

STÁŘÍ A GENEZE SEDIMENTŮ V OCHOZSKÉ JESKYNI

The age and origin of the Ochozská Cave deposits

Jaroslav Kadlec¹, Petr Pruner¹, Daniela Venhodová¹, Helena Hercman², Tomasz Nowicki²

¹ Geologický ústav Akademie věd České republiky, Rozvojová 135, 162 00 Praha 6, e-mail: kadlec@gli.cas.cz

² Institute of Geological Sciences of the Polish Academy of Sciences, Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, Poland

(24- 41 Vyškov)

Key words: *Moravian Karst, Quaternary, cave, sediments, dating*

Abstract:

Large sections in cave deposits are exposed in the Ochozská Cave in southern part of the Moravian Karst. The study of the genesis and age of these cave deposits poses a clue to the reconstruction of development of the Ochozská Cave and of local paleohydrographic history. The time of deposition was determined by measurement of paleomagnetic record in clastic sediments and U-series dating of speleothems. The sediments were probably deposited during the Middle and Late Pleistocene in the cave.

Úvod

Ochozská jeskyně je nejrozsáhlejším jeskynním systémem v jižní části Moravského krasu s délkou přesahující 1700 m (Himmel a Himmel 1967). Jeskyně ústí ve výšce 325,2 m n. m. do Hádeckého údolí a za zvýšených vodních stavů je protékána povodňovým tokem Hostěnického potoka. V jeskyni jsou odkryty rozsáhlé profily jeskynními sedimenty. Po sedimentologické stránce byly tyto uloženiny studovány Burkhardtem - Přibylem (1971) a Nehybou (1998), pylová společenstva studovala Doláková (Doláková 1998, Doláková - Nehyba 1999). Předložený příspěvek přináší výsledky studia stáří sedimentů odkrytých v Hlavních dómech a v chodbě Zkamenělé řeky v Ochozské jeskyni. Ve svahu nad ústím Ochozské jeskyně byla pod vápencovou stěnou vykopána 6,7 m hluboká sonda, která odkryla souvrství suťových sedimentů z konce posledního glaciálu a z holocénu. Výsledky malakozoologické analýzy těchto sedimentů budou publikovány v samostatné práci.

Lokalizace a popis profilů

Profil I se nachází v Hlavních dómech Ochozské jeskyně proti vyústění chodby Zkamenělé řeky na levém břehu povodňového řečiště Hostěnického potoka (obr. 1). Jeskynní chodba zde byla původně vyplněna říčními sedimenty až ke stropu. Eroze podzemního toku vyhloubila později v sedimentární výplni chodby koryto, v jehož březích je fluvialní výplň odkryta.

