Tem. skupina 02/69
21-115-82
*Cena brož. výtisku 28,— Kčs*
509-21-827

# ČESKOSLOVENSKÝ KRAS

ROČNÍK 33

ACADEMIA • PRAHA

ČESKOSLOVENSKÁ AKADEMIE VĚD

# ČESKOSLOVENSKÝ KRAS

33

Vědecký redaktor:
RNDr. Vojen Ložek, DrSc.

Výkonná redaktorka:
RNDr. Jaroslava Loučková, CSc.

Zástupce kolektivu recenzentů:
RNDr. František Skřivánek

# ČESKOSLOVENSKÝ KRAS

ROČNÍK 33

ACADEMIA

NAKLADATELSTVÍ
ČESKOSLOVENSKÉ AKADEMIE VĚD

PRAHA 1982

© Academia, nakladatelství Československé akademie věd, 1982

# OBSAH

*Obrázek na obálce:* Přechod přes Kanály v hloubce 600 m v jeskyni Gouffre Berger. — Passing „Kanály" (channels) at a depth of 600 m in cave Gouffre Berger.

*Foto P. Hipman*

## ČLÁNKY

VOJEN LOŽEK: Jaroslav Petrbok a kras . . . . . 7
PETR HIPMAN: Názorné zobrazování složitějších jeskynních systémů (Graphic representation of more complex cave systems) . . . . . 13
JOSEF SLAČÍK: Příspěvek k chemismu primárních kalcitů v moravských jeskyních (Contribution to the chemism of primary calcites in Moravian caves) . . . . . 27
STANISLAV ONDRÁČEK: Vliv Moravského krasu na některé chemické a fyzikální vlastnosti vod v tocích povodí Říčky (The influence of the Moravian Karst on some physical-chemical water properties in the water courses of the Říčka River basin) . . . 35
JÁN DAROLA, VOJEN LOŽEK: Kvartérní fauna a stratigrafie převisu v rezervaci Brálie u Malých Kršteňan (The Quaternary fauna and stratigraphy of a rock-shelter in the State Nature Reserve Brálie near Malé Kršteňany) . . . . . 53
EMIL ŠÍPKA: Dynamika návštevnosti a sféry vplyvu slovenských jaskýň v decéniu 1970—1979 (The dynamics of visiting and the sphere of influence of Slovak caves in the decade 1970—1979). . . . . 69
PAVEL BOSÁK, IVAN HORÁČEK: Kvartérní sedimenty jeskyně Neidźwiedza v Klentně (Polsko) (Quartenary sediments in cave Niedźwiedza (Bear Cave) near Klentno — Poland) . . . . . 79

## ZPRÁVY

Dr. Anton Droppa, CSc., šedesátníkem (F. Skřivánek) . . . . . 91
Krasové jevy u Bezděčína (V. Pavlíček) . . . . . 92
Drobné nekrasové jeskyně v údolí Doubravy na Chotěbořsku (J. Vítek) . . . . . 93
Pseudokrasová jeskyně na severním úpatí Ralska (S. Tůma) . . . . . 94
Klemperka — jeskyně v CHKO Kokořínsko (V. Zimerman) . . . . . 97
Archeologický sběr ve studních plzeňského historického podzemí (V. Kuttan) . . . . . 98
Prolongace Srnčí jeskyně Moravském krasu (P. Glozar) . . . . . 101
Pobřežní krasové jevy neogenního stáří od Zbraslavce — okres Blansko (P. Bosák, Č. Nekovařík) . . . . . 103
Předběžná zpráva o výskytu netopýrů v puklinových jeskyních jihovýchodního Svitavska (J. Stacke, L. Urbánek) . . . . . 104
Z výzkumu pěnitcových převisů v rezervaci Ohniště v Nízkých Tatrách (V. Ložek) . . 106
Současné prohlubování závrtů a propastí na Plešivecké planině (S. Tůma) . . . . . 107
Ostrany u Rimavské Soboty — nové naleziště středopleistocenní fauny na Slovensku (I. Horáček, V. Ložek) . . . . . 108
Nové objevy v krasové oblasti Bejanské doliny (S. Tůma) . . . . . 109
Pěnovcová ložiska v Beňatiné na východním Slovensku a jejich subrozní systémy

(V. Pilous) . . . . . 113
Dějiny speleologie v Rakousku (F. Skřivánek) . . . . . 115
Adolf Schmidl, jeden ze zakladatelů speleologie (B. Kučera) . . . . . 119
Sverdlovští speleologové a jeskyně na Urale (F. Skřivánek) . . . . . 120

## LITERATURA

Atlasy Dachsteinské a Amatérské jeskyně (F. Skřivánek) . . . . . 122
T. Z. Kiknadze: Geologija, gidrogeologija i aktivnost izvestnjakovogo karsta (na primere Abchazii) (I. Turnovec) . . . . . 125
V. N. Dubljanskij, A. A. Lomajev: Karstovyje peščery Ukrajiny (B. Kučera) . . . . . 126
Michem Siffre: Dans les abîmes de la Terre (P. Ryšavý) . . . . . 126
J. E. J. Martini: Karst in Black Reef Quartzite near Kaapsehoop. Eastern Transvaal (P. Bosák) . . . . . 127

## ČASOPISY

Slovenský kras 1980 (F. Skřivánek) . . . . . 129
Kras i speleologia 1978 (J. Hromas) . . . . . 129
Karszt és Barlang 1979 (F. Skřivánek) . . . . . 131
Der Höhlenforscher 1980 (F. Skřivánek) . . . . . 131
Acta carsologica 1979 (J. Hromas) . . . . . 132
Die Höhle 1980 (F. Skřivánek) . . . . . 132
Laichinger Höhlenfreund 1980 (F. Skřivánek) . . . . . 133
Spelunca 1980 (F. Skřivánek) . . . . . 134
Sottoterra 1979 (F. Králík) . . . . . 135
International journal of speleology 1980 (B. Kučera) . . . . . 136
Bulletin of the National Speleological Society 1980 (B. Kučera) . . . . . 136
Proceedings University of Bristol speleological society 1980 (B. Kučera) . . . . . 137
Caves and caving 1980 (B. Kučera) . . . . . 137

## ORGANIZACE — VÝZKUM

Expedice Gruberhornhöhle 79 (R. Tásler) . . . . . 139
Evropská regionální speleologická konference v r. 1980 (F. Skřivánek) . . . . . 141
Zpráva o činnosti Geografického ústavu ČSAV v Moravském krasu za rok 1980 (J. Přibyl) . . . . . 144
Zpráva o činnosti České speleologické společnosti za rok 1979 (J. Hromas) . . . . . 146



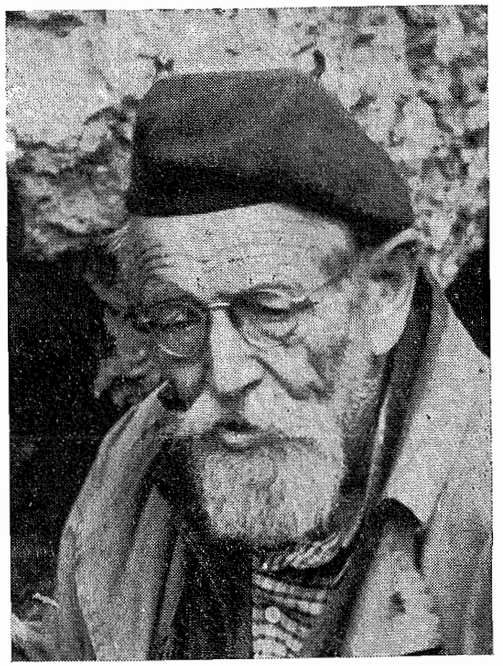


VOJEN LOŽEK

# JAROSLAV PETRBOK A KRAS

(Vzpomínka k stému výročí jeho narozenin)

Všichni příslušníci starší generace, kteří se kdy zajímali o kvartér, kras nebo prehistorii, mají v živé paměti Jaroslava Petrboka (25. 10. 1881—14. 12. 1960) jako svérázného badatele, přednašeče a popularizátora, který se po celý svůj dlouhý a plodný život věnoval měkkýšům i poznávání nejmladší geologické minulosti (Ložek 1962). Kras, a to především Český kras, zaujímal přední místo v rámci



jeho mnohostranných zájmů a dnes je vhodná chvíle k tomu, abychom z časového nadhledu zhodnotili význam jeho vědeckého i popularizačního díla.

Petrbok, pražský rodák, se začal zabývat měkkýši v době před I. světovou válkou, přičemž od počátku věnoval pozornost i kvartérní malakofauně. Byl to vliv J. F. Babora a zejména jeho díla „Měkkýši českého plistocaenu a holocaenu" (1901), které

bylo hlavním popudem k této Petrbokově činnosti. Do Českého krasu přivedl J. Petrboka podle jeho vlastních slov lékař Jan Axamít, který ho zapojil do svých archeologických vykopávek na Tetíně (Petrbok 1920) a ukázal mu i jiné pozoruhodné partie této oblasti, především hradiště Kotýz. A pak již následuje nepřetržitá řada výzkumů, především v jeskyních, ve spolupráci s archeology (A. Stocký, L. Hájek) a později i samostatných s cílem získat především fosilní měkkýše (Petrbok 1934, 1941). Okruh jeho zájmů zůstával však přitom velmi široký, od přírodních věd až po prehistorii, a tak se nelze divit, že Petrbok již na počátku své činnosti poznal význam přírodních hodnot Českého krasu. Svědčí o tom celá série populárních

článků v tisku dvacátých let s titulky „Zachraňte Český kras" (Letem světem 1929), Českým Krasem (Nová Praha 1928), Český Kras (Pestré květy 1929, České slovo 1924) i mnohé články a veřejné přednášky z pozdější doby, zejména celý seriál zpráv o různých zajímavostech Českého krasu uveřejňovaný především v Národní politice. Lze právem říci, že to byl hlavně J. Petrbok, kdo má zásluhu na tom, že se název Český kras tak vžil v okruhu širší veřejnosti a že se toto mimořádně cenné území stalo obecně známým pojmem. Přispěl tak i k vyhlášení Českého krasu za chráněnou krajinnou oblast se sítí světově významných velkých rezervací a je jen litovat, že se toho sám nedožil.

Ale vraťme se k jeho vědecké činnosti. Jak jsme již řekli, byly to jeskyně Českého krasu a jejich paleontologický a archeologický obsah, který Petrboka vlastně do



krasu přivedl. O píli a soustavnosti, s jakou se do tohoto fyzicky namáhavého výzkumu pustil, svědčí dlouhá řada uveřejněných prací, počínající ve dvacátých letech a končící celkovým souhrnem z r. 1956. Zde najdeme téměř vyčerpávající seznam všech jeho příspěvků k této problematice, včetně novinových článků. Jeho objevnou činnost hodnotí z hlediska archeologického monografie J. Fridricha a K. Sklenáře (1976).

Jeskyním zůstal Petrbok věrný po celý život a také svou práci v jeskyni skončil. Poslední léta totiž strávil výzkumem paleontologicky velmi bohaté a zajímavé Chlupáčovy sluje na Kobyle, z něhož ho vytrhla až jeho smrt. Šíře jeho zájmů mu však nedovolila, aby se zajímal jen o jeskyně. Brzy se začaly objevovat i práce o ostatních druzích fosiliferních sedimentů v krasu, především o pramenných vápencích, svahovinách i nivních sedimentech — prostě o všech uloženinách obsahujících nějaký paleonotologický nebo archeologický materiál. Příkladem uveďme jen jeho poznatky o holocenních „terasách" větších potoků a jejich malakofauně.

Petrbok se ovšem neomezil jen na Český kras — ten byl jeho základnou a východištěm, jakýmsi cvičným terénem, kde načerpal první zkušenosti, které pak uplatňoval jak na území Československa tak i daleko za hranicemi, třeba v Bulharsku nebo v tehdejší Palestině, kam podnikl řadu cest. Zde se ovšem zmíníme především o našich krasech. — Poměrně málo pozornosti věnoval krasovým územím Moravy, ač právě odtud pocházejí některé jeho významné objevy, jako první nález interglaciálního druhu *Soosia diodonta* (Fér.) na našem území, popis vymřelého staropleistocenního druhu *Helicigona capeki* (Petrbok, 1922) ze známého naleziště na Stránské skále u Brna i druhu z pliopleistocenního rozhraní *Gastrocopta/Vertigopsis/ moravica* (Petrbok, 1959) z Hlubné u Ochozu. Celkem okrajově se dotkl i Pálavy, kde se spíše věnoval spraším v okolí Pavlova, Dol. Věstonic a Bulhar, zatímco z vlastních vápenců uveřejnil jen několik nálezů, zvláště z Turoldu.

Daleko rozsáhlejší byla však jeho činnost v krasových oblastech Slovenska, kde se věnoval zejména výzkumu pramenných vápenců. Pracoval především ve Slovenském krasu a na Spiši (Petrbok 1937), dále na Liptově, na západě pak hlavně v okolí Trenčianských Teplic (Petrbok 1936). Zvláštní zmínky si zaslouží interglaciální fauna s *Helicigona capeki* (Pbk) od Gombaseku ve Slovenském krasu (Petrbok 1932).

Petrbok byl především neúnavný terénní badatel, který se snažil objevit a podchytit co největší počet lokalit. Jistě v tom hrála úlohu i okolnost, že neměl po ruce prostředky k velkým výkopům. Proto se jen v omezené míře věnoval větším soustavným výzkumům na jednom nalezišti. Byly to zejména tři významné lokality v Českém krasu, které se snažil zpracovat monograficky — jeskyně Nad Kačákem, odkud popsal kulturu z počátku mladého paleolitu pod názvem lartetien (Petrbok 1944), Chlum u Srbska, v jehož slujích zjistil pozoruhodnou obratlovčí faunu s *Trogontherium schmerlingi* (Petrbok 1941, 1947), a posléze Chlupáčova sluj na Kobyle u Koněprus, kam neúnavně zajížděl kopat v posledních letech svého života a odkud uveřejnil řadu nálezů, aniž se již dostal k souhrnnému zpracování (srv. Kovanda 1973).

Poznatky, které získal v krasových oblastech, srovnával s výsledky z jiných území a výrazně je uplatnil ve všech svých dílech širšího zaměření, která se týkala především kvartérních měkkýšů a kvartéru vůbec. Rozsah naší vzpomínky nedovoluje zabíhat do podrobností, neboť Petrbokovo dílo je tak rozsáhlé a rozmanité, že jeho soustavnější rozbor by si vyžádal mnohastránkovou publikaci.

