowratshöhle (1391 m ü. M.), wo ich in E. Fuggers Beobachtungen fortgesetzt habe. Seit 1882 ist bis heute in dieser Höhle das Bodeneis um 4,53 m³ zurückgegangen. Die Ursache dazu liegt darin, daß der Eingang bei der Entdeckung (1886) künstlich erweitert wurde.

Eine interessante Eishöhle ist die Eiskogelhöhle, eine Durchgangshöhle mit östlichem und westlichem Eisteil (2100—1970 m). Zeitweilig ist der Westein-

gang von einem Eis- und Wassersiphon verschlossen (1877, 1924, 1931, 1949, 1952) und so tritt im Westteil ein Eischwund ein, bei dem 6 bis 20 m hohe Eis-säulen zur Gänze verschmilzen und beim Öffnen regenerieren.

Die Eisriesenwelt (1650 m), die größte Eishöhle der Welt weist eine ständige Zunahme der Eisfläche auf. Einige Anhaltspunkte stammen noch aus dem Jahr 1879 (Posselt), 1913 (Mörk) und 1928 (Gruber). Die von mir angebrachten Pegel von 1924 bis 1952 ergaben an den meisten Stellen ein Ansteigen von 0,55 m bis 11,72 m bei der größten Sohleneisstärke von 26 m.

Auch die Eisfiguren zeigen hier einen ständigen Wandel, eine von ihnen ist ganz verschwunden, doch alle übrigen nehmen an Stärke und Höhe zu.

Zusammenfassend kann man daher von den Salzburger Eishöhlen feststellen, daß ihr Eishaushalt positiv ist.

Väčšky prírodné javy vzbudili už v najstarších časoch veľkú pozornosť, a tak aj začiatkom 19. storočia o jaskyne, v ktorých sa ľad udržal aj v lete a ktorých je v okoli Salzburgu známych päťdesiat, bol veľký záujem. Kartograficky bola okolo roku 1801 zaznačená ľadová jaskyňa Grosser Eiskeller (Veľká ľadová pivnica) v Untersbergu a roku 1826 ľadová jaskyňa Schellenberger Eishöhle. Tento jav permanentného ľadu v jaskyniach podniatil R. Posselta-Czoricha systematicky hľadať ľadové jaskyne, a tak medzičinným rokom 1879 ako prvý zoštúpil do neskôršie po ňom nazvanej Posseltovej ľadovej jaskyne, ktorá je dnes známa pod menom Eisriesenwelt (Svet ľadových obrov). Takmer súčasne s ním aj geograf Eduard Richter hľadal ľadové jaskyne. Základný — smerodajný výskum začala však okolo roku 1880 geolog Eberhard Fugger. Najmä v ľadových jaskyniach Untersbergu vykonáva pravidelné merania stavu ľadu, teploty a náčrtky zmény ľadových form. Existencia ľadu v jaskyniach bola v tých časoch sporným problémom, avšak Fugger vytvoril teóriu zimného ľadu. K tomu by súčasne chcel prispojiť: V zime nastáva podchladenie jaskynných priestorov a na jar s počínajúcim sa roztopením snehu a prezakukujúcimi vodami sa v alpských jaskyniach tvorí ľad; topí sa v jeseni. Ročné obdobia sa tu teda o kyrf roka posúvajú, pretože dynamická cirkulácia studeného vzduchu konzervuje ľad v lete.

Tvorenie sa ľadu v jaskyniach je svojím spôsobom rozličné. Do klesajúcich slepých jaskýň a prirodzených šachiet napadá sneh a zmrza do zmrzlého ľadu (firn) ako ľadovce a snehový ľad; potom hovoríme o s n a h o v o l a d o v ý c h j a s k y n i a c h . Iným druhom je vodný ľad; vzniká zmrznutím presakujúcej vody v podchladerých jaskyniach. Tak sa vytvárajú j a s k y n e s v e d n ý m ľ a d o v ã . Vyskytuju sa niekedy aj oba prípady v jednej jaskyni, potom hovoríme o k o m b i n o v a n ý c h j a s k y n i a c h . Všetky ostatné jaskyne s prečídky sa vyskytujúcim ľadom majú prechodný charakter a označenie ľadovej jaskyne nie je v ich prípade celkom oprávnené.

Základnou podmienkou permanentnej tvorby ľadu v Salzburských jaskyniach je teplota miestneho ročného priemeru 0°C , ktorá sa v tejto oblasti zadrží vo

GUSTAV ABEL

LADOVÉ JASKYNE V SALZBURSKÝCH ALPÁCH

Všetky prírodné javy vzbudili už v najstarších časoch veľkú pozornosť, a tak aj začiatkom 19. storočia o jaskyne, v ktorých sa ľad udržal aj v lete a ktorých je v okolí Salzburgu známych päťdesiat, bol veľký záujem. Kartograficky bola okolo roku 1801 zaznačená ľadová jaskyňa Grosser Eiskeller (Veľká ľadová pivnica) v Untersbergu a roku 1826 ľadová jaskyňa Schellenberger Eishöhle. Tento jav permanentného ľadu v jaskyniach podnietil R. Posselt a Czorich a systematicky hľadať ľadové jaskyne, a tak medziiným roku 1879 ako prvý zoštúpil do neskoršie po ňom nazvanej Posseltovej ľadovej jaskyne, ktorá je dnes známa pod menom Eisriesenwelt (Svet ľadových obrov). Takmer súčasne s ním aj geograf Eduard Richter hľadal ľadové jaskyne. Základný — smerodajný výskum začína však okolo roku 1880 geológ Eberhard Fugger. Najmä v ľadových jaskyniach Untersbergu vykonáva pravidelné merania stavu ľadu, teplôt a náčrtky zmeny ľadových foriem. Existencia ľadu v jaskyniach bola v tých časoch sporným problémom, avšak Fugger vypracoval teóriu zimného ľadu. K tomu by som chcel pripojiť: V zime nastáva podchladenie jaskynných priestorov a na jar s počínajúcim sa rozrápaním snehu s presakujúcimi vodami sa v alpských jaskyniach tvorí ľad; topí sa v jeseni. Ročné obdobia sa tu teda o štvrt roka posúvajú, pretože dynamická cirkulácia studeného vzduchu konzervuje ľad v lete.

Tvorenie sa ľadu v jaskyniach je svojím spôsobom rozličné. Do klesajúcich slepých jaskýň a prirodzených šachiet napadá sneh a zmrzne do zrnitého ľadu (firn) ako ľadovce a snehový ľad; potom hovoríme o s n e h o v o - ľ a d o v ý c h j a s k y n i a c h . Iným druhom je vodný ľad; vzniká zmrznutím presakujúcej vody v podchladených jaskyniach. Tak sa vytvárajú j a s k y n e s v o d n ý m ľ a d o m . Vyskytujú sa niekedy aj oba prípady v jednej jaskyni, potom hovoríme o k o m b i n o v a n ý c h j a s k y n i a c h . Všetky ostatné jaskyne s periodicky sa vyskytujúcim ľadom majú prechodný charakter a označenie ľadovej jaskyne nie je v ich prípade celkom oprávnené.

Základnou podmienkou permanentnej tvorby ľadu v Salzburských jaskyniach je teplota miestneho ročného priemeru 0°C , ktorá sa v tejto oblasti začína vo

výške 1400 m n. m. Toto výškové pásmo leží v tejto oblasti v dosahu miocénnej úrovne, kde svojho času vznikali veľkajaskyne.

Klimatické zmeny niekoľkých stupňov však ohrozujú stavy ľadu a keďže tu v stredoveku panovalo podstatne teplejšie podnebie, predpoklad, že by tu malo ísť o ľad z glaciálnych dôb, je úplne neopodstatnený.

Zmeny ľadu možno zaznamenať najlepšie stavoznakmi a zakreslením zmeny plôch na podrobných plánoch jaskýň. Na základe starých plánov jaskýň od Richtera, Fuggera a Mörka mohli sme všade zistíť prírastok ľadových plôch, a to za obdobie 90 rokov oproti najbližším alpským ľadovcom, kde sa zaznamenáva významný ústup ľadu.

S kontroloou stavoznakmi boli potrebné aj merania teplôt. Preto som štvrtročne prispôsobene ročným obdobiam uskutočňoval v jaskyniach, ktoré prichádzajú do úvahy, merania až na 30 teplomeroch, rozmiestených po celej jaskyni, takže týmto spôsobom som vykonal 3000 odpočtov na Lambertových teplomeroch. Prítom som mohol v jaskyniach zakaždým ohraničiť š e s t p á s e m.

Prvé pásmo je p á s m o v o n k a j s i e, t. j. mimo vchodu do jaskyne; zachycuje najväčšie extrémy od leta do zimy. Druhé je p á s m o v c h o d u, ktoré už značne redukuje rozdiely, ktoré však ešte bez všetkého môžu dosahovať 15 °C. Výslovne v r e c e s t u d e n é h o v z d u c h u tvorí tretie pásmo v priestoroch, kde sú teploty najnižšie. (Je to tiež priestor permanentného ľadu.) Za ním možno pozorovať klímu vzostupnej teploty, ktorá tvorí štvrté, v y r o v n á v a c i e p á s m o ako prechod do piateho pásmo, ktoré tvorí v zápäti p á s m o j a s k y n n é a zaberá najmenej polovicu celého jaskynného priestoru. Tu sú výkyvy krajne nízke, až do 2,5 °C. Tento rozsah súčasne korešponduje aj s ročným priemerom vonkajšieho pásma. Tu máme aj vyrovnanú neutrálnu klímu, ktorej geotermické stupne sa tu časom naskytli. Posledné je k o n c o v é p á s m o, teda v najzápadnejšej časti jaskyne, kde sa zaznamenáva mierne zvýšenie teploty. Ide tu o priechodovú jaskyňu, v dôsledku čoho tu za jaskynným pásmom nasledujú pásma 4., 3., 2. a 1. Jaskyne s tečúcou vodou sa sem nezaraďujú. Ľadové sifóny, alebo pôdny ľad, ak dosiahnu povalu jaskyne, môžu samozrejme vyvolať zmenu klímy. Umelé zmeny klímy, spôsobené otvormi, veternými dvermi atď., môžu nepriaznivo vplývať na ľadový režim.

Záverom pristupujeme k významným pozorovaniam v niektorých ľadových jaskyniach. V Untersbergu je to jaskyňa K o l o w r a t h ö h l e (1491 m n. m.), kde som pokračoval v pozorovaniach E. Függera. Od roku 1882 do dnešného dňa ubudlo v tejto jaskyni 4,53 m³ pôdneho ľadu. Príčina tohto javu sa vysvetluje tým, že sa pri objavení tejto jaskyne (1886) umelo rozšíril vchod do nej.

Veľmi zaujímavá je jaskyňa E i s k e g e l h ö h l e, priechodná ľadová jaskyňa s východnou a západnou ľadovou časťou (2100—1970 m). Občas je západný vchod uzavretý ľadovým a vodným sifónom (1877, 1924, 1931, 1949, 1952), a tak v západnej časti ľadu ubúda, pričom sa 6 až 20-metrové stĺpy úplne roztochia a po zániku sifónu opäť regenerujú.

E i s r i e s e n w e l t (1650 m), najväčšia ľadová jaskyňa na svete, vykazuje stály prírastok ľadovej plochy. Niekoľko podkladov pochádza ešte z roku 1879 (Posselt), 1913 (Mörk) a 1928 (Gruber). Stavoznaky, ktoré som rozmiestil od

roku 1924 do 1952 dokázali na väčšine miest prírastok ľadu od 0,55 m do 11,72 m, pri najväčšej hrúbke pôdneho ľadu 26 m.

Aj ľadové figúry sa stále menia, jedna z nich úplne zmizla, ale všetky ostatné pribrali na hrúbke i výške.

Súhrnom možno povedať, že Salzburské ľadové jaskyne vykazujú pozitívny ľadový režim.

WALTER GRESSEL

Für die Entwicklung eines natürlichen Eismarkens unter Tag sind die geomorphologischen und meteorologischen Bedingungen von grundlegender Bedeutung, einerseits ist es die unterirdische Raumgestaltung und andererseits der Einfluß einer Bewetterung, die in unmittelbarem Zusammenhang mit der großräumigen Zirkulation der Atmosphäre steht. Die eine Art, nämlich Eisbildungen in Höhlen oder großräumige, mitunter auch noch unzugängliche unterirdische Eisvorkommen, verdankt ihre Entwicklung und, wie sich aus langjährigen Beobachtungen in alpinen Höhlen zeigt, auch ihre vielgestaltige Veränderung einer dynamischen Wetterführung, also Vorgingen, bei denen die Luft infolge der atmosphärischen Wetterabläufe und Luftdruckverhältnisse von mehreren Seiten in das Berginnere gelangen kann. Der Eisinhalt dieser Objekte wird in ganz beachtlichem Ausmaße durch die winterliche Kaltluft und durch die von der Oberfläche eindringenden Schmelz- und Niederschlagswässer bestimmt. Es entsteht dabei vorwiegend kompaktes Eis, sowohl Bodeneis als auch Eisfiguren mit einem Formenreichtum und einer großen Entwicklungsmöglichkeit zu Eiswallformen und Eisdraperien, also ein breites Eiswachstum infolge starkerem Wasserangebot durch Spalten und Klüfte. Bei geringerer Wasserzufluhr oder Tropfwasser hingegen entstehen Einzelfiguren, die nicht immer dauerhaft sind und je nach Kälteigkeit des Gesteines da oder dort auftreten und auch immer wieder den Abschmelzprozessen unterliegen.

Die Klarheit des Eises hängt von der Temperatur zur Ausbildungzeit ab, je tiefer die Temperatur, desto kompakter wird das Eis und das dem Verfall am stärksten ausgesetzte Eis mit vielen Lufteinschlüssen ist das so formschöne und mannigfaltig entwickelte Banneis oder Wabeneis.

Von der Luftfeuchtigkeit zur Zeit der niedrigsten Temperaturen hängt die Größe und Menge des Reifansatzes im Berginneren ab, einer Eisform, die durch Sublimation, also dem direkten Übergang der Luftfeuchtigkeit zu festen Formen, entsteht und bis zu mehreren Zentimetern große Kristallflächen und an besonders zirkulationsbegünstigten Stellen mehrere Zentimeter starke Polster entwickeln kann.

SPELÄOMETEOROLOGIE UND EISVORKOMMEN IM ALPENGEBIET

WALTER GRESSEL

Für die Entwicklung eines natürlichen Eisvorkommens unter Tag sind die geomorphologischen und meteorologischen Bedingungen von grundlegender Bedeutung, einerseits ist es die unterirdische Raumgestaltung und andererseits der Einfluß einer Bewetterung, die in unmittelbarem Zusammenhang mit der großräumigen Zirkulation der Atmosphäre steht. Die eine Art, nämlich Eisbildungen in Höhlen oder großräumige, mitunter auch noch unzugängliche unterirdische Eisvorkommen, verdankt ihre Entwicklung und, wie sich aus langjährigen Beobachtungen in alpinen Höhlen zeigt, auch ihre vielgestaltige Veränderung einer dynamischen Wetterführung, also Vorgängen, bei denen die Luft infolge der atmosphärischen Wetterabläufe und Luftdruckverhältnisse von mehreren Seiten in das Berginnere gelangen kann. Der Eishaushalt dieser Objekte wird in ganz beachtlichem Ausmaße durch die winterliche Kaltluft und durch die von der Oberfläche einsickernden Schmelz- und Niederschlagswässer bestimmt. Es entsteht dabei vorwiegend kompaktes Eis, sowohl Bodeneis als auch Eisfiguren mit allem Formenreichtum und einer großen Entwicklungsmannigfaltigkeit zu Eiswallformen und Eisdraperien, also ein breites Eiwachstum infolge stärkerem Wasserangebot durch Spalten und Klüfte. Bei geringerer Wasserzufluhr oder Tropfwasser hingegen entstehen Einzelfiguren, die nicht immer dauerhaft sind und je nach Klüftigkeit des Gesteines da oder dort auftreten und auch immer wieder den Abschmelzprozessen unterliegen.

Die Klarheit des Eises hängt von der Temperatur zur Ausbildungszeit ab, je tiefer die Temperatur, desto kompakter wird das Eis und das dem Verfall am stärksten ausgesetzte Eis mit vielen Lufteinschlüssen ist das so formschöne und mannigfaltig entwickelte Baumeis oder Wabeneis.

Von der Luftfeuchtigkeit zur Zeit der niedrigsten Temperaturen hängt die Größe und Menge des Reifansatzes im Berginneren ab, einer Eisform, die durch Sublimation, also dem direkten Übergang der Luftfeuchtigkeit zu festen Formen, entsteht und bis zu mehreren Zentimetern große Kristallflächen und an besonders zirkulationsbegünstigten Stellen mehrere Zentimeter starke Polster entwickeln kann.

Der Großteil dieser Rauhreibildungen zerfällt ob seiner filigranen und temperaturempfindlichen Strukturin der wärmeren Jahreszeit, zu der auch im Eisbereich der Höhlen Temperaturen um bzw. auch etwas über Null Grad auftreten können. Rauhreibpolster von stärkerem Ausmaß überstehen die durchschnittlich wärmeren Perioden und fallen nur einer länger anhaltenden und stärkeren Erwärmung, die unter Tag verhältnismäßig selten vorkommt, zum Opfer.

Eine weitere Möglichkeit zur Eisentwicklung in Höhlen ergibt sich durch Einzelöffnungen im Berg, die infolge ihrer bergwärts abfallenden Richtung keine wesentliche Zirkulation aufweisen, sondern nur durch Luftaustauschvorgänge auf Grund von stärkeren Luftdruckschwankungen oder Temperaturunterschieden oder durch Sogeffekte seitens einer stärkeren Luftbewegung, die über Tag vorüberzieht, geringfügig bewettert sind. Bei fallendem Luftdruck in der Atmosphäre entsteht nämlich im Berginneren naturgemäß ein Überdruck, der eine nach außen gerichtete schwache Druckausgleichströmung zur Folge hat, wogegen bei steigendem Luftdruck in der freien Atmosphäre im Berginneren zunächst noch ein Unterdruck herrscht, den erst eine schwache nach innen gerichtete Ausgleichströmung kompensiert, um das stationäre Gleichgewicht im Luftraum wieder herzustellen. Durch diese beiden Druckausgleichströmungen erfolgt auch jeweils der Luftaustausch unter Tag. Eine Erwärmung in der freien Atmosphäre wirkt sich mit ihrer spezifisch leichteren Luftmasse auf diesen Höhlenbereich fast gar nicht aus, wohl aber ein stärkerer Temperaturrückgang bis unter den Gefrierpunkt, wobei die spezifisch schwerere Luftmasse in das Höhleninnere einfließt und mit den eindringenden Sickerwässern eine Eisbildung ermöglicht. Diese durch die Wettervorgänge über Tag hervorgerufenen Luftaustauschvorgänge sind aber im allgemeinen nur so schwach, daß sie nur im tagnahen Bereich der Höhle und nur zeitweise einen stärkeren Einfluß auf den Eishaushalt ausüben und Abschmelzvorgänge verursachen können, während in den tieferen Teilen infolge der nur geringfügigen und kaum meßbaren Luftbewegung keine für den Eishaushalt nennenswerte Temperaturerhöhung zur Auswirkung kommen kann. Die Veränderlichkeit der Eisformen ist daher hier auch viel geringer gegenüber einem dynamisch bewetterten Höhlenteil und vielfach nur durch eine Veränderung des Sickerwasserlaufes bedingt. Auch die Ausbildung von Höhlenreif ist mangels fehlender stärkerer Bewetterung bei weitgehend gleichbleibender Feuchtigkeit wesentlich schwächer.

Noch zwei weitere Typen von Eisvorkommen im Alpenbereich wären bemerkenswert. Das eine liegt in der Matzen in Südkärnten in einer Höhe von 1100 bis 1300 m, wurde bei der Anlage von Güterwegen an mehreren Seiten angeschnitten, doch war es noch nicht möglich, eine gangbare Öffnung in das Berginnere freizulegen. Ein 7 Meter tiefer Schacht wurde unter anderem durch das Eis getrieben, ohne auf Hohlräume zu stoßen, und auch dieser fror innerhalb eines Jahres wieder bis auf einen Meter unter der Humusdecke zu. An zahlreichen Stellen der Erdoberfläche kann ein kalter Luftzug mit 1/2 bis 1 m/sec aus dem Berginneren festgestellt werden. Gebietsweise trifft man nur wenige Zentimeter unter der Humusdecke auch im Hochsommer auf Eiskristalle. Das in Mulden zusammengelegte Reisig von gefällten Bäumen ist an der Unterseite vereist, 60 bis

100-jähriger Baumwuchs erreicht nur eine Stärke von 10–15 cm, die Vegetation ist tundrenartig und unter einem Stein wurde von E. Hözel ein echter Höhlenkäfer gefunden. Es liegen also genügend Anzeichen vor, die die Annahme rechtfertigen, daß sich im Inneren der Matzen ein dynamisch bewettertes Höhlensystem befindet, dessen Zirkulation einerseits durch die zahlreichen Klüfte und Schächte im Gipfelbereich und anderseits durch die Klüfte an den Bergflanken erfolgt, die durch Schutthalden oder zum Teil auch Humusboden mehr oder minder stark überdeckt sind, so daß man zur warmen Jahreszeit manchenorts einen ausströmenden Kaltluftzug wahrnehmen kann.

Ein anders geartetes Eisvorkommen befindet sich auf der Villacher Alpen in 2000 m Höhe in einer großen Einbruchsdoline, deren Grund mit einem Eisblock erfüllt ist, um welchen man in Jahren mit warmer Witterung entlang einer Randklüft bis 100 m Tiefe abwärts klettern kann und in einen Eisdom gelangt, von dessen tiefsten Punkt aus noch eine schmale, aber nicht mehr gangbare Öffnung zu erkennen ist, die eine weitere Fortsetzung des Eises von unbekannter Tiefe anzeigt. Auch dieses Eisvorkommen steht von mehreren Seiten unter dem Einfluß einer dynamischen Bewetterung, der durch die Beobachtung bestätigt wird, daß zur Zeit eines Schneefalles über Tag gar nicht unbedeutende Schneemengen durch Klüfte und Fugen ohne sichtbares Tageslicht bis in den Eisdom verfrachtet werden.

Will man nun in Gebieten mit natürlichen Eisvorkommen künstliche Eingriffe vornehmen, etwa um die Eisentwicklung zu fördern, so ist dabei aber doch größte Vorsicht notwendig. Denn ein Versuch, z. B. die dynamische Bewetterung durch weiteres Freilegen von Eingängen zu intensivieren, bedarf einer genauen Überlegung. Man könnte nämlich durch eine anhaltende, intensivere Bewetterung, die sich dann natürlich auch auf die warme Jahreszeit erstreckt, den Eishaushalt eher vermindern als verstärken. Günstiger hingegen wird sich, sofern es die Gegebenheiten ermöglichen, der Einbau einer Wettertür erweisen, die in der warmen Jahreszeit geschlossen, in der kalten aber unbedingt geöffnet werden muß. Eine derartige künstliche Beeinflussung der Wetterführung wird zu einem Eiszuwachs führen, wobei allerdings darauf zu achten ist, daß durch den bewirkten Eiszuwachs nicht andere für die Bewetterung wesentliche Öffnungen zufrieren und abgeschlossene, unbewetterte Teilstrecken entstehen.

Zur Messung und Registrierung meteorologischer Elemente in Eishöhlen ist bemerkenswert, daß die relativ niedrigen Temperaturen in Zusammenhang mit hoher Luftfeuchtigkeit die Registrierungen sehr problematisch gestaltet, da die Geräte in kürzester Zeit mit Feuchtigkeit oder Eis beschlagen sind. Dadurch zeigen Feuchtigkeitsmeßgeräte überwiegend nur die Sättigungsgrade an und Temperaturmessungen zeigen nur die Temperatur der beschlagenen Feuchtigkeit oder die Verdunstungswärme, aber niemals die Lufttemperatur an. Die verlässlichste und repräsentativste Methode bleibt die persönliche Einzelmessung unter Berücksichtigung des Abstandes vom Meßgerät zum Körper mit etwa einem Meter, mit angehaltenem Atem während der Ablesung mit elektrischer und nicht offener Beleuchtung und mit mehreren Minuten Anpassungszeit bei eventuellen Schwenkbewegungen vor jeder einzelnen Messung.

SPELEOMETEOROLÓGIA A VÝSKYT LADU V OBLASTI ÁLP

WALTER GRESSEL

Pre vývoj prirodzeného výskytu ľadu pod zemským povrchom majú geomorfologické a meteorologické podmienky zásadný význam, lebo je to jednak tvárvosť podzemného priestoru, jednak vplyv prevetrvania, ktoré sú v bezprostrednej závislosti od veľkopriestorovej cirkulácie atmosféry. Výskyt ľadu v podzemí vďačí za svoj vznik — ako z dlhoročných pozorovaní v alpských jaskyniach vyplýva — aj mnohotvárnym zmenám dynamického vetrania priestorov, teda pochodom, pri ktorých vzduch pre atmosferické klimatické prúdy a tlakové pomery môže z mnohých strán prenikať do vnútra horstiev. Ľadový režim týchto objektov veľmi značne určuje zimný studený vzduch a presakujúca voda z povrchu buď z teplenia snehu, alebo zo zrážok. Pritom vzniká prevažne kompaktný ľad tak pôdný, ako aj ľadové útvary so všetkým bohatstvom tvarov, s veľkou rozmanitosťou form ľadových nátekov a ľadových záclon. Teda už narastanie ľadu pod vplyvom väčšieho prílevu vody závisí od prítoku vody puklinami a štrbinami. Pri menšom príleve vody alebo len kvapkaní vznikajú jednotlivé tvary, ktoré nie sú vždy trvalé a podľa presakovosti horniny sa tu a tam vyskytnú a potom aj v dôsledku roztopenia zaniknú.

Čirost ľadu je závislá od teploty počas vzniku ľadu. Čím je teplota nižšia, tým sa ľad stáva kompaktejším. Ľad s mnohými vzduchovými bublinkami je tvarovo najkrajší, rozmanito vyvinutý, kríčkovitý alebo plástový, avšak najviac vystavený nebezpečenstvu zániku.

Od vlhkosti vzduchu v čase najnižších teplôt je závislá veľkosť a množstvo inovat v podzemí. Je to forma ľadu, ktorá sa sublimáciou, priamym prechodom z vlhkosti vzduchu mení na pevné tvary a vytvára niekoľko centimetrov veľké kryštálové plochy a na cirkulačne osobitne výhodných miestach aj niekoľko centimetrov hrubú vankúšovitú vrstvu.

Prevažná časť inovate sa pre svoju filigránsku, jemnú štruktúru a citlivosť voči teplote rozpadá v teplejšom ročnom období, ktorého vplyv sa prejavuje aj v dosehu ľadu v jaskyniach, keď teploty stúpajú k nule alebo nad 0°C . Hrubšie vankúše inovate zvyknú odolávať priemerným vyšším teplotám a stávajú sa obe-

fou len dlhšie trvajúceho silnejšieho oteplenia, ktoré sa však v podzemí len zriedka vyskytuje.

Ďalšia možnosť vývoja ľadu v jaskyniach sa vytvára v ojedinelých otvoroch vo vrchu, v ktorých pre svoj spád v smere vrchu nevzniká nijaká cirkulácia, iba nepatrné prevetrvávanie pod vplyvom procesov výmeny vzduchu na základe silnejších výkyvov tlaku vzduchu alebo rozdielov tepla alebo aj účinkami nasávania pre silnejší pohyb vzduchu, ktorý prúdi na povrchu. Pri klesajúcom tlaku vzduchu vzniká v podzemí pretlak, ktorý spôsobuje slabý tlakový prúd smerom k povrchu. Naproti tomu pri stúpajúcom tlaku vzduchu vo voľnej atmosfére panuje v podzemí najskôr ešte určitý podtlak, ktorý sa potom kompenzuje slabým vyrovnavacím prúdením smerom dovnútra, aby sa opäť vytvorila vo vzdušnom priestore stacionárna rovnováha. Týmito oboma prúdeniami na vyrovnanie tlaku vzduchu nastáva zakaždým aj výmena vzduchu v podzemí. Oteplenia vo voľnej atmosfére so svojimi špecificky ľahšimi masami vzduchu nemajú skoro nijaký vplyv na jaskynný priestor, avšak silnejší pokles teploty pod bod mrazu, pri ktorom špecificky tažšia masa vzduchu preniká dovnútra jaskyne, umožní tvorenie ľadu z presakujúcich vód. Tieto procesy výmeny vzduchu, vyvolané klimatickými zmenami nad povrhom, sú však vo všeobecnosti také slabé, že ovplyvňujú len tie oblasti jaskyne, ktoré sú blízke k povrchu a len občas uplatňujú silnejší vplyv na ľadový režim a môžu zapríčiniť prípadné topenie. V hlbších oblastiach pod vplyvom nepatrného a sotva zmerateľného pohybu vzduchu sa teplota nemôže zvýšiť tak, aby mohla ovplyvniť ľadový režim. Preto aj premenlivosť ľadových foriem je tu oveľa menšia ako v dynamicky prevetrvávanej časti jaskyne a často podmienená len zmenou prítoku presakujúcej vody. Aj vytváranie jaskynnej inovate je pre nedostatok vetrania a prevažne rovnomenrnú vlhkosť podstatne slabšie.

Ešte ďalšie dva typy výskytu ľadu v alpskej oblasti sú pozoruhodné. Jeden leží v Matzen v južných Korutanoch vo výške 1100 až 1300 m. Objavili ho pri budovaní cesty na niekolkých stranách, avšak dosiaľ sa nepodarilo vytvoriť schodný otvor do podzemia. Medziiným sa navštala 7 m hlboká šachta do ľadu bez toho, že by sa bolo podarilo naraziť na dutý priestor a aj tento otvor do roka zamrzol až do výšky 1 m pod humusovou prikrývkou. Na početných miestach sa zistil studený prieval z podzemia, prúdiaci rýchlosťou 1/2 až 1 m/sek. Miestami sa niekoľko cm pod humusovou prikrývkou naraziť aj v plnom lete na ľadové kryštáliky. V kotlinách uložené raždie z vyfátných stromov je na spodnej strane pokryté ľadom, 60 až 100-ročný stromový porast dosiahne priemer 10–15 cm, vegetácia je tundrovitá a pod jedným kameňom našiel E. Hölezl pravého jaskynného chrobáka. K dispozícii je teda dostatok príznakov, aby sa opodstatne predpokladalo, že sa vo vnútri Matzen nachádza dynamicky prevetrvávaný jaskynný systém, v ktorom vzduch cirkuluje početnými trhlinami a šachtami vo vrcholovej časti i trhlinami na úbočiach, ktoré sú skryté haldami sutín alebo čiastočne humusom viac alebo menej tak, že sa miestami môže pocítiť studený prieval spod povrchu. Ďalší výskyt ľadu iného druhu je na Villacherských Alpách vo výške 2000 m vo veľkom zavalenom závrte, ktorého dno je vyplnené ľadovým blokom. Okolo neho sa v rokoch s teplým počasím môže zliezť pozdĺž okrajovej priepasti až do hĺbky 100 m a vniknúť do ľadového dómu. Z jeho naj-

hlbšie položeného miesta možno pozorovať úzky otvor, ktorý však nemožno prelieť, avšak naznačuje ďalšie pokračovanie ľadu neznámej hľbky. Aj tento výskyt ľadu stojí z mnohých strán pod vplyvom dynamického prevetrvávania, čo sa potvrdzuje pozorovaním, že počas sneženia na povrchu prenikajú trhlinami, roklami a štrbinami do ľadového dómu nie nepatrne množstvá snehu.

Ak sa uvažuje na územiacach s prírodným výskytom ľadu s uskutočnením zá-krokov, aby sa hádam podporil vývoj ľadu, treba postupovať s najväčšou opatrnosťou. Napr. pokus intenzifikovať prevetrvávanie vytvorením ďalšieho otvoru treba veľmi dôkladne uvážiť. Intenzívnejším prevetrvávaním by sa samozrejme za teplejšieho obdobia dosiahlo skôr opačného než žiaduceho výsledku v pod-mienkach existujúceho ľadového režimu. Priaznivejšie sa však môže prejavíť, ak to okolnosti umožnia, montáž veterálnych vrát, ktoré sa v teplom období musia za-vrieť, v studenom však bezpodmienečne otvorí. Takýmto umelým ovplyvnením vetrania sa zvýší prírastok ľadu, pričom však treba dbať, aby sa prírastkom ľadu neuzavreli iné, pre vetranie dôležité otvory, a tak nevznikli uzavreté, neprevetrávané úseky.

Na meraní a registrovaní meteorologických prvkov v ľadových jaskyniach je pozoruhodné, že relatívne nízke teploty v súvislosti s vysokou vlhkostou vzduchu robia registrácie veľmi problematickými, pretože sa na prístroje v najkratšom čase usadí vlhkosť alebo ľad. Preto vlhkomery ukazujú prevažne iba stupne na-sýtenia; merania teploty vykazujú iba teplotu zrazenej vlhkosti alebo odparovaciu teplotu, avšak nie teplotu vzduchu. Najpresnejšou a najreprezentatívnejšou metó-dou zostáva teda jednotlivé meranie osobne so zohľadnením vzdialenosťi mera-cieho prístroja od tela asi 1 m, so zadržaným dychom pri odčítavaní hodnôt a s elektrickým, nie otvoreným svetlom a s niekoľkými minútami na prispôsobe-nie sa pri prípadných namáhavých pohyboch pred každým meraním.

zugängliche Eishöhlen in äußerst mühsamer Kleinarbeit erarbeitet. So musste er über 80mal die 7 km lange Moos-Straße von Salzburg bis zum Fuß des Un-tersberges zurücklegen und dann den mehrstündigen Anstieg zum Höhleneingang mühsam in langer Kletterarbeit bewältigen. Es gab keine Lokalbahn und nur einen sehr dürftigen Almsteig zu den schroffen Wänden des Ostabfalles des Un-tersberges. Seine Wahrnehmungen sind in den klassischen „Beobachtungen in den Eishöhlen des Untersberges“ im Band 28 der Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde im Jahre 1888 niedergelegt. In den 24, 25. und 26. Jahresberichten der k. k. Oberrealschule in Salzburg hat Prof. Dr. Eberhard Fugger in den darauf folgenden Jahren 1891 bis 1893 über „Eishöhlen und Windröhren“ seine Forachungen in 3 Fortsetzungen sehr umfangreich aufge-zeichnet. Sie sind ebenfalls ein Beweis seiner unermüdlichen Tätigkeit.

In diesem ersten Jahresbericht hat er unter der Höhlen-Nummer „87“ auf Seite 53 bis 55 sehr wertvolle Einzelheiten über die Eishöhle von Dobachau mit einem umfangreichen Literatur-Verzeichnis über diese größte Eishöhle in den Karpaten gebracht. Er zitiert dort 15 verschiedene Veröffentlichungen über diese damals schon international sehr bekannte Eishöhle, die in den Jahren 1874 bis 1888 erschienen sind. Vor allem die erste Veröffentlichung von Krenner im Auftrag der kgl. ungarischen naturwissenschaftlichen Gesell-

50 JAHRE EISHÖHLEN — METEOROLOGIE
IN DER
EISRIESENWELT

FRANZ ROBERT OELL

Die Stadt Salzburg hatte das Glück, daß sich schon bald vor 100 Jahren zwei junge Professoren zusammengetan haben und das Problem der Erforschung von Eishöhlen und ihrer Entstehungsformen zum Ziele setzten. Es waren die Herren Dr. Eberhard Fugger und Dr. Eduard Richter. In den Jahren 1875 bis 1877 haben diese beiden Männer vor allem die Eisverhältnisse in der „Kolowrat“ Höhle im Untersberg bei Salzburg erforscht. Der erstere ist ein auch international anerkannter Geologe und Prof. Richter, der berühmte alpine Gletscherforscher geworden.

Es sei hier besonders festgehalten, unter welch' großem persönlichen Einsatz in früheren Zeiten diese Höhlenforschungen durchgeführt wurden. Besonders Dr. Fugger hat mehrere hundert Beobachtungen in den alpin sehr schwer zugänglichen Eishöhlen in äußerst mühevoller Kleinarbeit erarbeitet. So mußte er über 80mal die 7 km lange Moos-Straße von Salzburg bis zum Fuß des Untersberges zurücklegen und dann den mehrstündigen Anstieg zum Höhleneingang mühsam in langer Kletterarbeit bewältigen. Es gab keine Lokalbahn und nur einen sehr dürftigen Almsteig zu den schroffen Wänden des Ostabfalles des Untersberges. Seine Wahrnehmungen sind in den klassischen „Beobachtungen in den Eishöhlen des Untersberges“ im Band 28 der Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde im Jahre 1888 niedergelegt. In den 24., 25. und 26. Jahresberichten der k. k. Oberrealschule in Salzburg hat Prof. Dr. Eberhard Fugger in den darauf folgenden Jahren 1891 bis 1893 über „Eishöhlen und Windröhren“ seine Forschungen in 3 Fortsetzungen sehr umfangreich aufgezeichnet. Sie sind ebenfalls ein Beweis seiner unermüdlichen Tätigkeit.

In diesem ersten Jahresbericht hat er unter der Höhlen-Nummer „87“ auf Seite 53 bis 55 sehr wertvolle Einzelheiten über die Eishöhle von Dobšau mit einem umfangreichen Literatur-Verzeichnis über diese größte Eishöhle in den Karpaten gebracht. Er zitiert dort 15 verschiedene Veröffentlichungen über diese damals schon international sehr bekannte Eishöhle, die in den Jahren 1874 bis 1888 erschienen sind. Vor allem die erste Veröffentlichung von Krenner im Auftrag der kgl. ungarischen naturwissenschaftlichen Gesell-

schaft mit einem Plan samt Profil und Ansichten im Farbendruck erregte allseits Aufmerksamkeit. Im letzten-dritten Teil dieser Jahresberichte hat Prof. Fugger die verschiedenen Theorien über Windröhren und Eishöhlen kritisch an Hand der vielen Veröffentlichungen zusammengetragen. Diese Arbeit ist heute noch eine Standard-Veröffentlichung über die Streit-Lehren der Sommer- und Winter-Eistheorien. Auf den Seiten 65 bis 81 dieses gleichen Jahresberichtes hat er seine jahrzehntelangen Erfahrungen über die verschiedenen Erscheinungen der Eishöhlen sehr klar und übersichtlich zusammengetragen und an 9 besonders kennzeichnenden Schnitten der verschiedenen Eishöhlensysteme dargelegt. Auf den Seiten 82 bis 88 hat er noch speziell die Gruppe der „Dynamischen Eishöhlen“ als Windröhrensysteme erklärt und die jährlichen Perioden herausgestellt.

Angeregt von diesen klassischen Arbeiten von Prof. Dr. Fugger und seiner persönlichen Bekanntschaft — wir wohnten damals als Nachbarn in der gleichen Straße — habe ich mich unmittelbar nach dem Ende des ersten Weltkrieges der Erforschung des damals größten Windröhren-Systems der EISRIESENWELT im Tennengebirge mit Leib und Seele verschrieben. Mein Bruder Dr. Friedrich Oedl und ich hatten das Glück, genau vor 50 Jahren durch Ableiten des STURM-Sees die rückwärtigen Gänge wie durch einen Zauberschlüssel zu öffnen. Ausgerechnet an meinem 21. Geburtstag, am 27. September 1919, habe ich als erster den größten Dom nach einem schwierigen Strickleiterabstieg betreten. Wir tauften ihn „Mörk-Dom“ in Erinnerung an unseren großen Höhlenforscher Alexander von Mörk, der leider zu Beginn des 1. Weltkrieges im August 1914 am San seinen Helden Tod fand. Später haben wir die Urne mit seiner Asche dort in einer der herrlichsten Erinnerungsstätten beigesetzt. Diese würdige Seiten-Nische in dem nach ihm benannten Dom ist auch heute noch eine der Höhepunkte der Besichtigung der EISRIESENWELT. Hunderttausende Besucher sind immer wieder von der Größe dieses Grabmales 400 m unterhalb der Karsthochfläche im Erdinnern beeindruckt.

Schon Prof. Fugger hat in seiner eingangs erwähnten Schrift über „Eishöhlen und Windröhren“ unter der Höhlen-Nummer „21“ „Die Posselt-Höhle“ als großartige Eishöhle beschrieben. Hofrat A. Posselt-Csorich ist als erster Erforscher bereits im Oktober 1879 bis unter den großen Eiswall vorgedrungen. An der Nordwand dieser nach ihm benannten Posselt-Halle zeigt auch heute noch ein rotes Kreuz dem Besucher jene Stelle an, wo die Erstbegeher umdrehen mußten. Mörk hat dann kurz vor Beginn des 1. Weltkrieges mit seinen Kameraden Ing. Walter Freiherr von Czörníg-Czernhausen und Dr. Erwin von Angermayer diese „Posselt — Höhle“ EISRIESENWELT benannt, den großen Eiswall bestiegen und den Sturmsee durchtaucht.

Unmittelbar nach dem 1. Weltkrieg haben die Brüder Oedl gemeinsam mit Czörníg und Angermayer die Erforschung des fast 50 km langen Windröhren-Labyrinthes wieder aufgenommen und von Expedition zu Expedition neue Fortsetzungen ungeheurens Ausmaßes entdeckt.

Es ist bald ein halbes Jahrhundert her, daß der Berichterstatter als junger

Höhlenforscher im Auftrag der AKADEMIE der WISSENSCHAFTEN in Wien eine Groß-Expedition in der Zeit vom 29. März bis 6. April 1921 durchführte. An dieser nahmen maßgebende Wissenschaftler vieler Fachrichtungen der Universität Wien teil, so auch die später in der Speleologie sehr bekannt gewordenen Professoren Dr. Otto Lehmann (Geograph), Dr. Julius Pia (Geologe) und Dr. Otto Wettstein — Westerstheim (Botaniker). Gemeinsam mit Herrn Professor Dr. phil. Ernst Hauser (Physiker) hat der Referent den meteorologischen Teil über die Eisverhältnisse der größten Eishöhle der Erde eingehend bearbeitet. Im Band VI der SPELÄOLOGISCHEN MONOGRAPHIEN wurde darüber berichtet. Herr Universitäts-Professor Georg Kyre hat dieses umfangreiche Werk in Wien im Jahre 1926 im Rahmen des SPELÄOLOGISCHEN INSTITUTS der Bundeshöhlenkommission herausgegeben. In zahlreichen Skizzen und Tabellen hat der Referent seine meteorologischen Beobachtungen in diesem grundlegenden Werk mit dem Titel „Die EISRIESENWELT im Tennengebirge“ niedergelegt.

Im Heft 2 der „Meteorologischen Zeitschrift“ hat der Berichterstatter im Jahre 1923 in „Vieweg-Verlag“ in Braunschweig seine vorläufigen Beobachtungsreihen in einem Aufsatz zusammengefaßt. Der Titel lautete: „Über Höhlenmeteorologie, mit besonderer Rücksicht auf die große Eishöhle im Tennengebirge (Eisriesenwelt)“. In einem Vortrag hat er auch bei der 1. Internationalen Tagung der Meteorologischen Gesellschaft in Badgastein im Jahre 1923 darüber gesprochen.

Durch ein halbes Jahrhundert wurden diese meteorologischen Beobachtungen in der EISRIESENWELT fortgesetzt. Daran haben sich viele Mitglieder des Vereines für Höhlenkunde in Salzburg erfolgreich beteiligt. Hier seien vor allem die Namen Gustav Abel und Dr. W. Gressel genannt. Eine zusammenfassende Darstellung wird in absehbarer Zeit durch einen jungen Dissertanten, Herrn stud. phil. Albert Morokutti erfolgen, der auf der Universität Salzburg über Auftrag von Herrn Professor Dr. Helmut Riedl, dem Chef der Lehrkanzel für physische Geographie, seine Doktorarbeit über den Eishaushalt der EISRIESENWELT veröffentlichen wird.

Im allgemeinen kann festgehalten werden, daß sich die Eismenge in der EISRIESENWELT im Laufe des letzten halben Jahrhunderts fast ständig vermehrt hat. Die Eisdicken, die wir bis über 25 m gemessen haben, sind im großen und ganzen stärker geworden. Wir führen dies vor allem darauf zurück, daß wir keine dauernde elektrische Beleuchtung eingebaut haben. Der zunehmende Besucherstrom hat hier keine Verschmutzung oder sonstige Beschädigung der Eisfiguren hervorgerufen, wie dies bei anderen stark frequentierten Schauhöhlen vielfach der Fall ist. Wir haben unten beim Höhleneingang eine Wettertür angebracht, die sich bestens bewährt hat. Gerade in den letzten Jahren haben wir im mittleren Teil der Eishöhle in der Nähe der „Hymir-Burg“ die herrlichsten Eisbildungen mit starkem Zuwachs zu verzeichnen. Besonders schön sind die großen blätterförmigen Eiskristalle in jedem Frühjahr des Jahres. Es lohnt sich, die Eishöhle gerade zu diesem Zeitpunkt zu besichtigen, da sie auch Jahr für Jahr stets gewissen Veränderungen unterworfen ist, die auf das riesige Wind-

röhrensystem zurückzuführen sind, und den wunderbaren Wechsel der Natur beweisen; eine Tatsache, die vom Standpunkt des Besuchers immer wieder der Eis-höhle gegenüber einer Tropfstein-Höhle den Vorrang gibt.

Abschließend wird noch auf zwei Veröffentlichungen eingegangen, die einen Seltenheitswert besitzen. Herr Prof. Dr. H. Steinmetz aus München hat im 57. Band der deutschen Zeitschrift für Kristallographie kurz seine goniometrischen Messungen an Reifkristallen in der Eisriesenwelt festgehalten. Er hat später dem Referenten gegenüber erklärt, daß diese Messungen maßgebend die Erforschung des schweren Wassers beeinflußt haben. Dies sei im Jahre 1923 deshalb möglich gewesen, weil diese Eishöhle im Tennengebirge die besten Voraussetzungen für seine schwierigen Messungen gegeben hätte. Die Natur habe ihm hier die besten Bedingungen geschaffen, die das teuerste Laboratorium übertrafen.

Dr. W. Gressel, ein bekannter Salzburger Meteorologe, hat seine reichen Erfahrungen in der „Meteorologischen Rundschau“ im 2. Heft des Jahrganges 1958, erschienen im Springer-Verlag, Berlin, niedergelegt. Auf den Seiten 54 bis 57 schrieb er über „Die Bewetterung der alpinen Höhlen“. Er weist vor allem auf den großen Einfluß der allgemeinen Wetterentwicklung hin. An Beispielen betont er die Priorität der Dynamik gegenüber der Thermik in den Eishöhlen des alpinen Raumes. Die Zirkulationsumkehr bei der Bewetterung in der Eisriesenwelt wird maßgebend von der Großwetterlage gestaltet.

Die meteorologischen Forschungen werden glücklicherweise gerade in der EIS-RIESENWELT fortgesetzt und wir dürfen die Erwartung hegen, daß auch in Zukunft die allgemeinen Naturwissenschaften von dieser Eishöhle noch wertvolle Beiträge erhalten werden.

50 ROKOV METEOROLÓGIE ĽADOVÝCH JASKÝŇ EISRIESENWELT

FRANZ ROBERT OELL

Mesto Salzburg malo šťastie, že sa už takmer pred 100 rokmi spojili dva mladí profesori, ktorí si vytýčili za cieľ preskúmať problém ľadových jaskýň a spôsob ich vzniku. Boli to dr. Eberhard Fugger a dr. Eduard Richter. V rokoch 1875 až 1877 preskúmali predovšetkým ľadové pomery v jaskyni „Kolowrat“ v Untersbergu pri Salzburgu. Dr. Fugger bol medzinárodne uznávaný geológ a prof. Richter sa stal chýrnym výskumníkom alpských ľadovcov.

Osobitne potrebné je zdôrazniť, za akých veľkých osobných ťažkostí sa v skorších časoch tieto prieskumy jaskýň uskutočňovali. Najmä dr. Fugger s veľkou námahou vypracoval a zhodnotil niekoľko sto pozorovaní v alpinisticky ťažko prístupných ľadových jaskyniach. Tak musel vyše 80-krát prejsť pešo 7 km dlhú Moosovu cestu zo Salzburgu až k úpätiu Untersbergu, a potom prekonať niekoľkokohodinový namáhavý horolezecký výstup k vchodu do jaskyne. Vtedy ešte nebolo lokálky a k pustým stenám východného zrázu Untersbergu viedol len biedny chodník. Jeho pozorovania zachytávajú klasické „Beobachtungen in den Eis-höhlen des Untersberges“ („Pozorovania v ľadových jaskyniach Untersbergu“) v 28. zväzku „Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde“ z roku 1888. V 24., 25. a 26. výročnej správe C. k. vyššej reálnej školy v Salzburgu zaznamenal veľmi obšírne v rokoch 1891 až 1893 v troch pokračovaniach svoje výskumy „Eishöhlen und Windröhren“ („Ľadové jaskyne a komíny“). Tieto správy sú takisto dôkazom jeho neúnavnej činnosti.

V prvej výročnej správe predložil pod číslom jaskyne „87“ na strane 53 až 57 veľmi cenné podrobnosti o Dobšinskej ľadovej jaskyni s veľmi rozsiahlym zoznamom literatúry o tejto najväčšej ľadovej jaskyni v Karpatoch. Cituje 15 rozličných publikácií o tejto už vtedy medzinárodne veľmi dobre známej ľadovej jaskyni, ktoré vyšli v rokoch 1874 až 1888. Predovšetkým prvá publikácia od Krenerima, napísaná z poverenia Královskej uhorskej prírodovedeckej spoločnosti s plánom a profilom a pohľadmi vo farbotlači, vzbudila všeobecnú pozornosť.

V poslednom, treťom diele týchto výročných správ prof. E. Fugger kriticky pozlhŕňal rozličné teórie o komínach a ľadových jaskyniach na základe mnohých publikácií. Táto práca je ešte aj dnes štandardnou publikáciou o sporných pouč-

kách letnej a zimnej ľadovej teórie. Na stránkach 65 až 81 tej istej výročnej správy veľmi jasne a prehľadne zhrnul svoje skúsenosti o rozličných jazoch ľadových jaskyň, ktoré získal po desaťročia, a znázornil ich na deviatich osobitne charakteristických rezoch rozličných systémov ľadových jaskyň. Na stranach 82 až 88 vysvetlil ešte osobitne skupinu „dynamických ľadových jaskyň“ ako systém komínov a vyznačil ročné obdobia.

Podnietený týmto klasickými prácamu prof. dr. Fuggera ako aj osobouznámostou s ním — bývali sme vtedy ako susedia v tej istej ulici — bezprostredne po skončení prvej svetovej vojny som sa dušou a telom upísal výskumu vtedy najväčšieho známeho systému komínov na svete, systému Eisriesenwelt (Svet ľadových obrov) v Tennengebirge. Môj brat dr. Friedrich Oedl a ja sme mali šťastie, že sme práve pred 50 rokmi odvodnením jazera Sturm ako zázračným klúcom otvorili zadné chodby. Práve v deň mojich 21. narodenín 27. septembra 1919 som ako prvý po namáhavom zostupe po povrazovom rebríku vstúpil do najväčšieho dómu. Nazvali sme ho Mörkov dóm na pamäť nášho najväčšieho speleológa Alexandra von Mörka, ktorý žiaľ, padol hrdinskou smrťou na začiatku prvej svetovej vojny v auguste 1914. Urnu s jeho popolom sme potom neskôr uložili na jednom z najkrajších miest tohto jaskynného systému. Tento dôstojný bočný výklenok po ňom nazvanom dome je ešte aj dnes vrcholným miestom obhliadky ľadovej jaskyne Eisriesenwelt. Veľkosť tohto pomníka 400 m pod krasovým povrchom vo vnútri zeme ešte aj dnes zapôsobí hlbokým dojmom na státisíce návštěvníkov.

Už prof. Fugger opísal vo svojom, v úvode tohto referátu spomenutom diele „Eishöhlen und Windröhren“ jaskyňu Posselt Höhle, uvedenú po čísle „21“ ako veľkolepú. Dvorný radca A. Posselt-Csorich ako prvý výskumník prenikol už v októbri 1879 až pod veľkú ľadovú hrádzu. Na severnej strane tejto, po ňom nazvanej Posseltovej jaskyni, ešte aj dnes naznačuje červený kríž návštěvníkom miesto, z ktorého sa museli prvelezci vrátiť. Mörk potom krátko pred začiatkom prvej svetovej vojny nazval túto „Posseltovu jaskyňu“ spolu s priateľmi Ing. Walterom slobodným pánom z Czörnig-Czernhausen a dr. Erwinom z Angermayer Eisriesenwelt — Svet ľadových obrov, zliezol veľkú ľadovú hrádzu a podplával jazero Sturm.

Bezprostredne po prvej svetovej vojne opäť začali bratia Oedlovci spolu s Czörníkom a Angermayerom prieskum skoro 50 km dlhého labyrintu komínov a pri každej novej expedícii objavovali vždy novšie pokračovania obrovského rozsahu.

Uplynulo skoro pol storocia, čo autor ako mladý speleológ z poverenia Akadémie vied vo Viedni uskutočnil od 29. marca do 6. apríla 1921 veľkú expedíciu. Na nej sa zúčastnili mnohí významní vedci rozličných vedných odborov univerzity vo Viedni, ako profesori dr. Otto Lehmann (geograf), dr. Július Pia (geológ), dr. Otto Wettstein-Westersheim (botanik), ktorí sa neskôr stali známymi v speleológii. Autor spolu s prof. dr. fil. Ernstom Hauserom (fyzik) veľmi podrobne spracoval meteorologickú časť o ľadových pomeroch tejto najväčšej ľadovej jaskyne na svete. V VI. zväzku „Speläologische Monographien“ sa o tom referovalo. Univerzitný profesor Georg Kyrl vydal toto

rozsiahle dielo vo Viedni v roku 1926 v rámci „Speläologisches Institut der Bundeshöhlenkomission“ (Speleologický ústav zväzu jaskyniarskej komisie). Svoje meteorologické pozorovania uložil autor vo forme tabuľiek v tomto základnom diele pod nadpisom „Die Eisriesenwelt im Tennengebirge“.

V druhom zošite časopisu „Die Meteorologische Zeitschrift“ zhrnul autor v roku 1923 vo vydavateľstve Vieweg v Braunschweigu v úvahе svoje predbežné pozorovania. Nadpis znel „Über Höhlenmeteorologie, mit besonderer Rücksicht auf die grosse Eishöhle im Tennengebirge (Eisriesenwelt)“ („O jaskynnej meteorológií s osobitným zreteľom na veľkú ľadovú jaskyňu v Tennengebirge (Eisriesenwelt)“). V referáte na 1. Medzinárodnej konferencii Meteorologickej spoločnosti v Badgasteine v roku 1923 hovoril autor takisto na túto tému.

Za polstoročie sa v meteorologických pozorovaniach v Eisriesenwelt pokračovalo. Úspešne sa na nich zúčastňovali mnohí členovia spolku Verein für Höhlenkunde (Spolok pre speleológiu) v Salzburgu. Tu treba spomenúť predovšetkým Gustava Abeľa a dr. W. Gressela. Súhrnnú štúdiu predloží v blízkej budúcnosti štud. fil. Albert Morokutti, ktorý z poverenia prof. dr. Helmuta Riedla, vedúceho katedry fyzickej geografie na univerzite v Salzburgu, uverejní svoju doktorskú dizertáciu o ľadovom režime v Eisriesenwelt.

Vo všeobecnosti treba konštatovať, že sa masy ľadu v jaskyni Eisriesenwelt v poslednej polovici storočia takmer stále zväčšovali. Hrúbky ľadu, ktoré sme merali (vyše 25 m), sa vcelku zväčsili. Pripisujeme to najmä tomu, že sme sem nezaviedli stále elektrické osvetlenie. Zväčšujúci sa prúd návštevníkov nevyvolal tu nežiaduce znečistenie alebo poškodenie ľadových útvarov, ako je to v iných, často navštevovaných ľadových jaskyniach. Dolu pri vchode do jaskyne sme namontovali veterné vráta, ktoré sa veľmi dobre osvedčili. Práve v posledných rokoch sme mohli v strednej časti ľadovej jaskyne v blízkosti hradu „Hymir“ zaznamenať prírastok najkrajších ľadových útvarov. Pekné sú najmä ľadové kryštály v podoobe listu tvorené každú jar. Ľadovú jaskyňu hodno navštíviť práve v tomto ročnom období, pretože aj táto jaskyňa sa každoročne podrobuje zmenám, ktoré možno pripísat mohutnému systému komínov. Ľadová výzdoba dokazuje zázračnú obmenu prírody; je to skutočnosť, ktorá z hľadiska návštevníka dáva ľadovej jaskyni prednosť pred jaskyňou kvapľovou.

Záverom poukazujem ešte na dve publikácie, ktoré sú raritou. Prof. dr. H. Steinmetz z Mnichova v 57. zväzku nemeckého časopisu „Zeitschrift für Kristallographie“ v krátkosti uviedol svoje goniometrické merania kryštálov inovate v Eisriesenwelt. Neskoršie sa zmienil autorovi tohto referátu, že tieto merania podstatnou mierou ovplyvnili výskum ľažkej vody. V roku 1923 to bolo preto možné, lebo vtedy ľadová jaskyňa poskytovala najlepšie podmienky pre takéto namáhavé merania. Príroda mu tu vytvorila najlepšie podmienky, ktoré prevyšovali aj najdrahšie zariadené laboratórium.

Dr. W. Gressel, známy salzburský meteorológ, uložil svoje bohaté skúsenosti v časopise „Meteorologische Rundschau“ (2. zošit roč. 1958) vo vydavateľstve Springer-Verlag, Berlín. Na stranach 54 až 57 písal o „Vetraní alpských jaskyň“. Poukazuje predovšetkým na vplyv všeobecného vývoja počasia. Na príkladoch zdôrazňuje prednosťné postavenie dynamiky oproti termike v ľadových

jaskyniach alpskej oblasti. Recirkulácia pri prevzdušňovaní jaskyne Eisriesenwelt sa podstatne vytvára podla všeobecných klimatických podmienok.

Našťastie sa v meteorologických výskumoch práve v Eisriesenwelt aj ďalej pokračuje a môžeme očakávať, že prírodné vedy získajú aj z tejto ľadovej jaskyne ešte veľmi vzácne príspevky.

ANGABEN ZUM MIKROKLIMA VON EISHÖHLEN

ISTVÁN FODOR

In meinem Referat möchte ich mich vor allem mit der Problematik einer Eishöhle in Ungarn beschäftigen, wobei auf einige meteorologische Erscheinungen ausführlicher eingegangen werden soll, soweit dies Zeit und Umfang eines Vortrages erlauben. Die auffindbaren Gesetzmäßigkeiten möchte ich mit Beobachtungen unterstützen, die in größeren ausländischen Eishöhlen durchgeführt worden sind.

Die einzige Eishöhle Ungarns ist im Norden des Zemplén-Gebirges am nördlichen Hang des Nagykirályhegy (395 m), 296 m über dem Meeresspiegel, etwa 5 km von Telkibánya entfernt, an der Verkehrsstraße Telkibánya — Pálháza — Sátoraljaújhely zu finden. 6 m unter dem Eingang der Höhle sprudelt das kälteste Quellenwasser Ungarns, der sogenannte Királykút (Königsbrunnen) hervor. Die äußeren klimatischen Verhältnisse der am nördlichen Bergfuß befindlichen Höhle werden vom spezifischen Mezoklima eines in west-nord-west-süd-ost-östlicher Richtung verlaufenden Tales bestimmt, das auf der vor der Höhle verlaufenden mehrere 100 m langen Strecke auffallend durch die niedrige Temperatur des nördlichen Hanges des Nagykirályhegy hervorsticht. Den Sammlungen und Feststellungen von Győrffy, Kol und Csapody (1957) nach haben sich hier neben Moosarten, die selten vorkommen und niedrige Temperaturen beanspruchen, *Betula pubescens*, *Sorbus aucuparia*, *Prunus padus*, *Ribes alpinum*, und unmittelbar am Eingang der Höhle *Cardaminopsis arenosa* ange setzt. Auch unsere eigenen klimatologischen Untersuchungen haben ergeben, daß es am Berghang stellenweise sehr kühl ist. Nachdem die kalte Jahreszeit vorüber war und die Temperatur der Atmosphäre für längere Zeit über 0 °C stieg und am 11. 4. 1970 auf der Talsohle und den gegenüberliegenden südlichen Hang die Bodentemperatur selbst bei 10 cm Tiefe Werte von über 6,0 °C zeigte, schwankte an mehreren Stellen des nördlichen Hanges des Királyhegy die Temperatur zwischen 0,0 — 0,2 und 1,8 °C. Ferenczi (1939) beobachtete im Bózsa-Tal auf dem Gebiet des Dorfes Mikóháza eine ähnliche Erscheinung. Er fand am südlichen Rand des Dorfes im Rhyolittuff mit Bims kleinere Eisgruben,

die nicht von Bäumen oder anderem beschattet werden, und deren Eingang gegen den Norden hin lag.

Die kleine Eishöhle von Telkibánya ist im Rhyodarit entstanden, ihr Ursprung ist unbekannt, sie wurde jedoch allem Anschein nach künstlich erweitert. Im Jahre 1954 war sie 10 — 12 m lang, 1,0 — 1,2 m breit und etwa 1,7 m hoch.

