

TÖBBFÁZISOS KARSZTOSODÁS A DUDARI ÖRDÖG-LIKBAN

ZENTAI ZOLTÁN¹-FUTÓ JÁNOS²-CZÖPEK ISTVÁN¹

¹Berzsenyi Dániel Főiskola Természetföldrajzi Tanszék, 9700 Szombathely,
Károlyi Gáspár tér 4. zzoltan@fs2.bdtf.hu

²8420 Zirc, Péch A. u. 2/B

Abstract: We studied the paleokarst in Ördög-lik cave (Bakony-Mountain, Hungary). The karstification can increase the discharge capacity of the rock. Therefore some older paleokarstic forms could perform the younger paleokarstic phenomena. The first karst phase happened in subaerial environment and it followed alluviation. The second karst phase happened in subaerial too, but it followed erosion. The third karst phase was submarine. The environment of the fourth karst phase was submarine too, but then was alluviation. The fifth karst phase happened in subaerial environment, and it followed erosion. The sixth karst phase could happen between Lower Eocene and Upper Dilluvium. The environment of the karstification was subaerial and followed erosion. The corridors of the Ördög-lik cave developed in this karst phase. These corridors were filled in deposits partly. The deposits of the corridors of the caves destroyed. The later the corridors of the cave developed by non-karstic processes. In this phase developed newer caves. This karstification happened in Quaternary. Its environment was subaerial and it followed erosion.

1. Bevezetés

A Bakony talán egyik legtöbbet kutatott barlangjáról (BERTALAN 1963) az elmúlt év során – a Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Földtani és Barlangtani Osztályának megbízásából – természetvédelmi kezelési terv készült (FUTÓ et al. 2002). Ennek helyszínelése során szemrevételeztük a barlangot bezáró kőzetek típusait és a barlangot kitöltő üledékeket.

Már a régebbi szakirodalomból is (TOMOR-THIRRING 1934, 1935, 1936) közismert volt, hogy az Ördög-lik a triász és az eocén rétegek – eróziós diszkordanciát mutató – határát tárja fel. A barlang karsztos fejlődéstörténetét VERESS et al. (1992a, 1992b) tanulmányozták. Nézetük szerint a barlang járatai az áramló karsztvíz öv felső zónájában, keveredési korrózióval jöhetnek létre, a barlang felnyílását az Ördög-árok bevágódásához és a völgyoldal hátrálásához kötik (VERESS 1981).

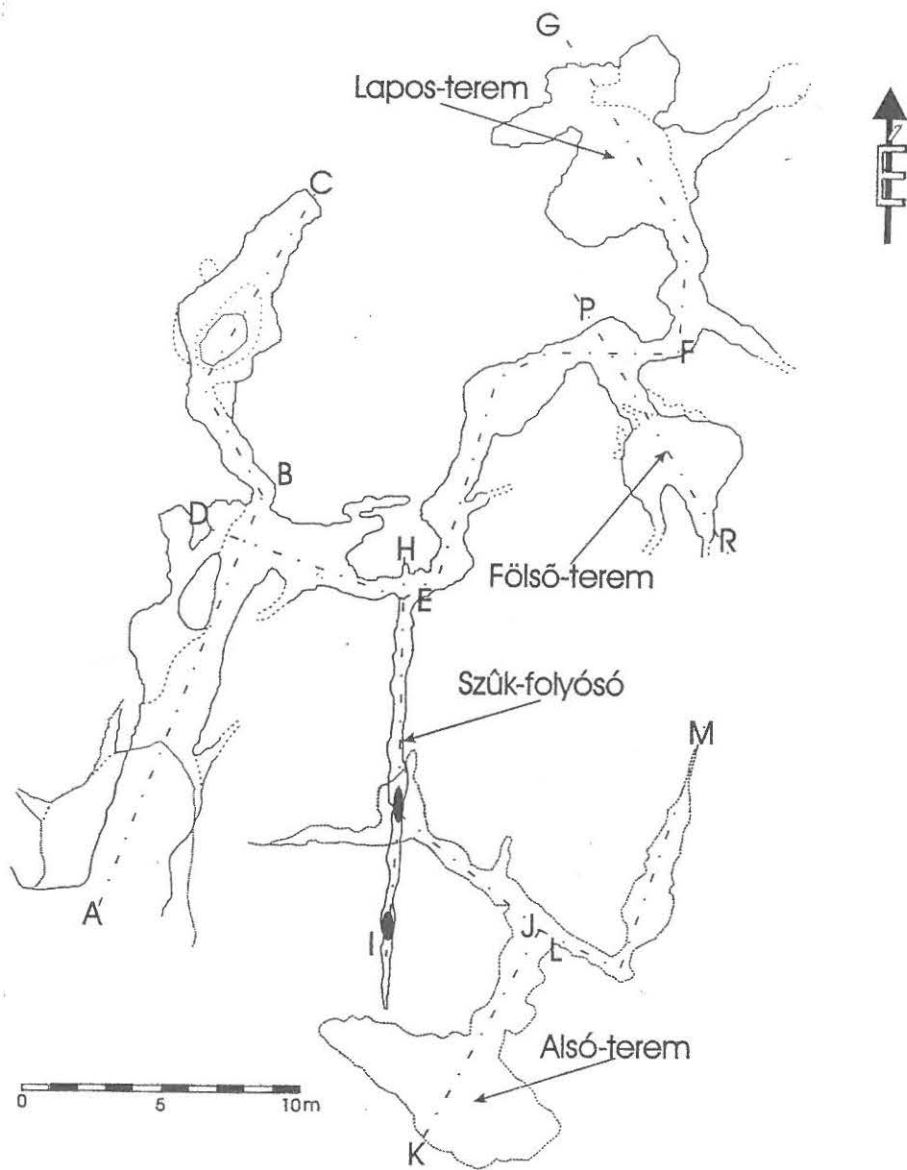
Modellünkben a fenti szerzők által tanulmányozott üregképződést tekintettük a barlangképződés fő eseményének. Vizsgálatainkkal ezt megelőző, korai, karsztosodási fázist, és egy további késői karsztosodási szakaszt határoztunk meg. A bezáró kőzetek és a korrelatív üledékek viszonya alapján meghatároztuk az egyes karsztosodási környezeteket, szubmarin valamint szubaerikus környezetet, illetve üledékképződéssel ki-

sért és eróziós környezetet, állapítottunk meg. Kísérletet tettünk az egyes karsztosodási fázisok relatív korának a meghatározására is.

