

Gaál Lajos

FALENYOMATBARLANGOK MAGYARORSZÁGON ÉS A NAGYVILÁGBAN

ÖSSZEFOGLALÁS

A világ számos részén fellelhető falenyomatbarlangokról a hazai szakirodalomban először BALÁZS (1974) tett említést, az első magyarországi előfordulásokat azonban csak jóval később találta meg PRAKFALVI (2010) Nógrádszakál határában. A BELLA – GAÁL (2007) által felvázolt genetikai felosztás szerint keletkezésüket tekintve 3 csoportba sorolhatók: 1. pirogén eredetű, 2. mechanikus aprózódással létrejött és 3. biogén elbomlás következtében keletkezett falenyomatbarlangok. Leggyakoribbak a forró láva által körülzárt pirogén eredetű barlangok, amelyek Japánból, a Hawaii-szigetektől, az USA-ból, az Etnáról, a Kanári-szigetektől, Dél-Kóreából és Mexikóból ismertek, de miocéni andezit lávaárakban előfordulnak Romániában és Szlovákiában is. A mechanikus aprózódással létrejött falenyomatbarlangok nagyjából a vulkáni környezet folyóvízi üledékeiből kerültek elő és a fatörzsek kovásodott vagy elszenesedett maradványának kimállása nyomán jöttek létre. Ilyen típusba sorolhatók a Nógrádszakáll melletti barlangok is a Jávoros vulkánjának miocéni andezit konglomerátumában, de számos további barlang ismert Szlovákia területéről is. Zagyárakban (lahárokban) keletkezett barlang Csehországban fordul elő. A biogén elbomlással létrejött falenyomatbarlangok a kidőlt fatörzs baktériumok és gombák mikrobás elbomlása nyomán aprózódtak fel, majd mállottak ki. Ide sorolhatók az édesvízi mészkőben létrejött falenyomatbarlangok is.

Tree mold caves in Hungary and around the World

Summary

Tree mold caves exist in many countries of the world. The first documentation of these caves in Hungary was done by PRAKFALVY (2010). According to the genetic classification by the BELLA – GAÁL (2007), the tree mold caves are split into 3 main groups: 1. pyrogenic caves, 2. mechanical weathering caves, and 3. biogenic destructive caves. The most frequent ones are the pyrogenic tree mold caves, which, as the name indicates, are surrounded by hot lava. They can be found in Japan (Mt. Fuji – e. g. TACHIHARA et al. 2002), on the Hawaiian Islands (HALLIDAY in GUNN, 2004), in South Korea (TACHIHARA et al. 2002), in Italy (Mt. Etna - CARVENI et al., 2011), on the Canary Islands (ANDERSON et al., 2009), in Mexico (PINT, 2006), in the USA (Craters of the Moon – OWEN, 2008; Mt. Saint Helens – GREELEY – HYDE, 1972; Lava Cast Forest – BENEDICT – BENEDICT, 1982), in Romania (TULUCAN, 1986) and in Slovakia (BALCIAR et al. 2010). Mechanical weathering tree mold caves can be found mainly in the fluvial sediment of volcanic environments or lahar accumulations. In Northern Hungary (near Nógrádszakáll village) and Slovakia, these caves came about by the weathering of silicified or carbonized wood trunk in the Middle Miocene andesite conglomerate. There are also mechanical weathering tree mold caves known in the Doupov Mountains in the Czech Republic (BABŮREK et al. 1990). On the other hand, the biogenic destructive tree mold caves originated by the microbial decomposing process of tree trunk, caused by bacteria and fungi through air and water action. Fresh-water limestone belongs to the tree mold cave group as well.

1. Bevezetés

A falenyomatbarlangok a hazai szakirodalomban nem ismeretlenek. Az ilyen típusú barlangokról 1974-ben BALÁZS tett említést, aki keletkezésüket ekképpen magyarázta: *„a vulkáni működések lávaárai benyomultak az erdőségekbe, elhamvasztották a vékonyabb fákat és magukba zárták a vastagabb törzseket. Ezek teljes elhamvadása csak az esetben következett be, ha az égéshez a szükséges levegő eljuthatott. A lávával teljesen körülzárt, kidőlt fatörzsek a tökéletlen égés következtében csupán elszenesedtek és így épültek be a megszilárduló lávamezőbe. Később a mélybe jutó vizek elmállasztották a kitöltéseket, vagy pedig az emberek bányászták ki belőlük a faszenet, s így szabaddá váltak az elpusztult fák negatív formái”*. Hasonlóképpen írt róluk 1995-ben megjelent könyvében is. Ekkor azonban még ő sem tudhatta, hogy kissé eltérő keletkezéssel, de Magyarország területén is előfordulnak falenyomatbarlangok.

