Acta Mus. Moraviae, Sci. geol.
LXXXVI (2001):183–189, 2001

PLEISTOCENNÍ KRYOGENNÍ PROCESY NA VRCHOLOVÉ ČÁSTI STRÁNSKÉ SKÁLY V BRNĚ A JEJICH PALEOKLIMATICKÝ VÝZNAM

PLEISTOCENE CRYOGENE PROCESSES
ON THE SUMMIT OF THE STRÁNSKÁ SKÁLA HILL IN BRNO
AND THEIR PALAEOCLIMATIC SIGNIFICANCE

TADEÁŠ CZUDEK

Abstract

Czudek, T. 2001: Pleistocenní kryogenní procesy na vrcholové části Stránské skály v Brně a jejich paleoklimatický význam. Acta Musei Moraviae, Sci. geol. 86:183–189 (with English summary).

Pleistocene cryogene processes on the summit of the Stránská skála Hill in Brno and their palaeoclimatic significance.

Many archaeological investigations on the summit of the NW part of the Stránská skála Hill have been done in last years. Below the youngest Vistulian loess Pleniglacial frost phenomena (especially gelifluction and cryoturbation) are common, indicating cold environment. It is supposed that the MAAT during longer period of the coldest climate in the Vistulian Pleniglacial in upland areas of South Moravia could have been up to –5 °C. MAAT at Stránská skála during short episodes is estimated to have reached as much as about –8 °C.