2. A barlang és környezetének földtani felépítése

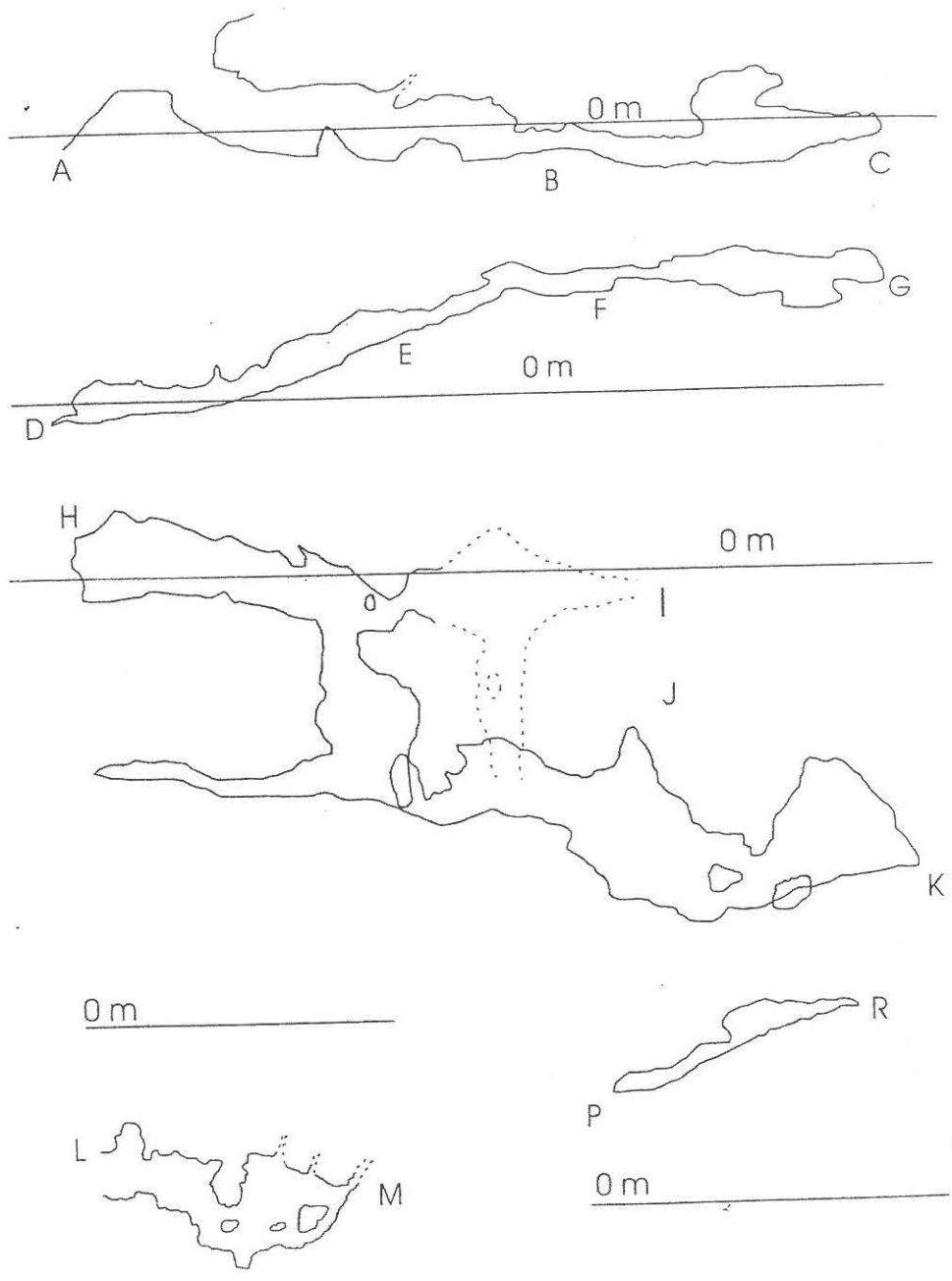
A Csesznek–Dudar–Bakonyoszlop közötti területen a legidősebb ismert képződmény a felső-triász, karni-nóri Fődolomit Formáció (*T. GECSE* 1984). Erre települ, illetve részben ezzel összefogazódik a nóri-rhaeti Dachsteini Mészke Formáció. A Dachsteini Mészke képződése itt már a nóri emeletben elkezdődött a dolomit heteropikus fácieseként (*ORAVECZ* 1963). A területen az alsó-jura Kardosréti Formáció kifejlődése nem igazolt, de távolabbi analógiák alapján jelenléte feltételezhető (*KONDA* 1970, *CSÁSZÁR* et al. 1982). Az idősebb júra és kréta képződmények hiányoznak, csupán a vizsgált területtől D-re a Zirci-medencében ismert a szürke liász tűzköves mészke és a kréta, albai Tési Agyagmárga Formáció előfordulása. A kréta és középső eocén között bauxit képződött. Ennek előfordulása az Ördög-likban nem igazolt, de a vizsgált területen számos felszíni előfordulásból és fúrásból ismert. A bauxit fedőjében a vizsgált területtől K-re a középső eocén barna kőszenes Darvastói Formáció települ. A Sűrűhegycsoport területén a bauxitra illetve közvetlenül a triász fekére eocén alapkonglomerátum következik, ez a magasabb rögök tetején *BERTALAN* (1951) szerint hiányzik, és itt a Szöci Mészke Formáció közvetlenül az egyenetlen triász fekére települ (*KECSKEMÉTI* 1988). Az eocén rétegek eróziós- és szögdiszkordanciával települnek a triász fekére. Fedőjükben szintén eróziós- és szögdiszkordanciával települ a felső-oligocén-alsó-miocén Csatkai Kavics Formáció. A rétegsort negyedidőszaki lösz, homok és kavics zárja (*KORPÁS* 1981).

Az Ördög-árok szurdok völgye nagyrészt középső-eocén Szöci Mészkeben alakult ki; felső szakaszán Nummulites millicaputos, középső és alsó szakaszán Nummulites perforatuszos mészkeben. A völgytalp és a völgyoldal egyes részein a felső-triász átmeneti rétegek (Fenyőfői Formáció) dolomit- és mészke tömbjei bukkannak elő. A barlang közvetlen felszíni szomszédságában, vele egy magasságban is váltakozva találunk szálaban álló dolomitot és nummuliteszes mészkeövet.



1. 2. 3. 4.

1. ábra: Az Ördög-lik térképe a, alaprajz. b, c, d, e, f, hosszlevény.
 Jelmagyarázat: 1. felső járatok alaprajza, 2. alsó járatok alaprajza, 3. szelvények helye, 4. akna,
 Fig. 1. Sketch and longitudinal profiles of the Ördög-lik cave
 Legend. 1. sketch of cave upper corridors, 2. sketch of cave lower corridors, 3. direction of profil, 4. aven



1. ábra folytatása

3. A barlang formakincse és geológiája

A barlang – közel száz társával egyetemben – az Öreg-Bakony ÉK-i peremi zónájában található, a Gézaháza és Dudar közti tönkrög belsejében. A változó (350–420 m tszf.) magasságú, köztes helyzetű tönkfelszín (PÉCSI 2001) mintegy 50–100 méterrel magasodik az É-i és K-i szomszédságát képező bakonyoszlopi árok és a dudari medence fölé. Sok helyen, pl. a cseszneki rögvonulatnál sziklakkal tarkított feltolódási zónák rajzolódnak ki. E mozgások következményeként a – triász és eocén karbonátos kőzeteket bedefő oligo-miocén kavicstakaró a kiemelt térszínekről nagyrészt lepusztult, miközben az egykori vízfolyások eróziós bevágódással átöröklődtek a karsztos felszínre (VERESS 1980/a). Az ily módon keletkezett szurdokvölgyek közül leghosszabb (2 km) és legmélyebb (50 m) az Ördög-árok. Ennek Gizella-átjáró fölötti keleti völgyoldalában, mintegy 10 m-rel a völgyperem alatt nyílik az Ördög-lik tágas bejárata.

Az Ördög-lik morfológiai leírásával már többen foglalkoztak – legutóbb a gömbüstöket vizsgálták (VERESS et al. 1992) –, ezért ezt mi csak röviden vázoljuk.

A barlang bejárati zónája (1a, 1b. ábra) padokra különülő, kissé márgás mészkőben képződött. A keveredési korrózióval létrejött gömbüstös formakincset a völgyoldal pusztulása miatt bekövetkezett omlásos felszakadás és a kifagyás részben eltüntette, tehát alapvetően egy oldásos eredetű, völgyperemi maradványbarlanggal állunk szemben (VERESS 1999).

Fiatal mennyezetomlások nyomai a felső szint északkeleti üregeiben láthatók. A Lapos-terem (1a, 1c. ábra) leszakadt, több tonnás kőzettáblái sárga kőzetlisztes agyagon hevernek. A bejárat és a Lapos-term közötti ferdén és kanyarodva felfelé vezető csöszterű folyosó nagyméretű összeoldott gömbüstökből áll, falait nummuliteszekben gazdag, sárga mészkő alkotja. A Szűk-folyosó egyenes délre induló függőleges törések által formált keskeny hasadék. A szilvamag alakú, színlőszerű formákkal tagolt járatszelvény lefelé teljesen elszűkülő alját barna agyag tölti ki. Nyolc méterrel beljebb a talpon nyíló, és lefelé hirtelen két méteresre táguló akna már végig dolomitos, szürkésfehér, töredezett felületű szálkőzetben ereszkedik alá mintegy 5 méteres mélységbe. A folyosó folytatásában, öt méterrel beljebb egy újabb szűk, vakon végződő akna nyílik (1a, 1d. ábra).

