

Miklós Gábor

A REMÉNY-ZSOMBOLY KLÍMAELEMZÉSE

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerző olyan zsomboly-klímamérést valósított meg, amelynél a mérőszemélyek nem zavarták az észlelést. A Mecsek-hegységben található Remény-zsombolyban vertikálisan 7 hőmérő szondát és egy hőszálas anemométert helyeztek el (1. ábra). A 24 órás mérés barlangi és felszíni adatait időszorként rendezték. Ezután számítógépes feldolgozással meghatározták a felszíni változások barlangi fáziskéséseit. Ebből következtek a zsomboly légcirkulációjára (5. ábra). Az eredmények szerint a Remény-zsomboly további kutatásra alkalmas ismeretlen légtérrel nem rendelkezik. A légcirkulációt egy kutatásra javasolt, még ismeretlen oldaljárat okozza, amely az eredmények szerint feltehetően nem járható. A cikk két áramlási kategóriát — akcióhatás és determinisztikus hatás — vezet be.

A Remény-zsomboly kb. 350 méter tszf. magasságban félúton Abaliget és Pécs között, a műút mellett helyezkedik el. Mint ahogyan neve is mutatja, fontos kutatási hely.

A méréseket 1979. március 30. – április 1. között végeztük. A felszínen mértük a levegő hőmérsékletét, a barlangban hét szinten léghőmérsékletet (1. ábra), a kijáratban légáramsebességet (1. kép). A felszínen 0,2 °C beosztású állomáshőmérőt használtunk. A barlangban távhőmérőt helyeztünk el, ami átkapcsolással, °C-ban mutatta az eredményt. Maga a mérőmű a felszínen helyezkedett el (1. kép), így a mérést végző személyek nem zavarták a barlangi mérést. A távhőmérő érzékenysége 0,05 °C, hibája ±0,2 °C. Légáramsebességet hőszálas anemométerrel mértünk. Hibája ±15%, 2 cm/s-nál kisebb szélesség esetén ±50%. A mérőmű szintén a felszínen helyezkedett el.

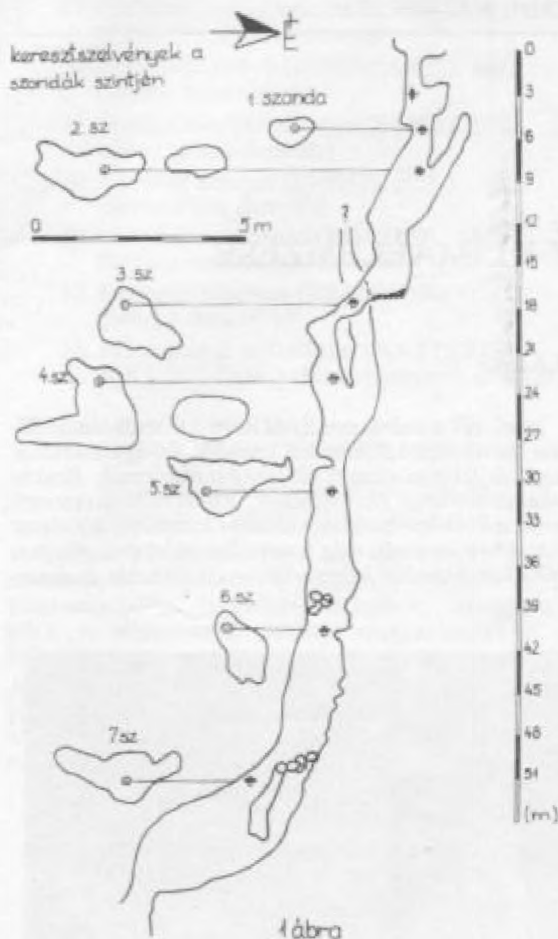
A mérésekkel alapvetően arra a kérdésre kerestünk választ, hogy mekkora ismeretlen légtér van még, illetve van-e légcirkuláció a feltáratlan részekben?