Lávával körülzárt fatörzsekről vagy kimállott üregeikről már a 19. században említést tettek a Kilauea (LYMAN, 1849) és az Etna (RECLUS, 1865) vulkánok környékéről, de barlangokként csak később kezdtek foglalkozni velük. Térségünkben az első ilyen említés KMEŤ (1902) szlovák nyelven írt munkájában lelhető fel, aki több cső alakú üreget kutatott át a Selmecbánya felett emelkedő Szitnya (Sitno) déli lábánál. Egyikük hossza elérte a 2 métert, átmérője pedig az 50 centimétert. Néhány üregben opáltöredékeket is talált. Ebből, valamint az üregek alakjából helyesen következtetett keletkezésükre, hogy azok egykori fatörzsek kovásodásával és kimállásával jöttek létre. Ezeket a barlangokat sajnos máig sem sikerült beazonosítani, de az 1990-es évektől napjainkig Szlovákiában már 14 falenyomatbarlang vált ismertté, elsősorban miocéni andezit konglomerátumokban, tufákban és tufás homokkövekben, ritkább esetben andezit lávafolyásokban. A 2008-2009-es években aztán PRAKFALVI (2010) Magyarország területén, Nógrádszakál határában is feltárta az első 3 falenyomatbarlangot.

A falenyomatbarlangok többféle osztályozása is ismert. Legaprólékosabb a TACHIHARA és társai (2002) által kidolgozott felosztás, amely azonban kizárólag a lávafolyásokban létrejött barlangok alaktani szempontjait veszi figyelembe. Átfogóbb a BELLA – GAÁL (2007) által javasolt genetikai alapokon nyugvó felosztás, amely a falenyomatbarlangokat 3 nagy csoportba sorolja: 1. pirogén eredetű barlangok, 2. mechanikus aprózódással létrejött barlangok és 3. biogén elbomlás által keletkezett barlangok. Az alábbiakban eszerint tekintjük át a világban ismert falenyomatbarlangokat, kihangsúlyozva a magyarországi előfordulásokat.

2. Pirogén eredetű falenyomatbarlangok

A pirogén barlangok kifejezést DUBLJANSZKIJ – ANDREJCSUK (1989) alkalmazták olyan barlangokra, amelyek bárminemű éghető test kiégése nyomán jönnek létre. Ezek nagyrészt szingenetikus barlangok és annak ellenére, hogy a szerzők erről nem tesznek említést, ide sorolhatók az izzó lávafolyások által kiégetett fatörzsek után fennmaradt, ember által bejárható üregek is. Pirogén eredetű falenyomatbarlangok – számos átmenet mellett – kétféle módon jöhetnek létre: a fatörzs azonnali kiégésével, valamint lassú üszkösödésével és elszenesedésével. Az azonnali kiégés akkor következik be, amikor az izzó lávafolyam a fatörzset nem takarja be teljesen, így az levegővel érintkezhet. Ezek rendszerint lábon álló szálfák. A vékonyabb ágak azonnal elégnak, a vízzel átitatott nagyobb élő fatörzsek azonban rövidebb-hosszabb ideig ellenállnak az izzó lávának, majd ezek is égésnek indulnak. Ez alatt az idő alatt azonban a nedves fa felületével érintkező láva kissé megszilárdul és a kiégett fatörzs helyén megmarad az üreg.

Az üregkeletkezés jóval lassúbb folyamata áll be akkor, amikor az előrenyomuló láva teljesen betakarja a fatörzset. Ezek leginkább kidőlt, eltört vagy a láva által elsodort fák, ezért a hozzájuk kötődő barlangok is vízszintesek vagy részben megdőlték. A lávával teljesen betakart fatörzs oxigén nélkül nem indul égésnek, de lassan hamvadni, üszkösödni kezd, végül faszénné alakul át. Ezek a fatörzsek rendszerint a láva felszínéhez közel helyezkednek el, ezért a leszivárgó víz is aránylag könnyen lejuthat hozzájuk. Elkezdődhet az elszenesedett fatörzs szétesése, mállása. Ez a folyamat lényegesen meggyorsul, ha az valamilyen oknál fogva (a lávafolyam lepusztulása, erózió vagy mesterséges beavatkozás által) a felszínre kerül és levegővel érintkezik. Bizonyos körülmények között a faszén öngyulladásnak is indulhat. Ahogyan BALÁZS (1974) is említi, olyan eset is előfordult, hogy a faszénet emberek szedték ki az üregből.

A TACHIHARA és társai (2002) által kidolgozott alaktani felosztás alapján a fatörzs helyzete szerint megkülönböztethető *kútszerű barlang* (függőleges járat), amely álló fa kiégése által jött létre, *ferde barlang* (a fa megdőlt vagy eltört) és *fekvő barlang* (vízszintes járat), amely a fa kidőlése, esetleg láva általi elsodrása nyomán jött létre. A fatörzsek száma szerint ismert *egyszerű barlang*, amelyet egyetlen fa képez és *összetett barlang*, amelynek járatai több fatörzs egybeolvadásával jöttek létre. A járatok alakja szerint további típusok különböztethetők meg, mint pl. a *hudo-iwa* típus, amelynél a kútszerű üreg egyik fala kimagaslik (mivel a láva a fatörzsnek ütközve enyhén felgyülemlett), a *narusawa* típus, amelynek ürege a kifújó gázok feszítő ereje következtében cédrusszerűen ágazódik szét, a felfelé keskenyedő *palacktípus* a fa felső részének gyorsabb kiégése következtében, *polctípus* vagy *lemez típus* amelynek felső részét polcokra, lemezekre emlékeztető látatöredékek képezik (ez *gombatípusba* is átmehet), de ismert derékszögben megtört járat is, amely a láva által eltört fatörzs kimállása nyomán jött létre. HONDA (1999) az egyes formák létrejöttének folyamata alapján különböztetett meg néhány típust.

