

11

**ÉLETTANI ÉS KLIMATOLÓGIAI
VIZSGÁLATOK A CSERSZEGTOMAJI-
KÚTBARLANGBAN**

**AZ
ÉLETTANI ÉS KLIMATOLÓGIAI MUNKACSOPORT
JELENTÉSE**

1997



A jelentést írták:

Bognár Csaba^{1,5}
Fehér Katalin^{3,10}
Janata Károly^{2,10}
dr. Hakl József⁸
Sásdi László^{6,7,10}
dr. Tóth Judit^{4,9}
dr. Végh Zsolt⁵

Szerkesztette:

Fehér Katalin^{3,10}
Janata Károly^{2,10}

1. ANTEUS Mikrobiológiai Barlangkutató Csoport, Budapest
2. Duna-Ipoly Nemzeti Park Igazgatóság, Budapest
3. Eötvös Loránd Tudományegyetem Természetföldrajzi Tanszék, Budapest
4. Fővárosi Szent János Kórház, Budapest
5. „Johan Béla” Országos Epidemiológiai Központ, Budapest
6. Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest
7. MÁFI Barlangkutató Csoport
8. MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen
9. Magyar Barlangi Mentőszolgálat, Budapest
10. Pagony Barlangkutató Csoport, Budapest



A kötetet a Pagony Barlangkutató Csoport készítette, a Központi Környezetvédelmi Alap támogatásából elnyert eszközökkel.

TARTALOMJEGYZÉK

KUTATÁSI TERV	I.
BEVEZETÉS (<i>Fehér K. - Janata K.</i>)	4
A TÁBOR ÁLTALÁNOS ISMERTETÉSE (<i>Janata K.</i>)	5
FÖLDTANI MEGFIGYELÉSEK A CSERSZEGTOMAJI- KÚTBARLANGBAN ÉS KÖRNYÉKÉN (<i>Sásdi L.</i>)	8
FELTÁRÓ KUTATÁSOK (<i>Fehér K.</i>)	27
A KLÍMAMÉRÉSEK ÁLTALÁNOS ISMERTETÉSE (<i>Fehér K.</i>)	29
A BARLANGI LEVEGŐ EGYES GÁZKOMPONENSEINEK VIZSGÁLATA (<i>dr. Végh Zs.</i>)	36
RADIOMETRIAI VIZSGÁLATOK (<i>dr. Hakl J.</i>)	46
MIKROBIOLÓGAI VIZSGÁLATOK (<i>Bognár Cs.</i>)	66
ÉLETTANI VIZSGÁLATOK (<i>dr. Tóth J.</i>)	76
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS, AZ EXPEDÍCIÓ TÁMOGATÓI, A TÁBOR RÉSZTVEVŐI	98
IRODALOMJEGYZÉK	100



KUTATÁSI TERV

A kutatás helyszíne: Cserszegtomaji-kútbarlang

A kutatás időpontja: 1997. május 23 - június 1.

A kutatás célja: élettani és klimatológiai vizsgálatok, feltáró kutatás

A kutatás vezetője:

Fehér Katalin (klíma, feltáró kutatás)

Erdészeti Tudományos Intézet
Pagony Barlangkutató Csoport

A kutatás irányítói:

Dr. Laczkovits Gabriella (élettan)

Szent János Kórház Szemlő-hegyi
Barlangterápia

ANTEUS Mikrobiológiai
Barlangkutató Csoport

Takács Ferdinánd (feltáró kutatás)

Labirint Barlangkutató Csoport

Janata Károly (táborvezető)

Budapesti Természetvédelmi
Igazgatóság

Bognár Csaba (bakteriológia)

Pagony Barlangkutató Csoport

"Johan Béla" Országos

Közegészségügyi Intézet

ANTEUS Mikrobiológiai

Barlangkutató Csoport

Dr. Hakl József (radiometria)

MTA Atommagkutató Intézet,
Debrecen

Sásdi László (geológia)

Magyar Állami Földtani Intézet

MÁFI Barlangkutató Csoport

Résztevők:

barlang

Balogh Csaba

Micimackó Barlangkutató Csoport

Csizy Álmos

Labirint Barlangkutató Csoport

Fehér Katalin

Pagony Barlangkutató Csoport

Gonda Péter

Bekey Imre Gábor Barlangkutató
Csoport

Gyurin György

Acheron Barlangkutató Szo.

Károlyi Péter

Pagony Barlangkutató Csoport

Kovács József

Vass Imre Barlangkutató Csoport

Magyar Erik

Vass Imre Barlangkutató Csoport

Nemes Balázs

Pagony Barlangkutató Csoport

Zsanda Géza

Acheron Barlangkutató Szo.

Kátay Levente Pagony Barlangkutató Csoport

elszínBalta Virág
Bognár CsabaVass Imre Barlangkutató Csoport
Anteusz Bakteriológiai Barlangkutató
Cs.Janata Károly
Dr. Laczkovits GabriellaPagony Barlangkutató Csoport
Anteusz Bakteriológiai Barlangkutató
Cs.Magyar Zsolt
Nagy ZsuzsannaVass Imre Barlangkutató Csoport
Anteusz Bakteriológiai Barlangkutató
Cs.Sásdi László
Kis PéterMÁFI Barlangkutató Csoport
Diogenesz Barlangkutató CsoportTakács Ferdinánd
+3-4 fő (személyük változhat még)

Labirint Barlangkutató Csoport

A Keszthelyi-hegység pereme Keszthely és Hévíz között Cserszegtomaj község temetőjében 53 m mélységben nyílik a Cserszegtomaji-kútbarlang. Magyarországon egyedülálló barlang vizsgálatát folytatjuk 10 napos tábor keretében. A több szakterületet, szakembert összefogó kutatás célja ennek a geológiai ritkaságnak a megismerése, minél alaposabb kutatása, amely lehetővé teszi minél alaposabb védelmének, esetleges terápiás felhasználásának megalapozását.

Kutatási tervünket az 1996. április 28. és május 5. között lebonyolított hasonló témájú tábor tapasztalataira alapozva állítottuk össze. A kapott adatok feldolgozása közben felmerült további problémák megoldása, illetve a nyert adatok megerősítése szükségessé teszi a kutatás folytatását. Jónéhány 1996-ra tervezett vizsgálatot részben technikai okok miatt, részben pedig a kedvezőtlen időjárási viszonyok miatt nem tudtunk elvégezni. A barlang jelentős területén tapasztalt magas széndioxid koncentráció miatt feltáró és dokumentációs munkáink sem jártak a várt eredménnyel.

Fenti okok miatt, az 1996. évi kutatási terv végrehajtásának megismétlésére készülünk az alábbi kiegészítésekkel (az összehasonlíthatóság érdekében törekszünk arra, hogy a lenttartózkodó résztvevők személye változatlan maradjon):

Klimatológiai vizsgálatok:

- A barlangban mért klíma-adatok értékelése és összehasonlíthatósága céljából a következő meteorológiai paraméterek rögzítését tervezzük: hőmérséklet, páratartalom, légnyomás, szélereősség.

- A barlang kút aljában lévő bejáratánál a méréseket folyamatos műszerek felhasználásával tervezzük, a vizsgált klímaelemek: hőmérséklet, páratartalom, légnyomás, légáramlás erőssége és iránya, széndioxid-koncentráció.
- A barlang több pontjáról levegőmintát veszünk, helyszíni elemzés céljára.

Radiometriai vizsgálatok:

- A terepi vizsgálatok helyett a barlang különböző pontjairól begyűjtött kőzetmintákon laboratóriumi 8196 csatornás, félvezető detektoros berendezéssel végezzük a gamma-spektrometriás méréseket.
- A barlang több pontján folyamatos Rn-222-koncentráció mérést végzünk.
- A táborhelyen radon-termék mérést végzünk.

Élettani vizsgálatok:

- A barlangban dolgozó személyzet fiziológiai terhelésének vizsgálatát az alábbiakkal egészítjük ki: vérgázanalízis, elektrokardiográfiás vizsgálat, vizeletvizsgálat, a reflexvizsgálatok kiterjesztése a tábort megelőző és az azt követő hétre, hasonlóan a tüdőkapacitás méréséhez.

Mikrobiológiai vizsgálatok:

- A résztvevők baktérium-flórájának vizsgálata során szükségtelen a széketvizsgálat megismétlése, viszont a jóval informatívabbnak bizonyult orr- és torokváladék vizsgálatokat kiterjesztjük.
- A barlangi légtér vizsgálatát az 1996-ban eredményesen alkalmazott módszerekkel, sűrűbb mintavétellel végezzük, kiegészítve mikológiai vizsgálatokkal.

Geológiai vizsgálatok:

- Két kutatóakna ásása a dolomitporban - ép főtéjű teremben közepén és oldalfal mentén - mintavétellel. Ezzel makroszkóposan meghatározhatjuk a dolomitpor szerkezetét, s a szálkőtalp elérése is várható. Laboratóriumi vizsgálattal a dolomitpor kémiai, ásványtani, szemcseeloszlási összetételét állapítjuk meg. Az adatokból a barlang keletkezésére és a dolomitpor keletkezésének helyére vonatkozóan vonhatunk le következtetéseket.
- A barlangban ismert tölcsérek feltehetően a dolomitpor mélybejutási pontjai - egykori vízfeltörési pontok - lehetnek. Legalább egy helyen szükség van egy ilyen tölcsér anyagának kitermelésére, szerencsés esetben alsóbb, esetleg aktív vizes szint feltárása lesz eredmény.
- Tektonikai vizsgálatok során szükséges felmérni a barlang egy részén a homokkő főtében észlelhető tektonikai irányokat, az esetleg bennük előforduló ásványi kitöltésekkel. E felméréssel elkülöníthetők lesznek a barlangképződés előtti és utáni tektonikai irányok, a megelőzők további kutatási irány jelölhetik ki.

- Mintavétel kémiai, röntgen és szemcseeloszlás, valamint mikromineralógiai vizsgálatok végzéséhez a barlangi kitöltésekből (vörös agyag, kaolin, ásványos kiválások).

Feltáró kutatások:

- A feltáró kutatásokat a folyamatos kutatási engedéllyel rendelkező Labirint Barlangkutató Csoport irányításával végezzük.

- Tervezzük az 1996-ban megközelíthetetlen járatrendszer átvizsgálását, a térkép pontosítását, az ekkor ígéretesnek mutakozó végpontok tovább bontását, kézi eszközökkel, a Lovassy-terem zónájában vésőgép segítségével.

A tábor lebonyolításában - a 1996-os példát követve - maximálisan szem előtt tartjuk az élet-, természet- és barlangvédelmi szempontokat.

Budapest, 1997. január 20.

Fehér Katalin
kutatásvezető

BEVEZETÉS

Az 1996 tavaszán, a Cserszegtomaji-kútbarlangban sikeresen lezajlott expedíciónkat 1997-ben megismételtük. Ez évi kutatásainkra részben az 1996-ban kapott mérési adatok megerősítése céljából volt szükség, de módunkban állt elvégezni néhány olyan vizsgálatot is, amelyre előzőleg nem volt lehetőségünk. A két évi munka során kialakult az a csoport, amely - barlangászokat és a föld alatti világ rejtelseit vizsgáló kutatókat összefogva a közös cél érdekében - „Élettani és klimatológiai Munkacsoport” néven szignálja a jelentést.

E munka elsősorban az 1997-ben kapott adatok feldolgozását és értékelését tartalmazza, de ahol szükséges, vagy lehetséges, ott a két év adatsorát együtt vizsgáltuk.

A kutatás célja elsősorban az emberi szervezet által a szélsőséges környezeti hatásokra adott fiziológiai reakciók vizsgálata és értelmezése volt. Az élettani vizsgálatok megalapozásaként megkíséreltük „számszerűsíteni” azokat a hatásokat, amelyek a barlangi környezetet szélsőségessé teszik, azaz mértük a klimatikus paramétereket, a barlangi levegőben jelenlévő egyes gázkomponensek mennyiségét, a radon-sugárterhelést, valamint mikrobiológiai mintavételeket végeztünk. Ezek a kiegészítő vizsgálatok azonban átfogó képet nyújtanak a természetvédelmi és speleológiai szempontból kiemelkedő jelentőségű, fokozottan védett barlangról is, ezért kézenfekvő volt, hogy kutatásainkat barlangfeltáró munkával és - a tágabb környezetet is érintő - geológiai megfigyelésekkel egészítsük ki.

Az expedícióban tehát egymástól meglehetősen távoli diszciplínák képviselői működtek együtt. Erre való tekintettel a közös publikációnak nem lehet része közös összefoglalás, bár néhány ponton érdekes kapcsolódásokra bukkantunk. Az egyes szakterületekről szóló beszámolók tartalmazzák az eredményeket, a következtetéseket. A szerkesztés így inkább csupán a kutatási témák egymásutánját határozta meg, természetesen ezt nem jelentőségük, hanem a logika, a tudományok egymásra épülése alapján.

A kutatómunka sem a Cserszegtomaji-kútbarlang klimatikus sajátosságait, sem pedig a speleofiziológiai ismereteket tekintve nem zárult le. Egyes részletek értékelésében még vitatkozunk egymással, így bizonyos témák az egymás után következő cikkekben újra napirendre kerülnek. A fentiek ellenére hasznosnak találtuk az eddigi eredmények, a felmerült kérdések, ellentmondások közreadását.

A TÁBOR ÁLTALÁNOS ISMERTETÉSE

A megelőző vizsgálatok hetekkel az akció megkezdése előtt megindultak. Az orvosi vizsgálatok alanyai május 19-től vetették alá különböző méréseknek. A klimatológiai mérések alapját képező automata detektorok és az adatgyűjtő május 19-én került le a barlangba. A barlangi tábor május 24-én költözött le és május 31-én települt ki. Ezután még egy hétig folytak a befejező mérések.

A felszíni tábort egy, a kútbarlangtól kb. 150 m-re álló épületben helyeztük el. A résztvevők szállása, a konyha és a raktár mellett itt kapott helyet a bakteriológiai laboratórium és a RADELKIS vérgázanalizátor is.

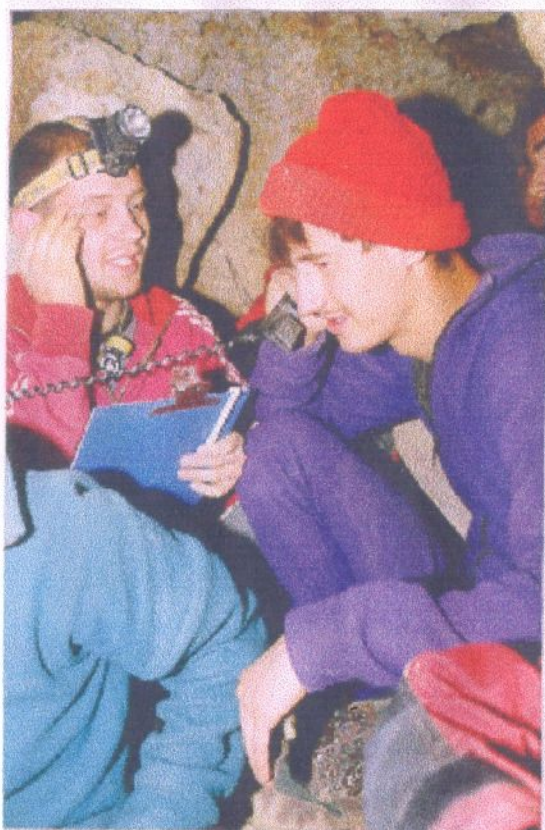
A kút fölé, a felszíni ügyelet elhelyezésére sátrat emeltünk, mellette települt a környezetvédelmi mérőkocsi. A barlangi tábor, a kútalja, felszíni ügyelet és a felszíni tábor között telefonkapcsolatot építettünk ki. A szinte folyamatosan jelentkező ki- és leszállítási feladatok biztonságos ellátására a kútra kötélcsigas fix állást építettünk.

A barlangi tábor a Lovassy-teremben települt. A nagyrészt szűk, labirintusos járatokból álló barlang nagy, több ember elhelyezésére alkalmas termei közül ez az egyetlen, amelyben alacsony légnyomás mellett is lehetőség van hosszabb tartózkodásra: a széndioxid-koncentráció itt általában kisebb, mint a „Nagy termék zónájában”. Közel van a barlang bejáratához, ami megkönnyíti az ellátást és a vizsgálati anyagok gyors felszínre szállítását, de a terem klímája már reprezentálja a barlangi légteret.

A terem oldalfülkéiben és az innen kiágazó járatok elejében voltak a hálóhelyek, a tábort a Kútaljához nyugatról csatlakozó oldaljáratban kialakított mosdó és wc egészítette ki. Itt volt a kijelölt dohányzóhely is, így a lent tartózkodók élete, pihenése a Kútalja köré szerveződött.

Az ellátást részben saját főzéssel, részben a helyi általános iskola konyhájáról oldottuk meg. Törekedtünk arra, hogy a barlangban ne maradjon élelmiszer, az ételmaradékokat (valamint a vizeletet, a székletet és az elhasznált mosdóvizet) naponta a felszínre szállítottuk.

*A felszíni ügyelet és a mérőkocsi
a kútbarlang bejáratánál*



Folyamatos a telefonkapcsolat a felszínnel



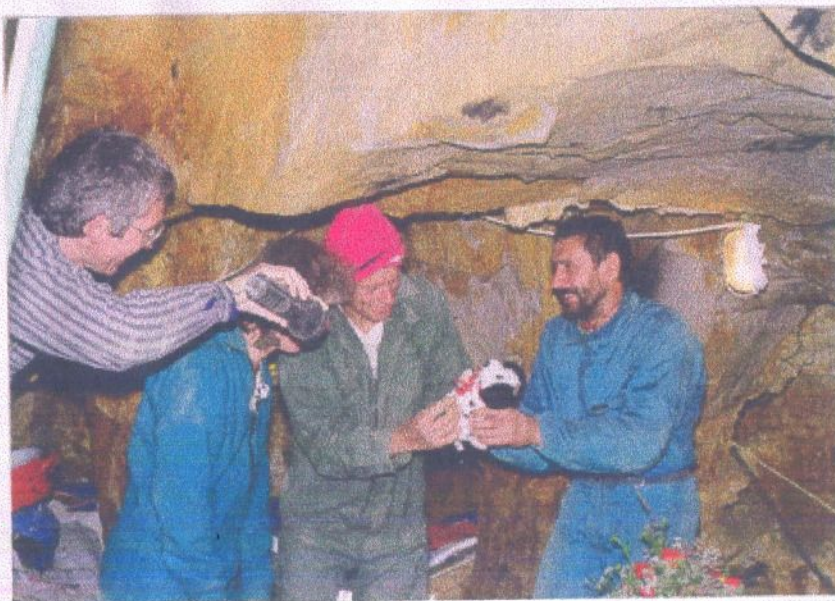
Letelepüléshez készül az expedíció

Születésnapot ünneplünk a barlangi táborban



Mindenki megkapja azt, amire vágyik ...

José guminót ...



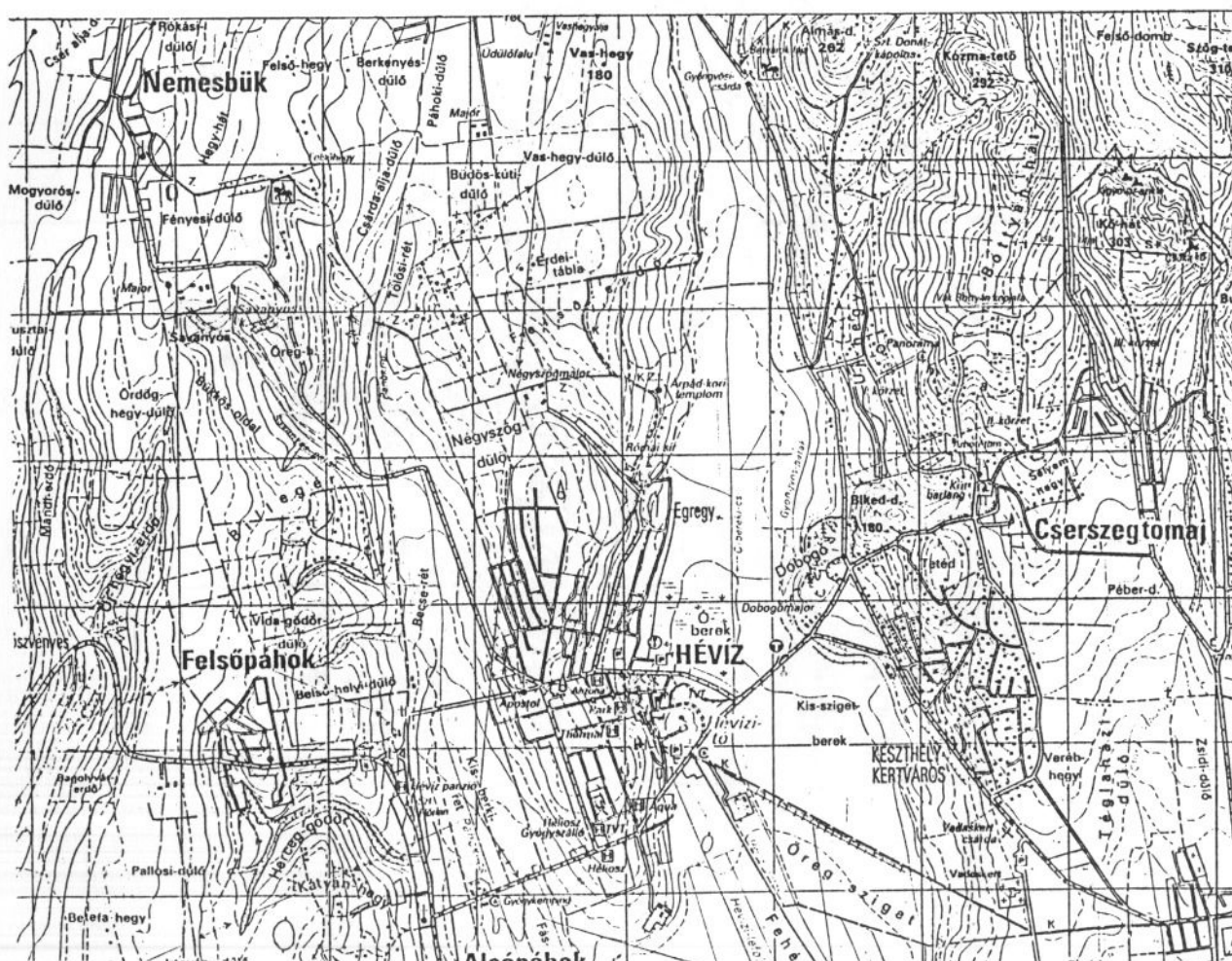
Kati „kankutyát”

FÖLDTANI MEGFIGYELÉSEK A CSERSZEGTOMAJI-KÚTBARLANGBAN ÉS KÖRNYÉKÉN

1. A BARLANG ELHELYEZKEDÉSE

A Cserszegtomaji-kútbarlang a Bakony Ny-i végét jelentő Keszthelyi-hegység DNy-i lejtőjén helyezkedik el (1.ábra). Bejárata Cserszegtomaj temetőjének sarkában 178 m tszf. magasságban nyílik (irodalmi adatok alapján - KÁRPÁT J. 1982., 1983. - 182 m tszf). A barlang tényleges bejárata a feltáró kútban 51 m mélységben található, 127 m tszf. magasságban.

Cserszegtomaj környezetének topográfiai térképe
M = 1 : 40000



1.ábra

2. KUTATÁSTÖRTÉNET

A barlangot 1930-ban fedezték fel, kútásás során. Első leírásait ROZLOZSNYIK PÁL (1931), és DARNAY BÉLA (1934) készítette, az akkor ismert szakaszokat SZENTES GYÖRGY mérte fel (1947). Újabb kutatásokat LEÉL-ÖSSY SÁNDOR végzett benne 1951-ben (1953). A felfedezést követő első jelentősebb feltárás a Toldy barlangkutató csoport nevéhez fűződik, akik 1965-ben kb. 250 m járatot tárnak fel. Újabb eredmények csak a 80-as évek elején születtek, amikor az Acheron barlangkutató csoport térképezése után a járatok összhossza 1400 m (1983). Az újabb kutató munka eredményeként a barlang jelenlegi hossza már kb. 2400 m (2. ábra).

A Cserszegtomaji Kút-barlang vázlatos térképe



2. ábra

A barlang tágabb környezetének geológiai és hidrológiai feldolgozását BÓNH PÉTER tette közzé (1979), mely publikáció a későbbi munkákhoz is alaplámként szolgál. A hegység legújabb geológiai térképe 1983-ban jelent meg.

A rendszer részletes leírását KÁRPÁT JÓZSEF (1981, 1983) végezte el, akkori megállapításainak jelentős része ma is helytálló.

A Keszthelyi-hegység karsztjának fejlődését CSILLAG GÁBOR és NÁDOR ANNAMÁRIA dolgozta fel vázlatosan (1995).

3. FÖLDTANI FELÉPÍTÉS

Triász

A barlang környezetében előforduló legidősebb kőzet a felső-triász nóri időszaki földolomit (3. ábra). Felszínen a közeli Biked-tetőn és a Dobogó-major mellett ismert, ahol számos kis kőfejtő tárja fel. Nagyobb felszínt a barlangtól É-ra alkot (Bottyánhát). Felszín alatt a fiatalabb üledékek fekéjeként a hegység környezetében mindenütt előfordul, amit a számos pirit - és szerkezetkutató fúrás, pirit kutató vágatok, és a barlang feltárásai igazolnak. A dolomit általában fehér, sokszor sárgás, vagy világos szürke színű. Vékony réteges és vastagpados változat egyaránt előfordul. Egyes rétegekben kis lyukak utalnak a már kioldódott mészalgákra (Dobogó). Cserszegtomaj környékéről ősmaradványként *Megalodus seccoi*, *M. kozruesi rofoladaus*, *Dicerocardium curinoii* fajok kerültek elő. A faciológiai vizsgálatok alapján a dolomit sekély, nyílt, meleg (20-22 °C), partoktól távoli tengervízű keletkezésű. Kémiai elemzések alapján a kőzet típusos dolomitnak tekinthető (Bonh P. 1979).

A területen a júra-oligocén időszaki képződmények hiányoznak.

Miocén

Cserszegtomaj K-i szélén a „Koponár” és „Pajtika” nevű területeken, egykori töbrökben, kaolinos agyag található (CSILLAG P. 1959, BÁRDOSSY 1961), melynek nagy részét tűzálló agyagként kibányásztak. Az anyagból előkerült nannoplankton eocén-oligocén időszaki áthalmazott (kissé koptatott) egyedei alkotják, így az agyagüledék áthalmazódása, töbröbe kerülése a miocén időszak elejére tehető (BONH 1979).

Az agyag négy típusa ismert:

1. világossárga tűzálló agyag
2. okkersárga kaolinites agyag

3. fehér kaolinites agyag
4. lilászörös kaolinites agyag

Az elemzések szerint alumínium tartalma jelentős, emiatt eleinte bauxitként vették számításba.

A barlangban a Kút-kuszodában ismert okkersárga agyag. Elemzések híján is joggal feltételezhetjük, hogy szintén tűzálló agyag, jelenléte az egykori miocén karsztfelszín itteni megmaradására utal.

Pannon

A mollusca faunával igazolt korú pannon időszak üledékek alapját általában dolomitgörgeteges dolomitliszt jelenti, előfordulása nem igazolható mindenütt (pl. Kút-barlang). Egyik szép előfordulását a környéken a Dobogó-major mellett ismerjük, ahol 28 cm átmérőjű dolomitkavics is található. Apróbb kavicsok a Bikedomb K-i részén általánosak. A barlangban az üledéksorozat bázisát a Szürke-termi feltárás alapján kovásodott homokkő, helyenként dolomittörmelék és sejtes homokkő, agyag és kovás homokkő rétegek alkotják. A dolomittörmelék jelentős része kioldódott.

A vizsgálatok alapján a homokkő összlet helyenként néhány százalék piritet is tartalmaz, melynek mennyisége a műre való értéket nem éri el.

A rétegekből előkerült ősmaradványok alapján az összlet anyaga általános sótartalom csökkenés mellett ülepedett le (BONH 1979).

Pleisztocén

A jégkori üledékeket elsősorban folyóvízi homok képviseli. Ebből Coelodonta és Mamut maradványok kerültek elő. Helyenként lösz is előfordul (BONH 1979).

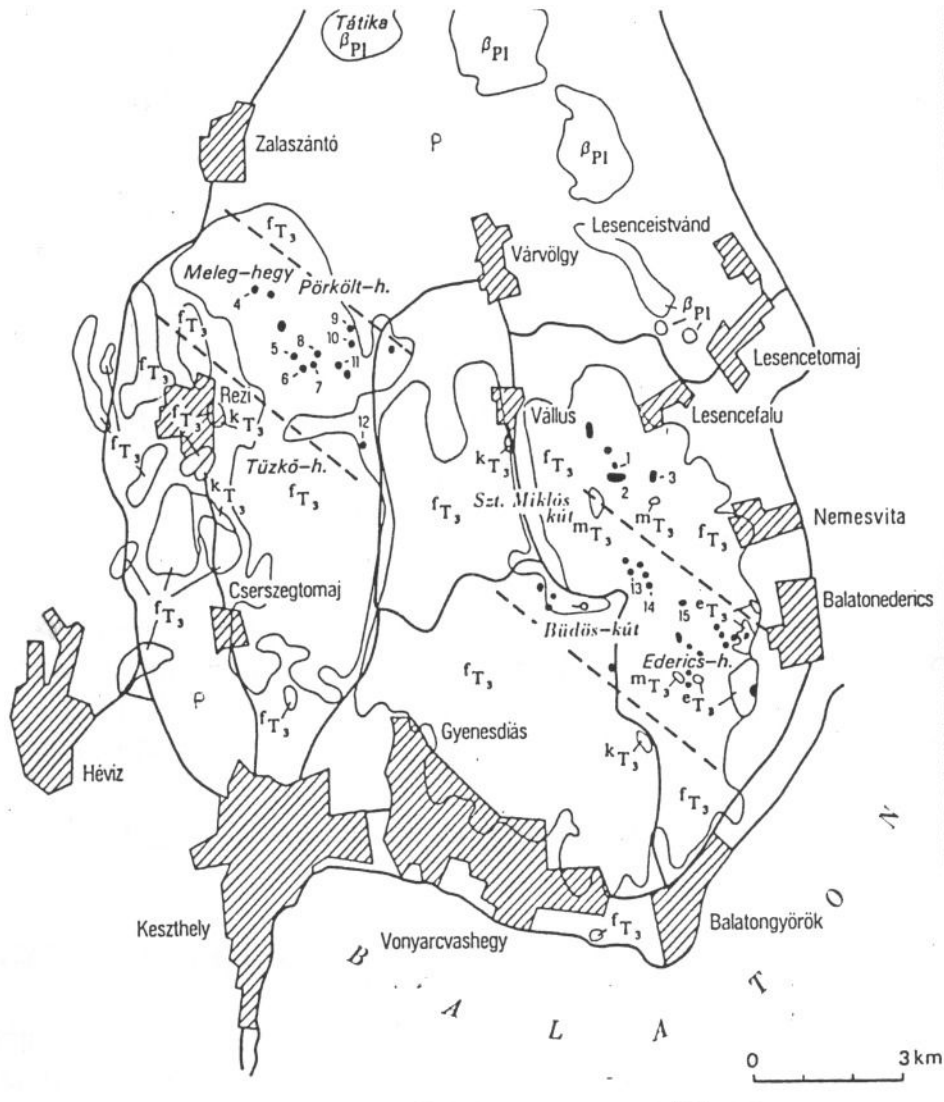
Tektonikai viszonyok

A dolomitban mért litoklázisok csapásirányai (BONH 1979) az alábbiak szerint oszlanak meg:

É-D: 23.6 %, ÉK-DNy: 28.2 %, K-Ny: 23.0 %, ÉK-DNy: 25.2 %

A Keszthelyi-hegységre általában az É-D irányú nagyszerkezeti vonalak jellemzőek, melyekre a hegységet átszelő folyóvölgyek utalnak.

A Keszthelyi-hegység vázlatos földtani térképe



1. β_{P1} 2. ρ 3. k_{T3} 4. f_{T3} 5. e_{T3} 6. m_{T3} 7. ● 8. //

Jelmagyarázat:

1. Pannon bazalt 2. Agyagos-homokos összlet 3. Triász tüzköves dolomit és kösszeni rétegek 4. Földolomit 5. Edericsi mészkő 6. Márga és mészkő 7. Hévízes eredetű kalcitosodott dolomit 8. Kalcitosodott dolomit elterjedési zónája

3. ábra

A vetők mentén jelentős elmozdulások mutathatók ki, amit a dolomitfelszínnek területegységenkénti különbsége mutat. Az egységek területe néhány hektár és több km² közötti. A mozgások fiatal voltára utal, hogy a bányák feltárásai alapján a kiemelkedő sasbércek dolomitja magával rántotta az egyébként vízszintes településű pannon rétegeket, melyek most néhol 50-60 fok meredekségűek.

A homokkövet érintő, kis jelentőségű fiatal törésvonal ill. zóna a barlangban is kimutatható (pl. Lovassy-terem).

5. HIDROLÓGIAI VISZONYOK

A Keszthelyi-hegység és így a barlang környezete is a Dunántúli-középhegység hatalmas karsztvízrendszeréhez tartozik. A terület legjelentősebb karsztvíz-tároló képződménye a felső-triász dolomit, a benne tárolt víz legjelentősebb megcsapolási pontja a közelben 109 m tszf. magasságban fakadó, melegvizű hévizi Tó-forrás. Kisebb hozamú karsztforrások a Keszthelyi-hegység más peremi pontjain is fakadnak, ezeknek a szerepe alárendelt.

A Kút-barlangot feltáró 63.8 m talpmélységű kút a karsztvizet 117 m tszf. magasságban érte el (vonatkozó adatok eltérőek, ezért mai adatokból rekonstruálva), a közeli Acheron kút-barlangot feltáró 113 m tszf. magasságban. Ma már egyikben sincs víz a környék mesterséges karsztvíz-kitermelésének (Hévíz, Dobogó-majori vízmű) köszönhetően.

Jelentéktelen rétegvíz előfordulások a pannon üledék laza homokrétegeiben ismertek.

6. KARSZTOSODÁSI, ÜREG-KIALAKULÁSI FÁZISOK

A hegység felszínén a triász kőzeteknél fiatalabb mezozoós kőzetet nem ismerünk. Ez a Bakony földtani felépítését ismerve valószínűleg kréta, vagy fiatalabb időszaki lepusztulás eredménye, hiszen a hegységben általában folyamatos üledéksor keletkezett, melynek képződése a krétában szakadt meg. A felső-kréta idején a Bakonyban általában kimutatható karsztos lepusztulás, melynek során hatalmas töbrök alakultak ki, ezekben áthalmazott bauxit maradt meg. A Keszthelyi-hegységben nem ismerünk bauxitot, ez vagy lepusztult a karsztformákkal együtt, vagy erre a területre nem történt áthalmazás.

A Cserszegtomaj környékén ismert hatalmas töbrök - melyek a miocén időszakban áthalmazott tűzálló agyagot tartalmazzák - a bennük levő üledék áthalmazott, eocén oligocén időszaki ősmaradványtartalma alapján az oligocén végén, vagy a miocénben keletkeztek. A töbrök átmérője 10-50 m, mélységük 10-60 m közötti, de a hegységtől É-ra 100 m mélységű is található. Az eddigi vizsgálatok alapján

(CSILLAGNÉ 1959) a töbrök tektonikai irányokhoz kötöttek. A közreadott vázlaton olyan töbrök is vannak, melyek semmiféle irányhoz nem kötöttek, így nem egyértelmű a tektonikai preformáltság. Ez egyébként más karszterületen is megfigyelhető, számos olyan egyedi, vagy sortöbrör ismert, melyek kimutatható tektonikai elemtől mentes területen keletkeztek.

Töbrök jelenleg csak a koponári és pajtikai területen ismertek, azonban szórványos okker előfordulás és a későbbi pannon agyagok igen magas alumínium tartalma alapján (BONH 1979) nagyobb területen volt egykor, ahonnan a pannon második felében pusztult le. Erre a későbbi pusztulásra utal az is, hogy az egykori töbrönyergeket már nem mindenütt találjuk meg.

