

Tartalomjegyzék	
Tartalomjegyzék	2
Bevetés	3
A barlang földrajzi elhelyezkedése	3
A barlang geológiai felépítése	4
<b>A BÉKE-BARLANG VIZÉNEK VIZSGÁLATA</b>	
A barlang geológiája	7
Éghajlat	7
<i>Rrajczy Judit III. éves geográfus-hidrológus szakos hallgató</i>	
Mérés-technikai feladat	8
<i>Sváb Emese V. éves térképész-földrajz szakos hallgató</i>	
A méréshez használt eszközök, anyagok	10
Témavezető: Dr. Zámbo László kandidátus	
Titrimetria	11
Mérési pontok	12
Egy-egy mérés lefolyása és körülményei	12
A barlang hidrográfiai viszonyai	13
Vezetőképesség	14
Víz hőmérséklet	15
Kalcium-, magnézium-karbonát, összkeménység	16
A víz szennyezettsége	16
Összefoglalás	16
Írdalomjegyzék	19
Melléklet	21

## Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	2
Bevezető	3
A barlang földrajzi elhelyezkedése	3
A barlang területének geológiai fejlődéstörténete	4
A barlang geológiája	7
Éghajlat	7
Méréstechnika	8
A méréshez használt eszközök, anyagok	10
Titrimetria	11
Mérési pontok	12
Egy-egy mérés lefolyása és körülményei	12
A barlang hidrográfiai viszonyai	13
Vezetőképesség	14
Víz hőmérséklet	15
Kalcium-, magnézium-karbonát, összkeménység	16
A víz szennyezettsége	16
Összefoglalás	16
Irodalomjegyzék	19
Melléklet	21

## Bevezető

Dolgozatunk egy, az Aggteleki-karszton található aktív patakos barlang vízkémiai vizsgálatainak eredményeit tárgyalja. A barlang hosszában és évszakosan figyeltük meg a föld alatti patak vizének néhány jellemzőjét. Mérési adataink alkalmasak arra is, hogy egy későbbi nagyobb időszakot felölelő mérési sorozat megtervezéséhez kiinduló alapot adjanak. Egy ilyen hosszabb mérési sorozatból következtethetünk az általános karsztos folyamatokra.

A barlang teljes hosszában hasonló vizsgálatok ismereteink szerint még nem történtek. A barlang 1952-es feltárása óta több alkalommal – nem rendszeresen – vizsgálták már a csepegő vizek kemizmusát, illetve a folyó vizét. A barlang forrásának – a Komlós-forrásnak – a vízhozamát és vizének összetételét éveken keresztül rendszeresen megfigyelték.

Dolgozatunk az első másfél év adatait mutatja be, így hét mérési alkalom eredményeit elemezzük. Az első mérést 1997 áprilisában, az utolsót 1998 júniusában végeztük.

A kutatási irány kijelölésében témavezető tanárunk, a labormunkák elvégzésében Fehér Katalin volt segítségünkre. A barlangtúrák kivitelezhetetlenek lettek volna diák- és barlangásztársaink segítségével.

Párhuzamosan a Béke-barlangban végzett munkánkkal észleléseket végeztünk a közeli Baradla-barlangban is. A Baradla-barlangi mérési adatok feldolgozása folyamatban van, így a két adatsor összehasonlítását nem tudtuk még elvégezni.

Tervezzük a mérések folytatását. A most szerzett tapasztalatok alapján szükségesnek tartjuk eddig nem mért jellemzők vizsgálatát is (pl. vízhozammérés, oldott CO<sub>2</sub>, oldott oxigén koncentráció mérés, mikrobiológiai vizsgálatok stb.).

Más magyarországi aktív patakos barlangból származó, a miénkhez hasonló adatok az összehasonlításhoz nyújtanának jó alapot.

## A barlang földrajzi elhelyezkedése

A Béke-barlang az Aggteleki-karszton található (*I. tábla*) aktív patakos, átmenő barlang, tehát a bűvópatakja a víznyelőtől a forrásig követhető. Ember által is járható

üreghálózat vezet a nyelőzóna utántól majdnem egészen a forrásig. Így lehetővé válik a víz útjának nyomon követése a felszín alatt.

A barlang legdélibb része az aggteleki Nagy-völgy víznyelője, legészakibb a Jósuvácon található Komlós-forrás. Három ismert bejárata van a barlangnak, ezek közül egyedül a Bibic-töbri „természetes” keletkezésű e víznyelő kibontásával fedezték fel a barlangot. Ez a bejárat a Felfedező-ágba vezet, de biztonsági okokból vasráccsal lezárták az illetéktelen behatolások meggátlása végett. A Szomor-hegy lábánál nyíló, valamint a jósuvái szanatóriumi bejárat mesterséges. Mi a szomor-hegyi bejáratot használtuk méréseink során.

A járatrendszer hossza: 6408 méter, függőleges kiterjedése 59 méter. Vízzintes kiterjedése észak–déli irányban 2400 méter, kelet–nyugati irányban 819 méter. A Fő-ág képzeletbeli középvonalon mért hossza 4350 méter. (SZUNYOGH 1995)

A barlangnak egy Fő-ága van és ebbe több rövidebb mellékág csatlakozik. A mellékágak közül a 708 méter hosszúságú Felfedező-ág a legjelentősebb.

### **A barlang területének geológiai fejlődéstörténete**

Ahhoz, hogy a Béke-barlang területének fejlődéstörténetét megismerjük, ki kell tekinteni az egész Aggteleki-karsztra és környékére. Ezt különösen azért kell megvizsgálni, mert Magyarországon itt a legbonyolultabb a szerkezetfejlődés.

A terület fejlődéstörténetét a késő-permig lehet visszavezetni. Az alpi hegységképződés hatására a perm közepén még szárazföldi terület fokozatosan süllyedni kezdett. Az ekkor kialakult túlsós lagúnákban képződött a Perkupai Anhidrit Formáció. Amíg a süllyedéssel lépést tudott tartani a szárazföldről behordott üledék mennyisége, addig terrigén anyagú üledékek keletkeztek: Bódvaszilasi Homokkő, Színi Márga. A középső-triász anizusi időszakára a finom terrigén anyag üledékgyűjtőbe szállítása erősen lecsökkent. Így a sekély selfek elzárt, belső részein érvényre juthatott a mészkiválás. Az ekkor képződött kőzetet Guttensteini Mészkőnek nevezik. Ez a formáció kb. 250 m vastag, sötétszürke-fekete színű bitumenes mészkő, egy része dolomitostott is (HAAS 1994).

Ennek fedője a Steinalmi Mészkő Formáció. Ez 200–400 m vastag világosszürke mészkő. Váltakozó rétegekből épül fel: vastagabb dasycladaceás padok és vékonyabb laminites rétegek. Az előbbi jól átvilágított és szellőzött sekély platformon, az utóbbi



meg az árapálysíkságon rakódhatott le. A karbonát platform az anizusi késői szakaszában kettéhasadt a Vardar-óceán mellékága, a Mellétei-óceán kinyílása következtében. Így három fáciesterület alakult ki a középső-triász végére: északon és délen kontinentális alapú szilicei és tornai, a kettő között az elvékonyodott kontinentális és óceáni kérgen fekvő mellétei. A vizsgált terület a szilicei fáciesterülethez tartozik. A triász folyamán végig mélytengeri viszonyok jellemezték a mellétei és tornai fáciesterületeket, míg a sziliceit az alsó-anizusitól a felső-karni alsó részéig platform fáciések jellemzik. Folyamatossága csak az anizusi-ladini határon szakad meg egy rövid időre. A ladintól képződött a Wettersteini Formáció: világosszürke, közepes- vagy vastagpados, illetve rétegzetlen zátonyfáciesű mészkő és dolomit. Vastagsága meghaladja az 1000 métert is (HAAS 1994). A felső-triász karni emelet vége felé a szilicei fáciesterület nagy részén mérsékelten mélytengeri medence alakult ki: oxidatív környezetben Hallstadi, míg redukтивabb közegben Pötscheni Mészkő keletkezett.

A liászban (alsó-jura) a riftesedés tovább folytatódott (szlovák részen), a kéreg-süllyedés következtében a mélytengeri karbonátképződés megszűnt (a karbonát-kompenzációs zóna alatt). A doggerben (középső-jura) megindult a Mellétei-óceán bezáródása. A mellétei fáciesterület óceáni kérgének egy része délről északra szubdukálódni kezdett, elnyelődött a Szilicei sorozatok alatt, másik része északról dél felé a Tornai sorozatok fölé tolódott át (obdukció). Ez utóbbi lett a ma már csak foltookban létező Mellétei takaró. A felső-jura, alsó-kréta időszakban az északi és déli kontinentális aljzat ütközött egymással az óceán teljes bezáródását követően a rozsnyói szuturavonal mentén. A kollízióval kisebb mértékű metamorfózis járt. Az alábu-kó óceáni kéreg megolvadt, és riolitos szigetív-vulkanizmust, gránitbenyomulásokat, ill. ércesedést okozott. A kollízió következtében a terület kiemelkedett, és a Perkupai Evaporit csúszófelületén a mai irányok szerinti dél felé, a Szilicei takarók átcsúsztak uppony-hídvégárdó-tornai „autochtonra”, így a rajta lévő, azóta már részben lepusztult Mellétei takaróra. Az így kialakult elsődleges takarórendszert a kréta folyamán újabb térrövidülés, gyűrődés érte. Bonyolult egymásba tolódó antiklinális-szinklinális rendszerek jöttek létre, melyek dominánsan kelet–nyugati csapásirányúak (HAAS 1994).

