

MASARYKOVA UNIVERZITA

Přírodovědecká fakulta

Ústav geologických věd



Pavel PRACNÝ

Vedoucí: Mgr. Tomáš Kuchovský, Ph.D.

**Podmínky formování travertinové kupy v Pustém žlebu
v Moravském krasu**

Rešerše

Brno 2009

Obsah

1. Úvod	2
2. Sladkovodní vápence.....	3
2. 1. Názvosloví.....	3
2. 2. Pramenné vápence	4
2. 3. Podmínky vzniku.....	5
2. 4. Tvary ložisek	5
3. Výskyty sladkovodních vápenců v ČR a SR.....	6
3. 1. Terciér.....	6
3. 1. 1. Pleistocén.....	6
3. 2. Kvartér	7
3. 2. 1. Slovenské travertiny	7
3. 2. 2. Holocénní pěnovce v ČR.....	7
4. Popis zkoumané lokality.....	9
4. 1. Geografická charakteristika oblasti	9
4. 2. Geologie	9
4. 3. Hydrologie a hydrogeologie	10
4. 4. Klimatické poměry	10
4. 5. Pěnovcové ložisko u jeskyně Štajgrovka.....	11
5. Použitá literatura.....	13
6. Přílohy	14

1. Úvod

Mezi nejvýznamnější zdroje informací o období kvartéru na našem území patří pěnovce. Tyto sladkovodní vápence s sebou nesou informace o migracích živočichů i rostlin, o činnosti člověka, ale zejména o vývoji klimatu. Klima samo o sobě je nesmírně důležitý faktor, který ovlivňuje přírodu živou i neživou. Ze sladkovodních vápenců se dá rekonstruovat na základě fosilních nálezů fauny a flóry, ale také z izotopových poměrů.

Pěnovce v krasových oblastech v sobě nesou zajímavou informaci o průběhu krasových procesů. Dokážeme z nich odhadnout jaké složení vody krasového pramene a hydrogeologické podmínky odpovídají období jejich vzniku.

Pěnovcová akumulace v Pustém žlebu je nejvýznamnějším výskytem pěnovců v Moravském krasu a proto bude zajímavé zjistit, jakým způsobem vznikla.

2. Sladkovodní vápence

2. 1. Názvosloví

Jako travertiny se v české vědecké literatuře mnohdy označují sladkovodní vápence v širším slova smyslu. Tento termín se používá velmi nejednotně, někteří autoři jím označují pouze vápence vysrážené z vod temperovaných – nejčastěji minerálních – jiní takto popisují kompaktní, leštitelné vápence (které prošly tzv. travertinizací).

Ucelené rozdělení sladkovodních vápenců provedl Kovanda (1971) takto:

A. Vápence supraterestricko-subakvatické

1. pramenné (fontinální)
2. vod tekoucích (fluviální)
3. vod stojatých (limnické)
 - bažinné (palustrické)
 - pánevní

B. Vápence supraterestricko-subaerické

- 4a. pěnítky z den skalních převisů
- 4b. bradavičnaté sintry

C. Vápence subterestrické

5. všechny typy půdních a jeskynních sintrů

Sladkovodní vápence v okolí jeskyně Štajgrovky patří do kategorie A2, kterou Kovanda s ohledem na genezi a vlastnosti dále rozčlenil na:

A) písčité pěnovce

- . slímité
- . jemnozrné
- . středně zrnité až hrubozrné
- . hrubé volné inkrustace

B) strukturní pěnovce

- a. drobně úlomkovité
 - . parožnatkové písky
 - . ostřicové písky
 - . rákosové písky
 - . atd.
- b. volné řasové hlízy

- c. čočkovité, deskovité a lavicovité, soudržné až polopevné porézní pěnovce
 - . řasové
 - . parožnatkové
 - . mechové
 - . jätrovkové
 - . stélkové
 - . trákové
 - . listové
 - . dřívkové
 - . atd.

Pojem pěnovec, pro nesoudržné drobné vápence vysrážené z krasových pramenů nebo pramenných toků vytvořil na základě německého pojmu „Dauch“ (pěna ve švábském nářečí) Ložek. Potřeba vymezit drobné karbonáty oproti pevným karbonátům byla dána převahou rozpadavých forem na našem území (Žák *et al.* 2001).

Problematicke vymezení pojmu travertin kontra pěnovec se věnoval také Žák *et al.* (2001). Vycházel z klasifikace navržené Kovandou, ale i z prací zahraničních autorů a přiklonil se k použití pojmu pěnovec v kombinaci s odpovídajícím přívlastkem (strukturní, masivní, písčité) pro označení „rozpadavých nebo pevných, ale vždy silně porézních sladkovodních vápenců běžných chladných krasových pramenů a povrchových toků“. Za typický znak pěnovce pak považuje přítomnost otisků rostlin a bezobratlých. Pojem travertin pak vyhradil pro: „pevné, krystalické precipitáty z minerálních vod obvykle se zvýšenou teplotou, zpravidla řezatelné a leštitelné a často laminované, které postrádají hojnost zbytků rostlin a živočichů.“

Pro svou podobnost mohou být někdy pěnovce zaměněny s limnickými karbonáty, zejména bažinnými. Velmi jemné nezpevněné vápence s organickou příměsí vznikající v bažinách se označují almy. Od písčitých pěnovců se liší jemnějším zrnem a obsahem koloidů, které způsobují jejich smršťování při vysychání.

2. 2. Pramenné vápence

Ložek (1973) rozlišil tři základní typy pramenů, ze kterých se mohou srážet sladkovodní vápence.

Jsou to:

1. Prameny krasové, které vytékají z hornin podléhajících zkrasování
2. Prameny puklinové a vrstevní, které vytékají z vápnitých hornin, ale ty nepodléhají krasování (slíny, slínovce, vápnité pískovce a břidlice), nebo hornin s kalcitovou výplní

puklin

3. Prameny na hlubokých tektonických liniích, které jsou mineralizované, teplé a nemusí vyvěrat z karbonátových hornin

Pro prameny kategorie první a druhé jsou typické formy údolních stupňů a kaskády a litologicky převládají pěnovce, pro prameny kategorie třetí jsou typické kupy, mnohdy bez vazby na údolí, a bývají tvořeny travertiny. Tyto formace jsou odolnější než akumulace pěnovců, což usnadňuje jejich zachování. Tato pramenná tělesa proto známe jak z kvartéru, tak neogénu (např. Teplice n. Bečvou či Karlovy Vary).

