

lett. Bombay közelében másfélméteres hullámon működő radarállomás 80 m magas toronyban volt elhelyezve, és a tenger felett mintegy 40 km távolságból tudták vele a közeledő hajókat kimutatni, amint a hajók a látóhatár fölé emelkedtek. A kedvező légállapotú napokon azonban összehasonlíthatatlanul nagyobb lett a berendezés hatáskörzete: megmutatott tízszer nagyobb távolságban levő hajókat, sőt egy kivételes alkalommal 1500 km-ből, v. i. messze a látóhatár alól jelzett egy hajót és ismételten rajzolta meg az Indiai-Oceán másik partján, 1800—2000 km távolságban pihenő arabiai partvonulat képét. A mikrohullámok birodalmában tehát olyan arányokat öltenek a látóhatártágulási jelenségek, aminőket a látható fény láthatárbővülése még csak meg sem közelíthet.

Ultrahullámokat nemcsak a radarberendezésekben használnak, hanem a távolbalátás céljaira is. Itt nagyon kellemetlenné válik az ultrahullámoknak az a sajátságuk, hogy közönséges időjárás alkalmával csak a látóhatáron belül lehet őket fel-

fogni. Még magas adótornyokról is csak 50—60 km távolságig lehetne a távolbalátást közvetíteni, és ezt is csak olyan állomások vehetnék fel, amelyek antennája az adóállomás irányából nem esik valami kiemelkedésnek, háznak vagy hegynek az árnyékterébe. Ezen a bajon azáltal segíthetünk, ha a leadóállomásokat nem a földön helyezzük el, hanem a magas légrétegekben, pl. a sztratoszférában. Az amerikai Westinghouse-társaság most olyan repülőgépekről végzi távolbalátó adásait, amelyek a sztratoszféra alsó határán, 10 km körüli magasságban időznek. A 10 km magasságú pontnak a látókörzete a gömbalakú földön mintegy félmillió négyzetkilométer, tehát egész országokban zavartalanul lehet felvenni a sztratoszférából kiinduló ultrahullámú adásokat. Amerikában ezt a rendszert stratovisionnak nevezik, kifejezésül annak, hogy a sztratoszféra magasságaiból adódó hatalmas látókörtet használják ki, amely szemünkre ható fényben és ultrahullámokban egyaránt gyűmölcsőztethető.

Aujeszký László.

A barlangok keletkezése.

Az ember érdeklődési köre minden időben a misztikusnak vélt ismeretlen felé irányult. Amit nem ismert, arról költött képeket, fantasztikus meséket szőtt magának, s rendszerint, mire a való meglátásáig eljutott, agyában már az előre felépített elképzelések oly erős befolyással voltak a tapasztalatairól szerzett benyomásokra, hogy azok magyarázását, értelmezését és összefüggéseit a legtöbbször helytelen irányokba is terelte. Így volt ez a barlangtudomány terén is. Mikor a jégkorszak végén az ősember újabb lakóhelyekkel cserélte fel eddigi barlangtanyá-

ját, egész lelkivilágában eltávolodott attól. A *Homo sapiens novus*nak már misztikum volt a barlang sötét szája, és ha be is merészkedett a középkor gyermeke ősei egy-egy hűvös sziklamenedékébe, ösztönös borzadály fogta el lelkét, és nem volt képes nyugodt, higgadt megfigyeléseket tétel, az eléje kerülő jelenségeket helyesen értelmezni. Ezért találkozunk még a XVIII. században is olyan nézetekkel, hogy a barlangból előkerülő ősmaradványok a természet játéka.

Csak nehezen és igen későn, mondhatnók, csak a XIX. század derekán

jutott el a tudomány arra a fejlődési fokra, amelyen már legyőzték egyesek idegenkedésüket a sötét és ismeretlen, babonákkal át- meg átszótt barlangok iránt, s felismerve azok, s a bennük talált ősmaradványok való értékét, végre helyes irányban megindulhatott a komoly, tudományos barlangkutatás. Ettől kezdve mind több és több kutató, érdeklődő és turista kereste fel a barlangokat, leírások, ismertetések, ásatási beszámolók jelentek meg munkájuk nyomán. Így ma már ott tartunk, hogy Európának eddig feltárt barlangjait majdnem kivétel nélkül részletesen ismerjük, s a bennük talált csontok alapján faunájuk összetételéről is világos képet kapunk.