Az adatok feldolgozása igen értékes eredményeket adott. A 2. ábrán látható, hogy a hőmérséklet a mélység függvényében növekszik. Az ábrán a szórást is feltüntettem, így az $y=mx+b$ alakú egyenes jól illeszthető. A hőmérsékleti gradiens ezek alapján 41 méter (az alsó két szonda eredményei nélkül). A 38 méter mélység alatt ugrásszerű hőmérsékletváltozást tapasztaltunk. Itt egy szűkület található, amely erősen lezárja a járatot (1. ábra). Hasonló jelenség más zsombolyméréseknél is adódott. Magyarázata két dologra vezethető vissza.

Egyik az áramlás; itt vagy rétegződés alakul ki, vagy folyamatos áramlás. Utóbbinál felszíni determinisztikus hatás érvényesül, ami a felszín és bar-



1. kép. Légáramsebességmérés előkészítése a Remény-zsomboly bejáratában (Háttérben a mérőműszerek. — Rónaki László felvétele.)



1. ábra. Mérőszondák a Remény-zsombolyban, 1979. március 30 – április 1.

(1–2–3–4–5–6–7. szondák léghőmérsékletet mérnek, a kereszttel jelölt szonda 3 méter mélységben anemométer.)

lang hőmérsékletkülönbségétől függ. Rétegződésnél ezzel szemben csupán belső akcióhatás figyelhető meg, ami korábban megmozgatott rétegek cseréjét jelenti. Ha a felszíni determinisztikus hatás holt-ponton van (pl. időjárásváltozás előtti vagy utáni állapot), akkor az általában determinisztikus járat-részekben is az akcióhatás biztosít légmozgást. Determinisztikus és akció térrészek között határfelület is kialakulhat.

A másik tényező a paraméterek összhatása, vagyis hogy a hőmérséklet önmagában nem határoz meg viszonyt két közeg között.

Tehát az áramlási viszonyok és a paraméter-összhatások közötti különbségek választanak szét barlangi légtömegeket, amit határukon ugrásszerű paraméterváltozásként észlelünk, így a Remény-zsombolyban is. Természetesen ezek a jelenségek

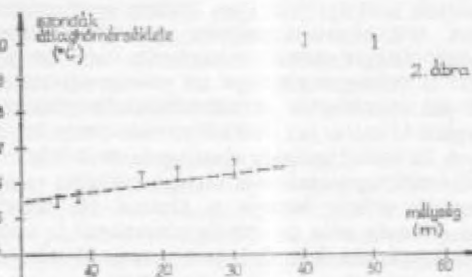


2. kép. Szondák telepítése 10 méteres mélységben (Rónakt László felvétele)

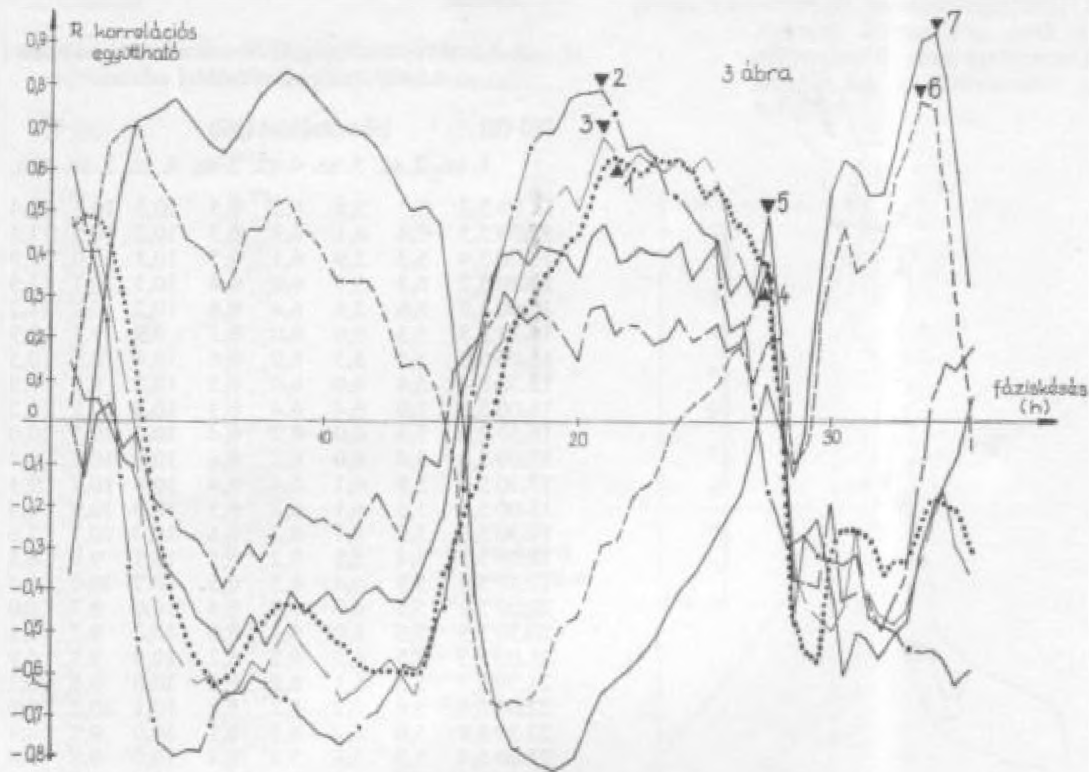
morfológiailag meghatározottak. (Az egyes szondákon mért eredményeket az 1. táblázat tartalmazza.)

