

# Reflexiók az Aggteleki Nemzeti Parkhoz

Örömmel írom le: 1985. január elsején végre nemzeti parkká lett az Aggteleki-karszt. Azért „végre”, mert már évszázaddal ezelőtt azzá kellett volna lennie. Hiszen a térségnek nemcsak hazánk viszonylatában, hanem nemzetközi mércével mérve is méltó adottságai vannak ahhoz, hogy páratlan természeti kincsei a legmegfelelőbb gondozási-fejlesztési keretek közé kerüljenek. Az Aggteleki-karsztvidék nem csupán egyike a Föld számtalan karsztjainak, hanem sajátos és egyedi geológiai, morfológiai és bioökológiai jelenségcsoportjai szinte egyedülállóak. Nem tájékozatlanságból fogalmazott tehát Aggtelekről elragadtatott hangnemből Trevor Lloyd kanadai geográfus professzor, midőn európai tanulmányútjának tapasztalatait értékelve az alábbiakat írta hazánkba küldött beszámoló levelében:

„Európában tett egész utazásom folyamán legmélyebb és legmaradandóbb benyomásaimat az Önök aggteleki cseppkőbarlangjában nyertem. Mély meggyőződésemmé vált, hogy kicsiny országuk ebben a barlangban olyan egyedülálló föld alatti kincssel rendelkezik, amilyennel csak Földünk kivételes kontinense dicsekedhet, és amely méltó arra, hogy az egész világ megismerje és csodájára járjon. Barlangjuknak nemcsak a tudományos jelentősége nagy, hanem föld alatti üregeinek hatalmas horizontja, a kristályos és színekben gazdag cseppkőképződmények lenyűgöző tömege a laikusokat is rádobenteti arra, hogy a természetnek ezt a páratlan remekművét ugyanazok a geológiai erők és folyamatok hozták létre, amelyek az egész földkéreg fejlődésében ma is részt vesznek. Az aggteleki cseppkőbarlang megérdemli, hogy egy sorban említsük a Föld legnagyobb földrajzi jelenségeivel, a coloradói Grand Canyonnal, a Niagara-vízeséssel vagy a Yellowstone Park híres gejzireivel.”

Természetesen a Trevor Lloyd által megismert Baradla-barlang nem azonos az Aggteleki Nemzeti Park egészével, hanem csupán része annak. A nemzeti park széles határainak kítűzői azonban jól tudták, hogy az Észak-borsodi-karsztvidéknek a Baradla csupán csak az egyik – a legrégebben ismert – reprezentánsa, ám ez a táj még további pazar geológiai és biológiai gyöngyszemek gazdag tárháza is. Ha csak a 9 km-es cseppkőpompás Béke-barlangra, az eróziós sziklaformákban oly változatos, csaknem 3 km-es égerszögi Szabadság-barlangra vagy a szintén kilométeres nagyságrendben már megismert tavas jászvafői

Kossuth-barlangra, a több emeletes Vass Imre-barlangra, a baradlai szifonos Alsó-barlangra és a gyönyörű bódvaszilasi Meteor-barlangra utalunk, máris egy olyan izgalmas és mindmáig csak a kutatók által megpillantott kiterjedt föld alatti mesebirodalom körvonalaira villantunk fényt, amely joggal tarthat igényt valahány hazáját megismerni vágyó magyar, de külföldi vendégünk csodálatára is. A nemzeti parkká nyilvánítással talán eljött az idő és a lehetőség is arra, hogy értékeink végre csakugyan a köz szakszerűen ápolat, hozzáférhető kincseivé váljanak. Kívánom jó szívvel: így legyen!

A park területének kijelölésekor azt is figyelembe kellett venni, hogy a föld alatti és a felszíni tájadottságok és tájalakító folyamatok itt *elválaszthatatlan funkcionális kölcsönhatási rendszerekben* állanak egymással; olyannyira, hogy a többi nemzeti parkunkkal ellentétben Aggteleken nem is elegendő egy kétdimenziós felszíni táj hagyományos védelmi és gondozási igényabszonjait alkalmazni, hanem meg kell tanulnunk a *háromdimenziós táj sajátos követelményszintjén* gondolkodni

és cselekedni. *Egy nagyszabású térbeli hidrográfiai rendszer tevékenységének sokrétű jelenségcsoportjai* fejlődtek ki az Aggteleki-karszton, ezeknek minden velejáró másod- és harmadlagos visszacsatolású következményeivel. Ez valóban az első olyan nemzeti parkunk, ahol a védelem, a bemutatás, a gondozás és a fejlesztés valamennyi lépcsőjében csakugyan a háromdimenziós összefüggési, egymásrautaltsági kapcsolatok sokoldalú megértéséből kiindulva kell a konkrét feladatokat és fejlesztési-kezelési koncepciókat kialakítani.