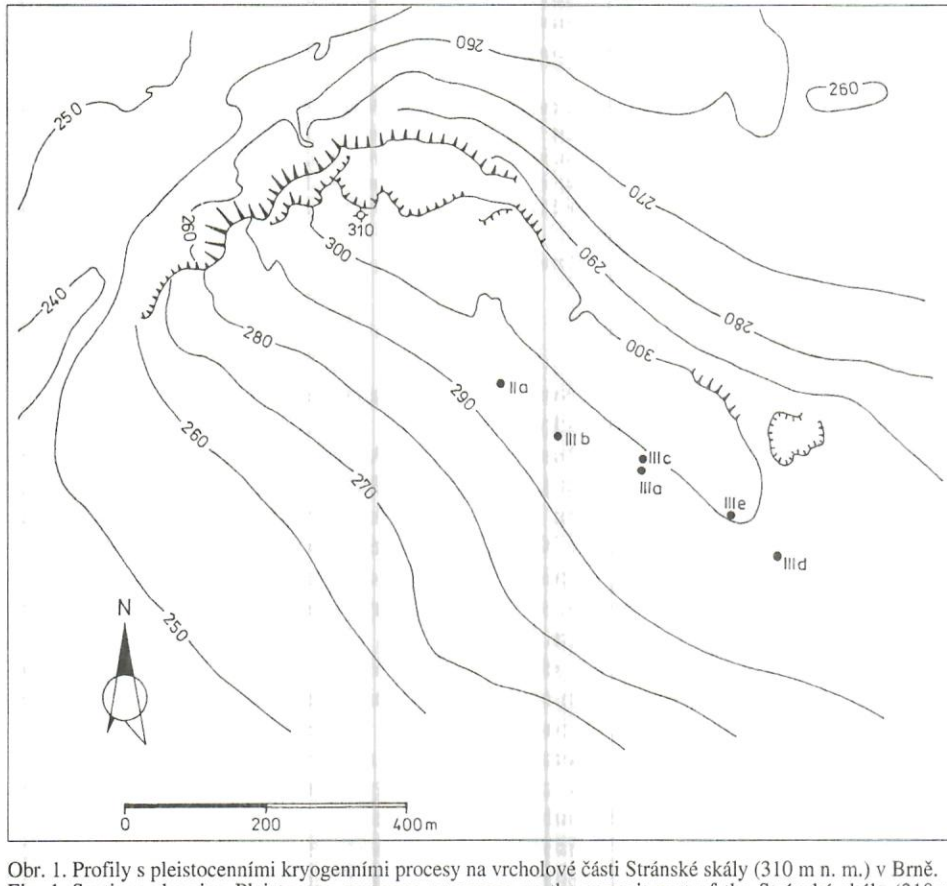
Tadeáš Czudek, Gorkého 44, 602 00 Brno

Úvod

V těsné blízkosti jv. okrajového svahu Českého masivu leží na východním okraji Brna, jehož okolí se vyznačuje specifickými rysy reliéfu podmíněného hlavně intenzivními neotektonickými pohyby na velmi husté síti zlomů (A. Ivan 1974, str. 5), izolovaná vyvýšenina Stránské skály (310 m n. m.). Její povrch výškově splývá s mírně zvlněným reliéfem Dyjsko-svrateckého úvalu na miocenních a kvartérních sedimentech. Stránská skála je budovaná jurskými vápenci. Na jejich nerovném povrchu jsou denudační zbytky spodnobadenských sedimentů (jíly, písky) překryté pleistocenními sedimenty. Je to asymetrická terénní elevace s příkrými, skalnatými svahy jurských vápenců a kvartérními suťovými sedimenty při úpatí v její sz. části (R. Musil 1995, str. 177–208). Tvoří k jv. se pozvolna sklánějící široký hřbet. Na jeho povrchu a mírných svazích jsou kromě nejseverozápadnější části kolem kóty 310 m spraše s fosilními půdami, které překrývají jílovité, siltovité a písčité vrstvy spodního badenu (moravu). Skalní podloží jurských vápenců Stránské skály je na povrchu intenzivně mrazem navětralé. Sklon povrchu hřbetu Stránské skály k jv. je okolo 2–3°, v sz. části (kde byly výzkumy Archeologického ústavu AV ČR provedeny) je sklon dnešního povrchu terénu 2°.

Kromě již dávno známého pleistocenního mrazového zvětrávání jurských vápenců a vzniku mocných svahových sedimentů v okrajové sz. části hřbetu (R. Musil ed. 1992, str. 1–283, R. Musil 1995, str. 177–208, J. Kovanda 1995, str. 258–259) jsme v archeolo-

gických výkopech (IIa, IIIa, b, c, d, e) situovaných na vrcholové části hřbetu Stránské skály zjistili ve sprašovém materiálu a na povrchu podložních sedimentů badenu a jury zřetelné důkazy působení mrazu v chladných obdobích svrchního pleistocénu. Typ a charakter mrazových deformací původního uložení sedimentů i zde závisí na horninách (jurské a spodnobadenské sedimenty a spraše s fosilními půdami), sklonu a nerovnostech původního terénu, vlhkostních poměrech daného místa a na charakteru pleistocenního prostředí (teplotách povrchu terénu, amplitudě a četnosti regelačních cyklů, vegetačním krytu a humiditě, resp. ariditě podnebí). Na vrcholové části hřbetu Stránské skály jsme zjistili především dva základní typy pleistocenních kryogenních struktur, a to geliflukci a kryoturbaci. Kromě toho při úpatí sv. svahu jv. od vrcholu Stránské skály byla ve výkopu až 2 m mocná suťová (báze nebyla zastižená), načervenale zbarvená geliflukční vrstva (jílovitý materiál předkvartérních zvětralin s 50–80 % úlomků jurských vápenců a fluviálních terasových valounů) a v dolní části jz. svahu suťová geliflukční poloha (ostrohranné úlomky, valouny, písčitý a sprašový materiál) vyplňující až 2–3 m hluboké krasové deprese v povrchu jurských hornin.



Obr. 1. Profily s pleistocenními kryogenními procesy na vrcholové části Stránské skály (310 m n. m.) v Brně.
Fig. 1. Sections showing Pleistocene cryogene processes on the summit part of the Stránská skála (310 m a. s. l.) in Brno.

Stručná charakteristika jednotlivých profilů

Profil IIa

Pod půdním horizontem a světle žlutohnědou spraší s ojed. úlomky do 3 cm je tmavě hnědošedá fosilní půda s uhlíky datovanými metodou ^{14}C na 32 350 ± 900 let BP (GrN 14 829) na bázi s ojed. úlomky do 25 cm. Její bazální část a podložní světle žlutohnědá spraš prodělaly geliflukční pohyb. Podložní hrubozrnná hlinitá suť s úlomky velikosti převážně 10–15 cm, max. až 25 cm je výraznou geliflukční polohou ze studeného prostředí, která spolu s nadložní přemístěnou spraší časově může odpovídat geliflukční vrstvě 4 v profilu IIIa nebo být i starší než vrstevnatá geliflukce polohy 5 tohoto profilu. Skalní podloží jurských vápenců je v profilu IIa intenzivně porušeno periglaciálním mrazovým zvětráváním (T. Czudek–L. Smolíková–J. Svoboda 1991, str. 218).