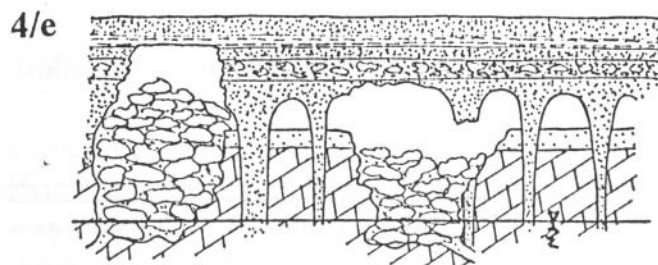
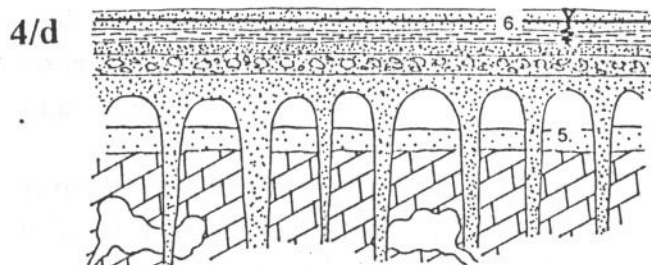
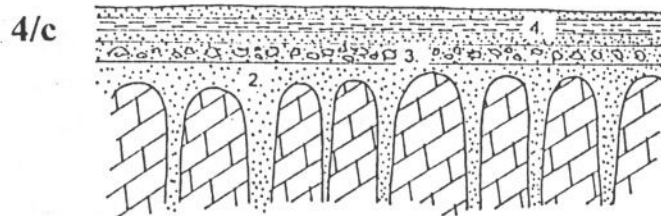
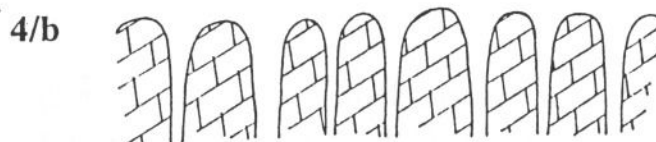
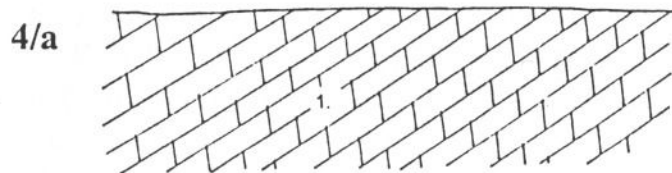
6.1. Miocén-pannon idősarki őskarszt

A miocén fiatalabb szakaszában és a pannon elején tovább folyt a lepusztulás (4/a-b. ábra) Feltehetően ekkor keletkezett az az igen tagolt térszín, mely a Kút-barlangban nyomon követhető. A lepusztulás folyamán igen sűrű dolomit borda rendszer alakult ki, a bordák között pedig tölcsérek, melyek a karrbarázdához hasonló keletkezésű függőleges csövekben folytatódnak. Ezek sűrűn találhatók meg, oldalfalaik egymástól való távolsága néha a 10 cm-t sem éri el, a csövek átmérője néhol meghaladja a 2 m-t. A Lovassy-teremben egykor átlukadt nyelőlyukak is láthatók. A nyelők mélysége ismeretlen, a Helikon-termi mérési lehetőségek alapján a beszakadásban a homokkő oszlop 3.5 m-nél mélyebben nyúlik le (5. ábra). Miután alsó záródási pontjuk feltárás hiányában nem ismert, nem dönthető el, hogy milyen karsztfórmákról van szó; forrástölcsérekről (Szentés) igen meredek falu fejletlen töbrökről, nyelőkről, vagy még szakmailag névvel nem ellátott karrcsövekről. A csövek a mai kritériumok alapján mindenképpen barlang méretűek voltak, mennyiségük csak a barlang területén is néhány száz...!

A tölcsérek és csövek elhelyezkedése a jelenlegi térkép alapján nem derül ki, ehhez mindenképpen megfelelőbb méretarányú térképezésre lenne szükség. Számos oszlop ekkor sem kerülne fel, mert későbbi omlások miatt eltűntek, esetleg már csak csonkjaik vannak meg.

Az egykori felszíni formakincs némileg hasonlíthatott a mai trópusi, vagy őserdő mészkőkarsztok formakincséhez. A különbséget az ottani éles, tarajos formákkal szemben az itteni legömbölyített borda tető jelenti, ami feltehetően a dolomit sajátossága. A bordák tetején helyenként megfigyelhető a dolomit fellazulások aprózódása, ez azonban nem általános jelenség. A bordakarszt kiterjedésére vonatkozóan semmi támpontunk nincs. Kb. 750 m-re az Acheron Kút-barlangban egyértelműen sík dolomit felszín ismert, a piritbánya és a fúrások feltárásai nem adat értékűek ebből a szempontból.

A Cserszegtomaji Kút-barlang és környezetének fejlődéstörténete



Jelmagyarázat:

1. Triász dolomit 2. Pannon kovás homokkő 3. Dolomittörmelékes homokkő
4. Agyag 5. Dolomit por 6. Karsztvíz szintje

4. ábra

A terepi (ősi töbrök) és a barlangi morfológiai megfigyelések alapján a dolomit oldásformái kemény dolomit felszín hoztak létre, tehát a dolomit porlódási folyamata mindenképpen az eltemetődést követő folyamat volt. A kemény felszín kialakulása feltehetően a meleg éghajlat következménye, melegebb vízben a dolomit jobban oldódik (JAKUCS 1971) így nem jön létre porlódás. Az aprózódás kis foka fagyhiányt, kis mértékű inszolációs hatást tükröz. Kérdés, hogy a pannon elején a trópusi éghajlat uralkodott-e, vagy nem. Amennyiben nem, úgy a formakincs kialakulása inkább a miocén időszakra tehető, s a nem uralkodó jelenségnek számító aprózódási törmelék utal a kezdődő éghajlatváltozásra, az időjárás hűvösebbre fordulására.

A kutatások és az eddigi irodalmi adatok alapján a területet a pannon második felében érte el a tenger a hegyvidéki terület süllyedése következtében. Ekkor agyagos homokos apró kavicsos üledék fedte be az idősebb kőzeteket és üledékeket, a víz a fauna alapján csökkenő sótartalmú volt (BONH 1979).

A karros felszín mélyedéseit finomszemű homok töltötte ki (4/c. ábra), melyből a leírások alapján számos páfrány került elő. A növények nagyon sűrű előfordulása újabb következtetésekre adott lehetőséget. Feltűnő, hogy a néha 2 m-es hosszúságot is elérő növények általában álló helyzetben találhatók, s a lenyomatok alapján betemetődéskor ráhajoltak az egykori dolomit borda falára. Eszerint ezek a növények nem szállítás útján kerültek ide, hanem a fokozatosan feltöltődő mélyedések homokjában, a bordák közötti árkok és csövek mélyedéseiben éltek. A homokkővet laza homok fedi be, s az érintkezési felszínen néhol a növénymaradványok hirtelen, lenyesődve végződnek. Eszerint a rétegváltás egyben lepusztulási felszín is. Nem tudni mikori, erre csak a folyamatban levő ősmaradvány-vizsgálatok adhatnak választ.

A pannon további részében a terület egyre vastagabb fedőüledékkel takaródott be, s megteremtődött a fedett, nyomás alatti mélykarsztban az üregesedés lehetősége. Ezt a homokkő kovásodása megelőzte, a kőzetté szilárdulás mindenképpen előfeltétele volt a későbbi üregek megmaradásának.

6.2. Pleisztocén holocén karsztosodás

A pleisztocén kezdetére az alaphegységi kőzeteket eltérő vastagságú üledékösszlet fedte be. A kezdődő kiemelkedés mellett megindult az üledéktakaró lepusztulása, a kibukkanó dolomitfoltok pedig kezdetben egy-egy karsztforrás helyét jelölték ki. A forrásfakadási pontok az emelkedés ütemében egyre lejjebb kerültek, míg elérték a mai szintet. Ezek helyét egykori barlangok bejáratai (Rezi Vár-hegy), ásványos kiválások (Biked), illetve kalcitos dolomit-breccsa padok (GYALOG-BUDAI 1985) jelzik.

Az üregesedéssel feltehetően egykorú a dolomit regionális oldódása során létrejött porlódás. A fúrások és bányavágatok tapasztalatai alapján a pannon triász réteghatáron ez általános. A kőfejtők tanúsága szerint a porlódás nem zónához kötött, helyenként megfigyelhető, hogy egyes rétegek porlódtak, az alattuk és/vagy felettük levők nem. Ez a jelenség nagyban befolyásolja a dolomitban kialakult üregek stabilitási viszonyait.

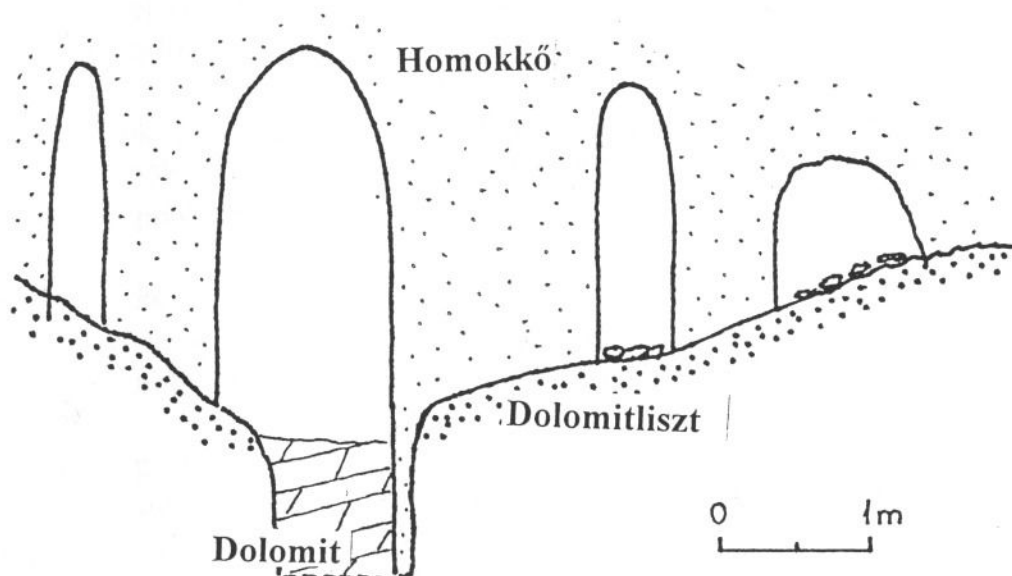
Az egykor forrásbarlangként leírt Kút-barlang kialakulásának körülményeit - víz-gáz - nehéz megállapítani. Helyzete alapján a forrásbarlang minősítés mindenképpen elvethető. A keveredési korrózió a pleisztocén elején nem állhatott fenn, hiszen közeli hideg beáramlás a fedettség miatt nem képzelhető el, így csak langyos áramlás történt. Hideg víz áramlására csak a pleisztocén végén volt alkalom, amikor már nagyobb területek szabadultak ki az üledéktakaró alól s váltak vízutánpótlási területté, s a karsztvízszint a homokkő-dolomit határ alá került. ÉNy felé található az Acheron-kútbarlang, melynek szerény keresztmetszvény méretei a keveredési korrózió jelentős hatását ugyancsak nem erősítik meg. A VITUKI munkái alapján Hévíz térségében egy ÉNy-DK irányú törés ismert, ettől Ny-ra meleg, K-re hideg víz található. Ennek a törésnek a vonalában fakad a hévizi Tó-forrás, melyben kimutatták a hideg és meleg víz külön fakadási pontjait.

Feltűnő, hogy a Kút-barlang járatai mindenütt az egykori dolomit bordák gerincén alakultak ki (4/d. ábra), dolomit falat oldal - és főtérnyban sehol nem találunk. Ugyancsak feltűnő az a jelenség, hogy a dolomittörmelékes homokkőben a dolomittörmelék szemcséi zárt térben, teljes mértékben kioldódtak, még az oldási maradék is eltűnt. Felmerül annak a lehetősége, hogy az oldódásért és az üregesedésért nem a karsztvíz, hanem a belőle kiváló és csapdákban összegyűlő széndioxid gáz és a csapdák falán levő vízfilm a felelős. Hasonló jelenség a budai barlangokban is tanulmányozható, ilyen folyamatnak köszönhetik létüket a gömbfülkék (KOVÁCS-MÜLLER 1981), illetve a buborékáramlási csatornák (TAKÁCSNÉ 1989) és csövek (SÁSDI 1989). Gázcsapdák kialakulására a Molnár János-barlangban van példa, ahol - Müller P. szóbeli közlése alapján - a víz feletti gáztérben a széndioxid 15-17 %-ban van jelen.

A barlangban hordalékszállító képességgel rendelkező energiájú vízáramlás nem történt, a járatok talpán a dolomit oldási maradékaként megmaradt dolomitliszt található. Esetleg vízdalással kialakult járatok a mai beszakadások alatt lehettek, a képződés mechanizmusa az omlások miatti járhatatlanság következtében egyenlőre hipotetikus. A mélyebb szinten levő járatok az igen labilis főté miatt szakadhattak be (4/e. ábra), ez a folyamat napjainkban is megfigyelhető (Toldy-terem, Szürke-terem). A beszakadások egy része még részben vízzel borított szakaszban keletkezett, ugyanis a tölcserék megmaradt homokkő oszlopain (Toldy-terem, Szabó Pál Zoltán-terem) - a jelenlegi általános járattalp-szint alatt - vékony agyagos színűlöket találni.

A barlang képződése feltehetően még a fiatal pleisztocénben is folyt, amíg a karsztvíz a járatokat elborította, sőt, ez a folyamat a CO₂ jelenléte és állandó utánpótlása miatt mélyebb szinteken jelenleg is folytatódhat. A jelenleg járható barlang kialakulása óta a vízszint (természetes állapotot feltételezve) kb. 15 m-t süllyedt, ezt a mértéket a mesterséges víztermelések fokozták néhány méterrel.

Homokkő oszlopok szelvénye a barlang Helikon-termében



5. ábra

7. FORMAKINCS

A barlang formakincse meglehetősen szegényes, ennek ellenére látványos. Legszembetűnőbbek a homokkő oszlopok, melyek az egykori kitöltés maradványai. A homokkő oldalfalakon - csak ilyen van - számos helyen 15-25 fok dőlésszögű bordarendszer látható, a dőlés irány D-i. Ez a dolomit rétegzettsége, a réteglapok mentén kioldás történt, majd az üregeket kitöltötte a homok. A járatok főtájában helyenként sejtes homokkő látható. A bordák felszínén aprózódó dolomit réseit homok töltötte ki, mely később kovásodott. A dolomit kioldása után az egykori rések negatív formái maradtak vissza pozitív formaként.

A járatokban jelentős törmelék-felhalmozás látható, melyek az üregek felharapózása során keletkező omladéktömbök alkotnak. Ha a felharapózás eléri és behatol a

pannon üledékek magasabb részeibe, a járatok oldalfalát ezen üledékek rétegfejei alkotják (Szürke-terem), a felharapózás jelenleg is tartó folyamat.

8. A BARLANG KITÖLTÉSEI

8.1. Törmelékes üledékes kitöltések

A barlang talaját szinte mindenütt az oldási maradékként felhalmozódott dolomitliszt alkotja. Erre helyenként - főleg a sejtes jellegű kvarchomokkő főte esetén - kvarchomok lepel került, vastagsága 1-2 mm, előfordulása foltszerű. Képződése ma is folyik a főte porlódása következtében.

Jelentős omladék a beszakadásos keletkezésű termekben fordul elő, a mélyebb helyzetű kőtömbök között dolomitliszt található. Ez valószínűleg az omlás során felkavarodó iszapból, utólag ülepedett le.

Helyenként szürke agyagfolyások találhatók, ezek a pannon üledékekbe felharapozó termekből folynak le (pl. Szürke-terem), de néhol jelzik, hogy még ismeretlen szakaszokon további omlások várhatók (Toldy-és Helikon-terem között).

Helyenként rétegzett szürke agyagot találunk a járatban, a teljes szelvényt kitöltve. Ezek az előfordulások ugyancsak omlásos felszakadásokra utalnak, az omladék tetőszintje a járat főtéje felett helyezkedhet el.

Vörös agyag több helyen is előfordul, jellemzője a magas vastartalom, kis alumínium-tartalma alapján nem lehet egyértelműen miocén agyagból származtatni. Ez alapján vasas oldattal átjárt, gravitációsan a járatba került pannon agyagról lehet szó.

A Kút-kuszodában ismert okker egyedi előfordulás, melyet még vizsgálni kell.

A barlang ismeretlen járatainak lefutása megjósolhatatlan. Semmiféle tektonikai preformáltság nem mutatható ki, a járatok irányítottságában uralkodó irány nem nyomozható (KÁRPÁT 1982). Ez, ha meggondoljuk egyértelmű, hiszen mindenütt a sziklabordák teteje oldódott ki. Feltételezve, hogy az ősi karsztosodás töréshálózatot követett, akkor a tektonikai irányokat éppen a homokkő kitöltések és a tölcsérek elhelyezkedésének irányítottságában kell keresni. Ennek megállapításához a jelenleg rendelkezésre álló térkép alkalmatlan, mivel a tölcsérek - homokkő oszlopok - jelentős része nem szerepel.

8.2. Ásványos kitöltés

A barlang járatai ásványkiválásokban szegények. Legjelentősebb a sok helyen előforduló gipsz, mely apró csillogó kristálycsoportokat alkot. Képződése a homokkőben levő pirithez kapcsolódik. A pirit - levegőben! - víz és oxigén hatására anhidritté és limonittá alakul, az anhidrit pedig vízfelvétel mellett gipsszé. A folyamat csak a barlang légtérével érintkező homokkő felületeken megy végbe, amit az egyébként szürke homokkő rozsdásodása jelez.

A rozsdás limoniton - mely a homokkő szemcséi között cementációként, a járatfalon kéregben fordul elő - vörös és fényes fekete hidrohematit fordul elő, helyenként mangános bevonattal.

8.3. A barlangi légtér gázai

A barlangban közismerten a hazai átlagnál lényegesen magasabb a CO_2 tartalom. Ez általában a belső részekben magasabb, olykor 4,5 %-ot is lehet mérni. A CO_2 mennyiségét a külső légtér és barlangi légtér légnyomásainak különbsége következtében fellépő légáramlás szabályozza, a barlang a külső nagyobb légnyomás idején kap friss levegőt. Érdekesség, hogy a felfedezéskor és a 30-as 40-es években a kutatók nem számoltak be a CO_2 jelenlétére utaló nehéz légzésről, pedig a belyukadáskor elvileg CO_2 -nek kellett volna jelentkeznie. Ilyen beáramlást viszont tapasztaltak közeli piritbánya vágathajtásakor, ami a dolomit, illetve a töredezett homokkő elérésekor történt. Feltételezhető, hogy a belyukadás magas külső légnyomás érték mellett történt, ellenkező esetben a barlangba nem lehetett volna bemenni, sőt a kút alján tartózkodó kutasó is közvetlen életveszélybe került volna. Az, hogy 1930-ban a barlangban nem volt CO_2 , elvileg ugyan kizárható, mindenképpen érdemes megvizsgálni, hogy a kút által történt mesterséges beavatkozás a barlang légáramlási viszonyaiba milyen mértékű és jellegű változást okozhatott.

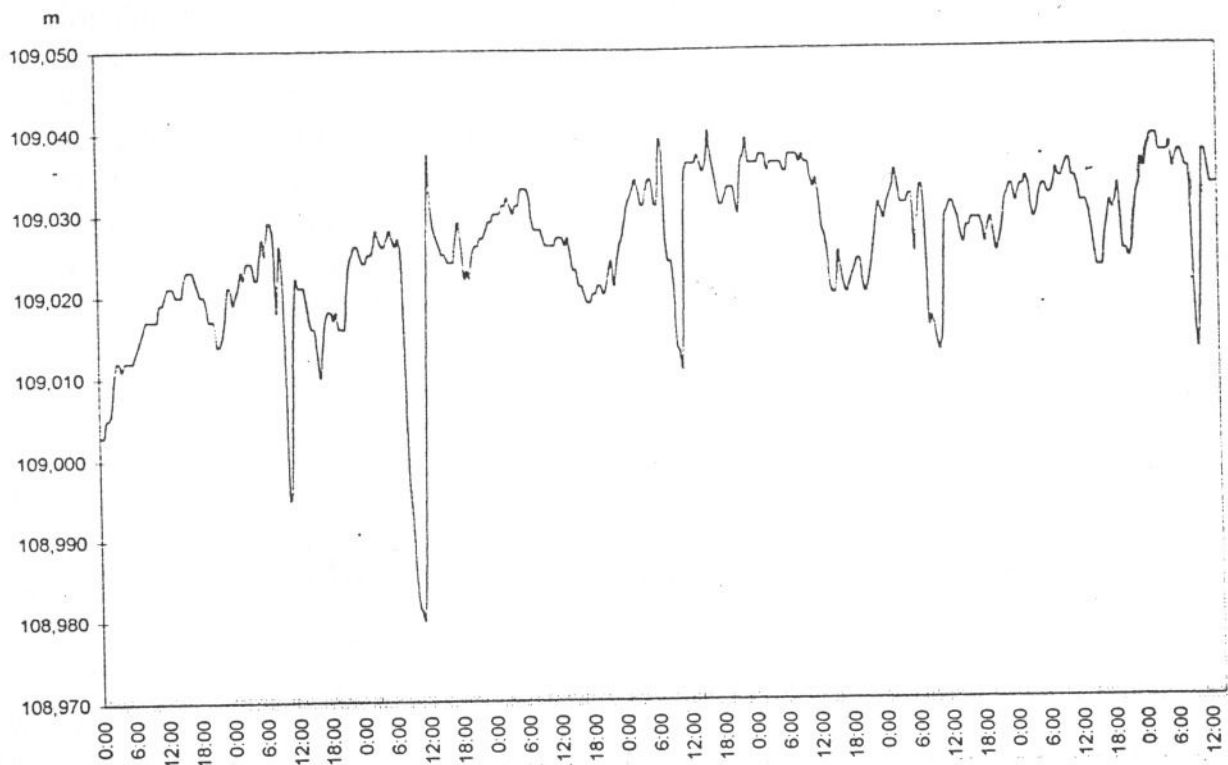
A CO_2 keletkezése 3 módon történhet a barlangban:

1. Barlangkutatók lent tartózkodása következtében
2. Pirit bomlása során
3. Karsztvízből kiválva

A kutatók barlangi vendégként történő lent tartózkodása az év idejének igen kis hányadát teszi ki csupán, ami a CO_2 tartalom növeléséhez alig járul hozzá. A pirit bomlásakor keletkező széndioxid-mennyiség ugyancsak jelentéktelen, bár ez a folyamat napjainkban állandónak tekinthető.

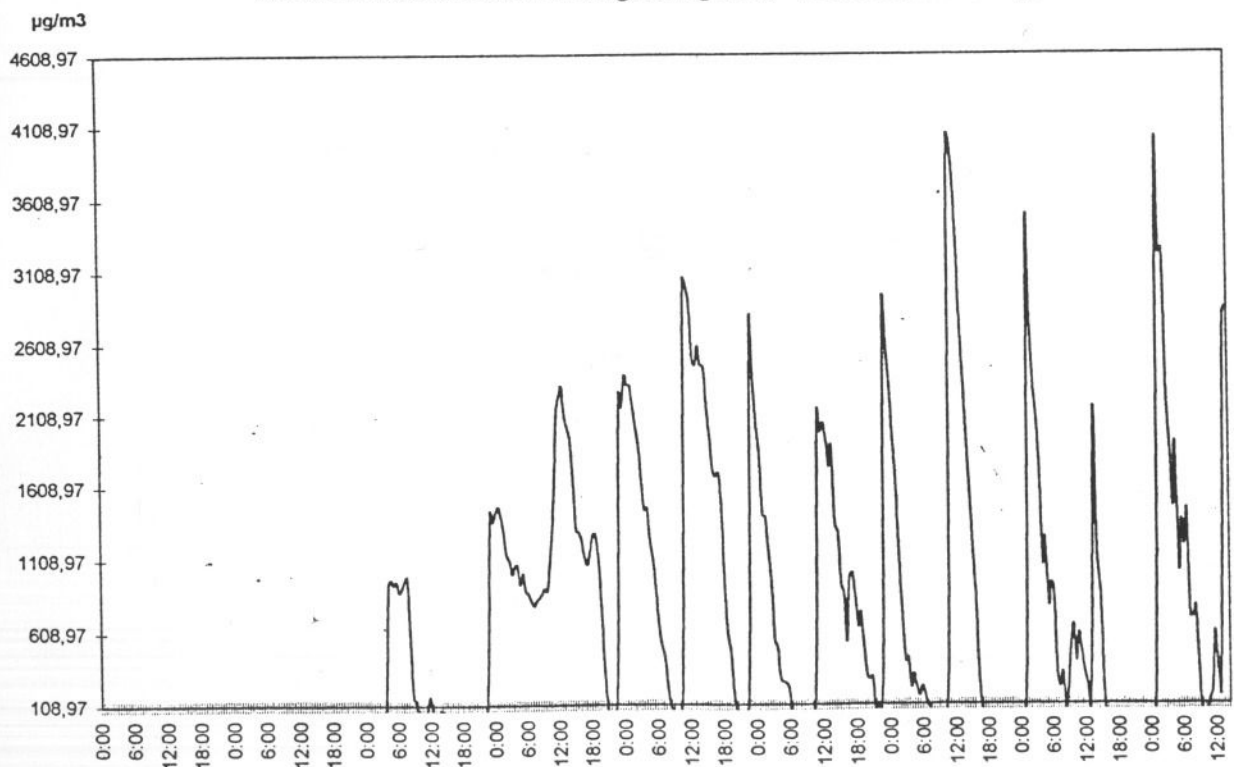
A legjelentősebb és tényleges keletkezéshez adalék, hogy az 1997-évi mérések alatt kiderült, a barlangban kimutatható mennyiségű metán található. Érdekesség, hogy a

A karsztvízszint változása a LH10-es kútban 1997. 05. 22 - 30-ig



6. ábra

A metán változása a a barlangi levegőben* 1997. 05. 22 - 30-ig

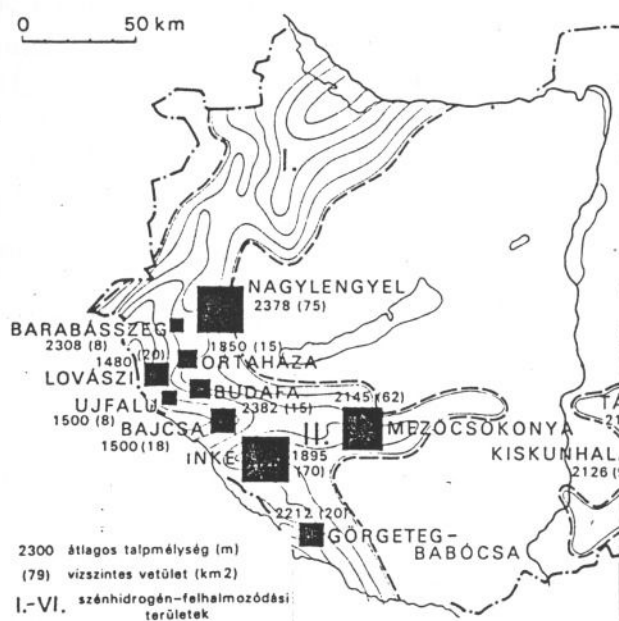


* * mérés a táborteremben (Lovassy-terem)

7. ábra

töménység értékének alakulását napi két csúcsérték jellemezte (7. ábra). A kimutathatóság délelőtt és este 11 órakor kezdődött, s 6 órán át tartott. A pulzálás a karsztvíz árapálymozgásához (6. ábra) hasonló, így feltételezhető, hogy a karsztvízből szabadul fel. Eszerint viszont feltételezhető, hogy a CO₂ is zömmel a karsztvízből szabadul fel. Származási helye a Kisalföld és a Zalai-dombvidék eltemetett olaj és gáztározó üledékei lehetnek (8. ábra), ahonnan oldalirányú feláramlással kerülhetett a barlang térségébe. A dombvidéktől K-re az első jó vezetőképességű karsztos kőzetek következtében ez a feláramlási lehetőség a felszín felé itt, a Keszthelyi-hegység Ny-i peremén a legkedvezőbb.

Szénhidrogén tárolók elterjedése Nyugat-Dunántúlon



8. ábra

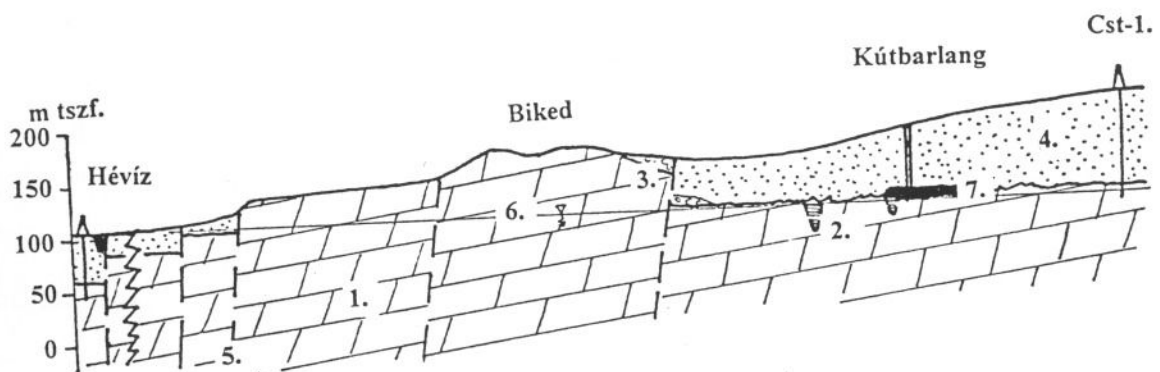
9. TÖVÁBBKUTATÁSI LEHETŐSÉGEK

9.1. Területi lehetőségek

A Cserszegtomaji-kútbarlang és az Acheron Kút-barlanghoz hasonló rendszerek kialakulására a földtani feltételek igen nagy területen adóttak, hiszen a pannon-triász rétegek határfelülete nagy térségben kimutatott. Erre utal - bár közelebbi előfordulás - hogy a Cst-1. Sz. fúrás ugyancsak réteghatár közelében kis üreget harántolt (9. ábra).

A tényleges barlangfeltárássra a lehetőségek a terület nagysága ellenére jóval korlátozottabbak, de így is figyelemre méltóak. Legnagyobb akadályt a karsztvíz jelenléte jelenti, így a feltárássra csak az a terület jöhet számításba, ahol a pannon-triász réteghatár a természetes szintű karsztvíz nívé felett helyezkedik el. A piritkutató fúrások egy része elérte a dolomitot), de már a karsztvíz szintje alatt. A fúrási adatok alapján szerkesztett térképek szerint a lehetséges kutatási terület D-i határa a Biked-tető D-i határvonalának K-i meghosszabbításában van. A Ny-i határt az Egregyi-völgy K-i pereme jelenti, a völgy közepén már a karsztvíz szintje alatt húzódik a határfelület. A rétegfelület izohipsza térkép alapján kb. 4-5 km² terület jöhet számításba (10. ábra), ennek alapján, ha meggondoljuk, hogy a jelenlegi 2400 m járat 150 X 150 m-es területen helyezkedik el, a további kutatást perspektivikusnak ítélni lehet. Kérdés, hogy a barlang járatait preformáló őskarszt-felszín mekkora kiterjedésű, erre ugyanis a jelenleg rendelkezésre álló adatokból nem lehet következtetni.

Vázlatos földtani szelvény Hévíz és a Cst-1 sz. fúrás között



Jelmagyarázat

1. Triász dolomit
2. Miocén okkeres agyag
3. Pannon abrációs konglomerátum
4. Agyag, homok
5. Karsztvízszint
6. Tektonikus vonal
7. Barlangjárat

9. ábra

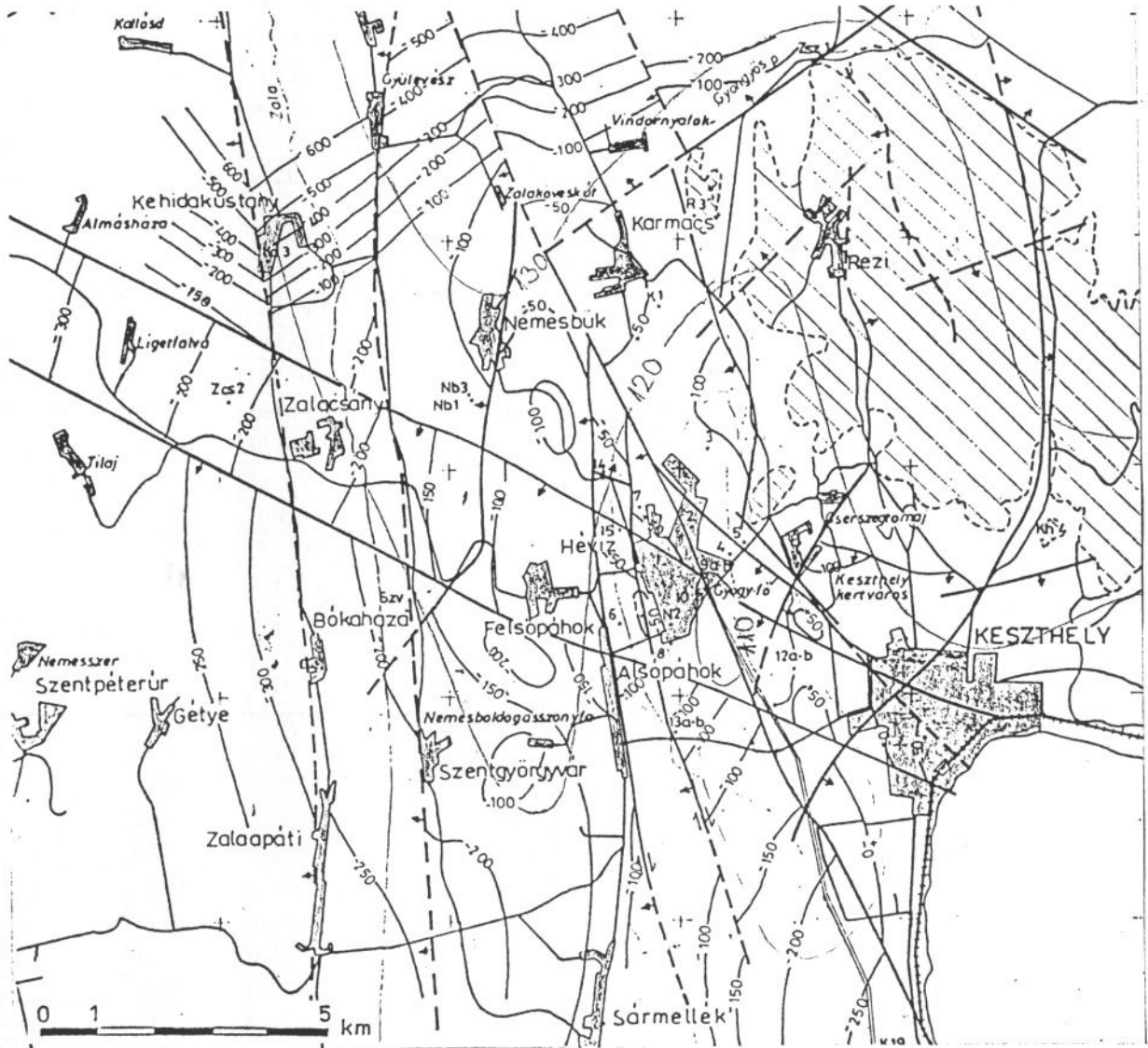
9.2. Barlangi lehetőségek

A barlangban a további kutatási pontokat sajnos elég nehéz meghatározni, mivel a járatirány-meghatározó tényezők alig ismertek. Egy-egy járat folytatását lehet követni a dolomitliszt bontásával, ami viszonylag könnyű. Ha azonban a liszt elfogy és csupán a dolomit-homokkő érintkezési vonala látható, csak a vésőgép jöhet számításba. A vésési hossz megjósolhatatlan, hiszen nem lehet tudni, hogy mikor emelkedik a járat főtéje.

Számos helyen látható, hogy felülről szürke agyag és/vagy homokkő törmelék folyik be az ismert járatba. Az ilyen pontokon omlásos térségbe (Szürke-terem jellegű) lehet esetleg jutni, az omlás túloldalán - ha járható - lehet remény újabb szakasz feltárására.

Egyes pontokon szintesen alkotja a rétegzett szürke agyag a járat végpontját. Itt szintén omlásos szakaszba juthat a kutató, de ez erősen felharapózott lehet, s jelentős mennyiségű pannon agyag iszapoldhatott le. Szilárd szálkő főte esetén lehet bontani, de omlásos részre bármikor számítani kell.

Hévíz környezetének szerkezetföldtani térképe



1.  2.  3.  4.  5.  6. 