A pirogén eredetű barlangok számos lávafolyamban előfordulnak. Elárulják a lávafolyás irányát és sebességét, némely esetben – a fatörzsek lenyomata vagy maradványai alapján – a korát is. Legnagyobb számban Japánban, a Fuji tűzhányó északi lábánál alakultak ki a 864 és 937 évi kitörések során. Részletes vizsgálatokkal számos kutató foglalkozott, pl. OMORI (1921), ISHIHARA (1929), TSUYA (1971), OGAWA (1986), TACHIHARA (1997), HONDA (1999), TACHIHARA et al. (2002). Itt található a világ leghosszabb (összetett) falenyomatbarlangja (204 m) és a 70 m hosszú, 10 fatörzsből álló Funatsu Tainai barlang, amely a nagyközönség számára is látogatható. A barlangok aránylag fiatal kora miatt számos járatban felfedezhetők kéreglenyomatok, másokban apró lávasztalaktitok és bordaszerű lávakérgesek.

További pirogén eredetű falenyomatbarlangok ismeretesek a Hawaii szigeteken (pl. HALLIDAY in GUNN, 2004), Dél Kóréában (TACHIHARA et al. 2002), az Etnán (CARVENI et al., 2011), a Kanári szigeteken (ANDERSON et al., 2009), Mexikóban (PINT, 2006), valamint az USA néhány államában: Idahóban (Craters of the Moon – pl. OWEN, 2008), Washingtonban (Saint Helens tűzhányó – pl. GREELEY – HYDE, 1972) és Oregonban (Lava Cast Forest – pl. BENEDICT – BENEDICT, 1982).

TULUCAN (1986) a romániai Záránd-hegység andezit lávafolyamából is leírt néhány csőszerű üreget, amelyek leghosszabbja a 30 métert is eléri. Később (in ESZTERHÁS et al. 1997) már mint „grotte de moulage” vagyis falenyomatbarlang tesz említést róluk. Az utóbbi időben Szlovákia területéről is ismertté vált néhány pirogén eredetű falenyomatüreg. Ilyen a Brankova skrýša nevű, 9,4 m hosszú barlang a Zólyom melletti Polyána középső miocéni andezit lávafolyásában (BALCIAR et al. 2010). A barlang oldalsó falain jól kivehető az andezit ívben meghajlott, vékonypados elválása, ami bizonyítéka annak, hogy a láva egykor egy henger alakú testet burkolt be (a pados elválás mindig párhuzamos a kihülés felszínével, amely ebben az esetben minden valószínűség szerint a nedves fatörzs volt). A fatörzs

maradványai valószínűleg csak a harmadidőszak végén mállottak ki teljesen, amikor a bevágódó patak völgyfője elérte a lávafolyamot. A barlang a pleisztocénben fagy általi aprózódás nyomán is tágult. További két hasonló típusú barlang található a Vihorlát-hegységben is (HOLÚBEK et al. 2010).

3. Mechanikus aprózódással létrejött falenyomatbarlangok

Ezek a barlangok minden esetben epigenetikusak (posztgenetikusak), vagyis jóval a kőzet létrejötte után keletkeztek a fa lassú aprózódásával, mállásával, rendszerint egy elszenesedési vagy kovásodási folyamat után. Alakjukat tekintve általában egyszerű csőalakú járatot képeznek, összetett járatok csak ritkán fordulnak elő. Hosszuk gyakran éri el a 10-12 métert. Létrejöttük módja szerint eddig két fő típusuk ismeretes: 1. a vulkáni környezet folyóvizei által leülepitett és 2. a laharok által elsodort fatörzsek barlangjai (GAÁL et al., 2004). Az első típusú barlangok esetében az elhalt vagy a vulkáni kitörések által kidöntött fák rövidebb-hosszabb utat tettek meg időszakos vagy állandó vízfolyások medrében. Ezek a patakok a vulkán lejtőjén folytak lefelé nagy energiával, majd a hegy lábánál, ahol energiájuk lecsökkent, terhüket lerakták. Ilyen környezetre utalnak ugyanis a középső miocéni andezites ösztlet üledékei Szlovákiában és Magyarország északi részén. Leggyakoribb ilyen üledék a minden rétegzettség nélküli andezit konglomerátum, változó nagyságú kavicsanyaggal, helyenként tufás homokkővel. A kaotikusan elhelyezkedő kavicsanyag számos helyen vadvizek vagy viharok utáni időszakos folyásokról, máshol hosszabb folyómederről tanúskodik. Szlovákiai tapasztalatok alapján a fatörzsek ily módon a kráterektől 5-től 36 km távolságra úsztak el. A falenyomatbarlangok rendszerint a konglomerátum és a homokkő határán lépnek fel. A barlangüregek iránya azonban nem minden esetben egyezik a vulkáni lejtő feltételezett esésvonalával. Ennek oka, hogy a mederben leülepitett fatörzs rendszerint ferdeszöget zár be a sodrás irányával (a párhuzamosan leülepitett fatörzset a víz könnyen tovább sodorhatja), de a hegylábaknál a patakok meandereket is képezhettek, amelyek már jelentősen eltérnek a lejtő esésvonalától.