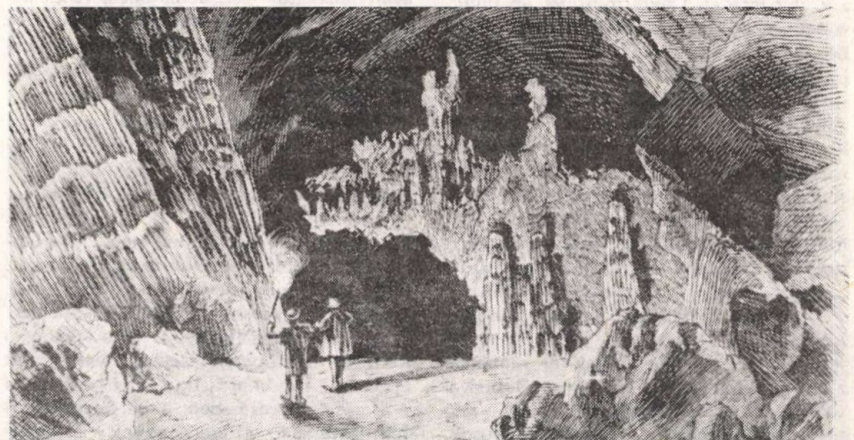
Legyen szabad állításaim igazolására az alábbiakban néhány ilyen szoros felszíni és felszín alatti funkcionális kapcsolatrendszer kiemelnem az Aggteleki-Karsztra jellemző sok hasonló sajátos – ma is érvényesülő – összefüggési láncolatból. Teszem ezt különösen azért, mert tudományos meggyőződésemmé, hogy az itt bemutatott kapcsolatrendszerekből sok olyan konzekvencia adódhat, amelyeket a táj időállóra távlatosított kezelési elképzeléseiben érvényre lehet és kell is juttatni.

## A táj felszín alatti kiüregesedésének oki kapcsolatai a karszton kívül eső szomszédos földrajzi térségekkel

A karsztbarlangok keletkezési módját értelmező közismereti szintű régebbi tudományos felfogások a legnagyobb mészkőbarlangok üregeinek képződését ha-

gyományosan a kőzetbe beszivárgott atmoszferikus vizek mészkőoldó (korróziós) tevékenységével azonosították. Csak hogy ezt a klasszikus barlanggenetikai elméletet

A Cerberus-fej elnevezésű képződmény múlt századi rajza. Az alakzat fejét azóta a barlang látogatói letördelték.



nemrégben kritikus csapás érte. Amidőn ugyanis századunk hatvanas és hetvenes éveiben — a különböző kontinenseken csaknem egyidejűleg — a kőzetbe szivárgott vizek vegyi összetétel-változásait kiterjedten ellenőrizni is kezdték, bebizonyosodott, hogy a mészkőzetek réseibe szivárgó vizek nagyon hamar, szinte már néhány méter mélységben mésztelített oldatokká válnak. A mi közép-európai karsztjainkban ennek a felszín közeli oldási övezetnek az alsó határa ritkán terjed 15–25 m-nél mélyebbre. Ha tehát a telített mészoldat még mélyebbre szivárog, ott már nem képes — legfeljebb csak speciális elegyedési körülmények között — további kőzetet feloldani. Így azután a többnyire száz vagy még több m mélységben rejtőző barlanghorizontig is alászivárgó víz ott a legtöbb esetben már oldásképtelen. Ezt bizonyítja az is, hogy a mélybe került „karsztvíz” újabb oldás helyett most inkább lerakja a felülről szállított oldott ásványi anyagait. A barlangtérben aláhulló karsztvízcseppek millióinak mészüledékéből így rakódnak össze a cseppkövek. Mindez Aggteleken is megfigyelhető. Vagyis a barlang *küiregese*dése nem vezethető vissza a mélybe szivárgott karsztvizek oldó munkájára.

Jórészt hazai kutatások eredményeként bebizonyosodott az is, hogy a legtöbb esetben az üregrendszereket valami más, külső *idegen vízgűjtőről* származó és már ott *koncentrálódott vízfolyás* sodra mossa ki a viszonylag alacsony kopássalálló mészkőrétegek belsejében, mégpedig első sorban a karszt közetréshálózataiba beömlő patakok szilárd hordalékának csiszoló-koptató *eróziójával*. Azaz a barlang nem *oldásproduktum*, hanem *egyszerű eróziós patak völgy, folyómeder a felszín alatt*. A felszín alá erodálódott folyóágya a lineáris medererózió minden ismételt kanyarulatok lefűződése stb.). A legtöbb mészkőbarlangrendszer tehát *nem is feltétlen karsztjelenség*, hiszen csakis az olyan karsztokban keletkezik, amelyeknek *karszton kívüli* táplálása, szilárd hordalék-csemecskéket szállító víz hozzáfolyási rendszerei is vannak.

