

A zsomboly-képződés mechanikájáról és jelentőségéről óharmadkori széntelepeink vízmentesítésénél

DR SCHMIDT ELIGIUS RÓBERT okl. bányamérnök-geológus

Механизм формирования пещер.

Статья Е. Р. Шмидта

Автор придерживается мнения, что образование пещер большого масштаба невозможно без предварительного тектонического формирования (12, 14, 15), не говоря уже об других карстовых явлениях, как то образовании долин и польен (15). — Он недавно показал что мы имеем дело с точно теми же двумя силами виновными в пылевых, пепельных, газовых и паровых эманациях гигантских котлообразных провалов, вихрь и вулканов — знать с игрою сил тяжести и центробежной, которая приводит к образованию вертикальных пещерных галлерей, углубляющихся сверху вниз (7). — На этот раз, он обсуждает вопрос о том, как образовались вертикальные пещеры, развивающиеся снизу вверх и, которые формировались рядом с трещинами, вертикально перерезывающими друг друга. — Так как пещеры горизонтальные как вертикальные — образовались бок о бок с трещинами, то обстоятельство это можно было бы использовать для заблаговременного обнаружения возможных прорывов карстовой воды в угольных бассейнах задунайской Венгрии.

E. R. Schmidt:

Mechanics of the Formation of Swallets (Avens).

According to author, there is neither considerable cave formation (13, 14, 15)), nor any other dolomitic cavern phenomenon as e. g. depression in limestone plateau doline (15) without tectonic preformation. He already demonstrated that perpendicular cave passages formed downwards as well as the glacier caverns, whirlwinds, dust ashes vapour and gas exhalations of the volcanoes are caused by two forces, i. e. gravity and centrifugal force. (17.) This time he deals with the formation of perpendicular caves formed upwards along a couple of shears crossing each other in a perpendicular line. (Fig. 1—7.) As both horizontal and perpendicular caves are formed along shears, an advantage can be taken of this fact in the case of Palaeocene coal seams of the Transdanubian district for the anticipatory discovery of dangerous points of Dolomitic water irruption.

E. R. Schmidt:

Sur la mécanique de la formation des avens.

A l'avis de l'auteur, sans préformation tectonique, il n'y a aucune formation considérable de grottes (13, 14, 15), ni d'autres phénomènes caractéristiques aux cavernes de type de Karst, comme la formation de dolines et de poljes. 15). Il a récemment démontré que les passages de grottes verticaux, se creusant d'en haut vers le fond, de même que les cavernes de glacier, les tourbillons de vent, les exhalations de poussière, de cendre et de gaz des volcans, résultent du jeu de deux forces: celle de la gravité et celle centrifuge. (17.) Cette fois-ci il traite la manière de formation des avens qui se creusent vers la surface en longeant deux glissements verticaux, se croisant en une ligne perpendiculaire. (Fig. 1—7.) Puisqu'il les grot-

tes horizontales et celles verticales se forment le long de glissements, au cas des laies de charbon paléocènes transdanubiennes, cela est bien utilisable à l'investigation préalable des enfouissements dangereux de l'eau dolomitique.

E. R. Schmidt:

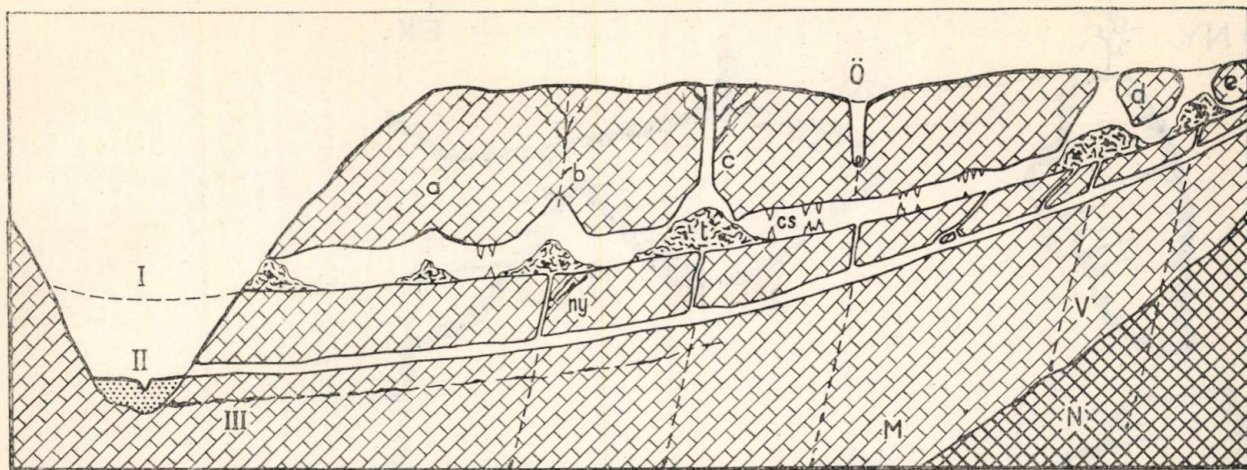
Zur Entwicklungsmechanik der Schlot-höhlen.

