

Kutatási jelentés a Csodabogyós-barlangban 2023 augusztusában végzett gyűjtésekről



Készítette:

Dr. Pazonyi Piroska, Dr. Sebe Krisztina, Dr. Hír János, Dr. Mészáros Lukács,
Dr. Szentesi Zoltán, Trembeczki Mária

2024. január

Bevezetés

2023 májusában engedélyt kértünk a Balaton-felvidéki Nemzeti Parktól, mint vagyonkezelőtől (ügyiratszám: 2623-2/2023), főként őslénytani célú roncsolásmentes mintavételre a Csodabogyós-barlang (Balatonederics) Patakmeder-ágának négy pontjára. A tervezett munka egy 2024 januárjában kezdődő, akkor még csak beadott NKFIH (OTKA) projekthez kapcsolódott, aminek az elsődleges célja pliocén paleokarsztok komplex földtani és őslénytani vizsgálata, valamint új pliocén őslénytani lelőhelyek feltárása. A kutatási engedély megkérésekor a barlang ősmaradvány anyagáról kevés információnk volt, mindössze annyit tudtuk az elsőre felismerhető nagyobb taxonok (*Testudo*, *Anomalomys*, *Kowalskia*, *Desmana*, *Anourosoricini* spp.) alapján, hogy a lelőhely vagy késő miocén (pannóniai), vagy kora pliocén korú, de a rendkívül jó megtartású és rendkívül gazdag leletanyag már akkor sejtette, hogy egy kivételes lelőhelyről van szó.

Az engedély alapján végzett ásatásra 2023. augusztus 28-29-én került sor. Az ásatás során kihozott üledékek földtani és őslénytani feldolgozásával a különböző mintavételi pontok közötti esetleges taxonómiai eltéréseket, a lelőhely korát, keletkezési körülményeit, az akkori környezeti viszonyokat, az ősmaradványokat tartalmazó üledék földtani jellemzőit, valamint a Keszthelyi-hegység ősföldrajzi viszonyait és betemetettségét egyaránt vizsgáljuk.

Ezek a vizsgálatok jelenleg is tartanak, az alábbiakban a gyűjtésről és az előzetes eredményekről számolunk be.

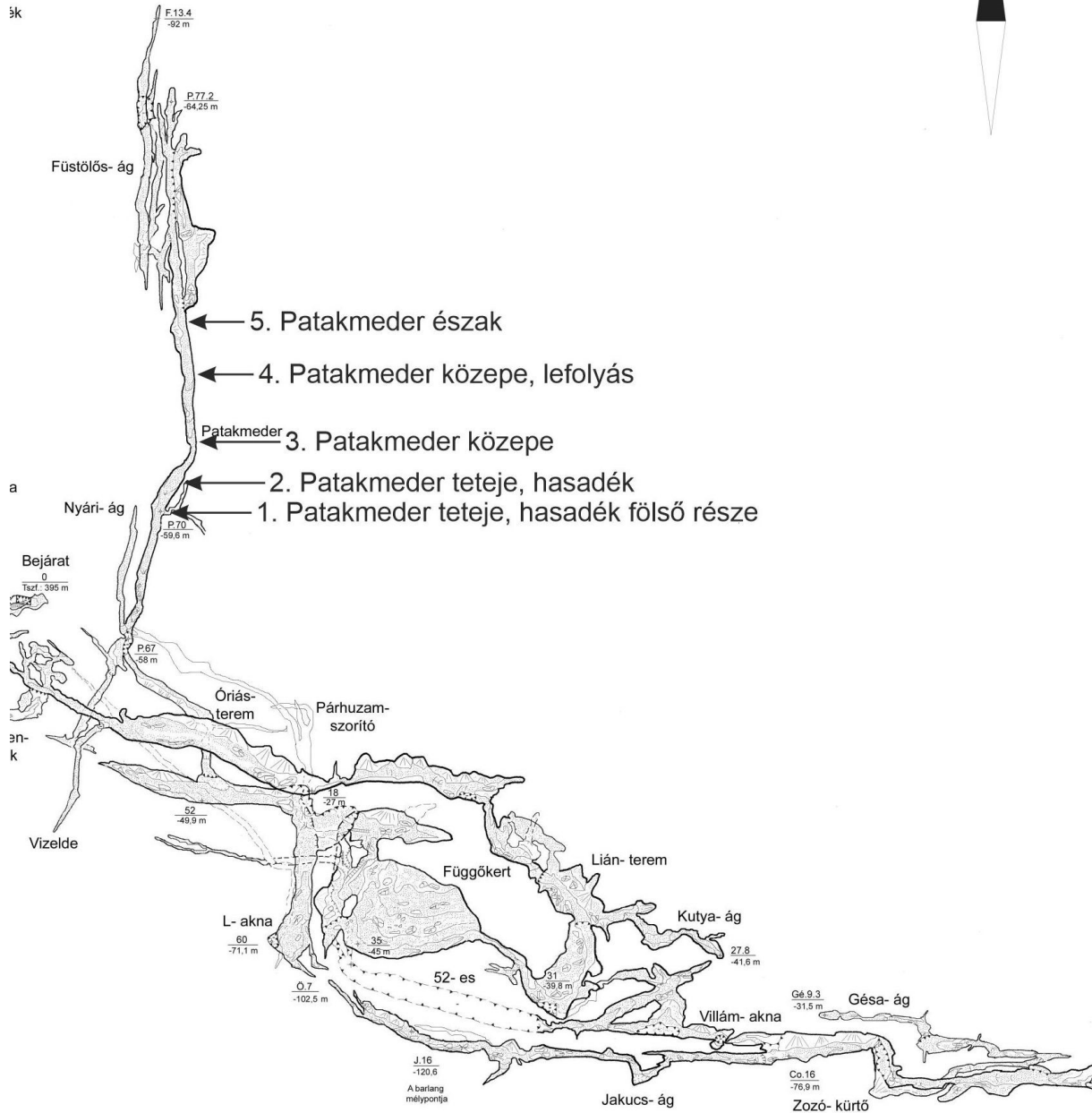
Beszámoló az ásatásról (2023. 08. 28-29.)

Jelenlévők: Polacsek Zsolt, Sebe Krisztina, Hír János, Pazonyi Piroska, Haász József, Ba Julianna, Foki Károly, Bükösd-Garai Fédra

1. nap: 2023. 08. 28. (hétfő)

A barlangba Polacsek Zsolt vezetésével dél körül mentünk le. A Patakmeder-ág elérését követően megkerestük a tervezett mintavételi pontokat, majd kis lapátokkal simítózáras zacskókba elkezdtük az üledék begyűjtését. Minden mintavételi pontról négy zacskó mintát vettünk, melyek egyedi jelölést kaptak (Csodabogyós 1-4) (1. ábra). A tervezett mintavételi pontok mellett, a 4-es ponttól 3 méterre északra, a Patakmeder-ág végén több csontot, fogat és teknőspáncél darabot is találtunk, úgyhogy innen is vettünk próbamintát az üledékből (Csodabogyós 5). A mintavételi pontokat, illetve területeket a gyűjtés végeztével madzaggal körülkerítettük és jelöltük. A mintázási pontok gyűjtés utáni állapotát a

2. ábra mutatja. Magát a mintavételt és a dokumentációt Hír János és Pazonyi Piroska végezte, a bezacskózott mintákat a barlangászok (Haász József, Ba Julianna, Foki Károly és Bükösd-Garai Fédra) vitték bag-ekben a felszínre. Polacsek Zsolt vezetésével Sebe Krisztina eközben a barlang más részein földtani megfigyeléseket végzett és vetőkarcokat mért.



