

## BARLANGI MÉRÉSTECHNIKA

### I. RÉSZ

Az egyre gyorsuló fejlődés törvényszerűen megköveteli, hogy a kutatás területén a természeti objektumokról, folyamatokról, jelenségekről egyre több, egyre pontosabb információt szerezzünk be. Az információk lehetnek minőségek és mennyiségek. A mennyiségi, adatszerű információkat mérések segítségével kapjuk meg.

A barlangok tudományos felmérése már régebben megindult, de a barlangi körülmények támasztotta rendkívüli nehézségek miatt ezek a mérések általában nem végezhetőek el az iparban és a tudományos kutatásban alkalmazott műszerekkel, módszerekkel. Ezért vált szükségessé a barlangi mérés technika pontosabb körvonalazása és kifejlesztése. Az É. K. M. E. Ásvány és Földtani Tanszéke keretén belül működő barlangkutató csoport tagjai, a jószaói kutatóállomáson szerzett tapasztalatok, az irodalomban leírt eljárások és módszerek ismeretében kívánunk hozzájárulni ehhez a barlangkutatók számára annyira lényeges folyamathoz.

Az elkövetkező sorozat keretén belül a barlangi mérés technika alapjaiba kívánjuk bevezetni az érdeklődőket. Munkánk első részében általános mérés technikai problémákkal, a továbbiakban a barlangi körülményeknek a műszerek konstrukciójára, működésére vonatkozó feltételeivel, követelményeivel, a barlangban mérni kívánt paraméterekkel kívánunk foglalkozni. Ezt követően részletesen ismertetjük az egyes barlangi mérési feladatokat, feltüntetve a mérés alapelvét, majd bemutatjuk az egyes paraméterek mérésére szolgáló készülékeket.

#### *Általános mérés technikai fogalmak*

A mérés nem más, mint egy természeti jelenség, objektum vagy folyamat valamely változójának egy önkényesen kiválasztott egységgel történő összehasonlítása. A mérés korlátozódhat a természeti objektum, jelenség vagy folyamat egy-egy változójára, vagy kiterjedhet több egymáshoz kapcsolódó, vagy egymástól többé-kevésbé független változó tanulmányozására; történhet időben egy-egy alkalommal, vagy többször, esetleg folyamatosan. Az időben elszórtan, a természeti jelenségek egy-egy változójára kiterjedő méréseket általában pusztán ténymegállapításokhoz használjuk (pl. térképezés, magasságmérés, egyszeri hőmérsékletmérés stb.), folyamatok, jelenségek összefüggésének kiderítésére gyakorlatilag mindig több változó, időben gyakori, kedvező esetben folyamatos mérésére van szükségünk.

Célunk az, hogy lehetőleg minél kevesebb méréssel, minél több adatszerű információt szerezzünk a mért objektumról, jelenségről, folyamatról. Ezért cél-

szerű a mérni kívánt változót, a mérés helyét és a mérés módszerét úgy megválasztani, hogy a mérés eredménye

- a. jellemző legyen az egész jelenségre,
- b. reprodukálható legyen,
- c. ne zavarják más jelenségek, ill. a zavarást számitásba tudjuk venni.

Válasszunk ki találmra két barlangi mérési feladatot és mutassuk meg a fenti követelmények hatását és figyelembevételének módját.

1. Első példánkban válasszuk feladatul a *külső léghőmérséklet* és a *barlangban áramló levegő mennyisége* közötti összefüggés tanulmányozását.