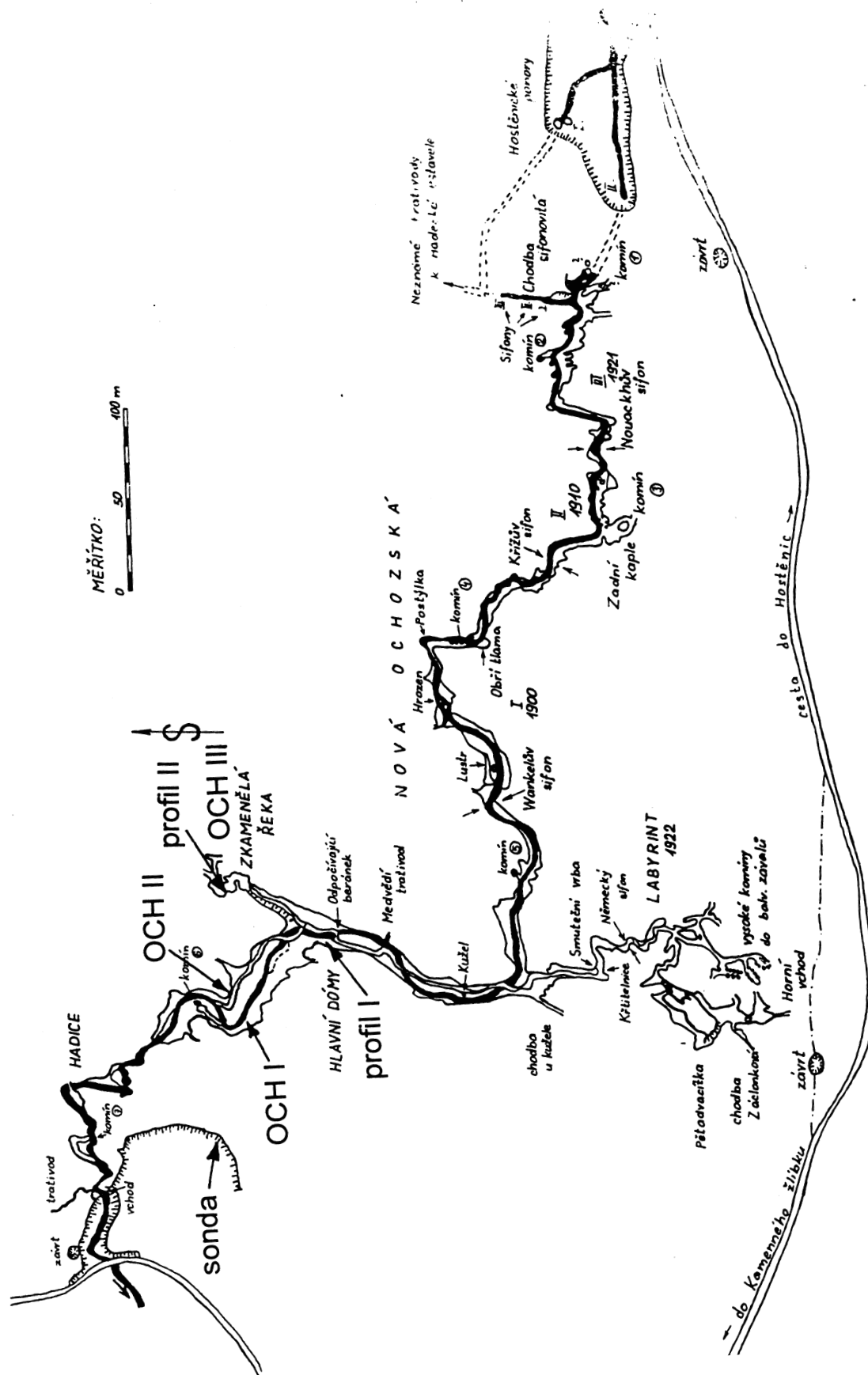
Popis profilu I (viz obr. 2):

- 0,00 - 0,40 m - jílovitý prach až prachovitý jíl, hnědý, masivní textura, místy horizontální laminace (tmavší laminy mocné 3-5 mm), v horní části polohy ojedinělé čočky tvořené poloostrohrannými kamínky vápence, ve spodní části polohy čočky středně až hrubě zrnitého písku (ostrá báze, směrem do nadloží pozvolný přechod do prachu)
- 0,40 - 2,46 m - písek, hnědý, hrubě zrnitý, místy šikmo

zvrstvený (laminy indikují směr proudu k SZ), střídání s 3-10 cm mocnými polohami jemnozrného písčitého štěrku tvořeného zaoblenými až dokonale zaoblenými valouny o průměrné velikosti 1 cm a maximální velikosti 4 cm (převažují granitoidy, metamorfity, křemen a droba)
- 2,46 - 3,16 m - písek, hnědošedý, hrubozrnitý, místy s náznaky horizontální laminace, ostrá báze
- 3,16 - 3,48 m - jílovitý písek, světle hnědý, jemnozrnitý
- 3,48 - 6,10 m - jílovitý prach až prachovitý jíl, hnědý, v horní části polohy ojedinělé čočky středně zrnitého rezavě hnědého písku o mocnosti do 2 cm, masivní textura, místy náznaky horizontální laminace, ostrá báze, při bázi rezavě hnědé a tmavě šedé šmouhy a linie zbarvené oxidy Fe a Mn
- 6,10 - 7,40 m - písčité štěrky, hnědošedý, středně zrnitý, zaoblené až dokonale zaoblené valouny o průměrné velikosti 3 cm, maximálně 10 cm velké, horninové složení - stejné jako v metrži 0,40 - 2,46 m, podpůrná struktura valounů, místy patrná imbricace indikující směr proudu k Z. Profil II se nachází v jižní části chodby Zkamenělé řeky (obr. 1). V sedimentární výplni chodby byla jeskyňáři ZO 6-11 Královopolská České speleologické společnosti vykopána chodba, v jejímž dně byla vyhloubena v sedimentech sonda. Dno sondy bylo v době odběru vzorků pod vodou (hloubka cca 0,75 m).

