národní
úložiště
šedé
literatury

Výzkum vybraných travertinů na Slovensku : etapová zpráva č. 2 - Liptov

Bosák, Pavel
2013

Dostupný z http://www.nusl.cz/ntk/nusl-170043

Dílo je chráněno podle autorského zákona č. 121/2000 Sb.

Tento dokument byl stažen z Národního úložiště šedé literatury (NUŠL).

Datum stažení: 27.04.2024

Další dokumenty můžete najít prostřednictvím vyhledávacího rozhraní nusl.cz .

Geologický ústav AV ČR, v.v.i.
Institute of Geology AS CR, v.v.i.

Výzkum vybraných travertinů na Slovensku

Etapová zpráva č. 2

Liptov

Geologický ústav Akademie věd České republiky, v.v.i.
Rozvojová 269, 165 00 Praha 6 – Lysolaje

Výzkum vybraných travertinů na Slovensku

Etapová zpráva č. 2

Liptov

Sestavili:

Pavel Bosák
Petr Pruner
Pavel Bella

Praha
listopad 2013

Výzkum vybraných travertinů na Slovensku

Etapová zpráva č. 2 – Liptov

Sestavili:
prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc.[1, 4]
ing. Petr Pruner, DrSc.[1, 4]
doc. RNDr. Pavel Bella, PhD[2, 3]

Spolupracovali v terénu:
Mgr. Stanislav Šlechta[1]

Spolupracovali při zpracování dat:
Kristýna Čížková[1]
Jiří Petráček[1]

Th/U datování
Dr hab Helena Hercman, prof. ING PAN[5]
Dr Michal Gasiorowski[1]

[1] Geologický ústav AV ČR, v. v. i., Rozvojová 269, 165 00 Praha 6, Česká republika
[2] Štátna ochrana přírody SR, Správa Slovenských jaskýň, Hodžova 11, 031 01 Liptovský Mikuláš, Slovensko
[3] Ústav geografie a regionálneho rozvoja, Pedagogická fakulta KU, Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok, Slovensko
[4] Inštitut za Raziskovanje Krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, 6230 Postojna, Slovenija
[5] Instytut Nauk Geologicznych PAN, Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, Polska

Objednatel:
Katolícka univerzita, Hrabovská cesta 1, 034 01 Ružomberok, Slovensko
V rámci grantu APVV-0625 *Nová syntéza vývoja reliéfu Západných Karpát*
Objednávka KU č. 282/2013

Interní kód GLÚ 7448/3

Zpráva je volně šiřitelná

Souhrn
Bylo provedeno doplňující vzorkování 2 travertinových těles v Liptovské kotlině mezi Liptovským Mikulášem a Ružomberkem (Čerená a Liptovské Sliače–Skalie) pro paleomagnetický výzkum, Th/U datování a analýzu stabilních izotopů (O, C). Vzorky byly odebrány z pozic, u kterých paleomagnetická analýza vzorků z roku 2012 ukázala inverzní nebo přechodnou (inverzní – normální) polaritu. Báze travertinů na lokalitě Čerená lze datovat do období mezi 419 a 283 ka.

Doporučená forma citace:
Bosák P., Pruner P., Bella P. (Red., 2013): *Výzkum vybraných travertinů na Slovensku. Etapová zpráva č. 2 – Liptov*. – Nepublikovaná zpráva, Geologický ústav AV ČR, v. v. i. pro Katolickou univerzitu v Ružomberoku: 1 – 28. Praha.

©Geologický ústav Akademie věd České republiky, v. v. i., Rozvojová 269, 165 00 Praha 6 – Lysolaje

Výzkum vybraných travertinů na Slovensku

Etapová zpráva č. 2 – Liptov

Odborná způsobilost v ložiskové geologii a zkoumání geologické stavby č. 1845/2004 RNDr. Pavel Bosák

Geologický ústav AV ČR, v.v.i.
Rozvojová 269
165 00 Praha 6
(ředitel)

.....
Odpovědný řešitel
prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc.*

.....
Ředitel GLÚ AV ČR
prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc.

.....
Odpovědný řešitel
ing. Petr Pruner, DrSc.**

Odborná způsobilost v geofyzice a zkoumání geologické stavby č. 1920/2004 Ing. Petr Pruner, DrSc.

GLÚ AV ČR zřízen na základě usnesení 3. zasedání prezidia ČSAV ze dne 7. 2. 1990 s účinností od 1. 3. 1990.

Organizace je zapsána v rejstříku veřejných výzkumných institucí vedeném MŠMT ČR, spis.zn.: 17113/2006-34/GLÚ.

Živnostenské oprávnění k IČ 67985831 vydala Městská část Praha 6 pod čj. MCP6 058113/2011.

*Pavel Bosák. Osvědčení o odborné způsobilosti č. 1845/2004 projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce v oborech ložisková geologie a zkoumání geologické stavby podle zákona č. 62/1988 Sb. ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky MŽP č. 206/2001Sb.

**Ing. Petr Pruner, DrSc. Osvědčení o odborné způsobilosti č. 1920/2004 projektovat, provádět a vyhodnocovat geologické práce v oborech geofyzika a zkoumání geologické stavby podle zákona č. 62/1988 Sb. ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky MŽP č. 206/2001Sb.,

0. OBSAH

0. Obsah 5
1. Úvod 6
2. Lokalizace 7
3. Profily travertinů 7
3.1. Čerená 7
3.2. Liptovské Sliače – Skalie 15
4. Odběr paleomagnetických orientovaných vzorků, laboratorní postupy pro odvození složek remanentní magnetické polarizace 18
5. Předběžné výsledky za rok 2012 19
5.1. Paleomagnetické výsledky 19
Bešeňová – Drienok 20
Bešeňová – Záskalie 21
Čerená 23
Liptovské Sliače – Skalie 24
Závěr 26
6. Th/U datování 26
7. Literatura 27

Seznam textových tabulek

Tabulka 1 Počty vzorků pro paleomagnetickou analýzu
Tabulka 2 Střední hodnoty paleomagnetických směrů ze zkoumaných lokalit
Tabulka 3 Výsledky datování metodou Th/U

Seznam textových obrázků

Obrázek 1 CRA 31 Lokalizace vrtů a vrty č. 1 (vlevo od měřítka) a 2 (vpravo; foto P. Bella)
Obrázek 2 CRA 31 Vrty č. 1 (vzadu) a 2 (vepředu; foto P. Bosák)
Obrázek 3 CRA 30 Lokalizace před vrtáním (foto P. Bella)
Obrázek 4 CRA 30 Příprava před vrtáním (foto P. Bosák)
Obrázek 5 CRA 30 Příprava před dalším vrtáním (foto P. Bella)
Obrázek 6 CRA 30 Vrty č. 1 (vepředu) až 3 (vzadu; foto P. Bosák)
Obrázek 7 CRA 29 Lokalizace před vrtáním (foto P. Bosák)
Obrázek 8 CRA 29 Lokalizace před vrtáním. detail (foto P. Bosák)
Obrázek 9 CRA 29 Po odvrtání vrtů č. 4 a 5 (foto P. Bosák)
Obrázek 10 CRA 30 a 29 – vrt č. 1 (vzadu) až vrt č. 5 (vepředu; CRA 30 – vrty č. 1 až 3; foto P. Bosák)
Obrázek 11 Liptovské Sliače – Skalie, LSA 20 a LSA 21 (foto P. Bella)
Obrázek 12 Vrty LS 20 (vepředu) a LSA 20 (vzadu; foto P. Bosák)
Obrázek 13 LSA 20, vrt č. 1 (vzadu) a 2 (vepředu; foto P. Bosák)
Obrázek 14 LSA 21po odvrtání (foto P. Bosák)
Obrázek 15 Vrt LSA 21 (vepředu) a vrty LSA 20 (vzadu; foto P. Bosák)
Obrážek 16 Demagnetizace střídavým polem vzorku z lokality Bešeňová – Drienok
Obrázek 17 Demagnetizace střídavým polem vzorku z lokality Bešeňová – Záskalie
Obrázek 18 Demagnetizace tepelným polem vzorku z lokality Bešeňová – Záskalie
Obrázek 19 Demagnetizace střídavým polem vzorku z lokality Čerená
Obrázek 20 Demagnetizace tepelným polem vzorku z lokality Čerená
Obrázek 21 Demagnetizace střídavým polem vzorku z lokality Liptovské Sliače – Skalie
Obrázek 22 Demagnetizace střídavým polem vzorku z lokality Liptovské Sliače – Skalie

1. ÚVOD

Etapová zpráva č. 2 výzkumu některých travertinů na Slovensku byla vypracována na základě objednávky Katolíckej univerzity v Ružomberoku č. 282/2013. Zpráva navazuje na Etapu č. 1 (2012; Bosák a kol. 2012).