Verfasser der die Auffassung vertritt, dass es ohne tektonische Präformation keine ernsthafte Höhlenbildung (13, 14, 15) oder andere Karstphänomene: wie Dolinen- und Poljenbildung gibt (15), behandelte erst unlängst die Geomechanik der sich von oben nach unten fortsetzenden Höhlenschlotbildung (17). Er zeigte, dass diese sowohl wie: die Gletscher-mühlen, Wirbelwinde, Staub-, Aschen-, Gas- und Dampfexhalationen der Vulkankrater usw. ihr Entstehen dem Spiele zweier Kräfte, der Schwer- und der Zentrifugalkraft verdanken. Diesmal soll gezeigt werden wie entlang der senkrechten Schnittlinie zwei sich kreuzenden Bruchflächen die sich von unten nach oben verfressende vertikalen Höhlen (avens, abisso etc.) entwickeln (Fig. 1—7.). Da sowohl die wagrechten, als auch die senkrechten Höhlen sich entlang von Brüchen entwickeln, kann diese Erkenntnis gut benutzt werden zu der Aufsuchung von gefährlichen Karstwasser-einbruchstellen in den paläozänen Kohlenrevieren Transdanubiens.

Karsztvízveszéllyel küzdő óharmadkori széntelepeink vízmentesítésének kérdése bányászataknak és energiagazdálkodásunknak hovatovább mind égetőbb problémájává válik. Összes szénvaggonunknak 20—24 súlyszázalékáról illetve 28—32 kalóriaszázalékáról van szó, amely a termelésben 38—40 súlyszázalékkal vesz részt. Ezt az ásványkincset minősége, előnyös települési és közlekedéscélrajzi fekvése miatt rohamosan fejlődő tervgazdálkodásunk nem tudja nélkülözni. Minden erőnkkel, a tudomány minden eszközével biztosítanunk kell tehát, hogy ez az energiahordozónk a lehető legnagyobb életbiztonság és a lehetséges legkisebb anyagi veszteség mellett, iparunk felemelését szolgálva gazdasági életünk vérkeringésébe juthasson.^{5, 16}

Ennek érdekében valamennyi tudomány-ágat mozgósítani, aktivizálni kell. Elsősorban a természettudományokat és ezek közül is első helyen a geológiát, a tektoniát, a karsztvízzel és a karsztjelenségekkel foglalkozó tudomány-ágakat, mint olyanokat, amelyek gazdag tapasztalati anyagokkal legközelebb állanak a kérdés megoldásához. Így maga a barlangtan leíró és genetikai része is igen értékes támpontokat szolgáltat a karsztvízveszély elhárításának kérdésében — a kellő mechanikai és műszaki kiértékelés után.

Tudott dolog ugyanis, hogy a legközvetlenebb veszélyt ezekben a bányákban a vetők és az ezek mentén kialakult vízszintes barlang-



1. ábra. Sematizált barlangszelvény.

I. Régi völgyfenék, a hozzátartozó, szárazzá vált barlanggal;

a) kezdő, b) fejlődő, c) kilyukadt, d) felszakadt és e) beszakadt zombolyokkal, törnéekkel (t) és cseppkövekkel (cs);

ö = ördöglyuk, ny = barlangi víznyelő, v = vetők;

M = mészkő, N = normális kőzet.