2. 3. Podmínky vzniku

Sladkovodní vápence se z krasových vod srážejí zpravidla až po určité vzdálenosti od vývěru, když dojde k dostatečnému (až několikanásobnému) přesycení roztoku karbonáty. Toto přesycení nastává změnou okolních podmínek (pH, tlak CO_2) vzhledem k podmínkám v podzemí. Nejintenzivněji srážení probíhá v místech, kde voda přepadá, provzdušňuje se a dochází k největším únikům CO_2 . Velký vliv mají také rostliny, nižší (řasy, mechy) i vyšší, které z vody odebírají CO_2 a přispívají tak k urychlení srážení a zároveň poskytují plochu pro srážení kalcitu. Prakticky nelze posoudit, zda je při vzniku pěnovců důležitější vliv biogenních procesů nebo prostý únik CO_2 přirozenou cestou (Žák *et al.* 2001). Přítomnost rostlin ve vodě také významně ovlivňuje strukturu vznikajících formací.

Intenzita procesů souvisejících se vznikem pěnovců závisí zejména na klimaticky kontrolovaných faktorech. Zvláště pak na koncentraci CO_2 v půdním vzduchu infiltrační oblasti a na srážkách. Koncentraci CO_2 v půdě ovlivňuje například množství organického materiálu, přítomnost bakterií a organismů, typ půdy a teplota. Proto jsou na našem území vázány pěnovce na období teplých a vlhkých interglaciálů. Pěnovce jsou málo odolné horniny a snadno podléhají erozi. Z toho důvodu je většina akumulací zachovaných na území ČR z posledního interglaciálu, tj. holocénu.

2. 4. Tvary ložisek

Nejtypičtějším tvarem pěnovcových formací jsou kaskády. Vznikají tím, že voda z pramene stéká po dně údolí a v místech, kde dochází k rychlejšímu okysličování a uvolňování CO_2 se začne rychleji srážet kalcit a narůstat do výšky. Vytvoří se tak stupeň kaskády, přes jehož čelo dál přepadává voda. Za čelem, které je tvořeno zejména strukturními pěnovci, se pak vytváří pánev s pomalejší sedimentací, kde se formují pěnovce písčité. Vznik kaskád může postupně zcela změnit plynulý průběh profilu údolí. Na dlouhých, pozvolných svazích se tvoří dlouhé stupně, na svazích

příkrých jsou stupně charakterizovány malými délkami. Níže po proudu pak mohou vznikat jezera či slatiny, ve kterých dochází ke srážení vápenců stojatých vod, zejména almů.

Kovanda (1971) rozdělil ložiska do dvou skupin podle počtu kaskád (jednokaskádové x vícekaskádové), které dále rozčlenil na údolní nebo svahové. Ty mohou tvořit různé tvary v závislosti na sklonu přepadu, mocnosti a dalších vlastnostech.

Poněkud jinak typy ložisek pěnovců vymezil na základě úložných poměrů Ložek (1973):

1. Soustava kaskádových stupňů

a. Vrstvené stupně – tvořené souvisle probíhajícími vrstvami obvykle strukturních pěnovců, které k čelu nabývají na mocnosti a tím vzniká stupeň

b. Hrazené stupně – čelo kaskády tvoří strukturní pěnovec a za ním se tvoří bažinatý úsek s písčitymi pěnovci

c. Hrazená jezera – extrémní případ hrazených stupňů, kdy za sebou čelo drží jezero značné hloubky (příkladem jsou Plitvická jezera)

2. Svahová ložiska – vznikají pod prameny na svazích s prudkým sklonem

a. Svahové proudy – mírně vyvýšený pás pěnovců táhnoucí se po svahu dolů

b. Svahové kupy – jednostranné kupy s pramenem u vrcholu

3. Výplně údolí a sníženin – vytvářejí přechod k bažinným a jezerním vápencům a bývají tvořena sypkými pěnovci

3. Výskyty sladkovodních vápenců v ČR a SR

3. 1. Terciér

V západních Čechách při jižním okraji Mostecké pánve sz. od Žatce leží lokalita Tuchořice. Nachází se zde travertinová kupa a jezerní vápence, které pravděpodobně vznikly v prostředí vývěru minerálních vod. Ty se akumulovaly v přilehlé vodní nádrži. Nad hladinou jezera se držela vrstva plynů (zejména CO₂), která se stala smrtící pastí pro zvířata. Z lokality je známo velké množství fosílií, pomocí kterých se dají vápence časově zařadit do období eggenburg (spodní miocén) (Chlupáč *et al.* 2002).

3. 1. 1. Pleistocén

Pleistocénní pěnovce se na našem území až na drobné výjimky, jako je lokalita Únětice u Prahy nezachovaly (Chlupáč *et al.* 2002). Na druhou stranu se v okolí města Přerova a zejména v okolí Hranic na Moravě vyskytuje mnoho travertinových kup. Velká část travertinu již byla vytěžena, jedná se totiž o travertin velmi kvalitní a hojně využívaný jako dekorativní kámen. Známé lokality jsou zejména Kokory, Želatovice, Tučín a Radslavice.

Vznik kup se na základě fosílii datuje na 800 000 let BP, to jest pleistocén. Travertin se vysrážel z minerálních vod vázaných na olomoucko-přerovský zlom. Významnou roli hrály patrně také devonské vápence v podloží, ze kterých se voda mohla sytit uhličitánem vápenatým (Janoška 1998).

Minerální vody jsou jímány například v Teplicích nad Bečvou. Voda vyvěrá z devonských vápenců kry Maleníku podél zlomů orientace SZ-JV. Vápence jsou zkrasovělé nejen nad hladinou řeky, ale působením minerálních vod i pod úrovní Bečvy. Minerální vody zařídili Květ a Kačura (1978) podle normy ČSN 86 8000 jako uhličitou vodu hydrouhličitanovou, vápenatou, slabě mineralizovanou, hypotonickou, kterou nelze označit za minerální pro nízkou teplotu (nižší než 25°C). Obsahy CO₂ se pohybují přibližně mezi 1,5 až 2 g.l⁻¹. Detailnější rozbor v příloze Tab. 1.