1. ábra: Mintagyűjtési helyek a Csodabogyós-barlang Patakmeder-ágában



1)



2)



3)



4)



5)

2. ábra: A gyűjtési helyek a mintázás után. 1) Hasadék felső; 2) hasadék alsó; 3) Patakmeder közepe; 4) lefolyás; 5) Patakmeder észak

A Patakmeder-ágban gyűjtő csapat nagyjából 17 óra körül hagyta el a barlangot, és akkor kaptuk a hírt, hogy Sebe Krisztina rosszul lett. Zsolt riasztotta a Bakonyi Barlangi Mentőszolgálatot és jelezte a Balaton-felvidéki NP felé is a történeteket. Végül szerencsére nem volt szükség a mentők segítségére.

2. nap: 2023. 08. 29. (kedd)

Amíg a csapat egyik fele a barlangból kihozott üledéket és a felszerelést a hegyről a barlangi bázishoz, Ederics szélére szállította, addig a másik felével felszíni vizsgálatokat végeztünk. Mivel a barlangi megfigyelések alapján az ősmaradványtartalmú üledék felülről érkezett a járattalpra, a gyűjtés helyére, bejártuk a felszínen azt a területet, mely alatt a Patakmeder-ág hasadéka található. A meredek hegyoldalban egy horpadás és egy kőgörgeteg sáv jelzi a hasadék helyét. Sajnos a felszínen a fedettség miatt nem sikerült találni olyan homokos kőzetlisztet, amiből az ősmaradványok előkerültek. Érdeemes lenne geofizikai módszerekkel vizsgálni, hogy kifut-e a felszínre a barlangkitöltés anyaga.

Polacsek Zsolt viszont elmondta, hogy a Csodabogyós-barlangtól nem messze, a hasadéktól néhány 10 m-re található Szél-likban is megvan valószínűleg ugyanaz az üledék, amit a Patakmeder-ágban megtaláltunk. A Szél-lik járata becsatlakozik a Csodabogyós-barlang rendszerébe, de a járat vége még nincs kibontva. A későbbiekben érdemes lenne ezt a barlangot is megvizsgálni.

Óslénytani vizsgálatok

A barlangból kihozott üledékminták iszapolását Hír János végezte Pásztón. Minden mintát külön kezelve, az iszapolás 0,5 mm-es szitán, iszapológéppel történt. A visszamaradó üledék egy részéből száradás után Hír János válogatta ki az ősmaradványokat, de az anyag nagy része a Magyar Természettudományi Múzeum Óslénytani és Földtani Tárába került, ahol különböző lyukméretű szitákon (10 mm, 5 mm, 2 mm, 1 mm) először frakcionáltuk, majd frakciónként kiválogattuk a maradványokat. Ezeket a munkákat Pazonyi Piroska és Szentesi Zoltán végezte. Az üledékből történő kiválogatás után az előkerült ősmaradványokat először nagyobb csoportok (hüllők, kétéltűek, madarak, rovarévők, denevérek, rágcsálók, nagyemlősök) szerint szedtük szét, majd ezeket eljuttattuk az egyes csoportok specialistáihoz további határozásra. Szentesi Zoltán végezte a hüllők és kétéltűek, Mészáros Lukács a rovarévők, Trembeczki Mária a denevérek, Hír János és Pazonyi Piroska a rágcsálók, valamint Pazonyi Piroska a nagyemlősök határozását.

Az óslénytani vizsgálatok eredményeként a Csodabogyós-barlang üledékéből jelenleg a következő taxonokat ismerjük:

Gastropoda indet.

Teleostei indet.

Mioproteus caucasicus Estes & Darevsky, 1978

Salamandridae indet.

Latonina cf. *gigantea*

Palaeobatrachidae indet.

Pelobates fuscus Laurenti, 1768

Bufo bufo (Linnaeus, 1758)

Bufotes viridis (Laurenti, 1768)

Hyla arborea (Linnaeus, 1758)

Pelophylax cf. esculentus group
 Ranidae indet.
 Anura indet.
Emys orbicularis Linneaus, 1758
Testudo kalkbergensis Staesche, 1931
 Lacertidae indet.
Pseudopus cf. pannonicus (Kormos, 1911)
Anguis fragilis Linneaus, 1758
 Anguidae indet.
 Sauria indet.
Hierophis viridiflavus Lacépède, 1789
Zamenis longissimus (Laurenti, 1768)
Natrix tessellata (Laurenti, 1768)
Natrix sp.
 Colubridae indet.
Vipera sp.
 Aves indet.
Myotis myotis (Borkhausen, 1797)
Rhinolophus delphinensis Gaillard, 1899
Eptesicus sp.
Desmana sp.
Galerix sp.
Crusafontina kormosi (Bachmayer & Wilson, 1970)
Blarinella dubia (Bachmayer & Wilson, 1970)
Asoriculus gibberodon (Petényi, 1864)
Paenelimnoecus repenningi (Bachmayer & Wilson, 1970)
Kowalskia sp.
Apodemus sp.
Anomalomys sp.
Vasseuromys sp.
Microscoptes sp.
Epimeriones sp.
Spermophilinus sp.
Eozapus cf. intermedius
 Tragocerotidae indet.
 Mustelidae indet

Az őslénytani feldolgozás jelenleg is zajlik, még az üledékből történő válogatást sem fejeztük be teljesen, úgyhogy a fenti lista csak előzetes eredménynek tekinthető.

A maradványok főként kisemlősökhöz (rovarevőkhöz, denevérekhez és különféle rágcsálókhoz) tartoznak, de kisebb számban hal, béka, teknős, gyík, kígyó, madár és nagyemlős csontok és fogak is előkerültek. Bár az őslénytani feldolgozás jelenleg is tart, a fauna összetétele alapján néhány óvatos megállapítást már tehetünk az üledék korára és a keletkezési környezetre vonatkozóan.

Az előzetes eredmények szerint az állatok nagyjából 8-9 millió évvel ezelőtt, a késő miocén (pannóniai) korszakban élhettek (MN 11 nagyemlős zóna). Mivel a barlangból egyelőre csak

szárazföldi gerincesek maradványai ismertek, feltételezzük, hogy ebben az időszakban a Keszthelyi-hegység keleti tömbje szárazföld (sziget, vagy félsziget) volt, ami kiemelkedett a Pannon-tóból. Ugyan a fauna pontos összetételét még nem ismerjük teljesen, a főként nyílt növényzetet kedvelők (sivatagi ugróegerek, földikutyafélék, hörcsögök, cickányok) nagy száma, valamint az erdős környezetben élő fajok (pelék, egerek, mókusok) alárendelt szerepe arra utalhat, hogy ebben az időszakban a Keszthelyi-hegység területén valószínűleg száraz, meleg éghajlat és nyílt vegetáció lehetett.