A leülepitett fatörzseket hamarosan további vulkáni tufás üledékek fedték be, amelyek rendszerint jelentős mennyiségű szilícium-dioxidot (SiO_2) tartalmaznak. A szilícium-dioxid kovasav (H_2SiO_3) formájában jut be a fatörzsbe és hidrogénkötéssel kötődik a növényi rostok OH^- csoportjához, majd fokozatosan dehidratálódik és polimerizálódik. A polimerizáció alatt makromolekula láncok jönnek létre, ami kolloid oldat (a folyékony és a szilárd mikrorészecskék elegye), majd kocsonyaszerű anyag – gél – keletkezéséhez vezet. Ez elsősorban a fa lágyabb részeit, a kérget itatja át, de bejuthat a korhadásnak induló fatörzs belsejébe is. A kovás gél később opállá ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) szilárdul. Az amorf opál idővel lassan kristályosodni kezd és kalcedonná vagy kvarccá alakul át (pl. STEIN, 1982; FORGÁČ et al., 1997). Az átkristályosodás mértéke növekszik az ásvány korával. Ezt a folyamatot több szlovákiai falenyomatbarlangban talált opál is alátámasztja (NOCIAR – RADINGER, 2002; PAULIŠ – MLEJNEK; 2003), de egyes barlangnyílások környékén ismertek kisebb üregek néhány milliméter vastagságú dehidratált szilícium-dioxid gyűrűszerű bevonatai, amelyek eredetileg kisebb faágak kovásodott maradványainak felelnek meg (GAÁL, 2003). A dél szlovákiai Cseres-hegységben található Mucsényi-barlang esetében a fatörzs nem kovásodott át, hanem elszenesedett. A barlang falain ma is megtalálhatók az elszenesedett faágak maradványai (GAÁL et al., 2005).

A barlangképződés utolsó stádiumában a kovásodott vagy elszenesedett fatörzsek aprózódásnak indultak, rendszerint azonban csak abban az esetben, ha valamilyen oknál fogva (leggyakrabban eróziós völgy bevágódása által) felszínre kerülnek és vízzel, levegővel érintkeznek. Az aprózódás különösen erőteljesen nyilvánult meg a pleisztocén korban, amikor

a kovásodott vagy elszenesedett famaradványokat erőteljes fagyhatás érte. Az ilyen aprózódás az üreg nyílásától kezdődött és fokozatosan hatolt befelé, mígnem az egész fatörzs felmorzsolódott. Az aprózódott anyag kivitele az üregből a fatörzs fekvésétől függően történik, teljesen vízszintes, vagy ellenkező irányban dőlő üregben gyakran találhatók opál darabok. Később az üreg a befogadó kőzet fokozatos lehullásával is tágul, különösen a nyílás környékén.

A vulkáni környezet folyóvizei által leülepitett, majd felaprózódott fatörzsek barlangjaiból jelenleg 7 ismeretes Szlovákiában, amelyek a középső miocéni selmeci és a polyánai sztratovulkánhoz, a csalli tűzhányóhoz, a Jávoros és a Liszec vulkánjához, valamint a már csaknem teljes mértékben lepusztult vepori sztratovulkánhoz kötődnek. Eltérő típusú a Mucsényi-barlang, amelynek fatörzsét alsó miocéni folyó sodorta el, majd forró piroklastikus felhőből lehullott riolitufa takarta be, elszenesedett és ezután mállott ki. Magyarország területén jelenleg 3 falenyomatbarlang ismeretes, mindhárom folyóvíz által leülepitett fatörzs kimállásával jött létre. A három barlangot Prakfalvi Péter találta meg 2008-2009-ben és közösen mértük fel. Prakfalvi a feltárásról tájékoztatta az MKBT vezetőségét is (PRAKFALVI, 2010).

A **Nógrádszakáli-falenyomatüreg** a Nógrádszakál melletti Bertece-patak vízmosásos árkában nyílik, amely az Ipoly baloldali mellékvölgye. Az árok mélyen vágódik be a középső miocéni andezites konglomerátum összetétele, mélysége a barlang környékén 6 m. Az árok jobb oldalán nyíló barlang 4,4 m hosszú, kelet felé irányuló csőszerű járat. Fenekét málladék tölti ki, ezért csak hason csúszva tudunk a végéhez jutni. A bejáratához közel egy 2 m hosszú, 12 cm átmérőjű oldalirányú elágazás figyelhető meg, amely valószínűleg a fatörzs egyik ágának felel meg. A barlang andezit konglomerátumban található, amelynek kavicsanyagát általában jól legömbölyített, 1-10 cm (elvéve 30 cm) átmérőjű vulkáni andezitkavics képezi, de helyenként előfordul benne a Veporidák jellegzetes kőzetanyaga is: a telérkvarc, tűzkő, gránit és a kvarcit. Ez a kavicsanyag a barlang feneké táján fokozatosan durvaszemcséjű homokkőbe megy át, amely szintén tartalmaz apróbb kavicsot.

