

Kárpátné Fehér Katalin :

Klimavizsgálatok a Szemlő-hegyi-barlangban és
a Cserszegtomaji-kútbarlangban

Alkotó Ifjúság Pályázat

1984.

Tartalomjegyzék

oldalszám

Bevezetés	1
1. A két vizsgált barlang általános jellemzése	2
1.1. A Szemlő-hegyi-barlang	2
1.2. Cserszegtomaji-kútbarlang	2
2. Az alkalmazott módszerek és eszközök	4
3. A Szemlő-hegyi-barlangban végzett vizsgálatok.	5
3.1. Légáramlási viszonyok	5
3.2. A téli és nyári mérések tapasztalatai	9
4. A Cserszegtomaji- kútbarlang klimaviszonyai.	19
4.1. A széndioxid koncentráció.	19
4.2. Hőmérséklet és páratartalom mérések.	23
4.3. Pszichrometrikus méréseket terhelő hibák a széndioxidos légtérben.	27

Bevezetés

Hazánk egyik legsajátosabb, kevésbe ismert természeti kincsei a barlangok. Közel kétezer barlangunk a karsztosodó kőzetekből /mész, dolomit/ felépülő közephegységeinkben található. Fővárosunk is gazdag barlangokban, amely világviszonylatban is egyedülálló.

A barlangok jelentősége a különböző tudományos, /geológia, őslénytán, hidrológia/ idegenforgalmi értékei mellett a gyógyászat terén is megmutatkozik a légzőszervi megbetegedések kezelésében. Ebből a szempontból előtérbe kerül a barlangok sajátos éghajlati, klimatológiai vizsgálata.

A barlangok klimaviszonyinak elemzése számos más tudományág számára is hasznos információkat szolgáltat. A levegőösszetétel elemzése segítséget nyújt a karsztokban és barlangokban lejátszódó kémiai és fizikai folyamatok, valamint a környezet és a barlang kapcsolatának jellemzéséhez.

A barlangi klíma definiálására a legfontosabb és legtöbb információt nyújtó paraméterek a hőmérséklet, páratartalom, légáramlás intenzitása és iránya. Mindezek mellett a levegőösszetétel is eltéréseket mutat a felszínhez képest. Nagy az eltérés a széndioxid és az ion koncentrációban. E tényezők alapvetően befolyásolják az emberi közérzet alakulását is.

Vizsgálataink célja a kiválasztott két barlangon belül a fenti alapvető klimaparaméterek térbeli és időbeli változásának vizsgálata és egymással való kölcsönhatásaik jellemzése.

1. A két vizsgált barlang általános jellemzése

A két kiválasztott barlang mind topográfiai mind geomorfológiai okok miatt speciális helyzetűnek mondható és ilyen irányú vizsgálatok bennük még nem történtek.

1.1. Szemlő-hegyi-barlang

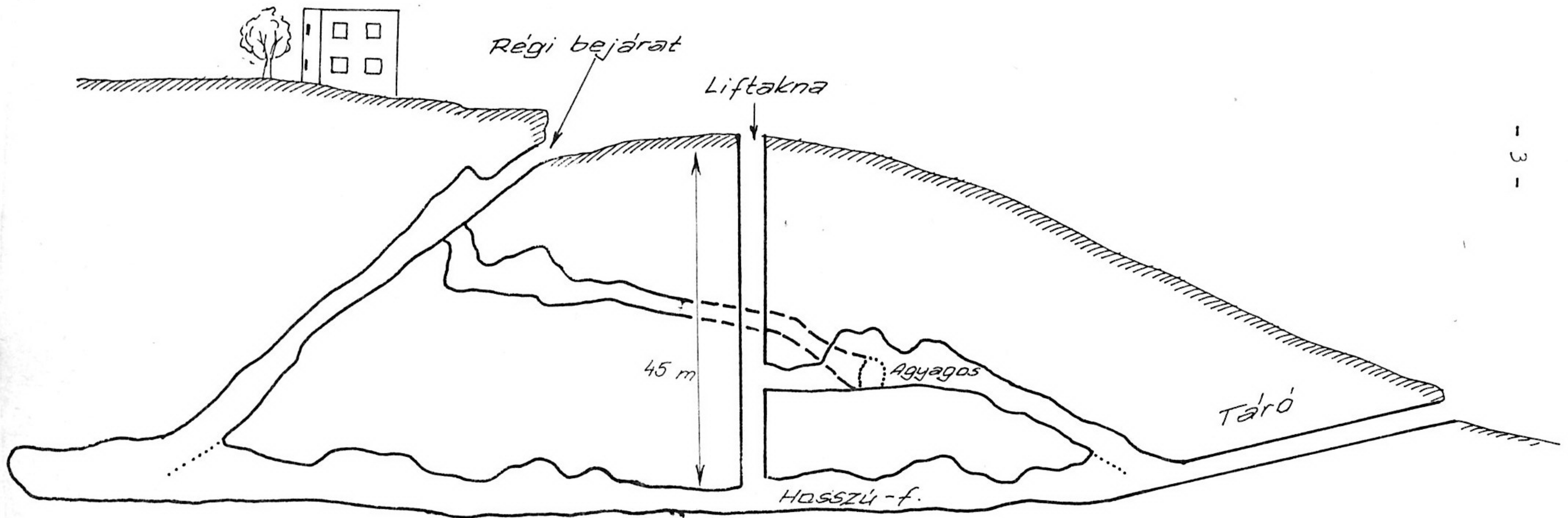
A Budapest II. kerületében nyiló, jelenleg 2,2 km hosszú üregrendszer kialakulásában a közethasadékok mentén feltörő hévizek játszottak szerepet. Az eocén kori mészkőben kifejlődött járatrendszer, mint mellékelt térképünkön is látható alapvetően három hasadékok mentén húzódik, képződményekben igen gazdag. Jelenleg idegenforgalmi kiépítés alatt áll.

Klimaviszonyainak meghatározásában döntő tényező, hogy megnyitása érdekében két újabb bejáraton keresztül is kontaktusba került a felszinnel./1/a ábra/ Az így meglevő bejáratok dinamikus átszelőzést hoznak létre, amelyek az évszakoktól függően a barlangban jelentős klimaváltozásokat okoznak.

1.2. Cserszegtomaji-kútbarlang

A barlangot Keszthely szomszédságában levő Cserszegtomaj község temetőjében, 1930-ban kútásás során véletlenszerűen fedték fel 50 m mélység elérésekor. A horizontális kiterjedésű labirintus-barlang dolomit és az erre települt homokkőtakaró

A Szemlő-hegyi-barlang idealizált hossz-szelvénye



1/a., ábra

réteghatárán keletkezett hévizes oldódással. A szerteágazó járatrendszer kizárólag a kútaknál keresztül van kapcsolatban a felszínnel, ami csak korlátozott légcserét tesz lehetővé. E sajátos körülmény megmutatkozik a levegő összetételében és klimaviszonyokban is. Ebből adódik az is, hogy a barlang belső zónáiban a széndioxid koncentráció megnövekedett, amely mint kísérleteink igazolni látszanak más paraméterek vizsgálatát nehezebbé teszi.

2. Alkalmazott módszerek és eszközök

Méréseinkhez a klasszikus módszereket és eszközöket alkalmaztuk és vittük át barlangi gyakorlatba. A hőmérséklet méréséhez tizedfok osztású, higanyos hőmérőt, illetve Ultrakust gyártmányú elektromos, digitális kijelzésű műszert használtunk.

A páratartalom meghatározása Assmann-féle aspirációs pszichrométerrel és az ugyanezen elven működő említett Ultrakust műszerrel történt.

A légáramlás irányát füsttel illetve gyertyalánggal indikáltuk.

A széndioxid koncentráció mérésére 100 cm³-es Dräger pumpát és térfogatszázalékos beosztású kapszulákat alkalmaztunk.

A légnyomást - mivel meghatározó szerepe van a légáramlási viszonyok alakulásában - Brüel-Kjaer típusú millibar osztású barométerrel mértük.

3. A Szemlő-hegyi-barlangban végzett vizsgálatok

3.1. Légáramlási viszonyok

A jelenleg kiépítés alatt álló Szemlő-hegyi-barlang klimaparamétereit jelentősen módosítja a bányászati módszerekkel kihajtott mesterséges táró, ill. a liftakna. Az eredetileg egy bejárattal rendelkező horizontális jellegű barlang középső szakaszára nyitott függőakna és K-i végén levő táró, nemcsak a légáramlási viszonyokat, hanem a hőmérséklet és páratartalom értékét is befolyásolja. Méréssorozatunkat november-december hónapban, erős felszíni lehűlés és intenzív légcserre mellett, illetve augusztusban végeztük. A fő áthúzó légáramlási körök vonalát követő mérési pontjainkon a hőmérsékletet, relatív páratartalmat, légnyomást és az áramlás irányait mértük.

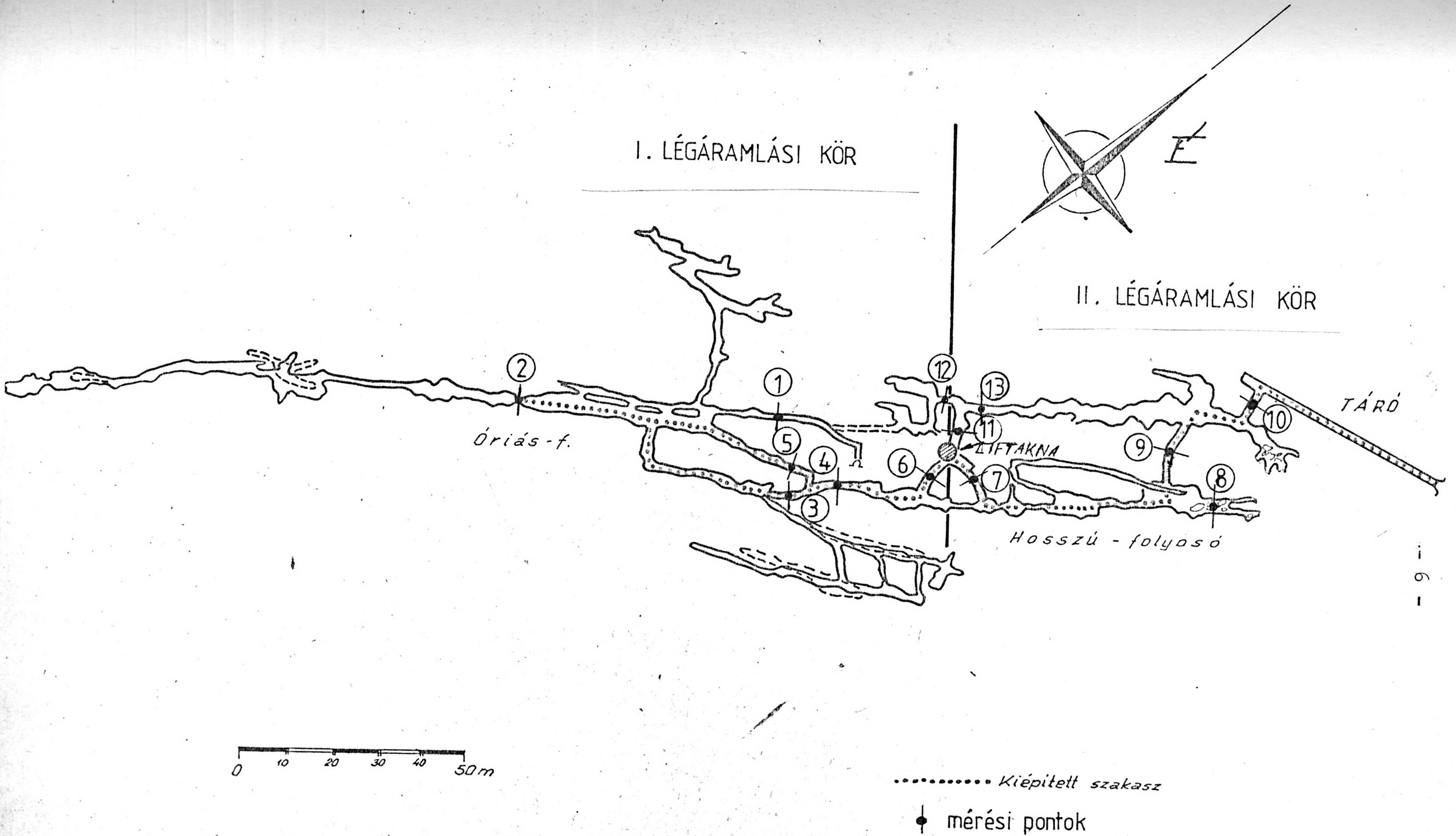
Alapvetően megállapítottuk, hogy a liftakna nyitott állapota esetén, két, egymástól jól elkülöníthető áramlási kör alakul ki, amelyek a következők:

I. sz. áthúzó légáram: Liftakna → Hosszú-folyosó → Óriás-folyosó → Örvény-folyosó → Régi bejárat

II. sz. légáramlási kör: Liftakna → Hosszú-folyosó → Ferencvárosi-szakasz → Rom-terem → Agyagos → Liftakna /lásd 1.sz. ábra/

A nyári mérésnél ez a sorrend fordítottan jelentkezett./2.,3. ábra/

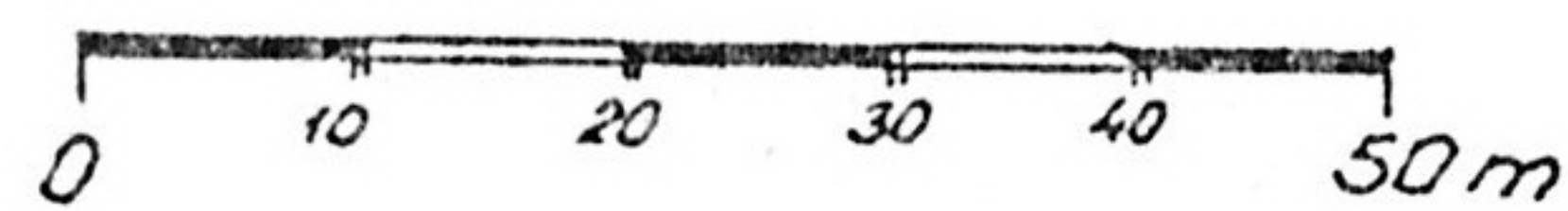
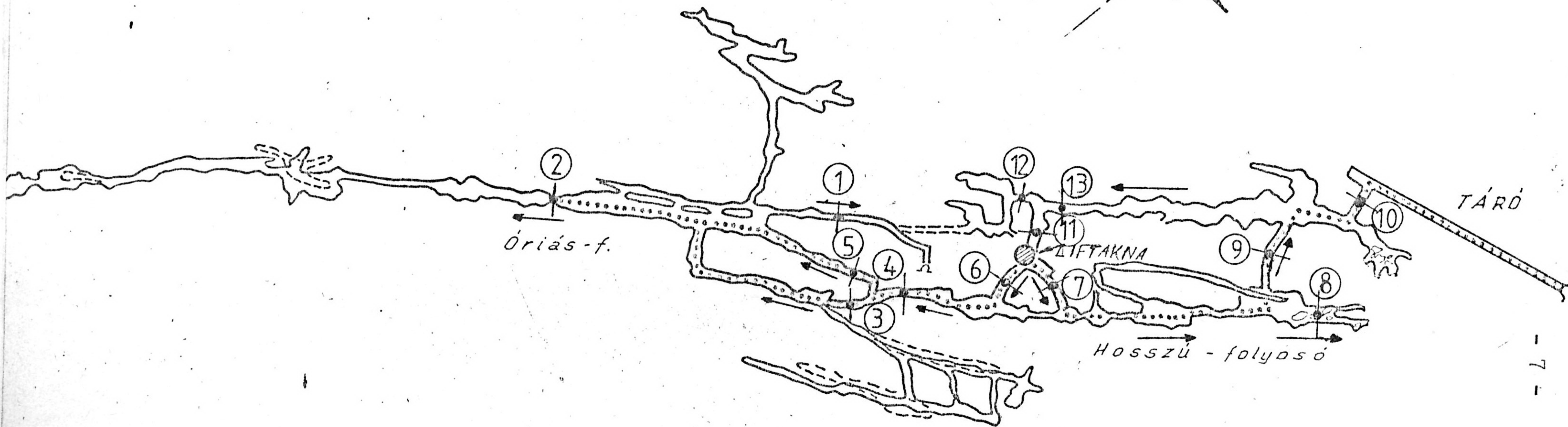
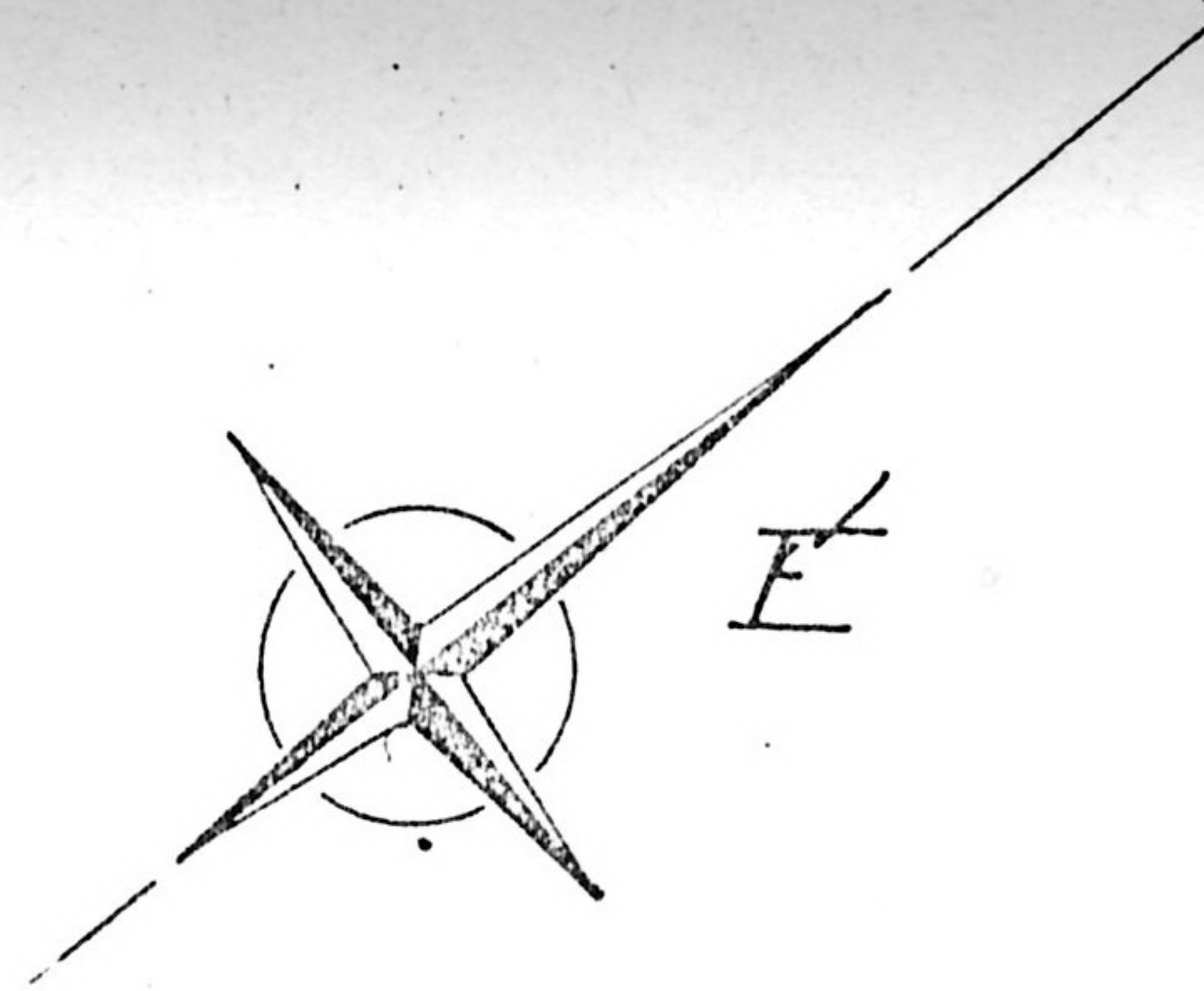
A Szemlő-hegyi-barlang alaprajza



1. ábra

A Szemlő-hegyi-barlang alaprajza

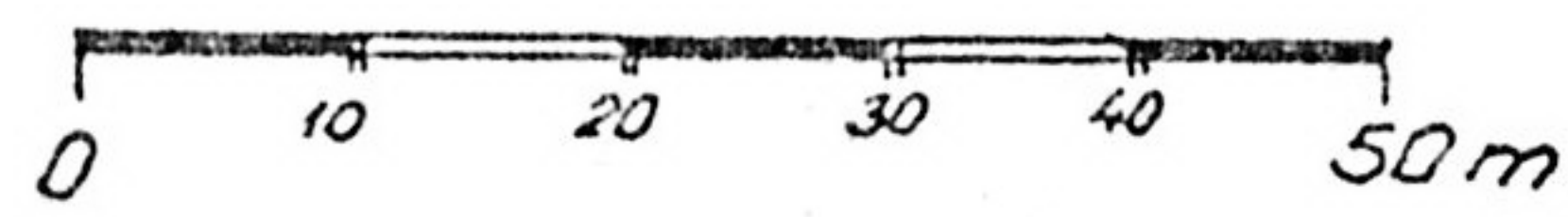
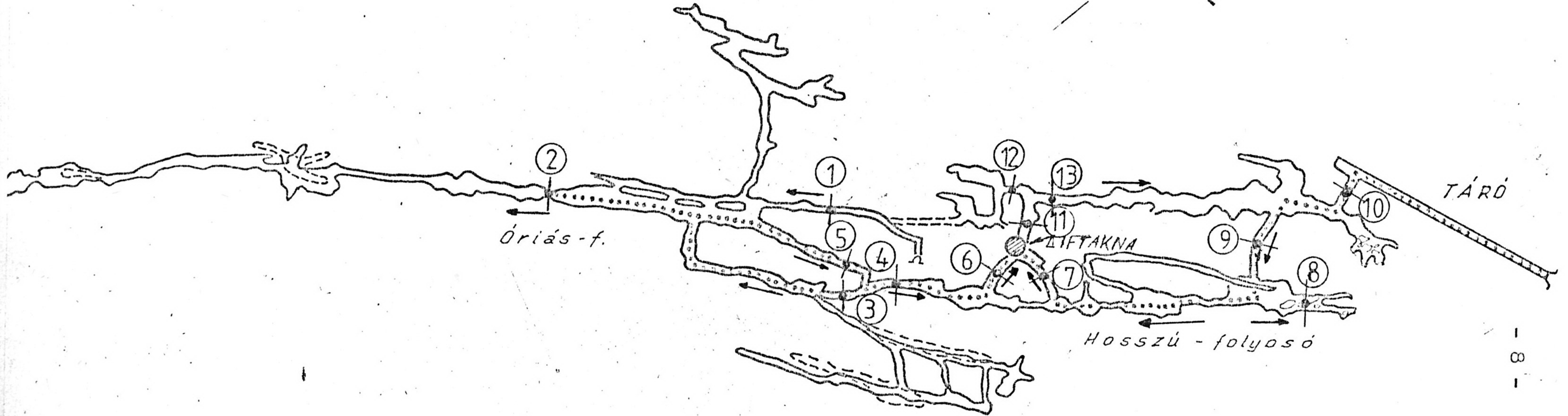
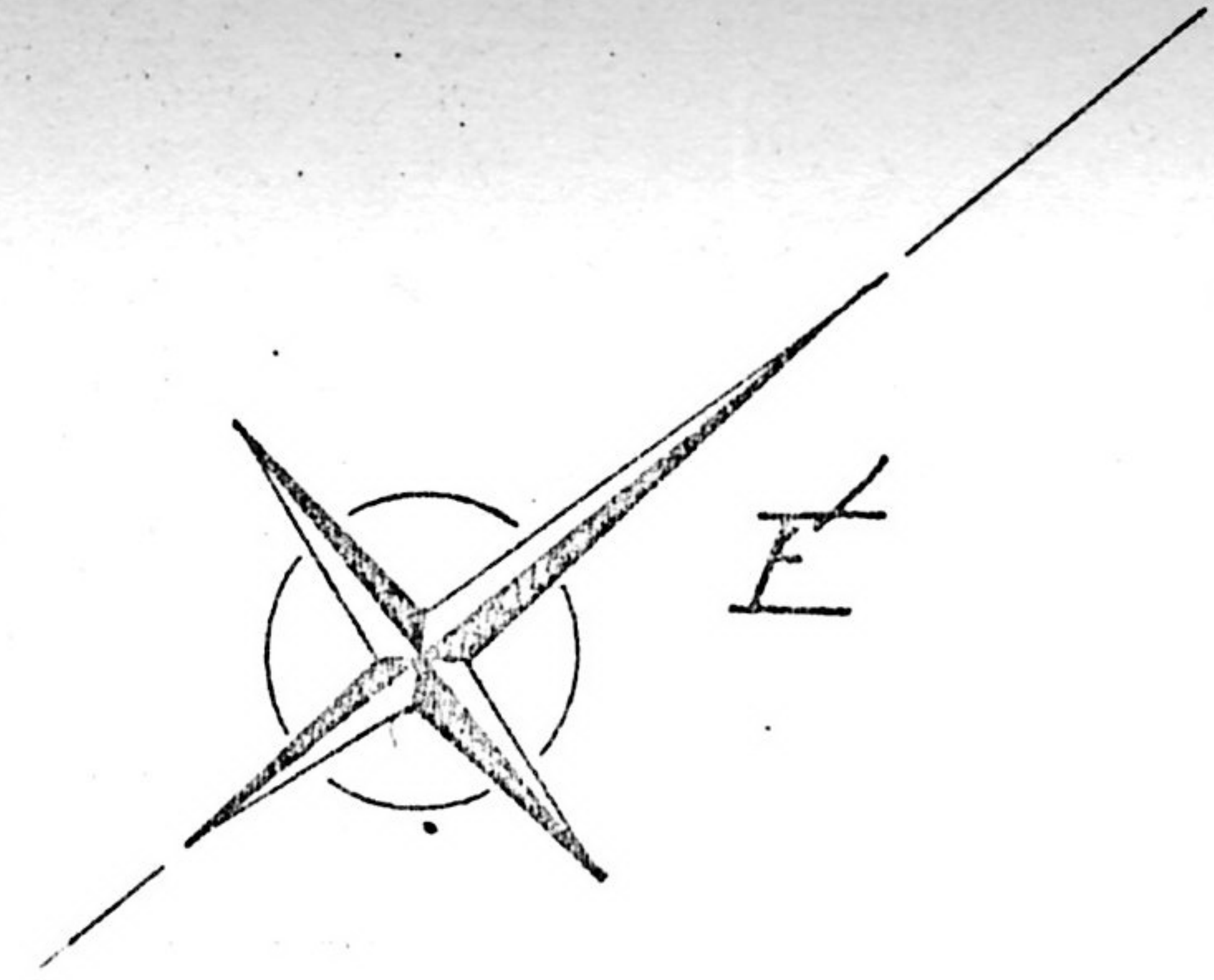
TÉLI JELLEMZŐ IRÁNYOK