Popis profilu II (viz obr. 3):

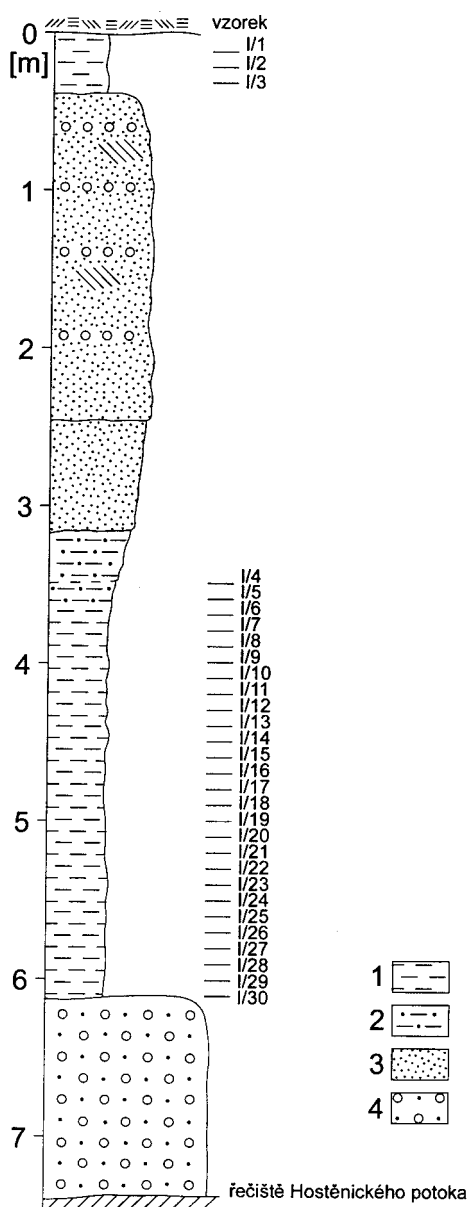
- 0,00 - 2,04 m - jílovitý prach až prachovitý jíl, světle hnědý, masivní textura, místy s náznaky horizontální laminace (mocnost lamin 0,5 - 1 mm), ve spodní části ojedinělé laminy jemnozrného písku, v celé mocnosti se vyskytují četné rezavě hnědé skvrny a pukliny zbarvené oxidy Fe
- 2,04 - 2,10 m - písek, rezavě hnědý, středně zrnitý, čočkovitá poloha mocná až 6 cm
- 2,10 - 2,26 m - jílovitý prach až prachovitý jíl, světle hnědý, místy zelenošedý, masivní textura, četné rezavě hnědé skvrny
- 2,26 - 2,48 m - písek, rezavě hnědý, středně zrnitý, vrstvičky 1-6 cm mocné se střídají s laminami světle hnědého jílovitého prachu (mocnost do 1 cm)



Obr. 1 - Mapa Ochozské jeskyně s vyznačením studovaných profilů a odběry vzorků sintrů na radiometrické datování (převzato z Himmel - Himmel 1967).

Fig. 1 - Map of the Ochozská Cave with position of studied sedimentary sections and sampling points of speleothems for radiometric dating (after Himmel - Himmel 1967).

Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1999, Brno 2000

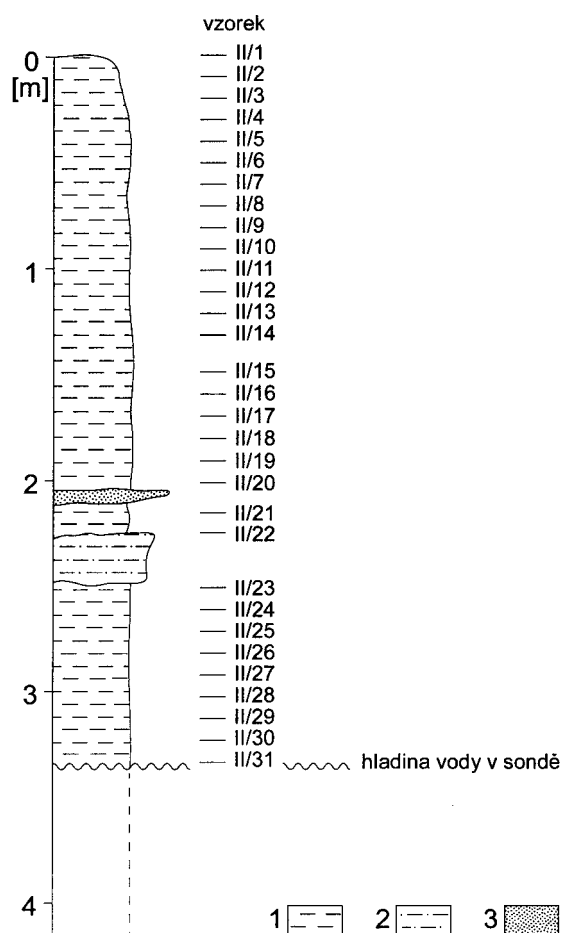


Obr. 2 - Sedimentární profil I: 1 - jílovité prachy, 2 - písčité prachy, 3 - písky, 4 - písčité štěrky.
Fig. 2 - Sedimentary section I: 1 - clayey silt, 2 - sandy silt, 3 - sand, 4 - sandy gravel.