Sie lenkte die Aufmerksamkeit von Professor Cholnoky als künstlich gestaltete Eisgrotte im Jahre 1934 auf sich. „Mit großer Überraschung wurde ich gewahr, daß am 6. Juli also inmitten des Sommers die Stützbalken des Stollens von einer Eisschicht bedeckt sind, von der Decke meterlange Eiszapfen herunterhängen und auf dem Boden des Stollens eine dicke Eisschicht liegt, die derart glatt ist, daß man kaum auf ihr gehen kann, was auch wegen der herunterhängenden Eiszapfen unmöglich wäre...“, Professor Cholnoky stellte die Vereisung künstlich ausgebildeter Grotten ähnlicher Art in der Mandschurei, im Berggebirge Tien-pao-san, auf der Meridianhöhe von Neapel fest. Cholnoky (1934) führte die Vereisung der Eishöhle von Telkibánya darauf zurück, daß die Umgebung voller Stollen und eingestürzter Schächte war, wo sich Schnee und Eis im Winter dermaßen ansammelten, daß sie selbst im Sommer nicht zur Schmelze kamen. Im Mittelalter betrieb man in der Umgebung von Telkibánya in der Tat Gold- und Buntmetallabbau, doch die neuesten geologischen Untersuchungen haben erwiesen, daß in der Umgebung der Eishöhle keinerlei Erzgänge vorhanden sind, und daß in diesem Bereich auch keine Bergbaustollen errichtet worden sind. Zur Kälteansammlung wird hier also speziell das Rhyodazitgestein geeignet sein, wird doch die Vereisung der Höhle über der Királykut-Quelle vom speziellen Klima des nördlichen Berghanges und des Tales begünstigt. Obwohl die Höhle künstlich erweitert wurde, was seine Auswirkungen auf die klimatischen und organischen Verhältnisse des ganzen Bereiches hatte, ist sie durch ihre kleinen Ausmaße hervorragend geeignet, in ihr einzelne meteorologische Erscheinungen zu analysieren, und später ihren ganzen Wärmehaushalt zu untersuchen. Es ist jedoch zu bemerken, daß die Erweiterung der Eishöhle ausschließlich durch wirtschaftliche Überlegungen motiviert war, und es sich nicht darum handelte, ihr dadurch zu einer größeren Bedeutung als Eishöhle zu verhelfen.

Die heutigen Abmessungen: der kurze Hauptzweig, der voll abgeschlossen ist, ist 23,35 m lang; die Länge der an der rechten Seite vom Eingang 6 bis 7 m entfernt befindlichen Abzweigung beträgt 5,6 m. Die Lichthöhe des Hauptzweiges schwankt zwischen 2,0 und 2,1 m, die durchschnittliche Breite liegt bei 2,2 m. Die Höhle ist durch eine Tür abgeschlossen. Der Boden der Höhle fällt vom innersten Punkt gegen die Tür hin mit einem einige Grade betragenden Gefälle ab, was die Kälteansammlung nicht begünstigt.

Die neuen Ausmaße sind im Jahre 1954 durch den Menschen entstanden. Dies hatte zur Folge, daß die Mikroflora der Höhle zugrunde ging, und wir können bei der Konfrontation der älteren und neueren Angabe feststellen, daß sich auch das Mikroklima der Höhle, vor allem in den Übergangsetappen entschieden veränderte, was sich wohl auch auf die Verhältnisse im Sommer bezieht, obwohl sich unsere Untersuchungen auf diese Jahreszeit noch nicht erstreckten.

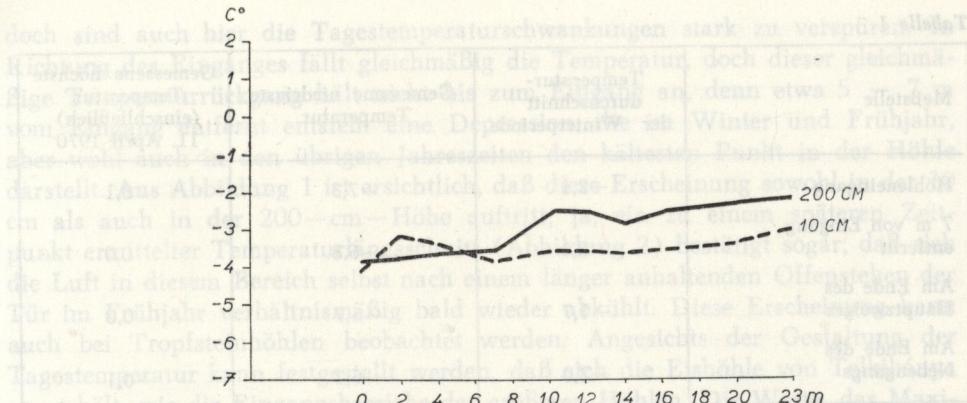


Abb. 1. Temperaturwerte in einer Höhe von 10 bzw. 200 cm zur gleichen Zeit. 1. 3. 1970, 8.50 Uhr

Obr. 1. Tepelné hodnoty v jaskyni vo výške 10, event. 200 cm merané súčasne 1. marca 1970 o 08,50 hod.

Da uns inbezug auf die meteorologischen Verhältnisse das Material systematischer Beobachtungen von mehreren Jahren nicht zur Verfügung steht, können wir zur Zeit nur die Winterlage analysieren.

Unsere Untersuchungen wurden in der Zeit vom Dezember 1969 bis zum April 1970 durchgeführt, in einer Periode, die zugleich von einem langen Winter gekennzeichnet war. Die aufgrund der Angaben der Meteorologischen Stationen Sátoraljaújhely und Sárospatak für die Umgebung der Eishöhle berechneten Temperaturwerte zeigen, daß das Tagesmaximum vom 1. Dezember 1969 bis zum 28. Februar 1970, also 90 Tage lang unter $0,0^{\circ}\text{C}$ blieb und daß es während der 3 Monate der Winterperiode 74 Frosttage gab, und die Oberfläche von einer zusammenhängenden Schneedecke bedeckt war.

TEMPERATURVERHÄLTNISSE

Bei der Untersuchung der Temperatur der Höhlenatmosphäre wurden alle Messungsserien in zwei Höhen, 10 cm und 200 cm, durchgeführt, und es wurden darüber hinaus mehrmals Messungen in der bodennahen Luftschicht in 2 bzw. 10 cm Höhe sowie gelegentlich im ganzen Querschnitt des Ganges vorgenommen. Tabelle 1 zeigt einige charakteristische Temperaturwerte der Winterperiode. Die Messungen wurden an vier Stellen in einer Höhe von 10 cm und in Celsius-Grad vorgenommen.

Aus der Tabelle wird ersichtlich, daß in der Winterzeit die Höhlentemperatur nie über 0°C hinausgeht und daß sich die Höhle gänzlich abkühlt. Der wärmste Punkt der Höhle ist das Ende des Hauptganges. Im innersten, etwa 4 – 6 m umfassenden Bereich sind Eiskristalle kaum zu finden, hier ist es in der Winterszeit nicht nur durchschnittlich, sondern auch zu jeder Tageszeit am wärmsten

Tabelle 1

Meßstelle	Temperaturdurchschnitt der Winterperiode	Gemessene niedrigste Temperatur	Gemessene höchste Temperatur (einschließlich) 11. April 1970
Höhleneingang	-2,1	-7,3	0,1
7 m von Eingang entfernt	-2,1	-6,8	0,0
Am Ende des Hauptzweiges	-1,7	-5,7	0,0
Am Ende des Nebengangs	-2,0	-6,3	-0,1

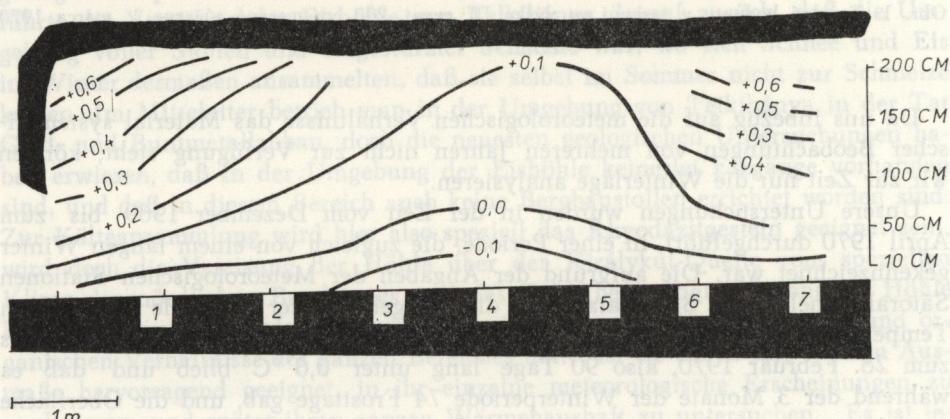


Abb. 2. Die Isothermen der Strecke am Eingang der Höhle. (Nach einer Warmluftzirkulation von 2 Stunden). 11. 4. 1970

Obr. 2. Izotermy na úseku pri vchode do jaskyne 11. apríla 1970. (Po dvojhodinovej cirkulácii teplého vzduchu)

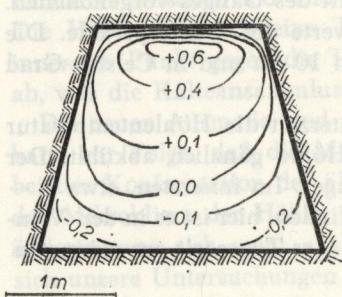


Abb. 3. Der Temperaturdurchschnitt der Höhle im Seiteneingang, 4 m vom Hauptgang entfernt 11. 4. 1970

Obr. 3. Tepelný priemer jaskyne v bočnom vchode 4 m od hlavnej chodby 11. apríla 1970

doch sind auch hier die Tagestemperaturschwankungen stark zu verspüren. In Richtung des Einganges fällt gleichmäßig die Temperatur, doch dieser gleichmäßige Temperaturrückgang hält nicht bis zum Eingang an, denn etwa 5 — 7 m vom Eingang entfernt entsteht eine Depression, die im Winter und Frühjahr, aber wohl auch in den übrigen Jahreszeiten den kältesten Punkt in der Höhle darstellt. Aus Abbildung 1 ist ersichtlich, daß diese Erscheinung sowohl in der 10 cm als auch in der 200—cm—Höhe auftritt, ja, ein zu einem späteren Zeitpunkt ermittelter Temperaturlängsschnitt (Abbildung 2) bestätigt sogar, daß sich die Luft in diesem Bereich selbst nach einem länger anhaltenden Offenstehen der Tür im Frühjahr verhältnismäßig bald wieder abkühlt. Diese Erscheinung kann auch bei Tropfsteinhöhlen beobachtet werden. Angesichts der Gestaltung der Tagestemperatur kann festgestellt werden, daß sich die Eishöhle von Telkibánya so verhält, wie die Eingangsbereiche der größeren Höhlen. Die Werte, das Maximum und das Minimum, folgen in einem Abstand von anderthalb bis zwei Stunden den Temperaturwerten außerhalb der Höhle, wobei die Extremitäten selbstverständlich gemäßigt werden. So stellt sich das Maximum in den Nachmittags- und das Minimum in den Morgenstunden ein.

Abbildung 3 stellt den Temperaturquerschnitt des Seitenganges der Höhle dar. Daraus wird deutlich, wie die Temperatur nach dem spezifischen Gewicht stabil geschichtet ist. Die kälteste Luft befindet sich in den untersten Schichten, während sie in der Achse des Ganges mit der Höhe anwächst, doch ist dabei kein gleichmäßiger Anwuchs zu beobachten. Zwischen 0 und 1 m schwankt dieser Wert zwischen 0,1 und 0,2 °C, zwischen 1 und 2 m beträgt der Temperaturzuwachs im allgemeinen 0,2 und 0,5 °C. Ebenfalls durch zahlreiche Querschnittsaufnahmen konnte bestätigt werden, daß die Temperaturunterschiede in den bodennahen Luftsichten fast ganz ineinander aufgehen. Diese Erscheinung bildet einen krassen Gegensatz zu den Zuständen, die in der freien Atmosphäre zu beobachten sind. Die Feststellung widerspiegelt auch die Abbildung 2, und dies zeigten auch Beobachtungen in den Eishöhlen von Dobšiná und Demänová, die zu anderen Jahreszeiten durchgeführt wurden. Die in 4 Schichten vorgenommenen Messungen vom 14. 11. 1967 in der Eishöhle von Dobšiná zeigten folgende Ergebnisse:

Tabelle 2

Höhe	Großsaal	Vor dem Ruffinigang	Kleine Kapelle	Eingang
1 cm	-0,3 °C	-0,2 °C	-0,1 °C	+0,1 °C
5 cm	-0,3 °C	-0,2 °C	-0,1 °C	-
10 cm	-0,3 °C	-0,2 °C	-0,1 °C	+0,2 °C
150 cm	-0,2 °C	+0,1 °C	+0,4 °C	+1,0 °C
250 cm	+0,4 °C	+0,4 °C	-	+1,6 °C

Die einschlägigen Beobachtungen in der Eishöhle von Demänová im Dezember 1967:

Höhe	50 m vom Eingang	250 m vom Eingang
1 cm	-0,2 °C	+0,1 °C
5 cm	-0,1 °C	-
10 cm	-0,1 °C	+0,2 °C
150 cm	+0,4 °C	+0,5 °C

Bei der Untersuchung der Anordnung der Temperatur nach dem Querschnitt findet man die Gesetzmäßigkeit, daß sich die Isothermenlinien von unten nach oben verdichten, das Maß der Verdichtung im geraden Verhältnis mit der Temperaturdifferenz der Höhlenwand und der Höhlenluft sowie der Höhe an den Höhlenwänden ansteigt und an der Höhlendecke am höchsten ist, wo die Luft in einer einige mm oder sogar noch weniger dicken Schicht (Grenzschicht) in die Temperatur des Gesteins übergeht. In dieser Schicht kommt der Wärmeübertragung mittels Leitung eine größere Rolle zu. Abhängig von den Temperaturverhältnissen der Eishöhlen kommt die Erscheinung in zwei Formen vor sich. Wenn die Luft kälter ist als das Gestein, entsteht die Grenzschicht auch am Boden der Höhle. Sie ist 1 — 2 mm dick, und darüber zeigt die Anordnung eine Schichtung, die sich nach dem spezifischen Gewicht gestaltet. Die andere Form manifestiert sich darin, daß die Luft der Höhle wärmer ist als das Gestein (bei den Abbildungen 2 und 3 betrug der Mittelwert der Oberfläche der Seitenwände und der Decke -0,4 °C) und es in Richtung der Wände eine Wärmeabgabe gibt. Die Abbildungen 2 und 3 zeigen auch noch, welche Temperaturschichtung in einer Höhle entsteht, die weder als Kältesack noch als Windrohr gilt, wenn bei einer Temperatur der Außenluft von 10 °C die Tür etwa 2 Stunden lang offen steht und es zu einem regen Luftwechsel kommt. Die dargestellte Temperaturlage entstand in 30 Minuten nach der Lüftung, als im Eingangsbereich die von der Decke herunterhängenden wunderschönen winzigen Eiskristalle, die sich in der bereits behandelten Grenzschicht befinden — die längeren konnten sogar 4 — 5 cm in die erwärmte Luftsicht eingetaucht sein — plötzlich zu tauen begannen, wodurch jedoch weitere Wärme abgebunden wurde, so daß die in der nun schon wieder verschlossenen Höhle vorhandenen Temperaturdifferenzen auf 0,2 und 0,3 °C herabsanken.

DIE VERHÄLTNISSE DER LUFTFEUCHTIGKEIT

Der Wasserdampf in der Höhlenluft, das Eis und das Wasser in der Höhle spielen in deren Wärmehaushalt durch die infolge der Veränderung des Aggregatzustandes des Wassers auftretende Wärmeübertragung eine bedeutende Rolle, sie sind aber auch zugleich ein wichtiger bioklimatischer Faktor dort, wo man organisches Leben findet oder mit demselben zu rechnen hat. Das organische

Leben in der Eishöhle von Telkibánya ist trotz den Veränderungen im Jahre 1954 auch zur Zeit noch recht reich. Die Mulmflächen der Stützbalken bieten reichlich Nährstoff, doch die starke Kälte im Winter sowie die bedeutende Austrocknung bestimmen die Möglichkeiten der Ansiedlung einzelner Rassen. Tabelle 3 stellt die Luftfeuchtigkeitsverhältnisse der Höhle an einigen charakteristischen Punkten im Winter dar.

Es ist eine Folge der starken Austrocknung der Höhle, daß in der Zeit vom Dezember bis Ende Februar, wo die Lufttemperatur der Höhle selbst im Durchschnitt meist unter $-2,0^{\circ}\text{C}$ lag, Eisbildung kaum anzutreffen war, es sei denn auf dem Boden im Bereich zwischen 7 — 10 m und am Anfang des Seitenganges. Wenn die Außenluft im März und April wärmer wird und ihr absoluter Feuchtigkeitsgehalt etwa das Anderthalbfache dessen in der Höhle ausmacht, schlägt sich aus der sich abkühlenden Luft der Höhle pro Kubikmeter eine Menge von etwa 2 g Wasserdampf ab. Dieser Prozeß liefert zur Eisbildung Wasser. Gleichzeitig wird die Höhle durch die beim Niederschlag und beim Frieren frei werdenden Wärmemenge um bedeutende Energiemengen bereichert, so daß sich die Erwärmung beschleunigt. Zur Eisbildung tragen selbstverständlich auch die von der Oberfläche her einsickernden Schmelzwässer bei, sie sind jedoch bei der im Rhyodazit befindlichen Eishöhle von Telkibánya von geringerer Bedeutung.

Es kann auch im allgemeinen festgestellt werden, daß es in der Winterzeit in allen Höhlen zu einer gewissen Austrocknung kommt. Sie wird durch den Luftwechsel gefördert und ist in Eishöhlen von einem höheren Ausmaß als in den Tropfsteinhöhlen. Unsere Messungen, die in der Übergangsperiode durchgeführt wurden und hier nicht eingehender behandelt werden, beweisen, daß die Luft auch in Eishöhlen voll oder nahezu gesättigt wird. Es wurde im April 1970 in der Eishöhle von Telkibánya in einer Höhe von 10 cm von 28 Fällen in 26 eine 100-prozentige Sättigung gemessen, während in einer Höhe von 200 cm von 28 in 23 Fällen eine 98-prozentige Sättigung, einmal eine von 97 Prozent und 4mal eine von 96 Prozent registriert wurde. Im November 1967 ergaben sich dieselben Sättigungswerte in den Eishöhlen von Dobšiná und Demänová: in 10 cm Höhe eine 100-prozentige in 200 cm Höhe eine 98 — 99-prozentige Sättigung.

Tabelle 3

Meßstelle	Relative Luftfeuchtigkeit in % während des Winters				Wasserdampfdruck mm Hg während des Winters			
	Höhe 10 cm 200 cm Durchschnitt	Maxi- mum	Mini- mum	Höhe 10 cm 200 cm Durchschnitt	Maxi- mum	Mini- mum		
Beim Höhleneingang	80,3	82,0	90	67	3,06	3,10	3,5	2,4
7 m vom Eingang	88,0	82,0	96	74	3,26	3,30	3,7	2,6
Am Ende des Hauptganges	87,6	84,3	92	76	3,43	3,50	3,8	2,9
Am Ende des Seitenganges	89,0	85,6	94	79	3,40	3,46	3,8	2,9

DIE VERHÄLTNISSE DER LUFTBEWEGUNG

Das Luftbewegungssystem der Eishöhle von Telkibánya folgt annähernd dem System der statischen Höhlen. Es handelt sich nicht um ein Windrohrsystem, aber der Kältesack ist auch nicht typisch. Vor dem Eingriff im Jahre 1954 hatte die Höhle gewissermaßen das Kältesackgepräge aufgewiesen, da der Boden in Richtung des Inneren vom Eingang her leicht abfiel. Im Jahre 1954 wurde der Boden geebnet. Seitdem zeigt das steigende Gefälle eine entgegengesetzte Richtung, es verläuft vom Eingang her nach dem Inneren der Höhle, so daß die Kälte sozusagen aus ihr herausfließt. Die Strömungsstärke wurde mittels eines Wärmedrahtanemometers und eines empfindlichen Flügelradanemometers gemessen. Bei geschlossener Tür findet der Luftwechsel durch die Risse der Tür und eine oberhalb der Tür befindliche 400 Quadratzentimeter große freie Öffnung statt und hat im gesamten Querschnitt nur eine Richtung. Im Winter erhielten wir die folgenden Werte: von 50 Messungen wurde der Mittelwert errechnet; bei geschlossener Tür vom Eingang etwa 2 m entfernt strömt die Außenluft mit einer Geschwindigkeit von 10,3 cm/sec in die Höhle. Die Strömungsdauer beträgt 10 — 15 Minuten. Während dieser Zeit fällt der Wert auch auf 0,0 cm/sec zurück, wie dies aus der Abbildung 4 ersichtlich wird. Die Abbildung stellt 20 Sekunden einer Einwärtsströmung dar. An der vertikalen Achse ist die Stärke der Windstöße aufgrund der Skala des Galvanometers des Wärmedrahtanemometers dargestellt, während die Horizontalachse die Zeitdauer angeibt. Nach etwa 10 — 15 Minuten strömt der Wind mit der gleichen Geschwindigkeit nach außen. Es ist zu bemerken, daß es sich hierbei um Werte handelt, die an windigen Tagen ermittelt wurden, als der nördliche oder nordöstliche Wind bei offener Tür mit einer Geschwindigkeit von 1 — 2 m/sec in die Höhle strömt. Die maximale Windgeschwindigkeit betrug bei einer Gelegenheit 2,86 m/sec. In dieser Etappe des Austausches kommt die turbulente Luftströmung zur Geltung. Bei Windstille kann die Strömung in der Höhle als laminar betrachtet werden. Sie kann kaum mit den empfindlichsten Meßgeräten ermittelt werden und beträgt

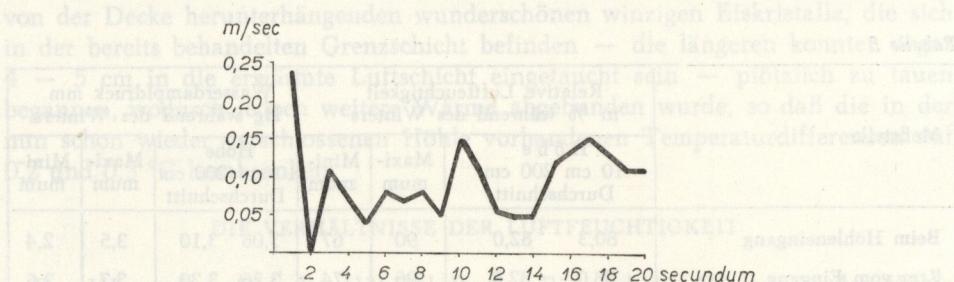


Abb. 4. Die Schwankungen der Luftströmungsstärke 3 m vom Eingang entfernt. 28. 2. 1790
Obr. 4. Výkyvy intenzity prúdenia vzduchu 3 m od vchodu 28. februára 1970

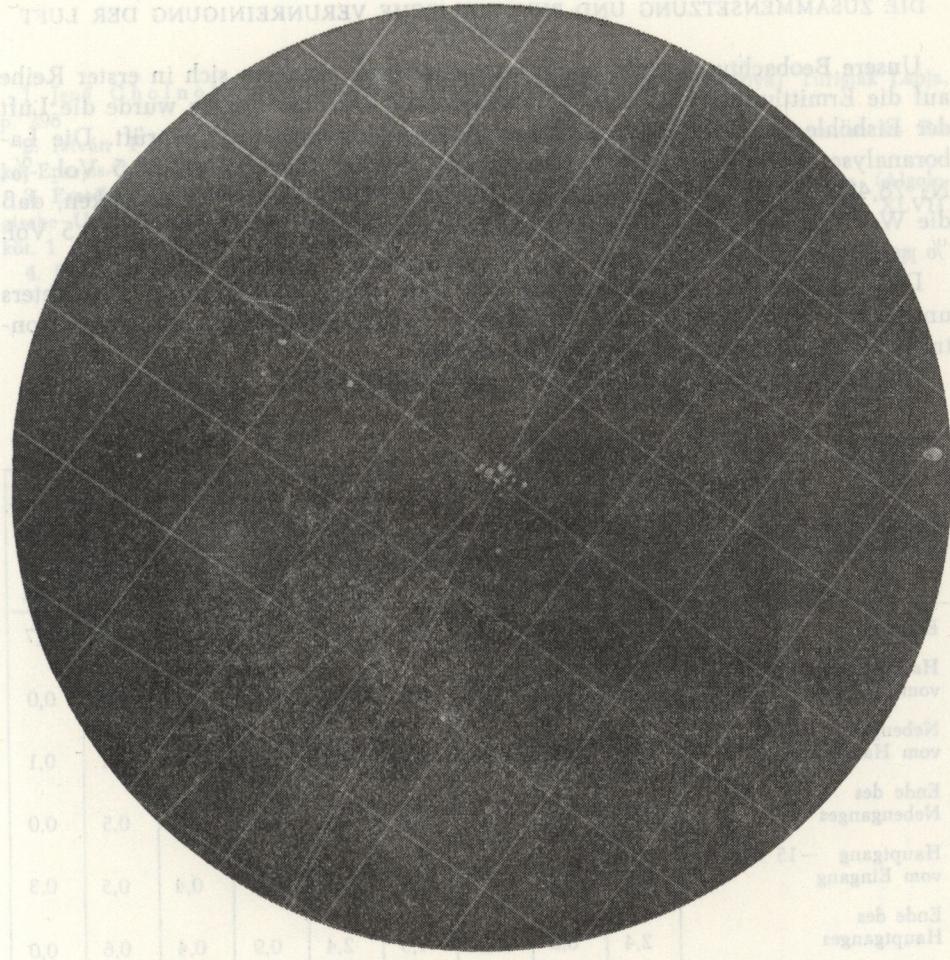


Abb. 5. Die Kernzahl je 10 cm^3 (Kubikzentimeter) der Höhenluft von Telkibánya (Konimetrische Aufnahme)

Obr. 5. Počet jadier na 10 cm^3 výškového vzduchu v Telkibánya (konimetrická skúška)

$0 - 1 \text{ cm/sec}$. Von der Frühjahrsperiode an strömt die kalte Luft stets auswärts und weist eine Geschwindigkeit von $1 - 2 - 3 \text{ cm/sec}$ auf. Diese Strömung nach außen ist bei geschlossener Tür den ganzen Tag hindurch zu verspüren. Der Luftersatz muß also durch andere Risse vor sich gehen. Wenn bei Windstille die Tür geöffnet wird, ist eine anfängliche Auswärtsströmung zu beobachten, die etwa $15 - 20 \text{ cm/sec}$ Geschwindigkeit verzeichnen läßt. Später wechselt die Strömungsrichtung bei einer Geschwindigkeit von $4 - 6 \text{ cm/sec}$.

DIE ZUSAMMENSETZUNG UND PHYSIKALISCHE VERUNREINIGUNG DER LUFT

Unsere Beobachtungen der Luftzusammensetzung richteten sich in erster Reihe auf die Ermittlung des CO₂ in Volumenprozent. Darüber hinaus wurde die Luft der Eishöhle von Telkibánya auch an O₂N₂-Gehalt prozentual geprüft. Die Laboranalyse ergab folgende Mittelwerte: CO₂ 0,4066 Vol. %; O₂ 20,5 Vol. %, N₂ 78,426 Vol. % und andere Gase 0,6674 Vol. %. Es ist zu bemerken, daß die Werte des CO₂ beim Drägerschen Gerät zwischen 0,04 Vol. % und 0,5 Vol. % schwankten.

Die physikalische Verunreinigung der Luft wurde mittels eines Konimeters untersucht, dessen Proben mit Projektions- und Lichtmikroskop sowie zur Kontrolle durch Photographie ausgewertet wurden.

Die Ergebnisse werden in Tabelle 4 zusammengefaßt.

Tabelle 4

Stelle der Probeentnahme	0,7 — 1			1 — 5			5		
	Durchschnitt	Kernzahlmaximum	Kernzahlminimum	Durchschnitt	Kernzahlmaximum	Kernzahlminimum	Durchschnitt	Kernzahlmaximum	Kernzahlminimum
Eingang	4,9	6,6	4,4	3,4	4,1	2,7	0,8	0,8	0,7
Hauptgang — 6 m vom Eingang	0,2	0,4	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1	0,3	0,0
Nebengang — 2 m vom Hauptgang	0,1	0,2	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Ende des Nebenganges	0,4	1,0	0,0	0,2	0,3	0,0	0,3	0,5	0,0
Hauptgang — 15 m vom Eingang	0,8	1,7	0,3	0,6	1,7	0,0	0,4	0,5	0,3
Ende des Hauptganges	2,4	6,3	0,3	1,5	2,4	0,9	0,4	0,6	0,0
Im Tal vor der Höhle	25,0	31,0	19,0	1,0	1,4	0,5	0,6	0,8	0,3

Die Angaben der Tabelle geben die durchschnittlichen und extremen Werte der Verunreinigung vom festen Zustand pro 1 Kubikzentimeter berechnet an. Die Tabelle zeigt, daß die Verunreinigung der Luft im Bereich, der durch den Konimeter erfaßt wird, sehr gering ist. Die 5. Abbildung zeigt ebenfalls ein Staubprobenphoto aus der Höhle. Das Bild stellt die Verschmutzung dar, die sich aus einer Luftmenge von 10 Kubikzentimeter ergab.

Abschließend sei dem Referat noch hinzugefügt, daß die hier erwähnten und erörterten Ergebnisse als ein Teil des Materials einer im Gange befindlichen Forschung anzusehen sind. Das Referat hatte nicht vor, das vollständige Mikroklima einer Höhle darzulegen, sondern begnügte sich damit, durch einige Angaben zur besseren Erkenntnis des Mikroklimas von Eishöhlen beizutragen.

1. Jenő Cholnoky, 1934: Jégvilág Telkibányán (Eiswelt in Telkibánya) Turisták Lapja, p. 298
2. István Ferenczi, 1939: Jeges üregek a Tokaj-Eperjesi hegységen (Eisgrotten im Tokaj-Eperjes-Gebirge) Természettudományi Közlemények Bp., 71. köt. p. 172 — 174
3. Erzsébet Kol, 1957: Algológiai vizsgálatok a Sátormagyegység jeges barlangjában (Algologische Untersuchung in der Eishöhle des Sátorgelberges) Botanikai Közlemények Bp., XLVII. köt. 1 — 2. füz. p. 43 — 50. (Band 47, 1 — 2 Hefte, S. 43 — 50)
4. Robert Oedl, 1923: Über die Höhlenmeteorologie... Meteorologische Zeitschrift, 2. H

Vo svojom referáte sa budem zaoberať predovšetkým problematikou jedinej ladejovej jaskyne v Maďarsku, pričom považujem za potrebné podrobnejšie sa zapoľievať aj niektorými meteorologickými javmi, pokiaľ to bude možné pre dnešky umožniť. Zároveň zákonitosť posopriem pozorovaniami, ktoré sa uskutočnili v ladejových jaskyniach v zahraničí.

Jedinú ladeovú jaskyniu Maďarska sa nachádza na severe pohoria Zemplén, na severnom svahu vrchu Nagykirályhegy (395 m), vo výške 295 m n. m., asi 5 km od Telkibánya, na ceste Telkibánya — Pálháza — Sátorlajoshegy. 6 m pod vchodom do jaskyne vyviera najstudenšia prameništá voda Maďarska, tzn. Királykút. Vonkajšie klimatické pomery na severnom svahu vrchu sú nachádzajúcej jaskyne sú určované špecifickou mezoklimicou dolia, prečiž západoseverozápadným — väčšinou juhovýchodným smerom, ktorá sa prejavuje nápadne nízkou teplotou severného svahu vrchu Nagykirályhegy, prebiehajúcou po niekoľkostometrovnej dráke. Podľa zberiek a zistení Györfyho, Kola a Csapolyho (1957), udomácnili sa bezprostredne pri vchode do jaskyne machy *Scutula pubescens*, *Sorex acutiparis*, *Prunus padus* a *Ribes alpinum*, zriedka sa vyskytujúce druhy, vyžadujúce nízke teploty. Aj naše vlastné klimatologické výskumy potvrdili, že na svahu je miestami veľmi chladno. Po uplynutí studeného obdobia, keď atmosféra už dlhšie vykazovala teploty nad 0 °C a 11. apríla 1978 sa na dne údolia ako aj protiľahlom južnom svahu namerala teplota pôdy až 10 cm pod povrchom hodnotou vysiae 6 °C, kolísala teplota na viacerých miestach severného svahu medzi 0,0 — 0,2 a 1,8 °C. Ferenczi (1939) pozoroval podobný jav v doline Bózsavölgy na území obce Mikóháza. Na južnom okraji obce našiel v rhyolitovom tufu s pemzenou ladeovou jamou, ktoré neboli zatienené stromami a ich vchody boli obrátené na sever.

Malá ladeová jaskyňa pri Telkibánya vznikla v rhyodacrite. Jej pôvod je neznámy, avšak podľa väčšej pravdepodobnosti bola umelo vytvorená. V roku 1954 bola 10 — 12 m dlhá, 1,0 — 1,2 m široká a asi 1,7 m vysoká.

V roku 1934 upútala na seba pozornosť profesor Cholnokyho, že amelo vytvorena ladeová jaskyňa. „S veľkým prekvapením som zistil, že 6. júla

ÚDAJE O MIKROKLÍME ĽADOVÝCH JASKÝŇ

ISTVÁN FODOR

V. Hlúčenský je v tomto článku sústreden na jednu z najzaujímavejších a menej známych jaskýň v Maďarsku, ktorá je v súčasnosti významnou turistickou atrakciou. Táto jaskyňa je významnou pre svoju výnimočnosťou a výnimočnosťou jej vývoja. Jej význam je v tom, že je jedinou významnou jaskyňou v Maďarsku, ktorá je významnou pre svoju výnimočnosťou a významom jej vývoja.

V svojom referáte sa budem zaoberať predovšetkým problematikou jedinej ľadovej jaskyne v Maďarsku, pričom považujem za potrebné podrobnejšie sa zapo dievať aj niektorými meteorologickými javmi, pokial to čas a rozsah prednášky umožní. Zistené zákonitosti podopriem pozorovaniami, ktoré sa uskutočnili v ľadových jaskyniach v zahraničí.

Jediná ľadová jaskyňa Maďarska sa nachádza na severe pohoria Zemplény, na severnom svahu vrchu Nagykirályhegy (395 m), vo výške 296 m n. m., asi 5 km od Telkibánya, na ceste Telkibánya — Pálháza — Sátoraljaujhely. 6 m pod vchodom do jaskyne vyviera najstudenšia pramenistá voda Maďarska, tzv. Királykút. Vonkajšie klimatické pomery na severom úpätí vrchu sa nachádzajúcej jaskyne sú určované špecifickou mezoklímou údolia, prechádzajúceho západoseverozápadným — východo-juhovýchodným smerom, ktorá sa prejavuje nápadne nízkou teplotou severného svahu vrchu Nagykirályhegy, prebiehajúcou po niekoľ kostometrovej dráhe. Podľa zbierok a zistení Györfyho, Kola a Csappodyho (1957), udomácnili sa bezprostredne pri vchode do jaskyne machy *Betula pubescens*, *Sorbus aucuparia*, *Prunus padus* a *Ribes alpinum*, zriedka sa vyskytujúce druhy, vyžadujúce nízke teploty. Aj naše vlastné klimatologické výskumy potvrdili, že na svahu je miestami veľmi chladno. Po uplynutí studeného obdobia, keď atmosféra už dlhšie vykazovala teploty nad 0 °C a 11. apríla 1970 sa na dne údolia ako aj protiľahlom južnom svahu namerala teplota pôdy aj 10 cm pod povrhom hodnotou vyše 6 °C, kolísala teplota na viacerých miestach severného svahu medzi 0,0 — 0,2 a 1,8 °C. Ferenczi (1939) pozoroval podobný jav v doline Bózsavölgy na území obce Mikóháza. Na južnom okraji obce našiel v rhyolitovom tufe s pemzou ľadové jamy, ktoré neboli zatienené stromami a ich vchody boli obrátené na sever.

Malá ľadová jaskyňa pri Telkibánya vznikla v rhyodacite. Jej pôvod je neznámy, avšak podľa všetkej pravdepodobnosti bola umelo zväčšená. V roku 1954 bola 10 — 12 m dlhá, 1,0 — 1,2 m široká a asi 1,7 m vysoká.

V roku 1934 upútala na seba pozornosť profesora Cholnokyho, ako umelo vytvorená ľadová jaskyňa. „S veľkým prekvapením som zistil, že 6. júla,

teda uprostred leta, sú podperné trámy potiahnuté vrstvou ľadu, z povaly visia meter dlhé ľadové kvaple a na dne štôlne leží hrubá vrstva ľadu, ktorá je taká hladká, že sa po nej nedá chodiť, čo by však aj pre visiacie kvaple nebolo možné... Profesor Cholnoky zistil, že podobné zľadovatenie umelo vytvorených jaskyň podobného druhu sa nachádza v Mandžusku v banskom pohorí Tien-pao-san v zemepisnej šírke Neapola. Cholnoky (1934) zdôvodňuje zľadovatie jaskyne pri Telkibánya tým, že okolie je plné štôlní a zavalených šachiet, v ktorých sa v zime nazbiera toľko snehu a ľadu, že sa nemôže ani v lete roztopiť. V stredoveku sa v okolí Telkibánya skutočne dolovalo zlato a farebné kovy, avšak najnovšie geologické výskumy dokázali, že v okolí ľadovej jaskyne sa nevyskytuju už nijaké rudné žily. Pre nahromadenie chladu sa tu asi osobitne dobre hodí hornina rhyodacit, ale zľadovatie jaskyne nad prameňom Királykut priaznivo ovplyvňuje špeciálna klíma severného svahu. Napriek tomu, že jaskyňa bola umelo rozšírená, čo má pri jej rozsahu významný vplyv na klimatické a organické pomery, i pri svojich malých rozmeroch sa veľmi dobre hodí na rozbor meteorologických javov a skúmanie jej celého tepelného režimu. Treba však poznamenať, že rozšírenie ľadovej jaskyne bolo motivované čisto hospodárskymi úvahami a neslo tu o zvýšenie jej významu ako ľadovej jaskyne.

Dnešné rozmery: Krátke hlavné rameno, ktoré je úplne uzavreté, je 23,35 m dlhé; 6 — 7 m od vchodu je obočka 5,6 m dlhá. Svetlá výška hlavného ramena kolíše medzi 2,0 — 2,1 m, priemerná šírka je 2,2 m. Jaskyňa je uzavretá jednými dvermi. Dno jaskyne klesá od najzadnejšieho bodu o niekoľko stupňov smerom k dverám, čo pre hromadenie chladu nie je priaznivé.

Nové rozmery jaskyne dostala roku 1954 ľudským zásahom. To malo za následok zničenie mikroflóry v jaskyni. Konfrontáciou starších údajov s novými môžeme konštatovať, že sa aj mikroklima jaskyne, predovšetkým v prechodných etapách, podstatne zmenila, čo sa vzťahuje aj na pomery v lete, hoci sme v tomto období ešte výskumy v tomto smere nerobili.

Pretože vzhľadom na meteorologické pomery materiál o systematických pozorovaniach po viac rokov nemáme k dispozícii, môžeme dnes analyzovať len situáciu v zimnom období. Naše výskumy sa totiž uskutočnili iba od decembra 1969 do apríla 1970, v období, ktoré bolo poznamenané dlhou zimou. Na základe údajov meteorologických staníc Sátoraljaújhely a Sárospatak prepočítané tepelné hodnoty pre okolie ľadovej jaskyne ukazujú, že denné maximum od 1. decembra do 28. februára 1970, teda počas 90 dní bolo pod $0,0^{\circ}\text{C}$ a že počas troch mesiacov zimného obdobia bolo 74 mrazivých dní a povrch bol súvisle pokrytý snehom.

TEPELNÉ POMERY

Pri výskume teploty jaskynnej atmosféry sa všetky súriny meraní uskutočnili v dvoch výškach, 10 cm a 200 cm a okrem toho sa častejšie robili merania vo vrstve prízemného vzduchu, vo výške 2, prípadne 10 cm, ako aj príležitostne v celem priemere chodby. Tabuľka 1 ukazuje niekoľko charakteristických hodnôt teploty zimného obdobia. Merania sa vykonali na 4 stanovištiach jaskyne vo výške 10 cm teplomermi s Celsiovou stupnicou.

Tabuľka 1

Stanovište merania	\varnothing teplota zimného obdobia	Najnižšia nameraná teplota	Najvyššia nameraná teplota včit. 1. 4. 1970
Vchod do jaskyne	-2,1	-7,3	0,1
Vo vzdialosti 7 m od vchodu	-2,1	-6,8	0,0
Na konci hlavného ramena	-1,7	-5,7	0,0
Na konci vedľajšieho ramena	-2,0	-6,3	-0,1

Z tejto tabuľky vyplýva, že v zimnom období teplota v jaskyni nikdy nevystúpi na 0 °C a že teda jaskyňa úplne vychladne. Najteplejší bod jaskyne je koniec hlavnej chodby. V najvnútornejšom priestore, v 4 — 6 m dlhom úseku možno ľadové kryštáliky sotva nájsť. Tu je najteplejšie nielen v zimnom období, ale aj v každom dennom čase, avšak aj tu možno pozorovať silné tepelné výkyvy. Smerom k vchodu teplota rovnomerne klesá, nie však až k vchodu, pretože vo vzdialenosťi asi 5 — 7 m od neho vzniká depresia, v ktorej v zime a na jar, ale viac než pravdepodobne aj v ostatných obdobiach je najchladnejšie miesto jaskyne. Z obr. 1 je zrejmé, že tento jav možno pozorovať nielen vo výške 10 cm, ale aj 200 cm, ba čo viac, tepelný prierez dlhšieho obdobia, získaný neskôr (obr. 2), toto potvrdzuje, že sa totiž vzduch tohto úseku aj pri dlhšie otvorených dverách na jar pomerne rýchlo opäť schladí. Tento jav možno pozorovať aj v kvapľových jaskyniach. S ohľadom na vytváranie sa tepelných podmienok možno konštatovať, že sa ľadová jaskyňa pri Telkibánya správa ako vstupné časti väčších ľadových jaskýň. Hodnoty maxima a minima sledujú v odstupe poldruha až dvoch hodín tepelné hodnoty vonkajšieho okolia jaskyne, pričom sa samozrejme maximálne hodnoty miernia. Tak teda dochádza k maximálnym hodnotám v popoludňajších hodinách, k minimálnym v ranných.

Obr. 3 znázorňuje tepelné pomery v bočnej chodbe jaskyne. Z neho jasne vyplýva, ako je teplota podľa špecifickej váhy stabilne rozvrstvená. Najchladnejší vzduch sa nachádza v najnižšie uložených vrstvách, kým pozdĺž osi chodby sa teplota zvyšuje, avšak pravidelnosť v zvyšovaní teploty sa pozorovať nemôže. Medzi 0 a 1 m kolíše táto hodnota medzi 0 a 0,2 °C, medzi 1 a 2 m sa teplota vo všeobecnosti zvýši na 0,2 až 0,5 °C. Početnými meraniami priemerných hodnôt sa mohlo takisto potvrdiť, že tepelné rozdiely prízemných vrstiev takmer úplne splývajú. Tento jav tvorí príkry protiklad k podmienkam, ktoré panujú vo voľnej atmosfére. Toto zistenie sa odzrkadľuje aj na obr. 2 a ukázali to aj pozorovania v ľadovej jaskyni v Dobšinej ako aj v Demänovských jaskyniach, vykonaných v iných ročných obdobiach. V štyroch vrstvách uskutočnených meraniach dňa 14. novembra 1967 v Dobšinskej ľadovej jaskyni vykázali tieto výsledky:

Tabuľka 2

Výška	Veľká sieň	Pred Ruffiniho chodbou	Malá kaplnka	Vchod
1 cm	-0,3 °C	-0,2 °C	-0,1 °C	+0,1 °C
5 cm	-0,3 °C	-0,2 °C	-0,1 °C	-
10 cm	-0,3 °C	-0,2 °C	-0,1 °C	+0,2 °C
150 cm	-0,2 °C	+0,1 °C	+0,4 °C	+0,1 °C
250 cm	+0,4 °C	+0,4 °C	-	+1,6 °C

Príslušné pozorovania v Demänovskej jaskyni v decembri 1967:

Výška	50 m od vchodu	250 m od vchodu
1 cm	-0,2 °C	+0,1 °C
5 cm	-0,1 °C	-
10 cm	-0,1 °C	+0,2 °C
150 cm	+0,4 °C	+0,5 °C

Pri skúmaní rozvrstvenia teploty podľa prierezu zistí sa zákonitosť, podľa ktorej sa izotermy od spodu nahor zhusťujú v priamej úmere k tepelnému rozdielu medzi teplotou jaskynej steny a jaskynného vzduchu ako aj výšky jaskynných stien a pri povale jaskyne, kde je teplota najvyššia, kde vrstva vzduchu hrubá niekoľko mm alebo aj menej (hraničná vrstva) prechádza do teploty horniny. V tejto vrstve v prenášaní tepla zohráva väčšiu úlohu vedenie tepla. V závislosti od tepelných podmienok v ľadových jaskyniach vyskytuje sa tento jav v dvoch formách. Ak je vzduch chladnejší než hornina, vzniká hraničná vrstva aj na dne jaskyne. Býva 1 — 2 mm hrubá a nad ňou sa ukazuje vrstvenie, ktoré sa vytvorí podľa špecifickej váhy. Druhá forma sa prejavuje v tom, že vzduch v jaskyni je teplejší než hornina (na obr. 2 a 3 dosahovala priemerná teplota povrchu jaskynných stien a stropu — 0,4 °C) a v smere k stenám teploty ubúda. Obr. 2 a 3 ešte ukazujú, aké tepelné rozvrstvenie nastane v jaskyni, pre ktorú označenie vrece so statickým studeným vzduchom ani komín neplatí, keď pri teplote vonkajšieho vzduchu 10 °C zostanú dvere asi na 2 hodiny otvorené a nastane živá výmena vzduchu. Znázornená tepelná situácia nastala po 30 minútach vetrania, keď v priestoroch vchodu z povaly visiaci ľadové kryštáliky, ktoré sa nachádzajú už v zmienenej hraničnej vrstve — mohli byť do ohriatej vrstvy vzduchu dlhšie ponorené na 4 — 5 cm — odrazu sa začali topiť, čím sa však ďalšie oteplenie viazalo, takže v opäť uzavretej jaskyni tepelné rozdiely začali klesať na 0,2 až 0,3 °C.

POMERY VLHKOSTI VZDUCHU

Vodné pary v jaskynnej atmosfére, ľad a voda v jaskyni hrajú dôležitú úlohu pri prenose tepla v dôsledku zmien kvapalného stavu vody, súčasne sú však aj dôležitým bioklimatickým činiteľom tam, kde sa nachádza organický život, alebo kde by sa s ním mohlo počítať. Organický život v ľadovej jaskyni Telkibánya je napriek zmenám v roku 1954 aj v súčasnosti dosť bohatý. Zvetrané plochy oporných trámov poskytujú sice dostatok živných látok, avšak veľmi nízke teploty v zime a silné vysušovanie určujú možnosť osídlenia jaskyne jednotlivými riasami. Tabuľka 3 znázorňuje podmienky vlhkosti vzduchu v jaskyni na niektorých charakteristických miestach v zime.

Vysušením jaskyne sa tak stalo, že v čase od decembra do konca februára, keď teplota vzduchu bola aj v priemere niže $-0,2^{\circ}\text{C}$, sotva sa dalo zistíť tvorenie sa ľadu, okrem úseku medzi siedmym a desiatym metrom a na začiatku bočnej chodby. Keď sa vonkajší vzduch v marci a v apríli oteplí a absolútny obsah vlhkosti vzduchu dosahuje jedenapolnásobok vzduchu v jaskyni, zráža sa z 1 m^3 chladného vzduchu v jaskyni asi 2 g vodných pár. Tento proces prispieva na tvorbu ľadu. Súčasne sa jaskyňa uvoľneným teplom pri zrážaní vlhkosti a zamrznaní obohatí významným množstvom energie, takže sa zrýchli oteplenie. Na tvorbu ľadu prispieva samozrejme aj z povrchu presakujúca voda, ktorá však v rhyodacite, nachádzajúcim sa v jaskyni, má nepatrny význam.

Vcelku možno poznamenať, že v zimnom období nastáva vo všetkých jaskyniach určité vysychanie, ktoré sa výmenou vzduchu len podporí a v ľadových jaskyniach dosahuje väčšieho rozsahu než v kvapľových. Naše merania, ktoré sa uskutočnili v jedinej jaskyni Madarska v prechodnom období, dokazujú, že sa vzduch aj v ľadových jaskyniach nasýti úplne alebo skoro úplne. V apríli 1970 sa v jaskyni pri Telkibánya vo výške 10 cm v 26 z 28 prípadov zistilo 100-percentné nasýtenie, kým vo výške 200 cm sa z 28 prípadov v 23 zistilo 98-percentné, raz 97-percentné a v 4 prípadoch 96-percentné. V novembri 1967 sa získali rovnaké hodnoty nasýtenosti v Dobšinskej ľadovej jaskyni i v Demänovskej jaskyni: vo výške 10 cm 100-percentné a vo výške 200 cm 98—99-percentné nasýtenie.

Tabuľka 3

Stanovište merania	Relatívna vlhkosť vzduchu v % počas zimy				Tlak vodných pár v mm Hg počas zimy			
	merané vo výške 10 cm priemer	maxi- mum	mini- mum	merané vo výške 10 cm priemer	maxi- mum	mini- mum		
Pri vchode	80,3	82,0	90	67	3,06	3,10	3,5	2,4
7 m od vchodu	88,0	82,0	96	74	3,26	3,30	3,7	2,6
Na konci hlavnej chodby	87,6	84,3	92	76	3,43	3,50	3,8	2,9
Na konci bočnej chodby	89,0	85,6	94	79	3,40	3,46	3,8	2,9

POMERY POHYBU VZDUCHU

Systém pohybu vzduchu v ľadovej jaskyni pri Telkibánya je približne totožný so systémom statických jaskýň. Nejde tu o systém komínov, ale ani systém vreca so statickým studeným vzduchom nie je v tomto prípade typický. Pred zákrokom v roku 1954 mala jaskyňa charakter vreca so statickým studeným vzduchom, pretože dno jaskyne malo smerom dovnútra mierny spád. V roku 1954 sa dno vyrovnalo. Odvtedy má spád opačný smer, teda smerom dovnútra jaskyňa stúpa, takže chlad tu takrečeno vytieká. Intenzita prúdenia sa merala dvoma rozličnými citlivými anemometrami. Pri zavretých dverách sa vzduch vymieňa trhlinami v dverách a nad dverami sa nachádzajúcim otvorom veľkým 400 cm^2 a po celom priereze má jeden smer. V zime sme získali takéto hodnoty: z 50 meraní sa vypočítala priemerná hodnota; pri zavretých dverách, vo vzdialosti 2 m od vchodu, prúdi vonkajší vzduch rýchlosťou 10,3 cm/sek do jaskyne. Prúdenie trvá 10 — 15 minút, pričom hodnota klesne na 0,0 cm/sek, ako to vysvitá z obr. 4. Obrázok znázorňuje 20 sekúnd prúdenia smerom do jaskyne. Na zvislej osi je znázornená sila veterálnych nárazov podla stupnice galvanometra tepelného anemometra, kým vodorovná os znázorňuje čas. Po 10 — 15 minútach prúdi vzduch rovnakou rýchlosťou smerom von. Treba však poznamenať, že tu ide o hodnoty namerané za veterného počasia, keď severný a severovýchodný vietor vial pri otvorených dverách do jaskyne rýchlosťou 1 — 2 m/sek. Maximálna rýchlosť vetra pri jednej príležitosti dosahovala 2,86 m/sek. V tejto etape vetrania sa uplatňuje vírivé prúdenie. Počas bezvetria možno prúdenie v jaskyni považovať za laminárne. Vtedy ho možno aj s najcitlivejšími meracími prístrojmi sotva zaznamenať, lebo dosahuje 0 — 1 cm/sek. V jarnom období prúdi studený vzduch zvnútra von a dosahuje rýchlosťi 1 — 2 — 3 m/sek. Toto prúdenie smerom von možno pri zavretých dverách pocíťovať po celý deň. Náhrada vzduchu sa musí dostať do jaskyne teda inými cestami. Ked sa za bezvetria otvoria dvere, možno zaznamenať počiatok prúdenie smerom von rýchlosťou 15 — 20 cm/sek. Neškoršie sa smer prúdenia zmení s rýchlosťou 4 — 6 cm/sek.

ZLOŽENIE A FYZICKÉ ZNEČISTENIE VZDUCHU

Nás výskum zloženia vzduchu sa zameriava predovšetkým na zistenie obj. % obsahu CO_2 . Okrem toho sa skúmal vzduch v ľadovej jaskyni pri Telkibánya aj na percentuálny obsah O_2N_2 . Laboratórne rozbory poskytli tieto priemerné hodnoty: CO_2 — 0,4066 obj. %; O_2 — 20,5 obj. %; N_2 — 78,426 obj. % a iné plyny 0,6674 obj. %. Tu treba poznamenať, že hodnoty CO_2 kolísali na Drägerovom prístroji medzi 0,04 obj. % a 0,5 obj. %.

Fyzické znečistenie vzduchu sa skúmalo pomocou konimetra, ktorého vzorky sa zhodnocovali projekčným svetelným mikroskopom za účelom kontroly fotografiou.

Výsledku sú zhrnuté v tabuľke 4.

Údaje tabuľky poskytujú prehľad o priemerných a extrémnych hodnotách znečistenia pevného skupenstva prepočítané na 1 cm^3 . Tabuľka ukazuje, že zne-

Tabuľka 4

Stanovište odberu vzoriek	0,7 — 1			1 — 5			5		
	\varnothing	počet maxi- rium	jadier mini- mum	\varnothing	počet maxi- mum	jadier mini- mum	\varnothing	počet maxi- mum	jadier mini- mum
Vchod	4,9	6,6	4,4	3,4	4,1	2,7	0,8	0,8	0,7
Hlavná chodba — 6 m od vchodu	0,2	0,4	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1	0,3	0,0
Vedľajšia chodba 2 m od hlavnej chodby	0,1	0,2	0,0	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Koniec vedľajšej chodby	0,4	1,0	0,0	0,2	0,3	0,0	0,3	0,5	0,0
Hlavná chodba — 15 m od vchodu	0,8	1,7	0,3	0,6	2,4	0,0	0,4	0,5	0,3
Koniec hlavnej chodby	2,4	6,3	0,3	1,5	1,7	0,9	0,4	0,6	0,0
V údolí pred jaskyňou	25,0	31,0	19,0	1,0	1,4	0,5	0,6	0,8	0,3

čistenie vzduchu v rozsahu, ktorý sa zachytí konimetrom, je veľmi sporný. Aj obr. 5 predstavuje fotografiu vzoriek prachu z jaskyne, znečistenie, ktoré pochádza zo vzduchu v objeme 10 cm³.

Záverom k referátu treba dodať, že tu spomenuté výsledky sú časťou materiálu z výskumu, ktorý ešte prebieha. Nepredpokladalo sa, že by sa v referáte vyložila úplná mikroklíma jaskyne, ale uspokojoilo sa tým, že referát prispeje na lepšie spoznanie mikroklímy ľadových jaskyň.

Schon der berühmte Historiograph J. V. Valvasor (1689, I, 242, IV, 517) kennt vier Eishöhlen (slow. ledenska jama, ledenica, ledenik). Die Kenntnis der slowenischen Karst-Eishöhlen vervollständigt J. Petrucci (1849, 344 und 374 — 375) mit der Beschreibung weiterer 9 Eishöhlen. Nach ihm erwähnt E. Graf einige Eishöhlen aus der Grottenwelt von Kočevje (1882, 1 — 10). Eine übersichtliche Zusammenstellung der Eishöhlen im Karst veröffentlichte B. Schwaibe (1887, 30 — 32). Er kennt im Karst schon 18 Eishöhlen, doch sind einige davon nur temporärer Natur. Wertvoll ist ein Aufsatz über die Eishöhlen des Ternowaner und Birnbaumer Waldgehirges von L. C. Moser in der Zeitschrift des Dt. u. Österreich. Alpenvereines (1889, 351 — 363). Einen sehr verdienstvollen Beitrag zum Problem der Eishöhlen lieferte B. Fugger (1891, 29 — 38), der aus unserem Gebiet 4 Alpen- und 19 Karsteishöhlen beschreibt. Später haben sich mehrere davon als nur temporäre Eishöhlen erwiesen. Gelegentlich der II. österreichischen Höhlenforschertoche 1912, die in Kočevje stattfand, wurde dort die Ledenzica na Stojai (Friedrichsteiner-Eishöhle) erforscht, doch sind die Ergebnisse nicht veröffentlicht worden. Zur Zeit des ersten Weltkrieges erforschten zwei slowenische Höhlenforscher, I. Michler und P. Kunaver, einige Eishöhlen im Trnovaki gozd zwecks Wasserversorgung an der Isonzofront.

Bei die Vereinigung des Küstenlandes mit dem Mutterland Jugoslawien er-

DIE EISHÖHLEN IM SLOWENISCHEN KARST

FRANCE HABE

Umgebung von Kočevje (Eishöhle im Nanos) und bei Ribnica durchsucht. In der großen Eishöhle in der Paradana wurden im Jahre 1888 die ersten Temperaturmessungen vorgenommen.

Mein Referat soll nur die Typen der Karst-Eishöhlen aufzeigen und etwas über die interessantesten Eishöhlen im Trnovski gozd und am Karstplateau oberhalb Kočevje berichten.

Im Slowenischen Karst können wir vier Typen von Eishöhlen unterscheiden:

Der Höhlenkataster Sloweniens zählt über 3400 Höhlen, darunter 135 Schne- und Eishöhlen. 115 davon entfallen auf die Alpen, 20 auf den Karst (Abb. 1). Es ist überraschend, daß wir mitten im Sommer in unmittelbarer Nähe heißer südlicher Landstriche Eishöhlen antreffen. Sie dienten noch unlängst vielenorts im Hochsommer, zur Zeit der größten Dürre, der Wasserversorgung. So berichtet V. Bohinec (1963, 188) nach I. Aichholzer (1878, 23 — 25), daß das Eis aus den Eishöhlen des Nanos sowie besonders aus der Großen Eishöhle in der Paradana in Trnovski gozd (Ternowaner Wald) in die Küstenstädte der Adria gebracht wurde. Das Eis wurde in besonderen Fäßern auch nach Venedig, nach Dalmatien und sogar nach Alexandrien und Indien verschifft.

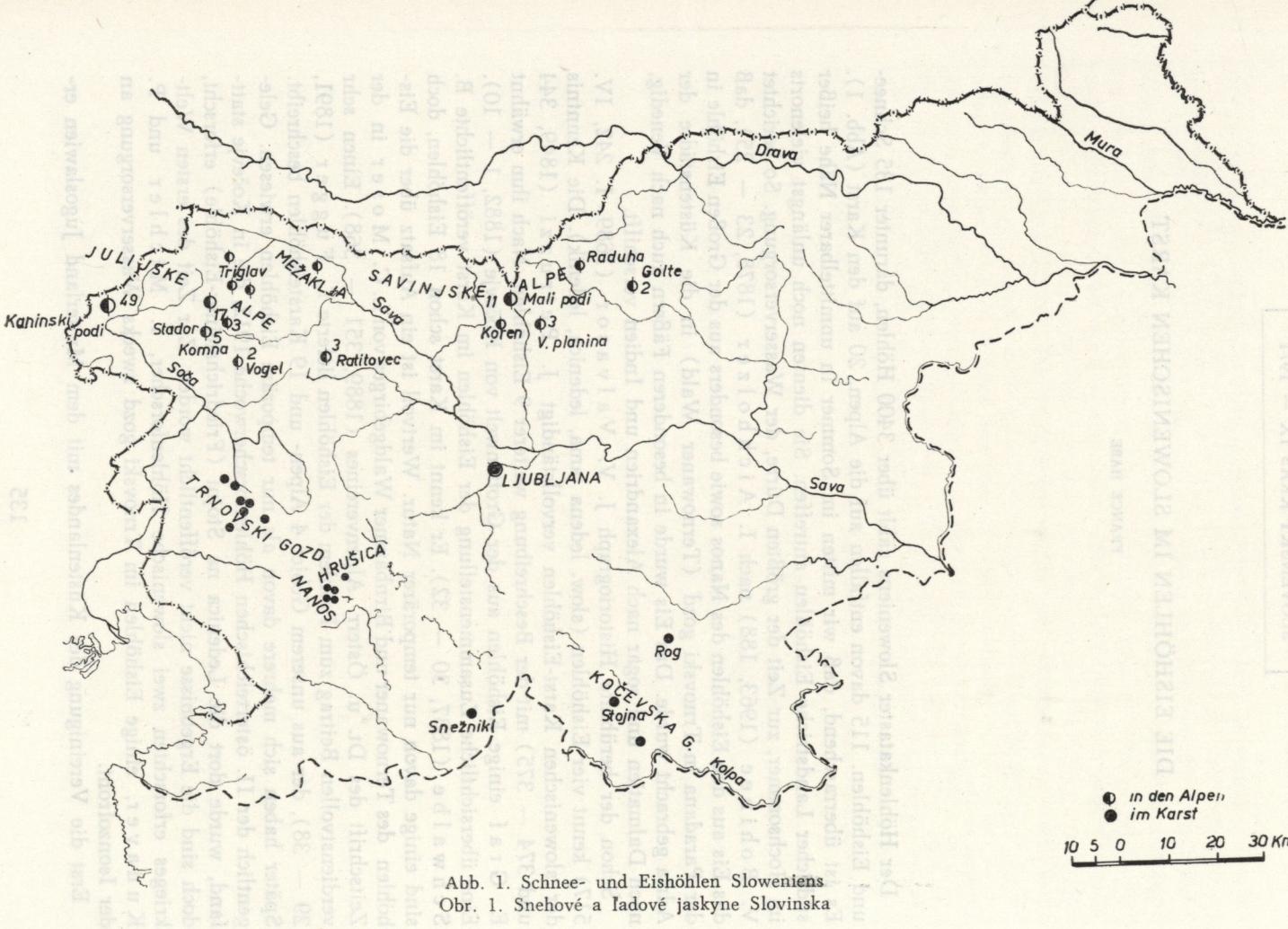
Schon der berühmte Historiograph J. V. Valvasor (1689, I. 242, IV. 517) kennt vier Eishöhlen (slow. ledena jama, ledenica, ledenik). Die Kenntnis der slowenischen Karst-Eishöhlen vervollständigt J. Petrucci (1849, 344 und 374 — 375) mit der Beschreibung weiterer 9 Eishöhlen. Nach ihm erwähnt E. Graf einige Eishöhlen aus der Grottenwelt von Kočevje (1882, 1 — 10). Eine übersichtliche Zusammenstellung der Eishöhlen im Karst veröffentlichte B. Schwabe (1887, 30 — 32). Er kennt im Karst schon 18 Eishöhlen, doch sind einige davon nur temporärer Natur. Wertvoll ist ein Aufsatz über die Eishöhlen des Ternowaner und Birnbaumer Waldgebirges von L. C. Moser in der Zeitschrift des Dt. u. Österr. Alpenvereines (1889, 351 — 368). Einen sehr verdienstvollen Beitrag zum Problem der Eishöhlen lieferte E. Fugger (1891, 29 — 38), der aus unserem Gebiet 4 Alpen- und 19 Karsteishöhlen beschreibt. Später haben sich mehrere davon als nur temporäre Eishöhlen erwiesen. Gelegentlich der II. österreichischen Höhlenforscherwoche 1912, die in Kočevje stattfand, wurde dort die Ledenica na Stojni (Friedrichsteiner-Eishöhle) erforscht, doch sind die Ergebnisse nicht veröffentlicht worden. Zur Zeit des ersten Weltkrieges erforschten zwei slowenische Höhlenforscher, I. Michler und P. Kunaver, einige Eishöhlen im Trnovski gozd zwecks Wasserversorgung an der Isonzofront.