Tato dílčí zpráva je vypracována jako dokumentace k dílčímu úkolu grantového projektu agentury APVV-0625 *Nová syntéza vývoja reliéfu Západných Karpát*. Odpovědným řešitelem projektu je prof. RNDr. Jozef Minár, CSc. z Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského Bratislava, řešitelem dílčího úkolu (*U4-7b:* vo vybraných lokalitách datovať travertíny v kontakte s riečnymi terasami a pedimentmi) je pak doc. RNDr. Pavel Bella, PhD., pracovník KU a SSJ.

V první etapě (8. a 9. listopadu 2012) byly realizovány vrty do pečlivě vybraných těles travertinů v různých lokalitách Liptovské kotliny. Prací se zúčastnili prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc. a Mgr. Stanislav Šlechta (GLÚ AV ČR), doc. RNDr. Pavel Bella, PhD a RNDr. Pavol Papčo, PhD (KU Ružomberok), doc. RNDr. Ján Soták, DrSc. a Mgr. Juraj Šurka (GÚ SAV), v terénu asistoval i Pavol Staník (SSJ Liptovský Mikuláš).

V druhé etapě (27. září 2013) byly provedeny vrtné práce na tělesech Čerená a Liptovské Sliače–Skalie k zahuštění vrtné sítě z roku 2012. Práce navazovaly na laboratorní zjištění reverzně polarizovaných poloh v některých vrtech z roku 2012. Prací se zúčastnili prof. RNDr. Pavel Bosák, DrSc., ing. Petr Pruner, DrSc., Mgr. Stanislav Šlechta (GLÚ AV ČR) a doc. RNDr. Pavel Bella, PhD (KU Ružomberok a SSJ Liptovský Mikuláš).

Vrty byly použity pro paleomagnetické analýzy (Laboratoř paleomagnetismu GLÚ AV ČR, v. v. i., Praha – Průhonice). Vrty byly realizovány elektrickou vrtačkou zn. HILTI DDEC-1 specielně upravenou pro vrtání paleomagnetických vzorků. Umožňuje získat jádra přes 30 cm dlouhá. V laboratoři bylo zahájeno laboratorní zpracování a analýza vrtů. Část vrtů, které byly většinou zdvojeny nebvo ztrojeny (vrtána dvě anebo tři jádra vedle sebe), byly určeny pro numerické datování metodou Th/U (U-series; Instytut Nauk Geologicznych PAN, Warszawa, Polsko) a pro stanovení stabilních izotopů (O, C) v laboratoři Geologického ústavu SAV v Banskej Bystrici. Stanovení nejsou dosud ukončena.

Celkem bylo připraveno 140 vzorků travertinů z **vrtů** pro metodu demagnetování střídavým polem (AF; 14–15 polí) i metodou tepelné demagnetizace (TD; 14 polí).

Tabulka 1 Počty vzorků pro paleomagnetickou analýzu

Lokalita	***2012***		***2013***	
	AF	***TD***	***AF***	***TD***
Čerená	47	4	20	3
Bešeňová-Záskalie	10	3	0	0
Bešeňová-Drienok	11	2	0	0
Liptovské Sliače-Skalie	11	3	23	3
Celkem	79	12	43	6

2. LOKALIZACE

Byly vzorkovány lokality travertinů v Liptovské kotlině mezi Liptovským Mikulášem a Ružomberokem. Vybrány byly lokality Čerená, Bešeňová (část Drienok a část Záskalie) a Liptovské Sliače. Travertinová tělesa byla v jasném kontaktu s „terasovými“ sedimenty řeky Váhu a jeho přítoků anebo ležely na zřetelně formovaných geomorfologických tvarech, především pedimentech či tvarech podobných. Podrobnosti o lokalizaci a lokalitách jsou v první etapové zprávě (Bosák a kol. 2012) a nebudou zde opakovány.

3. PROFILY TRAVERTINŮ

3.1. ČERENÁ

Terénní práce proběhly dne 27. 9. 2013 a prací se zúčastnili Pavel Bosák, Stanislav Šlechta, Pavel Bella, Petr Pruner.

Vzorky byly označeny zkratkou **CRA** a byly odebrány ve východní lomové stěně. Číslování vzorků doplnilo označení dříve odebraných vzorků na Th/U datování a paleomagnetickou analýzu (číslování zespodu nahoru).

CRA31 (10 m k S od CRA30)

Vrt 1 – 2 segmenty (5+12=17 cm) Vrt 2 – 3 segmenty (4+5+7= 16 cm)
Vrt 2 – 3 segmenty (4+5+7=16 cm)

Obrázek 1 CRA 31 Lokalizace vrtů a vrty č. 1 (vlevo od měřítka) a 2 (vpravo; foto P. Bella)

Obrázek 2 CRA 31 Vrty č. 1 (vzadu) a 2 (vepředu; foto P. Bosák)

CRA30 (dtto CR3.0)

Vrt 1 – 3 segmenty (3+19+8=32 cm)
Vrt 2 – 5 segmentů (2+11+4+5+10=32 cm), 9 cm ssz. od V1, o 12 cm níže V1
Vrt 3 – 3 segmenty (1+16+9=26 cm), 7 cm na Z od V2, o 1 cm níže než V2

Odlehlost CR3,0 proti CR2,5 je 7.20 m pod úhlem 32 stupňů.

Obrázek 3 CRA 30 Lokalizace před vrtáním (foto P. Bella)

Obrázek 4 CRA 30 Příprava před vrtáním (foto P. Bosák)

Obrázek 5 CRA 30 Příprava před dalším vrtáním (foto P. Bella)

Obrázek 6 CRA 30 Vrty č. 1 (vepředu) až 3 (vzadu; foto P. Bosák)

CRA29 (kousek pod CR3,0)

Vrt 4 – 4 segmenty (2,5+6+9,5+3díra+6=27 cm), orientovaný vršek 2,5 cm, 30 cm proti V1 CR3,0, 9 cm k JZ od V5
Vrt 5 – 3 segmenty (6+3+7=16 cm), orientovaných 6+3 cm vrchních, 142 cm k S od CR3,0

Obrázek 7 CRA 29 Lokalizace před vrtáním (foto P. Bosák)

Obrázek 8 CRA 29 Lokalizace před vrtáním. detail (foto P. Bosák)

Obrázek 9 CRA 29 Po odvrtání vrtů č. 4 a 5 (foto P. Bosák)

Obrázek 10 CRA 30 a 29 – vrt č. 1 (vzadu) až vrt č. 5 (vepředu; CRA 30 – vrty č. 1 až 3; foto P. Bosák)

3.2. LIPTOVSKÉ SLIAČE – SKALIE

Terénní práce proběhly dne 27. 9. 2013 a prací se zúčastnili Pavel Bosák, Stanislav Šlechta, Pavel Bella, Petr Pruner.