Bude proto účelnější, pokusíme-li se shrnout jeho význam pro dnešní výzkum krasu i kvartéru. Období činnosti J. Petrboka u nás nesporně představuje významnou fázi výzkumu na tomto poli. To ostatně dokládá výčet Petrbokových prací dosahující

mnoha set položek. Petrbok ovšem užíval metod poplatných své době, které současným požadavkům již dávno nemohou vyhovět, neboť neberou v úvahu řadu kritérií, kterým dnes přikládáme značný význam. Je tedy naším úkolem vybrat z jeho díla to, co je trvalým přínosem, a pominout, co se již přežilo, jak si Petrbok sám ostatně výslovně přál. Hlavní jeho zásluhy lze z dnešních hledisek shrnout zhruba v těchto bodech:

— Ukázal význam vápnitých uloženin s fosilními měkkýši, kostmi a archeologickými památkami pro studium kvartéru a především holocénu, jehož poznání se do té doby celkem jednostranně opíralo o paleobotanické rozbory bažinných a limnických uloženin, které odpovídají jen určitému vyhraněnému prostředí a nezachycují stav v teplých suchých oblastech, tedy i ve většině krasů.

— Ukázal dále, že právě tyto uloženiny jsou v nejvyšší pestrosti a s nejvyšším bohatstvím nálezů vyvinuté v krasových územích, která tak představují prakticky nevyčerpatelný zdroj údajů o vývoji v nejmladší geologické minulosti včetně vztahu mezi přírodou a lidskou společností.

— Prokázal mimořádnou hodnotu Českého krasu jako oblasti bohatých nalezišť kvartérní fauny i archeologických památek, která je tím přímo předurčena stát se modelovým územím pro krajinně historický výzkum.

— Má hlavní zásluhu o to, že se Český kras stal pojmem známým v širší veřejnosti, odborné i laické, což nepochybně usnadnilo jeho vyhlášení za chráněnou krajinnou oblast.

Nesmíme ani zapomenout, že se rovněž zasloužil o poznání podrobné topografie této oblasti, především tím, že pojmenoval četné jeskyně a upozornil na významné terénní útvary.

Nejcennější odkaz, který nám zanechal, nutno však vidět v tom, že dal příklad, jak i s malými prostředky lze mnoho vykonat, máme-li svou práci rádi a jsme-li ochotni něco obětovat pro její cíle.

## Literatura

Pozn.: Rozsah nám dovoluje uvést jen omezený výběr prací J. Petrboka, který doplňujeme těmi díly jiných autorů, kteří z Petrboka vycházejí a uvádějí podrobné výčty citací jeho příspěvků. Tyto práce jsou označeny*.


BABOR J. F. (1901): Měkkýši českého plistoceaenu a holocaenu. — Archív pro přídorovědec. prozkoumání Čech 11 : 5 : 1—82. Praha.

FRIDRICH J., SKLENÁŘ K.* (1976): Die paläolithische und mesolithische Höhlenbesiedlung des Böhmischen Karstes. — Fontes Archaeologici Pragenses 16 : 122 S., Taf. I—XXXV, Beil. I—XXXII. Praha.

KOVANDA J.* (1973): Výzkumy výplně Chlupáčovy sluje u Koněprus. — Sborník geologických věd, ř. A-Antropozoikum 9: 131—148, př. I—IV Praha.

LOŽEK V.* (1955): Měkkýši československého kvartéru. — Rozpravy Ústřed. ústavu geologického 17; 510 str., 3 př., tab. I—XII. Praha.

— (1962): Jaroslav Petrbok a jeho význam pro československou kvartérní geologii. — Anthropozoikum 11 : 7—11, tab. I—II, 1 př. Praha.

PETRBOK J. (1920): Měkkýši Turské maštale a Tetína. — Časopis Musea Království českého 94 : 118—121. Praha.

— (1922): Zur Kenntnis der pleistozänen Mollusken aus Mähren, Tschechoslowakei. — Archiv f. Molluskenkunde 54 : 1 : 12—17. Frankfurt a.M.

— (1932): Eine Mollusken-Fauna von Gombasek (Slowakei) aus der Riss-Würm-Zeit. — Tamže, 64 : 3 : 112—116.

— (1934): Die Mollusken der böhmischen Karsthöhlen. — Tamže, 66 : 2 : 99—104.

— (1936): Kvarterní měkkýši Trenčína, Trenčianských Teplic a okolí. — Rozpravy II. tř. Čes. akademie 45 : 13 : 14 str. Praha.





— (1937): Měkkýši travertinů slovenského Krasu, Gánovců s okolím, Spiše a Ružbachů. — Tamže, 46 : 5 : 16 str.

— (1941a) : Die Mollusken der böhmischen Karsthöhlen. II. Mitteilung. — Archiv f.Molluskenkunde 73 : 5—6 : 186—191. Frankfurt a. M.

— (1941b) : Čtvrtá sluj jeskyně na Chlumu u Srbska (Zpráva předběžná). — Zprávy geolog. ústavu pro Čechy a Moravu 17 : 2—3 : 97—100. Praha.

— (1944) : Stratigrafická chronologie paleolitických vrstev „Jeskyně nad Kačákem". — Rozpravy II. tř. Čes. akademie 53 : 2 : 16 str., tab. I—XV. Praha.

— (1947) : Paleolitický nález ve „Čtvrté sluji" kopce Chlumu u Srbska. — Časopis Národ. musea, odd. duchovědný 116 : 21—25. Praha.

— (1956) : Český kras ve výzkumu do roku 1950. — Anthropozoikum 5 : 9—46, tab. I—XX. Praha.

— (1959) : K seznání pleistocénních měkkýšů Moravy. — Časopis pro mineralogii a geologii 4 : 1 : 96—98, tab. XV. Praha.

PETR HIPMAN

# NÁZORNÉ ZOBRAZOVÁNÍ SLOŽITĚJŠÍCH JESKYNNÍCH SYSTÉMŮ

Průběh a tvar jeskynních prostorů se ve speleologické topografii zpravidla zpracovává a zobrazuje způsobem pravoúhlého promítání ve dvou pohledech: v půdoryse a v podélném řezu. U složitějších jeskyní, členitých horizontálně i vertikálně, je k vytvoření správné představy o jejím průběhu, souvislostech a návaznostech jednotlivých chodeb potřebná syntéza obou základních pohledů, (půdorysu a podélného řezu). Ta však vyžaduje dobrou představivost a praxi v promítání pohledů. Takovéto požadavky však nemůžeme klást na širší veřejnost, kterou prostřednictvím populárních publikací a přednášek chceme seznámit s určitou jeskyní nebo s naší činností v této jeskyni.

Pro tyto účely platí zásada, že čtenář populární publikace si z přiloženého plánku jeskyně musí bez většího úsilí, téměř na první pohled, vytvořit dobrou představu. Pokud čtenáři předložíme znázornění ve dvou pohledech, obyčejně nevěnuje srovnání obou pohledů dostatečnou pozornost a vytvoří si jen zkreslenou představu. Proto se autoři populárních článků snaží zobrazovat jeskyně jedním pohledem. Ze dvou základních pohledů (půdorysu nebo podélného řezu) si vybírají ten, jehož průmětna je rovnoběžná s rovinou, v níž je vyvinuta převážná část chodeb jeskyně. Tak totiž získáme obraz nejméně zkreslený a s nejmenším výskytem překrývání obrysů chodeb. Horizontální jeskyni zobrazíme nejlépe v půdoryse, naopak vertikální systém vystihneme nejlépe svislým řezem.

Před obtížným úkolem však stojí autor v případě znázornění komplikovaného podzemního systému s velkým výškovým rozpětím, s několika větvemi a spletí horizontálních chodeb. Pro znázornění výškových relací je nutné takovouto jeskyni kreslit v podélném řezu. Jednotlivé její větve, (vybíhající různými směry), musíme sklápět do jediné nákresné roviny, což však často vede k překrývání obrysů některých chodeb. Potom není jiné východisko, než určité části chodeb zkracovat, idealizovat, deformovat nebo vypouštět, a výsledný obraz proto nevystihuje všechny souvislosti jeskyně.

I pro odborné účely někdy nutně potřebujeme jediný přehledný obrázek jeskyně. Uvedu několik příkladů použití:

| | |
|---|---|
| — pro vyznačení kontinuity | — režimu proudění vzduchu v jeskyni<br>— sítě vodních toků v jeskyni |
| — pro vyznačení tras | — trasy postupu speleologického družstva<br>— trasy podzemní exkurze<br>— trasy elektrického nebo telefonního vedení atd. |

Nové možnosti v řešení uvedené problematiky přináší axonometrické promítání. Upozornil na ně již Jiří Jedlička ve Slovenském krasu XIV (1976), kde jako příklad

předkládá prostorové vyznačení 30bodového polygonového tahu propasti Brázda. Dosud jsme se však s tímto názorným způsobem zobrazování setkali v naší speleologii jen výjimečně. Hlavní příčinou bylo jistě zdlouhavé a pracné zhotovování axonometrického průmětu grafickým nebo manuálně početním způsobem.

Naproti tomu ve státech s největší speleologickou tradicí (Francie, Itálie) nejsou axonometrické obrázky jeskyní žádnou zvláštností. V průběhu návštěvy speleologického tábora v Ligurských Alpách jsme například viděli, jak italský speleolog zjednodušenou grafickou metodou rutinovaně a velmi rychle nakreslil prostorový obraz právě objevené jeskyně.

S rozvojem československé speleologie v posledním desetiletí došlo i k objevům komplikovaných horských jeskynních systémů na území naší republiky. Snaha zobrazit co nejnázorněji tyto vertikálně i horizontálně členité útvary mne přivedla k praktickému řešení axonometrického průmětu jeskyně. Pracné vynášení složité polygonové sítě klasickou metodou se použitím výpočtové techniky podařilo nahradit produktivním matematickým zpracováním. Například v případě jeskyně V Záskočí bylo potřebné zpracovat polygonovou síť s 927 body, k čemuž stolní počítač potřeboval jen několik minut, a to včetně nakreslení výsledného průmětu polygonové sítě. Nemusím snad uvádět, jak velké úsilí by si vyžádalo nakreslení axonometrického průmětu takové sítě klasickou metodou.

V této zprávě předkládám popis zhotovení axonometrického pohledu jeskyně s využitím stolního počítače, vybaveného souřadnicovým zapisovačem.

### *Princip axonometrického zobrazování jeskyně*

Každá jeskyně je tvarově složitý prostorový útvar, který zaměřujeme jím proloženou polygonovou sítí.

Všimněme si nejdříve pravoúhlého promítání. Část měřičských údajů — jsou to směry polygonových tahů — odečítáme při měření přímo v hrizontální rovině — v rovině rovnoběžné s průmětnou půdorysu. Získáme tak přímo nezkreslený směrový úhel pro vynášení polygonového tahu v půdoryse. Také druhý údaj, půdorysnou délku polygonového tahu, získáme jednoduchou redukcí (úhlem sklonu) z naměřené (skutečné šikmé) délky tahu. Podobně je jednoduché i vynášení podélného rozvinutého řezu (řezu vedeného zalomeně po polygonových bodech). Naměřené údaje — sklon a délka tahu — se přímo nanášejí do průmětny řezu.

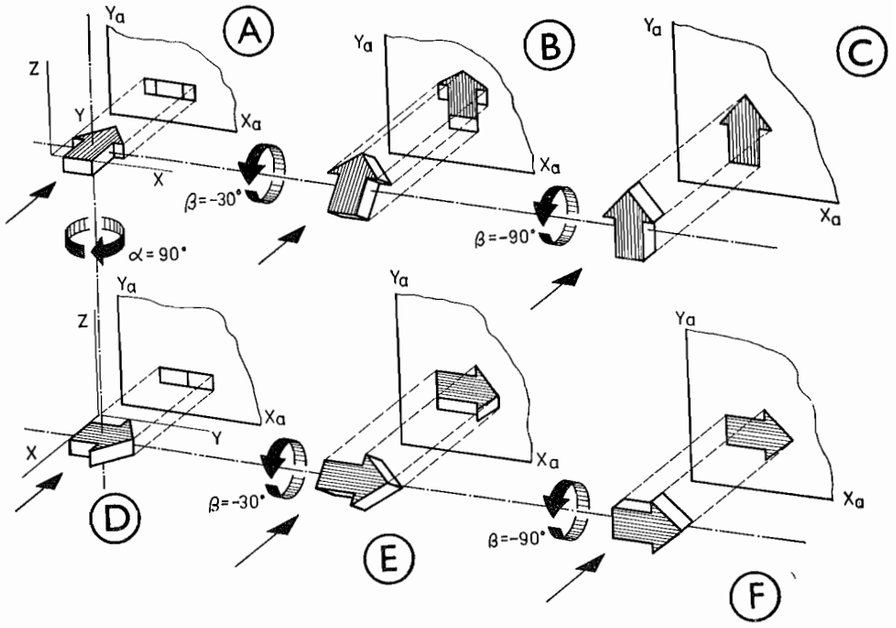
Použitím nenáročných grafických a matematických úkonů tak jednoduše vypracujeme oba pohledy pravoúhlého promítání. Aby se vyhnuli nepřesnostem grafického vynášení, provádějí svědomitější dokumentátoři výpočet souřadnic každého polygonového bodu. V horizontální rovině (v půdoryse) je to souřadnice X, směřující na východ, a souřadnice Y, směřující na sever. Vertikální souřadnicí Z je relativní nebo nadmořská výška jednotlivých bodů.

Pokud máme celou polygonovou síť, souřadnicemi takto podchycenou, můžeme ji natáčet a matematickými úkony — transformací souřadnic — získat nejen její průměty pravoúhlého promítání, ale i jakýkoliv průmět axonometrický.

Obrázky A—F ukazují princip zmíněného natáčení polygonové sítě a tak vznikajících průmětů. Pro výklad používám model uzavřené polygonové sítě, probíhající po všech hranách tělesa tvaru šipky. Vyšrafovaná plocha šipky leží v horizontální rovině svojí souřadnicové soustavy a špička šipky směřuje na sever (ve směru osy Y).

