

Dr. Veress Márton - Dr. Péntek Kálmán

01/E-3/

KEVEREDÉSI KORRÓZIÓVAL KIALAKULT BARLANGOK
KIOLDÓDÁSTÖRTÉNETÉNEK LEÍRÁSA GÖMBÜSTJEIK
FELHASZNÁLÁSÁVAL

1. A korróziós barlangok kioldódástörténete a gömbüstök kialakulási korának felhasználásával:

A korróziós eredetű barlangok - miután mélyen, a karbonátos kőzetekbe szivárgó vizek telítődési szintje alatt képződnek - keveredési korrózióval oldódnak ki /Bögli A. 1963.a., Balázs D. 1966, 1966. Jakucs L. 1971./ A keveredési korrózió /Laptyev, F.F. 1939./ során létrejövő egyik igen gyakori formaelem a gömbüst /Bögli A. 1963.b./.

Számos korróziós barlangban figyelhetők meg a gömbüstök ill. azok roncsai. A roncsok akkor alakulnak ki, amikor gömbüstök, vagy gömbüst más oldásos formával összeoldódik. A folyamat együttjár az eredeti gömbforma egy részének elpusztulásával, viszont a maradék - a kialakuló barlang részeként - elveszti zárt jellegét. Amikor gömbüst^{ök} összeoldódásával jön létre pl. egy vízszintes barlang folyosó, akkor az oldalfalak íves lefutási szakaszokból állnak felülnézetben. Az ívek metsződésénél /az összeoldódási helyek/ a falakon függőleges helyzetű bordák láthatók.

A korróziós barlangok kialakulása leírható a kifejlődő gömbüstök egyre nagyobb és nagyobb füzérekbe történő összenövési folyamataként. /Azon barlangszakaszokon, ahol más oldá-

szos formák a jellemzőek, vagy már a gömbüst roncsok is elpusztultak ez nem végezhető el./

Ha egy adott barlangszakaszt oldalirányú kiterjedésben teljes egészében egy gömbüst alkot és megadható ezen gömbüst kifejlődési kora, akkor ezen barlangszakasz kialakulási kezdete is megadható. /Azon gömbüst roncsok kialakulása, amelyek nem képezik adott helyen magát a barlangot, hanem annak falán helyezkednek el nem tekinthetők ezen barlangszakasz kialakulásával egykorunak, hanem annál fiatalabbak/. Ugyanis a barlangot alkotó gömbüstök inaktivizálódása ha egyidejű/ld. alább/ akkor a kifejlődési koruk azért lesz eltérő, mert kialakulásuk kezdete különböző.

Ha megadható az az időpont, amikor a szomszédos gömbüstök éppen egymásba oldódnak, akkor nyomonkövethetők lesznek a barlang kialakulásának főbb mozzanatai is. /Ugyanis két tetszőleges hosszúságú barlangszakasz egy nagyobb barlangszakasszá alakulása egybeesik azzal az idővel, amikor a két vég gömbüstjeinek összeoldódása megtörténik./ A folyamat térkép segítségével is ábrázolható. Ha a kialakulási kor különböző időpontjaira egy-egy olyan barlang térképet készítünk, amelyen kifejezzük a szomszédos gömbüstök összeoldódtak-e vagy sem, akkor az előállított térképsorozaton nyomonkövethető az ábrázolt barlang kioldódástörténete.

A kialakulási kor alatt értjük azt az időtartamot, ami adott forma /gömbüst/ kialakulásának kezdete és azon idő kö-

zött eltelik, amikor az az aktivitását elveszti. Miután a keveredési korrózió az áramló karsztvíz övében /ott is elsősorban a karsztvízszintnél/ lép fel, adott gömbüst fejlődése akkor áll le, amikor a karsztvízszint süllyedése miatt a szint fölé kerül. Ennek időpontja legfeljebb becsülhető, így a kifejlődési kor az inaktivizálódás időpontjához képesti életkorokat fejezheti csak ki.

Miután a karsztvízszint egyidejűleg hasonló szintben helyezkedik el - különösen kis távolságok esetében - ezért csak a hasonló szintben elhelyezkedő gömbüstök inaktivizálódása egyidejű. Ezért csak az ilyen gömbüstök kialakulási korai mérhetőek össze, ugyanis ekkor az eltérő kialakulási kor a különböző kialakulási kezdetre vezethető vissza. A különböző szintbe^{ve} elhelyezkedő gömbüstök esetén viszont nem dönthető el, hogy az eltérő kialakulási kor a különböző kialakulási kezdetből, vagy az eltérő inaktivizálódási időpontokból származik-e? Miután nem ismert, hogy az aktuális karsztvízszint alatt még milyen mélységig mehet^{ve} be a keveredési korrózió, a nem egy szintben elhelyezkedő gömbüstök /gömbközpontok/ nem feltétlenül eltérő időpillanatban inaktivizálódtak. Természetesen minél nagyobb a gömbüst közép pontok magasságkülönbsége, annál nagyobb a valószínűsége az eltérő időpontú inaktivizálódásnak. Ezért ilyenkor a számított kialakulási korok a valóságtól eltérhetnek. Biztos azonban, hogy az olyan gömbüstök inaktivizálódása nem egyidejű, amelyek között vertikális irány mentén oldódásmentes /gömbüst

mentes/ a bezáró kőzet.

2. A gömbüstök abszolút kialakulási kora:

Valamely oldódással kifejlődő forma növekedése az alábbi differenciálegyenlettel adható meg:

$$\frac{dm}{dt} = \frac{k_k \cdot k_T}{k_k + k_T} \cdot S (C_e - C_i)$$

ahol m [kg] az eltávozott mészkő tömege,

k_k [$\frac{m}{s}$] a kémiai oldódás sebessége,

k_T [$\frac{m}{s}$] anyagtranszport sebessége a határ-
rétegben,

S [m^2] az üreg felülete,

C_e [$\frac{kg}{m^3}$] a feloldott mészkő egyensúlyi
koncentrációja,

C_i [$\frac{kg}{m^3}$] a beáramló víz eredeti koncentrá-
ciója /J.V.Dubljanszkij, 1987/.

A keveredési korrózióval kialakult formák közül a gömbüstök

fejlődési sebességét célszerű vizsgálni, mert:

- jól mérhetők és elkülöníthetők a barlangokban,
- méretük egyetlen adattal jellemezhető,
- gyakoriak,
- növekedésük minden irányban ugyanakkora,
- Dubljanszkij J.V. /1987/ a fenti egyenletnek gömb szimmetrikus megoldását adta.