Vzorky byly označeny zkratkou **LSA** a byly odebrány ze sv. svahu horní (starší) kupy. Číslování vzorků doplnilo označení dříve odebraných vzorků na Th/U datování a paleomagnetickou analýzu.

Obrázek 11 Liptovské Sliače – Skalie, LSA 20 a LSA 21 (foto P. Bella)

LSA20 (dtto LS2)

Vrt 1 – 2 segmenty (19+9=28 cm)
Vrt 2 – 2 segmenty (20+13=33 cm)

Vrty nad původními na stejném kameni.

Obrázek 12 Vrty LS 20 (vepředu) a LSA 20 (vzadu; foto P. Bosák)

Obrázek 13 LSA 20, vrt č. 1 (vzadu) a 2 (vepředu; foto P. Bosák)

LSA21 (kousek výškově níže než LSA20)

Vrt 1 – 2 segmenty (18+9=27 cm)

Obrázek 14 LSA 21po odvrtání (foto P. Bosák)

Obrázek 15 Vrt LSA 21 (vepředu) a vrty LSA 20 (vzadu; foto P. Bosák)

4. ODBĚR PALEOMAGNETICKÝCH ORIENTOVANÝCH VZORKŮ, LABORATORNÍ POSTUPY PRO ODVOZENÍ SLOŽEK REMANENTNÍ MAGNETICKÉ POLARIZACE

Datování krasových sedimentů (*sensu* Zupan Hajna et al. 2008) metodou měření paleomagnetických parametrů a následného odvození polarity magnetického pole Země, působícího v době sedimentace, umožnilo odhadnout stáří hydrologických procesů v řadě jeskynních systémů na Slovensku, Moravě i Slovinsku (např. Bosák et al. 2003; Zupan Hajna et al. 2008). Interpretace paleomagnetických dat jsou často kalibrovány radiometrickým datováním.

V jeskynních systémech se většinou datují uloženiny vznikající ve vodním (převážně fluviálním) prostředí, které většinou neobsahují fosílie (vnitrojeskynjí facie) a proto není možné je datovat klasickými paleontologickými metodami. Přibližnou dobu ukládání takových sedimentů lze určit pomocí paleomagnetických dat (deklinace a inklinace) zaznamenaných v jeskynních uloženinách (např. Bosák et al. 2003) a následné korelace zjištěných magnetozón s geomagnetickou škálou magnetických polarit (GPTS; Cande a Kent 1995). V případě klastických sedimentů lze paleomagnetickou metodu použít pro jíly až jemnozrnné jílovité písky. Zrna v hruběji zrnitých klastických sedimentech při odběru rotují a tím znehodnocují paleomagnetický záznam.

Ze všech krasových sedimentů byly odebrány orientované vzorky k paleomagnetické analýze (Laboratoř paleomagnetismu GLÚ AV ČR, v. v. i., Praha – Průhonice). Vrty byly použity pro paleomagnetické analýzy i pro numerické datování a analýzu stabilních izotopů. Vrty byly realizovány elektrickou vrtačkou zn. HILTI DDEC-1 specielně upravenou pro vrtání paleomagnetických vzorků. Umožňuje získat jádra přes 30 cm dlouhá. V laboratoři byly vrty průměru 2 cm segmentovány na diamantové pile na navazující (kde to bylo možné) úseky 2 cm dlouhé. Byla tak použita metoda s vysokým rozlišením (Bosák et al. 2003; Bosák a Pruner 2007).

Přirozená remanentní magnetizace (NRM, J_n) byla měřena s použitím Superconducting Rock Magnetometru (755 4K SRM) nebo na rotačním magnetometru JR-6A (Jelínek 1966). Magnetická susceptibilita (k_n) byla měřena na střídavém můstku KLY-4 (Jelínek 1973) nebo na přístroji Magnetic Susceptibility Meter KLF-4 (AGICO s. r. o.). Laboratorní vzorky byly demagnetovány střídavým polem 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 a 100 mT s použitím přístroje LDA 3A (AGICO s. r. o.) nebo Superconducting Rock Magnetometru (755 4K SRM). Část vzorků byla podrobena postupnému tepelnému demagnetování s použitím aparatury MAVACS (Příhoda et al. 1989) při teplotách 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 a 550°C. Nezpevněné vzorky byly demagnetovány střídavým polem (AF) 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 65, 80 a 100 mT s použitím přístroje LDA 3A (AGICO s. r. o.). Pro každý měřený vzorek byl sestaven graf normalizovaných hodnot remanentní magnetické polarizace v závislosti na teplotě nebo střídavém poli $M/M_o = f(t)$ a odpovídající Zijderveldův diagram a zároveň stereografická projekce směrů remanentní magnetické polarizace při střídavém i tepelném demagnetování z přirozeného stavu. Směry složek remanentní magnetické polarizace byly odvozeny s použitím multikomponentní analýzy (Kirschvink 1980) v programu Remasoft 3 (Chadima a Hrouda 2006). Střední směry příslušných složek remanence vztažených k horizontální poloze hornin byly vypočteny s použitím Fisherovy (1953) statistiky. Velikost NRM a interpretace záznamu magnetické polarity závisí na koncentraci a typu magnetických minerálů, přítomných v sedimentu. Interpretované polarity geomagnetického pole (normální /N/ polarita má směr dnešního magnetického pole Země; inverzní /R/ polarita ukazuje opačný směr magnetického pole v době sedimentace) byly korelovány s normálními a reverzními magnetozónami geomagnetické škály GPTS (Cande a Kent 1995). Objemová magnetická susceptibilita byla měřena na přístroji Magnetic Susceptibility Meter KLF-4 (AGICO s. r. o.). Velikost přirozené remanentní magnetizace (RM) a interpretace záznamu magnetické polarity závisí na koncentraci a typu magnetických minerálů, přítomných v sedimentu.

5. PŘEDBĚŽNÉ VÝSLEDKY ZA ROK 2012

Údaje o veku travertínov v Liptovskej kotline, ktoré sú uložené na riečnych terasách alebo im prislúchajúcich náplavových kuželoch, možno využiť na geochronologickú rekonštrukciu vývoja reliéfu tejto vnútrohorskej kotliny Západných Karpát. Z tohto hľadiska sú zaujímavé najmä travertíny v Liptovskom Jáne, na Drienku pri Bešeňovej a na Čereni pri Ludrovej. Na spresnenie poznatkov o fázach postupnéhpo zahlbovania riečisk sú možno využiť aj geochronologiclé údaje z ďalších lokalít travertínov pri Bešeňovej a Vyšnom Sliači. Doterajšie na údaje o veku travertínov sa určili na základe ich pozície a výskytu malakofauny (Vaškovský a Ložek 1972), hodnôt stálych izotopov uhlíka a kyslíka (Franko a Šivo, 1999; Franko 2001), čiastočne aj podľa superpozičných polôh na riečnych terasách zaradených do systému podľa relatívnej výšky nad terajším tokom Váhu a stupňa zvetrania riečnych okruhliakov a štrkov (Droppa 1964, 1968, 1972), U/Th datovania i paleomagnetizmu (Gradziński et al. 2008, 2009). V októbri 2012 sa odobrali vzoky travertínov na detailný paleomagnetický a magnetostratigrafický výskum z lokalít Baňa (Kaplnka) a Drienok pri Bešeňovej, Skalica pri Vyšnom Sliači a Čerená pri Ludrovej.

