

Az aggteleki Békebarlang bejáratánál fellépő légáramlat tanulmányozása során arra a következtetésre jutottak a szerzők, hogy a barlangot fedő kőzetréteg a levegő számára átjárható. Mivel a kőzet belsejében, valamint a felszínen általában más-más hőmérséklet uralkodik, a repedésekben, valamint a barlang bejárata felett elhelyezkedő levegő között fellépő sűrűségkülönbség légnyomáskülönbségeket hoz létre (kéményhatás). Ezeknek a tanulmányoknak alapján tették meg általánosító megállapításait.

A barlangi légáramlás keletkezése

MARKÓ LÁSZLÓ—JAKUCS LÁSZLÓ

A barlangok bejáratánál észlelhető légáramlást a barlangkutatás sokszor hasznosítja, hiszen közismert, hogy nagyobb, eddig fel nem tárt üregek jelenlétének egyik fontos bizonyítéka a föld mélyéből kiáramló hűvös levegő.

A barlangi légáramlást legerősebben általában a barlang bejáratánál lehet érezni, de az egész barlangban kimutatható, különösen az elszűkülő részekben. Ez nyilvánvaló is, hiszen az elszűkülő részekben lesz az áramlás sebessége a legnagyobb. Adatok gyűjtésére a bejáratnál észlelhető légáramlás megfigyelése a legalkalmasabb.

Az Aggteleki Békebarlang felfedezésénél olyan nagy térfogatú üregrendszer vált hozzáférhetővé, amelynek akkor (legalábbis eddigi ismereteink szerint) csak egy bejárata volt, a belső levegő tehát csak egy helyen közlekedhetett a külsővel. Ezáltal a légáramlás megfigyelésére különösen kedvező helyzetbe jutottunk. Elsősorban az itt végzett megfigyelések alapján igyekszünk megadni az áramlás okának magyarázatát.

A Békebarlang Felfedező-ági bejáratánál észlelhető légáramlás a következő törvényszerűségeket mutatja:

1. A légáramlás iránya egyszerre mindig egyirányú, tehát a bejárat teljes keresztmetszetén át vagy kifelé, vagy befelé áramlik a levegő.

2. Az áramlás nyáron rendszerint a barlangból kifelé, télen pedig befelé irányul.

3. Közelítő mérésekkel megállapítottuk, hogy sokszor naponta többszázszor köbméter levegő áramlik át a bejárat nyíláson.

Az 1. pontban említett észlelés azt mutatja, hogy a barlangi légáramlás nem azonos azzal a jelenséggel, mikor egy melegebb és egy hidegebb helység levegője a kettőt összekötő nyíláson át egyidejűleg kétirányú áramlással elkeveredik.

Legelső feltevésünk az volt, hogy a levegő a külső légnyomás változásának hatására áramlik. A barlang üregei felett elhelyezkedő, helyenként többszáz méter vastag kőzetréteget ugyanis a levegő szempontjából áthatolhatatlannak, impermeábilisnak feltételezve, a külső légnyomás csökkenésének hatására a bejárat nyíláson át kifelé, a nyomás növekedése esetén pedig befelé áramlana a levegő mindaddig, amíg a külső és a belső nyomás újra ki nem egyenlítődik.

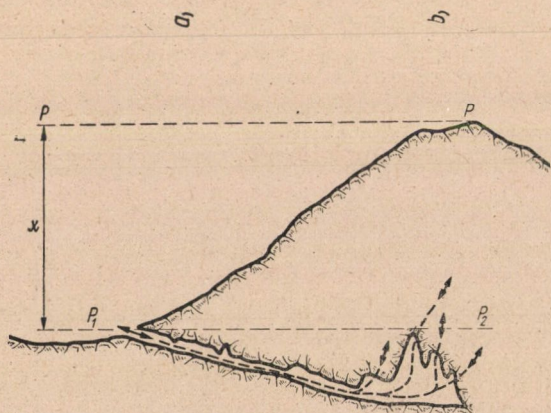
Ezt az elméletet azonban a 3. pontban említett észlelésünk cáfolja meg. Feltéve, hogy a Békebarlang térfogatát a hozzá tartozó kisebb repedésekkel együtt jó biztonsággal 1 millió köbméterre becsüljük, akkor, ha egy nap leforgásán belül a légnyomás 740 mm-ről 730 mm-re csökken, közelítőleg csak

$$\frac{10}{735} 1\,000\,000 = 14\,000 \text{ m}^3$$

levegő fog kiáramlani a barlangból. Látható tehát, hogy a légnyomás változásával a számított értéknek időnként 10–30-szorosát is elérő légáramlás nem magyarázható.