A barlangok megismerésével párhuzamosan fejlődtek ki azok a magyarázatok és elméletek is, melyekkel keletkezésükre igyekszünk fényt deríteni. A tudományos barlangkutatás legfontosabb feladata az, hogy pontosan tisztázza, hogyan, mikor és miért keletkeztek a barlangok, milyen azoknak fejlettségi foka, s mik azok a földtani tényezők, melyek a barlang kialakításában szerepet játszanak.

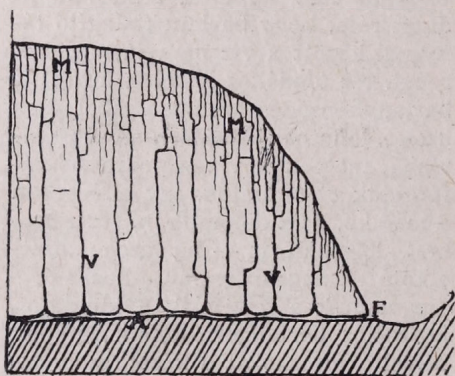
Mindenekelőtt tisztáznunk kell a barlang pontos fogalmát. A természetben mindenhol találunk kisebb-nagyobb kőzetüregeket, lyukakat, melyek különböző módon keletkeztek. Ezek közül azonban csak az ember számára is járható nagyságúakat nevezzük barlangnak. Tág fogalmazásban: a barlang olyan természetes módon keletkezett kőzetüreg, melynek legalább egy függőleges metszete zárt görbe, s mely a kapurésztől szintes irányban befelé haladva — legalább egyszer kiöblösödően —, olyan formát alkot, melynek hosszúságában a jelenbeli, vagy egykori felszínre nyíló rész legnagyobb szélessége, vagy magassága többször, mint kétszer bennefoglaltatik. Ha egy alakzat e feltételek bármelyiké-

nek nem felel meg, akkor az már nem is tekinthető barlangnak. Ez a meghatározás morfológiailag minden létező barlangot magába foglal, tekintet nélkül azok származására. Keletkezési körülmények, a kőzet anyagi minősége szerint azután osztályozhatjuk is barlangjainkat: vannak magmatikus eredetű kőzetekben és üledékes kőzetekben keletkezett barlangok. Az előbbi csoport gyakorlatilag szinte elhanyagolható fontosságú, elég, ha csak annyit mondunk róla, hogy barlangkialakító tényezői között a víz nem játszik szerepet. Az üledékes kőzetek között is barlangképződés szempontjából csak azok jöhetnek elsősorban számításba, melyek a víz számára hozzáférhetők és oldhatók. Így elsősorban a mészkő, de a dolomitban, sőt gipszben, kősóban is — ha azok kőzetalkotó tömegekben mutatkoznak — megvannak a feltételek a kioldásos, korróziós barlangok keletkezéséhez. Mivel a mészkő az a kőzet, mely általános felszíni elterjedése mellett a legjobban oldható, természetesen a barlangok zömét és legnagyobbjait is benne találjuk. Ezúttal tehát, mint legáltalánosabbal, csak a mészkőben képződött és a víz által létrehozott barlangok keletkezési körülményeivel foglalkozunk.

E barlangok képződési körülményeik alapján két főcsoportra oszthatók. Eszedig szivárgóvíz és hévforrásvíz által kioldott típusokat ismerünk. A szivárgó víz barlangképző működése és hatása ma már közhírt, a hévforrásos barlangokról azonban még keveset beszél a tudomány. Pedig ez a barlangtípus, mint azt a legújabb felfedezések és megfigyelések is igazolják, csaknem olyan általános, mint az előbbi, és főképen töréses szerkezetű hegységeinkben, mint amilyen pl. a Buda-Pilisi-hegység, majdnem kizárólagosnak mondható. Meg kell azonban jegyeznünk, hogy ezeken kívül vannak olyan

mészkőbarlangok is, melyek tisztán tektonikai úton, tehát mondjuk hegy-csúszamlással keletkeztek (Barkai-jégbarlang), ezek azonban most nem érdekelhetnek bennünket.