- Képzelt szakasz
- mérési pontok
- ↗ légáramlás iránya

A Szemlő-hegyi-barlang alaprajza

NYÁRI JELLEMZŐ IRÁNYOK



..... Kiépített szakasz

- mérési pontok
- ↗ légáramlás iránya

3.2. A téli és a nyári mérések tapasztalatai

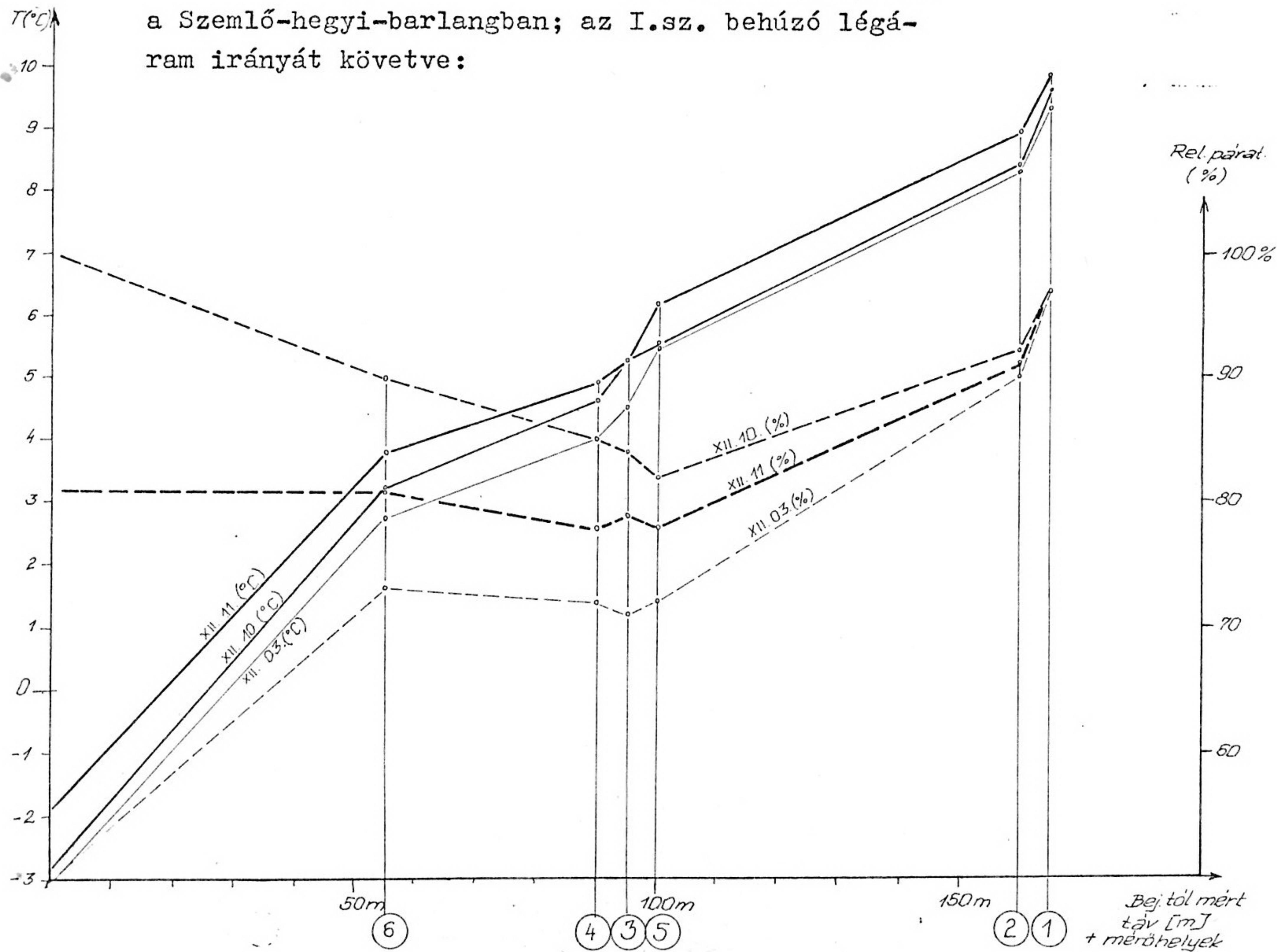
Téli mérésein időtartama alatt a külszíni hőmérséklet $-2 - -3^{\circ}\text{C}$ között alakult, ezért a negyszelvényű liftaknán bezúduló légtömeg a barlangban erős lehülést okozott. Mint mellékelt diagrammjainkból is kitűnik, /4.,6. ábra/ a barlangban a levegő felmelegedése a liftaknától távolodva, a távolság függvényében közel lineáris, és a légtömeg csak a kijáratot elérve képes a szokásos barlangi hőmérsékletig felmelegedni. A diagrammokból az áthúzó légáram vonalából kieső mérési pontokat kihagytuk, tekintettel arra, hogy elsősorban a cirkulációs zóna paramétereit kívántuk elemezni.

A páratartalom, hasonlóan a hőmérséklethez, a kijárhoz érve éri el a maximális értéket, csaknem lineárisan növekedve a távolság függvényében./4., 6. ábra/

Tekintve, hogy a relatív páratartalom mennyiségi értelemben nem ad hü képet a légtömeg nedvességtartalmáról, diagrammjaink másik változatán az abszolút páratartalom változását tüntettük fel./5, 7. ábra/ Összefoglalva megállapíthatjuk, hogy a vázolt körülmények között a barlang kiépített szakaszának döntő részén a hőmérséklet $+3 - +7^{\circ}\text{C}$, -a relatív páratartalom pedig $75 - 90\%$ között alakul. E sajátos és szokatlan mikroklimaviszonyok az alacsony felszíni hőmérséklet és a munkák miatt nyitva álló liftakna következményei.

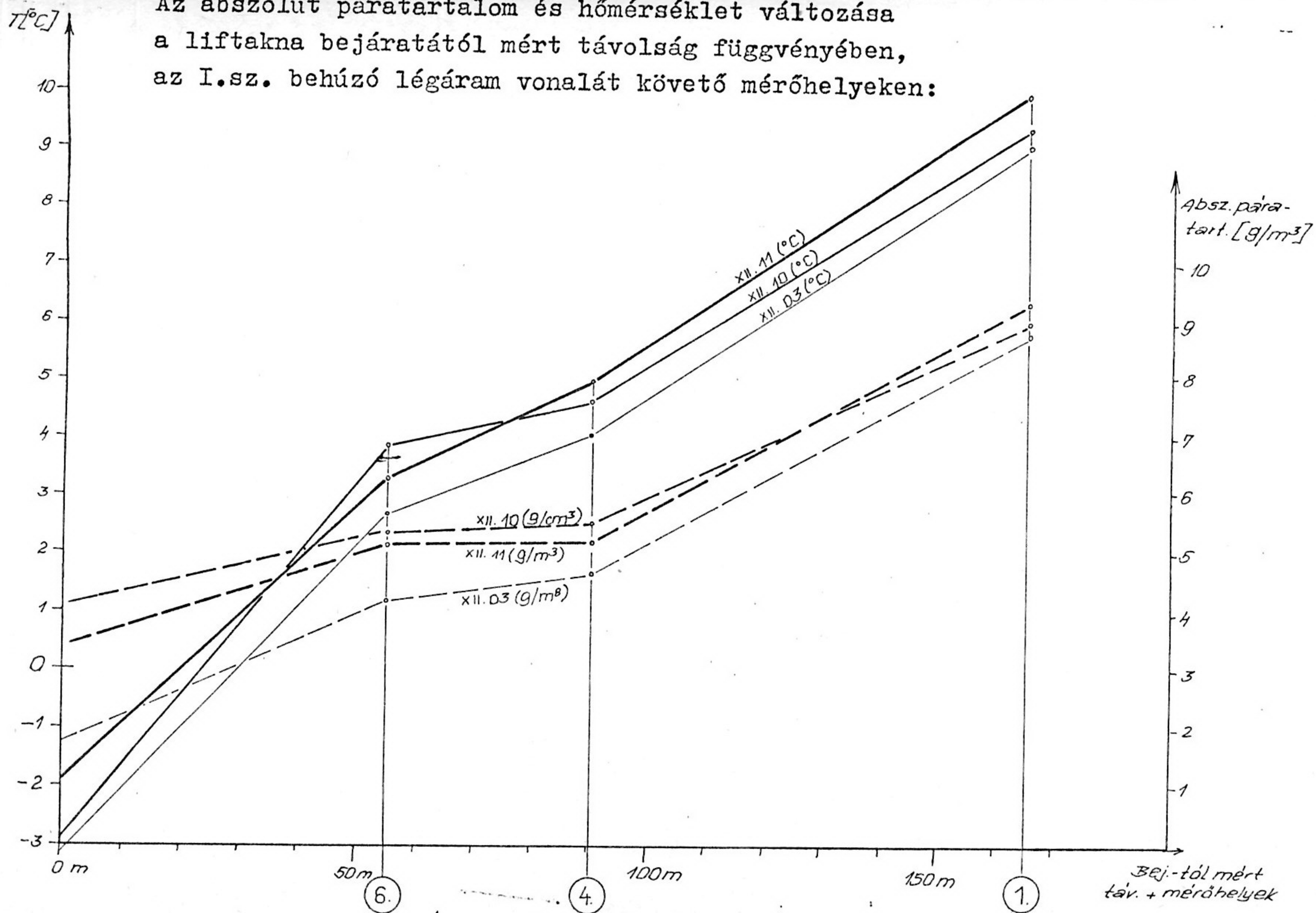
4. ábra

A hőmérséklet és relatív páratartalom változása, a liftakna bejáratától mért távolság függvényében a Szemlő-hegyi-barlangban; az I.sz. behúzó légáram irányát követve:



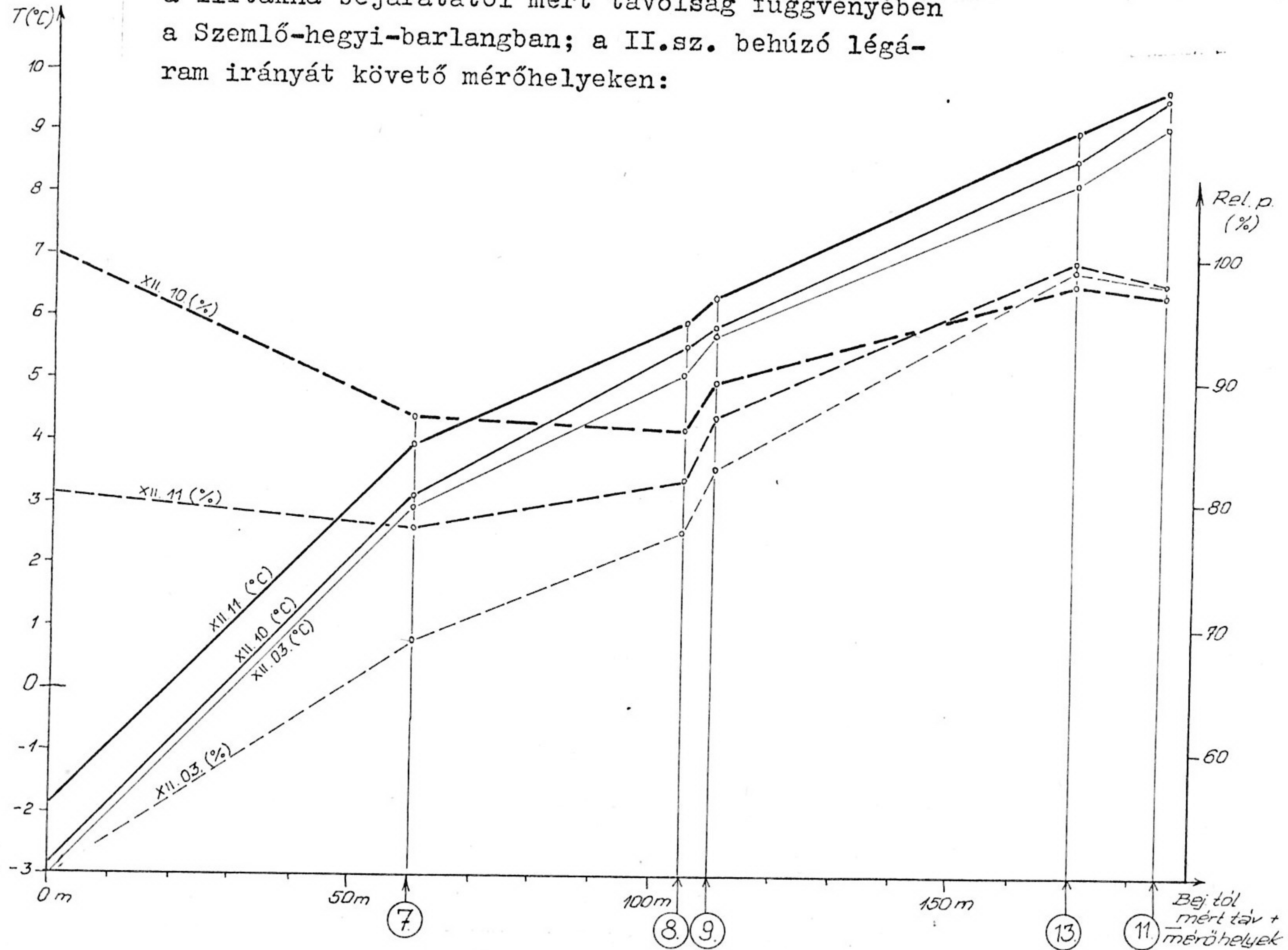
5. ábra

Az abszolút páratartalom és hőmérséklet változása a liftakna bejáratától mért távolság függvényében, az I.sz. behúzó légáram vonalát követő mérőhelyeken:



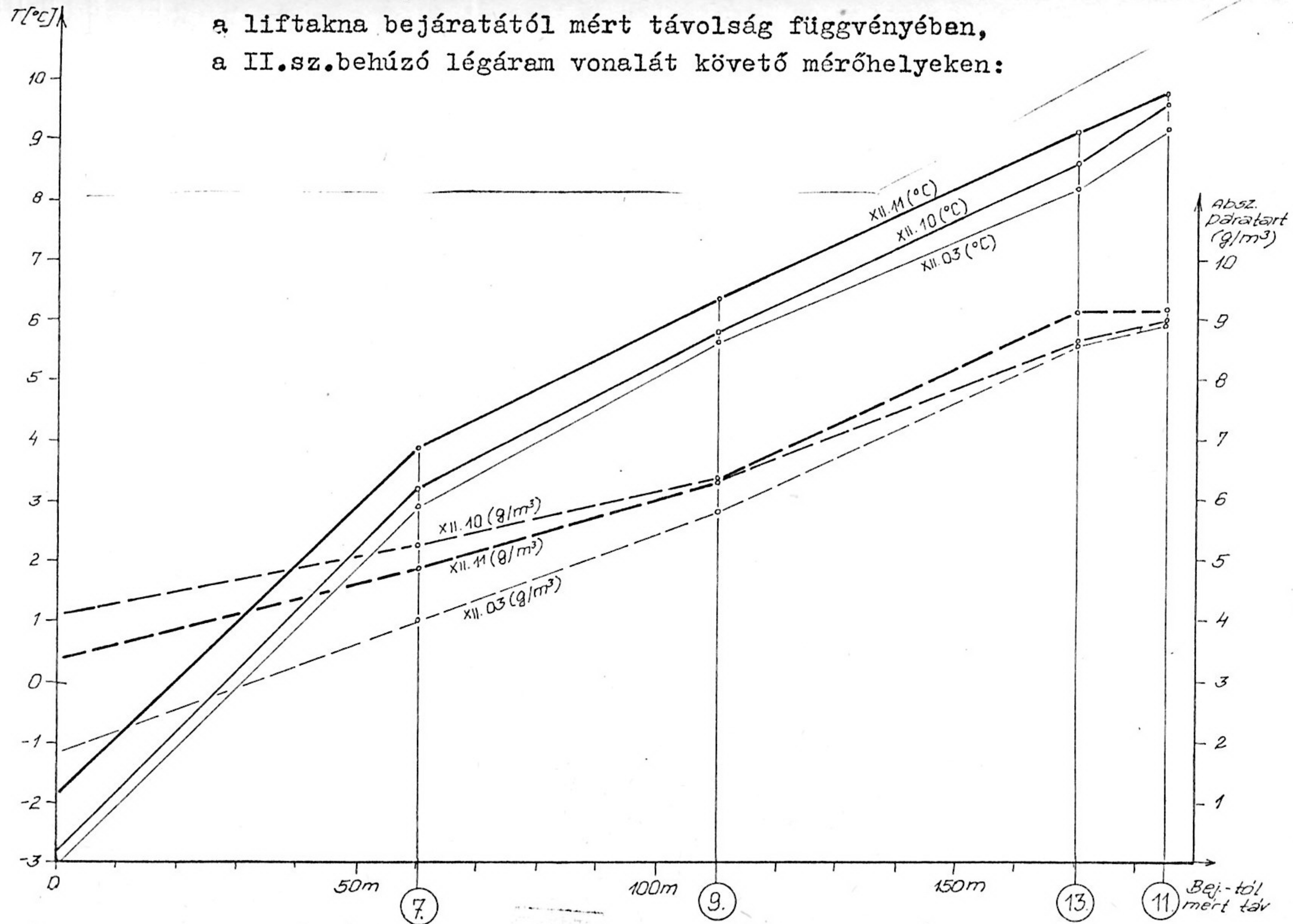
6. ábra

A hőmérséklet és relatív páratartalom változása, a liftakna bejáratától mért távolság függvényében a Szemlő-hegyi-barlangban; a II.sz. behúzó légáram irányát követő mérőhelyeken:



7. ábra

Az abszolút páratartalom és hőmérséklet változása a liftakna bejáratától mért távolság függvényében, a II.sz.behúzó légáram vonalát követő mérőhelyeken:



Nyári mérésünk alkalmával már nem volt ilyen szélsőséges a paraméterek ingadozása a barlangban. /8,9,10, 11. ábra/

A hőmérséklet már az első ötven méteren beáll közel a szokásos barlangi értékre./ 10°C /

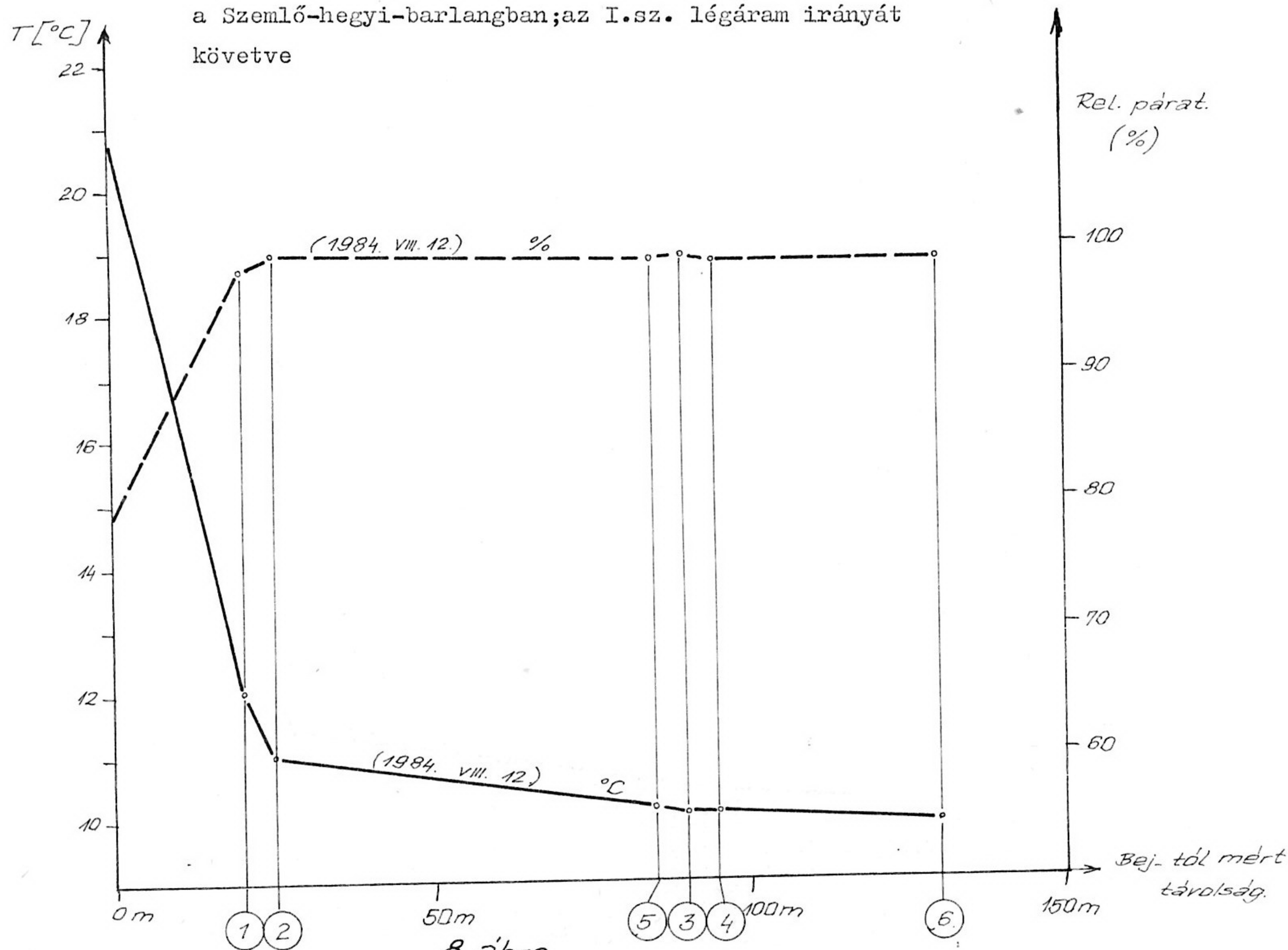
A 13. sz. mérési pontnál jelentkező látszólag indokolatlan hőmérséklet emelkedést az ott tartózkodó nyolc fizikai munkát végző személy jelenléte magyarázza.