Výchozí poloha modelu polygonové sítě (dále budu používat výraz „šipka") před průmětnou je znázorněna na obrázku A. Před axonometrickou průmětnu, ohraničenou osami $X_a$ a $Y_a$, umístíme šipku do polohy kolmé na průmětnu, kdy osa $X$ je rovnoběžná s osou $X_a$ a osa $Z$ je rovnoběžná s osou $Y_a$. Jde o běžnou polohu při pravoúhlém promítání. Průmětem je nárys — pro nás svislý řez jeskyní (šipkou) na rovinu východ — západ.

Pokud šipku před průmětnou vyklopíme okolo osy rovnoběžné s osou $X_a$ axonometrické průmětny, například o úhel $\beta = -30°$ (při změně proti směru hodinových




Princip natáčení polygonové sítě jeskyně před průmětnou a tím vznikající průměty. — Principle of revolving polygonal cave netwrok before the piture plane, and the resulting pojections.

ručiček má úhel zápornou hodnotu), získáme už axonometrický průmět šipky (viz obrázek B). Ten nám však nemusí vyhovovat, protože určité části jeskyně se v této poloze mohou překrývat. Potřebovali bychom jeskyni natočit do jiné polohy.

Vraťme se proto k výchozí poloze na obrázku A. Šipku natočíme okolo osy rovnoběžně s osou $Z$, například o úhel $\alpha = 90°$ (viz obrázek D). Promítnutím na axonometrickou průmětnu získáme jiný pravoúhlý průmět — tentokrát svislý řez jeskyní na rovinu sever — jih. Potom vyklopením, například o úhel $\beta = -30°$ (viz obrázek E), získáme opět axonometrický pohled šipky, ale jinak otočený než na obrázku B. Libovolnou kombinací úhlů $\alpha$ a $\beta$ můžeme jeskyni natočit a vyklopit tak, abychom obdrželi optimální axonometrický pohled.

Všimněme si ještě případu na obrázku C, kdy při úhlech $\alpha = 0°$, $\beta = -90°$

získáme půdorys jeskyně. Ten obdržíme i na obrázku F ($\alpha = 90°$, $\beta = -90°$), ale otočený o 90° ve směru hodinových ručiček.

Uvedený systém natáčení a vyklápění splňuje i důležitý požadavek, aby osa $Z$ souřadnicové soustavy šipky se do axonometrické průmětny promítla vždy jako svislice (rovnoběžka s osou $Y_a$), pochopitelně s výjimkou půdorysu, kdy se jeví jako bod. Pokud bychom totiž dovolili úplně obecné prostorové natočení jeskyně, mohlo by se stát, že vertikály v jeskyni (propasti) by na axonometrickém průmětu nebyly svislé, ale šikmé.

### *Zpracování axonometrického průmětu výpočtovou technikou*

Promítnutí prostorově natočené jeskyně na axonometrickou průmětnu provedeme výhodně pomocí výpočtové techniky. Nebylo by sice obtížné zhotovit průmět několikabodové polygonové sítě klasickou grafickou metodou, ale ve speleologické topografii téměř vždy potřebujeme zpracovat složitou síť s velkým počtem bodů. Navíc potřebujeme zhotovit několik průmětů z různého natočení jeskyně, abychom si mohli vybrat optimální axonometrický pohled.

Matematicky provedeme průmět transformací souřadnic z původní trojosové prostorové soutavy jeskyně, natočené a vyklopené do plošné dvojosové soustavy axonometrické průmětny.

Níže popsané zpracování axonometrických průmětů bylo provedeno na stolním počítači HP 9830 A a grafický výstup se uskutečnil na souřadnicovém zapisovači HP 9862 A. Zpracování probíhá podle následujícího programu, sestaveného v jazyku Basic:

```
 10  DEG
 20  DISP „UHEL ALFA A BETA V ST.“;
 30  INPUT B, C
 40  B1 = SIN B
 50  B2 = COS B
 60  B3 = SIN C
 70  B4 = COS C
 80  DISP „K1, K2, K3, K4“;
 90  INPUT K1, K2, K3, K4
100  I = 0
110  R1 = R3 = 1E + 99
120  R2 = R4 = —1E + 99
130  IF I # 1 THEN 250
140  I = 1
150  S1 = R4 — R3
160  S2 = R2 — R1
170  P = S1/S2
180  X1 = (10/7 * S1 — S2) / 2
190  X2 = (0 . 7 * S2 — S1) / 2
200  P1 = R1 — X1 * (P > 0 . 7)
210  P2 = R2 + X1 * (P > 0 . 7)
220  P3 = R3 — X2 * (P < 0 . 7)
230  P4 = R4 + X2 * (P < 0 . 7)
240  SCALE P1, P2, P3, P4
```



```
250  RESTORE
260  PEN
270  READ Z, X, Y
280  IF Z > = 0 THEN 310
290  PEN
300  Z = —Z
310  A = (X * K1 * B2 + Y * K2 * B1) * K4
320  D = —(—X * K1 * B1 + Y * K2 *B2) * B3 + Z * K3 * B4
330  IF I = 1 THEN 390
340  R1 = R1 * (A > = R1) + A * (A < R1)
350  R2 = R2 * (A < = R2) + A * (A > R2)
360  R3 = R3 * (D > = R3) + D * (D < R3)
370  R4 = R4 * (D < = R4) + D * (D > R4)
380  IF I # 1 THEN 270
390  IF A  < R1 OR A > R2 OR D < R3 OR D > R4 THEN 260
400  PLOT A, D
410  GOTO 270
420  332, 100, 200
421  331 . 71, 109 . 18, 203 . 9
422  332 . 47, 116 . 75, 207 . 06
423  331 . 83  ... atd.
až
n    361 . 38, 442 . 79, 322 . 8
n + 1 END
```

Řádky 10 až 410 tvoří příkazovou část programu. Následující řádky, tj. 420 až n, jsou tzv. DATA — vstupní hodnoty pro výpočet. Jsou to hodnoty souřadnic bodů polygonové sítě jeskyně. Na posledním řádku (tj. n + 1) je příkaz END — konec programu.

Nyní si probereme nejdůležitější etapy manipulace s počítačem až po zhotovení výsledného průmětu polygonové sítě.

a) Vstupní údaje: Vnášení vstupních hodnot do počítače je časově nejnáročnější. Složitá polygonová síť má totiž velké množství údajů, které musíme vyklepat na klávesnici počítače a tak zanést do jeho paměti. Hodnoty souřadnic každého polygonového bodu zapisujeme v pořadí $Z$, $X$, $Y$ na samostatný řádek. Logicky začínáme prvním bodem v jeskyni (vchodem) a průběžně zaznamenáváme celý polygonový tah až na jeho konec (například hlavní tah od vchodu až na nejvzdálenější místo jeskyně).

Potom zapisujeme vedlejší tahy od odbočení z hlavního tahu až na nejvzdálenější konec. Na prvním řádku každé nové větve dáme před údaj souřadnice $Z$ záporné znamínko.

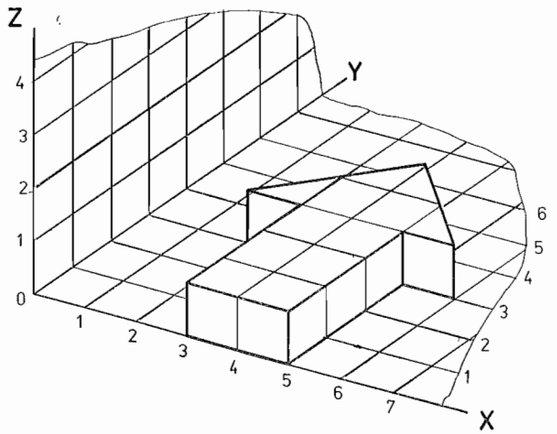
Manipulaci se vstupními údaji si nejlépe uvědomíme a ověříme na modelu naší šipky. Úkolem je opsat všechny hrany šipky polygonovými tahy, přičemž se budeme snažit vytvořit jeden tah co nejdelší (hlavní). Soubor vstupních údajů pro zpracování axonometrického průmětu šipky, znázorněné na obrázku, je například následující:

```
420   1, 3, 0        435    0, 3, 0
421   1, 5, 0        436   —1, 5, 0
422   1, 5, 3        437    0, 5, 0
423   1, 6, 3        438   —1, 5, 3
424   1, 4, 5        439    0, 5, 3
```

| | | | |
|---|---|---|---|
| 425 | 1, 2, 3 | 440 | —1, 6, 3 |
| 426 | 1, 3, 3 | 441 | 0, 6, 3 |
| 427 | 1, 3, 0 | 442 | —1, 4, 5 |
| 428 | 0, 3, 0 | 443 | 0, 4, 5 |
| 429 | 0, 5, 0 | 444 | —1, 2, 3 |
| 430 | 0, 5, 3 | 445 | 0, 2, 3 |
| 431 | 0, 6, 3 | 446 | —1, 3, 3 |
| 432 | 0, 4, 5 | 447 | 0, 3, 3 |
| 433 | 0, 2, 3 | 448 | END |
| 434 | 0, 3, 3 | | |

V případě velkého zmenšení výsledného obrazu je zbytečné udávat všechny body polygonové sítě. Vynecháme ty body, které nemají vliv na výsledný tvar obrazu, například body ležící přibližně v přímce nebo následující těsně za sebou.

Axonometrický průmět jeskyně můžeme zpracovat i v případě, že nemáme k dispozici měřičské údaje a tím ani souřadnicové hodnoty. Odvodíme je z plánu jeskyně: z půdorysu a podélného řezu, popřípadě jen z půdorysu s výškovými údaji. Do obrysu chodeb na plánu si vkreslíme vlastní polygonovou síť a souřadnice jejich bodů odměříme.




Model šipky v souřadnicové soustavě. Z obrázku odečteme soubor souřadnicových údajů pro program počítače. — Model of arrow in the coordinate system. Coordinate data read from graph are lolooded into computer.

Není vyloučené, že se při vkládání vstupních údajů nedopustíme chyb (překlepů), které nám mohou uniknout. Většinu chyb zjistíme vizuálně na výsledném obraze. Projeví se absurdním vybočením některého polygonového bodu z logického sledu. Každopádně však provádíme kontrolu ještě před grafickým výstupem. Po ukončení programové části si tiskárnou počítače necháme vypsat všechny vstupní údaje. Výpis potom v klidu porovnáme s údaji v našem měřičském zápisníku a zjistěné chyby dodatečně v programu opravíme.

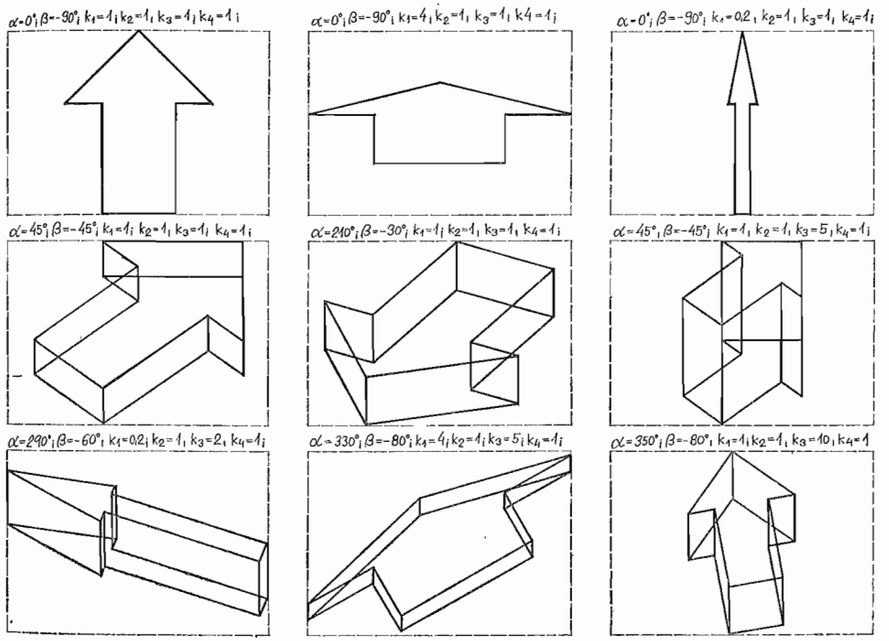
Podle složitosti polygonové sítě může vnášení údajů do počítače trvat i několik dní. Před skončením každé směny musíme dříve než počítač vypneme, už hotovou



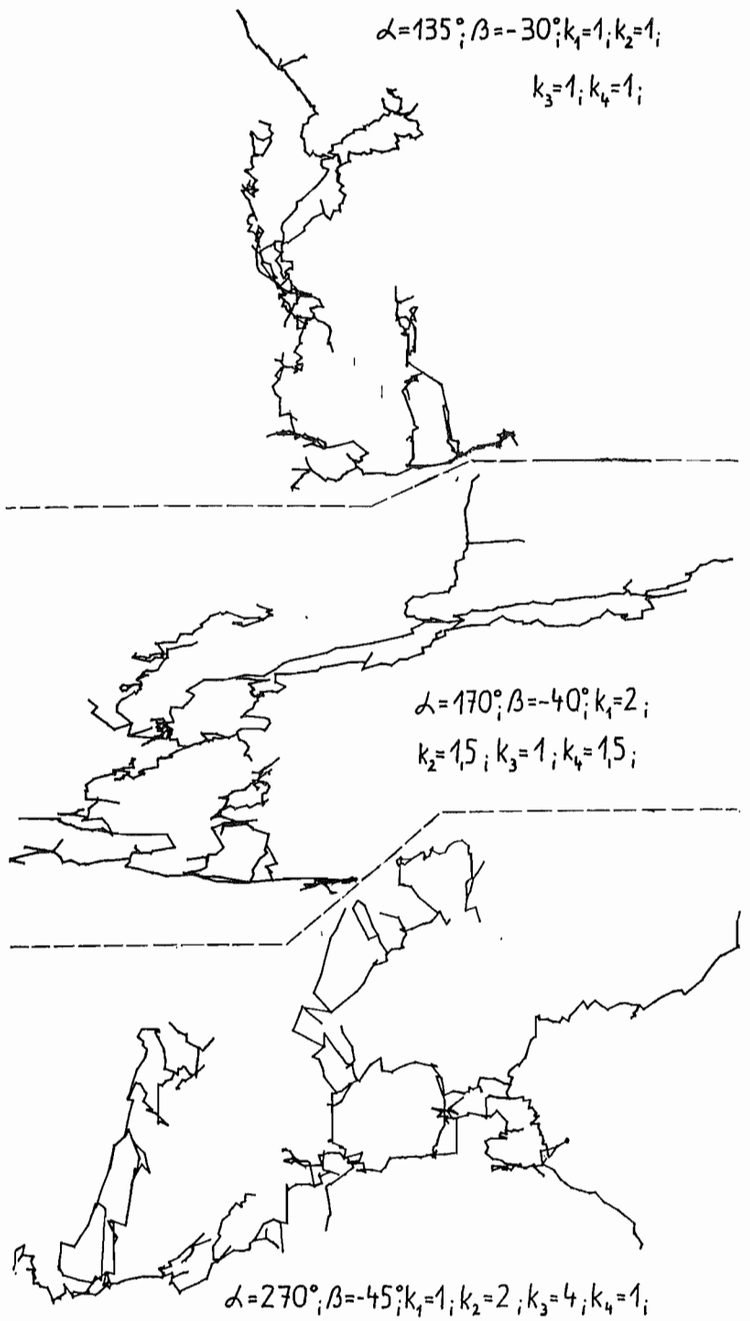
část programu uložit do vnější paměti. Nejvýhodnější je magnetický záznam na kazetovou pásku. Po ukončení programu máme na magnetofonové pásce zaznamenán matematicky určený tvar celé polygonové sítě jeskyně. Tento záznam můžeme kdykoliv zpětně vložit do počítače k vyhotovení axonometrických průmětů.

b) Zpracování údajů a grafický výstup. Vlastní zpracování údajů a vykreslení výsledného průmětu na souřadnicovém zapisovači probíhá velmi rychle. Nejdříve vložíme program s kompletním souborem vstupních údajů z magnetofonového záznamu (nebo z děrné pásky) zpět do paměti počítače. Před zpracováním údajů si od nás počítač vyžádá ještě proměnné vstupní údaje. Jsou to především úhly $\alpha$ a $\beta$, kterými polygonovou síť jeskyně natočíme před axonometrickou průmětnou (viz obrázky A—F) do požadované polohy. Při prvním zpracování volíme oba úhly odhadem, na základě naší představy o nejvýhodnějším směru pohledu na jeskyni.

