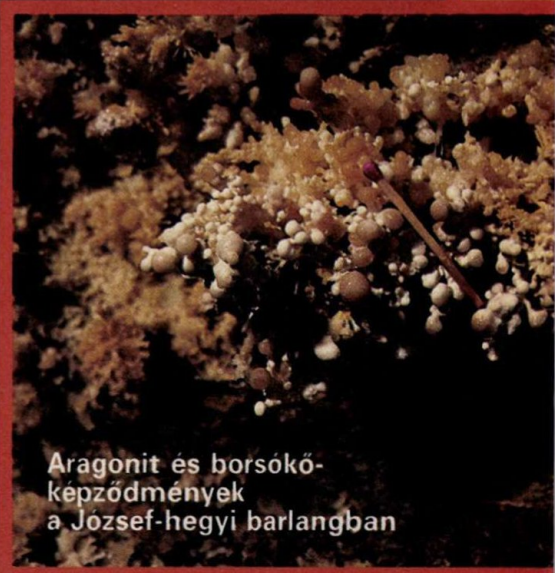




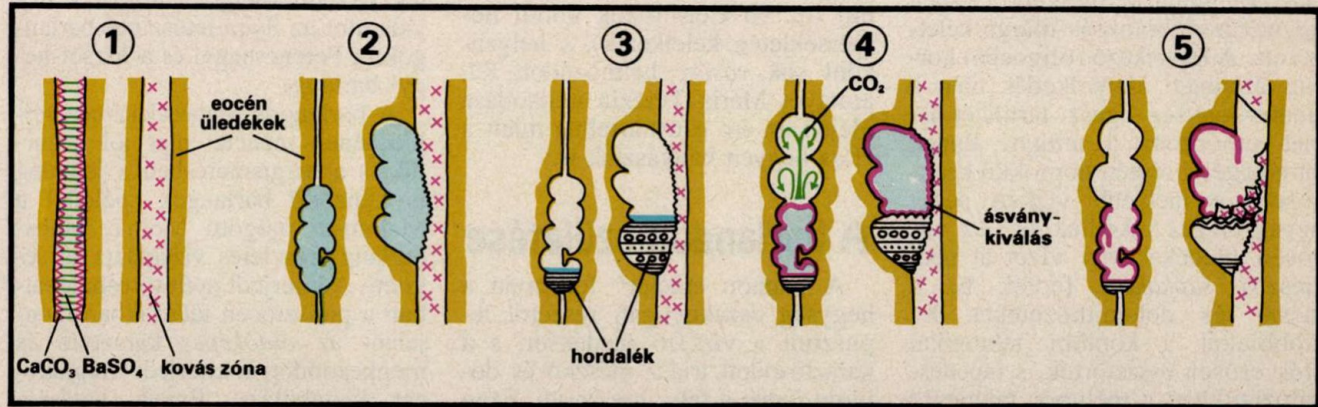
Jelenleg is képződő cseppkövek a Pál-völgyi barlangban (Dr. Hazslinszky Tamás felvételei)



Aragonit és borsókóképződmények a József-hegyi barlangban

A BUDAI-HEGYSÉG KARSZTBARLANGJAI

A Rózsadomb barlangjainak kialakulása: 1. miocén kori ásványkiválás: a. kalcit, barit és b. kovásodás; 2. pleisztocén kori üregesedés: a. Szemlő-hegyi barlangi típus és b. Pál-völgyi barlangi típus; 3. víznyelés működés, kitöltődés; 4. ásványkiválás (kalcit, aragonit), gömbfülkeképződés; 5. kiemelkedés utáni jelenlegi állapot



Fővárosunkat gyakorta fürdővárosként, vagy a barlangok városaként emlegetik, s mindkét elnevezés jogos. A Budapest területén létesített számos gyógyfürdő a Budai-hegység keleti peremén forrásokból felszínre ömlő, illetve hévízkatuk által termelt, összesen percenként 35 000 liter hozamú langyos és meleg vizet használ fel. Ugyanakkor a hegyvidéki területen — elsősorban a Rózsadomb vidékén — több mint 25 kilométernyi barlangjáratot ismerünk.