A másik két barlang a szomszédos vízmosásos árok bal oldalán helyezkedik el hasonló földtani közegben. Az egymástól 5 méterre levő barlangok csaknem vízszintes fekvésűek, irányuk KÉK (60° ill. 76°). Az **András-barlang** 4,2 m hosszú, átmérője a bejáratnál 90 cm, majd fokozatosan lecsökken 50 cm-re. A barlang végén több kisebb elágazás figyelhető meg, amelyek valószínűleg egykor a fatörzs ágaiból jöttek létre. Az **Anna-barlang** 5,3 m hosszú, átmérője a nyílásnál 1 m körül van, később lecsökken 0,5 méterre. Mindkét barlang fenekét homokos-kavicsos málladék fedi, néhol szerves anyaggal keverve. Kova- vagy opáltöredéket nem találtunk bennük. E sorok szerzője a barlangokat 2008. június 20-án, ill. 2009. szeptember 9-én tekintette meg Prakfalvi Péter és fia társaságában.

A Nógrádszakál környéki falenyomatbarlangok fatörzseit nagy valószínűség szerint a középső miocénben működő, jelenleg Zólyomtól délkeletre fekvő Jávoros (Javorie) tűzhányó délkeleti oldalán lefutó patakok sodorták el, majd ülepitették le a krátertől mintegy 36 km-re. Ezt a kavicsanyagban aránylag gyakorta előforduló, a Veporikumból származó kőzetek támasztják alá a barlangok környékén. A barlangokhoz 18 kilométerrel közelebb fekszik ugyan a Liszec tűzhányó, de ennek déli oldaláról lefutó patakjai már nem haladtak át a Veporikum felszínre lépő rétegein, tehát nem is ülepedhettek le a barlang környékén. Az utóbbi vulkán anyaga részben lefedte a Jávoros vulkáni üledékeit. A barlangok azonban feltételezhetően csak a vízmosásos árok pleisztocéni bevágódása után váltak szabaddá, amelyek lehetővé tették a részben kovásodott fatörzs aprózódását és kimállását.

Vulkáni zagyarak, lejtőcsuszamlások által felgyülemlett törmelékek (lahárok) által elsodort fatörzsek kimállása nyomán keletkezett barlangok már gyéribben fordulnak elő. Annak ellenére, hogy a Kárpátok miocéni vulkáni összleteiben aránylag gyakoriak a zagyarak, sőt még kisebb fatörzsek, ágak kimállása nyomán létrejött üregek is, ezek azonban nem érik el a

barlangméretet. Érdekes, több fából összetett, barlang található azonban a csehországi Doupovi-hegység laharjában. A Jaskyňa skřítků (Manó-barlang) néven ismert barlang hossza eléri a 18 m-t, de mellette további kisebb barlangok és falenyomatüregek is találhatóak, hasonlóan az innen nem messze fekvő Pustý zámok nevű szikla üregeihez (BABŮREK et al. 1990). Mivel a laharokban aránylag gyakori a kovásodott famaradvány, feltételezhető, hogy a barlangok az előző, folyóvizek által leüleptített típushoz hasonlóan, aprózódással mállottak ki.

3. Biogén elbomlás útján létrejött falenyomatbarlangok

Az ilyen típusú falenyomatbarlangok a kidőlt fatörzs baktériumok és gombák mikrobás elbomlása nyomán aprózódtak fel, majd mállottak ki olyan helyen, ahol a faanyag vízzel és levegővel érintkezett. Az idősebb barlangok esetében azonban már nehéz elbírálni, hogy egy-egy fatörzs esetében milyen mértékű volt a biológiai és a mechanikus aprózódás, ill. elbomlás, ezért ebbe a típusba azok a barlangok sorolhatók, amelyeknél nem feltételezhető az előzetes kovásodás vagy elszenesedés. Ilyen például a Losonc melletti Pinc (Pinciná) község határában előforduló, 3,5 m hosszú Maar-barlang, amely egy alacsony, maar típusú kráter falának lapilli tufájában található. Feltételezhető, hogy a fatörzset egy vízzel érintkező, ún. freatomagmás heves kitörés röpítette a magasba, majd szórta be laza lapillival. A barlang mellett több kisebb üreg is található (GAÁL et al., 2005).

Aránylag gyakran fordulnak elő hasonló üregek **édesvízi mészkőben** is. A meszes kőzetekből felépülő hegységek lábainál fellelhető édesvízi mészkőrétegek a kiáramló mésztartalmú karsztvizek szén-dioxid elvesztése nyomán csapódnak ki és gyakran vannak be fatörzsmaradványokat, ágakat és más növényi maradványokat. A kicsapódást nagyban segíti a forrás környékén élő növények szén-dioxid elvonása is. A liptói Lúčky község mellett három, 2,5-3,5 m hosszú és 0,4 m körüli átmérőjű barlangot kutatott át GRADZIŃSKI (2008). Ezek a pleisztocén utolsó interglaciálisában jöttek létre, amikor a fatörzseket viszonylag gyorsan befedte az édesvízi mészkő, majd víz és levegő érintkezésével elbomlottak és kimállottak.