Další údaje, o nichž zatím nebyla zmínka, jsou koeficienty $k_1$ až $k_4$. Koeficienty $k_1$ a $k_2$ slouží k prodloužení souřadnicových hodnot polygonové sítě jeskyně ve směru os $X$ a $Y$. Stejnou funkci, tzv. převýšení, má koeficient $k_3$ ve směru osy $Z$. S funkcí převýšení jsme se již v praxi setkali při pravoúhlém promítání. Převýšení někdy používáme při kreslení svislého řezu, a to pro zdůraznění výškových relací v jeskyni. Jak vidíme, je tedy jeskyni možné před axonometrickou průmětnou nejen libovolně natáčet, ale pro přehlednost zvýraznit její členitost a rozměrové relace ve směru os $X$, $Y$ a $Z$.




Příklady průmětů modelu šipky vzniklé různým natáčením před axonometrickou průmětnou. Průměty vykreslil souřadnicový zapisovač počítače. — Examples of projections of model arrow resulting from different revolving before axonometric plane of projectin. Projections drawn by computer graph plotter.






Koeficientem $k_4$ se prodlužují výsledné souřadnice $X_a$ na axonometrické průmětně, a tak měníme poměr stran výsledného obrazu. Například příliš dlouhý obraz můžeme tímto způsobem zúžit do formátu s poměrem stran nejvhodnějším pro účely publikování. Příklady výsledných obrazů naší šipky (viz obrázek) ukazují, jaký vliv má změna výše uvedených vstupních údajů $\alpha$, $\beta$ a $k_1$ až $k_4$. Chci tím především zdůraznit, že jejich vhodnou volbou máme možnost dopracovat se k optimálnímu axonometrickému obrazu určité jeskyně.

Po zadání proměnných vstupních údajů počítač vypočítá výsledné souřadnice $X_a$ a $Y_a$ axonometrického průmětu.

(Poznámka: po skončení výpočtu počítač oznámí „ERROR ...". V tomto případě nejde o chybu. Po našich pokynech CONT 140 a EXECUTE se uvede do činnosti souřadnicový zapisovač). Souřadnicový zapisovač, napojený na výstup počítače, potom vynáší jednotlivé body (dané souřadnicemi $X_a$ a $Y_a$) polygonové sítě na axonometrickou průmětnu a spojuje je přímkami. Vynechává jen nežádoucí spojnice při přechodu na novou větev polygonové sítě. Jsou to spojnice, které jsme v řádku vstupních údajů označili záporným znamínkem. Například v souboru vstupních údajů šipky je to spojnice mezi body uvedenými v řádku 435 a 436, potom mezi 437 a 438 atd.

Při prvním zpracování zjistíme na výsledném obraze, že jsme neodhadli optimální natočení jeskyně. Změnou proměnných vstupních údajů získáme celou sérii různých axonometrických pohledů, z nichž si potom vybereme ten nejvhodnější. Na přiložených třech obrázcích jsou výsledné průměty polygonové sítě jeskyně V Záskočí získané z různého natočení. V prvním i druhém případě vidíme, že natočení jeskyně není nejvhodnější a některé části jeskyně se překrývají. Jako optimální se jeví průmět na posledním z trojice obrázků.

Pozorný čtenář si už jistě uvědomil, že vedle polygonové sítě jeskyně můžeme do programu doplnit i vstupní údaje jiných útvarů. Tím doplníme výsledný obraz dalšími grafickými údaji a útvary. Na obraze mohou být podle potřeby vykreslené i sousední jeskyně, povrchové vodní toky, vrstevnice na povrchu atd. Nezbytným doplňkem každého axonometrického obrazu jeskyně je prostorová šipka označující sever a trojosové grafické měřítko.

Většina speleologů — dokumentátorů — pravděpodobně nemá s manipulací počítače žádné zkušenosti. Přesto nepokládám za účelné uvádět podrobný návod na manipulaci s počítačem. Zájemcům, kteří mají na svém pracovišti možnost přístupu k počítači, doporučuji, aby se obrátili na odborníka výpočtáře. Po zacvičení si jistě budete axonometrické průměty na počítači zpracovávat samostatně.

### *Manuálně kresličské práce*

S použitím výpočtové techniky jsme racionálním a vysoce produktivním způsobem získali optimální axonometrický průmět polygonové sítě jeskyně. Podobně jako u pravoúhlého promítání je potřeba okolo polygonového tahu ručně dokreslit obrys chodby.

**Výsledné průměty polygonové sítě jeskyně V Záskočí, nakreslené souřadnicovým zapisovačem počítače. Vznikly různým natočením jeskyně před průmětnou. Optimální je průmět na posledním obrázku. — Final projections of polygonal network of cave in Záskočí drawn by computer graph plotter. They result from different revolving of cave before plane of projection. Optimal projection in third figure.**

Na rozdíl od pravoúhlého promítání však jeskyni v axonometrickém zobrazení kreslíme inverzně — jako pohled na těleso, které je odlitkem jeskynních prostorů. Představu o průmětu chodby v souvislosti s polygonovým tahem si kreslič vytváří z normální topografické dokumentace jeskyně — z půdorysu a řezů a z údajů a náčrtků v měřičském zápisníku. Vykreslování axonometrického obrazu totiž klade vyšší nároky na představivost než při zpracování pohledů pravoúhlého promítání. Kreslič si musí uvědomovat skutečnou polohu chodeb vůči axonometrické průmětně. Jedině úseky chodeb, které jsou ve skutečnosti rovnoběžné s průmětnou, se jeví nezkresleně. Ve všech ostatních případech jde o šikmé průměty, kdy skutečný tvar chodby je zkreslený. Například i dlouhá chodba, která je ve skutečnosti kolmá na průmětnu, se jeví jen jako obrys jejího příčného profilu.

Spolehlivým vodítkem je nám stále průmět polygonového tahu. Postup kreslení vystihuje obrázek a—c. K polygonovému tahu (obrázek a) přikreslujeme nejdříve průmět obrysu chodby (obr. b). Pro znázornění profilu chodby a pro celkové zvýraznění jeskynního tělesa (v našem inverzním pojetí) do obrysu chodby dokreslujeme pomocnými čarami ještě viditelné části průmětů příčných profilů (obr. c). Respektujeme zásadu, že interval příčných profilů je ve skutečnosti na celém tělese jeskyně jednotný. Na axonometrickém obraze je potom hustota průmětů příčných profilů různá, a to v závislosti na poloze chodby vůči průmětně.

V budoucnosti se jistě výpočtové programy zdokonalí tak, že počítač nám vykreslí průmět obrysů chodeb i příčných profilů. Zatím však výsledný efekt závisí na kresličově dovednosti a rutině. Zájemcům proto doporučuji, aby si procvičovali axonometrické náčrty nejobvyklejších morfologických typů jeskynního tělesa podle příkladů na obrázcích a—d. V této souvislosti si všimněme ještě odlišného způsobu zobrazení dómu říceného charakteru na obrázku d. V tomto případě se pro zvýraznění nepoužívají čáry příčných profilů, ale pomocnými čarami ohraničíme jednotlivé plochy tělesa dómu.

Konečný výsledek kresličské práce je vidět na axonometrickém zobrazení jeskyně v Záskočí. Podkladem byl průmět polygonové sítě znázorněné na posledním z trojice obrázků na str. 20.

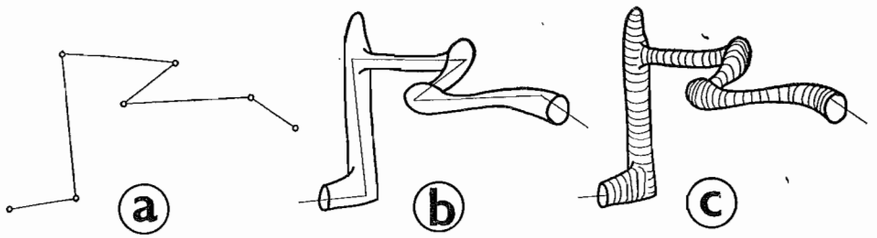
* * *

Axonometrický pohled umožňuje znázornit jedním obrazem i složitý jeskynní systém. Použitím výpočtové techniky lze efektivním způsobem získat libovolný axonometrický průmět složité polygonové sítě jeskyně. Předloženou metodou je navíc možné racionálně zhotovit průměty pravoúhlého promítání, a to v libovolném měřítku.

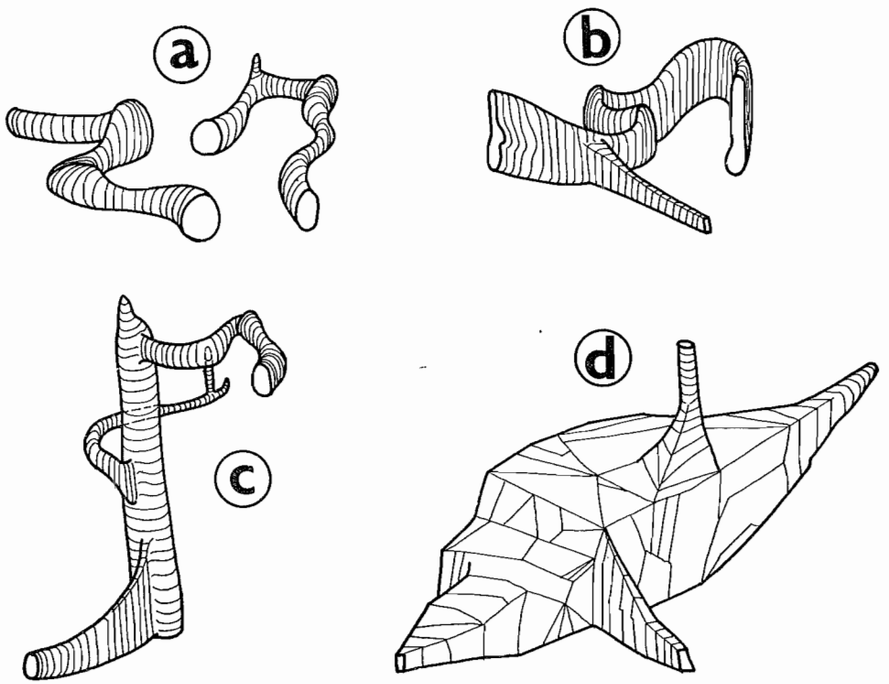
Na závěr chci upozornit na perspektivy a výhodnost předložené metody pro naši centrálně řízenou speleologickou organizaci, a to v oboru topografické dokumentace a archivování. Výpočtová technika stále více proniká do našeho života a stává se naším platným pomocníkem. Zaměřování jeskyně je úkonem, při kterém polygonální síť vyjadřujeme číselnými údaji. Pokud máme tyto údaje uložené v centrálním archívu na děrné pásce, můžeme po zpracování na počítači kdykoliv zhotovit zobrazení jeskyně pro nejrůznější účely. Nemusí to být jen jediná jeskyně, ale celé krasové území. Z toho důvodu je už dnes opodstatněným požadavkem, aby se přísně sjednotila a upravila forma měřičského zápisníku a zavedlo se jejich centrální archivování pro perspektivní zpracování výpočtovou technikou.

Touto cestou děkuji výpočtářům ing. Ludovítovi Markusovi, CSc., a ing. Igorovi Eisnerovi, kteří uvedený program sestavili a pomohli mi odbornými radami.