A felső-krétától az oligocén végéig nem állnak rendelkezésünkre konkrét adatok, de valószínűleg a terület szárazulattá vált, és megindulhatott rajta a karsztosodás (bizonyítottan ilyen korú képződmények nem ismeretesek). Az oligocén-miocén for-

dulóján az Észak-Pannon–Nyugat-Kárpáti térség mozgásrendszeréhez kapcsolódóan a Darnó-vonal mentén vízszintes észak-északkelet irányú eltolódás történt. A terület egy részét ebben az időszakban transzgredáló tenger borította el. Ennek képződménye abráziós tengerparti mészkő-konglomerátum, mely fölé 60-300 méter mélységű tengerben keletkezett slírösszlet települt.

A miocén végén tavi környezetben Putnok környékén andezit vulkanizmus kezdődött, melynek hatására tufarétegek ülepedtek le. A tokaji vulkanizmus (szarmata) vékony riolittufa leplet borított a területre. A pannon elején nagy része lepusztult, lepusztulás termékei a medencékben áthalmazott formában találhatóak, a pannon üledék fekélyét képezik.

A pannon elején – a pannon üledékgyűjtő medence részeként – kisebb részmedencék alakultak ki: Aggtelek és Trizs környékén – miocén slírrre települt – agyagos-homokos kavicsösszlet.

A pliocén-pleisztocén határon kis mértékű ( $<5^\circ$ ), dél–délkelet irányú kibillenés kezdődött, ezért északról nagy mennyiségű kavicsos üledék került a pannon üledékre éppúgy, mint a karsztos kőzetekre. Az erózióbázis a Bódva- és a Torna-medence volt. A területen ősi folyóvölgy hálózat ekkor alakult ki. Ezt ma például a 300 méter magasságban található teraszszintek jelzik.

Az alsó pleisztocén végén tektonikus mozgások történtek a területen, melyeknek későbbi stádiumában jött létre a Bódva-áttörés és a Ménes-patak délre fordulása Szögligetnél. A kiemelkedés hatására megindult a nem karsztos fedőüledék lepusztulása, és a barlangrendszerek kialakulása.

A Jósua-völgy jelentős bevágódása következtében a tőle délre elhelyezkedő területek vízlevezetési iránya északi, illetve északkeleti volt. Ekkor keletkeztek a Béke- és a Szabadság-barlangok, az akkor még különálló Baradla–Domica barlangrendszer, valamint, az ősi víznyelőszájak és a források.

A felső-pleisztocénban erőteljes változások történtek a területen. A Ménes-völgy gyors mélyülése a Szelcei-karszton változásokat eredményezett: a Jósua-völgy irányába fakadó karsztforrások vízgyűjtőjének rovására kialakult a Medve-kerti-forrás, a Fedor-forrás, a Patkós-forrás. Az égerszögi Rét-patak mélyülése és hátravágódása, valamint a Trizs és Imola környéki patakok fejlődése következtében lecsökkent a Béke-barlang vízgyűjtője.

Napjainkban is fejlődik a karszt: a vízjelzéses vizsgálatok a vízvezetés irányainak változását mutatják ki (SÁSDI 1991).

### A barlang geológiája

Kőzetfelépítés szerint három fő részre osztható a Béke-barlang. Az első szakasz, melyben a barlang nagyobb része található, a felső bejáratától a Nagy-omlásig, a második a Nagy-omlástól az Óriás-teremig, a harmadik a Margitics-szifontól a jósvafői bejáratig tart (SZENTES 1965). Mi a bűvópatakos részben végeztünk vízvizsgálatokat, ezek: az első és a második szakasz. A barlangot befoglaló kőzetekre főleg a – középső-triász anizusi emeletében képződött – világos, szürke, vörösfoltos Wettersteini és a sötét, kovás, bitumenes, kalciteres Guttensteini kifejlődés jellemző. (SZENTES 1965)

Az első szakaszt kizárólag Wettersteini Mészke alkotja, melynek kifejlődése egységes, csak néhány helyen mutatható ki szürkés közbetelepülés. A Fő-ágban, ahol a méréseket végeztük, a fő törésirányok: észak–dél, északkelet–délnyugat, illetve alárendeltebben kelet–északkelet–nyugat–délnyugat. A Kötélhágcsós-szifonig az északkelet–délnyugat-i törés a meghatározó a járat futása szempontjából, a másik két irány csak alárendeltebben járatalkotó, valamint a szivárgó vizeket levezető hasadék. Ezután a járat kialakításában mind a három irány egyforma szerepet játszik.

A második szakasz a Wettersteini és a Guttensteini Mészke érintkezési felületén alakult ki. A járat felváltva metszi a két kőzetet. A járatalakításban mindhárom fő irány részt vesz. (SZENTES 1965)

### Éghajlat

A terület éghajlata nedves kontinentális. A közeli Kárpátok erős hegyvidéki hatása miatt Magyarország egyik leghidegebb tájegysége. Az évi középhőmérséklet: 9,1 °C, a havi átlagos hőmérséklet –4 és 20,3 °C között van. Az évi napfénytartam nem haladja meg az 1900 órát, és a napsugárzás értéke 4300–4400 MJ/m<sup>2</sup>. A téli időszak hosszú ideig tart, a fagyos napok száma 120–130, az utolsó tavaszi fagyos napok április végére esnek. A hótakarós napok száma 40, az átlagos maximális hóvastagság 50 cm. (UJVÁROSY 1998)

A számunkra leglényegesebb tényező: a csapadék, mivel ennek eloszlása és főleg intenzitása nagyban befolyásolja mért értékeinket. Például hirtelen nagy mennyi-



ségű csapadék árvizet okozhat a barlangban, aminek hatására a patak vizének oldottanyag- tartalma, hőmérséklete stb. változik meg. Az utóbbi évek aszályosak voltak, míg a mért időszakunk alatt újra nedvesedés mutatható ki. 1941–70 között a csapadékátlag Aggteleken 741 mm, Jósvafőn 680 mm volt. Az utóbbi tíz évben ennél alacsonyabb értékeket mértek. (UJVÁROSY 1998)

Az Országos Meteorológiai Szolgálat adatai szerint 1992-ben és 1993-ban 500 mm alatt volt a csapadék, míg az általunk mért időszakban újra az átlag közelében van. Ezt mutatja a *III. tábla*. A legcsapadékosabb hónap sokéves átlag alapján a június, a legszárazabb pedig a február és a március. Az általunk vizsgált időszakban a két maximum 1997 júliusában és 1998 májusában, a minimum nálunk is februárban volt.

Ennek hatására megemelkedett a vízszint a barlangban. SZUNYOGH G. szóbeli közlése szerint felmérésük alatt (1990–94) olyan is előfordult, hogy az 1,8 méter mély Tarajos-tó kiszáradt. Megfigyeléseink szerint a több csapadék hatására újra emelkedik a vízszint. Véleményünk szerint jelenleg a karsz újrafeltöltődése folyik. Az első mérésünk (1997. április) alacsony vízszintnél mértünk. Ezt mutatja a *VI. tábla 1. kép* is: az Öttufa majdnem teljesen kiszáradt. Júliusban árvíz volt a hirtelen lehulló csapadék hatására, de később ennél magasabb vízállást is tapasztaltunk. A szintén nagyon csapadékos augusztus után az átlagos csapadékú szeptemberben mérésünk a vízszint csak a barlang elején emelkedett, ahol előtte is mélyebb volt, alig változott a magassága. A vízszintváltozás nagyon jól megfigyelhető az Öt-tufánál (*VI. tábla 2. kép*).

### Méréstechnika

A mérési sorozatot témavezetőnk útmutatásai alapján terveztük meg, a következő szempontok figyelembevételével:

A mérések gyakoriságát úgy határoztuk meg, hogy kellő információt nyújtson az egyes évszakok közti különbségekről. Túl gyakori mérés a magas költségek miatt nem volt kivitelezhető, így megpróbáltunk az évszakok legjellemzőbb szakaszaiban mérni. Ehhez igénybe vettünk korábbi meteorológiai adatokat.

Mivel a méréseket a patak folyó vizében végeztük, és a túraútvonal is ugyanebben a patakban húzódik, ezért szükséges volt a túrázók elkerülése, mert egy csoport elhaladása közben a víz a felkavart finom agyagtól zavarossá válik, ami a mérést zavarja, lehetetlenné teszi. Ezért minden esetben, ha tudtunk tervezett barlanglátogatás-



ról, megpróbáltunk előző nap vagy éjszaka mérni. A munkánk tervezett folytatásakor megfontolandó, hogy mi magunk is a folyásiránnyal szemben haladjunk. (Ez most jogi akadályok miatt nem volt kivitelezhető.)

A barlang aktív patakos jellege miatt a mérőcsoportnak folyó hideg vízben kellett haladnia, amely fokozott kihűlésveszélyt és pszichikai terhelést jelentett különösen akkor, amikor segítőink nem voltak tapasztalt barlangkutatók. Külön problémát jelentett, hogy a barlang gépjárművel nem, illetve nehezen megközelíthető. Mivel nekünk terepjáró nem állt rendelkezésünkre, a szálláshelyről minden alkalommal gyalog kellett a barlang bejáratát megközelíteni. A barlangi és külső hőmérséklet különbsége miatt a mérőfelszerelésen kívül a barlangi felszerelést is a helyszínre kellett vinnünk, és ott átöltözni.

A fentiek alapján a mérési programot úgy kellett összeállítanunk, hogy egy-egy mintavételi ponton történő mérés időben a lehető legrövidebb legyen. Úgy terveztük, hogy a mérés egy ponton 8 - 10 perc alatt kényelmesen elvégezhető legyen. Figyelembe véve a mérési pontok közötti menetidőt, a mérési pontok számát úgy határoztuk meg, hogy maximum nyolc óra alatt az egész barlangi mérés kivitelezhető legyen.