3. 2. Kvartér

3. 2. 1. Slovenské travertiny

Z hlediska hydrogeochemického jsou pro zkoumanou problematiku zajímavé travertiny na Slovensku, které se na některých lokalitách usazují i v recentu. Formace travertinu nalezneme zejména ve středním Slovensku. Obvykle se vyskytují v celých skupinách podél tektonických linií a mohou tvořit kaskády (např. Bojnice), kupy (Sivá Brada, Gánovce) a nebo desky (Vaškovský 1977). Většina významných lokalit pochází z interglaciálu riss/würm. Evropsky cenou lokalitou je Hrádek u Gánovců, kde byl nalezen bohatý fosilní materiál a četné archeologické nálezy včetně pozůstatků *Homo praeneandertalensis*.

V blízkosti Spišského podhradí dochází k srážení travertinu ještě dnes. Turistická dominanta kraje – Spišský hrad – stojí také na travertinové kupě, tato je ale pliocenního stáří. K recentnímu vzniku travertinu dochází zejména na lokalitě Sivá Brada, která leží asi 2,5 km sz. od Spišského podhradí. Jedná se o kupu o průměru téměř 300 m, výšce zhruba 20 m a skládá se z porézního pramenného travertinu. Na vrcholu kupy je živý kráter o šířce 3 m a hloubce 30 cm. Asi dva kilometry jz. směrem je lokalita Baldovce – Hradská lúka. Jedná se o karbonátovou slatinu o rozloze 400 X 750 m a tvoří ložisko o mocnosti 3 – 7 metrů s horizonty almů a písčitých pěnoveců (Kovanda 1971). Minerální voda zde probublává dodnes, její složení viz tabulka 2.

3. 2. 2. Holocenní pěnovce v ČR

Jak jsem již zmínil výše, známe z našeho území v drtivé převaze holocenní pěnovce. Přehled nejdůležitějších výskytů na území ČR publikoval Kovanda (1971): Český kras (Svatý Jan pod Skalou, Karlštejn, Koda), České středohoří (Mrsklesy), dále pak Dluhonice, Bernartice nad Odrou, Opava-Kateřinky (Kovanda 1964), Skřečoň u Bohumína a Komňa v Bílých Karpatech.

Mrsklesy

Nachází se zde několik arů velké ložisko kvartérních vápenců o mocnosti menší než 1 m. Vytváří

plochý svahový pokryv na eluviu svrchně turonských slínů, z jejichž vod se karbonáty vysrážely. Ložisko je tvořeno strukturními i písčítými pěnovci, almy a slíny. Obsahuje fosílie malakofauny ze staršího holocénu. Po části formace teče voda ještě v současnosti a stále se zde tvoří inkrustace (Kovanda 1971).

Opava Kateřinky

Kovanda (1964) stratigraficky popsal výplň starého koryta řeky Opavy v severní části města Opavy – městské části Kateřinky. Jedná se o vápence limnické, převážně palustrické. Profil obsahuje sedimenty anorganické i organogenní (písčité pěnovce a almy), přičemž vápence tvořily čočku o mocnosti cca 2 m a šířce několika metrů. Kovanda provedl také podrobný rozbor nalezených fosílií měkkýšů a zařadil tak formování pěnovců do období pozdního glaciálu až mladšího atlantiku. Studovaný profil byl zastižen při výstavbě přístupové cesty do lomu a následně překryt navážkou, později byl zničen při rozšiřování dolu (Kovanda 1972).

Svatý Jan pod Skalou

Lokalita se nachází přímo v obci Svatý Jan pod Skalou v Českém krasu nedaleko Berouna. V rokli Propadlé vody je vyvinuta až 17 m mocná kaskáda pěnovců o rozloze 80 m X 70 m, jejíž podloží tvoří silurské vápence. Pěnovce se vysrážely z krasového pramene, který dnes vytéká z jeskyně u paty tělesa, kam se přestěhoval subrozí někdy v 5. - 7. století př. n. l. (Žák *et al.* 2001), čímž skončilo ukládání karbonátů. Začátek jejich ukládání se datuje do doby 9500 let BP. V té době pokrýval okolí listnatý les, v pěnovcích se dochovaly pouze velmi vzácné otisky jehličí a to většinou jehlice tisu.

Akumulaci je možno rozčlenit na dvanáct vrstev pěnovců, devět vrstev fosilních púd a čtyři polohy vápencových sutí (Kovanda 1972). V tělese se vyvinuly tři jeskyně, z nichž jedna je údajnou poustevnou sv. Ivana a byla v ní ve středověku vybudována kaple.

Pramen po technických úpravách okolí tvoří několik vývěřů z nichž nejvýznamnější jsou vývěry Ivanka (cca 10 l.s⁻¹) a Ivan (cca 4 l.s⁻¹). Celková vydatnost se odhaduje na 17 – 30 l.s⁻¹. Vývěry se stékají a asi po 50 m ústí do potoku Kačák. Hladina podzemní vody v pěnovcích a okolí se pohybuje kolem hloubky 1,5 metru. Geografické povodí pramene zaujímá plochu 1 km², většinu tvoří devonské vápence (lochkov, prag, zlíchov, dalej a eifel), pouze jednu třetinu pak devonské prachovce a břidlice (givet). Na základě specifického podzemního odtoku odhadl Žák *et al.* (2001) hydrogeologické povodí na 8,5 km². Stopovací zkoušky prokázaly, že se voda z potoku Kačák, protékajícího obcí, objevuje v prameni. Teplota vody je v průměru 11,4 °C, konduktivita dosahuje zhruba 690 μS.cm⁻¹. Voda pramene je typu HCO₃-Ca-SO₄ a celková mineralizace se pohybuje mezi

680 až 690 mg.l⁻¹. Podrobnější přehled chemismu vod je v tabulce č. 3.