II. Új völgyfenék és az ezzel mélyebben megcsapolt karszt-víznívóhoz tartozó alsó barlanggal.

III. A legalsó barlangjárat első kezdete.

járatok, továbbá a függőleges kürtök és zombolyok rejtegetik magukban, miután ezek az egész bonyolult karsztvízhálózattal szoros összeköttetésben állanak és viszonylagosan bő szelvényeikkel aránylag nagy, gyors és ezért néha szinte legyőzhetetlen vízbetöréseket tesznek lehetővé.

A gyakorlati bányász számára is nélkülözhetetlen tehát ezen veszélyes karsztvízjáratok várható helyének és alakjának az ismerete, mert enélkül teljes fizikai és szellemi sötétségben való tapogatódzás maradna a karsztvíz-elleni sokszor emberfeletti küzdelme.

Az említett karszttünemények helyének, formájának és kiterjedésének a megértése elsősorban függ keletkezésük módjának helyes felismerésétől. Ebben a tekintetben a geomechanika a maga elemző és szintetizáló módszereivel hathatósan támogatni, kiegészíteni és értelmezni tudja a leíró barlangtan észleléseit. Nem kétséges ugyanis, hogy a szóbanforgó karsztjelenségek jól definiálható erők és az anyag játékaként jöttek és jönnek létre.

Igy például a barlangjáratokról csak nemrég sikerült kimutatnom,^{13, 16} hogy azok a hegyképzőerők okozta főcsúsztatósíkok mentén, a felszínről kiinduló kürtök pedig a főcsúsztatósíkok (vetők) függőleges metszővonalaiiban, a centripetális és centrifugális erők hatására alakulnak ki előszeretettel.¹⁷

Az alábbiakban a zombolyképződés mechanikáját vesszük röviden szemügyre. Egyrészt, hogy a karszttünemény geneziséét felismerhesük, másrészt, hogy a karsztvízzel küszködő szénbányászatonkban viselt szerepét tisztázzuk.

Zombolyok alatt a következőkben olyan függőleges, aknaszerű, lefelé kiöblösödő karsztüregeket értünk, amelyek felfelé néha vakon végződnek (aven), néha a külsőig érnek. Lefelé azonban mindig vízszintes barlangjáratba torkolnak, még akkor is, ha a belőlük lehulló kőzettörmelék ennek a felismerését nem is teszi azonnal és minden további nélkül felismerhetővé.¹⁸ Az utóbbi eset különösen az előregedett, a lesüllyedt karsztvízszint felett függve maradt és

ezért szárazzá vált barlangokban gyakori, ahol a törmelék felhalmozódása az elapadt karsztvízzel együtt esökkent, vagy teljesen elmaradt mechanikai és kémiai bontó munka kiesésére vezethető vissza. (1. ábra.)

Karsztvidékeinkről az utóbbi időben — hála fáradhatatlan és lelkes barlangfeltáró gárdáknak — sok érdekes zomboly vált ismertté. Így Gerecséből, a Budai-hegységből, de különösen a borsodi Bükkből és a Gömör-Tornai Karszt vidékéről. Utóbbiak közül is külön említést érdemel a 90 m mély vecsembükki és a 103 m mély almási zomboly.