Korrelációs számításokkal hasonlítottuk össze a barlangi adatokat a felszíni eredményekkel. Meg kívántuk határozni, hogy milyen idő-(fázis) késéssel jutnak a felszíni hatások az egyes mérési pontokhoz. A 3. ábrán az egyes összehasonlítások eredményeit rajzoltuk meg. A görbék maximumai mutatnak a fáziskésések idejére. Nagyobb fáziskésések jelentősebb légutakra utalnak. Eszerint az 1. szondához később ér a levegő, mint a 2. és a 3. szondához. Ez megfelel a domináns kiáramlási helyzetnek. Ebben az esetben viszont a zsomboly föltétlenül kap más úton is levegőutánpótlást. A helyzetet első közelítésben megzavarja a 4. és 5. szonda, ahol nagyobb fáziskéséseket észleltünk. Látható azonban, hogy itt széles fáziskésésű intervallumban csupán 0,2–0,3 korrelációs r értékek jelentkeznek. Ilyen elhúzódó, kis együtthatós görbemenet a keveredési zónákra jellemző. Ebből az következik, hogy a felszíni levegő a két szonda által közrefogott légtérben hatol az üregbe. Kérdéses még a 6. és a 7. szonda 34 órás fáziskésésének jelentése, figyelembe véve a magas korrelációs értéket, $r=0,9$.

A megoldást a 4. ábra adja, ahol az egyes szondák korrelogramjainak maximum értékeit ábrázoltuk



2. ábra. Hőmérséklet változása a mélység függvényében a Remény-zsombolyban

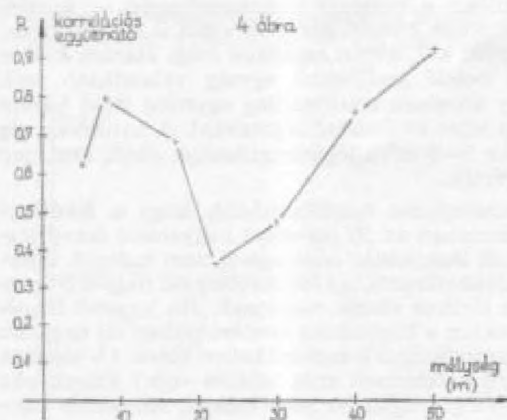


a mélység függvényében. Kérdéses ugyanis, hogy vertikális áramlás mellett, az adott téli klímaviszonyok indokolnak-e ilyen gyors levegőcserét a 40–50 méteres mélységben. A válasz nem (bár nem zárható ki az igen sem), valószínűbb, hogy az r értékek mélypontjáig (4. ábra) jut a felszíni hatás, vagyis 20–30 méter mélységig. Nagyobb mélységbe maguk a felszínről érkezett levegőrészecskék már nem közvetlenül kommunikálnak. Ezzel szemben a változások lehatolnak és korrelálnak a felszíni változásokkal. Éppen ez a körülmény indokolja az igen magas r (korrelációs együttható) értéket. Megadható a zomboly légáramlása is az ismertetett eredmények alapján, ami az 5. ábrán látható. A felszín közelsége miatt valószínű, hogy a beáramlás rövid úton történik. Az ennek ellenére nagy fáziskésések (20 óra) az ismeretlen beáramoltató üreghálózat szűköségét valószínűsítik (ember számára járhatatlan). Érdekes itt tanulmányozni a kijáratban mért légáramsebesség értékeket is (2. táblázat). Látható, hogy átlagosan csupán 1,5 cm/s a légáramsebesség. Az igen kis érték ismételen alátámasztja az előző két megállapítást.