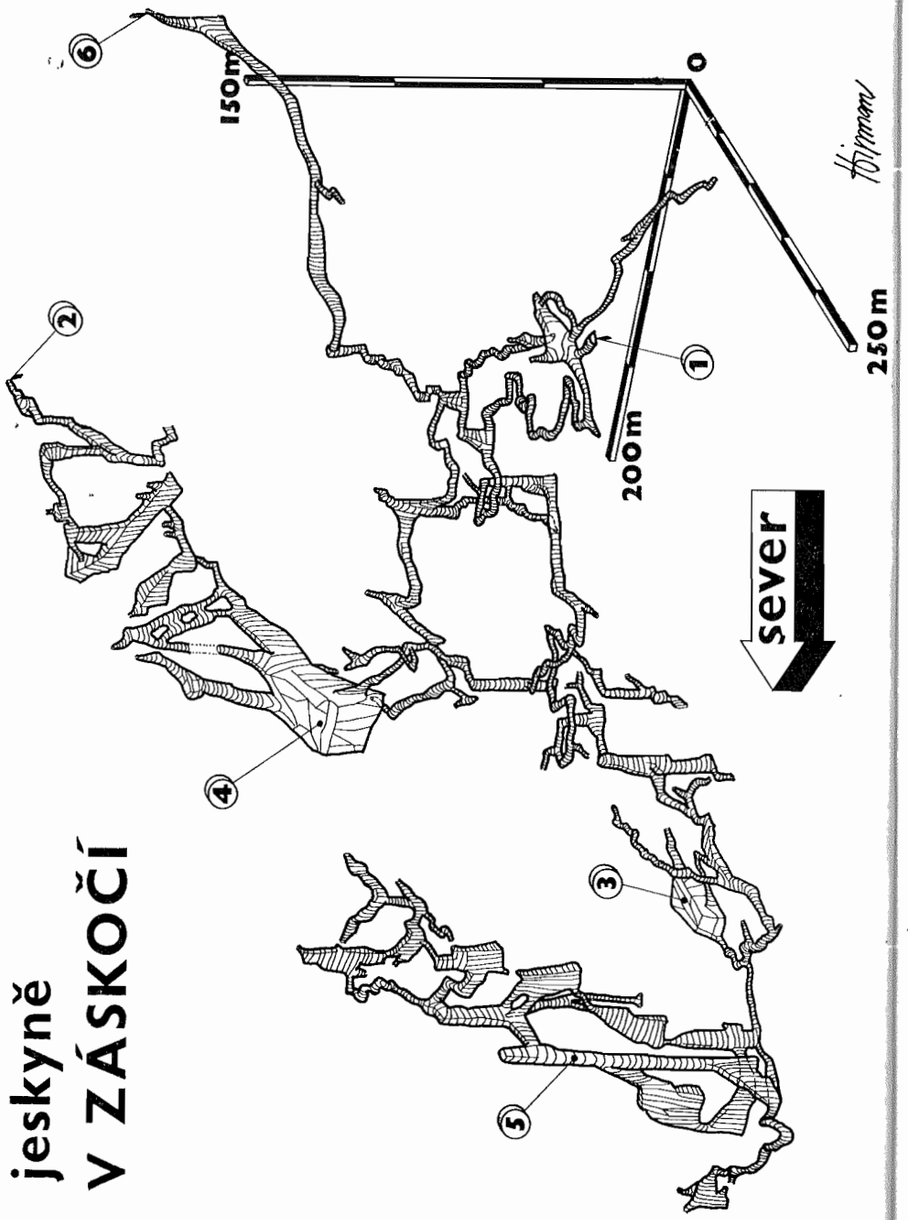





Postup kresličské práce při dokončení výsledného axonometrického obrazu: a — průmět polygonové sítě; b — vkreslení průmětu obrysu jeskynního tělesa; c — dokreslení viditelných částí průmětů příčných profilů. — Method of drawing final axonometric graph: a — projection of polygonal network; b — drawing of projection of cave outline; c — darwing of visible parts of cross section projections.




Příklady axonometrických obrazů nejobvylejších morfologických typů jeskynního tělesa: a — klikaté rourovité chodby; b — úzký a vysoký meandr s odbočkou; c — propast s přilehlými chodbami; d — dóm říceného charakteru. — Examples of axonometric projection of most common morphological types of caves: a — winding tubular passageways; b — narrow high meander with branching-off passageway; c — pit with branching-off passageways; d — collapsed hall.




Jeskyně V Záskočí v Nízkých Tatrách. Příklad názorného zobrazení složitého jeskynního systému axonometrickým obrazem. Pohled je vykreslený podle průmětu polygonové sítě na posledním v trojici obrázků na str. 20. — Cave in Záskočí, Low Tatras. Example of graphic representation of a complex cave system by axonometric projection. Drown after third projection of polygonal network in figure on page 20.
*P. Hipman 1980*



*Graphic representation of more complex cave systems*

The axonometric perspective makes the representation of complex cave systems more comprehensible also to general public. From a single graph a good conception may be obtained of the shape and course of whole subterranean cave systems. The main obstacle in the application of the axonometric representation has been so far the rather complicated and slow method of graphic construction of the axonometric projection of the polygonal network of caves. New possibilities are created in this sphere by the application of the computation technique. The data on the polygonal network, the point coordinates X, Y and Z, are loaded into the memory of the computer. Before the axonometric plane of projection the polygonal network may be revolved as desired. After the projection the required axonometric projections are obtained. The computer effects the mathematical projection by the transformation of the coordinates from the original slightly revolved triaxial space system of the cave into the biaxial system of the axonometric plane of projection. A graph plotter immediately drawing the axonometric projection is lined on the output of the computer. The above method may also be applied in rectangular projection.

JOSEF SLAČÍK

# PŘÍSPĚVEK K CHEMISMU PRIMÁRNÍCH KALCITŮ V MORAVSKÝCH JESKYNÍCH

Autor se zabýval podrobným studiem luminiscenčních vlastností v závislosti na chemickém složení níže uvedených materiálů z několika krasových oblastí ČSSR a NDR: 1. vápenců a dolomitických vápenců; 2. primárních kalcitů, obvykle diagenetického původu jako výplň dislokací, drobné žilky a agregáty ve vápenci; 3. sekundárních kalcitů, tvořících sintrovou výzdobu obvykle několika generací a za zvláštních podmínek nickamínek.

Pro jednotné hodnocení luminiscenčních vlastností byla vypracována metodika jejich stanovení pomocí UV-lampy, imitující krátkovlnné a dlouhovlnné ultrafialové záření, a elektronického fotoblesku. UV-lampa slouží k vyvolávání fluorescence, fotoblesk pro fosforescenci (Slačík 1973).

Obecné výsledky tohoto studia byly publikovány spolu s nomenklaturou luminiscenčních typů (Slačík 1975; 1976a). Konkrétní výsledky byly publikovány z oblasti Českého krasu (Lysenko, Slačík 1975, 1977a,b, 1978a). Průměrné analýzy vápenců a kalcitů z oblasti Moravského krasu uvádí tabulka 1.

Tabulka 1
Chemismus vápenců a kalcitů z Moravského krasu (průměrné hodnoty)

| | l. t.+ | n++ | % Mg | % Fe | % Mn | % Ba | % Sr | % Nz+++ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| lažánecký vápenec | $A_0N$ | 5 | 0,357 | 0,028 | 0,008 | 0,019 | 0,0290 | 0,35 |
| vílémovický vápenec | $A_0N$ | 7 | 0,224 | 0,050 | 0,015 | 0,018 | 0,0169 | 0,54 |
| primární kalcit | $A_0N$ | 2 | 0,115 | 0,005 | 0,004 | 0,020 | 0,0468 | 0,13 |
| primární kalcit | $B_0N$ | 3 | 0,132 | 0,022 | 0,026 | 0,020 | 0,0358 | 1,06 |
| sekundární kalcit | $A_0A$ | 12 | 0,036 | 0,032 | 0,005 | 0,023 | 0 0016 | 0,97 |
| nickamínek | $A_0A$ | 10 | 0,022 | 0,013 | 0,003 | 0,018 | 0,0028 | 0,71 |

Pozn.: + luminiscenční typ
++ počet vzorků
+++ nerozpustný zbytek po 3% kyselině solné

Uvedené výsledky dokumentují některé obecné závěry:

Obsahy Mg a Sr ve vápencích jsou o řád vyšší než v sekundárních kalcitech a nickamínku. Spolu s obsahy některých organických nečistot způsobují, že vápence nefluoreskují a fosforescence se projeví pouze po osvícení elektronickým fotobleskem z bezprostřední blízkosti — typ $A_0N$.

Při tvorbě sekundárních kalcitů dochází k „rafinaci" původního materiálu, snižují se obsahy Mg a Sr i organických látek a vzniklé útvary získávají charakteristickou bílou fluorescenci i dlouhotrvající fosforescenci — typ $A_0A$. Z citovaných výsledků z Českého krasu byl odvozen „rafinační efekt".

U primárních kalcitů se vyskytuje několik typů luminiscence. Fluorescence nebývá obvykle znatelná ($_0$N), tzv. fialová fluorescence je pouhý odraz primárních fialových paprsků ze zdroje UV-světla. Některé kalcity z oblasti Koněprus v Českém krasu mají intenzívní žlutou fluorescenci ($_0$D), poněkud slaběji svítí ojedinělé kalcity z Chýnovské jeskyně. Důvod žlutého zbarvení není dosud spolehlivě vysvětlen, pravděpodobně jde o vliv huminových látek.

Několikavteřinová fosforescence primárních kalcitů je obvykle mdle bílá (A), za přítomnosti nad cca 0,01 % Mn se stává intenzívně růžovou a trvá nejvýše 1 vteřinu (B).

### *Vliv přítomnosti olova na luminiscenční vlastnosti kalcitu*

Aktivace kalcitů příměsí manganu je známá nejméně půl století (Nichols et al. 1919). Brown (1934) dokázal existenci hranice, nad níž intenzita fluorescence vyvolané manganem opět slábne. Northrup a Lee (1940) upozornili na to, že za přítomnosti stop olova se nápadně zvýší intenzita této fluorescence. Schulman et al. (1947) studoval tento jev na syntetických kalcitech.

Existence vlivu olova jako koaktivátoru, resp. sensibilizátoru fluorescence byla známá pouze jako mineralogická zvláštnost některých lokalit (např. N. J. Franklin, USA). Teprve objev běžného výskytu tohoto typu tzv. PbMn-kalcitu na rudních ložiskách ve středočeském plutonu v okolí Příbrami poskytl široké pole pro komplexní zpracování této problematiky. Přitom se PbMn-kalcit stal z mineralogické zvláštnosti minerálem, který výrazně ovlivňuje výsledky geologickoprůzkumných prací a ekonomiku těžby a úpravy rud barevných kovů (Slačík 1976b, c, 1978).

Termín PbMn-kalcit nevyjadřuje mineralogickou varietu kalcitu (příliš nepatrný obsah Pb i Mn), ale varietu s charakteristickými luminiscenčními vlastnostmi, přímo ovlivněnými těmito dvěma prvky.

Za přítomnosti nejméně 0,2 % Mn a 0,01 % Pb dochází k intenzívní červené až ohnivě červené fluorescenci v krátkovlnném UV-světle, zatímco v dlouhovlnném fluoreskuje PbMn-kalcit buď růžově ($B_1B$), nebo vůbec ne ($B_1BN$). Výsledky analýz cca 200 kalcitů z rudních ložisek prokázaly existenci obecné závislosti intenzity ohnivě červené fluorescence ($I_{80}$) na chemickém složení, resp. na obsahu Pb, Mn, Fe a Mg. Přitom platí v přiblížení vztah: $I_{80} = f(\log \%\,Pb)$, ovlivňovaný kladně obsahy Mn a záporně obsahy Fe a Mg.

Podle dosavadních znalostí lze pokládat za pravděpodobný metasomatický vznik PbMn-kalcitu. Na rudních žilách, na nichž se vyskytuje vedle rudních minerálů i galenit PbS, kalcit bez Pb a PbMn-kalcit jsou ovšem genetické poměry jiné než na lokalitách bez výskytu rudních minerálů. Tím však posledně jmenované lokality neztrácejí na významu, spíše naopak, neboť indikují jiné možné podmínky, za nichž může vznikat tentýž minerál.

V tabulce 2 jsou uvedeny analýzy vápenců a kalcitů z Moravského krasu, u nichž byly pro výše uvedené studium (Slačík 1975, 1976) stanoveny i obsahy Pb.

Z výsledků vyplývá, že obsahy Pb a Mn nedosáhly takových hodnot, aby mohlo dojít k charakteristické červené krátkovlnné fluorescenci.

Nález PbMn-kalcitu v opuštěném dole v Borovci u Štěpánova a ve vápencovém



Tabulka 2
Analýzy vápenců a kalcitů z Moravského krasu

| č. vz. | druh | lum. typ | % Mg | % Fe | % Mn | % Ba | % Sr | % Pb |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 007 | lažánecký | $A_0N$ | 0,336 | 0,037 | 0,016 | 0,023 | 0,0346 | 0,013 |
| 009 | vápenec | $A_0N$ | 0,295 | 0,034 | 0,008 | 0,016 | 0,0246 | 0,025 |
| 015 | vilémovický | $A_0N$ | 0,211 | 0,017 | 0,017 | 0,019 | 0,0280 | 0,003 |
| 018 | vápenec | $A_0N$ | 0,272 | 0,025 | 0,009 | 0,020 | 0,0186 | 0,007 |
| 024/1 | | $A_0N$ | 0,188 | 0,019 | 0,006 | 0,014 | 0,0110 | 0,007 |
| 037 | primární | $AB_0N$ | 0,125 | 0,005 | 0,004 | 0,025 | 0,0490 | 0,007 |
| 038 | kalcit | $AB_0N$ | 0,105 | 0,005 | 0,005 | 0,016 | 0,0445 | 0,007 |
| 006/2 | sintr | $A_0A$ | 0,059 | 0,029 | 0,003 | 0,019 | 0,0022 | 0,013 |
| 011 | | $A_0A$ | 0,050 | 0,009 | 0,001 | 0,019 | 0,0012 | 0,007 |
| 035 | | $A_0A$ | 0,014 | 0,006 | 0,002 | 0,015 | 0,0005 | 0,013 |
| 058 | | $A_0A$ | 0,022 | 0,018 | 0,002 | 0,021 | 0,0018 | 0,007 |
| 019 | nickamínek | $A_0A$ | 0,013 | 0,006 | 0,004 | 0,018 | 0,0012 | 0,007 |
| 033 | | $A_0A$ | 0,013 | 0,013 | 0,002 | 0,025 | 0,0050 | 0,007 |

lomu blízko Lysic u Kunštátu obrátil pozornost ke komplexům vápenců Tišnovského a Moravského krasu. Po nálezu vzorku kalcitu s obdobnou fluorescencí v lomu na Chlumu u Srbska, tedy v krasové oblasti, se autor věnoval systematickému studiu primárních kalcitů ve jmenovaných krasových oblastech.

### *Výskyty PbMn-kalcitů v moravských krasových oblastech*

Pro hledání PbMn-kalcitů byla použita UV-lampa typu Mineralight M-15. V lomech je nutno provádět průzkum v noci, neboť intenzita fluorescence je poměrně malá. Na nerudních lokalitách lze očekávat především PbMn-kalcity s nízkými obsahy Pb.