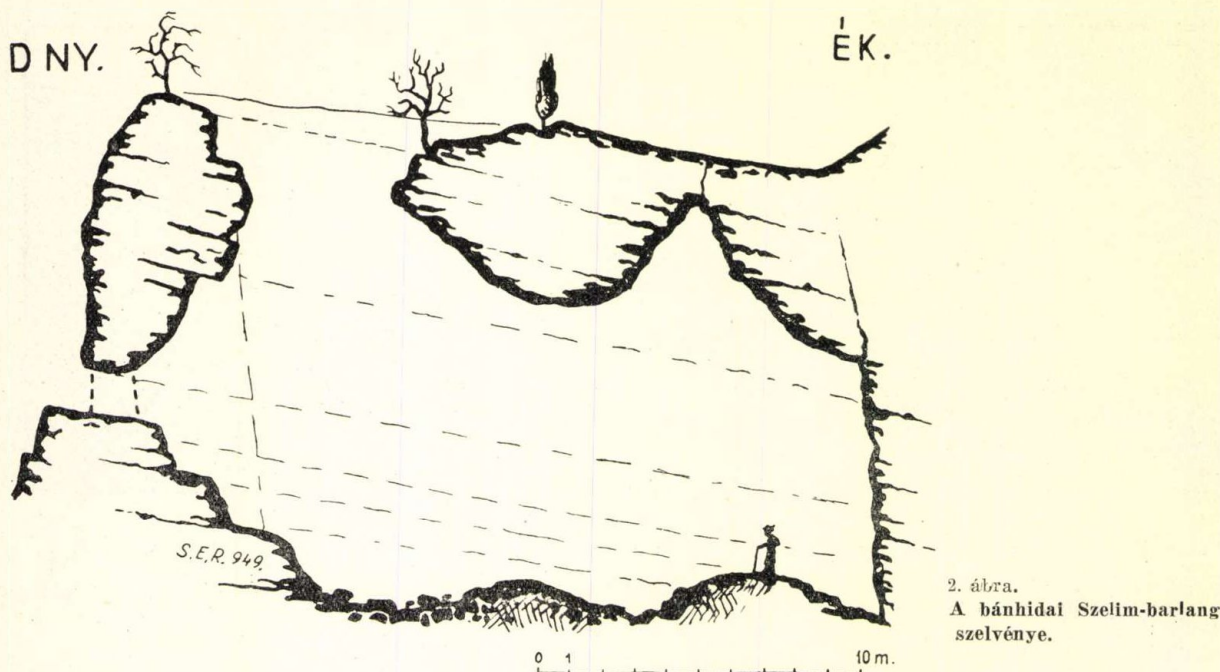
Ezek keletkezésével kapcsolatban újabban nem egy elmélet látott napvilágot. Magyarázták szénsavas szivárgó vizek, gőzök és gázok üregképző, forró vizek korrodáló hatásával, a töredezt kőzet bomlékonyságával, boltozat-, illetve gyűrűfeszültséggel, amely a kőzetet a bubi rész felett állítólag összeroppantáná, stb.^{7, 8}

A legérdekesebb zombolyhordozók egyike a bányaidai Szelim-barlang, amely Kessler neves barlangkutatónk feltárása, majd Gaál István részletes ásatásai és feldolgozása alapján már eddig is sok föld-, klíma- és ősembertani, valamint ősművelődéstörténeti meglepetéssel szolgált.

Barlangmorfológiai szempontból azonban nem kevésbé érdekes ez a barlang és különösen alkalmasnak látszik arra, hogy az ott tanulmányozható jelenségek révén a zombolyképződés kérdését is megoldjuk.

Magára a barlangra, mint olyanra, amelynek keletkezési körülményei tisztázatlanok, Venkovits István ismert barlangkutatónk hívta fel a figyelmemet, akinek társaságában 1949 május 23-án a Gerecse-hegység Bányhida fölött emelkedő meredek triász kori dachsteini mészkőszikla oldalában, a Turul madár közelében, fel is kerestem a szóbanforgó zombolyokat.

A barlang hosszmetsetét a 2. sz. ábrán rögzítettem. Jól látszik ezen, a barlang első részének hatalmas, nyitott kupolájú csarnoka és mögötte a barlang mélyén, egy még most is felfelé harapódzó kisebb zombolyoszerű kupolája. A kupolák falai feltűnően simák, a barlang



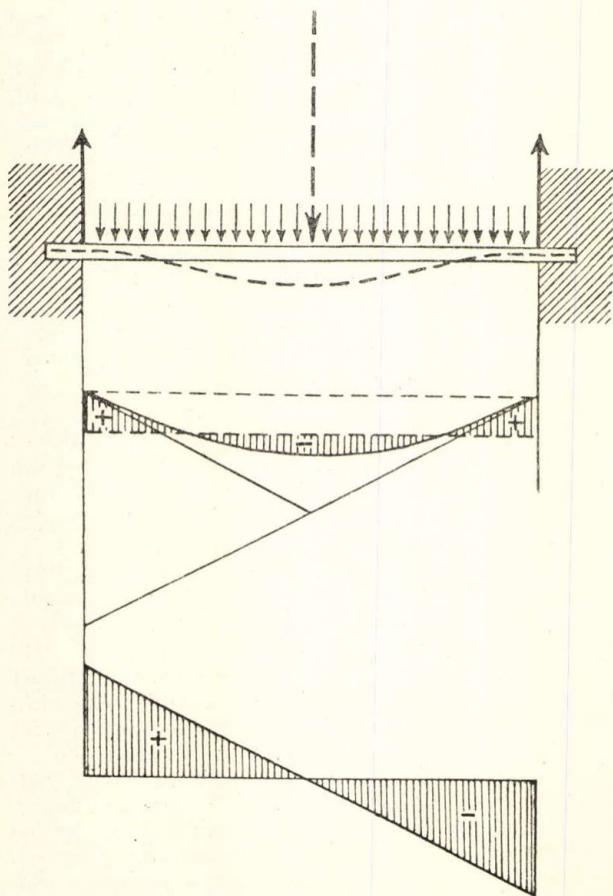
fenekéről az ásások során a törmelék legnagyobb részét már eltávolították.