2. Második példaként *egy cseppkővön átáramló víz mennyisége* és a *kiválás mértéke* között keressünk összefüggést.

Vegyük sorra a fenti követelményeket.

a) *A mérés eredménye az egész jelenségre legyen jellemző.*

A követelmény főként a mérni szándékozott változó kiválasztására, a mérési hely megjelölésére szolgál.

a/1) A légmozgás nagyságára az átáramló levegő mennyisége (kg) a jellemző. Időegység alatt valahol átáramló levegő mennyiségét azonban súlyra jelenleg még csak igen nehéz műszaki körülmények között tudjuk mérni. Így ezt el kell vetnünk. Azonban a folytonosság feltétele alapján egy adott keresztmetszeten időegység alatt átáramló légmennyiség nagysága jól jellemezhető a keresztmetszet síkjára merőleges lég-sebességgel. De pusztán csak az áramlási keresztmetszet síkjára merőlegesen mért légsebességi adatunk akkor lesz *jellemző* az átáramló légmennyiségre, ha a légnyomást és a hőmérsékletet szigorúan állandó értéken tartjuk. Erősen változó hőmérsékletű helyen — pl. viszonylag tágas bejárat közvetlen közelében, ahol pl. a kívülről behatoló levegő hőmérséklete néhány óra alatt 10–20 °C-ot változhat — a légmozgás sebessége nem mond sokat számunkra.

a/2) A cseppkő növekedésére *jellemző* annak súlynövekedése. A súlymérést bizonyos esetekben el is végezhetjük rendkívül körültekintő módon, de nagyobb képződmények esetében ez már elvi nehézségekbe ütközik. A cseppkő-gyarapodás vizsgálatát hosszúsági és keresztmetszeti adatok változása alapján is elvégezhetjük, de ebben az esetben a felületek egyenlőtlen növekedése, a keresztmetszetei változó nagysága miatt csak szerencsés esetben számíthatunk jó eredményre.

*b) A mérés eredménye legyen reprodukálható*

A feltétel azt jelenti, hogy azonos ok által előidézett változást azonos mérési eredménnyel tudjuk jellemezni. A megfelelőképpen kiválasztott változó esetén a feltétel már inkább a mérési módszer megválasztását írja elő.

b/1) A légáramlás sebességét több módszerrel mérhetjük. Lemérhetjük az áramló levegő mechanikai energiáját (dinamométerrel), a lineáris sebességét forgó lapátos műszerrel (anemométerrel), mérhetjük az áramló levegő hűtőhatását (fűtött termisztor), mérhetjük, hogy milyen párolgást idéz elő stb. Nyilvánvaló, hogy az anemométerrel mért értékek állnak a legközelebb a valósághoz. Más körülmények esetleg a dinamométeres módszert teszik járhatóvá. Ez esetben biztosítanunk kell, hogy azonos légáramlás azonos nyomóerőt hozzon létre pl. a nyomólapon. A *reprodukálhatóság* érdekében tehát meg kell oldanunk, hogy a lap mindig a légáram irányára merőlegesen álljon be. Anemométeres mérés esetén is biztosítanunk kell, hogy az anemométer tengelye merőleges legyen a légáramlás irányára. (Barlangokban ez nem szükségképpen jelenti azt, hogy ez az irány a függőleges!)

b/2) Cérnacseppkö növekedésnél a hosszmerést választottuk. Felmerül a kérdés, hogy hogyan? Ha kiválasztjuk a cseppkö-vég egy pontját és mikroszkóppal nézzük, hogy egy bizonyos idő eltelté után mennyit nő, akkor könnyen előfordulhat, hogy éppen azon a ponton a mérési idő alatt megáll a növekedés és valamelyik szomszédos kalcit romboéder csúcsa növekszik tovább. (Általános megfigyelés, hogy a cérnacseppkövek vége „csipkés” és hogy a csúcsok helyzete időben állandóan változik.) Az eredményünk nem lesz reprodukálható. A cseppkö végének minden pontját mérnünk kell tehát. Gyakorlat szerint azonban, ha a növekedés néhány mm-nél nagyobb volt, kellő pontosságú eredményt ad a mikroszkópos mérés is. Súlymérés esetén gondoskodnunk kell a reprodukálhatóság érdekében arról, hogy a mérni kívánt minta teljesen száraz legyen, kezelés közben piszok ne ragadjon rá, és ne törjön le belőle semmi.