A mészkövet tehát oldja a víz. Ez az oldás természetesen nagyon lassú folyamat, és csak akkor megy végbe, ha a víz széndioxidot (CO_2) is tartalmaz: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{CO}_3)_2$. A csapadékvíz a szükséges széndioxidot a levegőből veszi magába,



1. kép. Patakbárlang kialakulásának vázlatja: *M* a mészkő finom repedéshálózata; *V* főbb vízgyűjtő repedések; *A* a karsztbázis szintje; *F* forrás. (Szerző rajza.)

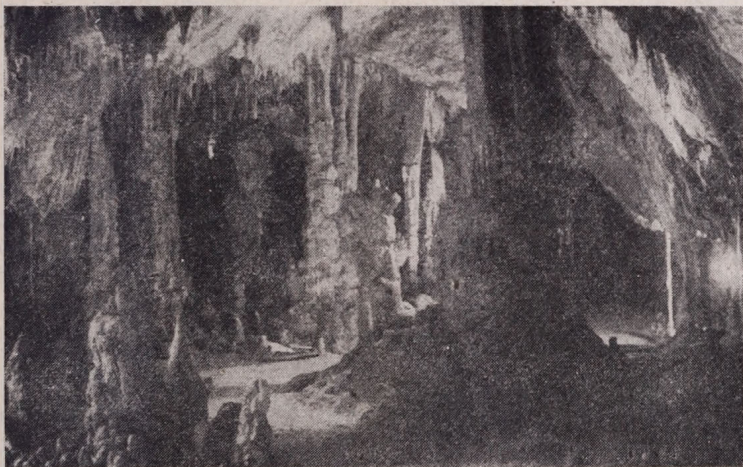
valószínűleg még lehullása közben. Az ily módon preparálódott vízcsepp aztán lassan beszivárog a sziklába, kikeresi a számunkra láthatatlan mikrotektonikai repedéseket és azokon keresztül a nehézségi erő irányában, tehát lefelé igyekszik. E repedéseknek azonban legalább 0,2 mm széleseknek kell lenniök, mert kísérleti tapasztalatok alapján ennél szűkebb hasadékon, közönséges nyomáson a víz nem tud lejjebb szivárogni. Ha ugyanis a rés szűkebb, akkor ugyanolyan tömegű víznek nagyobb a tapadó felülete is. Ha ez a tapadás nagyobb, mint amit a nehézségi erő még le tud győzni, a víz nem mozog tovább. A lefelé hatoló víz útközben természetesen oldja a mészkövet és

ezáltal tágítja saját útját is. Így csak az első vízcseppeknek nehéz a feladatuk, ha ezek már kidolgozták a repedéshálózatot, az egyre nagyobb tömegű csapadékvíz képes elnyelni, mind gyorsabban és gyorsabban mozog a hálózatban lefelé a víz, annyira, hogy egyszer csak a szénsavtartalmú víznek a gyors leszivárgás miatt nincs ideje arra, hogy egész CO_2 -mennyiségét a repedések tágítására használja fel, hanem aktív, oldásra képes víz jut le addig a szintig, ahol már a víz nem vízszintes irányokban mozog tovább, hanem vízszintes vagy ferde útra kényszerül. A vizet vagy egy vízzáró (agyag)réteg felső réteglapja, vagy az állandó talajvízszint, karsztvízszint tükre kényszeríti ilyen irányváltozásra. Ezt a szintet nevezzük a karszt bázisának. Az irányát változtatott víz azután széndioxidtartalmánál fogva megkezdja a repedéshálózatok kidolgozását, de most már horizontális irányban, és próbál valamire lefolyni. Magától értetődő, hogy ha ez egy helyen sikerül, akkor a szivárgó víz egész hálózata úgy kezd tovább fejlődni, hogy az összes lefelé haladó víz a vízzáró réteglapon irányt változtatva a levezető hely felé irányul, és ezentúl errefelé tágnak, dolgozódnak a repedések. Most már az idáig rendszertelenül szivárgó vizeknek közös céljuk van: haladni a felszín, a forrás felé. Az apró vizek egyesülnek, a repedések már csak meghatározott irányban fejlődnek tovább, s mivel az egyirányú mozgás bizonyos szívó hatást is gyakorol a repedések vizeire, egyre jobban nő a forrás vízhozama, vagy ami ezzel egyértelmű, egyre nagyobb és nagyobb lépésekkel közelednek a fővízvezető hasadékok a földalatti ér, majd patak elnevezést is megérdemlő vízfolyások felé. A barlang kialakulása most már csak egy lépés. A hegyben már megvan a kisebb-nagyobb alagút, mely a víz-