E kupolák és ezzel a zsombolyok kialakulásának megértéséhez tegyük vizsgálat tárgyává a működő erőket és azok várható hatását a kőzetre.

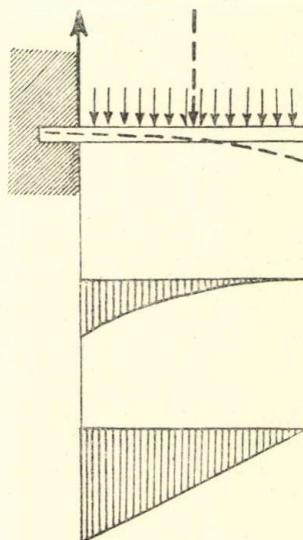
Egy földalatti folyosó mennyezetében a feszültségi viszonyokat legjobban a két végén

befalazott tartó nyomatóéki ábrája és a nyíró-erők ábrája szemlélteti. (3. ábra középső és alsó része.) Egyenletesen terhelt tartó esetén a legnagyobb feszültségek a befogás helyén lépnek fel. A veszélyes szelvény a fal mentén van.

Már korábban megállapítottuk azonban, hogy a barlangjáratok törésvonalak mentén, a nagyobb termek pedig átlós törésvonalak, vetők



3. ábra.



4. ábra.

metszésvonalai alakulnak ki előszeretettel.¹³ Ebből az következik, hogy az ilyen járatok mennyezete inkább az egy helyen befogott tartó, az úgynevezett konzolok feszültségi viszonyaihoz hasonlítható össze. (4. ábra.) Ebben az esetben is a fal mentén van a veszélyes szelvény. Ott lépnek fel a szakadások, ha az igénybevételek következtében a feszültségek nagyobbak, mint a kőzet szilárdsága. Éspedig, mivel ott hajlító igénybevétel is szerepel, parabolikus lefutással.

A mészkő belső, kohéziós erői folytán meredek falak képzésére alkalmas

Nem lesz tehát a kőzetmozgásnál a törési (vagy halmazási) szögnek olyan nagy és fontos szerepe, mint pl. laza kőzetek esetében, miként azt hazai viszonylatban a barnaszénbányászattal kapcsolatban végzett igen beható tanulmányaikban különösen *Jáky, Krupár, Esztó* stb. kimutatták.

Tömött, vagy vastagpados, lapos rétegzett-ségű mészkő esetén a főte — miként fentebb láttuk — hajlító igénybevétel alatt áll. A járatok felfelé harapódzását egyrészt ez az igénybevétel, másrészt az alább tárgyalandó boltozat-hatás segíti elő.

Egy kőzetüreg felett lévő hegynyomás (a kőzet súlya) nem tud az üregre átplántálódni, miután abban nem talál megfelelő ellenere. Ezért az erő átvitele az oldalfalakra történik. Éspedig az erőpoligonnal megszerkeszthető és parabolikusnak vehető nyomásvonal mentén. (5. ábra.)

A nyomásvonalon belül nyomásmentes mag, egy csüngő alakul ki, amely önsúlya alatt leszakadozik, lévén a mészkő szakítószilárdsága kb. $\frac{1}{17}$ -ed része a nyomószilárdságnak.