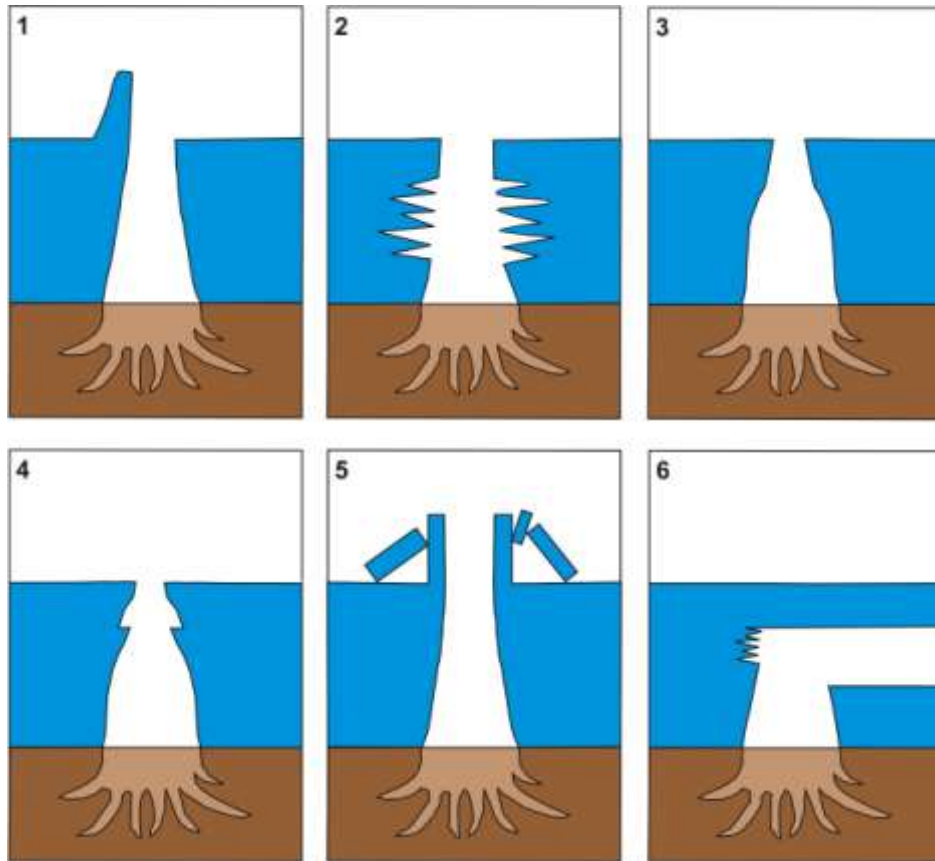
A szerző ezúttal fejezi ki köszönetét Prakfalvi Péternek a terepen való együttműködésért és Sági Tamásnak a kért szakirodalom megküldéséért.

IRODALOM

- ANDERSON, C. L. – CHANNING, A. – ZAMUNER, A. B. (2009): Life, death and fossilization on Gran Canaria – implications for Macaronesian biogeography and molecular dating. *Journal of Biogeography*, 36, 12, 2189-2201.
- BABŮREK, J. – BOŘECKÝ, V. – CHVÁTAL, P. (1990): Trpasličí jeskyně – dutiny v pyroklastických horninách Doupovských hor. *Acta Musei Thermae Carolin.* 1, Karlovy Vary, 6-40.
- BALÁZS, D. (1974): Lávaüregek keletkezése, típusai és formakincse. *Földrajzi Közl.* 2, Budapest, 135-148.
- BALÁZS, D. (1995): Életem – utazásaim. Érd.
- BALCIAR, I. – GAÁL, L. – PAPÁČ, V. (2010): Nové poznatky o „stromových“ jaskyniach na Strednom Slovensku. *Aragonit* 15, 1, Liptovský Mikuláš, 28-31.
- BELLA, P. – GAÁL, L. (2007): Tree mould caves within the framework of cave genetic classification. *Nature Conservation* 63, Kraków, 7-11.
- BENEDICT, E. M. – BENEDICT, B. A. (1982): Lava cast forest. In Sims, L. – Benedict, E. M. (Eds.): *Caves and other volcanic landforms of Central Oregon. Guidebook NSS Geology & Biology Field Trip 1982.* NSS, Huntsville, Alabama, 18-21.
- DUBLJANSZKIJ, V. N. – ANDREJCSUK, V. N. (1989): Speleologija. Terminologija, svjazi s drugimi naukami, klassifikacija polostej. *Kungur*, 1-33.