Erst die Vereinigung des Küstenlandes mit dem Mutterland Jugoslawien er-

● In den Alpen
● im Karst

10 5 0 10 20 30 Km

221



weckte das Interesse der slowenischen Höhlenforscher für Eishöhlen in größerem Maße. Über diese neuen Forschungen sind bis jetzt nur Berichte über den Triglav-Eisschacht und über die Kleine und Große Eishöhle in der Paradana im Trnovski gozd erschienen. Doch sind auch hier manche Probleme ungelöst geblieben.

Die ersten Temperaturmessungen aus slowenischen Eishöhlen stammen von J. Petrucci, der sie im August des Jahres 1849, und zwar in einigen Höhlen der Umgebung von Kočevje (Eishöhle von Kunč) und bei Ribnica durchführte. In der großen Eishöhle in der Paradana wurden im Jahre 1882 die ersten Temperaturmessungen vorgenommen.

Mein Referat soll nur die Typen der Karst-Eishöhlen aufzeigen und einiges über die interessantesten Eishöhlen im Trnovski gozd und am Karstplateau oberhalb Kočevje berichten.

Im Slowenischen Karst können wir vier Typen von Eishöhlen unterscheiden. Den ersten Typus bilden tiefe, senkrechte und enge Schächte auf den hohen Karstplateaus, wo wegen reichlicher Schneefälle der Schnee am Grunde des Schachtes das ganze Jahr hindurch liegen bleibt und sich in den unteren Schichten allmählich in Eis verwandelt. Dieser Typus (Abb. 2) ist auf dem Nanos-Plateau durch die 74 m tiefen Schächte Tri brezna v Jamca (P. Habič, 1964, 24) und am Snežnikmassiv durch den 162 m tiefen Schacht Snežniško brezno (R. Gospodarič, P. Habič, 1963, 19) vertreten. Der zweite Typus hat das Profil eines umgekehrten T. Am breiteren Grunde des Schachtes häuft sich im Winter eine große Schneemenge an, die bis tief in den Sommer sehr niedrige Temperaturen beibehält. In den seitlichen Höhlengängen bilden sich Eisformen vom Tropfeis. Zu diesem Typus gehören auf dem Nanosplateau die 50 m tiefe Eishöhle Slapenski ledenik (Abb. 3), die 30 m tiefere Höhle Veliki trški ledenik (P. Habič, 1964, 20 – 21) und die 28 m tiefe Ledenica pod Hrušico, im Trnovski gozd die Höhle Mala ledena jama v Paradani (I. Michler, 1949/50, 213) und der Schacht Suho brezno (F. Ribar, 1962, 347).

Den dritten Typus der Eishöhlen im Karst bilden Einsturzdolinen mit sackartigen, absteigenden Höhlengängen, die in einen größeren unterirdischen Raum führen. Zu diesem Typus gehören einige Eishöhlen am Karstplateau des Trnovski gozd (z. B. die Eishöhle in Dol bei Predmeja) und am Bergmassiv Rog (Hornwald) bei Kočevje die Höhle Ledena jama pri Kunču (Abb. 4).

Unweit von Predmeja liegt die im Jurakalke entstandene über 100 m lange Eishöhle von Dol in einer Seehöhe von 900 m. Die erste Skizze dieser Eishöhle stammt von L. C. Moser (1889, 362). Der in der Einsturzdoline angehäufte Schnee schmilzt hier schon während des Sommers. Fast horizontale Schichten dinarischer Richtung durchqueren zahlreiche lokale Dislokationslinien. Längs einer Verwerfung an der östlichen Seite der Decke sind zwei hohe Kamine entstanden, unter denen sich mächtige Eisvorhänge und Eiskegel bilden. An der tiefsten Stelle unter den Kaminen überschreitet die Temperatur nur im Herbst +1,0 °C (1,8 °C am 21. 9. 1949; 1,4 °C am 15. 9. 1952), im Sommer und Frühjahr dagegen zeigt das Thermometer 0,1 bis 0,7 °C. Wintertemperaturen sind leider nicht gemessen worden. Im Spätherbst zerschmilzt der Eisschmuck bis auf einen

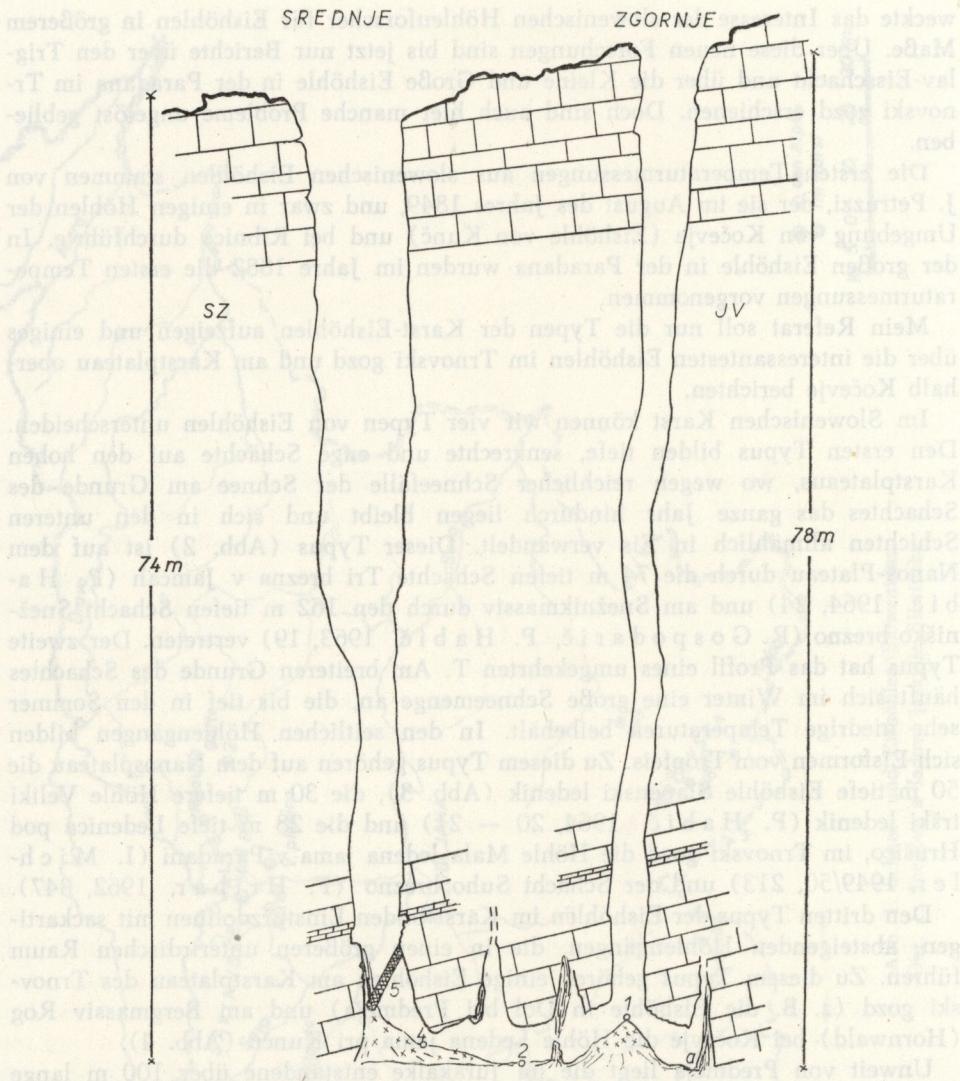


Abb. 2. Tri brezna v Jamcach auf dem Nanos-Plateau. Beispiel des ersten Typus der Karst-Eishöhle. (P. Habič, 1964, 24)

Obr. 2. Tri brezna v Jamcach na planine Nanos. Príklad prvého typu krasovej ľadovej jaskyne (P. Habič, 1964, 24)

spärlichen Rest im untersten Teil der Höhle. Dem heurigen langen, durch enorme Schneefälle ausgezeichneten Winter — nur vom 4. bis 6. 3. 1970 schneite es ununterbrochen 64 Stunden lang, so daß die Schneedecke eine Höhe von 3 m erreichte — haben wir besonders schöne Eisbildungen zu verdanken, die sich bis in den späten Herbst erhalten werden. Eine wichtige, die Abkühlung der Luft

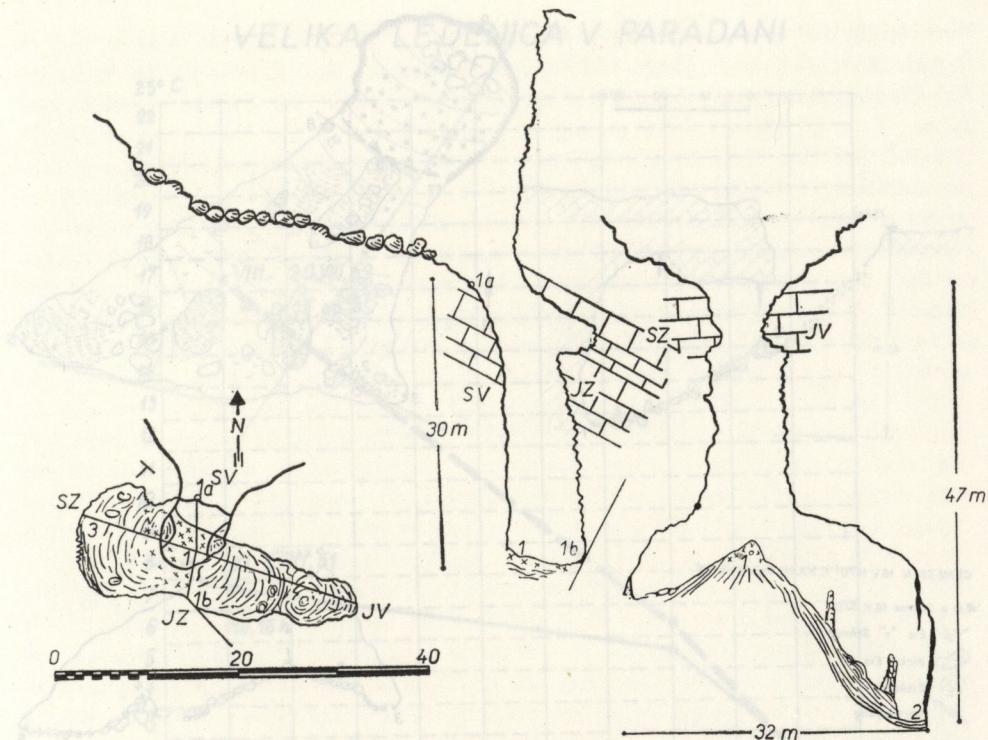


Abb. 3. Slapenski ledenik auf dem Nanos-Plateau. Beispiel des zweiten Typus der Karst-Eishöhle. (P. Habič, 1964, 20–21)

Obr. 3. Slapensky ledenik na planine Nanos. Príklad druhého typu krasovej ľadovej jaskyne. (P. Habič, 1964, 20–21)

vor dem Höhleneingang betreffende Rolle spielt die tief in den Sommer hinein am Abhang der Einsturzdoline liegende Schneedecke.

In Dolenjsko (Unterkrain) gehört zu diesem Typus die bei Kunč in einer Höhe von 750 m am Bergmassiv Rog (Hornwald) gelegene Eishöhle (Abb. 4). An der Kreuzung lokaler Bruchlinien entwickelten sich zwei hohe Kamine, an denen im Frühjahr mächtige Eisbildungen auftreten. An der westlichen Höhlenwand konnten wir wunderbare Eisvorhänge und Eiskegel beobachten. Fast der ganze Boden der mächtigen, 120 m langen und 90 m breiten Halle ist mit Eis bedeckt. Bis zum Sommer liegt auf dem bis zu 70° geneigten Abhang im unteren Teil der Einsturzdoline Schnee. Im Spätherbst zerschmilzt der Wand- und Dekkenschmuck fast zur Gänze, nur wenige Eisreste bedecken noch den Boden. Die ersten Temperaturmessungen in dieser Höhle sind schon am 29. 9. 1849 durchgeführt worden (Außenluft 20°C , in der Höhle nur $1,2^{\circ}\text{C}$). Die niedrigste in der Höhle beobachtete Temperatur betrug am 16. 5. 1970 $0,2^{\circ}\text{C}$. Bei dieser Temperatur schmolz das Eis noch nicht. Lange Eiszungen und Eiswülste erstreckten sich längs der Böschung der Höhle.

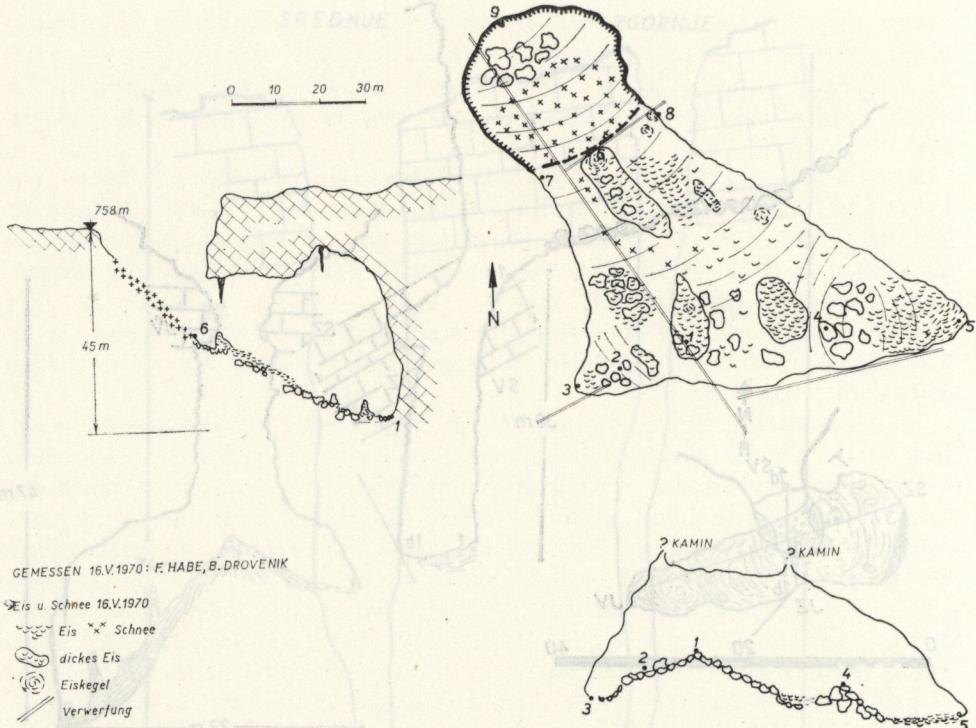


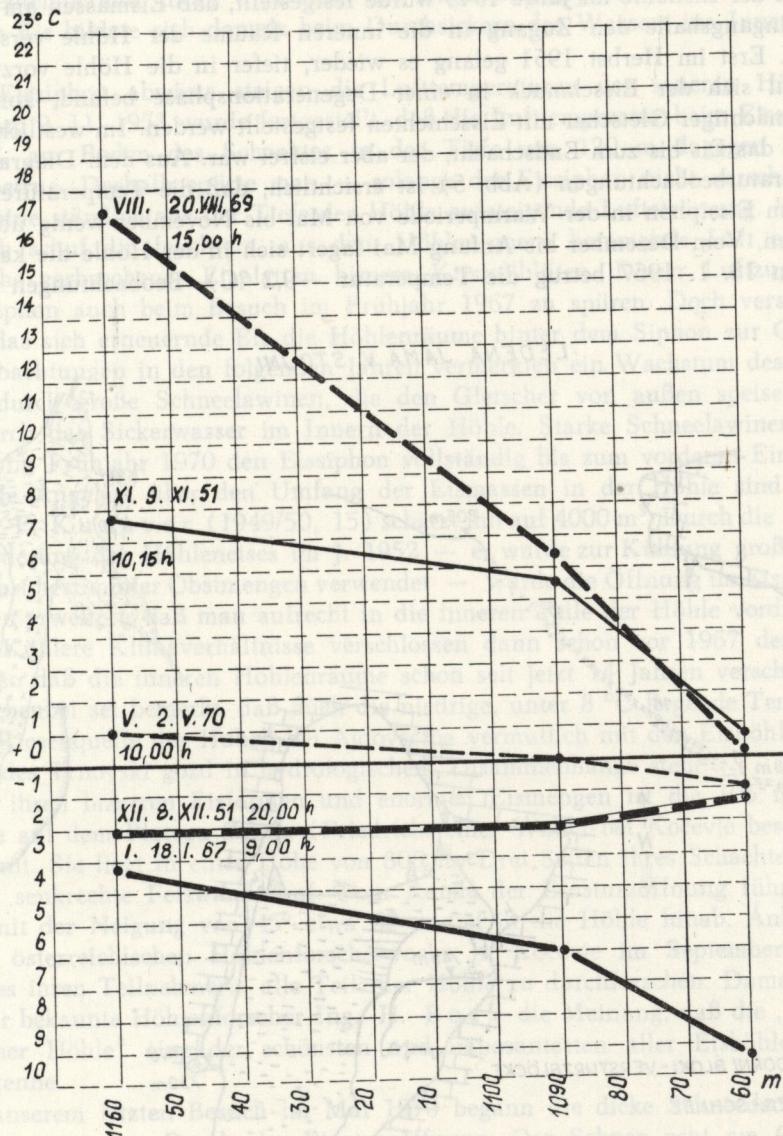
Abb. 4. Beispiel des dritten Typus der Eishöhlen: Ledena jama pri Kunču am Bergmassiv Rog
Obr. 4. Príklad tretieho typu ľadových jaskýň: Ledena jama pri Kunču v masíve Rog

Noch interessanter ist der vierte Typus unserer Karsteishöhlen. Als Beispiel erwähne ich die Große Eishöhle in der Paradana im Trnovski gozd, der aus Jurakalken und aus triassischem Dolomit besteht. Das bis zu 1200 m hohe Plateau durchziehen zahlreiche Bruchlinien dinarischer Richtung, denen entlang zahlreiche Schächte, Einsturzdolinen (z. B. die Großdoline Smrekova draga u. a.) und Eishöhlen entstanden sind. Ein rauhes Klima mit reichlichen Niederschlägen (bis 3000 mm), und eine bis zu 6 Monaten anhaltende Schneedecke charakterisieren das Plateau. Die Eishöhle liegt in der Seehöhe von 1090 m am Grunde einer 90 m tiefen Einsturzdoline mit typischer Vegetationsumkehr. Die 120 m tiefe dynamische Höhle besuchte L. C. Moser im September 1882. Von ihm stammt auch die erste Skizze der Höhle. Er berichtet, daß am 8. 9. 1882 den Eisboden ein 3 m tiefes Wasser bedeckte und die Lufttemperatur hier 3,5 °C betrug.

Erst im Jahre 1917 drangen zwei slowenische Höhlenforscher bis zum Eingang in den Schacht vor und erreichten 95 m Tiefe. Zu Anfang des Winters verschwindet das Wasser gänzlich. Im Winter kann man auf dem Eise weit in die Höhle eindringen und findet oft wunderbare Eisbildungen vor.

Während des ersten Weltkrieges gewann man hier große Mengen Eis zwecks

VELIKA LEDENICA V PARADANI



1160 m Rand der Einsturzdoline
 1090 m Höhleneingang
 1060 m Punkt B in der Höhle

Abb. 5. Diagramm der Temperaturbeobachtungen in der Großen Eishöhle in der Paradana im Trnovski gozd

Obr. 5. Diagram pozorovania teploty vo Veľkej ľadovej jaskyni v Paradane v Trnovskom lese

Versorgung der Armee an einigen Abschnitten der Isonzofront mit Wasser. Beim Besuch der Eishöhle im Jahre 1949 wurde festgestellt, daß Eismassen am Grunde der Eingangshalle den Zugang in die inneren Räume der Höhle verschlossen hatten. Erst im Herbst 1951 gelang es wieder, tiefer in die Höhle vorzustoßen. Obwohl sich der Eisschmuck in einer Degenerationsphase befand, konnte ein 12 m mächtiger Gletscher mit Eisschichten festgestellt werden. Im westlichen Arm reichte das Eis bis zum Endschacht, der aber eisfrei war. Aus dem Diagramm der Temperaturbeobachtungen (Abb. 5) ist ersichtlich, daß die Temperaturen schon vor dem Eissiphon in der Warmperiode von Mai bis November wenig über 0 °C betragen. Vom Dezember bis Anfang Mai lagert sich in der Höhle die kalte Luft ab (am 18. 1. 1967 betrug die Temperatur -9,2 °C). Beobachtungen zeigten,

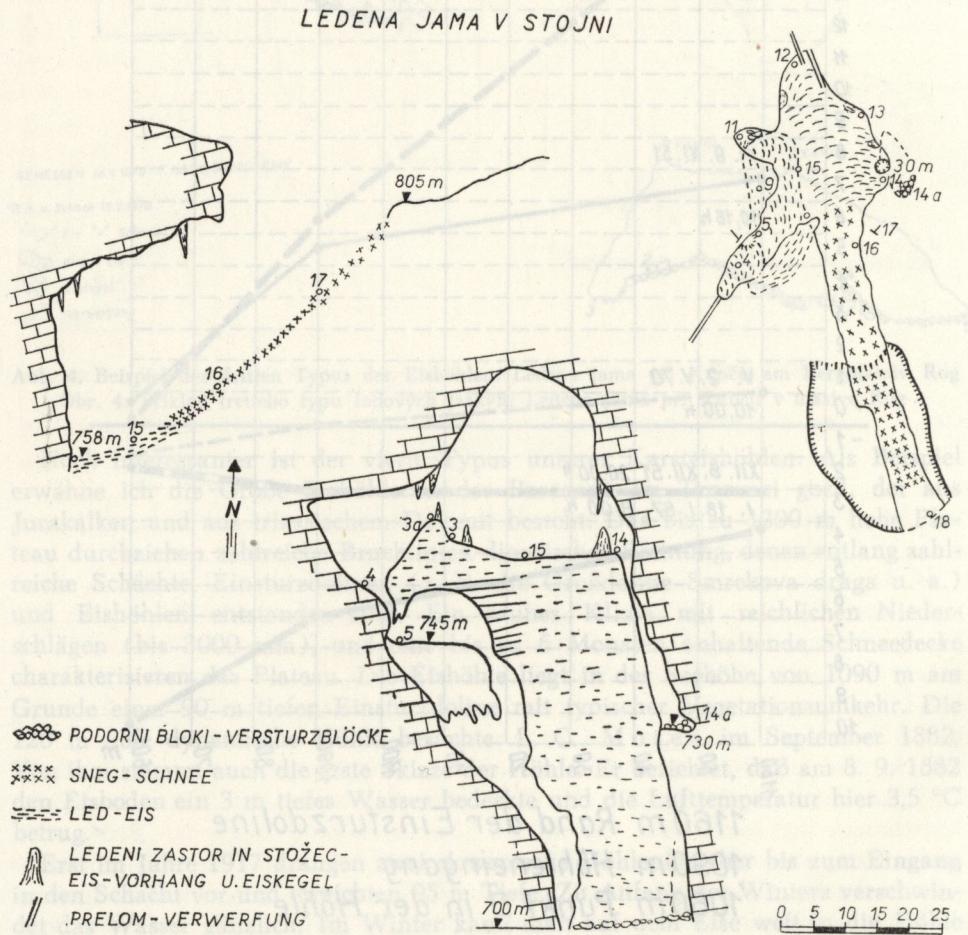


Abb. 6. Ledena jama v Stojni, Beispiel des vierten Typus der Eishöhlen
 Obr. 6. Ledena jama v Stojni, príklad štvrtého typu ľadových jaskýň

daß das Eis noch im November im Verfall war und daß erst im Dezember, als die Außentemperatur unter 0 °C fiel, die Regenerationsphase wieder einsetzte. Das erste Eis bildete sich damals beim Durchsickern des Wassers ins Innere der Höhle.

Vom Eissiphon abwärts steigen die Lufttemperaturen der inneren Höhlenräume. Am 9. 11. 1951 wurde festgestellt, daß die Lufttemperatur beim Eissiphon +0,8 °C, am Boden des Schachtes in der Tiefe von 120 m dagegen schon 2,6 °C betrug. Deshalb spürte man — solange der Eissiphon nicht verschlossen war — eine ständige aus der Tiefe der Höhle aufsteigende Luftströmung. Wahrscheinlich schuf die feuchtere, aus dem Höhleninnern kommende Luft an der Oberfläche zerbrochener Eisplatten bizarre Kristallblüten. Dieser Luftzug war am Eissiphon auch beim Besuch im Frühjahr 1967 zu spüren. Doch versperrte damals das sich erneuernde Eis die Höhlenräume hinter dem Siphon zur Gänze. Die Beobachtungen in den folgenden Jahren vermerkten ein Wachstum des Eises sowohl durch große Schneelawinen, die den Gletscher von außen speisen, als auch durch das Sickerwasser im Innern der Höhle. Starke Schneelawinen versperrten im Frühjahr 1970 den Eissiphon vollständig bis zum vorderen Eingang.

Genaue Angaben über den Umfang der Eismassen in der Höhle sind nicht möglich. P. K u n a v e r (1949/50, 15) schätzt ihn auf 4000 m³. Durch die intensive Förderung des Höhleneises im J. 1952 — es wurde zur Kühlung großer für den Export bestimmter Obstmengen verwendet — wurde die Öffnung im Eissiphon dermaßen erweitert, daß man aufrecht in die inneren Teile der Höhle vordringen konnte. Kühlere Klimaverhältnisse verschlossen dann schon vor 1967 den Eissiphon, so daß die inneren Höhlenräume schon seit jetzt 14 Jahren verschlossen sind. Nebenbei sei bemerkt, daß auch die niedrige, unter 8 °C liegende Temperatur* der Riesenquelle des Hubelj bei Ajdovščina vermutlich mit den Eishöhlen am Plateau des Trnovski gozd in hydrologischem Zusammenhange steht.

Nach ihren bizarren Eisformen und enormen Eismengen ist die 105 m tiefe Eishöhle auf dem Plateau Stojna (Friedrichsteiner Wald) bei Kočevje besonders interessant. Sie liegt in einer Höhe von 805 m. Drei Seiten ihres Schachtes weisen fast senkrechte Felswände auf. Vom Rande der Einsturzöffnung führt eine Halde mit der Neigung von 45° etwa 60 m tief in die Höhle hinab. Anlässlich der II. österreichischen Höhlenforscherwoche in Kočevje im September 1912 gelang es ihren Teilnehmern, alle Teile der Höhle zu durchforschen. Damals äußerte der bekannte Höhlenforscher Ing. H. B o c k die Meinung, daß die „Friedrichsteiner Höhle“ eine der schönsten und imposantesten aller Eishöhlen sei, die er kenne.

Bei unserem letzten Besuch im Mai 1970 begann die dicke Schneedecke unmittelbar unter dem Rande der Einsturzöffnung. Der Schnee geht am Grunde der Höhle in die ewig vereiste Sohle über (Abb. 6). Die Wände und die Decke schmücken große Eiszapfen und Eiskaskaden, am Grunde wachsen zahlreiche große Eiskegel. An der linken Wand befindet sich auf der 5 m höher gelegenen Eisfläche neben der Felswand eine Öffnung, die in den 20 m tieferen „Kristallpalast“ voll bizarren Eisformen und mächtiger Eisschichten führt. Ein weiterer Abstieg zwischen der Westwand und dem Eis führt in einen 50 m hohen Eisdom.

LEDENA JAMA NA STOJNI

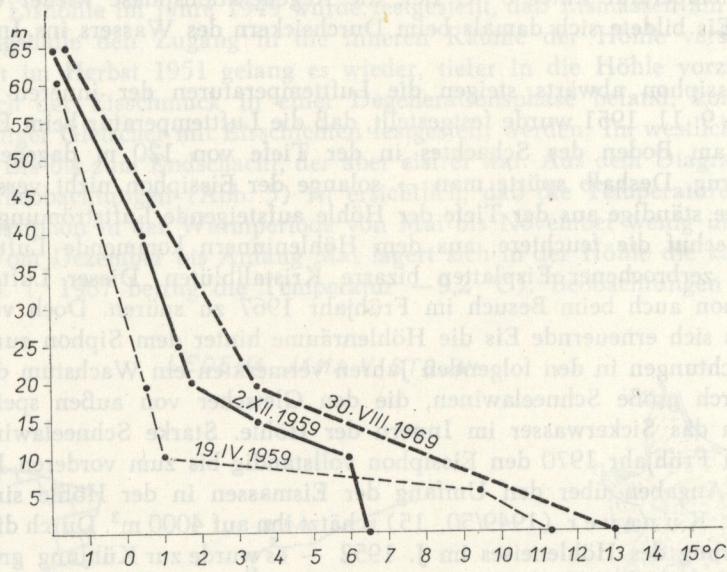


Abb. 7. Bewegungen der Temperaturen in der Eishöhle Ledena jama v Stojni
Obr. 7. Pohyby teplôt v ľadovej jaskyni Ledena jama v Stojni

Wenn man annimmt, daß das Eis von der ersten Sohle bis zum Grunde der beiden unteren Räume einen kompakten Eisstock bildet, und noch den unteren Teil der Gletscherzunge am Abhang dazurechnet, darf man die Menge der Eismasse auf etwa 25 000 m³ schätzen. Auch in dieser Eishöhle bewegen sich die Temperaturen schon an der vereisten Sohle rund um 0 °C (Abb. 7).

Die Höhle ist gegen Süden geöffnet, so daß die Mittagssonne die Eissohle direkt bestrahlt. Diese Tatsache steht im Widerspruch mit Fuggers Theorie, daß die Öffnungen der Eishöhlen gegen Norden gerichtet sind.

Wir sind am Anfang der wissenschaftlichen Erforschung unserer Eishöhlen. Nur zahlreiche systematische Beobachtungen werden uns zu richtigen Resultaten über ihre Entstehung und Entwicklung führen. Das erfordert allerdings eine längere Forschungsperiode, die sich aber auch deshalb lohnen wird, weil besonders die letzteren beiden beschriebenen Höhlen es verdienen würden, zu Schauhöhlen ausgebaut zu werden.

Literatur

Aichholzer I., 1878: Eis als forstliche Nebennutzung. Centralblatt f. d. gesamte Forstwesen IV, 23 — 25. Wien

Archiv des Institutes f. Karstforschung der Slowenischen Akademie der Wissenschaften und Künste in Postojna

Bohinec V., 1963: Über die Beziehungen zwischen Mensch und Unterwelt im sloweni-

schen Karst. Actes du deuxième Congrès International de Spéléologie. Bari — Lecce — Salerno 1958, Tome II, 186 — 192, Castellana Grotte

Fugger E., 1891: Eishöhlen und Windröhren. XXIV. Jahresbericht der k. k. Oberrealschule in Salzburg, 29 — 38, Salzburg

Graf E., 1882: Die Grottenwelt von Gottschee. Mittheil. d. Sektion f. Höhlenkund. öterr. Touristen-Club, Nr. 1, 1 — 10, Wien

Habič P., 1964. O podzemelskih ledenikih na Nanosu. Naše jame V/1963, 19 — 29, Ljubljana

Hribar F., 1962: Temperatur und Vegetationsumkehrungen im Trnovski gozd. VI^e Congrès International de Météorologie alpine, Bled, 14 — 16, Beograd

Kunaver, 1949/50: Podzemski ledeniki. Proteus XII, 13 — 18, Ljubljana

Michler I., 1949/50: Velika in Mala ledena jama v Trnovskem gozdu. Poročilo Društva za raziskovanje jam Slovenije. Proteus XII/7, 208 — 213, Ljubljana

— 1951/52. Velika ledena jama v Paradani. Poročilo Društva za raziskovanje jam Slovenije. Proteus XIV/9, 310 — 315, Ljubljana

Moser L. C., 1889: Die Eishöhlen des Tarnowanner und Birnbaumer Waldgebirges. Zeitschrift d. Deut. u. Österr. Alpenvereines. Bd. XX, 351 — 368, Wien

Schwalbe B., 1887: Uebersichtliche Zusammenstellung literarischer Notizen ueber Eis Höhlen und Eislöcher nebst einigen Zusätzen. Mitteil. d. Sektion f. Höhlenkunde d. Österr. Touristenclub. Nr. 2 — 3, 13 — 39. Wien

Valvasor J. V., 1689: Die Ehre des Herzogtums Krain I. 242, IV. 517. Laibach

nachádzame ľadové jaskyne. Na mnohých miestach tieto jaskyne ešte predneďšinom slňali uprostred leta, v období najväčšieho sucha, na zásobovanie vojied. Podľa L. Aichholzera (1878, 23 — 25) referuje V. Bohinc (1963, 188) o tom, že sa ľad z ľadových jaskýň Nanosu i z Veľkej ľadovej jaskyne v Paradane v Trnovskom lese dopravoval do prímořských miest na Jadran. V osobitných sudech sa ľad vozil aj do Benátok, Dalmácie a naloďoval ho sú do Alexandrie a Indie.

Už slávny historiograf J. V. Valvasor (1689, I. 242, IV. 517) poznal štyri ľadové jaskyne (slovinsky — ledene jama, ledenica, ledeník). Vedomosti o slovinských krasových ľadových jaskyniach dopĺňa J. Ferruzzi (1849, 344 a 374 — 375) epizodou ďalších deviatich jaskýň. Podľa neho sa E. Graf zmieňuje o niektorých ľadových jaskyniach pri Kočevje (1882, I — 10). B. Schwalbe (1887, 30 — 32) sverejne prehľadne zostavuje krasových ľadových jaskýň. V Krase poznal už 18 ľadových jaskýň, avšak niektoré z nich sú len prechodného rázu. Hodnotia je úvaha o ľadových jaskyniach v Trnovskom lese a Brusica pohorí, autorom ktorej je L. C. Moser v časopise Zeitschrift des DT. u. Österr. Alpenvereins (1889, 351 — 368). Veľmi záslužný príspevok k problému ľadových jaskýň predložil E. Fugger (1891, 29 — 38), ktorý z tohto územia opísal 4 alpské a 19 krasových jaskýň. Neskoršie sa visceré z nich ukázali len ako prechodné ľadové jaskyne. Z príležitosti II. Tyždňa rakúskych speleológov v roku 1912, ktorý sa usporiadal v Kočevje, preskúmali tie Ledenica na Stojni, avšak výsledky sa nezverejnili. Za prvej svetovej vojny preskúmali dva slovinšti speleológovia I. Michler a P. Kunaver niekoľko ľadových jaskýň v Trnovskom lese, aby náleži veda na zásobovanie fronty pri Isenze (obr. 1).

Až príjdením poľských členov k materike Juholávi sa prebudil záujem

LADOVÉ JASKYNE V SLOVINSKOM KRASE

FRANCE HABE

Kataster jaskyň Slovinska obsahuje vyše 3400 jaskyň, z toho je 135 ľadových a snehových. Z nich v Alpách sa nachádza 115 a 20 v Krase (obr. 1). Je prekvapujúce, že uprostred leta, v bezprostrednej blízkosti horúcich južných pásem nachádzame ľadové jaskyne. Na mnohých miestach tieto jaskyne ešte prednedávnom slúžili uprostred leta, v období najväčšieho sucha, na zásobovanie vodou. Podľa I. A i c h h o l z e r a (1878, 23 — 25) referuje V. Bohinec (1963, 188) o tom, že sa ľad z ľadových jaskyň Nanosu i z Veľkej ľadovej jaskyne v Paradane v Trnovskom lese dopravoval do prímorských miest na Jadran. V osobitných sudoch sa ľad vozil aj do Benátok, Dalmácie a nalodenoval ho aj do Alexandrie a Indie.

Už slávny historiograf J. V. Valvasor (1689, I. 242, IV. 517) poznal štyri ľadové jaskyne (slovensky — ledena jama, ledenica, ledenik). Vedomosti o slovinských krasových ľadových jaskyniach dopĺňuje J. Petruzzzi (1849, 344 a 374 — 375) opisom ďalších deviatich jaskyň. Podľa neho sa E. Graf zmieňuje o niektorých ľadových jaskyniach pri Kočevje (1882, 1 — 10). B. Schwallbe (1887, 30 — 32) uverejnil prehľadné zostavenie krasových ľadových jaskyň. V Krase poznal už 18 ľadových jaskyň, avšak niektoré z nich sú len prechodného rázu. Hodnotná je úvaha o ľadových jaskyniach v Trnovskom lese a Hrušica pohorí, autorom ktorej je L. C. Moser v časopise Zeitschrift des DT. u. Österr. Alpenvereins (1889, 351 — 368). Veľmi záslužný príspevok k problému ľadových jaskyň predložil E. Fugger (1891, 29 — 38), ktorý z tohto územia opísal 4 alpské a 19 krasových jaskyň. Neskoršie sa viaceré z nich ukázali len ako prechodné ľadové jaskyne. Z príležitosti II. Týždňa rakúskych speleológov v roku 1912, ktorý sa usporiadal v Kočevje, preskúmala sa Lednica na Stojni, avšak výsledky sa nezverejnili. Za prvej svetovej vojny preskúmali dvaja slovinskí speleológovia I. Michler a P. Kunaver niekoľko ľadových jaskyň v Trnovskom lese, aby našli vodu na zásobovanie frontu pri Isonze (obr. 1).

Až pripojením pobrežných území k materskej Juhoslávii sa prebudil záujem

slovinských speleológov o preskúmanie ľadových jaskýň vo väčšom rozsahu. O týchto nových výskumoch boli uverejnené zatiaľ len správy o Triglavskej ľadovej šachte a o Veľkej a Malej ľadovej jaskyni v Paradane v Trnovskom lese. Avšak aj tu zostali niektoré nevyriešené problémy.

Prvé merania teploty v slovinských jaskyniach uskutočnil J. Petruzzi v auguste 1849, a to v niekoľkých jaskyniach pri Kočevje (Kunčská ľadová jaskyňa) a pri Ribnici. Vo Veľkej ľadovej jaskyni sa zmerala teplota prvý raz roku 1882.

Môj referát má uviesť len typy krasových ľadových jaskýň a podať správu o niektorých okolnostiach najzaujímavejších ľadových jaskýň v Trnovskom lese a na krasovej planine povyše Kočevje.

V Slovinskom kraze môžeme rozlíšiť štyri typy ľadových jaskýň. Prvý typ tvoria hlboké, zvislé a úzke šachty na vysokých krasových planinách, kde pre bohaté snehové zrážky zostáva sneh na dne šachty po celý rok a pod vrstvami sa sneh pomaly mení na ľad. Tento typ (obr. 2) je zastúpený na plošine Nanos 74 m hlbokými šachtami Tri brezna v Jamcach (P. Habič, 1964, 24) a 164 m hlbokou šachtou Snežnísko brezno v masíve Snežník (R. Gospodarič, P. Habič, 1963, 19). Druhý typ má profil prevráteného T. Na rozšírenom dne šachty sa v zime nahromadia veľké množstvá snehu, ktoré si do plného leta udržujú veľmi nízke teploty. V bočných jaskynných chodbách sa z kvapľov vytvárajú ľadové útvary. K tomuto typu patria na plošine Nanos 50 m hlboká ľadová jaskyňa Slapenski ledenik (obr. 3), o 30 m hlbšia jaskyňa Veliki trški ledenik (P. Habič, 1964, 20 — 21) a 28 m hlboká Ledenica pod Hrušice. V Trnovskom lese je to jaskyňa Mala ledena jama na Paradani (I. Michler, 1949/50, 213) a šachta Suho brezno (F. Hribar, 1962, 347).

Tretí typ ľadových jaskýň v Krase tvoria zrútené závrty s kapsovýtmi, klesajúcimi jaskynnými chodbami, vedúcimi do väčšieho podzemného priestoru. K tomuto typu patria niektoré ľadové jaskyne krasovej plošiny Trnovského lesa (napr. ľadová jaskyňa v Dole pri Predmeji) a na horskom masíve Rog pri Kočevje jaskyňa Ledena jama pri Kunču (obr. 4).

Nedaleko Predmeje sa nachádza v jurských vápencoch vyše 100 m dlhá ľadová jaskyňa Dol v nadmorskej výške 900 m. Prvá skica tejto jaskyne pochádza od L. C. Mosera (1889, 362). V zrútenom závrte sa ľad v lete topí. Takmer vodorovné vrstvy dinárskeho smeru pretínajú miestne dislokačné línie. Pozdĺž jednej tektonickej poruchy na východnej strane príkrovu vznikli dva vysoké komíny, pod ktorými sa vytvárajú mohutné ľadové záclony a ľadové kužeľe. Na najhlbšom mieste pod komíni vystupuje teplota nad + 1,0 °C len na jesene (1,8 °C 21. septembra 1949; 1,4 °C 15. septembra 1952); v lete a na jar zaznamenáva teplomer višak teploty iba 0,1 °C až 0,7 °C. Teploty v zime sa, žiaľbohu, nemerali. V neskorej jeseni sa ľadová výzdoba roztopí až na sporý zvyšok v najhlbšej časti jaskyne. Vlaňajšej dlhej zime, vyznačenej obrovskými snehovými závejmi — keď len od 4. do 6. marca 1970 nepretržite snežilo, takže za 64 hodín napadla snehová vrstva 3 m hrubá — možno ďakovať, že sa v jaskyni vytvorili veľmi pekné ľadové formy, ktoré sa udržia dlho do jesene. Dôležitú úlohu vzhľadom na ochladenie vzduchu pred vchodom do jaskyne až do leta hrá snehová prikrývka na svahu zrúteného závrta.

V Dolenjsku (Dolná Krajina — Banija) patrí k tomuto typu jaskyňa pri Kunči v horskom masíve Rogu vo výške 750 m (obr. 4). Na križovatke miestnych zlomových čiar sa vyvinuli dva vysoké komíny, v ktorých na jar vystupujú mohutné ľadové formy. Na západnej stene jaskyne sme mohli pozorovať krásne ľadové záclony a ľadové kužeľe. Takmer celé dno mohutnej, 120 m dlhej a 90 m širokej jaskyne je pokryté ľadom. Na 70° svahu spodnej časti zrúteného závrtu leží sneh až do leta. V neskorej jeseni sa celá nástenná a povalová ľadová výzdoba takmer úplne roztopí a len niekoľko zvyškov ľadu pokrýva jej dno. Prvé merania teploty sa uskutočnili už 29. septembra 1849 (teplota vzduchu na povrchu bola 20°C , v jaskyni len $1,2^{\circ}\text{C}$). Najnižšia v jaskyni nameraná teplota dosahovala 16. mája 1970 $0,2^{\circ}\text{C}$. Pri tejto teplote sa ľad ešte netopil. Dlhé ľadové jazyky a ľadové vankúše sa tiahli pozdĺž svahu jaskyne.

Ešte zaujímavejší je štvrtý typ našich krasových ľadových jaskyň. Ako príklad uvediem Veľkú ľadovú jaskyňu v Paradane v Trnovskom lese, ktorý tvoria jurské vápence a triasový dolomit. Vysoko ležiacou planinou prechádzajú až do 1200 m početné zlomové línie dinárskeho smeru, pozdĺž ktorých vznikli početné šachty, zrútené závrtu (napr. veľká dolina Smrekova draga a i.) a ľadové jaskyne. Túto planinu charakterizuje drsné podnebie s bohatými zrážkami (do 3000 mm) a až 6 mesiacov ležiaca snehová prikryvka. Ľadová jaskyňa leží v nadmorskej výške 1090 m na dne 90 m hlbokého závrtu s typickým vegetačným zvratom. 120 m hlbokú dynamickú jaskyňu navštívil L. C. Moser v septembri 1882. Od neho pochádza aj prvá skica jaskyne. Referuje, že 8. septembra 1882 ľadové dno pokrýva 3 m hlboká voda a teplota vzduchu dosahuje $3,5^{\circ}\text{C}$.

Iba roku 1917 vnikli dvaja slovinskí speleológovia až k vchodu do šachty a dosiahli hlbku 95 m. Začiatkom zimy sa voda úplne stratí. V zime možno po ľade vniknúť hlboko do jaskyne a nájsť krásne ľadové útvary.

Počas prvej svetovej vojny sa tu vytažili veľké množstvá ľadu, ktoré zásobili vojská vodou na niekoľkých úsekoch frontu pri Isonzo. Pri návšteve tejto ľadovej jaskyne roku 1949 sa zistilo, že ľadové masy na dne vstupnej haly uzavreli prístup do vnútorných priestorov. Až na jeseň 1951 sa podarilo opäť preniknúť hlbšie do jaskyne. Hoci sa ľadová výzdoba nachádza už vo fáze degenerácie, bolo možné zistiť 12 m mohutný ľadovec s ľadovými vrstvami. V západnom ramene siha ľad až ku koncovej šachte, ktorá je však bez ľadu. Z diagramu pozorovania teploty (obr. 5) vidno, že teplota už pred ľadovým sifónom od mája do novembra dosiahla málo nad 0°C . Od decembra do začiatku mája sa v jaskyni usadí studený vzduch (dňa 18. januára 1967 bola teplota $-9,2^{\circ}\text{C}$). Pozorovania ukázali, že ľad bol ešte v novembri v stave rozkladu a až v decembi, keď vonkajšia teplota klesla pod 0°C , nastúpila fáza jeho regenerácie. Prvý ľad sa vytváral pri presakovani vody dovnútra jaskyne.

Od ľadového sifónu smerom dolu stúpa teplota vzduchu v priestoroch jaskyne. Dňa 9. novembra 1951 sa zistilo, že pri ľadovom sifóne teplota vzduchu dosiahla hodnotu $+0,8^{\circ}\text{C}$, na dne šachty v hlbke 120 m však už $2,6^{\circ}\text{C}$. Preto bolo možné, kym ľadový sifón ešte neboli uzavretý, stále pocítovať hlbky jaskyne vystupujúce prúdenie vzduchu. Pravdepodobne vlhší, znútra jaskyne vystupujúci vzduch vytváral na povrchu polámaných ľadových dosiek bizarné kryštálové

kvety. Tento prievan pri ľadovom sifóne bolo možné pozorovať aj pri návštive na jar 1967. Avšak vtedy obnovujúci sa ľad za sifónom úplne uzavrel jaskynné priestory. Pozorovania nasledujúcich rokov zaznamenali narastanie ľadu veľkými snehovými lavinami, ktoré dosycovali ľadovce zvonku a presakujúca voda vo vnútri jaskyne. Na jar 1970 uzavreli veľké snehové lavíny ľadový sifón úplne až k prednému vchodu.

Presné údaje o objeme ľadových más v jaskyni nie je možné získať. P. K u n a v e r (1949/50, 15) odhaduje ho na 4000 m^3 . Intenzívnym ťažením jaskynného ľadu roku 1952, ktorý sa používal na chladenie veľkých množstiev ovocia určeného na vývoz, rozšíril sa otvor sifónu natoľko, že sa mohlo vzpriamene prenikať do vnútorných častí jaskyne. Chladnejšie klimatické pomery uzavreli sifón už pred rokom 1967, takže vnútorné priestory jaskyne sú teraz už vyše 14 rokov uzavreté. Okrem toho je potrebné poznamenať, že nízka teplota (nižie 8°C) obrovského prameňa Hubla pri Avdojčine pravdepodobne hydrologicky závisí od ľadových jaskýň na planine Trnovského lesa.

Bizarné ľadové formy a enormné masy ľadu má 105 m hlboká ľadová jaskyňa na planine Stojna (Ledena jama na Stojni) pri Kočevje. Je mimoriadne zaujímavá. Nachádza sa vo výške 805 m. Tri strany jej šachty tvoria zvislé skalné steny. Od okraja prepadiska vede odval so sklonom asi 45° asi do 60 m hlbky jaskyne. Z príležitosti II. Týždňa rakúskeho výskumu jaskýň v Kočevje v septembri 1912 podarilo sa jeho účastníkom preskúmať všetky časti jaskyne. Vtedy vyslovil známy speleológ Ing. H. B o c k mienku, že Ledena jama na Stojni je jednou z najkrajších a najimpozantnejších ľadových jaskýň, ktoré pozná.

Pri našej poslednej návštive v máji 1970 začínala sa hrubá snehová prikrývka až bezprostredne na okraji prepadiska. Sneh prechádza na dne jaskyne do večne zľadovateľného úpäťia (obr. 6). Steny a povalu zdobia ľadové kvaple a ľadové kaskády, na dne rastú početne veľké ľadové kužeľe. Na ľavej stene na 5 m vyššie ležiacej ploche vedľa skalnej steny sa nachádza otvor, ktorý vede do 20 m hlbšie položeného „Kryštálového paláca“, plného bizarných foriem a mohutných ľadových vrstiev. Ďalší zostup medzi západnou stenou a ľadom vede do 50 m vysokého „Ľadového dómu“. Možno predpokladať, že ľad od prvého úpäťia až po dno oboch spodných jaskynných priestorov tvorí jeden kompaktný ľadový blok. K nemu treba pripočítať časť jazyka ľadovca na svahu. Potom sa možno domnievať, že masa ľadu obsahuje asi $25\,000 \text{ m}^3$. Aj v tejto ľadovej jaskyni sa pohybujú teploty už na zľadovateľom úpäti približne okolo 0°C (obr. 7).

Jaskyňa je na juh otvorená, takže poludňajšie slnko jaskyňu priamo ožaruje. Táto skutočnosť stojí v protiklade k Fuggerovej teórii, že otvory ľadových jaskýň sú orientované na sever.

Pri vedeckom výskume slovinských ľadových jaskýň sme iba na začiatku. Len početné systematické pozorovania nás priviedú k správnym výsledkom, svedčiacim o ich vývoji. Rozhodne to vyžiada dlhšie výskumné obdobie, ktoré sa však vyplatí už aj preto, lebo obe na konci spomenuté ľadové jaskyňe by si zaslúžili, aby sa spŕstupnili verejnosti.

ЛЕДЯНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ ПЕЩЕРЫ «ЛЕДЕНИКА» (ВРАЧАНСКА ПЛАНИНА)

ВЛАДИМИР ПОПОВ

В Болгарии наличие ледяных образований отмечено в 76 пещерах. Большинство из них известно под именем ледника или леденица. Одна из таких пещер — «Леденика» — сформирована в отроге Стара-Планины — Врачанска Планина. Микроклимат и ледяные образования пещеры были исследованы сотрудниками института Географии БАН в 1962—1964 гг.

Вход пещеры «Леденика» расположен на высоте 830 м над уровнем моря в наиболее низкой части большого карстового увала, размеры которого 2500/1500 м. Морфология Леденишкого увала и генетически связанная с ним пещера обуславливают своеобразный ее микроклимат, с которым в свою очередь тесно связаны ледяные образования.

На дне увала оформлена бессточная для воздушных масс отрицательная форма, охватывающая 16 % площади целого увала.

Зимой и в начале весны часто дно увала бывает покрыто инверсионным туманом. Инверсия наблюдается под изогипсой 870 м и имеет радиационное происхождение. Она особенно хорошо выражена в ясные и холодные ночи, когда излучение земной поверхности более интенсивное. Зимой при незначительном притоке лучистой энергии, коротком дне и благодаря высоким значениям альбедо, покрытое снегом дно увала сильно охлаждается передавая охлаждение и на лежащий выше воздушный слой. Таким образом на дне увала насливается холодный воздух, на который совсем незначительно оказывают влияние изменения, происходящие в свободной атмосфере. Этот сильно охлажденный воздух постепенно попадает в пещеру и последовательно заполняет три пещерных зала, известных под именем: «Преддверието», «Малката зала» и «Концертната зала». Сравнительно теплый воздух оттесняется к потолку и постепенно выталкивается через коррозионные тектонические трещины, созданные в мощном (до 14 м) известняковом слое. Образуемые холодным воздухом слабые течения установлены у входа в пещеру, в коридорах, связывающих три зала, и в коррозионных тектонических трещинах над «Концертным залом».

Микроклиматические особенности пещеры «Леденика» изучались на базе

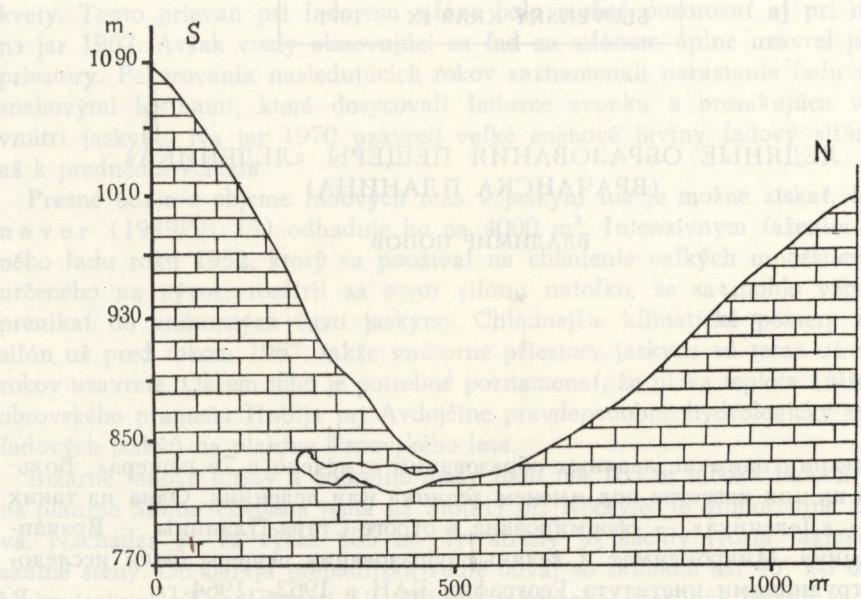


Рис. 1. Поперечный профиль Леденикского увала и пещеры «Леденика»
Obr. 1. Priečny profil Ledenického úvalu a jaskyne „Ledenika“

пяти метеорологических площадок, одна из которых была установлена у входа в пещеру, а остальные четыре в отдельных ее залах. Ниже приводится ряд данных, характеризующих температуру и влажность воздуха в пещере:

Таблица среднемесечных и годовых температур пещеры «Леденика»
(1962 — 1964 гг.)

МЕСЯЦЫ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ср. год
Вход	-6,2	-3,8	0,2	6,3	10,3	25,2	18,2	17,1	10,7	9,8	3,1	-4,4	6,4
«Преддверието»	-7,4	-3,8	-2,0	-0,4	0,3	1,5	2,4	3,4	4,4	3,9	1,2	-2,2	0,1
«Концертная зала»	-0,9	0,1	-0,1	1,9	4,0	6,1	7,0	7,4	7,2	7,0	5,7	3,7	4,0

Наиболее низкая температура воздуха у входа в пещеру была измерена 10. I. 1964 г. ($-33,2^{\circ}$). Тогда же в зале «Преддверието» температура воздуха была $-19,6^{\circ}$. Пять дней спустя температуры распределились следующим образом: у входа в пещеру $-6,8^{\circ}$, ниже входа $-11,8^{\circ}$, в зале «Преддверието» $-8,4^{\circ}$, в «Концертном зале» $-6,2^{\circ}$. На высоте в «Концертном зале» были измерены следующие температуры: на высоте 7 м над дном $-5,4^{\circ}$, 10 м $-4,8^{\circ}$, 13 м $-3,2^{\circ}$, 16 м $-1,4^{\circ}$.

Остальные три зала пещеры «Леденика» отделены от первых каменным порогом, лежащим на 80 см выше входа в пещеру и препятствующем прониканию холодных воздушных масс. Поэтому температура воздуха здесь была

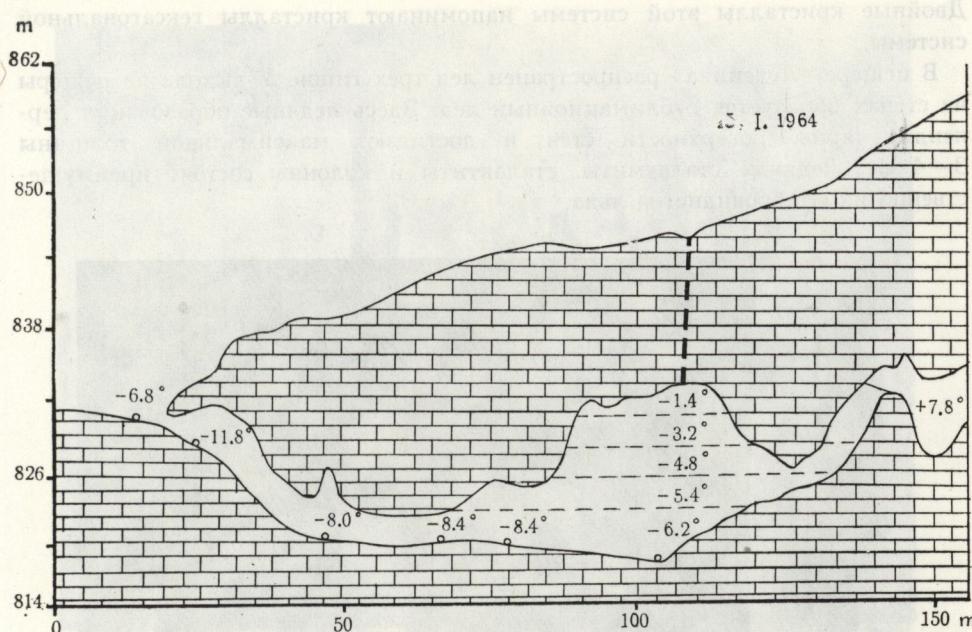


Рис. 2. Распределение температуры воздуха 15. I. 1964 г.

Obr. 2. Rozdelenie teploty vzduchu 15. januára 1964

$+7,8^{\circ}$. С незначительными колебаниями ($+7,8 - +9,6^{\circ}$) температура сохраняется постоянной в течение круглого года. Относительная влажность в пещере колеблется в пределах 75 – 97 %. Сезонные изменения температуры в «Преддверието», «Малката зала» и «Концертната зала» (летние температуры достигают в августе $+7,4^{\circ}$) свидетельствуют о том, что в этих трех залах атмосфера обладает полудинамическим характером, тогда как для внутренних залов характерно статическое ее состояние. Эта особенность микроклимата находится в тесной зависимости с морфологией пещеры и наличием различных по размеру тектонических коррозионных трещин, способствующих проветриванию воздуха первых трех залов.

Вторгающийся зимой холодный воздух охлаждает стены, пол и потолок залов, располагающихся близко к входу в пещеру. Создаются благоприятные условия для замерзания воды, капающей с потолка, собранной в лужи и озерца, текущей по пещерному дну.

Обычно образование льда продолжается от конца ноября или начала декабря до середины апреля. Вода, проникающая через охлажденную каменную породу, охлаждается и, капая с потолка, замерзает, создавая исключительные по разнообразию и красоте ледяные сталактиты, сталактоны, ледопады и т. д.

Наблюдения ледяных кристаллов при помощи поляризационного микроскопа устанавливают, что обычно они встречаются тригональной системы.

Двойные кристаллы этой системы напоминают кристаллы гексагональной системы.

В пещере «Леденика» распространен лед трех типов. У выхода из пещеры на стенах образуется сублимационный лед. Здесь ледяные образования перпендикулярны поверхности стен и достигают максимальной толщины 3—4 см. Ледяные сталагмиты, сталактиты и колонны состоят преимущественно из «фиброзидного» льда.