A főte terhelése tehát az oldalfalakra hármlik át. Amennyiben e falak nyomószilárdsága kisebb, mint a vázolt túlterhelésből adódó nyomófeszültség, akkor az oldalfalak anyagának egy része kagylósan — lényegében eltorzult főcsúsztatató síkok mentén — az ép közettömegről leválik és az üreg felé nyomul. Ezzel természetesen a támköz és vele együtt a terhelés is megnő. Ugyanez az eset, ha egy közbülső pillér esik ki. (6. ábra.) Hasonló tüneményt láttunk a sóbányászásban is. ^{12 13}

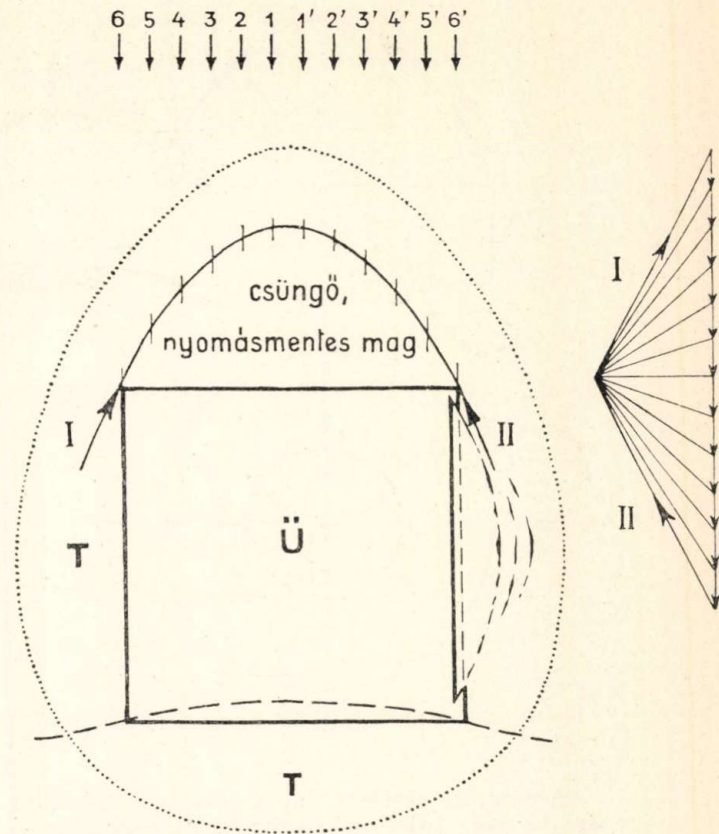
Az erőátvitel miatt az oldalfalak mentén és azokon belül lesz tehát viszonylag legnagyobb a talpnyomás. Plasztikus fekvő esetén ez abban nyilvánul meg, hogy a falak alatti anyag egy része, a nyomás elől kitérve, az üreg felé törekszik és talpduzzadás formájában jelentkezik. Nagy kohéziójú kőzet esetén az anyagvándorlás esetleg teljesen elmarad, de megfelelő feszültség-változásban fog jelentkezni. Mészkő esetében a megrepedt talp nyílása jobban szétválik és ezzel alkalmat ad az áramló víz erősebb bevágódására.

Az erőátvitel miatt az ür körül egy feszültségmentes, vagy kis feszültségű zóna, az ú. n. Trompeter-féle zóna alakul ki, miként erre már *Esztó* is rámutatott. A vázolt viszonyokat egyébként az 5. ábra szemlélteti.

Térjünk azonban vissza a boltozatos főtérre. Nyilvánvaló, hogy ott, ahol két átlós törés mentén két egymást keresztező barlangjárat képződött, a kettő találkozási helye fölött — a mondottak értelmében — nem donga-, hanem ú. n. gömb-boltozat, kupola fog kialakulni.

Vizsgáljuk most már azt is meg, hogy miként alakulnak ott a továbbiakban a feszültségi viszonyok. (7. ábra.)

A boltozatot terhelő függőleges erő két komponensre bomlik. Az egyik a boltozat érintő-síkjába esik, a másik a vízszintes síkba. Előbbi a boltozat vállánál keletkező felszabadító erővel együtt meridionális irányban kihajlásra veszi igénybe a megfelelő boltozatrészt. Utóbbi az üreg felé nem közvetíthet nyomást és ezért ismét két, szimmetrikus elrendezésű és a fal felü-



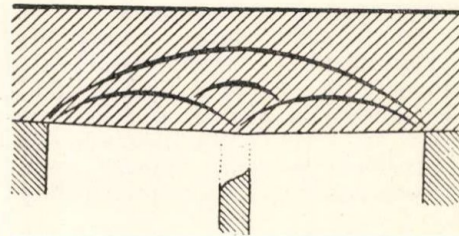
5. ábra.