Vannak olyan mérhető jellemzők, amelyek nagysága egy mintavételt követően gyorsan változik, ezért azok csak az adott környezetben, az adott helyen, igen rövid idővel a mintavétel után vizsgálhatóak (pl. vízhőmérséklet, pH, vezetőképesség, oldott oxigén, CO<sub>2</sub> stb.). Ezeket a jellemzőket a barlangban kell mérni. Olyan jellemzők vizsgálhatóak csak így, amelyek hordozható elektronikus mérőműszerrel mérhetőek. A barlangi környezet – elsősorban a nem megfelelő világítás, valamint környezetvédelmi okok miatt – a helyszíni titrimetriás mérések elvégzését megnehezítik.

Segítőinket úgy kellett kiválasztanunk, hogy ne csak a lelkesedés, érdeklődés, hanem a fizikai erőnlét, felkészültség is megfelelő legyen. Nemcsak olyan embereket kellett a méréshez megnyerni, akik hajlandóak voltak a föld alatt dolgozni, hanem szükséges volt egy felszíni támogató csoportra is. Ők a mérés előkészítésében, a szálláshely rendben tartásában, a helyszín megközelítésében voltak segítségünkre. A felszíni csapatot fel kellett arra is készíteni, hogy mit tegyenek abban az esetben, ha időben nem érünk a felszínre.

A felszerelés összeállításánál figyelembe kellett venni, hogy a felszerelést és a vízmintákat mind a barlangban, mind a felszínen saját erővel kellett mozgatni. Így is

sokszor 10-15 kg tömegű volt a felszerelés. A műszereket vízhatlan csomagolásban lehetett csak a barlangban szállítani.

A fenti szempontok figyelembevételével a méréseket évszakonként egy alkalommal végeztük. A barlangban csak azokat a jellemzőket mértük, amelyeket feltétlen a helyszínen kellett vizsgálni. A mérések közül a nagy időigény és műszerhiány miatt a pH, oldott oxigén és oldott CO<sub>2</sub> méréseket nem tudtuk végezni. Ezek bevezetését a jövőben tervezzük. A barlang fokozottan védett, ezért vízhozamméréshez műtárgyat nem tudunk beépíteni, a későbbiekben hordozható kivitelű berendezéssel kívánjuk ezt megoldani.

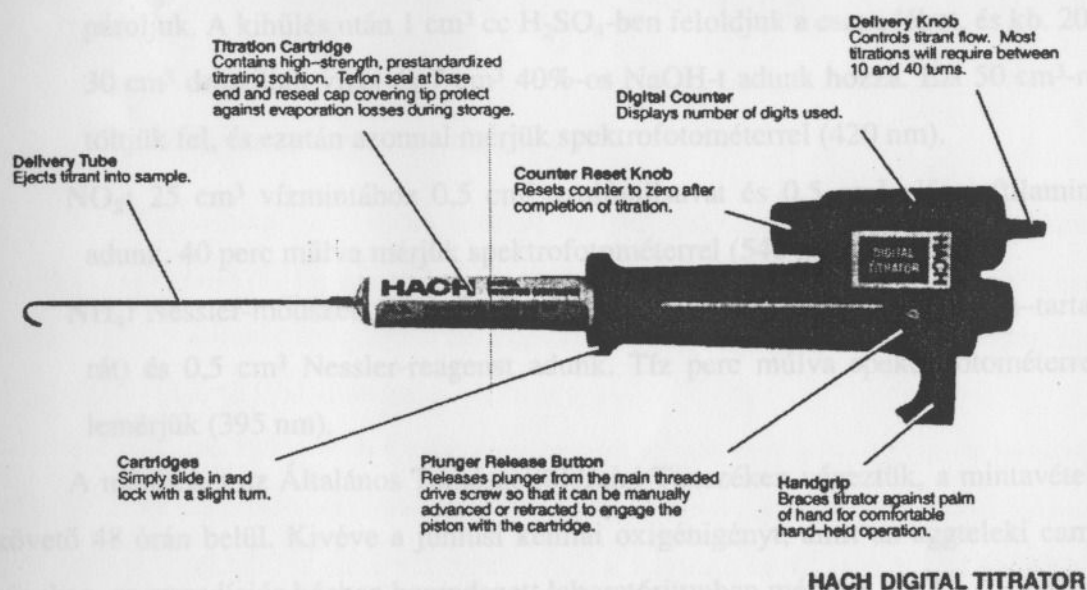
A többi jellemzőt laboratóriumi körülmények között elemeztük titrimetriás módszerekkel. Ezen mérések során a kihozott vízminták kalciumkoncentrációját, összkeménységét, lugosságát határoztuk meg.

Egy alkalommal lehetőségünk nyílt arra, hogy más elemzéseket is elvégezzünk Fehér Katalin segítségével. Ezek: kémiai oxigénigény, nitrát-, nitrit-, ammónium-, foszfát- és kloridkoncentráció meghatározása volt. 1998 februárjától – a Mikrobiológiai Tanszéktől kölcsönkapott – mikrotitrátorral mértünk, melyhez nem kell laboratórium, így a mérés könnyebben elvégezhető, a pontosság csökkenése nélkül. Ezek után a vízvizsgálatokat a mintavétel napján el tudtuk végezni, így a minták szállítási ideje alatt bekövetkező változások (koncentrációcsökkenés) hatását ki tudtuk küszöbölni.

#### ***A méréshez használt eszközök, anyagok***

A vezetőképességet és a pH-t az Általános Természetföldrajzi Tanszék tulajdonában lévő CORNING gyártmányú checkmate 90 műszerrel mértük (típus: M90; gy. sz.: 150691 /műszer/, 150598 /elektród/). (VI. tábla 4. kép)

A titrimetriás méréseket HACH-féle mikrotitrátorral és annak vegyszerkészletével végeztük. Mérési hibahatár:  $\pm 1\%$ .



Hach-féle mikrotitrátor

**Titrimetria****Kalcium-karbonát és összkeménység:**

Reagensek: összkeménység méréséhez: 1 ml Puffer és Man Ver nevű Eriokrómfekete T. indikátor  
 kalciumtartalom méréséhez: 2 ml 8 N KOH és Cal Ver nevű murexid indikátor

EDTA (0,8 M) titrálunk

Lúgosságot keverék indikátor segítségével 0,1 mólos sósavval mértük.

A következő vizsgálatokat a magyar ivóvíz vízvizsgálati szabvány alapján végeztük:

**Kémiai oxigénigény:** 100 cm<sup>3</sup> vízmintához 1 cm<sup>3</sup> cc H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-t adunk, majd felforraljuk. Forráskor 8 cm<sup>3</sup> 0,01 mólos K<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub>-t adunk hozzá, majd 10 percig forraljuk. Ezután 10 cm<sup>3</sup> 0,01 mólos oxálsavat adunk hozzá és 0,01 mólos K<sub>2</sub>MnO<sub>4</sub>-gyel titrálunk, míg színtelenből lilába vált.

**klorid:** 50 cm<sup>3</sup> vízmintát csepp kálium-kromát (K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>) indikátor jelenlétében ezüst-nitráttal (AgNO<sub>3</sub>) titrálunk. Az eredetileg sárga szín vörösesbarnára változik (Ag<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub>).



**NO<sub>3</sub>:** 10 cm<sup>3</sup> vízmintához 1 cm<sup>3</sup> 1%-os nátrium-szalicilát adunk, majd szárazra pároljuk. A kihűlés után 1 cm<sup>3</sup> cc H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-ben feloldjuk a csapadékot, és kb. 20–30 cm<sup>3</sup> desztillált vizet és 7 cm<sup>3</sup> 40%-os NaOH-t adunk hozzá. Ezt 50 cm<sup>3</sup>-re töltjük fel, és ezután azonnal mérjük spektrofotométerrel (420 nm).

**NO<sub>2</sub>:** 25 cm<sup>3</sup> vízmintához 0,5 cm<sup>3</sup> szulfanilsavat és 0,5 cm<sup>3</sup> alfa-naftilamint adunk. 40 perc múlva mérjük spektrofotométerrel (540 nm).

**NH<sub>4</sub>:** Nessler-módszer: 25 cm<sup>3</sup> vízmintához 0,5 cm<sup>3</sup> Seignette-sót (K-Na-tartarát) és 0,5 cm<sup>3</sup> Nessler-reagenst adunk. Tíz perc múlva spektrofotométerrel lemérjük (395 nm).

A méréseket az Általános Temészetföldrajzi Tanszéken végeztük, a mintavételt követő 48 órán belül. Kivéve a júniusi kémiai oxigénigényt, amit az aggteleki campingben, az expedíciós házban berendezett laboratóriumban mértünk.

### **Mérési pontok**

A mérési pontokat az 1963 és 64 közötti, Kőhalmy Gábor vezette bányászati felméréshez használt mérési alappontok közelében jelöltük ki. Választásunk azért esett erre a megoldásra, mert a mérési pontok jeleit nagyméretű fehér számokkal a barlang falára festették. Ezek a számok lehetővé tették azt, hogy a vízvizsgálatokat mindig pontosan azonosíthatóan ugyanott végezzük el. A mellékletben bemutatott II. táblán a barlang alaprajzában (SZUNYOGH 1995) a mintavételi pontjainkhoz a Kőhalmy-féle számjeleket is feltüntettük.

### **Egy-egy mérés lefolyása és körülményei**

Mérési időpontjaink:

1997. április 26–27.

1997. július 12–13.

1997. szeptember 26–27.

1997. december 20–21.

1998. február 21.

1998. május 8–10.

1998. június 25–26.