Az efféle aktívan „bedolgozó” szomszédságú karsztokat B-típusú vagy exogén (allogén) karsztoknak nevezzük, szemben a barlangszegény A-típusú vagy endogén (autogén) karsztokkal, amelyek denudálódási és formasajátosságait viszont szinte kizárólagosan a saját felszínükre hullott és ott elszivárgott csapadékok korróziója munkálja. A B-típusú karsztok természetesen bőven tartalmazhatnak korróziós (az A-típusú karsztokra kizárólagosan jellemző) karsztos mikro- és makroformákat (karr-jelenségek, oldásos dolinák stb.) is. Ezzel szemben az A-típusú karsztokból a barlangokon kívül hiányoznak a víznyelő vakvölgyek (ponorok), a többé-kevésbé meredek oldalú karsztvölgyek (karsztszurdokok), sőt többnyire a „sordolinák” is.

Az Aggteleki-karsztvidék nagy része igen jellegzetes B-típusú (exogén) karszt, ami egyértelművé teszi, hogy meghatározó felszíni geomorfológiai bélyegeinek



A karsztvidék felszínén hajdan dús erdő élt, a fák gyökerei csőszerű lyukakat oldottak a kemény mészkőbe. Ezek a „gyökérkarrok” az elkopásítás következtében ma már nem fejlődnek.

(karsztjelenségeinek) egy részét, hasonlóan a felszín alatti barlanghálózatok üregeihez, nem a triász kori mészkőhegység felszínére hullott és ott beszivárgott csapadékvizek korróziója, hanem külső, *karszton kívüli* vízgűjtő felszínekről odafolyt vizek eróziós munkája alakította ki. A Baradla-barlangnak például összesen 18,36 km<sup>2</sup>-nyi magyarországi felszíni vízgűjtő területe van, de ebből csak 7,95 km<sup>2</sup> jut a csapadékvizet magába fogadni képes mészköves, helyenként dolomitos karsztra, míg táplálóterületéből 10,41 km<sup>2</sup> arra a víznyelésre képtelen (impermeabilis) nem karsztos térfelületre esik, amely kőzettanilag főleg pannon kori kavicsos agyagüledékekből áll. E barlangrendszer csehszlovákiai részeinek további karsztos és igen kiterjedt nem karsztos vízgűjtő térségei vannak a felszínen.

A Béke-barlang 5,26 km<sup>2</sup>-es teljes vízgűjtő területéből 3,41 km<sup>2</sup> a karsztos, 1,85 km<sup>2</sup> pedig nem karsztos, sőt ez utóbbi térség már a felszínen is vízzáró tulajdonságokat mutató kőzetekből épült fel. A nemzeti park egyéb barlangjainál, főként a Szabadság- és a Vass Imre-barlangnál nagyjából hasonlóak a karsztos és a nem karsztos vízgűjtők közötti területi arányok, s ugyanez a megállapításunk érvényes a még feltáratlan, ismeretlen Tornakápolna–Teresztenyei-barlangrendszerre is.

Az elmondottakból következik, hogy az Aggteleki Tájvédelmi Körzet barlangrendszereibe alapjában véve két különböző fajta és természetű víz bejutásával kell jelenleg is számolnunk. Ami ugyanis érvényes volt a földtani múltban, érvényes még ma is. A *karsztos vízgűjtőkről* származó csapadékok nagy időbeli késleltetéssel és erősen széthúzódva jutnak be, ám épp ezért viszonylag jól kiegyenlített, főként „csepegéshozamokat” produkálnak a legkülönbözőbb barlangterekben. Ez a

vegyleg „kemény” víz mindig tiszta, átlátszó, s leginkább csak oldott anyagokat szállít. Az esetek legnagyobb hányadában bakteriálisan is steril. A barlangok *nem karsztos tápláló felszínei* ezzel szemben csak rendszertelenül, de olyankor lökészerű hozambőségben juttatnak szüretlen, erősen szennyezett, szilárd hordalékokat (kavics, homok, kőgörgöttek) is bőven sodró, kémiaiilag viszonylag „lágú”, zavaros, barna színű áradmányvizeket a barlangokba. Az áradmányhozamok a föld mélyére néhány jól meghatározott nyelő (ponor) nyílásrendszerén át, koncentrált folyással tömnek be, s az esetleges barlangi patakok vízhozamát percek alatt a korábbi nyugalmi hozamértékeknek akár több százszorosára vagy ezerszeresére is megnövelhetik. Ily módon a hűvösödés vagy záporosodó (felhőszakadás) vízhozambőségétől és dinamizmusától függően különböző fokú, olykor a barlangban tartózkodókat is súlyosan veszélyeztető mértékű, rövid idejű árvizek keletkezhetnek.

Ezeket az idegenforgalmi berendezésekben is (kábel- és lámpapark, betonhidak, utak és korlátok stb.) nemritkán érzékeny károkat okozó árvizeket *nincs mód távoltartani* a barlangoktól. Arra azonban igenis nyílik lehetőség, hogy a hozamcsúcsokat mérsékeljük, s az árlevonulás hullámgörbéjét széthúzottabbá, kiegyenlítettébbé tegyük. Mindössze azt kell elérni, hogy a barlangi árvizeket okozó heves áradmányokat produkáló, nem karsztos felszínek csapadéklefolyási dinamikáján változtassunk.