Földtani megfigyelések

A Patakmeder-ág a neve ellenére nem folyóvíz hatására jött létre, hanem jellegzetes tektonikus hasadék. Falai közel párhuzamosak, lefelé kissé távolodnak egymástól, számos helyen cseppkőlefolyás borítja őket, amelyen néha kis heliktitek alakultak ki. Az ősmaradványokat tartalmazó kitöltés megfigyelhető a járat falain (elsősorban a kevésbé meredek keleti falon, míg a gyakran áthajló nyugatin kevésbé fordul elő), a járatban különböző magasságokban fennakadt sziklatömbök tetején, a járatból oldalirányba (kelet felé) induló hasadékokban, valamint – a legnagyobb mennyiségben – a járatlapon (3. ábra). Több helyen látható, hogy az üledéket cseppkőlefolyás borítja, vagy meredek, a felszínnel párhuzamos, mm-es vastagságú cseppkőlefolyás-rétegekkel váltakozik. Az üledék egyértelműen felülről mosódik a járatba. A lefolyó vízből időről időre cseppkőréteg rakódik rá, majd ezt újabb – ismét közel függőleges – üledékréteg követi.



3. ábra: A Patakmeder-ág délről nézve, előtérben a 4., hátul az 5. számú gyűjtési pont. Az emberektől jobbra a függőleges falfazsaszak alatt a meredek lejtőt az ősmaradványos üledék alkotja.

Polacsek Zsolt, Foki Károly és Haász József a járat déli, kimászható végén felmáztak a főtéig, hogy lehetőség szerint megkeressék az üledék forrását. Megállapították, hogy az üledék itt, mint ahogy járat teljes hosszában, a főtébe ékelődött sziklatömbök fölül mosódik a járatba (

4. ábra), és alulról sajnos nem hozzáférhető.



4. ábra: A Patakmeder-ág déli részének főtéje alulnézetből. Az ősmaradványos üledék a hasadékban megszorult sziklatömbök fölül mosódik a járatba.

Üledékföldtani vizsgálatok

Patakmeder-ág, ősmaradványos üledék

A Patakmeder-ág ősmaradványtartalmú összetétét megvizsgáltuk üledékföldtani szempontból is. Az üledéket terepen homok és kőzetliszt elegyének írtuk le, amibe jelentős mennyiségű, kavics mérettartományba eső szemcse vegyül. A kavicsok egy része ősmaradvány, egy része kőzettörmelék.

A kavics és annál csak kissé finomabb szemcseméretű anyagot az őslénytani célú minták iszapolási maradékán vizsgáltuk. Az ősmaradványok kiválogatása után visszamaradó törmeléket átvizsgáltuk annak megállapítása céljából, hogy milyen kőzetanyagok alkotják.

Az öt gyűjtési ponton vett minták összetétele alapvetően nem különbözik. Az elkülöníthető kőzettípusok az alábbiak voltak (5. ábra):



5. ábra: Az ősmaradványos üledék jellemző kőzettípusai. A) Mészkonkréciók; B) mészkonkréció limonit kitöltéssel; C) meszes kötésű kvarchomokkő; D) limonit; E) triász mészkő; F) cseppkőkéreg; G) borsókő; H) ősmaradványtartalmú mészkonkréció; I) kvarcit; J) lemezes homokkő.

- Minden mintában uralkodnak a meszes konkréciók (5. ábra A). Méretük változó, a néhány mm-estől a néhány cm-esig terjed. Alakjuk szabálytalan, felületük egyenetlen, belül szeptáriás repedéseket tartalmaznak. Keménységük változó, a szinte porlótól a kemény, tömött szövetűig. Némelyik darab tömegesen tartalmaz gerincesmaradványokat (5. ábra H). Esetenként a szeptáriás repedéseket limonit tölti ki (5. ábra B). Valószínűleg a homokos kőzetliszt kitöltésben keletkeztek.
- A limonit önálló kiválásként, valamint limonitosan cementált konkréciókként is megjelenik (5. ábra D).
- A homokkő- és aleurolit-darabok lemezese, változó keménységűek, meszes kötésűek (5. ábra J). Anyaguk és szemcseméretük megegyezik az ősmaradványos üledékével, annak cementált darabjai. Egyes példányoknál a lemezek erősen meghajlanak, magas karbonáttartalmúak, ezek egyértelműen a barlangfalon keletkeztek, ahol a lemosódó üledék egyes lemezeit a ráakadó cseppkőbevonat cementálta. Ezt a folyamatot a bejárások alkalmával jól megfigyelhettük a Patakmeder-ág falán.
- Előfordultak olyan 1-1,5 cm-es, jól kerekített kavicsok, amelyek karcolják az acélt, de karbonáttartalmúak, sósavra a mészkőnél enyhébben, de pezsegnek (5. ábra C). Nagyítóval kis

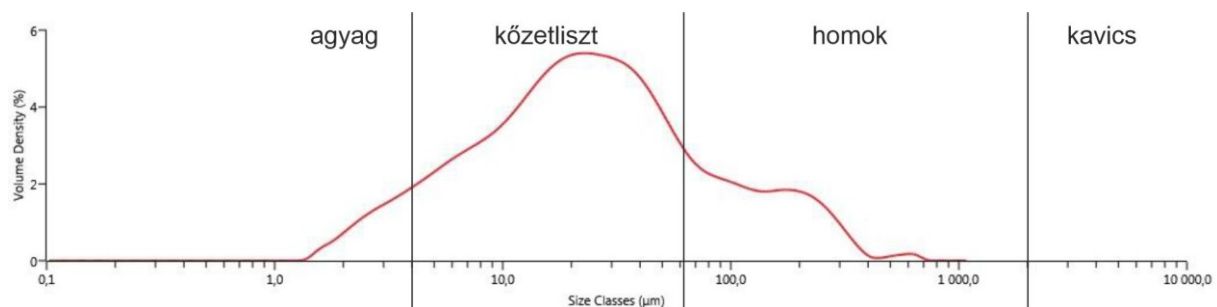
feltokban homok méretű szemcsék láthatóak bennük. Ezek lehetnek finomszemű homokkő kavicsok, amelyek az ősmaradványos üledék karbonátos cementációjával keletkeztek, vagy származhatnak a triász mészkőben a környéken is előforduló hévizes eredetű, kovás kiválásokból. A pontos felépítés és ezzel az eredet eldöntéséhez vékonycsiszolat lenne szükséges a kavicsokból. A környezeti értelmezésen ugyanakkor nem változtatna, mivel mindkét anyag a barlangon belülről származik.

- A barlangot magába foglaló felső triász mészkő darabjai koptatatlanok, élesek. Néhány kiválóan kerekített kis (<1,5 cm) mészkő kavics került elő (5. ábra E). Ezek a késő miocén Pannon-tó abrúziós kavicsaihoz (Diási Formáció) hasonlítanak.
- Néhány alig-közepesen koptatott kvarckavics került elő, max. 3 cm-es méretben. Szabálytalan felszínük és inhomogén belső szerkezetük a hegység hévizes kvarc-kiválásaihoz hasonló, amelyek a barlang környékén is ismertek (Budai et al. 1999a).
- Rétegzett cseppkőkéreg törmelékdarabjai változatos méretben fordulnak elő, akár féltenyényi méretig. Mindegyik éles, koptatatlan darab. Közvetlen a lelőhelyről, a barlang faláról származtathatók. Jelenleg is megfigyelhető, hogy a fentről érkező víz hol a homokot mossa lefelé a járat főtéje felől, hol cseppkővel vonja be a falat. A közel függőleges falon a homokra kirakódott cseppkőkéreg könnyen leesik és darabokra törik, ha alóla kimosódik a homok.
- A barlangi kiválásokat képviseli még egyetlen borsókőcsoport-töredék.