Szerencsésebb lenne a mérések folytatása esetén a szanatóriumi bejáratot használni, melynek több előnye lenne. Egyrészt így nem kell kétszer végigjárni a barlangot oda-vissza, ami idő- és energianyereség. Másrészt könnyebb nem felkavarni a vizet,



hiszen a sodrás ellenében megyünk. Így a mérési program végrehajtására több energiánk marad.

### A barlang hidrográfiai viszonyai

A Béke-barlang ma is aktív patakos barlang, jelentős szakaszán az év minden szakaszában vízfolyás tapasztalható. JAKUCS (1984) szerint alsó barlangja nincsen, cáfolhatatlan földtani bizonyítékot nem találtunk sem a létezésére, se a nem létezésére az általunk elérhető irodalmakban.

SZUNYOGH (1995) több forrást és víznyelőt figyelt meg a Fő-ágban. A forrásokhoz általában ismert mellékjárat nem csatlakozik, hanem a járat talpszintjének közelében kis repedésekből tör elő a víz. Ezek közül a források közül csak kettőt észleltünk májusban, akkor elég jelentős vízmennyiség érkezett be rajtuk. Az elsőt a 22-es térképezési pontnál, a másikat a Tarajos-tó előtt. A 22-es térképezési pontnál a talpszint felett az agyaglejtőben találtuk meg a felfelé bugyogó forrást, mely 5-6 cm mély járatot mélyített a lejtőbe. A víznyelők közül csak az állandóan aktív Komlós-nyelőben mértünk. A többi valamivel a járat talpszintje felett helyezkedik el, árvízi túlfolyót alkotva (SZUNYOGH 1995).

A barlanghoz 2,6 km<sup>2</sup> nagyságú vízgyűjtő tartozik, több, mint fele fedetlen, másik része pannon üledékkel fedett karszt. Főleg mészkő építi fel: 2,5 km<sup>2</sup> nagyságú területen jellemző (IZÁPY-MAUCHA 1993). Három bejárata közül az egyik víznyelőben nyílik, de ez biztonsági okokból vasráccsal fedett. Ez a Felfedező-ágra nyel, a Bibic-töbörben, innen fedezték fel 1952-ben Jakucs László vezetésével a barlangot. A másik nagyobb víznyelő a Nagy-völgyben nyílik (JAKUCS 1984). Ez a két legjelentősebb víznyelő.

A barlang morfológiáját tekintve meghatározó szerep jut a mésztufa gátaknak. SZUNYOGH (1995) 436 mésztufa gátat térképezett fel. Elkülöníti a meder szintje fölött kialakult „Szultán pamlaga típus” – és a mederben a vízszín alatt kialakult tetarátákat. Ezek a mésztufa gátak és sarkantyúk visszaduzzasztják a patak vizét és hatásukra több helyen tavak alakultak ki (120 db). Az egyetlen igazán mély tó a Tarajos-tó, melynek mélysége 1,8 méter. A tó előtt és után valamivel mésztufák találhatók, de köztük nem találni meszes kiválási formákat, csak korróziósakat. Kétoldalt nagy „tarajok” vannak a sziklákon a tóba benyúlva egyaránt a vízszín alatt és fölött.

Átlagos vízállásnál a barlangban összefüggő vízfelület körülbelül a 80-as térképezési ponttól a Komlós-nyelőig van.

### Vezetőképesség

A vezetőképesség változását a *IV. táblán* ábráztuk. Az eredmények 228 és 702  $\mu\text{S/cm}$  között váltakoztak. A maximumot 1997 áprilisában a 109-es és 1998 júniusában a 117-es pontnál mértük. Az összes mérés alatt a maximumok két mérési pontra voltak jellemzőek: a 109-es és a 215-ös pontra. E két hely előtt állandóan működő források vannak, melyek betöményítik a patak vizét. A minimumot 1997 júliusában árvízi helyzetben a 47-es pontnál észleltük. De ez nagyon elüt az összes mért adattól, azokkal összefüggésbe nem hozható, bár a legtöbb júliusi érték alacsonyabb az összes többinél. Szintén nagyon alacsony az 1998 májusában a Felfedező-ágban mért érték (267  $\mu\text{S/cm}$ ), melyet mellékági árvíznél mértünk. A sokkal alacsonyabb értékeket az árvízi helyzettel magyaráztuk. Ugyanis ilyenkor a víz közvetlenül a víznyelőkből jön: sokkal lágyabb a beérkező víz és gyorsabban végigvonul a barlangon. A Fő-ági árvíz visszaduzzasztja a források sokkal töményebb vizét. Ezzel magyarázható az, hogy bár a második legkisebb értéket 1998 májusában mértük, az átlag szerint mégis itt voltak a legmagasabb értékek. Ekkor ugyanis mellékági árvíz volt, ezért működött az összes forrás, így a Fő-ág vize jelentősen betöményedett.

A barlangot a mérések alapján több részre osztottuk:

Az első szakasz, ahol nincs állandó vízfolyás, az Öttufáig tart. Itt az értékek elég nagy szórást mutatnak. Az első mérési pontnál (22) viszonylag magas értékeket mértünk, ennek oka az itt fakadó forrás volt. Itt az első szakaszban mértük általában a minimumokat a 47-es pontnál. Állóvízben mértünk, így érthető a víz kilágyulása: a kalcium-karbonát kiválik, és vékony lemezekben a víz színén található.

A Vaskapunál az értékek viszonylag magasabbak. Közvetlen a Vaskapu után általában gyenge csökkenést mutatnak, kivéve az első két mérési időpontban. A júliusi erősebb csökkenés az árvízi helyzet eredménye, áprilisban pedig még az elmúlt aszályos évek alacsony vízállása volt.

A második szakasz az Öttufától a 109-es pontig tart. Erre a szakaszra az Öttufa utáni csökkenés után az értékek általános növekedése jellemző, kisebb a trendtől eltérő kiugrásokkal. Ilyen például az Öttufa utáni 80-as pont magasabb értéke júniusban.

Érdekes megjegyezni, hogy a SZUNYOGH (1995) által leírt források közül kettő a 109-es pont előtt található (105-ös, 106-os pontoknál). Ez a két forrás betöményíti a vizet, ezzel magyarázható a magas érték.

A harmadik szakasz a 206-os pontig tart. Ez egy elég hosszú barlangszakasz, itt általános gyenge csökkenés jellemző különösebb kiugrások nélkül. (Kivéve a 132-es pontot decemberben, ahol kiugróan alacsony értéket mértünk. Ez további vizsgálatokat igényel, mivel ez a csökkenés a kalciumtartalomban is megmutatkozik.) Ezt a tendenciát azzal magyaráztuk, hogy a patakából kiválik a mész a mésztufagátakra. A májusi értékek a legmagasabbak és a legkiegyenlítettebbek. Hasonló értékeket vesznek fel a 159-es ponttól a szakasz végéig a szeptemberi és a júniusi értékek, majd ezek alatt a februári és a decemberi adatok is. A 159-es pontig is összefüggnek az értékek, de köztük nem annyira szoros a korreláció. A becsatlakozó két forrás hatását nem tudtuk kimutatni, valószínűleg vízkémiaailag a fő vízfolyáshoz hasonló összetételű vizet szállítanak. A júliusi adatok érdekességgel szolgálnak: a Tarajos-tó előttig a trendbe illően, bár kissé erősebb csökkenés a jellemző. Utána viszont emelkedés tapasztalható.

A negyedik szakasz a 206-os ponttól a Komlós-nyelőig tart. Méréseinket a Nagy-omlásig terveztük, azonban egy alkalommal lehetőségeink adottak voltak rá, ezen a ponton túlra is eljutni. A 215-ös pontnál jól kimutatható hatása van a 213-as ponttól 22 méterre található forrásnak, mely Szunyogh Gábor szóbeli közlése alapján igen stabil vízhozamú, még akkor is szállít vizet, amikor a Fő-ág eddig a pontig már teljesen száraz. Ez a hatás a vezetőképesség hirtelen megugrásában mutatkozik meg. Ez átlagosan: 96  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . A Komlós-nyelőig egy alkalommal jutottunk el, így ebből nem vonhatunk le következtetéseket.

A májusi mérés alkalmával több forrás is működött és a Felfedező-ágból is víz folyt a Fő-ág patakjába, ekkor fényképet is készítettünk: VI. tábla 3. kép.

### Vízhőmérséklet

A barlangi patak vízhőmérsékletének változását az V. tábla mutatja. A legalacsonyabb értéket, 9,4 °C-t 1997 decemberében mértük. A maximum 12,1 °C volt 1997 júliusában. Tavasszal és nyáron az átlaghőmérséklet 10,4 °C volt, kivéve 1998 májusában, amikor az átlagosnál hidegebb volt, s ez tükröződik az adatokban is. A nyáron,



illetve tavasszal mért értékek szórása nagyobb, mint az őszi, vagy télieké. Előbbi időszakban a minimum és maximum értékek közti különbség 1-2 °C, míg utóbbiban nem éri el az 1 °C-t. A források nem okoznak markánsan megmutatkozó hőmérsékletváltozást.

### **Kalcium-, magnézium-karbonát, összkeménység**

1998. február óta végzünk titrimetriás vizsgálatokat. A három mérés még nem biztosít megfelelő mennyiségű adatot ahhoz, hogy következtetéseket tudjunk levonni ezen paraméterek változására nézve a barlang hosszában és a különböző évszakokban.

Az összkeménység jól korrelál a mért vezetőképességgel mind térben, mind időben, így alátámasztja mért adatainkat.