- ESZTERHÁS, I. – GAÁL, L. – TUCULAN, T. (1997): Caves in the volcanic rocks of the Carpathian Ranges. In (Eszterhás – Sárközi eds.): Proceedings of the 6th International Symposium on Pseudokarst, Isztimér, 136–157.
- FORGÁČ, J. – ČURLÍK, J. – HARMAN, M. (1990): Rekryštalizácia SiO₂ v petrifikovaných drevinách. *Mineralia slovacica* 22, Košice, 273-280.
- GAÁL, L. (2003): Tree mould caves in Slovakia. *International Journal of Speleology*, 32, 1–4, Bologna, 107–111.
- GAÁL, L. – TACHIHARA, H. – URATA, K. (2004): Hot and cold way of origin of the tree mould caves. In (L. Gaál, ed.): Proceedings of the 8th International Symposium on Pseudokarst, Teplý Vrch. Liptovský Mikuláš, 14–21.
- GAÁL, L. – IŽDINSKÝ, L. – RADINGER, F. (2005): Výskyt zaujímavých „stromových“ jaskýň na južnom Slovensku. Aragonit 10, Liptovský Mikuláš, 7-9.
- GRADZIŃSKI, M. (2008): Origin of a unique tree-mould type cave in travertine based on examples from the village Lúčky (Liptov, Slovakia). *Slovenský kras*, 46, 2, 325–331.
- GREELEY, R. – HYDE, J. H. (1972): Lava tubes of the Cave Basalt, Mount St. Helens, Washington. *Bulletin of the Geological Society of America*, 83, 8, 2397–2418.
- GUNN, J. (ed.) (2004): Encyclopedia of caves and karst science. New York, Fitzroy Dearborn, 1-902.
- HOLÚBEK, P. – BURAL, M. – DUCÁR, J. – HOLLÝ, R. – LISÝ, M. – MAGDOLEN, P. – POKRIEVIKA, P. (2010): Nové jaskyne zaregistrované v databáze jaskýň múzea. *Sinter* 18, Liptovský Mikuláš, 8-14.
- HONDA, T. (1999): Classification of lava tree molds with/without remelted inner surface according to its formation process. In (Barone, N., Bonaccorso, R. & Licitra, G. eds.): Proceedings of the IXth International Symposium on Vulcanospeleology, Catania, Italy, 123–124.
- ISHIHARA, H. (1929): Shiseki-meisho-tennekinenbutsu chosa hokokusho (4). Yamanashi Pref. Kofu.
- KMEĚ, A. (1902): Ďalšie výzkumy z obvodu Sitna. *Časopis Muz. slov. spol.* 5, 111-113.
- LYMAN, C. S. (1849): Observations on the „Old Crater“ adjoining Kilauea (Hawaii) on the east. *Amer. Journ. Sci.* 7, 20, 287.
- NOCIAR, P. – RADINGER, F. (2002): Jaskyňa Voňačka – prvá stromová jaskyňa v Lučenskom okrese. *Spravodaj SSS* 33, 4, Prešov, 14.
- OGAWA, T. (1986): The formation of lava caves. *Communications, 9th International Congress of Speleology*, 2, Barcelona, 47–51.
- OMORI, F. (1921): On lava tree-moulds of Kilauea and Fuji (in japan). *Journal of Geography* 33, Tokyo, 535-540.
- OWEN, D. E. (2008): Geology of Craters of the Moon. Craters of the Moon National Monument and Preserve, National Park Service, 1-23.
- PAULIŠ, P. – MLEJNEK, R. 2003. Nález dreveného opálu v pohorí Ostrôžky a jeho význam pro vysvetlení geneze niektorých pseudokrasových jeskyní ve vulkanitech. *Natura Carpatica* 44, Košice, 237-242.
- PINT, J. (2006): Lava cavers gather in Tepoztlán, Mexico. *NSS News*, 64, 9, 19-20, 30.
- PRAKFAŁVI P. (2010): A nógrádszakáli fatörzslenyomat barlangok kutatástörténete, földtana és genetikája. Kézirat, MKBT archívuma, Budapest.
- RECLUS, E. (1865): Le Monte Etna et l'éruption de 1865. *Rev. Deux Mondes* 58, 110-138.
- STEIN, C. L. (1982): Silica recrystallization in petrified wood. *Sedim. Petrology* 52, 4, 1277-1282.
- TACHIHARA, H. (ed.) (1997): Observation report of Kashiwabara lava tree-moulds on the northern foot of Mt. Fuji, Yamanashi Prefecture, Japan (in japan). *Speleol. Soc. of Japan*, 1-126.
- TACHIHARA, H. – SAWA, I. – KUROISHIKAWA, Y. – OGAWA, T. – HONDA, T. – KIM, B. – MAKITA, T. – WATANABE, N. – NINATA, H. – NAKAUE, K. (2002): The shape classification and formation model by observation of lava tree-mold. *The Review of Osaka University of Economics and Law*, 84, Osaka, 1-46.
- TSUYA, H. (1971): Topography and geology of Volcano Mt. Fuji.
- TULUCAN, T. (1986): Clasificarea genetica a fenomenelor endo-vulcano-carstice din Romania. Aspecte ale repartitiei acestora in lantul Muntilor Carpati. *Buletinul Speologic* 10, București, 121-135.