Kétségtelen, hogy az utóbbi időszakokban, akár évente több alkalommal is, azért öntötték el főleg a szlovákiai Domíciát, a Baradlát és a Béke-barlangot a rengeteg iszapot és esetenként ugyancsak tömegtelen műtrágyát, különböző peszticideket stb. szállító és fel is halmozó árvizek, mert a nem karsztos vízgűjtő domboldalakon *szántógazdálkodás* folyik. Ennek elkerülhetetlen velejárója a talajfelszín fellazítása, kötöttségének megszüntetése, azaz a talajerózió valóságos kiprovokálása. A természetes ősi állapotban még cseres-tölgyes lomberdővel megkötött, de a felszántás révén immár lekopasztott és fellazított talaj az Aggteleki-karszthoz kapcsolódó nem karsztos vízgűjtőkön azért mosódik le sokkal nagyobb mértékben, mint máshol, mert itt az altalajt vízzáró agyagszintek képezik, s ezek főleg a nagy dinamikus csapadék elszívógtatására egyszerűen képtelenek. Szélsőséges körülmények között az itteni szántóföldekre hullott záporosoknak így akár 80–90%-a is lefolyhat, azaz elképesztően magas felszíni lefolyási együtthatók mutatnak fejlődnek ki a ponorvölgyek oldalain.

Nagy dolog ez, hiszen a rendszeres szántóföldi gazdálkodás bevezetése előtti természetes vegetációjú időszakban — analógiák alapján ez jól ellenőrizhető — ezen a felszínen a leghesebb záporok vizének mintegy 25–30%-a folyt le azonnal. Ám ez a mennyiség sem mosott be sok iszapot a barlangokba, hiszen az erdő vagy a réti vegetáció megkötötte a

## A barlangok légzőszervi gyógyhatásának karsztfelszíni feltételrendszere

talaj felszínét. Vitathatatlan, hogy a táj mai „barlanggyilkos” hasznosítási módja az oka barlangjaink már-már kétségbeesítő méretű és sűrűn ismétlődő beiszapolódásának, az endemikus ősi barlangi állatvilág (pl. a híres aggteleki vakrákok) rohamosan fokozódó kipusztulásának, de részben a nagy karsztforrások vízminőségromlásának is. Mert ne feledjük: a nemzeti park barlangjai egy-egy nagy lapos tálszerű medence aljáról indulnak, s az a genetikus funkciójuk, hogy ebből a tálból természetes kanálisként még mélyebb fekvésű völgyekbe átvezessék a vizeket. Világos tehát, hogy a barlangok állagminősége csakugyan a vízgyűjtő társzisztemekben fogalmazódik meg: főleg az (de az mind) folyik át a barlangokon, ami a felszántott domboldalokról lefolyik és összemosódik a ponorokhoz.

És éppen ebből az összefüggésből fakad a vidék nemzeti parkká szervezésének egyik óriási lehetősége. A barlangok állagvédelmét a korábbi kezelőszervek csakis *magában a barlangban* tudták megfogalmazni. Ami pedig kívülről jött, azt sorscsapásként kellett elfogadniuk. A nemzeti parkká nyilvánítás most először nyújt lehetőséget ahhoz, hogy a barlangokat és a hozzájuk kapcsolódó felszíni tájakat funkcionális egységben tekintsék, védjék és fejlessék gazdáik. Nem vitatható, hogy minél előbb el kell érni: a ponorok nem karsztos vízgyűjtő lejtőin *szűnnek meg* a szántóföldi gazdálkodás, s e térségekbe telepítsék vissza az eredeti erdős vegetációt. Akkor talán (de csakis akkor!) még a vakrákok végleges kihalása is megelőzhető lesz, de megszűnnek a rendszeres iszapelőöntések, sőt a kábeleket, járdákat szaggató barlangi árvizek is elmaradhatnak.

Ezek után hasonlítsuk össze a barlangok állapotát szabályozó nem karsztos vízgyűjtő térségek (Borítólaponk IV. oldalán: 1. sz. térkép.) és az Aggteleki Nemzeti Park szigorúan védett törzsterületeinek a kiterjedési határait (2. sz. térkép.). A kettő összevetésekor azonnal szembeszökik, hogy itt bizony még elég jelentős területi eltérések vannak. Hiszen a szigorú védettség például a Baradla-barlang legmeghatározóbb nem karsztos vízgyűjtő térségeire ki sem terjeszkedik. Ez véleményem szerint olyan szakmai hiba, amelyre még a nemzeti park régóta várt megszületésének örömteli óráiban is határozottan rá kell mutatnunk. A jelzett gond azonban nyilvánvalóvá teszi annak az alapvető álláspontnak a helyességét is, amelyet az OKTH úgy fogalmazott meg, hogy a nemzeti parkká szerveződés hosszú folyamat lesz. 1985. január elején tehát még csak a feltételek váltak intézményesen adottakká és törvényesekké ahhoz, hogy a korábbi parciális érdekszférák olykor ellentétes szempontjait egy új egységes, tudományosan megalapozott védelmi, kezelési és tájfejlesztési koncepció felváltassa. Ezt a háromdimenziós mivoltában is ellentmondásmentesen harmonizáló koncepciót kidolgozni, majd következetesen érvényre is juttatni bizony még a jövő nem könnyű, de nagyon szép munkafeladata lesz.