A légáramlásmérések alkalmat adtak arra, hogy a kis sebességek tartományában is ábrázoljuk a légcsere változását. A változás a felszíni pillanatnyi hőmérséklet és a barlangi átlaghőmérséklet közötti különbség függvényében történik, amit a 6. ábra mutat. Az átlaghőmérsékletet a cirkulációnak kitett

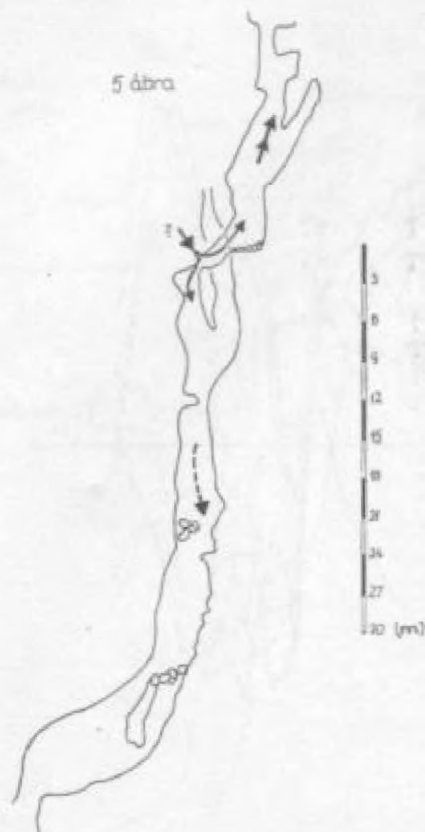
3. ábra. Felszíni hőmérséklet – szondák hőmérsékletei közötti korrelogramok

(A \blacktriangledown jel az egyes szondákhoz érkező levegő fáziskésését mutatja a felszíni változásokhoz képest.)



4. ábra. Az egyes szondák R (maximum) értékeinek függése a mélységtől

(R – korrelációs együttható, a 3. ábra értékét alapján.)



5. ábra. Légáramlási irányok a Remény-zsombolyban

1., 2., 3., 4. és az 5. szonda adataiból számoltuk, értéke 6,0 °C. (Az egész zsomboly átlagos hőmérséklete a mért adatok alapján 7,0 °C.)

A hőmérsékleti adatok korrelációs vizsgálatához hasonlóan a barlangi légáramsebesség – felszíni hőmérséklet közötti korrelogramot is elkészítettem. A görbét a 7. ábrán rajzoltuk meg. Három különböző befelé szellőztető egység választható szét, amely azonban szerkezetiileg egyetlen járat három ága is lehet különböző légutakkal. A három egység csupán 5–6 m³/h légáramerősséget okoz, ami igen kicsi érték.

Összefoglalva megállapítható, hogy a Remény-zsombolyban az 50 méternél mélyebben fekvő légterekről légáramlás segítségével nem tudunk információkat szerezni, így feltehetőleg ott nagyobb ismeretlen járható részek nincsenek. Ha ugyanis lennének, akkor a korrelációs eredményeken túl nagyobb légáramerősséget is észlelni kellett volna. (A mérések közben a felszínen erős lehűlés volt.) Ennek oka a mélységi magasabb hőmérséklet, magasabb összparaméterhatás lett volna. Kimutattunk viszont egy kis intenzitású légcserét, amely 15–20 méter mélységben juttat levegőt a zsombolyba. Éppen ezért e barlangrészt további részletes feltárással javasoljuk.