Jelmagyarázat:

1. Triász dolomit 2. Pannon üledékek 3. Szerkezeti vonal 4. Triász fekfelszín izovonalai 5. Karsztvíz természetes nyomásfelszínének izovonalai 6. Barlangfeltárás szempontjából perspektívikus terület

10. ábra

Cseszegtomaji fúrások adatai

Fúrás jele	X	Y	Z	Mélység	Kőzettípus (talp)	Talp tszf.m.	Dol. fekü tszf.m.
Cs-1	424626	361734	160,4	44,7	Dolomitkavics	115,7	115,7
Cs-2	424879	361781	164,5	36,5	P. homokkő	128	
Cs-3	424392	361259	162,2	67	P. homokkő	95,2	
Cs-4	424650	361447	166,6	58,4	Dolomit törm.	108,2	
Cs-5	425324	361309	175,2	44,1	Dolomitkavics	131,1	131,1
Cs-6	425782	362024	182,2	45,7	Dolomit	136,5	142,5
Cs-7	425173	361965	186,9	43,3	Dolomit konglomerátum	143,6	145,7
Cs-8	424398	361677	156,4	41	P. homokkő	115,4	
Cs-9	424638	361179	169,5	53,6	P.kvarcitos homokkő	115,9	
Cs-10	424859	361197	172,5	48	P. homokkő	124,5	
Cs-11	424681	361387	172,7	31,2	Dolomit	141,5	142,6
Cs-12	425052	361345	157,7	31	pannon	126,7	
Cs-12/A	425052	361395	173,2	50,1	P. kvarcitos homokkő	123,1	
Cs-13	424401	361469	157,2	49	P. kvarcitos homokkő	108,2	
Cs-13/A	424859	360974	179,7	59,7	P. kvarcitos homokkő	120	
Cs-14	424859	360974	164,2	53,3	P. kvarcitos homokkő	110,9	
Cs-15	424532	361573	157,7	47,2	P. kvarcitos homokkő	110,5	
Cs-16	424770	361277	169,7	76,2	Dolomit	93,5	93,5
Cs-17	424947	361269	172,6	24,6	P. kvarcitos homokkő	148	
Cs-18	425192	361282	175,1	44,8	P. kvarcitos homokkő	130,3	
Cs-19	424185	361901	158,4	55,9	Dolomit	102,5	102,5
Cs-20	424194	361465	153,5	56,6	Pannon	96,9	
Cs-21	424199	361056	167,7	74,3	Pannon	93,4	
Cs-22	424635	360971	174,9	61,2	Pannon	113,7	
Cs-23	424193	361674	154,5	59,6	P. kvarcitos homokkő	94,9	
Cs-24	424199	361253	159,3	64	Pannon	95,3	
Cs-25	424395	361062	169,9	65,2	?	104,7	
Cs-26	423998	361901	155,3	59,9	Dolomit	95,4	95,4
Cs-27	423997	361675	153,1	58,5	Pannon	94,6	
Cs-28	424725	360704	182,2	72,2	Pannon	110	
Cs-29	425103	360963	184,6	56,7	Pannon	127,9	
Parrag-kút	?	?	?	?	Dolomit		
Pirit-bánya	424320	360060	?	69	Dolomit		
Cssz-1	425880	360800	202,4	84,6	Dolomit	117,8	121
Cssz-2	425680	360500	187,3	57,6	Dolomit	129,7	123
Cssz-3	424400	361920	161,3	68,3	Dolomit	93	93
Cssz-4	425120	361120	175,7	65,8	Pannon	109,9	
Cssz-5	425560	360300	164,3	20,3	Pannon	144	
Cssz-6	425500	360200	175,2	20,3	Pannon	154,9	
Cssz-7	424240	360620	167	86,7	Pannon	80,3	
Csszt-1	423948	362498	149,6	86,7	Dolomit	62,9	?
	424900	364095	150,9	15	Pannon	135,9	

FELTÁRÓ KUTATÁSOK

Az akció során - az állandó kutatási engedéllyel rendelkező Labirint Barlangkutató Csoporttal egyeztetett - feltáró kutatás célja kettős volt: az új barlangszakaszok feltárása mellett a bontómunka során kapták meg az élettani kísérletben részt vevők a vizsgálatokhoz szükséges fizikai terhelést.

A kutatási tervnek megfelelően az alábbi szakaszokon végeztünk feltáró munkát:

Ebédlő

Az Ebédlő É-i végpontján a tábor első napján próbabontást kezdtünk. A szűk hely és a nagy kövekből álló omladék miatt a munkát nem folytattuk.

Micimackó-terem - Tarka-terem zónája

A Micimackó-teremben tervezett bontást a rossz szellőzés miatt feldúsuló por és széndioxid hiúsította meg. A Tarka-teremből a Micimackó-ég felé vezető járatban két ponton végeztünk bontást. Mindkét helyen könnyen jöveszthető agyag és dolomitpor alkotta a kitöltést. 2-3- m előrehaladás után a dolomitkitöltés bekeményedett. Az elégtelen szellőzés miatt a tábor negyedik napjára a végpontokon a széndioxid-koncentráció feldúsult, lehetetlenné téve a további munkát.

Lovassy-terem

A Lovassy-terem DNy-i végpontján az 1996-ban megkezdett vésőgépes bontást folytattuk. A kitöltést itt nagyon tömör, cementálódott dolomitpor alkotja, ezért további kutatásával felhagytunk. Ebben a zónában több végponton dolgoztunk eredmény nélkül. A három végpont közül az egyik visszavezetett a már ismert járatba, a második kitöltése reménytelenül bekeményedett, a harmadikon depózási problémák miatt kellett abbahagyni a munkát.

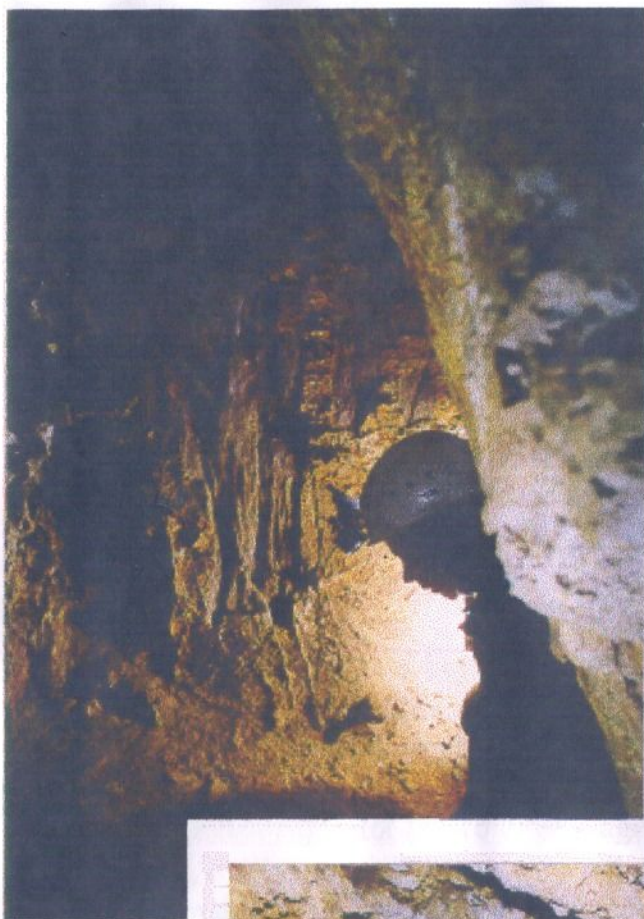
Kis- és Nagy-Pikpak-terem

A tervezett kutatást a főte omlásveszélyessége miatt nem végeztük el.

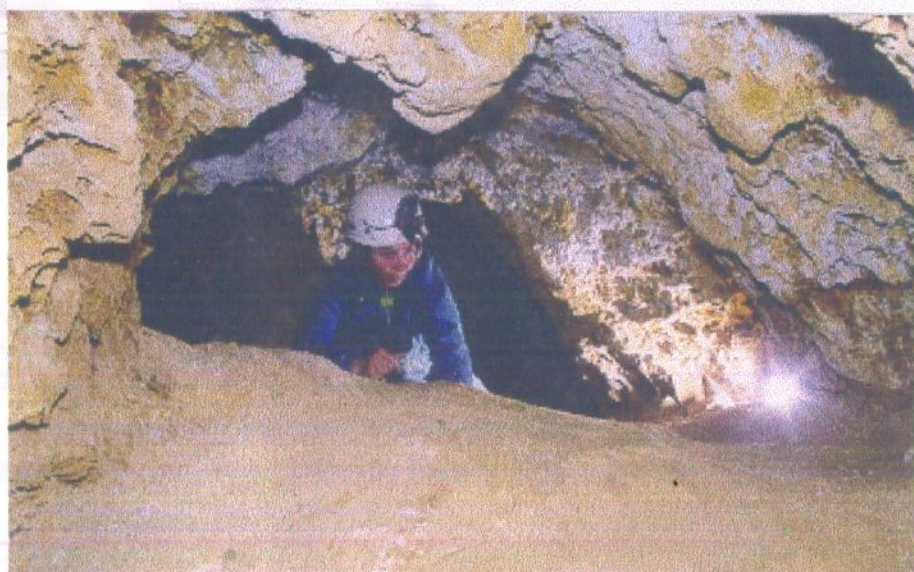
A tervezetteken kívül a kúttól Ny-i irányba induló járat végpontját is megbontottuk. Itt a végpontot könnyen jöveszthető laza agyag zárja, amelyben légrések is mutatkoztak. A bontásra fordítható idő rövideége miatt ugyan nem jutottunk eredményre, de a végpont tovább-bontását reményteljesnek értékeljük.



A kút



Növényi fossziliák a járat falán



Jellegzetes járatszelvény

A KLÍMAMÉRÉSEK ÁLTALÁNOS ISMERTETÉSE

A mérések egyik célja a barlangi klíma emberi szervezetre gyakorolt hatásának vizsgálata volt, de gyarapítani kívántuk a - kialakulását, illetve a benne zajló folyamatokat tekintve különleges - Cserszegtomaji-kútbarlangról rendelkezésre álló ismereteket is.

A barlangi méréseket a tábor kezdete előtt hat nappal (05. 19-én) kezdtük el a zavartalan - emberi jelenlét nélküli - alapállapot - regisztrálására. A felszíni paraméterek, illetve a barlangi levegő gázösszetételének mérése (környezetvédelmi mérőkocsi segítségével) a tábor előtt közvetlenül (05. 24-én) indult. A tábor utáni „lecsengés” - a barlangi klíma visszaállása az alapállapothoz - regisztrálása technikai okok miatt nem sikerült.

A mérésekről általánosságban elmondhatjuk, hogy az emberi jelenlét olyan változásokat okozott, amely egyes összefüggéseket megváltoztatott vagy elmosott, ezért értékelésüknél a kapott adatokat fenntartással kell kezelni.

A MÉRÉS KIVITELEZÉSE

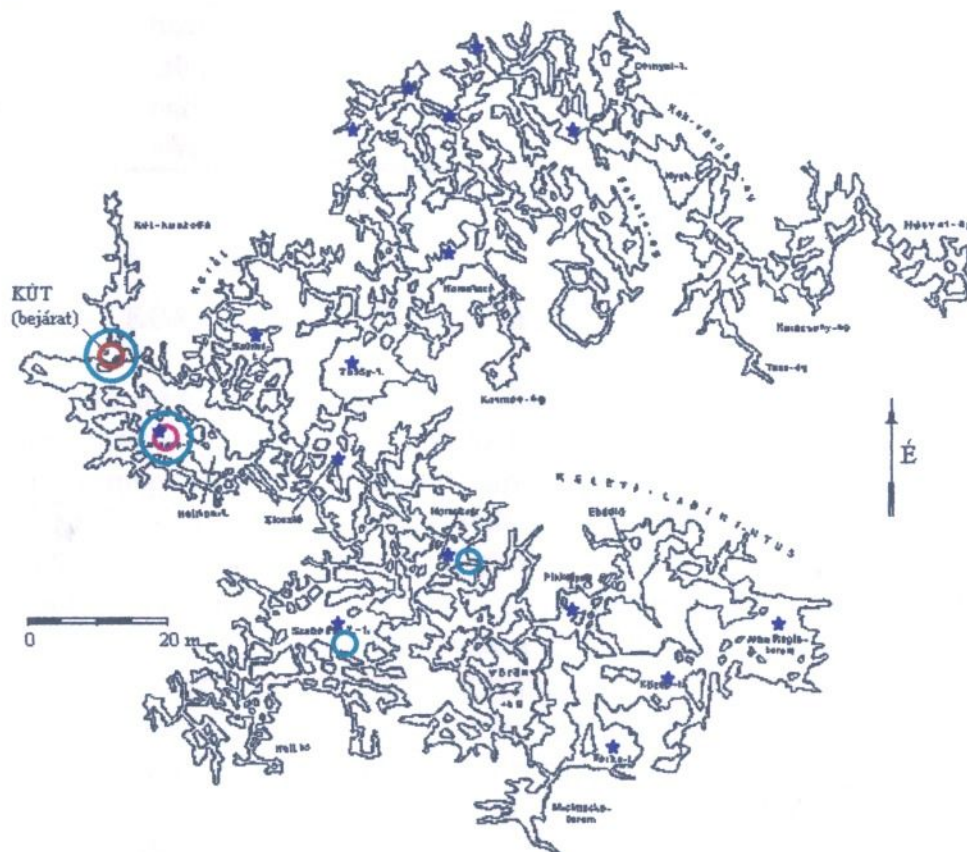
A legfontosabb mérőhelyet a bejáratánál alakítottuk ki. A barlang labirintus jellege miatt ez az egyetlen pont, ahol a légtérben lezajló mozgások eredője mutatható ki, emellett itt tanulmányozható legjobban a felszíni klímparaméterek barlangi légtérre gyakorolt hatása. A mérés elvégzése érdekében a szelvény leszűkítése vált szükségessé. Ezt a bejáratot lezáró ajtón vágott 225 cm² felületű nyílás készítésével oldottuk meg, amelynek kialakítása során elhelyeztük a légáramlás, a hőmérséklet és a páratartalom detektorait. A főlórás átlagértékeket Campbell R10 típusú adatgyűjtő segítségével regisztráltuk. Az adatgyűjtőhöz csatlakoztatott érzékelőkkel mértük a bejáratú teremben a talaj hőmérsékletét, nedvességtartalmát, 5 méterrel a barlang belseje, illetve a táborterem felé a járat külső szelvényében pedig a levegő hőmérsékletét és a talaj hőáramát.

A táborhelyen (Lovassy-terem) a terem elméleti középpontjában átlagosan 1-1,5 m magasságból műanyag cső segítségével vettünk mintát a gázösszetétel méréséhez. A széndioxid változását a teremben üzemeltett infravörös gázspektrométer regisztrálta folyamatosan. (A barlang belső zónáiban strandlabdába szivattyúzott levegőmintákat is ennek segítségével mértük.) A mintavételi helyeket az 1. térkép ábrázolja.

A metán, az összes szénhidrogén, a nem metán szénhidrogén, a nitrogén-oxidok, a kén-oxidok, a szénmonoxid, az ózon változásának mérését a felszínen működő

környezetvédelmi mérőkocsi végezte kiszivattyúzva a levegőmintát a barlangból. A kocsi műszerei rögzítették a felszíni hőmérsékletet, a páratartalmat, a napsugárzás intenzitását, valamint a szél erősségét és irányát. A klimatológiai mérőrendszer kiegészítéseként légnyomás- és hőmérséklet értékeket mért a kútban elhelyezett három, a Lovassy-teremben elhelyezett egy „Dataqua” radonmonitor is (1. táblázat).

A Cserszegtomaji-kútbarlangban kialakított mérőpontok 1997. 05. 19 - 06. 02.



Mérési pontok

- A barlang bejárata - 53 m
- Tábor-terem (Lovassy-t.)
- Radon monitorok
- ★ Széndioxid mintavételi pontok

1. térkép

<u>A felszínen:</u>		<u>A barlangban</u>	
	A kútban és a bejáratnál	A Lovassy-teremben	A belső zónákban
hőmérséklet	hőmérséklet	NO, NO ₂ , NO _x	CO ₂
páratartalom	légnomás	SO ₂	Rn
szélsebesség	Rn	CO, CO ₂	hőmérséklet
szélirány	huzaterősség	CH ₄	légnomás
légnomás	talajnedvesség	THC	
napfény-tartam	páratartalom	NMHC	
	hőáram	O ₃	

1. táblázat

FELSZÍNI METEOROLÓGIAI ESEMÉNYEK

A gyakori, szinte mindennapos frontátvonulások változatos, de szokatlanul hűvös időjárást alakítottak ki. A tábor ideje alatt az évszakhoz képest 2-4 °C-kal hűvösebb volt az idő. A megnövekedő felhőzetet záporok, zivatarok kísérték. A gyakran megerősödő szél zivatarok alkalmával viharossá erősödött. Az erősen változó felhőzet mellett 1-14 óra időtartam között alakult a napos órák száma. A legalacsonyabb hőmérséklet 5,6-13,1 °C, a legmagasabb 14,1-20,7 °C között változott (1. diagram). A csapadék mennyisége 0-17 mm között változott. Napokig mért alacsony értékek után, 22-étől folyamatosan emelkedett a légnomás. Maximumát 25-én érte el (1010 mbar). 27-én volt a minimum a tábor alatt (995,6 mbar), ezt követően 1006,5 mbar és 1000,3 mbar között változott. A tábor utolsó napjaira eleinte nedves, majd egyre szárazabb léghullámok érték el környezetünket, a nappali felmelegedés lassan erősödött.

HŐMÉRSÉKLET

A hőmérsékletet a barlang bejáratánál kialakított mérőhelyen mértük. Az alapállapot regisztrálása céljából mérést a leszállást megelőző héten is elvégeztük. Ebben az időszakban kis értékű változások voltak, a tartós alacsony légnomás miatt a barlangból kiáramló levegő hőmérsékletét regisztráltuk, amely 12,3-13,1 °C között változott, átlaga 12,7 °C volt. Ez az érték a közeli hévíz befolyásoló hatása miatt magasabb, mint a környék éves átlaghőmérséklete. 05. 24-én költözött le a barlangi táborban résztvevő 10 fő, akik 05. 31-ig laktak a Lovassy-teremben (1. térkép). A barlang 53 m mélységben lévő bejáratú termében - ahol a mérőpont is volt - zajlott a társasági élet a barlang belső részeiben zajló feltáró és mérőműszakok kivételével. Ennek hatása jól követhető a hőmérsékleti értékeken. A tábor kezdete - a táborlakók letelepülése - jól elkülöníthető a diagramon. Az első nap 13 és 15 °C között, míg az utolsó nap már 15 és 17,4 °C között változott a hőmérséklet. Az éjszakai órákban

lecsökkent, de egyre kevésbé közelítette meg az alapállapotot. A tapasztalt tendencia a barlangi légtér alacsony terhelhetőségére utal (2. diagram).

PÁRATARTALOM

A relatív páratartalom 19-22-e között 98-100 % között mozgott, majd 23-tól a felszíni értékeket követve, azzal közel párhuzamosan 88-100 % között változott, jól mutatva a beáramló felszíni levegő hatását (3-4. diagram).

LÉGÁRAMLÁS

A légáramlás sebességét kanalas anemométer mérte, a főlórás átlagokat az adatgyűjtő rögzítette. A rendelkezésünkre álló műszer sajnos nem volt alkalmas a légáramlás irányváltozásainak rögzítésére. A légáramlás sebessége 0 és 1 m/s között változott.

A felszíni hőmérséklet hatása a légáramlás sebességére nem volt kimutatható. A légnyomásváltozás a légcseré irányát meghatározta, míg erősségére kifejtett hatását csak kis mértékben lehet kimutatni. A légáramlás irányát más, közvetett módon tudtuk indikálni, erről a későbbiekben lesz szó.

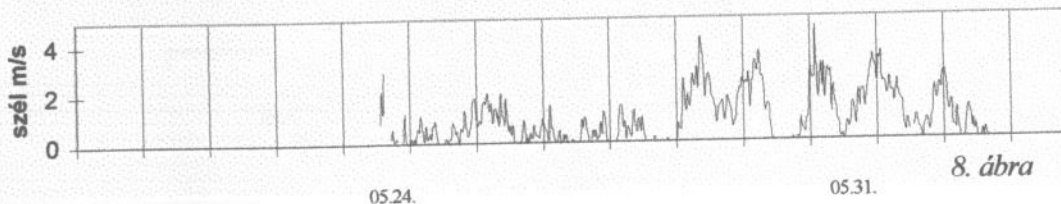
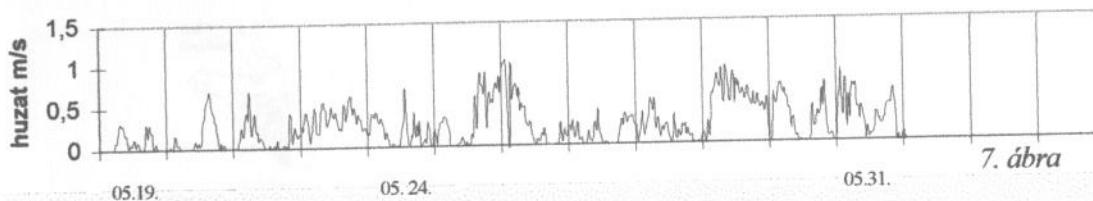
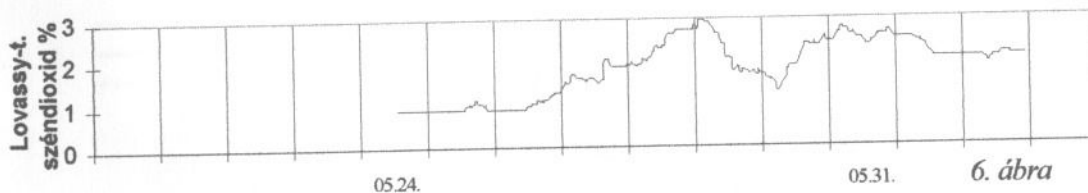
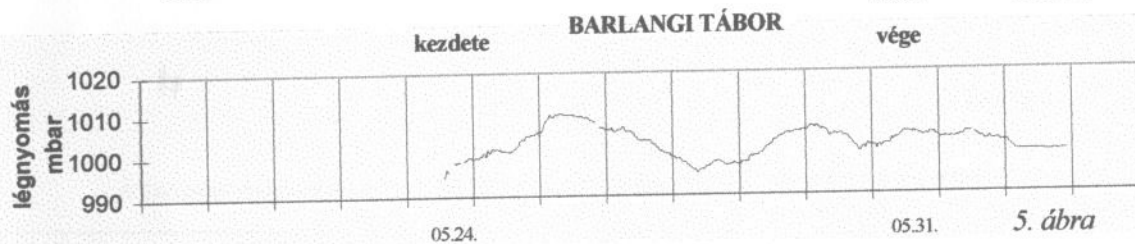
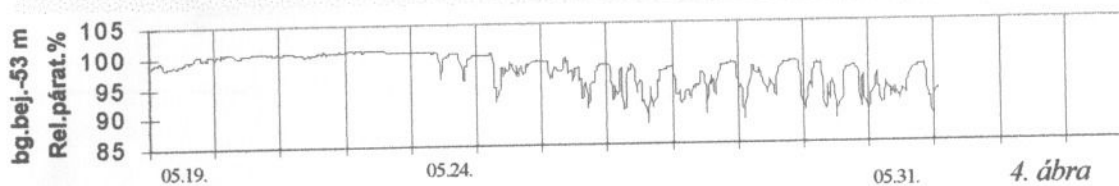
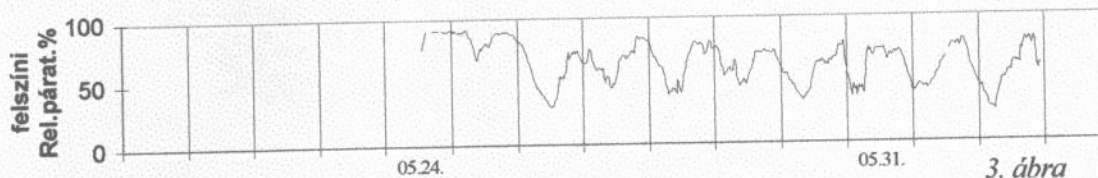
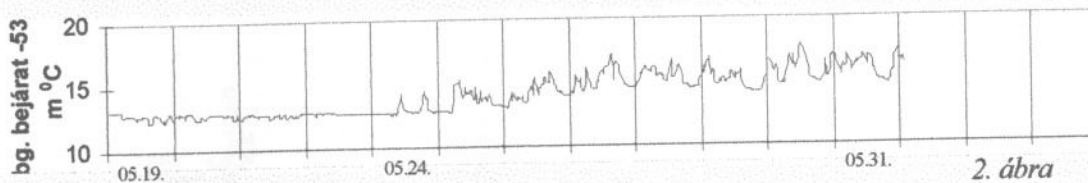
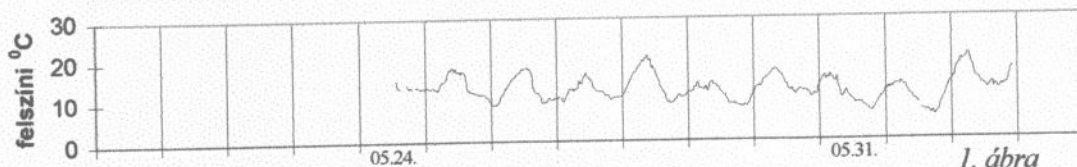
A huzaterősség és a felszíni szél erősség közös diagramja jó korrelációt mutat. Eszerint a vizsgálat időszakában a felszíni szél befolyásolta legerőteljesebben a barlangi légáramlás sebességét (7-8. diagram).

SZÉNDIOXID TARTALOM

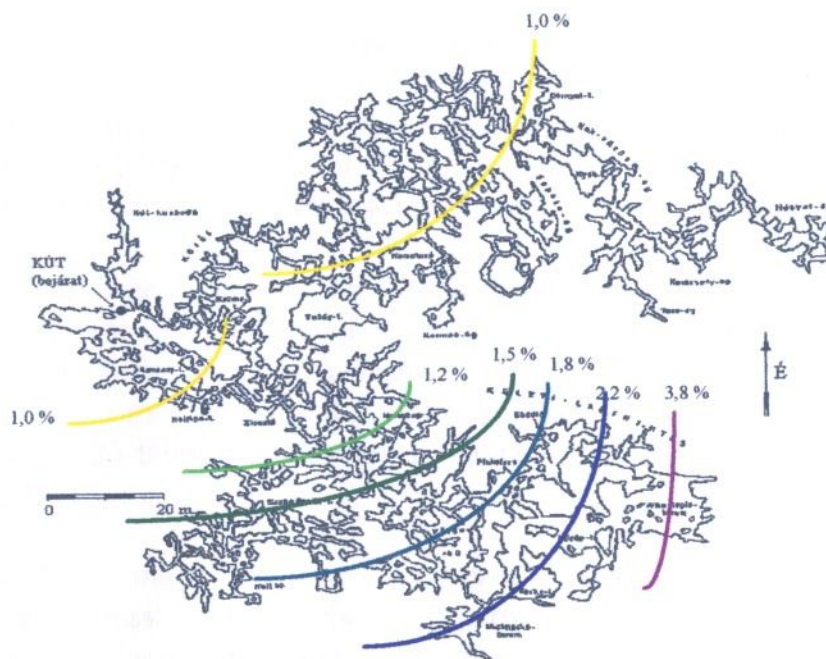
A Lovassy-terem levegőjének széndioxid-tartalom változása (hasonlóan a radontartalomhoz) a légnyomással mutat egyértelmű antikorrelációt. A légnyomás emelkedésével, felszínről érkező levegő hatására koncentrációja csökken. Alacsony légnyomásnál a barlang belseje felől magasabb széndioxid-tartalmú levegő törekszik a bejárat felé. A június 1-i csökkenés, majd a légnyomással párhuzamos stagnálás a plusz (humán eredetű) széndioxid-kibocsátás megszűnésének (a barlangi tábor felszínre településének) tudható be (5-6. diagram).

A barlang belső zónáiban 05. 25.-én, illetve 30-án mért széndioxid-koncentráció értékeket a mellékelt térképen ábrázoltuk. Az Északi-labirintus Szürke-terem, illetve a 9-es pont zónájában tapasztalt alacsonyabb értékek azt a feltételezést sugallják, hogy a felszínhez közelítő réteghatár mentén más szellőzési lehetősége is lehet a barlangnak. Ennek bizonyításához (vagy elvetéséhez) további vizsgálatok szükségesek (2-3. térkép).

Meg kell jegyezni, hogy a viszonylag magas mért koncentráció-értékeket figyelembe véve, a barlangi tábor lakói nem tapasztalták magukon azokat a tüneteket, amelyek az előző évi tábor alatt megfigyelhetők voltak, vagyis a „biológiai detektorok” nem „mérték” olyan magas koncentrációkat, mint a műszer.

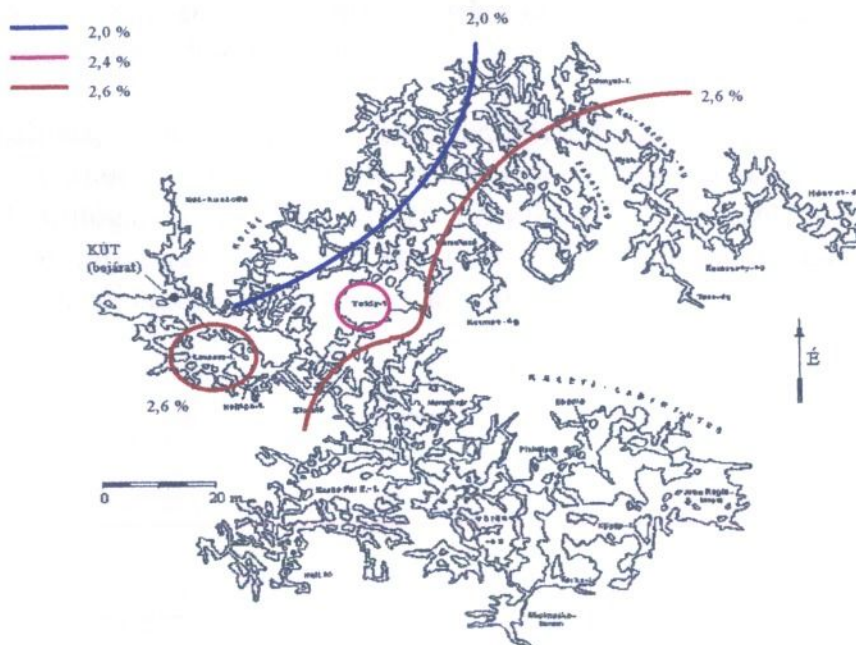


A Cserszegtomaji-kútbarlangban 1997. 05. 25-én mért széndioxid-koncentrációk területi eloszlása



2. térkép

A Cserszegtomaji-kútbarlangban 1997. 05. 30-án mért széndioxid-koncentrációk területi eloszlása



3. térkép

KÖVETKEZTETÉSEK

A felszíni és a barlangi klímáparaméterek között szoros összefüggés van. A mi esetünkben ezek az összefüggések nem mindig voltak tanulmányozhatók. A mérési időintervallum rövidege illetve az emberi jelenlét befolyásoló hatása nem engedi az egyértelmű összefüggés-vizsgálatot. Mint a legtöbb mérésnél, itt is több olyan kérdés, probléma merült fel, amely a további vizsgálat szükségességét veti fel.

A barlang bejárati hőmérséklete 05. 19-23-ig egyenletes. Ebben az időszakban az alacsony légnyomás miatt valószínű, hogy kifelé mozgott a barlangi légáramlás, így a barlangi hőmérsékletet mértük ezen a ponton. Ez az érték a közeli hévíz befolyásoló hatása miatt magasabb, mint a környéken lévő éves átlaghőmérséklet. 05. 24-én kezdődő táboron résztvevő személyek hőtermelésének hatása emelkedő tendenciát okozott.

A barlangi légáramlást befolyásoló tényezőket ezen a mérésen nem sikerült egyértelműen kimutatni. A légsebesség méréséhez a bejárati szelvényt le kellett szűkítenünk, ez a módszer pedig megváltoztathatja az áramlási viszonyokat. A légnyomás emelkedése miatt a levegő a tábor alatt nagy részt befelé mozgott, de pontos adat - mérés hiányában - nem áll rendelkezésünkre. Az olykor erős, viharos szél hatása - mind erősségében, mind irányában - kimutatható, de a felszíni ügyelet kút fölé épített sátra miatt fenntartással kezelendő.

A Lovassy-terem levegőjében tapasztalt széndioxid-koncentráció változása - még a lent tartózkodó táborlakók tevékenységének a mérést befolyásoló hatása ellenére is - a légnyomással ellentétesen mozog.

Az eddigiek alapján elmondhatjuk, hogy rendkívül bonyolult, komplex kölcsönhatás áll fenn a barlang - felszín kapcsolatban, amelyet további elemek (pl. a tágabb környezet geológiai adottságai) tovább árnyalnak. Az összefüggések teljes körű megismerése folyamatos, legalább egy évet felölelő méréseket igényel, lehetőleg humán terheléstől mentes körülmények között.

A BARLANGI LEVEGŐ EGYES GÁZKOMPONENSEINEK VIZSGÁLATA

Az elmúlt évi tapasztalatok alapján, az 1997 évi expedíció a klimatológiai vizsgálatok spektrumát jelentősen kiszélesítette. A korábbi tábor alatt előfordult magas széndioxid koncentráció következményeit figyelembe véve, célul tűztük ki, egyrészt biztonsági szempontból, másrészt a barlang levegőjének részletesebb megismerése céljából, a széndioxid és a levegő egyéb gázösszetevőinek mérését.

A barlangban időszakosan előforduló igen magas széndioxid koncentráció monitorozására a Veszprém Megyei ÁNTSZ rendelkezésünkre bocsátott egy Wilks gyártmányú infravörös gázspektrofotométert. A műszert a táborhelyre telepítettük, ahol folyamatosan mérte a CO₂ koncentrációt, és alkalmilag a barlang más pontján vett levegőmintákból határozta meg a CO₂ tartalmat.

Lehetőségünk nyílt a barlangi levegő gázösszetételének vizsgálatára is, amit az intézet által a helyszínre telepített mobil környezetvédelmi mérőállomás (mérőkocsi) végzett. A mérőkocsi 14 különböző paraméter egyidejű és folyamatos mérését tette lehetővé, számítógépes vezérléssel és adatgyűjtéssel. A számítógépen mind a pillanatnyi értékeket mind a mért alkotók időbeli alakulását grafikonokon folyamatosan ellenőrizhettük.

A barlang légteréből nyolc, környezetvédelmi és levegőtisztasági szempontból fontos gázkomponenst mértünk a mérőbusszal. Ezek a NO, NO₂, NO_x, SO₂, CO, O₃, metán, nem metán szénhidrogén. A méréshez, tekintettel a körülményekre, speciális mintavételi eljárását dolgoztunk ki az ÁNTSZ munkatársaival. Mivel a mérőkocsi mintavételi csonkja, ami a kocsi tetején helyezkedett el, és a barlangi mintavételi hely között jelentős távolság (kb. 100 m) és szintkülönbség (kb. 55 m) volt, úgynevezett szondacsöves mintavételi módszert dolgoztunk ki. Ehhez merevített falu polietilén tömlőt szereztünk be, melyet a mérés előtt előbb víz, majd levegő átszívással tisztítottunk. Ezt a tömlőt húztuk be a Lovassy-terembe - a táborhelyre. A mérőrendszer kiépítése előtt ellenőriztük, hogy a cső falából az átszívás során nem kerül a mérendő gázokból kimutatható mennyiség a levegő mintába. A levegő feljuttatását a barlangból a gázmintavételi csonk után elhelyezett nagy teljesítményű szivattyú biztosította. Ezzel a megoldással a barlangi levegő a gázkromatográfok és fotométerek mintavételi csonkjáig csak az ellenőrzött csövön áramlott keresztül.

A mérőkocsi nemcsak a levegő gázösszetételének elemzését végezte, hanem felszíni meteorológia állomásként is funkcionált. Így mérte a levegő hőmérsékletét, páratartalmát, a napsugárzást, légnyomást, szélességét és irányt.

A tizenegy napos mérés adatainak feldolgozása számos eredményt hozott és számos új kérdést és problémát vetett fel, melyek megválaszolása további vizsgálatokat, méréseket igényel.

SZÉNDIOXID

Fontos cél volt a levegő széndioxid tartalmának monitorozása. Szerencsére, ellentétben az elmúlt évvel, idén a tábor időszaka alatt a CO₂ koncentrációja a táborhelyen nem ért el veszélyes mértéket. Minimum értéke 0,9 maximuma 2,95 % volt. A széndioxid-koncentráció a táborhelyen kezdetben stabil 0,9 % volt, később fokozatosan emelkedett. Az összefüggéseket vizsgálva, a mérések megerősítették azt tény, hogy a barlang levegőjének CO₂ koncentráció alakulásában a felszíni levegő légnyomás változásnak meghatározó szerepe van (1. ábra). Légnyomásesés hatására a légtér CO₂ koncentrációja folyamatosan emelkedett és 27.-én éjjel és 28.-a délelőtt között érte el a maximumát. Ebben az időszakban a barlangnak a bejáratától távolabbi, rosszul szellőző szakaszaiban olyan magas volt a széndioxid tartalom (> 5%), hogy oda a barlangászok nem tudtak bejutni. Egy anticiklon hatására a légnyomás 27.-e délutántól emelkedni kezdett, amit a bejáratnál a befelé irányuló huzat megindulása is jelzett. Ennek nyomán, 28-a délelőttől a gázkoncentráció átmenetileg, gyorsan csökkent. Később a légnyomás átmeneti esésével, ismét emelkedett a széndioxid mennyisége a légtérben.