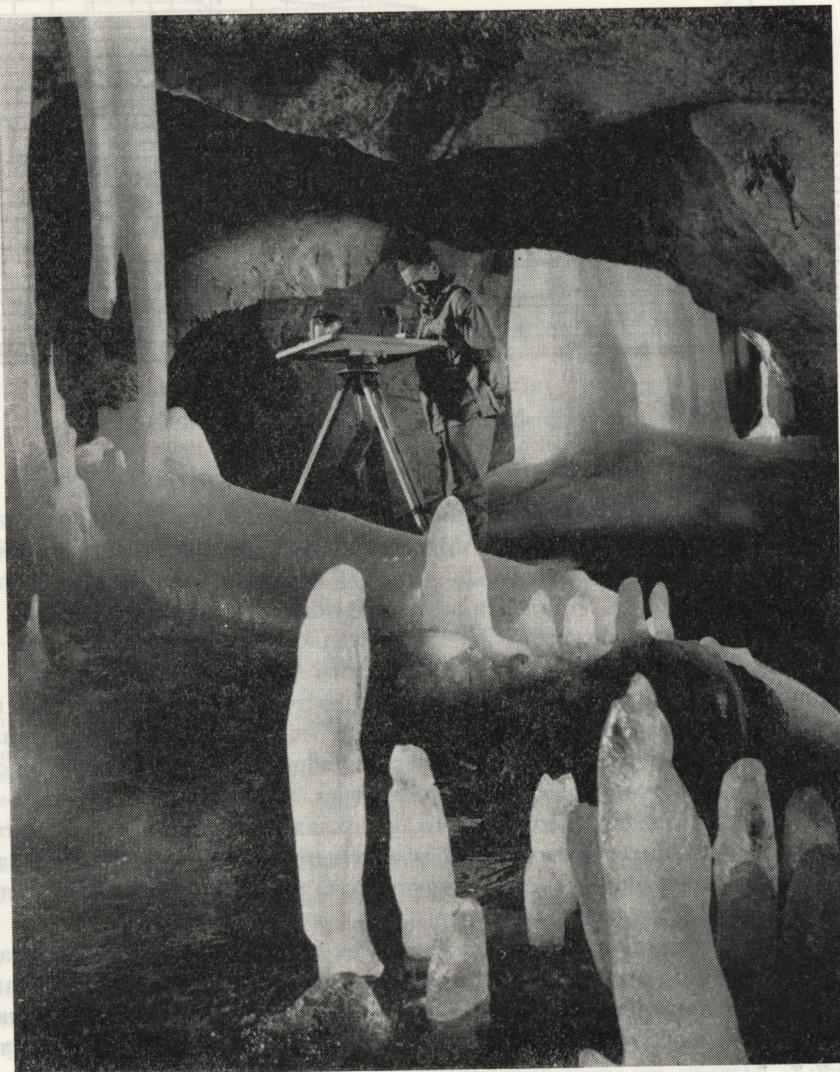


Рис. 3. Ледяные сталактиты, сталагмиты и колонны зала «Преддверието»
Obr. 3. Ledové stalaktity, stalagmity a kolóny v „Predsieni“



Рис. 4. Ледяные сталагмиты «Малого зала»
Obr. 4. Ladové stalagmity „Malej siene“

На дне первых двух залов образуется конкремионный лед. На полу наслаивается ледяная кора, достигающая 50—60 см толщины. Местами над ней возвышаются ледяные сталагмиты, одна часть которых похожа на булавы и бутыли, а другая не имеет определенных очертаний. Макроскопические наблюдения ряда сталактитов показывают, что ось первоначального кристалла отвесная, а остальные кристаллы имеют наклонную ось. На неровных участках поверхностей сталактитов вырастают новые кристаллы, создающие новые сталактиты, прикрепленные к главным. Ледяные слои сталагмитов образуют направленные к оси сталагмита и приподнятые немногом кверху ледяные кристаллы. На наиболее высоких купольных частях залов «Преддверието», «Малката зала» и «Концертна», — где температура воздуха сравнительно более высокая, ледяные сталактиты не образуются, а в местах, куда попадает капающая с потолка вода, вырастают сталагмиты. Прорасывающаяся с потолка вода содержит растворенный карбонат кальция. При замерзании воды растворенный в ней карбонат не темнеет, он располагается отдельными полосами во льду и придает ему белесоватый оттенок, разнообразя таким образом красоту ледяных сталагмитов.

В пещере наблюдаются два вида ледяных образований: прозрачные и молочно-белые. Последние образуются при более низких температурах. В таких случаях наступает быстрое замерзание, при котором воздух, содержащийся в воде, остается во льду в виде маленьких пузырьков, придающих ему молоч-

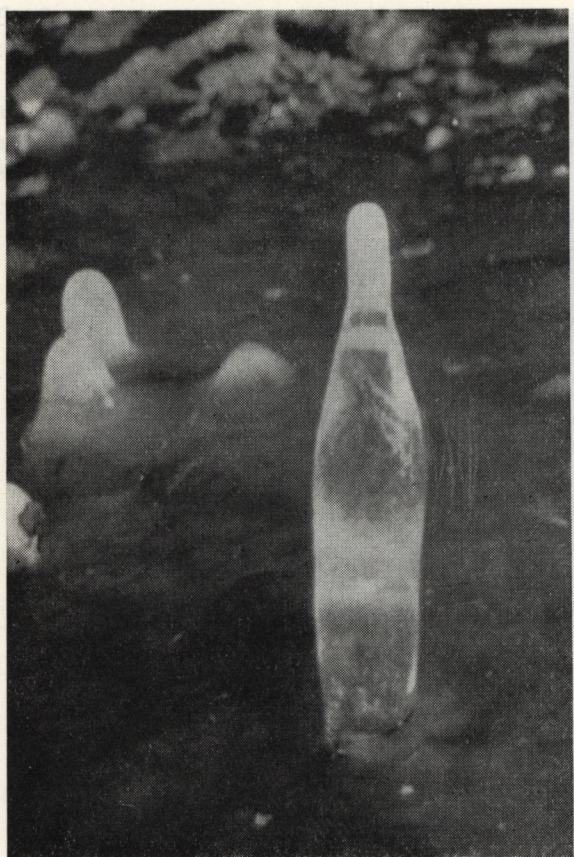


Рис. 5. Ледяные сталагмиты с кальцитными прослойками
Obr. 5. Ladové stalagmity s medzivrstvami kalcitu

но-белый цвет. Прозрачный лед формируется при более высокой температуре воздуха и более медленном замерзании воды, когда содержащийся в воде воздух успевает выйти наружу.

Регенерация ледяных образований совершается в результате таяния и сублимации. В результате регенерации льда содержащийся в нем карбонат кальция накапливается на поверхности льда в виде белой пылевидной массы. Это явление характерно для значительной части сталагмитов залов «Преддверието» и «Малката зала».

Донный лед наиболее характерен для зала «Преддверието». Он состоит из нескольких пластов, наклон которых зависит от рельефа дна, однако преобладает северный наклон по направлению к поноре «Вълчата дупка». Во льду наблюдается ясно выраженная слоистость, связанная со стадиями его образования. Он содержит ил, принесенный водой, небольшие кусочки известняка, упавшие с потолка в результате его разрушения и т. д. На попереч-

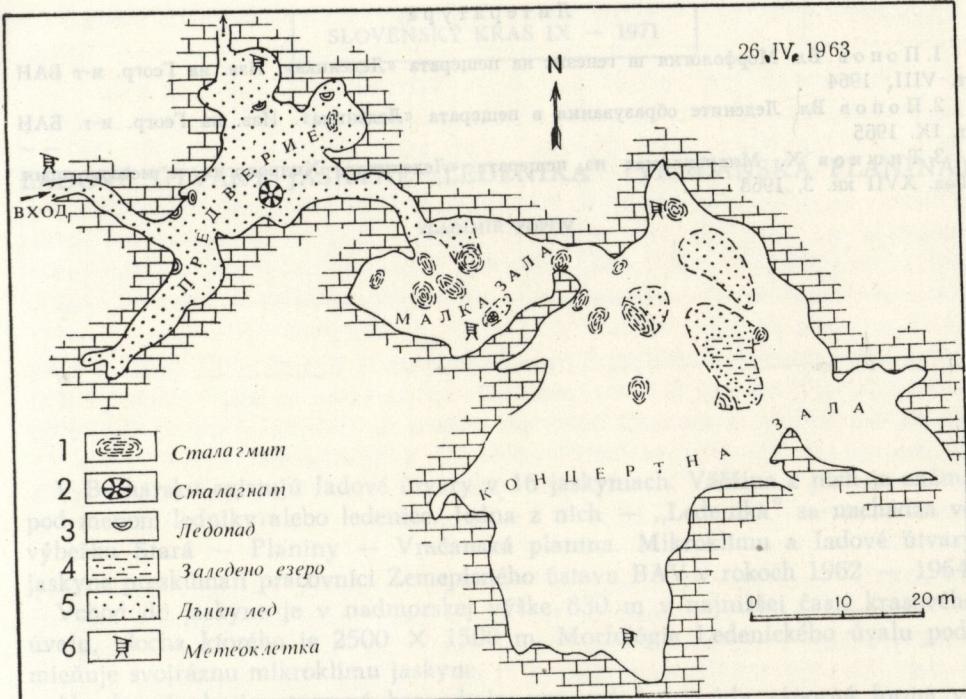


Рис. 6. Распределение ледяных образований 26. IV. 1963 г.

Obr. 6 Rozdelenie ľadových útvarov 26. apríla 1963. 1 — stalagmit, 2 — stalagnát, 3 — ľadopád, 4 — zalaďadené jazierko, 5 — podlahový ľad, 6 — meteorologická búdka

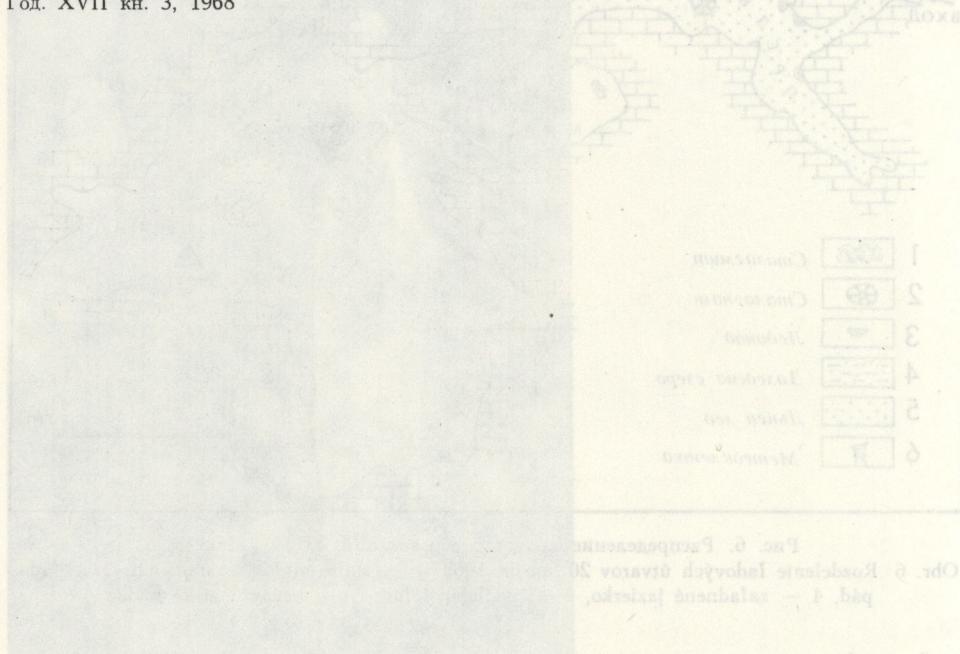
ной профиле отмечается чередование слоев прозрачного и молочно-белого льда, свидетельствующее о различных климатических условиях образования льда. При таянии донного льда ясно очергиваются образующие его ледяные кристаллы. Тогда его поверхность как-бы разбивается на множество миниатюрных шестиугольных призм.

На прилагаемом рисунке представлено распространение ледяных форм в залах «Преддверието» и «Малката зала» к 24 марта 1964 г. Тогда толщина ледяного сталактона составляла 1,5 м, а самый крупный ледяной водопад опускался почти до середины зала «Преддверието». Многочисленные сталактиты «Малого зала» возвышались до высоты 1,5 м над его полом. Ледяные булавовидные сталагмиты поднимались со дна «Концертного зала». Лед наблюдался до высоты 6 м.

Неравномерное пространственное распространение ледяных образований пещеры «Леденика» и их разнообразие в различные годы находится в тесной зависимости от комбинации температурных условий и количества просачивающейся и капающей с потолка воды в период образования льда.

Л и т е р а т у р а

- Попов Вл. Морфология и генезис на пещерата «Леденика». Изв. на Геогр. и-т БАН т. VIII, 1964
- Попов Вл. Ледените образувания в пещерата «Леденика». Изв. на Геогр. и-т. БАН т. IX, 1965
- Тишков Х. Микроклимат на пещерата «Леденика». Хидрология и метеорология. Год. XVII кн. 3, 1968



При изучении гидрологического плана пещеры «Леденика» можно заметить, что в схеме изображены различные типы водных потоков. Наиболее характерны для пещеры «Леденика» водные потоки, движущиеся в горизонтальном направлении. Эти потоки образуются в результате движения воздуха и более низким замерзанием подземных вод. Важно отметить, что эти потоки являются основным фактором формирования пещерного ледника. Важно отметить, что эти потоки являются основным фактором формирования пещерного ледника.

Долинный лед наиболее характерен для пещеры «Леденика» и является основным фактором формирования пещерного ледника. Он имеет форму, напоминающую ледяную кисть, и движется в горизонтальном направлении. Важно отметить, что эти потоки являются основным фактором формирования пещерного ледника.

LADOVÉ ÚTVARY JASKYNE „LEDENIKA“ (VRAČANSKÁ PLANINA)

VLADIMÍR POPOV

V Bulharsku existujú ľadové útvary v 16 jaskyniach. Väčšina z nich je známa pod menom ledníky alebo ledénice. Jedna z nich — „Ledenika“ sa nachádza vo výbežku Stará — Planiny — Vračanská planina. Mikroklímu a ľadové útvary jaskyne preskúmali pracovníci Zemepisného ústavu BAV v rokoch 1962 — 1964.

Vchod do jaskyne je v nadmorskej výške 830 m v najnižšej časti krasového úvalu, plocha ktorého je 2500 × 1500 m. Morfológia Lednického úvalu podmieňuje svojráznu mikroklímu jaskyne.

Na dne úvalu je utvorená bez odtoku pre vzdušné prúdy záporná forma vo výmere 16 % celkovej plochy úvalu.

V zime a začiatkom jari dno úvalu je často zakryté inverznou hmlou. Inverziu možno pozorovať pod izohypsou 870 m; pochádza z radiácie. Veľmi dobre ju možno pozorovať za jasných a studených nocí, keď sálanie zemského povrchu je intenzívnejšie. V zime pri nepatrnom prileve slnečnej energie a vďaka vysokému významu albeda dno úvalu pokryté snehom sa veľmi silne ochladzuje a ochladenie sa prenáša na vzdušnú vrstvu, ktorá leží nad ním. Takto sa na dne úvalu navrstvuje studený vzduch, na ktorý veľmi málo vplyvajú zmeny, ktoré vznikajú vo voľnom ovzduší. Tento silne ochladený vzduch sa postupne dostáva do jaskyne a zapĺňuje tri jaskynné siene, ktoré sú známe pod názvom „Predverieto“, „Malá kata zala“ a „Koncertnata zala“ (Predsieň, Malá sieň, Koncertná sieň). Pomerne teplý vzduch sa dvíha k povale a postupne sa vytláča cez korózne tektonické trhliny, vytvorené v mohutnej (do 14 m) vápencovej vrstve. Slabé prúdenie, vyvolané studeným vzduchom, sa zistilo pri vchode do jaskyne, v chodbách, spájajúcich tri siene, a v koróznych tektonických trhlinách nad „Koncertnou sieňou“.

Mikroklimatické zvláštnosti jaskyne „Ledenika“ sa skúmali pomocou piatich meteorologických malých staníc; jedna z nich bola umiestená pri vchode do jaskyne, ostatné štyri v jednotlivých jej sieňach. V tabuľke uvádzame rad údajov, ktoré charakterizujú teploty a vlhkosť vzduchu v jaskyni:

Tabuľka priemerných mesačných a ročných teplôt jaskyne „Ledenika“ (1962–1964)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	roč. Ø
Vchod	-6,2	-3,8	0,2	6,3	10,3	25,2	18,2	17,1	10,7	9,8	3,1	-4,4	6,4
Predsieň	-7,4	-3,8	-2,0	-0,4	0,3	1,5	2,4	3,4	4,4	3,9	1,2	-2,2	0,1
Koncertná sieň	-0,9	0,1	-0,1	1,9	4,0	6,1	7,0	7,4	7,2	7,0	5,7	3,7	4,0

Najnižšia teplota vzduchu pri vchode do jaskyne sa namerala 10. januára 1964 ($-33,2^{\circ}\text{C}$). V ten istý deň v „Predsieni“ teplota vzduchu bola $-19,6^{\circ}\text{C}$. Päť dní po tom teploty sa rozdelili takto: pri vchode do jaskyne $-6,8^{\circ}\text{C}$, nižšie od vchodu $-11,8^{\circ}\text{C}$, v „Predsieni“ $-8,4^{\circ}\text{C}$, v „Koncertnej sieni“ $-6,2^{\circ}\text{C}$. V „Koncertnej sieni“ sa v rozličných výškach namerali tieto teploty: vo výške 7 m nad dnom $-5,4^{\circ}\text{C}$, v 10 m $-4,8^{\circ}\text{C}$, v 13 m $-3,2^{\circ}\text{C}$ a vo výške 16 m $-1,4^{\circ}\text{C}$.

Ďalšie tri siene jaskyne „Ledenika“ oddeluje od prvých kamenný prah, ktorý leží o 80 cm vyššie než vchod do jaskyne a ktorý bráni prenikaniu studených vzdušných más. Preto teplota vzduchu tu bola $-7,8^{\circ}\text{C}$. S nepatrými výkyvmi ($-7,8 - -9,6^{\circ}\text{C}$) teplota zostáva stála po celý rok. Relatívna vlhkosť v jaskyni je kolísavá v medziach 75 – 97 %. Sezónne zmeny teploty v „Predsieni“, „Malej sieni“ a „Koncertnej sieni“ (letné teploty dosahujú v auguste $-7,4^{\circ}\text{C}$) svedčia o tom, že v týchto troch sieňach ovzdusie má polodynamický charakter, kým vo vnútorných sieňach je charakteristický stav statický. Táto zvláštnosť mikroklimy je v tesnej spojnosti s morfológiou jaskyne a existenciou rôznych, čo do veľkosti tektonických koróznych trhlín, podporujúcich vetranie vzduchu prvých troch siení.

V zime vnikajúci studený vzduch ochladzuje steny, podlahy a povaly siení nachádzajúce sa blízko vchodu do jaskyne. Vytvárajú sa priaznivé podmienky pre mrznutie vody kvapkovajúcej z povaly, ktorá sa zbiera do kaluží a malých jazier, z ktorých potom teče po dne jaskyne. Tvorenie ľadu spravidla trvá od konca novembra alebo začiatku decembra do polovice apríla. Voda, ktorá preniká cez ochladenú kamennú horninu, sa ochladzuje a keď kvapká z povaly, zamfza, tvorí ľadové kvaple (stalaktity a stalagmity), ľadopády a pod., jedinečné svojou rozmanitosťou a krásou.

Pozorovania ľadových kryštálov pomocou polarizačného mikroskopu dokazujú, že sú spravidla trigonalného systému. Dvojité kryštály tohto systému pripomínanajú kryštály hexagonálneho systému.

V jaskyni Ledenika nachádza sa ľad troch typov. Pri východe z jaskyne tvorí sa na stenách sublimačný ľad. Tu ľadové útvary sú kolmé na povrch stien a dosahujú max. hrúbky 3 – 4 cm.

Ladové stalagmity, stalaktity a kolóny skladajú sa hlavne z „fibrovitého“ ľadu.

Na dne prvých dvoch siení sa tvorí konkrecionálny ľad. Na podlahe sa na vrstvuje ľadová kôra, ktorá dosahuje hrúbku 50 — 60 cm. Miestami sa nad ňou dvihajú stalagmity, ktorých jedna časť sa podobá palici s hlavicou tvaru flaše, druhá nemá určitých obrysov. Mikroskopické pozorovania niekoľkých stalaktítov ukazujú, že os pôvodného kryštálu je zvislá, a ostatné kryštály majú os naklonenú. Na nerovných častiach povrchu stalaktítov vyrastajú nové kryštály, ktoré tvoria nové stalaktity, pripojené k hlavným. Ľadové vrstvy stalagmitov sa skladajú z ľadových kryštálov smerujúcich k osi stalagmitov a zdvihnuté sú trochu hore. Na najvyšších kupolovitých častiach „Predsiene“, „Malej siene“ a „Koncertnej siene“, kde teplota vzduchu je pomerne vyššia, sa ľadové stalaktity netvoria a v miestach, kam sa dostáva voda kvapkajúca z povaly, vyrastajú stalagmity. Voda, ktorá presakuje z povaly, obsahuje rozpustený uhličitan vápenatý. Pri zamŕznaní vody karbonát, ktorý je v nej rozpustený, netmavie, ale sa usadzuje jednotlivými pásmi v ľade a dáva mu nejasný belavý odtieň, čím spestuje krásu ľadových stalagmitov.

V jaskyni možno pozorovať dva druhy ľadových útvarov: priesvitné a mliečnobiele. Posledné sa tvoria pri nižších teplotách. V týchto prípadoch nastáva rýchle zamízanie, pri ktorom vzduch, ktorý sa nachádza vo vode, zostáva v ľade vo forme malých bublín, ktoré ľadu dodávajú mliečnobielu farbu. Priesvitný ľad tvorí sa pri vyšších teplotách vzduchu a pri pomalšom zamíznaní vody, keď vzduch, ktorý obsahuje vodu, stačí uniknúť.

Ladové útvary regenerujú pod vplyvom rozpúšťania a sublimácie. Regeneráciou ľadu sa karbonát vápnika, ktorý sa tam nachádza, hromadí na povrchu ľadu vo forme bielej prachovitej masy. Tento jav je charakteristický pre značnú časť stalagmitov „Predsiene“ a „Malej siene“.

Konkrecionálny ľad na dne je charakteristický najviac pre „Predsieň“. Skladá sa z niekoľkých vrstiev, sklon ktorých závisí od reliéfu dna, avšak prevláda sklon severný v smere k ponoru „Vylčatej dupky“. V ľade možno jasne pozorovať vrstevnatosť, spojenú so štádiami jeho vzniku. Obsahuje íl, naplavený vodou, malé kusy vápence, spadnuté z povaly atď. Na priečnom profile sa dá zaznamenať striedanie vrstiev priesvitného a mliečnobieleho ľadu, čo ukazuje na rôzne klimatické podmienky jeho tvorenia. Pri rozpúštaní hlbinného ľadu na dne sa jasne črtajú ľadové kryštály, ktoré ho tvoria. Pritom jeho povrch sa zdanlivo rozkladá na množstvo drobných šesťuholníckych hranolov.

V tomto náčrte podávame aj rozšírenie ľadových foriem v „Predsiene“ a „Malej siene“ k 24. marcu 1964. V tom čase ľadový stalaktón bol 1,5 m hrubý a najväčší ľadopád sa spúšťal do stredu „Predsiene“. Početné stalaktity „Malej siene“ dosahovali výšku 1,5 m nad jej podlahou. Ľadové stalagmity vo forme palice s gulatou hlavicou sa dvíhali zo dna „Koncertnej siene“ a boli 6 m vysoké.

Nerovnomerné priestorové rozšírenie ľadových útvarov jaskyne „Ledenika“ a ich rozmanitosť v rôznych rokoch tesne závisí od kombinácie teplotných podmienok a množstva presakujúcej a kvapkajúcej vody počas tvorenia.

1. Popov VI., 1964: Morfológia a genéza jaskyne „Ledenika“ Správa Geogr. ústavu BAV, roč. VIII
2. Popov VI., 1965: Ladové útvary v jaskyni „Ledenika“. Správa Geograf. ústavu BAV, roč. IX
3. Tiškov Ch., 1968: Mikroklima jaskyne „Ledenika“. Hydrológia a meteorológia. Roč. XVII, zv. 3

KLIMATISCHE BEOBUCHTUNGEN IN DER EISHÖHLE VON DOBŠINA IN DEN ERSTEN 50 JAHREN NACH DER ENTDECKUNG

DÉNES GYÖRGY

Bei der Entdeckung der Dobšinaer Eishöhle — rund hundert Jahre her — wirkte auch der Arzt von Dobšiná, Dr. Nándor Fehér, mit und stellte sogleich Temperaturmessungen in der Höhle an. Er war auch Verfasser jener ersten Abhandlung über die Höhle, die im Jahre 1872 in den Ungarischen Naturwissenschaftlichen Mitteilungen (*Temészettudományi Közlöny*) in Budapest erschien [1]. In dieser Abhandlung teilte er sechs charakteristische Messwerte aus verschiedenen Monaten der Jahre 1870—1871 mit. Seine Abhandlung weckte lebhafte Interesse. Schon in demselben Jahre besuchte die Höhle Dr. Josef Sándor Krenner, wissenschaftlicher Mitarbeiter des Ungarischen Nationalmuseums, später Professor an der Universität in Budapest und stellte weitere Temperaturmessungen an. Im Jahre 1873 erhielt er von der Ungarischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft den offiziellen Antrag, die Höhle wissenschaftlich durchzuforschen und zu beschreiben. In seinem Buch, das im Jahre 1874 erschien [2], schreibt er: „Die Temperaturverhältnisse dieser Höhle sind sehr interessant ihre Aufzeichnung verdanken wir dem Eifer des Herrn Dr. Fehér. Sie beziehen sich zwar nicht auf alle Monate des Jahres, aber höchst wertvoll sind sie darum, weil sie die einzigen fortlaufenden Temperaturbeobachtungen sind, die wir über die Höhlen überhaupt besitzen. Neben der Lufttemperatur der Höhle ist auch die gleichzeitige Außentemperatur angeschlossen.“ Weiter teilt Krenner — indem er die Daten von Fehér benützt — eine Beobachtungsreihe mit, die schon Temperaturwerte eines jeden Monates enthält — allerdings nicht aus demselben Jahr, sondern aus den Messreihen der Jahre 1870—71—72 zusammengestellt.

Die Arbeit in der Höhle wurde im Jahre 1880 wieder von einem Arzt, und zwar von Dr. János Pelech, Chefarzt der Stadt Dobšiná, aufgenommen. Seine, im Jahre 1881 zusammengestellte Messreihe wurde aber nicht von ihm, sondern von Prof. Otto Krieg, zu Hirschberg in Schlesien, im Jahre 1883 publiziert, der die Daten von Jenö Ruffini erhalten hat [4].

Pelech selbst beschrieb seine Messungen in der Höhle in der zweiten Ausgabe seines Buches im Jahre 1884 und teilt hier die Ergebnisse mit [5]:

„Eine solche Eishöhle, die — was die Ausdehnung, Großartigkeit und Schönheit betrifft — sich der Dobschauer Eishöhle gleichen könnte, gibt es überhaupt nicht auf dem Kontinente. Wir sind darum in erster Reihe dazu berufen, alle aussergewöhnliche Momente und Erscheinungen, welche in der Höhle vorkommen, gründlich zu studieren und zu registrieren. Pünktliche Aufzeichnung der Temperaturverhältnisse der Eishöhle hat um so gröbere Bedeutung, da ähnliche Notizen noch nirgends gemacht wurden und Aufzeichnungen, die sich auf die Dobschauer Eishöhle beziehen, die einzigen sind, die Geologie besitzt. Es ist zu bedauern, dass seit der Entdeckung der Höhle keine ununterbrochenen pünktlichen Temperaturbeobachtungen angestellt wurden. Dr. Ferdinand Fehér verstanden wir einige fragmentarische Daten über die Jahre 1870, 1871 und 1872, doch auch diese beziehen sich nicht auf alle Monate des Jahres, da sie nicht Tag für Tag, sondern nur hie und da aufgezeichnet wurden. Ihr wissenschaftlicher Wert ist demnach gering. Über die Jahre 1872—1879 fehlen überhaupt alle Daten. Vom Jahre 1880, seit ich selbst größeren Einfluss auf die Höhle habe, sind die Temperaturaufzeichnungen pünktlich angestellt und zwar derart, daß an 4 verschiedenen Stellen der Höhle die Temperatur täglich verzeichnet wird; gleichzeitig wird auch die Temperatur der äusseren Luft in der Nähe der Höhle beobachtet.“.

Dann teilt Pelech auch die — schon von Prof. Krieg publizierte — Meßreihe vom Jahre 1881 mit. Er gibt die Monatsmittelwerte von 4 Meßstellen in der Höhle: bei dem Duča Einsturz, im Großen Salon (der Große Saal), beim Aufgang zum Korridor (Ruffinis Korridor) und auf der tiefsten Stelle des Korridors. Allmählich analysiert er eingehend die Meßresultate und daraus gezogene Konsequenzen.

Im Jahre 1888 publizierte Miklós Fischer im Jahrbuch des Ungarischen Karpaten-Vereines die Durchschnittswerte der Höhlentemperatur der Jahre 1880—1886. Die Daten hat Fischer von J. Ruffini erhalten, aber jetzt ist es uns schon bekannt, daß diese von Dr. Pelech und E. Hanvai gemessen wurden. Außerdem teilt Fischer noch zwei Tagesreihen mit, welche er wahrscheinlich selber gemessen hat [6].

Die Literatur führt noch an einer weiteren Stelle Daten über die Temperaturbeobachtungen in der Eishöhle an, welche noch im vorigen Jahrhundert angestellt wurden. Ede Hanvai teilt in seinem Büchlein „Die Eishöhle von Dobšiná und ihre Umgebung“ die Monatsmittelwerte der Meßreihe vom Jahre 1883 für 3 Meßstellen mit: beim Eingang, im Großen Salon und im Korridor und fügte gleichzeitig die Durchschnittswerte von den Jahren 1886 und 1887 zu [7].

Die ausführlichen Daten über Hanvais Messungen waren bisher nicht bekannt.

Im Zusammenhang mit diesjährigem Jubiläum habe ich mich bemüht, alle Daten und Dokumente, die sich in Ungarn befinden und die sich auf die Eishöhle von Dobšiná beziehen, zu versammeln. So gelang es mir, das originelle Meßprotokoll von E. Hanvai aufzufinden. E. Hanvai war Oberlehrer, später Direktor der Bürgerschule in Dobšiná. Seine, nahezu 6 Jahre umfassende Meßreihe — vom 24. Juli 1882 bis 24. März 1888 — stellt ein äußerst wertvolles Dokument der

Klimaforschung der Eishöhlen dar. Unserem Wissen nach, wurde im vorigen Jahrhundert in keiner anderen Höhle solche eingehende und langdauernde Meßreihe angestellt. Im handschriftlichen Protokoll sind dreimonatige Tagestemperaturen der Höhle von 4 Meßstellen festgestellt: beim Eingang, im Großen Salon, bei der Laube und in der Hölle, sowie auch die Außentemperaturen bei der Gaststätte. Dann wurden die Messungen 6—8mal, später 3—5mal pro Monat angestellt. Von Mitte Oktober 1884 enthält das Protokoll schon die Daten von 5, anstatt der früheren 4 Meßstellen: als neue Stelle wurde der Duča-Einsturz bezeichnet. Vom März 1885 enthält das Protokoll nebst anderen Aufzeichnungen auch Bemerkungen über das Wetter im Freien, ob es heiter, bedeckt oder regnerisch war und dazu noch die Angaben, ob die Höhle trocken war, oder ob das Wasser durchgesickert ist. Im November 1886, bei einer Gelegenheit wurde auch die FelsenTemperatur an der Oberfläche und in der Höhle gemessen. Am Ende jedes Monates wurde der Monatsdurchschnitt und am Ende des Jahres der jährliche Mittelwert ausgerechnet. Die letzte Eintragung erfolgte am 24. März 1888 und damit bricht die Meßreihe ab. Das fast 6 Jahre geführte Protokoll enthält 1952 Meßwerte, 278 andere Wetterangaben und 304 ausgerechnete Zahlwerte. Die gewissenhafte und ausdauernde Arbeit des E. Hanvai bewahrte für die Wissenschaft mehr als 2500 Daten. Eine weitere Aufgabe ist es, diese Daten zu bearbeiten.

Die wissenschaftliche Erforschung der Temperaturverhältnisse der Eishöhle von Dobšiná wurde in den Anfangsjahren des 20. Jahrhunderts wieder aufgenommen und vom wissenschaftlichen Standpunkt mit höheren Ansprüchen fortgesetzt.

Im Jahre 1911 hatte sich Dr. Lajos Steiner, damals Mitglied des Ungarischen Institutes, später Direktor desselben und Mitglied-Korrespondent der Ungarischen Akademie, der Forschungsarbeit angenommen, wobei an der Arbeit mehrere Mitarbeiter — darunter auch spätere Universitätsprofessoren — teilnahmen. Zu dieser Zeit wurde nicht nur äußere und innere Temperatur, sondern auch die Temperatur der Felsenwände bis zu verschiedenen Tiefen und andere speleo-klimatische Daten gemessen. Vieljährige Resultate, welche mit großer Genauigkeit gemacht wurden, teilte er zuerst im Jahre 1914 der Abteilung für Höhlenforschung der Ungarischen Geologischen Gesellschaft mit. Später, im Jahre 1922, auf einer Sitzung der Ungarischen Akademie der Wissenschaften wurde eine eingehende Wertung und vielseitige Analyse der Daten durchgeführt. Akademiker Steiner hat die Meßerfolge zusammengestellt und in wertvollen Dissertationen in ungarischen und deutschen Zeitschriften publiziert [8, 9].

Diese Erforschungen, welche die höchsten wissenschaftlichen Ansprüche befriedigen, vermindern nicht die Verdienste jener Forscher des vergangenen Jahrhunderts, die als erste auf der Welt jahrelang dauernde, regelmäßige Temperaturmessungen in der Eishöhle gemacht haben. Es freut uns, daß wir an der hundertsten Jahreswende der Entdeckung der Eishöhle daran denken können, daß diese Forschungsarbeit von wissenschaftsgeschichtlicher Bedeutung mit dieser schönen Höhle verknüpft ist!

Quellennachweis

1. Dr. Fehér N., 1872: A Dobsinai jégbarlang. Természettudományi Közlöny. Budapest, p. 10 — 13

2. Dr. Krenner J., 1874: A Dobsinai jégbarlang. Magyar Természettudományi Társulat. Budapest

3. Dr. Schwalbe, 1882: Die drei Eishöhlen von Demänová, Dobschau und Szilicze in Ungarn. Gaea, XVIII, p. 626 — 628

4. Krieg O., 1883: Über die Dobschauer Eishöhle. Hirschberg in Schlesien

5. Dr. Pelech E., 1884: A Sztraczenai völgy és a Dobsinai jégbarlang. Második javított és bővített kiadás. Budapest

6. Fischer M., 1888: A Dobsinai-jégbarlang physikal magyarázata. A Magyarországi Kárpátegyesület Évkönyve, XV. évfolyam. Igló, p. 161 — 199

7. Hanvai E., 1900: A Dobsinai jégbarlang és környéke. Dobsina

8. Dr. Steiner L., 1922: Hőmérsékleti viszonyok a Dobsinai jégbarlangban. Mathemati- kai és Természettudományi Értesítő. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest, XXXIX, p. 61 — 65

9. Dr. Steiner L., 1922: Die Temperaturverhältnisse in der Eishöhle von Dobsina. Me- teorologische Zeitschrift. Braunschweig, XXXIX, p. 193 — 199

KLIMATICKÉ POZOROVANIA V DOBŠINSKEJ LADOVEJ JASKYNI V PRVÝCH 50 ROKOCH PO OBJAVENÍ

DÉNES GYÖRGY

Pri objavení Dobšinskej ľadovej jaskyne — práve pred 100 rokmi — spolupôsobil aj lekár z Dobšinej dr. Nándor Fehér, ktorý urobil hned aj merania teplôt v jaskyni. Zároveň bol autorom prvej práce o jaskyni, ktorá vyšla v Budapešti roku 1872 v Maďarských prírodrovedeckých správach (Természettudományi Közlöny) [1]. Vymedzil v nej 6 nameraných charakteristických hodnôt počas rozličných mesiacov v rokoch 1870 — 1871. Práca vzbudila veľký záujem. Ešte v tom istom roku navštívil jaskyňu dr. Josef Sándor Krenner, vedecký pracovník Maďarského národného múzea — neskôr profesor na univerzite v Budapešti — a urobil ďalšie merania teplôt. V roku 1873 ho Maďarská prírodrovedecká spoločnosť oficiálne požiadala, aby jaskyňu vedecky preskúmal a opísal. Vo svojej knihe, ktorá vyšla roku 1874 [2] píše: „Tepelné pomery v jaskyni sú zaujímavé, za ich záznam ďakujeme nadšeniu pána dr. Fehéra. Aj keď sa nevzťahujú na všetky mesiace roka, sú už tým veľmi vzácne, že sú jediné postupné tepelné pozorovania, ktoré o ľadových jaskyniach vôbec máme. Popri teplote vzduchu jaskyne je pripojená aj súčasná vonkajšia teplota.“ Ďalej Krenner uvádza — používajúc aj Fehérove dátá — rad pozorovaní, ktoré obsahujú už teploty každého mesiaca, samozrejme nie toho istého roka, ale zostavené z meraní rokov 1870, 1871, 1872.

V roku 1880 prevzal prácu zase lekár, a to dr. János Pelech, šéflekár Dobšinej. Svoje merania, zostavené v roku 1881, nepublikoval sám, ale prof. Otto Krieg z Hirschbergu zo Sliezska roku 1883, ktorý údaje dostal od Ruffiniho [4]. Pelech sám opísal svoje merania v jaskyni v druhom vydaní svojej knihy roku 1884; medzi iným v nej píše [5]:

„Taká ľadová jaskyňa, čo sa týka rozlohy, veľkoleposti a krásy, ktorá by sa mohla rovnať Dobšinskej ľadovej jaskyni, vôbec na kontinente nejestvuje. Preto sme predovšetkým povolení my na to, aby sme študovali a zaregistrovali všetky nevšedné momenty a javy, ktoré sa v jaskyni vyskytujú. Presný záznam tepelných pomerov ľadových jaskýň má o to väčší význam, že podobné záznamy sa vôbec nikde nerobili a záznamy, týkajúce sa Dobšinskej ľadovej jaskyne, sú jediné, ktoré geológia má.“

Je poľutovania hodné, že od objavenia jaskyne sa nerobili nepretržité presné merania teplôt. — Dr. Ferdinandovi Fehéroví ďakujeme za fragmentárne údaje z rokov 1870, 1871 a 1872, ale ani tieto sa nevzťahujú na všetky mesiace roka a nezaznamenávali sa denne, ale len tu a tam. Preto je ich vedecká hodnota malá. Z rokov 1872 — 1879 chýbajú vôbec všetky údaje. Od roku 1880, od kedy mám väčší vplyv na jaskyňu, tepelné záznamy sa robia denne, a to tak, že na 4 rozličných miestach jaskyne sa denne zaznamenáva teplota a súčasne sa meria aj teplota vonkajšieho vzduchu a blízkosti jaskyne.“

Ďalej Pelech uvádzá aj rad meraní z roku 1881 — publikovaných už prof. Kriegom —, a to priemerné mesačné hodnoty zo 4 miest v jaskyni: pri prepadišku Duča, vo Veľkej sieni, na začiatku koridoru (Ruffiniho koridor) a na najnižšom bode Koridoru. Postupne podrobne analyzuje výsledky merania a poukazuje na ich dôsledky.

V roku 1888 publikoval Miklós Fischer v ročenke Maďarského karpatského spolku priemerné hodnoty jaškynnej teploty z rokov 1880 — 1886. Údaje získal od Ruffiniho, ale teraz je nám už známe, že ich namerali dr. J. Pelech a E. Hanvai. Okrem toho Fischer uvádzá ešte 2 denné merania, ktoré pravdepodobne nameral sám [6].

Literatúra uvádzá aj údaje o pozorovaní teplôt, ktoré sa robili v Dobšinskej ľadovej jaskyni ešte v minulom storočí. Ede Hanvai uvádzá vo svojej knižičke „Dobšinská ľadová jaskyňa a jej okolie“ priemerné mesačné hodnoty merania z roku 1883 z 3 pozorovacích miest: pri vchode, vo Veľkom salóne a v Koridore a súčasne pripája aj priemerné hodnoty z rokov 1886 a 1887 [7].

Podrobné údaje o Hanvaiho meraní neboli dosiaľ známe.

V súvise s tohoročným jubileom som sa snažil zozbierať všetky údaje a dokumenty, ktoré sa nachádzajú v Maďarsku a ktoré sa vzťahujú na Dobšinskú ľadovú jaskyňu. Taktôľ sa mi podarilo nájsť originálny protokol merania od E. Hanvaiho. E. Hanvai bol správcom školy, neskoršie riaditeľom mestianskej školy v Dobšinej. Údaje z jeho skoro 6-ročného radu merania — od 24. júla 1882 do 24. marca 1888 — predstavujú vzácny dokument klimatického výskumu ľadových jaskýň. Podľa nášho vedomia sa v minulom storočí nerobilo v nijakej jaskyni takéto podrobné dlhodobé meranie.

V jeho rukopisnom zázname som zistil trojmesačné denné teploty jaskyne zo 4 miest: pri vchode, vo Veľkej sieni, pri Besiedke a v Pekle, ako aj vonkajšie teploty pri hostinci. Potom sa merala 6 — 8-krát, neskoršie 3 — 5-krát mesačne. Od polovice októbra 1884 Hanvaiho protokol obsahuje už údaje z 5, namiesto z predchádzajúcich 4 pozorovacích miest: ako nové miesto merania sa stáva prepadiško Duča. Od marca 1885 obsahuje protokol okrem iného aj poznámky o vonkajšom počasí, či bolo jasné, zamračené alebo daždivé, ako aj údaje o tom, či jaskyňa bola suchá alebo či presakovala do nej voda. Príležitostne raz v novembri 1886 sa merala aj teplota hornín na povrchu i v jaskyni. Na konci každého mesiaca sa vypočítal mesačný a na konci roka ročný priemer. Posledný záznam je z 24. marca 1888 a tým sa meranie aj končí. Skoro 6 rokov vedený protokol obsahuje 1952 meraní, 278 iných údajov o počasí a 304 vypočítaných čí-

selných hodnôt. Svedomitá a vytrvalá práca E. Hanvaiho uchovala pre vedu viac ako 2500 údajov. Ďalšou úlohou je ich spracovanie.

Vedecký výskum tepelných pomerov Dobšinskéj ľadovej jaskyne sa začal opäť na začiatku 20. storočia a z vedeckého hľadiska sa vykonával ešte presnejšie.

V roku 1911 sa výskumného vedenia ujal dr. Lajos Steiner, vtedy člen Maďarského meteorologického inštitútu, neskôr jeho riaditeľ a člen-korešpondent Maďarskej akadémie, — pričom sa na práci podieľali aj viacerí spolupracovníci — medzi nimi neskorší univerzitní profesori. V tom čase sa pravidelne zisťovala nielen vonkajšia a vnútorná teplota, ale aj teplota skalných stien v rozličných hĺbkach a iné speleo-klimatické dátá. Mnohoročné výsledky meraní, ktoré Steiner robil s veľkou presnosťou, oznámil až v roku 1914 oddeleniu jaskynného výskumu Maďarskej geologickej spoločnosti. Neskôr, roku 1922, na zasadnutí Maďarskej akadémie vied urobili podrobné ocenenie a mnohostrannú analýzu údajov. Akademik Steiner zhrnul výsledky merania a uviedol ich v cenných dizertáciach v maďarských a nemeckých časopisoch [8, 9].

Tieto výskumy, ktoré uspokojujú najvyššie vedecké požiadavky, nezmenšujú však zásluhy tých výskumníkov minulého storočia, ktorí ako prví na svete robili roky trvajúce, pravidelné merania teplôt v ľadovej jaskyni. Tešíme sa, že pri 100. výročí objavenia Dobšinskéj ľadovej jaskyne môžeme pripomenúť, že táto výskumná práca vedecko-historického významu je spätá s touto krásnou jaskynou!

Literatúra

1. Dr. Fehér N., 1872: A Dobsinai jégbarlang. Természettudományi Közlöny. Budapest, p. 10 — 13
2. Dr. Krenner J., 1874: A Dobsinai jégbarlang. Magyar Természettudományi Társulat. Budapest
3. Dr. Schwalbe, 1882: Die drei Eishöhlen von Demänová, Dobschau und Szilicze in Ungarn. Gaea, XVIII, p. 626 — 628
4. Krieg O., 1883: Über die Dobschauer Eishöhle. Hirschberg in Schlesien
5. Dr. Pelech E., 1884: A Sztraczenai völgy és a Dobsinai jégbarlang. Második javított és bővített kiadás. Budapest
6. Fischer M., 1888: A Dobsinai-jégbarlang physikai magyarázata. A Magyarországhi Kárpátegyesület Évkönyve. XV. évfolyam. Igló, p. 161 — 199
7. Hanvai E., 1900: A Dobsinai jégbarlang és környéke. Dobsina
8. Dr. Steiner L., 1922: Hómérskleti viszonyok a Dobsinai jégbarlangban. Mathematikai és Természettudományi Értesítő. Magyar Tudományos Akadémia. Budapest, XXXIX, p. 61 — 65
9. Dr. Steiner L., 1922: Die Temperaturverhältnisse in der Eishöhle von Dobšiná. Meteorologische Zeitschrift, Braunschweig, XXXIX, p. 193—199

ЛЕДЯНЫЕ ПЕЩЕРЫ В ХОРВАТИИ

БОЖИЧЕВИЧ СРЕЧКО

Обширное пространство, занятое Динарским карстом, и расширяющееся от горных районов Словении, вдоль берега Адриатического моря, до границ Албании, представляет горную систему, высота которой достигает выше 1000 метров. В зимнее время года снег мощным покровом покрывает большую часть горных цепей, сохранившись там до раннего лета. В глубоких воронках, долях и ямах снег лежит и целое лето, вопреки высокой температуре воздуха и нагретости горных пород.

Высокая степень морфологической расчлененности рельефа, выработанного в известняковых отложениях, специфические климатические условия при влиянии растительного покрова (вегетации) на относительно низких уровнях поверхностей развития карста благоприятствуют образованию льда в многочисленных карстовых формах.

На территории Социалистической республики Хорватии пояс Динарского карста занимает самое большое пространство. Весь Горский Котар, затем массивы Снежника, Рисняка, Великой и Малой Капеллы, Велебита, Динары, Мосора и Биокова превосходят своими вершинами высоту в 1000 м. Характерное направление простирания динарского массива (северо-запад — юго-восток) обусловило большое разнообразие климатических условий на его северной и южной сторонах. Влияние средиземноморского климата и Адриатического моря значительно сильнее сказывается на южной стороне горного массива в целом и даже на его самых высоких вершинах. Северная сторона в значительной мере покрыта вегетацией (лесом), так что и существенно влияет на возникновение климатических вариаций и зон. Осадки, выпадающие на вершинах горных цепей, также являются одним из факторов, влияющих на существование или отсутствие описываемых явлений (рис. 1).

В направлении северных географических широт постоянное присутствие льда и снега наблюдается и на абсолютных отметках высот ниже 1000 м. (область Горского Котара и Лики).

Хозяйственное значение подобных ледников (ледяных залежей), заполняющих ранзообразные по форме полости карстовых явлений в настоящее

время в значительной мере уменьшилось. Разработка и использование льда из них является обычным лишь в тех частях областей развития динарского карста (на территории Хорватии), где полностью отсутствуют поверхностные потоки и где нужда в воде может быть удовлетворена за счет растаивания льда, захороненного в ямах и пещерах.

В 18 и 19 веке разработка и использование льда из ледяных ям и пещер было значительно более интенсивным. Многие приморские города на берегу Адриатического моря во время жаркого летнего периода черпали лед из ледников (ледяных ям и пещер) Биокова, Динары и Велебита. Некоторые семьи в этих краях занимались исключительно добывчей льда из ледников и его продажей.

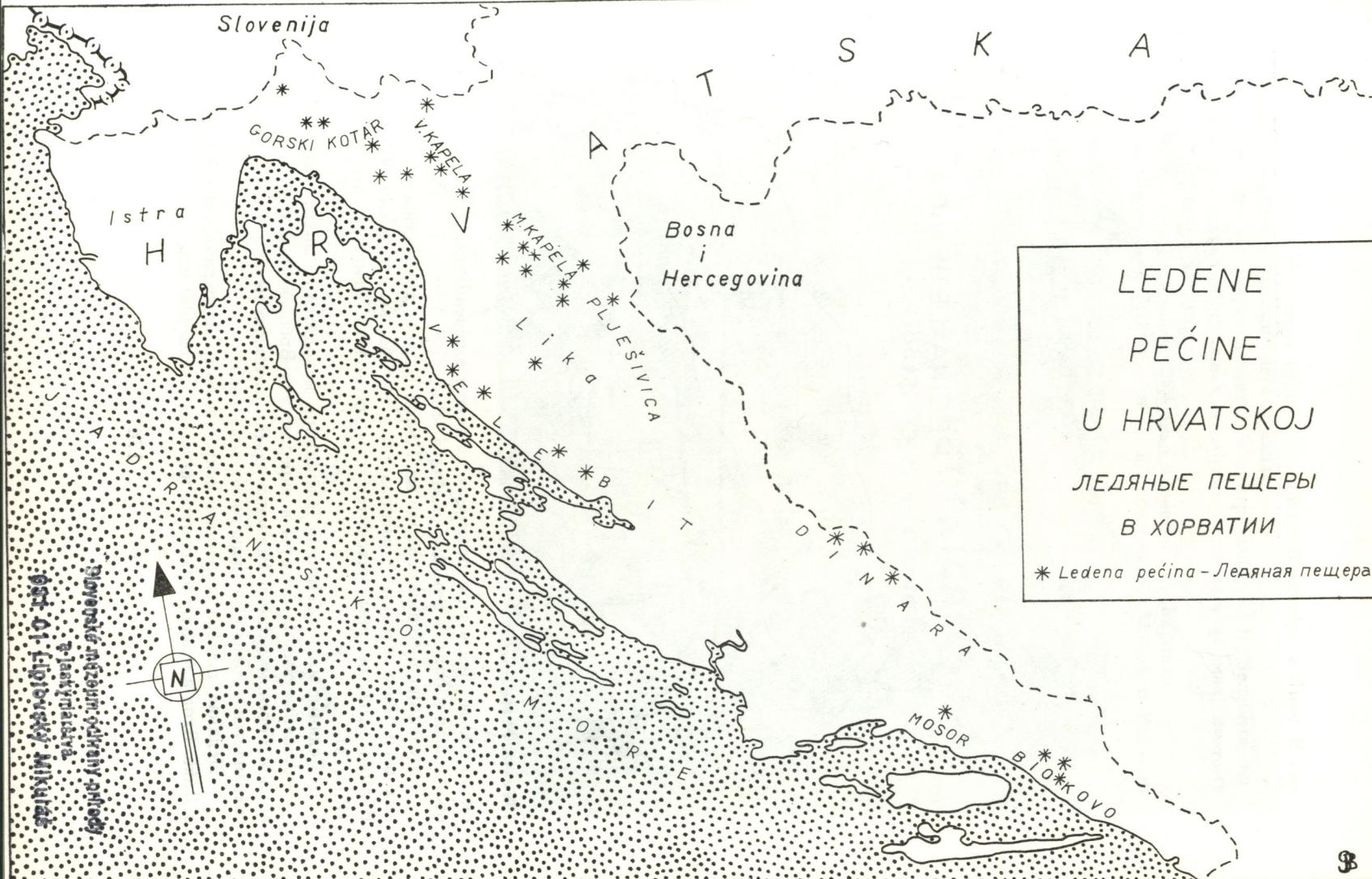
Ледники («леденицы», хорв.) в области Горского Котара и Лики чаще всего представляют собой небольшие пещеры или неглубокие ямы характерно-мешкообразной формы, в которых благодаря оседанию холодного воздуха постепенно замерзает вода, просачивающаяся в поверхности земли внутрь подземной полости. Появление ледников (ледяных ям и пещер) в областях, находящихся под влиянием Адриатического моря, явилось следствием присутствия огромных ям и воронок и значительных глубин (до 100 м). Одним из факторов, влияющих на возникновение описываемых ледяных форм, в Горском Котаре, является и геологическое строение района, и соответственное появление доломитовых отложений. В этих отложениях трещиноватость пород, залегающих над сводом подземной полости, незначительно выражена, поэтому и проникновение тепла с поверхности земли весьма затруднено.

Комплексное и систематическое исследование ледяных ям и пещер на территории республики Хорватии до настоящего времени не проводилось. Отдельные открытия и спорадические обследования подобных явлений осуществлялись лишь как составная часть некоторых региональных исследований, проводимых с определенными гидрогеологическими и инженерно-геологическими целями.

Количество льда, которое находится в наших ледяных пещерах и ямах, в общем, не велико (незначительное), и интерес к его практическому использованию имеет лишь локальный характер. Детальное исследование подобных ледяных явлений, без сомнения, было бы необходимо, и я уверен, что в недалеком будущем это и будет осуществлено. Для всей территории Хорватии недостает научной и систематической обработки данных о варьировании температуры, а также и других факторов.

Самой известной ледяной пещерой в Хорватии является Пиларова леденица, находящаяся недалеко от Мркополья в Горском Котаре. Эту пещеру обследовал и описал хорватский географ Мирослав Хирц. Вход в пещеру расположен на абсолютной высоте приблизительно 800 м.

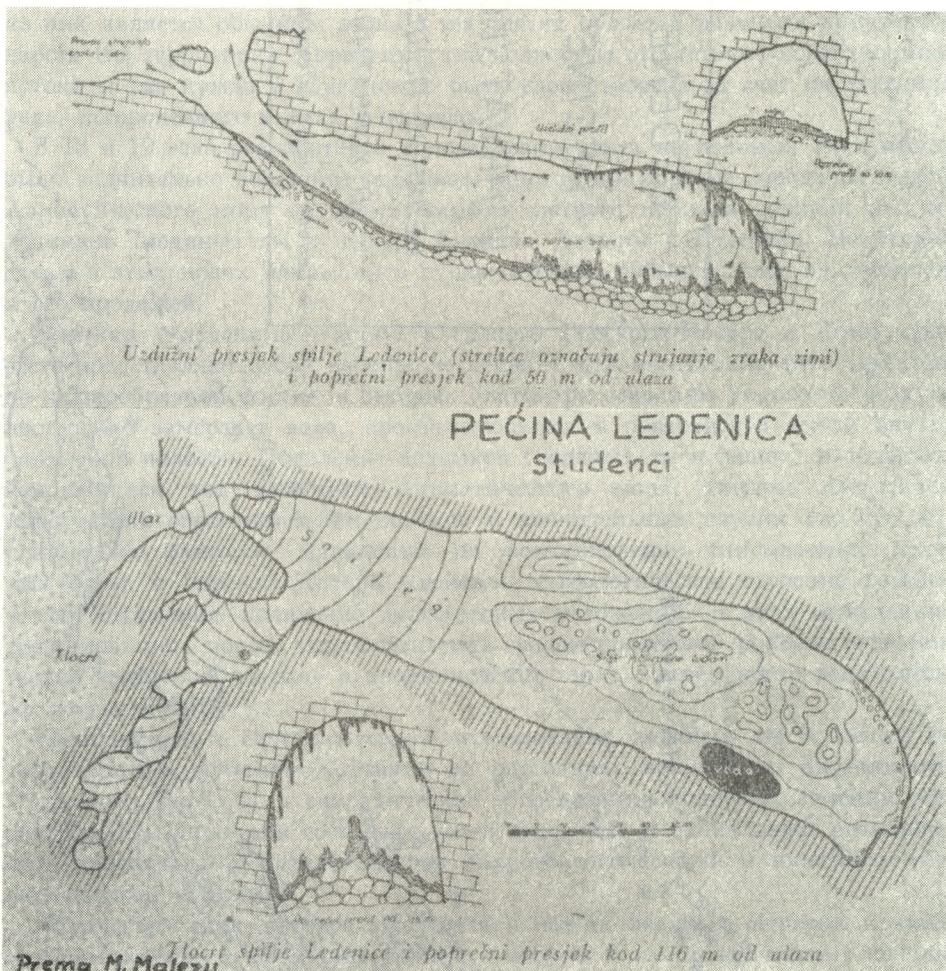
Остальные ледяные пещеры или ямы на территории Хорватии следующие:
— Пещера Ледница, находящаяся недалеко от железнодорожной станции Студеници в Лике. Отверстие, ведущее в пещеру, располагается на абс. высоте



LEDENE PEĆINE U HRVATSKOJ

ЛЕДЯНЫЕ ПЕЩЕРЫ В ХОРВАТИИ

* Ledena pećina - Ледяная пещера



*Uzdubljeni presjek spilje Ledenice (strelice označuju strujanje zraka zimi)
i poprečni presjek kod 50 m od ulaza*

PEĆINA LEDENICA Studenci

Tlocrt spilje Ledenice i poprečni presjek kod 126 m od ulaza

около 600 м. Лед в этой пещере сохраняется в течение целого лета. Пещеру обследовал и описал д-р Мирко Малез (Рис. 2).

— Леденица в Чудином увале на Малой Капели в окрестностях Плитвичких озер. Вход в пещеру располагается на абс. высоте около 800 метров. Вблизи этой пещеры находится еще несколько меньших ям со льдом (Рис. 3).

— Ледяные ямы на Личкой Плешивице, находятся на высоте около 900 м.

— Ледяные ямы и пещеры в окрестностях Врбовского и Сербских Моравица в Горском Котаре. Размеры их относительно невелики, но лед в них сохраняется в течение большего периода года.

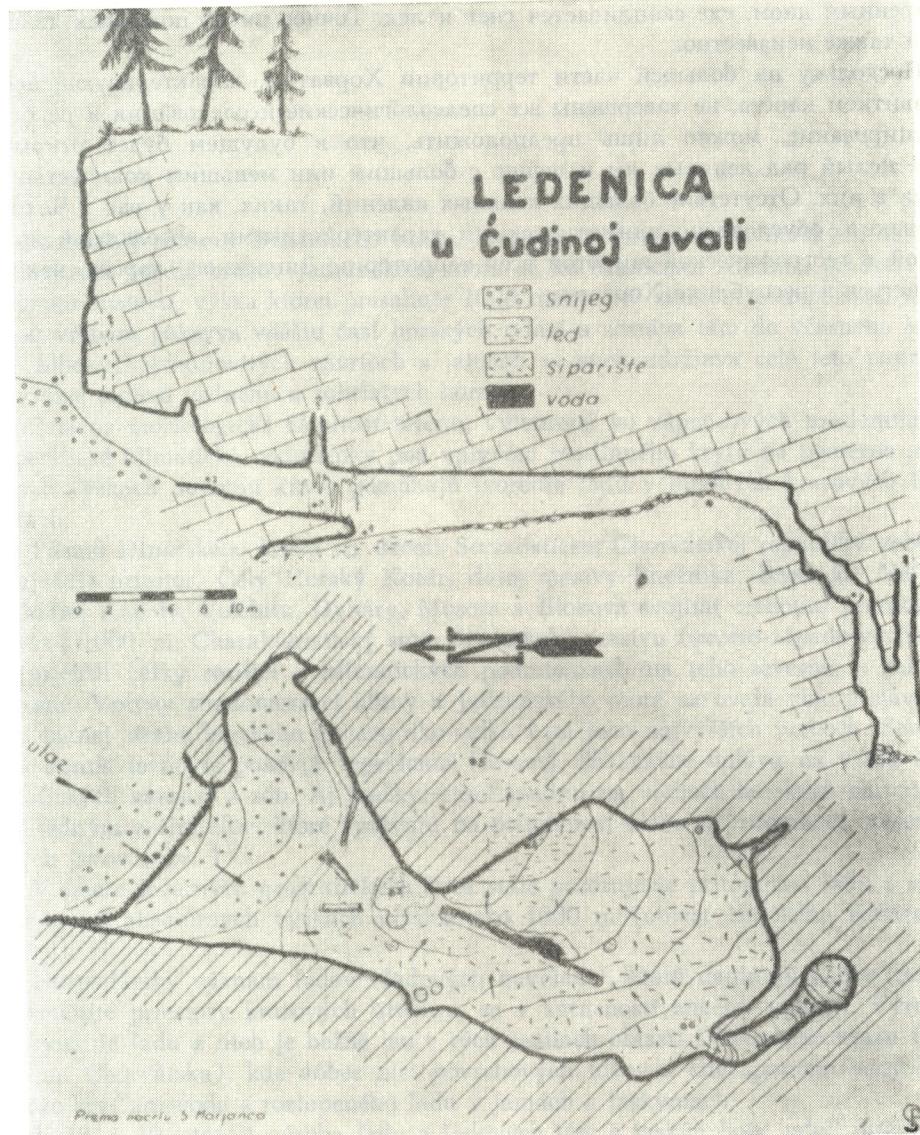
— Ледяная пещера в районе искусственного водохранилища Крушница, в Лике. Вход в пещеру находится на высоте около 650 метров.

— Ледяная яма в окрестности Турьянского около Врховина, в Лике. В яме находятся многолетние залежи снега и льда.

— Ледяные ямы и пещеры, развитые в центральной части Велебита, находятся в очень глубоких воронках и других карстовых формах, поэтому приступ к ним весьма затруднен.

Самой известной в этой части Велебита является яма Варняча.

— Десяток подобных ям располагается в окрестностях Малой и Великой



Капели, затем на вершинах Биторая, Вишевицы и Белоласицы в Горском Котаре.

На территории Далмации описываемые ледяные явления (пещеры и ямы) встречаются на горном массиве Динара. Точное количество их не установлено, так как там до сих пор не проводились комплексные спелеологические исследования.