A triász mészkő szögletes darabjai közvetlenül a barlang falából származhatnak. A kvarc-kavicsok szintén származhatnak a befoglaló kőzetből. Lekerekített formáik lehetnek eredetiek, ha a mészkövet átjáró oldatokból eleve így vált ki a kova. A jól koptatott mészkő kavicsok akár a késő miocén Pannon-tó abrúziós kavicsai is lehetnének, azonban magasabban helyezkednek el a barlangban (a lelőhely 350 m tsz.f.m. körül van), mint amilyen magasról a felszínen ismerjük őket. Az egyik lehetőség, hogy a Pannon-tó magasabban borította el az Edericsi-blokkot, mint ahogy ma mutatják a felszíni üledékmaradványok, és a felszínről került be kavics. A másik, hogy mállással (oldódással) kerekítődtek le a kavicsok. Az aleurolit és homokkő kavicsok az ősmaradványtartalmú kitöltésből származnak, míg a cseppkő és borsókő helyben keletkezett barlangi kiválás.

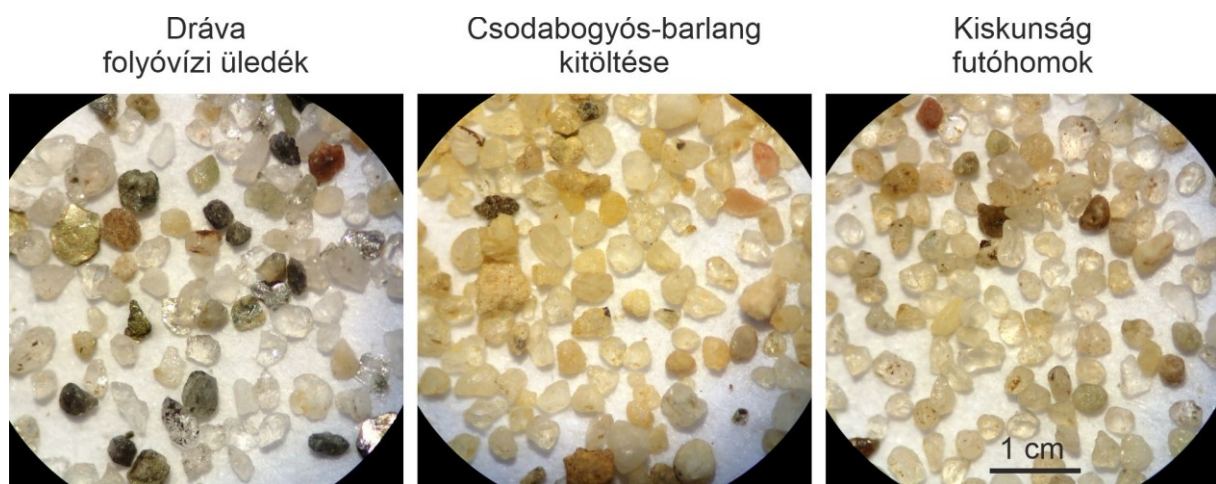
Az üledék homok szemcseméretű és annál finomabb szemű részének a barlangon kívülről kell származnia, ezt külön vizsgáltuk.

A pontos szemcseméret-eloszlás mérését Balogh Richárd végezte a Pécsi Tudományegyetemen Malvern Mastersizer 2000 lézerdiffrakciós szemeloszlásmérő géppel. A szemeloszlásgörbe alapján az üledéket uralkodóan kőzetliszt, kisebb részben homok, alárendelten agyag alkotja (6. ábra).



6. ábra: A Csodabogyós-barlang ősmaradványtartalmú üledékének szemcseméret-eloszlása (csak homok és annál finomabb frakciók)

A homok ásványos összetétele és szemcsealakja információt adhat a szállító közegről, ezért a diagnosztikus mérettartományokat – aprószemű homok, 0,125-0,25 mm és közepesemű homok, 0,25-0,5 mm – sztereomikroszkópban is megvizsgáltuk, és összehasonlítottuk biztosan vízi, illetve szélszállította homokokkal (7. ábra). Ásványtani összetétele alapján viszonylag érett üledéknek minősíthető, mivel a szemcsék anyaga uralkodóan kvarc, csak kis mennyiségben fordul elő más alkotó: csillám – főleg muszkovit, elvértve biotit –, valamint sötét, jórészt limonitnak tűnő sötét kőzettörmelék. A kvarcsemmek között jelentős mennyiségben találunk kerekített, matt felszínűeket. Mind az érettség, mind a matt, koptatott szemcsék szél általi szállításra utalnak (Pye & Tsoar 2009). Az, hogy ha kis mennyiségben is, de jelen vannak kevésbé ellenálló ásványok, mint a csillámok, valamint hogy a kvarcsemmek koptatottsága nem teljes, azt mutatja, hogy viszonylag rövid ideig szállította a szél a homokot. Ez általában jellemző a hazai futóhomokokra, amelyek forrásukhoz közel, rövid szállítódás után rakódtak le (Cholnoky 1940, Marosi 1970, Rónai 1985, Csillag et al. 2008).



7. ábra: A Patakmeder-ág ősmaradványtartalmú üledékének közepesemű homok (0,25-0,5 mm) frakciója sztereomikroszkóp alatt, 40-szeres nagyítással, összehasonlítva vízi, illetve szél által szállított felszíni homokokkal

Lián-terem, üledék

A terem keleti részében kb. 30 cm vastagságban vékonyréteges, kőzetliszt és alárendelten homok szemcseméretű barlangi üledék táru fel (8. ábra). Alsó és felső része párhuzamos rétegzést mutat, közepe keresztarétegzett. A réteglemezkeket keleties irányba – a képeken jobbra – dőlnek, nyugat felől érkező áramlásra utalva. Egy szűkület után a terem nyugati részében, a rétegzett üledéktől csak néhány (10-15) méter távolságra kb. másfél méter magas törmelékkúp látható (9. ábra), amelynek anyaga fentről hullott be a terembe. A törmelékkúpot alkotó üledék szemcsemérete megegyezik a rétegzett kitöltésével. Ez és a ferderétegzésből kiolvasható szállítási irány arra utal, hogy a rétegzett kitöltés anyaga a törmelékkúpból származik, annak áthalmozásával került a mostani helyére.