-2,48 – 3,36 m - jílovitý prach až prachovitý jíl, světle hnědý, místy zelenošedý, masivní textura

Metody datování sedimentů

Stáří klastických sedimentů bylo stanoveno pomocí porovnání paleomagnetického záznamu zjištěného v sedimentech se známou datovanou paleomagnetickou škálou. Ze dvou profilů I a II byly v intervalech po 10 cm odebrány orientované vzorky do plastických krabiček o velikosti cca 8 cm³. Celkem bylo odebráno 61 vzorků. Remanentní magnetická polarizace (RMP) byla měřena s použitím rotačního magnetometru JR-5 (Jelínek 1966) a magnetická susceptibilita (k_n) na střídavém můstku KLY-2 (Jelínek 1973). Všechny odebrané nezpevněné vzorky byly

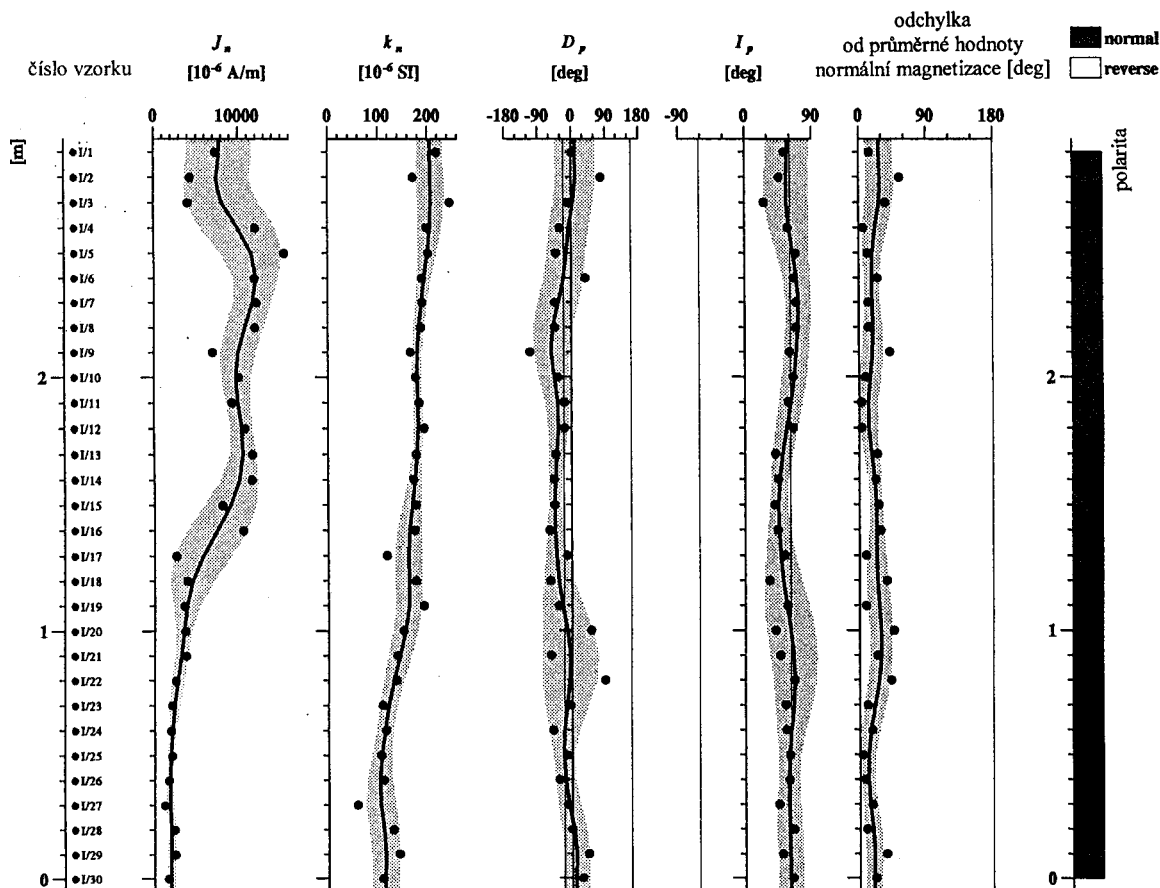


Obr. 3 - Sedimentární profil II: 1 - jílovité prachy, 2 - písčité prachy, 3 - písky.