A CO₂ forrása a barlangot befoglaló kőzet repedésrendszere, amelyből a légnyomás esés hatására a bejáratnál kútaknál keresztül kiáramló levegő helyére, a CO₂ dús levegő beáramlik a légtérbe és ott a szellőzés hiánya miatt tartósan megmaradhat. A repedésrendszer levegőjében lévő széndioxid nagy valószínűséggel geológiai eredetű, ismert ugyanis, hogy a környéken jelentős szénhidrogén mezők találhatóak, melyekben kísérőgázként széndioxid is található. A széndioxid eredetét bizonyossággal izotópos C¹⁴ vizsgálattal lehet eldönteni.

A széndioxid koncentráció alakulására, méréseink alapján, a táborozók által kilélegzett széndioxid nem volt kimutatható hatással, illetve a klimatikus hatásokra bekövetkező koncentráció-változások jóval markánsabbak voltak, így elfedték azt.

EGYÉB GÁZOK: CO, NO, NO₂, O₃

Szénmonoxid

A gázt a barlang légtéréből igen kis mennyiségben mutattuk ki. A tábor megkezdése előtt május 23-a délután és 24-e délelőtt között mennyisége 0,03-0,14 mg/m³ között volt. A kutatók táborozásának kezdetétől a barlang elhagyásáig, koncentrációja igen széles határok között ingadozott, átlagértéke 0,108 mg/m³ volt (2. ábra). Jellemző volt a rövid ideig legfeljebb pár óráig tartó csúcsok előfordulása a táborozás ideje alatt. A CO csúcskoncentrációja ilyenkor 0,4 -0,8 mg/m³ közötti értékeket ért el.

Egy alkalommal észleltünk jelentősebb mennyiséget, 30.-án éjjel, amikor a maximum egy félórás átlagértéke elérte a 3 mg/m^3 -t (ekkor a felszínen bekövetkező légnyomás-emelkedés hatására intenzív huzatot is mértünk. Lásd alább.) A szénmonoxid koncentrációja a tábor időszakában jelentősen elmaradt a környezeti levegő tisztasági követelményeinek szabványában megengedett értékektől. Viszonyításul, a szabvány az un. kiemelten védett levegőminőségi övezetben 2 mg/m^3 24 órás, illetve 5 mg/m^3

félórás határértéket ír elő. *"Megállapítható tehát, hogy a barlangászok légszennyezésének mértéke nem érte el a szabványban megengedett határértéket."*

A szénmonoxid forrását döntően a barlangászok erős dohányzása adta. Bár a mintavételi helytől - a táborhelytől - a dohányzó, a bejárat előtere mintegy 20-25 méterre volt, a rossz szellőzés és a labirintus járatrendszer belső légcirkulációjának következtében a CO mégis jól kimutatható volt a Lovassy-teremben. A humán forrást támasztják alá a tábor elhagyását követően továbbfolyó mérések is, amelyek alapján a május 31-től, a barlang elhagyásától kezdve a mérés befejeztéig június 2-ig a CO koncentráció ismét az expedíció kezdetéhez hasonló, $0,02$ - $0,04 \text{ mg/m}^3$ között ingadozott és elmaradtak a kiugró magas csúcsok.

Nitrogén oxidok

A barlangi levegő NO és NO₂ átlagos koncentrációja igen alacsony $0,9$ és $9,3 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ értéken ingadozott, leszámítva egy-két rövid időszakot amikor a csúcskoncentrációk 8 - 14 és 22 - $34 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ -t értek el (3. ábra). Ezek a koncentrációk jelentősen elmaradnak a környezeti levegő tisztasági követelményeiben előírt $85 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ határértéktől. A gázkoncentráció alakulásában szabályszerűség nem mutatható ki, egyedül a 30-ai behúzó légáramlaskor mértünk kiugró értékeket.

Ózon

A barlang levegőjéből várakozásainkkal ellentétben, sikerült az ózon jelenlétét kimutatni. Tekintettel arra, hogy az ózon keletkezése és bomlása a levegőben döntően a napsugárzás hatására és az emberi tevékenység nyomán keletkező szerves gázok és szervesetlen nitrogén oxidok bonyolult fotokémiai reakciónak eredményként megy végbe, előfordulása a barlangban csak a felszíni levegő bejutásával magyarázható. Az ózon koncentrációja a barlangban igen alacsony, $19 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ átlagérték körül ingadozott, félórás átlagértéke egy alkalommal haladta meg a $110 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ -es határértéket, amikor intenzív huzatot tapasztaltunk a bejáratnál, a kútakna aljánál kialakított észlelőhelyen (4. ábra).

Az előzőekben tárgyalt nyomgázok a barlang légterébe természetes körülmények között a felszíni levegővel jutnak be. A levegő-beáramlás akkor következik be, amikor a felszínen a légnyomás emelkedik. A légnyomás és huzatintenzitás közötti

összefüggést jól mutatja a légnyomás és huzatintenzitás együttes görbéje (5. ábra), ahol látható, hogy 24-e éjjel és 25-e délelőtt, majd a 28-29. közötti 10 mbar légnyomás-emelkedés igen intenzív huzatot indukált. A barlangban a nyomgázok koncentráció maximumait is ezekben az időszakban mértük, amit az ózonkoncentráció és a huzatintenzitás maximumainak ábrája (6. ábra) is mutat. A mérések jól demonstrálják, hogy a felszíni levegőben található nyomgázok, vagy akár szennyező gázok, megfelelő klimatikus körülmények között a barlangnak akár távolabbi részeibe is eljuthatnak, még a Cserszegtomaji-kútbarlang speciális geológiai adottságai és kéményszerű bejárata mellett is.

A barlangi levegő természetes nyomgáz összetételének, koncentráció-viszonyainak feltérképezését, a szellőzésnek és a felszíni hatásoknak, a klímaelemekkel való összefüggésének vizsgálatát a táborozás miatt természetesen nem lehetett elvégezni. Ehhez hosszabb időtartamú, folyamatos mérésre van szükség olyankor, mikor ember nem járja - és különösen nem dohányzik a barlangban.

Metán és egyéb szénhidrogének előfordulása a barlang levegőjében

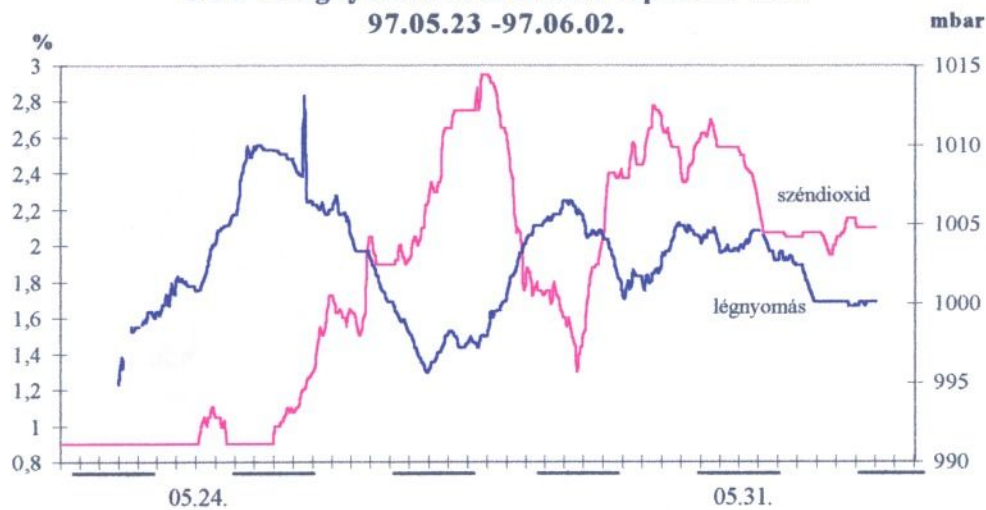
A mérőkocsiban elhelyezett műszerekkel lehetőségünk volt a barlangi levegő metán és nem metán szénhidrogén tartalmának monitorozása. A mérések váratlan eredményt hoztak. A barlangi levegőben szinte szabályos pulzáással nagymennyiségű metán feldúsulását mutattuk ki. A metán megjelenése a levegőben csaknem pontosan 12 óránként, dél és éjfél körül következett be. A gáz mennyisége a levegőben gyakorlatilag 0-ról igen rövid idő - fél óra - alatt elérte a maximumát, 2000-4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -t, majd kissé lassabban, egy másfél óra alatt „távozott” a légtérből (7. ábra). Ez a pulzáló gázbetörés 05.24. és 05.30. között szinte teljesen szabályszerű periodikussággal következett be.

A metán mellett a műszerek külön mérték a nem metán szénhidrogének össz mennyiségét is. Ezek koncentrációja ellentétben a metánnal a tábor alatt mindvégig relatíve magas volt. A nem metán szénhidrogén koncentrációja a tábor alatt lassan de egyenletesen emelkedett, mennyiségének alakulásában a metánhoz hasonló szélsőséges ingadozást nem figyelhettünk meg. A tábor kezdetén mért kb. 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ érték fokozatosan emelkedett és 30.-án éjfél körül mértük a legmagasabb, 6000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -t meghaladó értékeket. Ezt követően mennyisége némileg csökkent. A barlangkutatók távozása (31-én délelőtt) a nem metán szénhidrogén koncentrációjára nem volt hatással, mennyisége a tovább folytatott mérések eredményei szerint fokozatosan tovább csökkent, és a mérés befejezésekor is 06,02-án még 4000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ koncentrációt mértünk.

A barlangban mért szénhidrogén-mennyiség jelentősnek mondható, ugyanis a levegőtisztasági előírások például metánra 1000 és 5000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ határértéket adnak meg. A hazai barlangokban eddig metán jelenlétét nem mutatták ki (illetve nem mérték), bár nem kizárt előfordulása más barlangban is.

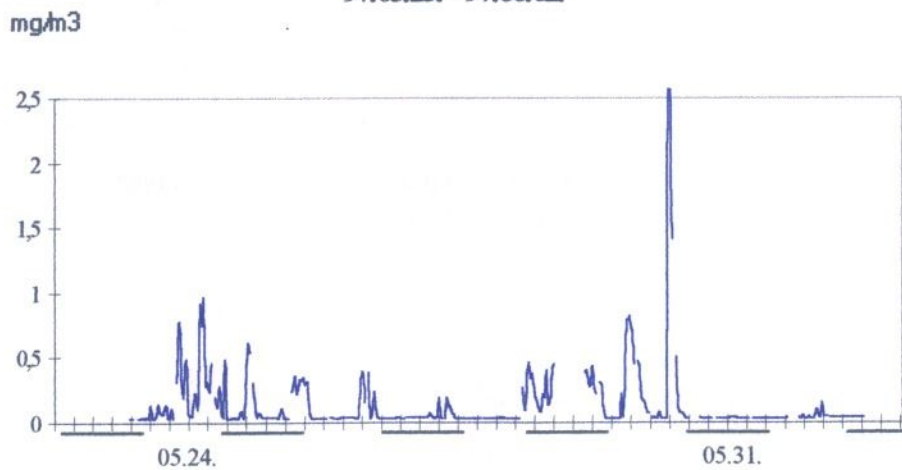
Sem a metán, sem a nem metán szénhidrogén koncentrációjának alakulásában nem találtunk összefüggést klimatológiai paraméterekkel. A szénhidrogének mennyiségére, ellentétben a korábban ismertetett nyomgázokkal, a felszíni légnyomásváltozás nincs (legalábbis közvetlen) hatással, ugyanígy nem mutatható ki összefüggés a huzat és a gázok koncentrációja között. Ez azt is jelenti, hogy az említett gázok forrását nem a felszíni levegőben kell keresni. Magyarázatot jelenlétükre a környéken található kőolaj és földgáz mezők adnak. Érdekes kérdés és további vizsgálatokat igényel a metán viselkedése. Hasonló koncentrációváltozásokat már bányákban, kőolajkutató fúrásokban is megfigyeltek. A gáz szabályos, tizenkét óránkénti megjelenése a barlangban valószínűleg az árapályjelenséggel függ össze. A Hold vonzásának hatására, a kőzetek repedéshálózatának térfogatváltozásával, a benne található könnyen mozgó, kis fajsúlyú metán gáz mintegy beinjektálódik a barlang légtérébe. Ezt a magyarázatot támasztja alá a környék karsztfelügyelő kutjaiban a vízszint mozgásának hasonló viselkedése, ahol a vízszint ugyanilyen periodikussággal néhány centimétert, vagy néhány decimétert süllyed és emelkedik. A vízszint-ingadozás és a metán megjelenése közötti kapcsolat tisztázása további vizsgálatokra érdemes, különös tekintettel a metán hirtelen, lökésszerű beáramlására a barlangi térbe.

**CO₂ és légnyomás változása az expedíció alatt
97.05.23 - 97.06.02.**



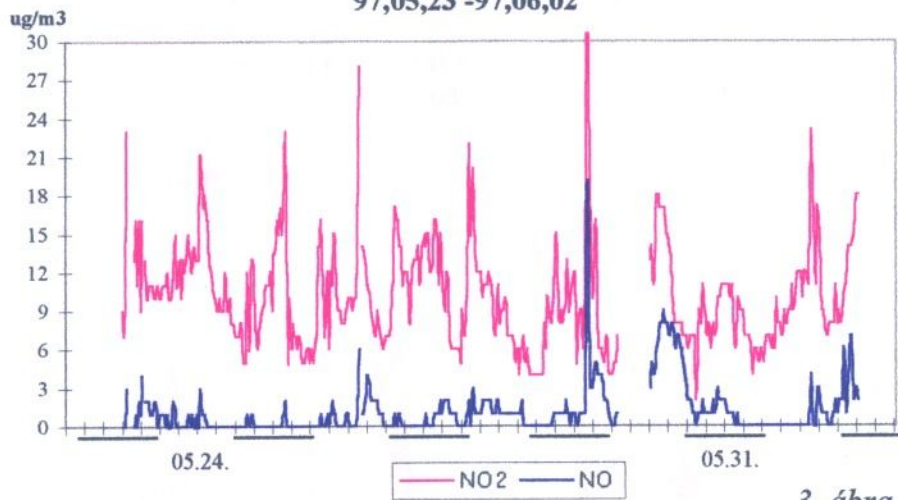
1. ábra

**Szénmonoxid koncentráció változása az expedíció alatt
97.05.23. - 97.06.02.**



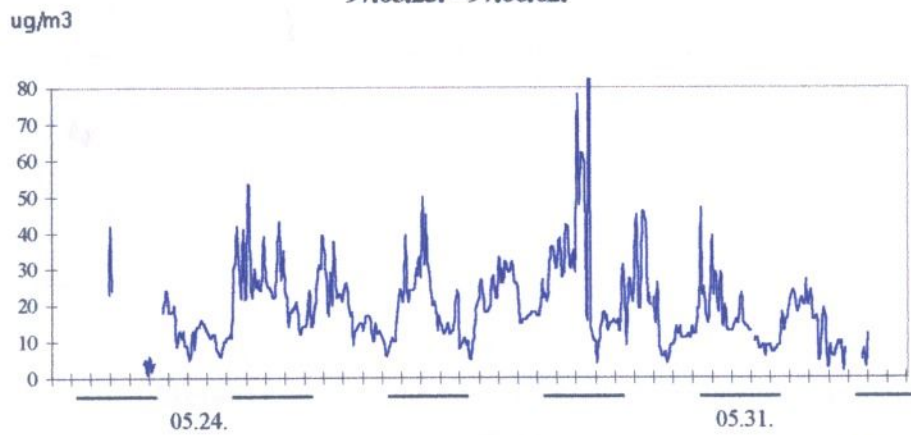
2. ábra

**NO₂ és NO változása az expedíció alatt
97.05.23 -97.06.02**



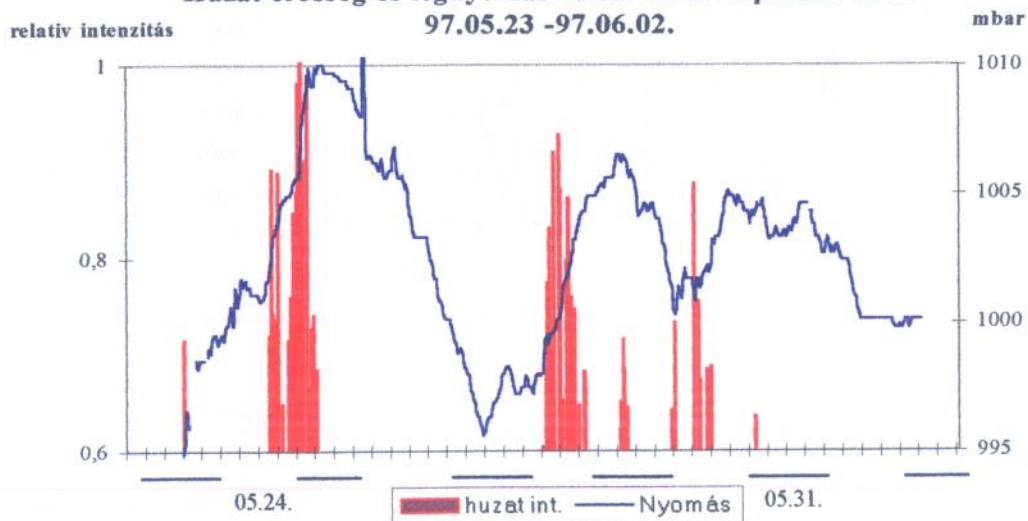
3. ábra

**Ózon koncentráció változása az expedíció alatt
97.05.23. - 97.06.02.**

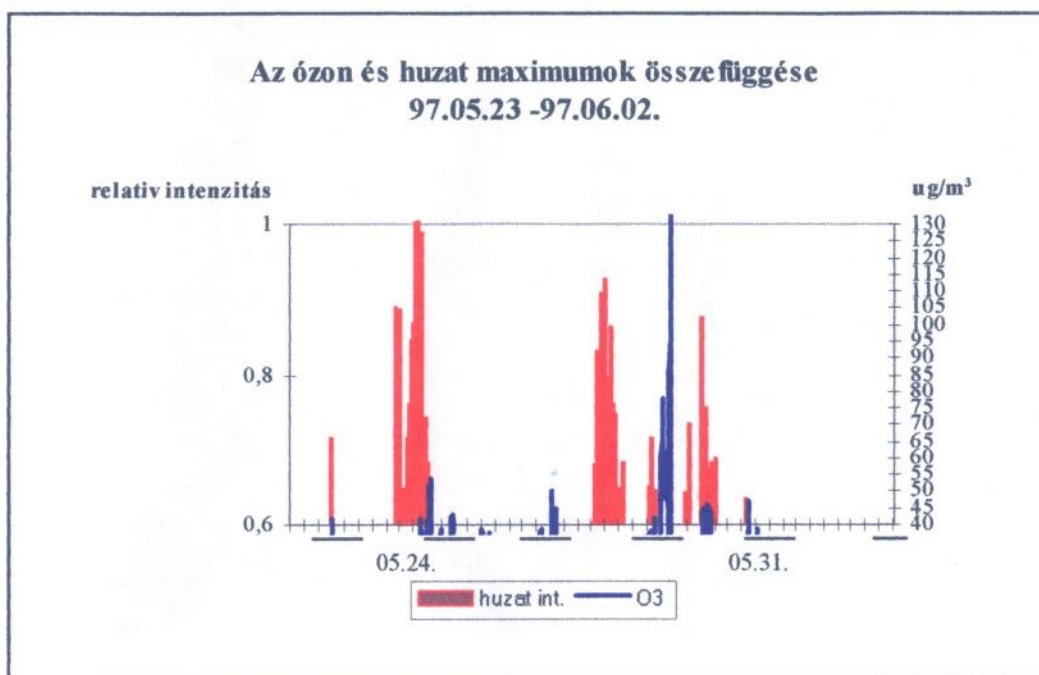


4. ábra

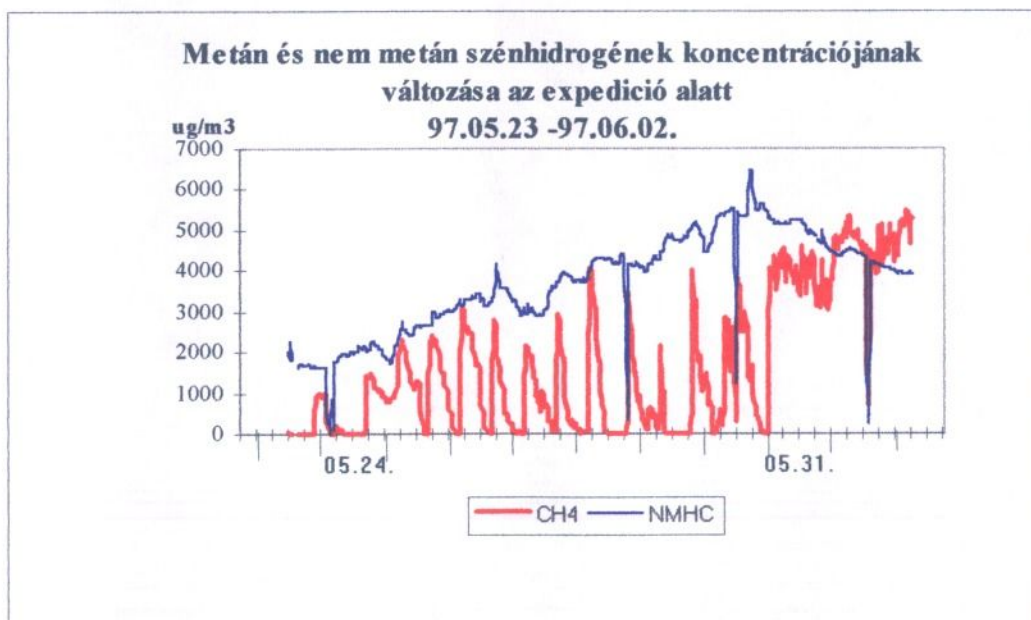
**Huzat erősség és légnyomás változása az expedíció alatt
97.05.23 -97.06.02.**



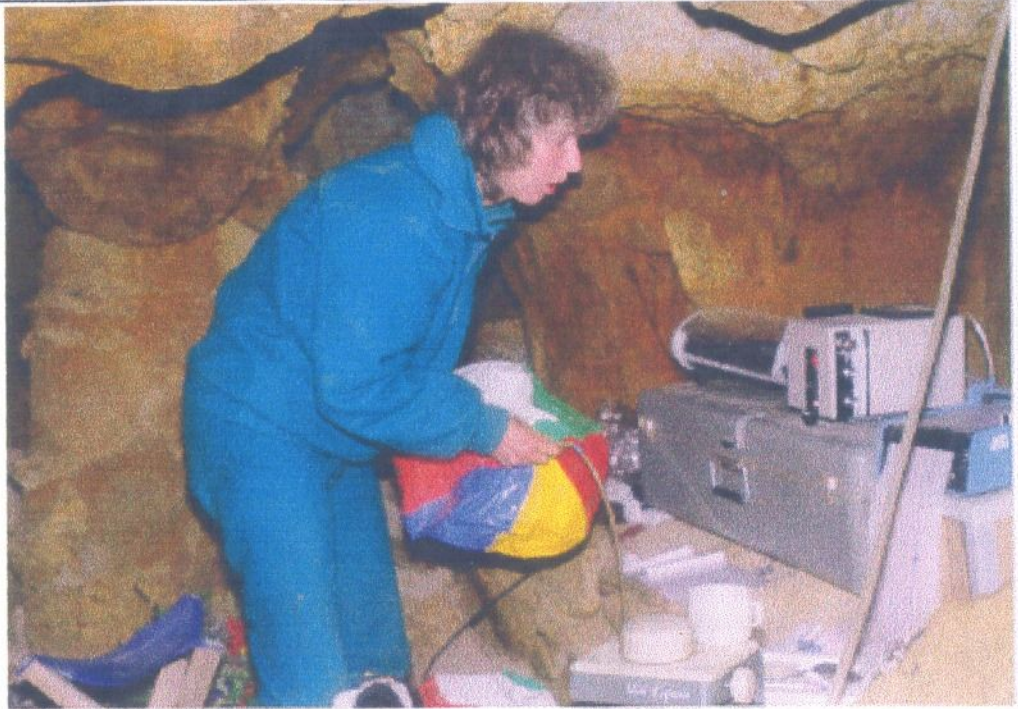
5. ábra



6. ábra



7. ábra



Széndioxid-mérése a belső zónában vett levegőmintából



Adatok kimentése számítógépre

RADIOMETRIAI VIZSGÁLATOK

1. A SOKCSATORNÁS RADONMÉRŐ MŰSZEREK PONTOSSÁGA

Dataqua (többcsatornás) radonmérő:

radon-koncentráció	10 % + statisztikus hiba (< 15%)
(hőmérséklet)	relatív pontosság $\pm 0,02$ °C
	abszolút pontosság ± 2 °C
(légnomás)	relatív pontosság $\pm 0,1$ hPa
	abszolút pontosság ± 10 hPa

AlphaGuard PQ2000:

radon-koncentráció	3 % + statisztikus hiba
hőmérséklet	relatív pontosság $\pm 0,1$ °C
	abszolút pontosság ± 2 °C
	a kifűtés miatt
légnomás	relatív pontosság $\pm 0,1$ hPa
	abszolút pontosság $\pm 0,2$ hPa
	relatív páratartalom 3%
	(de a fűtés biztos zavar)

2. A SOKCSATORNÁS RADONMÉRŐ MŰSZEREK ELHELYEZÉSE, ILLETVE MÉRÉS-IDŐTARTAMA

Felső pihenő 30.	Dataqua többcsatornás	1997. május 25 -
Középső pihenő: 30.	Dataqua többcsatornás	1997. május 25 -
Bejárat szint 30.	Dataqua többcsatornás	1997. május 15 -
Lovassy-terem: 30.	AlphaGuard PQ2000	1997. május 15 -
Elosztó és SzPZ között az Alba-Regia-terem felé való leágazásnál: egycsatornás		Dataqua 1997. május 15 -30.
SzPZ: 30.	Dataqua egycsatornás	1997. május 15 -

A fentiek szerint a radont kielégítő abszolút pontossággal és a kiegészítő paramétereket jó relatív pontossággal (a változások pontos mérésével) a barlang bejárat részén sűrűn, távolabb ritkítva mértem. A tábor előtti bemérés a barlang "barlangász-mentes" állapotára engedett következtetni.

3. AZ ADATOK FELDOLGOZÁSA

Az adatok (a gázadatokat is ideértve) időbeli lefutását ábrázoltam. Elvégeztem az idősorok spektrálanalízisét (Fourier-transzformációját) egy olyan speciális eljárás segítségével, amely a nem egyenletes időbeosztású adatsorok feldolgozására alkalmas (azaz a hiányos adatsorokra is). Ezzel minden frekvencia jelenléte annak erősségével arányosan kimutatható. A néhány órás zajt 5 pontos mozgó átlagolással szűrtem ki, ahol erre szükség volt. Az ábrákon általában az idősorokat együtt ábrázoltam a spektrumukkal.

A radonos műszerekkel mért radon adatok feldolgozása az 1-9 ábrákon, a klimatikai adatoké (hőmérséklet, relatív páratartalom, szél, huzat, légnyomás) a 10-19 ábrákon, az egyéb gázoké a 20-28 ábrákon található.

4. A RADON-ADATOK ÉRTÉKELÉSE

Az 1. ábráról látható, hogy a tábor kezdete előtt (kb. május 21-ig) a légnyomás (AlphaGuard PQ2000-ből) lassú, hosszú idejű csökkenése miatt a barlangban lassan, hosszan, nőtt a radon-szint. A legmeglepőbb az, hogy lényeges különbségek (2-szeres) alakultak ki a barlang egyes pontjain mérhető radon-szintek között. A kvázisztatikus változás miatt a radon-koncentrációk valószínűleg elég jól tükrözik a lokális körülményeket (nagyobb repedezettséget, vagy forráserősséget). Ettől függetlenül meglepő, hogy kihúzó (légáramlás esetén) a Lovassy-teremben csak fele akkora a koncentráció, mint a kút alján a bejárati szint magasságában, azaz ilyen rövid távolságon belül a radon-szint alkalmazkodni tudott a környezetéhez. Másik magyarázat, hogy vannak kihúzó áramlási vonalak, és a másik irányból áramlik ki a levegő - a Lovassy-terem felől nem (de ez az adatok további menetét tekintve nem lehet igaz).

A május 24-ig tartó meredek légnyomás-emelkedés kisöpörte a barlangot, a bejárati részeket "nullázta", de még a távoli részeken is 1/3-1/4-re csökkentette a radon-szinteket. E nagymértékű csökkenésnek, valamint annak, hogy a barlangi levegő „emlékszik” a közeli múltjára, köszönhetően a barlangi levegő radon-szintje (és minősége) nem érte el május 21-i magas szintet a tábor ideje alatt (a tapasztalt légnyomásesés ellenére sem). A kút mentén elhelyezett műszerek adatai hasonló tendenciát mutatnak a lentickekkel, jelezve, hogy közös áramlási rendszeren vannak.

A 2. ábrán feltüntettem a légnyomás valamint a ^{222}Rn és a CO_2 koncentráció időbeli változásait. Jól látható, hogy a két gáz koncentrációja azonos módon reagál a nyomásváltozásra, növekvő nyomással csökkennek és fordítva. A két gáz fáziskéséssel reagál a nyomásváltozásra (egymáshoz képest is van egy kis

fáziskésésük). Ez a fáziskésés elsősorban a légáramlás-nyomás között jön létre, a porózus, repedezett közegben való áramlás miatt.

A 3-8 ábrák tartalmazzák a május 26-29 között mért radon idősorokat és azok frekvenciaspektrumait. Ezekből látható, hogy a 12 h komponens erőssége a felszíntől távolodva csökken (abszolút értékben is, és relatíve is az adatsoron belül), mutatva a 12 hatás terjedési irányát (felülről lefele). Ugyanezt a jelenséget emeltem ki a 9. ábrán a 24 h periodikus átlagolás módszerével. Jól látható, hogy a déli minimum befelé haladva gyengül, szinte el is tűnik (ingadozás/maximum befelé haladva: 80 - 55 - 30 - 5 - 5 - 5%).

5. A KLÍMA-MÉRÉSEKKEL KAPCSOLATOS RÖVID ÉSZREVÉTELEK

A 10. ábra az általam mért hőmérsékleti adatokat tartalmazza. Látható (!!), hogy trendszerűen a hőmérsékletek ellenütemben mozognak a légnyomással. A nagy megugrások a barlangászok mozgása miatt jelentkeztek.

12. ábra. Fentről lefelé csökkenő erősséggel (!) mintha jelen lenne a 8 és 12 h frekvencia május 26-29 között.

13. ábra. Az átlagos szélesebességnek 24 órás (h) periodicitása van. Lehet ennek köze az O₃ barlangba jutásához (párhuzamosan a napsütéssel)?

14. ábra. A barlangban mért relatív páratartalom nagyon erős 12 h ingadozást mutat. Ez is a fentről jövő hatás eredménye lehet. (megfigyelhető egy gyengébb, 24 h periódusidejű változás is).

15. ábra. A barlangban mért hőmérséklet nagyon erős 12 h ingadozást mutat. Ez is a fentről jövő hatás eredménye lehet. (itt is megfigyelhető a 24 h periódusidejű változás).

16. ábra. A külső hőmérséklet 24 h periodicitást mutat.

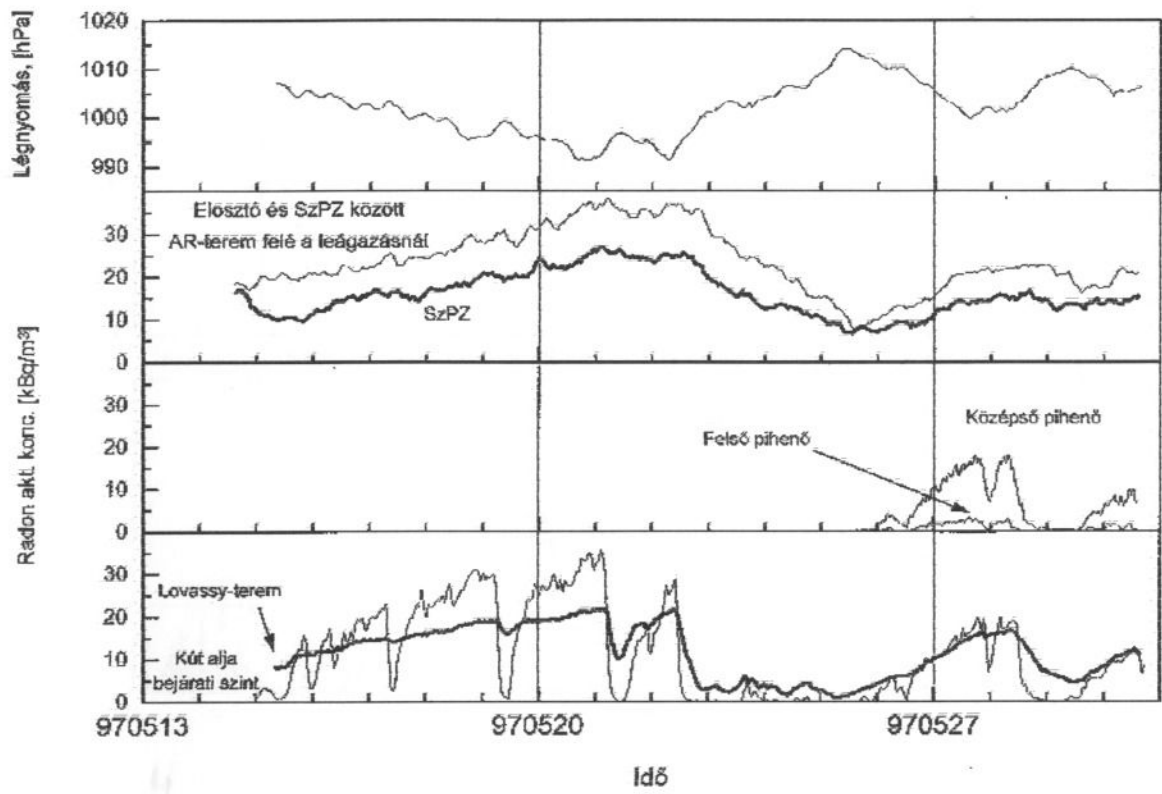
17. ábra. Huzat - 12 óra (!!), azaz jön-megy felülről/re.

18. ábra. Relatív páratartalom, felszín - 24 h periodicitást mutat.

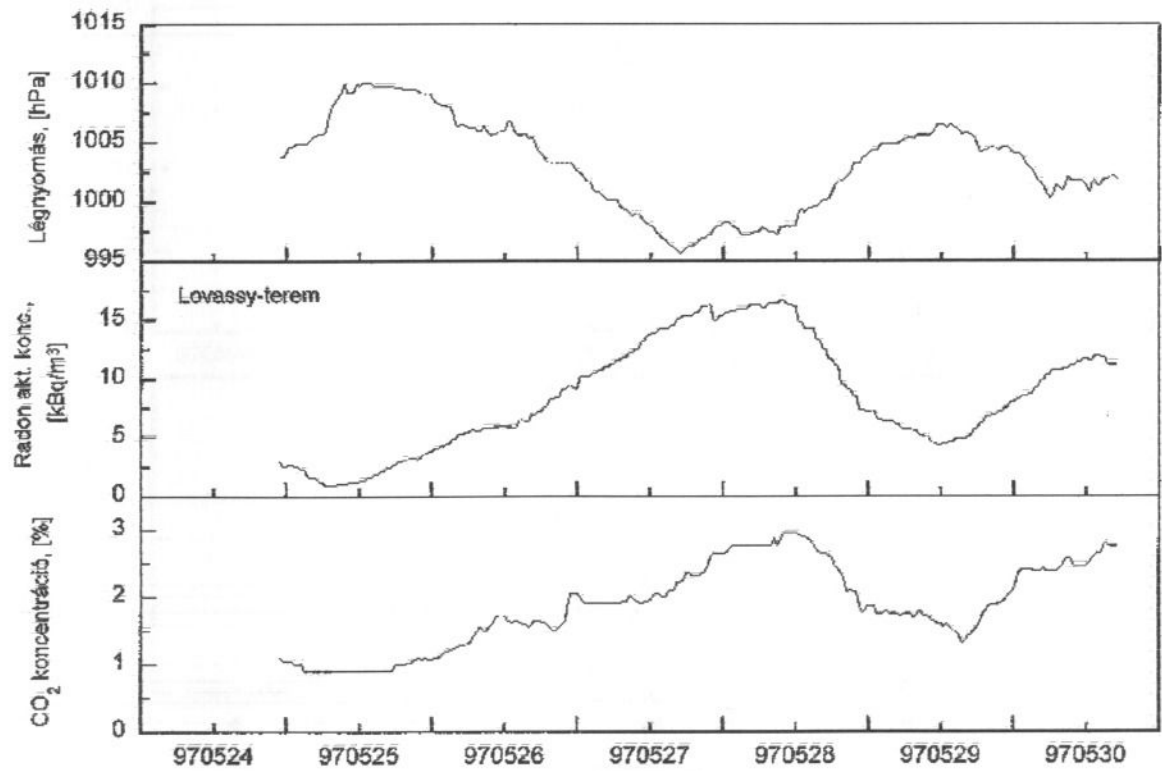
19. ábra. Légnyomás - 12 h periodicitást mutat.