Горные массивы Мосор и Биоково также имеют значительное количество ледяных ям и пещер. Ледяные ямы имеют в основном вид углублений с расширенным дном, где скапливается снег и лед. Точное число подобных явлений также неизвестно.

Поскольку на большей части территории Хорватии, характеризующейся развитием карста, не завершены все спелеологические исследования и рекогносцирование, можно лишь предположить, что в будущем будет открыт еще целый ряд ледяных ям и пещер с большим или меньшим количеством льда в них. Отсутствие больших ледяных явлений, таких, как у вас в Чехословакии, обусловлено климатическими характеристиками, абсолютной высотой и географической широтой всей территории Динарского карста, находящегося в республике Хорватии.

LADOVÉ JASKYNE V CHORVÁTSKU

SREČKO BEŽIČEVIĆ

Rozsiahly priestor Dinárskeho krasu, ktorý sa rozprestiera od horských oblastí Slovinska pozdĺž brehov Jadranského mora až ku hraniciam Albánie, predstavuje horskú sústavu, výška ktorej presahuje 1000 metrov. V zimnom období sneh hrubou vrstvou pokrýva väčšiu časť horských retázov a zostáva tam do včasného leta. V hlubokých studňovitých zárvtoch a jamách sa sneh udržiava celé leto napriek vysokej teplote vzduchu a zohriatych hornín.

Značná morfologická členitosť terénu, vytvorená vo vápencových usadeninách, špecifické klimatické podmienky pod vplyvom rastlinného krytu na pomerne nízkych výškach povrchu krasu pomáhajú tvorenie ľadu v mnohých krasových formách.

Pásma Dinárskeho krasu na území Socialistickej Chorvátskej republiky zaberá najväčší priestor. Celý Horský Kotár, ďalej masívy Snežnika, Rysňaka, Veľkej i Malej Kapely, Velebitu, Dyhary, Mosora a Biokova svojimi vrcholmi presahujú výšku 1000 m. Charakteristický smer dinárskeho masívu (severo-západovýchod) zapríčinil velký rozdiel v klimatických podmienkach na jeho severnej a južnej strane. Vplyvy stredomorskej klímy a Jadranského mora sa oveľa viac prejavujú na južnej strane horského masívu ako celku i na jeho najvyšších vrchoch. Severná strana je hojne pokrytá vegetáciou (lesom), čo značne vplýva na vznik klimatických variácií a zón. Aj zrážky, ktoré spadnú na vrchoch horských chrbátov, sú jedným z činiteľov, ktoré vplývajú na prítomnosť alebo neprítomnosť opisovaných javov (obr. 1).

V smere severných geografických šírok stále pozorujeme prítomnosť ľadu a snehu aj na absolútnych výškach nižších ako 1000 m (oblasť Horského Kotára a Liky).

Hospodársky význam ľadov (ľadových navŕšení), ktoré naplňujú podľa formy rozmanité priestory krasových útvarov, sa v súčasnosti značne zmenil. Výroba a využitie ľadu z nich je bežné len v tých častiach oblasti Dinárskeho krasu (na území Chorvátska), kde vôbec nie sú povrchových tokov a kde spotrebú vody nemôže kryť ani voda z rozotvoreného ľadu v jamách a jaskyniach.

V 18. a 19. storočí výroba ľadu z ľadových jám a jaskyň bola veľmi intenzív-

na. Viaceré prímorské mestá na brehu Jadranského mora v období letných horúčav brali ľad z ľadových jám a jaskyň Biokova, Dynary a Velebitu. Niektoré rodiny v týchto krajoch sa zaoberali výlučne ťažbou ľadu z týchto „chladničiek“ (chorv. „ledenicy“).

Lady v oblasti Horského Kotára a Liky sa najčastejšie vytvárajú v malých jaskyniach alebo plytkých jamách s charakteristickou vrecovitou formou, v ktorých vďaka studenému vzduchu, prúdiacemu pozvoľna dolu, zamŕza voda presakujuča z povrchu zeme do vnútra podzemnej dutiny. Vznik „chladničiek“ (ľadových jám a jaskyň) v oblastiach, ktoré sú pod vplyvom Jadranského mora, podmieňuje značný výskyt veľkých jám a studňovitých závrtov vo veľkých jamách v značných hĺbkach (do 100 m).

Jedným z činiteľov vplývajúcich na vznik ľadových foriem v Horskom Kotári je aj geologické zloženie oblasti a výskyt dolomitových usadenín. V týchto usadeninách nad klenbou podzemnej dutiny sú pukliny hornín nepatrné, preto aj prenikanie tepla z povrchu zeme je veľmi sťažené.

Komplexný a systematický výskum ľadových jám a jaskyň na území Chorvátskej republiky sa predtým nerobil. Jednotlivé objavy a sporadické skúmania podobných javov sa uskutočňovali len v rámci niektorých regionálnych výskumov, robených za určitým hydrogeologickej a inžiniersko-geologickej účelom. Množstvo ľadu, ktoré sa nachádza v našich ľadových jaskyniach a jamách, nie je vcelku veľké a záujem o jeho praktické využitie je len lokálnej. Detailný výskum podobných ľadových javov je, pravdaže, potrebný a som si istý, že sa v blízkej budúcnosti uskutoční.

Vedecké a systematické spracovanie údajov o zmenách tepelných a iných činiteľov pre celé územie Chorvátska neexistuje.

Najznámejšou ľadovou jaskyňou v Chorvátsku je Pilarova ledenica, ktorá sa nachádza nedaleko Mrkopolja v Horskom Kotári. Túto jaskyňu preskúmal a opísal chorvátsky geograf Miroslav Chirc. Vstup do jaskyne sa nachádza v absoluútnej výške asi 800 m.

Ďalšie ľadové jaskyne alebo jamy na území Chorvátska sú tieto:

— Jaskyňa Ledenica, ktorá sa nachádza nedaleko železničnej stanice Studenci v Like. Otvor do jaskyne je v absoluútnej výške asi 600 m. Ľad v nej sa udrží počas celého leta. Jaskyňu preskúmal a opísal dr. Mirko Malez (obr. 2).

— Ledenica v Čudinom úvale na Malej Kapele je v okolí Plitvických jazier. Vstup do jaskyne sa nachádza v absoluútnej výške asi 800 m. Nedaleko nej je niekoľko menších jám s ľadom (obr. 3).

— Ľadové jamy na Ličkej Plešivici sú vo výške asi 900 m.

— Ľadové jamy a jaskyne v okolí Vrbovskej i Serbskej Moravici v Horskom Kotári. Ich plocha je pomerne neveľká, ale ľad v nich sa udrží temer celý rok.

— Ľadová jaskyňa v oblasti umelej vodnej nádrže Kruščica v Like. Vstup do nej je vo výške cca 650 m.

— Ľadová jama v okolí Turjanského nedaleko Vrchoslavice v Like. V jame sa nachádzajú viacročné navrstvenia snehu a ľadu.

— Ľadové jamy a jaskyne v centrálnej časti Velebitu sa nachádzajú vo veľmi

hlbokých závrtoch a iných krasových útvaroch, preto prístup k nim je pomerne ťažký.

V tejto časti Velebitu najznámejšia je jama Varnjača.

Desiatky podobných jám sú aj v okolí Malej i Veľkej Kapele, ďalej na vrchoch Bitoraja, Viševce a Belolasice v Horskom Kotári.

Na území Dalmácie opísané ľadové útvary (jaskyne a jamy) sa vyskytujú v horskom masíve Dinára. Ich presný počet nie je známy, pretože sa tam do dnešného dňa neurobil komplexný speleologický výskum.

Aj horské masívy Mosor i Biokovo majú značný počet ľadových jám a jaskýň. Ľadové jamy majú v podstate formu prehľbenín s rozšíreným dnom, kde sa hromadí sneh a ľad. Presný počet týchto krasových zaľadnených útvarov však nie je známy.

Kedže na väčšej časti územia Chorvátska, charakteristickej krasovými útvarmi, nie sú ukončené speleologické výskumy a rekognoskácie, možno len predpokladať, že v budúcnosti bude objavený ešte celý rad ľadových jám a jaskýň s väčším, alebo menším množstvom ľadu. Nedostatok väčších ľadových útvarov, takých, aké sa vyskytujú v Československu, vysvetľuje sa klimatickými podmienkami, absolútnej výškou a zemepisnou šírkou celého územia Dinárskeho krasu, ktorý sa nachádza v Chorvátskej republike.

ÜBER DIE RADIOAKTIVITÄT IN DEN HÖHLEN

MIKLÓS GÁDOROS

Natürliche ionisierende Strahlungen können zwei verschiedenen Quellen entstammen. Die eine Gruppe ist kosmische Strahlung, die wird von den Gesteinen teilweise absorbiert, weshalb sie in der Höhle etwas schwächer als an der Oberfläche ist. Die andere Gruppe der Strahlungen entsteht beim Zerfall radioaktiver Substanzen. Diese Substanzen können sich in der Höhle anhäufen, was dort den Strahlungspegel erhöht.

RADIOAKTIVE SUBSTANZEN UND IHRE ANHÄUFUNG

Die wichtigsten radioaktiven Substanzen sind schwere Elemente und gehören

Tab. 1. Die Radium-Reihe

Stoff	Kern	Halbwertszeit	α MeV	β_{Max} MeV	Bemerkung
Th	^{232}Th	$1,4 \cdot 10^{10}$ Jahre	4,0	—	
MsTh ₁	^{228}Ra	6,7 Jahre	—	0,053	
MsTh ₂	^{228}Ac	6,13 Stunden	—	2,18	
RdTh	^{228}Th	1,9 Jahre	5,52	—	
ThX	^{224}Ra	3,64 Tage	5,7	—	
Tn	^{220}Rn	51,5 Sec.	6,4	—	Gas
ThA	^{216}Po	0,16 Sec.	6,9	—	
ThB	^{212}Pb	10,6 Stunden	—	0,59	
ThC	^{212}Bi	1 Stunden	6,2 (36 %)	2,25 (64 %)	
THC'	^{212}Pb	$3,10^{-7}$ Sec.	8,9	—	(64 %)
ThC"	^{208}Tl	3,1 Min.	—	1,8	(36 %)
Pb	^{208}Pb	—	—	—	Stabil

einer der Zerfallsreihen an (s. Tab. 1, 2 u. 3). Diese Substanzen können in Kalken als Spurenelemente anwesend sein und sich als Lösungsreste im Lehm anhäufen. Dabei können sie als schwebender Stoff im Karstwasser vorhanden sein, aus dem Tropfwasser sogar unmittelbar in Aerosol übergehen.

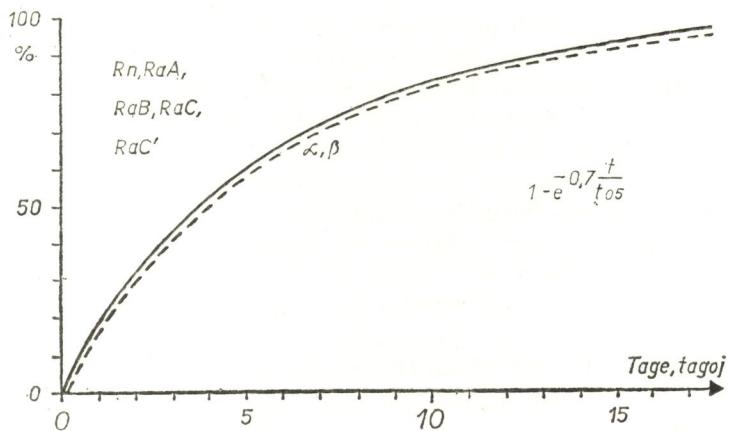
Tab. 2. Die Thorium-Reihe

Stoff	Kern	Halbwertszeit	α MeV	βM_{IX} MeV	Bemerkung
AcU	^{235}U	$7,13 \cdot 10^8$ Jahre	4,66	—	
UY	^{234}Th	25,6 Stunden	—	—	
Pa	^{231}Pa	$3,43 \cdot 10^4$ Jahre	5,1	—	
Ac	^{227}Ac	21,6 Jahre	—	0,046	
RdAc	^{227}Th	18,6 Tage	6,15	—	
AcX	^{223}Ra	11,7 Tage	6,8	—	
An	^{219}Rn	3,8 Sec.	6,95	—	Gas
AcA	^{215}Po	$1,8 \cdot 10^{-3}$ Sec.	7,5	—	
AcB	^{211}Pb	36 Min.	—	1,4	
AcC	^{211}Bi	2,16 Min.	6,7	—	
AcC"	^{207}Tl	4,8 Min.	1,4	—	
Pb	^{207}Pb	—	—	—	Stabil

Tab. 3. Die Aktinium-Reihe

Mehrfach der Halbwertszeit	1	2	3	4	5	∞
Teil des Endwerts	50 %	75 %	88 %	93 %	97 %	100 %
Rn (Tage)	3,82	7,6	11,5	15,3	19	
Tn (Sec.)	51,5	103	154	206	267	
An (Sec.)	3,92	7,8	11,8	15,6	19,5	

Die drei aktiven Edelgase (Rn, Tn, An) können unmittelbar in die Höhlenluft diffundieren. Wenn die Höhle nur sehr schwach durchlüftet ist, besteht die Möglichkeit ihrer Anhäufung. Da das Entstehen dieser Substanzen ein permanenter Prozess ist und ihr Zerfall exponential ist, ist die Anhäufung umgekehrt exponential (Tab. 4). Nach einer Zeitspanne, die praktisch das vier- bis fünffache der Halbwertszeit beträgt, verändert sich die Menge des aktiven Gases nicht mehr. Diese Zeitspanne ist bei Rn etwa zwei Wochen, bei Tn 3 Stunden, bei An eine Viertelminute. Das ist die erste Anhäufungsetappe.



Tab. 4. Anhäufung der radioaktiven Gase

Reihe	Zeit bis Gleichgew.	α/α Gas	β/α Gas
Rn	2–3 Woch.	3	3
	100 Jahre	4	5
Tn	2–3 Tage	3,36	2,64
An	2–3 Stunden	3	2

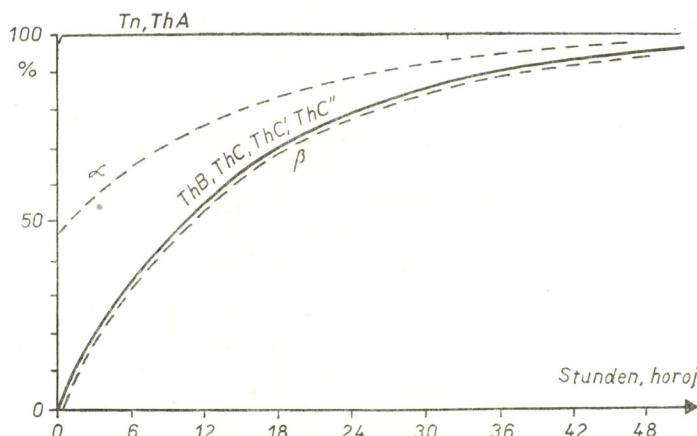
Tab. 5. Anhäufung der radioaktiven Substanzen

Stoff	Kern	Halbwertszeit	α MeV	β Max MeV	Bemerkung
Ra	^{226}Ra	1622 Jahre	4,87	—	Mittelbar aus ^{238}U Gas
Rn	^{222}Rn	3,8 Tage	5,58	—	
RaA	^{218}Po	3 Min.	6,11	—	
RaB	^{214}Pb	26,8 Min.	—	0,73	
RaC	^{214}Bi	19,7 Min.	—	3,26	
RaC'	^{214}Po	0,16 mSec	7,82	—	
RaD	^{210}Pb	19,4 Jahre	—	0,018	
RaE	^{210}Bi	5 Tage	—	1,15	
Po	^{210}Po	138 Tage	5,4	—	
Pb	^{206}Pb	—	—	—	Stabil

Obwohl die beim Zerfall der Gasatome entstandenen Tochterkerne nicht Gasatome sind, können sie doch in atomarem Zustand lange in der Luft schwebend bleiben. So nimmt die Radioaktivität in der Höhlenluft weiter zu, die Menge der aktiven Substanzen wächst so lange an, bis ein Gleichgewichtszustand entstanden ist. In diesem Fall entsteht in jeder gleichen Zeitspanne eine so große Anzahl inaktiver Bleikerne, wie groß die Anzahl der in der Luft diffundierten aktiven Gaskerne ist. Da in diesem Zustand aus jedem aktiven Tochterkern dieselbe Anzahl von Teilchen pro Sekunde zerfällt, sind so viele Zerfälle zu beobachten, wieviel Stufen vom Gas zum inaktiven Blei führen. Natürlich geben diese Zerfälle teils α -, teils β -Teilchen. Die Menge, die im Gleichgewichtszustand bestimmter Substanzen anwesend ist, ist direkt proportional zu ihrer Halbwertszeit. (Tab. 5). Es sei bemerkt, daß beim Radonzerfall nach zwei Wochen — wegen des sehr langsamen Zerfalls des Radium D (die Halbwertszeit beträgt etwa 20 Jahre) — die Anzahl der weiteren Tochterkerne sehr langsam zunimmt.

MESSMETHODE

Leider stand uns seinerzeit ein α -Zähler nicht zur Verfügung, es wurde daher nur die β - (und γ -) Strahlung gemessen. Die verwendete GM-Zählrohre (sowjetische CTC-6) mit einer Wandstärke von 70 mg/cm^2 mißt die β -Teilchen über $0,27 \text{ MeV}$ Energie. Der Meßkopf zählt die $\beta + \gamma$ -Mengen, bzw. mit einer Absorptionsplatte die γ -Strahlung.



Die Ergebnisse der unterirdischen Messungen wurden jeweils mit dem an der Oberfläche, in der Nähe des Einganges gemessenen Nulleffekt verglichen.

Es handelt sich um folgende Höhlen: Mátyáshegyi, Solymári, Ördöglyuk (Buda-Geb.); Leány, Legény, Szoplaki Ördöglyuk (Pilis-Geb.); Baradla, Kossuth, Vass Imre (Aggtelek-Geb.).

MESSANGABEN

Die Werte des Nulleffekts weichen bei verschiedenen Messungen im Verhältnis 1:2,5 ab. Der Unterschied war ziemlich gut reproduzierbar.

Das Verhältnis der größten unterirdischen $\beta + \gamma$ -Aktivität zu der kleinsten war 12:1 (in verschiedenen Höhlen), in derselben Höhle 3:1.

Als relative Werte, die niedrigere Aktivität ($\beta + \gamma$) war 0,5mal schwächer, die größere 2,5mal stärker als der Nulleffekt beim entsprechenden Eingang.

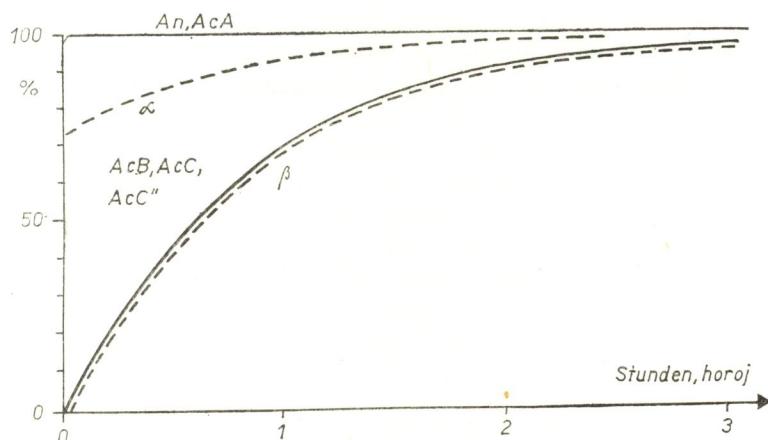
In Fällen, wo es gelungen ist, auch nur die Aktivität zu messen, vermindert sich ihre Menge in inneren Höhlenräumen bis auf die Hälfte, bzw. Drittel des Nulleffekts an der Oberfläche. (Dies war eigentlich keine γ , sondern kosmische Strahlung.)

Die β -Strahlung erreicht nirgends die Aktivität, die in der Nähe des leuchtenden Zifferblattes der Armbanduhr des Verfassers messbar ist.

BEOBACHTUNGEN

Es ist gelungen, den klaren Zusammenhang zwischen der gemessenen Aktivität und den morphologisch-klimatologischen Verhältnissen nachzuweisen.

Die Minimalwerte waren in jedem Fall in Höhlenräumen, die gut belüftet sind, gemessen. An diesen Stellen weichen die Meßangaben ob mit oder ohne Absorptionsplatte voneinander kaum ab, demnach ist also die β -Aktivität



sehr gering; die Aktivität (eigentlich kosmische Strahlung) vermindert sich nach der Abschirmung der Gesteine, die die Höhle decken.

Die Maximalwerte wurden in luftbewegungslosen Höhlenräumen oder Nebenräumen beobachtet; in den Höhlen mit statischem Charakter nach einem Minimalpegel vom relativen Wert 0,8 — 1, der im Eingangsraum zu beobachten war, wurde bis zum Höhlenende eine steigende Aktivität gemessen.

In sehr feuchten Höhlen, im Fall der gesteigerten Aktivität war noch eine interessante Erscheinung zu beobachten. Ausgehend von Orten, wo eine größere Aktivität zu verzeichnen ist, zeigte das Meßgerät im allgemeinen eine bedeutende Hysterese. Nach Besichtigung der statischen feuchten Höhle mißt das Gerät an der Oberfläche 10 — 20 Minuten lang eine höhere Aktivität (in einem Fall doppelt so große), als der Nulleffekt. (Infolge dieser Hysterese gelang es an solchen Stellen, nur die γ -Strahlung richtig zu messen.) Die Ursache dieser Erscheinung kann weder eine Durchfeuchtung, noch andere Beschädigung des Meßgeräts darstellen, da diese Eventualitäten durch Kontrollmessungen ausgeschlossen wurden.

In den Höhlenräumen, wo die Strahlungen stärker waren als der Nulleffekt an der Oberfläche, zeigte die Luft immer die größte Aktivität. In der Nähe des Gesteins, Sedimenten oder Tropfsteinen nahm der Strahlungsspiegel ab.

DISKUSSION

Die Beobachtungen zeugen davon, daß β -strahlenden Substanzen in der Luft der ungelüfteten Höhlenräume angehäuft werden können. Die Hystereseerscheinung macht es wahrscheinlich, daß aktive Substanzen in den sehr feuchten Höhlen mehr oder weniger als Aerosol gebunden sind.

Die gemessenen Aktivitätswerte waren sehr niedrig, sie überschreiten nicht die dreifache Größe des Nulleffekts. Wenn sich jedoch die Voraussetzung über die aerosolartig gelösten oder absorbierten radioaktiven Substanzen bestätigt, dann kann die Strahlungsbelastung der Lungen bedeutend sein.

Es werden noch weitere Messungen geplant; teils Messungen in weiteren Höhlen, teils α -Messung, teils wird die Bestimmung der aktiven Substanzen versucht.

O RÁDIOAKTIVITE V JASKYNIACH

MIKLÓS GÁDOROS

Prírodné ionizačné žiarenia môžu svoj pôvod v dvoch zdrojoch. Jednou skupinou zdrojov je kozmické žiarenie, ktoré sa horninou čiastočne absorbuje, preto je v jaskyni o niečo slabšie než na povrchu. Druhá skupina žiarenia vzniká pri rozpade rádioaktívnych látok, ktoré sa môžu v jaskyniach nahromadiť, čím sa zvýší hladina žiarenia.

RÁDIOAKTÍVNE LÁTKY A ICH NAHROMADENIE

Najdôležitejšie rádioaktívne látky sú ľažké prvky, ktoré patria do jedného radu rozpadu (pozri tab. 1, 2 a 3). Môžu byť prítomné vo vápencoch vo forme stopových prvkov a vo forme zvyškov roztokov nahromadených v hline. Pritom však môžu byť prítomné aj ako vznášané látky v krasových vodách a z odkvapkávajúcej vody sa môžu bezprostredne rozptýliť do ovzdušia.

Tri vzácne plyny (Rn, Tn, An) môžu bezprostredne difundovať v jaskynnom vzduchu. Ak je jaskyňa len veľmi slabo prevetrvaná, vzniká možnosť ich nahromadenia. Keďže vznik týchto látok je nepretržitým pochodom a ich rozpad je exponenciálny, je ich nahromadovanie obrátene exponenciálne (tab. 4). Po časovom odstupe, ktorý je prakticky štvornásobok až päťnásobok polčasu rozpadu, množstvo aktívneho plynu sa už nemení. Tento časový úsek predstavuje pri Rn asi 2 týždne, pri Tn 3 hodiny a pri An štvrt minúty. To je prvá etapa nahromadovania.

Hoci pri rozpade atómov plynu dcérské jadrá nie sú atómami plynov, predsa môžu vznášané vo vzduchu dlho zotrvať v atomickom stave. Tak rádioaktivita v jaskyni narastá, kým nenastane rovnovážny stav. V tom prípade vzniká v každom rovnakom časovom úseku také veľké množstvo inaktívnych jadier olova, aký veľký je počet vo vzduchu difundovaných jadier plynu. Keďže v takejto situácii z každého aktívneho dcérskeho jadra sa rovnaký počet čiastočiek za sekundu rozpada, možno zistiť toľko rozpadov, koľko stupňov vedie od plynu k inaktívному olovu. Tieto rozpady dávajú samozrejme čiastočne α -čästice, čiastočne β -čästice. Množstvo určitých látok prítomných v rovnovážnom stave je priamo úmerné ich

Tabuľka 1. Rádiový rad

Látka	Jadro	Polčas rozpadu	α MeV	β_{Max} MeV	Poznámka
Th	^{232}Th	$1,4 \cdot 10^{10}$ rokov	4,0	—	
MsTh ₁	^{228}Ra	6,7 rokov	—	0,053	
MsTh ₂	^{228}Ac	6,13 hod.	—	2,18	
RdTh	^{228}Th	1,9 rokov	5,52	—	
ThX	^{224}Ra	3,64 dni	5,7	—	
Tn	^{220}Rn	51,5 sek.	6,4	—	Plyn
ThA	^{216}Po	0,16 sek.	6,9	—	
ThB	^{212}Pb	10,6 hod.	—	0,59	
ThC	^{212}Bi	1 hod.	6,2 (36 %)	2,25 (64 %)	
THC'	^{212}Pb	$3 \cdot 10^{-7}$ sek.	8,9	—	(64 %)
THC"	^{208}Tl	3,1 min.	—	1,8	(36 %)
Pb	^{208}Pb	—	—	—	Stabilný

Tabuľka 2. Tóriový rad

Látka	Jadro	Polčas rozpadu	α MeV	β_{Max} MeV	Poznámka
AcU	^{235}U	$7,13 \cdot 10^8$ rokov	4,66	—	
UY	^{231}Th	25,6 hod.	—	—	
Pa	^{231}Pa	$3,43 \cdot 10^4$ rokov	5,1	—	
Ac	^{227}Ac	21,6 rokov	—	0,046	
RdAc	^{227}Th	18,6 dni	6,15	—	
AcX	^{223}Ra	11,7 dni	6,8	—	
An	^{219}Rn	3,8 sek.	6,95	—	Plyn
AcA	^{215}Po	$1,8 \cdot 10^{-3}$ sek.	7,5	—	
AcB	^{211}Pb	36 min.	—	1,4	
AcC	^{211}Bi	2,16 min.	6,7	—	
AcC"	^{207}Tl	4,8 min.	1,4	—	
Pb	^{207}Pb	—	—	—	Stabilný

Tabuľka 3. Aktiniový rad

Niekoľkonásobnosť polčasu rozpadu	1	2	3	4	5	α
Časť konečnej hodnoty	50 %	75 %	88 %	93 %	97 %	100 %
Rn (dní)	3,82	7,6	11,5	15,3	19	
Tn (sek.)	51,5	103	154	206	267	
An (sek.)	3,92	7,8	11,8	15,6	19,5	

Tabuľka 4. Nakopenie radioaktívnych plynov

Rad	Čas do rovnováhy	α/α plyn	β/α plyn
Rn	2–3 týždňov 100 rokov	3 4'	3 5
Tn	2–3 dni	3,36	2,64
An	2–3 hodín	3	2

Tabuľka 5. Nakopenie radioaktívnych látok

Látka	Jadro	Polčas rozpadu	α MeV	β Max MeV	Poznámka
Ra	^{226}Ra	1622 rokov	4,87	—	Nepriamy z ^{238}U
Rn	^{222}Rn	3,8 dni	5,58	—	Plyn
RaA	^{218}Po	3 min.	6,11	—	
RaB	^{214}Pb	26,8 min.	—	0,73	
RaC	^{214}Bi	19,7 min.	—	3,26	
RaC'	^{214}Po	0,16 msec.	7,82	—	
RaD	^{210}Pb	19,4 rokov	—	0,018	
RaE	^{210}Bi	5 dni	—	1,15	
Po	^{210}Po	138 dni	5,4	—	
PB	^{206}Pb	—	—	—	Stabilný

polčasu rozpadu (tab. 5). Tu treba poznamenať, že dva týždne po rozpade radónu sa počet ďalších dcérskych jadier — pre veľmi malý rozpad rádia D (polčas rozpadu je asi 20 rokov) — zvyšuje len veľmi pomaly.

METÓDA MERANIA

Žiaľ, svojho času sme α - počítač nemali k dispozícii, preto sa merania obmedzili len na meranie β -žiarenia (a γ -žiarenia). GM-počítač s hrúbkou steny 70 mg/cm² (sovietsky CTC-6) meria β -častice vyše 0,27 MeV energie. Meracia hlavica počítala β -hodnoty a γ -hodnoty, respektívne absorpcnej dosky s použitím γ -žiarenia.

Výsledky podzemných meraní sa vždy porovnali s nulovým efektom nameraným na povrchu v blízkosti vchodu.

Ide tu o tieto jaskyne: jaskyňa na Mátyáshegy, jaskyňa Solymár a Ördöglyuk (Budínske pohorie); Leány, Legény, Szoplaki Ördöglyuk (Pohorie Piliš); Baradla, Kossuth, Vass Imre (pohorie Aggtelek).

ÚDAJE O VÝSLEDKOCH MERANÍ

Hodnoty nulového efektu sa pri rozličných meraniach od seba líšia pomerom 1:2,5. Rozdiel bol pomerne dobre reprodukovaný.

Pomer najväčšej podzemnej β -aktivity a γ -aktivity k najmenšej dosiahol 12:1 (v rozličných jaskyniach), v tej istej jaskyni bol tento pomer 3:1.

Ako relatívne hodnoty nižšia aktivita ($\beta + \gamma$) bola 0,5-krát slabšia, väčšia bola 2,5-krát silnejšia než nulový efekt pri príslušnom vchode.

V prípadoch, kde sa podarilo merať len aktivitu, znižuje sa jej množstvo vo vnútorných jaskynných priestoroch až na polovicu, počasne na tretinu nulového efektu na povrchu. (Toto vlastne nebolo γ -žiarenie, ale kozmické žiarenie.)

β -žiarenie nedosiahlo nikde aktivitu, ktorú by bolo možno merať v blízkosti svetielkujúceho ciferníka náramkových hodín autora.

POZOROVANIA

Podarilo sa dokázať zrejmú súvislosť medzi nameranou aktivitou a morfologicko-klimatickými pomermi.

Minimálne hodnoty sa v každom prípade namerali v jaskynných priestoroch, ktoré sa dobre prevetrávali. Na týchto miestach sa namerané hodnoty pomocou absorpcnej doštičky alebo bez nej od seba sotva odlišujú, takže podľa toho je β -aktivita veľmi nepatrňá; aktivita (vlastne kozmické žiarenie) sa znižuje po zaclonení hornín, ktoré kryjú jaskyňu.

Maximálne hodnoty sa namerali v jaskynných priestoroch bez pohybu vzduchu alebo v bočných jaskynných priestoroch; v jaskyniach so statickým charakterom ovzdušia s minimálnou hladinou relatívnej hodnoty 0,8 — 1 vo vchodovom priestore sa až po koniec jaskyne nameriavała stúpajúca aktivita.

Vo veľmi vlhkých jaskyniach v prípade zvýšenej aktivity bolo možné pozorovať ďalší zaujímavý jav. Vychádzajúc z miesta, kde je zaznamenaná vyššia aktivita, vykazoval merací prístroj všeobecne značnú hysterézu. Po obhlidke statickej vlhkej jaskyne nameriava prístroj na povrchu po 10 — 20 minútach zvýšenú aktivitu (v jednom prípade až dvojnásobne vysokú), než je nulový efekt. Pre

túto hysterézu sa podarilo na týchto miestach správne namerat len γ -žiarenie. Príčinou tohto javu nemôže byť ani prevlhnutie, ani iné poškodenie akéhokoľvek druhu meracieho zariadenia, pretože tieto eventuality sme kontrolnými meraniami vylúčili.

V jaskynných priestoroch, kde žiarenia boli silnejšie než nulový efekt na povrchu, vykazuje vzduch vždy vyššiu aktivitu. V blízkosti hornín, sedimentov alebo kvapľov sa hladina žiarenia vždy znižovala.

DISKUSIA

Pozorovania svedčia o tom, že látky s β -žiareniom sa môžu nahromadiť vo vzduchu nevetraných jaskynných priestorov. Jav hysterézy pravdepodobne spôsobuje, že aktívne látky vo veľmi vlhkých jaskyniach sú viac alebo menej aerosolovo viazané.

Namerané hodnoty aktivity boli veľmi nízke, neprekračujú trojnásobok nulového efektu. Ak sa však potvrdí predpoklad o aerosolovo rozptýlených alebo absorbovaných látkach, potom môže nastať významné zaťaženie pľúc ožiarením.

Plánujú sa ešte ďalšie merania; sčasti merania v ďalších jaskyniach, sčasti α -merania, sčasti sa uskutočnia pokusy na určenie aktívnych látok.

METEOROLOGICKÉ PODMIENKY A ZALADNENIE V DEMÄNOVSKEJ ĽADOVEJ JASKYNI

JÁN OTRUBA

Ako je známe [1], v rokoch 1950 — 1952 sa urobili v priestoroch Demänovskej ľadovej jaskyne viaceré umelé zásahy, ktoré značne zmenili meteorologický režim v jaskyni. Týmto zmenami sa pôvodne statická ľadová jaskyňa zmenila na dynamickú a porušená letná stagnácia vzduchu spôsobila skoro úplné roztopenie ľadovej výzdoby, ktorej niektoré časti sa vytvárali po dobu niekoľkých storočí. Vzhľadom na to, že po Dobšínskej ľadovej jaskyni je Demänovská ľadová jaskyňa u nás najznámejšia ľadová jaskyňa a vôbec najstaršia známa jaskyňa v ČSSR, sa v rokoch 1953 — 1954 urobili v jaskyni viaceré opatrenia pre obnovu jej ľadovej výzdoby. Súčasne v roku 1953 sa začali v jaskyni robiť kontrolné meteorologické merania. Tie sa v najväčšom rozsahu vykonali v rokoch 1954 — 1956. Vykonané nepriaznivé a opravné zásahy v jaskyni sú podrobnejšie opísané v práci [1]. V nej sa zhodnotili aj výsledky meteorologických meraní, ktoré sa vykonali do roku 1956. Po tomto období bol ešte natrvalo zamurovaný vonkajší otvor do Žuffovho dómu (Dóm trosiek) a zamurovaný prechod z Veľkého domu do Žuffovho domu.

Predkladaný príspevok nadväzuje na výsledky spomínamej práce [1], dopĺňuje ju a najmä prináša rozbor terajších meteorologických podmienok v Demänovskej ľadovej jaskyni, a to s ohľadom na tvorbu ľadu v jej priestoroch.

VZDUŠNÁ A TEPELNÁ VÝMENA V JASKYNI

Pre zachovanie priaznivého meteorologického režimu z hľadiska tvorby a udržiavania ľadovej výzdoby v jaskyni je potrebné, aby jaskyňa trvale ostala statickou.

Dočasné používanie spodného otvoru do Žuffovho domu na rýchlejšie a intenzívnejšie prechladzovanie jaskyne v zimnom období sa osvedčilo len čiastočne pri nižšej vonkajšej teplote oproti teplote v jaskyni. Pri periodických i neperiodických zmenách vonkajšej teploty sa však často vyskytli prípady s obráteným spádom teploty medzi vonkajšou atmosférou a jaskyňou, pri ktorých spodným otvorm do Žuffovho domu vytiekal z jaskyne chladnejší vzduch. Aj v prípadoch prechladzo-

vania jaskyne sa účinok tohto otvoru prejavoval najmä v Žuffovom dôme a podstatne v zmenšenej miere vo Veľkom dôme a v Kmeťovom dôme. Preto sa vonkajší otvor do Žuffovho dómu natrvalo vzduchotesne zamuroval a prechod zo Žuffovho dómu do Veľkého dómu sa vzduchotesne uzavrel (obr. 1/c). Tým sa zamedzila vzdušná a tepelná výmena medzi vonkajšou atmosférou a Žuffovým dómom a medzi Žuffovým dómom a Veľkým dómom, čo bolo aj za pôvodného stavu jaskyne pred rokom 1950.

Z hľadiska prechladzovania tých častí jaskyne, ktoré sú verejnosti prístupné, sa v obmedzenej miere nepriaznivo môže prejavovať i vzdušná výmena medzi Kmeťovým dómom a Žuffovým dómom cez spojovaciu chodbu medzi týmito priestormi. Podľa dobrého a najstabilnejšieho prechladzovania Kmeťovho dómu však možno usudzovať, že táto výmena nemá väčnejší vplyv na tepelný režim a tvorbu ľadu v sprístupnených priestoroch jaskyne. Aj napriek tomu však možno očakávať, že trvalé prerušenie vzdušnej a tepelnej výmeny v spojovacej chodbe zo strany Žuffovho dómu by podmienilo určité zlepšenie tepelného režimu v Kmeťovom dome.

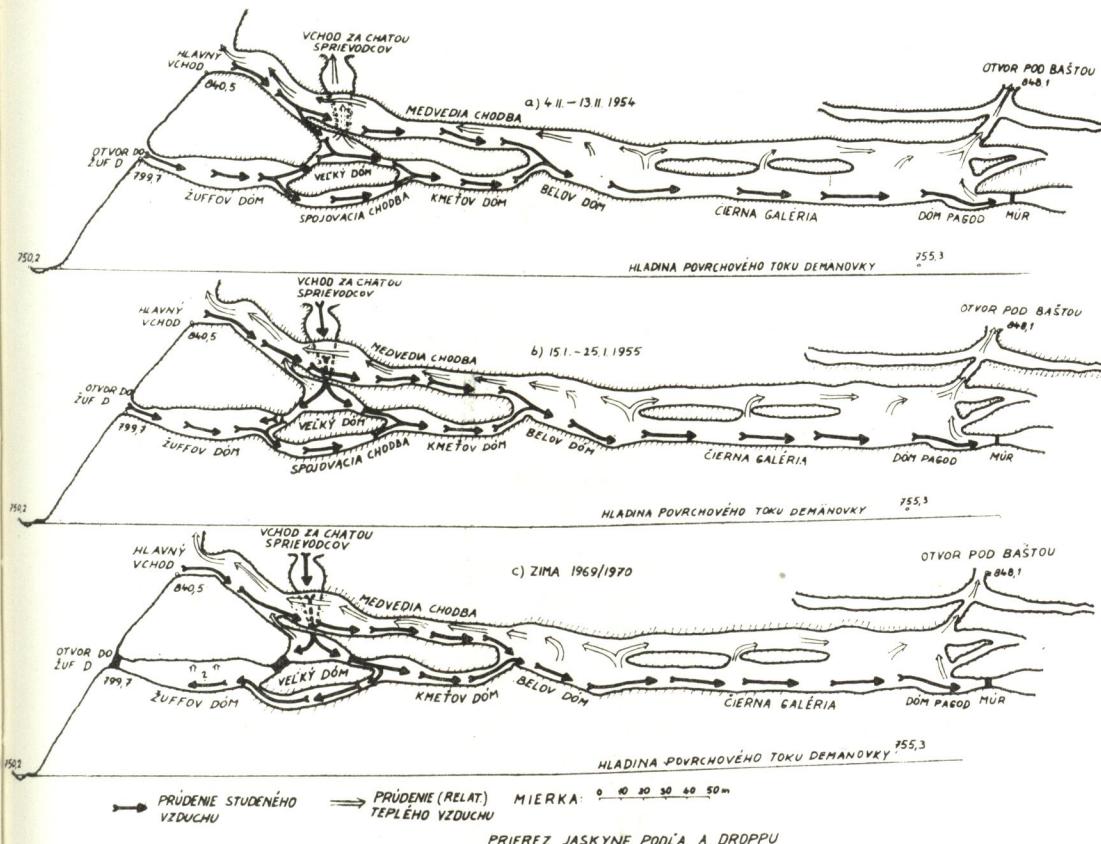
Múr postavený v roku 1954 na južnej strane dómu Pagod predstavuje trvalé vzdušné a tepelné oddelenie Demänovskej ľadovej jaskyne od teplejších jaskynných priestorov, ktoré pokračujú na juh a cez ktoré bola začiatkom roku 1952 objavená jaskyňa Mieru. Tak sa zamedzuje prenikanie chladného vzduchu do priestorov za múrom, čím sa oproti pôvodnému stavu zlepšilo prechladzovanie južných častí Demänovskej ľadovej jaskyne a zvýšila sa tepelná stabilita najmä týchto, ale i ostatných priestorov jaskyne.

Lepšie prechladzovanie južných častí jaskyne je podmienené i otvorom pod Baštou, ktorý je najvyššie položeným známym otvorom v jaskyni a cez ktorý v zimnom období prebieha najrýchlejšie a vcelku najväčšie unikanie teplého vzduchu z jaskyne. V období letnej stagnácie musí sa však tento otvor zatvoriť, pretože by ním mohol vystupovať vzduch z jaskyne, a tak by sa narušila požadovaná letná stagnácia vzduchu v jaskyni. Takýto výstup chladnejšieho vzduchu z jaskyne do vonkajšej atmosféry sa zdá na prvý pohľad nemožný. Pozoroval sa však v lete 1955; podmieňuje ho značný horizontálny gradient teploty vzduchu v spodných častiach jaskyne [1].

Aj zmena tvaru, sklonu a veľkosti hlavného vchodu (v roku 1951) nepriaznivo narušila tepelnú výmenu prebiehajúcu medzi jaskyňou a vonkajšou atmosférou. Preto sa tento vchod a jeho okolie museli aspoň čiastočne upraviť, aby sa tak sčasti napravila jeho nepriaznivá úprava. Výsledky pozorovania však ukazujú, že kvantitatívny podiel tohto otvoru na vzdušnej a tepelnej výmene medzi vonkajšou atmosférou a jaskyňou značne poklesol najmä využívaním otvoru pod Baštou a oddelením Veľkého dómu od Žuffovho dómu.

Za terajšieho stavu najvýznačnejším otvorom na prechladzovanie jaskyne je vchod (otvor) za bývalou chatou sprievodcov (vchod do Štrkového dómu). Cez ten prúdi väčšina studeného vzduchu do jaskyne a v niektorých situáciách preniká studený vzduch do jaskyne len týmto otvorom.

Na obr. 1 je schematicky znázornený smer pohybov vzduchu v jaskyni v zimnom období. Časti a) a b) tohto obrázku ilustrujú prípady pozorované vo februá-

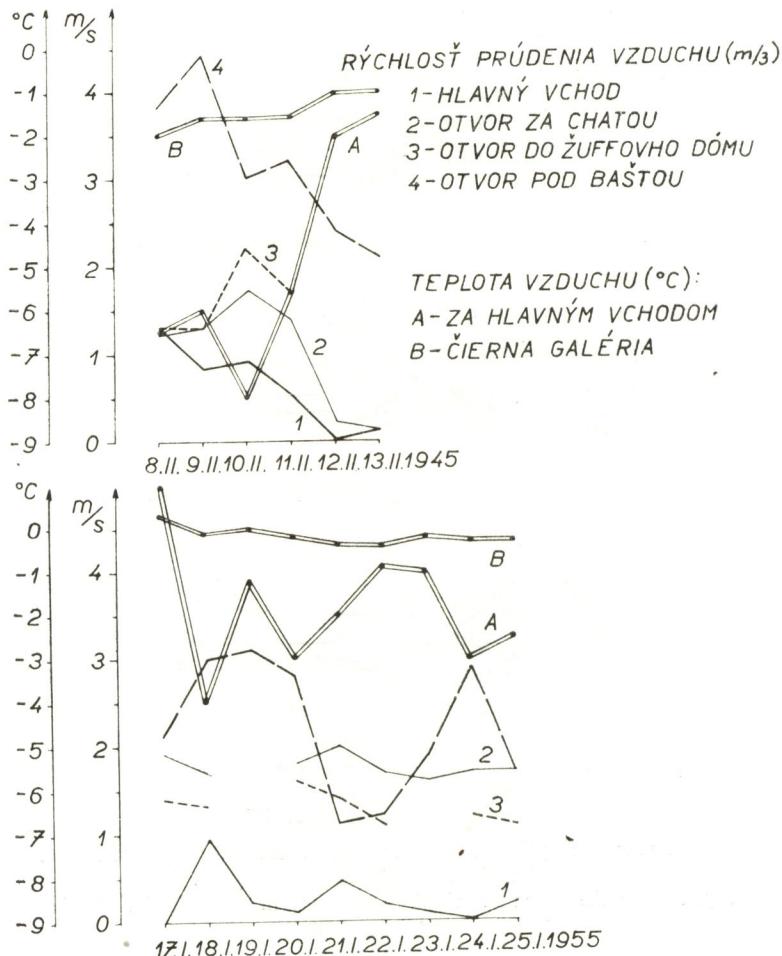


Obr. 1. Schematický obraz smerov pohybov vzduchu v Demänovskej ľadovej jaskyni v rôznych zimných obdobiach

Fig. 1. Schematic picture of the directions of air movements in Demänovská Ice Cave in various winter-time periods

ri 1954 a v januári 1955. Tieto prípady sa podrobnejšie textove a tabelárne zhodnotili v práci [1], v ktorej sme podali aj prehľad pohybov vzduchu pri rôznych kombináciách vonkajšej teplote a teploty vzduchu za jednotlivými vchodmi. Preto si tu všimneme len pohybov vzduchu pri terajšej kombinácii zatvorených a otvorených vchodov do jaskyne.

Jeden variant vzdušnej výmeny za dnešného stavu v zimnom období pri nižšej vonkajšej teplote oproti teplote v jaskyni je znázornený na obr. 1/c. V závislosti od teplotných pomerov v jaskyni a od teplotných a veterálnych pomerov vo vonkajšej atmosfére okrem variantu na obr. 1/c sa vyskytuje i variant, pri ktorom chýba zostupná zložka prúdu chladného vzduchu do jaskyne cez hlavný vchod a Medvediu chodbu. V tomto prípade prúdi studený vzduch do jaskyne len cez otvor za bývalou chatou sprievodcov a cez Medvediu chodbu a hlavným vchodom vystupuje teplejší vzduch z jaskyne. Rozdelenie teplote v jaskyni ukazuje, že tento variant v zime 1969/1970 sa vyskytoval častejšie ako variant na obr. 1/c. Pri



Obr. 2. Rýchlosť prúdenia vzduchu (m/s) v 4 vonkajších otvoroch Demänovskej ľadovej jaskyne v dňoch 8. — 13. februára 1954 a 17. — 25. januára 1955. Na obrázku je pre porovnanie znázornený aj priebeh súčasne nameranej teploty vzduchu za hlavným vchodom a v Čiernej galérii

Fig. 2. Velocity of air currents (m/s) in four exterior openings of the Demänovská Ice Cave on 8th — 13th February, 1954, and on 17th — 25th January, 1955. For comparison the course of the present-time measured air temperature behind the main entrance and in Čiernej galérii has been demonstrated

obidvoch variantoch rýchlosť prúdenia teplého vzduchu z jaskyne je väčšia v otvore pod Baštou ako v hlavnom vchode.

Rýchlosť vzdušnej výmeny medzi jaskyňou a vonkajšou atmosférou a medzi jednotlivými priestormi jaskyne je veľmi premenlivá a závislá od rôznych činiteľov: od rozdielu teploty medzi vonkajšou atmosférou a jaskyňou, od priestorového rozloženia teploty v jaskyni, od stavu prechladenia jaskyne, od vzdialenosť od vonkaj-

ších otvorov a od priestorových parametrov jaskyne. Na obr. 2 je znázornená rýchlosť prúdenia vzduchu (m/s) v 4 otvoroch a teplota vzduchu ($^{\circ}C$) za hlavným vchodom a v Čiernej galérii v rovnakých obdobiach ako na obr. 1/a a 1/b. Podľa obrázku vidieť, že teplota za vchodom a rýchlosť prúdenia v otvoroch 1 — 3 majú vcelku opačnú tendenciu, čiže rýchlosť vzdušnej výmeny v týchto priestoroch je závislá najmä od diferencie teploty medzi vonkajšou atmosférou a jaskyňou. Naproti tomu pri rýchlosti teplejšieho vzduchu cez otvor pod Baštu pozorujeme fázové posunutie voči priebehu vonkajšej teploty i odlišný časový priebeh v porovnaní s prúdením v ostatných otvoroch, čo je zrejme podmienené najmä značnou vzdialenosťou otvoru pod Baštu od otvorov, ktorými prúdi chladný vzduch do jaskyne.

V zimnom období so vzdušnou výmenou medzi jaskyňou a vonkajšou atmosférou prebieha i tepelná výmena a prechladzovanie jaskyne. Teda rýchlosť prechladzovania a stav prechladenia jaskyne sú závislé od rýchlosťi vzdušnej výmeny a od ostatných činitelov, ktoré ovplyvňujú vzdušnú výmenu v jaskyni. Celé zimné obdobie je v jaskyni obdobím nerovnovážneho tepelného stavu. Preto v tomto období prebieha vnútri jaskyne tepelná a vzdušná výmena i v prípadoch, keď nie je teplotnej diferencie medzi vonkajšou atmosférou a vchodmi, cez ktoré prúdi do jaskyne studený vzduch. Ako sme už spomenuli, neustálene termické zvrstvenie v jaskyni môže vyvolávať i nežiaduce vystupovanie vzduchu cez otvor pod Baštu a kompenzačné nasávanie vzduchu za chatou sprievodcov, resp. cez hlavný vchod, i keď je vonkajšia teplota vyššia ako teplota unikajúceho vzduchu cez otvor pod Baštu. V takýchto obdobiach prebieha určité prechladzovanie jaskyne len v jej južných častiach (na juh od Belovho dómu) na úkor nežiaduceho otepľovania jej severných častí. Čelkové trvanie tohto nepriaznivého tepelného režimu v zimnom období je časove značne obmedzené a výrazne prevláda vzdušná a tepelná výmena, počas ktorej sa všetky priestory jaskyne prechladzujú.

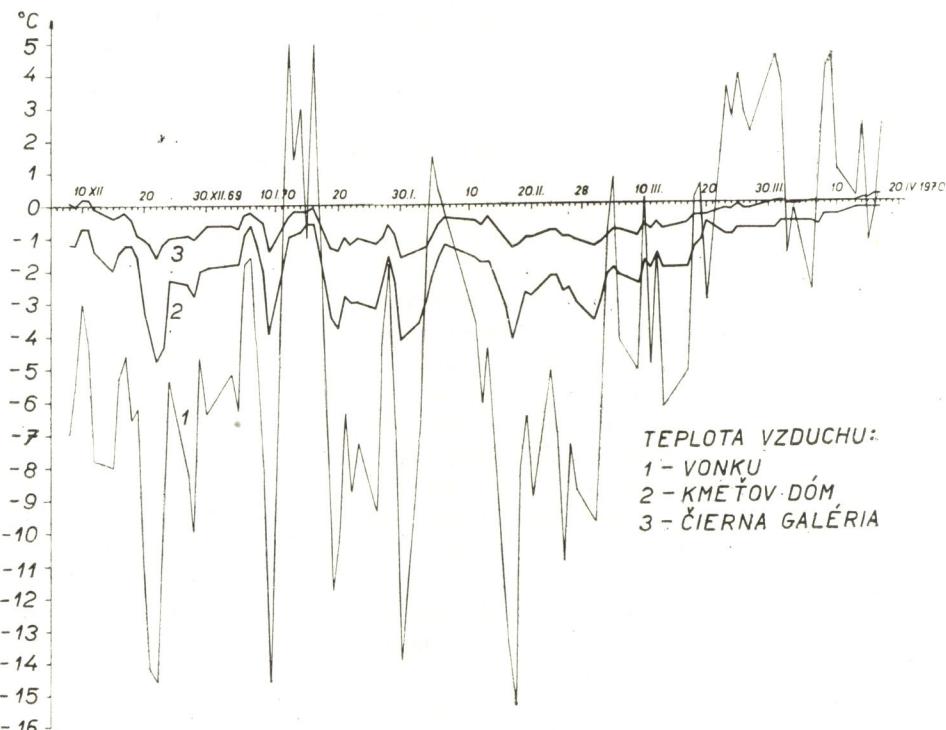
V letnom období pri zatvorenom otvore pod Baštu nepriebeha výmena vzduchu medzi jaskyňou a vonkajšou atmosférou. Pretože sú spodné otvory do jaskyne trvale vzduchotesne zatvorené a jaskyňa je oddelená i od ostatných okolitých jaskynných priestorov, sú v nej splnené podmienky pre statickú jaskyňu s letnou stagnáciou vzduchu. Napriek tomu v dôsledku veľkého horizontálneho rozsahu jaskyne oproti jej vertikálnemu rozsahu ostáva v jaskyni po zimnom prechladzovaní horizontálny spád teploty vzduchu, čím nie sú celkom splnené podmienky pre úplnú letnú stagnáciu vzduchu v jaskyni. Existujúci horizontálny spád teploty podmieňuje i v letnom období pomalú vzdušnú a tepelnú výmenu. Takáto výmena prebieha v spodnej časti jaskyne smerom od Belovho domu do domu Pagod. Ak nedochádza k vytláčaniu vzduchu cez neznáme otvory nad domom Pagod, prebieha v horných priestoroch jaskyne kompenzačná výmena vzduchu v opačnom smere, t. j. pomalá výmena od juhu na sever.

Pretože v priebehu zimného prechladzovania hlavný prúd studeného vzduchu preniká najprv do Veľkého domu a odtiaľ postupne do ďalších južnejších priestorov, najviac sa prechladzuje Veľký dom a prechladzovanie ďalších južnejších priestorov sa postupne zmenšuje. Dokazuje to i horizontálne rozdelenie teploty vzduchu v zimnom i v letnom období. Z hľadiska zachovania ľadovej výzdoby

má však najpriaznivejší tepelný režim v lete Kmeťov dóm vďaka jeho priaznivým priestorovým podmienkam, ktoré umožňujú dobrú stagnáciu vzduchu v letnom období. Veľký dóm je sice v zimnom období viac prechladzovaný ako Kmeťov dóm, ale jeho priestor je vyššie položený ako priestor Kmeťovho domu. Preto pri tendencii k hydrostatickej rovnováhe i v letnom období, v čase nižšej teploty vo Veľkom dome ako v Kmeťovom dome, môže pomaly prenikať chladnejší vzduch spojovacou chodbou z Veľkého domu do Kmeťovho domu. Výmena prebieha dovtedy, kým sa v spojenom priestore obidvoch domov nedosiahne inverzné (alebo aspoň izotermné) vertikálne zvrstvenie teploty vzduchu s najnižšou teplotou v spodnom priestore Kmeťovho domu. Významný podiel na priebehu tejto výmeny a na jej časovom trvaní majú najviac prechladené skalné steny vo Veľkom dome.

TEPLOTA VZDUCHU A JEJ ZMENY

Priestorové a časové zmeny teploty vzduchu sú podstatne závislé od vzdušnej a tepelnej výmeny medzi vonkajšou atmosférou a jaskyňou. Preto pri terajšom



Obr. 3. Priebeh teploty vzduchu vonku (pri jaskyni), v Kmeťovom dome a v Čiernej galérii od začiatku decembra 1969 do 20. apríla 1970. Výsledky z meraní ako v tab. 1

Fig. 3. The course of outside air temperature (close to the cave), in Kmet'ov Dome and in Čiernej Galéria from the beginning of December, 1969 to 20th April, 1970. Results of the measurements as in Tab. I

Tabuľka 1. Teplota v spodnej vrstve vzduchu nameraná na rôznych miestach v Demänovskej ladejovej jaskyni medzi 8.—9. hodinou ráno v decembri 1969 až v júni 1970. Počet dní, v ktorých sa meralo v jednotlivých mesiacoch, sa pohyboval od 18—30

Miesto merania	XII 1969	I 1970	II 1970	III 1970	IV 1970	V 1970	VI 1970
a) Priemerná teplota vzduchu							
Vonku	-7,5	-5,0	-6,8	-1,3	+2,9	+7,8	+12,4
Veľký dóm	-3,7	-3,5	-3,9	-2,2	-0,4	+0,0	+ 0,1
Kmeťov dóm	-2,1	-2,1	-2,5	-1,7	-0,3	+0,0	- 0,1
Čierna galéria	-0,6	-0,7	-0,9	-0,6	+0,1	+0,3	+ 0,6
Za „Jánošíkovým stolom“	+0,5	+0,1	-0,0	+0,0	+0,5	+0,7	+ 0,9
Medvedia chodba	+0,9	+0,5	+0,3	+0,5	+1,0	+1,2	+ 1,5
b) výkyvy nameraných teplôt							
Vonku	-14,6 až -3,0	-14,6 až +5,0	-15,4 až +1,5	-9,8 až +4,6	-2,7 až +11,4	+2,0 až +12,0	+ 7,6 až +17,4
Veľký dóm	-8,0 až -1,2	-7,0 až -1,0	-6,6 až -2,0	-5,4 až -0,8	-0,8 až -0,2	0,0 až +0,2	0,0 až + 0,2
Kmeťov dóm	-4,8 až -0,6	-4,2 až -0,6	-4,2 až -1,2	-3,6 až -0,6	-0,7 až -0,1	0,0 až +0,2	- 0,2 až + 0,1
Čierna galéria	-1,6 až +0,2	-1,6 až -0,1	-1,4 až -0,4	-1,3 až 0,0	-0,1 až +0,2	+0,2 až +0,6	+ 0,4 až +1,0
Za „Jánošíkovým stolom“	0,0 až +1,1	-0,2 až +0,4	-0,2 až +0,2	-0,3 až +0,4	+0,4 až +0,8	+0,4 až +1,2	+ 0,5 až +1,2
Medvedia chodba	+0,2 až +0,4	0,0 až +0,8	+0,1 až +0,4	+0,1 až +0,8	+0,7 až +1,2	+1,0 až +1,3	+ 1,0 až +1,8
c) amplitúda nameraných teplôt							
Vonku	11,6	19,6	16,9	14,4	14,1	10,0	9,8
Veľký dóm	6,8	6,0	4,8	4,6	0,6	0,2	0,2
Kmeťov dóm	4,2	3,6	3,0	3,0	0,6	0,2	0,3
Čierna galéria	1,8	1,5	1,0	1,3	0,3	0,4	0,6
Za „Jánošíkovým stolom“	1,1	0,6	0,4	0,7	0,4	0,8	0,7
Medvedia chodba	1,2	0,8	0,3	0,7	0,5	0,3	0,8

stave otvorených a zatvorených vchodov, podobne ako pri vzdušnej a tepelnej výmene, pozorujeme v priebehu roka dve výrazne odlišné obdobia: zimný nestabilný režim, charakterizovaný veľkými zmenami v priestorovom rozdelení teploty, a letný stabilný, resp. kvázistabilný, charakterizovaný ustálenými teplotnými pomermi a ich malými zmenami.

V zimnom období pre intenzívnu teplnú výmenu medzi vonkajšou atmosférou a jaskynou je v jaskyni veľmi neustálené rozdelenie teploty vzduchu v horizontálnom i vertikálnom smere, a to najmä v spodnej vrstve vzduchu. Smer vzdušnej výmeny v priebehu zimného obdobia podmieňuje aj smer horizontálneho gradientu teploty. V priebehu celého zimného obdobia (za terajšieho stavu) sú najnižšie teploty vo Veľkom dóme a smerom na juh teploty postupne stúpajú, ako to dokazujú údaje tab. 1, získané z meraní teploty vzduchu, ktoré robia zamestnanci Správy slovenských jaskyň (v decembri 1969 až júni 1970 St. Šrol a P. Benko).

Neperiodické zmeny teploty vo vonkajšej atmosfére spôsobujú výkyvy teploty v priestoroch jaskyne. Prenikanie chladnejšieho vzduchu z vonkajšej atmosféry sprevádzajú tlmené poklesy teploty vzduchu v jaskyni (obr. 3). Neperiodické zmeny teploty v období prechladzovania sú najväčšie vo Veľkom dôme a smerom do južných priestorov sa zmenšujú a fázove oneskorujú. Pritom neperiodické výkyvy teploty vo všetkých priestoroch jaskyne bývajú najväčšie v prvej časti zimného obdobia pri intenzívnych poklesoch vonkajšej teploty, ked začína výrazné prechladzovanie jaskyne. Dokazujú to aj výkyvy teplôt namerané v jednotlivých mesiacoch zimného obdobia 1969/1970 (tab. 1). Podobne je to pri periodických zmenách teploty v jaskyni, ktoré sú podmienené periodickým kolísaním vonkajšej teploty vzduchu. Preto i horizontálny gradient teploty v priestoroch jaskyne závisí aj od stavu prechladenia jaskyne. Pri rovnakej vonkajšej teplote sa najväčšie horizontálne gradienty teploty v jaskyni vyskytujú na začiatku zimného obdobia, najmä pri silných poklesoch vonkajšej teploty. V dôsledku toho priemerné horizontálne gradienty teploty sa v priebehu zimného obdobia zmenšujú, ako vidieť z tab. 2.