Lom na Dřínové u Tišnova nemá významné krasové jevy, leží však v těsné blízkosti zkrasovělého masívu Květnice. Kalcit se vyskytuje jako kusové agregáty s klencovou štěpností, často je zbarven rezavě až tmavohnědě příměsí hematitu a limonitu. Luminiscenční typ mnoha agregátů je $B_1BN$, typický pro PbMn-kalcity s obsahem Fe řádově 0,0X—0,X %. Slabá intenzita krátkovlnné fluorescence je navíc tlumena hematitem. Druhý typ je běžný kalcit s růžovou fluorescencí, stejnou v krátko- i dlouhovlnném UV-světle.

Výsledky analýz ukazují rozdílné obsahy všech prvků v obou typech kalcitů. Intenzity jsou sníženy vlivem příměsi hematitu. Přestože jsou obsahy Mn nižší než 0,2 %, dochází k charakteristické krátkovlnné fluorescenci, což je platné zřejmě pouze pro obsahy Pb řádově v 0,0X %. Kalcity lze považovat za PbMn-kalcity.

Králova jeskyně na Květnici. V celé jeskyni se vyskytují sintrové tvary, které mají pro ně charakteristický luminiscenční typ $A_0A$. Nebyl nalezen opál, který je např. v jeskyních Českého krasu velmi obvyklou součástí nejstarší sintrové generace a který má velmi charakteristickou zelenou fluorescenci v krátkovlnném UV-světle (V. Lysenko, J. Slačík 1978b).

PbMn-kalcit se vyskytuje jako výplň puklin ve vápenci ve vstupní štole do

Tabulka 3
Analýzy kalcitů z lomu na Dřínové

| č. vz. | 1. typ | $I_{80}$ | % Mg | % Fe | % Mn | % Pb | % Nz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 313a | $B_1BN$ | 3.8 | 0,355 | 0,123 | 0,170 | 0,037 | 0,09 |
| 314a | $B_1BN$ | 2,4 | 0,197 | 0,076 | 0,127 | 0,039 | 2,80 |
| 314b | $B_1BN$ | 1,8 | 0,295 | 0,080 | 0,119 | 0,036 | 2,60 |
| 315a | $B_1BN$ | 0,6 | 0,520 | 0,020 | 0,038 | 0,025 | 0,16 |
| 315b | $B_1BN$ | 3.6 | 0,360 | 0,115 | 0,175 | 0,037 | 1,02 |
| průměr | | | 0,345 | 0,083 | 0,126 | 0,035 | 1,33 |
| 313b | $B_0B$ | — | 0,290 | 0,280 | 0,078 | 0,017 | 0,12 |
| 314c | $B_0B$ | — | 0,061 | 0,350 | 0,044 | 0,006 | 0,40 |
| 316 | $B_0B$ | — | 0,117 | 0,470 | 0,072 | 0,010 | 0,50 |
| 317a | $B_0B$ | — | 0,230 | 0,132 | 0,024 | 0,007 | 6,58 |
| 318b | $B_0B$ | — | 0,204 | 0,766 | 0,100 | 0,010 | 0,80 |
| průměr | | | 0,180 | 0,400 | 0,064 | 0,010 | 1,68 |

Pozn.: $I_{80}$ — intenzita krátkovlnné fluorescence měřená proti standardu.

Královy jeskyně jednak jako celistvá kalcitová poloha o mocnosti několika decimetrů, jednak jako sotva centimetrové žilky v šedém vápenci. Výsledky analýz jsou uvedeny v tabulce 4.

Mezi sebou se oba typy kalcitů liší zejména v obsazích Mn a Pb. Vyšší obsahy obou prvků aktivují kalcity k červené fluorescenci, zatímco nefluoreskující kalcit obsahuje příliš málo Pb a obsah Mn dostačuje pouze na vznik červené fosforescence. Závislost mezi $I_{80}$ a log % Pb je téměř přímková a odpovídá dolní větvi téže závislosti pro kalcity z rudních žil (J. Slačík, 1976c). Na základě výsledků analýz je možno považovat nálezy z Královy jeskyně za PbMn-kalcity.

Sloup — lom u vápenky. Z tohoto lomu jsou známé klencové krystaly a agregáty, dosahující často až decimetrové velikosti. Krystaly mají někdy charakte-

Tabulka 4
Analýzy kalcitů z Královy jeskyně

| č. vz. | 1. typ | $I_{30}$ | % Mg | % Fe | % Mn | % Pb | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 311/1 | $B_1BN$ | 11,3 | 0,18 | 0,02 | 0,48 | 0,10 | kalcit |
| 312/1 | $B_1BN$ | 4,8 | 0,16 | 0,13 | 0,23 | 0,03 | kalcit |
| 313 | $B_1BN$ | 9,2 | 0,20 | 0,02 | 0,35 | 0,08 | kalcit |
| průměr | | | 0,18 | 0,06 | 0,35 | 0,07 | |
| 311/2 | $B_0N$ | — | 0,10 | 0,08 | 0,08 | 0,02 | kalcit |
| 312/2 | $N_0N$ | — | 0,16 | 0,06 | 0,04 | 0,04 | vápenec |
| průměr | | | 0,13 | 0,07 | 0,06 | 0,015 | |



ristickou zonární stavbu, občas jsou jednotlivé zóny odděleny hematitovými fóliemi. Většina krystalů nefluoreskuje, některé však často mají zónární nebo i celistvé polohy, které fluoreskují pod krátkovlnným UV-světlem — typ $B_1BN$. Separace těchto poloh je obtížná, nelze získat čistý materiál. Zajímavý je u některých krystalů několikavteřinový bělavý dosvit po červeném záblesku fosforescence — typ $AB_1BN$. Byly analyzovány dva typy kalcitu — viz tab. 5.

Tabulka 5
Analýzy kalcitů z lomu u vápenky Sloup

| č. vz. | 1. typ | $I_{80}$ | % Mg | % Fe | % Mn | % Pb |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 059/1 | $AB_1BN$ | 5,6 | 0,24 | 0,11 | 0,17 | 0,040 |
| 059/2 | $B_0N$ | — | 0,12 | 0,01 | 0,02 | 0,006 |

I v tomto případě potvrdily analýzy závislost luminiscenčních typů na obsahu Pb a Mn.

Amatérská jeskyně. V jeskynním systému Amatérské jeskyně studoval autor pouze luminiscenční vlastnosti primárního kalcitu z dislokační výplně v Říceném dómu. Tato výplň je z tohoto hlediska velmi různorodá. Převážně jde o kalcit typu $B_0N$, který odpovídá vzorku 059/2 z lomu ve Sloupě. Část těchto agregátů fluoreskuje na některých plochách bíle, což někteří autoři připisují vlivu zinku (H. Gies, 1976), jiní vlivu stroncia (Barsanov, Ševelevova 1952). Konečně se vyskytuje ve formě zonárních ploch i typ $AB_1BN$, odpovídající PbMn-kalcitu. Separace tohoto typu je velmi obtížná; byl získán pouze směsný vzorek:

| č. vz. | 1. typ | $I_{80}$ | % Mg | % Fe | % Mn | % Pb |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 092 | $AB_1BN$ | 0,8 | 0,04 | 0,01 | 0,27 | 0,008 |

Ačkoliv v tomto případě nebyl analyzován čistý materiál, lze i u něho vlivem příměsi Pb předpokládat aktivaci kalcitu k červené krátkovlnné fluorescenci.

### *Diskuse výsledků*

V předešlých pracích byly z rudních ložisek analyzovány PbMn-kalcity, vystupující jako masívní žilné mineralizace o mocnosti 0,0X až X,0 metrů. Kromě toho byly z těchto ložisek známy i tzv. metamorfní PbMn-kalcity, které tvoří lemy a zrna na kontaktu žiloviny s horninou, vzácně potom paprsčité útvary uvnitř kalcitu typu $B_0B$ s obsahy 0,003—0,01 % Pb. Závislost intenzity na obsahu Pb byla prosledována v rozmezí hodnot $I_{80}$ od 150 do 5, u nižších hodnot je již stanovení luminiscenčního typu sporné.

Nálezy PbMn-kalcitu z uvedených lokalit v krasových oblastech Moravy představují doplnění údajů v závislosti $I_{80} = f(\text{Pb})$ do nižších intenzit. Přitom jsou rozdílné celkově nízké obsahy Pb i Mn při zachování charakteru krátkovlnné fluorescence.

Získané poznatky lze interpretovat pro širší souvislosti. Především lze prokázat, zda obecná závislost $I_{80} = f$(Pb, Mn, Fe, Mg) platí pro oba „regionální" typy PbMn-kalcitů (z Příbramska a z Moravy), což je při poněkud větším souboru analyzovaných vzorků pouze otázkou matematického vyhodnocení.

Neméně významné je potom vzájemné posouzení geneze těchto „regionálních" typů. K tomu je nutno uvést, že autorovi jsou známy, leč většinou pro analýzy nedostupny, četné sbírkové vzorky PbMn-kalcitů z řady rudních, metasomatických i sedimentárních ložisek a nalezišť v ČSSR i v zahraničí, které by vyžadovaly důkladnou revizi. V mineralogických sbírkách Moravského muzea jsou např. uloženy vzorky analogických kalcitů z lokalit širšího okolí Brna — Bedřichovic, Borovce, České, Chornice, Koroužného a Rozstání.

Ve většině případů mají moravské PbMn-kalcity s nízkými obsahy Pb zonární stavbu. Izomorfní vazba Pb v mřížce je jednak teoreticky možná (Povarennych, 1966, uvádí mísitelnost až do 6 %), jednak prakticky prokázaná homogenitou fluorescence při obsazích nad 1 % Pb a absencí rentgendifrakčních linií cerusitu.

* * *

Na několika lokalitách v Moravském a Tišnovském krasu byly nalezeny kalcity s charakteristickou krátkovlnnou fluorescencí. Analýzy prokázaly, že jde o tzv. PbMn-kalcity, známé především z rudních žil v příbramské rudní oblasti. Spolu s nálezy obdobných kalcitů ze širšího okolí Brna tvoří kolekci, jejíž chemický a genetický výzkum je důležitým podkladem pro výzkum geochemie olova v rudních oblastech a pro konfrontaci geneze s PbMn-kalcity z rudních oblastí.

## Literatura


BARSANOV G. L. ŠEVELEVA V. A. (1952) : Materialy po izučeniju ljuminiscencii mineralov. — Trudy Mineralogičeskogo muzea. Akad. nauk SSSR, Leningrad.

BROWN W. L. (1934) : Fluorescence of Magniferous Calcites. — Univ. of Toronto Studies, Geol. Serie No. 36 : 45—54. Toronto.

GIES H. (1976) : Zur Beziehung zwischen Photolumineszenz und Chemismus natürlicher Karbonate. — Neues Jahrbuch für Mineralogie. Abhandlungen 127, 1 : 1—46. Stuttgart.

LYSENKO V., SLAČÍK J. (1975) : Chemismus genetisch verschiedener Sinterformen in den Koněprusy-Höhlen (ČSSR). — Annales de Spéléologie 30 : 4 : 711—717. Moulins.

— (1977a) : Příspěvek k sukcesi výplně Koněpruských jeskyní. — Čas. pro mineralogii a geologii 22 : 3 : 307—115. Praha.

— (1977b) : Sukcese a chemismus minerálních výplní Českého krasu. Český kras 2 : 7—20. Beroun.

— (1978a) : Minerogenetische Forschungen in Höhlen des Böhmischem Karstes. — Der Höhlenforscher 10 : 1 : 5—8. Dresden.

— (1978b) : Výskyt opálu v jeskyních Českého krasu. — Český kras 3 : 23—37. Beroun.

NICHOLS E. L., HOWES H. L., WILBER D. T. (1919) : The Photoluminescence of Calcite. — Physical Review 12 : 351—353. New York.

NORTHRUP M. A., LEE O. I. (1940) : Journal of the Optical Society of America, 30 : 206—223. New York, Lancaster.

POVARENNYCH A. S. (1966) : Kristallochimičeskaja klassifikacija mineralnych vidov. — Naukova Dumka, Kijev.

SCHULMAN H. H., EVANS L. W., GINTER R. J., MURATA K. J. (1974) : The Sensitized Luminiscence of Manganese Activated Calcite. — Journal of Applied Physics 18 : 732—740. Lancaster.

SLAČÍK J. (1973) : Praktické využití fotoluminiscence v jeskyních Moravského krasu. — Spel. věstník 3 : 21—31. Brno.





— (1975) : Lumineszenz-Typologie des Kalzites und anderer Höhlenminerale. — Annales de Spéléologie 30 : 4 : 753—759. Moulins.

— (1976a) : Luminiscenční typologie kalcitu a jiných jeskynních minerálů. — Český kras 1 : 44—59. Beroun.

— (1976b) : PbMn—calcite from Vrančice near Příbram (Czechoslovakia) and its luminescence. — Věst. ÚÚG 51, : 107—112. Praha.

— (1976c) : Negativní vliv PbMn—kalcitu na těžbu a úpravu polymetalických rud v revíru Vrančice — Radětice. — Geologický průzkum 18 : 3 : 67—69. Praha.

— (1978) : Luminiscenční průzkum na ložiskách polymetalických rud ve středočeském plutonu. — Hornická Příbram ve vědě a technice, sbor. přednášek, G 23 : 389—405.


*Contribution to the chemism of primary calcites in Moravian Caves*


The author gives a detailed study of the luminiscence quality and the chemism of limestones, and primary and secondary calcites found in the karst regions in Czechoslovakia and the German Democratic Republic.

The quartz lamp Minerallight M-15 was emitting short-wave and long-wave UV-rays which induced the fluorescence and by means of an electronic photo-flash induced the phosphorescence. The achieved results together with the luminiscence typology (J. Slačík 1976) and the results from the Bohemian Karst (V. Lysenko, J. Slačík 1977a, b) were published.

Tab. 1 shows the average values of analyses of individual types from the Moravian Karst demonstrating the what is called refining effect (decrease in the contents of Mg and Sr in younger speleothems).

The presence of Mn ions in the lattice of calcite causes a red fluorescence in both ranges of the UV-light (E. L. Nichols et al. 1918; W, L, Brown 1934), which is being considerably amplified by traces of Pb (M. A. Northrup, O. I. Lee 1940; H. H. Schulman et al. 1947). The investigation of PbMn-calcite occurrences (luminiscent type $B_1B$, $B_1BN$) has transmuted the significance of calcite containing Mn and Pb, (fluorescing red in short-wave UV-light) from a mineralogical curiosity to a mineral which significantly influences the results of the geological research, the output economy and the modification process (J. Slačík 1976c; 1978).