Profil IIIa (obr. 2)

Sedimenty v profilu IIIa jsou od hloubky 1,00–1,20 m do 2,20–2,40 m pod povrchem terénu (polohy 4–7) v nadloží spodnobadenských vrstev (silně vápnitý silt až jíl a písek s příměsí valounů a úlomků) přemístěny. Ze svahových denudačních procesů se zde ve vrstvě 6 a 7 uplatnil plošný splach. Polohy 4 a 5 mají charakter převážně geliflukčních sedimentů vzniklých v činné vrstvě nad permafrostem (T. Czudek–L. Smolíková–J. Svoboda 1991, str. 214), přičemž polohu 5 (střídání tenkých vrstviček světlešedého silně vápnitého siltu a světlehnědého půdního sedimentu) považujeme za vrstevnatou (laminární) geliflukci probíhající v jemnozrnných sedimentech na mírných svazích při dostatečné vlhkosti ve velmi studeném podnebí v prostředí bez vegetace nebo jen se slabě vyvinutou rostlinnou pokrývkou (G. F. Gravis 1969, str. 14). Její odlišení od plošného splachu (oba procesy působí v závislosti na obsahu vlhkosti na jednom a témže svahu často společně) nebývá vždy snadné. Lze tedy předpokládat, že v období vzniku této vrstvy mohla dosahovat na dané lokalitě průměrná roční teplota vzduchu při kratších velmi studených klimatických výkyvech až okolo –8 °C. Vrstva 4 (půdní sediment s industrií bohunického typu a úlomky místních hornin) odpovídá amorfnímu typu geliflukce probíhající v teplejších klimatických podmínkách při hlubším tání permafrostu a i aktivizace vegetace. Na vrstvu 4 se v profilu IIIa nakládá kryoturbace suššího a zřejmě i teplejšího podnebí. Uhlíky přemístěné vrstvy 4 (viz obr. 2) jsou datovány na 41 300 ± 3100–2200 let BP (GrN 12 606) a nepřemístěné polohy 3 na 30 980 ± 360 let BP (GrN 12 650).

Profil IIIb

V tomto profilu byla na jeho západní stěně od hloubky 1,80 m pod povrchem terénu zjištěna až 0,70 m mocná poloha střídajících se bílých, tenkých, silně vápnitých siltovitých vrstev s vrstvičkami rozvlečené půdy na bázi s úlomky jurských vápenců odpovídající zřejmě vrstevnaté (laminární) geliflukci. Ve východní stěně profilu byla na bázi odkryvu hlinitá suť s úlomky převážně do 10–15 cm, odpovídající typu amorfní geliflukce. Pod nejmladší spraší je tmavě hnědošedá fosilní půda s uhlíky datovanými na 32 600 ± 1700–1400 let BP (GrN 16 918).