Dubljanszkij J.V. /1987/ a gömbüstök /gömbfül-
kék/ t életkorát, mint az R görbületi sugár függvényét
az alábbi differenciálegyenlettel jellemezte:

$$\frac{dt}{dR} = \frac{S}{C_e - C_i} \left(\frac{1}{k_k} + \frac{16}{85} \cdot \frac{R}{\sqrt[3]{D^2 \cdot r}} \right)$$

ahol $\rho \left[\frac{kg}{m^3} \right]$ a mészkő sűrűsége,

$R [m]$ a gömbüst pillanatnyi sugara a $t [s]$ időpillanatban,

$D \left[\frac{m^2}{s} \right]$ a diffúziós állandó,

$r \left[\frac{m^2}{s} \right]$ a kinematikai viszkozitás

Bár a gömbhöz hasonló kioldódási formáknál elkülönítenek melegvizes /gömbüst, gömbfülke/ és hidegvizes /korróziós fülke, örvényüst/ eredetűeket, eltérés közöttük morfológiájukban van. Ugyanis a melegvizes eredetűek függőleges irányban folytatódhatnak /Jakucs L. 1971, 1978, Müller P. 1974/ Szemben a hidegvizes eredetűekkel, amelyek uralkodóan horizontálisan fejlődnek ki, lefelé vezető járat nélkül. Az eltérés oka, hogy az előző típus kialakulása valamilyen módon kapcsolatos a lentől felfelé áramló melegvíz hatásával /Jakucs L. 1978, Kraus S. 1982, Müller P. 1971, 1980. Szunyogh G. 1982, 1984/. Az oldódást mind hideg, mind melegvizes eredetnél az oldat oldóképességének növekedése okozza, így a gömbhöz

hasonló formák fejlődési sebessége független attól, hogy mi okozza ezt a növekedést. Ezért a differenciálegyenlet felhasználásával, amelyet Dubljanszkij J.V. /1987/ melegvizes eredetű gömbfülkék életkorának számítása^{itá} alkotott meg, a hidegvizes eredetű gömbüstök kifejlődési kora is számítható.

→ Az oldat hőmérsékletére a jelenlegi karsztvizek hőmérsékletét jó közelítésnek vehetjük. Az oldat koncentrációját azonban nem ismerjük, ráadásul a jelenlegi karsztvizek igen

Ezért az abszolút kialakulási kor számításához a kialakító oldat hőmérsékletének és koncentrációjának ismerete szükséges (az egyenlet többi paramétere ismert ill. meghatározható).

eltérő koncentrációt mutathatnak a morfológiai, földtani viszonyok változásától függően. Az áramló karsztviz övében eléggé kis területen - mint pl. egy barlang-feltehető, hogy a morfológiai, földtani viszonyok homogenitása miatt a koncentráció nem változik meg. A koncentráció változását a különböző helyeken azonban mégsem lehet kizárni, mivel az áramló karsztvizövre a leszálló karsztviz övéből a különböző helyeken különböző keménységű viz kerül.

Ezért a továbbiakban vizsgáljuk, hogy aktuális karsztvizszint alatt az áramló karsztviz övébe hogyan alakul az oldat koncentrációja.

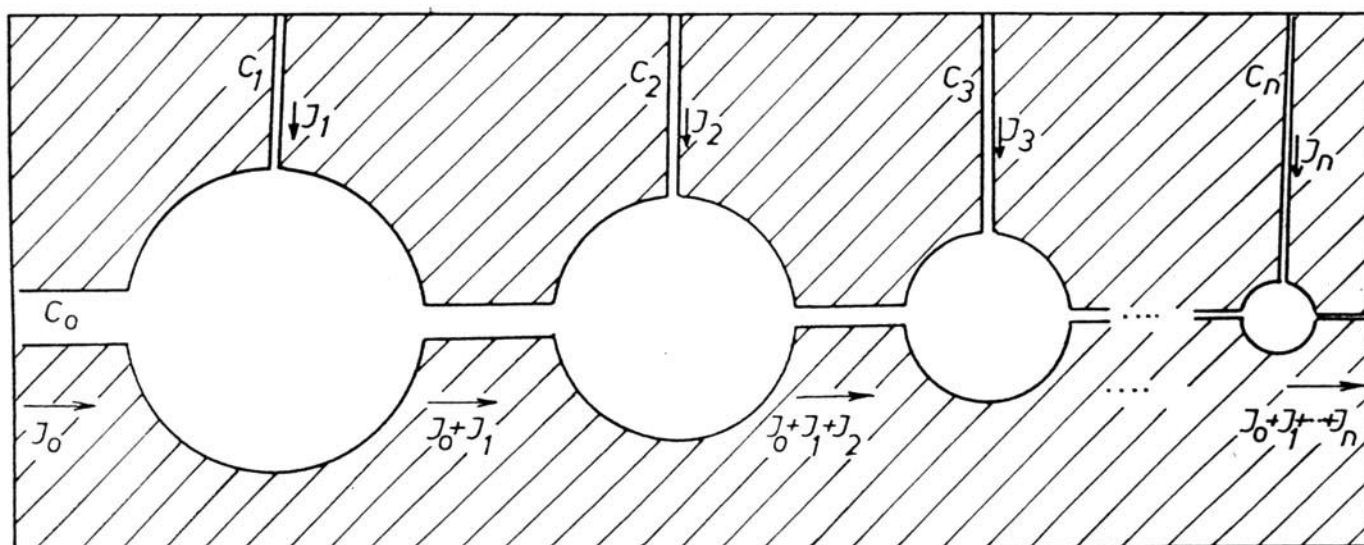
3. A gömbüstök relativ kialakulási kora:

Látni kell, hogy az egymás mellett, egy síkban kifejlődő gömbüstökhöz a törési síkokon beérkező vizekkel számottevő oldott anyag tartalom érkezik, így minden egyes gömbüst oldata eltérő koncentrációval rendelkezhet - még akkor is ha az áramló karsztvizövízt a barlang térségében egyébként azonos koncentrációjúnak tekintjük - és így eltérő sebességgel fejlődik. Mivel a hidegvizes gömbüstök az áramló karsztviz zónájában képződnek, adott gömbbe beszivárgó víz áramlási intenzitása alárendelt az oldalirányban áramló víz áramlási intenzitásához képest.

Vizsgáljuk ezért azt az esetet, amikor egy felület mentén sorban több gömbüst képződik.

Induljunk ki az 1. ábrán vázolt rendszerből. A folyamatot stacionáriusnak feltételezve, balról érkezik J_0 intenzitású, C_0 koncentrációjú oldat. Ez keveredik az első gömbfülkében egy törési sík mentén érkező J_1 intenzitású és C_1 koncentrációjú oldattal. Innen az oldat - oldás és így anyagfelvétellel - tovább halad a második gömbüst felé, amelynek intenzitása $J_0 + J_1$, C_{01} koncentrációja egyszerű megfontolás alapján:

$$C_{01} = \frac{C_0 J_0 + C_1 J_1}{J_0 + J_1} \quad /1/$$



1. ábra: Egy horizontális helyzetű gömbüstsor és a létrehozó áramlási rendszer elvi vázlata /oldalnézet/.
Jelmagyarázat: 1. bezáró közet, 2. törési sík, 3. réteglap menténi oldás, 4. vízáramlási irány, I. áramlási intenzitás, C. oldat koncentrációja.