Rozměry tělesa pěnoveců odhadl Žák *et al.* (2001) na přibližně 60 000 m³. Průměrnou objemovou hmotnost pak na 1,3 t.m⁻³ a souhrnnou hmotnost na 78 000 tun pěnovce. Při celkové době ukládání 7000 let by byla rychlost zhruba 0,35 g.s⁻¹ kalcitu. Za předpokladu, že v době ukládání pěnoveců byly podmínky teplejší a vlhčí a vydatnost pramene i obsah rozpuštěných karbonátů byly vyšší než dnes, by stačilo pouze několik procent z obsahu.

4. Popis zkoumané lokality

4. 1. Geografická charakteristika oblasti

Území Moravského krasu se nachází severně od Brna a tvoří pruh o šířce 3-6 km a délce přibližně 25 km, celková plocha je zhruba 85 km². Průměrná nadmořská výška dosahuje 448 m a střední sklon svahů 5° 48' (Demek in Musil *et al.* 1993). Geomorfologicky přináležejí Dražanské vrchovině a dělí se na tři části – na severní Suchdolské plošiny, střední Rudické plošiny a jižní Ochozské plošiny. Plochý povrch plošin je rozřezán hlubokými údolími zvanými žleby. Pustý žleb, ve kterém se nachází zkoumaná lokalita, se rozprostírá mezi ponorem Sloupského potoka u Hřebenáče ve Sloupském poloslepém údolí a vývěrem řeky Punkvy. Žleb dále pokračuje jako Punkevní žleb až k soutoku se Svitavou.

Území krasu je součástí CHKO Moravský kras. Pustý žleb leží v největší a nejcennější lokalitě, národní přírodní rezervaci Vývěry Punkvy (Štefka *et al.* 2007). Území je chráněno pro svou krajinnou, biologickou i geologickou hodnotu, zahrnuje také nejdelší jeskynní systém v ČR – Amatérskou jeskyni.

4. 2. Geologie

Krasové jevy Moravského krasu se vyvinuly ve vápencích devonského stáří. Ty na západě nasedají na magmatické horniny Brněnského masivu a na východě přechází ve flyšové sedimenty kulmské facie.

Pro studovanou lokalitu jsou podle Dvořáka (Dvořák *et al.* in Musil *et al.* 1993) důležité granitoidní horniny brněnského masivu, dále pak zejména devonská bazální klastika (spodní až střední devon) a vápence macošského souvrství, které tvoří povodí krasového pramene v jeskyni Štajgrovka. Macošské souvrství sedimentovalo v prostředí mělké plošiny a obsahuje útesotvornou faunu. Je tvořeno vápenci vavříneckými, josefovskými, lažáneckými a vilémovickými.

Sedimentace začala v severní části Moravského krasu bazálními klastiky a poté vápenci vavříneckými. Jejich nejjižnější výskyt je doložen vrty u Josefova. Přechod mezi vápenci vavříneckými a josefovskými je ve střední části krasu tvořen souvrstvím klastických sedimentů, zejména jílovitých pískovců a křemenných slepenců, což naznačuje mořskou regresi a přerušeni

karbonátové sedimentace v období středního devonu (hranice eifel/givet). V severní části nebyla sedimentace přerušena – toto období se vyznačuje pouze větší příměsí klastických sedimentů ve vápencích (Dvořák *et al.* in Musil *et al.* 1993).

4. 3. Hydrologie a hydrogeologie

Vápence v krasu mají vzhledem ke svému rozpukání a zkrasování velkou schopnost pohlcovat vodu. Území krasu se vyznačuje značnou anizotropií propustnost, která nabývá většinou vysokých hodnot. Podloží a boční ohraničení vápenců tvoří velmi málo propustné horniny (granitoidy, břidlice a droby), které výrazně zmenšují možnost přítoku podzemních vod.

Na okraji území krasu se allochtonní vody ztrácejí v podzemí. Autochtonní toky se v Moravském krasu vyskytují pouze sporadicky a podzemní toky a jejich povodí nejsou vázány na povrchový reliéf. Nejvýznamnějším tokem severní části krasu je řeka Punkva o celkové rozloze povodí 170 km² a průměrném průtoku 0,96 m³.s⁻¹. Punkva vzniká soutokem Sloupského potoka a Bílé vody v prostorách Holštějské větve Amatérské jeskyně (Štefka 2007).

Zvodně ve vápencích mohou být napjaté, jak dokazuje průzkumný vrt Skální Mlýn HV 103 provedený v severozápadní části krasu. Po provrtání jemnozrnných izolátorů na hranici mezi nadložními lažáneckými a podložními vilémovickými vápenci začala z vrtu pod silným tlakem vyvěrat artézská voda o vydatnosti přes 15 l.s⁻¹ (Vlček & Dvořák in Musil *et al.* 1993).

4. 4. Klimatické poměry

Moravský kras leží v mírně teplé klimatické oblasti, přičemž severní část je chladnější než jižní. V části severní dosahuje průměrná roční teplota hodnoty 6,5 °C, nejchladnějším měsícem je leden s průměrnou teplotou -3,7 °C a nejteplejším červenec s průměrnou teplotou 16,2 °C (Quitt in Musil *et al.* 1993).

Značné rozdíly v hodnotách naměřených srážek mezi jednotlivými místy v krasu jsou způsobeny geomorfologickými rozdíly (např. návětrný/závětrný svah). V severní části spadne v průběhu roku úhrnem zhruba 700 mm srážek, avšak tato hodnota se může v letech suchých či naopak velmi vlhkých lišit až o 50%. Vydatnost srážek je během roku velmi proměnlivá, z dlouhodobého hlediska můžeme říci, že nejsuššími měsíci jsou leden až březen, zatímco nejvíce srážek připadá na červen až srpen. Sněhová pokrývka se v Moravském krasu vyskytuje zhruba od konce listopadu do poloviny března

Ve žlebech pozorujeme velký vliv rozdílů radiačních poměrů. Svahy oslněné především dopoledne si zachovávají sněhovou pokrývku mnohem déle než svahy osvětlené převážně odpoledne. Žleb v místech jeskyně Štajgrovky je přibližně orientace východ-západ a chladnějším je tedy svah obrácený k severu, to je svah na levém břehu řeky Punkvy. Za jasných a slunečných dní

zejména na jaře a na podzim může docházet k teplotní inverzi, kdy je teplota na dně údolí o 3 až 4 stupně nižší než nahoře na plošině (Quitt in Musil *et al.* 1993).