### **A víz szennyezettsége**

Egy alkalommal: 1998 májusában végeztünk erre nézve is néhány mérést különböző összetevőkre. Ekkor a barlangi patak vize:

**kiváló** minőségű: nitrit- és foszfortartalomra nézve és a kémiai oxigénigény szerint

**jó** minőségű: nitráttartalomra nézve

**szennyezett**: ammóniára nézve a magyar ivóvíz-minőségi szabvány szerint.

A VITUKI megbízásából végzett forrásvíz elemzésével kapott átlagához (2,4 mg/l) viszonyítva nitrátból több volt.

Ammónia-tartalma a csapadékból származhat. Ennek értéke 1,4-1,5 mg/l a barlangi patakban. A csapadék átlagos ammónia-tartalma azonban: 2,26 mg/l (MAUCHA 1987).

Ezek alapján a 1998 májusi mérés alkalmával a fő szennyező anyagokra nézve a barlang patakja tiszta volt.

### **Következtetés**

Dolgozatunkban az aggteleki Béke-barlang vízkémiai méréseinek körülményeit és eredményeit tárgyaljuk. Célunk a barlangon végigfolyó patak vízminőség-változásának vizsgálata volt térben és időben.



Az megfigyeléssorozatot 1997 áprilisában kezdtük. Ettől kezdve évszakonként egy alkalommal mértünk, az utolsó feldolgozott adatok 1998 júniusából származnak.

A helyszínen mértük a vezetőképességet, vízhőmérsékletet, és vízmintát vetünk, melyet kihozva a barlangból elemeztünk összkeménységre és kalcium-karbonátra nézve. Az 1998 májusi mérés alkalmával elvégeztük az elemzést nitrát, nitrit, amónium, klorid, foszfát ionra és kémiai oxigénigényre nézve is.

A patak vizének vezetőképessége a folyásirányban csökkent, amit mi a mésztufagátakra való mészkiválással magyaráztunk. Néhány helyen a vezetőképesség ugrásszerű növekedését tapasztaltuk, ebben a források töményebb vize játszhatott szerepet. Kétszer volt alkalmunk árvízi helyzetnél mérni. 1997 júliusában főági árvíznél mértünk: ekkor az átlagosnál alacsonyabb értékeket kaptunk. 1998 májusában mellékági árvíznél mértünk: az ionkoncentráció ekkor az összes mérésünk közül a legmagasab volt.

Ahhoz, hogy a víz minőségének évszagos változását elemezhessük, a vizsgált időszak még túl rövid.

Az egyszeri méréseink alapján a barlang vize kémiailag tiszta. Csak ammóniától szennyezett, a többi mért komponens alapján kiváló, illetve jó minősítést kapna a magyar ivóvízszabvány szerint. Ezt a vizsgálatot csak tájékozódásul végeztük, természetesen további mérések szükségesek.

Az összkeménységet és a kalcium-karbonáttartalmat még csak három alkalommal vizsgáltuk, így még nem áll kellő adat a rendelkezésünkre a megfelelő elemzéshez. A titrimetriás adatok mindenesetre alátámasztják a vezetőképesség méréseinket.

A mérési adataink alapján a későbbiekben gyakrabban, a barlang több pontján végzett vizsgálatokat szeretnénk végezni kiegészítve más fontos mérésekkel: ionkoncentrációk (vas, mangán, szulfát stb.), vízhozam, lég- és közethőmérséklet, lebegtetett anyagtartalom. Fontosnak tartanánk valamennyi vízkémiai jellemző helyszíni (barlangi) mérését, így lényegesen pontosabb adatokat kaphatnánk. Ám ezen mérések környezetvédelmi kihatásai összetettebbek lennének, mint az eddigiek. Az eddig általunk végzett megfigyeléseknél nagyobb anyagi és műszaki háttérrel igényelnek majd. Ahhoz, hogy a karsztosodási folyamatot általánosabban tudjuk vizsgálni, fontos lenne a méréseket az ország, esetleg Európa más hasonló jellegű területein ugyanígy elvégezni.

## Irodalomjegyzék

- Országos Meteorológiai Szolgálat csapadékadatai
- HAAS JÁNOS 1994. *Magyarország földtana: Mezozoikum*. ELTE Budapest, 1994, Egyetemi jegyzet.
- IZÁPY GÁBOR – MAUCHA LÁSZLÓ 1993. *Hydrochemistry of the karst springs in the Jósvafő region*. Oktatási és Kutatási Intézmények III. Országos Találkozója, Jósvafő, 91–101. p.
- JAKUCS LÁSZLÓ 1953. *A Béke-barlang felfedezése*. Művelt Nép, Budapest.
- JAKUCS LÁSZLÓ 1984. *Az aggteleki Baradla–Domica-barlangrendszer; Béke-barlang*. In: KORDOS L.: *Magyarország barlangjai*. Gondolat, Budapest, 27–38; 88–118. p.
- JAKUCS LÁSZLÓ – MÓGA JÁNOS 1996. *A Gömör–Tornai-karszt*. In: KARÁTSZON DÁVID (szerk.): *Pannon enciklopédia*. Magyarország földje, Kertek 2000 Könyvkiadó, Budapest, 345–352. p.
- KUBASSEK JÁNOS – TAR KÁLMÁN 1980. *Geohidrológiai vizsgálatok a Béke-barlang vízgyűjtő területén*. NME. Közl. 1980. I. 28. 3–4. 205–216. 1. p.
- LESS GYÖRGY 1998. *Földtani felépítés*. In: BAROSS GÁBOR (szerk.): *Az Aggteleki Nemzeti Park*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 26–67. p.
- MAUCHA LÁSZLÓ 1987. *A Baradla-barlangrendszer környezetszennyezési folyamatának vizsgálata*. VITUKI témajelentés 1987., témaszám: 7614/1/182/24.
- MAUCHA LÁSZLÓ 1989. *A karsztvizek jelentősége és kutatása hazánkban*. *Karszt és Barlang* 1989. I–II. 67–77. p.
- SÁSDI LÁSZLÓ 1991. *Az Aggtelek–Rudabányai-hegység karsztjának földtani fejlődéstörténete*. *Karszt és Barlang* 1991. I. 3–9. p.
- SÁGI LÁSZLÓ 1998. *Vízföldtan és vízrajz*. In: BAROSS GÁBOR (szerk.): *Az Aggteleki Nemzeti Park*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 118–160. p.
- SZENTES GYÖRGY 1965. *Földtani, tektonikai és genetikai vizsgálatok a Baradla és a Béke-barlangban*. *Karszt és Barlang* 1965. II. 71–78. p.
- SZUNYOGH GÁBOR 1995. *A Béke-barlang speleológiai értékeinek áttekintése és értékelése egy átfogó tudományos feldolgozás érdekében*. Kézirat.

TAKÁCSNÉ BOLNER KATALIN 1998. *A nemzeti park barlangjai; Föld alatti patakok nyomában.* In: BAROSS GÁBOR (szerk.): *Az Aggteleki Nemzeti Park*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 160–183. p.

UJVÁROSY ANTAL 1998. *Földrajzi helyzet, éghajlati viszonyok.* In: BAROSS GÁBOR. (szerk.): *Az Aggteleki Nemzeti Park*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, pp 22–25.

ZÁMBÓ LÁSZLÓ 1998. *Talajtakaró.* In: BAROSS GÁBOR (szerk.): *Az Aggteleki Nemzeti Park*, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 95–118. p.s