A második gömbüstben ez az oldat találkozik szintén egy törési sík mentén érkező J_2 intenzitású C_2 koncentrációjú oldattal. Ezzel elkeveredve a korróziós folyamat növeli e második gömbüstöt. Az oldat innen a harmadik gömbülke felé halad, intenzitása $J_0 + J_1 + J_2$ koncentrációja az /1/ felhasználásával:

$$C_{012} = \frac{C_0(J_0 + J_1) + C_2 J_2}{(J_0 + J_1) + J_2} = \frac{C_0 J_0 + C_1 J_1 + C_2 J_2}{J_0 + J_1 + J_2} = \quad /2/$$

Az oldat továbbhalad, s teljes indukcióval egyszerűen igazolható, hogy az n-edik gömbüst $J_0 + J_1 + \dots + J_n$ intenzitású, továbbá

$$C_{012 \dots n} = \frac{C_0 J_0 + C_1 J_1 + \dots + C_n J_n}{J_0 + J_1 + \dots + J_n} \quad /3/$$

koncentrációjú oldat hagyja el.

A felvázolt általános rendszert a tapasztalattal egyezésben speciálizáljuk úgy, hogy teljesüljön rá az $J_0 \gg J_1, J_2, \dots, J_n \dots$ feltétel, ami szavakkal megfogalmazva azt jelenti, hogy a főcsatorna oldat hozama lényegesen meghaladja a mellékcsatornákból jövő oldatok hozamát. Ha n nem túl nagy, akkor $J_1 + J_2 + \dots + J_n \ll J_0$ is teljesül, továbbá a szokásos mértékű koncentráció értékek mellett $C_1 J_1 + C_2 J_2 + \dots + C_n J_n \ll C_0 J_0$ is fennáll. A fentiekből a /3/ felhasználásával az adódik, hogy

$$C_{012 \dots n} \approx C_0 \quad /4/$$

azaz gyakorlatilag a vízszintes gömbüst füzért kitöltő oldat jó közelítéssel mindenütt azonos koncentrációjú.

Ebből azonban Dubljanszkij

$$t(R) = \frac{S}{C_e - C_i} \left[\frac{8}{85 \sqrt[3]{D^2 \cdot r}} \cdot R^2 + \frac{1}{8k} R \right] \quad /5/$$

formuláját felhasználva egyszerű kapcsolatot nyerhetünk az i -edik gömbüst R_i sugara, $t(R_i)$ kifejlődési ideje, s a j -edik gömbüst R_j sugara és $t(R_j)$ kifejlődési ideje között.

A tapasztalat szerinti méretekből kiindulva a méteres nagyságrendű R sugár esetén az /5/ formula második, R -ben lineáris tagja elhanyagolható az első, R -ben kvadrátikus tagjához képest. Így ekkor az /5/ formula jó közelítéssel

$$t(R) = \lambda \cdot R^2 \quad /6/$$

ahol $\lambda = \frac{S}{C_e - C_i} \cdot \frac{8}{85 \sqrt[3]{D^2 \cdot r}}$

az adott rendszerre jellemző állandó. Mivel tehát a /4/ szerint

$$C_0 \approx C_{01} \approx C_{012} \approx \dots \approx C_{012\dots n} \approx C_i \quad /7/$$

koncentráció állandó, ezért a fent említett két gömbüstre alkalmazva a /6/ formulát

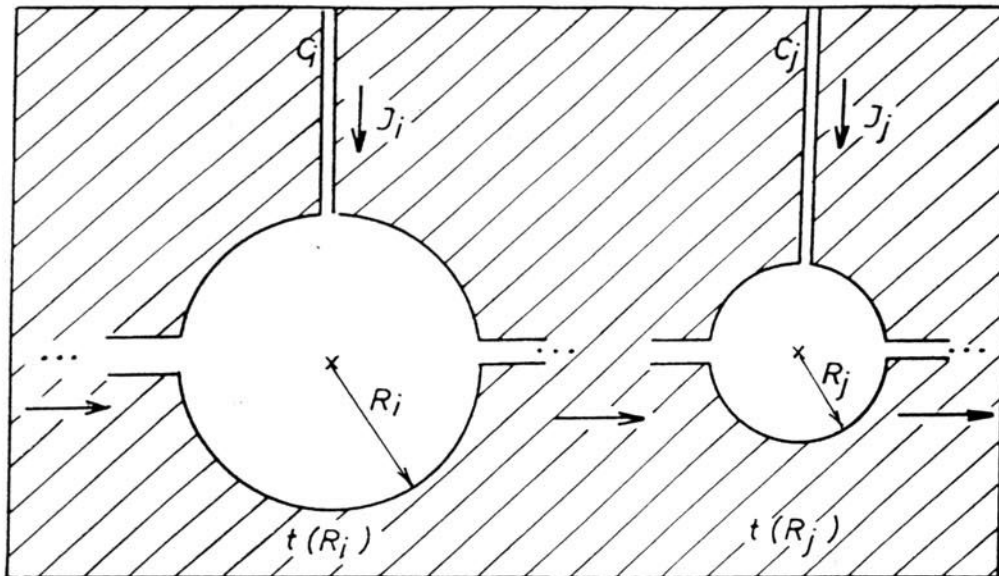
$$t(R_i) = \lambda \cdot R_i^2$$

$$t(R_j) = \lambda \cdot R_j^2 \quad /8/$$

s a két összefüggésben jó közelítéssel a λ arányossági tényező megegyezik. A /8/ két formulájának osztásával adódik:

$$\frac{t(R_i)}{t(R_j)} = \frac{R_i^2}{R_j^2} \quad /9/$$

Ez utóbbi képletet szavakkal úgy fogalmazhatjuk meg, hogy az egyes gömbüstök kifejlődési korai úgy aránylanak egymáshoz, mint sugaraik négyzetei /2.ábra/.



2. ábra: Két gömbüst sugarai és életkorai közti kapcsolat.

Jelmagyarázat: 1. bezáró közet, 2. törési sík, 3. réteglap menténi oldás, 4. vizáramlási irány, I. áramlási intenzitás, C. oldat koncentrációja.

Azon gömbüstökre, amelyeket hasonló, de ismeretlen koncentrációjú oldat hozott létre és egyidejűleg ⁱⁿaktivizálódtak bármelyiknek a relatív kialakulási kora megadható egy olyan gömbüst kialakulási korához képest, amelynek a kialakulási korát egységnyinek tekintjük - amit a továbbiakban $1 T$ -vel jelölünk - /Pl. $t(R_j) = 1$ / az alábbi módon:

$$t(R_i) = \frac{R_i^2}{R_j^2} \quad /10/$$

A levezetés eredményeként megállapítható:

- a leszálló karsztvíz vizei miatt - bár a keveredési korrózió nélkül nem történne meg - az áramló karsztvíz koncentráció ingadozásai elhanyagolhatók, így a gömbüstök fejlődési sebességei jó közelítéssel egyenlők lesznek,
- a kialakító oldat koncentrációjának ismerete szükséges ahhoz, hogy a kialakulási kort ténylegesen megkapjuk /abszolút kialakulási kor/,

- a koncentráció ismeretének hiányában relativ kialakulási kort kapunk /amely azt jelenti, hogy valamely gömbüst egységnyinek tekintett kialakulási korához képest a többi gömbüst kora időarányosan kifejezhető).