1. táblázat

A Remény-zsomboly 1979. március 31. – április 1. között mért hőmérséklet adatai

idő (h)	hőmérséklet (°C)							
	1. sz.	2. sz.	3. sz.	4. sz.	5. sz.	6. sz.	7. sz. Fm.	
12.00	5,2	5,3	5,8	6,3	6,5	10,3	10,5	10,4
12.30	5,5	5,4	6,1	6,3	6,3	10,2	10,5	11,1
13.00	5,4	5,3	5,9	6,1	6,5	10,1	10,0	11,9
13.30	5,2	5,3	5,9	6,0	6,6	10,1	10,1	11,5
14.00	5,5	5,6	5,6	6,4	6,6	10,2	10,2	11,2
14.30	5,5	5,5	6,0	6,0	6,1	9,9	9,8	10,9
15.00	5,0	5,5	5,5	6,0	6,6	10,4	10,0	10,5
15.30	5,4	5,4	6,0	6,0	6,5	10,2	9,8	9,8
16.00	5,6	5,6	6,4	6,4	6,5	10,4	10,2	10,2
16.30	5,6	5,4	6,0	6,2	6,4	10,2	10,1	10,0
17.00	5,5	5,4	6,0	6,2	6,6	10,0	10,1	9,4
17.30	5,6	5,6	6,1	6,4	6,4	10,6	10,4	9,1
18.00	5,5	5,5	6,1	6,2	6,5	10,0	10,0	8,9
18.30	5,5	5,5	6,1	6,2	6,1	10,0	10,1	7,6
19.00	5,5	5,4	5,8	6,2	6,3	10,1	9,9	6,8
19.30	5,8	5,8	6,4	6,5	6,5	10,2	10,0	6,5
20.00	5,5	5,5	6,0	6,2	6,4	10,0	9,7	6,0
20.30	5,5	5,5	6,0	6,1	6,0	10,0	9,7	5,8
21.00	5,5	5,5	6,1	6,2	6,1	10,0	9,9	5,9
21.30	5,7	5,5	6,1	6,2	6,2	10,0	9,8	5,1
22.00	5,6	5,6	6,2	6,2	5,8	10,1	10,2	4,8
22.30	5,8	5,6	6,2	6,3	6,1	10,0	9,8	4,8
23.00	5,4	5,3	5,8	5,9	6,4	10,0	9,8	4,4
23.30	5,4	5,5	6,0	6,0	6,3	9,9	9,8	4,6
24.00	5,4	5,4	5,9	6,0	6,0	10,1	10,2	4,2
0.30	5,4	5,5	5,9	6,2	6,4	10,4	10,2	3,4
1.00	5,4	5,5	6,1	6,4	6,4	10,5	10,5	3,4
1.30	5,6	5,6	6,2	6,4	6,5	10,4	10,5	2,8
2.00	5,6	5,5	6,2	6,4	6,6	10,3	10,4	1,6
2.30	5,5	5,5	6,2	6,6	6,6	10,2	10,2	1,8
3.00	5,5	5,5	6,0	6,4	6,5	10,0	10,0	1,8
3.30	5,4	5,4	6,0	6,2	6,5	10,0	10,0	2,0
4.00	5,5	5,5	6,0	6,5	6,8	10,0	10,0	2,3
4.30	5,4	5,4	5,8	6,2	6,3	10,0	9,8	2,3
5.00	5,4	5,8	6,2	6,4	6,5	10,0	9,8	2,9
5.30	5,4	5,8	6,2	6,2	6,5	10,0	9,8	3,1
6.00	5,4	5,8	6,2	6,4	6,5	10,0	9,8	3,7
6.30	5,6	5,8	6,2	6,4	6,6	10,2	9,8	4,4
7.00	5,5	6,1	6,2	6,2	6,4	10,0	9,8	4,5
7.30	5,8	5,8	6,2	6,5	6,7	10,0	10,0	4,7
8.00	5,7	5,8	6,4	6,5	6,8	10,2	10,0	4,8
8.30	5,8	5,8	6,4	6,5	6,8	10,2	10,0	5,0
9.00	5,6	5,6	6,1	6,2	6,2	10,1	9,8	5,3
9.30	5,6	5,8	6,4	6,5	7,0	10,2	9,8	5,6

Átlag 5,50 5,55 6,06 6,26 6,43 10,13 10,02 6,06

Rövidítés: sz. = szonda, Fm. = felszíni hőmérséklet a zsomboly bejáratánál.