I. tábla: Aggtelek és környéke térkép a Béke- és a Baradla barlanggal

II. tábla: Béke-barlang térképe

III. tábla: Csapadék mennyisége az Aggteleki-barlangon

IV. tábla: A Béke-barlang vízének vezetőképesség-változása

V. tábla: A Béke-barlang vízének hőmérséklet-változása

VI. tábla: Fényképek

## Melléklet

I. tábla: Aggtelek és környéke térkép a Béke- és a Baradla barlanggal

II. tábla: Béke-barlang térképe

III. tábla: Csapadék mennyisége az Aggteleki-karszton

IV. tábla: A Béke-barlang vizének vezetőképesség-változása

V. tábla: A Béke-barlang vizének hőmérséklet-változása

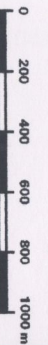
VI. tábla: Fényképek



# Aggtelek és Jászvafő Környéke

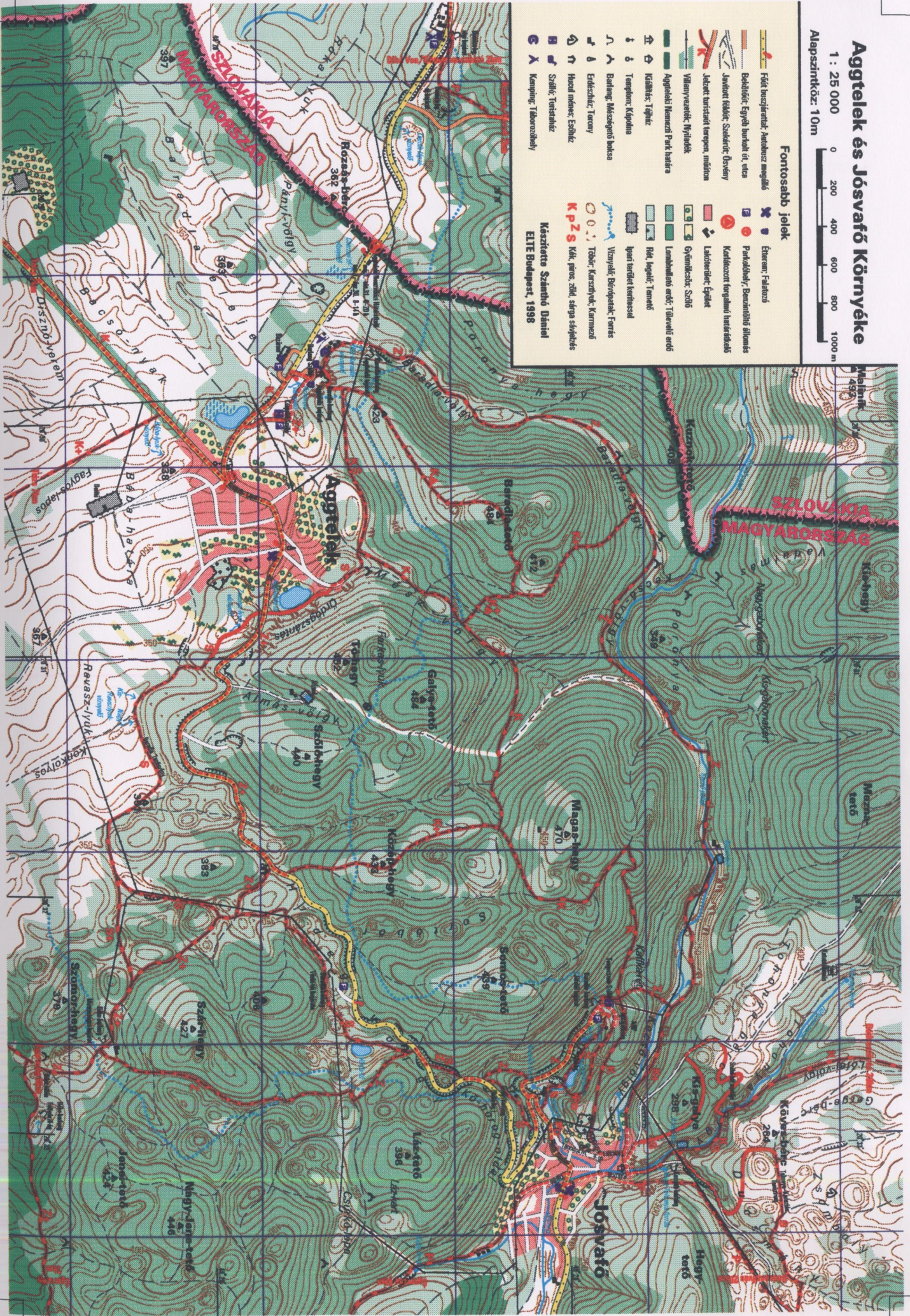
1 : 25 000

Alapszínkör: 10m



## Fontosabb jelek

- |  |                                    |  |                                       |
|--|------------------------------------|--|---------------------------------------|
|  | Főtávvezeték; Áramvezeték megálló  |  | Éterem; Fialató                       |
|  | Budafői; Egyéb turiszt. út, utca   |  | Parkolójel; Buszmegálló állomása      |
|  | Járóút; Földút; Szekélyút; Ösvény  |  | Körülzónát jelölő határrendelés       |
|  | Járatott turistai utca, móló, móló |  | Lakóterület; Épület                   |
|  | Villanyvezeték; Vízvezeték         |  | Gyógyászati; Szobák                   |
|  | Aggteleki Nemzeti Park határa      |  | Lambhálózat; Erdő; Télivelő; Erdő     |
|  | Közfürdő; Tóvizet                  |  | Rak; legelő; Tanyák                   |
|  | Templom; Kápolna                   |  | Újra teremtett kertesszel             |
|  | Batány; Mészegvár; Békás           |  | Víznyelvi; Búvározás; Forrás          |
|  | Erdészeti; Tanyák                  |  | Tó; Karsztréteg; Kermész              |
|  | Hóval melegt; Eszték               |  | <b>KPZS</b> Kék; zöld; sárga; szürkés |
|  | Szálló; Turistaház                 |  | Kasztrató; Szanató; Dánial            |
|  | Kemping; Túravezető                |  | <b>ELITE Budapest, 1998</b>           |



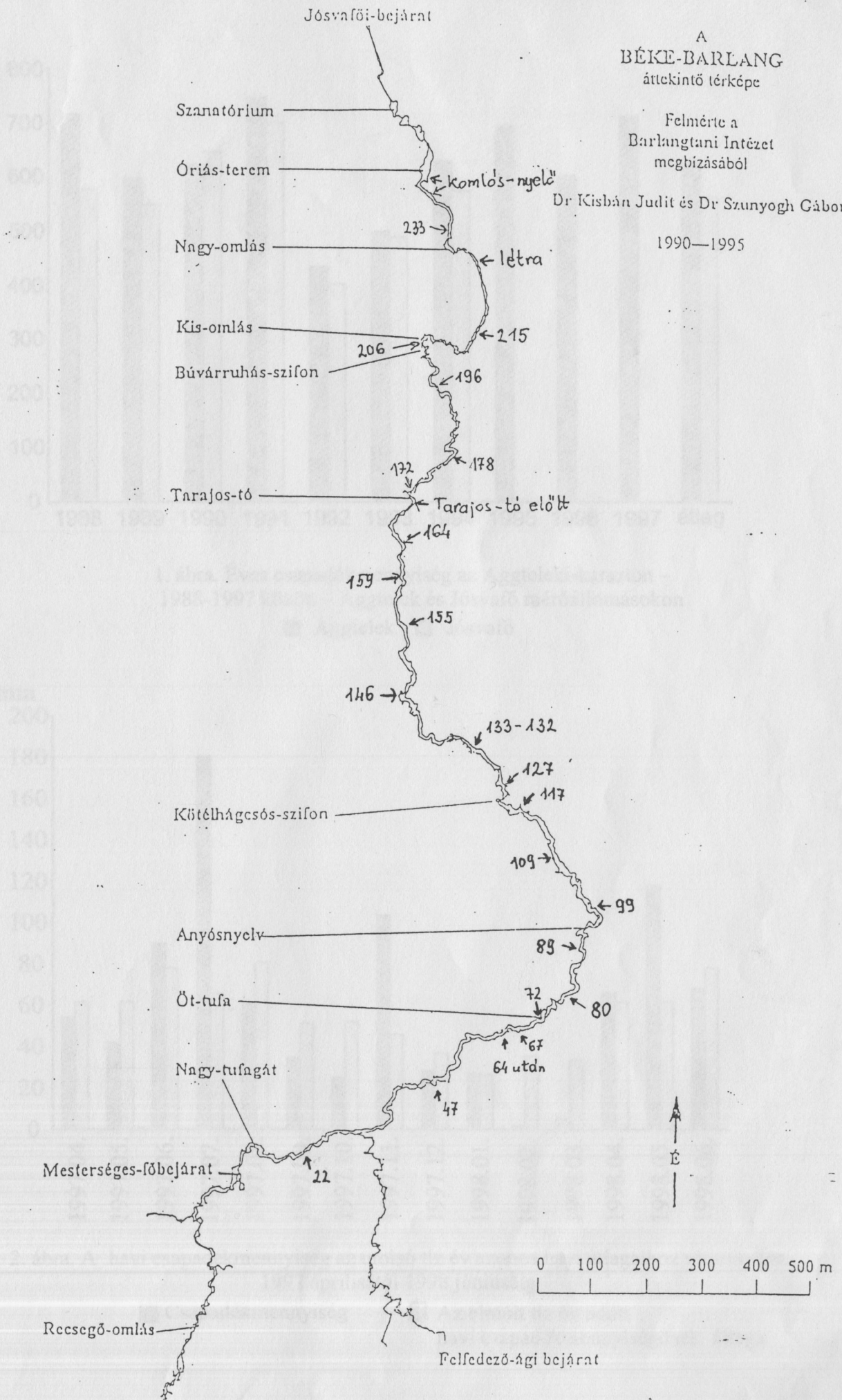


A  
BÉKE-BARLANG  
áttekintő térképe

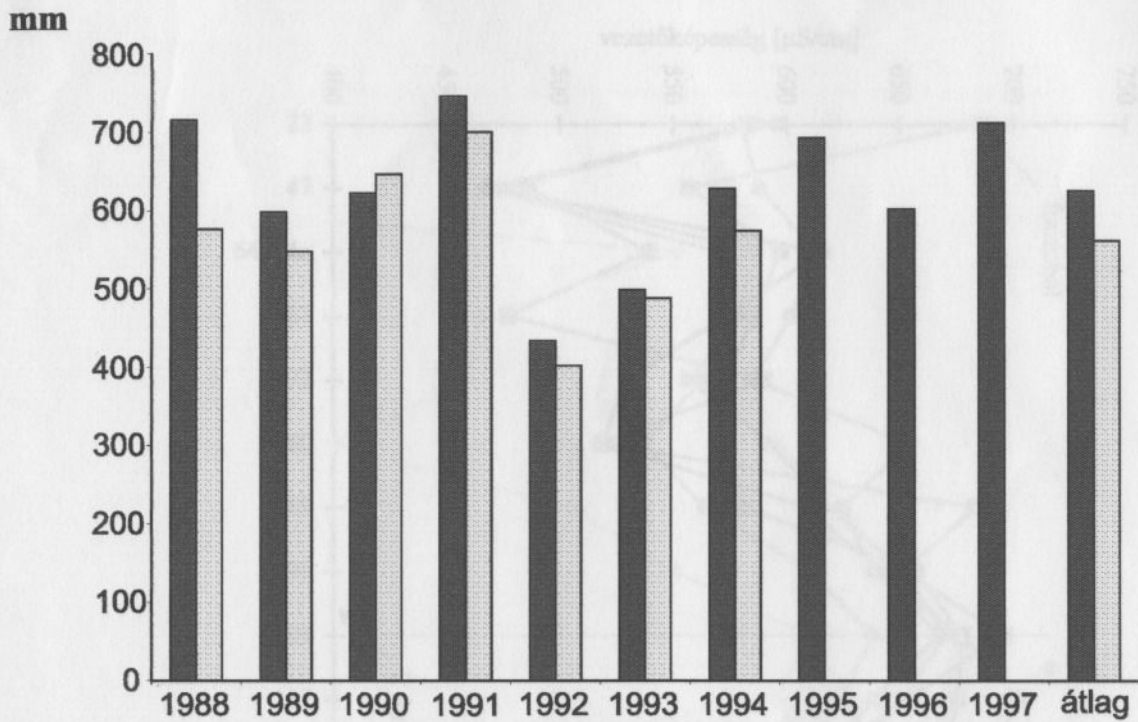
Felmérte a  
Barlangtani Intézet  
megbízásából