Letný teplotný režim v jaskyni nastupuje hneď po ukončení zimného prechladzovania jaskyne. Preto trvanie letného režimu v jaskyni, podobne ako trvanie zimného režimu, sa v jednotlivých rokoch mení podľa dĺžky trvania zimy vo vonkajšej atmosfére. Ako sa už spomenulo, v dôsledku nerovnakého prechladzovania jednotlivých priestorov jaskyne v zimnom období prebieha v jaskyni určitá veľmi pomalá tepelná výmena i v letnom období a horizontálne rozdelenie teploty neostáva stále. Dôkazom toho sú i nerovnaké sezónne zmeny teploty a jej horizontálneho gradientu v rôznych priestoroch jaskyne (tab. 1 a 2). Pomalou tepelnou výmenou v prvej časti letného obdobia dochádza postupne i k zmene smeru horizontálneho spádu teploty vzduchu medzi Veľkým dómom a Kmeťovým dómom. V ostatných priestoroch jaskyne na juh od Kmeťovho domu sa smer horizontálneho gradientu teploty v priebehu roka nemení; mení sa len jeho absolútna hodnota.

Z uvedeného rozboru tepelnej výmeny a rozdelenia teploty vzduchu v jaskyni

Tabuľka 2. Priemerné horizontálne gradienty teploty v spodnej vrstve vzduchu ($^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$) medzi niektorými priestormi v Demänovskej ľadovej jaskyni. Hodnoty gradientov sa určili podľa meraných teploty vzduchu v decembri 1969 až júni 1970 (ako v tab. 1)

Gradient teploty v priestore	XII 1969	I 1970	II 1970	III 1970	IV 1970	V 1970	VI 1970
<i>a) priemerné gradienty</i>							
Veľký dóm Kmeťov dóm	-0,46	-0,41	-0,38	-0,17	-0,02	0,00	+0,07
Kmeťov dóm Čierna galéria	-0,12	-0,11	-0,14	-0,09	-0,03	-0,02	-0,06
Čierna galéria . „Jánošíkov stôl“	-0,21	-0,17	-0,18	-0,13	-0,09	-0,08	-0,06
<i>b) najväčšie gradienty (podľa absolútnej hodnoty)</i>							
Veľký dóm Kmeťov dóm	-0,91	-0,86	-0,69	-0,51	-0,06	+0,06	+0,11
Kmeťov dóm Čierna galéria	-0,27	-0,22	-0,24	-0,19	-0,06	-0,05	-0,10
Čierna galéria . „Jánošíkov stôl“	-0,32	-0,32	-0,24	-0,20	-0,16	-0,20	-0,16
<i>c) najmenšie gradienty (podľa absolútnej hodnoty)</i>							
Veľký dóm Kmeťov dóm	-0,17	-0,11	-0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
Kmeťov dóm Čierna galéria	-0,07	-0,03	-0,07	-0,02	-0,02	-0,01	-0,04
Čierna galéria . „Jánošíkov stôl“	-0,16	0,10	-0,08	-0,06	-0,08	0,00	+0,02

je zrejmé, že najvýraznejší ročný chod teploty je vo Veľkom dóme; v ďalších priestoroch smerom na juh sa ročná amplitúda teploty zmenšuje.

Vertikálne rozdelenie teploty, jeho zmeny a iné charakteristiky teploty vzduchu v jaskyni sa podrobnejšie zhodnotili v práci [1]. V nej sa porovnali aj niektoré charakteristiky teploty steny a teploty vzduchu v Kmeťovom dôme a v Medvedej chodbe.

PODMIENKY PRE TVORBU ĽADU V JASKYNI

V práci [1] sa spomenuli viaceré závažné podmienky a činitele, ktoré ovplyvňujú tvorbu ľadu v jaskyni.

Stav zaľadnenia Demänovskej ľadovej jaskyne pred rokom 1950 a tvorba ľadu po nápravných opatreniach vykonaných v roku 1953 a neskôr nasvedčujú, že Veľký dóm, Kmeťov dóm a spojovacia chodba medzi Žuffovým dómom a Kme-

ťovým dómom sú v zimnom období prechladzované tak, že môžu byť z hľadiska tepelného režimu trvale zaľadené. Preto tvorenie ľadu a rozsah zaľadenia v týchto priestoroch sú závislé najmä od primeraného prítoku vody do týchto priestorov v období záporných teplôt. V susedných priestoroch na juh od Kmeťovho dómu sa sice v období nízkych teplôt vytvára ľad, ale v prvej časti leta sa roztopí. Aj to nasvedčuje tomu, že priestory jaskyne na juh od Kmeťovho dómu nie sú do statočne prechladzované, aby mohli byť trvale zaľadené. Podľa doterajšieho tepelného režimu v jaskyni nemožno ešte rozhodnúť, či sa hranica trvalého zaľadenia neposunie viac na juh, i keď takýto predpoklad je odôvodnený zlepšeným prechladzovaním južných priestorov jaskyne po ich oddelení múrom od ďalších teplejších priestorov k jaskyni Mieru.

Treba mať na zreteli, že v jaskyni sa v rokoch 1950 — 1955 urobili rôzne zásahy, ktorými sa zmenil tepelný režim jaskyne oproti pôvodnému stavu pred rokom 1950. V dôsledku týchto zmien a značných zmien objemu starého ľadu sa ustálený trvalý tepelný režim v jaskyni môže vytvárať i niekoľko desaťročí. S ním sa bude vytvárať i ustálená periodita tvorby a množstva ľadu v priestoroch jaskyne.

Hoci pri terajšom stave Demänovská ľadová jaskyňa ako celok nemá priaznivý tepelný režim a iné podmienky pre zaľadenie ako napr. Dobšinská ľadová jaskyňa [2], [3], netreba mať obavy o jej trvalé zaľadenie. Potvrzuje to aj pekné zaľadenie jaskyne v posledných rokoch.

L iteratúra

1. Otruba J., 1958: Problém mikroklimy a znovaľadnenia Demänovskej Ľadovej jaskyne. Slovenský kras I, str. 36 — 58
2. Peterovič Št., 1952: Mikroklimatický prieskum Ľadovej jaskyne u Dobšinej. Meteorologické zprávy V, č. 4, str. 102 — 106
3. Valovič Š., 1957: Mikroklimatický prieskum v Dobšinskej Ľadovej jaskyni v r. 1952 — 1956 Meteorologické zprávy X, č. 4, str. 91 — 94

THE METEOROLOGICAL CONDITIONS AND GLACIATION IN THE
DEMÄNOVSKÁ ĽADOVÁ JASKYŇA

BY JÁN OTRUBA

It is a well known fact [1] that in the years 1950 — 1952 several artificial measures were taken in the space of Demänovská Ľadová jaskyňa which altered the meteorological regime in the cave. These changes resulted in the originally static ice cave changing into dynamic one. The following deranged summer air stagnation then caused almost complete melting down of the ice ornamentation, some parts of which had been forming for several centuries. With regard to the fact that after Dobšinská Ľadová jaskyňa Demänovská Cave is, in this country, the best known ice cave and the oldest known cave in ČSSR, there were undertaken in the cave in the years 1953 — 1954 several measures for the restauration of its ice ornaments. At the same time control meteorological measurements began to be carried out. These operations were effected in the largest extent in the years 1954 — 1956. The unfavourably carried out and the corrective measures in the cave have been described in detail in work [1]. Evaluated in this work were the results of the meteorological measurements that had been carried out up to the year 1956. After this period the exterior entrance to Žuffa dome (Dome of ruins) was permanently blocked up with a wall and walled up was also the passage from Veľký dóm (Great Dome) to Žuffa dome.

The present contribution is linked up to the above-mentioned work [1], it supplements it and, especially, it brings the analysis of the that-time existing meteorological conditions in Demänovská Ice Cave with regard to ice formation in its spaces.

AIR AND TEMPERATURE EXCHANGE IN THE CAVE

To retain favourable meteorological regime from the viewpoint of formation and maintenance of ice ornamentation in the cave it is requisite for the cave to keep constantly static.

Temporary practice of using the lower opening to Žuffa dome, in order to obtain speedier and more intensive cooling down of the cave in the winter period, asserted itself only in part at lower outside temperature compared with the

cave temperature. During periodical and also non-periodical changes of the outside temperature, however, there occurred cases of contrary gradient of temperature between the outside atmosphere and the cave, when the cooler air streamed through the lower opening into Žuffa dome. But even in the cases of cooling of the cave, the effect of this opening manifested itself especially in Žuffa dome and substantially in a diminished degrada in Veľký dome and Kmeť dome. That was the reason why the exterior opening to Žuffa dome was permanently hermetically walled up and the passage from Žuffa dome to Veľký dome airtightly closed. (Fig. 1/c). In this way the air and the thermic exchange between the outside atmosphere and Žuffa dome, and between Žuffa dome and Veľký dome was prevented, which corresponds to the conditions in the original state of things before the year 1950.

As regards cooling down of those parts of the cave which are accessible to public, there can in a limited degree unfavourably manifest itself also air exchange between Kmeť dome and Žuffa dome through the connecting corridor between the two spaces. According to good and most stable cooling of Kmeť dome one can judge that this exchange has no serious influence on the thermal regime and the formation of ice in the accessible spaces of the cave. In spite of that, however, one can expect that permanent interruption of air and thermal exchange in the interconnecting corridor from the side of Žuffa dome would cause certain improvement of the thermal regime in Kmeť dome.

The wall erected in the year 1954 on the southern side of Dome of Pagodas shows permanent air and thermal separation of the Demänovská Ice Cave from the warmer cave spaces that continue southwards and by means of which Peace Cave was discovered at the beginning of 1952. In this way penetration of cold air into the spaces behind the wall has been prevented and in comparison with the original condition cooling down of the southern parts of Demänovská Ice Cave was improved and the thermal stability, especially in these but likewise in other spaces of the cave, rose.

Better cooling down of the southern parts of the cave is also contingent on the opening situated below Bašta hill which is the most highly located entrance, as known at present, and through which in the winter period escapes most speedily and in general most vehemently warm air from the cave. In the period of summer stagnation it is, however, imperative to close this opening, because the exit of air from the cave could pass outward and in this way the required summer air stagnation in the cave would be disturbed. Such a withdrawal of cooler air from the cave into the exterior atmosphere, seems to be, at the first look, impossible. It was, however, observed in summer of 1955, and it is conditioned on the considerable horizontal temperature gradient in the lower parts of the cave [1].

Likewise the change of the shape, decline and size of the main entrance (in the year 1951) unfavourably affected the thermal exchange passing between the cave and the outside atmosphere. This is why the entrance and its environment had, at least in part, to be adjusted in order to make up for its unfavourable original adjustment. Observations of the results, however, show that the quantitative

share of this opening in the air and temperature exchange between the exterior atmosphere and the cave, considerably declined, especially by using the opening below Bašta hill and by separation of Velký dome from Žuffa dome.

Under the present conditions the most significant opening for cooling of the cave is the entrance (opening) located behind the Guides Chalet (the entrance to Štrkový dome). The greatest quantity of cold air streams through it into the cave and under some conditions the cold air penetrates into the cave only through this opening.

Figure 1. schematically illustrates the direction of currents in the cave in winter time. Parts a) and b) of this picture illustrate cases observed in February 1954 and in January 1955. These cases were evaluated in detail in text and table in the work [1] in which was also given the survey of air movements under various combinations of outside and air temperatures prevailing behind the individual entrances. That is the reason why here we shall only note the air movements during the present time combinations of closed and opened entrances to the cave.

One variation of the air exchange under the present-day condition in winter time, at a lower outside temperature in comparison with the cave temperature is illustrated in fig. 1/c. In dependence on the thermal conditions in the cave and on the thermal and air conditions in the outside atmosphere, beside the variation in fig. 1/c, there also occurs a variation in which the descending component of the stream of cool air passing into the cave through the main entrance and Medvedia chodba (Bear corridor) is absent. In this case the cold air streams into the cave only through the opening situated behind the Chalet of Guides, and through Medvedia chodba and the main entrance passes out a warmer air from the cave. The distribution of temperature in the cave shows that this variant in 1969 — 1970 winter period occurred oftener than the variant in fig. 1/c. In both variants the velocity of streaming of warm air from the cave is greater in the opening under Bašta hill than in the main entrance.

The velocity of air exchange between the cave and the outside atmosphere on the one hand and between the individual spaces of the cave on the other hand is very erratic and dependent on various factors, i. e.: on the difference of temperature between the outside temperature, on the spacial distribution of the temperature in the cave, on the state of cooling of the cave, on the distance of the exterior openings and the space parameters of the cave. In fig. 2 is demonstrated the velocity of streaming of the air (m/s) in 4 openings and the air temperature (°C) behind the main entrance and in Čierna Gallery in equal periods as indicated in fig. 1/a and 1/b. In the picture one can see that the temperature behind the entrance and the velocity of streaming in the openings 1 — 3 possess, on the whole, contrary tendency, or the velocity of the air exchange in these spaces is dependent especially on the difference of the temperature between the outside atmosphere and the cave. On the other hand when the warmer air moves through the opening below Bašta hill, phase shifting can be observed on comparing the course of the outside temperature and the different time-course in comparison with the streaming in other openings, which is clearly in the first place condit-

ioned by the considerable distance of the opening below Bašta hill from the openings through which cold air streams into the cave.

In wintertime there occurs, together with the air exchange between the cave and the exterior atmosphere also thermal exchange and cooling of the cave. That means that the velocity of refrigeration and the state of cooling the cave are dependent on the velocity of exchange and on other factors that influence the air exchange in the cave. The whole winter period in the cave is the period of unbalanced thermal state. This is why in this period there passes inside the cave thermal and air exchange even when in such cases there is no thermal difference between the external atmosphere and the openings through which cold air passes into the cave. As has been mentioned before the continuous thermal stratification in the cave can evoke undesirable gradation of air through the opening situated below Bašta hill and compensating sucking in of air behind the Chalet of Guides, or through the main entrance, even when the outside temperature is higher than the temperature of escaping air through the opening below Bašta hill. There occurs in such periods a certain refrigeration of the cave only in its southern parts (south of Bela dome) to the detriment of undesirable warming up of their northern parts. Total duration of this undesirable thermal regime in wintertime is, however, temporarily rather limited and there prevails very significantly air and thermal exchange, during which all spaces of the cave get refrigerated.

In summer time, during closed opening below Bašta hill there exists no exchange of air between the cave and the outside atmosphere. Since the lower openings leading into the cave are hermetically closed and the cave is separated from the other cave spaces all around, conditions for a static cave with summer stagnation of air are fulfilled. In spite of great horizontal extent of the cave in comparison with its vertical extent there remains in the cave after winter cooling an expressive horizontal decline of air temperature whereby conditions for complete summer stagnation of the air in the cave are not, on the whole, fulfilled. The existing horizontal decline of temperature is conditioned also in summer time slow air and thermal exchange. Such an exchange exists in the lower part of the cave in the direction from Bela dome to the Dome of Pagodas. As there is no pushing out of the air through undisclosed openings above Dome of Pagodas there goes on in the upper spaces of the cave a compensatory exchange of air in the contrary direction, i. e. there occurs a slow exchange from south to north.

Since in the course of the winter cooling the main stream of cold air first penetrates into Velký dome and from there successively into the other southern spaces, the greatest cooling occurs in Velký dome and the cooling of other southern spaces successively diminishes. This is evidenced by the horizontal distribution of air temperature in the winter and the summer period. From the viewpoint of conservation of the ice ornamentation the most favourable regime is possessed in summer by Kmet dome, thanks to its favourable space conditions which enable good air stagnation in the summer period. Veřký dome is, as a matter of fact, more refrigerated in winter time than Kmet dome, but its space is more highly placed than the space of Kmet dome. For this reason, due to the

tendency to hydrostatic balance also in the summer period at the time of a lower temperature in Velký dome than in Kmet dome, the cooler air can slowly penetrate through the connecting corridor from Velký dome to Kmet dome. The exchange lasts up to the moment till in the connected space of both domes it attains inverse (or at least isothermal) vertical stratification of the air temperature with the lowest temperature in the lower space of Kmet dome. Considerable share in the course of this exchange and its duration have the most refrigerated rock walls in Velký dome.

AIR TEMPERATURE AND ITS CHANGES

Space and time changes of temperature are substantially dependent on the air and thermal exchange between the outside atmosphere and the cave. That is why at the present-time state of the opened and closed entrances, in a similar way as in the air and thermal exchange, one can observe in the course of the year two expressly different periods: the winter unstable one characterized by great changes in the spacial distribution of temperature, and the summer, stable, or quasi-stable one, characterized by stabilized thermal conditions and their slight changes.

In the winter period, due to intensive thermal exchange between the outside and the cave atmosphere, there is in the latter very unstabilized distribution of air temperature in the horizontal and vertical direction, especially in the lower air stratum. The direction of air exchange in course of the winter period also conditions the direction of the horizontal temperature gradient. In the course of the whole winter period (at the present-day state of things) the lowest temperatures are found in Velký dome; in the southward direction the temperature gradually rises, as shown by the data in Tab. I., that were obtained by measuring air temperature, which was carried out by the employees of the Administration of the Slovak Caves St. Šrol and P. Benko (in December 1969 to June 1970).

The non-periodic changes of temperature in the outside atmosphere cause deviations of temperature in the cave spaces. Penetration of the cooler air from the outside atmosphere is accompanied by stifled declines of air temperature in the cave (fig. 3). The non-periodic changes of temperature in the period of cooling show maximum in Velký dome, diminish in the direction to southern spaces and are delayed in a phase-like manner. As regards the non-periodic deviations of temperature, these attain maximum in the first part of the winter period during the intensive decline of outside temperature, when expressive cooling down of the cave begins. This is also evidenced by the temperature deviations, measured in the individual months of the winter period 1969/1970 (Tab. 1.). A similar case was ascertained in periodic changes of temperature in the caves which are conditioned by periodic fluctuation of the exterior air temperature. That is why the horizontal gradient of temperature in the cave spaces is dependent on the condition of refrigeration in the cave. At the equal outside temperature the maximum horizontal gradients of the temperature in the cave occur at the commencement of the winter period, especially on heavy declines of

the temperature. As a consequence of this the average horizontal gradients of temperature in course of the winter period diminish, as seen in Tab. 2.

The summer thermal regime in the cave sets in immediately after the termination of winter cooling of the cave. That is why the duration of the summer regime in the cave, in the same way as the duration of winter regime changes in individual years according to the length of the duration of winter in the exterior atmosphere. As mentioned before, in consequence of the uneven cooling of the

Table 1. The temperature in the lower stratum of air, measured in various places in Demänovská Ice Cave between 8 and 9 o'clock in the morning, in December 1969 to June 1970. The number of days in which measurements were in the individual months carried out, fluctuated between 18 to 30

Place of measurement	XII 1969	I 1970	II 1970	III 1970	IV 1970	V 1970	VI 1970
<i>a) Average air temperature</i>							
Outside	-7,5	-5,0	-6,8	-1,3	+2,9	+7,8	+12,4
Veľký dome	-3,7	-3,5	-3,9	-2,2	-0,4	0,0	+ 0,1
Kmet dome	-2,1	-2,1	-2,5	-1,7	-0,3	0,0	- 0,1
Čierna galéria (Black Gallery)	-0,6	-0,7	-0,9	-0,6	+0,1	+0,3	+ 0,6
Za „Jánošíkovýn stolom“ (at Jánošík's table)	+0,5	+0,1	0,0	0,0	+0,5	+0,7	+ 0,9
Medvedia chodba (Bear Corridor)	+0,9	+0,5	+0,3	+0,5	+1,0	+1,2	+ 1,5
<i>b) Fluctuation of measured temperatures</i>							
Outside	-14,6 to -3,0	-14,6 to +5,0	-15,4 to +1,5	-9,8 to +4,6	-2,7 to +11,4	+2,0 to +12,0	+7,6 to +17,4
Veľký dome	-8,0 to -1,2	-7,0 to -1,0	-6,6 to -2,0	-5,4 to -0,8	-0,8 to -0,2	0,0 to +0,2	0,0 to +0,2
Kmet dome	-4,8 to -0,6	-4,2 to -0,6	-4,2 to -1,2	-3,6 to -0,6	-0,7 to -0,1	0,0 to +0,2	-0,2 to +0,1
Čierna galéria (Black Gallery)	-1,6 to +0,2	-1,6 to -0,1	-1,4 to -0,4	-1,3 to 0,0	-0,1 to +0,2	+0,2 to +0,6	+0,4 to +1,0
Za „Jánošíkovýn stolom“ (at Jánošík's table)	0,0 to +1,1	-0,2 to +0,4	-0,2 to +0,2	-0,3 to +0,4	+0,4 to +0,8	+0,4 to +1,2	+0,5 to +1,2
Medvedia chodba (Bear Corridor)	+0,2 to +0,4	0,0 to +0,8	+0,1 to +0,4	+0,1 to +0,8	+0,7 to +1,2	+1,0 to +1,3	+1,0 to +1,8

Place of measurement	XII 1969	I 1970	II 1970	III 1970	IV 1970	V 1970	VI 1970
<i>c) Amplitude of measured temperatures</i>							
Outside	11,6	19,6	16,9	14,4	14,1	10,0	9,8
Veľký dome	6,8	6,0	4,8	4,6	0,6	0,2	0,2
Kmet dome	4,2	3,6	3,0	3,0	0,6	0,2	0,3
Čierna galéria (Black Gallery)	1,8	1,5	1,0	1,3	0,3	0,4	0,6
Za „Jánošíkovým stolom“ (at Jánošík's table)	1,1	0,6	0,4	0,7	0,4	0,8	0,7
Medvedia chodba (Bear Corridor)	1,2	0,8	0,3	0,7	0,5	0,3	0,8

individual spaces of the cave in winter period there passess in the cave a very slow thermal exchange also in the summer period, and the horizontal distribution of temperature does not remain constant. The evidence thereof are the unequal seasonal changes of temperature and its horizontal gradient in different spaces of the cave (Tab. I and 2). Through slow thermal exchange in the first part of the summer period there successively comes to a change in the horizontal decline of the temperature between Veľký dome and Kmet dome. In the other spaces of the cave southward from Kmet dome the direction of the horizontal gradient of temperature in the course of the year does not change, it is only its absolute value that changes.

From the indicated analysis of the thermal exchange and the distribution of air temperature in the cave it is obvious that the most significant annual course of temperature is that in Veľký dome, in other spaces in southern direction the annual amplitude diminishes.

The vertical distribution of temperature, its changes and other characteristics of air temperature in the cave have been evaluated in detail in the work [1]. Compared in it were likewise some characteristics of the wall temperature and those in Kmet dome and in Bear corridor.

CONDITIONS FOR THE FORMATION OF ICE IN THE CAVE

In the work [1] have been mentioned several important conditions and factors, that influence the formation of ice in the cave.

The state of glaciation in Demänovská Ice Cave before the year 1950 and the formation following the reformatory measures carried out in the year 1953 and later, testify to Veľký dome and Kmet dome and the connecting corridor between Žuffa dome and Kmet dome being in the winter season cooled down in such a way that they can be, from the viewpoint of the thermal regime, permanently glaciated. For that reason ice formation and the extent of glaciation in these

Table 2. Average horizontal gradients of temperature in the lower stratum of air ($^{\circ}\text{C}/10\text{ m}$) between some spaces in Demänovská ice cave. The values of the gradients were determined according to the measurements of air temperature in December 1969 to June 1970 (same as in table 1)

Gradient of temperature in the space	XII 1969	I 1970	II 1970	III 1970	IV 1970	V 1970	VI 1970
<i>a) Average gradients</i>							
Veľký dome							
Kmet dome	-0,46	-0,41	-0,38	-0,17	-0,02	0,00	+0,07
Kmet dome							
Čierna galéria (Black Gallery)	-0,12	-0,11	-0,14	-0,09	-0,03	-0,02	-0,06
Čierna galéria (Black Gallery)							
„Jánošíkov stôl“ (Jánošík's table)	-0,21	-0,17	-0,18	-0,13	-0,09	-0,08	-0,06
<i>b) Highest gradients (according to absolute value)</i>							
Veľký dome							
Kmet dome	-0,91	-0,86	-0,69	-0,51	-0,06	+0,06	+0,11
Kmet dome							
Čierna galéria (Black Gallery)	-0,27	-0,22	-0,24	-0,19	-0,06	-0,05	-0,10
Čierna galéria (Black Gallery)							
„Jánošíkov stôl“ (Jánošík's table)	-0,32	-0,32	-0,24	-0,20	-0,16	-0,20	-0,16
<i>c) Lowest gradients (according to absolute value)</i>							
Veľký dome							
Kmet dome	-0,17	-0,11	-0,11	0,00	0,00	0,00	0,00
Kmet dome							
Čierna galéria (Black Gallery)	-0,07	-0,03	-0,07	-0,02	-0,02	-0,01	-0,04
Čierna galéria (Black Gallery)							
„Jánošíkov stôl“ (Jánošík's table)	-0,16	-0,10	-0,08	-0,06	-0,08	0,00	+0,02

spaces are primarily dependent on adequate inflow of water into these spaces in the period of negative temperatures. In the neighbouring spaces south of Kmet dome in the period of low temperatures, ice is being formed but in the first part of summer it melts down. This also testifies to the spaces of the cave southward of Kmet dome not being sufficiently cooled to be permanently glaciated. According to the present-time thermal regime in the cave it is not yet possible

le to decide whether or not the boundary of permanent glaciation will shift more to the south, even when such a presumption is justified by improved cooling of southern spaces of the cave after their separation by a wall from further warmer spaces towards Peace Cave.

One has to bear in mind that in the years 1950 — 1953 several steps were undertaken, by means of which the thermal regime of the cave changed in comparison with the original state of things before the year 1950. In consequence of these changes and considerable changes in the volume of the old ice the stabilized permanent thermal regime in the cave can get formed even for some decenia. In connection with this, stabilized periodicity of creation as well as quantity of ice in the spaces of the cave will be formed.

Although in the present-day state Demänovská Ice Cave as a whole does not possess a favourable thermal regime and other conditions for glaciation as, for instance, Dobšinská Ice Cave (2), (3) one need not worry about its permanent glaciation. This is also confirmed by the very satisfactory glaciation of the cave in the last years.

Literature

1. Otruba J., 1958: Problém mikroklimy a znovuzaladnenia Demänovskej ľadovej jaskyne. Slovenský kras I, p. p. 36 — 58
2. Petrovič Št., 1952: Mikroklimatický prieskum ľadovej jaskyne u Dobšinej. Meteorologické zprávy V, No. 4, p. p. 102 — 106
3. Valovič Š., 1957: Mikroklimatický prieskum v Dobšinskej ľadovej jaskyni v r. 1952 — 1956. Meteorologické zprávy X, No. 4, p. p. 91 — 94

MOŽNOSTI POSÚDENIA ÚLOHY JASKÝŇ V CESTOVNOM RUCHU SLOVENSKA

PETER MARIOT

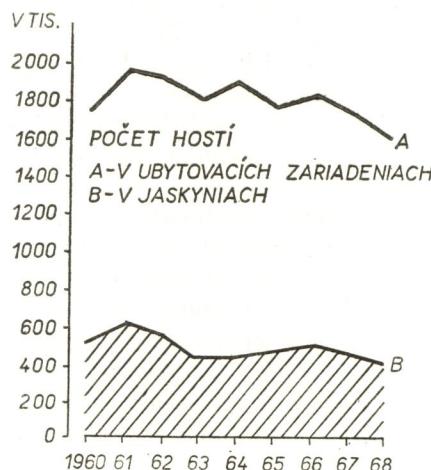
K prvkom súboru predpokladov cestovného ruchu, ktoré ovplyvňujú obraz rozmiestenia návštevnosti na Slovensku, sa zaraďujú aj jaskyne prístupné verejnosti. Podobne ako vodné plochy, lyžiarske svahy, architektonické pamiatky, či miesta výskytu folkloristických dokumentov, aj ony vystupujú ako lokality, v okolí ktorých sa na relatívne malej ploche a na relatívne krátke čas sústreduje vyšší počet návštevníkov. Obe tieto charakteristiky dovoľujú identifikovať jaskyne ako elementy súboru lokalizačných predpokladov cestovného ruchu, podmienujúce pre-dovšetkým rozvoj krátkodobej návštevnosti. V súvislosti s tým hrajú jaskyne osobitný význam najmä ako ciele víkendového a zájazdového cestovného ruchu. Kým v prvom prípade je ich regionálny význam obmedzený dimenziami sféry víkendovej rekreácie najbližších mestských centier, prostredníctvom záujmu účastníkov zájazdového cestovného ruchu nadobúda gravitačné zázemie slovenských jaskýň podstatne širšie rozmery a možno ho prirovnávať ku gravitačnému záze-miu niektorých väčších slovenských cieľových miest.

Príslušnosť jaskýň ku skupine lokalizačných činiteľov cestovného ruchu vyplýva z ich príťažlivej sily, zo schopnosti vzbudíť záujem a lákať k návšteve. Hlavnú časť príťažlivej sily jaskýň vytvára ich turistická atraktívnosť, určovaná v širších rozmeroch zriedkavým výskytom podobných prírodných objektov a všeobecnu estetickou hodnotou interiéru jaskýň, v užších rozmeroch konkrétnymi osobitstámi každej jaskyne, špecifičnosťou jej výzdoby, farebností, veľkostnými parametrami, polohou, komunikačnou dostupnosťou a pod. Tento druhý, užší aspekt súčasne vysvetluje nezáujem účastníkov cestovného ruchu o jaskyne neprístupné verejnosti. Nesprístupnené jaskyne majú sice z hľadiska cestovného ruchu poten-cionálny význam, ich momentálna atraktívnosť je však nulová, lebo v týchto prí-padoch nemôže pôsobiť ústredný motív záujmu návštevníkov, interiér jaskyne. Až sprístupnenie jaskyne, t. j. úprava jej interiéru tak, aby sa s ním účastníci ces-tovného ruchu mohli zoznámiť, uvádzajú jaskyne medzi objekty podporujúce rozvoj návštevnosti a ako také sa stávajú aj predmetom štúdia vedy o cestovnom ruchu, ktorá sa v poslednom desaťročí konštituuje ako výsledok integrácie rôzne orien-tovaných výskumov návštevnosti.

V súvislosti s tým sa však aj v rámci speleológie, ako komplexnej vedy o jaskyňach, črtá možnosť a súčasne aj potreba rozšíriť zorný uhol svojho zatiaľ takmer výlučne prírodovedne orientovaného pohľadu na jaskyne a všímať si ich aj z aspektu cestovného ruchu, teda činiteľa gravitujúceho do okruhu prejavov života spoločnosti.

Môže sa zdať, že realizovanie tejto úlohy je vzhľadom na všeobecne známy záujem účastníkov cestovného ruchu o jaskyne relatívne jednoduchý a tematicky jednostranne orientovaný problém, výsledkom ktorého je vyčíslenie počtu návštevníkov jednotlivých jaskýň za mesiace alebo roky, tak ako to uvádzajú pravidelne uverejňované štatistické prehľady o počte návštevníkov v slovenských jaskyniach. V skutočnosti však siahajú možnosti posudzovania úlohy jaskýň z hľadiska cestovného ruchu podstatne ďalej ako po rýdzo numerické vyjadrenie parametrov objemu návštevnosti. Svojou inklináciou k tematike cestovného ruchu nadobúdajú údaje o návštevnosti jaskýň hodnotu dôležitých charakteristík cestovného ruchu, ktoré umožňuje nielen detailnejšie posúdiť, resp. ilustrovať niektoré vplyvy zmien komplexu činiteľov rozvoja krátkodobého cestovného ruchu, ale aj rozvoja návštevnosti jaskýň.

Údaje štatistiky cestovného ruchu, ktorá poskytuje základné numerické materiály o návštevnosti realizovanej v ubytovacích zariadeniach sú už niekolko desaťročí predmetom rôznych analýz, takže v odbornej literatúre venovanej problémom cestovného ruchu existuje celý rad príkladov ilustrujúcich a dokumentujúcich výsledky podobných snažení. Skúsenosti z týchto výskumov možno vhodne využiť aj pri detailnejších pohľadoch na návštevnosť jaskýň, keďže podobná problematika nebola zatiaľ ešte predmetom hlbších úvah odborníkov. Preto v slovenskej literatúre okrem stručných správ o počtoch a najväčšej územnej príslušnosti návštevníkov slovenských jaskýň, o výške tržby, resp. zmenách v objeme týchto ukazovateľov v priebehu niekoľkých rokov, nie sú k dispozícii nijaké tematicky hlbšie orientované štúdie, ktoré by sa zaoberali jaskyňami z hľadiska ich významu pre cestovný ruch Slovenska.



Základné črty obrazu postavenia jaskýň v cestovnom ruchu Slovenska umožňujú exaktne dokumentovať niektoré porovnania číselných údajov o návštevnosti verejnosti prístupných jaskýň a o cestovnom ruchu Slovenska. Aj keď v skutočnosti počet návštevníkov jaskýň a počet hostí registrovaných v ubytovacích zariadeniach voľného cestovného ruchu Slovenska sú dva kvalitatívne odlišné údaje, predsa medzi týmito numerickými hodnotami jestvuje určitá súvzťažnosť. Jedným z parametrov tejto súvzťažnosti je priama závislosť počtu návštevníkov slovenských jaskýň od celkového počtu hostí ubytovaných v zariadeniach voľného cestovného ruchu, ako to ilustruje graf na str. 214.

Druhým z parametrov spomínamej súvzťažnosti je o niečo viac ako 25-percentný podiel počtu návštevníkov slovenských jaskýň z celkového počtu ubytovaných hostí na Slovensku, ktorý charakterizuje situáciu za posledné desaťročie (pozri tab.).

Tabuľka 1. Relácia medzi počtom hostí v ubytovacích zariadeniach voľného cestovného ruchu na Slovensku a návštevnosťou sprístupnených jaskýň

	Počet		1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
1	hostí v ubyt. zariadeniach	v tis.	1739	1965	1936	1826	1916	1790	1868	1762	1649
2	návštevníkov jaskýň	v tis.	480	612	578	469	465	480	502	493	452
3	%		27,6	31,1	29,9	25,4	24,2	27,0	29,9	27,9	27,3

Ak sa relatívny vzťah týchto ukazovateľov prenesie do teoretickej roviny, možno konštatovať, že priemerne každý štvrtý host ubytovaný na Slovensku navštívi jednu z jaskýň. Ak sa v tejto súvislosti vezme do úvahy relatívne vysoký podiel účastníkov služobného cestovného ruchu na celkovom počte hostí v ubytovacích zariadeniach Slovenska, čím sa zníži počet ubytovaných hostí v zariadeniach voľného cestovného ruchu o návštevníkov, ktorí v dôsledku svojich služobných povinností neprejavujú záujem o okolité atraktivity cestovného ruchu, možno dokonca predpokladať, že každý tretí host ubytovacích zariadení na Slovensku navštívi niektorú jaskyňu. Napriek teoretickej polohe týchto úvah, ktoré sú v skutočnosti korigované určitým počtom návštevníkov jaskýň, nepoužívajúcich služieb ubytovacích zariadení voľného cestovného ruchu, resp. počtom návštevníkov jaskýň ubytovaných v zariadeniach viazaného cestovného ruchu (zotavovne ROH, mládežnícke tábory a pod.), dovolujú spomínané údaje vytvoriť súčasť hrubé, ale predsa exaktné posúdenie miery významu jaskýň v cestovnom ruchu Slovenska.

Niet pochybností o tom, že vzťah jaskýň a komplexu druhov cestovného ruchu má podstatne bohatšiu škálu podôb. Ako príklad spomeňme skutočnosť, že široká regionálna atraktívnosť najnavštevovanejších jaskýň významne ovplyvňuje rozmerы gravitačného zázemia najbližších miest s ubytovacími zariadeniami, ba aj šírku gravitačného zázemia miest, ktoré ležia na hlavných trasách prístupu k naj-

atraktívnejším jaskyniam. Alebo fakt, že aj keď je čas potrebný na prehliadku jaskyne relatívne krátky, predsa predlžuje trvanie pobytu návštevníkov v užom okolí jaskyň, čo zvyšuje tiež efektívnosť niektorých neubytovacích zariadení cestovného ruchu a pod.

Pre identifikovanie, resp. presnejšie vyjadrenie týchto vzťahov, ako aj iných charakteristík ilustrujúcich niektoré zákonitosti v utváraní návštevnosti slovenských jaskyň chýbajú však zatiaľ exaktnejšie údaje. Pri iných analýzach sa prejavujú nedostatky štruktúry štatistiky návštevnosti jaskyň, ktorá je orientovaná iba na zaznamenávanie sumárnych kvantitatívnych údajov o návštevníkoch, ale aj nedostatok detailnejších rozborov jestvujúcich údajov, zameraných na niektoré štrukturálne znaky návštevnosti jaskyň (vplyvy počasia v krátkodobých, či dlhodobých intervaloch, vplyvy rozloženia dní pracovného voľna, vplyvy vzrastajúcej dĺžky pracovného voľna, vplyvy zlepšenia komunikačného spojenia i niektoré vplyvy zásahov administratívno-technickej povahy, ako je zvýšenie vstupného, predĺženie, či skrátenie času potrebného na prehliadku jaskyne, predlžovanie čakačieho času v priebehu hlavnej sezóny a pod.)

Práve nedostatok takýchto analýz a niektorých numerických údajov vyjadrujúcich kvalitatívne znaky skupiny návštevníkov slovenských jaskyň (sociálna skladba, územná príslušnosť, časové možnosti a ī.) znemožňujú v súčasnom období dokumentovať skutočne verný a komplexný obraz postavenia jaskyň v cestovnom ruchu Slovenska.

Potreba vytvorenia takého obrazu nie je motivovaná iba rýdzom teoretickými snahami vedúcimi k poznaniu jaskyň ako fenoménu, s ktorým sa stretávajú pracovníci zaobrajúci sa cestovným ruchom. Jej hlavné črty majú široký praktický význam pre plánovanie cestovného ruchu, v ekonomickej (rentabilnosť jaskyň a k nim pridružených zariadení) i spoločenskej sfére (využívanie voľného času, smerovanie trás účastníkov cestovného ruchu a pod.) Preto je potrebné čo najskôr vytvoriť možnosti pre realizovanie podobných výskumov, čo v prvej fáze prác, práve v dôsledku vyššie spomínaných nedostatkov v štruktúre štatistiky návštevnosti jaskyň vedie cez spracovanie novej koncepcie štatisticky sledovaných ukazovateľov návštevnosti jaskyň na Slovensku.

Základné črty tejto koncepcie by mali smerovať k vytvoreniu takej štruktúry štatistiky návštevnosti jaskyň, ktorá by v potrebných rozmeroch umožnila analyzovať nielen kvantitatívne, ale aj kvalitatívne znaky tohto procesu, pričom by aj ďalej zotrvala na technicky i personálne reálne zabezpečiteľnej úrovni.

Z tohto dôvodu by bolo vhodné nadviazať na jestvujúcu tradíciu a ďalej pravidelne sledovať:

- celkový počet návštevníkov jednotlivých jaskyň podľa dní, mesiacov a za rok,
- počet návštevníkov jaskyň, ktorí majú trvalý pobyt v zahraničí (v podobných časových jednotkách ako celkový počet návštevníkov),
- príjmy z predaja vstupeniek (tiež podľa dní, mesiacov a za rok).

Z týchto trvalo sledovaných údajov, pre zaznamenávanie ktorých stačí relatívne jednoduchý formulár, by údaje o návštevnosti podľa dní ostávali na správe

každej jaskyne, kým mesačné a ročné úhrny by sa i ďalej evidovali centrálne. Vychádzajúc z týchto údajov bude možné a vhodné vypracovať analýzy:

— vplyvov charakteru počasia na návštevnosť jaskýň, ktoré môžu vyústiť do spracovania štúdie o krátkodobých i dlhodobých sezónnych kolísaniach objemu návštevnosti jaskýň,

— vplyvov rozloženia dní pracovného voľna na objem návštevnosti jaskýň, ktoré môžu vyústiť do spracovania štúdie o niektorých spoločenských aspektoch kolísania počtu návštevníkov jaskýň.

Rôzna kombinácia týchto údajov sa bude dať nepochybne využiť aj pri ďalších, súršie orientovaných výskumoch intenzity cestovného ruchu okolia jaskýň.

Tieto, už dlhšie obdobie stabilne i keď viac či menej presne naznamenané údaje o objeme návštevnosti slovenských jaskýň bude však v budúcnosti treba obohatiť o niektoré detailnejšie údaje ilustrujúce najdôležitejšie kvalitatívne črty návštevnosti jaskýň. Vzhľadom na to, že zistenie takýchto údajov kladie väčšie nároky na techniku ich získavania, bude vhodné uskutočňovať ich vo forme reprezentatívnych výskumov. Podľa okolností určovaných kádrovými možnosťami každej jaskyne, prípadne pomocou pracovníkov centrálnej správy by bolo možné vždy aspoň v jednom mesiaci v roku uskutočniť osobitné zistenie

- charakteru účasti na návšteve jaskyne (zájazd, skupina, jednotlivci a pod.),
- miesta trvalého pobytu vnútroštátnych návštevníkov (podľa okresov),
- štátnej príslušnosti zahraničných návštevníkov,
- sociálnej príslušnosti návštevníkov podľa základných sociálnych skupín,
- dopravného prostriedku, ktorý návštevníci použili pre príchod k jaskyni.

Využitie takto získaných údajov dovolí exaktne posúdiť rozmerы gravitačného zázemia jednotlivých slovenských jaskýň, ich postavenie ako cielov cestovného ruchu vo vzťahu k sociálnej štruktúre obyvateľstva, i vo vzťahu k hlavným typom dopravných prostriedkov a typom účasti na cestovnom ruchu. V kombinácii s kvantitatívnymi charakteristikami návštevnosti jaskýň získa sa tak mimoriadne cenný podkladový materiál, z ktorého sa bude môcť vychádzať nielen pri prognózach o rentabilnosti už sprístupnených jaskýň, ale aj pri úvahách o rozširovaní ich siete, či pri plánovaní a určovaní kapacít zariadení sústredených v areáloch jaskýň (ubytovacie, či stravovacie zariadenia, parkoviská, výťahy, predajne a ī.). Mnohostrannosť svojho využitia dokazuje tento materiál svoju rentabilnosť, aj napriek ľažkostiam technického charakteru, ktoré sú spojené s jeho získavaním.

Na podklade niekoľkoročného radu podobného numerického materiálu o návštevnosti slovenských jaskýň bude v perspektíve možné posúdiť úlohu jaskýň v cestovnom ruchu Slovenska podstatne detailnejšie a exaktnejšie, ako to dovoľujú súčasné údaje. Navyše vzniknú hodnotné materiály pre prognostické štúdie, mnohostranne využiteľné Správou slovenských jaskýň i orgánmi cestovného ruchu. Treba si však uvedomiť, že každý rok oneskorenia pri zavedení novej štruktúry ukazovateľov návštevnosti jaskýň oddáluje možnosti realizácie podobných analýz, takže bude vhodné otázky štatistiky návštevnosti jaskýň riešiť čo najskôr, dokonca i v predstihu pred niektorými ďalšími problémami speleologických výskumov na Slovensku.

DIE MÖGLICHKEITEN EINER BEURTEILUNG DER ROLLE DER HÖHLEN IM REISEVERKEHR DER SLOWAKEI

PETER MARIOT

Unter die Elemente des Komplexes der Vorbedingungen des Reiseverkehrs, die das Bild der Verteilung der Besuchszahlen in der Slowakei beeinflussen, werden auch die der Öffentlichkeit zugänglichen Höhlen eingereiht. Ähnlich wie Wasserflächen, Skiterrains, architektonische Denkmäler oder Orte mit folkloristischen Sehenswürdigkeiten, wirken auch die Höhlen, in deren Umgebung sich auf einer relativ kleinen Fläche und für eine relativ kurze Zeit eine größere Anzahl von Besuchern zusammenballt. Diese beiden Charakteristiken ermöglichen es, die Höhlen als Faktoren des Komplexes lokalisierender Voraussetzungen des Reiseverkehrs zu identifizieren, die vor allem die Entwicklung kurzfristiger Besuche beeinflussen. In diesem Zusammenhang haben die Höhlen eine besondere Bedeutung, besonders als Ziele des Wochenend- und Ausflugsreiseverkehrs. Während im ersten Fall ihre regionale Bedeutung durch die Dimensionen des Bereichs der Wochenenderholung ihrer nächsten Stadtzentren beschränkt ist, erreicht das Gravitationshinterland der slowakischen Höhlen infolge des Interesses der Teilnehmer am Ausflugsreiseverkehr wesentlich größere Ausmaße und lässt sich mit dem Anziehungsgebiet mancher größerer Reiseziele in der Slowakei vergleichen.

Die Zugehörigkeit der Höhlen zur Gruppe der lokalisierenden Faktoren des Reiseverkehrs entspringt ihrer Anziehungskraft, ihrer Fähigkeit, Interesse zu erwecken und zu einem Besuch anzuregen. Den Hauptteil der Anziehungskraft der Höhlen bildet ihre touristische Attraktivität, die in breiteren Zusammenhängen betrachtet durch die Seltenheit ähnlicher Naturscheinungen bedingt ist und vom allgemeinen ästhetischen Wert des Interieurs der Höhle bestimmt wird. In engeren Relationen gesehen hängt ihre Anziehungskraft von den konkreten Besonderheiten jeder Höhle, von ihrer speziellen Ausschmückung, von ihrer Farbenpalette, ihren Größenverhältnissen, ihrer Lage, ihrer Zugänglichkeit für den Verkehr und ähnlichen Komponenten ab. Dieser zweite, engere Aspekt erklärt gleichzeitig das Desinteresse der Reiseverkehrsteilnehmer an solchen Höhlen, die der Öffentlichkeit nicht zugänglich sind. Uner schlossene Höhlen haben zwar vom Gesichtspunkt des Reiseverkehrs eine potentielle Bedeutung, ihre augenblickliche

Attraktivität ist jedoch gleich Null, denn bei ihnen kann das zentrale Objekt, für das sich die Besucher am meisten interessieren, nämlich das Interieur der Höhle, gar nicht zur Geltung kommen. Erst die Erschließung der Höhle, d. h. eine solche Herrichtung ihres Interieurs, daß es die Besucher sehen und kennen lernen können, reiht die betreffende Höhle unter die Objekte ein, die eine Steigerung der Besuchszahlen fördern. Als solche werden sie zu Studienobjekten der Wissenschaft vom Reiseverkehr, die sich in den letzten Jahrzehnten als Resultat einer Integration unterschiedlich orientierter Forschungszweige und Untersuchungen der Besuchszahlen konstituiert hat.

Im Zusammenhang damit zeichnet sich auch in der Speläologie, als der komplexen Wissenschaft über die Höhlen, die Möglichkeit und zugleich auch das Bedürfnis ab, den Gesichtswinkel ihres bisher fast ausschließlich naturwissenschaftlich orientierten Blickes auf die Höhlen auszuweiten und diese Naturphänomene auch vom Aspekt des Reiseverkehrs zu betrachten, also eines Faktors, der in den Kreis der Lebensäußerungen der Gesellschaft gravitiert.

Man könnte meinen, daß die Lösung dieser Aufgabe mit Rücksicht auf das allgemein bekannte Interesse der Reiseverkehrsteilnehmer für unsere Höhlen ein relativ einfaches und thematisch einseitig orientiertes Problem sei, dessen Lösung in einer zahlenmäßigen Darlegung der Anzahl der Besucher in den einzelnen Höhlen pro Monat oder pro Jahr bestünde, so wie es die regelmäßig veröffentlichten statistischen Übersichten über die Zahl der Besucher in den slowakischen Höhlen anführen. In Wirklichkeit reichen jedoch die Beurteilungsmöglichkeiten der Rolle unserer Höhlen im Hinblick auf den Reiseverkehr wesentlich weiter, als bis zu einer bloßen numerischen Aufzählung der Parameter ihrer Besuchszahlen. Durch ihre Beziehung zur Thematik des Reiseverkehrs erlangen die Angaben über die Besuchszahlen der Höhlen den Wert wichtiger Charakteristiken des Reiseverkehrs, die es ermöglichen, nicht nur manche Folgen der Veränderungen im Komplex der Faktoren der Entwicklung des kurzfristigen Reiseverkehrs eingehender zu beurteilen, sondern auch die Entwicklung der Besuchszahlen unserer Höhlen zu illustrieren.

Die Angaben der Reiseverkehrsstatistik, die grundsätzliche numerische Materialien über die Zahl der Besucher in den Unterkünften bringen, sind schon mehrere Jahrzehnte hindurch Gegenstand verschiedener Analysen. Daher gibt es in der Fachliteratur, die sich mit den Problemen des Reiseverkehrs beschäftigt, eine ganze Reihe von Beispielen, in denen Resultate ähnlicher Bestrebungen erläutert und dokumentiert werden. Die Erfahrungen aus diesen Forschungen lassen sich zweckmäßig auch bei eingehenderen Untersuchungen der Besuchszahl unserer Höhlen ausnützen, da diese Problematik von den zuständigen Fachleuten bisher noch nicht gründlicher untersucht wurde. Deshalb gibt es in der slowakischen Literatur außer knappen Berichten über die Anzahl und allgemeine regionale Zugehörigkeit der Besucher in den slowakischen Höhlen, über die Höhe der erzielten Einnahmen bzw. über die Veränderungen im Umfang dieser Kennziffern im Laufe mehrerer Jahre, keine thematisch eindeutiger orientierten Studien, die sich mit den Höhlen vom Gesichtspunkt ihrer Bedeutung für den Reiseverkehr in der Slowakei beschäftigen würden.

Einige vergleiche zahlenmäßiger Angaben über die Besuchszahl in den für die Öffentlichkeit zugänglichen Höhlen und über den Reiseverkehr in der Slowakei ermöglichen es, die Grundzüge der Stellung der Höhlen im Reiseverkehr der Slowakei exakt zu dokumentieren. Wenn in Wirklichkeit auch die Anzahl der Besucher in den Höhlen und die Zahl der in den Unterkünften des freien Reiseverkehrs in der Slowakei registrierten Gäste zwei qualitativ unterschiedliche Kategorien darstellen, besteht doch zwischen diesen beiden numerischen Werten eine gewisse Beziehung. Einer der Parameter dieser Relation ist die direkte Abhängigkeit der Anzahl der Besucher in den slowakischen Höhlen von der Gesamtzahl der in den Einrichtungen des freien Reiseverkehrs untergebrachten Gäste, wie dies in der folgenden graphischen Darstellung veranschaulicht wird.

Der zweite Parameter der angedeuteten Beziehung, der die Lage im vergangenen Jahrzehnt charakterisiert, ist der etwas über 25 % betragenden Anteil der Besucher in den slowakischen Höhlen von der Gesamtzahl der in der Slowakei übernachtenden Gäste — siehe die folgende Tabelle.

Tabelle 1: Die Beziehung zwischen der Anzahl der in den Einrichtungen des freien Reiseverkehrs in der Slowakei untergebrachten Gäste und der Besuchszahl der für die Öffentlichkeit zugänglichen slowakischen Höhlen

	Fortsetzung	1960	1961	1962	1963	1964	1965
1	Anzahl der untergebrachten Gäste (in Tausend)	1739	1965	1936	1826	1916	1790
2	Anzahl der Besucher der Höhlen (in Tausend)	480	612	578	469	465	480
3	Prozentsatz %	27,6	31,1	29,9	25,4	24,2	27,0

	Fortsetzung	1966	1967	1968
1	Anzahl der untergebrachten Gäste (in Tausend)	1868	1762	1649
2	Anzahl der Besucher der Höhlen (in Tausend)	502	493	452
3	Prozentsatz %	29,9	27,9	27,3

Wenn man die relative Beziehung dieser Kennziffern in die theoretische Ebene überträgt, kann konstatiert werden, daß durchschnittlich jeder vierte in der Slo-

wakei übernachtete Gast eine der slowakischen Höhlen besucht. Zieht man in diesem Zusammenhang den relativ hohen Anteil der dienstlich Reisenden an der Gesamtzahl der in den Hotels untergebrachten Gäste in Betracht, kann man voraussetzen, daß sogar jeder dritte Guest der Unterkunftseinrichtungen in der Slowakei eine Höhle besucht, denn die Anzahl der in den Einrichtungen des freien Reiseverkehrs untergebrachten Gäste muß um jene Besucher vermindert werden, die infolge ihrer dienstlichen Pflichten kein Interesse für die örtlichen Anziehungspunkte des Reiseverkehrs haben können. Trotz des theoretischen Charakters dieser Erwägungen, die in Wirklichkeit durch einen bestimmten Teil jener Höhlenbesucher korrigiert werden, die die Dienste des freien Reiseverkehrs nicht benutzen, bzw. durch jene Besucher unserer Höhlen, die in den Einrichtungen des gebundenen Reiseverkehrs (Gewerkschaftserholungsheime, Jugendherbergen u. ä.) einquartiert sind, gestatten die angeführten Daten, ein zwar grobes, aber in seinen wesentlichen Zügen dennoch exaktes Bild über die Bedeutung der Höhlen im Reiseverkehr der Slowakei zu entwerfen.

Es besteht kein Zweifel darüber, daß die Beziehung zwischen den Höhlen und dem Komplex der Reiseverkehrsarten eine wesentlich reichere Skala von Formen aufzuweisen hat. Als Beispiel wollen wir nur die Tatsache anführen, daß die breite regionale Attraktivität der meistbesuchten Höhlen auch die Ausmaße des Gravitationshinterlandes der nächsten Städte mit Unterkunftsmöglichkeiten sehr wesentlich beeinflußt, ja auch die Breite des Gravitationsgebietes jener Städte, die an den Hauptzufahrtsstraßen zu den attraktivsten Höhlen liegen. Zu erwähnen wäre auch der Umstand, daß durch den Besuch der Höhle, selbst wenn die zu ihrer Besichtigung notwendige Zeit relativ kurz ist, doch die Dauer des Aufenthaltes der Besucher in der Nähe der Höhle verlängert wird, was wiederum die Effektivität mancher Nebeneinrichtungen des Reiseverkehrs (Kioske, Imbißstuben) steigert, die nicht als Unterkünfte dienen.

Für eine Identifizierung bzw. für eine genauere Erfassung dieser Beziehungen und anderer Charakteristiken, die manche Gesetzmäßigkeiten in der Entwicklung der Besuchszahl der slowakischen Höhlen illustrieren, fehlen jedoch bisher exaktere Angaben. Auch bei anderen Analysen äußern sich nicht nur Mängel in der Struktur der Statistik der Höhlenbesuche, weil sie nur auf das Verzeichnen summarischer quantitativer Angaben über die Besucher eingestellt ist, sondern auch das Fehlen detaillierterer Analysen der vorhandenen Daten, die sich mit manchen strukturellen Merkmalen der Besuchszahl unserer Höhlen befassen sollten (mit dem Einfluß des Wetters in kurz- oder langfristigen Intervallen, mit dem Einfluß der Verteilung der arbeitsfreien Tage, mit dem Einfluß der zunehmenden Länge der Freizeit, der Verbesserung der Verkehrsverbindungen, mit dem Einfluß mancher administrativ-technischer Maßnahmen, wie sie beispielsweise eine Erhöhung des Eintrittsgeldes, eine Verlängerung oder Verkürzung der zur Besichtigung der Höhle notwendigen Zeit, die Verlängerung der Wartezeiten in der Hauptsaison u. ä. darstellen).

Gerade das Fehlen solcher Analysen und mancher numerischer Daten, die die qualitativen Kennzeichen der einzelnen Besuchergruppen in den slowakischen Höhlen ausdrücken würden (ihre soziale Zusammensetzung, ihre regionale Her-

kunft, ihre Zeitmöglichkeiten usw.) machen es gegenwärtig unmöglich, ein wahrheitsgetreues und komplexes Bild von der Stellung der Höhlen im Reiseverkehr der Slowakei zu entwerfen.

Die Notwendigkeit eines solchen exakten Bildes ist nicht nur durch rein theoretischen Belange motiviert, die zur Erkenntnis der Höhlen als Naturphänomene führen sollen, dem die für den Reiseverkehr zuständigen Sachbearbeiter begegnen. Die Hauptzüge dieses Bildes hätten eine weitreichende praktische Bedeutung in der Planung des Reiseverkehrs so in ökonomischer Hinsicht (die Rentabilität der Höhlen und der ihnen angeschlossenen Einrichtungen), wie in der gesellschaftlichen Sphäre (die Ausnutzung der Freizeit, die Orientierung der Trassen der Reiseverkehrsteilnehmer u. ä.). Deshalb ist es notwendig, je früher alle Voraussetzungen für die Durchführung solcher Untersuchungen zu schaffen. In der ersten Phase dieser Arbeiten ließe sich das gesteckte Ziel — eben wegen der oben angeführten Unzulänglichkeiten in der jetzigen Struktur der Statistik der Besuchszahlen unserer Höhlen — nur durch die Annahme einer neuen Konzeption der statistisch erfaßten Kennziffern der Besuchszahlen der Höhlen in der Slowakei erreichen.

Die grundlegenden Züge dieser Konzeption sollten die Schaffung einer solchen Struktur der Statistik der Besucher unserer Höhlen anstreben, daß es möglich wäre, nicht nur die quantitativen, sondern auch die qualitativen Merkmale dieses Prozesses in den notwendigen Dimensionen zu analysieren. Dabei müßte diese neue Struktur jedoch auch weiterhin auf einem technisch und personell leicht zu gewährleistendem Niveau verbleiben. Es wäre deshalb zweckmäßig an die bereits bestehenden Traditionen anzuknüpfen und weiterhin folgende Gesichtspunkte statistisch zu erfassen:

- die Gesamtzahl der Besucher in den einzelnen Höhlen nach Tagen, Monaten und Jahren,
- die Anzahl der Besucher, die ihren ständigen Wohnsitz im Ausland haben (in den gleichen Zeiteinheiten wie oben),
- die Einnahmen aus dem Verkauf von Eintrittskarten (ebenfalls nach Tagen, Monaten und Jahren.)

Aus diesen dauernd verfolgten Angaben, zu deren Aufzeichnung ein verhältnismäßig einfaches Formular ausreichen würde, sollten die Daten über die Anzahl der Besucher nach Tagen bei der Verwaltung jeder Höhle verbleiben, während die monatlichen und jährlichen Summare auch weiterhin zentral evidiert werden müßten. Von diesen Angaben ausgehend wäre es möglich und zweckvoll folgende Analysen auszuarbeiten:

- der Einfluß des Wetters auf die Besuchszahl der Höhlen, was weiter in einer Studie über die kurz- und langfristigen Schwankungen in der Größe der Besuchszahlen unserer Höhlen münden könnte,
- der Einfluß der Verteilung der Freizeittage auf den Umfang der Besuchszahlen der Höhlen, was in eine Studie über die gesellschaftlichen Aspekte der Schwankungen in der Anzahl der Besucher unserer Höhlen übergehen könnte.

Verschiedene Kombinationen dieser Angaben würden sich zweifellos auch bei

weiteren, breiter konzipierten Untersuchungen der Intensität des Reiseverkehrs in der Umgebung der Höhlen als nützlich erweisen.

Diese, schon durch längere Zeit stetig, wenn auch nur mehr oder weniger genau verzeichneten Daten über die Höhe der Besuchszahlen der slowakischen Höhlen wird man in Zukunft um einige detaillierte Angaben erweitern müssen, um die wichtigsten qualitativen Züge der Besucher unserer Höhlen zu illustrieren. Mit Rücksicht darauf, daß die Feststellung dieser Daten höhere Ansprüche an die Technik ihrer Gewinnung stellt, wäre es zweckmäßig, sie in der Form repräsentativer Untersuchungen durchzuführen. Je nach den Umständen, die von den personellen Möglichkeiten jeder Höhlenverwaltung abhängen, eventuell auch unter der Mithilfe von Mitarbeitern der Zentralverwaltung, sollte es möglich sein, immer wenigstens in einem Monat des laufenden Jahres folgende besondere Ermittlungen durchzuführen:

- den Charakter der Teilnahme am Höhlenbesuch (Sonderfahrt, Reisegruppe, Einzelpersonen usw.),
- den Ort des dauernden Wohnsitzes der innerstaatlichen Besucher (nach Kreisen geordnet),
- die Staatsangehörigkeit der ausländischen Besucher,
- die soziale Zugehörigkeit der Besucher zu einer der grundlegenden sozialen Gruppen,
- das Verkehrsmittel, das die Besucher bei der Anreise benützten.

Die Auswertung der gewonnenen Angaben wird es ermöglichen, die Ausmaße der Gravitationshinterlandes der einzelnen slowakischen Höhlen, ihre Position als Ziele des Reiseverkehrs in Bezug auf die soziale Struktur der Bevölkerung, auf die Haupttypen der Verkehrsmittel und auf die Art der Beteiligung am Reiseverkehr exakt zu beurteilen. Kombiniert mit den quantitativen Charakteristiken der Besuchszahl der Höhlen würde auf diese Weise außerordentlich wertvolles Belegmaterial gewonnen werden, von dem man nicht nur bei der Aufstellung von Prognosen über die Rentabilität bereits erschlossener Höhlen ausgehen könnte, sondern auch bei den Erwägungen über eine eventuelle Erweiterung der Anzahl unserer Schauhöhlen sowie beim Planen der Kapazität der Objekte, die im Areal der Höhlen konzentriert sind (Unterkunft- und Restauranteinrichtungen, Parkplätze, Lifts, Verkaufsstellen u. a.).