Az akna aljából egy alacsony szűkületen DK felé átbújva, törésvonalak kereszteződésében létrejött, hirtelen felmagasodó kisebb terembe jutunk, amelynek É-i oldalán még egy elkeskenyedő kürtő vezet felfelé. A kürtőben és a járattalpon vörösgyag kitöltés maradványai figyelhetők meg. A terem alsó részének bezáró kőzete algalemezes dolomit. A főtét és a járatok oldal-

falainak magasabb szintjeit feketésbarna, néhány mm vastag hidroxipapatit kéreg borítja. E teremből ÉK felé tovább vezető keskeny hasadék (1/a; 1/e. ábra). végén szintén a falra cementálódva, dm vastagságú, vékonylemezes szerkezetű, kalcittal átítatott, halványvörös egykori kitöltő üledék maradványai látszanak. A hasadék irányára csaknem merőlegesen, É-ra nyíló magas folyosó alsó részének szálközetét algagyepes dolomit alkotja. A folyosó északi, kürtőszerű végén szintén láthatók a már említett megszilárdult vörös üledékek, továbbá középmagasságban egy hajdani kitöltési szint tetejére cementálódott meszes bevonat maradáka.

Déli irányban, a legbelső és egyúttal legnagyobb terem (Alsó-terem) található (1a, 1d. ábra). A K-Ny irányban megnyúlt, ovális alaprajzú, felmagasodó üreg főtéjéből egy kisebb vakon végződő kürtő nyílik. Tíz négyzetméternél nagyobb oldott kőzetfelülete egyedülálló barlangi természeti érték. A falban számos kőzettípussal találkozunk. Alul mintegy méteres magasságig algagyepes dolomit tárul fel. Egyenetlen felszínére diszkordánsan települ az eocén alapkonglomerátum. E sajátos konglomerátum alapanyagát tömött szövetű, ősmaradványokban gazdag szürkésfehér mészkő alkotja. Vékonycsiszolatban az ősmaradványok között Echonoidea tüskék, foraminiferák, korall töredékek ismerhetők fel. A mátrixban egymással nem érintkezve, sőt néha deciméteres távolságra „úszik” a különféle közepesen és jól kerekített dolomit és mészkő anyagú klasztok. Ezek mérete nagyon változatos: a centiméterestől a félméteresig terjed, de általában a tíz centiméter körüliek jellemzőek. Osztályozottságot vagy rétegzettséget nem mutatnak. Nemritkák a köbméteres vagy még annál is nagyobb dolo-mittömbök sem, amik többnyire a konglomerátum alsó részén hevernek.

A mennyezeti részen itt is bőséges a hidroxipapatit és a fentről befolyt vörös agyag.

A terem alján kőzettörmelék ágyazódik a kitöltés agyagjába. Az üreg észak felé aláhajló, lapos folytatásában mindössze félméternyi rés van a mennyezet és a kitöltő agyagos üledék között. Utóbbi, kékesszürke, bentonit (1. táblázat).

I. táblázat

Table I.

Az Alsó-teremből származó barlangi üledék minták ásványos összetétele, (a vizsgálatokat Dr. Kovács-Pálffy Péter végezte)

The mineralogical composition of the cave deposits, with using röntgendiffractometer the determined hapened in the MÁFI (according to PÁLLFY KOVÁCS, P.)

	vörösgyag [%]	bentonit [%]
kaolinit	68	-
Ca montmorillonit	-	59
illit	-	3
hematit	19	-
kalcit	7	3
kvarc	-	30
gipsz	-	nyomnyi
kálföldpát	1	-
amorf	5	5

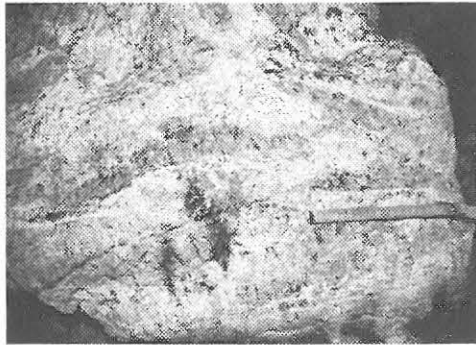
4. Paleokarszt jelenségek és relatív sorrendjük

Az Ördög-lik egy közel 200 millió éves karsztos fejlődéstörténet jegyeit viseli magán. Bár a barlang legfőbb karsztosodási eseménye a freatikus zónában lejátszódó, törésrendszerekhez és réteglapokhoz igazodó korróziós járat képződés, — aminek domináns formaelemei a gömbüstök — nem közbős, hogy a barlang kialakulását megelőzően milyen karsztosodási események zajlottak a térségben. Ugyanis a barlangot magába foglaló kőzetekben e korábbi fázisok során olyan ősi üregek, vízvezető járatok alakulhattak ki, amelyek egymásra halmozódva a későbbi karsztosodás folyamatait befolyásolhatták, módosíthatták (NÁDOR 1993).

• Felső-triász karbonátok képződéséhez kötődő paleokarszt jelenségek a barlang alsó szintjében figyelhetőek meg. Két típusuk ismerhető itt fel, az algaszönyeg-lemez breccsásodása és vörös, kőzetlisztes betelepülések.

A loferitek „B” tagjai többnyire sík illetve hullámos algalamellás ki-fejldésűek, lerakódásuk során mikrovetők mentén néhány cm-es elmozdulások játszódtak le (2. ábra) pl. az Alsó-terembe vezető folyosó kereszteződésénél.

A fenti kereszteződésnél az algaszönyeg-lemezek breccsásodási nyomai figyelhetőek meg. A breccsás zóna vastagsága maximálisan 0,5 m, az egyes felszakadozott algaszönyeg-lemezek vastagsága 2-5 cm. A felszakadozott lemezkötegek egymással különböző szöget bezárva változatos kuszaságban települnek. A sárgásbarna színű algaszönyeg-lemez kötő anyaga világosszürke mészsizap (1. kép).



1. kép: Algaszőnyeg breccsa, Felső-triász Fő dolomit loferitjének „B” fáciesé.
 Picture 1: Alga carpet breccial, „B” facies of Upper-Trias Great Dolomite laferite



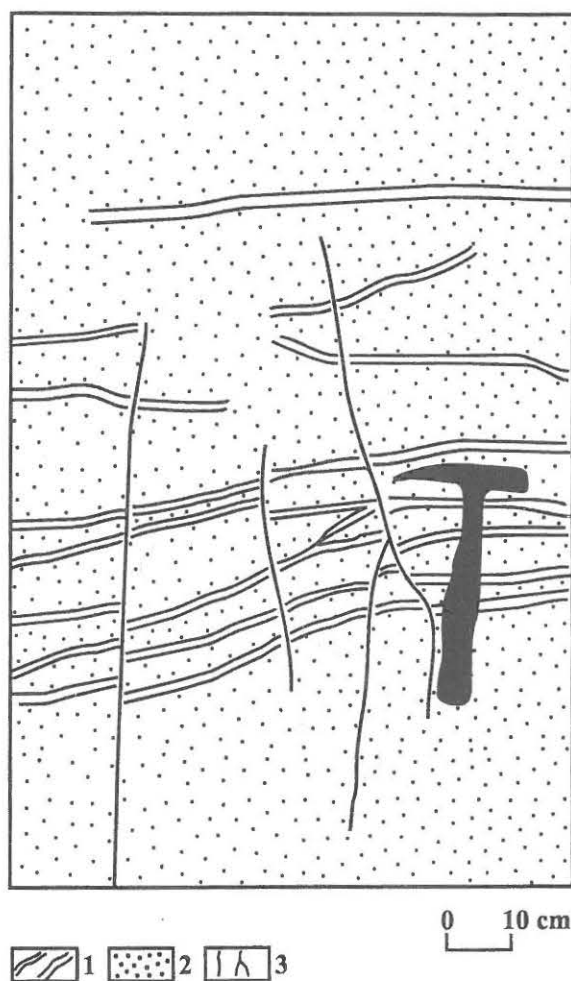
2. kép: Középső-eocén alapkonglomerátum, az alapkonglomerátum alapanyagával azonos összetételű konglomerátum kavicsokkal.
 Picture 2: Middle-Eocene basal conglomerate, (the combining of the gravels of the basal conglomerate is similar than the combining of the basal conglomerate)