7. EGYÉB GÁZOK

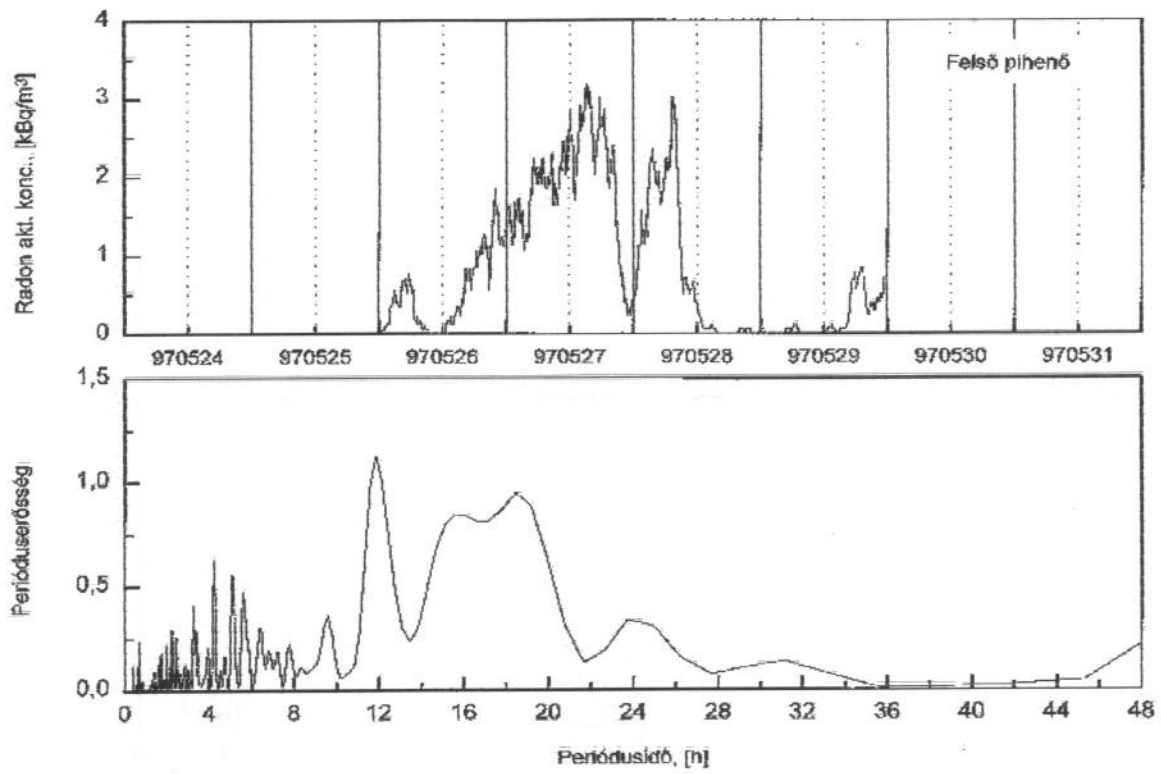
20. ábra. O_3 - erőteljes 24 órás periodicitása van, akár a napsütésnek és a szélnek, ez a felszíni eredetet sugallja.
21. ábra. CH_4 - 6, 12 h csúcsok. Valószínűleg a radont is moduláló hatás szállítja le a kút mentén a talajból. Koncentrációja 12 óra alatt gyakorlatilag nullára csökken. Az erőteljes - és szabályos - változás magyarázata további vizsgálatokat igényel.
22. ábra. THC (összes szénhidrogén) - domináns 12 h, valószínűleg a CH_4 miatt.
23. ábra. CO_2 - Nincs jellegzetes periodikus komponens. Emiatt a forrásának a térbeli helye és eloszlása teljesen más mint pl. a metáné.
24. ábra. NO_2 - Van benne egy 12, 24 h komponens valamint egy trend, ami hasonló a ^{222}Rn -hoz és a CO_2 -hoz. Emiatt két forrása lehet, egy felszíni (talán erősen lokalizált) és egy mélységi (kiterjedt).
25. ábra. NO_x - Elégé zajos, talán 12, 24 h van benne. A trendje hasonló a ^{222}Rn -hoz meg a CO_2 -hoz. Emiatt ennek is két forrása lehet, egy felszíni (talán erősen lokalizált) és egy mélységi (kiterjedt).
26. ábra. NO - Talán 12 h, 24 h, de zajos.
27. ábra. NMHC (nem metán szénhidrogének) - Ez a barlangászok terméke lehet.
28. ábra. CO - Oka valószínűleg a dohányzás, de mintha 12 h körül lenne valami a spektrumban.