Dr Kisbán Judit és Dr Szunyogh Gábor

1990—1995

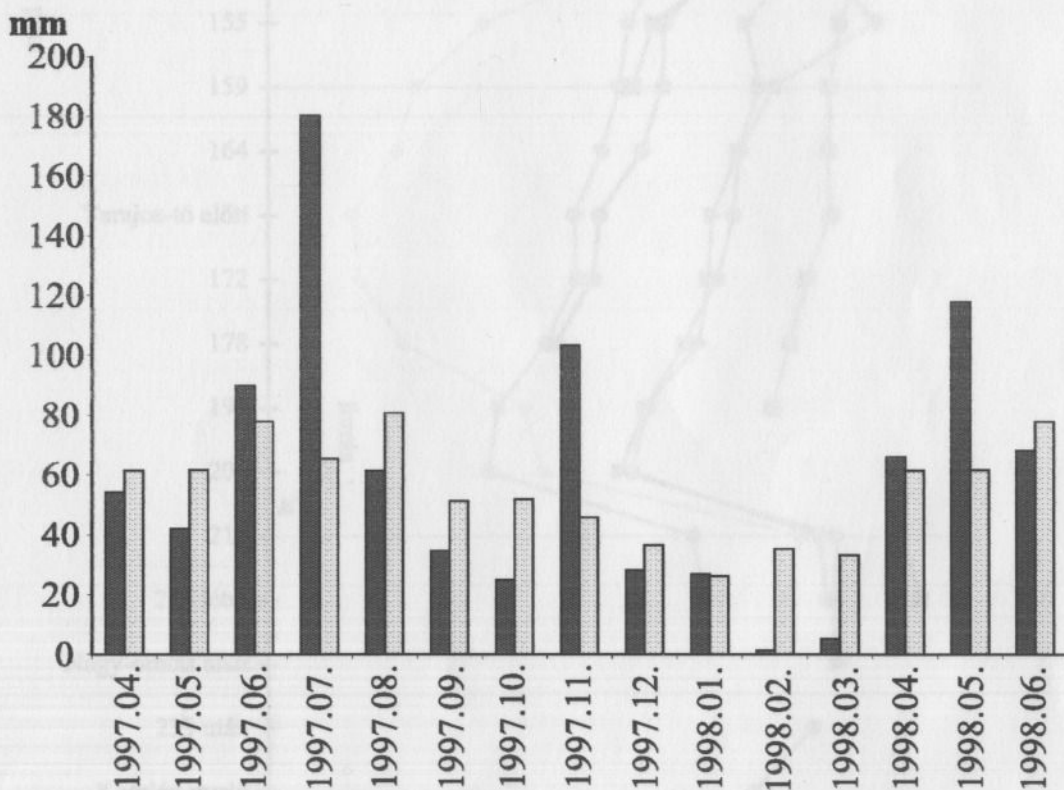


II. tábla



1. ábra. Éves csapadékmennyiség az Aggteleki-karszton – 1988-1997 között – Aggtelek és Jósvalő mérőállomásokon

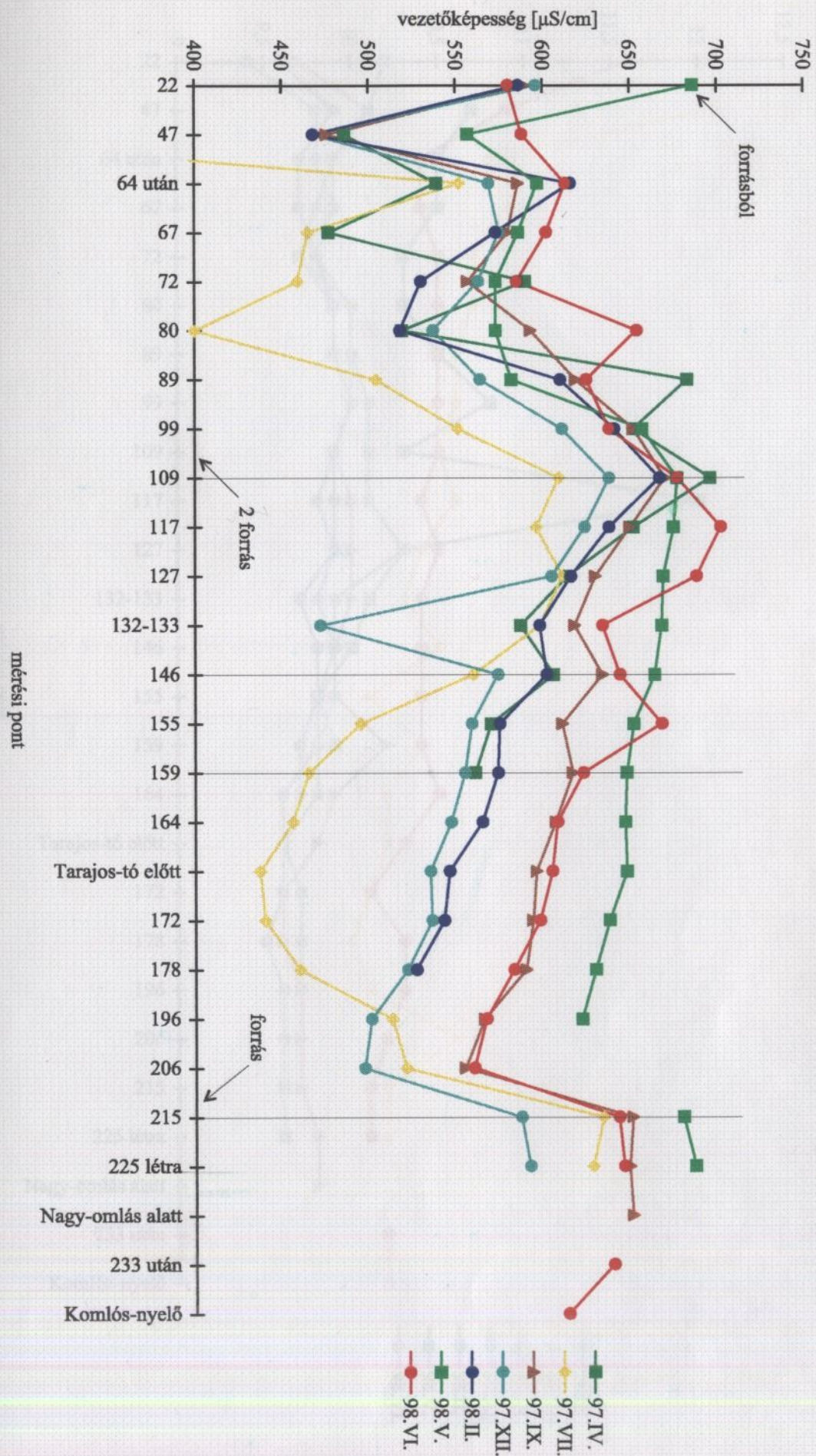
■ Aggtelek □ Jósvalő



2. ábra. A havi csapadékmennyiség az utolsó tíz év azonos havi átlagaihoz viszonyítva 1997 áprilisától 1998 júniusáig