4. Gömbüstös barlang kioldódás és kialakulás történetének vizsgálata:

A gömbüstök relativ kifejlődési korai alapján megadható, a különböző barlangrészek kioldódási sorrendje. Ha megadható az az életkor /relativ összenövési kor/, amikor két tetszőleges gömbüst növekedés miatt összeoldódik, akkor megadható egy-egy barlangszakasz kialakulása, továbbá annak a folyamatnak az időbeni sorrendje, amelynek során az izolált gömbüstök egységes barlanggá fejlődtek. Egy folyosószakasz kialakulási kora akkorra tehető, amikor az ott található összes gömbüst a szomszédjával összeoldódott. Ez akkor is fennáll, ha a folyosószakaszt üstmentes részek jellemzik, hiszen azon részek az üstökkel együtt fejlődtek, miután az egyik gömbüstből a másikba e helyeken áramlott az oldat.

Szomszédos gömbüstök relativ összenövési korának meghatározásához az alábbi adatok szükségesek:

a) jellegi

- gömbüst sugarak,

- a gömbüstök középpontjai és a középpontok távolságai,
- a gömbüstöknek az egységnyi kialakulási kor bármely időhányadakor elért sugara.

a. Módszerek a gömbi sugár és gömbi középpont meghatározására.

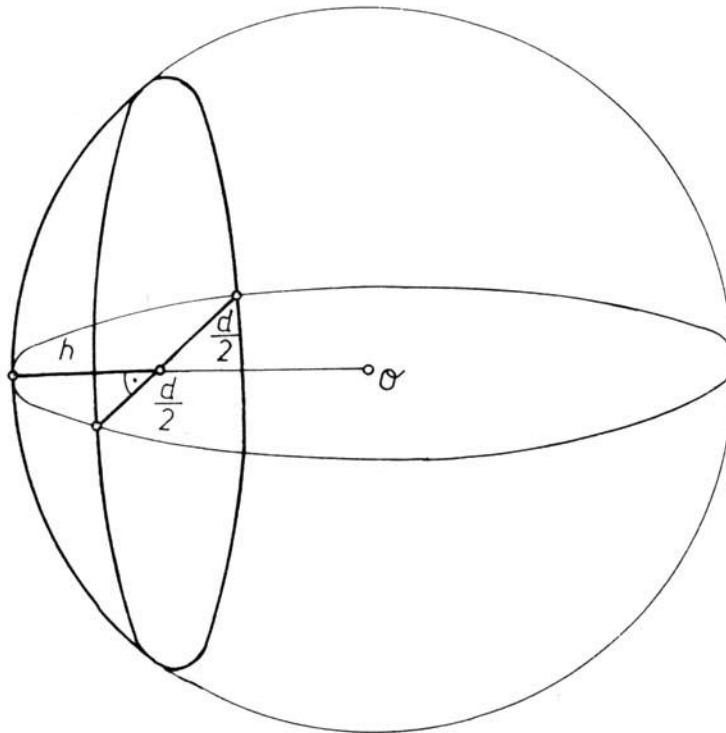
1. módszer:

A kiválasztott gömbüstöt /rendszerint gömbüst maradványt/

határoló üstközi gerinceket bemérjük a térképre. Ezután a gerincek között kiválasztva a gömbüst lehetőleg vízszintes síkú főkörét /illetve annak egy megmaradt ívét/, megmérjük rajta a gerincek közötti húr hosszát /d/, majd ennek felező pontjából a főkör síkjában merőlegest bocsájtunk a meglevő ivre, s meghatározzuk ennek hosszát /h/ /3 ábra/. A d és h ismeretében meghatározható a gömbi főkör sugara, ami egyuttal a gömbi sugár nagysága is az

$$R = \frac{d^2}{8h} + \frac{h}{2} \quad /11/$$

összefüggéssel.



3. ábra: 1 módszer elve

A gömbi főkör középpontjának meghatározása úgy történhet, ha a térképen a h szakaszt meghosszabbítjuk, majd ezen kiválasztjuk azt a pontot, amelyből az imént meghatározott sugárral rajzolt kör áthalad a d két végpontján, továbbá a h szakasz d-hez nem illeszkedő végpontján is.

Az eljárás eredményeként egy síkba vetítve megkapjuk a gömbüstök főköreit középpontjaikkal együtt.

2.módszer:

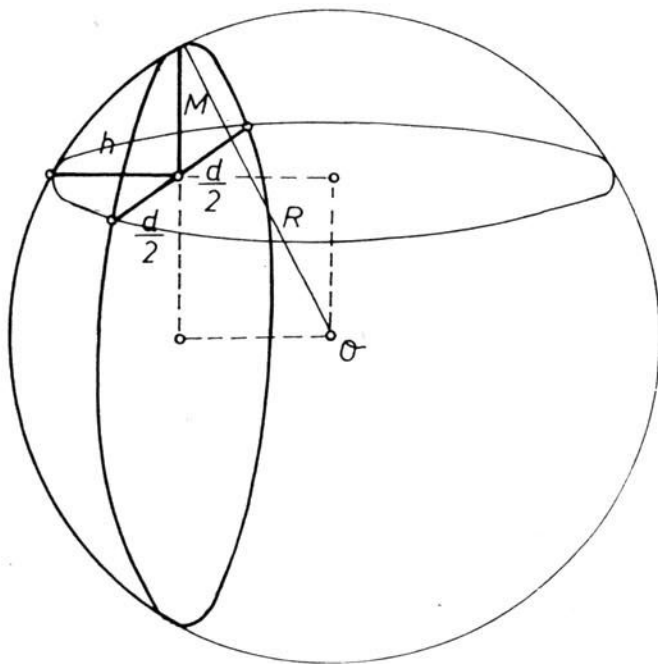
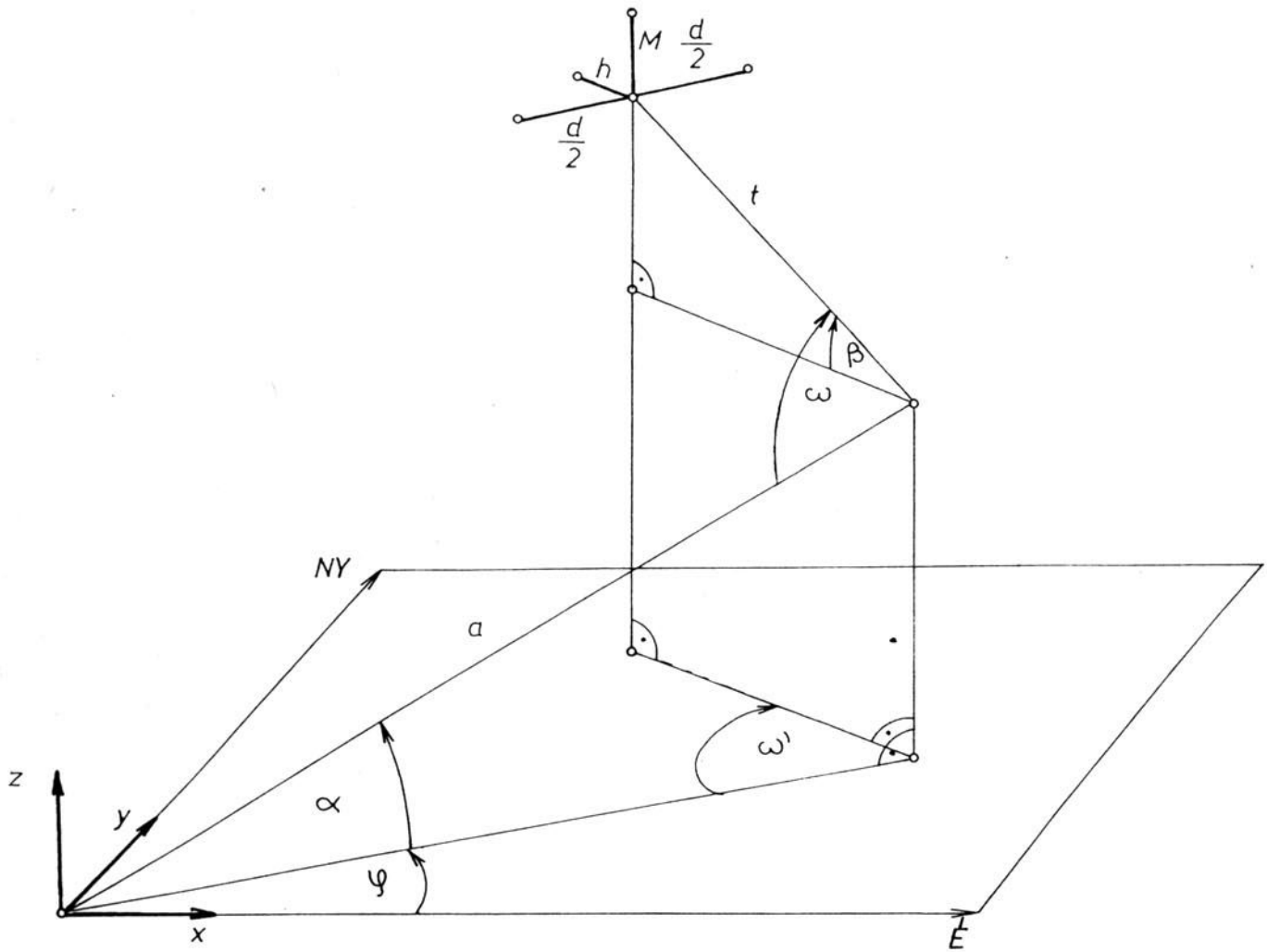
A barlangban a folyosók és a termek fő irányainak megfelelően egy alaptengelyt fektetünk le. Rögzítjük az egyes álláspontokat, illetve a köztük kifeszített, tengelyként használt zsinór hosszát, lejtőszögét, továbbá vízszintes vetületének irányszögét. Az üstök felméréséhez egy állítható fémpálcákból összeillesztett, három páronként egymásra merőleges irányban mérő műszert használunk. A műszer karjainak segítségével rögzíthetők a mérendő üst jellemző méretei (d, h, M) , illetve a műszer térbeli helyzetét a lefektetett alaptengelyhez viszonyított meghatározó adatok:

$$a, t, \varphi, \alpha, \omega, \beta \quad (4 \text{ ábra}).$$

Az M, h és d segítségével számítható a gömbüst görbületi sugara az

$$R = \frac{\sqrt{h^2 + M^2} \cdot \sqrt{d^4 + 16h^2 \cdot M^2}}{8hM} \quad /12/$$

formula segítségével.



4. ábra: 2 módszer elve

A gömbüst középpontjának állásponthez viszonyított derékszögű koordinátáit pedig

$$\begin{aligned}x &= Q \cdot \cos \alpha \cdot \cos \varphi + \left[\frac{d^2}{8h} - \frac{h}{2} - t \cdot \cos \beta \right] \cdot \cos(\omega' + \varphi) \\y &= Q \cdot \cos \alpha \cdot \sin \varphi + \left[\frac{d^2}{8h} - \frac{h}{2} - t \cdot \cos \beta \right] \cdot \sin(\omega' + \varphi) \\z &= Q \cdot \sin \alpha + t \cdot \sin \beta + \frac{M}{2} - \frac{d^2}{8M}\end{aligned} \quad /13/$$

ahol $\cos \omega' = \frac{\cos \omega + \sin \alpha \cdot \sin \beta}{\cos \alpha \cdot \cos \beta}$ /14/

összefüggések felhasználásával nyerjük.

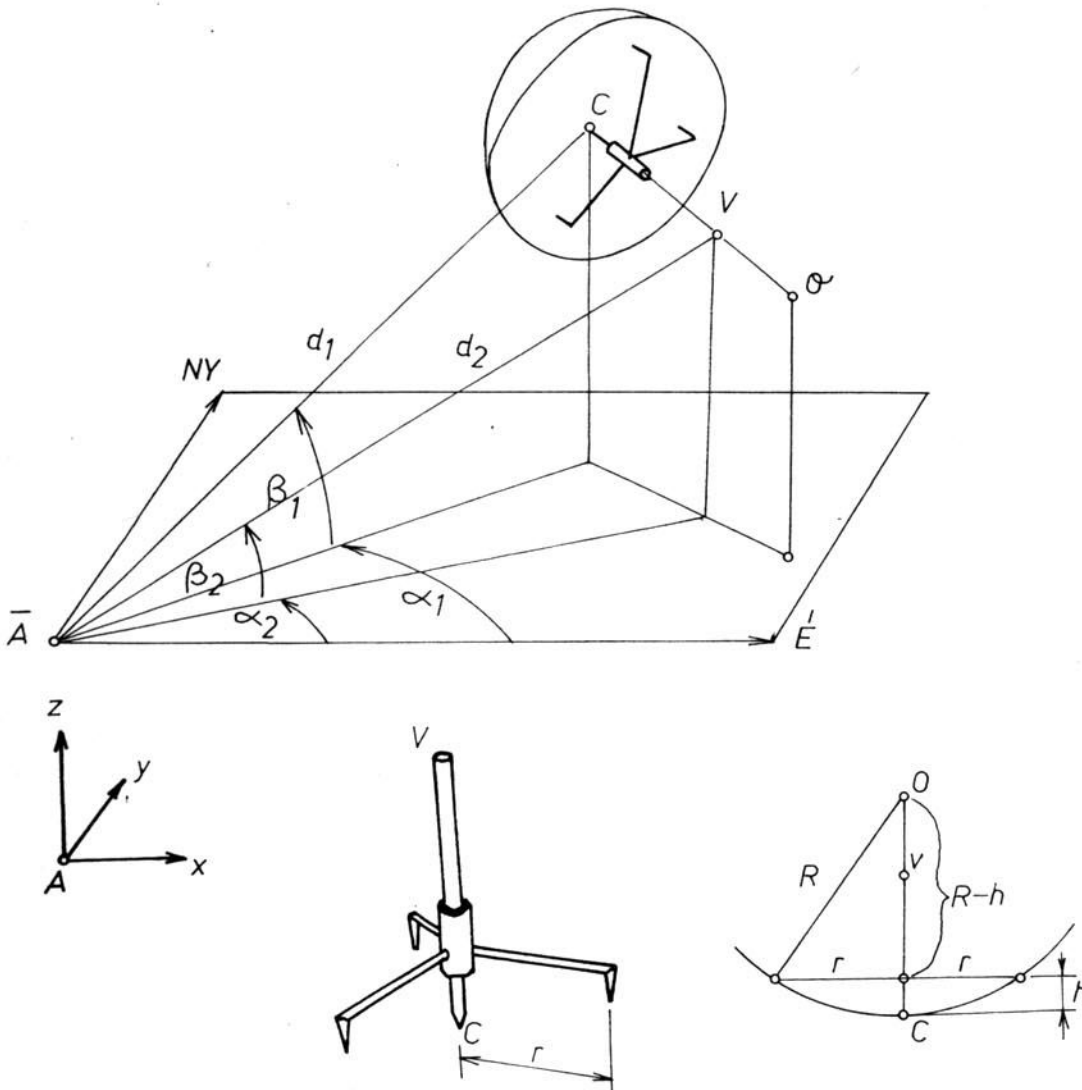
3. módszer:

Tekintsük a barlangi járat valamely kedvezően választott A pontját, amelyből a járat mérendő üstjei beláthatók. Álljunk fel teodolittal az A pont fölé, s tájoljuk a műszert. Ezt természetes módon rögzít egy $\{A, x, y, z\}$ derékszögű koordináta-rendszert, s x északra, y nyugatra, z pedig felfelé irányított. A teodoliton kívül szükséges még egy, az üstök méretének nagyságrendjéhez igazodó szferométer is. Illesszük az üstbe az

5. ábrán látható módon a C mérőcsúcsú és V mérőrúd végpontú szferométert. A műszer három lába, valamint a C csúcs érintkezik az üst felületével, s az

$$R = \frac{t^2 + h^2}{2h} \quad /15/$$

formula alapján megkapjuk az üst görbületi sugarát, ahol az egyik lábnak a mérőrúdtól való távolsága, h pedig a C csúcsnak a három láb síkjától mért távolsága. Ezután mérjük meg az A mérőpontból a C csúcs d_1 távolságát, α_1 vízszintes és β_1 függőleges irány^zszögét, s teljesen hasonlóan határozzuk



5.ábra: 3 módszer elve

meg a V végpont d_2 távolságát, d_2 vízszintes és β_2 függőleges irányszögét. Ha $Q = A\bar{A}$ a teodolit magassága, $e = VC$ a szfero-

méter mérőrúdjának hossza, akkor a gömbüst középpontjának

$\{A, x, y, z\}$ koordinátarendszere vonatkozó koordinátáit

$$x = \frac{R}{e} \cdot d_2 \cdot \cos \beta_2 \cdot \cos d_2 + \left(1 - \frac{R}{e}\right) \cdot d_1 \cdot \cos \beta_1 \cdot \cos d_1$$

$$y = \frac{R}{e} \cdot d_2 \cdot \cos \beta_2 \cdot \sin d_2 + \left(1 - \frac{R}{e}\right) \cdot d_1 \cdot \cos \beta_1 \cdot \sin d_1$$

$$z = Q + \frac{R}{e} \cdot d_2 \cdot \sin \beta_2 + \left(1 - \frac{R}{e}\right) \cdot d_1 \cdot \sin \beta_1 \quad /16/$$

összefüggés határozza meg.

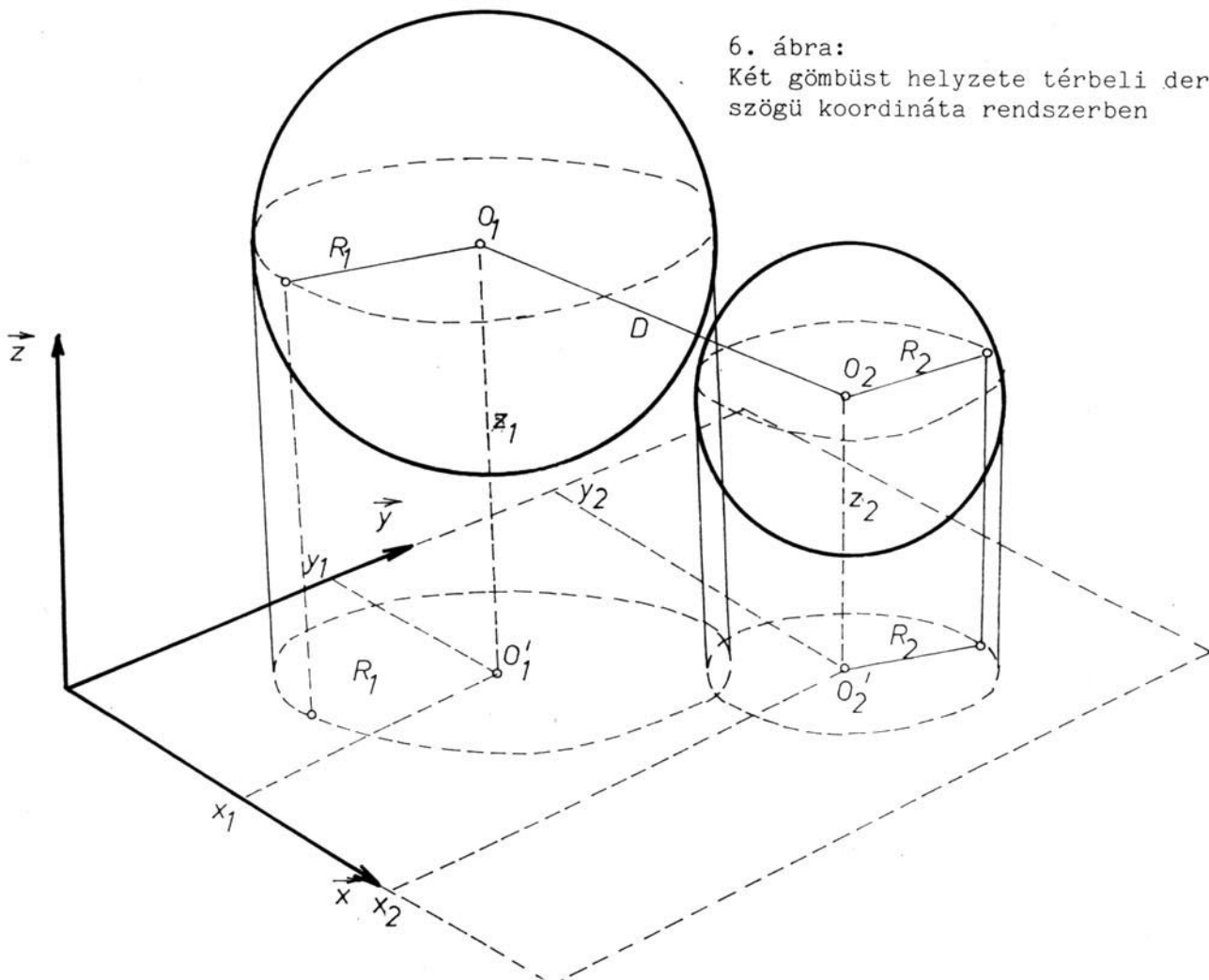
b. A gömbüstök összeoldódásának meghatározása.