3. kép: Primer üregeket kitöltő idős kalcit, az alapkonglomerátum mátrixában képződött középső-eocén - pannon üregeket béleli.
 Picture 3: The primary caves are filled by old calcite, which are Middle-Eocene-Pannon caves; these caves developed into the matrix of the basal conglomerate



4. kép: Hidroxilapatit, elsősorban a barlang alsó járatának a főtéjét és a falak felső részét 2-5 mm vastag kéregként esetleg függőcseppkő szerűen borítja.
 Picture 4: Hydroxylapatite which can cover the roof of the lower corridors of the cave (its thickness is between 2-5 mm)

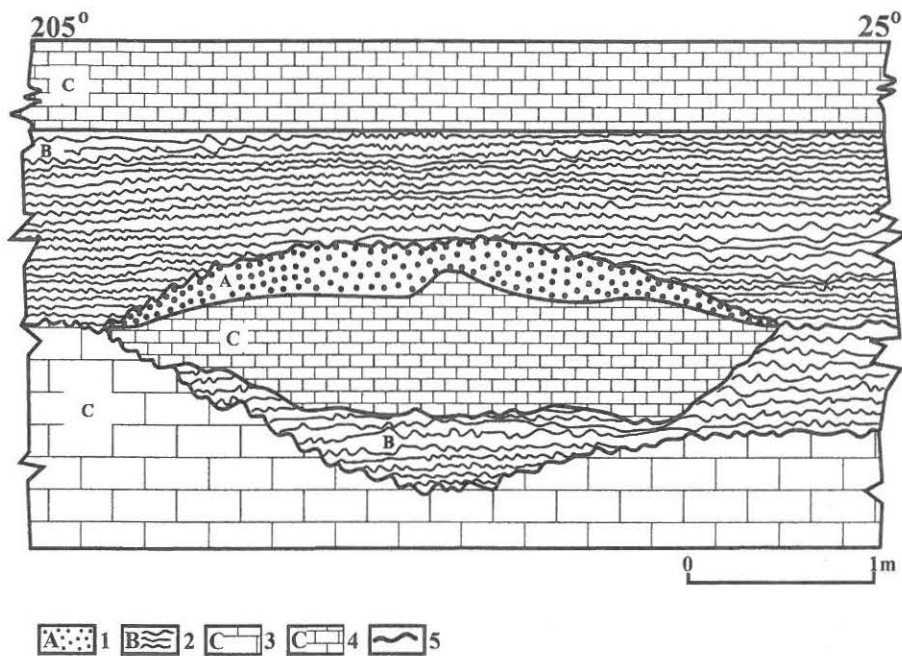


2. ábra: Szinszediment mikrovetőkkel kontrolált felső-triász algalemezes dolomit.
 Jelmagyarázat: 1. szalagos szerkezetű algalaminit kötegek, 2. algalemezkötegek közötti tömeges dolomit mátrix, 3. mikrovető.

Fig.2. Upper-Trias alga dolomitic in which are microfault
 Legend: 1. alga laminite bundles which has with structure ribbon, 2. massiv dolomitic matrix which is between alga laminite bundles

A barlang alsó ÉK-i folyosója tárja fel az „A” tagnak tekinthető vörös színű kőzetlisztes, márgás betelepülést (3. ábra). Az okkersárga márgás dolomitban egy kb. 1,5 m széles és 0,5 m mély, ívelt lefutású mélyedés keresztmetszete rajzolódik ki. A mélyedés talpát diszkordancia felszín jelöli ki. A mélyedést kb. 20 cm vastagságban algalamellás rétegsor tölti ki, ez a mélyedés szélei felé fokozatosan elvékonyodik. Erre fehér tömeges megjelenésű dolomit („C” tag) települ. Ennek fedőjében található a 20 cm vastag vörös színű kőzetlisztes, márgás réteg, amit szubaerikus környezetben lejátszózott mállástermékként értelmezünk. Ez a vörös színű réteg fedi a tál ala-

kü mélyedést, és nem terjed túl annak peremein. Ennek fedőjében algalamellás rétegek települnek diszkordánsan. A feltárás É-i végén a fedőben települő algalamellás rétegek a mélyedést alulról bélelő algalemezekkel érintkeznek. A feltárás D-i végénél az algalamellás fedő képződmény diszkordánsan települ a fektet alkotó okkersárga márgás dolomitra. A barlangtól távolabb lemélyített (Porva Po-89. jelű) fúrásban (HAAS-DOBOSI 1982) számos további korai paleokarszt jelenséget dokumentáltak.

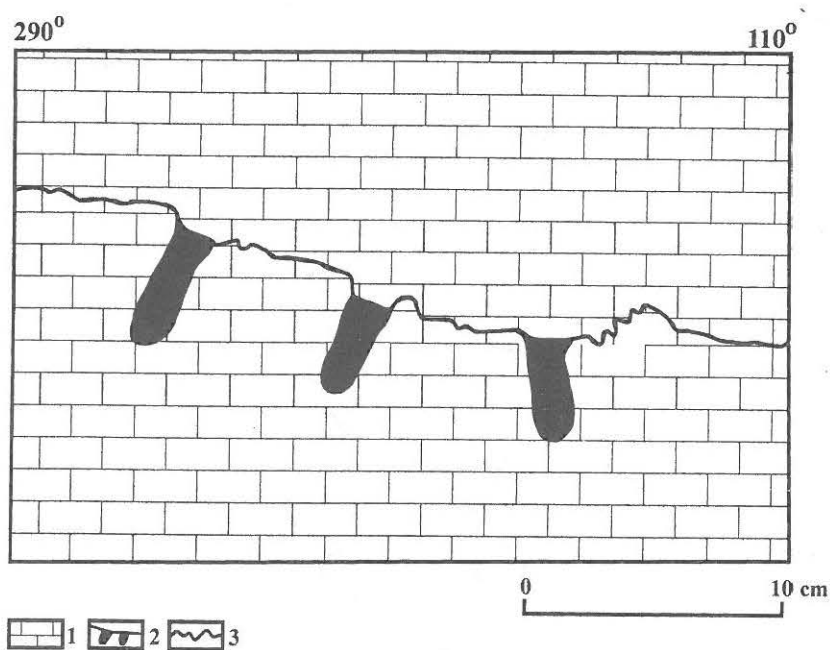


3. ábra: Felső-triász, ár-apályövi, szinszediment, szubaerikus paleokarszt felszín.