In PbMn—calcites a general intensity dependence of the red short-wave fluorescence ($I_{80}$) exists as a function of Pb, Mn, Fe, Mg contents while in the first approximation the following relation applies: $I_{80} = f$ (log % Pb). In the long-wave UV-light these PbMn—calcites fluoresce in pink colour or do not fluoresce at all. These calcites are most probably of metasomatic origin while their occurrence in ore veins or in places poor in ore might be of a different genesis.

Tab. 2 shows the results of the analyses of limestones and calcites with the contents of Pb. The occurrence of the PbMn—calcites in the karst territories near the town Tišnov as well as in the Moravian Karst attracted great attention to these territories and resulted in a systematic investigation.

Apart from common calcites, PbMn—calcites (luminiscent type $B_0B$ or $B_0N$) were recently discovered and analyzed on four localities: 1 — quarry in the hill Dřínová near the town of Tišnov; 2 — Cave Králova jeskyně in the hill Květnice near the town of Tišnov; 3 — quarry at limekiln near the town of Sloup; 4 — Cave Amatérská jeskyně (a preliminary result of analysis of unpure separated calcite).

These discoveries extend the relation $I_{80} = \log$ (% Pb) to very small contents of Pb, while the character of PbMn—calcites remains preserved without change. The study of their genesis is an important base for the research of geochemistry of lead as well as for the solution of genetic problems of PbMn—calcites from the ore districts.

STANISLAV ONDRÁČEK

# VLIV MORAVSKÉHO KRASU NA NĚKTERÉ CHEMICKÉ A FYZIKÁLNÍ VLASTNOSTI VOD V TOCÍCH POVODÍ ŘÍČKY

Vlivy krasových území na vlastnosti a zejména chemismus vod ve vodních tocích protékajících přes tato území jsou předmětem zájmů geomorfologů, zejména v souvislosti s problematikou krasové denudace a intenzity rozpouštění krasovějících hornin. Předložený článek podává přehled o jeden a půletém výzkumu (listopad 1978—duben 1980) v jižní části Moravského krasu, jehož cílem bylo získat základní údaje o chemickém složení vod ve vodních tocích a podle nich jednak zhodnotit vliv krasového území na některé fyzikální a chemické vlastnosti vod v tocích procházejících tímto územím a charakterizovat změny tohoto vlivu v průběhu roku, jednak stanovit odnos vápenců ve sledovaném období a intenzitu jejich rozpouštění. Byly sledovány jen základní změny fyzikálních a chemických vlastností, které jsou charakteristické pro průtok vod vápencovým územím. Nebyly tedy sledovány změny těch vlastností vody, které představují antropogenní ovlivnění její kvality. Kvalitativně hydrologickými výzkumy, prováděnými v souvislosti se získáváním údajů pro stanovení intenzity rozpouštění vápenců, se v Moravském krasu zabývali četní autoři (R. Burkhardt 1953, Demek 1962, Corbel a kol. 1965, Štelcl, Vlček, Píše 1969, Helldén 1974). Většina výzkumů se soustředila na severní, popřípadě střední část Moravského krasu. Proto byla nyní obrácena pozornost k méně známé jižní části.

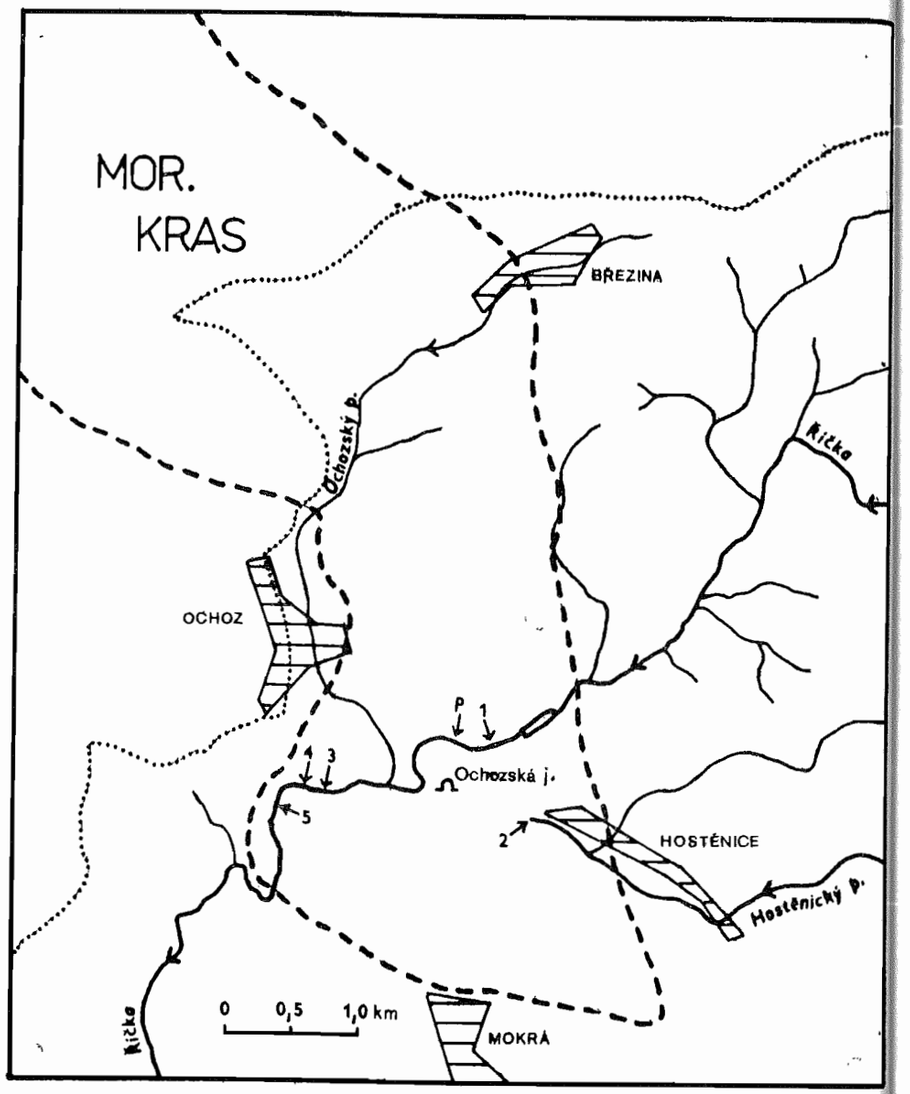
## *Základní hydrografické poměry*

Jižní část Moravského krasu představuje krasovou část povodí Říčky. Potok Říčka je pravostranný přítok Litavy (Cézavy) a celková plocha jeho povodí je 144,9 km², z čehož jižní části Moravského krasu náleží 12,8 km². K závěrečnému profilu zkoumané části povodí na Říčce pod vývěry vod z krasového podzemí (u limnigrafu), přibližně na j. okraji krasového území, přísluší plocha povodí Říčky 46,5 km², z toho krasová část povodí je 12 km², tj. 26 %.

Říčka pramení v Drahanské vrchovině a po 11,5 km dlouhém toku vtéká do krasového území. Zde se systémem několika ponorů (J. Himmel, P. Himmel 1967) propadá část vod, zbylá část protéká krasovým územím povrchovým korytem. Jen za velmi nízkých vodních stavů vysychá povrchové koryto a celý průtok Říčky je odváděn ponory do podzemí.

V krasovém území přijímá Říčka dva krátké přítoky (dlouhé 5 km), a to pravostranný povrchový Ochozský potok s plochou povodí 8,5 km² (občasný tok, v sledovaném období většinou vyschlý nebo s minimálním průtokem) a podzemní Hostěnický potok, pramenící mimo krasové území a propadající se do ponorů na v. okraji krasu, s plochou povodí 8,5 km².

Propadající se vody vyvěrají ve dvou známých vývěrech, označovaných jako vývěr Říčky I a vývěr Říčky II, a ve skrytých vývěrech ve dně povrchového koryta




Schematická mapa jižní části Moravského krasu. Čárkovaně — geologická hranice Moravského krasu, tečkovaně — rozvodnice povodí Říčky. Čísla označují sledované profily na vodních tocích: 1 — Říčka nad ponory; 2 — Hostěnický potok, propadání; 3 — vývěr Říčky I; 4 — vývěr Říčky II; 5 — Říčka pod vývěry u limnigrafu v profilu Horní mlýn; P — první ponor Říčky. — Schematic map of the southern part of the Moravian karst. Dashed line — the geological border of the Moravian karst, dotted line — the watershed contour line of the Říčka River basin. Observation points: 1 — Říčka River point above the swallets; 2 — the swallet of the Hostěnický potok (brook); 3 — the outlet of the Říčka River I; 4 — the outlet of the Říčka River II; 5 — Říčka River point in the stream gauge station Horní mlýn; P — the first swallet of the Říčka River.



Říčky (Kožnárek 1978). Pouze za patřičně zvýšeného odtoku vody z povodí Hostěnického potoka vyvěrají jeho vody v periodickém vývěru „Hádecké estavele" a ze vchodu do Ochozské jeskyně do povrchového řečiště Říčky.

### *Odtokové poměry*

Protože odnos vápenců a intenzita jejich rozpouštění jsou v úzkém vztahu s množstvím vody (Štelcl, Vlček, Píše 1969), kdy v podstatě platí, že čím více vody, tím více vápence se rozpouští a je odnášeno, a protože i použitý způsob stanovení odnosu a intenzity rozpuštění vápenců vychází z objemů odtoku, jsou v tabulce 2 v přehledu charakterizovány odtokové poměry sledovaného období, v podstatě hydrologického roku 1979. Pro posouzení tohoto roku z hlediska jeho vodnosti a pro celkovou charakteristiku jsou v tabulce 1 uvedeny průměrné odtokové poměry v období 1969-1978 v povodí Říčky (limnigrafická měření jsou zde teprve od r. 1966 a vyhodnocována jsou od r. 1969). Údaje v tabulce 1 a 2 jsou z podkladů HMÚ.

Ze srovnání průměrných průtoků vyplývá, že roční průměrný průtok hydrologického roku 1979 (220 $l \cdot s^{-1}$) odpovídá 113 % dlouhodobého průměrného ročního průtoku období 1969—1978 (195 $l \cdot s^{-1}$). Jako celek byl tedy hydrologický rok 1979 odtokově nadprůměrný. Rozdělení odtoku bylo ve srovnání s průměrným rozdělením odtoku v letech 1969—1978 obdobné jen pokud jde o celkový průběh změn. Maximální podíl na ročním odtoku mají jarní měsíce, období s minimálním odtokem bylo poněkud posunuté z konce léta a podzimu na konec podzimu a začátek zimy. Celkově však byla v tomto hydrologickém roku jak maxima, tak i minima odtoku oproti průměru výraznější, zejména jarní měsíce byly nadprůměrně vodné.

### *Metoda výzkumu*

Výzkum byl založen na průběžném sledování chemického složení vod ve vodních tocích v místech, kde vtékají na krasové území (Říčka nad ponory u Hádku, Hostěnický potok nad propadáním pod obcí Hostěnice), a po jejich vývěru z krasového podzemí (vývěr Říčky I, vývěr Říčky II, závěrečný profil na Říčce pod vývěry u limnigrafu). Na základě srovnání vlastností vody nad ponory a pod vývěry byl pak charakterizován vliv studovaného krasového území na některé chemické a fyzikální vlastnosti protékající vody. Výzkum byl prováděn prostřednictvím terénních a laboratorních chemických analýz vod. Současně s terénními analýzami a odběry vzorků byly měřeny průtoky a teplota vody. Měření i analýzy byly prováděny během celého sledovaného období v pravidelných 14denních intervalech. Takto získané časové řady nemohou postihnout přesně všechny změny sledovaných vlastností, např. za povodní, kdy změny probíhají velmi rychle, ale představují do určité míry zjednodušení časových změn.

Analýzy sledovaly tyto základní údaje o chemickém složení vod:

a) údaje o základních chemických vlastnostech, tj. koncentrace vodíkových iontů, celková acidita a alkalita, popřípadě i zjevná alkalita (analýzy byly prováděny přímo v terénu), mineralizace vody a obsah plavenin ve vodě;

b) údaje pro vyhodnocení intenzity rozpouštění vápenců, tj. sledování vápenaté a celkové tvrdosti vody (hořečnatá tvrdost byla stanovena z jejich rozdílu);

c) odvozována byla přechodná a stálá tvrdost vody a koncentrace různých forem $CO_2$ obsaženého ve vodě.

Pro stanovení odnosu vápenců za určité období a intenzity jejich rozpouštění bylo vypracováno mnoho metod. Nejpoužívanější jsou dnes ty, které vycházejí z koncentrace ve vodě rozpuštěných karbonátových látek a z průtoků vodních toků nebo objemu odtoku, popřípadě odtokové výšky. I těchto metod je mnoho a jsou vesměs podobné. Liší se v přesnosti stanovení. Méně přesné metody používají jen průměrné hodnoty uvedených veličin za delší období, popřípadě zjednodušují tím, že celkovou hodnotu odnosu látek z území karbonátových i nekarbonátových hornin vztahují při výpočtu intenzity rozpouštění hornin jen na část území tvořenou karbonáty. Dále se liší podle toho, zda vycházejí z celkové tvrdosti vody nebo uvažují jen tvrdost vápenatou. Je zřejmé, že čím přesněji se ve stanoveních odnosu a intenzity rozpouštění hornin uvažují změny koncentrace příslušných látek ve vodě a změny průtoků v průběhu sledovaného období, tím je výsledná hodnota přesnější. Takováto stanovení, která nejsou založena na průměrných hodnotách uvažovaných veličin, byla provedena např. O. Štelclem, V. Vlčkem a J. Píšem (1969). Metoda zvolená v dále uvedeném stanovení odnosu vápenců a intenzity jejich rozpouštění vychází rovněž z řady hodnot koncentrace $CaCO_3$ zjištěných v průběhu roku. Byly přitom zvoleny dva postupy: 1) Každá z těchto hodnot je považována pro období trvání určitých průtoků za průměrnou. Za jednotlivá dílčí období jsou pak stanovena odnesená množství vápenců a jejich sečtením je získána hodnota celkového ročního odnosu jako hmotnost nebo objem odnesené horniny.
2) Vychází se ze vzájemného vztahu mezi koncentrací $CaCO_3$ a průtoky, odvozeného ze zjištěných hodnot těchto veličin, a podle něho jsou pak stanoveny hodnoty odnosu. Intenzitou rozpouštění vápenců se pak rozumí přepočet odneseného množství této horniny na plochu, z níž bylo odneseno. Intenzita je pak vyjádřena buď v $m^3/km^2/rok$, nebo ve výšce vrstvy odnesených vápenců v mm/1 000 let.