Anhand einer mehrjährigen Reihe solcher numerischer Angaben über die Besucher der slowakischen Höhlen wird es in Zukunft möglich sein, die Rolle der Höhlen im Reiseverkehr viel genauer und exakter zu beurteilen, als es die heutigen Daten gestatten. Obendrein wird auf diese Weise wertvolles Material für prognostische Studien gewonnen werden, die von der staatlichen Verwaltung der slowakischen Höhlen und von den Organen des Reiseverkehrs vielfach ausgenutzt werden könnten. Man muß sich aber vergegenwärtigen, daß jedes Jahr Versäumnis in der Einführung der neuen Struktur der statistischen Anzeiger unserer Höhlen die Durchführung ähnlicher Analysen verzögert. Es wäre deshalb zweckmäßig, die Fragen der Statistik der Besucherzahl der Höhlen je früher zu lösen, noch bevor man andere Probleme der speläologischen Forschung in Angriff nimmt.

LADOVÉ A PAĽADOVÉ JASKYNE V ČESKEJ SOCIALISTICKEJ REPUBLIKE A ICH OCHRANA

JAROSLAV HROMAS

Na základe dočerväjších výskumov nie sú v Českom masíve známe význačnejšie ľadové jaskyne, ktoré by sa dali porovnať s krasovými fenoménmi európskymi, medzi ktoré možno zaradiť napr. slovenské ľadové jaskyne.

Tento fakt možno vysvetliť okrem iného aj nedostatkom vhodných podmienok na ich tvorbu, odlišnými geografickými a klimatickými pomerami.

Krasové jaskyne s ľadovou výplňou v Českom masíve majú iba charakter rozsadlín, trhlín, v ktorých sa ľad či firnový sneh nakopí vo vlhkých a mrazivých mesiacoch a vydrží do jarného až letného obdobia. Ide spravidla iba o lokálne úkazy v niektorých častiach väčších jaskynných komplexov, napr. v Chýnovskej jaskyni pri Tábore, kde v tzv. Blátivej chodbe, ktorou preteká podzemný potok, bolo možné v roku 1970 sledovať ľadové stalaktity a stalagmity až do začiatku mája, alebo o veľmi malé jaskyne, na ktoré má vplyv vonkajšia klíma — napr. v Českom kraji Krápniková jaskyňa na Chlume pri Srbsku, jaskyňa Koda a i., kde ľadová výplň vzniká v priestoroch niekoľko metrov pod povrchom, najmä pred koncom zimy, keď sa denné otepľovanie snehovej prikrývky nad jaskyniou strieda s nočnými mrazmi. Spomínané jaskyne ležia okrem toho v malej nadmorskej výške: Chýnovská jaskyňa 530 m, jaskyne Českého krasu 300 — 350 m.

Trochu vhodnejšiu polohu má paľadová krasová jaskyňa Basa na juhovýchodnom úbočí Ještědu pri Liberci, ktorá predstavuje umele odkrytú rozovrenú tektonickú trhlinu, v ktorej slabé ľadové povlaky vydržia až do letných mesiacov.

Za najvýznamnejšiu z paľadových krasových jaskyň Českého masívu možno pokladať Moravskú ľadovú jaskyňu v Moravskom kraji ležiacu v devónskych vápencoch na úpätí záverového stupňa Holštejnského údolia typu okrajového polja. Predstavuje tesné priestory 50 m dlhé, v ktorých sa objavuje ľad v podobe stalagmitov a ľadových povlakov, ktoré sa v období vodných záplav a v letnom období roztápajú.

Vzhľadom na to, že existuje rad krasových jaskyň v klimatických podmienkach pre tvorbu jaskynného ľadu oveľa vhodnejších, napr. v krasových oblastiach Jizerských hôr, Krkonoš, Jeseníkov a i., možno predpokladať, že v budúcnosti sa objavia krasové ľadové jaskyne väčšieho významu v týchto oblastiach.

Z bádateľského hladiska významnejšie sú ľadové a paľadové fenomény v súčasnosti známe z pseudokrasových jaskyň v Českom masíve.

Napriek tomu, že prevažná väčšina pseudokrasových jaskyň Českého masívu sa nachádza v oblastiach kriedových pieskovcov Českého raja, Adršpašsko-teplických skál, Děčínska a Kokorínska, príhodnejšie podmienky pre vznik ľadových a paľadových rozsadlín vytvárajú ovela vzácnejšie pseudokrasové jaskyne v horinách vyvrelých či metamorfovaných vyvrelinách.

Ako ľadovú pseudokrasovú jaskyňu v pravom zmysle slova na území Českého masívu označuje väčšina bádateľov len ľadovú jaskyňu Naděje, zvanú aj Cvikovská alebo Krompašská, ležiacu v Lužických horách v okrese Nový Bor severne od obce Trávníky na severnom úbočí Suchého vrchu (kóta 648 m) v nadmorskej výške cca 580 m. Jaskyňa vznikla na masívnom fonolite na krížení troch rozozrených trhlín. Jej strop budujú rozmerné bloky fonolitu, ktoré v podobe kamenného mora kryjú veľkú časť severného úbočia vrchu. Vchod je iba nepatrnlý otvorom medzi nimi. Podzemný priestor je 2 — 3 m široký, 25 m dlhý a miestami až 7 m vysoký. Vznikol odklonom znelcovej kryhy pozdĺž zmienených trhlín. Ľadovú výplň jaskyne tvorí značná vrstva podlahového ľadu a výzdoba stien s 2 — 3 m dlhými ľadovými stalaktitmi až niekoľko decimetrov hrubými, ľadové závesy a drapérie i vrstvy inovate na stenách.

Mikroklíma jaskyne je charakteristická pre statické ľadové jaskyne. Vytvárajú ju primerané parametre podzemnej dutiny, najmä nadmorská výška, severná exponícia a na zrážky bohaté podnebné pomery Lužických hôr s pomerne súvislou lesnou vegetáciou.

Hoci sa časť ľadu v letných mesiacoch topí, pretrvávajú tu najmä podlahové ľady celý rok.

Táto jaskyňa je známa už veľa rokov a celý rad autorov jej venoval pozornosť, naposledy O. Lhotský z Libereckej odbočky Krasovej sekcie Praha.

Geneticky podobná je pseudokrasová Ľadová jaskyňa pod Bezdězom. Nachádza sa v masíve Veľkého Bezděza v skalnom zrube v úrovni sedla medzi Veľkým a Malým Bezdězom. Ide opäť o sústavu tektonických trhlín, vzniknutých posúvaním jednotlivých kríh magmatického fonolitového telesa. Hĺbka puklinovej jaskyne dosahuje 10 m. Ľadovú výplň tvorí podlahový ľad, ktorý sa netopí ani v lete, a ľadové stalaktity a stalagmity od zimy do letných mesiacov. Táto jaskyňa je známa len od roku 1967. Orientačne ju preskúmal F. Skřivánek; podrobny výskum chýba.

Ako paľadové pseudokrasové rozsadliny klasifikuje väčšina autorov aj veľmi zaujímavé a hádam najdlhšie sledované jaskyne s ľadovými formami v údoli Dyje pri Vranove nad Dyjou. Na juhozápadnom výbežku Mlynského vrchu juhovýchodne od Vranova, v polohe zvanej starými autormi Eisleiten, sa v nadmorskej výške okolo 400 m nachádza osiem rozsadlín. Sedem ich leží v severnom príkrajšom svahu, jedna v miernejšom svahu južnom. Rozsadliny predstavujú opäť tektonické trhliny v bítexskej ortorule; vznikli pozdĺž trhlín a čiastočne zasunutých balvanov a sutín. J. Kottek roku 1934 poukázal, že proces rúcania a posunu ustavične pokračuje a že ide o typickú lokalitu periodického rúcania.

Dĺžky jaskyň sa pohybujú od niekoľko metrov až do 20 m, prierezy portálov majú plochu od 1 do 30 m².

Ľadová výplň týchto rozsadlín sa mení. V histórii dlhšej ako 100 rokov sa zaznamenalo nepravidelné striedanie období so zaľadením a bez ľadu. To možno vysvetliť priamou závislosťou tvorby ľadu nielen od klimatických podmienok toho-ktorého roka, ale aj od stáleho procesu pohybu skál, ktorý sústavne mení vnútornú situáciu jednotlivých dutín.

F. Koláček a iní autori vysvetľujú vznik ľadu týchto rozsadlín intenzívnym prievanom, ktorý vzniká v početných trhlinách spojujúcich rozsadliny s povrhom následkom rozdielu teplôt v podzemí a na povrchu. Takto rýchle odparovanie atmosferickej vody odníma stenám dutín teplo a vytvára na nich ľadové povlaky. Podmienkou úspešného zaľadnenia podzemných priestorov je teda dostatok vody nazhradennej v skalnom masíve cez zimné a jarné obdobie a nasledujúce horúce leto. Správnosť tohto názoru Koláček dokladá faktom, že najväčšie zaľadenie v 19. storočí bolo v týchto priaznivých rokoch: 1857, 1858, 1860, 1862, 1876, 1879, 1880 a 1881.

Z uvedeného vyplýva, že týmto rozsadlinám venovali bádatelia pozornosť už v minulom storočí. Hoci názov Eisleiten nachádza sa už v tereziánskom katastri z roku 1765, prvé písomné správy o jaskyniach podáva R. Volný roku 1837. Od stavby serpentíny hradskej Čížov — Vranov v rokoch 1858 — 1859, keď bola časť jaskyň stavebnou úpravou priamo zasiahnutá a pravdepodobne tým aj narušená mikroklima a k niektorým rozsadlinám dokonca upravený aj príchod, venovalo tomuto úkazu pozornosť viac autorov, z nich Roth roku 1860 a Filkov roku 1893 denne tu robili meteorologické pozorovanie. Novšie jaskyne spracoval F. Koláček (1922), J. Koutecký (1934) a kompilačne staršie údaje spracoval J. Skutil (1950).

Paľadová pseudokrasová rozсадlina menších rozmerov sa opisuje z Bukovej hory (684 m n. m.) v Českom stredohorí, cca 5,5 km východne od Malého Března na katastrálnom území obce Příbram, na severozápadnom úbočí vrchu v nadmorskej výške cca 660 m. Ide opäť o puklinovitú rozsadlinu maximálne 1 m širokú, niekoľko metrov hlbkú a cca 7 m dlhú. Vznikla v nevysokej skalnej stene v sodalitickom tefride, podľa J. Hirschha malým zosuvom pôdy na juhovzápadnom úbočí vrchu, ktorý spôsobil rozvorenie existujúcich trhliín v masíve. Jaskyňu vyplňuje podlahový ľad na dne zo sutiny a humusu a ľadová kôra na stenách. Na rozdiel od J. Hirschha (1911) a A. Pleischla (1837), ktorí jaskyňu označili ako dynamickú, nezistil J. Mareš roku 1955 i pri zaľadení rozsadliny nijaký prieval a jaskyňu opísal ako statickú a typickú vakovitú morfológiu. Tento názor podporuje skutočnosť, že od augusta či septembra už ľad v jaskyni neexistuje.

Správy o tejto jaskyni sú tak isto starého dátia; názory na jej genézu a funkciu sa v literatúre zjavujú už roku 1833.

Celkom osobitnými javmi súvisiacimi trocha s opisanými pseudokrasovými javmi sú ľadové a firnové výplne sutinových polí a najmä tzv. ľadové jamy v Českom stredohorí. Tieto javy niektorí autori označujú ako „sutinové ľadové rozsadliny (služe)“.

Konkrétnie ide najmä o výskyty na vrchu Plešivec (511 m n. m.) cca 5 km severozápadne od Litoměřic v katastri obce Kamýk. Ľadové jamy predstavujú vyhlbeniny a rozsadliny v čadičových blokoch rozsiahleho sutinového poľa na západnom svahu vrchu. Sutinové pole je v podstate triedeným osypovým kužeľom čadičového vrcholku kopca zosúvajúcim sa až cez oligocénne a kriedové sedimenty na jeho úpätí. Značné množstvo ľadových jám je v najhrubšom sutinovom materiáli medzi blokmi s rozmermi až $1 \times 1 \times 2$ m v samej päte sutinového poľa, v nápadnom terénnom stupni v nadmorskej výške cca 460 m. Jamy sú 1 — 1,5 m hlboké a ich priemer je 0,75 — 1,5 m. V dutinách sa až do neškorých letných mesiacov vyskytuje ľad a firn.

Väčšina autorov sa domnieva, že jamy sú umele vyhlbené za účelom hľadania ľadu, ktorého miestami pri odoberaní sutiny pribúda, alebo ako prirodzená chladnička vína.

V jamách sa vyskytuje vzácna chladnomilná vegetácia, napr. glaciálny relikt horská pečeňovka (*Lophozia Floorkoi*).

Problematiku tejto lokality študoval celý rad autorov už od roku 1834 (napr. A. Pleischl, 1841, J. Hirsch, 1913, J. Mareš, 1959). Najstaršie zmienky o lokalite pochádzajú však už zo 16. a 17. storocia, určitejšia správa F. M. Vogta je z roku 1712.

Vznik ľadu v sutinovom poli starší autori Pleischl a Hirsch vysvetľujú podobne ako vznik ľadu paľadovej jaskyne na Bukovej hore, t. j. letným prúdením vzduchu v dutinách sutiny, odparovaním atmosferickej vody a tým prudkým ochladzovaním materiálu sutiny.

Na základe starších i nových pozorovaní však J. Mareš roku 1959 vysvetluje vznik ľadu v zimnom období procesom, aký nastáva v statických ľadových jaskyniach. Celý sutinový masív pokladá za ohromný vak klesajúceho profilu, obsahujúci množstvo voľných dutín medzi blokmi sutiny, ktoré v hornej časti sutinového poľa majú spojenie s vonkajškom, v dolnej časti sú upchaté vegetáciou a zvetralinou. Ľad sa teda tvorí v zimnom období a pokiaľ stačí prechladenie sutiny aj v období jarnom; po ohriatí vnútrajška sutiny nad bod mrazu (spravidla v máji — júni) ľad potom degeneruje a topí sa.

Podobné paľadové úkazy, avšak v oveľa menšej miere, sa vyskytujú aj na iných miestach Českého stredohoria a jeho okolia, napr. v katastri obce Brná nad Labem na západnom úbočí vrchu Čertova jizba (557 m n. m.), na vrchu Panna (593 m n. m.) cca 15 km severovýchodne od Litoměřic a na severozápadnom úbočí Steinbergu (586 m n. m.) pri Merbolticiach cca 15 km západne od Českej Lípy.

Ochrannu ľadových a paľadových krasových a pseudokrasových fenoménov zabezpečujú podľa ich priameho prírovodenej významu či vlastivednej dôležitosti orgány štátnej ochrany prírody podľa zákona 40/1956 o štátnej ochrane prírody. Podľa tohto zákona sa zriaďujú chránené územia niekoľkých kategórií. Najvýznamnejšia česká ľadová jaskyňa Naděje pri Cvikove je od roku 1966 prísne chránená ako „chránený prírodný výtvor“, ľadová jaskyňa v Holštejnskom údolí je súčasťou rozsiahlej „chránenej krajinnej oblasti Moravský kras“, Chýnovská jaskyňa pri Tábore je „štátnej prírodnou rezerváciou“, opisované lokality na území

Českého krasu sú súčasťou „štátnych prírodných rezervácií Karlštejn a Koda“, jaskyňa Basa pri Liberci sa nachádza na chránenej „studijnej ploche Ještěd“, ľadová jaskyňa na Bukovej hore a ľadové jamy na Plešivci sú súčasťou „štátnych prírodných rezervácií“.

Okrem legislatívnej ochrany týchto objektov je nevyhnutné zabezpečovať ich praktickú ochranu pred nepriaznivými vplyvmi na funkciu ľadových jaskýň, prípadne organizovať aj záchranné práce na ich zachovanie.

Najväčšou záchrannou akciou v Čechách bol v roku 1958 — 1959 zásah Libereckej pobočky Krasovej sekcie Praha v ľadovej jaskyni Naděje pri Cvikove, kde bolo nevyhnutné urýchlene napraviť škody spôsobené kladením ohňov v jaskyni, dobývaním ľadu pre potreby miestneho obyvateľstva a činnosťou samozvaných bádateľov, ktorí v snahe objavili v jaskyni a jej okolí ďalšie podzemné dutiny uvoľnili rad pieduchov v skalnom masíve a sutine, čím vážne narušili statickú ľadovú mikroklimu jaskyne. Pri záchranných práciach, ktoré viedol O. Lhotský, sa zistené prievanové trhliny starostlivo utesnili prírodným materiálom, najčastejšie kamennou rovninanou, až do úplnej likvidácie prievanov. Prirodzený vegetačný machový kryt na povrchu s vyplaveným už humusom nebolo však možno reálne nahradíť. Napriek tomu sa týmto zásahom a dôkladným zabezpečením jaskyne pred nepovolanými návštěvníkmi umožnil návrat pôvodnej mikroklimy tejto jedinej ľadovej jaskyne v Čechách.

Záverom považujem za nevyhnutné znova zdôrazniť požiadavku, aby sa problematike ľadových a paľadových rozsadiľ venovala väčšia pozornosť pri speleologických prieskumových a výskumných práciach najmä v horských oblastiach Českého masívu, kde na genézu významných ľadových jaskýň možno predpokladať najvhodnejšie podmienky.

DIE EISHÖHLEN UND PSEUDOEISHÖHLEN IN DER
TSCHECHISCHEN SOZIALISTISCHEN REPUBLIK
UND IHR SCHUTZ

JAROSLAV HROMAS

Auf Grund der bisherigen Forschungen kann festgestellt werden, daß im Böhmischem Massiv (Český masív) keine bedeutenderen Eishöhlen bekannt sind, die man mit den europäischen Karstphänomenen vergleichen könnte, zu denen beispielsweise auch die slowakischen Eishöhlen zu zählen sind.

Diese Tatsache läßt sich unter anderem auch durch das Fehlen geeigneter Vorbedingungen ihrer Entstehung sowie durch die abweichenden geographischen und klimatischen Verhältnisse erklären.

Die eisführenden Karsthöhlen im Böhmischem Massiv haben nur den Charakter von Klüften und Rissen im Gestein, in denen sich während der feuchten und kalten Monate Eis oder Firn ansammelt, der bis zum Frühjahr oder sogar bis zum Sommer aushält. Es handelt sich in der Regel nur um lokale Erscheinungen in manchen Teilen größerer Höhlenkomplexe, z. B. in der Höhle Chýnovská jaskyňa bei Tábor, wo man im sog. Blátivá-Gang, durch den ein unterirdischer Bach fließt, im Jahre 1970 Eisstalaktiten und Eisstalagmiten bis zum Ende des Monats Mai beobachten konnte, oder um sehr kleine Höhlen, die vom Außenklima beeinflußt werden, z. B. die Höhle Krápníková jaskyňa auf dem Berg Chlum bei Srbsko, die Höhle Koda u. a. Hier bildet sich Eis in den unterirdischen Räumen, die einige Meter unter der Erdoberfläche liegen. Dies geschieht besonders bevor der Winter zu Ende geht, wenn die tägliche Erwärmung der Schneedecke über der Höhle mit Nachtfrösten abwechselt. Obendrein liegen die erwähnten Höhlen in einer geringen Meereshöhe, die Chýnovská-Höhle 530 m ü. d. M., die Höhlen des Böhmisches Karstes (Český kras) nur 300 — 350 m ü. d. M.

Eine etwas günstigere Lage hat die Pseudokarsthöhle Basa auf dem südöstlichen Abhang des Berges Ještěd bei Liberec, die eigentlich ein künstlich aufgedeckter, offener tektonischer Riß ist, an dessen Wänden schwache Eisüberzüge bis in die Sommermonate hinein erhalten bleiben.

Für die bedeutendste der Pseudokarsthöhlen im Böhmischem Massiv kann man die Höhle Moravská ľadová jaskyňa im Mährischen Karst (Moravský kras) halten. Sie liegt in den Devonkalksteinen am Fuß der Abschlußstufe des Tales Holštejnské údolie und hat den Charakter eines Randpolje. Sie besteht aus en-

gen, etwa 50 m langen Räumen, in denen das Eis in der Gestalt von Stalagmiten und Eisüberzügen vorkommt, die bei der Wasserüberflutung schmelzen.

Mit Rücksicht darauf, daß es eine Reihe von Karsthöhlen in klimatischen Verhältnissen gibt, die für die Bildung von Höhleneis viel günstiger sind, z. B. in den Karstgebieten des Isergebirges (Jizerské hory), des Riesengebirges (Krkonoše) und des Mährisch-schlesischen Gesenkes (Jeseníky), kann vorausgesetzt werden, daß man in diesen Gebieten Karsteishöhlen von größerer Bedeutung entdecken wird.

Im Hinblick auf die Forschung, wichtiger sind die Eis- und Pseudoeisphänomene, die heute aus den Pseudokarsthöhlen im Böhmischem Massiv bekannt sind. Obwohl die überwiegende Mehrheit der Pseudokarsthöhlen in den Gebieten der Kreidesandsteine des Böhmisches Paradieses (Český raj), der Adersbacher Felsen (Adršpašsko-teplické skaly) sowie im Děčíner und Kokoříner Gebiet liegen, bieten die viel selteneren Pseudokarsthöhlen in Eruptivgesteinen oder in metamorphyierten Eruptivgesteinen günstigere Bedingungen für die Entstehung von Eis- und Pseudoeisklüften.

Als einzige Pseudokarst-Eishöhle im wahren Sinne des Wortes bezeichnen die meisten Forscher nur die Eishöhle Náděje, auch Cvíkovská- oder Krompašská-Höhle genannt. Sie liegt im Lausitzer Gebirge (Lužické hory) im Kreis Nový Bor, nördlich von der Ortschaft Trávníky auf dem Nordabhang des Berges Suchý vrch (648 m ü. d. M.) in einer Höhe von etwa 580 m ü. d. M. Die Höhle entstand in massivem Phonolith an einer Kreuzung dreier offener Klüfte. Ihre Decke baut sich aus großen Phonolithblöcken auf, die wie ein Steinmeer einen großen Teil des nördlichen Bergabhangs bedecken. Der Eingang zur Höhle stellt nur eine unbedeutende Öffnung zwischen diesen Felsen dar. Der unterirdische Raum ist 2 – 3 m breit, 25 m lang und stellenweise bis zu 7 m hoch. Er entstand infolge einer Abweichung der Klingsteinscholle entlang der erwähnten Risse. Die Eisfüllung der Höhle besteht aus einer beträchtlichen Schicht Bodeneis und aus dem Eisschmuck der Wände mit 2 – 3 m langen, oft mehrere Dezimeter dicken Eisstalaktiten, aus Eisvorhängen und Draperien sowie aus einer Rauhreifsschicht an den Wänden.

Das Mikroklima der Höhle ist charakteristisch für statische Höhlen. Es ist bedingt durch die entsprechenden Parameter des unterirdischen Hohlraums, besonders durch seine Höhe über dem Meer, seine nördliche Exposition, durch das niederschlagsreiche Klima des Lausitzer Gebirges und durch den verhältnismäßig zusammenhängenden Waldbestand. Obwohl ein Teil des Eises in den Sommermonaten wegtaut, bleibt besonders das Bodeneis das ganze Jahr über erhalten. Diese Eishöhle ist schon viele Jahre bekannt und eine ganze Reihe von Autoren widmete ihr seine Aufmerksamkeit, zuletzt war es O. Lhotský von der Karstsektion Prag, Zweigstelle Liberec.

Genetisch ähnlich beschaffen ist die Pseudokarst-Eishöhle Ladová jaskyňa pod Bezdězem. Sie liegt im Massiv des Berges Velký Bezděz in einem Felseinschnitt in der Höhe des Sattels zwischen den Bergen Velký und Malý Bezděz. Abermals handelt es sich um ein System tektonischer Risse, die durch die Verschiebung einzelner Schollen des magmatischen Phonolithkörpers entstanden sind. Die Tiefe

dieser Spalthöhle erreicht 10 m. Die Eisfüllung besteht aus Bodeneis, das selbst im Sommer nicht schmilzt, sowie aus Eisstalaktiten und Eisstalagmiten, die vom Winter bis in die Sommermonate hinein dauern. Diese Höhle ist erst seit 1967 bekannt; orientierungsmäßig wurde sie von F. Skřivánek erforscht, eine eingehende Erforschung steht noch aus.

Von den meisten Autoren werden auch die wohl am längsten bekannten und beobachteten Höhlen mit Eisgebilden im Tal der Thaya bei Vranov nad Dyjou als Pseudoeis- und Pseudokarstschluchten klassifiziert. Auf dem südwestlichen Ausläufer des Berges Mlynský vrch, südöstlich von der Ortschaft Vranov nad Dyjou, in der Lokalität, die von alten Autoren „Eisleiten“ genannt wurde, befinden sich in einer Höhe von etwa 400 m ü. d. M. acht Klüfte. Sieben davon liegen im nördlichen, steileren Abhang, die achte auf dem flacheren Südabhang des Berges. Die Klüfte sind ebenfalls tektonische Risse in Bítešer Orthogneis; sie entstanden entlang der Risse und der teilweise eingeschobenen Felsblöcke und Gesteinstrümmer. J. Kouteck wies 1934 darauf hin, daß der Sturz- und Verschiebungsprozeß unablässig forschreitet und daß es sich hier um eine typische Lokalität periodischen Stürzens handelt. Die Länge der Höhlen beträgt von einigen Metern bis zu 20 m, die Querschnitte ihrer Portale haben eine Fläche von 1 bis 30 m².

Die Eismasse in diesen Klüften verändert sich. In ihrer über 100 Jahre langen Geschichte wurde ein unregelmäßiger Wechsel von Vereisungs- und eisfreien Perioden verzeichnet. Dies kann man damit erklären, daß die Eisbildung nicht nur von den klimatischen Bedingungen des betreffenden Jahres unmittelbar abhängig ist, sondern auch vom ununterbrochen verlaufenden Bewegungsprozeß der Gesteine, der die innere Situation in den einzelnen Hohlräumen unablässig verändert.

F. Koláček und andere Autoren erklären die Eisbildung in diesen Klüften als Auswirkung der intensiven Zugluft, die infolge der Temperaturunterschiede zwischen den unterirdischen Räumen und der Erdoberfläche in den zahlreichen Rissen entsteht, die die Klüfte mit der Erdoberfläche verbinden. Auf diese Weise entzieht die rasche Verdampfung des atmosphärischen Wassers den Wänden der Hohlräume viel Wärme und bildet an ihnen Eisüberzüge. Die Vorbedingung einer erfolgreichen Vereisung unterirdischer Räume ist also das Vorhandensein einer ausreichenden Wassermenge, die sich während der Wintermonate im Felssubstrat ansammelt, und ein darauffolgender heißer Sommer. Die Richtigkeit dieser Ansicht belegt Koláček mit der Tatsache, daß die größte Vereisung im Laufe des 19. Jahrhunderts in folgenden günstigen Jahren zu beobachten war: 1857, 1858, 1860, 1862, 1876, 1879, 1880 und 1881.

Aus dem Angeführten ist ersichtlich, daß die Forscher diese Klüfte schon im vorigen Jahrhundert aufmerksam beobachteten. Obwohl die Bezeichnung „Eisleiten“ schon im Theresianischen Kataster aus dem Jahre 1765 auftaucht, stammen die ersten schriftlichen Berichte über diese Höhlen von R. Volný erst aus dem Jahre 1837. Beim Bau einer Serpentine der Landstraße Čížov — Vranov in den Jahren 1858 — 1859 wurde ein Teil dieser Höhlen von den Bauarbeiten direkt betroffen. Zu manchen Klüften wurde sogar ein Zugang geschaffen, was wahr-

scheinlich eine Störung ihres Mikroklimas zur Folge hatte. Seither widmeten mehrere Autoren dieser Erscheinung ihre Aufmerksamkeit. So führten beispielsweise Roth im Jahre 1860 und Filko im Jahre 1893 täglich meteorologische Beobachtungen durch. Neuestens bearbeiteten F. Koláček (1922) und J. Koutek (1934) dieses Problem; ältere Angaben wurden von J. Skutil (1950) als Komplilation zusammengestellt.

Eine Pseudoeis- und Pseudokarstkluft von geringeren Ausmaßen wird auf dem Berg Buková hora (684 m ü. d. M.) im Böhmischem Mittelgebirge (České středohoří) beschrieben. Sie liegt etwa 5,5 km östlich vom Berg Malý Březen im Katastralgebiet der Gemeinde Příbram auf dem nordwestlichen Abhang des Berges in einer Höhe von etwa 660 m ü. d. M. Es handelt sich abermals um eine spaltenförmige Kluft, die höchstens einen Meter breit, einige Meter tief und etwa 7 Meter lang ist. Sie entstand in einer nicht allzu hohen Felsenwand in sodalithischem Tephrit, nach J. Hirsch durch einen kleinen Erdrutsch am Südwesthang des Berges, der ein Öffnen der im Massiv bereits bestehenden Risse verursachte. Die Höhle wird von Bodeneis ausgefüllt, das auf einer Schicht von Schutt und Humus liegt, ihre Wände sind von einer Eisrinde bedeckt. Im Gegensatz zu J. Hirsch (1911) und A. Pleischl (1837), die diese Höhle als dynamisch bezeichneten, konnte J. Mareš im Jahre 1955 trotz der Vereisung der Kluft keine Zugluft feststellen; er beschreibt die Höhle als statische und typisch sackförmige Morphologie. Diese Ansicht stützt sich auf die Tatsache, daß es vom August oder September angefangen in der Höhle kein Eis mehr gibt.

Die ersten Berichte über diese Höhle sind ebenfalls sehr alten Datums; Ansichten über ihre Genese und Funktion tauchen in der Literatur schon seit 1833 auf.

Ganz besondere Erscheinungen, die nur zum Teil mit den beschriebenen Pseudokarstphänomenen zusammenhängen, sind die Eis- und Firnfüllungen der Vertiefungen in Schuttfeldern, vor allem die sog. Eisgruben im Böhmischem Mittelgebirge. Diese Erscheinungen werden von manchen Autoren mit dem Ausdruck „Schutteisklüfte“ oder „Schutteisschluchten“ bezeichnet.

Konkret gesagt handelt es sich um die Klüfte auf dem Berg Plešivec (511 m ü. d. M.), etwa 5 km nordwestlich von Litoměřice im Kataster der Gemeinde Kamýk. Diese Eisgruben stellen Vertiefungen und Klüfte in den Basaltblöcken eines ausgedehnten Schuttfeldes dar, das sich über den Westabhang des Berges erstreckt. Die Felstrümmer sind im wesentlichen ein sortierter Schuttkegel des Basaltgipfels des genannten Berges, wobei der Schutt bis über die Oligozän- und Kreidesedimente am Fuß des Berges heruntergerollt ist. Eine große Anzahl dieser Eisgruben befindet sich im größten Schutt, zwischen Blöcken, deren Größe bis zu $1 \times 1 \times 2$ m beträgt; und zwar ganz unten am Fuß des Trümmerfeldes, auf einer auffälligen Terrainstufe in einer Höhe von 460 m ü. d. M. Die Gruben sind 1 — 1,5 m tief, ihr Querschnitt beträgt 0,75 bis 1,5 m². In diesen Hohlräumen hält sich das Eis und der Firn bis in die späten Sommermonate.

Die meisten Autoren nehmen an, daß diese Gruben künstlich ausgehoben wurden, als man nach Eis suchte, das stellenweise nach dem Entfernen des Schuttet zunimmt. Vielleicht dienten sie auch als natürlicher Kühlraum für

Wein. In den Gruben wächst eine seltene kälteliebende Vegetation, z. B. die Gebirgsleberblume (*Lophosia Floorkoi*), ein Eiszeitrelikt.

Die Problematik dieser Lokalität studierte eine ganze Reihe von Autoren schon seit dem Jahr 1834, z. B. A. Pleischl 1841, J. Hirsch 1913, J. Mareš 1959. Die ältesten Angaben über diese Örtlichkeit stammen aus dem 16. bis 17. Jahrhundert, der erste genauere Bericht von F. M. Vogt ist aus dem Jahre 1712.

Die Entstehung des Eises in diesem Schuttfeld erklärten die älteren Autoren Pleischl und Hirsch ähnlich wie die Bildung des Eises in der Pseudoeishöhle auf dem Berg Buková hora, d. h. durch die sommerlichen Luftströmungen in den Hohlräumen des Schuttetts, durch das schnelle Verdampfen des atmosphärischen Wassers und durch die darauffolgende heftige Abkühlung des Gesteins.

Auf Grund älterer und neuerer Beobachtungen erklärte jedoch J. Mareš im Jahre 1959 die Entstehung des Eises zur Winterszeit durch einen ähnlichen Prozeß, wie er in statischen Eishöhlen stattfindet. Er hält das gesamte Schuttmassiv für einen ungeheuren Sack mit einem absinkenden Profil. Dieser Sack umfaßt eine Menge Hohlräume zwischen den Schuttblöcken. Im oberen Teil des Schuttfeldes haben diese Hohlräume eine Verbindung mit der Oberwelt, im unteren Teil sind sie durch die Vegetation und durch Verwitterungsgestein verstopft. Das Eis bildet sich also zur Winterszeit und — soweit es die Abkühlung des Schuttetts zuläßt — auch im Frühling. Wenn sich das Innere der Schuttmasse über den Gefrierpunkt erwärmt, was in der Regel im Mai oder Juni eintritt, beginnt das Eis zu degenerieren und schmilzt.

Ähnliche Pseudoeisphänomene, aber in weit geringerem Maßstab, kommen auch an anderen Orten des böhmischen Mittelgebirges und in seiner Umgebung vor, z. B. im Kataster der Gemeinde Brná nad Labem auf dem westlichen Abhang des Berges Čertova jizba (557 m ü. d. M.), auf dem Berg Panna (593 m ü. d. M.) etwa 15 km nordöstlich von Litoměřice und auf dem nordwestlichen Abhang des Steinberges (586 m ü. d. M.) bei der Ortschaft Merboltice, etwa 15 km westlich von Česká Lípa.

Der Schutz der Eis- und Pseudoeis- sowie der Karst- und Pseudokarstphänomene obliegt je nach ihrer unmittelbaren naturwissenschaftlichen Bedeutung oder ihrer heimatkundlichen Wichtigkeit den Organen des staatlichen Naturschutzes im Sinne des Gesetzes Nr. 40/1956 über den Naturschutz. Nach diesem Gesetz werden Schutzgebiete verschiedener Kategorien eingerichtet. Die bedeutendste tschechische Eishöhle Náděje bei Cvikov ist seit dem Jahr 1966 streng geschützt und wurde zu einem „geschützten Naturgebilde“ erklärt. Die Eishöhle im Tal Holštejnské údolí ist ein Teil der ausgedehnten „geschützten Landschaftsregion Moravský kras“, die Höhle Chýnovská jaskyňa bei Tábor wurde zu einer „staatlichen Naturreservierung“ erklärt. Die oben beschriebenen Lokalitäten im Bereich des tschechischen Karstes (Český kras) gehören zu den „staatlichen Naturreservierungen Karlštejn und Koda“, die Höhle Basa bei Liberec liegt im „geschützten Studienareal Ještěd“, die Höhle auf dem Berg Buková hora und die Eisgruben auf dem Berg Plešivec sind ein Teil der betreffenden „staatlichen Naturreservierungen“.

Neben dem legislativen Schutz dieser Objekte müssen auch praktische Schutz-

maßnahmen getroffen werden, um ungünstige Einflüsse zu unterbinden, die die Funktion der Eishöhlen beeinträchtigen könnten. Von Fall zu Fall müssen auch Rettungsaktionen zu ihrer Erhaltung organisiert werden.

Die größte derartige Rettungsaktion in Böhmen war der in den Jahren 1958 – 1959 erfolgte Eingriff der Karstsektion Prag, Zweigstelle Liberec, in der Eishöhle Náděje bei Cvikov. Hier mußten auf schnellstem Wege Schäden behoben werden, die durch das Anlegen von Feuern in der Höhle verursacht worden waren, sowie durch den Abbau des Höhleneises für den Bedarf der örtlichen Bevölkerung und durch die Tätigkeit unberufener Höhlenforscher. Die Letzteren hatten bei ihren Versuchen, in der Höhle und in ihrer Umgebung weitere unterirdische Hohlräume zu entdecken, im Felsenmassiv und im Schutt eine Reihe von Luftlöchern freigelegt, wodurch das statische Mikroklima der Eishöhle ernstlich gefährdet wurde. Bei den Rettungsarbeiten, die von O. Lhotský geleitet wurden, dichtete man die festgestellten Zugluftisse mit natürlichem Material (meist durch ein mörtelloses Steinplaster) sorgfältig ab, bis die Zugluft vollständig liquidiert war. Die natürliche vegetative Moosdecke an der Oberfläche der Höhle und der ausgeschwemmte Humus konnte leider nicht mehr ersetzt werden. Trotzdem wurde durch diesen rettenden Eingriff sowie durch die gründliche Sicherung der Höhle vor unberufenen Besuchern eine Rückkehr des ursprünglichen Mikroklimas in diese einzige wirkliche Eishöhle Böhmens ermöglicht.

Abschließend hält es der Autor für notwendig, aufs neue die Forderung zu betonen, daß man der Problematik der Eis- und Pseudoeisklüfte bei speläologischen Erkundungen und Forschungen mehr Aufmerksamkeit schenken sollte, besonders in den gebirgigen Gebieten des Böhmischen Massivs, wo man günstige Bedingungen für die Genese bedeutenderer Eishöhlen voraussetzen kann.

TEKTOGENÉZA KRAZOVÝCH ÚTVAROV V ZÁPADNÝCH KARPATOCH TEKTOGENÉZA ĽADOVÝCH JASKÝŇ NA SLOVENSKU

DUŠAN KUBINY

ÚVOD

Podmienky rozvoja krasových fenoménov majú v pohoriach Západných Karpát veľmi hlbokú a dávnu geologickú história. Všeobecne pri opisovaní vývoja krasu autori vychádzajú zo základných geologických a geomorfologických jednotiek, charakteru reliéfu, hydrologických a klimatických pomerov. Zhodnotením, či analýzou charakteru krasového fenoménu podľa uvedených kritérií určuje sa potom typologická klasifikácia krasu.

V tomto príspevku pokúsim sa načerpnúť hlbšiu geotektonickú analýzu pôvodu hlavných jednotiek Západných Karpát so zameraním na jednotky s krasovým fenoménom.

V Západných Karpatoch sa najvýraznejšie krasové fenomény vyvinuli v mezozoických útvaroch, i keď poznáme krasové formy v devónskych a karbónskych vápencoch a magnezitoch a v treťohorných útvaroch (vápence, vulkanity, soľné vrstvy a pod.).

Na pochopenie geotektonickej pozície mezozoických jednotiek je nevyhnutné zrekapitulovať geotektonický vývoj celej horskej sústavy na Slovensku.

Najstaršie dejiny vývoja západokarpatskej horskej sústavy sú dodnes nie celkom objasnené. Konkrétnejšie údaje máme až zo staršieho paleozoika. Za najstaršie útvary sa považujú kryštalické bridlice jadier niektorých našich pohorí, ako sú Nízke Tatry, vaporidné pohoria v oblasti Hrona, Gemera, Slubice a Čiernej hory, ďalej Malej Magury, Inovca a Malých Karpát.

Z uvedeného dôvodu aj najstaršie vrásnivé fázy sú v regióne Západných Karpát problematické. Možno, že prakarpatské útvary vôbec nepoznáme, že neboli odkryté, alebo že boli asimilované rozsiahlym granitoidným magmatizmom.

Paleozoické útvary sú v Západných Karpatoch faktologicky dokázané a tvoria rozsiahle plochy epizonálne až katazonálne metamorfovaného kryštalinika niektorých jaderných pohorí, ako sú Malé Karpaty, vaporidné zóny a rozsiahle Spišsko-gemerské rудohorie. Útvary poslednej jednotky predstavujú však v Západných Karpatoch cudzí geotektonický element, ktorý bol zložitými tektonickými pohybmi

závislými od pohybu kontinentov prevrásnený do dnešnej jeho pozície. Vrásnivé fázy už v prvohornej dobe dali vznik veľkorysému plánu mohutných zlomov v zemskej kôre. Tomuto plánu sa značne prispôsobili rozsiahle intrúzie v celku granitoidných magmatických batolitov, ktoré v rozpätí prvohornej doby prenikali do existujúcich geologických útvarov s náznamom určitého smerného prieniku z hlbok od severu na juh alebo vertikálne. Granitoidné intrúzie prenikali do existujúceho geologického prostredia počas prvohôr aspoň v 5 etapách, ktoré sprevádzali tektonické pohyby starovariských a mladovariských vrásnivých fáz.

Zásadný zásah do geomorfologického obrazu Západných Karpát znamenali mladovariské tektonické pohyby, ale najmä saalská fáza vrásnenia, ktoré rozblokovali prvohorné Západné Karpaty na celú mozaiku regionálnych blokov, ktoré miestami mali dosť rozsiahlu horizontálnu pohybovú tendenciu presunu. Tým sa oživila magmatická činnosť a miestami vznikli mohutné deltovité usadeniny verukána.

Druhohorná morská transgresia prenikla do značne členitého povrchu tejto časti zemskej kôry, o čom svedčia mnohé kordilierovité útvary, viazané na určité pohoria. K juhu boli podmienky sedimentácie pokojnejšie a už v tomto momente mohli vidieť prvý náznak, či zrod budúcich útvarov dnešných jaskynných systémov.

Koniec druhohornej doby znamenal azda najmarkantnejšiu premenu v histórii Karpát. Zložité tektonometamorfné procesy podložia druhohorných útvarov, ktoré boli podmienené oživenou aktivitou magmatických hlbok a tektonickou aktivitou kontinentov, zapríčinili gigantický posun mohutných mäs prevažne karbonatického charakteru s generálnym smerom od juhu na sever. Tento frontálny posun strižných príkrovov od juhu na sever predznamenal aj rozsiahle a odlišné tektonometamorfné zásahy na charaktere jednak podložených starých útvarov, ale aj na charaktere druhohorných útvarov. Čím väčšie masy príkrovov sa presúvali po útvaroch centrálnych a severných regiónov dnešných Karpát, tým hlbší odraz vznikol v deformácii namáhaných petrografických útvarov. Najextrémnejšie sa tieto tlaky prejavili na periférnych okrajoch zakarpatského oblúka v územniach tzv. bradlového pásma, kde podložné staré útvary sa prevažne redukovali a pohltili a mezozoické sa vztýčili a rozbili na regionálnu brekciu bradlového pásma.

Týmto gigantickým prejavom síl zeme nastalo určité vyrovnanie rovnováhy zemskej kôry. V starších treťohorách došlo súčasne k rozsiahlym transgresiám mora, no pri opäťovnom tektonickom oživení zemskej kôry už nedošlo k takým ďaleko-siahlym, horizontálnym pohybom. Vrásnivé sily zapríčinovali pohyby prevažne vertikálneho smeru a táto tendencia pohybov prešla aj do neogénnej epochy a štvrtohorné a dnešné pohyby majú opäť už len vertikálny smer a sústavne sa oslabujú s postupným chladnutím zemského vnútra.

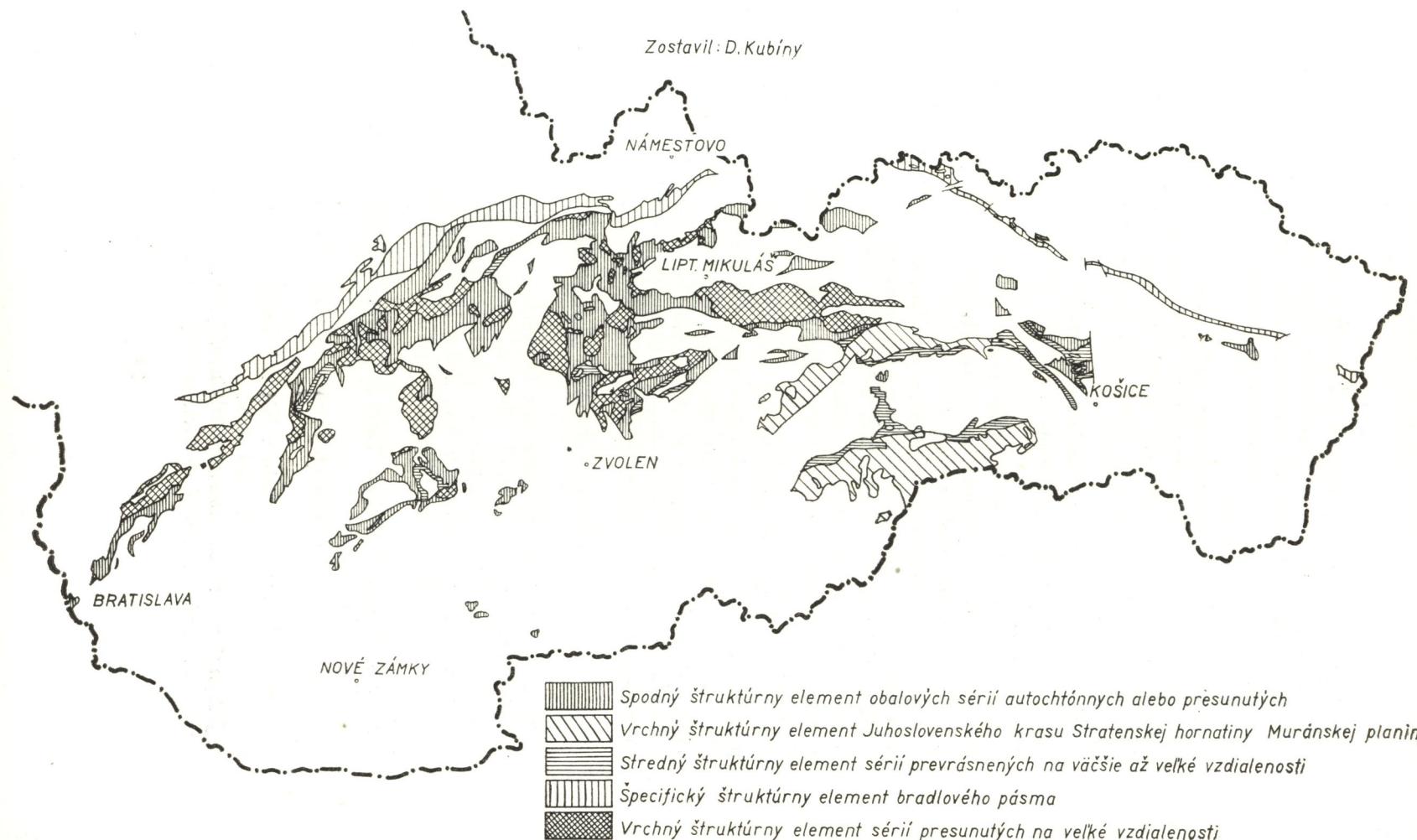
CHARAKTERISTIKA TEKTONICKÝCH JEDNOTIEK KRASOVÝCH ÚTVAROV

Uvedenými tektonickými procesmi kriedových vrásnivých fáz sa presunuli hlavne mezozoické útvary na rôznu vzdialenosť, až do 70 km od juhu na sever. Pri mezozoických sériách vznikli tieto hlavné tektonické štýly:

MAPA GEOTEKTONICKÝCH JEDNOTIEK KRAsovÝCH ÚZEMÍ NA SLOVENSKU

M = 1 : 1 000 000

Zostavil: D. Kubíny



1. Šupinovitý v malých formách rádove do 5 km.
2. Násunový v stredne veľkých formách rádove do 20 km.
3. Príkrovový v ďalekosiahlych formách rádove do 100 km.

Z hľadiska pochopenia tektogenézy krasových systémov určitého charakteru treba na Slovensku rozlišovať:

- a) Obalové série s autochtonným alebo paraautochtonným postavením. Horniny týchto sérií sú prevažne intenzívne metamorfované a rozpukané.
- b) Série presunuté na menšiu i väčšiu vzdialenosť. Ide najmä o série známe pod menom krížanský príkrov alebo séria. Aj tieto útvary bývajú značne metamorfované.
- c) Série s ďalekosiahlym charakterom príkrovového presunutia. Tu ide o tektonické jednotky známe pod pojmom chočský príkrov a príkrovov vyššie (nejednotné názvy).
- d) Série presunuté na menšie vzdialenosť, ale bez metamorfíných efektov a bez väčšieho tektonického postihu. Ide o série Muránskej plošiny, Stratenskej hornatiny a im zodpovedajúceho mezozoika.
- e) Série Slovenského krasu temer neprevrásnené a nepostihnuté skoro nijakými vonkajšími vplyvmi metamorfínymi a tektonickými.

Na mnohých územiach Slovenska určitá séria s obalovým postavením stáva sa smerom k severu násunovou až príkrovovou. Preto je nesprávne určovať presné schému jednotlivých sérií, lebo z tektogenetického hľadiska môžu mať veľmi rozdielne postavenie.

Postavenie druhohorných sérií, ako som ich naznačil, má veľký význam aj pre zhodnotenie krasových fenoménov v jednotlivých sériach, nie však v jednotlivých pohoriach. Ide teda o tektogenetické chápanie postavenia určitých krasových fenoménov a systémov v pohoriach Západných Karpát. Takéto hodnotenie a chápanie krasu má hlboký význam pre genetické vysvetlovanie krasového typu, vývoja krasových útvarov povrchových i podzemných.

TEKTogenéZA ĽADOVÝCH JASKÝŇ NA SLOVENSKU

Na Slovensku zatiaľ poznáme tieto ľadové jaskyne:

Silická ľadnica — 1200 m od Silice na Silickej planine vo výške 503 m. Dno prieplasti v hĺbke 79 m. Jaskyňa sa nachádza v sérii Slovenského krasu.

Dobšinská ľadová jaskyňa v Stratenskej hornatine v údolí Hnilca vo výške 970 m. Dno v hĺbke 80 m. Jaskyňa sa vytvorila v sérii severogemeridného mezozoika.

Priepast Ohnište v Nízkych Tatrách vo výške 1539 m, doteraz dostupná hlbka 125 m. Chočská séria.

Havrania priepast v Nízkych Tatrách vo výške 1508 m. Dno v hĺbke 20 — 40 m. Chočská séria.

Demänovská ľadová jaskyňa v Nízkych Tatrách nachádza sa vo výške 840 m. Dno v hĺbke 90 m. Krížanská séria.

Jaskynné útvary sú vrstevnatoto-trhlinovité a majú staticko-dynamický charakter. Priepasti sú komínovité — avénového typu a prevažne statické.

Z uvedeného prehľadu je jednoznačné, že ľadové akumulácie v jaskynných priestoroch sú v rôznych zemepisných šírkach, v rôznych nadmorských výškach a v rôznych geologických sériách. Z geotektonického hľadiska je dôležité to, že sa nachádzajú v sériách, či tektonických jednotkách ležiacich pokojne, bez výraznejšieho zvrásnenia a tektonického porušenia. Toto je základný predpoklad vytvorenia podmienok, či dispozícii pre vznik zaľadnenia jaskyne. V obalových sériách alebo sériach so značným metamorfjným alebo tektonickým postihnutím nemôžu sa vytvoriť podmienky na vznik jaskynného ľadovca a na jeho dotváranie. Tektonická porušenosť vápencov alebo iných karbonátov spôsobuje veľmi intenzívne prúdenie vzduchu podľa všeobecne platných zásad. Okrem toho povrchové i podzemné vody vo zvrásnených a porušených karbonatických horninách prenikajú oveľa intenzívnejšie cez horniny, čím ovplyvňujú mikroklimatické pomery v krase. (S týmto faktom môže súvisieť aj vhodnosť alebo nevhodnosť využívania jaskýň pre zdravotné alebo rôzne konzervačné účely.).

PERSPEKTÍVY VO VYHLADÁVANÍ ĽADOVÝCH JASKÝŇ

Z už uvedeného jednoznačne vyplýva, že zaľadnené jaskyne v Západných Karpatoch môžeme predpokladať na hociktorom území, kde sa nachádzajú vápencové vrstvy:

1. Vo väčších mocnostiach.
2. Bez výraznejšieho tektonického porušenia.
3. S pokojným, to znamená zhruba so subhorizontálnym uložením.
4. S nie príliš pestro rozčleneným reliéfom.

Za ľadové jaskyne nepovažujeme sezónne zaľadnené závrty, ústia rozšírených trhlín a iných tvarov v karbonatických i nekarbonatických útvaroch.

Ľadové jaskyne podmienené celoročnou mrazivou klímom, ako je to pri alpských vysokohorských ľadových jaskyniach, u nás nemáme.

Vcelku, ako z uvedeného vyplýva, ľadové jaskyne u nás môžeme predpokladať v sériach a územiach, v ktorých už poznáme ľadové jaskyne a priepasti, t. j. v Slovenskom kraze, Stratenskej hornatine, Muránskej planine, v areáloch, kde vystupuje chočský prikrov a príkrov vyššie s vápencovými vrstvami, a ojedinele v krížňanskej tektonickej jednotke, pokiaľ majú charakter uvedených dispozícii. Minimálny predpoklad objavenia ľadových jaskýň majú súrada obalové, t. j. autochtónne alebo paraautochtónne na sever od Slovenského krasu a súrada presunuté na menšiu až strednú vzdialenosť, ktoré sú metamorfované a tektonicky intenzívne rozbité.

Je len otázka času, kedy budú objavené ďalšie ľadové jaskyne a priepasti v uvedených tektonických jednotkách alebo sériách.

DIE TEKTOGENESE DER KARSTFORMATIONEN IN DEN
WESTLICHEN KARPATEN
DIE TEKTOGENESE DER EISHÖHLEN IN DER SLOWAKEI

DUŠAN KUBINY

EINLEITUNG

Die Bedingungen für die Entwicklung von Karstphänomenen haben in den Gebirgen der Westlichen Karpaten eine sehr lange geologische Geschichte. Bei der Beschreibung der Entwicklung des Karstes gehen die Autoren allgemein von den grundlegenden geologischen und geomorphologischen Einheiten, vom Charakter des Reliefs sowie von den hydrologischen und klimatischen Verhältnissen aus. Auf Grund der Auswertung oder einer Analyse des Charakters des Karstphänomens im Sinne der angeführten Kriterien wird dann die typologische Klassifikation des Karstes vorgenommen.

In diesem Beitrag will der Autor versuchen eine tiefere geotektonische Analyse des Ursprungs der Haupteinheiten der Westlichen Karpaten im Hinblick auf die Einheiten mit Karstphänomenen zu skizzieren.

In den Westlichen Karpaten haben sich die markantesten Karstphänomene in den mesozoischen Formationen entwickelt, wenn uns auch Karstformen in den Devon- und Karbonkalksteinen, in den Magnesiten und in den Tertiärformationen (Kalksteine, Vulkanite, Salzschichten u. ä.) bekannt sind.

Um die geotektonische Position der mesozoischen Einheiten begreifen zu können ist es unbedingt notwendig, die geotektonische Entwicklung des gesamten Gebirgssystems in der Slowakei zu rekapitulieren.

Die älteste Geschichte der Entwicklung des westkarpathischen Gebirgssystems ist bis heute noch nicht vollkommen geklärt. Konkrete Angaben haben wir erst aus dem älteren Paläozoikum. Man hält die kristallinen Schiefer, aus denen die Kerne mancher unserer Gebirge bestehen, wie z. B. der Kern der Niederen Tatra, der Veporggebirgszüge im Einzugsgebiet des Flusses Hron, des Gemergebietes, der Berge Slubica und Čierna hora, der Kleinen Magura, des Inovec und der Kleinen Karpaten für die ältesten Formationen in der Slowakei.

Aus den eben angeführten Gründen sind auch die ältesten Faltungsphasen in der Region der Westlichen Karpaten problematisch. Es ist möglich, daß wir die urkarpathischen Formationen überhaupt nicht kennen, daß sie nicht aufgedeckt oder

daß sie durch den ausgedehnten granitoiden Magmatismus assimiliert wurden.

Paläozoische Formationen wurden in den Westlichen Karpaten faktologisch nachgewiesen, sie bilden ausgedehnte Flächen des epizonalen bis katazonalen metamorphierten Kristallinikums mancher Kerngebirge, z. B. die Kleinen Karpaten, Veporzonen und das ausgedehnte Gebirge Spišskogemerské rudoohorie. Die Formationen der letztgenannten Einheit stellen jedoch in den Westlichen Karpaten ein fremdes geotektonisches Element dar, das durch komplizierte tektonische, von der Bewegung der Kontinente abhängige Vorgänge in seine heutige Position überfaltet wurde. Schon die Faltungsphasen im Paläozoikum ließen einen großzügigen Plan mächtiger Brüche in der Erdrinde entstehen. Diesem Plan paßten sich weitgehend auch ausgedehnte Intrusien aus vorwiegend granitoiden magmatischen Batholithen an. Sie drangen in der paläozoischen Epoche unter Andeutung eines bestimmten gerichteten Vordringens aus der Tiefe von Norden nach Süden oder auch vertikal in die existierenden geologischen Formationen ein. Diese granitoiden Intrusien drangen im Paläozoikum in mindestens fünf Etappen in das existierende geologische Milieu vor, wobei diese Etappen von tektonischen Bewegungen alt- und jungwarischer Faltungsphasen begleitet wurden.

Die jungwarischen tektonischen Bewegungen bedeuteten einen grundsätzlichen Eingriff in das geomorphologische Bild der Westlichen Karpaten, besonders aber in die Saale-Phase der Faltung, durch die die paläozoischen Westkarpaten in eine ganze Mosaik regionaler Blöcke aufgeteilt wurden. Diese Blöcke hatten stellenweise eine recht ausgeprägte horizontale Tendenz zur Verschiebung. Dadurch wurde die magmatische Tätigkeit belebt und es entstanden an manchen Orten mächtige, deltaförmige Veruccano-Sedimente.

Die mesozoische Meerestransgression drang in die stark gegliederte Oberfläche dieses Teiles der Erdrinde ein, wovon zahlreiche kordillerenartige Formationen zeugen, die an ein bestimmtes Gebirge gebunden sind. Nach Süden zu waren die Bedingungen der Sedimentation ruhiger und schon in diesem Moment müssen wir das erste Anzeichen der Entstehung künftiger Formationen der heutigen Höhlensysteme erblicken.

Das Ende der mesozoischen Epoche bedeutete den wohl markantesten Wandel in der geologischen Geschichte der Karpaten. Komplizierte tektonometamorphe Prozesse der Unterlage mesozoischer Formationen, die durch die auflebende Aktivität magmatischer Tiefen und durch die tektonische Aktivität der Kontinente bedingt waren, verursachte eine gigantische Verschiebung ungeheurer Massen vorwiegend karbonatischen Charakters in der allgemeinen Richtung von Süd nach Nord. Diese frontale Verschiebung der Schnittdecken von Süden nach Norden bedeutete auch umfangreiche tektonometamorphe Eingriffe so in den Charakter der alten Unterlageformationen, wie in den Charakter der aufliegenden mesozoischen Formationen. Je größere Deckenmassen sich auf den Formationen der zentralen und nördlichen Regionen der heutigen Karpaten verschoben, ein umso tieferer Reflex entstand in der Deformation der beanspruchten petrographischen Formationen. Am extremsten äußerte sich dieser Druck an den peripheren Rändern des transkarpathischen Bogens, in den Gebieten der sog. Überschiebungszone,

wo die alten Unterlageformationen zumeist reduziert und verschlungen wurden, während sich die mesozoischen Formationen erhoben und zur regionalen Brekzien der Überschiebungszone zerschlagen wurden.

Nach dieser gigantischen Kraftäußerung der Erde folgte ein gewisser Gleichgewichtszustand in der Erdrinde. Im älteren Tertiär kam es zwar zu ausgedehnten Transgressionen des Meeres, doch auch nach einem abermaligen tektonischen Aufleben der Erdrinde fanden keine so weitreichenden, horizontalen Bewegungen statt. Die Faltungskräfte verursachten Bewegungen in einer vorwiegend vertikalen Richtung und diese Tendenz der Bewegungen setzte sich auch in der neogeologen Epoche fort. Die quartären und heutigen Bewegungen verlaufen ebenfalls nur noch in einer vertikalen Richtung und werden mit der allmählichen Abkühlung des Erdinneren nach und nach schwächer.

CHARAKTERISTIK DER TEKTONISCHEN EINHEITEN DER KARSTFORMATIONEN

Durch die beschriebenen tektonischen Prozesse der Kreide-Faltungsphasen verschoben sich allmählich mesozoische Formationen in verschiedene Entfernungen, bis zu 70 km von Süden nach Norden. Bei den mesozoischen Serien entwickelten sich diese tektonischen Hauptstile:

1. Der schuppenförmige Stil in kleinen Formen von einer Größenordnung bis zu 5 km.
2. Der Aufschiebungsstil in mittelgroßen Formen von einer Größenordnung bis zu 20 km.
3. Der Deckenstil in weitreichenden Formen von einer Größenordnung bis zu 100 km.

Um die Tektogenese der Karstsysteme eines bestimmten Charakters zu begreifen, muß man in der Slowakei unterscheiden:

- a) Umhüllungsserien mit einer autochthonen oder paraautochthonen Stellung. Die Gesteine dieser Serien sind meist intensiv metamorphiert und zersprungen.
- b) Auf kleinere oder größere Entfernungen verschobene Serien. Es handelt sich besonders um die Serien, die unter der Bezeichnung Krížna-Decke oder Krížna-Serie bekannt sind. Auch diese Formationen pflegen erheblich metamorphiert zu sein.
- c) Serien mit einem weitreichend Deckenverschiebungscharakter. Hier handelt es sich um tektonische Einheiten, die unter dem Begriff Choč-Decke und höhere Decken (Bezeichnung uneinheitlich) bekannt sind.
- d) Auf kleinere Entfernungen verschobene Serien, jedoch ohne metamorphe Effekte und ohne größere tektonische Beeinflussung. Es handelt sich um die Serien des Muráň-Plateaus, des Berglandes von Stratená und die ihnen entsprechenden Mesozoika.
- e) Serien des Slowakischen Karstes, fast völlig undurchfaltet und von fast keinen äußeren metamorphen oder tektonischen Einflüssen betroffen.