A hőmérséklet és a páratartalom a bejárattól számított rövid távon belül eléri a barlangra jellemző szokásos értéket./ $+10^{\circ}\text{C}$, 95-100 %/E rövid távon történő kiegyenlítődés a télihez képest lassúbb légáramlás következménye .

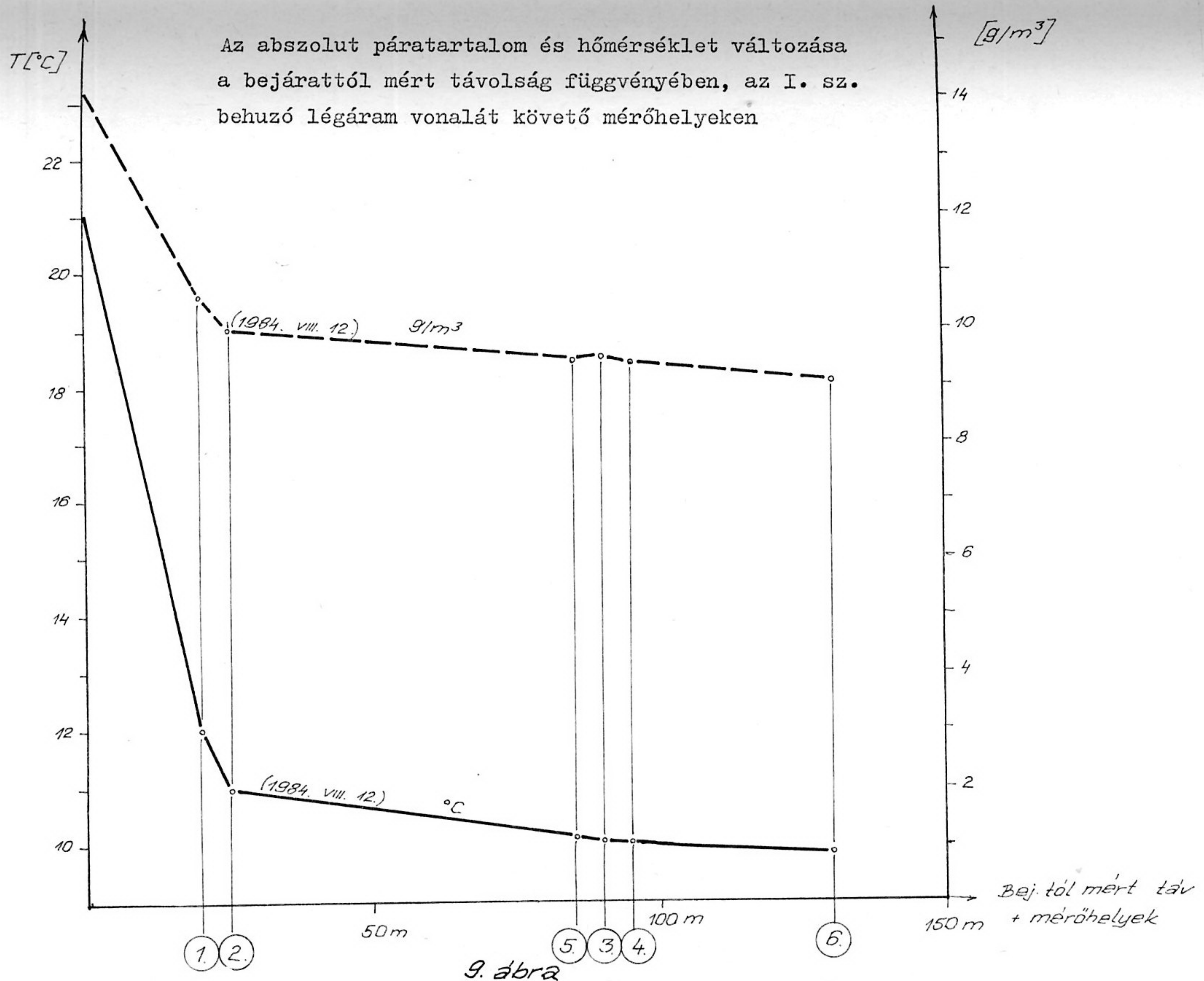
A kiépítési munkák alatt túlnyomórészt nyitva lévő liftakna a gyors légcseré miatt a barlangi klimát jelentősen megváltoztatja és így fokozottabban érvényesül a felszíni meteorológiai helyzet gyakran szélsőséges hatása.

A fenti okok miatt a barlang téli lehülése határozottan káros a barlang élővilágára, képződményeinek állagára és a lenttartózkodó emberek közérzetére is. A kiépítési munkák befejeződésével, a liftakna végleges lezárásával a barlang éghajlati jellemzői várhatóan normalizálódnak, amelyeknek vizsgálata további méréssorozatokot igényel. A jövőbeneli kísérletek ki kell hogy terjedjenek a nagy számú látogató mikroklíma befolyásoló szerepére is.

A hőmérséklet és relatív páratartalom változása,
 a liftakna bejáratától mért távolság függvényében
 a Szemlő-hegyi-barlangban; az I.sz. légáram irányát
 követve