4. 5. Pěnovcové ložisko u jeskyně Štajgrovka



Obrázek 1: Situační mapa okolí zkoumané lokality (upraveno z www.mapy.cz)

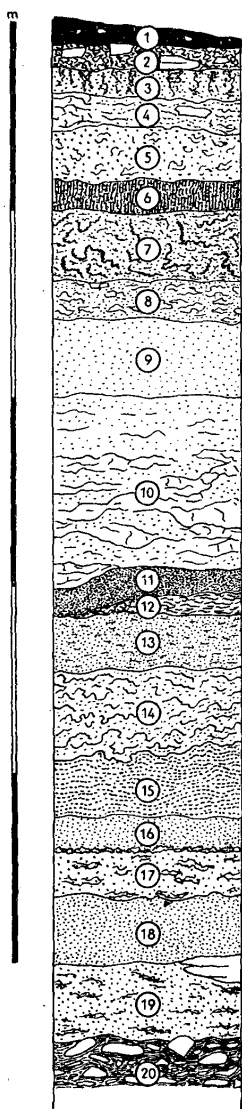
Pěnovcové ložisko u Štajgrovky v Pustém žlebu je jediné známé stratigraficky významné ložisko pěnovců v Moravském krasu (Ložek 2007). Jeho podrobnějším výzkumem se zabývali zejména Vašátka a Ložek (1972), kteří sestavili stratigrafický profil ložiskem na základě fosilní malakofauny.

Kupa se nachází před ústím jeskyně Štajgrovka na pravém břehu řeky Punkvy asi 1 km od Skalního mlýna směrem ke vstupu do Punkevních jeskyní, jak ukazuje mapa na obrázku 1. Jedná se o jednoduchou svahovou kaskádu u paty skalní stěny ohraničenou z jihu příkrým srázem údolí. Nad tímto srázem vede přístupová cesta do Punkevních jeskyní. Kupa je v současnosti pokryta hlínou, pěnovce vystupují na povrch v některých místech na čele kupy.

Jeskyně Štajgrovka (někdy také Štajgrova díra) je vyvinuta ve vápencích macošského souvrství. Detailní geologie okolí je vyobrazena v příloze – obrázky 3 a 4. Pramen, který původně protékal jeskyní, je v současnosti jímán pro účely provozu Punkevních jeskyní a Skalního mlýna. Vchod do jeskynních prostor byl zalděn, vstupní partie jeskyně upraveny, hlouběji v jeskyni byla vybudována přepadová jímka na vodu.

Profil ložiskem se dá rozčlenit na dvacet vrstev, z nichž nejspodnější (20) tvoří klastické fluvialní uloženiny a tři nejsvrchnější jsou současné půdní horizonty tvořící se rendziny. Bazální

vrstva se datuje na hranici pleistocénu a holocénu, nejsvrchnější pěnovcová vrstva do epiatlantiku (Vašátko & Ložek 1972). Celý profil viz obrázek 2.



1. Černá, humózní, drobná hlína s občasnými úlomky vápence
2. Hnědá jílovitá hlína s tupohrannou vápencovou sutí a humusovými povlaky
3. Šedohnědá s půda s velkým obsahem pěnovce (horizont C)
4. Světle rezivě-žlutý strukturní pěnovec, přecházející do písčitého pěnovce s pěnovcovými hlízkami
5. Světlešedý, hrubý písčité pěnovec s difúzními inkrustacemi a bělavými partiemi
6. Šedá, humózní na pěnovec bohatá hlína (pohřbená půda)
7. Světle šedo-hnědý písčité pěnovec s rezivými vlnitými šmouhami limonitu
8. Rezivě-žlutý pěnovec s inkrustacemi
9. Nahnědlý bílo-šedý pěnovec
10. Světlý rezivě-hnědý pěnovec, vespod prostoupený nepravidelnými lavicemi
11. Světle šedý velmi dobře zrněný písčité pěnovec
12. Vklíněná vrstva rezivě-hnědých a hnědých hrubých inkrustací
13. Hnědo-šedý, dobře zrněný pěnovec
14. Rezivě-hnědý, hrubý pěnovec s inkrustacemi, které jsou částečně vzájemně stmelené
15. Sytě rezivě-hnědý, hrubý pěnovec (ostrá spodní hranice)
16. Světlý okrově hnědý, spíše jemný písčité pěnovec s bazálními inkrustacemi
17. Rezivě-hnědý, středně zrněný pěnovec s inkrustacemi
18. Okrově hnědý, trochu rezivě zbarvený pěnovec
19. Totéž s hnědými jílovými náteky
20. Vápencová suť až oblázky (5 – 10 cm, zřídka větší) s tmavě zeleno-hnědou tmelící hmotou, místy se sytě hnědými jílovými náteky

Obrázek 2: Profil tělesem pěnovců u Štajgrovky (upraveno podle Vašátko & Ložek 1972)

5. Použitá literatura

Carlé, W. (1975): Die Mineral- und Thermalwässer von Mitteleuropa, geologie, chemismus, genese. – Wissenschaftliche verlagsgesellschaft MBH. Stuttgart.

Chlupáč, I. – Brzobohatý, R. – Kovanda, J. & Stráník, Z. (2001): Geologická minulost České republiky. – Academia. Praha.

Janoška, M. (1998): Moravská brána očima geologa. – Univerzita Palackého v Olomouci. Olomouc.

Kovanda, J. (1964): Stratigrafická studie mladokvartérních limnických sedimentů v Opavě-Kateřinkách. – Sborník geologických věd, Antropozoikum, **2**, 85-108. Ústřední ústav geologický. Praha.

Kovanda, J. (1971): Kvartérní vápence Československa. – Sborník geologických věd, Antropozoikum, **7**, 7. Ústřední ústav geologický. Praha.

Květ, R. & Kačura, G. (1978): Minerální vody Severomoravského kraje. – Ústřední ústav geologický. Praha.