A Budai-hegység fő tömegét alkotó, jelentős karsztvíztározó képességű *mész- és dolomit* képződmények mintegy 200 millió éve keletkeztek a triász időszak utolsó harmadában. Területünk akkor az egykori Tethys-tenger medencéjében helyezkedett el. A trópusi sekélytengerben több ezer méter vastagságban ülepedett le a mész- és dolomit anyaga, mely nagyobb részben elpusztult élőlények mészvázaiából áll. (A júra és a kréta időszak képződményei hiányoznak.)

A kréta végén — 65 millió éve — a terület tektonikai mozgások során *kiemelkedett*, s a szárazra került mész- és dolomit felszínén megindult a karsztosodás. Ennek bizonyítékai a töbrök — tálszerű lefolyástalan mélyedések — például a Hunyad-oromnál és Pilisszentivánnál, és az egykori víznyelő- és *barlangroncsok* az Apáthy-sziklánál és Csillaghegyen. Ezeket az 50—60 millió éve keletkezett karsztformákat az *eocén* korban áthalmazott és lerakódott bauxit, valamint a később tért hódító tenger üledékei befedték és megvédték a lepusztulástól.

A trópusi jellegű eocén tengerben mészalgák, kagylók és tengeri sünök maradványait tartalmazó *mész*, majd a mélyebb vízben úgynevezett bryozoos márga keletkezett. A következő (oligocén) korban átmeneti kiemelkedés után a Budai-hegység egész területét ismét elborította a tenger. Ennek partszegélyi részén homokkő keletkezett, a mélyebb vízben pedig *agyagrétegek* rakódtak le. Az oligocén üledékek egy vizet át nem eresztő *sapkaként* fedték be a mész- és dolomitközeteket. Ez utóbbiakat a korábbi tektonikai erők erősen összetörték, s repedéshálózatukban a mélyből feláramló

hévízek könnyedén áramolhattak. A termális vizek megjelenése — az eddigi vizsgálatok szerint — a Szentendre—Visegrád-hegységi (miocén) vulkanizmusnak tulajdonítható. A vizek a vulkanizmus során felszabaduló hő hatására melegedtek föl, oldóképességüket a mélyben kőzetátalakulás (metamorfózis) során felszabaduló és a vízben elnyelődő szén-dioxid (CO_2) növelte meg.

Kioldás, ásványkiválás

Kezdetben csak kisebb üregek oldódtak ki a törésvonalak mentén, a jelenleg ismert kis számú üreg mérete csak néhány köbméter (így például a Barit-barlangé). Az üregesedés után megváltozott a víz kémiai összetétele, túltelítetté vált, s megkezdődött az *ásványkiválás*: ennek első fázisában több centiméteres *kalcitkristályok* keletkeztek; a kristályokban bezáródott folyadék- és gázrészecskék vizsgálata alapján a kiválás 130 Celsius-fok körüli hőmérsékleten ment végbe.

A kiválás második fázisában erőteljes kovásodás zajlott le. A kova — a vizsgálatok szerint — igen savanyú (3-as pH-jú) oldatból vált ki, amely oldat a mész- és a márga töréshálózatában áramlott; eközben kioldotta azok mésztartalmát, ennek helyébe vált ki a feláramló hévízek kovaanyaga (SiO_2). Ily módon 1-2 méter széles elkovásodott sávok jöttek létre, amelyek a Budai-hegység kőfejtőiben és barlangjaiban jól megfigyelhetők.

Később a hegység emelkedése során a feláramló hévízek hőmérséklete csökkenni kezdett, s belőlük teléreként újabb változatos ásványok váltak ki; fő alkotói a *kalcit* (CaCO_3) és a *barit* (BaSO_4). Zárványként metacinná *barit* is előfordul (ez 90 Celsius-fok körüli hőmérsékleten keletkezik), s helyenként sok *vasérc* halmozódott fel, amelyet Mária Terézia uralkodása idején az érc ezüsttartalma miatt a Hárs-hegyen bányásztak is.