Jelmagyarázat: 1. felső-triász, vörös színű, közetlisztes, márgás betelepülés, „A” fácies, 2. felső-triász, sárga színű, hullámos algalemezes rétegek, „B” fácies, 3. felső-triász, fehér színű tömeges dolomit, „C” fácies, 4. felső-triász sárga színű tömeges, márgás dolomit, „C” fácies, 5. diszkordancia felszín,

Fig.3. Subaerial paleokarst surface which developed in the range of tide in the Upper-Trias

Legend: „A” facies: Upper-Trias marly, „B” facies: wavy algalaminite beds, 3. „C” facies: Upper-Trias white massive dolomitic, 4. „C” facies: Upper-Trias yellow massive marly dolomitic, 5. discordance surface



4. ábra: Bioeróziós járatokat kitöltő középső-eocén, szinszediment laminitek vagy cajmanitok.
Jelmagyarázat: 1. középső-eocén Szőci Mészkö, 2. bioeróziós járatok, laminit/cajmanit kitöltéssel, 3. diszkordancia felszín,

Fig.4. Bioerosion caves which are filled by laminites or caymanites
Legend: 1. Middle-eocén Szőci Limestone, 2. bioerosion caves, with laminite/caymanit, 3. discordance surface

• Bauxitképződéshez köthető paleokarszt jelenségek a barlangban csak közvetett módon rekonstruálhatóak. Ugyanis a barlangban a felső-triász és az eocén határán nem sikerült bauxitot, vagy bauxitos agyagot kimutatni. A felső-triász - eocén közötti karsztosodásra utal, viszont az a paleomorfológia, amit a két képződmény kontaktusán a barlang alsó járatfalai tárnak fel. Itt ugyanis tagolt, hullámos lefutású, rövid szakaszon belül is több méteres szintkülönbséget mutató felszín mentén érintkeznek a felső-triász és az eocén rétegek. A bauxitképződéssel kísért hosszantartó összetett karsztosodást megerősíti, hogy a barlang közelében az Ördög-árok több helyen is feltár 50-70 m vastag Szőci Mészkövel elfedett, s a felső-triász karsztos mélyedéseit kitöltő bauxitot illetve bauxitos agyagot, sőt fúrások által feltárva

felső-triász karsztos üregeit kitöltő bauxit illetve bauxitos agyag is ismert (BERTALAN 1951).

- Sziklásparti környezetben lejátszódott paleokarszt jelenségek. A barlang alsó szintjén az egyenetlen triász fekére 1,5-2 m vastag változatos méretű és összetételű alapkonglomerátum települ. Legszebb feltárása az Alsó-terem K-i falában figyelhető meg. A konglomerátumot alkotó kőzet darabok jól kerekítettek, helyenként szinszediment áthalmazódási bélyegeket mutatnak. Méretük néhány cm-től a több m³-ig terjed. Kőzettani összetételük változatos, eocén mikrofosziliákat tartalmazó bioklasztos mátrixba ágyazódva hússzínű kalcittörmelékes extraklasztos tömbök, vörösesbarna rostos kalcit tömbök, tömeges és algalemezes triász dolomit darabok váltakoznak benne (2. kép). Sziklásparti környezetben lejátszódott, alapkonglomerátummal szintjelzett karsztosodást említ KÖRPÁS (2000).

- Bioeróziós járatokhoz kötődő paleokarszt jelenségek a konglomerátum fedőjében települő világosszürke, kristályos szövetű mészkövet tagoló diszkontinuitási felszínen regisztrálhatóak. Az Alsó-terem főtéjében nyíló kürtő fala tárja fel. A Szőci Mészkő bioeróziós járatait a rétegzéssel párhuzamos finoman laminált üledékek töltik ki. Az üledékképződéssel kísért karsztosodás korrelatív üledékei a szinszediment laminitok vagy caymanitok (4. ábra).

- Idős, több generációs, üregkitöltő kalcitokhoz kötődő paleokarszt jelenségek. Az üregesedés uralkodóan a konglomerátumot összecementáló eocén mészkő mátrixot érinti, az üregek az alapkonglomerátum tömbjeinek a határán képződtek. Az üregeket gyakran cseppkőszerű kalcit béleli (3. kép). Feltárásai az Alsó-teremben a bejárat fölött és az ÉK-i-folyosó bejárata előtt figyelhetőek meg. A karsztosodás relatív korának felső határát az eocén mészkő kora adja, alsó határát a fő üregképződés ideje adja, mivel a járat alkotó gömbüstök az idős kalcitokat elmetszik.

- Gömbüst képződéssel és bentonit valamint vörösgyag felhalmozódással kísért paleokarszt jelenségek. A keveredési korróziós hatással értelmezett (VERESS et al. 1992) gömbüst és járat képződést bentonit és vörösgyag felhalmozódás követte (1. táblázat). A bentonit a barlang legmélyebb pontján, az Alsó-terem D-i csücskében, fiatal, barna színű barlangi agyaggal elfedve települ. A vörösgyag szintén a barlang alsó szintjén a falak és a főté zártabb réseit, üregeit tölti ki. Megfigyelhető az Alsó-terembe vezető folyosó főtéjében nyíló kürtőben, az Alsó-terem falát tagoló hasadékban és az ÉK-i-folyosó falán. Sztatigráfiai helyzetük alapján a bentonit tűnik idősebbnek és valószínűsíthető, hogy a vörösgyag teljesen kitölthette az alsó üregeket.

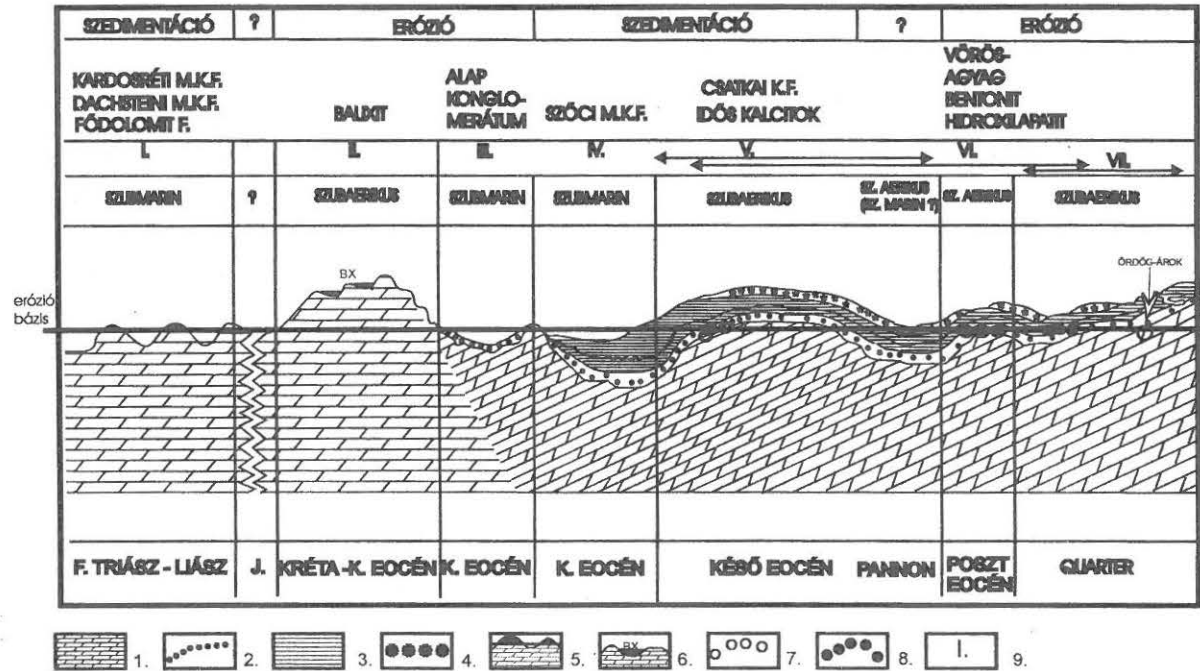
• Hidroxi-apatit és cseppkő képződéssel kísért karszt jelenségek. Elsősorban a barlang alsó járatainak a főtéjében és a falain, kisebb részt a felső járatok főtéjében is általánosan elterjedt a barnásszürke hidroxi-apatit, $\text{Ca}_5[\text{OH}(\text{PO}_4)_3]$ kéreg. A hidroxi-apatit képződésére a denevér kolóniák megtelepedéséhez kötődik, azaz a karsztosodásnak ez a szakasza csakis a barlang felnyílása, tehát az Ördög-árok bevágódása után történhetett meg.