Másik lehetőség volna az, hogy a barlangnak van még egy, eddig ismeretlen bejárata is. Ekkor tulajdonképpen átmenő légáramlást észlelnénk. Ilyen bejáratot azonban mindeztideig nem találtak és létezése valószínűtlen is. Végeztünk másrészt a Baradlánál is légáramlás megfigyeléseket és ott azt tapasztaltuk, hogy egyidőben az áramlás valamennyi bejáratnál egyirányú. Átmenő légáramlás tehát még a több bejáratú barlangok Baradlánál sem alakult ki.

Nyilvánvaló ezek után, hogy ha meg akarjuk magyarázni, hogy a barlangból kiáramló levegő



1. ábra. P = légnyomás a hegy tetején, illetve azzal egy magasságban

P_1 = légnyomás a barlang bejáratánál

P_2 = légnyomás a hegy belsejében, a kőzetben levő repedésekben, a barlang bejáratával egymagasságban

x = a barlang bejárata és a hegy teteje közötti magasságkülönbség méterben

Рис. 1. P — атмосферное давление на вершине горы.
 P_1 — атмосферное давление у входа в пещеру в трещинах горных пород, на одинаковых отметках со входом в пещеру.

x — разность отметок входа в пещеру и вершины горы.

Fig. 1. P = air pressure at mountain top elevation,
 P_1 = air pressure at the mouth of the cave,

P_2 = air pressure in the interior of the mountain, within the fissures of the rock, at mouth elevation,

x = vertical distance between mountain top and mouth of the cave in metres

honnan ered, illetőleg a beáramló levegő hova tűnik el, meg kell változtatnunk a barlangot fedő kőzetrétegek áthatolhatatlanságáról alkotott elképzelésünket. Valóban ennek a kőzetrétegnek, bármilyen vastag is, át kell engednie a levegőt, mert a vizet is átengedi, ha csak cseppenként is. Erre közismert bizonyíték a cseppkövek keletkezése. Habár átlagosan 1—1 m² felületen csak kevés levegő tud átszivárogni, a barlang felülete olyan nagy, hogy ezek a kis mennyiségek összegeződve a kijáratnál már többszáz ezer köbméteres áramlást is okozhatnak. Feltehető továbbá az, hogy a levegő nem a legkisebb hajszálrepedéseken át áramlik keresztül a fedőkőzeten, hiszen ezeket az állandóan lefelé szivárgó víz eltömi, hanem inkább a valamivel szélesebb réseket keresi ki. Ez a kérdés azonban természetesen csak gyakorlati megfigyelésekkel dönthető el.

A kérdés most már az, hogy mi mozgatja a levegőt, hogyan keletkezik az a nyomáskülönbség, amely létrehozza a légáramlást a kőzet repedésein keresztül?

A Békebarlang, a Baradla és általában minden nagyobb barlang elsősorban a környék magasabb pontjai: hegyek, hegygerincek alatt húzódik, míg bejárataik völgyek oldalában, víznyelők, török legmélyebb pontjain vannak. Tudjuk ezenkívül azt, hogy a föld felszíne alatt néhány méterrel a hőmérséklet már eléri az évi középhőmérséklet értékét, nálunk a 9—11 C°-ot. Természetesen ugyanez a hőmérséklet uralkodik a barlangokban is. A további megfontolások során alkalmazott jelölések értelmezését az 1. ábraként közölt vázlaton mutatjuk be.

Abban az esetben, ha a külső hőmérséklet 20 C°, akkor

$$P_1 = P + x \text{ méter } 20 \text{ C°-os levegő súlya}$$

$$P_2 = P + x \text{ méter } 10 \text{ C°-os levegő súlya}$$

A 10 C°-os levegő természetesen nehezebb mint a 20 C°-os, ezért ebben az esetben

$$P_2 > P_1$$

Ennek a nyomáskülönbségnek hatására légáramlás indul meg a hegy belsejéből kifelé. A levegő a legkisebb ellenállást jelentő utat választja és ezért a barlang bejáratán át erős légáramlást fogunk észlelni. Télen, amikor a külső hőmérséklet lesz a kisebb, az áramlás iránya a fenti megfontolás alapján nyilvánvalóan fordított lesz.