Ismeretes, hogy az aggtelek—jósvafői Béke-barlangban már több évtizede légszuszítási más-bronchitiszes betegeket kezelnek, feltűnően kedvező eredményekkel. Az objektíve is nagyon jó betegtapasztalati statisztikák nyomán az Egészségügyi Minisztérium a Béke-barlang jósvafői szakaszát azóta klímaterápiás gyógyhellyé nyilvánította. Legújában hasonló kísérleteket a nemzeti park egyéb barlangjaiban is végeznek, de hasonló tapasztalatokról tudunk más külföldi és hazai barlangokból is (pl. Klutert-Höhle NSZK, Tapolcai Kórházbarlang stb.). A lefolytatott sokrétű vizsgálatok a tapasztalt gyógyhatás okait is feltárták időközben. Bármennyire is meglepő, de bebizonyult, hogy a gyógytényezők egy csoportjának a kifejlődése nem is magában a barlangban gyökereszik, hanem a barlang feletti karsztos hegyfelszín beszívárgási és talajkémiai viszonyaiban. Az alábbiakban ezt a háromdimenziós (felszín-barlang) kölcsönösségi rendszert mutatom be az aggteleki-karsztban végzett vizsgálataink alapján.

A légzőszervi gyógybarlangok legfontosabb terápiás hatótényezője e barlangok jellegzetes légtéri aeroszol-összetétele. Különböző barlangjainkban igen nagy különbségek mutatkoznak a légtérből nyert vízkondenzátum kémiai összetételében. *A gyógyhatásának bizonyult Béke-barlangból származó kondenzvíz például általában mintegy tízszer több Ca<sup>++</sup>-iont*

*tartalmazott a Baradlaból gyűjtött kondenzvíz mintáinál, s jóval magasabb volt a Béke-barlangi légnedvesség HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> tartalma is.* Az egyéb anionok és kationok koncentrációiban is mutatkoztak különbségek, azonban ezek szintje és aránya a barlangi inhalációs nedvességben lényegesen alacsonyabb maradt. *H. Cauer* az ennepetali Klutert-barlangból közölt hasonlóan érdekes elemzési adatokat, s azt a véleményt is, hogy az ottani gyógytényezőnek elsősorban az aeroszol magas ionizált kalciumaránya az alapfeltétele. Időközben sok más barlangban is megvizsgálták a légnedvesség összetételét, s a kapott eredmények megerősítették az *egyes arányú összefüggést a légzőkúra terápiás hatékonysága és a légtérből nyert víz kalciumtartalmú levegőnek döntő szerepe van a szteleoterápiásan kezelt pulmonális megbetegedések állapotának befolyásolásában.* Feltételezhetően a nyálkahártyákkal és a hörgők hajszálhálózatával közvetlen kapcsolatba jutó ionizált kalciumos és magas hidrokarbonát-ionos oldatok görcsoldó, gyulladásgátló, nyákkoldó és fertőtlenítő szerepe juthat itt érvényre. Valószínű, hogy a gyógyhatásban az *aeroszoltényező* mellett bennfoglaltatnak még további barlangi hatóanyagok is, mégpedig minden bizonnyal komplexen összegződő

Az eddig vizsgált barlangi gyógytényezők  
és azok hatásmechanizmusa  
(Jakucs L.)

I. Táblázat

Sorszám	Hatótényező	Hatásmód
1.	A barlangi légtér portalansága, toxikus, izgató anyag és egyéb allergén-mentessége	ingerkeltés kizáródása
2.	A barlangi levegő bakteriális-virális sterilitása	újrafertőződés lehetőségének kizáródása
3.	Penészgombák esetleges antibiotikumproduktója	antibiotikum effektus lehetősége
4.	A barlangi légtér átlagosnál magasabb CO <sub>2</sub> -tartalma	légzésmélység fokozódása, anyagcsereefolyamato k meggyorsulása
5.	A 10 °C körüli föld alatti környezet hőmérséklete	
6.	A folyamatosan reprodukálódó aeroszol oldott ionjai	görcsoldó, gyulladásgátló, nyákkoldó, fertőtlenítő hatás
7.	A hőmérsékletváltozások hiánya	A stresszhatások kiküszöbölése,
8.	A jelentősebb légáramlások (szél) barlangi hiánya	a szervezet megnyugtatása,
9.	A barlangi levegő magas relatív nedvességtartalma (80–100%)	neuroendokrin szabályozás, biológiai ritmus helyreállítása,
10.	A gyors légköri frontok, elektromos, barometrikus változások hiánya	vegetatív idegrendszer tónusának kiegyensúlyozása
11.	A karsztbarlangok megnövekedett radon tartalma (α-sugárzása), a felszíni sugárzásokban való szegénysége, Faraday-kamra hatása	
12.	A mozgáshiányos, szokatlan föld alatti környezet, csend, fényszegénység, stb. lélektani hatásai	

A barlangi légnedvesség  $\beta$ -komponensét kvantitatíve és kvalitatíve szabályozó  
természeti hatókok összefoglalása (Jakucs L.)