5. Karsztfejlődési modell

Modellünk megalkotásában KÖRPAŠ (2000) a tatai Kálvária-domb paleokarsztjának bemutatásánál alkalmazott értelmezési módját használtuk az Ördög-lik térségére vonatkoztatva. Ami szerint: " *A rendszerben egyaránt jelen vannak szubaerikus és szubmarin (szubaquatikus) fázisok... A karsztosodás szempontjából kitüntetett referencia felület a mindenkori tengerszint és /vagy erózióbázis szint. Mivel az értelmezés alapelemei a karsztrendszerben található korrelatív üledékek, ezért az egyes karsztfázisok tárgyalásánál külön-külön értékeljük azok üledékképződéssel (depositional karst) vagy erózióval (non depositional karst) kísért voltát*". Az Ördög-likben illetve a közelben lemélyített fúrások (HAAS-DOBOSI 1982) szedimentológiai vizsgálata alapján a földtörténet különböző időszakaiból hét karsztosodási fázist különítettünk el (5. ábra). Bár jelenlegi ismereteink szerint ezek közvetlen preformáló szerepe még nem igazolható, ezek további vizsgálata kulcsfontosságú lehet a tágabb térség karsztgenetikai értelmezésében.

Korai karsztosodási időszak

- Első (felső-triász—alsó-júra) szubaerikus karsztosodási fázis: A triász karni-nóri Földolomit, a nóri-rhaeti Dachsteini Mészkö esetleg a liász Kardosréti Mészkö loferitjeihez kapcsolódó rövididejű egyszerű karszt. Diszkontinuitási felszínnekhez kapcsolódnak, többnyire az árapályövi szubmarin laminált algagyepék („A” tagok), s az ezekhez kötődő száradási repedések formájában. Ritkábban de fellelhetőek a barlangban az árapályöv feletti tagok is, a gyengén fejlett paleotalajos szintek. Az üledékképződéssel kísért karsztfázist cm-dm-es, szinszediment normál mikrovetők kontrollálják.



5. ábra: Az Ördög-lik karszosodási modellje a tektonikai elemek elhagyásával.

Jelmagyarázat: 1. felső-triász Fődolomit, 2. középső-eocén alapkonglomerátum, 3. középső-eocén Szőci Mészke, 4. Csatkai Kavics Formáció, 5. paleokarszt jelenségek a felső-triász loferitek „A” és „B” tagjaiban, 6. szárazföldi karsztosodás bauxit képződéssel, 7. primer üregesedés, idős kalcit képződéssel, 8. fő üregképződés, keveredési korrózióval és gömbüst képződéssel, 9. karszfázisok,

Fig.5. The model of karstification Ördög-lik (without tectonical elements)

Legend: 1. Upper-Trias Great Dolomite, 2. Middle-Eocene basal conglomerate, 3. Middle-Eocene Szőc Limestone, 4. Csatka Gravel Formation, 5. in part „A” and „B” of Upper-Trias loferite of paleokarst phenomena, 6. continental karstification, which was followed with bauxite development, 7. primary cavernation which was followed with development of old calcite, 8. main cave development which followed with mixture corrosion and development of pockets, 9. karstification phasis

- Második (késő-kréta—középső-eocén) szubaerikus karsztosodási fázis: A hosszú idejű, összetett esemény kezdeti dátumát nehéz megadni, mivel a területről a jura és a kréta üledékek hiányoznak. Közvetett bizonyítékokra alapozva mégis a késő-kréta—középső-eocén közötti időszakra helyezzük. Az ekkor felszínre került felső-triász karbonátok jelentős mértékű-lepusztulást, illetve karsztosodást szenvedtek. Az erózióval kísért karsztfázis korrelatív üledéke a gibbsites-böhmites bauxit. Ami a barlangból bár mindeddig nem került elő, de a környéken számos felszíni előfordulás és fúrás is feltárja (*BERTALAN* 1951). Az uralkodóan lencsés telepeket közepesen karsztosodott fekü hordozza (*BÁRDOSSY* 1977). Ezt a hosszantartó szárazulati periódust a középső-eocén sekélytengeri üledékképződés zárta le. A középső-eocénben a barlangtól K-re néhány km-re barnakőszenes rétegösszlet (Darvastói Formáció) halmozódott fel, jelezve ezzel a tengerpart közelségét és a terület alacsony, tönkfelszín jellegét is.

- Harmadik (középső-eocén) szubmarin karsztosodási fázis: Középső-eocén sziklásparti környezetben játszódott le. Az erózióval kísért karsztfázis korrelatív üledéke a barlang alsó szintjén az egyenetlen triász fekére települő 1,5-2 m vastag változatos méretű és összetételű alapkonglomerátum. A konglomerátumot alkotó kőzet darabok jól kerekítettek, helyenként szinszediment áthalmozódási bélyegeket mutatnak. Méretük néhány cm-től a több m³-ig terjed. Kőzettani összetételük változatos, eocén mikrofosziliákat tartalmazó bioklasztos mátrixba ágyazódva hússzínű kalcitormelékes extraklasztos tömbök, vörösesbarna rostos kalcit tömbök, tömeges és algalemezes triász dolomit darabok váltakoznak benne.

- Negyedik (középső-eocén) szinszediment, szubmarin karsztosodási fázis: A középső-eocénben játszódott le. Az alapkonglomerátum mátrixát alkotó világosszürke, fehér, tömött, kemény, kristályos szövetű csak mikrofosziliákat tartalmazó mészkő a konglomerátum fedőjében is folytatódik. Külső szöveti bélyegei alapján ezt a rétegtagot a *KECSKEMÉTI* (1988) által ismertetett, dudari eocén feltárás legmélyebb rétegtagjával párhuzamosítjuk. A mészkőrétegeket egy hullámos diszkontinuitási felszín tagolja. E felszínbe a rétegzéssel párhuzamos finoman laminált üledékekkel kitöltött fúró szervezetek járatai mélyülnek. A Szöci Mészkő üledékképződéssel kísért karsztosodásának korrelatív üledékei a bioeróziós járatokat kitöltő, szinszediment laminitek vagy caymanitok. A diszkordancia felszínre a fekével azonos kifejlődésű, azzal párhuzamos rétegződésű, világosszürke, tömött, kristályos szövetű mészkő települ s csak a magasabb rétegtagokban jelenik meg a nagyforaminiferákat tartalmazó mészkő (az Ördög-lik felső járatai ez utóbbi kőzettípusban képződtek).

- Ötödik, (késő-eocén-pannon) szubaerikus karsztosodási fázis: Az eocén alapkonglomerátum szintjében húzódhatott a freatikus és vadózus zóna határa. Ekkor képződtek az első valódi barlang üregek. Az üregek az alapkonglomerátum nagyméretű (néhány m³-es) dolomit tömbjeinek a határán dokumentálhatóak. Az üregesedés uralkodóan a konglomerátumot összeceментáló eocén mészkő mátrixot érinti, kisebb mértékben a kőzettömbök és kavicsok is oldódtak. A erózióval kísért karsztfázis korrelatív üledéke a primer üregeket bélelő idős, több generációs kalcitkitöltés. A kalcitok gyakran cseppkőszerű bekérgetéseket alkotnak. A karsztfázis időtartama csak feltételesen adható meg, alsó határát a Szőci Mészkő kora adja meg, — hiszen ezen képződményt már érinti a karsztosodás— felső határát a hatodik karsztfázis adja meg, ugyanis a kalcit bekérgezéseket a következő karsztosodási fázis gömbüstjei elmetszik.