Fig. 3 - Sedimentary section II: 1 - clayey silt, 2 - sandy silt, 3 - sand.

proměřeny v přirozeném stavu (NS) a pak demagnetovány střídavým polem 30, 60, 90, 120, 150, 200, 300, 400, 500, 650, 800 a 1000 Oe s použitím přístroje Schonstedt GSD-1. Pro každý měřený vzorek byl sestaven graf normalizovaných hodnot remanentní magnetické polarizace v závislosti na střídavém poli $M/M_0 = f(H)$, odpovídající Zijderveldův diagram a zároveň stereografická projekce směrů remanentní magnetické polarizace při demagnetování střídavým polem (H) z přirozeného stavu (NS). Směry složek remanentní magnetické polarizace byly odvozeny s použitím multi-komponentní analýzy a střední směry příslušných složek remanence byly vypočteny s použitím Fischerovy (1953) statistiky. Paleomagnetický záznam v odebraných sedimentech byl změřen v Paleomagnetické laboratoři Geologického ústavu AVČR.

Jeskynní karbonáty byly datovány metodou ²³⁰Th/²³⁴U (viz např. Harmon et al. 1975). Pro datování byly odebrány vzorky ze dvou sintrových vrstev, které se nachází v nadloží studovaných profilů I a II v Ochozské jeskyni. Radiometrické stáří jeskynních karbonátů tedy určuje minimální stáří podložních sedimentů. Třetím vzorkem odebraným na datování byl malý stalagmit vysrážený na povrchu fluvialních sedimentů v Hlavních dómech (viz obr. 1). Radiometrické analýzy byly provedeny



Obr. 4 - Sedimentární profil I - hloubková závislost remanentní magnetické polarizace (J_n), magnetické susceptibilitě (k_n), interpretovaných směrů deklinace (D_p) a inklinace (I_p), polarita pro jednotlivé vzorky.

Fig. 4 - Sedimentary section I - variations of magnetic polarity (J_n), magnetic susceptibility (k_n), interpreted directions of declination (D_p) and inclination (I_p), polarity.

v Uranium-Series Laboratory v Geologickém ústavu Polské Akademie věd ve Varšavě.

Výsledky datování sedimentů a diskuse těchto výsledků

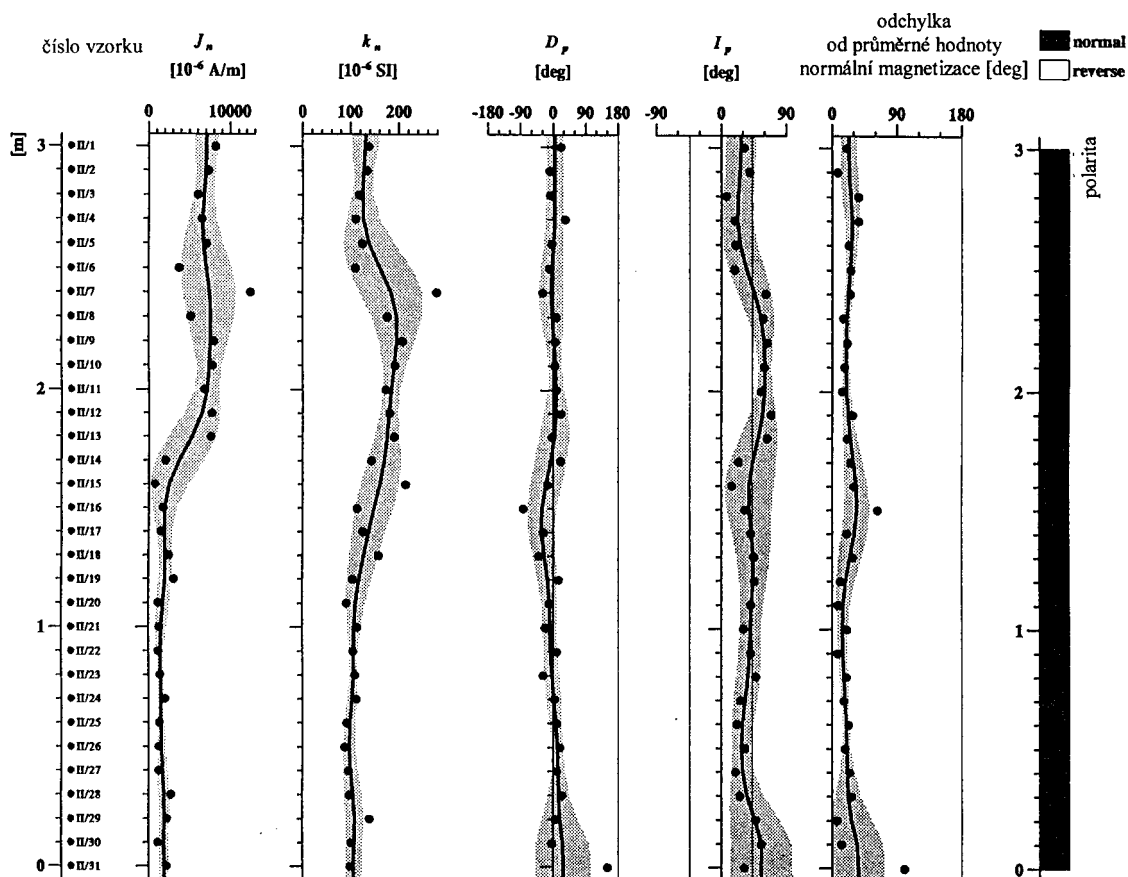
Z profilu I bylo z vrstev jílovitého prachu (interval 0,0-0,4 m a 3,48-6,10 m) odebráno 30 orientovaných vzorků (I/1-I/30) na určení směru remanentní magnetické polarizace (viz obr. 2). Naměřená remanentní magnetická polarizace v přirozeném stavu J_n se pohybovala v rozmezí 989 až 54 428 pT (resp. 787 - 43 325 $\times 10^{-6}$ Am⁻¹), hodnoty objemové magnetické susceptibilitě k_n v rozsahu 58 až 276 [10^{-6} SI]. Jedná se o sedimenty slabě až středně magnetické u nichž po demagnetizaci střídavým polem byl zjištěn normální směr polarizace. Všechny vzorky vykazují normální směr magnetického vektoru. Na obr. 4 je znázorněna hloubková závislost remanentní magnetické polarizace (J_n), susceptibilitě (k_n), interpretovaných směrů deklinace (D_p) a inklinace (I_p) i polarita pro jednotlivé vzorky profilu I.