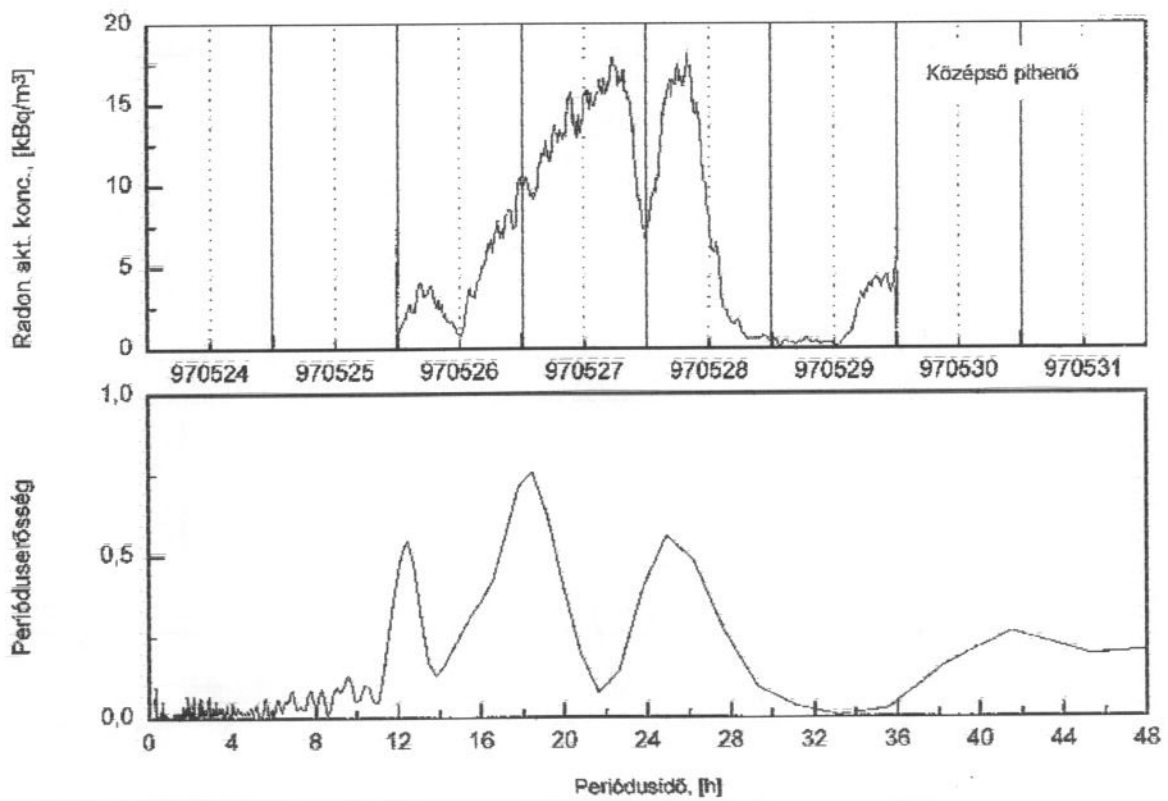
1. ábra



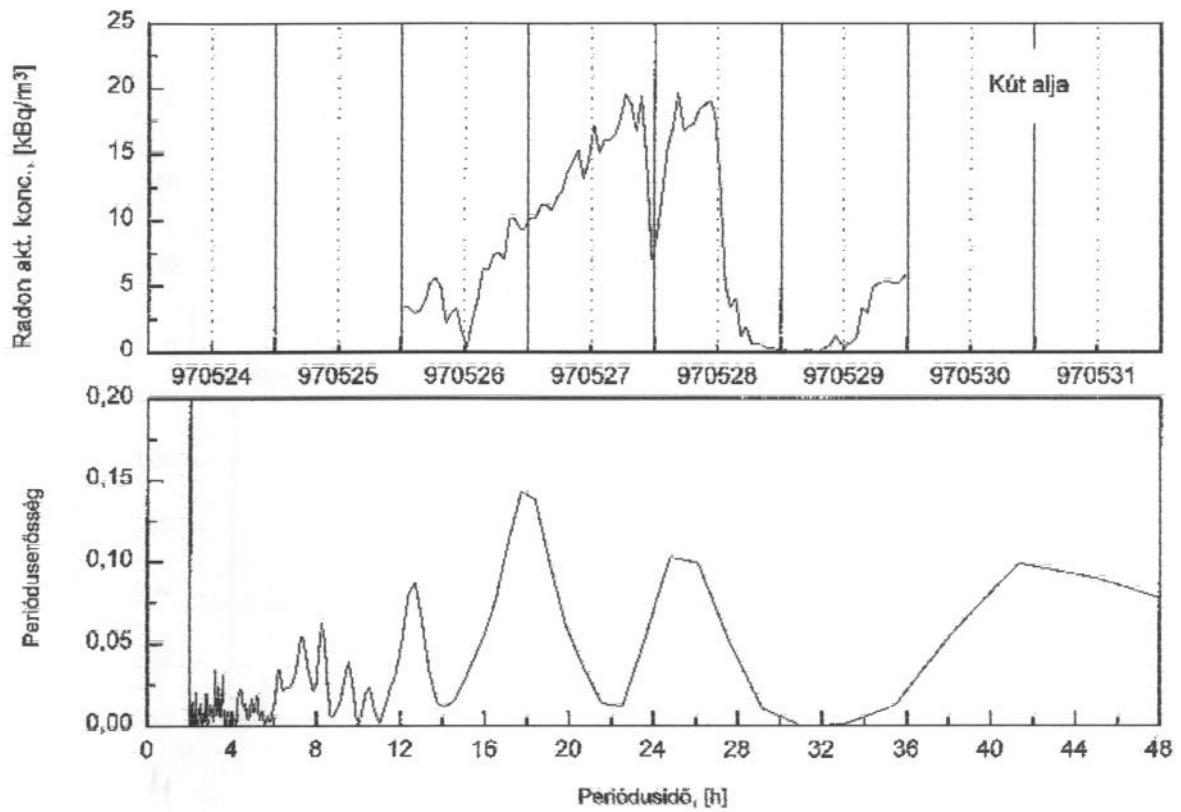
2. ábra



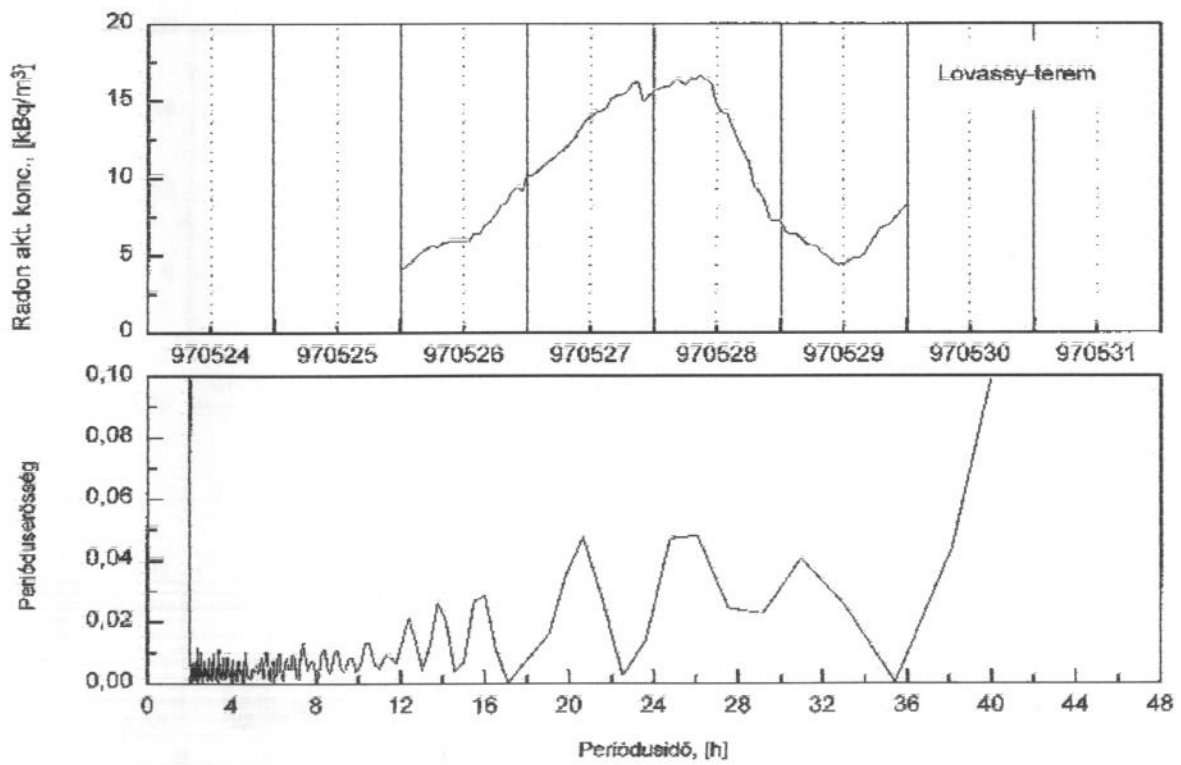
3. ábra



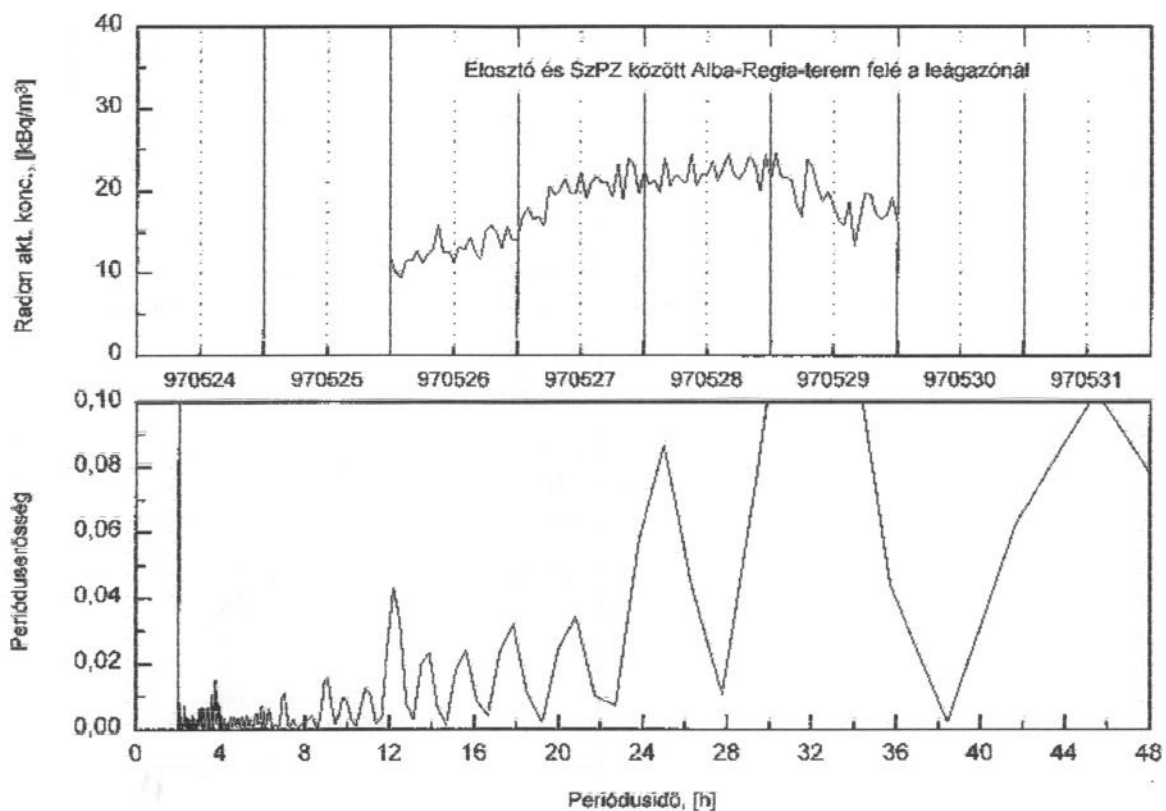
4. ábra



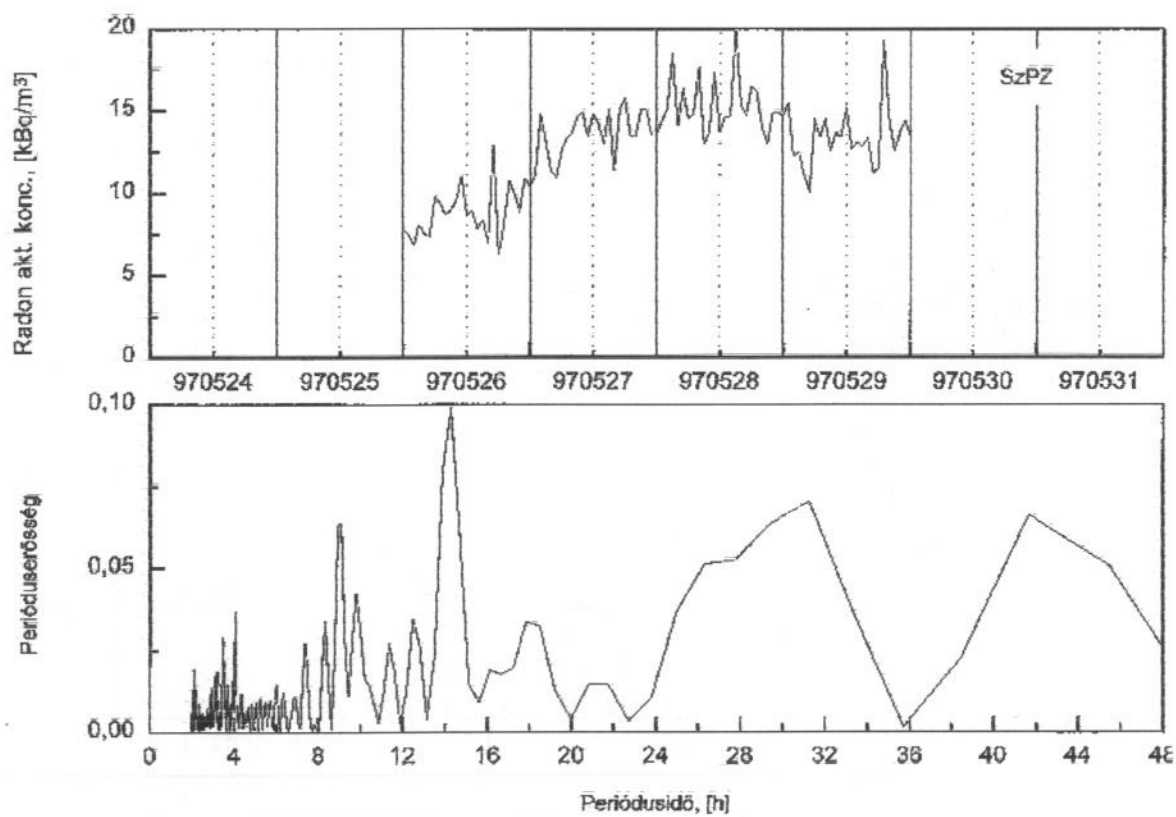
5. ábra



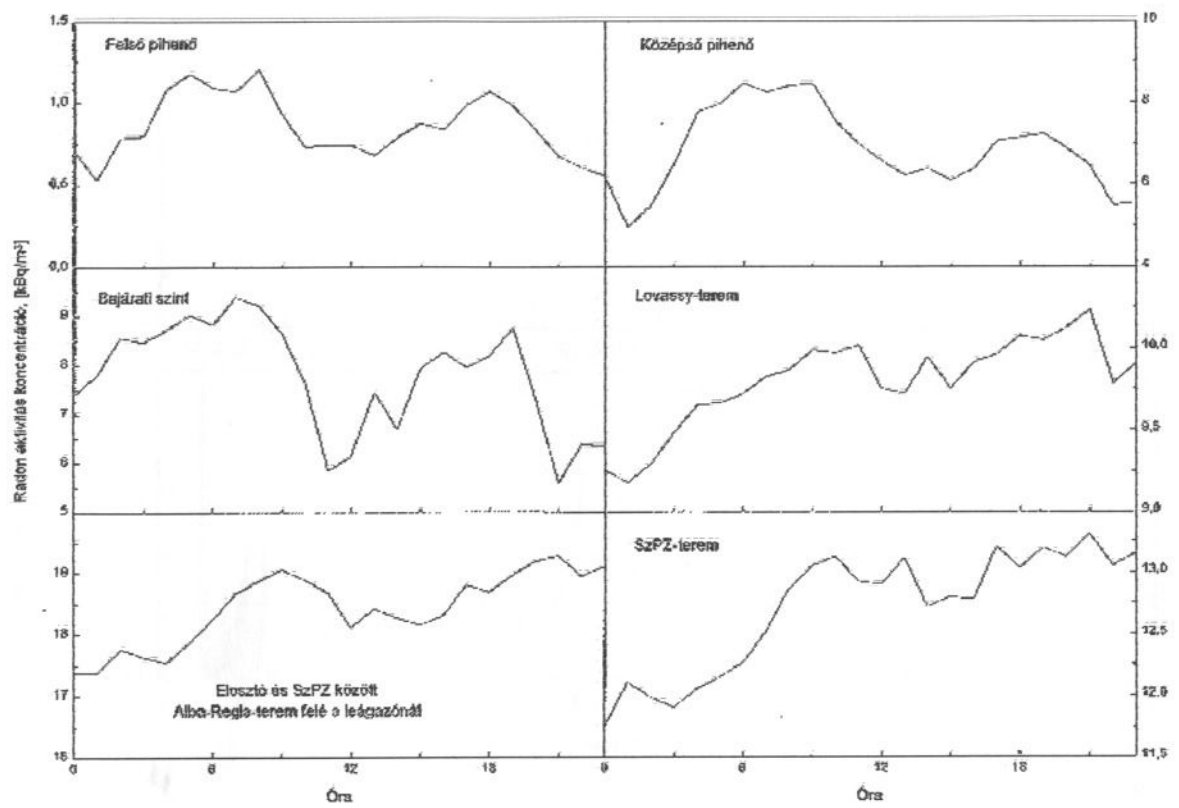
6. ábra



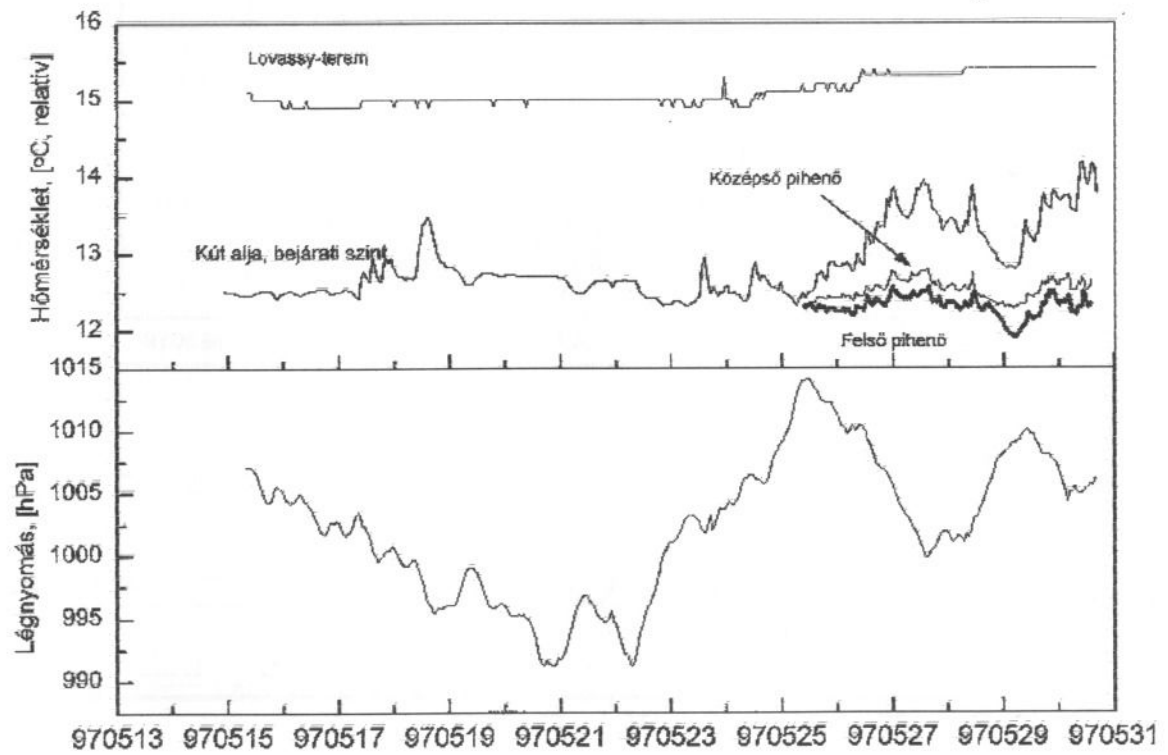
7. ábra



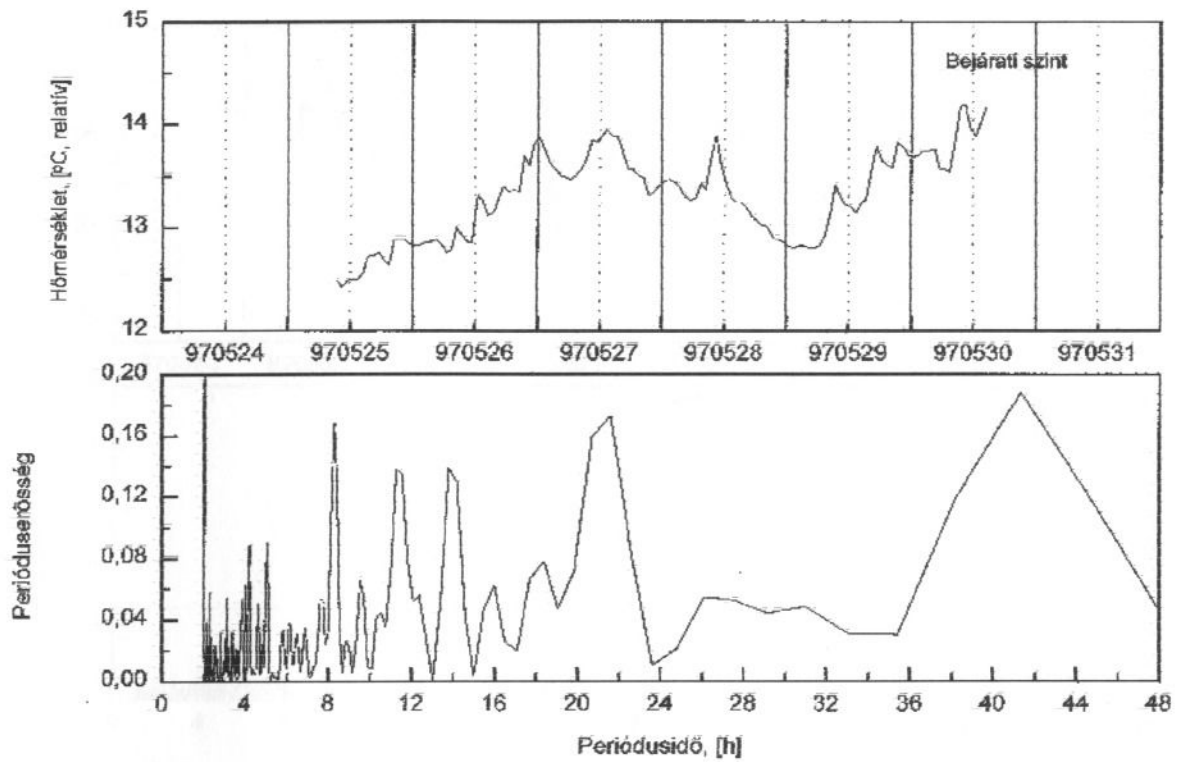
8. ábra



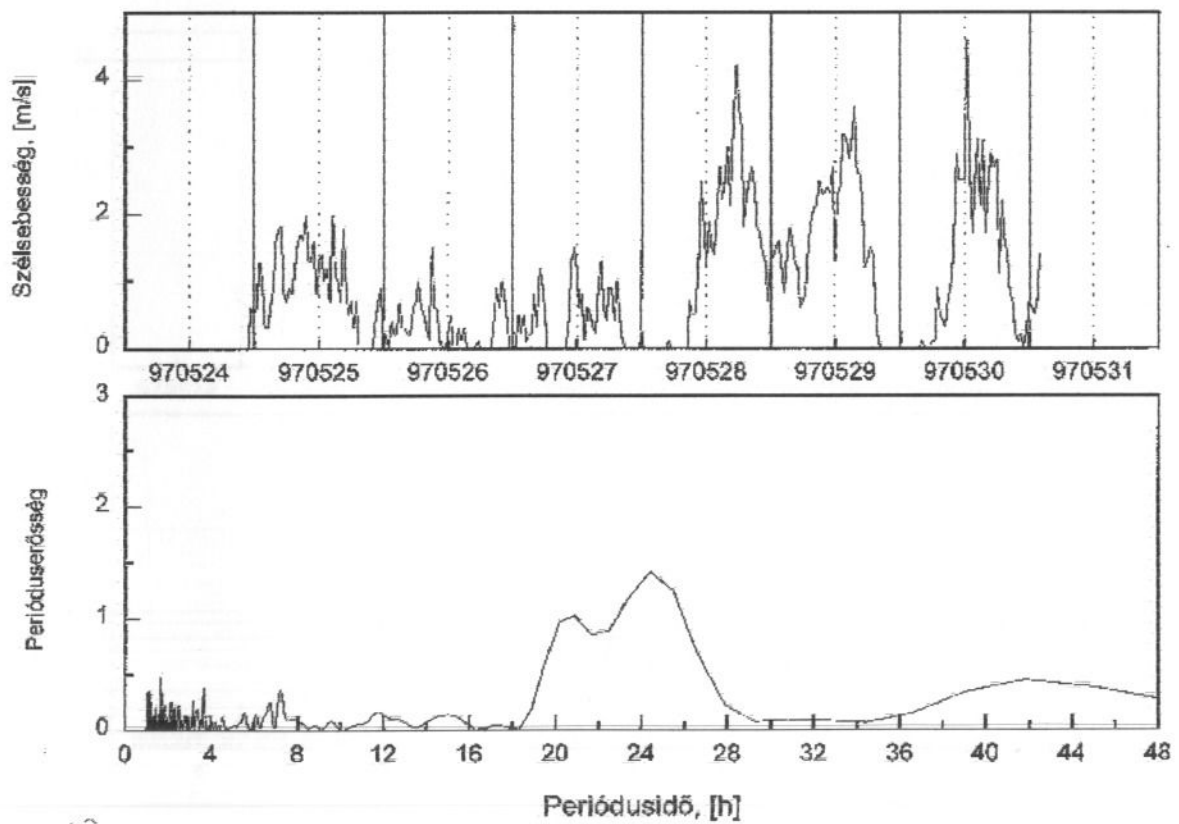
9. ábra



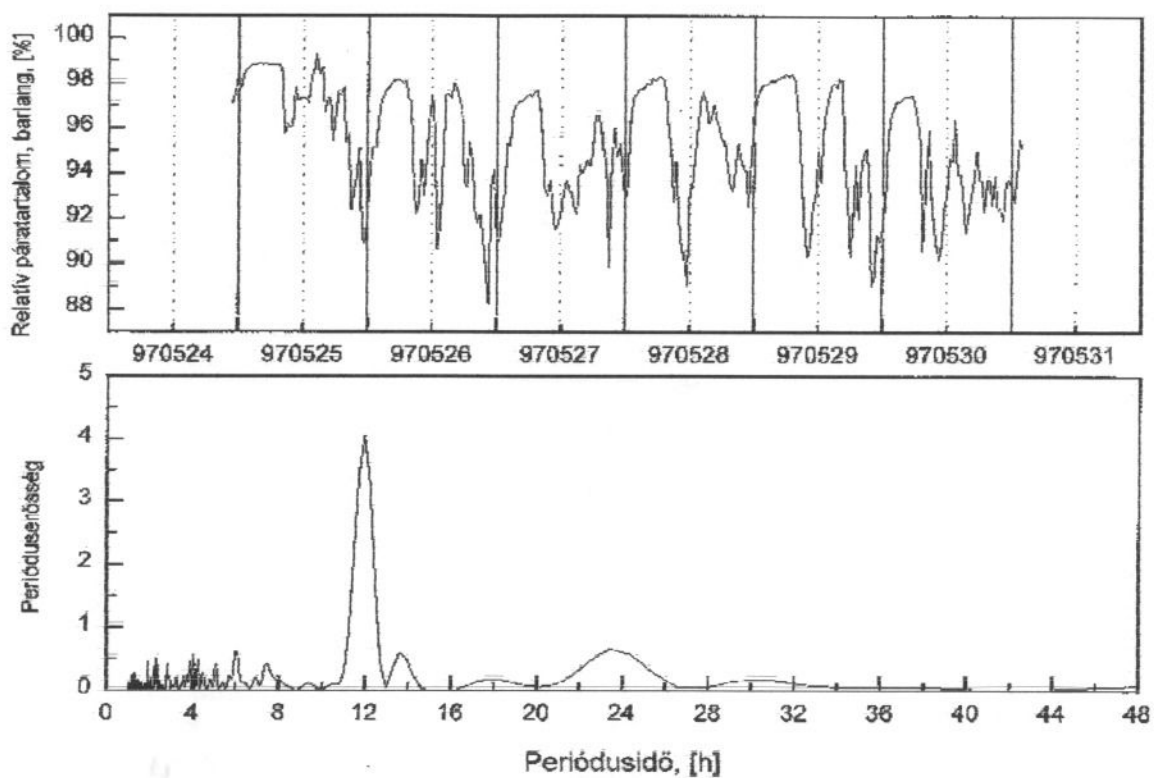
10. ábra



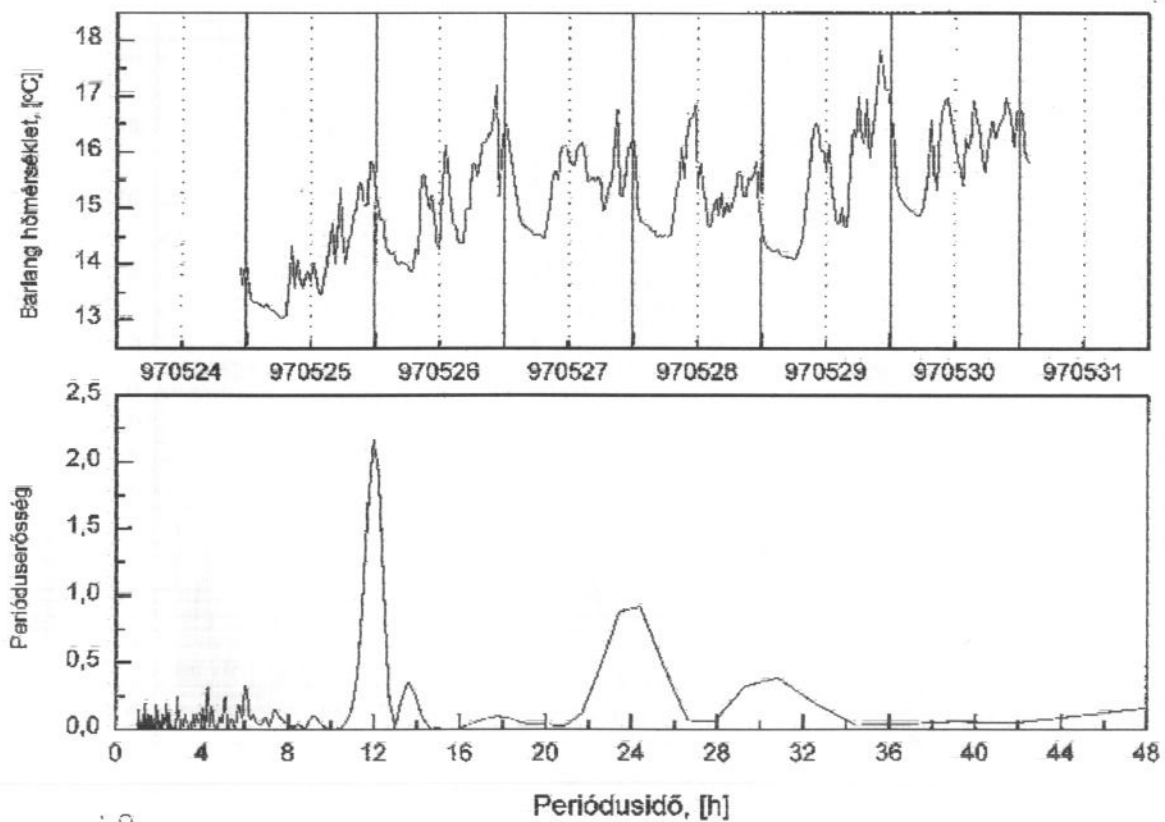
12. ábra



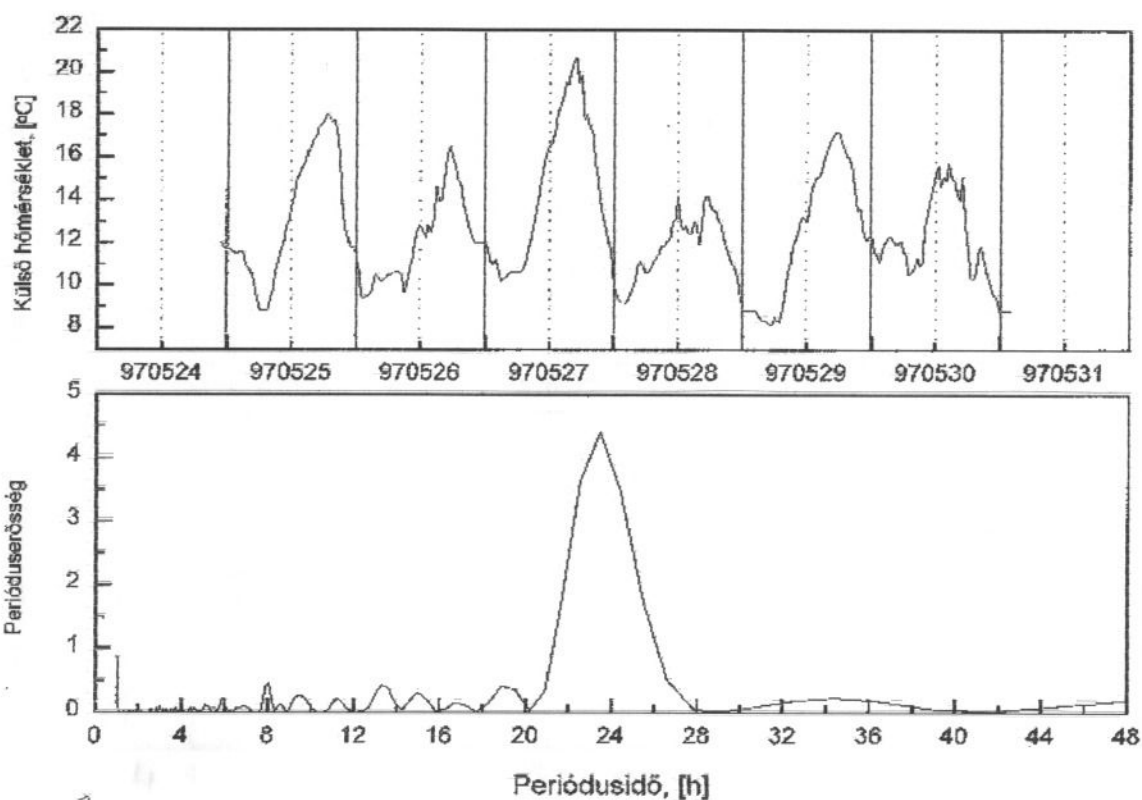
13. ábra



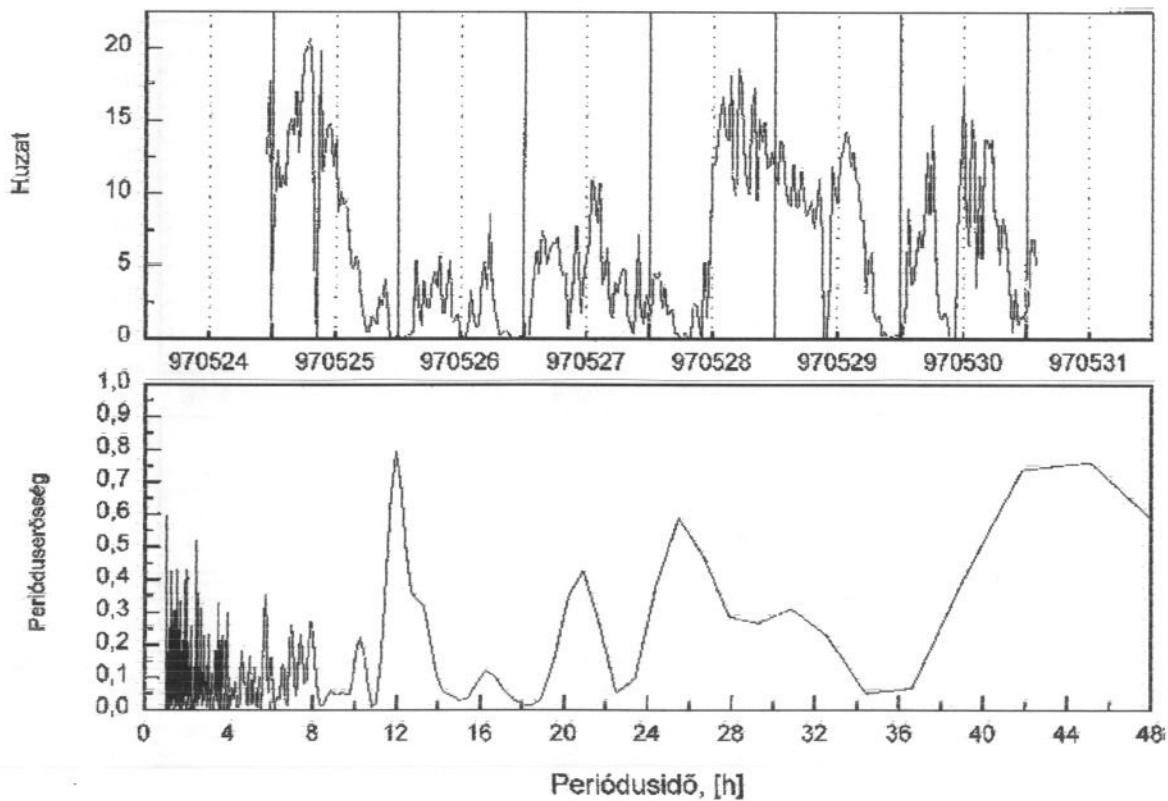
14. ábra



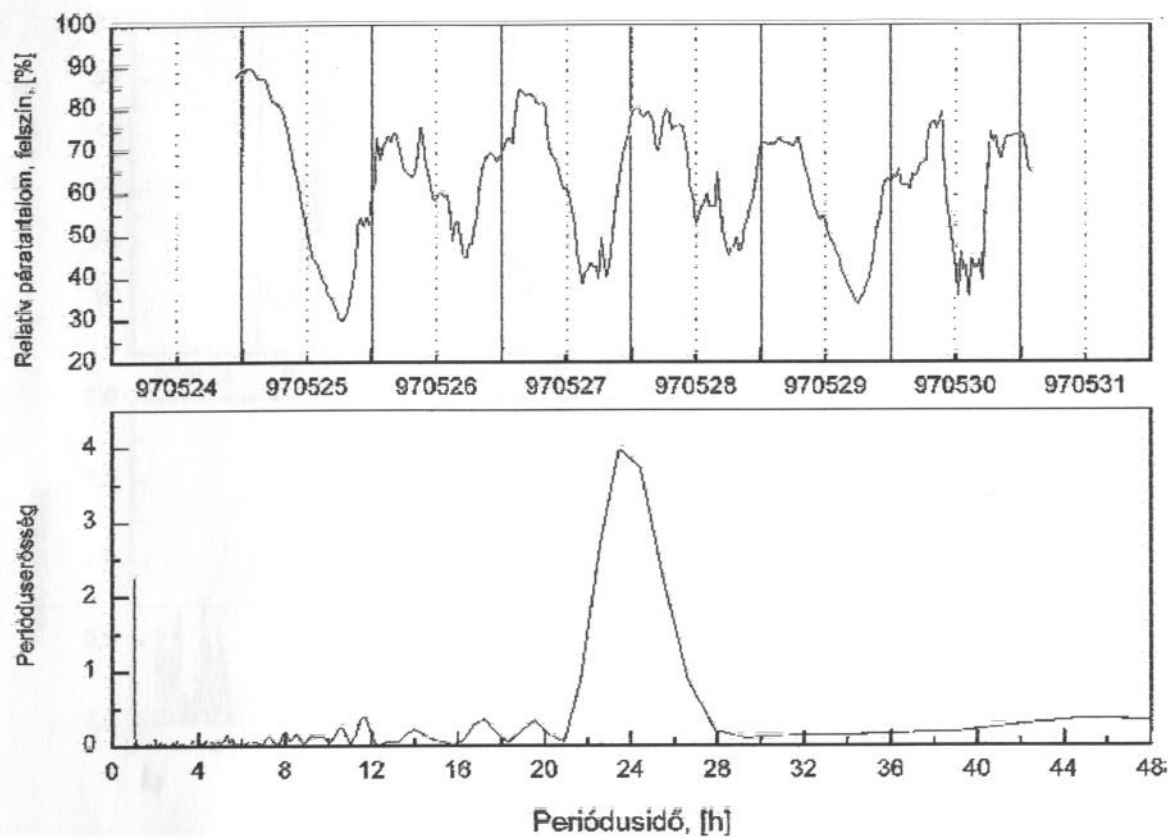
15. ábra



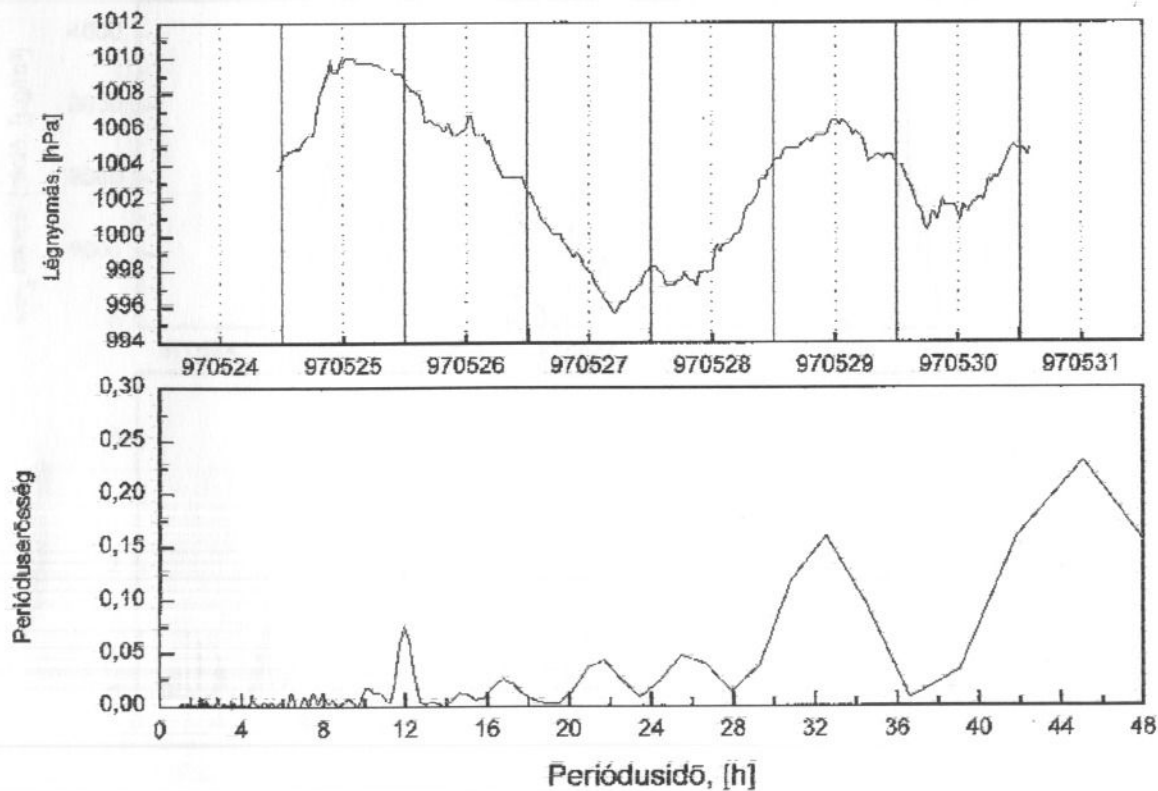
16. ábra



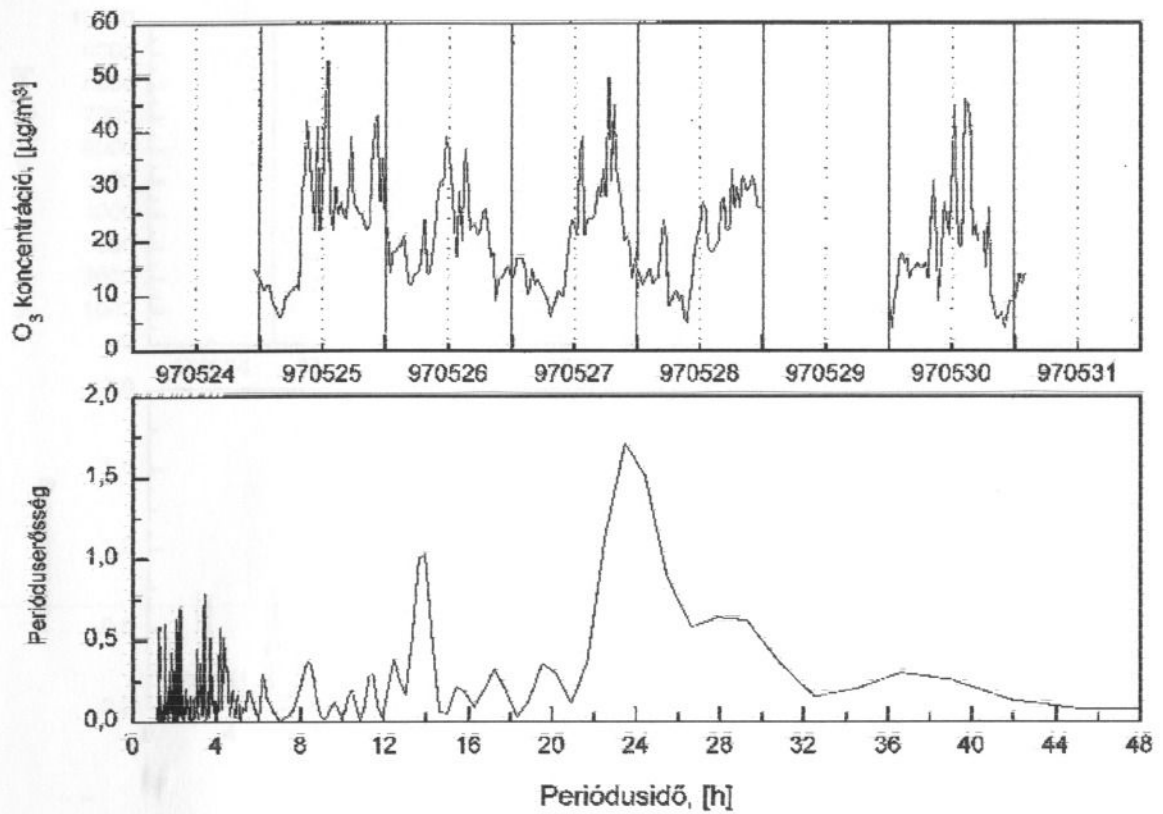
17. ábra



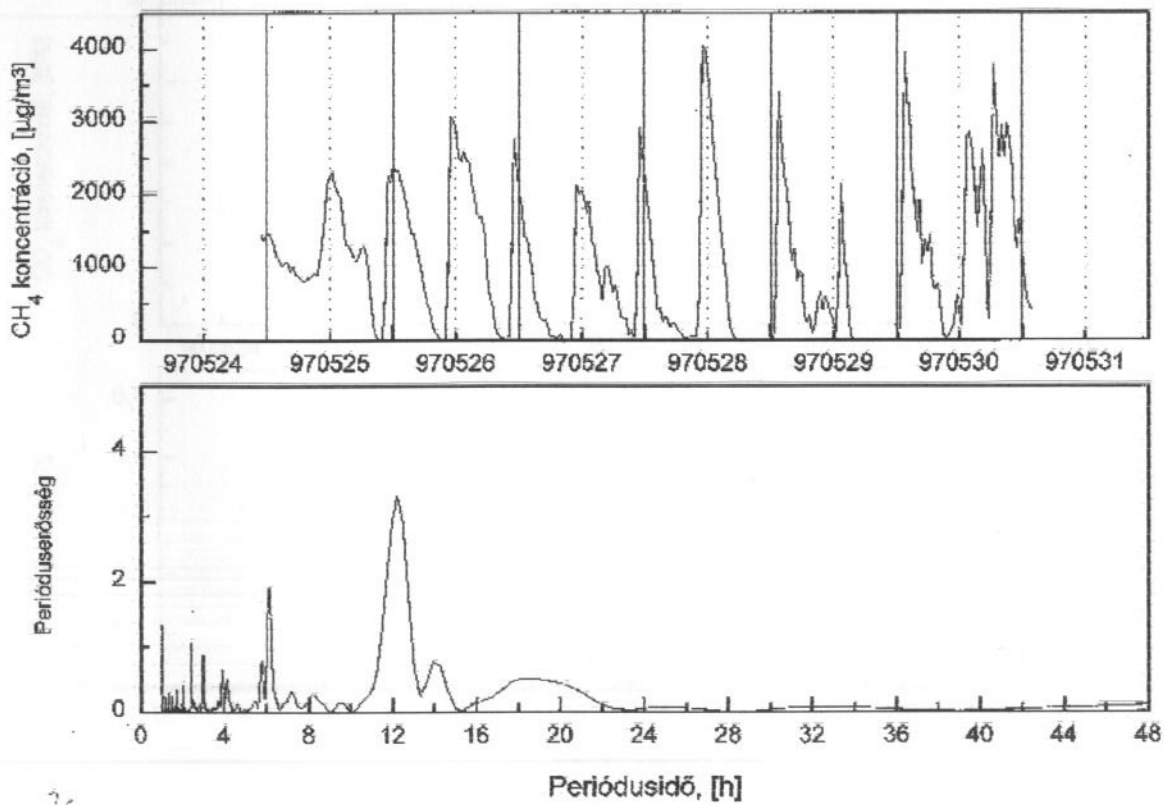
18. ábra



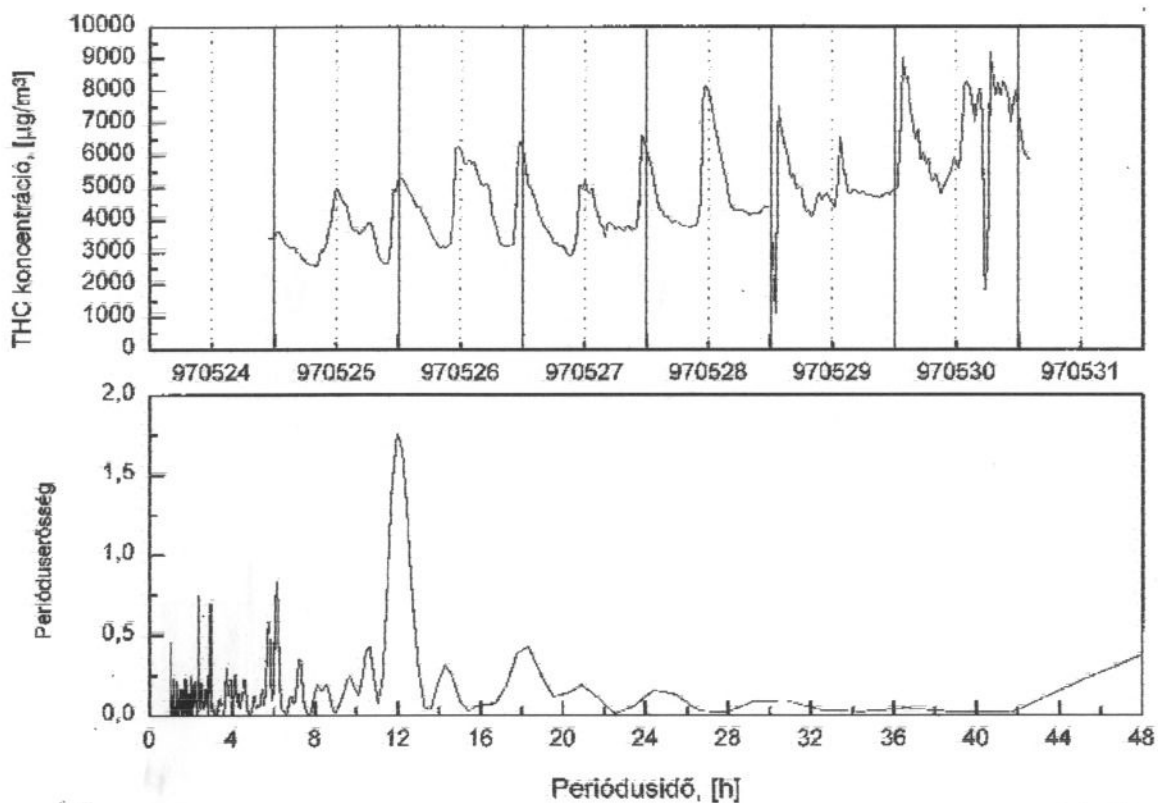
19. ábra



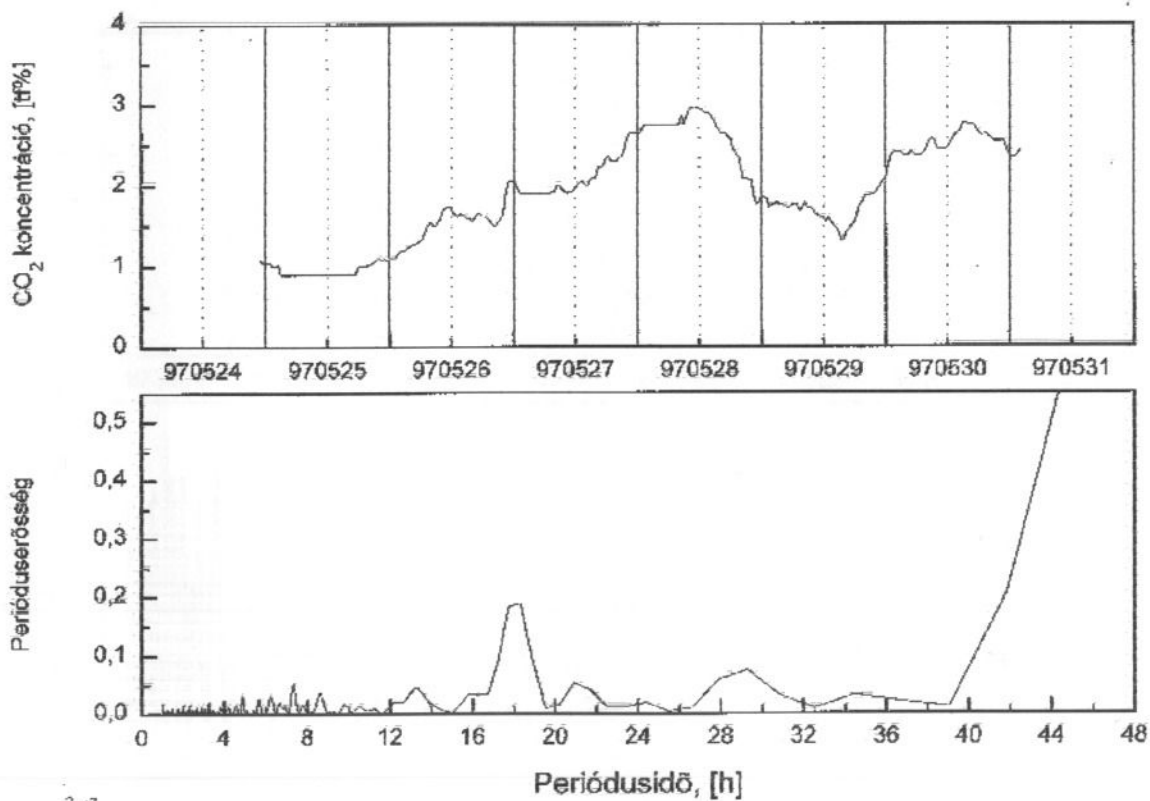
20. ábra



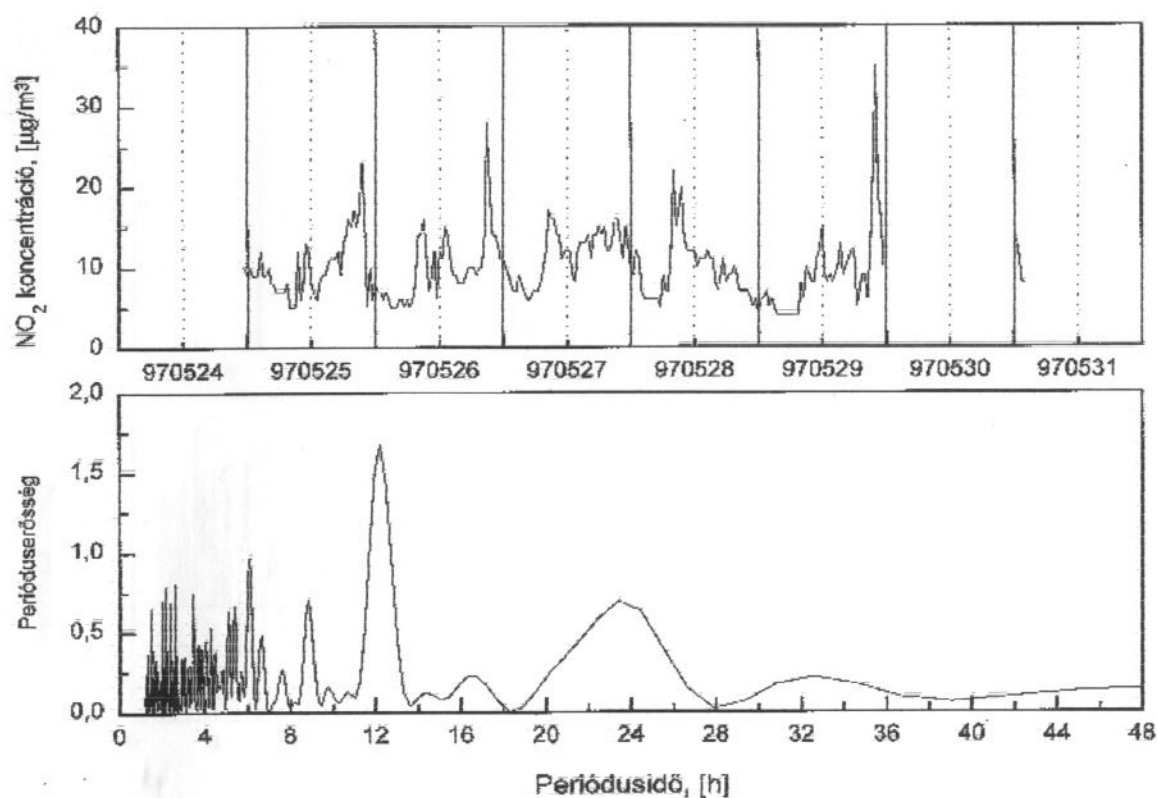
21. ábra



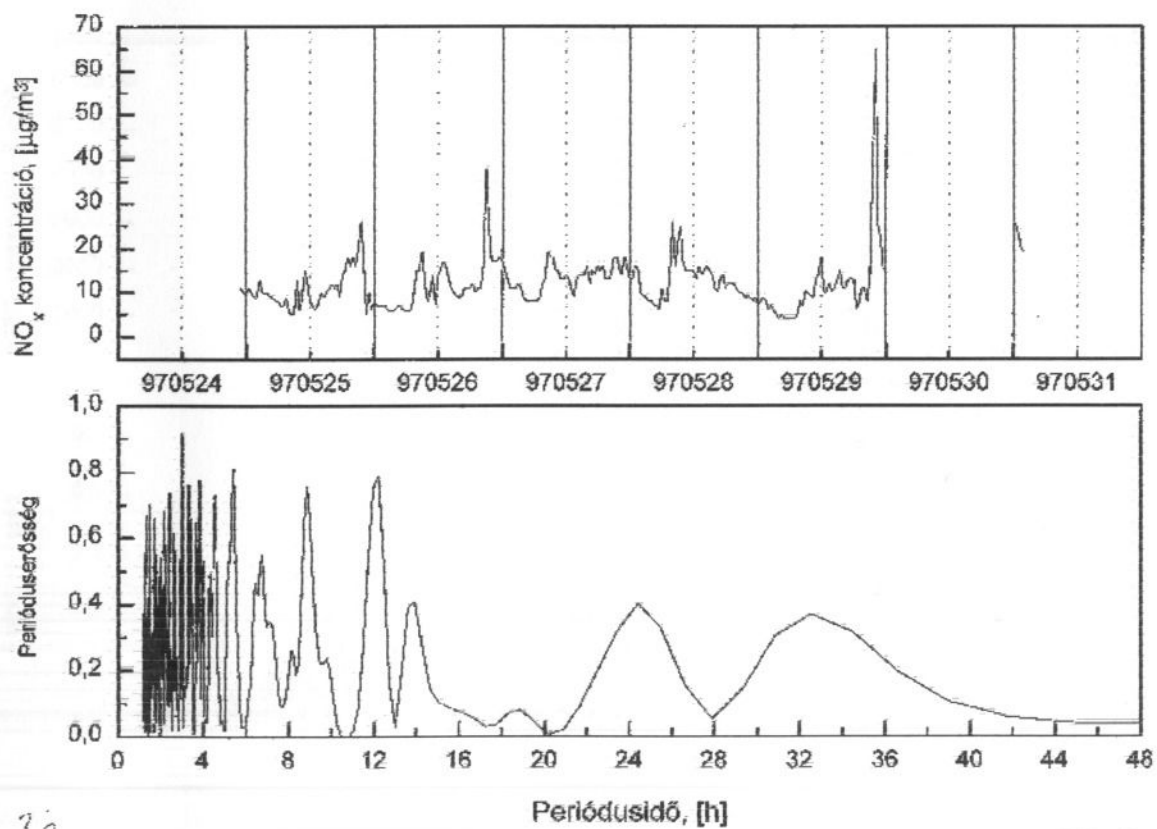
22. ábra



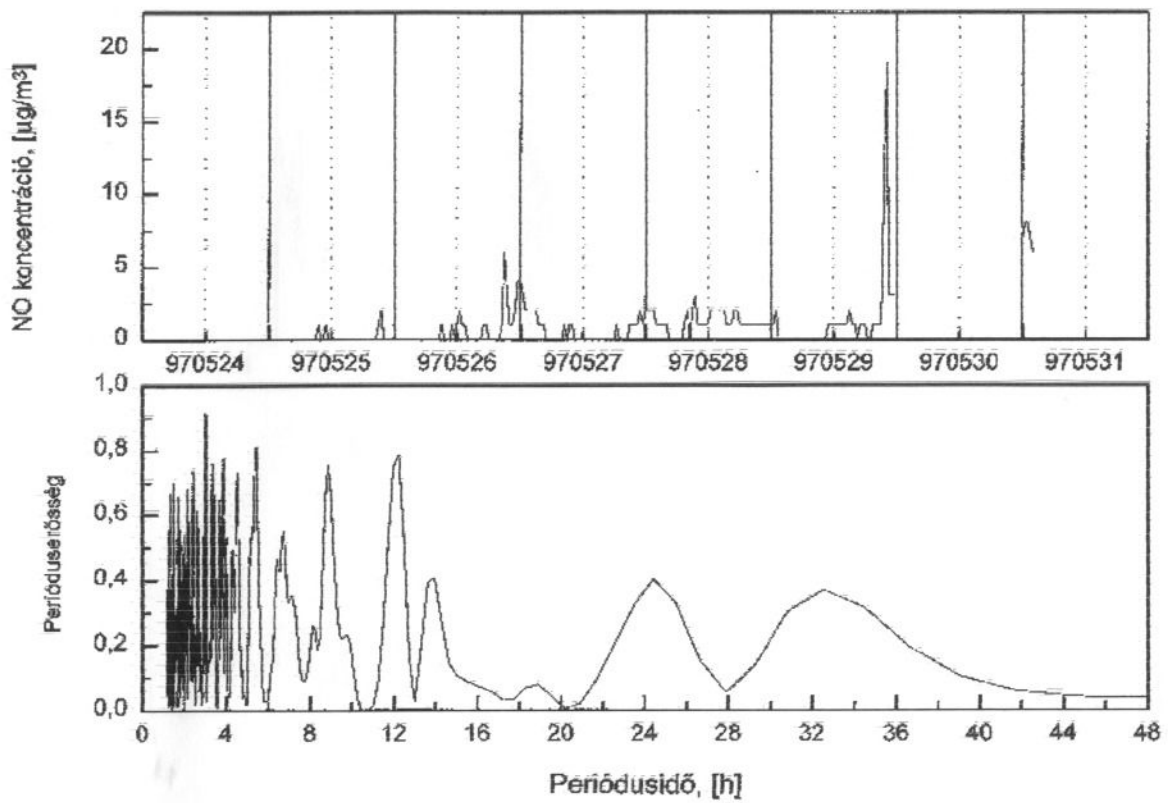
23. ábra



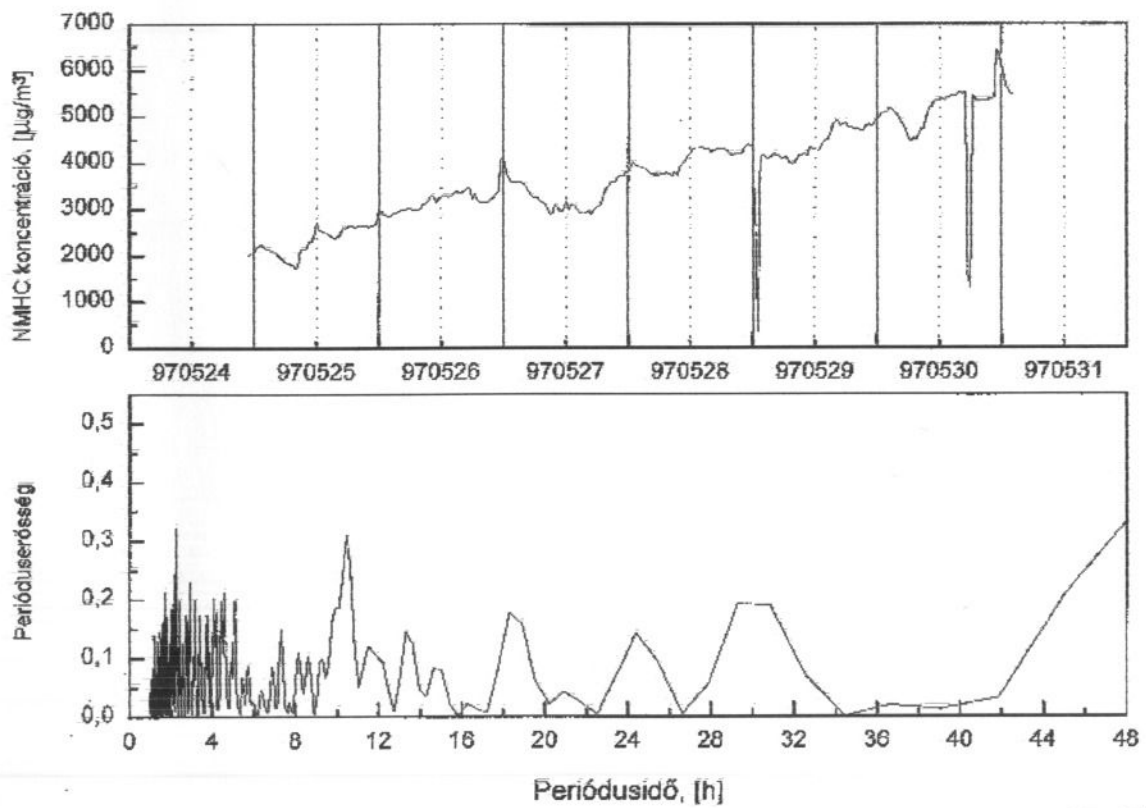
24. ábra



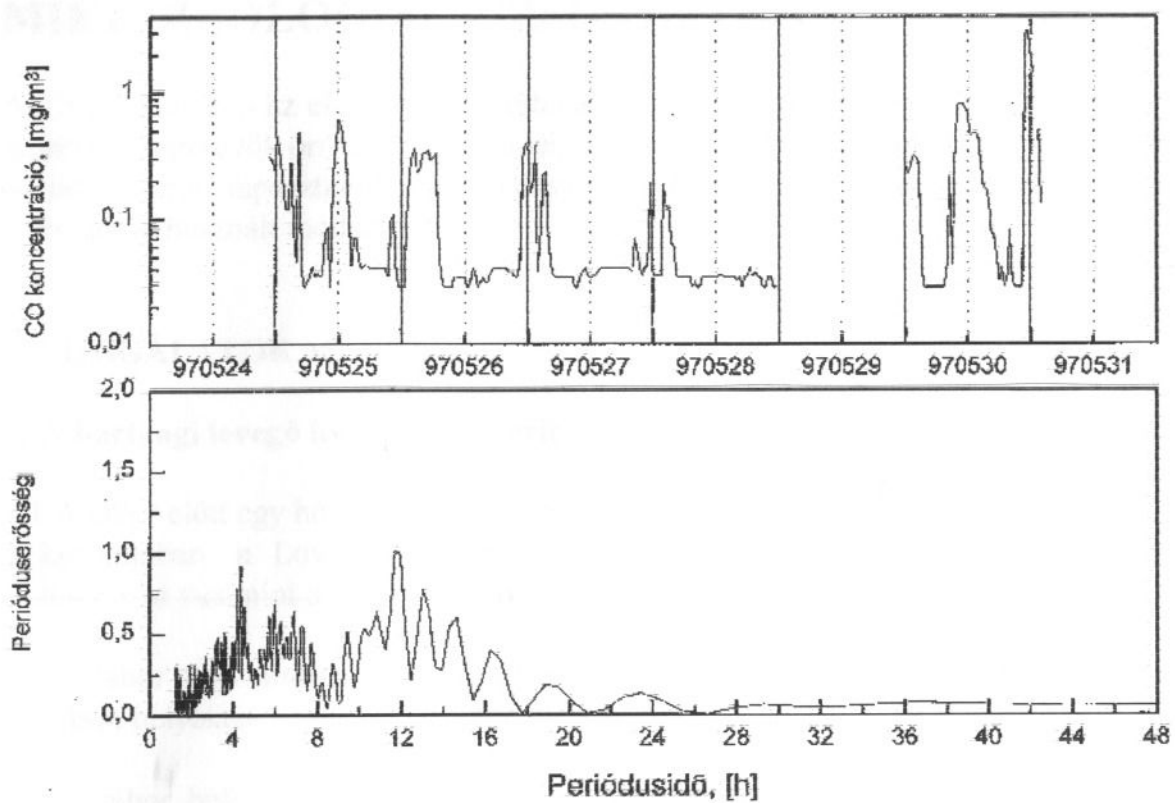
25. ábra



26. ábra



27. ábra



28. ábra

MIKROBIOLÓGIAI VIZSGÁLATOK

Az 1997-es évben az előző évi kutatótábor alkalmával végzett barlangi levegő, és a táborban résztvevők orr, és-torokváladékának vizsgálatát folytattuk. Célunk az 1996-os tábor során tapasztaltak kontrolálása volt. Módszereink megegyeztek a 96-os tábor során használt módszerekkel.