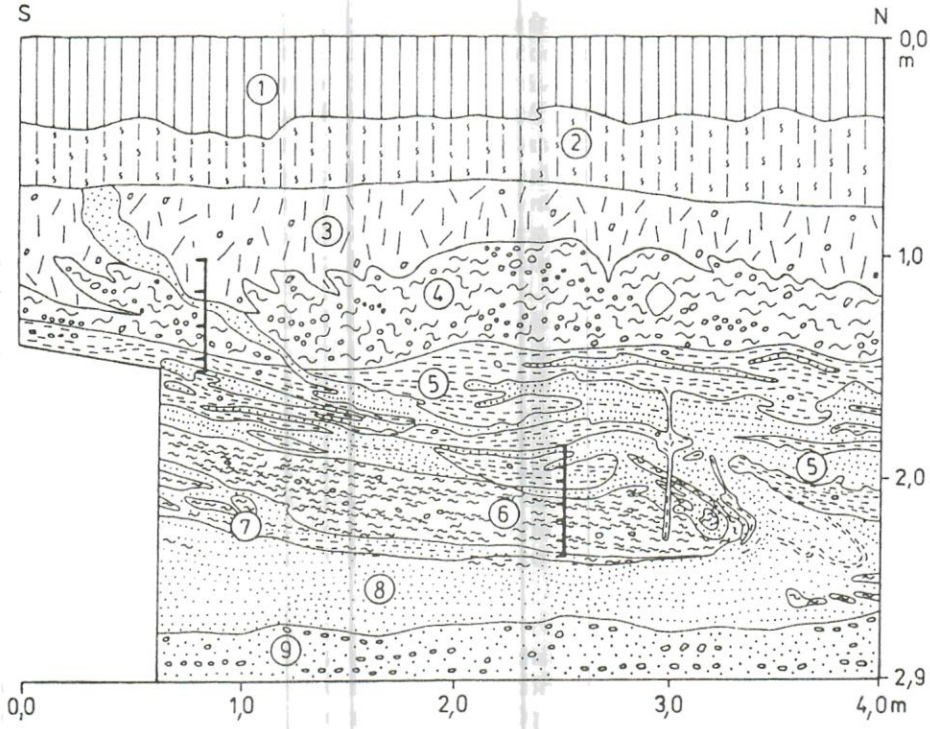
Profil IIIc

Na této lokalitě se pod černohnědou půdou a okrově hnědou až žlutohnědou spraší s pseudomyceliemi a cicváry vyskytují světlehnědé hlinopísky. Ty jsou ve své spodní části porušené geliflukcí, ve své svrchní části odpovídají geliflukcí přemístěnému půdnímu sedimentu prostoupenému sprašovým materiálem. Na bázi nejhlubší (ssv.) části profilu je složitý vrstevní sled fosilního půdního sedimentu (pararendziny) prostoupeného spraší a v horní části i ostrohrannými (cca 20 %) úlomky jurských vápenců průměrné velikosti do 1 cm, ojed. až 6 cm. Vzhledem k zřetelnému vyvlečení vrstev ve

směru sklonu svahu, lze usuzovat, že jde o geliflukční horizont s uhlíky datovanými na 38 300 ± 1100 let BP (AA 32 058). Nadložní světlehnědá fosilní půda (hlínopísky) má kryoturbovaný povrch.