Z profilu II bylo z jílovitých prachů až prachovitých jílu odebráno 31 orientovaných vzorků (II/1-II/31) na určení směru remanentní magnetické polarizace (viz obr. 3). Sedimenty jsou slabě až středně magnetické. Po demagnetizaci střídavým polem byl zjištěn u všech vzorků normální

směr polarizace. Některé vzorky nemohly být střídavým polem dostatečně resp. zcela demagnetovány a zůstaly na 10-50% z původní hodnoty RMP v NS. Na obr. 5 je znázorněna hloubková závislost remanentní magnetické polarizace (J_n), susceptibilitě (k_n), interpretovaných směrů deklinace (D_p) a inklinace (I_p) i polarita pro jednotlivé vzorky profilu II.

Normální paleomagnetická orientace naměřená ve všech vzorcích z profilů I a II naznačuje, že sedimenty v obou profilech jsou pravděpodobně mladší než paleomagnetická hranice Brunhes/Matuyama - tj. mladší než 780 000 let. Časovým obdobím, kdy se sedimenty ukládaly by tedy mohl být střední nebo svrchní pleistocén.

Radiometrické datování 4 cm velkého stalagmitu (OCH I) odebraného z povrchu fluvialních sedimentů v severní části Hlavních dómů ukázalo, že karbonát je mladší než 4,2 tisíce let. Stáří sintrových kůr vysrážených v Hlavních dómech na svazích povodňového koryta Hostěnického potoka udává minimální stáří fluvialních sedimentů i erozního koryta povodňového toku. V severní části Hlavních dómů byla odebrána na datování část takovéto sintrové vrstvy (OCH II), ze které byly datovány dva vzorky - spodní a svrchní část vrstvy. Během radiometrické analýzy se však ukázalo, že karbonát je značně



Obr. 5 - Sedimentární profil II - hloubková závislost remanentní magnetické polarizace (J_n), magnetické susceptibilitě (k_n), interpretovaných směrů deklinace (D_p) a inklinace (I_p), polarita pro jednotlivé vzorky.
 Fig. 5 - Sedimentary section II B variations of magnetic polarity (J_n), magnetic susceptibility (k_n), interpreted directions of declination (D_p) and inclination (I_p), polarity.

kontaminován detritickým ^{232}Th , jehož přítomnost snižuje přesnost datování. Výsledkem je tedy pouze odhad, že stáří sintru je menší než 28 000 let (spodní část vrstvy) a 22 000 let (horní část vrstvy).

Výsledky radiometrického datování společně s paleomagnetickými daty naznačují, že se fluviální sedimenty v Hlavních dómech uložily v období mezi 28 000 a 780 000 lety. Není vyloučeno, že se sedimenty ukládaly během posledního glaciálu, jak to na základě pylové analýzy předpokládá Doláková (1998).