A VIZSGÁLATOK MENETE:

1. A barlangi levegő higiéniés-bakteriológiai vizsgálata:

- 1.1 A tábor előtt egy hónappal két-két mintavétel történt a felszínen, a kút szájánál, a kút aljában, a Lovassy-teremben, az Elosztóban, és alkalmanként a Toldy-teremben valamint a Szabó Pál Zoltán (SZPZ)-teremben.
- 1.2. A tábor alatt minden nap délelőtt, és este, műszak után történtek mintavételek a fenti helyeken.
- 1.3. A tábor befejezését követő második héten ismét mintavételezés történt ezen pontokon.

A levegőmintákat **BIOTEST RCS-Plus** centrifugális mikrobiológiai levegő mintavevő berendezéssel, **BIOTEST GK-A** össz-csíraszám meghatározásra, és **BIOTEST S** - *Staphylococcus* izolálásra és telepszám meghatározásra alkalmas táptalajcsíkokkal végeztük. A táptalajcsíkokat a felszínen, a barlang lejárattól 100 méterre lévő bázison berendezett laboratóriumban egy éjszakán át 37°C-on normál atmoszférában, majd további két napig szobahőmérsékleten incubáltuk. A további vizsgálatra érdemesnek tartott telepeket ezután véres agarra (V) szélesztettük, és néhány helyszínen elvégzett alapvető biokémiai vizsgálat (oxidáz-, kataláz-, coaguláz próba, japán Gram-próba, stb.) után ferde agaron ill. V agaron a „Johan Béla” Országos Közegészségügyi Intézet (mai nevén „Johan Béla” Országos Epidemiológiai Központ) Bakteriológiai Osztályára szállítottuk. A további azonosító vizsgálatokat itt végeztük.

Az előző évben e barlangban is kipróbált SARTORIUS MD 8-as levegő mintavevő berendezést kedvezőtlen tapasztalataink miatt a 97-es táborban nem használtuk.

Az előző tábor idején alkalmazott ülepitéses (szedimentációs) vizsgálatokat is elhagytuk, mert összehasonlítva a centrifugális mintavételi módszerrel, nem nyújtott több információt, viszont a Cserszegtomaji-kútbarlangban - a talaj jelentős „egyenetlensége” miatt - a Petri-csészék kihelyezése igen nehézkes.



BIOTEST RCS-Plus centrifugális levegőmintavevő berendezés

2. A résztvevők orr- és torok váladékának higiénés bakteriológiai vizsgálata:

- 2.1. A tábor előtt három alkalommal minden résztvevőtől Dr. Laczkovits Gabriella gégetamponos orr és torokváladék mintát vett, melyet 2 órán belül véres, csokoládé és vancomycines csokoládé agarra dolgoztunk fel. A minták feldolgozását, értékelését az Országos Korányi TBC és Pulmonológiai Intézet Diagnosztikai Osztálya Általános Bakteriológiai Laboratóriumában végeztük.
- 2.2. A tábor alatt mind a barlangban lent tartózkodóktól, mind a felszíni csoport tagjaitól minden nap, reggel, az orvosi vizsgálat végeztével, reggeli előtt szintén vettünk orr- és torokváladék mintákat. A levett vizsgálati anyagokat a bázison berendezett alkalmi mikrobiológiai laboratóriumban dolgoztuk fel a fenti táptalajokra. A kórokozó-gyanús telepeket szélesztettük, a helyszínen elvégzett minimális biokémiai vizsgálat elvégzése után pedig a „Johan Béla” Országos Közegészségügyi Intézet Bakteriológiai Osztályára szállítottuk. A további azonosító vizsgálatokat, antibiotikum-érzékenységi vizsgálatokat, itt végeztük el.
- 2.3. A tábor befejezése után ismét három alkalommal történt mintavétel a 2.1. pontban leírtak szerint.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK:

1. A barlangi levegő bakteriológiai vizsgálatának eredményei:

Az 1996-os tábor során a barlangi klíma a magas széndioxid koncentráció miatt elég extrém volt. A felszíni levegő gyakorlatilag nem jutott be a barlangba; az expedíció egy hete alatt végig a belső járatok felől áramlott kifelé a széndioxidban, - és az 1997.-évi mérések alapján joggal feltételezhetően - metánban a felszíninél jóval dúsabb levegő. Az 1996-os tábor során azt tapasztaltuk, hogy a tíz állandóan lent tartózkodó barlangász jelenléte ellenére a tábor ideje alatt a kút aljában és a

táborhelyen a Lovassy-teremben a barlangi levegő mezofil aerob összbaktérium-száma folyamatosan csökkent. Ebből arra a következtetésre jutottunk, hogy a mikrobák, melyeket kimutattunk a felszínről, a barlang egyetlen jelenleg ismert bejáratán keresztül jutnak a barlangba. A barlang fedőjében víz- és légzáró közetréteg található. E közetekben nincsenek olyan repedésrendszerek, melyeken keresztül a barlangi levegő a felszínivel keveredhetne. Ezt támasztják alá a két tábor során végzett pollen kimutatási próbálkozásaink is.

Az 1997-es tábor során a felszíni meteorológiai viszonyok olyanok voltak, hogy a tábor alatt végig befelé, a barlangba húzó légáramlás volt, így tiszta (széndioxidban, metánban szegény, de mikroorganizmusokban gazdagabb) levegő áramlott le a kútaknál keresztül a barlangba. Ennek eredményeképpen a tábor alatt a mérési pontjainkon a baktériumszám nem csökkent, mindig állandó szinten maradt.

A barlangi levegőből kórokozó baktériumot kimutatni egyetlen esetben sem tudtunk.

A barlangi levegőből legnagyobb számban a *Bacillus* nemzetség tagjai, *B. cereus*, *B. subtilis* és *B. circulans* (az izolátumok 31%-a) valamint micrococcusok (18%), és coaguláz-negatív staphylococcusok, *S. epidermidis*, és *S. saprophyticus*(39%) tényeztek ki. A többi izolátum azonosítása még folyamatban van.

A telepkepző egységek(CFU) átlagos száma/50 l levegő

	Tábor előtt		Tábor alatt							Tábor után	
	1	2	1	2	3	4	5	6	7	1	2
Felszín	43	58	42	34	65	72	63	58	34	66	49
Kút alja	34	56	38	34	55	56	60	45	55	34	57
Lovassy-terem	23	12	102	56	64	50	57	35	45	29	46
Elosztó	12	9	56	34	33	31	40	36	23	20	25
Sz.P.Z-terem	5	7	12	9	4	3	10	12	5	5	8
Toldy-terem	11	14	13	12	10	6	8	10	10	10	8

Az eddig identifikált baktériumtörzsek az alábbiak:

<i>Alcaligenes sp</i>	<i>Bacillus cereus</i>
<i>Alcaligenes faecalis</i>	<i>Bacillus subtilis</i>
<i>Aeromonas sp.</i>	<i>Bacillus circulans</i>
<i>Aerococcus viridans</i>	<i>Bacillus macerans</i>
<i>Flavobacterium sp.</i>	<i>Chromobacterium violaceum</i>
<i>Nocardia sp.</i>	<i>Staphylococcus epidermidis</i>
<i>Micrococcus sp.</i>	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>
<i>Micrococcus luteus</i>	<i>Staphylococcus haemolyticus</i>
<i>Kochuria sp. (syn: Micrococcus)</i>	<i>Staphylococcus hominis</i>
<i>Bacillus subtilis</i>	

2. A résztvevők orr- és torokváladékának bakteriológiai vizsgálata

Az előző évben a tábor előtt végzett vizsgálatok eredményei minden résztvevőnél negatívak voltak. A tábor vége felé a lentr tartózkodók nagy részénél azonban *Staphylococcus aureus*-t és *Haemophilus influenzae*-t izoláltunk. (A fenti csoport negatív volt.) Az utólag elvégzett antibiotikum-érzékenységi vizsgálatok és a fágtypizálás egyértelműen arra utalt, hogy a barlangászok nem egymást fertőzték, hanem saját, addig tünetmentesen hordozott *S. aureus* és *H. influenzae* törzseik szaporodtak fel - legalább a kimutathatóság szintjéig - az extrém klimatikus körülmények között (magas CO₂ tartalom!).

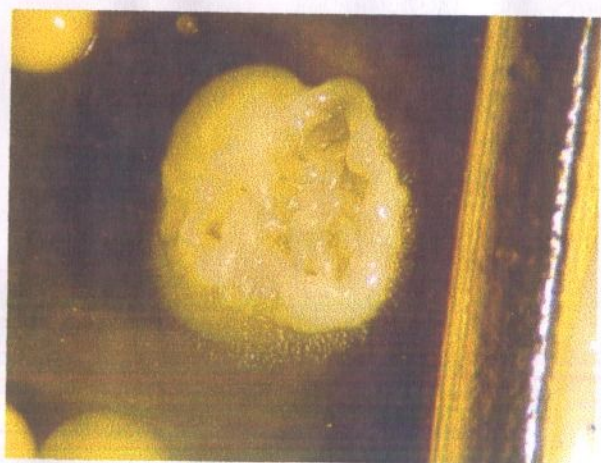
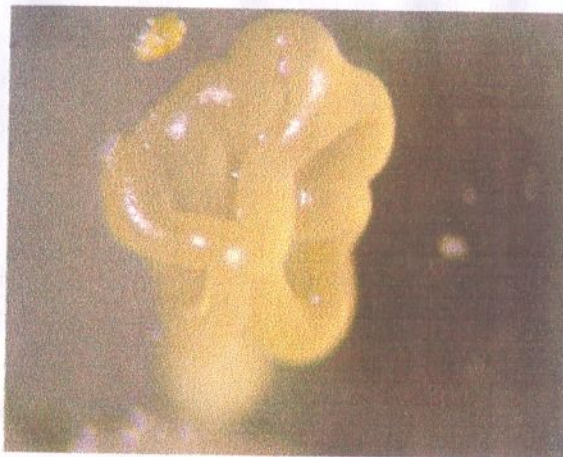
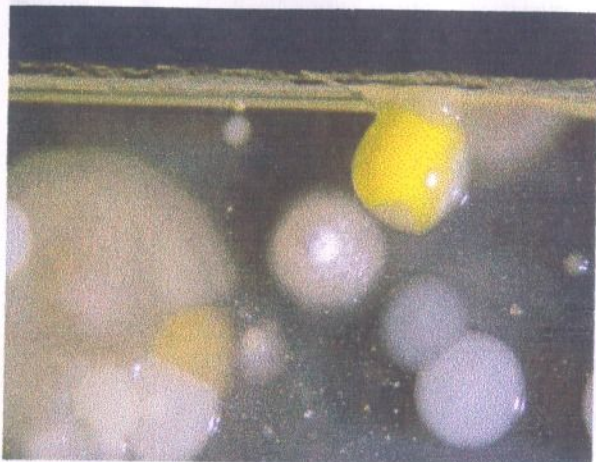
A barlangi levegőben sem szedimentációs, sem centrifugális mintavételi módszerrel nem lehetett ezen baktériumokat kimutatni.

A 97-es tábor előtt három alkalommal történt mintavétel. Ez alkalommal, ha lehet, még alaposabban vizsgáltuk a mintákat. Néhány esetben sikerült mindkét csoport tagjainak torokváladékából *Moraxella(Branchamella) catarrhalis*-t izolálni, de más kórokozót nem találtunk. Az orrváladékok döntő többsége sterilnek bizonyult. Mind a fenti, mind a lentr tartózkodók végig a tábor alatt negatívak voltak. A barlangi levegő összetétele e tábor alatt, mint azt már több helyen is írtuk, lényegesen eltért az 1996-os esztendeitől. A levegő ez évi gázösszetétele lényegesen kevésbé volt szélsőséges, jobban hasonlított a felszíni levegő összetételére, ezért eredményeink nem voltak meglepőek, és az előző tábor eredményeiből alkotott véleményünket támasztották alá.

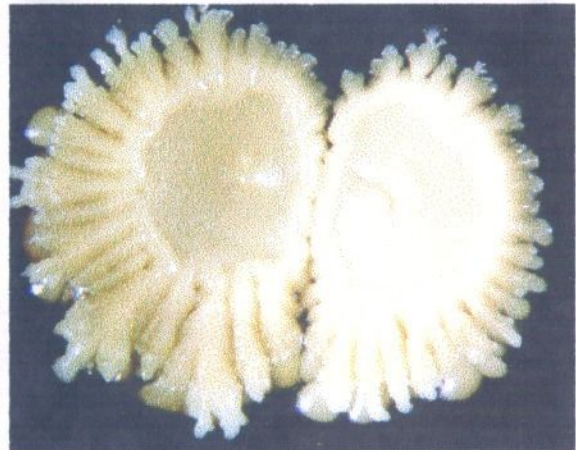
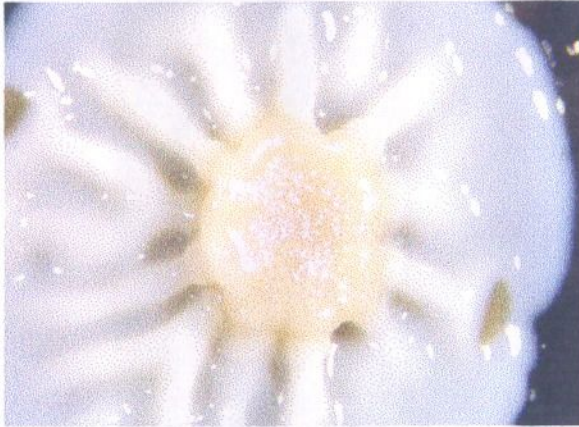
A laboratóriumi vizsgálatokban közreműködtek:

Bognárné Senoner Zsuzsanna	ANTEUS Mikrobiológiai Barlangkutató Csoport
Hadamcsikné Nagy-Zombori Judit	ANTEUS Mikrobiológiai Barlangkutató Csoport
Hadamcsik Zoltán	ANTEUS Mikrobiológiai Barlangkutató Csoport
Nagy Zsuzsanna	ANTEUS Mikrobiológiai Barlangkutató Csoport
Filvig Emese	ANTEUS Mikrobiológiai Barlangkutató Csoport
Dr. Tóth Judit	Országos Barlangi Mentőszolgálat

Baktériumtelepek GK-A táptalajcsíkon, RCS-Plus mintavevővel történt mintavétel után



Levegőből izolált baktérium telepek véres agaron

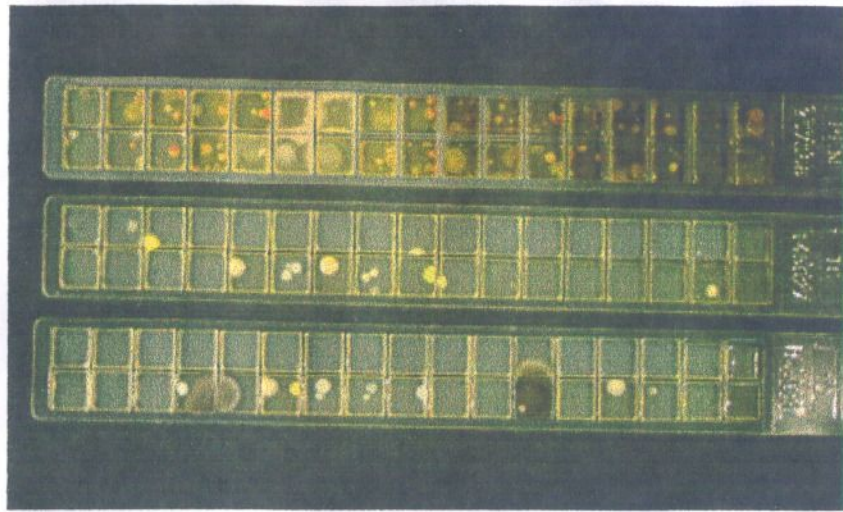




Torokváladék vétele ...



... és bakteriológiai vizsgálata a bázistáborban



GK-A-táptalajcsíkok a kitenyésztett baktériumokkal



Baktériumok izolálása GK-A-csíkról



Torokváladék feldolgozása



Torokváladékból kitenyésztett baktériumok csokoládé-agaron

ÉLETTANI VIZSGÁLATOK

1. A VIZSGÁLATOK CÉLJA

A barlangi klíma több szempontból is eltér az ember által megszokott környezettől. Az alacsonyabb hőmérséklet (átlag 10°C) mellett a magas páratartalom (95-100%) hosszabb időbehátás esetén jelentős élettani változásokhoz vezet. A cserszegtomaji Kútbarlang esetén ezekhez a változásokhoz hozzáadódnak a barlang magas CO₂ koncentrációja által okozott hatások is. Vizsgálataink során arra kerestünk választ, hogy milyen élettani paraméterekben találunk eltéréseket mind a kontroll-csoporttal, mind pedig a normál értékekkel összehasonlítva, illetve ezek az eltérések milyen összefüggést mutatnak a barlang CO₂ koncentrációjának változásával.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatban összesen 21 fő vett részt, 10-en a barlangi csoportot, 11-en pedig a felszíni kontroll-csoportot alkották.

A tábor előtt és után teljes laborvizsgálat (vérkép, ionok, GOT, GPT, LDH, γ GT, KN, kreatinin, SeFe, SeBi, TVK, teljes vizelet) történt, a légzésfunkciós vizsgálatot (peak flow meter) a tábor megkezdése előtt indítottuk és a tábor zárása után 1 hétig folytattuk.

A tábor ideje alatt naponta mért adatok:

vegetatív paraméterek:

vényomás,
testhőmérséklet,
szívfrekvencia,
vizeletmennyiség,
bevitt folyadék mennyisége;

laborvizsgálatok (a Keszthelyi Kórház laboratóriumában történtek vénás vérből):

glukóz
ionok (Na, K, Ca, Mg)
enzimek (LDH, CPK)

vizelet (tesztcsikkal a helyszínen néztük):

haemoglobin,
vörösvértest,

fehérvérsejt,
 cukor,
 aceton,
 UBG,
 bilirubin,
 fajsúly;

vérgazanalízis (RADELKIS-vérgázanalizátorral, arterializált kapilláris vérből, telepített műszerrel a helyszínen végeztük):

pCO₂,
 pO₂,
 O₂sat,
 pH,
 BE,
 EBE,
 BB,
 SB,
 BIC

3. ERDEMÉNYEK

3.1. Kezdeti és záró laborvizsgálatok

A tábor elején és végén végzett teljes laborvizsgálat eredményei nem mutattak jelentős eltérést a barlangi és a felszíni csoport között, egyik vizsgált paraméterben sem. Ez azt jelzi, hogy a tábor ideje alatt észlelt változások - egészséges vizsgálati alanyokról lévén szó - a szervezet gyors alkalmazkodó képességének köszönhetően az extrém körülmények megszűntével normalizálódtak.

3.2. A tábor ideje alatt vizsgált paraméterek

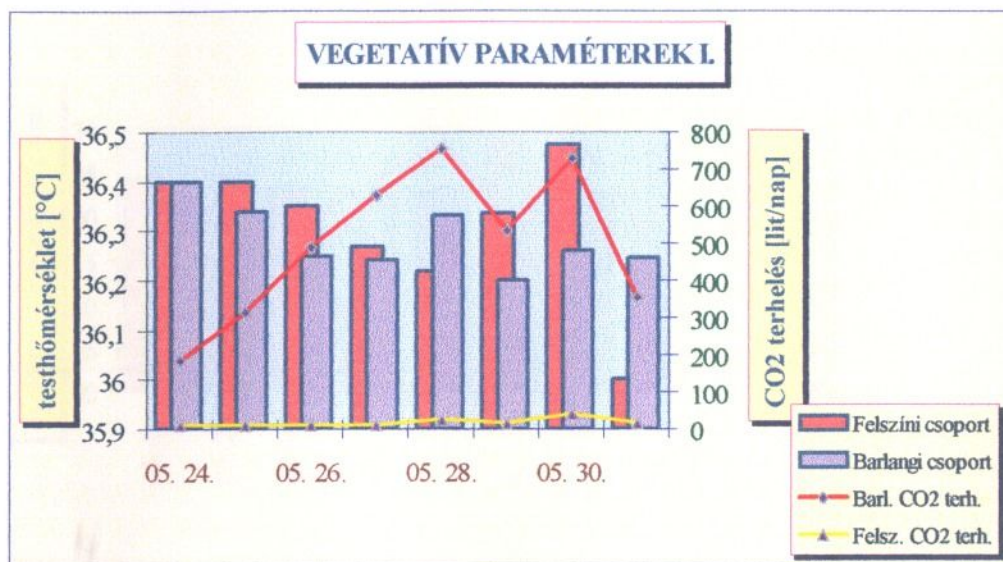
A barlangban észlelt magas CO₂ koncentráció az élettani paramétereket is jelentősen befolyásolta, ezért a kiértékelés során a CO₂ terhelést is feltüntettük (ez alatt 20 l/min-es átlagos légzésvolumennel számolva a napi belélegzett CO₂ literben kifejezett mennyiségét értve). Bár ez korántsem pontos érték, a változások dinamikáját, valamint a két csoport, a barlangi és felszíni csoport CO₂ terhelése közötti nagyságrendbeli különbséget jól mutatja.

3.2.1. A vegetatív paraméterekben bekövetkezett változások

Mivel a tábor ideje alatt a felszínen is elég alacsony volt a levegő hőmérséklete, a barlangi csoportnál mért testhőmérséketek nem tértek el jelentősen a kontroll-csoportnál észlelhetőtől (1.1 ábra). A barlangi csoportnál megfigyelhető, hogy a

testhőmérséklet lassú csökkenés után követni kezdte a CO₂ terhelés változásait. Ez részben annak tulajdonítható, hogy a CO₂ - direkt értágító hatása mellett - a szimpatikus tónus fokozásán keresztül adrenalin-, és noradrenalin-szint növekedést okoz, mely a perifériás erekben erőteljes vasoconstrictiohoz vezet.

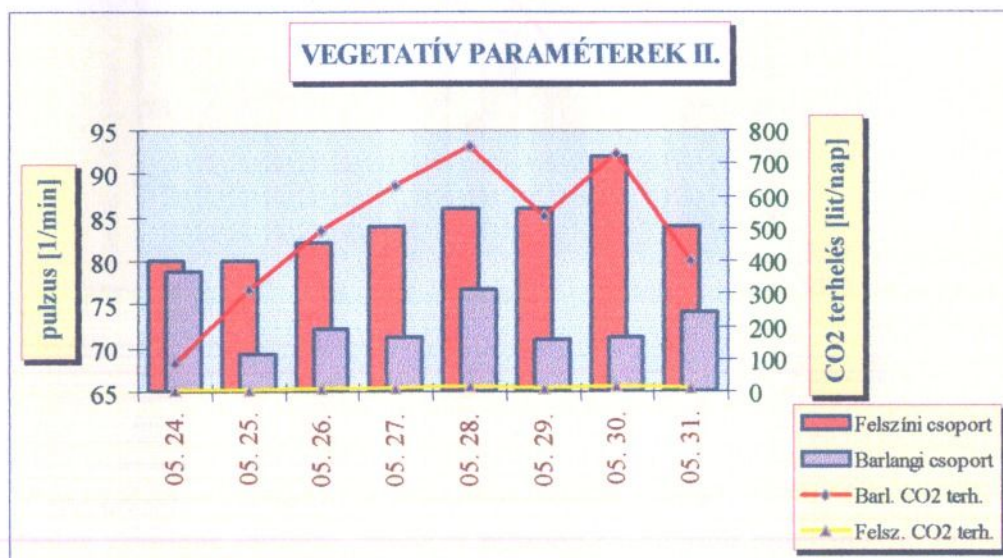
A testhőmérséklet változása



1.1. ábra

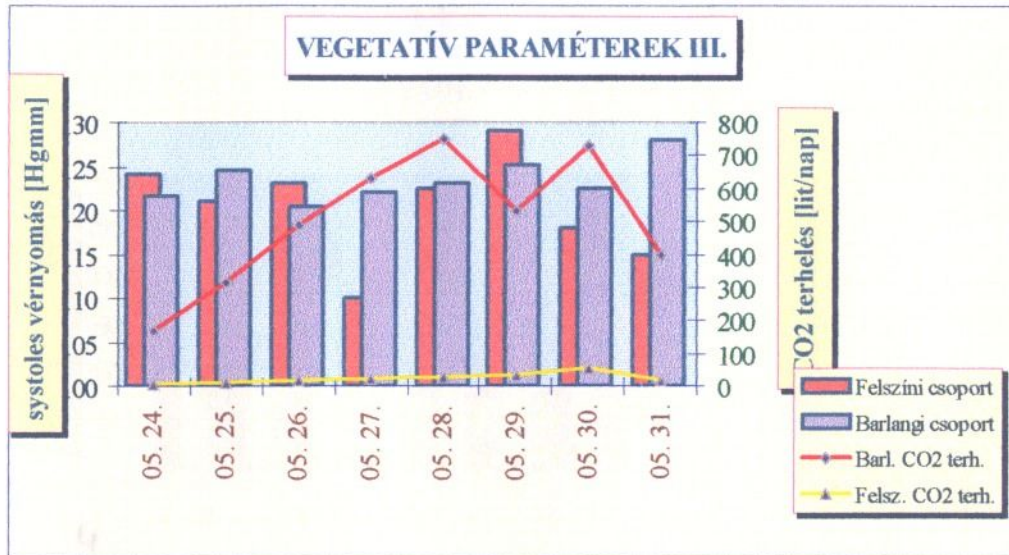
Ugyanezzel a mechanizmussal magyarázható a pulzusban, illetve, viszonylag stabil systoles vérnyomásérték mellett, a diastoles vérnyomásban bekövetkezett változás is (1.2., 1.3., 1.4. ábra).

A szívfrekvencia változása



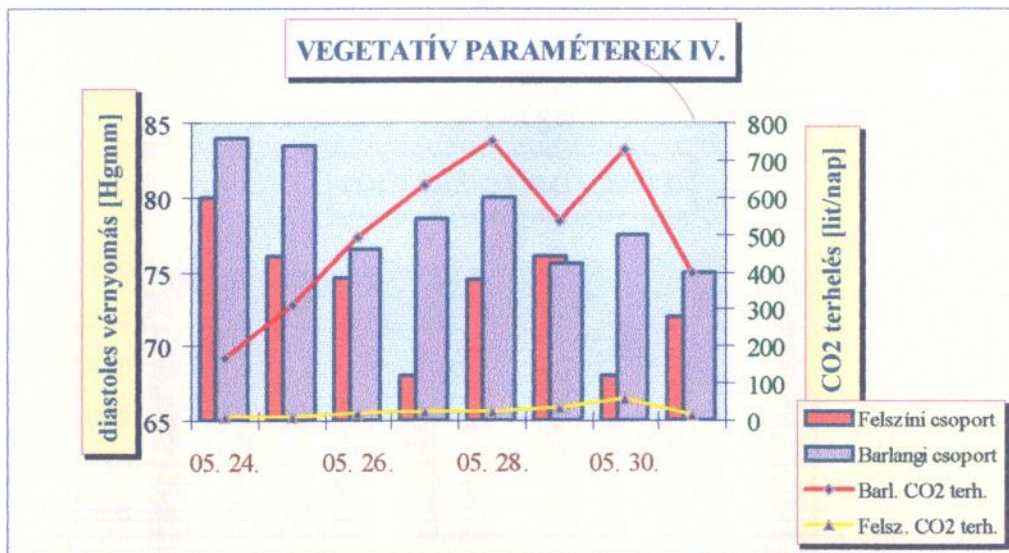
1.2. ábra

A systoles vérnyomásérték változása



1.3. ábra

A diastoles vérnyomásérték változása



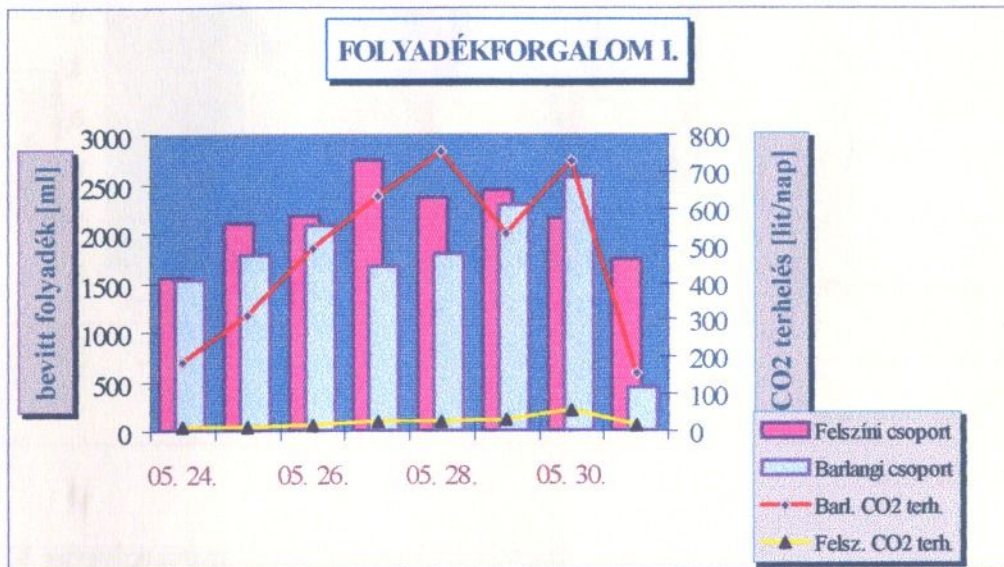
1.4. ábra

3.2.2. A folyadékforgalomban bekövetkezett változások

A perifériás keringés romlása, amelyet részben az állandó alacsonyabb hőmérséklet által előidézett lehülés, részben a jelentős CO₂ terhelés okoz, a centrális erekben

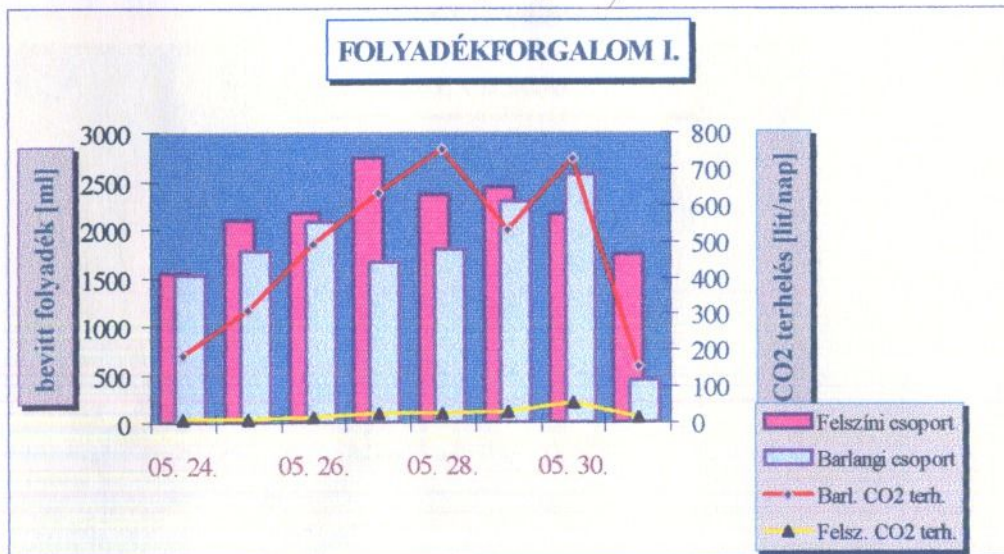
relatív volumentöbbletet eredményez. Ez hormonalis változásokon keresztül - a bevitt folyadékmennyiség csökkenése ellenére - a vizelet mennyiségének növekedését idézte elő (2.1., 2.2. ábra).

A bevitt folyadék mennyiségének változása



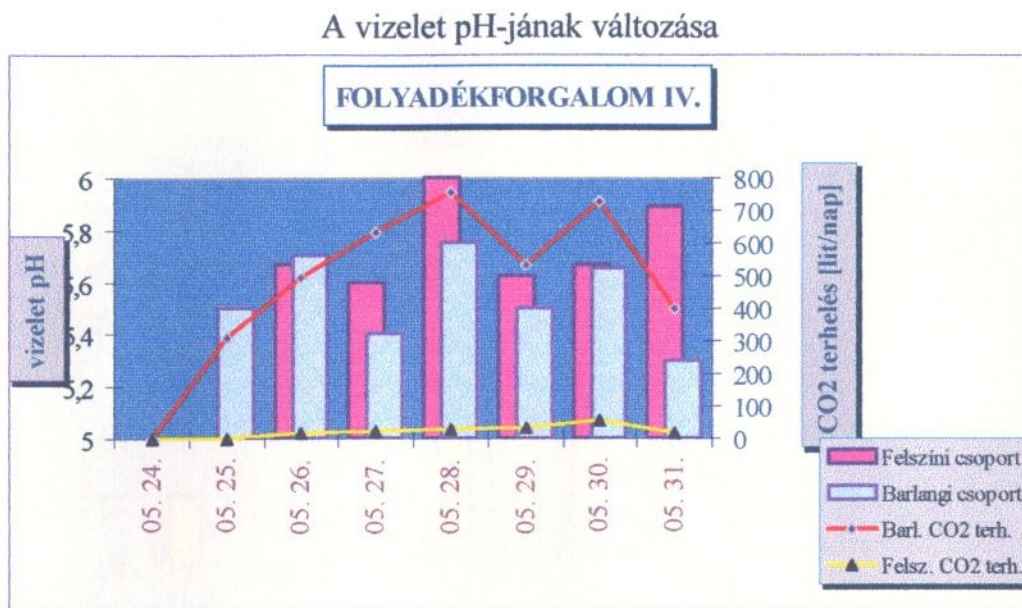
2.1. ábra

A vizelet mennyiségének változása



2.2. ábra

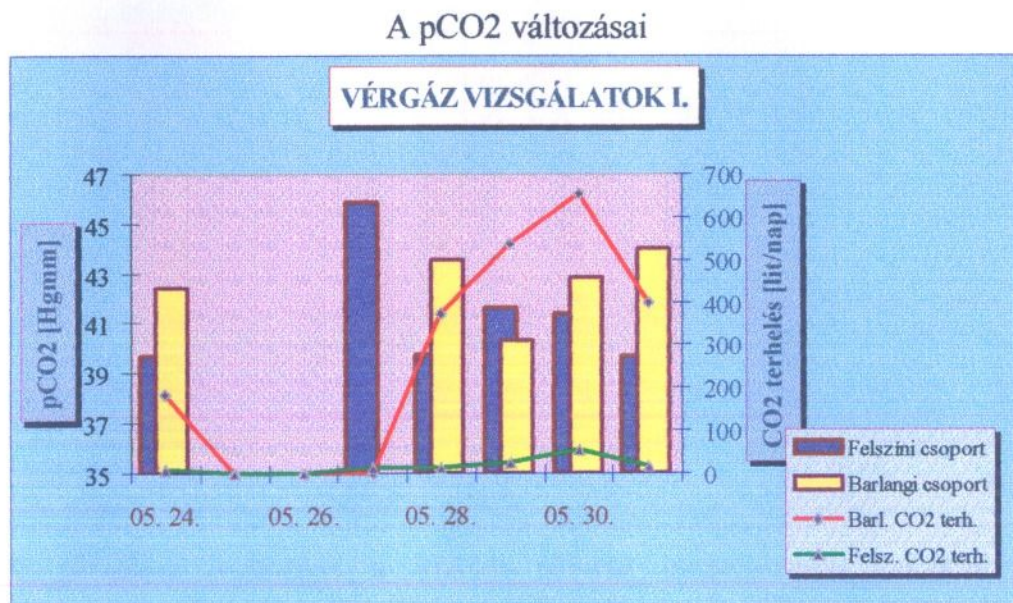
A vizelet pH-jában bekövetkezett változások is jól láthatóan követték a CO₂ terhelés változásait (2.3. ábra). A változás iránya azonban a várttal ellentétesnek mutatkozott.