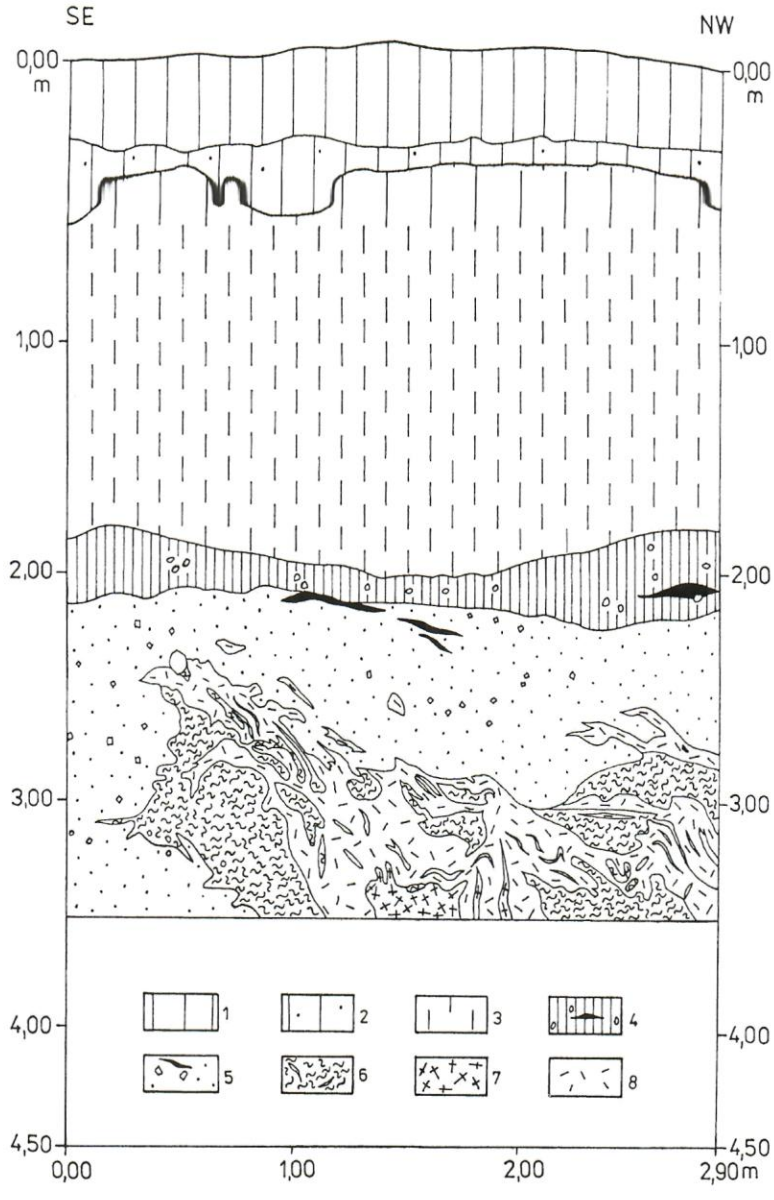
Profil IIId

V tomto profilu je geliflukcí postižena horní a spodní část fosilní půdy (černozem v iniciálním vývoji) v hloubce 1,90–2,30 m pod povrchem terénu. V horní části je úlomek vápence o velikosti 18 cm v delší ose. Na bázi půdy a v nejsvrchnější části podložní světle žlutohnědé spraše (rovněž postižené geliflukcí) jsou četné úlomky vápenců. Střední část této vrstvy bohunicienu (datována na 34 530 ± 850–720 let BP, GrA 11 504 a 37 900 ± 1100 let BP, AA 32 059) nejeví stopy periglaciálních svahových pohybů. Povrch pararendziny s úlomky vápenců v podloží světle žlutohnědé spraše v hloubce



Obr. 2. Profil IIIa. 1 – černohnědá až našedlá černozem, 2 – světle žlutohnědá spraš, 3 – tmavě hnědošedá fosilní půda s oj. úlomky vápenců, 4 – světlehnědý půdní sediment s artefakty paleolitu (bohunicienu) a úlomky vápenců velikosti 1–3 cm, 5 – světlešedý silně vápnitý silt a světlehnědý narezivělý půdní sediment, 6 – tmavěhnědý půdní sediment s oj. úlomky vápenců do 2 cm, 7 – světlešedý silně vápnitý silt s pruhy tmavěhnědého půdního sedimentu, 8 – světlešedý až šedobílý silně vápnitý silt (spodní baden), 9 – světle šedohnědý silně vápnitý hlinitý písek s valouny a slabě opracovanými úlomky (spodní baden). Svislé čáry označují místa odběru vzorků na půdní mikromorfologickou analýzu. Podle T. Czudka a J. Svobody.

Fig. 2. Section IIIa. 1 – dark-brown to greyish chernozem (topsoil), 2 – light yellow-brown loess, 3 – dark brown-grey palaeosol with sporadic limestone clasts, 4 – light-brown soil sediment with Palaeolithic (Bohunician) artefacts and limestones clasts 1–3 cm, 5 – light-grey highly calcareous silt and light-brown to reddish soil sediment, 6 – dark-brown soil sediment with sporadic limestone clasts up to 2 cm, 7 – light-grey, strongly calcareous silt with stripes of dark-brown soil sediment, 8 – light-grey to white-grey highly calcareous silt (Lower Badenian), 9 – light grey-brown highly calcareous loamy sand with gravel and slightly rounded rock fragments (Lower Badenian). Vertical lines indicate samples taken for micromorphological analysis. According to T. Czudek and J. Svoboda.



Obr. 3. Profil IIIe. 1 – černohnědá až našedlá černozem, 2 – tmavě žlutohnědá až hnědá sprašová hlína (B horizont černozemě), 3 – světle žlutohnědá středně písčitá spraš s cicváry do 1–3 cm, 4 – hnědě žlutošedá pararendzina s oj. úlomky vápenců. 5 – hlinopísky s úlomky vápenců, 6 – světle žlutohnědá spraš, 7 – červenohnědý půdní sediment, 8 – běložlutý až našedlý vápnitý jíl (spodní baden). Černé pruhy ve vrstvě 4 a 5 označují místa nahromadění uhlíků. Podle T. Czudka a J. Svobody.