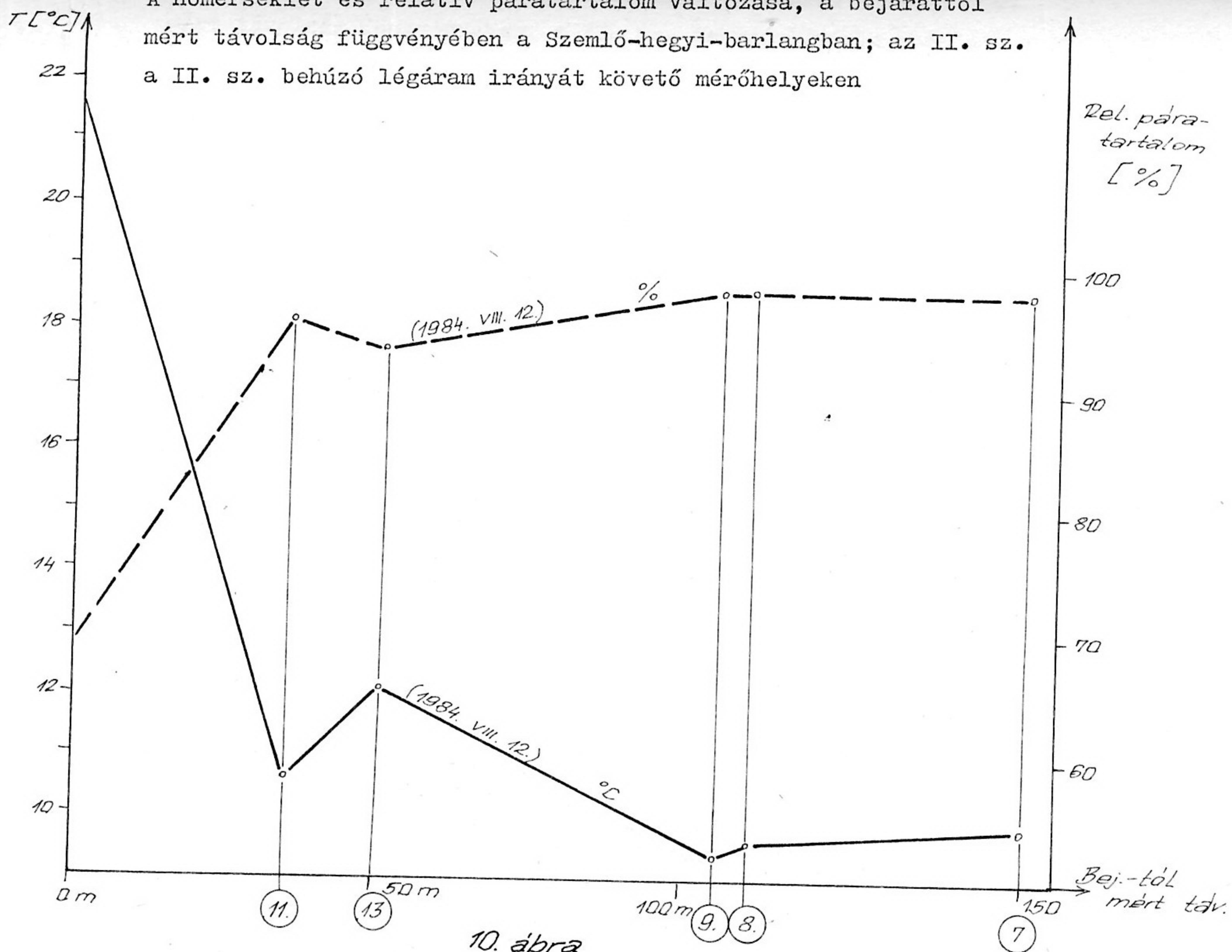


8. ábra



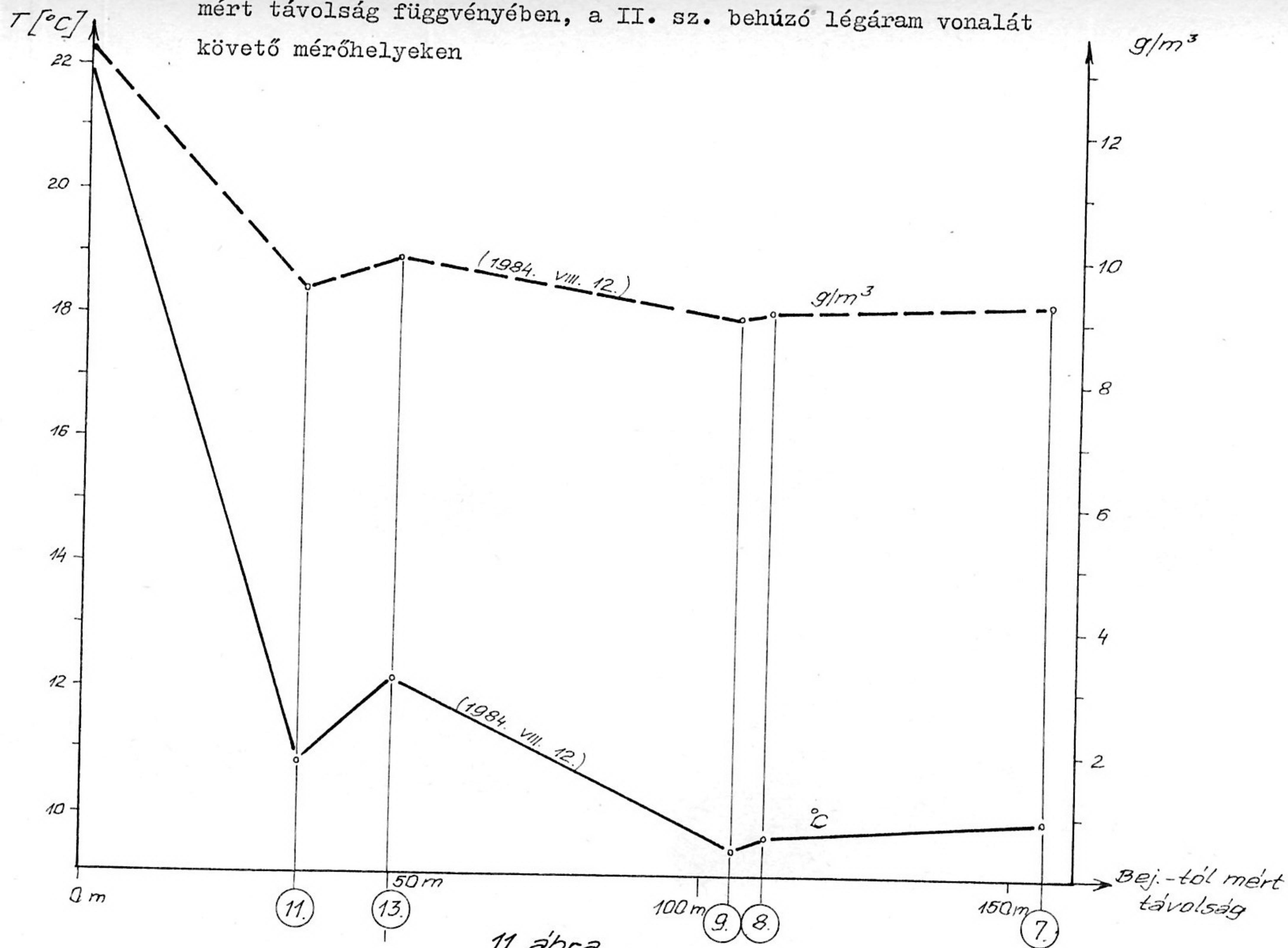
9. ábra

A hőmérséklet és relatív páratartalom változása, a bejárattól mért távolság függvényében a Szemlő-hegyi-barlangban; az II. sz. a II. sz. behúzó légáram irányát követő mérőhelyeken



10. ábra

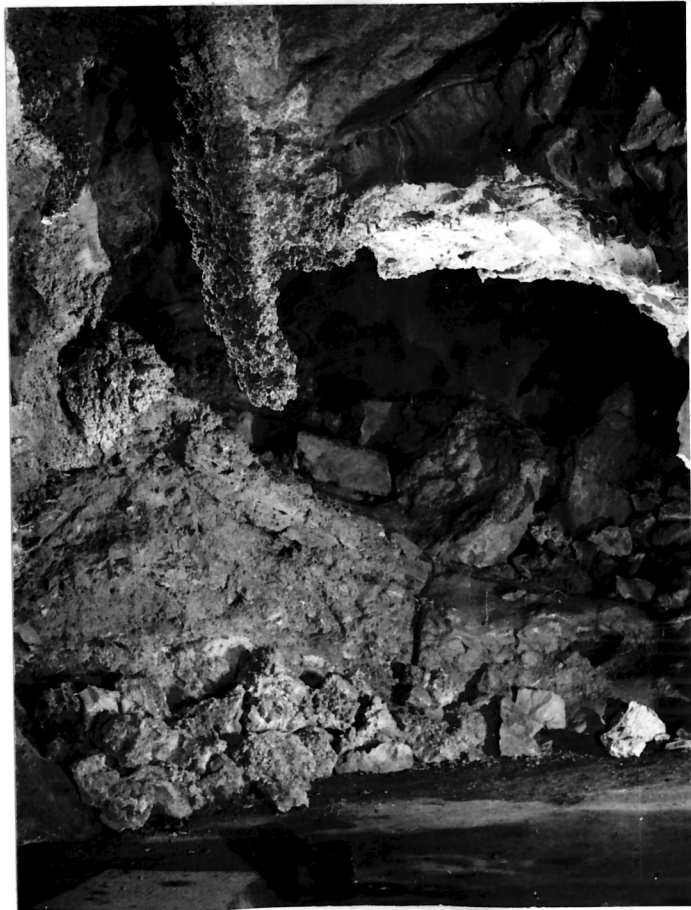
Az abszolút páratartalom és hőmérséklet változása a bójárattól mért távolság függvényében, a II. sz. behúzó légáram vonalát követő mérőhelyeken



11. ábra



SZEMLŐ-HEGYI-BARLANG



4. A Cserszegtomaji-kútbarlang klimaviszonyai

4.1. A széndioxid koncentráció

A barlangba történő korábbi leszállásaink alkalmával - elsősorban a bejárattól távolabb fekvő zónákban - figyeltünk fel szokatlanul magas széndioxid koncentrációra, amely - bár veszélyt nem jelent - légzési nehézségeket és fáradtságérzetet okozott. A széndioxid tenzió mérését több ponton megkezdtük. /12. ábra/

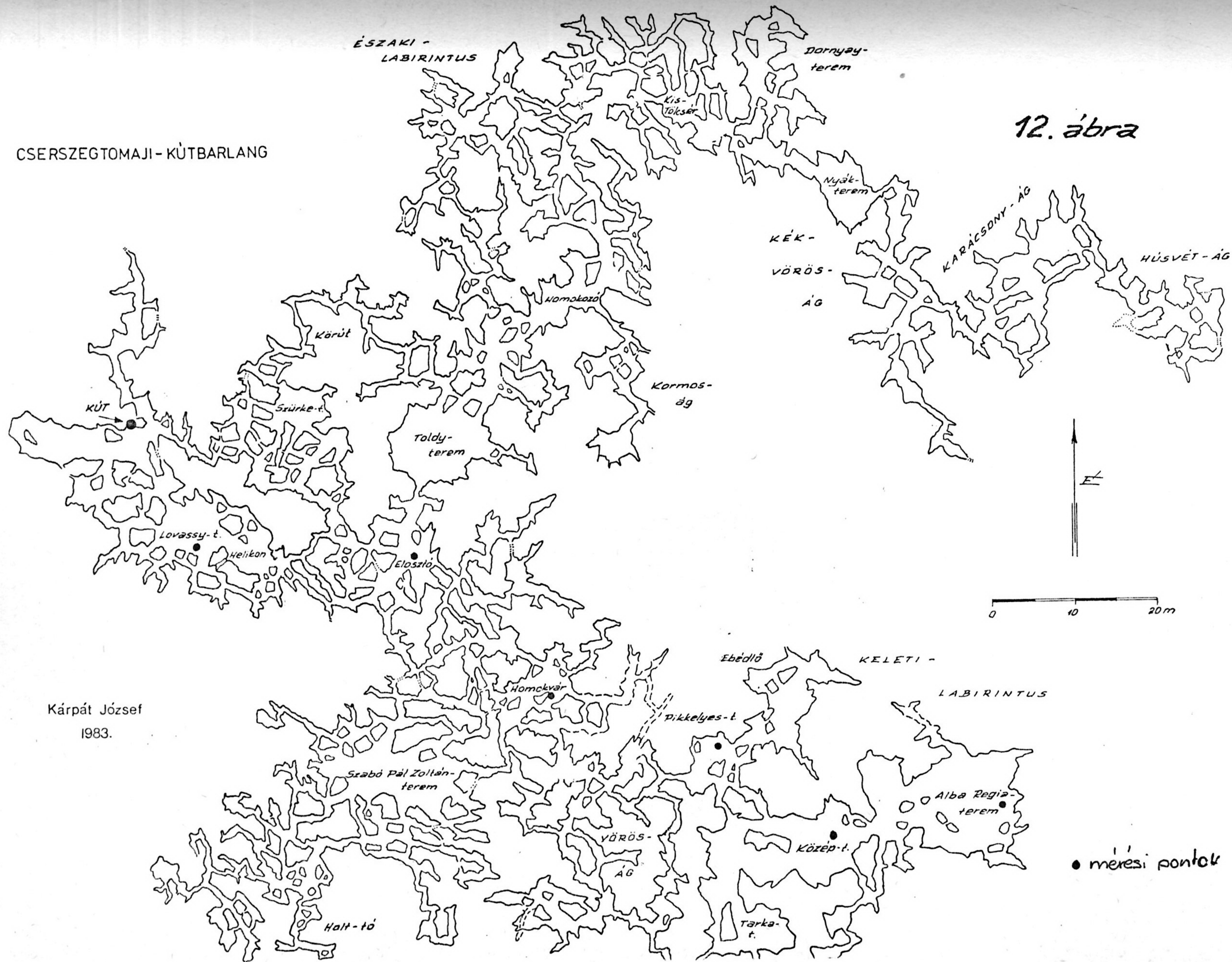
A széndioxid feldúsulás okai az üregrendszer sajátos térbeli viszonyaiban, /12/a ábra/ és ásványtani jellemzőiben kereshetők:

- a barlangot befoglaló homokkő piritzárványainak jelenleg is zajló kémiai bomlása /gipsz és limonit képződés/ széndioxidot termel, mellyel egyidőben oxigénelvonás is jelentkezik

- a barlang szellőzése kizárólag a szűk keresztmetszetű, kedvezőtlen áramlási viszonyokat biztosító kútaknál keresztül történhet. Az egyetlen bejárat miatt dinamikus légcsere nem alakulhat ki. A szellőzés a fedőkőzetten keresztül sem biztosított, mivel az ötven méter vastag homokkő és agyagöszlet gyakorlatilag hermetikus takarót képez./12/a ábra/

A széndioxid térbeli eloszlásában szembevetendő jellegzetesség figyelhető meg: a bejárattól való távolság függvényében befelé haladva a széndioxid tenzió szinte lineárisan növekszik. /13. sz. ábra/