A barlangok születése

A pannon emelet* folyamán a hegység északnyugati részéről lepusztult a vízzáró üledéksor, s a karsztosodott triász mész- és dolomit ismét a felszínre került. Ezen

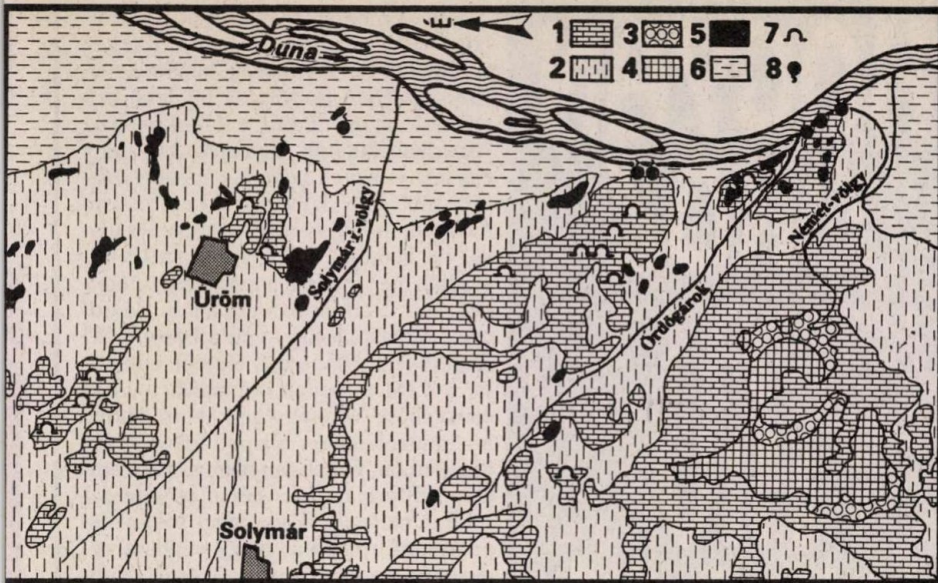
időponttól számíthatjuk a Budai-hegység területén található nagyméretű, kiterjedt barlanghálózatok kialakulását.

A karsztosodó felszínre hullott csapadék egy része beszivárgott a kőzetek repedéshálózataiba, s a különböző szinteken a karsztos térszín felszíni legmélyebb pontja felé visszaáramlott; ott nagyhozamú, 30-35 Celsius-fokos vizű karsztforrásokban bukkant ismét felszínre.

A víz egy része közvetlenül karsztvízszinten áramlott, a többi pedig az úgynevezett *mélykarsztba* jutott le, ahol több száz vagy akár egy-két ezer méteres mélységben tetemes mennyiségű hőt nyelt el. A forrás felé — felfelé — áramolva a különböző hőmérsékletű és kémiai összetételű vizek *keveredtek* egymással, ennek következtében szabad szén-dioxid keletkezett, s ez a keveredő vizeket újra agresszívává, oldóképessé tette. Így oldódtak ki a barlangok hatalmas üregei. Az oldatba kerülő mészsavanyú karsztforrások által táplált tavakban vált ki, nagy kiterjedésű *édesvízi mészkőtakarókat* hozva létre, mint például a Szabadság-hegy tetőjén. Akkoriban ez a terület rész volt a legmélyebb pontja a régióknak, pedig szinte a legmagasabb (kb. 450 m). Ebben az időszakban azok a barlangok jöhettek létre, amelyek az édesvízi mészkővel ma közel egy szintben helyezkednek el; ilyen például a 450 méter tengerszint fölötti bejárati magasságú Bátor-barlang.

Később a Budai-hegység területére újra emelkedni kezdett, s az erózióbázis szintje a mai 240 méteres magasságban állapodott meg; ez a szint vált a következő üregesedés szintjévé. Erre az időszakra utalnak a 240 méteres magasságban elhelyezkedő édesvízi mészkőszintek (Szemlő-hegy, Törökvesz út), valamint az ilyen tetőszintű barlangok (a Ferenc-hegyi és a József-hegyi barlang).

A barlangok kialakulásának, fejlődésének menetét már jól ismerjük, s a megismerésben a jelenleg is képződő barlangok (például a Malom-tó mögötti Molnár János-barlang) részletes vizsgálata is segített. A kiterjedt nyílt töréshálózatban a pleisztocén időszakban megjelent az *oldóképes* karsztvíz és megkezdődött a kiterjedt üreghálózat kialakulása. Ennek hatására