■ Csapadékmennyiség □ Az elmúlt tíz év adott havi csapadékmennyiségének átlaga



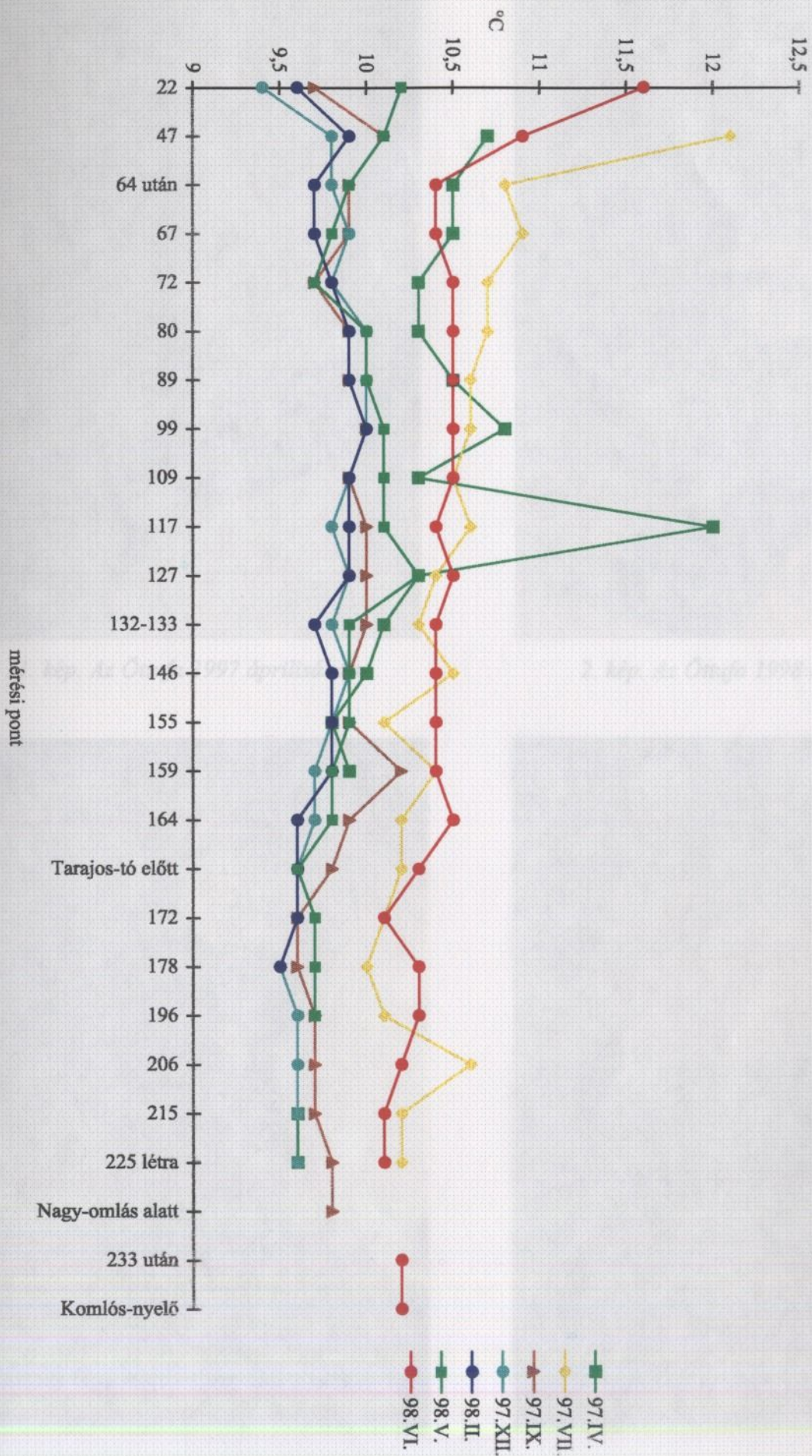


A Béke-barlang vizének vezetőképesség-változása

IV. tábla

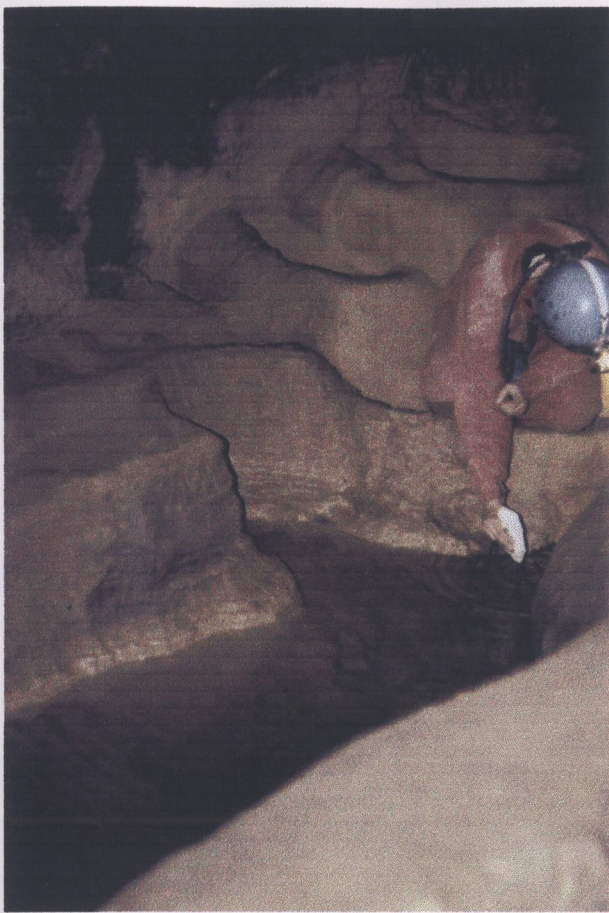


Béke vizének hőmérséklet-változása a különböző évszakokban

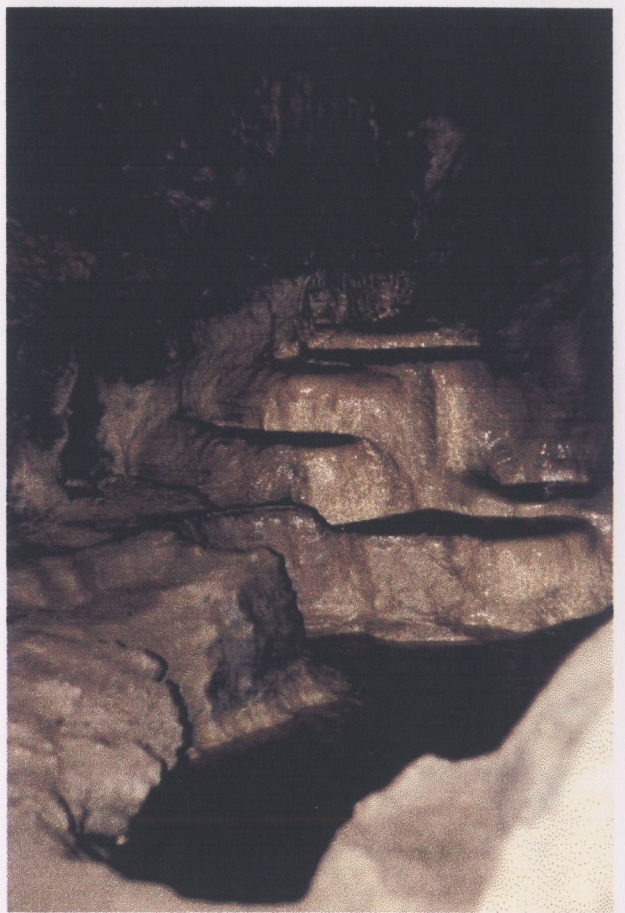


V. tábla

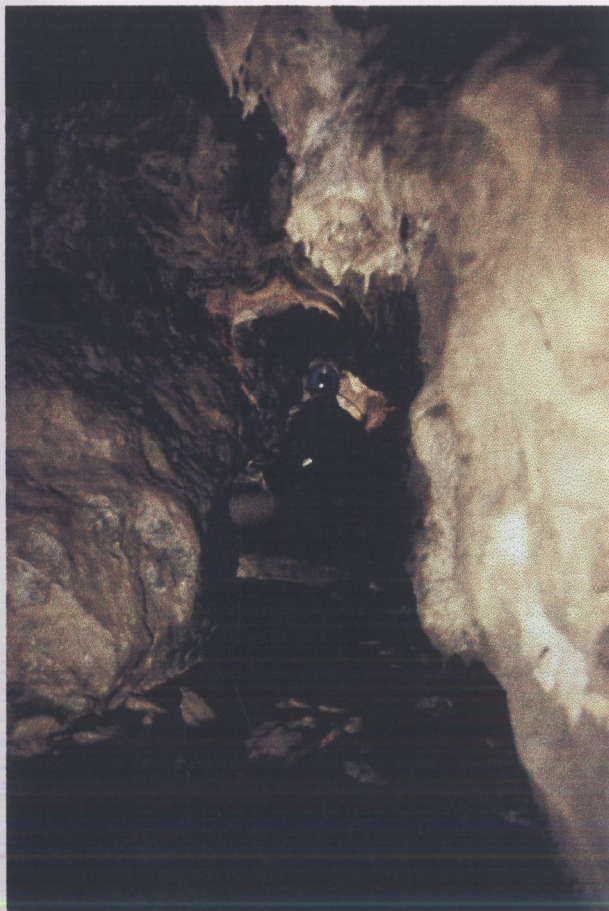




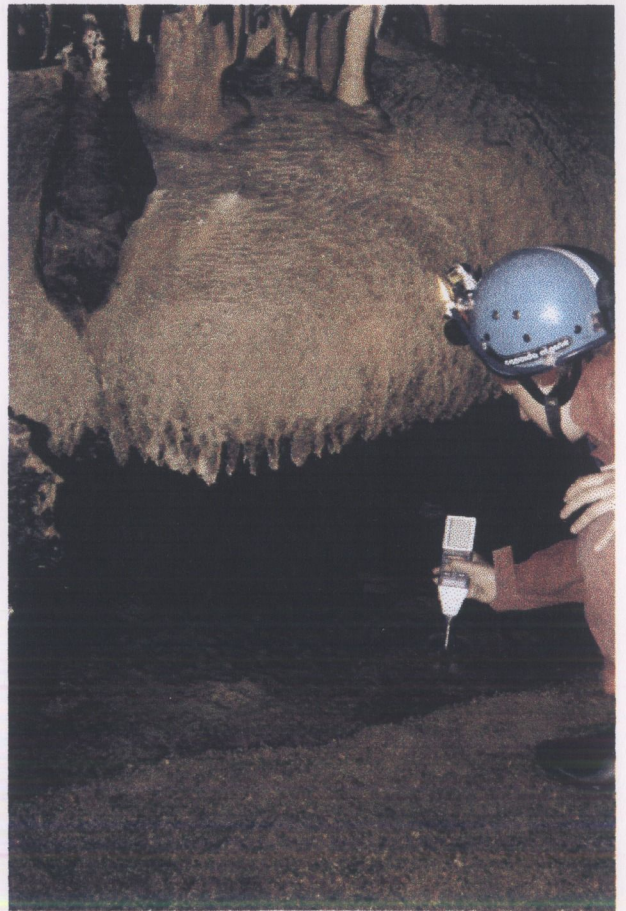
1. kép. Az Öttufa 1997 áprilisában



2. kép. Az Öttufa 1998 áprilisában



3. kép. A Felfedező-ág 1998 májusában



4. kép. A 47-es pontnál 1997 áprilisában