In vielen Gebieten der Slowakei wird aus einer bestimmten Serie in der Position einer nach Norden gerichteten Umhüllung eine Aufschiebungs- bis deckenförmige Serie. Es ist deshalb nicht richtig das genaue Schema der einzelnen Se-

rien zu bestimmen, denn in tektogenetischer Hinsicht können sie eine sehr unterschiedliche Stellung einnehmen.

Wie bereits angedeutet wurde, hat die Stellung der mesozoischen Serien eine große Bedeutung für die Bewertung der Karstphänomene in den einzelnen Serien, jedoch nicht in den einzelnen Gebirgen. Es handelt sich also um die tektogenetische Auffassung der Stellung bestimmter Karstphänomene und Systeme in den Gebirgen der Westlichen Karpaten. Eine solche Wertung und Auffassung des Karstes hat eine tiefe Bedeutung für die genetische Erklärung des Karsttyps und für die Entwicklung der ober- und unterirdischen Karstformationen.

DIE TEKTOGENESE DER EISHÖHLEN IN DER SLOWAKEI

In der Slowakei sind bisher folgende Eishöhlen bekannt: Die Eisschlucht *Silická ľadnica*, 1200 m von der Ortschaft Silica entfernt, auf dem gleichnamigen Plateau in einer Höhe von 503 m. Die Sohle der Schlucht liegt in einer Tiefe von 79 m. Die Schlucht liegt in der Serie des Slowakischen Karstes (Slovenský kras).

Die Eishöhle *Dobšinská ľadová jaskyňa*, im Bergland von Stratená, im Tal des Flusses Hnilec, in einer Höhe von 970 m. Die Sohle der Höhle liegt in einer Tiefe von 80 m. Die Höhle entstand in der Serie des Nordgemerit-Mesozoikums.

Die Schlucht *Ohnište* in der Niederen Tatra, in einer Höhe von 1539 m, bisher erreichte Tiefe 125 m. Die Schlucht liegt in der Choč-Serie.

Die Schlucht *Havrancia priepast* in der Niederen Tatra, in einer Höhe von 1508 m. Die Sohle der Schlucht liegt in einer Tiefe von 20 — 40 m. Choč-Serie.

Die Eishöhle *Demänovská ľadová jaskyňa* in der Niederen Tatra in einer Höhe von 840 m. Die Sohle der Höhle liegt in einer Tiefe von 90 m. Krížna-Serie.

Die Höhlenformationen sind schichtartig und spaltenförmig, sie haben einen statisch-dynamischen Charakter. Die Schluchten sind kaminförmig, vom Aven-Typus und überwiegend statisch.

Aus der angeführten Übersicht geht eindeutig hervor, daß Eisansammlungen in Höhlerräumen in verschiedenen geographischen Breiten, in verschiedenen Meereshöhen und in verschiedenen geologischen Serien vorkommen. Vom geotektonischen Blickpunkt ist wichtig, daß sie in Serien oder in tektonischen Einheiten vorkommen, die ruhig liegen, ohne markantere Faltung und tektonische Störung sind. Das ist die grundsätzliche Voraussetzung für die Entstehung solcher Bedingungen oder Dispositionen, daß sich eine Vereisung herausbilden kann. In Umhüllungsserien oder in Serien mit einer bedeutenden metamorphen oder tektonischen Störung können sich keine Bedingungen für die Entstehung eines Eisgletschers und für sein Wachstum bilden. Die tektonische Beschädigung der Kalksteine und anderer Karbonate bewirkt eine sehr intensive Luftströmung nach allgemein gültigen Gesetzen. Außerdem dringen Oberflächen- und unterirdische Wässer in gefalteten und tektonisch gestörten Karbonatgesteinen viel intensiver durch das Gestein und beeinflussen dadurch die mikroklimatischen Verhältnisse im Karst. (Mit dieser Tatsache kann auch die Eignung oder Nichteignung der Höhlen für sanitäre und Konservierungszwecke zusammenhängen.)

PERSPEKTIVEN DER AUFFINDUNG VON EISHÖHLEN

Aus all dem, was die bisherigen Forschungen erbracht haben, wird deutlich, daß man vereiste Höhlen in jedem Gebiet der Westlichen Karpaten voraussetzen kann, in dem es Kalksteinschichten von folgender Beschaffenheit gibt:

1. In größerer Mächtigkeit,
2. Ohne markantere tektonische Störung,
3. Mit einer ruhigen, d. h. einer beiläufig subhorizontalen Lagerung,
4. Mit einem nicht allzu reichgegliederten Relief.

Zeitweilig vereiste Erdfälle, vereiste Mündungen erweiterter Gesteinsrisse und andere vereiste Gebilde in karbonatischen und nichtkarbonatischen Formationen halten wir nicht für Eishöhlen.

Eishöhlen, die durch ein ganzjähriges Frostklima bedingt sind, wie sie die Hochgebirgseishöhlen in den Alpen darstellen, gibt es in der Slowakei nicht.

Wie aus dem bisher Gesagten ersichtlich ist, kann man in der Slowakei Eishöhlen in solchen Serien und Gebieten voraussetzen, wo derartige Phänomene bereits bekannt sind, also im Slowakischen Karst (Slovenský kras), im Bergland von Stratená (Stratenská hornatina), auf dem Plateau von Muráň (Muránska planina) und in Gebieten, wo die Choč-Decke und höhere Decken mit Kalksteinschichten hervortreten; in vereinzelten Fällen aber auch in der tektonischen Einheit Krížna, soweit sie den Charakter der angeführten Dispositionen hat. Minimale Aussichten für die Entdeckung von Eishöhlen haben Umhüllungsserien, d. h. autochthone und paraautochthone Serien nördlich vom Slowakischen Karst, und Serien, die in eine kleinere bis mittlere Entfernung verschoben wurden, metamorphiert und tektonisch intensiv zerschlagen sind.

Es ist bloß eine Frage der Zeit, wann man in den angeführten tektonischen Einheiten oder Serien weitere Eishöhlen und Eisschluchten entdecken wird.

REFERÁT O VÝSKUME VERTIKÁLNYCH ĽADOVÝCH ÚTVAROV V SILICKÉJ ĽADNICI

ŠTEFAN RODA A LADISLAV RAJMAN

Počas dlhodobého výskumu mikroklímy a fyzikálno-chemických dejov v Silickej Ľadnici, ktorý vykonávame v rámci činnosti Speleolaboratória pri Správe slovenských jaskýň, sme v jarnom období 1970 uskutočnili chemickú analýzu niekoľkých vzoriek ľadu z rôznych vertikálnych útvarov.

Silická Ľadnica je situovaná asi 1,2 km na JZ od obce Silica na Silickej planine v Slovenskom krásse. Mohutný portál ľadovej priepasti je obrátený na SSV a nachádza sa vo výške 503 m n. m. (Droppa, 1962). Sama ľadová prieiesta je priemerne 30 m široká, 50 m dlhá a 10 až 15 m vysoká, so sklonom stropu asi 30° . Geneticky je to jav veľmi mladý a bol vytvorený zrútením dómu v Silicko-gombaseckej jaskynnej sústave. Od jaskynného riečiska v Archeologickom dome delí priepest silná vrstva hrubej sutiny, ktorá ju súčasne izoluje od prenikania väčšieho množstva teplého jaskynného vzduchu. Zaľadnenie prieasti sa datuje práve od doby vytvorenia tejto prekážky a podľa archeologických nálezov v horizontálnych častiach jaskyne sa odhaduje na 2000 rokov (Kunský, 1950).

Z vertikálnych krasových vôd a ľadových útvarov sme na zisťovanie obsahu vápnika a horčíka odobrali 7 vzoriek. Vzorky sme pritom získali z povrchových vrstiev týchto útvarov:

Vzorka 1. Inovať zo zvislej steny najnižšie položenej časti Ľadnice.

Vzorka 2. Kvapkajúca voda zo stropných ľadových útvarov v ľadovej komôrke.

Vzorka 3. Ľad z podstropnej časti stalaktitu pod západnou stenou.

Vzorka 4. Ľad zo strednej časti stalagnátu nad Ľadopádom.

Vzorka 5. Ľad zo spodnej časti stalagnátu nad Ľadopádom.

Vzorka 6. Ľad z 2-metrovej výšky stalagnátu v strede prieasti.

Vzorka 7. Ľad zo spodnej časti stalagnátu v strede prieasti.

Pri odoberaní vzoriek 4 — 7 sme konštatovali nálet bieleho prášku na nižších častiach oboch stalagnátov. Najviac, asi 2 mm vrstva tohto materiálu bola nahromadená na vodorovnej ploche degenerovaného stalagmitu nad Ľadopádom. Z tohto miesta sme odobrali aj vzorku opísaného prášku.

Vápnik a horčík sme v odobraných vzorkách určovali chelatometricky. Pripo-

míname, že po roztopení ľadu javil sa vo vzorkách 4 — 7 silný biely zákal vyzrážaného uhličitanu vápenatého, ktorý sme po pridaní kyseliny soľnej spoluanalyzovali.

Tabuľka 1. Rozborom zistené koncentrácie vápnika a horčíka v mg/kg ľadu

Č. vzorky	Ca	Mg	Poznámka
1	6,0	stopy	organické znečisteniny
2	92,2	1,2	
3	7,9	stopy	
4	360,7	2,4	
5	420,8	3,7	
6	400,8	3,1	
7	509,0	4,9	

V ďalšom sme uskutočnili skrátený rozbor vzorky bieleho prášku vo vysušenom stave. Obsah zisťovaných komponentov uvádzame v tabuľke 2:

Tabuľka 2.

Nerozpustný zvyšok	0,59 %
R ₂ O ₃	0,27 %
MgCO ₃	0,80 %
CaCO ₂	97,50 %
Spolu	99,16 %

Ako z analýzy vyplýva, ide o pomerne čistý vyzrážaný uhličitan vápenatý. Zvyšujúcich 0,84 % sú stopové prvky a strata organických látok žíhaním nerozpustného zvyšku.

DISKUSIA

Výsledok analýzy vzorky 1 dokazuje, že jaskynná inovať vzniká vymrazovaním vzdušnej vlhkosti na ochladených stenách. Teplý, 100 % vlhký vzduch prúdi usmernenou intenzitou zo spodných častí jaskynej sústavy cez sutinovú vrstvu, ktorá kladie veľký dynamický odpor. Odpor tejto vrstvy dovoľuje prietok len takého malého množstva jaskynného vzduchu, ktoré nestačí na zohriatie stien ľadovej pripasti nad 0 °C. Nedôjde teda ku kondenzácii vody, ale k vymrazovaniu

ľadu v podobe inovate. Vo vzorke zistené nepatrné množstvo vápnika pochádza čiastočne z vetrami zaneseného prachu a čiastočne z jaskynného aerosolu.

Rozborom vzorky 2 sme zistili, že ľadotvorná voda presakujúca cez jaskynný strop je priemerná krasová voda, charakteristickej tvrdosti pre danú krasovú oblasť.

Z analýz vzoriek 3 — 7 získaných z dočasných vertikálnych ľadových útvarov vyplýva, že koncentrácia vápnika smerom od stropu nadol stúpa. Pri odbere vzoriek musíme kriticky hodnotiť skutočnosť, že vzorky sa získali z povrchových vrstiev útvarov, kde už nastalo štadium sublimácie ľadu a tým paralelne aj vypadávanie vápnika v podobe uhličitanu. Na takýto spôsob odoberania vzoriek nás nutili ochranárske a bezpečnostné aspekty, keďže sme nechceli ohrozíť staticky beztak labilné útvary.

Ľadotvorné krasové vody tu pochádzajú z topiaceho sa snehu. Vertikálne ľadové útvary sa tvoria v období, keď teplota vystúpi niečo nad nulu. Stále však nedosiahne hodnotu, ktorá by eliminovala v prieplasti panujúce mraziace faktory. Vertikálne vody aj tu prejdú známou cestou a procesom povrchových krasových vôd až po poslednú fázu. V tejto fáze, ktorá siaha do určitej hrúbky stropu, sa roztok následkom ochladenej vrstvy horniny predchladzuje a na fázovom rozhraní dosiahne bod mrazu. Svedčí o tom aj existencia množstva ľadových stalaktítov.

V zimnom období ochladený vonkajší vzduch prenikne do priestorov šikmej prieplasti a následkom väčej hustoty sa tam udrží. Dej zmrazovania roztoru pokračuje takto vo vzdušnom priestore ľadnice.

Ako sme už v úvodnej časti uviedli, rozbory nám dokázali vertikálne rozloženie koncentrácie vápnika v ľade. Tento jav vysvetľujeme všeobecne platnými fyzikálnymi zákonitosťami termodynamiky, aplikovanými na viacfázové sústavy. Kvôli jednoduchosti, ktorú opodstatňujú aj výsledky analýz, budeme v ďalšom hovoriť o dvojzložkovom systéme voda — kyslý uhličitan vápenatý.

Vieme, že zistená nízka koncentrácia roztoru musí byť v oblasti pod eutektickou koncentráciou skúmového systému. Ak takýto roztok ďalej ochladzujeme, dosiahneme krivku vymrazovania ľadu. Postupným klesaním teploty vypadáva z roztoru pevná fáza — ľad. Podľa zákonov termodynamiky predpokladáme, že sa tento proces odohráva už v hornej podstropovej časti vertikálnych ľadových útvarov. Keďže teda z roztoru už vypadlo určité množstvo rozpustidla v podobe ľadu, dvojzložkový systém sa tak stáva koncentrovanejší. V nižších častiach útvarov miestami dôjde k eutektickému stavu podľa fázového diagramu predmetovej sústavy a z roztoru začne vypadávať aj rozpustená zložka v podobe uhličitanu vápenatého. Vykryštalizovanie uhličitanu vápenatého môže pritom nastať aj stratou koncentrácie rovnovážneho kysličníka uhličitého. Nazdávame sa, že výsledný dej treba hľadať medzi týmito dvoma extrémnymi dejmi, ktoré sa však v prírodných podmienkach ľahko od seba rozlišujú.

Tesne po období ukončenia rastu ľadových útvarov nastane nová meteorologická situácia, po ktorej nasleduje degenerácia ľadu. Teplota ovzdušia v prieplasti pritom stále ešte zostáva pod bodom mrazu. Keďže však transport roztoru na povrchu útvarov už prestal, ľad sublimuje. V procese sublimácie sa vápnik ďalej hromadí najmä v povrchových vrstvách útvarov a na plochách pod nimi.

V poslednom štádiu degenerácie vertikálnych ľadových útvarov sa ľad roztápa jednak zvýšením teploty nad bod mrazu, jednak prítokom teplých zrážkových vôd z povrchu.

Na záver treba pripomenúť, že našou snahou bolo len informovať o jednom špecifickom probléme Silickej ľadnice. V referáte sme sa zámerne nedotkli analýzy mikroklimatických podmienok tejto zaujímavej lokality, ktorými sa chceme hlbšie zaoberať po ukončení komplexného výskumu.

BERICHT ÜBER DIE ERFORSCHUNG DER VERTIKALEN EISFORMATIONEN IN DER HÖHLE SILICKÁ ĽADNICA

ŠTEFAN RODA A LADISLAV RAJMAN

Im Laufe der langfristigen Erforschung des Mikroklimas und der physikalisch-chemischen Vorgänge in der Höhle Silická Ľadnica, die im Rahmen der Tätigkeit des Speläologischen Laboratoriums der Verwaltung der slowakischen Höhlen verläuft, führten wir im Frühjahr 1970 eine chemische Analyse einiger Eisproben aus verschiedenen vertikalen Eisgebilden durch.

Die Höhle Silická Ľadnica liegt etwa 1,2 km südwestlich von der Gemeinde Silica auf dem gleichnamigen Plateau (Silická planina) im Slowakischen Karst (Slovenský kras). Das mächtige Portal dieser Eisschlucht ist nach Südsüdost gerichtet und liegt in einer Höhe von 503 m ü. d. M. (Droppa, 1962). Die Eisschlucht selbst ist im Durchschnitt 30 m breit, 50 m lang und 10 — 15 m hoch, die Neigung ihrer Decke beträgt etwa 30°. Es handelt sich um eine genetisch sehr junge Erscheinung, die durch das Einstürzen eines Domes im Höhlensystem von Silica-Gombasek entstanden ist. Eine starke Schicht groben Schuttet trennt die Schlucht vom Höhlenflußbett im Archäologischen Dom; diese Barriere isoliert sie gleichzeitig von der warmen Höhlenluft und verhindert ihr Vordringen in die Schlucht. Die Vereisung der Schlucht begann wahrscheinlich mit der Entstehung dieses Hindernisses, nach archäologischen Funden in den horizontalen Teilen der Höhle wird ihr Alter auf etwa 2000 Jahre geschätzt (Kunský 1950).

Den vertikalen Karstwässern und den Eisformationen entnahmen wir 7 Proben, um ihren Kalzium- und Magnesiumgehalt zu untersuchen. Die Proben wurden aus der Oberflächenschichte folgender Formationen gewonnen:

Probe 1: Rauhreif von der senkrechten Wand des tiefsten Teiles der Eisschlucht.

Probe 2: Tropfendes Wasser von der Eisformation an der Decke der sog. Eiskammer.

Probe 3: Eis vom oberen, unter der Decke befindlichen Teil des Stalaktites unter der Westwand.

Probe 4: Eis vom mittleren Teil des Stalagnates oberhalb des Eisfalles.

Probe 5: Eis vom unteren Teil des Stalagnates oberhalb des Eisfalles.

Probe 6: Eis vom mittleren Teil (zwei Meter über dem Boden) des Stalagnates in der Mitte der Schlucht.

Probe 7: Eis vom unteren Teil des Stalagnates in der Mitte der Schlucht.

Bei der Entnahme der Proben 4 bis 7 konstatierten wir einen Anflug von weißem Pulver auf dem unteren Teil beider Stalagnate. Am meisten, eine etwa 2 mm dicke Schicht dieses Materials, hatte sich auf der waagrechten Fläche des degenerierten Stalagmites oberhalb des Eisfalles angesammelt. Von dieser Stelle nahmen wir auch eine Probe des geschilderten weißen Pulvers.

Das Kalzium und Magnesium wurde in den entnommenen Proben chelatometrisch bestimmt. Wir möchten bemerken, daß sich nach dem Zertauen des Eises in den Proben 4 bis 7 eine weiße Trübung von ausgefällttem Kalziumkarbonat zeigte, das unter Beigabe von Salzsäure mitanalysiert wurde.

Tabelle 1: Die bei der Analyse festgestellte Kalzium- und Magnesiumkonzentration pro mg/kg Lösung:

Nummer der Probe:	Ca	Mg	Anmerkung:
1	6,0	Spuren	Organische Verunreinigung
2	92,2	1,2	
3	7,9	Spuren	
4	360,7	2,4	
5	420,8	3,7	
6	400,8	3,1	
7	509,0	4,9	

Im weiteren Verlauf wurde eine abgekürzte Analyse der Probe des weißen Pulvers in getrocknetem Zustand durchgeführt. Den Inhalt der festgestellten Komponenten führen wir in der Tabelle 2 an.

Tabelle 2 an:

Unlöslicher Rest	0,59 %
R ₂ O ₃	0,27 %
MgCO ₃	0,80 %
CaCO ₃	97,50 %
Zusammen:	99,16 %

Wie aus der Analyse hervorgeht, handelt es sich um verhältnismäßig reines, ausgefälltes Kalziumkarbonat. Die restlichen 0,84 % stellen Spurenelemente und den Verlust an organischen Stoffen durch das Glühen des unlöslichen Restes dar.

DISKUSSION

Das Resultat der Analyse der Probe 1 beweist, daß der Höhlenreif durch das Ausfrieren der Luftfeuchtigkeit an den abgekühlten Wänden entsteht. Die warme, 100 % feuchte Luft strömt mit einer steten Intensität aus den unteren Teilen des Höhlensystems durch die Schuttschicht, die großen dynamischen Widerstand leistet. Der Widerstand dieser Schicht läßt nur eine so geringe Menge an Höhlenluft herein, daß sie zur Erwärmung der Wände in der Eisschlucht über 0 °C nicht ausreicht. Es findet also keine Kondensation des Wassers statt, sondern ein Ausfrieren des Eises in der Form von Reif. Die in der Probe festgestellte unbedeutende Menge an Kalzium stammt teils aus dem vom Wind herangeführten Staub, teils aus dem Aerosol der Höh'e.

Durch die Analyse der Probe 2 stellten wir fest, daß das durch die Höhendecke hindurch sickernde eisbildende Wasser durchschnittliches Karstwasser von einer für die gegebene Karstregion charakteristischen Härte ist.

Aus der Analyse der Proben 3 bis 7, die aus zeitweiligen vertikalen Eisgebilden gewonnen wurden, geht hervor, daß die Kalziumkonzentration in der Richtung von der Decke abwärts zunimmt. Was die Entnahme der Proben anbelangt, muß der Umstand kritisch gewertet werden, daß sie aus den Oberflächenschichten der Eisformationen gewonnen wurden, wo das Stadium der Sublimation des Eises bereits eingetreten war und parallel dazu auch das Ausfällen des Kalziums in der Form seines Karbonats. Zu dieser Art der Probenentnahme zwangen uns Naturschutz- und Sicherheitsaspekte, da wir die statisch sowieso labilen Gebilde nicht gefährden wollten.

Die eisbildenden Karstwässer stammen aus dem schmelzenden Schnee. Die vertikalen Eisformationen bilden sich zu einer Zeit, da die Temperatur etwas über Null Grad ansteigt. Sie erreicht jedoch niemals einen Wert, der die in der Schlucht herrschenden Frostfaktoren eliminieren könnte. Die vertikalen Wässer machen auch hier den bekannten Weg und Prozeß der Oberflächenkarstwässer bis zur letzten Phase durch. In dieser Phase, die bis zu einer bestimmten Dicke der Decke reicht, wird die Lösung infolge der abgekühlten Gesteinschicht vorgekühlt und erreicht an der Phasengrenze den Gefrierpunkt. Davon zeugt auch das Vorhandensein einer großen Anzahl von Eisstalaktiten.

Im Winter dringt die abgekühlte Außenluft in die Räume der schrägen Schlucht ein und erhält sich dort vermöge ihrer größeren Dichte. Das Einfrieren der Lösung geht also im Luftraum der Eisschlucht vor sich.

Wie wir bereits einleitend anführten, bewiesen die Analysen eine vertikale Verteilung der Kalziumkonzentration im Eis. Diese Erscheinung erklären wir durch allgemein gültige physikalische Gesetze der Thermodynamik, appliziert auf Mehrphasensysteme. Der Einfachheit halber, die auch durch die Ergebnisse der Analysen begründet erscheint, werden wir im folgenden von einem Zweikomponentensystem Wasser — Kalziumhydrogenkarbonat sprechen.

Wir wissen, daß die festgestellte niedrige Konzentration der Lösung im Bereich unter der eutektischen Konzentration des untersuchten Systems liegen muß. Wenn wir eine solche Lösung weiter abkühlen, erreichen wir die Kurve der

Ausfrostung des Eises. Bei einem fortlaufenden Absinken der Temperatur fällt aus der Lösung die feste Phase, das Eis, aus. Den Gesetzen der Thermodynamik entsprechend nehmen wir an, daß sich dieser Prozeß bereits im oberen, unter der Decke liegenden Teil der vertikalen Eisformationen abspielt. Da also aus der Lösung schon eine bestimmte Menge des Lösungsmittels in der Form von Eis ausgeschieden ist, wird das Zweikomponentensystem konzentrierter. In den tieferen Teilen der Eisgebilde kommt es stellenweise zu einem eutektischen Zustand nach dem Phasendiagramm der Objektanalyse und aus der Lösung beginnen sich auch die gelöste Komponente in der Gestalt der Kalziumkarbonates auszuscheiden. Das Kristallisieren des Kalziumkarbonates kann dabei auch durch den Verlust der Konzentration des äquivalenten Kohlendioxides eintreten. Wir nehmen an, daß man den resultierenden Vorgang zwischen diesen beiden extremen Vorgängen suchen muß, die freilich unter natürlichen Verhältnissen schwer voneinander zu unterscheiden sind.

Knapp nach dem Abschluß des Wachstums der Eisgebilde tritt eine neue meteorologische Situation ein, nach der die Degeneration des Eises folgt. Die Lufttemperatur in der Schlucht bleibt dabei immer noch unter dem Gefrierpunkt. Da aber der Transport der Lösung an der Oberfläche der Gebilde bereits aufgehört hat, sublimiert das Eis. Im Laufe dieser Sublimation sammelt sich das Kalzium besonders in den Oberflächenschichten der Eisgebilde und auf den Flächen unter ihnen.

Im letzten Stadium der Degeneration der vertikalen Eisformationen schmilzt das Eis teils infolge des Ansteigens der Temperatur über den Gefrierpunkt, teils durch den Zufluß warmer Niederschlagswässer von der Erdoberfläche.

Abschließend muß noch bemerkt werden, daß der Zweck der vorliegenden Studie nur darin bestand, über ein spezifisches Problem der Höhle Silická ladnica zu informieren. Wir vermieden es daher absichtlich in unserem Referat die Analyse der mikroklimatischen Bedingungen dieser interessanten Lokalität zu berühren, denn mit diesen Problemen wollen wir uns nach Abschluß der komplexen Erforschung eingehender beschäftigen.

ODPORÚČANIA MEDZINÁRODNEJ VEDECKEJ KONFERENCIE K PROBLEMATIKE DOBŠINSKEJ ĽADOVEJ JASKYNE

Dobšinská ľadová jaskyňa patrí k najkrajším a svojou vedeckou hodnotou k najvýznamnejším slovenským jaskyniam. Ako osobitný prírodný úkaz si vyžaduje mimoriadnu starostlivosť zo strany speleológov, klimatológov, ochrancov prírody a vlastnej Správy slovenských jaskýň.

Svojim mikroklimatickým režimom patrí k staticko-dynamickým jaskyniam. Tento typ jaskýň je pre udržanie jaskynného ľadu nie najpriaznivejší, avšak dnešný klimatický režim Dobšinskej ľadovej jaskyne je vyhovujúci. Medzi ľadovými jaskyňami mierneho klimatického pásma má osobitné postavenie. Oproti niektorým alpským jaskyniam má pomerne nízko položený vchod vo výške 970 m n. m. Konzervácia jaskynného ľadu je umožnená vďaka priaznivej expozícii vchodu jaskyne k severu a pomerne dobre zalesneným terénom pred vlastným vchodom do jaskyne a nad ňou.

V dôsledku staticko-dynamického režimu má jaskyňa v priebehu roka pomerne veľký teplotný výkyv (cca 5 °C), čo spôsobuje značné zvetrávanie a oddrobovanie skál z povalovej časti jaskyne. K tomu pristupujú zložité tektonické pomery vlastného masívu Duča. Pozdĺž puklín presakuje v jarnom období do podzemia množstvo povrchových vôd; ich zamrzanie v puklinách spôsobuje ďalšie rozrušovanie hornín.

Z toho vyplývajú 4 základné úlohy, ktoré bude potrebné v jaskyni sledovať:

1. Zachovanie priaznivej mikroklimy v jaskyni.
2. Sledovanie rastu, resp. úbytku jaskynného ľadu.
3. Sledovanie statických pomerov v jaskyni.
4. Ochrana vonkajšieho prírodného areálu jaskyne.

Preto sa odporúčajú sústavné mikroklimatické pozorovania a vyhodnocovanie ich výsledkov v spolupráci s vedeckými ústavmi; vykonávanie fotogrametického, resp. geodetickejho pozorovania jaskynného ľadu; sledovanie mechaniky hornín v priestoroch jaskyne a portálu nad vchodom do jaskyne. Na území pred vlastným vchodom do jaskyne treba vylúčiť budovanie akýchkoľvek zariadení, ktoré by narušili rovnováhu fyzicko-geografických prvkov.

Zachovanie pôvodného prírodného prostredia je bezpodmienečne potrebné

z hľadiska ochrany vlastnej jaskyne. Akékolvek zásahy človeka v jej areáli (aj v širokom okolí) musia sa dopredu konzultovať s odborníkmi, ktorí posúdia projektovú úlohu a vyjadria sa k jej realizácii. Takáto komisia by mala byť zložená z odborníkov speleológov, geografov, geológov, klimatológov a ochrancov prírody.

Dodržiavaním týchto zásad bude možné vyriešiť podstatnú časť problematiky Dobšinskéj ľadovej jaskyne, udržať jej doterajší dobrý stav a zachovať ju čo možno v najprirodzenejšom a najpôvodnejšom stave aj pre budúce generácie.

V Dedinkách dňa 10. júna 1970

МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ К ВОПРОСУ ПРОБЛЕМАТИКИ ДОБШИНСКОЙ ЛЕДЯНОЙ ПЕЩЕРЫ

Добшинская ледяная пещера принадлежит к наиболее красивым и к наиболее известным словацким пещерам, и с научной точки зрения представляет необыкновенную ценность. Как интереснейшее природное явление, она требует исключительной заботы со стороны спелеологов, климатологов, природоохранителей, а также и собственного Управления словацкими пещерами.

Что касается ее микроклиматического режима, то она принадлежит к статически-динамическим пещерам. Этот тип пещер не является наиболее благоприятным для сохранения пещерного льда, однако теперешний климатический режим Добшинской пещеры вполне для этого благоприятен. Среди ледяных пещер умеренного климатического пояса, она занимает особое положение. По сравнению с некоторыми альпийскими пещерами, вход в нее расположен сравнительно низко, а именно на высоте 970 м над уровнем моря. Консервирование пещерного льда здесь является возможным, благодаря благоприятной экспозиции входа пещеры в направлении к северу, и сравнительно хорошо облесенной местности перед собственным входом в пещеру и над ней.

В результате статически-динамического режима, в пещере в течение года происходят сравнительно большие колебания температуры (приблизительно 5 °C), что вызывает значительное выветривание и дробление скал на потолке пещеры. К этому присоединяются сложные тектонические условия собственного массива Дуча. Вдоль трещин в весенний период просачивается в подземелье большое количество поверхностных вод; их замерзание в трещинах вызывает дальнейшее разрушение горных пород.

Из этого вытекают 4 основных задания, которые необходимо будет в пещере исследовать:

1. Сохранение благоприятного микроклимата в пещере
2. Наблюдение за нарастанием, или убыванием пещерного льда
3. Наблюдения за статическими условиями в пещере
4. Охрана внешнего естественного ареала пещеры.

Поэтому рекомендуется проводить систематические микроклиматические

наблюдения и оценку их результатов в сотрудничестве с научными институтами; а также фотограмметрические, или геодезические наблюдения за пещерным льдом; и наблюдения за механикой горных пород в пространстве пещер и портала над входом в пещеру. На территории, перед собственным входом в пещеру, необходимо исключить постройку каких бы то ни было оборудований, нарушающих равновесие физико-географических элементов.

Сохранение первоначальной, естественной среды необходимо с точки зрения охраны собственной пещеры. Какое либо вмешательство человека в ее ареале (а также и в более широких ее окрестностях) необходимо предварительно обсудить с специалистами, которые разберут проект задания и высажут свое мнение относительно его реализации. Такая комиссия должна была состоять из специалистов спелеологов, географов, геологов, климатологов и природоохранителей.

Придерживаясь этих принципов, можно будет решить существенную часть проблематики Добшинской ледяной пещеры, поддерживать ее теперешнее хорошее состояние, и сохранить ее в наиболее естественном и первоначальном виде и для будущего поколения.

В Дединках, 10-го июня 1970 г.

EMPFEHLUNGEN DER INTERNATIONALEN WISSENSCHAFTLICHEN KONFERENZ ZUR PROBLEMATIK DER EISHÖHLE VON DOBŠINÁ

Die Eishöhle von Dobšiná gehört zu den schönsten und wegen ihres wissenschaftlichen Wertes auch zu den wichtigsten Höhlen der Slowakei. Als einzigartiges Naturphänomen hat sie Anspruch auf eine besondere Fürsorge Seitens der Speläologen, Klimatologen, Mitarbeitern des Naturschutzes und von der Verwaltung der slowakischen Höhlen.

Wegen ihres mikroklimatischen Regimes gehört sie zu den statisch-dynamischen Höhlen. Dieser Höhlentypus ist für die Erhaltung des Höhleneises nicht der günstigste, doch das heutige klimatische Regime der Eishöhle von Dobšiná entspricht den Anforderungen. Unter den Eishöhlen der gemäßigten Klimazone nimmt diese Höhle eine Sonderstellung ein. Im Gegensatz zu manchen Alpenhöhlen liegt ihr Eingang verhältnismäßig niedrig, in einer Höhe von nur 970 m ü. d. M. Die Konservierung des Höhleneises wird durch die günstige Orientation des Höhleneinganges nach Norden und durch das verhältnismäßig gut bewaldete Terrain vor dem eigentlichen Eingang zur Höhle und über ihr ermöglicht.

Infolge ihres statisch-dynamischen Regimes weist die Höhle im Laufe des Jahres bedeutende Temperaturschwankungen auf (cca 5 °C), was eine beträchtliche Verwitterung und Abbröckelung des Gesteins von der Höhlendecke bewirkt. Hinzu kommen die komplizierten tektonischen Verhältnisse des Duča-Massivs selbst. Durch die Spalten im Gestein sickert im Frühjahr viel Oberflächenwasser in die unterirdischen Räume; wenn es in den Spalten gefriert, verursacht es ein weiteres Zerbröckeln des Gesteins.

Aus diesen Tatsachen entspringen vier grundsätzliche Aufgaben, die in der Höhle zu erfüllen sind:

1. Die Erhaltung eines günstigen Mikroklimas in der Höhle.
2. Das Verfolgen der Zu- bzw. der Abnahme des Höhleneises.
3. Das Verfolgen der statischen Verhältnisse in der Höhle.
4. Der Schutz des natürlichen Außenareals der Höhle.

Es wird deshalb empfohlen mikroklimatische Messungen durchzuführen und ihre Ergebnisse in Zusammenarbeit mit wissenschaftlichen Institutionen auszuwerten; fotogrammetrische bzw. geodetische Beobachtungen des Höhleneises zu un-

ternehmen und die Mechanik des Gesteins in den Höhlenräumen sowie im Portal oberhalb des Eingangs zur Höhle zu verfolgen. Im Bereich des eigentlichen Höhleneingangs muß der Bau aller Einrichtungen, die das Gleichgewicht der physikalisch-geographischen Elemente stören könnten, vermieden werden.

Der Schutz der Höhle macht eine Erhaltung der natürlichen Umwelt unumgänglich notwendig. Jeder menschliche Eingriff in ihrem Areal sowie in ihrer weiteren Umgebung muß im vorhinein mit den zuständigen Fachleuten konsultiert werden, die jedes Projektionsvorhaben beurteilen und sich zu seiner Ausführung äußern sollten. Eine derartige Fachkommission sollte aus Spe'äologen, Geographen, Geologen, Klimatologen und Naturschützern bestehen.

Die Einhaltung dieser Grundsätze wird es ermöglichen den wesentlichen Teil der Problematik der Eishöhle von Dobšiná zufriedenstellend zu lösen, nämlich ihren gegenwärtigen guten Zustand zu gewährleisten und sie in einem möglichst natürlichen und ursprünglichen Zustand für die kommenden Generationen zu erhalten.

Dedinky, am 10. Juni 1970.

ZOZNAM ÚČASTNÍKOV VEDECKEJ KONFERENCIE V DEDINKÁCH PRI 100. VÝROČI
OBJAVENIA DOBŠINSKEJ ĽADOVEJ JASKYNE

СПИСОК УЧАСТНИКОВ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ В ДЕДИНКАХ ПО СЛУЧАЮ
100-ЛЕТНЕГО ЮБИЛЕЯ ОБЪЯВЛЕНИЯ ДЕМЕНОВСКОЙ ЛЕДЯНОЙ ПЕЩЕРЫ

VERZEICHNIS DER TEILNEHMER AN DER WISSENSCHAFTLICHEN KONFERENZ
ANLÄBLICH DES 100. JUBILÄUMS DER ENTDECKUNG DER EISHÖHLE VON DOBŠINÁ

LIST OF PARTICIPANTS AT THE SCIENTIFIC CONFERENCE AT DEDINKY
ON THE CENTENARY ANNIVERSARY OF THE DISCOVERY OF
DOBŠINSKÁ ĽADOVÁ JASKYŇA (DOBŠINSKÁ ICE CAVE)

1. G. Abel
Salzburg 5020, Rakúsko
2. Ing. A. Abonyi
Rožňava, Beláková 1610
3. M. Baumgärtner
Dobšinská Ľadová jaskyňa
4. Prof. L. Blaha
SÚPSOP, Bratislava, Hrad
5. Dr. A. Bögli
Luzern CH 6285, Hitzkirch, Švajčiarsko
6. Dipl. geol. S. Božičević
Zagreb, Kupska ul. 2, Juhoslávia
7. Dr. J. Bystrický, CSc.,
Geologický ústav SAV, Bratislava,
Štefánikova 41
8. Dr. G. Dénes
Budapest VI. Gorkij fasor 46 —
48, Maďarsko
9. E. Droppová
Správa slovenských jaskýň, Lipt. Mikuláš
10. Ing. M. Erdös
Správa slovenských jaskýň, Košice,
Orlia 11
11. Dr. I. Fodor
Pécs, Kulich Gyulla ut. 22, Maďarsko
12. Dr. F. Fuchs
Frankfurt/Main, Senckenberganlage 36, NSR
13. Ing. M. Gádoros
Budapest XII. Budakeszi ut. 30,
Maďarsko
14. J. Galváněk,
SÚPSOP, Banská Bystrica, nám.
SNP 16

15. Dr. W. Gressel
Klagenfurt A. 9020, Rakúsko
16. Dr. F. Habe
Postojna, Titov Trg 2, Juhoslávia
17. M. Habeová
Postojna, Titov Trg 2, Juhoslávia
18. J. Hiciár
ONV — odbor kultúry, Rožňava
19. Prom. geol. Š. Homza
Ministerstvo kultúry, Bratislava,
Suvorovova 16
20. Prom. geol. J. Hromas
TIS — Svař pro ochranu přírody
a krajiny, Krasová sekce, Praha I.
Nerudova 31
21. Ing. L. Huňa
Správa chránenej krajinej oblasti
Slovenský raj, Betlanovce — kaš-
tieľ, okr. Spiš. Nová Ves
22. Dr. W. Igierski
Wrocław, pl. Powstancow Warszaw-
wy 1. Poľsko
23. Dr. J. Jakál
Správa slovenských jaskýň, Lipt.
Mikuláš
24. Prof. dr. M. Kcnček, DrSc.
Bratislava, Povaznícka 6
25. A. Koroľová
Správa slovenských jaskýň, Lipt.
Mikuláš
26. Dr. L. Krystková
KSPPPOP, Brno, Radnická 2
27. Dr. D. Kubíny
Banská Bystrica, trieda SNP 32
28. Ing. M. Lalkovič
Správa slovenských jaskýň, Lipt.
Mikuláš
29. J. Majko
Dolná Streda, č. 226, okr. Galanta
30. Dr. P. Mariot
Geografický ústav SAV, Bratisla-
va, Štefánikova 41
31. Doc. dr. E. Mazúr, DrSc.
Geografický ústav SAV, Bratisla-
va, Štefánikova 41
32. Dr. G. Nagel
Frankfurt/Main, Senckenberganla-
ge 36, NSR
33. V. Nemec
Správa slovenských jaskýň, Lipt.
Mikuláš
34. Dr. Ing. R. Oedl
Salzburg, Rudolfskai 50, A —
5020, Rakúsko
35. M. Oedlová
Salzburg, Rudolfskai 50, A —
5020, Rakúsko
36. Dr. J. Pacl, CSc.
Ústav hydrológie a hydrauliky
SAV, Bratislava, Kocelova 6
37. R. Palfinger
Salzburg, Rudolfskai 50, A —
5020, Rakúsko
38. Dr. Š. Petrovič, CSc.
Hydrometeorologický ústav, Bra-
tislava, Jeseniova 43
39. Dr. J. Píše
Geografický ústav ČSAV, Brno,
Mendlovo nám. 1
40. Dr. V. Popov
Sofia, ul. Benkovski 3, Bulharsko
41. Dr. J. Pribyl
Geografický ústav ČSAV, Brno,
Mendlovo nám. 1
42. Dr. M. Pulina
Wroclaw, Pl. Univerzitecki 1, Poľ-
sko
43. Dr. M. Rybecký
Ministerstvo kultúry, Bratislava,
Suvorovova 16
44. PhMr. Š. Roda
Rožňava, Šafárikova 1448/V/II.
45. Dr. T. Sásik
Redakcia Krás Slovenska, Bratisla-
va
46. Dr. H. Seidl
Košice, ul. Pokroku 3
47. Dr. O. Štelcl, CSc.
Geografický ústav ČSAV, Brno,
Mendlovo nám. 1

48. L. Tarnócy
Správa slovenských jaskýň, Lipt.
Mikuláš
49. Dr. H. Trimmel
1010 Wien, Hofburg Säuelstiege,
Rakúsko
50. M. Trnovský
Správa slovenských jaskýň, Lipt.
Mikuláš
51. Dr. Š. Valovič
52. Ing. arch. J. Vicel
Ministerstvo kultúry, Bratislava,
Suvorovova 16
53. Dr. V. Vlček
Geografický ústav ČSAV, Brno,
Mendlovo nám. 1
54. L. Volek
Krásy Slovenska, Bratislava



Obr. 1. Prof. dr. M. Konček, člen korešpondent SAV a ČSAV, pri záverečnom hodnotení Vedeckej konferencie usporiadanej z príležitosti 100. výročia objavenia Dobšinskéj jaskyne.
(Foto Andor)

Abb. 1. Prof. Dr. M. Konček, Korrespondierendes Mitglied der Slowakischen und der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, bei der abschließenden Wertung der wissenschaftlichen Konferenz, die anlässlich des 100. Jubiläums der Entdeckung der Eishöhle von Dobšiná veranstaltet wurde. (Foto Andor)



Obr. 2. Prof. dr. H. Trimmel pri referáte.
(Foto Andor)

Abb. 2. Prof. Dr. H. Trimmel referiert. (Foto Andor)



Obr. 3. Účastníci exkurzie pred Dobšinskou ľadovou jaskyňou. (Foto Andor)
Abb. 3. Die Exkursionsteilnehmer vor der Eishöhle von Dobšiná. (Foto Andor)



Obr. 4. Účastníci exkurzie pred Ochtinskou aragonitovou jaskyňou. V strede prof. dr. M. Konček, vľavo od neho prof. dr. A. Bögli a prof. dr. H. Trimmel. (Foto Ing. M. Erdős)

Abb. 4. Die Exkursionsteilnehmer vor den Aragonithöhlen von Ochtiná. In der Mitte Prof. Dr. M. Konček, links von ihm Prof. Dr. A. Bögli und Prof. Dr. H. Trimmel. (Foto Ing. M. Erdős)

O B S A H

<i>Ludovít Tarnócy:</i> Vedecká konferencia v Dedinkách z príležitosti 100. výročia objavenia Dobšinskej ľadovej jaskyne (slovenská verzia)	3
<i>Leonard Blaha:</i> Dobšinská ľadová jaskyňa — 100 rokov od jej objavenia (slovenská verzia)	5
ruská verzia	11
nemecká verzia	19
<i>Jozef Jakál:</i> Morfológia a genéza Dobšinskej ľadovej jaskyne (slovenská verzia)	27
nemecká verzia	35
<i>Štefan Petrovič — Juraj Šoltis:</i> Stručná mikroklimatická charakteristika Dobšinskej ľadovej jaskyne (slovenská verzia)	41
nemecká verzia	49
<i>Marian Pulina:</i> Typy ľadu v tatranských jaskyniach (slovenská verzia)	57
ruská verzia	71
<i>Alfréd Bögli:</i> Jaskyňa Höllnoch počas ľadových dôb pleistocénu (nemecká verzia)	75
slovenská verzia	79
<i>Hubert Trimmel:</i> Ľad v rakúskych sprístupnených jaskyniach (nemecká verzia)	81
slovenská verzia	87
<i>Gustav Abel:</i> Ľadové jaskyne v Salzburských Alpách (nemecká verzia)	91
slovenská verzia	95
<i>Walter Gressel:</i> Speleometeorológia a výskyt ľadu v jaskyniach v oblasti Álp (nemecká verzia)	99
slovenská verzia	103
<i>Rudolf Oedl:</i> 50 rokov meteorológie ľadových jaskýň Eisriesenwelt (nemecká verzia)	107
slovenská verzia	111
<i>István Fodor:</i> Údaje k mikroklimé ľadových jaskýň (nemecká verzia)	115
slovenská verzia	127
<i>France Habe:</i> Ľadové jaskyne v Slovinskom krase (nemecká verzia)	135
slovenská verzia	147
<i>Vladimír Popov:</i> Ľadové útvary jaskyne Ledenika — Vračanská planina (ruská verzia)	151
slovenská verzia	159
<i>György Dénes:</i> Klimatické pozorovania v Dobšinskej ľadovej jaskyni v prvých 50 rokoch po objavení (nemecká verzia)	163
slovenská verzia	167
<i>Srečko Božičević:</i> Ľadové jaskyne v Chorvátsku (ruská verzia)	171
slovenská verzia	177

<i>Miklós Gádoros:</i> Rádioaktívne látky a ich hromadenie (nemecká verzia)	181
slovenská verzia	187
<i>Ján Otruba:</i> Meteorologické podmienky a začadnenie v Demänovskej ľadovej jaskyni (slovenská verzia)	193
anglická verzia	203
<i>Peter Mariot:</i> Možnosti posúdenia úlohy jaskýň v cestovnom ruchu Slovenska (slovenská verzia)	213
nemecká verzia	219
<i>Jaroslav Hromas:</i> Ľadové a paladové jaskyne v Českej socialistickej republike a ich ochrana (slovenská verzia)	225
nemecká verzia	231
<i>Dušan Kubíny:</i> Tektogenéza krasových útvarov v Západných Karpatoch. Tektogenéza ľadových jaskýň na Slovensku (slovenská verzia)	237
nemecká verzia	243
<i>Štefan Roda — Ladislav Rajman:</i> Referát o výskume vertikálnych ľadových útvarov v Silejkej ľadnici (slovenská verzia)	249
nemecká verzia	253
Odporečania medzinárodnej vedeckej konferencie k problematike Dobšinskéj ľadovej jaskyne (slovenská verzia)	257
ruská verzia	259
nemecká verzia	261
Zoznam účastníkov vedeckej konferencie v Dedinkách pri 100. výročí objavenia Dobšinskéj ľadovej jaskyne	263

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Людовит Тарноцы:</i> Научная конференция в Дединках у Гнилецкой плотины по случаю 100-летней годовщины открытия Добшинской ледяной пещеры (словацкая версия)	3
<i>Леонард Блага:</i> Добшинская ледяная пещера — 100 лет со дня ее открытия (словацкая версия)	5
русская версия	11
немецкая версия	19
<i>Йозеф Якал:</i> Морфология и генезис Добшинской ледяной пещеры (словацкая версия)	27
немецкая версия	35
<i>Штефан Петрович — Ян Шолтис:</i> Краткая характеристика микроклимата Добшинской ледяной пещеры (словацкая версия)	41
немецкая версия	49
<i>Мариан Пулина:</i> Типы льда в татранских пещерах (словацкая версия)	57
русская версия	71
<i>Альфред Бегли:</i> Пещера Гёллох (Hölloch) в период ледниковой эры плейстоцена (немецкая версия)	75
словацкая версия	79
<i>Губерт Триммель:</i> Лед в австрийских доступных пещерах (немецкая версия)	81
словацкая версия	87
<i>Густав Абель:</i> Ледяные пещеры в Зальцбургских Альпах (немецкая версия)	91
словацкая версия	95
<i>Вальтер Грессель:</i> Спелеометеорология и наличие льда в пещерах в области Альп (немецкая версия)	99
словацкая версия	103
<i>Рудольф Оэдль:</i> 50 лет метеорологии ледяных пещер (Эйзризенвельт) (немецкая версия)	107
словацкая версия	111
<i>Иштван Фодор:</i> Данные о микроклимате ледяных пещер (немецкая версия)	115
словацкая версия	127
<i>Франце Габе:</i> Ледяные пещеры в Словинском карсте (немецкая версия)	135
словацкая версия	147
<i>Владимир Попов:</i> Ледяные образования пещеры Леденика — Врачанска планина (русская версия)	151
словацкая версия	159
<i>Дорды Денеш:</i> Климатические наблюдения в Добшинской ледяной пещере, в первые 50 лет после ее открытия (немецкая версия)	163

словацкая версия	167
<i>Сречко Божичевич:</i> Ледяные пещеры в Хорватии (русская версия)	171
словацкая версия	177
<i>Миклош Гадорош:</i> Радиоактивность и ее накопление (немецкая версия)	181
словацкая версия	187
<i>Ян Отруба:</i> Метеорологические условия и обледенение в Деменовской ледяной пещере (словацкая версия)	193
английская версия	203
<i>Петер Мариот:</i> Возможности оценки роли пещер в туризме Словакии (словацкая версия)	213
немецкая версия	219
<i>Ярослав Громас:</i> Ледяные и псевдоледяные пещеры в Чешской Социалистической республике и их охрана (словацкая версия)	225
немецкая версия	231
<i>Душан Кубини:</i> Тектогенезис карстовых образований в Западных Карпатах. Тектогенезис ледяных пещер в Словакии (словацкая версия)	237
немецкая версия	243
<i>Штефан Рода — Ладислав Райман:</i> Доклад о исследовании вертикальных ледяных образований в Силицкой ляднице (словацкая версия)	249
Международная конференция к вопросу проблематики Добшинской ледяной пещеры (словацкая версия)	257
русская версия	259
немецкая версия	261
Список участников Научной конференции в Дединках по случаю 100-летнего юбилея открытия Добшинской ледяной пещеры	263

I N H A L T

<i>Ludovit Tarnócy:</i> Die wissenschaftliche Konferenz in Dedinky, anlässlich des 100. Jubiläums der Entdeckung der Eishöhle von Dobšiná (slowakische Version)	3
<i>Leonard Blaha:</i> Die Eishöhle von Dobšiná — 100 Jahre seit ihrer Entdeckung (slowakische Version)	5
russische Version	11
deutsche Version	19
<i>Jozef Jakál:</i> Die Morphologie und Genese der Eishöhle von Dobšiná (slowakische Version)	27
deutsche Version	35
<i>Štefan Petrovič — Juraj Šoltis:</i> Kurzgefaßte mikroklimatische Charakteristik der Eishöhle von Dobšiná (slowakische Version)	41
deutsche Version	49
<i>Marian Pulina:</i> Eistypen in den Tatra-Höhlen (slowakische Version)	57
russische Version	71
<i>Alfred Bögl:</i> Das Höolloch während der Kaltzeiten des Pleistozäns (deutsche Version)	75
slowakische Version	79
<i>Hubert Trimmel:</i> Das Eis der österreichischen Schauhöhlen und der Höhlenschutz (deutsche Version)	81
slowakische Version	87
<i>Gustav Abel:</i> Eishöhlen in den Salzburger Alpen (deutsche Version)	91
slowakische Version	95
<i>Walter Gressel:</i> Speläometeorologie und Eisvorkommen im Alpengebiet (deutsche Version)	99
slowakische Version	103
<i>Franz Robert Oedl:</i> 50 Jahre Eishöhlen-Meteorologie in der Eisriesenwelt (deutsche Version)	107
slowakische Version	111
<i>István Fodor:</i> Angaben über das Mikroklima in Eishöhlen (deutsche Version)	115
slowakische Version	127
<i>Franze Habe:</i> Die Tishöhlen im Slowenischen Karst (deutsche Version)	135
slowakische Version	147
<i>Vladimír Popov:</i> Die Eisformationen der Ledenik-Höhle auf dem Vrača-Plateau (russische Version)	151
slowakische Version	159
<i>György Dénes:</i> Klimatische Beobachtungen in der Eishöhle von Dobšiná in den ersten 50 Jahren nach ihrer Entdeckung (deutsche Version)	163

slowakische Version	167
<i>Srećko Božičević</i> : Die Eishöhlen in Kroatien (russische Version)	171
slowakische Version	177
<i>Miklós Gádoros</i> : Über die Radioaktivität in den Höhlen (deutsche Version)	181
slowakische Version	187
<i>Ján Otruba</i> : Die meteorologischen Bedingungen und die Vereisung in der Eishöhle von Demänová (slowakische Version)	193
englische Version	203
<i>Peter Mariot</i> : Die Möglichkeiten einer Beurteilung der Rolle der Höhlen im Reiseverkehr der Slowakei (slowakische Version)	213
deutsche Version	219
<i>Jaroslav Hromas</i> : Die Eishöhlen und Pseudoeishöhlen in der Tschechischen Sozialistischen Republik und ihr Schutz (slowakische Version)	225
deutsche Version	231
<i>Dušan Kubiny</i> : Die Tektogenese der Karstformationen in den Westkarpaten. Die Tektogenese der Eishöhlen in der Slowakei (slowakische Version)	237
deutsche Version	243
<i>Štefan Roda — Ladislav Rajman</i> : Bericht über die Erforschung der vertikalen Eisformationen in der Höhle Silická Ľadnica (slowakische Version)	249
deutsche Version	253
Empfehlungen der internationalen wissenschaftlichen Konferenz zur Problematik der Eishöhle von Dobšiná (slowakische Version)	257
russische Version	259
deutsche Version	261
Verzeichnis der Teilnehmer an der wissenschaftlichen Konferenz anlässlich des 100. Jubiläums der Entdeckung der Eishöhle von Dobšiná	263

C O N T E N T S

<i>Ludovit Tarnóczy:</i> Scientific Conference at Dedinky, at the Hnilec dam on the occasion of the centenary anniversary of Dobšiná ice cave (Slovak version)	3
<i>Leonard Blaha:</i> Dobšiná ice cave — 100 years since its discovery (Slovak version)	5
Russian version	11
German version	19
<i>Jozef Jakál:</i> The morphology and genesis of the Dobšiná ice cave (Slovak version)	27
German version	35
<i>Štefan Petrovič — Juraj Šoltis:</i> Brief microclimatic characteristics of the Dobšiná ice cave (Slovak version)	41
German version	49
<i>Marian Pulina:</i> Types of ice in the Tatra caves (Slovak version)	57
Russian version	71
<i>Alfred Bögli:</i> Höllnoch Cave during the glacial times of Pleistocene (German version)	75
Slovak version	79
<i>Hubert Trimmel:</i> Ice in the Austrian accessible caves (German version)	81
Slovak version	87
<i>Gustav Abel:</i> Ice caves in the Salzburg Alps (German version)	91
Slovak version	95
<i>Walter Gressel:</i> Speleometeorology and ice occurrence in caves in the Alp regions (German version)	99
Slovak version	103
<i>Rudolf Oedl:</i> Fifty years of meteorology at the ice caves Eisriesenwelt (German version)	107
Slovak version	111
<i>István Fodor:</i> Data to the microclimate of ice caves (German version)	115
Slovak version	127
<i>France Habe:</i> Ice caves in the Slovene Karst (German version)	135
Slovak version	147
<i>Vladimir Popov:</i> Ice configuration of Lednik Cave — Vračanská planina (Russian version)	151
Slovak version	159
<i>György Dénes:</i> Climatic observation at Dobšiná ice cave in the first 50 years after its discovery (German version)	163
Slovak version	167
<i>Srećko Božićević:</i> Ice cave in Croatia (Russian version)	171
Slowak version	177

<i>Miklós Gádoros:</i> Radioactive substances and their accumulation (German version)	181
Slovak version	187
<i>Ján Otruba:</i> Meteorological conditions and glaciation in the Demänová ice cave (Slovak version)	193
English version	203
<i>Peter Mariot:</i> Possibilities of judging the task of the caves in tourist traffic in Slovakia (Slovak version)	213
German version	219
<i>Jaroslav Hromas:</i> Glacial and postglacial caves in the Czech Socialistic Republic and their protection (Slovak version)	225
German version	231
<i>Dušan Kubiny:</i> Tectogenesis of Karst formations in the Western Carpathians. Tectogenesis of ice caves in Slovakia (Slovak version)	237
German version	243
<i>Štefan Roda → Ladislav Rajman:</i> Report on the research of the vertical ice configurations in Silická ice cave (Slovak version)	249
German version	253
Recommendations of the International Scientific Conference in respect of the problems connected with the Dobšiná ice cave (Slovak version)	257
Russian version	259
German version	261
List of participants of the Scientific Conference at Dedinky on the centenary anniversary of the discovery of Dobšiná ice cave	263

TABLE DES MATIÈRES

<i>Ludovít Tarnócy:</i> Sur la conférence scientifique tenue à Dedinky près du barrage Hnilická priehrada à l'occasion du centième anniversaire de la découverte de la grotte Dobšinská ľadová jaskyňa (en slovaque)	3
<i>Leonard Blaha:</i> La grotte de glace Dobšinská ľadová jaskyňa — centième anniversaire de sa découverte (en slovaque)	5
en russe	11
en allemand	19
<i>Jozef Jakál:</i> La morphologie et la génèse de la grotte de glace Dobšinská ľadová jaskyňa (en slovaque)	27
en allemand	35
<i>Štefan Petrovič — Juraj Šoltis:</i> Quelques mots sur le caractère du microclimat dans la grotte de glace Dobšinská ľadová jaskyňa (en slovaque)	41
en allemand	49
<i>Marian Pulina:</i> Les types de glace dans les grottes de la Tatra (en slovaque)	57
en russe	71
<i>Alfred Bögli:</i> La grotte Höllloch au cours de la période de glace du pléistocène (en allemand)	75
en slovaque	79
<i>Hubert Trimmel:</i> La glace dans les grottes autrichiennes ouvertes au public (en allemand)	81
en slovaque	87
<i>Gustav Abel:</i> Les grottes de glace dans les Alpes de Salzburg (en allemand)	91
en slovaque	95
<i>Walter Gressel:</i> La spéléométéorologie et la présence de la glace dans les grottes de la zone des Alpes (en allemand)	99
en slovaque	103
<i>Rudolf Oedl:</i> 50 ans de la météorologie des grottes de glace Eisriesenwelt (en allemand)	107
en slovaque	111
<i>István Fodor:</i> Les données sur le microclimat des grottes de glace (en allemand)	115
en slovaque	127
<i>France Habe:</i> Les grottes de glace dans le karst slovène (en allemand)	135
en slovaque	147
<i>Vladimir Popov:</i> Les formations de glace dans la grotte Lednika-plateau Vračanská planina (en russe)	151
en slovaque	159

<i>György Dénes:</i> Les observations climatiques dans la grotte de glace Dobšinská ľadová jaskyňa au cours des premiers 50 ans après sa découverte (en allemand)	163
en slovaque	167
<i>Srećko Božičević:</i> Les grottes de glace en Croatie (en russe)	171
en slovaque	177
<i>Miklós Gádoros:</i> Les substances radioactives et leur accumulation (en allemand)	181
en slovaque	187
<i>Ján Otruba:</i> Les conditions météorologiques et la glace dans la grotte de glace Dobšinská ľadová jaskyňa (en slovaque)	193
en anglais	203
<i>Peter Mariot:</i> Les possibilités d'évaluation du rôle des grottes dans le tourisme en Slovaquie (en slovaque)	213
en allemand	219
<i>Jaroslav Hromas:</i> Les grottes et les grottes de glace dans la République Socialiste Tchèque et leur protection (en slovaque)	225
en allemand	231
<i>Dušan Kubíny:</i> La tectogénèse des terrains de karst dans les Carpates Occidentales. La tectogénèse des grottes de glace en Slovaquie (en slovaque)	237
en allemand	243
<i>Štefan Roda — Ladislav Rajman:</i> L'exposé sur la présence des formations de glace verticales à Silická ľadnica (en slovaque)	249
en allemand	253
Les recommandations de la conférence internationale scientifique sur les problèmes concernant la grotte de glace Dobšinská ľadová Jaskyňa (en slovaque)	257
en russe	259
en allemand	261
La liste des participants — conférence scientifique tenue à Dedinky à l'occasion du centième anniversaire de la découverte de la grotte de glace Dobšinská ľadová jaskyňa	263

EDÍCIA VLASTIVEDNÉ ZBORNÍKY

Vedúci Jozef Štefko

SLOVENSKÝ KRAS IX

ZBORNÍK MÚZEA SLOVENSKÉHO KRASU

Vydalo Vydavateľstvo Osveta, n. p., Martin, pre Múzeum slovenského krasu v Lipt. Mikuláši
roku 1971

Obálku navrhol Ján Andel

Autori fotografií a kresieb: N. Andor, S. Božičević, M. Erdős, D. Kubíny, P. Mariot, J. Otruba,
Š. Petrovič — J. Šoltis, V. Popov, M. Pulina, E. Čapaj

Texty preložili: K. Balacenková (z ruštiny do slovenčiny a zo slovenčiny do ruštiny), J. Lumtzer
(zo slovenčiny do nemčiny), G. Horná a E. Droppová (z nemčiny do slovenčiny), K. Haltmar
(zo slovenčiny do angličtiny), J. Trnka (zo slovenčiny do francúzštiny), Ľ. Bartalská (z poľštiny
do slovenčiny)

Šéfredaktor vydavateľstva František Kalina
Zodpovedný redaktor Jozef Štefko
Korektorka Olga Laučoková

301 03 — 293/I-1971. Vydanie 1. Náklad 1000. Počet strán 280. 19,36 AH. 20,31 VH. Zadané
do tlače v decembri 1970. Vyhotovené v auguste 1971. Kníhtlačou vytlačili Tlačiarne
Slovenského národného povstania, n. p., závod Liptovský Mikuláš

70 - 052 - 71
03 Kčs 23,—

nov. 1989

6. jula 1995

25. seni 2003

• 9/ juna 1999

• 7 aprila 2007.