folyások fögyűjtőere. Ez vízzel van tele és nem egyéb, mint patakmeder a hegy belsejében. (1. kép.)

Közben azonban telik az idő. A Föld külső erői végzik lepusztító munkájukat. A táj képe az évezredek folyamán az idő vaskezeiben egyre alakul, a Föld korosodik. Mélyebbek lesznek a ráncok az arcán. mélyülnek a völgyek az erózió munkája nyomán. Forrásunk kibukka-

vegővel érintkezve, leadja annak CO_2 -tartalmát, s a fenti egyenlet megfordíthatósága értelmében: $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 = \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$, — kiválik belőle a mész. A víz le-
cseppen, s a cseppkő ottmarad, hogy hosszú ezeréveken át, az ismétlődő parányi jelenségek hatalmas cseppkőfüggönyökké és orgonákká rakják össze, melyek szépségükkel és monumentális formáikkal méltán csodá-



2. kép. Pálmaliget az Aggteleki-cseppkőbarlangban. (KESSLER HUBERT felvétele.)

nási szintjének is követni kell a mélyülést. A völgyfenék süllyedésével a hátráló erózió továbbterjed a földalatti patakmederre is. A meder mélyül. a víz szintje fokozatosan süllyed. A víz felett most már üres terrek támadnak, lassan ezek összefüggővé válnak, s megszületik a barlang. Neve: patakbarlang.

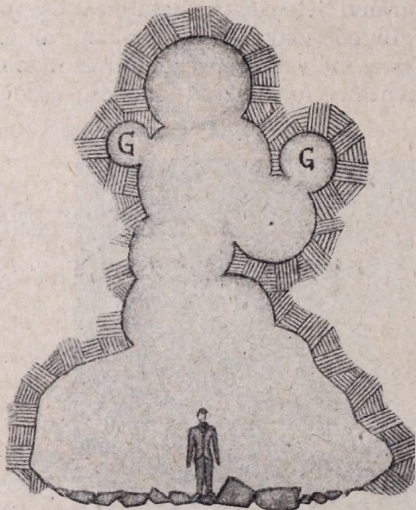
Eddig terjed a szivárgóvizes barlangok képződésének első szakasza. A továbbiakban most már a patak egyre mélyíti medrét, mechanikailag is erodálva azt. Közben azonban megindul a cseppkövesedés is. A barlang mennyezetére ugyanis egymásután érkeznek a hasadékokból kibújó vízcseppek. És itt a $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, mely idáig oldva volt a vízben, a le-

latba ejtik a jámbor halandókat (2. kép).

A barlangképződésnek ezt a módját azonban, bár olyan barlangok is, mint az aggteleki Baradla, vagy az amerikai Mammut-barlang, így képződtek, nem lehet kizárólagosnak tartanunk, mert szintén szépszámu és tekintélyes barlangok esetében — éppen hazánk területén is — nem a felszíni víz volt a kialakító tényező, hanem a geológiai multban működő hévforrás-tevékenységek. Ezek közé tartoznak nálunk, hogy csak a legnagyobbak és legközelebb fekvők közül említsünk néhányat, a solymári Ördöglyuk-barlang, Pálvölgyi (csak másodlagosan) cseppköves barlang, és talán az egész világ

egyik legérdekesebb barlangcsodája, az újonnan felfedezett Sátorkőpusztai gipszes-barlang (Esztergom vm.).