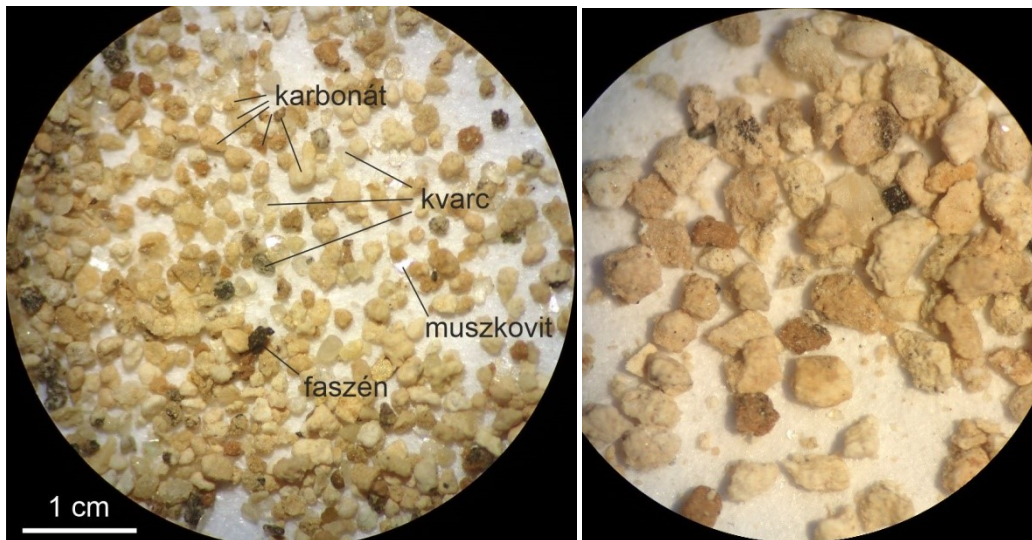


8. ábra: A Lián-terem alsó részének rétegzett üledéksora



9. ábra: Törmelékkúp a Lián-teremben

Mivel a terem a felszín közelében van, és a törmelékkúp fenti üledékforrást mutat, a kitöltés kőzetliszt szemcseméretű részét könnyű lösz áthalmozásából származtatni, ami a fennsíkon több helyen előfordul (Bohn 1979, Sásdi 2020). A homok megjelenése inkább kíván magyarázatot, hiszen az Edericsi-tetőn a löszön kívül nem ismert a triász mészkőnél fiatalabb üledék. Ennek vizsgálatához egy üledékmintából nedves, majd száraz szitálással leválasztottuk az apróhomoktól a durvahomokig terjedő szemcseméret-tartományokat, és sztereomikroszkóp alatt figyeltük meg az összetételüket (10. ábra). A legkisebb frakció (apróhomok, 0,125-0,25 mm) túlnyomórészt karbonáttörmelékéből, emellett kvarcból, csillámból (főleg muszkovit) és faszéntörmelékéből állt. A nagyobb mérettartományokat karbonáttörmelék alkotta. A karbonát porózus, sárgásfehér vagy világosbarna, ez alapján valószínűleg a löszből származik, amiben gyakoriak szoktak lenni a gyökerek vagy állatjártatok mentén kivált mészbepvonatok. A kvarc és a csillámok akár löszből is származhatnak, de az sem kizárt, hogy az ősmaradványokat tartalmazó homok felszíni, nem ismert (fedett) maradványaiból érkeztek, közvetlenül, vagy a löszön keresztül többszöri áthalmozással.

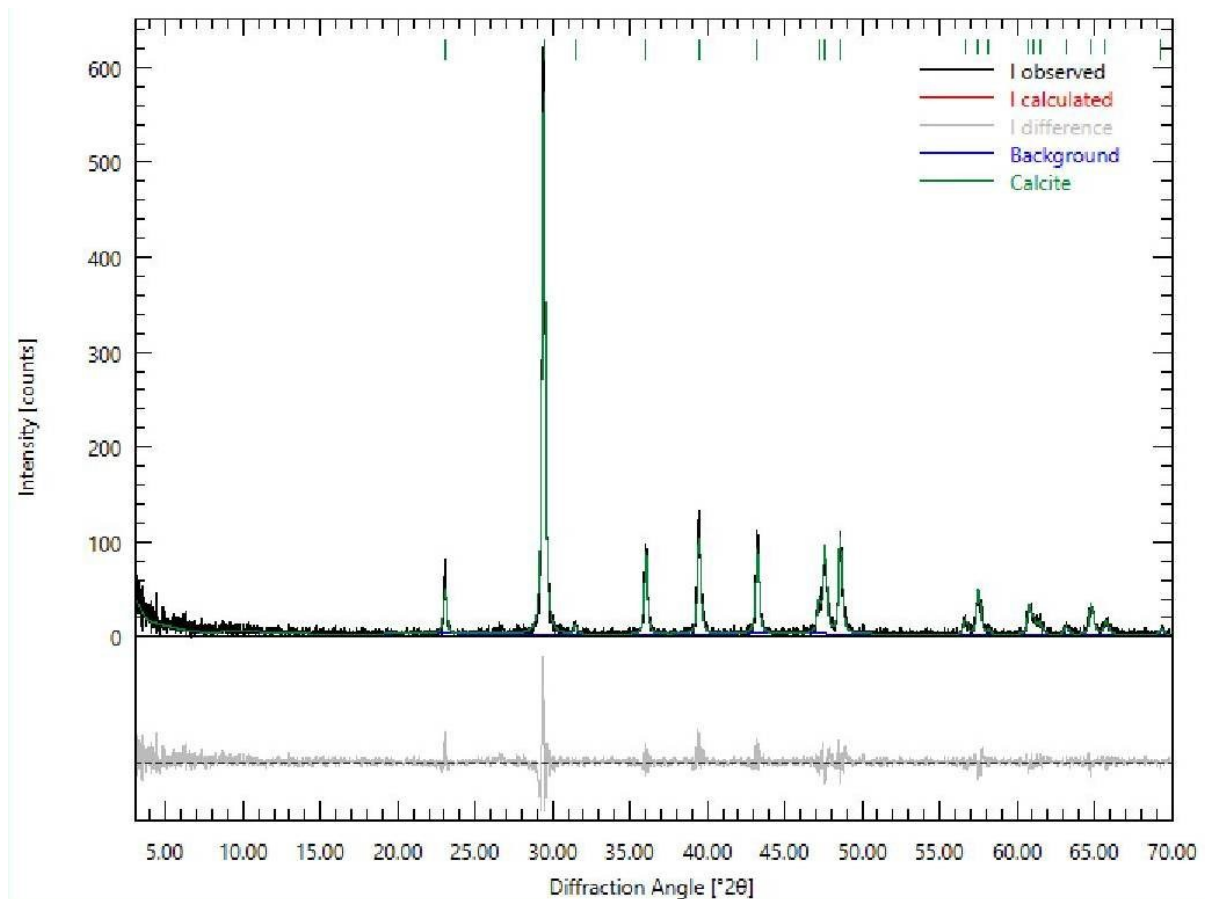


10. ábra: A Lián-terem rétegzett üledékéből az apró- és középszemű homok (0,125-0,25, illetve 0,25-0,5 mm-es mérettartomány) sztereomikroszkópos képe. A körök átmérője 5 cm.

Lián-terem, kiválás a falon

A Lián-terem felső részén a barlang oldal falát és főtétjét több m² felületen fehér, puha, laza, kézzel kenhető anyag borítja. Helyben nem volt eldönthető, hogy ez az anyag kiválás, vagy a barlangot magába foglaló triász mészkő mállott formája. Egy kb. 1 cm³-es darabot elhoztunk vizsgálatra. 10%-os sósavra a minta egy töredék darabja hevesen pezsegve, gyakorlatilag oldási maradék nélkül reagált. Ez annyit jelent, hogy karbonát, ettől még lehet mállott mészkő és kiválás is. A minta ásványtani összetételének megállapítására a Pécsi Tudományegyetemen röntgendiffrakciós (XRD) vizsgálatot kértünk, a mérést Miklósy Ákos technikus végezte.