Travertíny na lokalite Drienok sú na plochom terasovitom povrchu (40 až 45 m na terajším tokom Váhu), ktorý Droppa (1964, 1970) do sústavy terás Váhu nezaradil. Franko a Šivo (1999), resp. Franko (2001) udávajú vek týchto travertínov 130 až 100 ka (Riss–Würm). Travertíny na lokalite Baňa sú mladšie ako šikmo zrezaný úsek stráne vo výške 50 až 60 m nad terajším tokom Váhu. Vytvorili sa v strednom pleistocéne a predstavujú najstaršiu generáciu travertínov pri Bešeňovej (Vaškovský 1980). Sú staršie ako 350 ka a pravdepodobne mladšie ako 1,2 Ma; majú normálnu magnetickú polaritu (Gradziński et al. 2008, 2009). Franko a Šivo (1999), resp. Franko (2001) udávajú ich vek 450 ka až 350 ka (Mindel-Riss).

Travertínová kopa Skalica v. od Vyšného Sliača sa pravdepodobne vytvorila počas interglaciálu Mindel/Riss (Vaškovský 1980). Podľa Franka a Šiva (1999), resp. Franka (2001) vek travertínov na tejto lokalite je 450 až 350 ka (Mindel-Riss).

Široký a plošinový pokrov travertínov na lokalite Čerená v. od Ludrovej je na zlepencoch náplavového kužeľa vytvoreného z angulárnych až oválnych klastov mezozoických karbonátov i paleogénnych pieskovcov (uloženiny z prúdu typu *debris-flow*). Hrúbka tohto kužeľa sa zväčšuje smerom do kotliny. Podľa Droppu (1972) jeho flyšový podklad prislúcha terase T-VI (Günz 2), ktorej erózna báza je okolo 95 m nad terajším tokom Váhu. Franko a Šivo (1999), resp. Franko (2001) uvádzajú vek tamojších travertínov 750 až 600 ka (Günz–Mindel).

5.1. PALEOMAGNETICKÉ VÝSLEDKY

Přestože se jedná o vzorky hornin magneticky měkké, je možno v průběhu postupného TD a AF demagnetování odvodit spolehlivá data týkající se paleomagnetických směrů a určení polarity magnetického pole působícího v době sedimentace (Bosák et al. 2013). Paleomagnetické polarity (N a R) jsou uvedeny na obrázcích pro vybrané vzorky jednotlivých lokalit. Soubory vzorků normálně a inverzně polarizovaných vytvářejí N a R magnetozóny, které lze teoreticky korelovat s kalibrovanou geomagnetickou časovou škálou (Cande a Kent 1995).

Bešeňová – Drienok

Základní magnetické parametry z profilu odebraných zpevněných sedimentů vykazují velký rozptyl hodnot. Přirozená remanentní magnetizace J_n je v rozmezí 0,030 až 5,327 $mA.m^{-1}$ a hodnoty objemové magnetické susceptibility k_n v rozsahu -1,4 až $-10,9^{-6}$ SI.

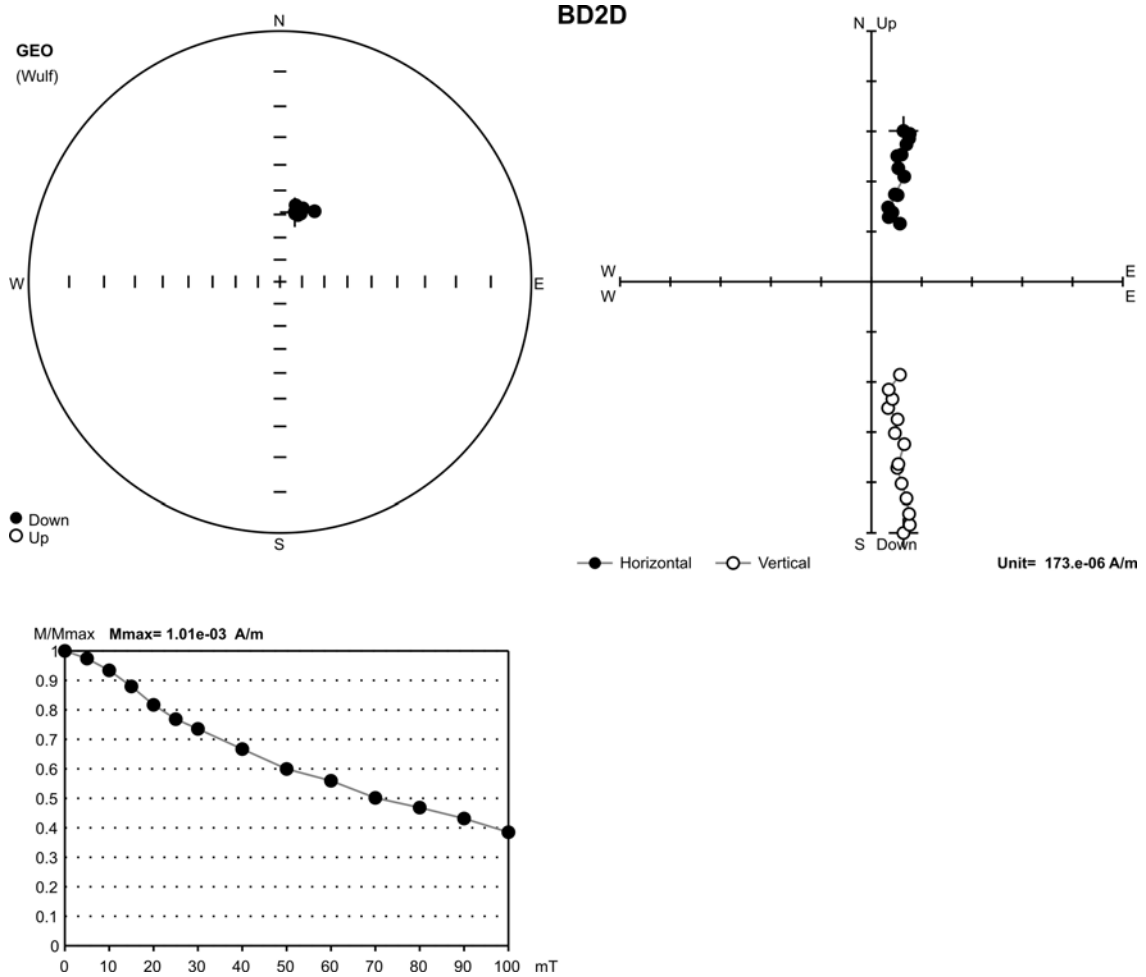
Hodnoty středních paleomagnetických směrů s normální polaritou jsou uvedené v tabulce 2 (pro všechny lokality), větší rozptyl (vyšší hodnoty α_{95}) je ovlivněn malým počtem interpretovaných vzorků hornin s jednoznačně definovanou polaritou.

Tabulka 2 Střední hodnoty paleomagnetických směrů ze zkoumaných lokalit

Lokalita	Polarita	Střední paleomagnetické směry		α_{95} [°]	k	N
		D [°]	I [°]			
Bešeňová – Drienok	N	14.4	57.3	-	-	1
Bešeňová – Záskalie	N	4.2	58.9	9.2	38.5	6
Čerená	N	5.8	68.6	2.8	65.3	39
Liptovské Sliače –Skalie	N	8.8	67.5	11.9	46.4	3

Vysvětlivky: D – paleomagnetická deklinace; I – paleomagnetická inklinace; α_{95} – poloměr kružnice spolehlivosti pro 95% hladinu spolehlivosti; k – parametr těsnosti určení středních směrů podle R. Fischera (1953); N – počet vzorků

Zkoumané vzorky travertinů vykázaly normální (N) polaritu se značným rozptylem paleomagnetické deklinace (D). Pouze u jednoho vzorku (uvedeno v tab. 2) je interpretovaná hodnota paleomagnetického směru blízká současnému směru geomagnetického dipólu pro zkoumané loklaity (D = 4,4°, I = 64,5°), Anomální hodnota paleomagnetické deklinace (D) byla zjištěna u dalších 5 vzorků s N polaritou. Na obrázku 16 je uveden příklad demagnetizace v AF poli.