6-1 és 1'-6'-ig az egyenletes terhelés erői, I-II a boltozat vállánál fellépő ellenerek.

Ü = üreg a kőzetben, T = Trompeter-féle zóna.

letébe eső összetevőre bomlik. Ezek összessége gyűrűfeszültséget szolgáltat, amely a boltozat képzeletbeli gyűrűit összeszorítani igyekszik. Vagyis a parallel-körök irányában veszi kihajlásra igénybe az egyes boltozatsávokat.

Végeredményben tehát a boltozat egyes részfelületei két egymásra merőleges irányban lévén kihajlásra igénybevéve, ennek hatása alatt levelesen, kagylósan lepattogzanak és a rideg mészkőboltozat belsejének síma forgásparaboloid felületet adnak.

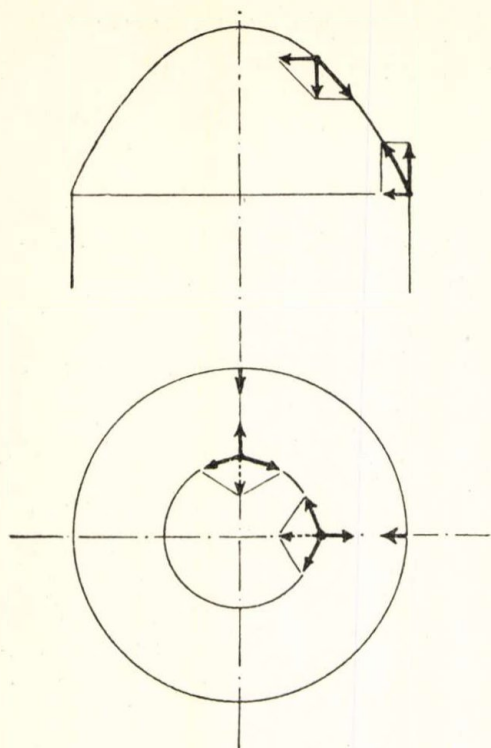


6. ábra.

Igy alakultak ki a Szelim-barlang kupolái is. Felületükön a víznek semmiféle hatása nem látszik. A kőzet mindenütt ép és üde, a kimaródás, oldás vagy ráarakódás minden jele nélkül.

A boltozat felfelé harapódzása mindaddig tart, amíg az ép kőzetben a kőzetfeszültségek egyensúlyi helyzete helyre nem áll. Akkor azonban megszűnik a zsomboly továbbfejlődése.

És ha mégis azt látjuk, hogy egyes zsombolyok a napszintig érnek, akkor annak kettős oka lehet, mint ahogy a megjelenési forma is két-féle.



7. ábra.

Abban az esetben, ha a zomboly kialakulása közben túlközel jutott a napszínhez — mint pl a Szelim-barlang nagy átmérőjű külső zombolya — akkor a vékony fedőközet egyszerűen beszakad.

Mélyen fekvő zombolyoknál azonban ez nem történhetik meg. Amennyiben ezek mégis a külszínig érnek, úgy csak sokkal szűkebb, kürtő-szerű csőben folytatódhatnak a felszínig.

E kürtőszerű rész keletkezésének semmi köze a boltozat- és gyűrűfeszültséghez. Miután maga a kupolás boltozat is átlós törések metsző vonalában alakult ki és ez a töréses zóna a külszínig folytatódik, egyszerűen a szivárgó vizek és az időjárástól függő be-, ill. kihúzó légáram hatására fejlődik ki az idők során a kürtő. A váltakozó hőhatás, a víz mechanikailag bontó hatása és az oldás játssza tehát ennél a tektonikailag amúgy is erősen megviselt és előkészített rész kilyukasztatásánál a főszerepet.

Látnivaló tehát ebből, hogy valamennyi függőleges barlangjárat — tehát nemcsak a felülről lefelé mélyülő, az ú. n. ördöglyukak, vagy ponorok, hanem az alulról felfelé harapódzó zombolyok is — vetők függőleges keresztvezési vonala mentén fejlődik ki. Éppúgy, amint a vízszintes barlangjáratok főcsúsztatósíkok, vetők mentén.

Tektonikai preformáltság nélkül nincs komolyabb barlangképződés, de egyéb karsztjelenség, mint dolina- és poljekképződés sem.