Fig. 3. Section IIIe. 1 – black-brown to greyish chernozem (topsoil), 2 – dark yellow-brown to brown loess loam (B horizont of the chernozem], 3 – light yellow-brown medium sandy loess with concretions $CaCO_3$ up to 1–3 cm, 4 – brownish-yellow-grey pararendzina with sporadic calcareous clasts, 5 – pellet sands with limestones clasts, 6 – light yellow-brown loess, 7 – reddish-brown soil sediment, 8 – white-yellow to greyish calcareous clay (Lower Badenian). Black interlayers in beds 4 and 5 correspond to charcoal accumulations. According to T. Czudek and J. Svoboda.

3,20 m pod povrchem terénu je také postižen svahovými denudačními procesy zřejmě převážně typu geliflukce, popř. i plošného splachu a působí dojmem rytmicky zvrstveného sedimentu.

Profil IIIe (obr. 3)

V profilu IIIe jsme v hloubce 1,80–2,30 m pod povrchem terénu pozorovali projevy geliflukce. V celé vrstvě 4, tvořené hnědě žlutošedou půdní hmotou svahovými procesy porušené pararendziny, jsou stopy geliflukcí přemístěného a promíchaného materiálu. Tyto procesy zasahují i do stropní polohy podložních hlinopísků (sprašový materiál zde převládá nad půdními sedimenty) s příměsí drobných valounů místních hornin a postihují i bázi nadložní světle žlutohnědé spraše. Geliflukční poloha vznikla po půdotvorném procesu vrstvy 4. Pod touto geliflukční vrstvou zřejmě laminárního (vrstevnatého) typu odpovídajícího značně studenému prostředí a pod hlinopísky vrstvy 5 následuje složitý kryoturbovaný komplex sedimentů tvořených běložlutým až našedlým, silně vápnitým jílem spodnobadenského stáří, světlešedou spraší a červenohnědou fosilní půdou braunlehmu PK VII. Nejsvrchnější části kryoturbované polohy jsou mírně vyvlečeny ve směru největšího sklonu svahu. Tato poloha vznikla v období intenzivní regelace v některém studeném, ale poněkud sušším (ve srovnání s geliflukcí) časovém úseku před vznikem geliflukční polohy 4 v hloubce okolo 2 m pod povrchem terénu a po vzniku hlinopísků vrstvy 5. Je tedy starší než vrstva 4 pararendziny obsahující přemístěné artefakty bohunicienu, ale mladší než PK VII.

Závěr

V nejmladší spraši (17 740±90 až 18 220±120 let BP-GrN 14 351 a GrN 13 945) se na vrcholové části hřbetu Stránské skály (k. 310 m) v Brně zatím nikde nepodařilo zjistit čočkovité postkryogenní textury příznačné pro tyto sedimenty. Svědčí to o suchém prostředí v době jejich ukládání. Toto prostředí bylo podmíněno nejen hlavní příčinou, kterou bylo podnebí, ale i místními geomorfologickými poměry (úzká terénní elevace). Výrazná období působení periglaciálních procesů – geliflukce – s mrazovým krípem a kryoturbace) spadají do časového úseku před a po bohunicienu a před sedimentaci nejmladší spraše. Přitom kryoturbace se na geliflukci často nakládá. Její typ v profilu IIIe je důkazem studeného podnebí a pleistocenního permafrostu (C. Kasse 1999, str. 101, 105, 107) před bohunicienem. Periglaciální podnebí bylo na Stránské skále a v jejím okolí v některých obdobích svrchního pleistocénu značně studené, takže průměrné roční teploty vzduchu (soudě podle vrstevnaté – laminární – geliflukce na této lokalitě, typu kryoturbace v profilu IIIe a podle typu mrazových klínů v různých sedimentech v blízkém okolí) mohly v kratších časových úsecích dosahovat až okolo –8 °C, v delším časovém období nejstudenějšího klimatického výkyvu svrchního viselského pleniglaciálu v pahorkatinných oblastech jižní Moravy až –5 °C.

Práce vznikla jako jeden z výsledků grantového projektu 205/99/0010 za finanční podpory Grantové agentury České republiky. Autor také děkuje doc. PhDr. Jiřímu Svobodovi, DrSc., za cenné diskuse v terénu a poskytnutí údajů o radiokarbonovém datování.