A mérés szerint a minta uralkodóan kalcitból áll (11. ábra). Ez, valamint könnyű, puha, porózus jellege alapján hegyitej (montmilch) lehet. A kalcit anyagú hegyitej Palmer (2007) szerint keletkezhet oldatból való kiválással, korábbi ásványok helyettesítésével, vagy a befogadó mészkő mállásával. Az első esetben a kiválást a párolgás okozza. A Csodabogyós-barlang vizsgált képződménye kifejezetten huzatos falszakaszon jelenik meg, így keletkezésére ez a magyarázat valószínű. Vélhetőleg az erős huzat miatt nem tartalmaz annyi vizet, mint a típusos hegyitej szokott.



11. ábra: A Lián-terem kiválásának ásványtani összetétele a röntgendiffrakciós vizsgálat szerint

Szerkezetföldtani megfigyelések

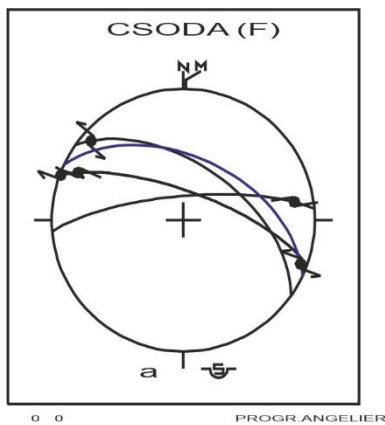
A Csodabogyós-barlang járatai közismerten tektonikusan preformáltak, törések mentén alakultak ki; Kárpát (2003) szerint „A Csodabogyós, a hazai tektonikus barlangok legszebb példája”. A hazai viszonylatban idős (késő miocén) ősmaradvány-együttes miatt fontos kérdés a barlang kialakulása: mikor és hogyan alakulhatott ki a barlang, és mikor és hogyan kerülhetett bele az ősmaradványtartalmú üledék. Ilyen célból szerkezetföldtani megfigyeléseket is végeztünk a barlangban, a Párhuzamszorító – L-akna környékén több szintben, a barlang fő hasadékában ettől ÉNy-ra, valamint a Vetődéses-teremben az Ikarusz-teremig.

A nagyobb járatok falai egyértelműen töréses eredetűek, azonban a víz általi oldás, az üledékrámosódás és a cseppkőképződés miatt az eredeti törésfelszín ritkán látható. Kevés olyan helyet találtunk, ahol mérhető vetőkarcok vannak, és ezek esetében sem sikerült mindegyiknél megállapítani az elvetés irányát. Karcos vetőket megközelítőleg párhuzamos helyzetű, hasonló irányú sziklafelszíneken találtunk, így a létrehozó feszültségtérre csak nagyon korlátozottan következtethetünk belőlük. Minden megfigyelt vetőfelszín vízszinteshez közeli, eltolódásos mozgásra utal (12. ábra, 13. ábra). Az egyik vetőfelszín széles, legömbölyített, elkent, „puha” karcokként emlegetett vetőkarcok borították a máshol jellemző keskeny, éles karcok helyett. Puha karcok a kőzet teljes konszolidációja előtt, félig még képlékeny állapotban szoktak létrejönni. A Keszthelyi-hegységben az üledékképződés idejére jellemző, késő triász feszültségtér húzásos volt, inkább normálvetőket dokumentáltak ebből az időszakból, mint eltolódásokat (Héja et al. 2022). Nem

egyértelmű, hogy a barlangban megfigyelt vető ehhez a deformációs fázishoz lenne köthető, bár a triász feszültségirányok ismeretében nem is zárható ki.



12. ábra: Balos eltolódást mutató vetősík az L-akna mélyebb szintjén



13. ábra: A barlangban mért karcos vetők sztereogramja (alsó félgömbi vetület). A kék szín a „puha” (a teljes kőzettéválás előtt keletkezett) vetőt jelöli.

A mért eltolódásokhoz hasonló irányú síkokon a Keszthelyi-hegységben felszínen mért balos eltolódásokat Héja et al. (2022) a kréta közepi alpi hegységképződési fázis kompressziójához (D3 fázis) kötik, míg a jobbos mozgásokat a Kárpát-medence nyílásával járó középső – késő miocén extenzióhoz (7b fázis). Ahogy írtuk, az elvetés irányát nem minden esetben tudtuk egyértelműen megállapítani a barlangban – az eltérő irányokkal jellemzett mérési eredményeknek lehet oka a megfigyelés bizonytalansága, de a kréta eltolódások miocén felújulása is.

Az eredmények értelmezése

A barlang kora

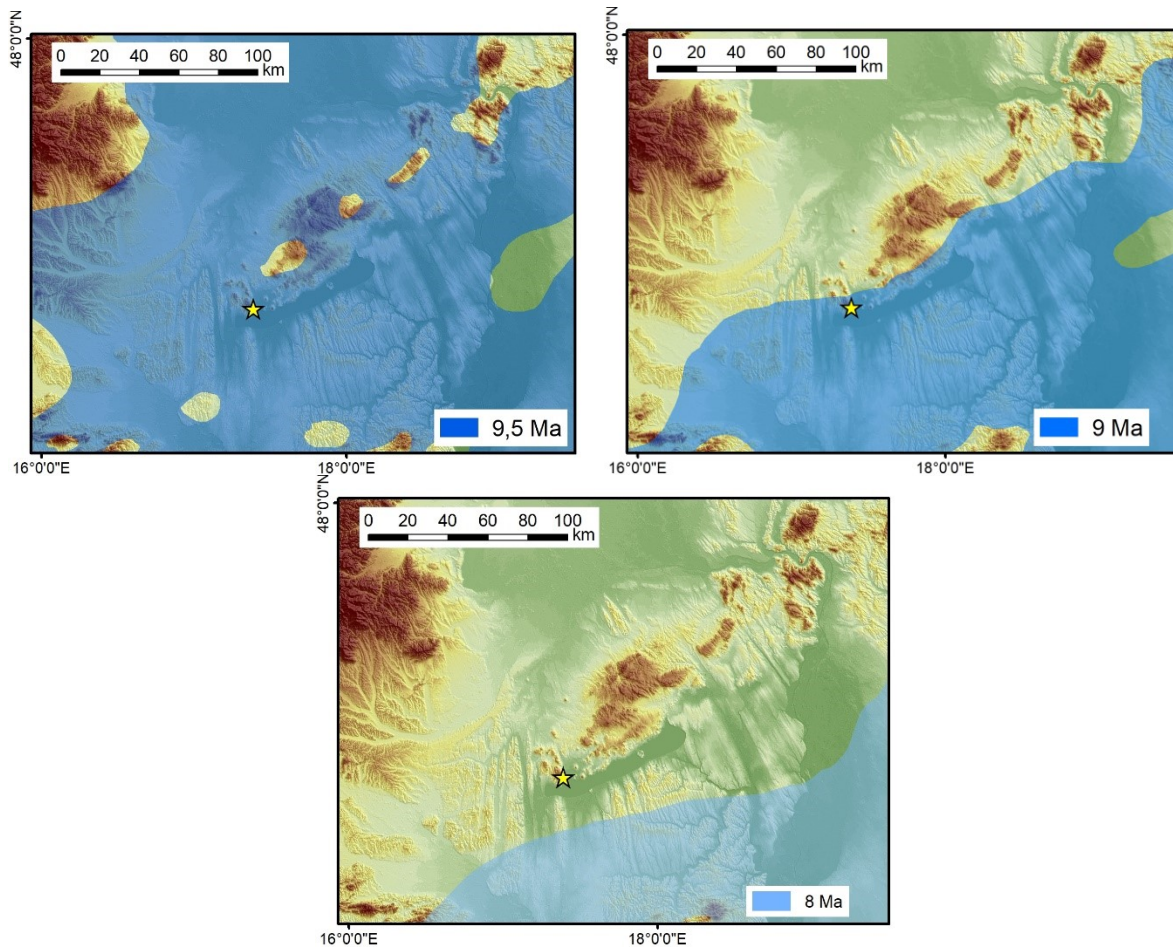
Az üledékből kinyert ősmaradvány-együttes a paleontológiai vizsgálatok szerint egykorú, csak az MN 11 emlőszóna idején (kb. 8,7 – 8 millió évvel ezelőtt) élt taxonok alkotják. Ez arra utal, hogy a csontok és az őket befoglaló üledék ebben az időszakban került be a barlangba: ha később mosódott volna be a felszínről, akkor későbbi fosszíliáknak is kellene lennie az üledékben, a fauna kevert korú lenne. Az igen magas leletsűrűség is barlangi felhalmozódásra utal. Ilyen nagy koncentrációban jellemzően barlangokban szoktak ősmaradványok összegyűlni, ahova a kiemelt helyzet és a jelentéktelen vagy hiányzó vízgyűjtő terület miatt kevés üledék jut be, és az is tovább tud mosódni lefelé kisebb réseken, míg a behulló ősmaradványok fennakadnak és feldúsulnak. Hasonló leletsűrűséget láthatunk Magyarországon például a Villányi-hegység őskarsztos aknabarlangjaiban vagy az Esztramos, vagy ahogy az őslénytani irodalomban ismerik Osztramos-hegy (Rudabányai-hegység) hasadékaiban (Jánossy 1979, Pazonyi et al. 2018).