Ha ismerjük az egyes üstök térben elfoglalt helyét /középpontjaik X_1, y_1, z_1 derékszögű koordinátáit/ és nagyságát /görfületi sugaraik R értékét/, akkor az egymás közelében elhelyezkedő gömbökről eldönthető fejlődésük bármely szakaszában, hogy metszőek, érintkezőek, vagy különállóak.

Ha (X_1, y_1, z_1) az egyik, (X_2, y_2, z_2) pedig a másik vizsgált gömbüst középpontjának koordinátái, akkor a

$$D = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} \quad /17/$$

mennyiség meghatározásával egyszerűen megválasztható az összeoldódás kérdése /6. ábra/. Ha a két gömbüst fejlődésük valamely pillanatában R_1 , illetve R_2 sugárral rendelkezik, akkor metsző, érintkező, illetve elkülönült annak megfelelően, hogy $D < R_1 + R_2$, $D = R_1 + R_2$, illetve $D > R_1 + R_2$.



6. ábra:
Két gömbüst helyzete térbeli derékszögű koordináta rendszerben

A relatív kialakulási kor tartományának viszont bármely időpontjára számítható valamely gömbüstnek a sugara az alábbi összefüggéssel:

$$r = \sqrt{\frac{T_1 - \Delta T}{T_1}} \cdot R_1, \quad /18/$$

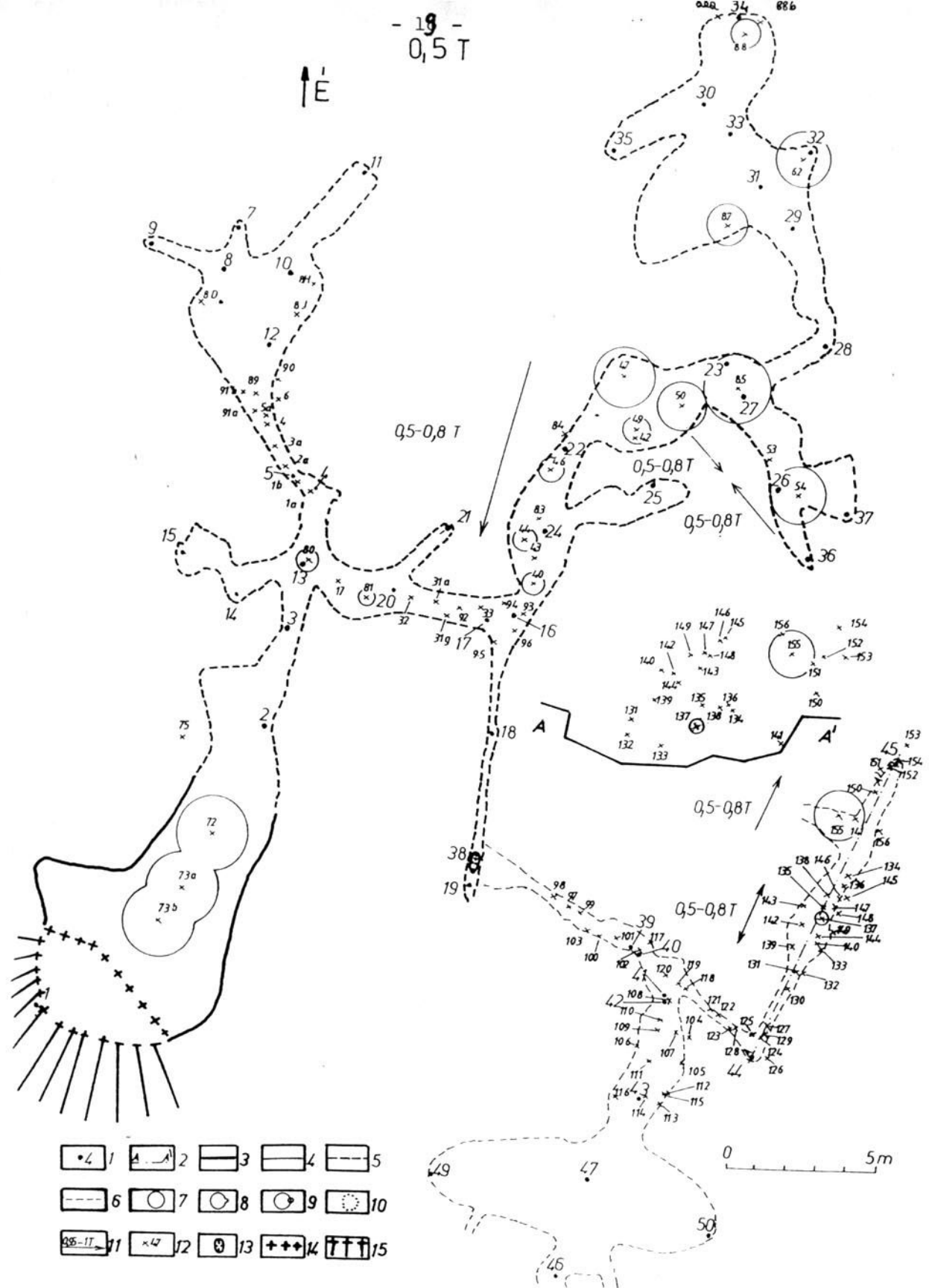
ahol T_1 a gömbüst relatív kialakulási kora, $\Delta T (< T_1)$ tetszőleges időtartam, R_1 a gömbüst sugara, r a ΔT időtartammal korábbi időpontra elért sugár.

Igy tetszőleges időpontra egy gömbüstökből kialakult barlang, barlangrészeire megadható a gömbüstök által képviselt kioldódás ill. összeoldódás mértéke. Erre példaként a Sűrű-hegyi Ördög-lik barlangot mutatjuk be /7,8 ábrák/.