I. a $\beta$ -komponens mennyiségi növekedését dinamizáló okok	II. a $\beta$ -komponens mennyiségi csökkenését dinamizáló okok	III. a $\beta$ komponens ionkoncentrá- ciójának fokozódását dinamizáló okok	IV. a $\beta$ -komponens ionkoncentrá- ciójának csökkenését dinamizáló okok
a) Tartósan beszivárgó csapadékhányad megnövekedése (csepegéssűrűség fokozódása)	a) Tartósan beszivárgó csapadékhányad lecsökkenése (csepegéssűrűség megritkulása)	a) A karsztfelszín növény-takarójának növekvő virulenciája	a) A karsztfelszín növényzetének megritkulása vagy kipusztulása
b) Magas barlangi termek és folyosók nagy száma (viszonylag nagy csepegésmagasság)	b) Magas barlangi termek és folyosók hiánya (viszonylag kis csepegésmagasság)	b) A karszttalajok magas biológiai aktivitása (talajbaktériumok és talajgombák tömeges felszaporodása)	b) A karszttalajok alacsony (pl. téli) biológiai aktivitása (talajbaktériumok és talajgombák funkcióinak hiánya)
c) A barlangi patak sok vízese és zúgója (nagy és kiegyenlítettlen esésű medergörbe)	c) Barlangi vízések és zúgók hiánya (kis, ill. kiegyenlített esésű medergörbe)	c) A magasfokú oldati mésztelítettség kifejlesztésének optimális kőzetmi nősségi (kémiai) és szivárgási (fizikai) feltételei	c) A felszín fokozódó elkopárosodása, talajdegradációja
d) A barlangi légcserélődés (energiaforgalom) akadályozottsága	d) A barlangi légcserélődés (energiaforgalom) fokozottabb mértéke	d) A barlang levegő minél alacsonyabb $\text{CO}_2$ -parciális nyomása	d) Kedvezőtlen (rosszul oldódó) kőzetanyag és akadályozott vagy túl gyors szivárgási feltételek
e) Magas relatív légnedvesség (optimális érték: > 99%)	e) Csökkenő vagy alacsony relatív légnedvesség (mórvadói érték: < 96%)	e) Az $\alpha$ -komponensbe való lassú átfejlődés lehetőségének biztosíthatósága (96–99,9%-os relatív páratelítettségi értékrend között)	e) A pára-kondenzáció feltételeinek időszakos kialakulása

hatáseredménnyel (lásd az I. táblázatot), csak hogy nézetem szerint a többiek, ha mellettük nem hatna a folyamatosan reprodukáló aeroszoltényező is, összességükben sem lennének elegendőek a feltűnő betegtapasztalati eredmények kielégítő és ellentmondásmentes megmagyarázásához.

A barlangok légnedvességének sajátos mennyiségi és kémiai minőségi különbségei már kezdetől fogva arra ösztökéltek, hogy alaposabban tanulmányozzam azokat a feltételeket, amelyek között valamely barlangterében lényegesen töményebb lesz a légtérből nyert kondenzátum vegyi összetétele, mint más barlangterekében. Meggyőződésem ugyanis, hogy ez az alapjában véve speleogenetikai vagy speleoklimatológiai probléma az egész barlangterápiai elmélet kulcskérdését jelentheti.

Vizsgálati eredményeim szerint a barlangok levegőjében található nedvesség részben felszíni, részben felszín alatti eredetű. A felszíni eredetű légnedvesség a bejárat nyílásokon és a közteréseken át beáramló levegő útján kerül az üregekbe, ahol a hőmérsékleti és telítettségi viszonyoktól függően vagy megmarad a légpára láthatatlan alkotójának, vagy pedig kondenzálódik. Kisebb léggömbtartalmú üregekben, illetve a szétágazó nagy barlangrendszer bejárat közeli vagy dinamikus légjárású szakaszaiban ez az „exogén” légpára olykor karakterisztikus lehet, azonban az igazán nagy kiterjedésű barlangrendszerek belsejében már csupán alárendelt szerepű modulációs faktorként tekinthető, amely a rendszer légnedvességének a minőségében lényegében nem

játszik meghatározó szerepet. Emiatt a gyógybarlangok párajelenségeinek terápiás értelmezése szempontjából érdekes elegendő a másik, azaz a barlangi származású „in loco nascens” légnedvességre irányítani a figyelmet.

A barlangok levegőjének felszín alatti eredetű nedvességtartalma genetikusan két komponensből ötvöződhet. Éspedig a szabad vízfelszínnek és a nedves felületek párolgásából származó *párolgási* ( $\alpha$ )-*komponensből*, valamint a magasról alá-cseppenő, illetve zuhanva folyó vizek mechanikus szétverődéséből, „porlásból” eredő *spray* ( $\beta$ )-*komponensből*.