CSERSZEGTOMAJI-KÜTBARLANG



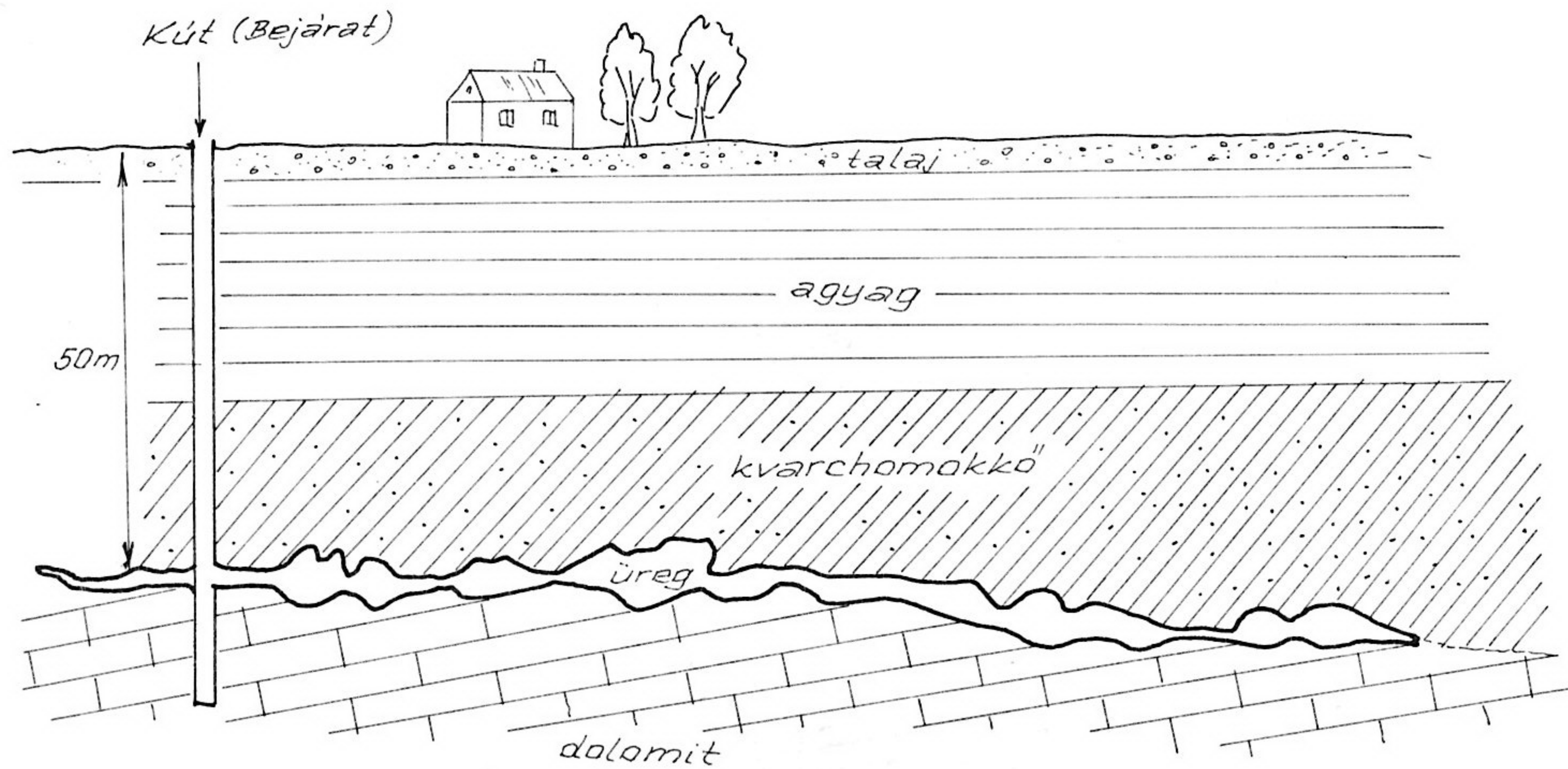
12. ábra

- 20 -

Kárpát József
1983.

• mérési pontok

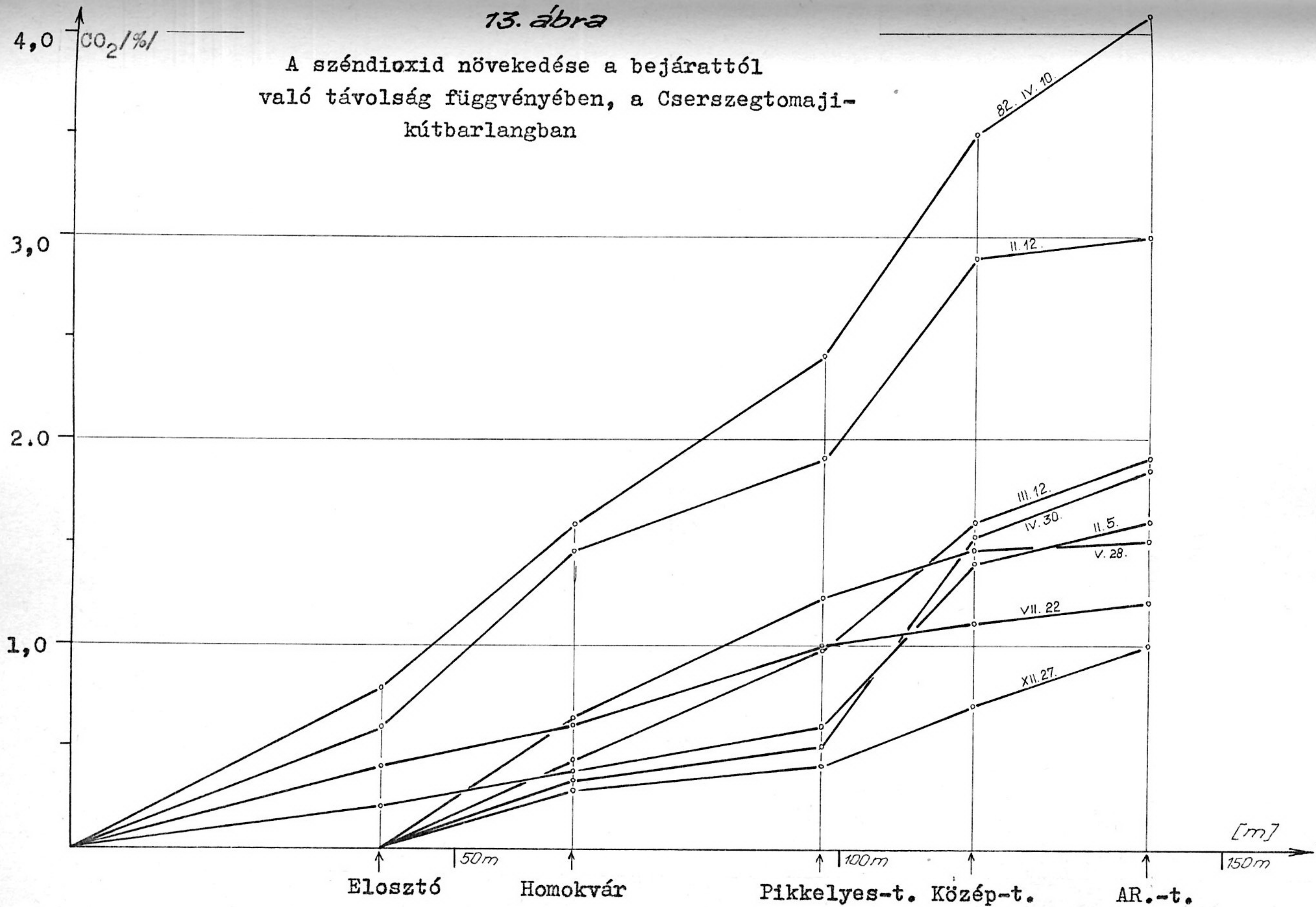
A Cserszegtomaji-kútbarlang idealizált hossz-szelvénye



12/a. ábra

13. ábra

A széndioxid növekedése a bejárattól
való távolság függvényében, a Cserszegtomaji-
kútbarlangban



E szabályosság oka az egyetlen ponton történő, változó irányú kiszellőzés. A kiszellőzés irányát a felszíni légnyomásviszonyok határozzák meg: magas légnyomás esetén befelé, alacsony légnyomás esetén kifelé irányuló légmozgás indul meg a barlangban.

A széndioxid éves alakulásában jellegzetes periódicitás mutatkozik. /14. ábra/ A legnagyobb /3 %-ot elérő/ koncentráció február - március hónapra jellemző, míg az év többi hónapjában csupán 0,5-2,0 %-os érték figyelhető meg a barlang legbelső zónáiban is. Az évszakonkénti szabályos változás okait további vizsgálatoknak kell tisztázniuk.

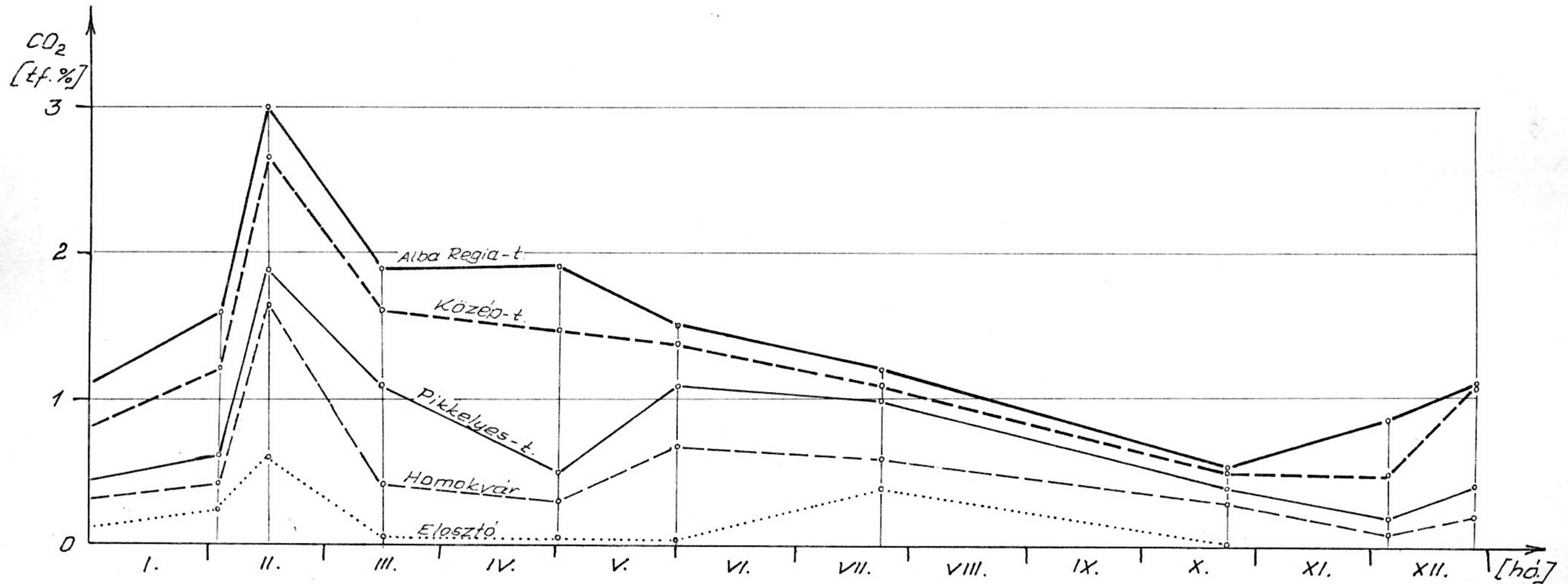
4.2. Hőmérséklet és páratartalom mérések

1983. decemberében négy napos földalatti tábort szerveztünk, melynek keretében alkalom nyílt a barlang klimájának tüzetesebb megvizsgálására, illetve a táborhelyül szolgáló Lovassy-terem hőmérsékletváltozásának megfigyelésére lenttartózkodásunk ideje alatt. A Lovassy-terem hőmérséklet változását az otttartózkodó személyek számának függvényében a 15.sz. grafikon ábrázolja. A lépcsős vonal a létszám változását, a folyamatos pedig a hőmérsékletet mutatja.

A grafikonból kitűnik, hogy kis eltolódással, de a teremben tartózkodók létszámától függően változik a hőmérséklet. E két paraméter ilyen egyértelmű összefüggése szintén a csekély légáramlásra utal,