Fő karsztosodási időszak

- Hatodik (poszteocén) szubaerikus karsztosodási fázis: A barlangképződés legintenzívebb időszaka. A terület tartósan szubaerikus környezetbe került. A karsztos rögök felszínére a felső-oligocén - alsó-miocén során üledékes takaró (Csatkai Kavics F.) települt. Majd feltételezhetően már a miocén második felében megkezdődhetett a Csatkai Formáció üledékeinek a lepusztulása is. A barlang jelenlegi járatszintjei a freatikus és vadózus zóna határán helyezkedhettek el, az itt lejátszódó keveredési korrózió hatására, törésrendszerekhez és réteglapokhoz igazodó a gömbüstös morfológiájú járatok képződhettek (VERESS et al. 1992/a; 1992/b). Az erózióval kísért karsztfázis korrelatív üledékei a járatokat kitöltő vörösgyag és bentonit.

Az alsó járat nagytermében —kitöltő üledékek közül a legmélyebb helyzetben— szürke bentonit réteg települ (*I. táblázat*). A bentonit származása és kora nem ismert. A középső eocén Padragi Marga Formáció rétegei között tufitos, bentonitos csíkok és andezittufa települ (KECSKEMÉTI 1998). A Csatkai Formáció Szápári Tagozatában szintén előfordulnak bentonit, bentonitos agyag rétegek (KORPÁS 1981). PÉCSI (1986) néhány helyen a vörösgyagok fekvéséből említ bentonit rétegeket. A bentonitok képződését PÉCSI (1985) bázisos (bazalt) vulkáni termékek (tufák és hamu), szubtrópusi körülmények között történő mállásával magyarázza. A Dunántúl fiatal bazalt vulkanizmusa K/Ar és magnetosztatográfiai elemzések alapján 6 - 2,8 millió év időintervallumban játszódott le (BALOGH et al. 1982, BALOGH-JÁMBOR 1987, MÁRTON 1985).

Az Ördög-likban a bentonit rétegek felett vörösgyag települ. A vörösgyagok képződését KUBIENA (1956) alapján egymástól eltérő folyama-

tok eredményeként foghatjuk fel. Az egyik a váltakozóan nedves és száraz viszonyok közt lejátszódó, melegehatást igénylő rubefikáció, a másik az állandóan nedves és meleg viszonyok alatt lejátszódó lateritesedés és az ezzel kapcsolatos bauxitosodás. SCHWEITZER (1993), SZŐŐR et al. (1993) a vörösayagos talajkomplexumokat jellemző ásványtani, kémiai és stabilizotóp arányaik alapján két „kronofáciestani” csoportba sorolják. Megkülönböztetnek valódi vörösayagokat és vöröses agyagokat.

A valódi vörösayagok élénkvrös színűek, pasztikus állagúak, ásványi összetételükre a jelentős amorfanyagot tartalmazó kaolinit - halloysit agyagásvány a jellemző (SCHEUER et al. 1992). Karbonátot nem, vagy kevesebb, mintegy 5%-os mennyiségben tartalmaznak. Képződésük szubtrópusi mállás folyamatához köthető. Képződési idejük bio- és litosztratigráfiai, paleomágneses adatok alapján és geomorfológiai helyzetük alapján a Csarnótánium idejére tehető, 3-4,6 millió éves idő-intervallumba.

A vöröses agyagok csoportjába igen változatos genetikájú vöröses színárnyalatú (lila, sárgás és rózsaszín) talajok és talajos üledékeket sorolunk. Kevésbé pasztikusak, mint a valódi vörösayagok. Agyagásvány összetételükre jellemző az illit-montmorillonit (smectit) jelleg. Karbonát tartalmuk jelentősebb 10-70 % és változatos (kalcit, magnezitokalcit, dolomit) ásványi jellegű. Tartalmazhat több-kevesebb kvarcot is. Mérsékelt meleg humid és arid klímaváltozások ökológiai viszonyai között képződik. Képződésének korát közvetett bizonyítékok alapján az alsópleisztocénbe - Villányium - helyezhetjük, 3-1,8 millió éves időintervallumba (SCHWEITZER 2001).

Az Ördög-likban található vörösayag — összetétele alapján (*I. táblázat*) — a valódi vörösayagok típusához hasonlít. Mivel az itt található vörösayag eltérő geomorfológiai helyzetben van (hegység belseje), mint a fenti szerzők által típusterületekről (többségükben medence peremi helyzetben), leírt vörösayagok, ezért azokkal mechanikusan nem azonosíthatóak. A felszíni mállás és talajosodás során képződött üledék fiatal tektonikai síkok mentén (feltolódási síkok) mosódhatott be a barlangba. Ez figyelhető meg pl. az Alsó-terem falában. Az alsó járatokat a benne fellelhető vörösayag nyomok alapján teljesen kitölthette a vörösayag, ezzel szemben a felső járatokból hiányzik ez.

Késői karsztosodási időszak

- Hetedik (pleisztocén-holocén) szubaerikus karsztosodási fázis: A karsztosodás utolsó jelenkorig tartó folyamata. Ebbe a fázisba helyezzük a terület gyors, emelkedése következtében lejátszódó nagymértékű —150-200 m

(PÉCSI 2001) — karsztvízszint süllyedést. Ennek következtében az Ördög-lik a vadózus zónába került, a mélyebb szintekben pedig, újabb barlangképződés lehetősége teremthetett meg. E mélyebb helyzetű — ma még csupán feltételezett — barlang üregekbe történhetett meg a kitöltő üledékek áthalmozódása. Ebben a fázisban mehetett végbe az Ördög-árok epigenetikus völgyének az átöröklődése a karbonátos kőzetekre, és ezzel összefüggésben a barlang felnyílása (VERESS 1980a, 1980b, 1981). Esetleg egy alsó bejárat felnyílása is lejátszódhatott, a vörösgyag ezen feltételezett alsó járaton át az Ördög-árok felé is áthalmozódhatott. Ebben az idő intervallumban történhetett meg a guanó felhalmozódása és a hidroxipapatit képződése. Az erózióval kísért karsztfázis korrelatív üledéke a hidroxipapatit a világosbarna színű barlangi agyag és a főtében előforduló gyengén fejlett cseppkőfolyások sztalagmitok.

A járatok főtéjében általánosan elterjedt egy 5-10 mm vastag, barna, sötétszürke színű hidroxipapatit $\text{Ca}_5[\text{OH}(\text{PO}_4)_3]$ bekéregzés. A kérgék finoman lamináltak helyenként cseppkőszerű formákat képeznek. Elterjedésükre jellemző, hogy mindenütt csak a főtében, illetve a járatok falának a felső részein fordul elő. Képződésére akkor kerülhetett sor, amikor a barlang járatai feltáruáltak és ez által lehetőség nyílt a barlangban denevérkolóniák megtelepedésére. Az alsó járatok ekkor még részben vörösgyaggal kitöltöttek lehettek ezért a kolónia a felső szakaszokban telepedett meg. A járattalpon felhalmozódott guanó a két szintet elválasztó vékony kőzettesten átmosódott és az alsó járatok főtéjében a mészkő és a vörösgyag kontaktusánál hidroxipapatit formájában kikristályosodott.

6. Összefoglalás

Az Ördög-lik térségében a korai karsztosodás a felső-triászban indulhatott meg. A felső-triásztól a poszt eocénig terjedő korai karsztfázisok a kőzet vízvezető képességét növelték ezzel preformálhatták a későbbi karsztfázisokat. Az első karsztfázis üledékképződéssel kísért és szubaerikus környezetben játszódott le, a második erózióval kísért és szubaerikus környezetben játszódott le, a harmadik eróziós karsztfázis szubmarin a negyedik üledékképződéssel kísért és szubmarin míg az ötödik korai karsztfázis erózióval kísért és szubaerikus környezetben játszódott le.

A fő karsztosodás az eocén vége és a pleisztocén eleje között mehetett végbe, szubaerikus környezetben. Ez idő alatt képződtek az Ördög-lik jelenlegi járatai és ezek a járatok részben kitöltődtek üledékkel.

A késői karsztosodás során a barlangjáratok kipucolódtak, a járat-szelvények nem karsztos folyamatok által módosultak és újabb, mélyebb

helyzetű üregek képződhetnek. Az erózióval kísért, szubaerikus környezetben lejátszódó szakasz a negyedidőszakba sorolható.