Mellékletek



Pirogén eredetű falenyomatbarlangok néhány típusa TACHIHARA et al. (2002) szerint. 1. hudo-iwa típus, 2. narusawa típus, 3. palacktípus, 4. polctípus, 5. lemeztípus, 6. eltört fatörzs kimállása nyomán létrejött barlangtípus



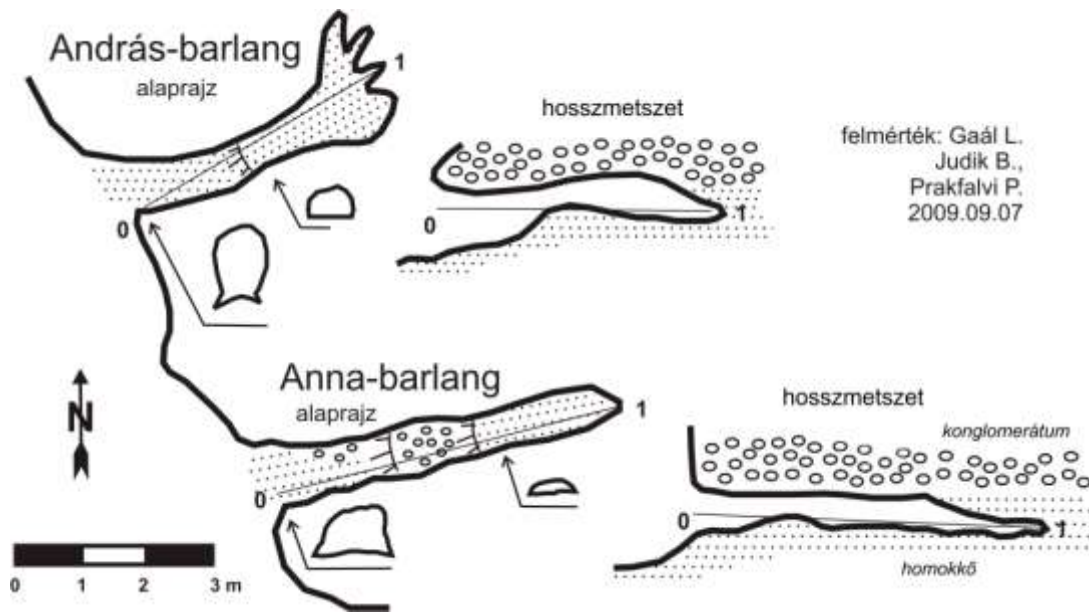
Hudo-iwa típusú barlang bejárata a Fuji vulkán lávafolyamában (Gaál L. felvétele) kép.



Pirogén eredetű vízszintes falenyomatbarlang miocéni andezit lávában a szlovákiai Polyána-hegységben (Gaál L. felvétele)



A nógrádszakáli András- és Anna-barlang bejárata (Gaál L. felvétele)

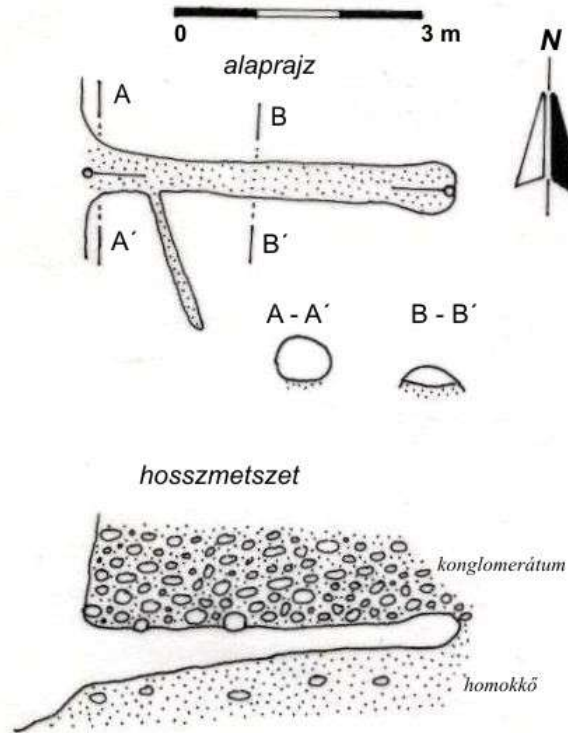


A nógrádszakáli András- és Anna-barlang vázlata



A Nógrádszakáli-falenyomatüreg járata (Gaál L. felvétele)

Nógrádszakáli-falenyomatüreg
(Betti-barlang)



Felmérték: Gaál L., Prakfalvi A., Prakfalvi P., 2008. 6. 20-án

A Nógrádszakáli-falenyomatüreg vázlata



Falenyomatbarlangok a csehországi Doupovi-hegység lahárjában (Gaál L. felvétele)



Maar típusú kráterfal tufájában kimállott falenyomatüregek a szlovákiai Pinc mellett (Gaál L. felvétele)



9. kép. Falenyomabarlang édesvízi mészkőben a lipitói Lúčky mellett (Bella P. felvétele)