Ložek, V. (1973): Příroda ve čtvrtohorách. – Academia. Praha.

Ložek, V. (2007): Zrcadlo minulosti, Česká a slovenská krajina v kvartéru. – Dokořán. Praha.

Musil, R. *et al.* (1993): Moravský kras, labyrinty poznání. – Jaromír Bližňák, GEO program. Adamov.

Štefka, L. *et al.* (2007): Chráněná území CHKO Moravský kras. – *In*: Mackovčín, P. – Jatiová, M. – Demek, J. & Slavík, P. *et al.* (2007): Chráněná území ČR – Brněnsko, svazek IX. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a Ekocentrum Brno. Praha.

Vašátko, J. – Ložek, V. (1972): Mollusken und Stratigraphie des Dauchlagers von Pustý žleb-Štajgrovka im Moravský kras (Mährischer karst). – Zprávy Geografického ústavu ČSAV, **9**, 8, 15-26. Brno

Vaškovský, I. (1977): Kvartér Slovenska. – Geologický ústav Dionýza Štúra. Bratislava.

Žák, K. – Hladíková, J. – Buzek, F. – Kadlecová, R. – Ložek, V. – Cílek, V. – Kadlec, J. – Žigová, J. – Bruthans, J. & Šťastný, M. (2001): Holocenní vápence a krasový pramen ve Svatém Janu pod Skalou v Českém krasu. – Práce českého geologického ústavu, **13**. Praha.

6. Přílohy

Teplice nad Bečvou – Kropáčův pramen /R-I/

analyzoval : Agroprojekt, Opava
 teplota vody : 22,5°C doba odběru : 16.7.1975
 pH : 6,2 mineralizace : 2,85 g/l

ionty	mg/l	mval/l	mval %	ionty	mg/l	mval/l	mval %
Na	72,50	3,15	8,85	Cl	40,0	1,13	3,16
K	12,00	0,31	0,87	Br			
Li	1,50	0,22	0,62	J			
NH ₄	0,40	0,02	0,05	SO ₄	25,35	0,53	1,48
Ca	569,94	28,44	79,89	NO ₃	2,4	0,04	0,12
Mg	39,93	3,28	9,21	HCO ₃	2080,10	34,1	95,04
Fe	2,9	0,16	0,45	F	1,3	0,07	0,2
Mn	0,2	0,01	0,03	NO ₂	0,01	0,0	0,0
Sr	0,0017	0,0	0,0	HPO ₄	0,05	0,0	0,0
Ba	0,6	0,01	0,03	HS			
Al				HAsO ₄			
	699,97	35,6	100,00		2149,21	35,87	100,00

SiO ₂	16,5	mg/l	HBO ₂		mg/l
Zn	26	µg/l	Cd	5	µg/l
Pb	<5	µg/l	Cr	<20	µg/l
Cu	10	µg/l	Ag	<20	µg/l
Se	<10	µg/l	Hg	0,02	µg/l
As	0	µg/l			µg/l
Ra		g/l	U		µg/l
CO ₂ vol.	1613	mg/l	H ₂ S	0,0	mg/l
odplyn	4,0	ml/l	CH ₄	0,46	obj. %
H ₂	0,41	obj. %	C ₂ H ₆		obj. %
O ₂	12,7	obj. %	C ₃ H ₈		
N ₂	84,3	obj. %			
Ar		obj. %			
He	0,022	obj. %			

Tabulka 2: Chemismus minerálních vod v Teplicích nad Bečvou (Květ. & Kačura 1978)