Megjegyzésre érdemes az a hatás, amit szűkületek leválasztó jellege tud létrehozni, így akció és determinisztikus barlangrészek klimatikusan élesen elkülönülnek.

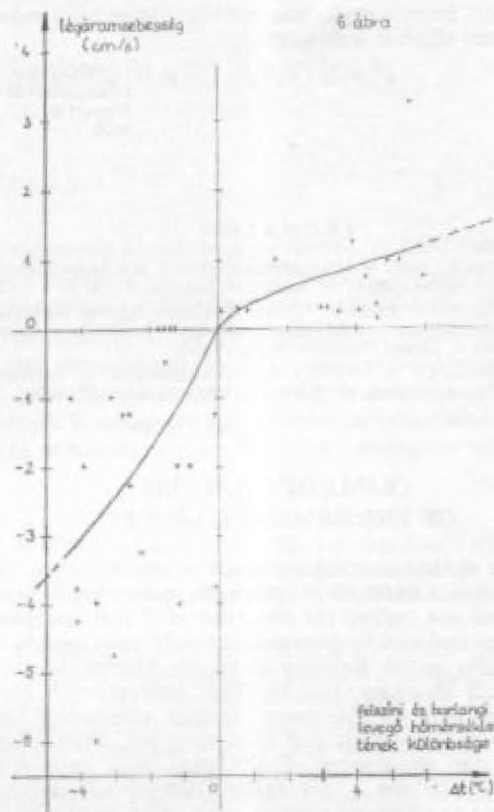
2. táblázat

A Remény-zsomboly bejáratánál 1979. március 31. – április 1. között mért légáramsebesség:

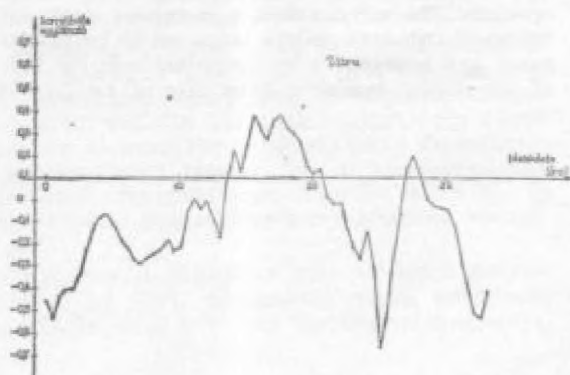
idő (h)	légáramsebesség (cm/s)
13.00	0,75
13.30	3,25
14.00	1,00
14.30	1,00
15.00	0,30
15.30	1,25
16.00	0,75
16.30	0,25
17.00	0,25
17.30	0,30
18.00	0,30
18.30	1,00
19.00	0,30
19.30	0,30
20.00	0,25
20.30	1,25
21.00	3,75
21.30	2,00
22.00	4,00
22.30	2,00
23.00	0,00
23.30	0,00
24.00	0,00
0.30	1,25
1.00	2,25
1.30	1,00
2.00	1,00
2.30	3,75
3.00	4,25
3.30	2,00
4.00	4,00
4.30	6,00
5.00	4,75
5.30	1,25
6.00	3,25
6.30	0,50
7.00	0,00
Átlag	1,61

20.00 órakor a zsomboly még a a felszín felé szellőztet, ezután a légmozgás megfordul.

Összparaméterhatás: összehasonlításkor a levegőtömeget klímaadatai csak együttesen jellemezhetik, ezek együttesen is hatnak, lépnek fel a kölcsönható partnerrel szemben.



6. ábra. A barlangi légáramsebesség függése a felszíni hőmérséklet változásától — kis sebességek esetén



7. ábra. Felszíni hőmérséklet — barlangi légáramsebesség korrelogramja

Akcióhatáson azt a barlangi légmozgást értem, amelynél csak meglévő belső hőmérséklet (illetve összparaméter) különbségek játszanak szerepet.