*c) A mérés eredményéből ki kell szűrni a zavaró tényezők hatását.*

A feltétel igen súlyos, de nagyon lényeges. Olyan változó gyakorlatilag nincs, ami csak egy fajta hatásra változik meg. Ismernünk kell tehát, hogy a vizsgált változónk milyen hatásokra milyen mértékben változik meg, s ennek tudatában a mért eredmények mellett fel kell tüntetnünk a zavarás mértékét, ill. a zavaró tényezőt ki kell zárunk.

c/1) Első példánkban pl. a légáramlás sebességét ventuori-csőves módszerrel mérjük. Manométerünk nemcsak a légáramlás okozta nyomásváltozást fogja mérni, hanem a mérési eredményben benne lesz az aktuális légnyomás is. Differenciál manométer alkalmazásával kompenzálhatjuk a hatást. Más esetben, ha a műszerünk pl. zuhatag aljában van elhelyezve, akkor a zuhatag esetleg lényegesen nagyobb

légmozgást eredményezhet, mint amit egyáltalán mérhetnénk. A zuhatag egyes esetekben pl. nem működik, ebben az esetben nem zavar. A zuhatag hatását így nem vehetjük korrekcióba, ki kell tehát zárunk a mérésből: nem mérünk tehát huzatot zuhatag aljában, hogy ha a légáramlást a külső hőmérséklettel akarjuk összefüggésbe hozni.

c/2) Második példánkban zavaróhatásként jelentkezhethet pl. ha az átáramló vizet mérő műszerünkbe meghatározatlan időközönként határozatlan mennyiségű idegen eredetű víz (pl. a levegőből lecsapódó pára) kerül, vagy a cseppkövekről lecsapogó víz egy része elpárolog (száraz periódus). Ezek megfelelő műszerkonstrukcióval kizárhatók. Zavaró lehet a mérés eredményében, ha a keménységváltozást elektromos ellenállásmérésen keresztül végezzük, és az oldat hőmérséklete változik meg. Ilyenkor az ellenállásméréssel párhuzamosan végzett hőmérséklet mérés segítségével a hatást bizonyos mértékig korrekcióba vehetjük.

*A mérések működésére vonatkozó követelmények*

A műszerek iránt támasztott követelmények igazodnak az előbb említettekhez. Megkülönböztetünk olyan követelményeket, amelyek általánosan, minden műszerre vonatkoznak és olyanokat, amelyeket a barlangi körülmények támasztanak. A követelmények a következők:

a) A műszer működése és visszaállási pontossága legyen biztos. A feltétel azt jelenti, hogy a mért változó azonos értékéhez a műszeren mindig azonos kimozdulás tartozzék.

b) A műszer legyen megfelelően érzékeny és az érzékenységet meghatározni, de legalább becsülni tudjuk. Ehhez ismernünk kell azt, hogy az adott változóban milyen eltéréseket remélhetünk, és mi az a változás, amelyet érzékelnünk kell. A műszernek ennél a változásnál mintegy fél nagyságrenddel legalább érzékenyebbnek kell lenni. A sokkal érzékenyebb műszer használata azonban korántsem biztosít pontosabb, jobb mérést, ugyanakkor mechanikailag általában sokkal érzékenyebb és növeli a költségeket.

c) A műszer a zavarótényezőkkel szemben érzéketlen legyen. Ez azt jelenti, hogy a zavarótényezők lényegesen nagyobb változása eredményezzen a műszeren érzékelhető változást, mint a mérni kívánt változó. Így a zavaró tényezőket jobban korrekcióba tudjuk venni (pl. elektromos ellenállásmérésnél a hőmérséklet hatását).

d) A műszer szerkezete, működése, kezelése és javítása legyen egyszerű, ill. egyszerűen elvégezhető.

e) A műszer súlya lehetőleg kicsi legyen.

f) A műszer ne legyen ütésre, rázásra érzékeny, tehát mechanikailag legyen stabil, esetleg robusztus.