A barlangi légnedvesség  $\alpha$ -komponense lényegében molekuláris nagyságrendű vízrezekcskékből áll, s e parányi vízporszemek koncentrációjuk ugyanolyan összetételű és koncentrátságú *karsztoldatok*, mint a víz, amelyek szétporlódása révén keletkeztek. Minthogy a bronchitikus-asztmatikus tünetekre feltehetően a levegővel belélegzett aeroszolban jelenlevő kémiai anyagok, illetve ionok vannak nagy hatással, *valamely barlang levegőjének terápiás hatékonyságának mértékét a légnedvességben jelenlevő  $\beta$ -komponens mennyiségi aránya és annak vegyi karakterisztikája határozza meg*. Azok a barlangok tehát, amelyeknek endogén légnedvessége döntően párolgásból származik, tehát benne az  $\alpha$ -komponens van túlsúlyban, relatív páratelített-

ségük mértékétől függetlenül nem mutatnak terápiás hatékonyságot. *A terápiás hatásfok mértéke ezzel szemben egyenes arányú fokozódást mutat a légnedvesség  $\beta$ -komponensének mennyiségi növekedésével, de úgy szintén a  $\beta$ -komponens kalcium-hidrokarbonátos (és esetleg kloridos?) oldattelítettségi fokának nagyságával.*

A légnedvesség  $\alpha$ -komponense – többféle változó progresszivitású szabályozó faktor eltérő arányú érvényre jutása mellett – minden zárt természetes föld alatti üregben előbb-utóbb önmagában is kialakíthatja a levegő 100%-os relatív páratelítettségét. A már létrejött páratelítettség természetesen akadályává válik a barlangi vízfelületek további párolgásának. Azonban ez a körülmény semmiféle korlátozó hatással nincsen újabb és újabb  $\beta$ -komponensű nedvességnek a légtérbe való kerülésére. Így könnyen előfordulhat az az abszurdnak tűnő állapot, hogy a barlang légtérének egységnyi mennyiségéből jóval több vízkondenzátumot lehet nyerni, mint amennyi vízpára szükséges az adott légtér darab 100%-os relatív páratelítettségének előidézéséhez. Ez a tény numerikusan is jól definiálható értékrendekkel juttatja bizonyítékhoz a feltétlenül és minden körülmények között mechanikus porlasztású barlangi spray-nek az aeroszolban való agresszív feldúsulását.

Az esetek döntő többségében az abszolút páratelítettséget el sem érő barlang levegőjében is  $\beta$ -komponensből származik a barlangi légnedvesség igen jelentős hányada. Méréseim ugyanis azt mutatták, hogy a páratelítetlen levegőjű

barlangterekben a relatív légnedvesség növelésében maga a  $\beta$ -komponens azért is fontos szerephez jut, hogy a légtérben lebegő vízgömböcskék szétpárolognak ( $\alpha$ -komponensbe mennek át), miközben egyre rövidek a visszamaradó spray-szemcsék sugara, s egyre koncentráltabbá válik a még spray-konzisztenciájú vízmaradék kémiai összetétele. *A szabad légcserével rendelkező barlangokban azonban – még a  $\beta$ -komponens folyamatos reprodukálódásának esetében is – hiányoznak a terápiához szükséges koncentrált aeroszolhatás kifejlődésének és tartós fennmaradásának feltételei.*

Vizsgálataim során azonban azt is tapasztaltam, hogy valamennyi karsztbarlangrendszeren belül helyről helyre és időről időre *jelentősen változnak* a barlangi aeroszol ionkoncentrációjának a viszonyai. Következésképpen az aeroszoltényezőnek tulajdonítható gyógyhatás mértéke is arányos változásokat tükröz, ami olyan mértékű is lehet, hogy még a legjobb hatásfokúnak megismert gyógybarlangokban is – bizonyos szakaszokban vagy bizonyos időszakokban – a hatástalanság szintjéig is *lecsökken a terápiikum értéke*. Erre vonatkozó betegtapasztalati bizonyítékokat mind a Béke-barlangi, mind pedig az egyéb gondos szakorvosi és vezetett gyógybarlangi nyilvántartások jegyzőkönyvei bőven tartalmaznak.

Határozott összefüggések ismerhetők fel a gyógybarlangok terápiikus hatékonysága és a barlangi légnedvesség  $\beta$ -komponensének mennyiségi és minőségi értékeit befolyásoló néhány természeti faktor változó dinamizmusa között.

Igen lényeges körülmény, hogy a hatóok között vannak olyanok, amelyek ugyanazon barlang vonatkozásában állandó és egyenletes hatású, ún. *változatlan hatóokok*. Ilyen pl. a  $\beta$ -komponens mennyiségét meghatározó faktorok közül az *üregmagassági tényező*, vagy a barlangi *vízfolyás esésgörbéje*. Ugyancsak változatlan hatóoknak tekintendő egy adott barlangrendszerrel a *kőzetminőség*, de a szivárgást meghatározó *rétegzettség, repedezettség sajátosságok* is, mert mindezek a  $\beta$ -komponens vegyi összetételét, ionkoncentrációját *barlangspecifikusan* jellemzik.