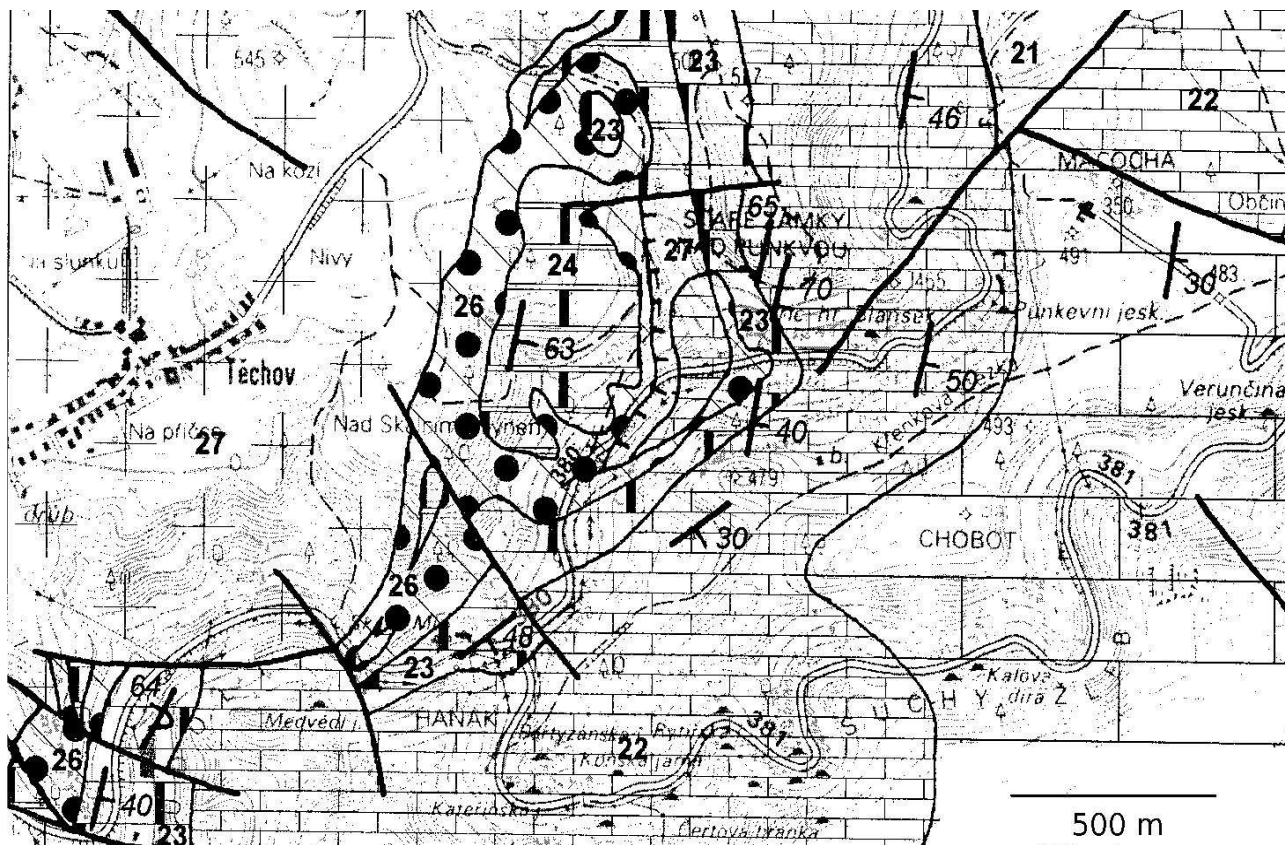
Tabelle zu Sauerlingen der Zentralzone

Ort	Na	K	Mg	Ca	Cl	SO ₄	HCO ₃	Feststoffe	CO ₂
Baldovce	367	48	133	578	309	579	2173	4221	3653
Korytnica	9	1	174	674	5	1399	1239	3562	1462
Lipovec	180	32	139	390	86	120	2140	3093	2361
Nova Lubovna	2		46	65	1	10	496	620	1401
Pribylina	11		113	480	1	11	2033	2648	1410
Santovka	457	143	86	415	362	247	2218	3959	1983
Sindliar	111	14	88	388	45	161	1664	2510	2435
Zeležno			85	396	1	692	738	1912	795

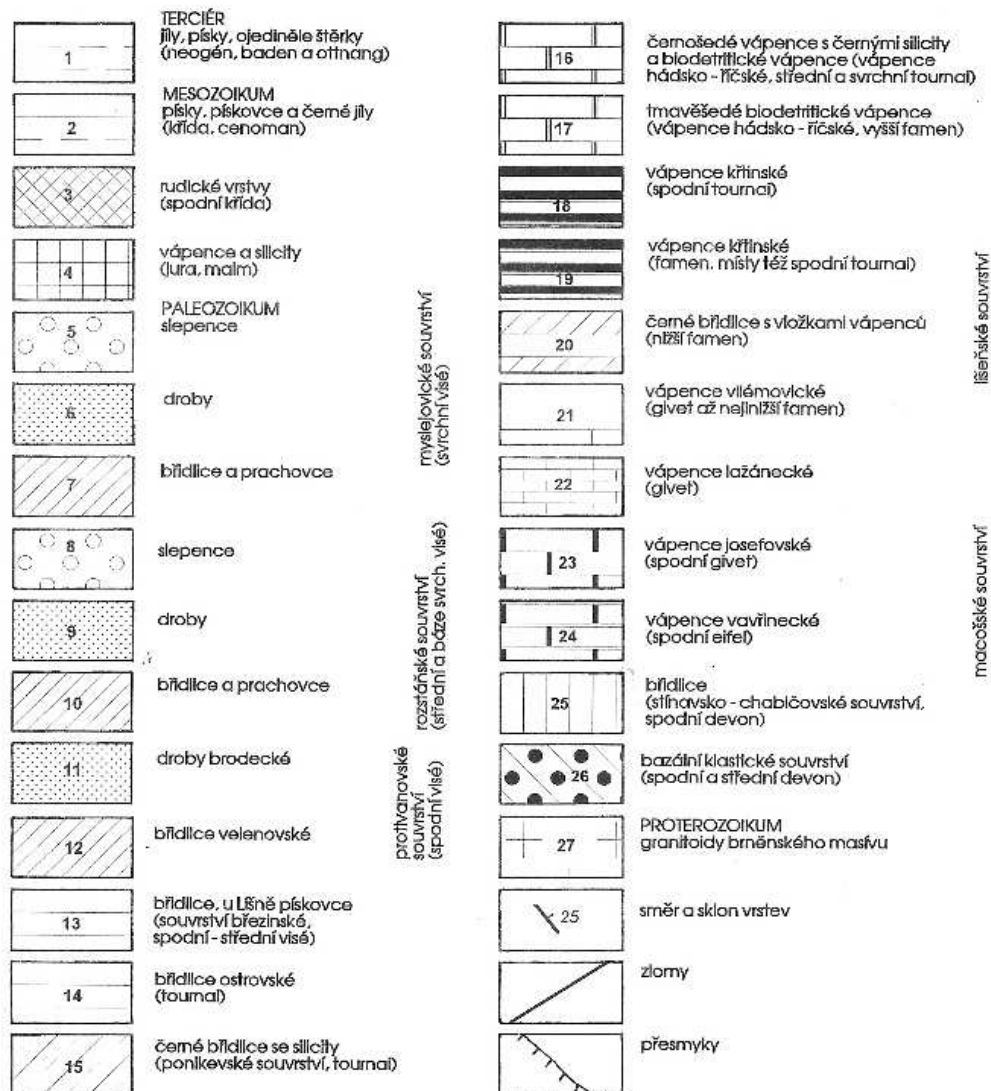
Tabulka 1: Složení některých minerálních vod ve střední Evropě (Carlé 1975)