Ze sintrové vrstvy v nadloží profilu II byly odebrány vzorky karbonátu (OCH III) na radiometrické datování metodou $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$. Radiometrická analýza však nebyla zatím provedena.

Geneze sedimentů

Není pochyb o tom, že sedimenty vyplňující Hlavní dómy Ochozské jeskyně uložil tok proudící jeskyní od Hostěnického propadání k SZ do Hádeckého údolí. Směr proudění podzemního toku k SZ až Z indikuje jak imbrikace valounů v písčitéch štěrcích (Nehyba 1998), tak šikmé zvrstvení ve fluviálních písčích (směr sklonu písčitéch lamin je 271/35). V době, kdy Hlavní dómy Ochozské jeskyně ústily do Hádeckého údolí uložil tok v jeskyni několik metrů

mocný štěrkový val, jehož horní část je odkryta na řadě míst v Hlavních dómech. V době ukládání písčitého štěrku migrovalo laterálně koryto podzemního toku přes celou šířku chodby (Nehyba 1998). Mocné polohy nadložních jemných jílovitých prachů se uložily ze stagnující vody v době, kdy vodní tok nemohl jeskyní volně protékat. Příčinou byl pravděpodobně kolaps vyústění jeskyně do Hádeckého údolí. Zřícený jeskynní portál zablokoval vývěr podzemního toku a způsobil vyplnění jeskynních prostor stagnující vodou, ze které se ukládaly jemné sedimenty transportované v suspenzi. Když se vývěr občas uvolnil, voda začala opět proudit chodbou a transportovala písky a drobné písčité štěrky uložené v horních částech profilů. Postupně byla jeskynní chodba vyplněna sedimenty místy až ke stropu. Podzemní tok v pozdější době vytvořil chodbu nazývanou Hadice, kterou voda odtékala (a dodnes za vyšších vodních stavů proudí) ze zablokovaných Hlavních dómu do Hádeckého údolí. Eroze vodního toku odtékajícího Hadicí vytvořila v sedimentech koryto, v jehož bocích jsou dnes odkryty sedimentární profily. Starší vyústění Hlavních dómu do Hádeckého údolí se nacházelo ve spodní části vápencové stěny jz. od dnešního vchodu do Ochozské jeskyně (viz Kraus 1989b). Dnes je zřícené ústí zakryto svahovými sedimenty.

Písky v profilu II v chodbě Zkamenělé řeky mají odlišné petrografické složení než fluvialní sedimenty v Hlavních dómech. Písky od Zkamenělé řeky jsou mnohem více vyvráté (61 % SiO₂) - viz Nehyba (1998). Stejný autor uvádí, že psamitické i psefitické klasty v těchto sedimentech vykazují vyšší stupeň opracování než sedimenty z většiny studovaných profilů v Hlavních dómech. Také složení pyílů v jílovitých praších od Zkamenělé řeky je nápadně chudší než v sedimentech z ostatních částí jeskyně (viz Doláková 1998). Tyto rozdíly lze vysvětlit tak, že v chodbě Zkamenělé řeky nejsou uloženy říční sedimenty Hostěnického potoka. Jedná se pravděpodobně o redeponované eolické sedimenty (sprašové hlíny a naváté písky) - u nichž je běžná větší vyvrátlost i opracování klastů. Ze dvou vzorků zelenošedého jílovitého prachu až prachovitého jílu (vzorky II/18 a II/26) byl získán výplav, ve kterém byly hledány mikrofosílie. Smyslem bylo ověřit, zda se nejedná o redeponované mořské sedimenty spodnobadenského stáří. V zrnitostní frakci nad 0,063 mm však žádné mikrofosílie nalezeny nebyly. Je tedy pravděpodobné, že jílovité prachy až prachovité jíly uloženy v chodbě Zkamenělé řeky jsou redeponovanými pleistocenními sprašovými hlinami a navátými písky uloženými původně na povrchu krasové oblasti. Relikty těchto sedimentů vyplňují nerovnosti krasového povrchu (např. závrtý a škrapy). Z povrchu byly tyto jemné sedimenty srážkovými vodami vertikálně transportovány zkrasovělymi puklinami a trativody do jeskyně. Takovýto typ jeskynních uloženin je označován jako sedimenty infiltrační (např. Bull 1981, Kadlec 1997).

Skutečnost, že do jílovitých prachů uložených v chodbě Zkamenělé řeky často periodicky zatéká srážková voda, dokládají hojně rezavě hnědé oxidy Fe vysrážené většinou kolem puklin porušujících sedimenty v profilu II.