g) A műszer energiaigénye kicsi legyen, mind a tápforrás, mind a mérni kívánt változó oldaláról szemlélve. Pl. huzatmérésnél a műszereink nagy részét a huzat energiája hozza működésbe. A műszer kis energiaigénye azt jelenti, hogy kisebb mértékben



változtatja meg a huzat valódi értékét. A követelmény üvegelektrodos pH mérésnél a legszembetűnőbb. (l. ott.)

h) A műszer legyen klímaálló, baktériumok, gombák ne támadják meg, a nagy légnedvességben ne változzanak meg a működési jellemzői, ne szenvedjen korróziót.

i) Jelenlegi körülményeink között megkivánjuk a műszertől, hogy lehetőleg olcsó legyen.

A követelmények rendkívül szigorúak (különösen a hordozható műszerekkel szemben). Ezért szinte minden esetben meg kell alkudnunk a lehetőségekkel. Mindig megfelelő figyelemmel és műszaki tudással ki kell választanunk azokat a követelményeket, amelyek a kívánt feladat elvégzése érdekében a leglényesebbek és a műszert ilyen szempontok szerint célszerű megalkotni.

Első példánk esetében pl. viszonylag olcsó, feltétlenül kis helyigényű, kis súlyú, egyszerű szerkezetű, egyszerűen kezelhető, minimális energiaigényű, zavaró tényezőkkel szemben érzéketlen a meteorológiai lapátos szélkerék. Érzékenysége azonban nem kielégítő a barlangi légmozgás változásainak figyelemmel kíséréséhez, nem klímaálló, ütés hatására könnyen tönkremegy. A döntő tényező az érzéketlenség. Konstruáltunk egy más rendszerű, forgólapátos huzatmérőt, amely érzékenysége 2 nagyságrenddel nagyobb, nem drágább a meteorológiai szélmérőnél, súlya kicsiny, működése biztos és reverzibilis. Ezzel szemben mechanikailag rendkívül érzékeny, az emberi test melege is befolyásolja a működését), a rácsapódó víz megváltoztatja az érzékenységet. Mégis alkalmazzuk, mert lehetővé tette a zárt barlangi ajtó esetében is a napi többszöri mérést a felszínről.

A második példában az átfolyó víz mérésére alkalmazhatnánk vizórát vagy egyszerűen mérőhengert. Az előbbi — bár meglehetősen egyszerű és reverzibilis, mégsem megfelelő, mert drága és érzéketlen. Más szempont, hogy drága lenne a távmérés megoldása is. A mérőhenger igaz hogy egyszerű, olcsó, üzembiztos, és megfelelően érzékenyíthető, de gyakori leolvasás esetén egy személy állandó jelenlétét igényelheti. Ha folyamatos mérés nem szükséges, megfelelő kiegészítő berendezéssel (párolgás-gátlás, újabb lecsapódás elleni védelem stb.) ellátva, gyakran alkalmazzuk.

A fenti példákat a szemléletesség kedvéért említettük meg, s éppen ezért bizonyos szempontból eltúloztuk. Hangsúlyozni kívánjuk, hogy a fenti feltételek szinte minden esetben kompromisszum felé kényszerítik a szerkesztőt, és mindig meg kell keresnünk az elengedhetetlenül szükséges feltételeket, s műszerünk konstrukcióit ennek megfelelően kell kialakítanunk.

### *Barlangi mérési feladatok*

A barlangi mérési feladatok száma szinte végtelen, de néhány típusba beoszthatók. Logikai sorrendben ezek a csoportok a következők:

1. *Helymeghatározás.* Ide sorolhatjuk a barlangok felmérését, az egyes pontok pontos megjelölését, a hossz-, mélység-, magasságmérést, a keresztmetszvények felvételét, az üregek, képződmények térfogatának mérését stb.

2. *Meteorológiai tényezők mérése.* Ide sorolhatjuk a léghőmérséklet, páratartalom, légnyomás, huzat stb. mérését.