objekt	pH	M	C	Na ⁺	K ⁺	Li ⁺	NH ₄ ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mn ²⁺	Zn ²⁺	Fe ²⁺	Al ³⁺	F ⁻	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	SiO ₂	
Svatý Jan pod Skalou, pramen Ivanka																					
22.11.1994	7,2	680,9	855	7,48	1,58	0,006	0,02	15,09	154,4	0,009	<0,010	0,05	<0,20	0,15	29,7	50,7	<0,01	332,6	79,7	9,5	
24.1.1995	8,1	540,8	705	7,35	1,57	<0,005	<0,02	14,29	110,5	0,006	<0,010	<0,05	<0,20	0,13	31,7	53,7	n.d.	222,7	88,8	10,1	
25.4.1995	7,2	687,6	834	8,50	1,80	<0,005	<0,02	14,50	152,0	<0,005	<0,010	<0,05	<0,20	0,12	29,6	49,9	n.d.	317,3	105,0	8,9	
20.5.1995	7,8	569,4	642	6,50	1,78	<0,005	<0,02	12,39	126,0	<0,005	0,013	<0,05	<0,20	0,12	19,8	31,3	n.d.	262,4	98,0	11,1	
15.6.1995	8,1	627,0	751	6,00	2,20	<0,005	<0,02	10,38	142,5	0,006	0,011	<0,05	<0,20	0,16	15,2	43,5	n.d.	286,8	111,0	9,2	
12.7.1995	7,3	700,9	897	7,14	1,70	<0,005	<0,02	13,25	159,4	0,010	<0,010	<0,05	<0,20	0,16	26,3	55,7	<0,01	326,5	102,0	8,8	
10.10.1995	7,3	677,2	856	7,44	1,51	0,006	<0,02	14,79	156,3	0,016	<0,010	<0,05	<0,20	0,13	28,6	51,0	n.d.	323,4	84,8	9,2	
29.11.1995	7,3	677,5	890	7,52	1,59	0,005	<0,02	14,73	148,1	<0,005	<0,010	0,06	<0,20	0,14	29,3	51,5	n.d.	329,5	87,0	8,0	
24.1.1996	7,5	698,6	857	7,85	1,57	0,005	<0,02	14,52	152,4	<0,005	0,010	<0,05	<0,20	0,16	30,8	56,2	n.d.	329,5	97,1	8,4	
28.2.1996	7,8	685,1	755	7,53	1,55	0,005	<0,02	14,68	146,9	<0,005	<0,010	<0,05	<0,20	0,13	32,2	57,2	n.d.	320,4	94,9	9,6	
4.4.1996	7,6	685,5	979	7,69	1,68	<0,005	0,03	13,83	145,4	0,007	0,014	<0,05	<0,20	0,16	30,7	54,4	n.d.	326,5	96,2	9,0	
30.5.1996	7,3	693,7	694	7,21	1,72	0,005	<0,02	13,62	150,3	0,013	0,018	<0,05	<0,20	0,16	26,3	51,0	n.d.	326,5	106,5	10,4	
10.7.1996	7,4	697,1	815	6,97	1,51	<0,005	<0,02	13,84	149,4	<0,005	<0,010	<0,05	<0,20	0,16	28,9	52,6	n.d.	335,6	99,1	9,0	
2.10.1996	7,4	686,7	855	7,12	1,55	0,005	<0,02	14,61	148,6	0,007	0,012	<0,05	<0,20	0,14	30,1	57,8	n.d.	329,5	89,2	8,1	
4.12.1996	7,9	694,9	807	7,21	1,56	0,005	<0,02	15,02	151,2	<0,005	0,021	<0,05	<0,20	0,17	31,2	56,7	n.d.	332,6	92,4	6,9	
22.1.1997	7,4	695,6	802	7,95	1,61	0,005	0,02	15,62	146,8	0,018	<0,010	<0,05	<0,20	0,12	32,9	56,9	n.d.	332,6	91,8	9,3	
11.3.1997	7,2	696,2	857	8,04	1,64	<0,005	<0,02	14,60	153,4	0,006	<0,010	<0,05	<0,20	0,14	29,2	54,5	n.d.	329,5	94,0	11,1	
23.4.1997	7,7	693,2	820	7,61	1,72	0,005	<0,02	14,23	147,1	<0,005	0,013	<0,05	<0,20	0,14	29,6	53,8	n.d.	332,6	96,5	10,0	
3.6.1997	7,4	687,7	847	7,42	1,55	<0,005	0,08	15,30	150,7	0,007	<0,010	<0,05	<0,20	0,12	30,1	56,3	n.d.	332,6	83,1	10,5	
8.7.1997	7,3	686,1	849	7,23	1,48	<0,005	<0,02	14,53	146,0	0,007	<0,010	<0,05	<0,20	0,12	29,4	61,6	n.d.	329,5	85,9	10,3	
17.9.1997	8,2	692,0	852	7,21	1,42	<0,005	<0,02	15,09	148,3	<0,005	0,028	<0,05	<0,20	0,15	33,9	58,0	n.d.	329,5	88,3	10,1	
31.10.1997	7,3	699,3	830	7,50	1,57	<0,005	<0,02	15,00	153,3	0,005	<0,010	<0,05	<0,20	0,14	31,7	57,1	n.d.	335,6	85,4	11,9	
Svatý Jan pod Skalou, pramen Ivan																					
22.11.1994	7,2	688,9	862	7,49	1,59	0,006	<0,02	15,14	153,4	<0,005	0,012	<0,05	<0,20	0,17	30,1	53,3	n.d.	332,6	85,7	9,4	
24.1.1995	8,1	487,5	659	7,46	1,52	<0,005	0,03	14,39	96,1	<0,005	<0,010	<0,05	<0,20	0,12	31,6	53,2	n.d.	183,1	89,7	10,3	
25.4.1995	7,2	687,0	836	8,50	1,78	<0,005	<0,02	14,78	154,5	<0,005	<0,010	<0,05	<0,20	0,12	29,1	49,1	n.d.	317,3	103,0	8,8	
15.6.1995	7,9	628,9	779	5,99	2,17	<0,005	<0,02	10,38	144,4	<0,005	<0,010	<0,05	<0,20	0,16	14,8	42,6	n.d.	292,9	107,0	8,5	
12.7.1995	7,2	704,7	839	7,09	1,61	<0,005	<0,02	13,22	158,7	0,007	<0,010	<0,05	<0,20	0,15	26,3	55,8	<0,01	329,5	103,0	9,3	
10.10.1995	7,4	674,6	864	7,36	1,46	<0,005	<0,02	14,39	151,3	0,017	<0,010	<0,05	<0,20	0,17	29,3	51,9	n.d.	323,4	86,7	8,6	

Tabulka 3: Chemismus vod krasového pramene ve Svatém Janu pod Skalou (Žák et al. 2001)



Obrázek 3: Geologická mapa okolí zkoumané lokality (upraveno podle Dvořák in Musil et al. 1993)



Obrázek 4: Vysvětlivky ke geologické mapě (upraveno podle Dvořák in Musil *et al.* 1993)