IRODALOM

BALOGH K. - JÁMBOR Á. - PARTÉNYI Z. - RAVASZNÉ BARANYAI L. - SOLTI G. (1982): A dunántúli bazaltok K/Ar radiometrikus kora. — Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1980. évről. Budapest, p. 243-260.

BALOGH K. - JÁMBOR Á. (1987): A magyarországi (pannóniai s. str.) emeletbeli képződmények időbeli helyzetének meghatározása. — Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve LXIX. p. 27-36.

BÁRDOSSY GY. (1977): Karsztbauxitok (Bauxittelemek karbonátos kőzeteken) — Akadémiai Kiadó Budapest.

BERTALAN K. (1951): Jelentés az 1950. évben Magyarországon a Fenyőfő-Csesznek-Dudar körzetben végzett bauxitkutató munkálatokról — Kézirat MÁFI, Adattár.

BERTALAN K. (1963): A dudari "Sűrű-hegyi" Ördög-lik kutatástörténete — Karszt és Barlang p. 27-31.

CSÁSZÁR G. - KOVÁCSNÉ BODROGI I. - VÖRÖS A. (1982): Lagunás kifejlődésű Dachsteini Mészke Formáció(?) a borzavári Templom-dombon. — Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése Az 1980. Évről. Budapest, p. 187-210

FUTÓ J. - ZENTAI Z. - BODORKÓS ZS. (2002): A Sűrű-hegyi Ördög-lik természetvédelmi kezelési terve — Kézirat, KVM Földtani és Barlangtani Osztály, Adattár

HAAS J. - DOBOSI K. (1982): Felső-triász ciklusos karbonátos kőzetek vizsgálata bakonyi alapszelvényeken — Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1980. évről, Budapest, p. 135-168.

KECSKEMÉTI T. (1988): Bakony, Dudar, Ördög-árok völgyfője, erdészeti út — Magyarország geológiai alapszelvényei, Szóci Mészke Formáció, Magyar Állami Földtani intézet 88/176, Budapest

KECSKEMÉTI T. (1998): Magyarország epikontinentális eocén képződményeinek rétegtana — In: Bérczi I.-Jámbor Á. (szerk.) Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana, A MOL Rt. és a MÁFI kiadványa Budapest.

KONDA J. (1970): A Bakony hegységi júra időszaki képződmények üledék-földtani vizsgálata. — Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve I. kötet 2.

KORPÁS L. (1981): A Dunántúli-középhegység oligocén–alsó-miocén képződményei — Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve, LXIV. kötet, Budapest.

KORPÁS L. (2000): Paleokarszt jelenségek és karsztfejlődési modell — In: Császár G. - Kecskeméti T. - Korpás L. - Tolnai G. - Dobosi V. - Rétvári L. (szerk.): Kirándulásvezető, HUNGEO 2000 Magyar Földtudományi Szakemberek Világtalálkozója, A földtudományok a Kárpát-medence fejlődéséről. Múltbéli és jelenkori tendenciák. Sokféleség az egységben. Piliscsaba, 2000. Augusztus 15-19. p. 38.

KUBIENA W. L. (1956): Rubefizierung und Lateritisierung. — Rapp. VI. Congr. Int. de la Sc. du Sol. Paris. Vol. E. p. 247-249.

MÁRTON E. (1985): Tying the basalt from the Transdanubian Central Mountains (Hungary), to the standard polarity time scale. — In : Problems of the Neogene and Quaternary in the Carpathia Basin (Studies in Geography in Hungary, 19.) Ed. by M. Kretzoi - M. Pécsi Akadémiai Kiadó, p. 99-108.

NÁDOR A. (1993): Ajánlás a budai Rózsadomb és környéke termálkarsztja UNESCO Világörökség-listára történő felterjesztéséhez. In: Hazslinszky T. - Nádor A. - Szablyár P. (szerk.): A hévizes barlangképződést megelőző öskarsztos fázisok. — Magyar Karszt és Barlangkutató Társulat, Budapest, p. 12-14.

ORAVECZ J. (1963): A Dunántúli Középhegység felső-triász képződményeinek fácieskérdései. — Földtani Közlöny 93 (1)

PÉCSI M. (1985): The Neogene red clays of the Carpathian Basin. — In: Problems of the Neogene and Quaternary in the Carpathian Basin, Studies in Geography in Hungary, 19.) Akad. Kiadó, Budapest, p. 89-98.

PÉCSI M. (1986): A valódi vörös agyag geomorfológiai helyzete és földtani kora a Kárpát-medencében. — Földrajzi Ért. XXXV.évf. 3-4. sz. p. 353-362.

PÉCSI M. (2001): Geomorfológiai felszínek képződése a lepusztulás, a felhalmozódás és a lemeztectonika térbeli és időbeni változásának hatására. — Földrajzi Értesítő L. évf. 1-4 füzet p. 33-48.

SCHWEITZER F. (1993): Domborzatformálódás a Pannóniai-medence belsőjében a fiatal újkorban és a negyedidőszak határán. — Akadémiai Doktori Értekezés, Kézirat.

SCHWEITZER F. (2001): A Kárpát-medence felsívatagi és sztyeptsíkságformálódása és a messinai sókrízis — Földrajzi Értesítő L. évf. 1-4 füzet p. 9-31.

SZÖÖR GY. - SCHWEITZER F. - BALÁZS É. (1993): Plio-pleisztocén agyagos képződmények kemosztratigráfiai elemzése. — Kézirat. 1742. OTKA-pályázat jelentése

SCHEUER GY. - SCHWEITZER F. - HERTELENDI E. - SZÖÖR GY. (1992): Megsüllyedt és eltemetett vörösagyagok és löszösszletek lito- és geokémiai fácies elemzése és rétegtani értékelése. In: Szöör Gy. (szerk.): Fáciesanalitikai, paleobiogeo-kémiai és paleoökológiai kutatások. - MTA Debreceni Akadémiai Bizottság, Debrecen.

T. GECSE É. (1984): Ciklusos felépítésű felső-triász képződmények Fenyőfő, Csesznek, Bakonyoszlop, Dudar, Súr környékén — Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése az 1982. évről, Budapest, p. 317-331.

TOMOR-THIRRING J. (1934): A Bakony dudar-oszlopi "Sűrű"-hegycsoportjának földtani és őslénytani viszonyai. — A Földtani szemle melléklete, p. 27-28.

TOMOR-THIRRING J. (1935): Az Északi Bakony eocén képződményeinek statigráfiája és tektonikája. — Megfigyelések a Sűrű-hegycsoportban . — Földtani Közlöny p. 2-15.

TOMOR-THIRRING J. (1936): A Cseszneki vonulat tektonikai viszonyai. — Földtani Közlöny p. 198-199.

✓ VERESS M. (1980/a): A Csesznek környéki völgyoldalak barlangtorzójának vizsgálata — Karszt és Barlang II. p. 65-70.

✓ VERESS M. (1980/b): Adatok a dudari Ördög-árok barlangjainak morfológikájához — A Veszprém megyei Múzeumok Közleménye 15. p. 49-66.

VERESS M. (1981): A Csesznek környéki barlangok genetikájának vizsgálata — A Bakony természettudományi kutatásának eredményei XIV., Zirc.

✓ VERESS M. (1999): Az Északi-Bakony fedett karsztja. — Bakonyi Természettudományi Múzeum Zirc.

✓ VERESS M. - PÉNTEK K. - HORVÁTH E. T. (1992/a): Evolution of Corrosion Caverns: Ördög-lik Cave, Bakony, Hungary — Cave Science 19: p. 41-50

✓ VERESS M. - PÉNTEK K. - HORVÁTH E. T. (1992/b): Keveredési korróziós barlangok kioldódástörténetének vizsgálata a Sűrű-hegyi Ördög-lik példáján — Karszt és Barlang I.-II. p. 21-26.