3. *Kémiai jellegű mérések.* Ide sorolhatjuk a kőzet, a víz, a levegő összetételének, a képződmények keletkezésének, formájának, szineződésének stb. vizsgálatát.

4. *Fizikai jellegű mérések.* Ide sorolhatjuk a párolgás, szivárgás, áramló vízmennyiség, víz sebessége, kőzet és víznyomás, árvízi hatások, a barlang és felszín kapcsolata stb. mérését.

5. *Jelátalakítók, hírközlő berendezések.* A mérések többsége esetén nem közvetlenül mérjük a változó nagyságát, hanem valamely készülék segítségével — egy összefüggés alapján — más jelle, változóvá alakítjuk, amelyet pl. könnyebben, pontosabban tudunk mérni, esetleg nagyobb távolságról is. Az esetek legnagyobb részében igyekszünk a változót elektromos jelle alakítani. Ide soroljuk mindazokat a műszerjellegű felszereléseket is, amelyek a barlangi munka esetén a felszín és a földalatti munkahely állandó kapcsolatának létrehozásához szükségesek (telefon, rádió).

Tekintve, hogy a barlangok több jellemző paraméterének a változása igen kicsiny és gyakran az ember jelenléte nagyobb változást okoz ezekben, mint amit egyáltalán várhatunk, ezen felül célszerű a paramétereket sok esetben naponta többször, a barlang több helyén gyakorlatilag egy időben mérni, felmerül a távmérés igénye is. A távmérés létrehozásához szükséges berendezéseket, alkatrészeket is a biztonsági berendezésekhez soroljuk a tárgyalás során.

A fenti mérési feladatok valamennyien visszavezethetők egyszerű fizikai, kémiai, geometriai változók mérésére. Ezek az alap-változók barlangi viszonyok között a következők:

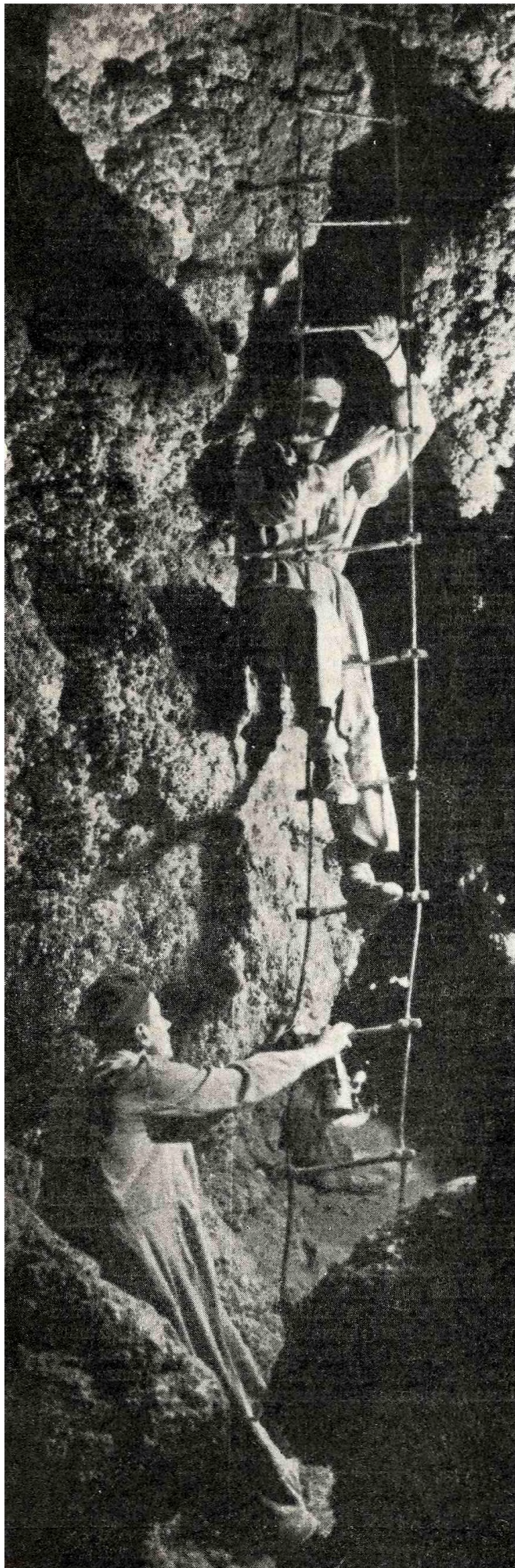
1. *Távolságmérés* vízszintesen, függőlegesen, kombináltan. Erre vezethetők vissza: térképezési feladatok, helymeghatározási feladatok, keresztmetszvények, metszetek felvételét célzó feladatok, közvetve kőzetnyomás, biztosítás (fa-ducolás), stabilitás stb. mérése.