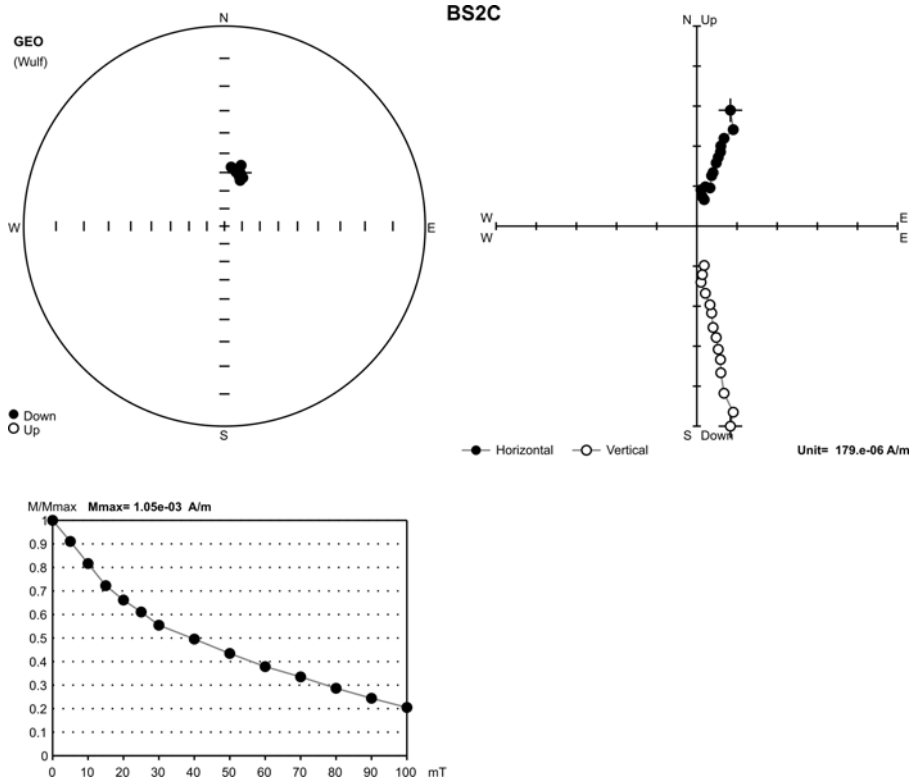


Obrážek 16 Demagnetizace střídavým polem vzorku z lokality Bešeňová – Drienok. Vlevo nahoře: – směry vektoru NRM během AF demagnetizace, černá (bílá) kolečka – projekce směru vektoru na spodní (horní) polokouli; vpravo nahoře – Zijderveldův diagram, černá kolečka – projekce směrů vektoru NRM do horizontální roviny, bílá kolečka - projekce směrů vektoru NRM do vertikální roviny; vlevo dole – normalizované hodnoty intenzity NRM v průběhu demagnetizace

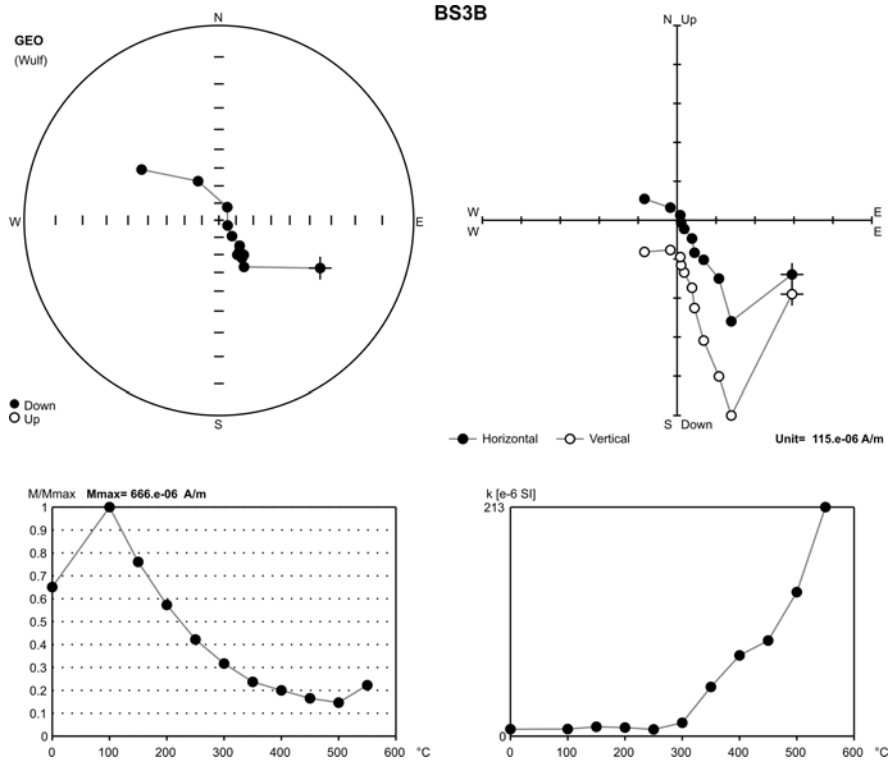
Bešeňová – Záskalie

Vzorky vykazují poměrně velký rozptyl hodnot. Přirozená remanentní magnetizace J_n je v rozmezí 0,029 až 1,20 mA.m^{-1} a hodnoty objemové magnetické susceptibility k_n v rozsahu -4,10 až 6,50 x10^{-6} SI.

Celkem u deseti vzorků travertinů byla rovněž interpretována normální polarita geomagnetického pole, šest vzorků (tab. 2) bylo zahrnuto do statistického vyhodnocení, čtyři vzorky vykázaly anomální hodnoty paleomagnetické deklinace (D). Vybrané typické příklady AF a TD demagnetizace jsou uvedeny na obrázcích 17 a 18. Oba zobrazené vzorky jsou interpretovány jako normálně polarizované.



Obrázek 17 Demagnetizace střídavým polem vzorku z lokality Bešeňová – Záskalie. Vysvětlivky viz obrázek 16