Nem minden barlang olyan fekvésű, mint a vázlaton feltüntetett. Ismerünk olyanokat is, amelyek bejárata a vidék magas pontjainak közelében fekszik (zsombolyok, kürtők). Ezeknél az áramlás nyáron befelé, télen pedig kifelé irányul, ami következik abból, hogy ebben az esetben a barlang maga veszi át a vázlaton feltüntetett hegy kőzetében található repedések szerepét. A zsomboly, kürtő ilyenkor télen mint kémény szívja fel a 9—11 C°-os levegőt, amely vízgőzzel telített és így mikor a szabadba jut, azt a látszatot kelti, mintha gőz áramlana ki a föld belsejéből. Aggteleki környéken is ismerünk, többek között pl. a Baradla tetőn, az aggteleki barlang felett ilyen

gőzölgő nyílást. Ez a jelenség tehát szintén megerősíti a légáramlás keletkezésének az előbbieken ismertetett magyarázatát. Feltehető az is, hogy az ilyen „gőzölgő” nyílások nagymértékben hozzájárulnak az alattuk húzódó barlangrendszerekben észlelhető légáramlás kialakulásához.

Az elmondottakból következik, hogy a légáramlás annál erősebb, minél jobban eltér a felszíni hőmérséklet az évi középértéktől, mert annál nagyobb a nyomáskülönbség, amely a levegőt mozgatja. Ugyancsak függ az áramlás erőssége az üregrendszer, barlang nagyságától is, jó közelítéssel felületével egyenesen arányosnak vehető. Független azonban a barlang felett elhelyezkedő fedőkőzet vastagságától, mert a mozgó nyomáskülönbség és az áramlást akadályozó súrlódás azonosan változik: ha vastagabb a kőzetréteg, nagyobb lesz a fellépő nyomáskülönbség, de ugyanakkor a levegő áramlását fékező súrlódás is, mert megnő a levegő által megtenni kényszerült út hossza is. Ez azonban csak elég vastag fedőrétegek esetén érvényes, mert nagyon vékony rétegek átveszik, legalább is részben, a külső hőmérsékletet és ezzel csökken vagy megszűnik az áramlást előidéző nyomáskülönbség.

A viszonyok természetesen csak szélcsend esetén ilyen egyszerűek, mert ha a külszíni levegő is mozgásban van, a terep egyenetlenségei változó helyi nyomáskülönbségeket idéznek elő. Ajánlatos tehát a barlangi légáramlás megfigyelését szélcsendben és minél hidegebb vagy melegebb időben végezni, mert ebben az esetben kapjuk a legmegbízhatóbb adatokat. A légáramlás irányából az üregrendszer elhelyezkedésére, erősségéből pedig nagyságára tudunk — természetesen csak becslésszerűen — következtetni.

Összefoglalás

Az aggteleki Békebarlang bejáratánál fellépő légáramlás tanulmányozása során arra a következtetésre jutottunk, hogy a barlangot fedő kőzetréteg a levegő számára átjárható. Mivel a kőzet belsejében, valamint a felszínen általában más-más hőmérséklet uralkodik, a repedésekben, valamint a barlang bejárata felett elhelyezkedő levegő között fellépő sűrűségkülönbség légnyomáskülönbségeket hoz létre (kéményhatás). Ez a nyomáskülönbség mozgatja a levegőt úgy, hogy a barlangok többségénél az áramlás a bejáratnál — ha a külső hőmérséklet magasabb az évi középértéknél — kifelé, ha viszont alacsonyabb annál, befelé irányul.

ВОЗНИКНОВЕНИЕ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА В ПЕЩЕРАХ

Л. Марко, Л. Якуч

В ходе изучения воздушного потока, возникающего у входа аггтелекской пещеры, мы пришли к выводу, что покрывающие пещеру пласты горных пород проходимы для воздуха. Различная плотность воздуха, заполняющего трещины, также и пространство над пещерой, вызывает разные по величине атмосферные давления, так как температура внутри горных пород и на поверхности различная. Вследствие разности в атмосферных давлениях возникает воз-

душный поток, причем если величина внешней температуры воздуха больше его среднегодовой величины, воздушный поток направляется наружу через вход пещеры, а в противоположном случае воздушный поток протекает внутрь пещеры.

Air currents in caves

by L. Markó and L. Jakucs

The investigation of air currents at the mouth of the stalagmite cave at Aggtelek led to the conclusion,

that the air inside communicates with the outside atmosphere through the overlying rock. Since the temperature within the rock generally differs from that on the surface, the difference in air densities in fissures and at the mouth will result in an air pressure differential (chimney effect). This differential induces air currents, the direction of which at the mouth of the cave depends on the temperature of the outside atmosphere, i. e., will be directed outward, or inward, if the latter is above or below the annual mean respectively.

KÖNYVISMERTETÉS

Lejvikov M. L.: *Meteorológia, hidrológia és hidrometria.*

Az Állami Mezőgazdasági Kiadó (Szelhözgiz) kiadásában most jelent meg Moszkvában a mezőgazdasági technikumnak szánt tankönyv, amely tartalmával felkeltette a vízepítési szakemberek érdeklődését is. A könyv igen szerencsés megoldásban fellelő a három tudományágat és könnyen érthető elméleti anyagán kívül elsősorban a kérdések gyakorlati részével foglalkozik.