Závěr

Studium sedimentačních procesů a upřesnění stáří uloženin vyplňujících Ochozskou jeskyni je nezbytné pro objasnění poslední etapy vývoje odvodňování jižní části Moravského krasu. Podle výsledků měření paleomagnetického záznamu a z provedeného radiometrického datování je pravděpodobné, že se fluvialní sedimenty v jeskyni uložily během středního nebo svrchního pleistocénu. Pro potvrzení této domněnky je nutné vykopat v sedimentech Hlavních dómů sondu až na skalní dno chodby. Geofyzikálním měřením (vertikální elektrické sondování a mělká seismika) byly potvrzeny Krausovy (1989a) údaje o hloubce skalního dna chodby. V místě profilu I se dno jeskynní chodby nachází v hloubce přibližně 8 m. Z hlediska dalšího výzkumu je důležitý poznatek, že zhruba 1,5 m pode dnem dnešního řečiště jsou ještě písčité šterky (odpor ve stovkách Ωm). V jejich podloží jsou pak uloženy jemnější sedimenty (jílovité prachy?) s odpory v desítkách Ωm (Beneš 1999). Pokud bude v těchto sedimentech vykopána sonda, délka sedimentárního záznamu se zdvojnásobí a bude k dispozici více informací potřebných pro přesnější datování a rekonstrukci procesů, které vedly k vyplnění Ochozské jeskyně sedimenty.

Poděkování:

Výzkum sedimentů Ochozské jeskyně je proveden ve spolupráci s lomem v Mokré a je zařazen do výzkumného záměru CEZ: Z3 - 013 - 912 Geologického ústavu AVČR. Geofyzikální měření v jeskyni je součástí projektu č. 95 051 podporovaného US-Czech Science and Technology Program. Za umožnění odběru sedimentů děkuji autoři Správě CHKO Moravský kras a RNDr. J. Himmelovi z ZO 1-11 Královopolská České speleologické společnosti.

Literatura:

- Beneš, V. (1999): Technická zpráva o geofyzikálním měření v Ochozské jeskyni v Moravském krasu.- MS, archiv Geol. Úst. AVČR, pp. 8.
- Bull, A. P. (1981): Some fine-grained sedimentation phenomena in caves. - *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol.6, 11-22.
- Burkhardt, R. - Příbyl, J. (1971): Sediments of the Ochozská cave. - *Acta Mus. Morav.*, 55, 13-30. Brno.
- Doláková, N. (1998): Palynologické zhodnocení sedimentů z Ochozské jeskyně. - MS, archiv Českomoravský cement a.s.
- Doláková, N. - Nehyba, S. (1999): Sedimentologické a palynologické zhodnocení sedimentů z Ochozské jeskyně. - *Geol. Výzk. Mor. a Slez.* v r. 1998, 7-10. Brno.
- Fisher, R. (1953): Dispersion on a sphere. - *Proc. Roy. Soc.*, A 217, 295-305.
- Harmon, R. S. - Thompson, T. - Schwarcz, H. P. - Ford, D. C. (1975): Uranium-series dating of speleothems.- *Nat. Speleol. Soc. Bull.*, 37, 21-33.
- Himmel, J. - Himmel, P. (1967): Jeskyně v povodí Říčky. - *Speleol. Kroužek ZK ROH Královop. Stroj.* Brno, pp 105. Brno.
- Jelínek, V. (1966): A high sensitivity spinner magnetometer. - *Stud. geophys. geodet.*, 10, 58-78.
- Jelínek, V. (1973): Precision A.C. bridge set for measuring magnetic susceptibility and its anisotropy. - *Stud. geophys. geodet.*, 17, 36-48.
- Kadlec, J. (1997): Rekonstrukce sedimentačních procesů v jeskynních systémech severní části Moravského krasu v období kenozoika. - MS, dis. práce, PfF UK Praha, pp. 149. Praha.
- Kraus, L. (1989a): Krasový výzkum a speleologický průzkum zájmového území vodního zdroje Říčky v Moravském prasu. Drobná geofyzikální měření v Ochozské jeskyni. - MS, archiv ZO 1-11 Čes. speleol. Spol., pp 7. Brno.
- Kraus, L. (1989b): Krasový výzkum a speleologický průzkum zájmového území vodního zdroje Říčky v Moravském prasu. Labyrint. - MS, archiv ZO 1-11 Čes. speleol. Spol., pp 5. Brno.
- Nehyba, S. (1998): Výsledky sedimentologického a sedimentárně-petrografického výzkumu sedimentů Ochozské jeskyně.- MS, archiv Českomoravský cement a.s.