SUMMARY

At Stránská skála (310 m a. s. l.), besides already known frost weathering processes of Jurrasic limestones and Pleistocene thick foot-slope deposits at the NW margin of the hill, the archaeological trenches IIa, IIIa, b, c, d, e situated on the hilltop revealed distinct Upper Pleistocene frost phenomena. At the hilltop of the Stránská skála, apart from an intensive cryogenic weathering of Jurrasic limestones, two major types of Pleistocene cryogenic phenomena are observed: gelifluction together with frost creep and cryoturbation.

The absence of lenticular postcryostructures (former ice lenses) in youngest loess at the Stránská skála summit suggests a highly arid environment during loess accumulation (climate, local conditions). The periods in which the periglacial slope processes (especially gelifluction together with frost creep, surface wash, and cryoturbation) took place date back to the Vistulian Pleniglacial, prior to the uppermost loess.

For certain phases of the Upper Pleistocene, the periglacial climate at the Stránská skála and its surroundings was well severe with intensive frost action and mass wasting. The laminar (bedded) gelifluction observed mainly in sections IIIa, IIIb and IIIe, types of cryoturbation phenomena in section IIIe, and ice wedge-casts in fluviatile gravel in its surroundings, indicate that MAAT during short episodes of the Vistulian Pleniglacial could have reached as much as about –8 °C, and during longer time-space of coldest climatic stages in the uplands of South Moravia up to –5 °C.

LITERATURA

CZUDEK, T., HAVLÍČEK, P., MINAŘÍKOVÁ, D., 1992: Mrazové klíny ve fluviálních štěrcích na jižní Moravě. – XXI. Mikulovské sympozium 1991:263–282, Brno.

CZUDEK, T., SMOLÍKOVÁ, L., SVOBODA, J., 1991: Profil IIIa na Stránské skále v Brně. – Sborník geol. věd, Antropozoikum, 20:203–223, Praha.

GRAVIS, G. F., 1969: Sklonovyje otloženija Jakutii. – Izd. „Nauka", 128 s., Moskva.

HUIJZER, B., VANDENBERGHE, J., 1998: Climatic reconstruction of the Weichselian Pleniglacial in northwestern and central Europe. – Journ. of Quatern., Sci., 13, 5:391– 417, Chichester.

KASSE, C., 1999: Can involutions be used as palaeotemperature indicators? Biuletyn Perygl., 38:95–109, Łódź.

IVAN, A., 1974: Některé geomorfologické problémy okraje České vysočiny v okolí Brna. – Studia geogr., 36:5–40, GGÚ ČSAV, Brno.

KOVANDA, J., 1995: Stop 14: Stránská skála. – In: W. Schirmer (ed): Quaternary field trips in Central Europe, 1, Regional field trips. Intern. Union for Quaternary Res., XIV Intern. Congress, August 3–10, Berlin, Germany:258–259, Verl. Dr. F. Pfeil, München.

MUSIL, R., ed., 1982: Kvartér Brněnské kotliny, Stránská skála IV. – Studia geogr., 80, GGÚ ČSAV, 283 s., Brno.

MUSIL, R., 1995: The Stránská Skála Hill – Its importance and significance. – In: R. Musil (ed.): Stránská Skála Hill. Anthropos, 26 (N.S. 18):177–208, Brno.

SVOBODA, J., BAR-YOSEF, O., eds. 2001: Bohunician and Aurignacian occupations in the Brno Basin (Czech Republic). Ms.

VANDENBERGHE, J., 1992: Geomorphology and climate of the cool oxygen isotope stage 3 in comparison with the cold stages 2 and 4 in the Netherlands. – Zeitschr. f. Geomorph., N.F., Suppl. Bd. 86:65–75, Berlin–Stuttgart.

ZEMAN, A., 1974: Quaternary of the surroundings of the Stránská skála. – Sborník geol. věd, Antropozoikum, 10, 41–72, Praha.

WASHBURN, A. L., 1980: Permafrost features as evidence of climatic change. – Earth – Sci. Rev., 15, 1979–1980:327–402, Elsevier Sci. Publ. Comp., Amsterdam.