A változatlan hatóokok mérlegelésének elsősorban csak a különböző barlangok összehasonlító tényezővizsgálata során van jelentőségük. Égészen más a helyzet azonban az adott barlangon belül is megváltozó mennyiségű vagy minőségű, ún. *változó spray-determináló tényezőkkel*. Ilyenek a *csepegéssűrűség* rendszeres eltérései, a barlangi *légcserélődés dinamizmusának* (energiaforgalmának) módosulásai, a *relatív páratelítettség mértékének* jellegzetes különbségei, a felszíni növénytakaró és a talajmikroorganizmusok évszakokhoz is kötődő *bioaktivitási fokának* szakaszossága, de ilyen – mert beavatkozással befolyásolható – a karszt felszínét borító növényzet sűrűsége és faji összetétele is, ill. ennek ellenpólusaként a karsztfelszín elkopárosítása.

Nagy a valószínűsége annak, hogy pl. a Baradla-barlang a Béke-barlang mellett azért kevésbé gyógyhatású, mert



A „Zomborlyuk” víznyelő jellegzetes vakvölgye. A kép háttérében látható szántóföldekről a víznyelőn át rengeteg vegyszerezett iszap mosódik a barlangba.

(A szerző felvételei)

a) a Baradlának több – légcserét biztosító – bejárati nyílása van;

b) a Baradla fölötti karsztfelszín kopárabb a Béke-barlangnál;

c) a Baradlánban viszonylag kevesebb a nyílt vízfelület, s ezért is a relatív légnedvesség optimálisan magas értékei ott csak ritkán tudnak kialakulni;

d) a Baradlánban, rendszeresen tartózkodó embertömeg (idegenforgalom) részben melegítik s ezáltal szárítják (a lámpák is!), részben szennyeznek a barlang levegőjét.

Lényegében a változó faktorok okozzák tehát azt, hogy időről időre a gyógybarlangoknak is érzékenyen *megváltozik a terápiikus hatékonysága*. A Béke-barlang jósvafői gyógytermei pl. a téli fél évben teljesen elvesztik hatékonyságukat, mert mihelyt a külső léghőmérséklet tartósan  $10^{\circ}\text{C}$  alá csökkent, a jósvafői barlangvégnél *befelé húzó légáramlási rendszer* fejlődik ki, ami több száz méteres szakaszban lerontja a barlangi légnedvesség  $\beta$ -komponensének érvényesülését. Fel-tűnő, hogy ugyanezen időszakban megmarad, sőt *fokozódik* e barlang terápiikus hatásintje az aggteleki szomorhegyi főbejárattal elérhető szakaszokban, ott ugyanis a barlang belsejéből a külszín felé módosul a téli légmozgás iránya.

A leírtakból egyértelműen következik, hogy *nincsen olyan terápiikus hatású gyógybarlang, amelynek hatékonysága szakszerűtlen kezeléssel meg ne lenne szüntethető*. A legnagyobb hiba, amit ilyen vonatkozásban egy gyógybarlanggal szemben el lehet követni, a légcserélődésre alkalmas bejáratok vagy egyéb nyílások kialakítása, illetve a barlang szellőztetése.

Természetesen fordítva is igaz a tétel: *minden barlangnak fokozható a terápiikus hatékonysága*, ha megfelelő huzatzáró zsilipelű kapurendszerekkel kiküszöböljük, ill. minimumra csökkentjük a légkicszerélődés lehetőségeit.

Az előbbiekből az is kibontható, hogy a barlanglevegő terápiikus hatékonysága oly módon is fokozható, ha a barlangot magukban foglaló hegyek elkopárosodott felszínein regeneráljuk a vegetáció eredeti tömörségét, s főképpen ha olyan aljnővényzetes erdőtakarót alakítunk ki, amelynek gyökérszférijában nagy és tartós virulenciájú talajbaktérium- és gombapopulációk tenyésznek (pl. cseres-tölgyes). Egy gyógybarlang fölötti – már régóta meglévő, természetes – erdővegetáció új fajokkal (pl. fenyővel vagy akáccal) való kiváltása azonban veszélyes következményekkel járhatna a terápiikus hatékonyság szempontjából, mert még ma sem ismerjük pontosan azokat a talajtani-növényzeti ökológiai adekvációkat, amelyeknek közvetett hatásait betegeinken tapasztaljuk.

Aligha tévedünk tehát, ha úgy gondoljuk, az Aggteleki Nemzeti Park kincseinek sorsa a jövőben sok tekintetben azon méretik majd meg, hogy a kiragadott példaként bemutatott és az ezekhez hasonló további kölcsönhatás-rendszereknek milyen fokú lesz a *beépítése* a területfejlesztés nagy koncepcióiba. Jó dolog az, hogy most úgy tűnik, e beépítés maximális hatásfokára az igény hazánkban már nemcsak a tudomány oldaláról jelentkezik. Hisszük, hogy az Aggteleki Nemzeti Park megszületése erre is a legszebb bizonyíték. ♣