### *Charakteristika základních změn sledovaných vlastností vody při průtoku zkoumaným vápencovým územím*

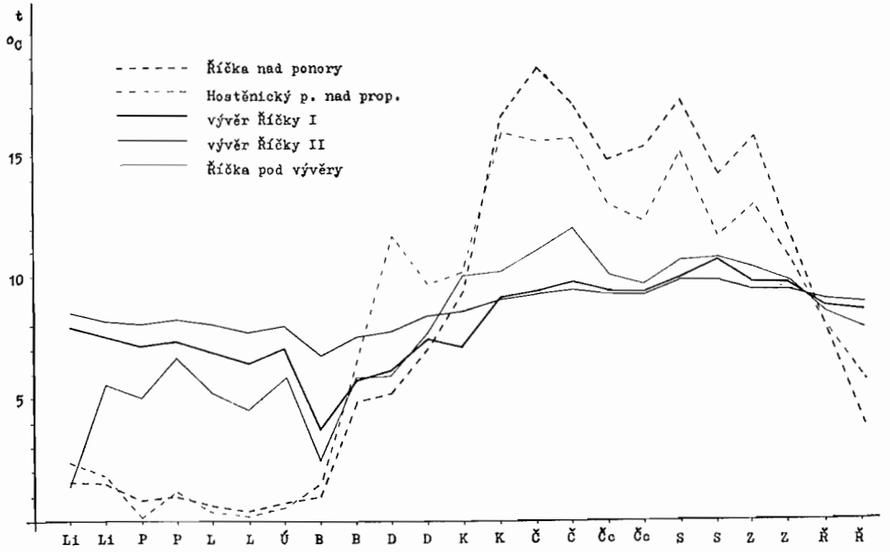
Vzhledem k omezenému rozsahu článku uvádějí následující tabulky a grafy jen výběr z četných výsledků výzkumu, podávající přehled o nejzákladnějších fyzikálních a chemických vlastnostech vody v povrchových tocích nad ponory a ve vývěrech.

Pro srovnání a tím charakterizování změn vlastností vody byl vybrán profil na Říčce nad ponory a vývěr Říčky I. Rozdíly ve vlastnostech vody v Hostěnickém potoce nad propadáním a v několikanásobně vodnější Říčce nad ponory nejsou podstatné. Vývěr Říčky II není pro srovnání vhodný, protože je patrně zásobován též puklinovou vodou zóny vertikální cirkulace, což se projevuje např. velkým kolísáním mineralizace nebo vápenaté tvrdosti vody při poměrně stálé vydatnosti vývěru.

Vzhledem k větší roční amplitudě teploty vody nad ponory než pod vývěrem, je v zimě teplota vody pod vývěrem vyšší (v průměru o 5,6 °C) než nad ponory a naopak v létě značně nižší (v průměru o 6,4 °C). V přechodných obdobích jsou teplotní rozdíly nejmenší a teplota vody se pohybuje nejblíže ročnímu průměru. V ročním chodu je teplota vody pod vývěrem stálejší než nad ponory; pouze na jaře při odtoku tavných vod teplota vyvěrající vody značně klesá. Koncentrace vodíkových iontů je téměř po celý rok vyšší pod vývěrem než nad ponory. V průměru je hodnota pH pod vývěrem o 0,4 nižší než nad ponory. Jen při jarním tání tento rozdíl mizí a pH klesá pod vývěrem i nad ponory na hodnoty 6,8—6,9. Další rozdíl



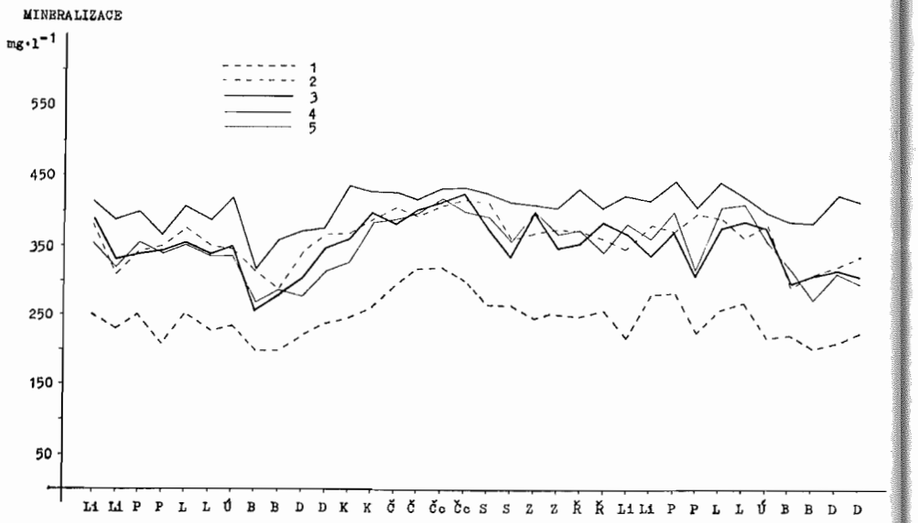
je ten, že pod vývěrem je koncentrace vodíkových iontů v teplém půlroku nepatrně vyšší než v chladném, což nad ponory pozorováno nebylo. Rozdíl v koncentraci vodíkových iontů mezi srovnávanými místy je tedy v létě nepatrně větší než v zimě. Po celý rok dochází ke zvýšení alkality vody od ponorů k vývěru, což odpovídá zvýšení koncentrace iontů $HCO_3^-$, tedy zvýšení přechodné tvrdosti, a to v průměru o 80 %. Zvýšení alkality vody je v průběhu roku stálé, vyjma období jarního tání, kdy jsou při průchodu tavných vod mimořádně sníženy rozdíly v alkalitě vody mezi vývěrem a ponory. Pokud jde o aciditu vody, odpovídající přibližně obsahu volného $CO_2$, vykazuje voda po celý rok vyšší aciditu pod vývěrem než nad ponory. Při




Roční chod teploty vody v hydrologickém roce 1979 ve vodních tocích povodí Říčky; plnou čarou v průtočných profilech vývěrové oblasti, přerušovaně v oblasti ponorů. Hodnoty v jednotlivých měsících jsou pozorované vždy v polovině a koncem měsíce (v únoru v polovině měsíce). — The yearly water temperature course in the hydrological year of 1979 in the water streams of the Říčka River basin; dashed lines indicate the variations at the swallets, full lines at the outlets. The values were observed in the middle and at the end of each month (in the middle of February).

trvale nízkých, popř. nulových hodnotách acidity, které byly nad ponory, byl po celý rok ve vyvěrající vodě patrný poměrně stálý obsah volného $CO_2$. Nejmenší rozdíly byly opět při průtoku tavných vod, kdy se acidita vody pod vývěrem nejvíce přibližuje nízkým hodnotám acitidy vody nad ponory. K dalším charakteristickým změnám vlastností vody při průtoku krasovým podzemím patří zvýšení mineralizace vody, tj. celkového obsahu rozpuštěných látek, které má v průběhu roku poměrně stálou hodnotu. V průměru se obsah rozpuštěných látek zvýší o 100 mg na 1 litr, tedy 1,4krát. Pouze za jarního tání je zvýšení mineralizace průměrně o 10 % nižší oproti celoročnímu průměru. Ze srovnání obsahu plavenin ve vodě pod vývěrem a nad ponory pro celé sledované období vyplývá: dojde-li ke zvýšení obsahu plavenin v tocích, ať už během jarního tání, nebo po intenzívnějších

srážkách, popř. vlivem zásahů člověka, obsah plavenin nad ponory značně kolísá bez jakéhokoliv vztahu k průtokům (korelační koeficient $r = +0{,}005$) a v průměru v 10krát větším rozmezí než obsah plavenin pod vývěrem (maximální zjištěný obsah plavenin ve vodě nad ponory byl 390 mg . $l^{-1}$, ve vodě pod vývěrem 44 mg . $l^{-1}$); pod vývěrem jsou změny obsahu plavenin a jeho zvýšení méně výrazné a zvýšení obsahu plavenin je v těsném vztahu s růstem průtoků (hodnota korelačního koeficientu je zde $r = +0{,}791$). Mimo tato období zvýšení se obsah plavenin ve vodě nad ponory a pod vývěrem vždy ustálil na téměř stejné hodnotě (průměr ve vyvěrající vodě za tohoto stavu byl 9 mg . $l^{-1}$ a ve vodě nad ponory 10 mg . $l^{-1}$).

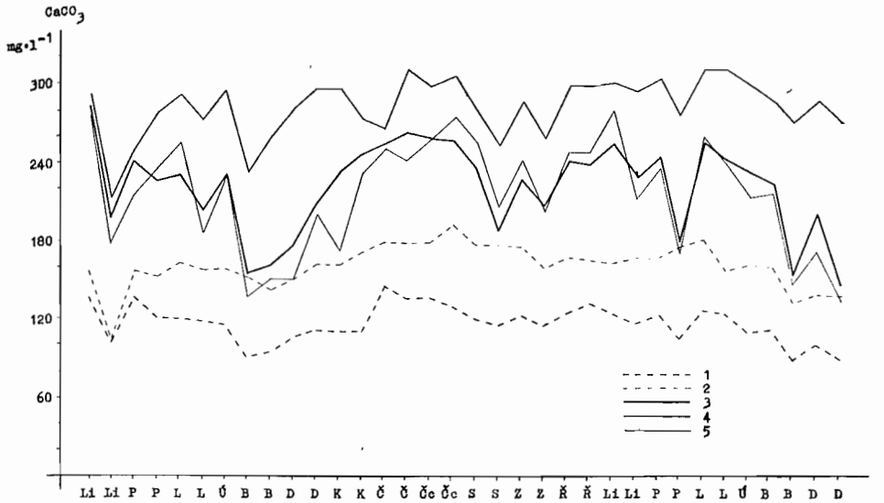



Změny mineralizace vody v průběhu sledovaného období (listopad 1978—duben 1980) v jednotlivých místech označených 1—5. Plnou čarou — změny ve vývěrové oblasti, přerušovaně — v oblasti ponorů. Hodnoty mineralizace jsou zjištěné vždy v polovině a koncem daného měsíce (v únoru 1979 v polovině, v únoru 1980 koncem měsíce). — Variations in water mineralization during the measuring period (November 1978 —April 1980) at the points of measuring 1—5. Dashed lines indicate the variations at the swallets, full lines at the outlets. The values were observed in the middle and at the end of each month (in the middle of February 1979 and at the end of February 1980).

Od ponorů k vývěrům dochází ke zvýšení vápenaté tvrdosti vody (vyjadřované koncentrací $CaCO_3$), pro celý rok v průměru o 100 mg $CaCO_3$ na 1 litr, tedy 1,9krát. Za jarního tání dochází v obou srovnávaných místech k poklesu vápenaté tvrdosti vody na nejnižší hodnoty v roce. Tento pokles je mnohem výraznější pod vývěrem než nad ponory. Rozdíl mezi vápenatou tvrdostí vody nad ponory a ve vývěru je v tomto období nejmenší (průměrné zvýšení vápenaté tvrdosti od ponorů k vývěru je oproti celoročnímu průměru o 30 % nižší). Naopak rozdíl vápenaté tvrdosti vody je největší v létě (průměrné zvýšení od ponorů k vývěru je oproti celoročnímu průměru o 20 % vyšší). S výjimkou relativně krátkého období průtoku tavných vod je průměrné zvýšení vápenaté tvrdosti od ponorů k vývěru po většinu roku 110 mg $CaCO_3$ na litr, tedy o 10 % vyšší oproti celoročnímu průměru. Z porovnání vzájemného



vztahu koncentrace $CaCO_3$ a průtoků nad ponory a pod vývěrem (na základě hodnot vypočtených korelačních koeficientů, nad ponory $r = -0{,}619$, pod vývěrem $r = -0{,}800$) vyplývá, že průtokem vod krasovým podzemím dochází ke zvětšení těsnosti vzájemného vztahu koncentrace $CaCO_3$ a průtoků. Ze srovnání hořečnaté tvrdosti vody pod vývěrem a nad ponory pro celý rok vyplývá, že krasové podzemí nijak podstatně neovlivňuje hořečnatou tvrdost protékající vody. Jen téměř po celý rok byla pozorována nepatrně nižší koncentrace $MgCO_3$ ve vodě pod vývěrem, než nad ponory. Koncentrace $MgCO_3$ se v průběhu roku projevuje pod vývěrem poněkud větší stálostí než nad ponory, kde bylo pozorováno nevýrazné minimum na jaře




Změny vápenaté tvrdosti, vyjádřené koncentrací $CaCO_3$, v průběhu sledovaného období (listopad 1978—duben 1980) v jednotlivých místech označených 1—5. Plnou čarou — změny ve vývěrové oblasti, přerušovaně — v oblasti ponorů. Hodnoty vápenaté tvrdosti jsou zjištěné vždy v polovině a koncem daného měsíce (v únoru 1979 v polovině, v únoru 1980 koncem měsíce)— Variations in calcium hardness, expressed in terms of mg $CaCO_3$/1, during the measuring periods (November 1979—April 1980) at the points of measuring 1—5. Dashed lines indicate the variations at the swallets, full lines at the outlets. The values were observed in the middle and at the end of each month (in the middle of February 1979, at the end of February 1980).

a nevýrazné maximum v létě. Těsnější vztah koncentrace $MgCO_3$ k průtokům nad ponory než pod vývěrem, kde je koncentrace zcela bez vztahu k průtokům, dokládá srovnání korelačních koeficientů. Nad ponory je koeficient korelace $r = -0{,}411$, pod vývěrem $r = +0{,}083$.

### *Stanovení odnosu $CaCO_3$ a intenzity rozpouštění vápenců*

V této kapitole je stanoven odnos $CaCO_3$ pro závěrečný profil zkoumaného území (pro Říčku pod vývěry u limnigrafu HMÚ přibližně na jižním okraji krasového území) za hydrologický rok 1979. Odnos představuje vlastně množství $CaCO_3$, které prošlo za uvedenou dobu tímto profilem na Říčce a bylo tak odneseno z celého