Azt, hogy a barlangot valóban a hőforrás-tevékenység hozta-e létre, kissé gyakorlott szemmel könnyen



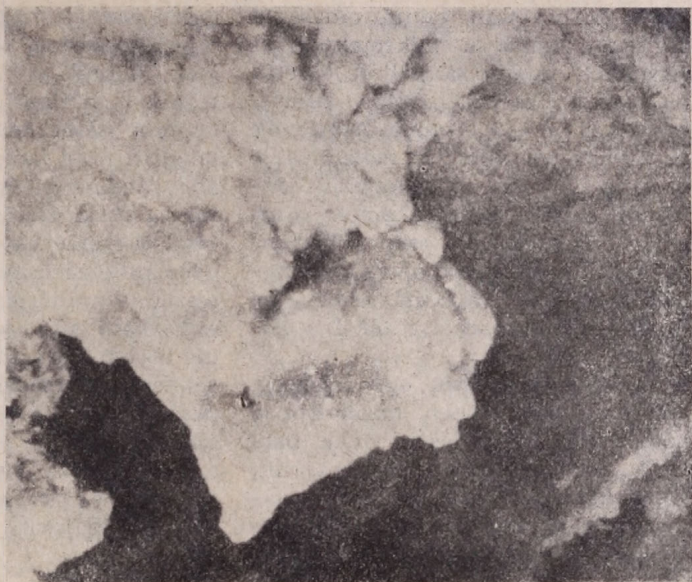
3. kép. Függőleges kürtő átmetszete
hőforrásbarlangban: G gömbfülke.
(Szerző rajza.)

el tudjuk dönteni. A hőforrás-barlangoknak mások a formái, alakzatai, más a szerkezetük, sőt alaprajzaiknak is vannak olyan jellemző vonásai, melyek alapján a megkülönböztetés még térképről, a barlangot magát nem ismerve is könnyűvé válik. A hőforrás-barlangot mindig alulról felfelé áramló forró víz, vagy forró víz és gőz, esetleg gőz- és gázfeltörések hozták létre. Kioldási formái éppen ezért mások, mint a közönségesen ismert cseppkőbarlangokéi, mindig a gömbalak jellemző reájuk. Általános ismertető jellegük a függőleges kiterjedés. Magasra felnyúló, de a tetejükön többé-kevésbé mindig szabályos félgömbben végződő kürtők, ezeknek csodálatosan gömbalakú, csaknem zárt kis fülkéi, uralkodók az ilyen barlangokban.

(3. kép.) Igen jellemző ezenkívül, hogy a járatok minden rendszer nélkül, egymás alatt, felett, össze-vissza, keresztbe-kasul húzódnak, néhol egy-egy leírt kürtön át 10 m-eket ereszkedve juthatunk egyikből a másikba. Legfeljebb annyi rendszeresség van bennük, hogy nagyjából a mészkőben levő fővetősíkok irányával párhuzamosan fejlődtek ki (Ferenc-hegyi-barlang), ami érthető is, hiszen az ezek mentén erőhatások által igénybevett és meglazított kőzetet könnyebben tudta marni, oldani, kilúgozni a forró víz vagy gőz, mint a máshol tömör, repedésmentes mészkőzetet. E barlangokban patak nem folyik, hiszen az egész barlangrendszer olyan, mint a szivacs, vagy a sajt, ahol az egyes fülkék, gömbtermek igen hasonlóak egymáshoz. Ilyen helyen folyóvizet természetesen még elképzelni sem lehet. De különben is ezek a barlangok nem a mai karsztbázis szintjén képződtek. Ez a hőforrások működésének régi korát bizonyítja, ugyanezt bizonyítja többek között az is, hogy néha majdnem a hegy tetején találjuk a hőforrás-barlang bejáratát. E helyen pontosabb kormeghatározási fejtegetésekbe nem bocsátkozhatunk, csak annyit, hogy e barlangokat a legmerészebb eddigi elképzeléseknél (pliocén) is idősebbeknek kell tartanunk.

A hőforrás-barlangok keletkezési körülményeiből önként adódik, hogy nem cseppkő-barlangok. Cseppkővek ugyan vannak bennük néhol, azonban ezek csak másodlagosak, a barlang keletkezésével össze nem függők, s jóval kisebbek, mint a másik típus leírt cseppkőképződményei. Ez világos, ha meggondoljuk, hogy a hőforrásbarlangoknak nincsenek meg azok a kidolgozott repedéshálózatai, melyek a cseppkőképződéshez szükséges vizet szállítják a barlang mennyezetére. Hiszen az egész barlang nem a felülről származó víz

4. kép. Csillogó
gipszkristály-bevo-
nat a Sátorkőpusz-
tai-barlang falán.
(VÉRTES LÁSZLÓ
felvétele.)