*

Az okozati összefüggések felismerése — miként erre különben már ismételtelen rámutattam — fontos támpontul szolgálhat pl a Dorog—Tokod—Esztergom vidéki szénmedencék karsztvízveszélyének elhárításában. Hiszen ezek fekvője is egy régi, mezozoós karsztfelszín, amely vetődésekkel járt kéregmozgások következtében utólag a mélybe süllyedt, hogy a széntartalmú óharmadkori rétegcsoporthoz üledékjévé várt. Magát a triász kori fekvőt tehát, ha tagoltabban is, de nagyjából úgy kell elképzelnünk, mint azt az 1. ábra mutatja, elvben és térképszerűen pedig a 13. alatti 2/a, b, c számú ábrák. Miután pedig a harmadkori rétegösszletek az alaphegység későbbi mozgásaihoz igazodva, maguk is átvették annak vetőit, a magasabb szintekben feltárt vetők nyomvonalainak és csomópontjainak — a csapás és dőlésirányok figyelembevételével — a megfelelő nivóra való levetítésével megkapjuk azokat a helyeket, amelyekből nagyobb vízbetörés várható. Ezek ismeretében pedig a szükséges óvintézkedések megtétele már nem oly nehéz, mintha ezek felkeresésében tisztán találgatásra lennénk utalva.

Irodalom:

1. Bendel, Ludvig: Ingenieurgeologie, Wien, Springer Verlag, I. 1944, II. 1948.
2. Esztó Péter: A kőzetmozgás mechanikai elemei. B. K. L. 1939. 24. sz.
3. Gaál István: A Föld és az Élet Története. A Természet Világa, IV. köt. Term. Tud. Társ. kiadása, 1939.
4. Kassay Antal: A fejtés külszínre való hatásának megfigyelésére és elhárítására alkalmas berendezés. B. K. L. 1939. 7. sz.
5. Kassai Ferenc: Paleogén szénbányászatunk, a karsztvíz és a védekezés módjai. Hidrológiai Közlemény, 1948. évi 1—4. sz.
6. Kerekes József: Megjegyzések a zombolyok keletkezésének kérdéséhez. Barlangvilág, 1937. évi 1—2. füz. p. 13—17.
7. Kessler Hubert: A zombolyok keletkezéséről. Barlangvilág, 1926. 3/4. füz. p. 20—22.
8. Kessler Hubert: Barlangok mélyén. Franklin Társulat kiadása, 1942.
9. Kövesi Antal: Grafosztatika és vasszerkezetek. Selmebánya, 1910.
10. Krupár Géza: Földalatti vágatok, fejtések egymásra való kölcsönös hatása stb. B. K. L. 1934. 13—14. sz., 15—16. és 17. sz.
11. Krupár Géza: Albertakna aknapillérének fejtési terve. B. K. L. 1931. 11—13. sz.
12. Schmidt E. R.: A magyar só geológiája, bányászata és nemzetgazdasági jelentősége. A Mérnöki Továbbképző Intézet kiadványa, 1942.
13. Schmidt E. R.: Műszaki geológiai problémák. B. K. L. 1943. évi 21—23. sz.
14. Schmidt E. R.: Geomechanikai tanulmányok stb. B. K. L. 1940. évi 9—10. sz.
15. Schmidt E. R.: A barlang-, dolina- és polje-képződésről. B. K. L. 1944. 23. sz.
16. Schmidt E. R.: Magyarország ásványnyersanyagai. Faust kiadás, 1947.
17. Schmidt E. R.: A barlangi kürtők és a gleccserüstök képződésének geomechanikája. B. K. L. 1949. évi 3. sz.
18. Pávai Vajna F.: A forró oldatok és gőzök-gázok szerepe a barlangképződésnél. Hidr. Közl. X. 1931.

„Ha a kritika csak öt vagy tíz százalék igazságot is tartalmaz, úgy az ilyen kritikát is üdvözlölni kell, meg kell figyelmesen hallgatni és ki kell hámozni belőle az egészséges magot. Ellenkező esetben, ismétlem, odajutnánk, hogy befogják a száját az egyébként a szovjetek ügyével teljesen odaadó emberek százainak és ezreinek, akik még nem eléggé gyakorlottak kritikai munkájukban, de akiknek a szájával szól maga az igazság.” (Sztálin)