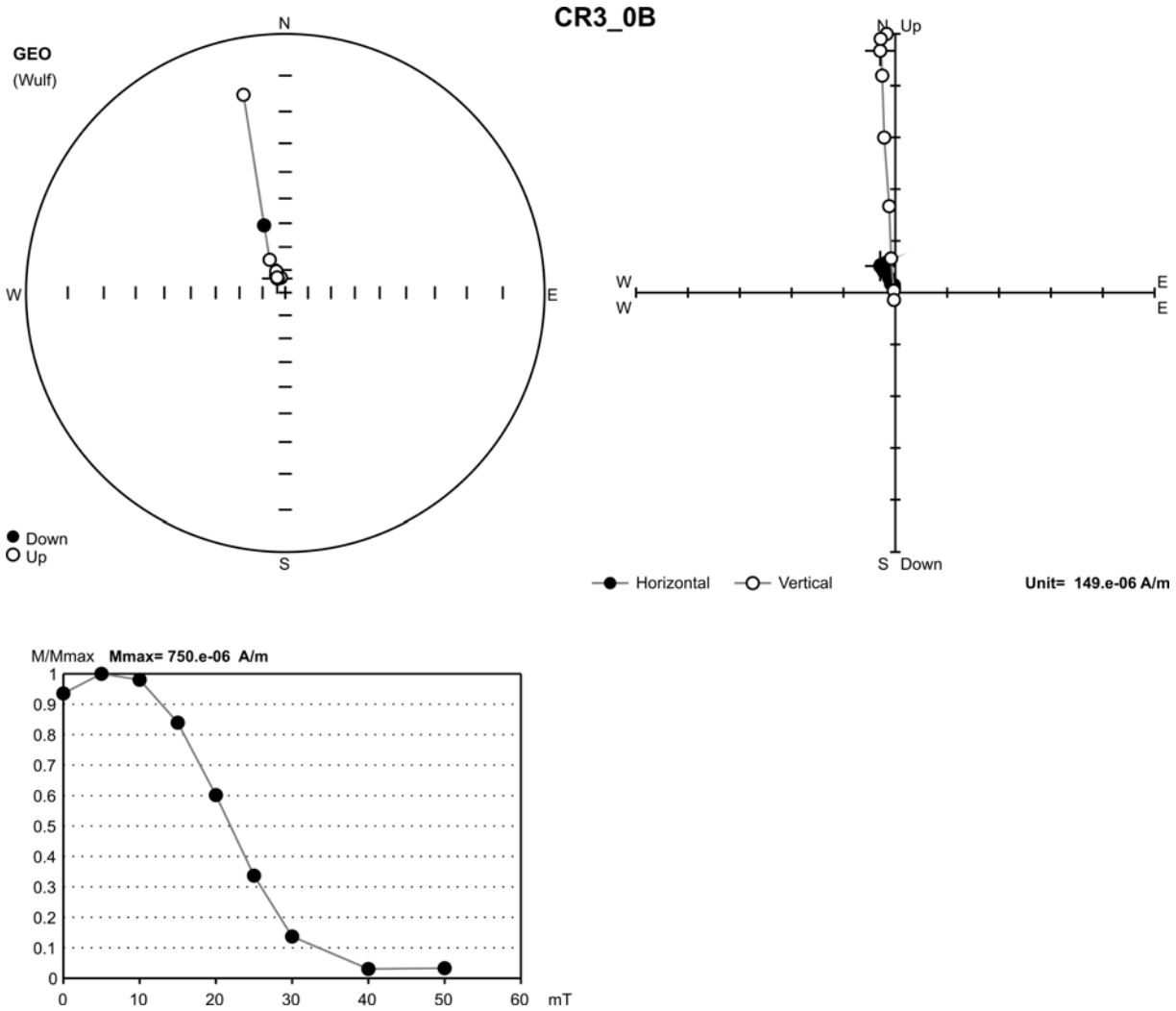


Obrázek 18 Demagnetizace tepelným polem vzorku z lokality Bešeňová – Záskalie. Vysvětlivky viz obrázek 16

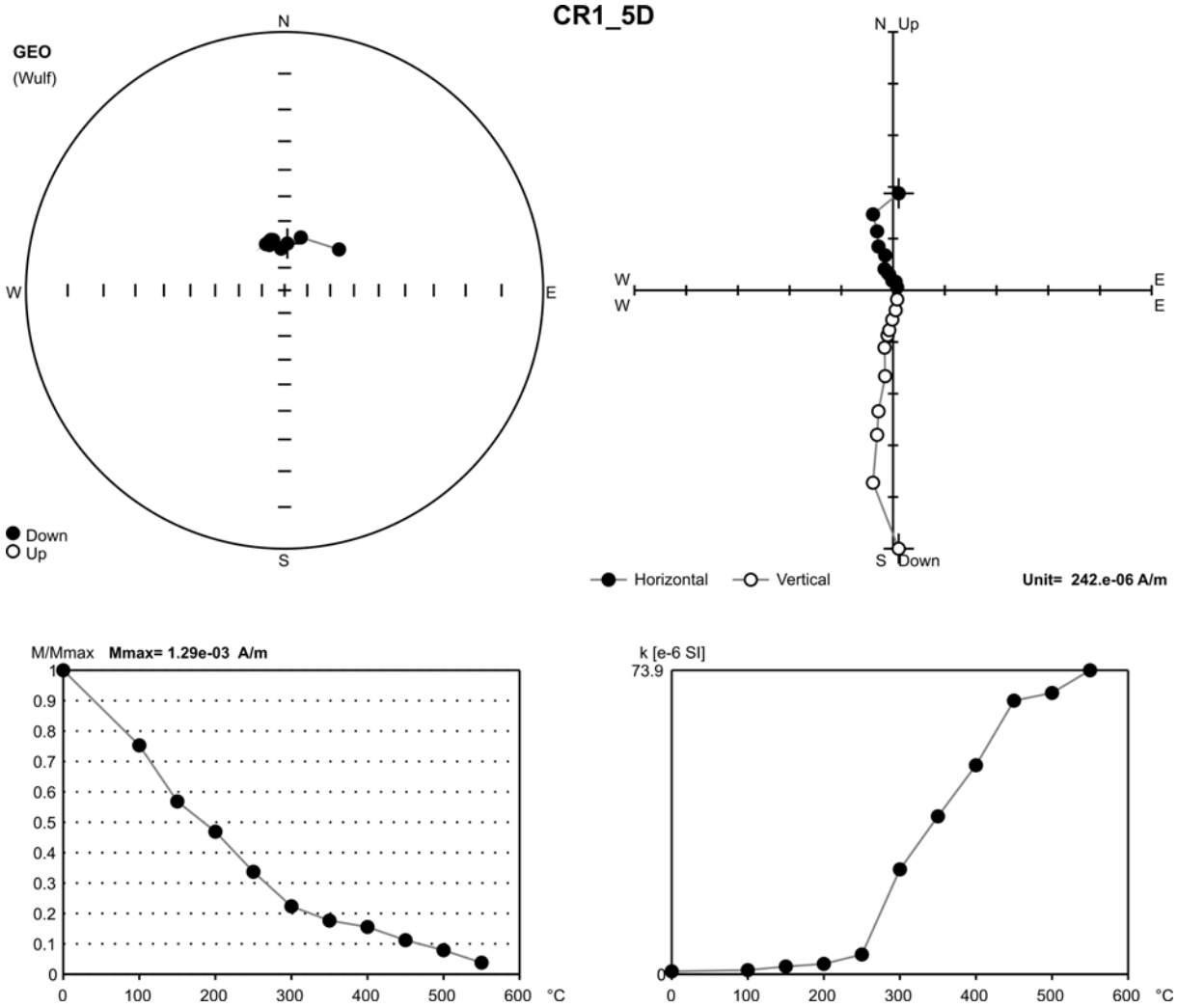
Čerená

Měřené vzorky vykazují velký rozptyl hodnot. Přirozená remanentní magnetizace J_n je v rozmezí 0,088 až 3,930 mA.m^{-1} a hodnoty objemové magnetické susceptibility k_n v rozsahu -10,80 až 16,0 x10^{-6} SI.

Normální magnetická polarita byla interpretována celkem z padesáti vzorků travertinů a 39 vzorků je zahrnuto do statistického zpracování (tab. 2) svelmi malým rozptylem střední dodnoty paleomagnetického směru, který je blízký současnému směru geomagnetického dipólu pro zkoumané loklaity (D = 4,4^o, I = 64,5^o). Jeden vzorek (obr. 19, příklad TD demagnetizace) byl interpretován s inverzní (R) polaritou a další dva vzorky s přechodnou normální až inverzní (N–R) polaritou. Na obrázku 20 je uvedena AF demagnetizace vzorku s normální polaritou.