14. ábra

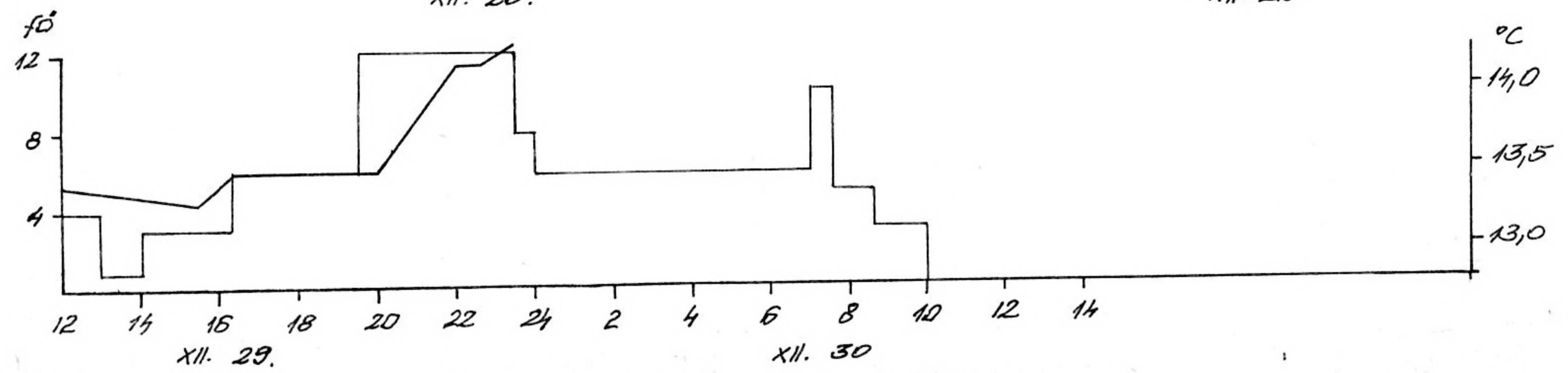
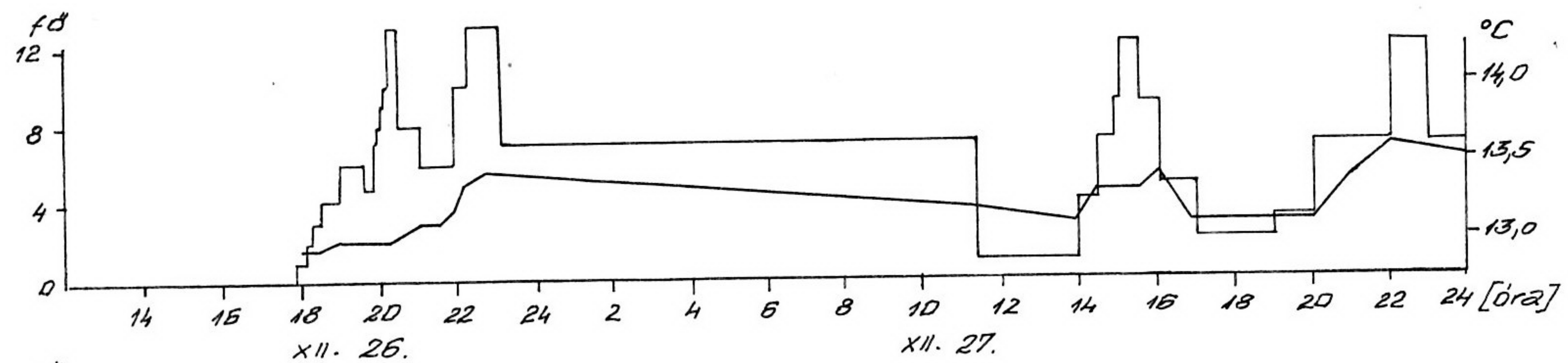
A széndioxid éves alakulása 1983-ban, a Cserszegtomaji-kútbarlang öt jellemző mérési pontján:



1. sz. diagramm

15. ábra

A táborhely (Lovassy-terem) hőmérsékletváltozásainak és a lenttartózkodó személyek számának összefüggése:



és rávilágít, hogy a barlang pillanatnyi mikroklímáját az antropogén tényezők is észrevehetően módosítják.

A páratartalom mérésénél két, különböző elven működő műszert alkalmaztunk. A hajszálas hygrométer és a pszichrométer elven működő elektromos műszer a felszínen azonos értéket mutatott, míg a hőmérsékletmérők között kb. 1°C különbség mutatkozott /a higanyos hőmérő alacsonyabb értéket adott/. A hőmérséklet méréseknél - kontrollméréseink figyelembevételével - a higanyos hőmérőt vettük alapul.

Mérési pontjaink: Kút alja	/1/
Lovassy-terem	/2/
Homokvár	/3/
Alba Regia-terem	/4/
Felszín	/5/

Mérési eredményeink:

/A Lovassy-teremnél /táborhely/ csak a két műszerrel párhuzamosan mért eredményeket tüntettük fel/

Mérési pont	Dátum	Ultrakust		Hőmérő °C	Hygrométer %
		°C	%		
1.	12.26.	14,2	98		
2.	12.26.	14,0	98	12,8	
	12.27.	14,3	97	13,2	
	12.29.	14,3	98	13,3	
3.	12.27.	14,4	98		80
	12.29.	14,0	98		80
4.	12.27.	14,3	98		83
5.	12.30	3,2	100	3,8	
Kútból kihúzó légáram	12.30.	9,5	97		

Mérési eredményeink azt mutatják, hogy a barlangban egyenletes a hőmérséklet és a páratartalom eloszlása, ami szintén a minimális szellőzőttségre utal. A hazai barlangokétól magasabb hőmérséklet a kis tengerszint feletti magasság /130 m/ és a nagyobb geotermikus gradiens következményének tulajdonítható.

4.3. Pszichrometrikus méréseket terhelő hibák a széndioxidos légtérben

A Cserszegtomaji-kútbarlangban a páratartalom mérésekhez igénybevett pszichrométernél különös, megmagyarázhatatlan effektusra figyeltünk fel. A műszer nedvesített hőmérője rendszeresen magasabb hőmérsékletet mutatott, mint a száraz hőmérő. Az észlelt jelenség a pszichrometria alapelvét tekintve értelmezhetetlen volt. Tekintve, hogy a jelenség csak széndioxidos barlangi zónákban jelentkezett, feltételezhetjük, hogy a folyamatot a széndioxid a nedvesített vattán való exoterm elnyelődése okozza.

A barlangi vizsgálatoknál kivártuk, míg a műszer teljesen átveszi a barlangi hőmérsékletet. Nedvesítés után a két hőmérő azonos értéket mutatott nyugalmi állapotban. A ventilátor megindítása után a nedves hőmérő magasabbat mutatott $0,5-1,5^{\circ}\text{C}$ -al, mint a száraz hőmérő. A mérést a barlang több pontján megismételve a nedves hőmérőn mért érték az eltérő széndioxid koncentráció függvénye volt. Megfigyeléseink azt sugallják, hogy a pszichrometrikus mérések eredményét széndioxidos légtérben fenntartással kell kezelnünk. Az észlelt anomália részletes elemzése további kísérleteket igényel.

4.4. Páratartalom mérés szilikagéles abszorpcióval

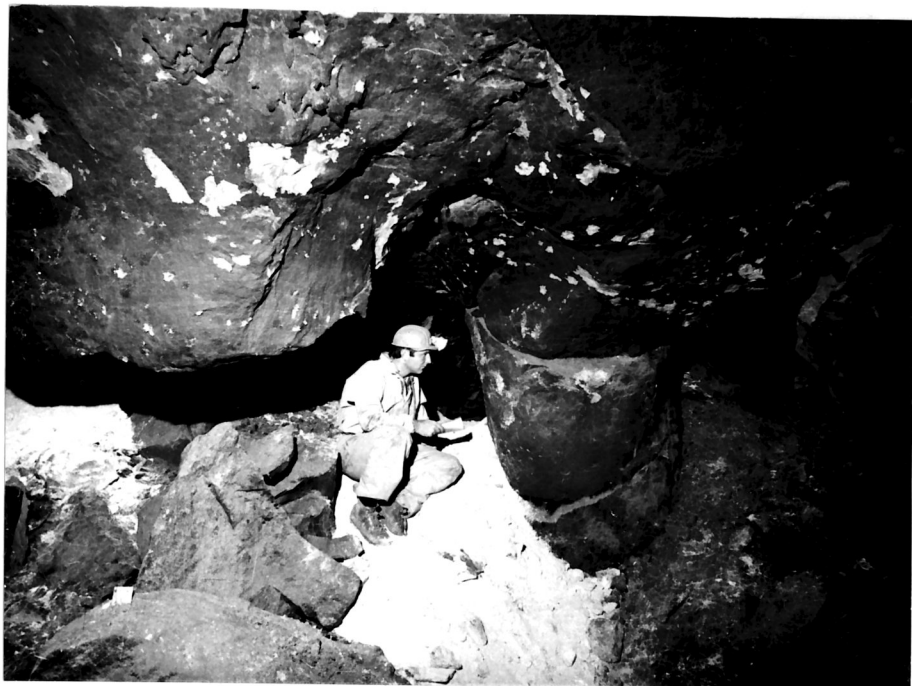
Felmerült a kérdés, hogy mérési tapasztalatainkat hogyan tudnánk másfajta méréssel alátámasztani. Olyan mérési módszert kerestünk, amely csak a páratartalomra specifikus. Ennek a kivánalomnak legjobban megfelelőt a szilikagéllal történő súlyszerinti meghatározást találtuk.

Kis üvegcsöveket megadott szemcseméretű szilikagéllal megtöltve, Dräger-pumpával átszivattva a kiindulási és a páratartalommal megnövekedett csövek súlyának különbségéből vissza lehet számolni az adott hőmérsékleten a relatív páratartalomra.

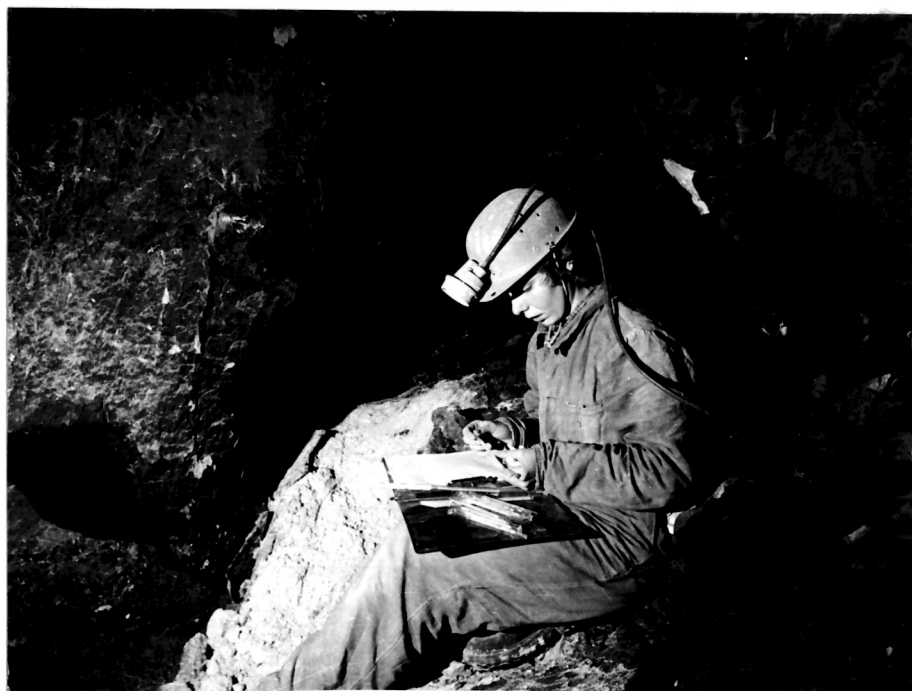
A módszer lehetséges hibaforrásai a következők:

- A cső felületének, vagy töltőanyagának porszennyeződése súlynövekedést okozhat.
- A cső tökéletlen lezárása szállításakor további vizabszorpciót tehet lehetővé.
- A szilikagél eltérő szemcsenagysága.
- A Dräger-pumpa hibái. /nem pontosan 100 cm^3 -t sziv, vagy szelel stb./

A mérési módszer kivitelezésénél több technikai probléma adódott, így méréseink megkezdése elhúzódott. A két módszer párhuzamos vizsgálatokkal való összehasonlítása a most következő időszak feladatai közé tartozik.



MÉRÉSEK A CSERSZEGTOMAJI-KUTBARLANGBAN



E két fokozottan védett természeti értéket képviselő barlangunkban végzett vizsgálataink nemcsak a sajátos, a felszinnel csak korlátozott kontaktusban lévő térségekről kívántak adatokat szolgáltatni, hanem a számos klimatényező kölcsönhatásából eredő vizsgálati problémákra is igyekeznek felhívni a figyelmet.

A mérésekben, laboratóriumi feldolgozásokban, adatszolgáltatásokban nyújtott segítségért köszönetemet fejezem ki a Környezetvédelmi Intézet Központi Laboratóriumának és Barlangtani Osztályának, illetve a KTE "ACHERON" Barlangkutató Szakosztály kollektívájának.

Irodalomjegyzék

Fodor István: A barlangok éghajlati és bioklimatológiai sajátosságai
1981. Akadémiai kiadó Bp.

Kárpát József: A Cserszegtomaji-kútbarlang

Karszt és Barlang, 1982.évf.I.füzet, p.35-40 Bp.

KTE "ACHERON" Barlangkutató Szakosztály 1982.,1983.évi jelentései