5. kép. Gipszcseppkő-oszlopok
a Sátorkőpusztai-barlang Kő-
virág-termében.
(VÉRTES LÁSZLÓ felvétele.)

lassú, fokozatosan tágító oldásából született, hanem a mikrotektonikai repedések kitágítása nélkül oldotta ki üregeit a mélyből feltörő hévíz. Így tehát be kell látnunk, hogy csak az a vízcsepp rakhat le mészkövet a barlang falán, amely véletlenül oda tévedt. A hévforrásbarlangok közepében, ellentétben a cseppkőbarlangokkal, a mikrotektonikus repedeshálózat cseppet sincsen jobban kifejlődve, mint bárhol máshol a kőzetben.

És végül még van egy jelenség, amely nagyon szépen bizonyítja a hévforrások működését. Ez a barlang falaira lerakódott aragonit, gipsz, kalcit és barit. Ezek az ásványok meleg vízből szoktak kiválni, s némelyik barlangunkban oly töme-

gesen vannak, hogy mindent beborítanak és vastag, rózsás, vagy kristályos kérgükkel ragyogó-csillogóvá teszik a barlang termeit (4. és 5. kép). A Sátorköpusztai gipszes-barlangban pl. a látvány oly lenyűgöző, hogy amikor először látja az ember, sokáig csak dermedten néz és nem hiszi el szemének, hogy az a sok-sok gyémántként ragyogó aragonit-sünderítő, a milliárdnyi szivárványosan sziporkázó gipsz-kristályfelület és a méltóságteljesen, hatalmas hőemberekként egymásmellett álló gipszpillérek, nem mind csak csodálatos álmok, hanem a legszebb valóságok, a földtörténeti multnak fenséges, a hozzáértők számára még némaságukban is bájosan beszélő emlékei, tanúi.

Jakucs László.

KÖZLEMÉNYEK

Az 1946. évi fizikai Nobel-díj.

Az 1946. évi fizikai Nobel-díjat BRIDGMANN P. W. amerikai egyet. tanár kapta az igen magas nyomáson tartott anyagok tulajdonságaira vonatkozó átfogó kutatásaiért. E kutatásait már 1906-ban kezdte el és mind mai napig folytatta töretlen erővel. Az önmagukban egyszerű alapelvek szellemes alkalmazásával és az új acélok felhasználásával az AMAGAT által elért 3000 atmoszféra nyomáshatárt kiterjesztette 12.000 atmoszférára. Így lehetővé vált igen sok elem és vegyület különböző tulajdonságaira vonatkozó rendszeres mérések elvégzése az eddiginél lényegesen magasabb fenti nyomás értékig. Ilyen tulajdonságok: az összenyomhatóság, sűrűlódás, elektromos vezetőképesség, hőelektromotoros erő stb., melyek mindegyikére nagy érdeklődéssel fogadott eredményeket kapott. Mindez természetesen maga után vonta még a magas nyomások

mérésére alkalmas új módszerek kidolgozását is. Fenti munkái megtalálhatók A magas nyomás fizikája című 1931-ben megjelent angolnyelvű könyvében, mely e tárgykörben azóta szinte klasszikussá vált.

Később azután BRIDGMANN ismét kiterjesztette a nyomáshatárt. Különleges acéledények megépítése és a legnagyobb nyomások elérésére szolgáló speciális módszerek alkalmazása által, mint amilyen pl. a nyomás alatt álló edénynek 30.000 atmoszféra nyomás alatt álló folyadékba való bemerítése, elérte a 100.000 atmoszférát. Rendszeres méréseket végzett a polimorf átmenetekre és az összenyomhatóságra vonatkozóan egészen 50.000 atmoszféráig. Van egy rendkívüli műfogása a nyomás értékének harmincszorosára való emelésére, melyet kezdetben alkalmazott nagy sikerrel. Világos, hogy az így elért nyomások nemcsak