Obrázek 19 Demagnetizace střídavým polem vzorku z lokality Čerená. Vysvětlivky viz obrázek 16

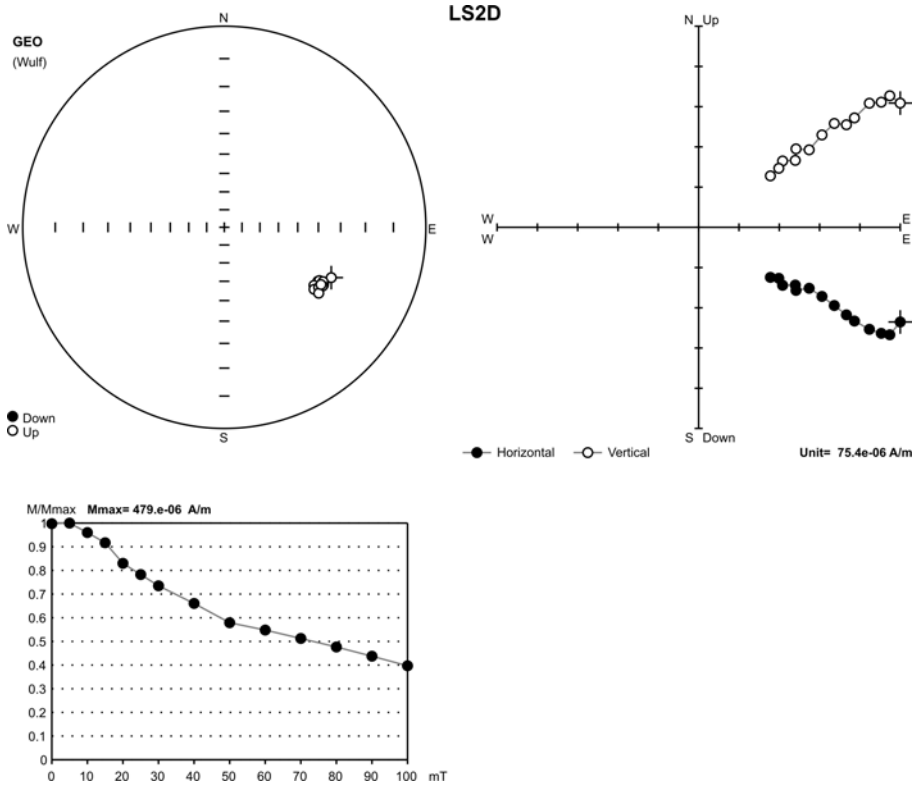


Obrázek 20 Demagnetizace tepelným polem vzorku z lokality Čerená. Vysvětlivky viz obrázek 16

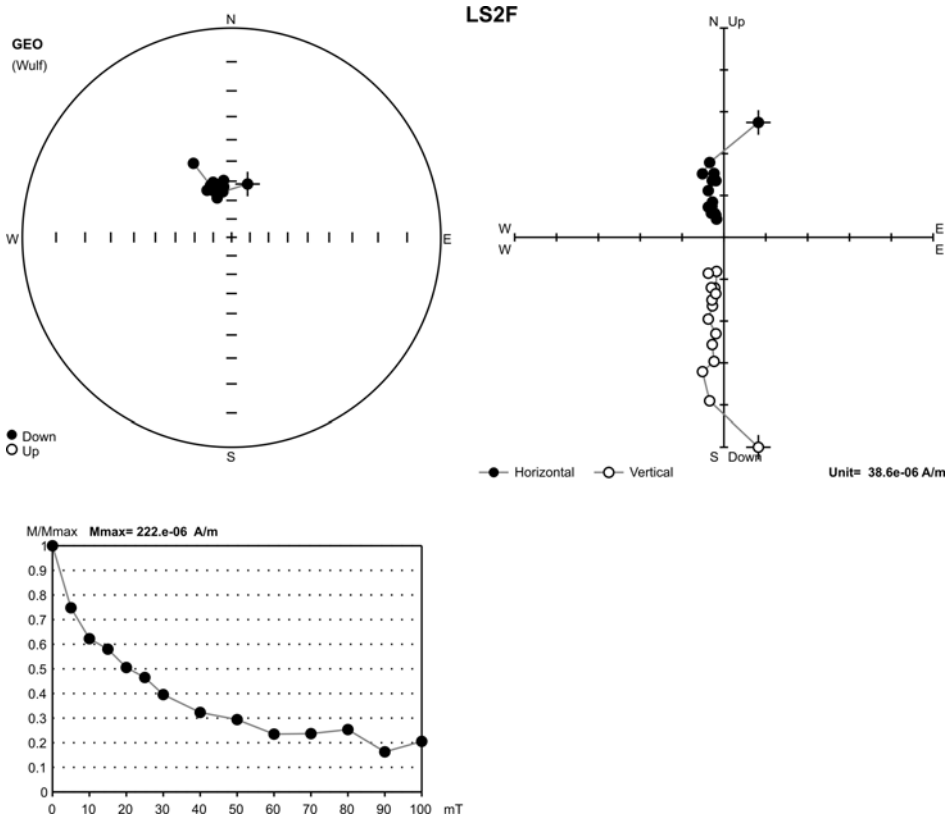
Liptovské Sliače – Skalie

Z lokality můžeme konstatovat podobně výrazný rozptyl hodnot. Přirozená remanentní magnetizace J_n je v rozmezí 0,017 až 2,918 mA.m^{-1} a hodnoty objemové magnetické susceptibility k_n v rozsahu -8,10 až 14,20 x10^{-6} SI.

Zkoumané vzorky travertinů vykázaly jednak normální polaritu, celkem 11 vzorků, z toho u tří vzorků (tab. 2) byla interpretovaná hodnota paleomagnetického směru blízká současnému směru geomagnetického dipólu. Ostatních osm vykázaly výrazný rozptyl paleomagnetické deklinace (D). Jeden vzorek byl interpretován s inverzní polaritou a další jeden vzorek s přechodnou N–R polaritou. Na obrázcích 21 a 22 je uvedena AF demagnetizace vzorku s inverzní a normální polaritou.



Obrázek 21 Demagnetizace střídavým polem vzorku z lokality Liptovské Sliače – Skalie. Vysvětlivky viz obrázek 16



Obrázek 22 Demagnetizace střídavým polem vzorku z lokality Liptovské Sliače – Skalie. Vysvětlivky viz obrázek 16

Závěr

Paleomagnetický výzkum vzorků vybraných lokalit travertinů přinesl významné předběžné výsledky, které jednak potvrdily, že stáří zkoumaných vzorů uvedených lokalit je mladší než 780 ka podle výsledků paleomagnetismu. Současně byly na dvou lokalitách, Čerená a Liptovské Sliače – Skalie, zjištěny úzké zóny s inverzní polaritou a přechodnou N–R polaritou. Pravděpodobně se jedná o exkurze geomagnetického pole. Pro jednoznačnou interpretaci a korelaci těchto úzkých inverzních zón je nutné v další etapě výzkumu detailní vzorkování s vysokým rozlišením.

6. Th/U DATOVÁNÍ

Th/U datování (U-series) travertinů bylo provedené ze vzorků odebraných M. Gradzińskim a H. Hercman před zahájením paleomagnetické kampaně. Číslování paleomagnetických vzorků následovalo číslování při tomto vzorkování. Datování z lokality ***Čerená*** poskytlo výsledky od ca 280 do 480 ka (bez rozpětí). Problémem datování je znečistění karbonátů travertínů jemnozemím siliciklastickým materiál nesoucím detritické Th. Kvalita dat je přijatelnější čím menší je rozpětí věku. Věky vzorků CR1A a CR1B jsou pravděpodobně dosti přijatelné, bázi travertinové kupy lze nejspíše datovat do období mezi 419 a 283 ka (tab. 3). Rozptyl u věků vyššího vzorku CR1B je rovněž přijatelný a data jsou dosti věrohodná. Stáří vzorku CR2 je vyšší než u vzorků podložních, což odporuje zákonu superpozice a jsou způsobeno vysokým znečistěním detritickým Th.