A barlangnak tehát a 8,7-8 Ma közti időszakban már léteznie kellett. Ennek a tektonikai adatok sem mondanak ellent. A főhasadéknak megfelelő irányú síkokon a jobbos eltolódások a Keszthelyi-hegység Héja et al. (2022) által leírt miocén extenziós fázisához köthetők, amelynek korát nevezett szerzők 14,5 és ~8 Ma közé teszik, tehát az ősmaradványok által jelzett időszakban ez a deformációs fázis még aktív volt. A rekonstruált feszültségmező KDK-NyÉNy-i legnagyobb főfeszültséggel (jelen esetben húzásiránnyal) rendelkezik (Héja et al. 2022, supplement), ebbe beleillik a mért síkok mentén a jobbos eltolódás és az É-D-ies csapású járatok egyszerű extenziós nyílása is.

Ősföldrajz

A késő miocén ősföldrajzi képét a Kárpát-medencében a Pannon-tó határozta meg, amely a medence jelentős részét elborította, csak kisebb magaslatok emelkedtek ki belőle bizonyos ideig szigetként vagy félszigetként. A Csodabogyós-barlang faunája által jelzett időszakban a környéken jelentős ősföldrajzi változások zajlottak, a Pannon-tavat ÉNy felől feltöltő deltarendszer ekkoriban ért a Dunántúli-középhegységhez és haladt túl rajta, a nyílt víz helyett deltasíkságot, majd folyóvízi síkságot hagyva maga után (14. ábra).

A Keszthelyi-hegység vízborítottságáról megoszlanak a vélemények. Magyar (2010) térképein volt olyan időszak, amikor a hegység teljesen víz alá került (14. ábra). Csillag & Nádor (1997) ellenben a legfeljebb 300 m tszf. magasságig előforduló pannon-tavi üledékek alapján arra következtettek, hogy a hegység keleti részét sosem borította el a tó. Az, hogy a Csodabogyós-barlangból csak szárazföldi gerincesek maradványai kerültek elő, arra utal, hogy legalább ebben az időszakban az Edericsi-fennsík kiemelt terület volt. A faunában talált elenyésző számú és kis méretű halmaradvány nem mutat víz jelenlétére, valószínűleg zsákmányként kerülhettek a hegytetőre. Pannon-tavi üledék a barlangban sem őrződött meg, valószínű, hogy korábban sem került víz alá ez a tömb.

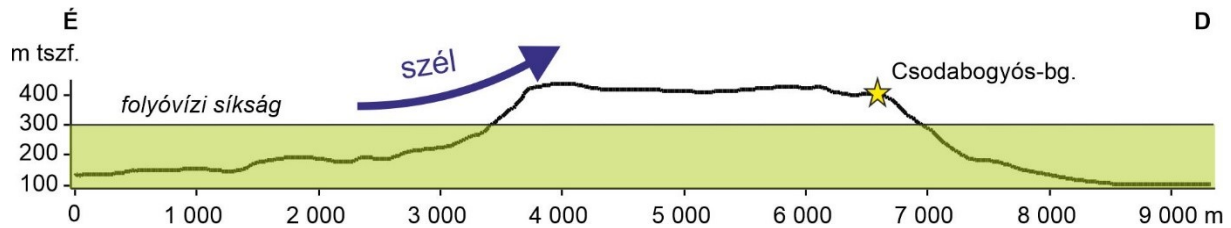


14. ábra: A Pannon-tó kiterjedésének változása a Keszthelyi-hegység környékén a késő miocénben. A tó térképei Magyar (2010) alapján. A csillag a Csodabogyós-barlang helyzetét jelzi.

A Keszthelyi-hegység morfológiája a késő miocénben hasonló lehetett a maihoz, erre utalnak azok az abrázíós kavics előfordulások körben a hegységperemeken, amiket a Pannon-tó hullámverése hozott létre (Budai et al. 1999a). A hegységen belül az egyes blokkok egymáshoz viszonyított magassága ugyanakkor eltért a maiétól: a Csodabogyós-barlangot is magában foglaló Edericsi-fennsík tömbje lehetett a legmagasabb helyzetben, míg a hegység nyugati részét elborította a Pannon-tó (Csillag & Nádor 1997). A jelenlegi magassági viszonyok a késő miocén során és után zajlott, területenként eltérő mértékű függőleges mozgások nyomán jöttek létre (Fodor et al. 2021, Héja et al. 2022).