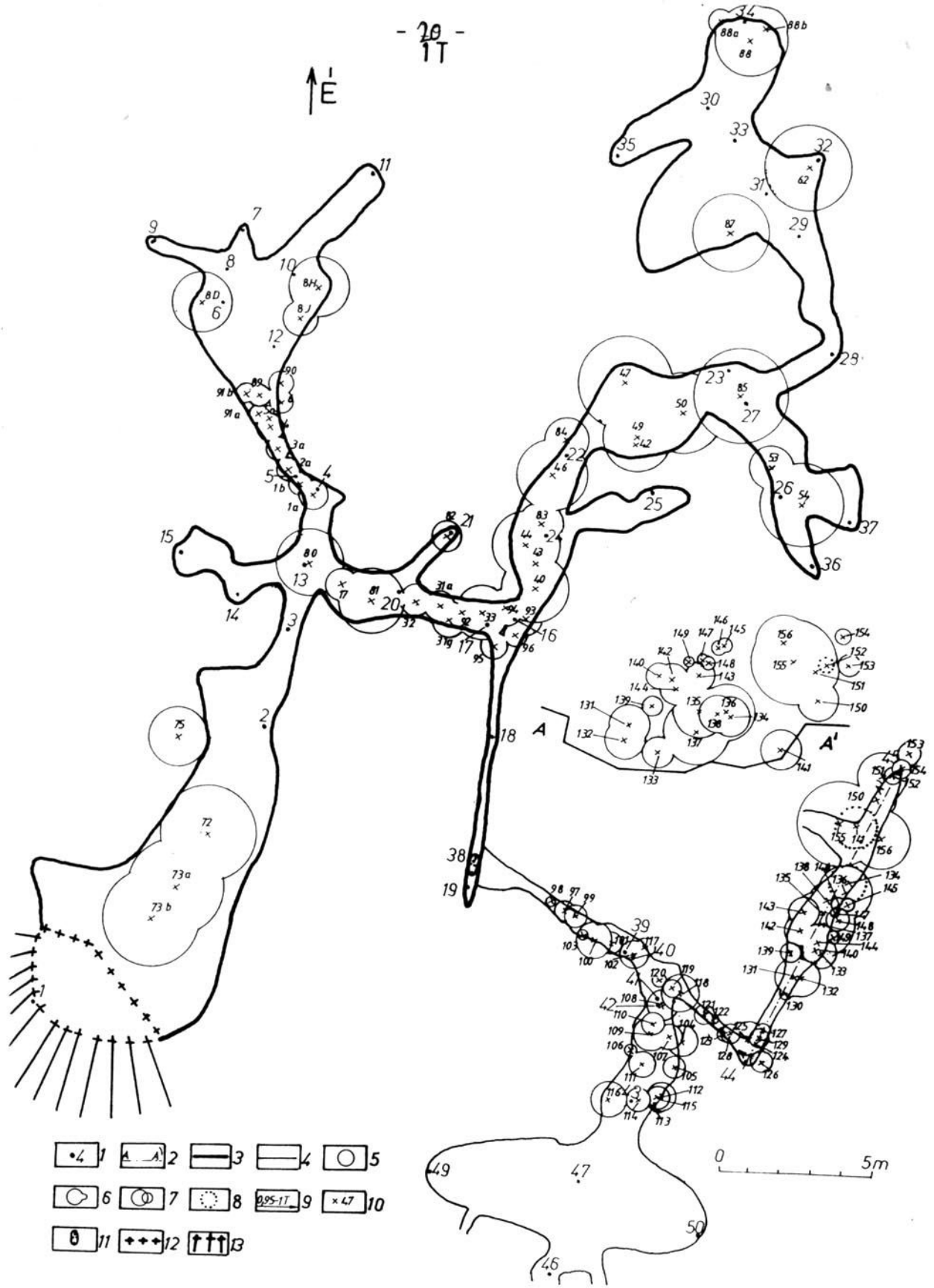
5. Következtetések:

A különböző relatív kialakulási korokra elkészített térképek értékelésével a gömbüstökből létrejött jelenlegi barlang kialakulási folyamatában az alábbiak tehetők vizsgálat tárgyává:

- a ~~kezdeti kioldódások~~ /gömbüstök kialakulásának kezdete/ relatív kora és így azok kioldódás kezdetének sorrendje,
- az oldódási aktivitás trendje, vagy trendjei,
- az összeoldódások relatív kora és azok sorrendje,
- az összeoldódási korok trendje, vagy trendjei,
- a nagyobb barlangrészek milyen már korábban létrejött kisebb részek összeoldódásával /a hierarchizáció analizise/ jöttek létre,
- a kialakulási sorrend ismeretében a különböző tetszőleges nagyságú barlangrészek kisebb részekből felépülésének a története,
- valamely időpontban a gömbüstös eredetű kioldottság mennyisége és minősége,
- két időpont között a gömbüstös kioldottság mennyiségi és minőségi állapotában beállt változások összehasonlítása.



7.ábra: Az Ördög-lik /Bakony-hegység/ kioldottsági viszonyai 0,5 T relatív korban, két szint kialakulása között ismeretlen nagyságú idő telt el /44 és 45 felmérési pontok közötti gömbüst középpontok A-A' szelvény síkjában vetítve/
Jelmagyarázat: 1.mérési pont, 2.oldalnézet helye, 3.már létező barlangrész /felső szint/, 4.már létező barlangrész /alsó szint/, 5.még kialakulatlan, vagy ismeretlen kialakulási idejű barlangszakasz /felső szint/, 6.még kialakulatlan, vagy ismeretlen kialakulási idejű barlangszakasz /alsó szint/, 7.gömbüst, 8.összenőtt gömbüstök, 9.nem egy síkban elhelyezkedő és nem érintkező gömbüstök, 10.gömbüst takarásban, 11.gömbüst képződési irány a relatív korok egy-egy fázisában /a kialakulási kezdet relatív kora szerint/, 12.gömbüst középpont és azonosítási szám, 13.alsó szintre vezető járat, 14.esővonal, 15.völgylejtő.



8. ábra: Az Ördög-lik kioldottsági viszonyai 1,0 T relatív korban, a két szint kialakulása között ismeretlen nagyságú idő telt el /44 és 45 felmérési pontok közötti gömbüst középpontok A-A' szelvény síkjába vetítve/
 Jelmagyarázat: 1. mérési pont, 2. oldalnézet helye, 3. kialakult barlangszakasz /felső szint/, 4. kialakult barlangszakasz /alsó szint /, 5. gömbüst, 6. összenőtt gömbüstk, 7. nem egy síkban és nem érintkező gömbüstk, 8. gömbüst takarásban, 9. gömbüst képződési irány a relatív korok egy-egy fázisában /a kialakulási kezdet relatív kora szerint/, 10. gömbüst középpont és azonosítási szám, 11. alsó szintre vezető járat, 12. esővonal, 13. völgylejtő.

I r o d a l o m

- Balázs D./1966/: A keveredési korrózió szerepe a karsztosodásban. Hidr.Közl.4.sz.p.179-185.
- Bögli,A./1963.a./: Adatok a karsztbarlangok keletkezéséhez.
- Karszt és Barlang II.sz.p.83-86.
- Bögli,A./1963.b./: Beitrag zur Entstehung von Karsthöhlen.
- Die Höhle p.63-68
- Dubljanszkij J.V./1987/: Teoreticheszkije modelirovanyije gynamiki formirovanyija gidrotermokarsztovih polosztvej - Metodü izucsenyija geologiceszkih javlenij Novoszibirszk p.97-111.
- Jakucs L./1971/: A karsztok morfogentikája - Akadémia Kiadó Bp.
- Jakucs L./1978/: A magyarországi karsztok fejlődéstörténeti típusai. - Karszt és Barlang p.1-16.
- Laptjev,F.F./1939/: Agresszivnoje dejsztvie vodi na Karbon atmüje porodi gipszi i betoni. Leningrád-Moszkva
- Müller P./1974/: A melegforrás-barlangok és gömbfülkék keletkezéséről. - Karszt és Barlang I.sz.p.7-10.
- Müller P./1980/: A Budai-hegyek ^zhévios tevékenységének kialakulása és nyomai - Karszt és Barlang II.sz.p.93-98.
- Szunyogh G./1982/: A hévizes eredetü gömbfülkék kioldódásának elméleti vizsgálata - Karszt és Barlang II.sz.p.83-88.
- Szunyogh G./1984/: A gömbfülkék kondenzviz-korróziós kialakulásának elméleti fizikai leírása - Karszt és Barlang I.sz. p.19-24.