Determinisztikus hatáson a mindig meglévő belső akcióhatáson túl uralkodó felszín-barlang hőmérséklet (összparaméterhatás) különbséget értem.

A bevezetett új fogalmak értelmezése:

klímaelemzés: klímaadatok barlangfeltárást célzó feldolgozása

akcióhatás: különböző tulajdonságú szomszédos levegőtömegek kölcsönös mozgása

determinisztikus hatás: felszíni és barlangi levegőtömegek közötti akcióhatás

Ezúton is szeretném megköszönni Szalai Ági, Rónaki László, Samu Ernő, Szabó László segítségét a pécsek, Gyuris Valéria, Szücs Imre segítségét a tiszaföldváriak közül, akik áldozatkész munkájukkal leküzdötték a mérések során felmerülő technikai akadályokat. Külön köszönet Városi Józsefnek, akivel az előkészítést, a technikai lebonyolítást közösen irányítottuk, szerveztük, illetve korábban a mérési eljárást kidolgoztuk.

Miklós Gábor
Székesfehérvár
Jancsár u. 27.
8000

IRODALOM

- KORDOS L. (1972): Mikroklímavizsgálatok a Kevély csoport néhány barlangjában. — *Karszt és Barlang*, I–II. p. 5–12.
MIKLÓS G.—VÁROSI J. (1978): Földalatti légterek kutatása klímáparaméterek információtartalmának statisztikus elemzésével. — Szeged, Diákköri pályamunka.
WALKOVSKY A. (1970): Mikroklímamérések a Vecsem-bükki-zsombolyban. — *Karszt és Barlang*, I. p. 17–18.

CLIMATIC ANALYSIS OF THE REMÉNY KARST PIT

The author carried out such a measurement of climate in a karst pit in which the measuring operators did not disturb the observation. 7 thermometer sounds and one thermo-anemometer were installed vertically in the Remény karst pit, Mecsek Mountains, S Hungary (Fig. 1). The underground and surface data of the measurements conducted for 24 hours were arranged as a time set. Thereafter computer processing of the data was used for determining the phase shifts (delays) of surface changes as observed underground. The results enabled the author to draw conclusions as to the air circulation in the karst pit (Fig. 5).

According to the results, the Remény karst pit has no unknown air space suitable for continued research. The air circulation is caused by a still unknown tributary gallery proposed to be investigated and believed to be nonpassable in the light of the results available. (The rate of air flow in

the entrance to the karst pit is very low, 5 to 6 m³/h, even in case of a marked cooling of the surface atmosphere.) The gallery should be searched for between 15 and 20 m depth.

Theoretically, two flow categories are introduced:
Action effect = air movement between air layers of different temperature and different quality

Deterministic effect = air movement due to difference between surface and underground atmosphere.

АНАЛИЗ КЛИМАТА ЖОМБА РЕМЕНЬ

Автор применял такое измерение климата в „жомб“, при котором лица, проводящие измерения не мешали наблюдениям. В жомбе Ремень (Надежда), находящемся в горах Мечек, установили вертикально 7 зондов для измерения температуры и 1 анемометр с температурной нитью (рис. 1). Результаты 24-часовых измерений в пещере и на поверхности распределили по времени. После этого определили с помощью обработки на ЭВМ сдвиг по фазе в пещере по сравнению с изменениями на поверхности. Из этого сделали вывод относительно циркуляции воздуха в жомбе (рис. 5).

По результатам измерений жомб Ремень не располагает неизвестной атмосферой, пригодной для дальнейших исследований. Циркуляция воздуха обуславливается пока неизвестным боковым коридором, предлагаемым для исследований, который по результатам измерений предположительно непроходим. (Сила притока воздуха у входа в жомб очень маленькая, 5–6 м³/час, при этом очень сильно поверхностное охлаждение). Боковой коридор находится на глубине приблизительно 15–20 м.

В теоретической части статьи вводятся две категории потока.

Акционное действие — движение воздуха между слоями воздуха различной температуры и различной характеристики.

Детерминистическое действие — движение воздуха, возникающее из-за разницы воздуха на поверхности и в пещере.