Magyarázatot kíván, hogy hogyan kerül üledék egy, a környezetéből legalább 100 m-rel kiemelkedő karsztfennsíkon nyíló barlangba. A Csodabogyós-barlang ősmaradványos üledéke szemcseméretét tekintve uralkodóan kőzetlisztből áll, ez a szél által szállított por jellemző szemcsemérete. Ahogy fentebb bemutattuk, az üledék kisebb részét alkotó homok a szél általi szállítás jegyeit mutatja. Bár a futóhomok általában csak közvetlen a földfelszín fölött szállítódik, nem a magas légkörben, mint a por, ismert, hogy megfelelő szélsébség esetén felfelé is tud vándorolni és elszigetelt tetőkön is fel tud halmozódni. A közelben például az Agár-tetőről vagy a Gerecse ÉNy-i pereméről ismerünk futóhomok-felhalmozódást (Sebe et al. 2011, Csillag et al. 2018). A szél akár a Pannon-tó partjáról, akár annak feltöltődése után a száraz évszakban a folyóvízi síkság ártereiről

felhordhatta a kőzetlisztet (iszapot) és homokot az Edericsi-fennsíkra (15. ábra). Eolikus szállítással tehát jól magyarázható a Csodabogyós üledékének eredete.



15. ábra: Az Edericsi-fennsík tömbjének metszete a késő miocén idején

A Pannon-tó feltöltődése után a Keszthelyi-hegység nem került többet víz alá, a Csodabogyós-barlang felső száz métere pedig jó eséllyel mindig is a vadózus zónában helyezkedett el. Valószínűleg ennek köszönhető, hogy a járatok nyitva tudtak maradni, nem teltek fel üledékkel, és a késő miocén homok sem mosódott ki teljesen a barlangból.

Irodalom

- Bohn P. 1979: A Keszthelyi-hegység regionális földtana. *Geologica Hungarica Series Geologica* 19, 198 p.
- Budai T., Csillag G., Dudko A., Koloszar L. 1999a: A Balaton-felvidék földtani térképe. 1:50 000. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- Budai T., Császár G., Csillag G., Dudko A., Koloszar L., Majoros Gy. 1999b: A Balaton-felvidék földtana. Magyarászó a Balaton-felvidék földtani térképéhez, 1:50 000. Magyar Állami Földtani Intézet Alkalmi Kiadvány 197, 257 p.
- Cholnoky J. 1940: A futóhomok elterjedése. *Földtani Közlöny* 70, 258–294.
- Csillag, G., Nádor, A. 1997: Multi-phase geomorphological evolution of the Keszthely Mountains, SW-Transdanubia and karstic recharge of the Hévíz lake. *Zeitschrift für Geomorphologie Suppl. Band. 110*, 15–26.
- Csillag G., Fodor L., Kordos L., Lantos Z., Selmecei I., Sztanó O., Thamóné Bozsó E. 2008: Kvarter. In: Budai T., Fodor L., Császár G., Csillag G., Gál N., Kercksmár Zs., Kordos L., Pálfalvi S., Selmecei I.: A Vértes hegység földtana. Magyarászó a Vértes hegység földtani térképéhez (1:50 000). Magyarország Tájegységi Térképsorozata, Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest, pp. 114–134.
- Csillag G., Fodor L., Kele S., Budai T., Kaiser M., Thamóné Bozsó E., Ruzkiczay-Rüdiger Zs., Sásdi L., Török Á., Lantos Z., Babinszki E. 2018: Pliocén–Kvarter. In: Budai T., Fodor L., Sztanó O., Kercksmár Zs., Császár G., Csillag G., Gál N., Kele S., Kiszely M., Selmecei I., Babinszki E., Thamóné Bozsó E., Lantos Z.: A Gerecse hegység földtana. Magyarászó a Gerecse hegység földtani térképéhez (1:50 000). Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat, Budapest, pp. 131–168.
- Fodor L., Balázs A., Csillag G., Dunkl I., Héja G., Jelen B., Kelemen P., Kövér Sz., Németh A., Nyíri D., Selmecei I., Trajanova, M., Vrabec, M., Vrabec, M. 2021: Crustal exhumation and depocenter migration from the Alpine orogenic margin towards the Pannonian extensional back-arc basin controlled by inheritance. *Global and Planetary Change* 201, 103475, 31 p.
- Jánossy D. 1979. A magyarországi pleisztocén tagolása gerinces faunák alapján. Akadémiai Kiadó, Budapest, 206 p.

- Kárpát J. 2003: Csodabogyós-barlang. In: Székely K. (szerk.): Magyarország fokozottan védett barlangjai. Mezőgazda, Budapest, pp. 375–378.
- Magyar I. 2010: A Pannon-medence ősföldrajza és környezeti viszonyai a késő miocénben. Geolitera Kiadó, Szeged, 140 p.
- Marosi, S., 1970. Belső-Somogy kialakulása és felszínalaktana. Akadémiai Kiadó, Budapest. 158 p.
- Palmer, A.N. 2007: Cave geology. Cave Books, Dayton, Ohio, 454 p.
- Pazonyi P., Virág A., Gere K., Botfalvai G., Sebe K., Szentesi Z., Mészáros L., Botka D., Gasparik M., Korecz L. 2018: Sedimentological, taphonomical and palaeoecological aspects of the late early Pleistocene vertebrate fauna from the Somssich Hill 2 site (South Hungary). *Comptes Rendus Palevol* 17/4–5, 296–309.
- Pye, K., Tsoar, H. 2009: Aeolian Sand and Sand Dunes. Springer, Berlin–Heidelberg, 458 p.
- Rónai, A., 1985. Az Alföld negyedidőszaki földtana. *Geologica Hungarica Series Geologica* 21, 446 p.
- Sásdi L. 2020: A Keszthelyi-hegység karsztja és fejlődéstörténete. *Karszt és Barlang* 2015–16, 33–52.
- Sebe K., Csillag G., Thamóné Bozsó E. 2011: Platóhelyzetű eolikus üledékek és formák a Dunántúli-középhegységben. *Földtani Közöny* 141/4, 393–399.

Osodabogócs - barlang 2023.08.28.

Felkészülés: Palacska, Zsolt, Sebe Kristina, Hír Felics, Tardos, Borsos, Habsz, Főzős, Ba, Fülán, Foki, Kataly, Bikósd, Gabai, Fedla

12⁰⁰ körül meztünk le a barlangba. A Patakmeder - debar megkeressük a tervezett kiutazott pontokat, az asztalokba vetjük a hintát → minden pontból 4-5 db (Osodabogócs 1-4). Ezzellett találtunk több csótót, fészt, tekécs-péncel darabot egy új ponton is (Osodabogócs 5 → Cs. 4-től 3 méterre F-ra (Patakmeder-ág végé). Jelek próbavinta, Madzsa, al körbekentetük a vándorlási pontokat (Piro + Jani dokumentáció + vándorlás foci, fül, karett, Fedra → Zsolt + Krista elment vándorkártyát venni.

14⁰⁰ elhagytuk a barlangot. Zsolt, Sebe, Borsos, Krista, Főzős, Hír Felics, Békony, Barlang, vándorkártyát, BFNP → Zsolt, Sebe, Fülán, Gabai, Bikósd, Kataly, Foki, Habsz (20⁰⁰)

2023.08.29.

Felkészülés: vízszeltek a Patakmeder - az előző: - Borpaddis - Kőgörcsög Sebe - Sajnos kővek nincsenek (a kővek mindent lefedtek). Fő leve

Földradaros nézés (Bauer Mára)

Szell-lík: a kaszárnyától kb. 10 m-re van → nagyra van ütközök (Pala perit leket!). A szell-lík járata becsatlakozik a Cs. b. Radnarekbe, de nincs áttörve az átjáró, fő leve ide is lemechi.