rendszerűen elhelyezkedő *kagylós* oldási formák (Ferenc-hegyi barlang) és 5—100 centiméteres átmérőjű *üstös* oldásformák jöttek létre. Az oldott mésztufák lerakó karsztforrásokban jutott felszínre; ezek a mésztufák (édesvízi mészkő) a bennük található csigafauna alapján általában az interglaciális időszakokban keletkeztek. Az üregesedés után részleges karsztvízszintcsökkenés mutatható ki, a járatok tetemes hányada *szárazra került*. Ekkor a felszínre nyíló repedéseken keresztül *víznyelős* működés indult meg, a bűvópatakok jelentős mennyiségű patakfordalékot sodortak be a barlangokba, mely — részben teljesen — eltömte a járatokat. Ez a folyamat az alsó pleisztocénban történt a patakfordalékból előkerült gerinces állatok maradványainak tanúsága szerint. Később — néhány ezer év múlva — a járatok ismét *víz alá kerültek* — minden valószínűség szerint egy újabb eljegesedési hullám idején. A szilárd csapadék jelenléte, a hideg és a talajfagy miatt erősen csökkent a beszivárgás és csökkent a források vízhozama, a járatokban pangó karsztvíz pedig egyre töményebbé vált. A kémiaiag túltelített vízből ismét megindult a járatok falain az ásványok kiválása. Kezdetben rétegzett ásványi kéreg rakódott le, majd az

A Budai-hegység vázlatos földtani felépítése: 1. triász és eo-cén karsztosodó kőzetek; 2. oligocén vízzáró üledékek; 3. pannon kavicsos üledék; 4. pannon mésztufa; 5. pleisztocén mésztufa; 6. óholocén folyami üledék; 7. karsztforrás; 8. jelentős barlang

ásványosodás előrehaladtával szőlőfűrtszerű kalcit vagy aragonit anyagú borsóköképződmények és karfiolszerű alakzatok, valamint aragonitkristályok keletkeztek. Az, hogy kalcit vagy aragonit keletkezett-e, a víz hőmérsékletétől, illetve stroncium- és magnéziumtartalmától függött.

Amennyiben a víz fölött légtér járat volt, akkor a víz felszínén vékony ásványhártya alakult ki. Ha változott a vízszint, akkor a fel szálló buborékok vagy lehulló kődarabok megzavarhatták a víztükröt nyugalmát, a hártya összetört, és lesüllyedve a járat alján halmozódott fel. Állandó csepegésű pont alatt a felhalmozódó lemez-töredékek karácsonyfa alakú halmazokat hoztak létre (Szemlő-hegyi és József-hegyi barlang).

Helyenként a buborék-feláramlási csatornák (Mátyás-hegyi, Pál-völgyi barlang), másutt buborék-feláramlási csövek (Ferenc-hegyi barlang) jöttek létre. Itt és a Szem-

lő-hegyi barlangban a vízből kiváló és feláramló CO₂ a járat légterében halmozódott fel. A járatfalon elhelyezkedő vízfilm ennek egy részét elnyelte, így az áramló víz újra oldóképesé vált, s akár több méter átmérőjű gömbfülkék is kioldódhattak.

Édesvízi mészkőben

Az ásványkiválási szakasz után újabb vízszintcsökkenés következett be, s a karsztvízszint a mai 160 méteres szinten állapodott meg; ezen új, mésztufát lerakó források törtek föl. (Vár-hegy és Kiscelli-fennsík). Ez a folyamat mintegy 350 000 éve zajlott le. Ekkor újabb barlangok keletkeztek, közülük legérdekesebb a Vár barlangrendszere, mely a mésztufában az Ördög-árok terasz kavicsa és a rátelepülő mésztufa határán alakult ki.

A rózsadombi barlangok egy részében *gipsz* kristályosodott ki ebben az időszakban. A József-hegyi barlang hajszálvékony szálakból álló gipszfürtjeiről, akár 70 centiméteres kristályairól és centiméternyi vastag bevonatairól ma már az látszik valószínűnek, hogy a gipsz a levegő aeroszoltartalmából vált ki.

A már említett 160 méteres szinten fakadó források működése hozzávetőlegesen 190 000 évig tartott. A karsztvízszint kisebb megszakításokkal újra csökkent, s ezt az alacsonyabb szinteken kis kiterjedésű mésztufa előfordulások is bizonyítják (pl. a Bécsi-út környékén). A karsztvíz jelenlegi szintjén napjainkban is képződnek barlangok.

Budapest területén a Budai-hegység keleti peremén ma is több mint 60, különböző hozamú és hőmérsékletű karsztforrás fakad, amelyeknek ősei a világhírű budai barlangokat hozták létre. A források — melyeknek gyógyhatását már a rómaiak is felismerték — felbecsülhetetlen természeti értékek. Tisztaságuk, gyógyerejük megőrzése napjaink feladata.

Sásdi László