Az első részben ismerteti a tárgyalt tudományok célját és tartalmát, a Szovjetunió hidrometeorológiai szolgálatának szervezetét, a víz különböző előfordulási formáit, a víz körforgását a természetben és a Föld vízháztartási mérlegét.

A második rész a meteorológia, nemcsak a légköri jelenségekkel, a légnyomással, a hőmérséklettel, a páratartalommal, a csapadékkal, a hótakaróval, a széllel és a párolgással foglalkozik, hanem ismerteti az időjárás fontosabb tényezőit, az adatok feldolgozásának módszereit és az időjárási előrejelzések összeállítását.

A bennünket közelebből érdeklő harmadik rész a hidrológia, először a vízfolyásokkal foglalkozik. Megismerteti az olvasót a folyami vízgyűjtők fogalmával, ezek alapfontosságú jellemzőivel, amelyeket geometriai és fizikai-földrajzi tényezőkre bont. A folyókat a lefolyást kialakító vizek eredete szerint hóolvadásból és esőből táplálkozó, valamint egyes táplálású vízfolyásokra osztja. Rámutat a szélsőséges vízhozamok fontosságára, közli a tartósság és gyakoriság meghatározásának módszerét. Különösen áttekintő a folyók jégjelenségeivel foglalkozó fejezet, amely leírja a folyók téli életét. Részletezi a folyami lefolyást kialakító tényezőket, az átlagos havi és évi lefolyás meghatározását, továbbá a fajlagos lefolyás fogalmát. A tervezés első közelítésként előnyösen használhatja a fajlagos lefolyás sok évi átlagának $1/s/km^2$ -ben megadott értékeit feltüntető térképet. Az átlagos lefolyás számításá-

hoz vezet a szükséges képleteket és számítási példákat közöl használatukra. Hozza az értékek matematikai statisztika szerinti feldolgozási lehetőségét, a különböző valószínűségi vízszintek számítását. Foglalkozik a lefolyás idényenkénti megoszlásával, a hidrológiai év alkalmazásának előnyeivel. Különböző módszereket közöl a tavaszi árvízszint meghatározására, a mértékadó árvízszint helyes megválasztására. Érdekes, hogy milyen alaposan tárgyalja a folyók hordalék kérdését, a szállított hordalék eredetét, mennyiségét és összetételét. Külön foglalkozik a tavak, víztározók és mocsarak kérdésével, valamint a vízháztartási számítások tárgyával és feladataival.

A munka utolsó — negyedik — részében találjuk a hidrometria anyagot. A vízmércék fejezetében kimerítő áttekintést kapunk a rajzoló vízmércék megoldásáról, a vízmérési szelvény megválasztásáról. Ismerteti a mérési szelvények felszereléseit és berendezéseit. Megtaláljuk a könyvben az észlelések és mérések szervezésére és végrehajtására vonatkozó közléseket és az adatfeldolgozások ismertetését. Leírja a mederfelvételi munkákat, a vízhozam mérését, a különböző vízsebességmérő szárnyakat, a berendezések tarázásának szabályait. Ugyancsak közli a bukövel történő mérések elméletét és gyakorlati végrehajtását. Ismerteti a vízhozamgörbék szerkesztését, jelentőségüket és felhasználásukat. Különböző hordalék mintavevő berendezéseket ismertet bő ábraanyaggal. Az öntözőrendszerek üzemelésével kapcsolatban részletezi a hidrometria feladatokat. Hangsúlyozza a vízhozammérések fontosságát, közli a különböző mérőberendezések és eljárások leírását. Nemcsak a vízmérő felszereléseket ismerteti, hanem a különböző rajzoló berendezések megoldását is.

A befejező rész a vízrajz adatközlő és előrejelző szolgálatával foglalkozik, közli ennek szervezetét a Szovjetunióban.

A könyv terjedelme 511 oldal.

Csehidi Géza

„HIDROLÓGIAI KÖZLÖNY“

Felelős szerkesztő: Kovács György — Kiadja a Műszaki Könyvkiadó V., Bajcsy-Zsilinszky út 22. Telefon: 113-450.

Felelős kiadó: Solt Sándor — Megjelent 860 példányban.

Előfizetés: a Posta Központi Hírlapiroda Vállalatnál, Budapest, V., József nádor tér 1. Távb.: 180-850

Előfizetési díj 48.— Ft (egész évre), egyes szám ára 8.— Ft. — Csekkzámlaszám: 61.254

35952-689/2 - Révai-nyomda, Budapest, V., Vadász-utca 16. — Felelős vezető: Nyáry Dezső.