Tabulka 3 Výsledky datování metodou Th/U

Vzorek	***Lab. č.***	***U [ppm]***	***$^{234}U/^{238}U$***	***$^{230}Th/^{234}U$***	***$^{230}Th/^{232}Th$***	***Věk [ka]***	***B0***	***Korigovaný věk [ka]***	***Poznámky***
CR – 1A	W 3134	0.26 ± 0.02	1.21 ± 0.06	1.01 ± 0.04	17	+ 84 340 - 52	1.5 ± 0.5	+ 89 330 - 60	
							0.83 ±0.42	**+ 67 330 - 47**	
CR – 1B	W 3131	0.32 ± 0.02	1.18 ± 0.04	0.97 ± 0.04	17	+ 38 385 - 30	1.5 ± 0.5	+ 45 280 - 37	
							0.83 ± 0.5	**+ 50 280 - 38**	
CR - 2	W 3150	0.31 ± 0.02	1.30 ± 0.05	1.06 ± 0.04	15	+ 130 420 - 66	1.5 ± 0.5	+ 137 410 - 74	
							0.83 ± 0.42	**+ 166 408 - 76**	
CR - 3	W 3151	0.094 ± 0.004	1.18 ± 0.05	1.23 ± 0.05	29	**> 350**			(< 1.2 Ma) otevřený systém(?)
CR – 4*	W 3133	0.30 ± 0.02	1.23 ± 0.05	1.06 ± 0.04	11	+ inf 480 - 100	1.5 ± 0.5	+ inf. 470 -112	
							0.83 ± 0.42	**+ inf. 478 - 113**	

Poznámky: B0 – předpokádaný poměr aktivity $^{230}Th/^{232}Th$ v znečištění; **B0 = 0.83 ± 0.42** – průměrné složení silikátů (Cruz et al. 2005; Lundberg et al. 2010); B0 = 1.5 ± 0.5 pokrývá rozmezí publikovaného množství z různých oblastí (0.5 – 2); * – blok na dně po pravé straně lomu

Jemnozemní siliciklastický materiál je v travertinech rozptýlen v relativně malém množství, makroskopicky nezřetelném. Pochází z alterovaných podložních sedimentů cent-

rálněkarpatského paleogénu, odkud byl vynášen výstupem teplých vod a postupně ukládán ve sráženém karbonátu travertinů.

7. LITERATURA

Bosák P., Pruner P. 2007. Magnetostratigraphy of Cave Sediments. – *EOS Trans. AGU, 88, 23, Jt. Assem. Suppl., Abstracts*: GP52A-04, CD ROM, 2 pp.

Bosák P., Pruner P., Bella P. Red., 2012. *Výzkum vybraných travertinů na Slovensku. Etapová zpráva č. 1 – Liptov*. – MS, Geologický ústav AV ČR, v. v. i. pro Katolickou univerzitu v Ružomberoku: 1–33. Praha.

Bosák P., Pruner P., Kadlec J. 2003. Magnetostratigraphy of cave sediments: application and limits. – *Studia Geophysica et Geodaetica*, 47, 2, 301–330.

Bosák P., Pruner P., Šlechta S., Čížková K., Bella P. 2013. Paleomagnetizmus travertínov při Bešeňovej, Liptovských Sliačov a Ludrovej (Liptovská kotlina) – predbežné výsledky. – *Aragonit*, 18, 45–47. Liptovský Mikuláš.

Cande S.C., Kent D.V. 1995. Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic. – *Journal of Geophysical Research*, 100, B4, 6093–6095.

Cruz Jr., F.W., Burns S.J., Karmann I., Sharp W.D., Vulle M., Cardaso A.O., Ferrari J.A., Dias P.L.S., Vlana Jr. O. 2005. Insolation-driven changes in atmospheric circulation over the past 116,000 years in subtropical Brazil. – *Nature*, 434, 63–65.

Droppa A. 1964. Výskum terás Váhu v strednej časti Liptovskej kotliny. – *Geografický časopis*, 16, 4, 313–325.

Droppa A. 1968. Prírodné pomery Liptovského Mikuláša a okolia. – In Kufčák E. (Ed.): *Liptovský Mikuláš. Monografický zborník*, 10–38. Stredoslovenské vydavateľstvo, Banská Bystrica.

Droppa A. 1970. Výskum riečnych terás v zátopovej oblasti Liptovská Mara. – *Liptov*, 1, 7–34.

Droppa A. 1972. Výskum riečnych terás v okolí Ružomberka. – *Liptov*, 2, 11–25.

Fisher R. 1953. Dispersion on a sphere. – *Proceedings of the Royal Society*, A 217, 295–305.

Franko O. 2001. Pôvod a vývoj minerálnych a temálnych vôd Slovenska v priestore a čase z pohľadu veku travertínov a izotopov O, H a ^{14}C. – *Podzemná voda*, 7, 2, 26–44.

Franko O., Šivo A. 1999. Relative, geological and absolute age of the geothermal waters in north Slovakia. – *Proceedings of XXIX Congress of IAH „Hydrogeology and land use management"*, 681–684. Publ. Slovak IAH, Bratislava.

Gradziński M., Duliński M., Hercman H., Storzewicz E., Holúbek P., Rajnoga P., Wróblewski W., Kováčová M. 2008. Facies and age of travertines from Spiš and Liptov regions (Slovakia) – preliminary results. – *Slovenský kras*, 46, 1, 31–40.

Gradziński M., Czop M., Duliński M., Gąsiorowski M., Grabowski J., Hercman H., Holúbek P., Kováčová M., Motyka J., Mrozińska T., Pawlak J., Smosna P., Sobień K., Storzewicz E. 2009. Trawertyny wokól Tatr. – In: Uchman A., Chowaniec J. (Eds.): *Budowa geologiczna Tatr i Podhala ze szczególnym uwzględnieniem zjawisk geotermalnych na Podhalu. LXXIX Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Geologicznego (Bukowinka Tatrzańska, 27–30 września 2009 r.), Materiały konferencyjne*, 133–144. Warszawa.

Chadima M., Hrouda F. 2006. Remasoft 3.0 – A user-friendly paleomagnetic data browser and analyser. – *Travaux Géophysiques*, XXVII (2006), 20–21.

Jelínek V. 1966. A high sensitivity spinner magnetometer. – *Studia geophysica et geodaetica*, 10, 58–78.

Jelínek V. 1973. Precision A.C. bridge set for measuring magnetic susceptibility and its anisotropy. – *Studia geophysica et geodaetica*, 17, 36–48.

Kirschvink J.L. 1980. The least-squares line and plane and the analysis of palaeomagnetic data. – *Geophysical Journal Royal Astronomical Society*, 62, 699–718.

Lundberg J., Brewer-Carias C., McFarlane D.A. 2010. Preliminary results from U-Th dating of glacial-interglacial deposition cycles in a silica speleothems from Venezuela. – *Quaternary Research*, 74, 113–120.

Příhoda K., Krs M., Pešina B., Bláha J. 1989. MAVACS - a new system of creating a non-magnetic environment for palaeomagnetic studies. – *Cuaderna Geologia Ibérica*, 12, 223–250.

Vaškovský J. 1980. Geológia kvartérnych sedimentov. – In: Gross P., Köhler E. a kol.: *Geológia Liptovskej kotliny*, 96–115. GÚDŠ, Bratislava.

Vaškovský J., Ložek V. 1972. To the Quaternary stratigraphy in western part of the basin Liptovská kotlina. – *Geologické práce, Správy*, 59, 101–140. GÚDŠ, Bratislava.

Zupan Hajna N., Mihevc A., Pruner P., Bosák P. 2008. *Palaeomagnetism and Magnetostratigraphy of Karst Sediments in Slovenia*. – Carsologica, 8, Založba ZRC SAZU, Postojna–Ljubljana, 266 s.