2. *Nyomásmérés.* Erre vezethetjük vissza a légnyomás, a huzat, folyadékszint, kőzetnyomás, hidrosztatikai nyomás mérési feladatokat.

3. *Titrlás.* Erre vezetjük vissza a levegő iontartalmának, képződmények, víz összetételének mérését, barlangi összefüggés-vizsgálatokat stb.

4. *Elektromos ellenállásmérés.* Kutatóállomásunk távmérési rendszerének alapvető mérése. Erre vezethetők vissza: hőmérséklet (páratartalom), talaj nedvesség tartalma (vízszint mélysége a talaj-felszín alatt), koncentráció (oldat, levegő iontartalma), kőzet porúsága, nedvességtartalom, nyomás (tenzometrikan), folyadék-szintmagasság stb. mérése.





5. *Elektromos potenciál mérés.* Erre vezetjük vissza a kémiai pH, koncentráció ( $H^+$ ,  $Fe^{++}$ ,  $Fe^{+++}$ ) nyomás mérést, részben a  $Cl^-$  ellenállás indikációját.

6. *Elektromos áram mérése.* Erre vezetjük vissza az elektromos ellenállás indikációját, kémiai koncentráció mérést, fényintenzitásmérést stb.

7. *Frekvencia-mérés.* Erre vezetjük vissza pl. a huzatmérést.

A továbbiakban nagyrészt a fenti beosztást követve, ismertetni fogjuk az alapváltozók mérésére alkalmas készülékeket, majd ismertetjük a jelátalakítókat és a hírközlő berendezéseket.

#### *Höhlenmessungstechnik (Teil I.)*

*von F. Cser — M. Gáboros*

Die Speläologen des Lehrstuhls der Mineralogie und Geologie der Technischen Hochschule für Bauwesen, und Verkehr von Budapest erörtern in einer Serie von Artikeln die Probleme der Höhlenmessungstechnik, die von ihnen erarbeiteten Messungsmethoden und die den speziellen Verhältnissen der Höhlen entsprechenden — von ihnen selbst experimentell herausbekommenen — verschiedenen Messgeräte. In dem einleitenden Artikel befassen sie sich mit den Grundbegriffen der Messungstechnik, den Anforderungen an die Funktionierung der Geräte und den wichtigsten Höhlenmessungsaufgaben im allgemeinen.

#### *Техника измерений в пещерах (часть I)*

*Ф. Чер — М. Гадорос*

Спелеологи кафедры минералогии и геологии при Политехническом институте по строительному делу и коммуникации в г. Будапеште посвятили серию статей описанию проблем пещерной измерительной техники, разработанной ими методики измерений и испытанных ими же разных измерительных приборов, приспособленных к условиям и потребностям пещер. В вводной статье они занимаются разъяснением основных понятий техники измерений и излагают требования, предъявляемые к работе приборов, и вообще важнейшие измерительные задачи в пещерах.

*„Így kell használni a létrát?” — jelisével a Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat fotókiállítására beküldött kép. A felvételt Hortolányi Gy. készítette a Szenlőhegyi-barlangban.*