2.3. ábra

3.2.3. A vérgázparaméterekben bekövetkezett változások

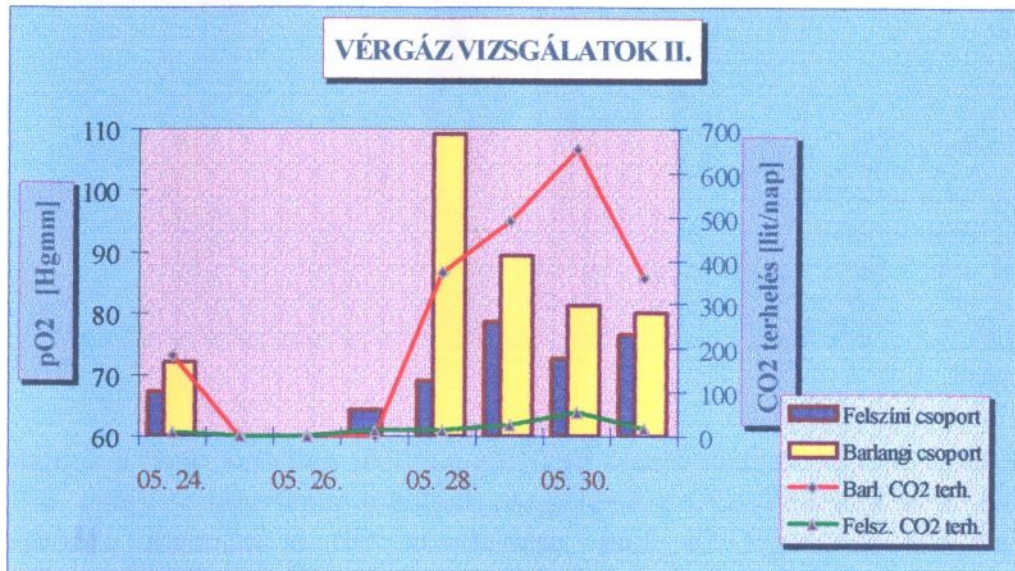
A vérgázanalízis során úgy tűnik, hogy a CO₂ parciális nyomása és a CO₂ terhelés között időbeli késéssel pozitív korreláció tapasztalható (3.1. ábra). (Sajnos a 28-i minták nem értékelhetők a minták helytelen tárolása miatt, és a felszíni minták értékelhetősége is kétségsbe vonható.)



3.1. ábra

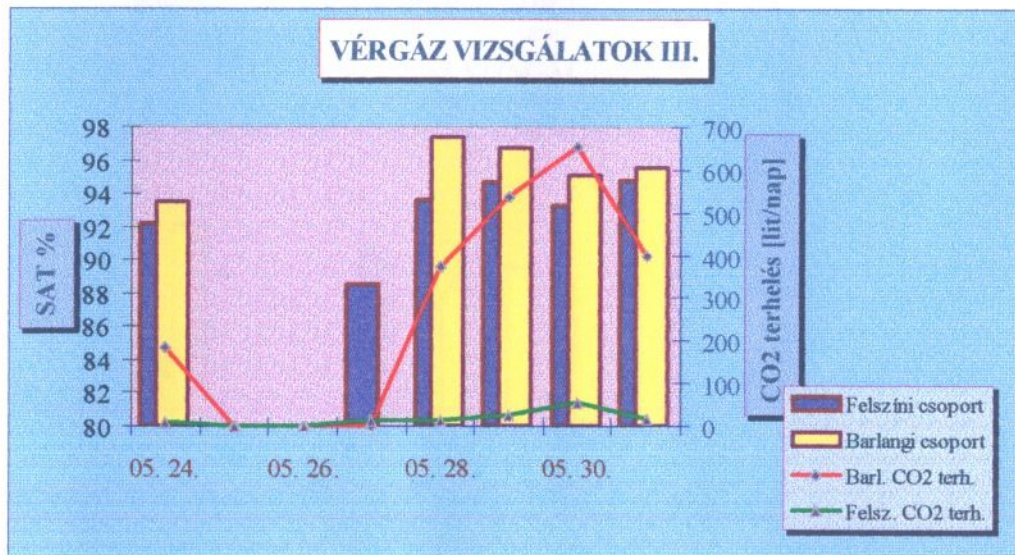
A parciális O_2 tenzio úgy tűnik, a CO_2 szinttől függetlenül beáll egy alacsonyabb tartományba (3.2. ábra). Ennek megfelelően az O_2 saturatio is hasonlóan viselkedik (3.3. ábra).

A pO_2 változásai



3.2. ábra

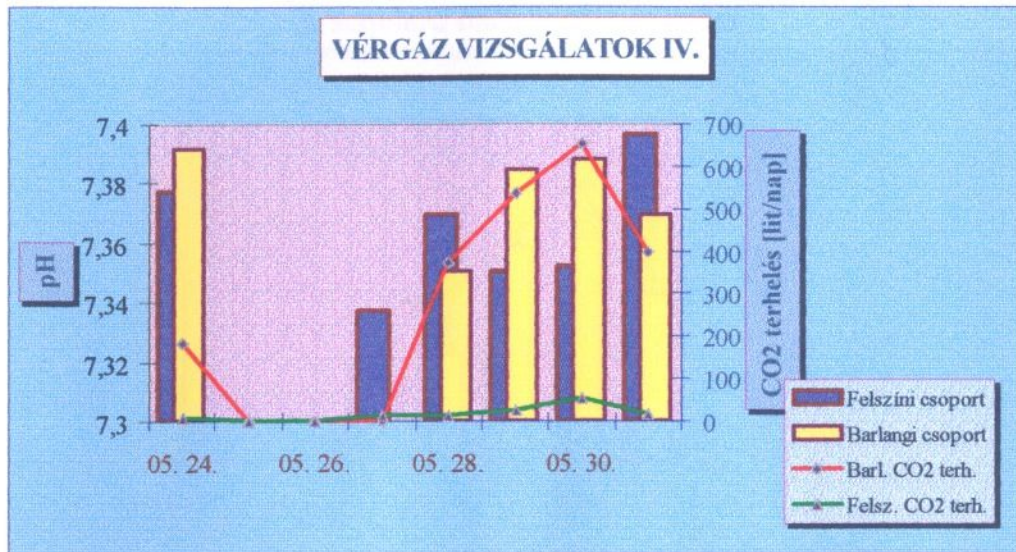
Az oxigénsaturatio változása



3.3. ábra

A vér pH-jának változása a vizelet pH-val megegyezően magasabb CO_2 koncentrációnál alkalotikusabb irányba változott annak ellenére, hogy magasabb CO_2 terhelésnél acidózist várnánk (3.4. ábra)

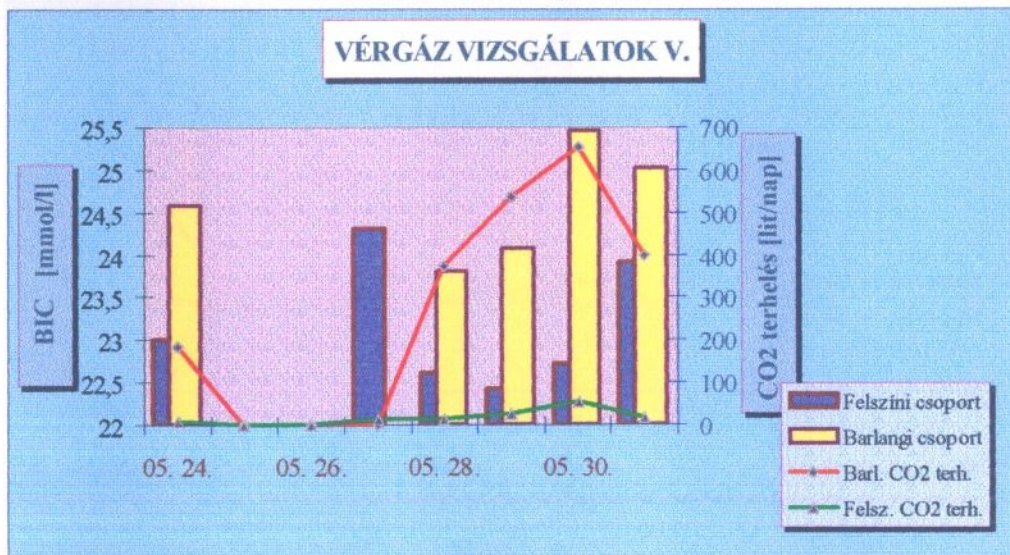
A vér pH-jának változása



3.4. ábra

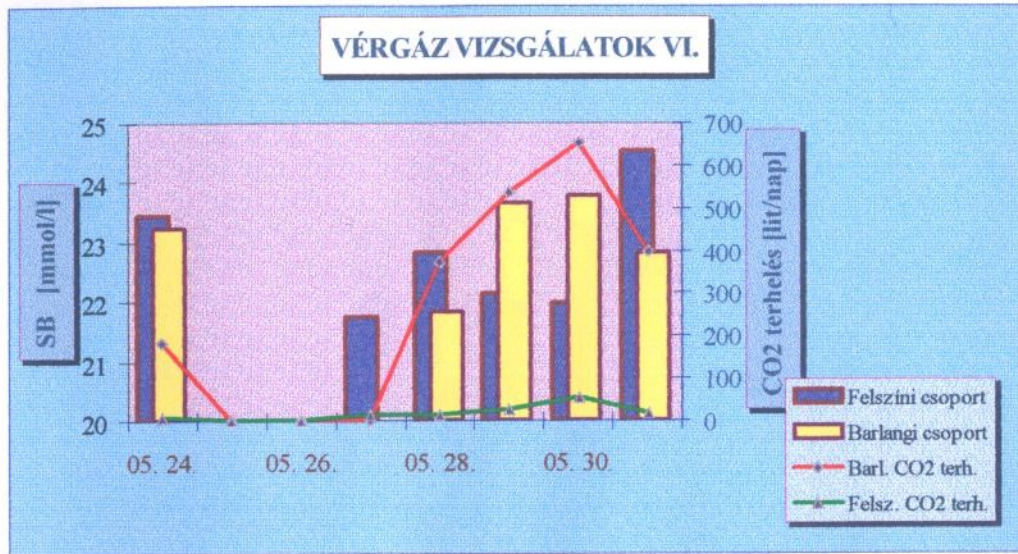
Erre utalnak a bicarbonátban illetve a standard bicarbonátban látható változások is (3.5., 3.6. ábra). A bicarbonát értékben megjelenik a CO₂ oldódása során létrejövő bázisváltozás, azonban a SB növekedése, ami 40 Hgmm-es CO₂ tensiora standardizált érték (a respiratorikus változásokat kiküszöbölendő), azt jelenti, hogy a vese kompenzációja beindult.

A vér bicarbonát szintjének változása



3.5. ábra

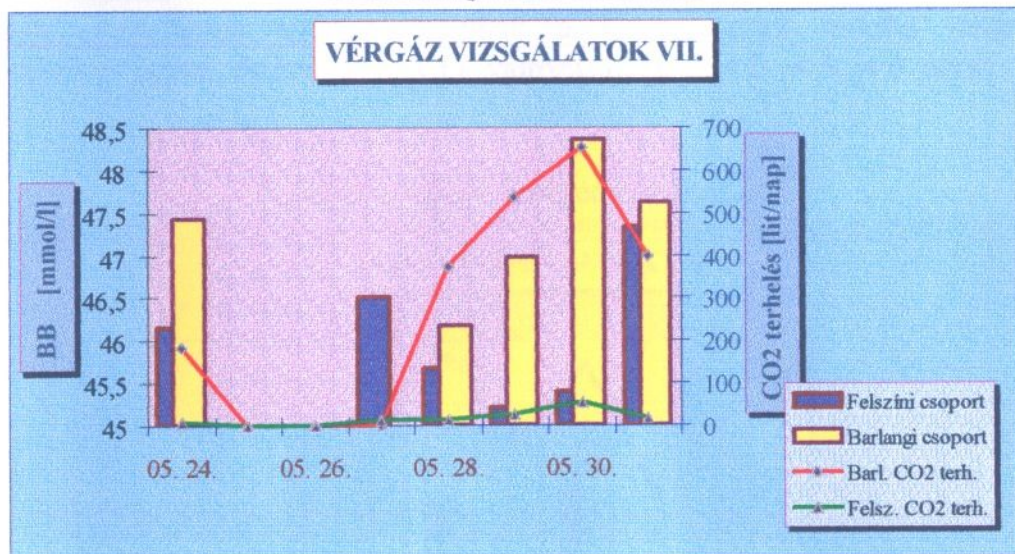
A standard bicarbonát változása



3.6. ábra

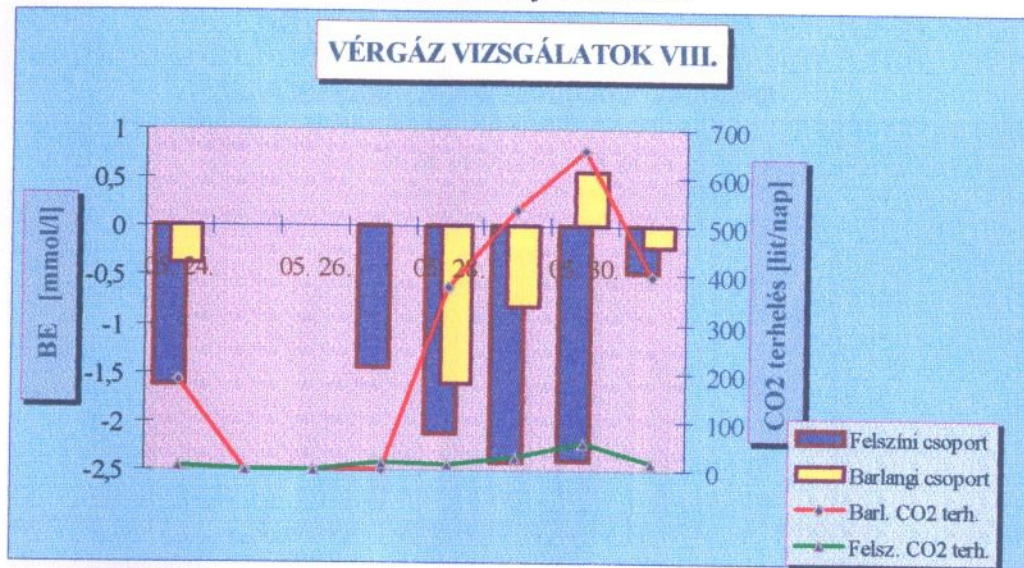
Ugyanezek a metabolikus kompenzációs mechanizmusok érvényesülnek a BB (teljes bázis kapacitás) és a BE (bázishiány) változásaiban is (3.7., 3.8. ábra).

A báziskapacitás változása



3.7. ábra

A bázishiány változása

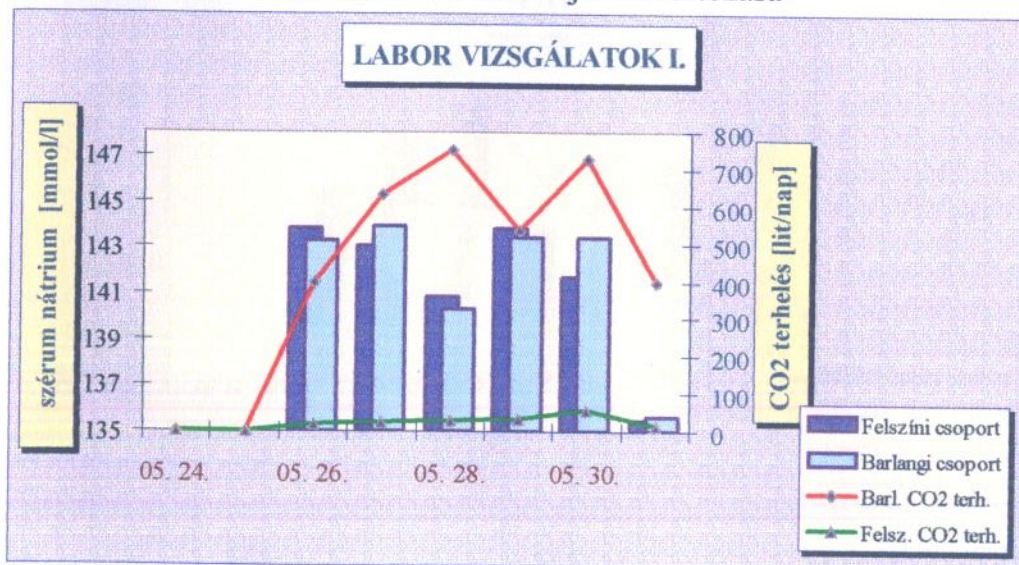


3.8. ábra

3.2.4. A laborparaméterekben észlelt változások

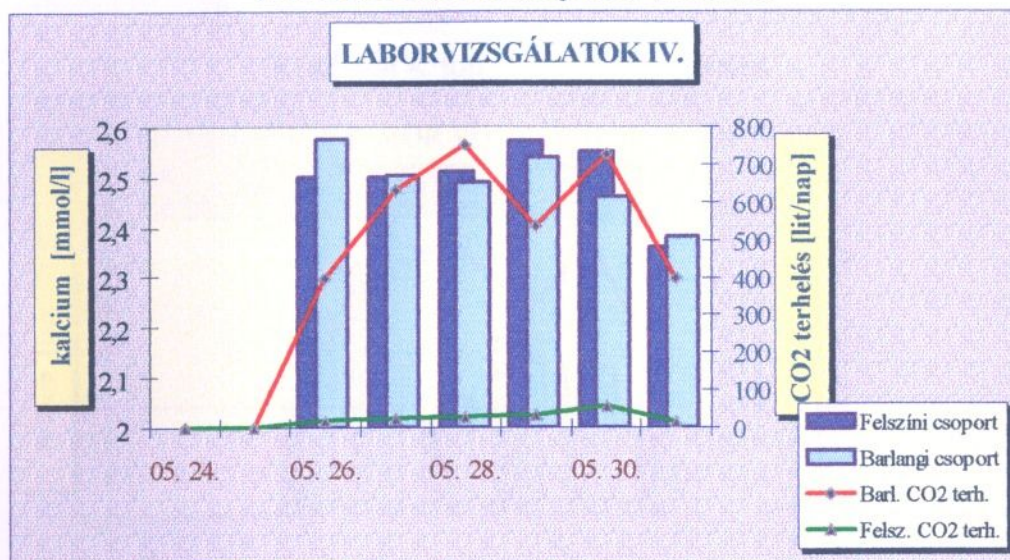
A laborvizsgálatok során a felszíni csoporttal összehasonlítva az ionszintekben nem találtunk szignifikáns eltérést, azonban a kálium szint mintha jelentősebb latenciaidővel ugyan, de követné a CO₂ változásait (4.1., 4.2., 4.3., 4.4. ábra).

A szérum Na ion szintjének változása



4.1. ábra

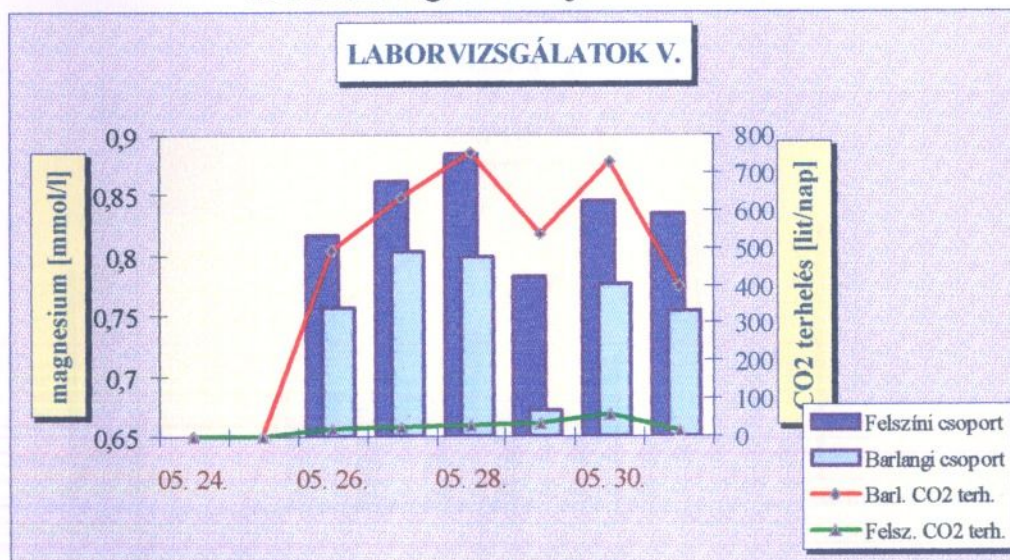
A szérum Ca ion szintjének változása



4.2. ábra

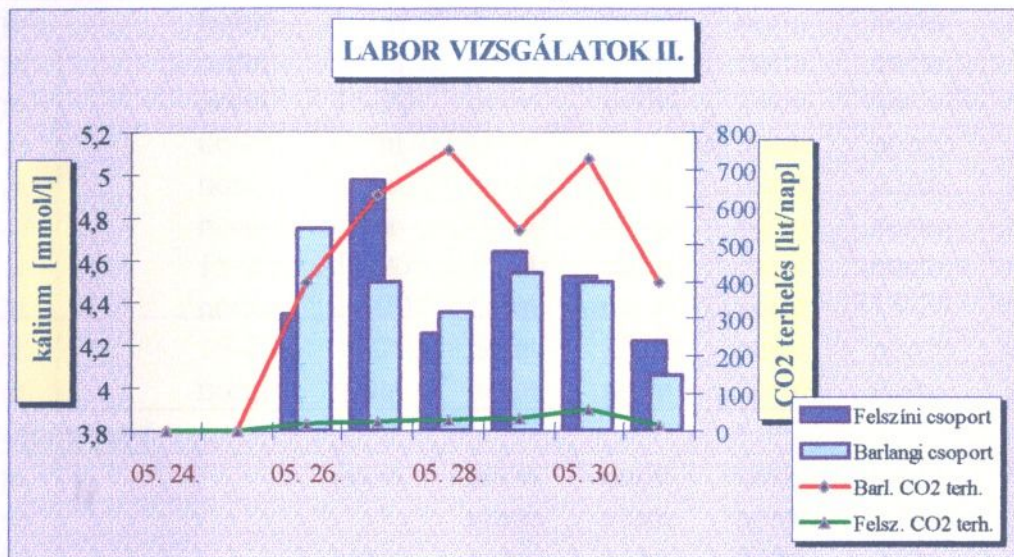
Az enzimvizsgálatok terhelést (4.5. ábra)

A szérum Mg ion szintjének változása



4.3. ábra

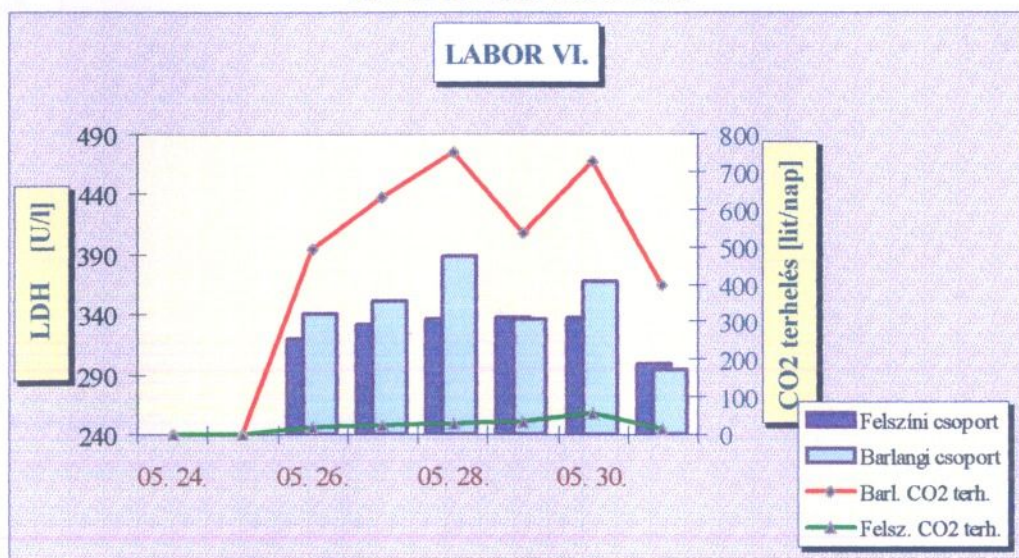
A szérum K ion szintjének változása



4.4. ábra

Az enzimvizsgálatok közül úgy tűnik, az LDH szint változásai követik a CO₂ terhelést (4.5. ábra).

Az LDH-szint változásai



4.5. ábra

A további laborparaméterek (vércukor, CPK) nem mutatnak eltérést a két csoport között, és a CO₂ koncentráció változással sem találtunk összefüggést.

3.2.5. A vizeletvizsgálatok eredményei

A vizeletvizsgálatok során azt tapasztaltuk, hogy a vese fehérjére nézve áteresztővé vált, ami valószínűleg a "kihűléssel" hozható összefüggésbe (5.1. táblázat).

Barlangi csoport

fehérje	norm	norm	norm	norm	norm	norm	norm
fehérje	norm	norm	norm	norm	norm	norm	15-20
fehérje	norm	15-20	norm	norm	norm	norm	norm
fehérje	norm	norm	norm	100	norm	norm	norm
fehérje	norm	norm	norm	norm	norm	norm	norm
fehérje	norm	norm	15-20	norm	norm	norm	norm
fehérje	15-20	15-20	15-20	norm	norm	norm	norm
fehérje	norm	15-20	norm	norm	norm	15-20	norm
fehérje	15-20	15-20	norm	15-20	norm	norm	norm
fehérje	norm	norm	norm	norm	norm	norm	norm

Felszíni csoport

fehérje		norm	norm	norm	norm	norm	norm
fehérje			norm	norm	norm	norm	norm
fehérje		norm	norm	norm	norm	norm	norm
fehérje		norm	norm	norm	norm	norm	norm
fehérje		norm	norm	norm	norm	norm	norm
fehérje		norm	norm	norm	norm	norm	norm
fehérje			norm	norm	norm	norm	norm
fehérje			norm	norm		norm	norm
fehérje			norm	norm			

5.1. táblázat

A barlangi csoportnál az UBG-ürítés megjelenését is észleltük, amit a microcirculatio romlása során a vörösvértestek mechanikus károsodásának, és ezáltal gyorsabb pusztulásának tulajdonítottunk.

Barlangi csoport

UBG	norm- 0.2	norm- 0.2	norm- 0.2	norm	norm- 0.2	norm	norm
UBG	norm	0,2	norm	norm	norm	norm	norm
UBG	norm	norm	norm	norm	norm	norm	norm
UBG	norm- 0,2	norm	norm- 0,2	norm	norm	norm	norm
UBG	norm- 0.2	norm- 0.2	norm	norm	norm	norm	norm
UBG	norm	norm- 0,2	norm	norm	norm	norm	norm
UBG		0,2	norm- 0.2	norm	norm	norm	norm
UBG	norm	norm	norm	norm	norm	norm	norm
UBG		1	norm- 0.2	norm- 0.2	norm- 0.2	norm	norm
UBG	norm- 0.2	norm- 0.2	norm- 0.2	norm	norm- 0.2	norm	norm

Felszíni csoport

UBG		norm	norm	norm	norm	norm	norm
UBG			norm	norm	norm	norm	norm
UBG		norm	norm	norm	norm	norm	norm
UBG		norm	norm	norm	norm	norm	norm
UBG		norm	norm	norm	norm	norm	norm
UBG		norm	norm	norm	norm	norm	norm
UBG		norm	norm	norm	norm	norm	norm
UBG			norm	norm	norm	norm	norm
UBG			norm	norm		norm	norm
UBG			norm	norm			

5.2. táblázat

Ami talán a legérdekesebb és legváratlanabb észlelésünk volt: az a barlangi csoportnál található jelentős, szignifikáns bilirubinuria, mely már nem magyarázható csupán a vörösvértestek mechanikus károsodásával.

Barlangi csoport

bilirubin	poz (+)	poz (+)	norm	poz (++)	norm	poz (++)	poz (++)
bilirubin	norm	norm	norm	poz (+)	poz (+)	poz (++)	poz (++)
bilirubin	poz (++)	norm	poz (++)	norm	norm	poz (+)	norm
bilirubin	norm	poz (+)	poz (+)	poz (+++)	norm	norm	norm
bilirubin	poz (++)	poz (++)	norm	poz (++)	poz (+++)	poz (+)	poz (++)
bilirubin	poz (++)	poz (++)	poz (++)	poz (++)	poz (++)	norm	poz (++)
bilirubin	poz (++)	poz (++)	poz (+)	poz (++)	poz (++)	poz (+)	poz (++)
bilirubin	poz (+++)	poz (++)	poz (++)	poz (++)	norm	norm	poz (++)
bilirubin	poz (++)	poz (++)	norm	poz (++)	poz (++)	norm	norm
bilirubin	norm	poz (++)	norm	norm	norm	norm	norm

Felszíni csoport

bilirubin	norm	norm	norm	norm	norm	norm	norm
bilirubin		norm	norm	norm	norm	norm	norm
bilirubin	norm	norm	norm	norm	norm	norm	norm
bilirubin	norm	norm	norm	norm	norm	norm	norm
bilirubin	norm	norm	norm	norm	norm	norm	norm
bilirubin	norm	norm	norm	norm	norm	norm	norm
bilirubin		norm	norm	norm	norm	norm	poz (++)
bilirubin		norm	norm		norm	norm	norm
bilirubin		norm	norm				

5.3. táblázat

4. ÖSSZEFOGLALÁS

1. A barlangi csoport a speciális klíma hatására fokozott CO₂ terhelésnek, lehülésnek, a fény hiányának, valamint magasabb páratartalomnak volt kitéve.
2. Az alacsonyabb testhőmérséklet miatt a végtagok keringése, azaz a perifériás keringés romlott, amit a magasabb CO₂ koncentráció - a szimpatikus tónus fokozódásán keresztül erőteljes perifériás vasoconstrictiót okozva - még tovább csökkentett.
3. A lehülés és a magasabb CO₂ cc. a perifériás keringés romlásán keresztül centralizált volumtöbbletet eredményezett, amely hormonális hatásokon keresztül (ADH, mellékvesekéreg hormonok) a volumenháztartás új egyensúlyának beálltához vezetett.
4. A lehülés és a magasabb CO₂ cc. együttes hatása a microcirculatio romlásán keresztül felgyorsult vörösvértest öregedést és pusztulást eredményezett, ami az LDH szint növekedését, valamint a vizeletben a normálnál magasabb UBG és bilirubin szint megjelenését okozta.
5. Az LDH szint emelkedését ill. a vizelet bilirubin megjelenését nem magyarázhatjuk csupán a vörösvértest mechanikus károsodásával, feltételezzük, hogy a májműködésben létrejövő változások (amelyek szintén a lehülésnek, a magasabb CO₂ koncentrációnak, esetleg a magasabb radonkoncentráció által okozott megnövekedett sugárterhelésnek **együttesen** tulajdoníthatók) jelentős szerepet játszhatnak benne.
6. A lehülés a fokozott munkavégzéssel együtt a veseküszöb csökkenését okozta, így a vese fehérjére nézve áteresztővé vált, és ez a fehérje is megjelent a vizeletben.
7. A sav-bázis háztartásban létrejövő változások a várttal ellentétesnek mutatkoztak. Kérdésként merül fel, hogy vajon ezek az eltérések csupán azt jelzik, hogy a lehülés a szervezet számára erősebb ingernek bizonyul, mint a CO₂ szint változása, vagy a vese kompenzációs mechanizmusának túlkapásáról van szó, esetleg szerepet játszanak benne a barlangi klíma hatására létrejövő hormonális változások is.
8. A belélegzett CO₂ cc. emelkedésével egyidejűleg az O₂ saturatio és a pO₂ csökkent, azonban ez a csökkenés a korábbi vizsgálatok során közölt eredményeknél (Baradla barlang - Dr. Töröcsik) kisebb mértékű volt.

5. KÖVETKEZTETÉSEK

A kutatótábor alatt a barlangos csoportnál a vizsgált élettani paraméterekben szinte kivétel nélkül találtunk változásokat, amelyek bár javarészt a normál tartományon belül maradtak, mégis tükrözték a barlangi klíma hatásait.

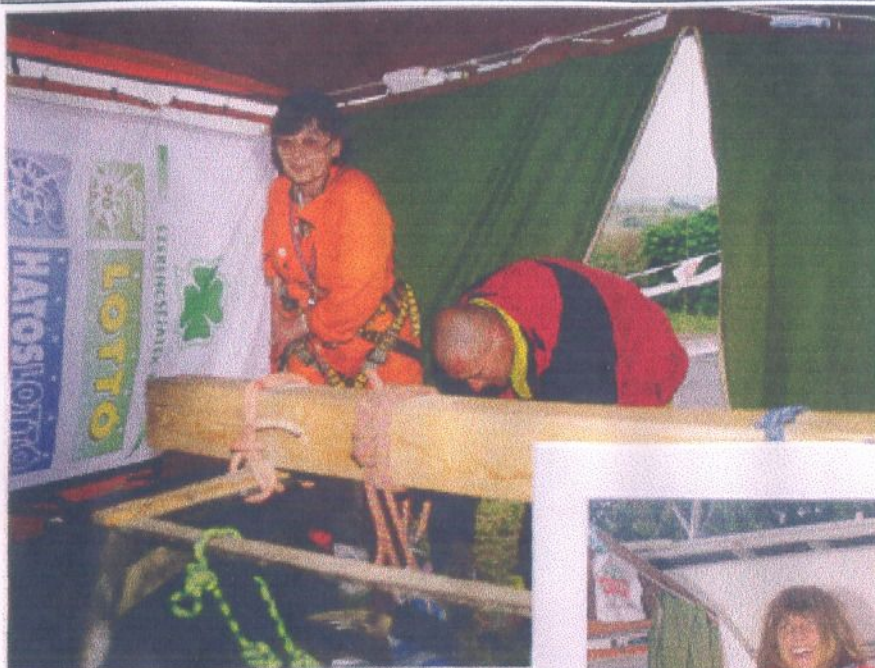
Felmerül azonban a kérdés: az észlelt eltérések csupán az alacsonyabb külső hőmérséklet, a magasabb CO₂ koncentráció (a microcirculatio romlása, a szimpatikus tónusfokozódás) következtében alakulnak ki, vagy más tényezők is szerepet játszanak a szervezet működésének megváltozásában? Vajon a fény hiánya, a cirkadián ritmus megváltozása által okozott hormonális változások mennyiben módosítják ezeket az értékeket? Az észlelt bilirubinuria csupán a rosszabb perifériás keringés következtében létrejövő fokozott vörösvértest pusztulásnak köszönhető, vagy a májműködés, veseküszöb megváltozása is szerepet játszik benne?

A további kutatásaink során célunk a mérések pontosítása ill. kibővítése és szélesebb körű összehasonlítási lehetőségek kidolgozása (normál CO₂ tartalmú barlangbeli mérések), amellyel reményeink szerint választ kaphatunk az itt felmerült kérdésekre. Ezek az eredmények segítséget nyújthatnak a barlangi balesetek sérültjeinek korrektebb ellátásában, hosszabb barlangászexpedíciók biztonságosabb megtervezésében, valamint a szűkebb, barlangászterületen túlmutatva választ kaphatunk a jelentős terhelésnek kitett szervezet élettani reakcióira is.



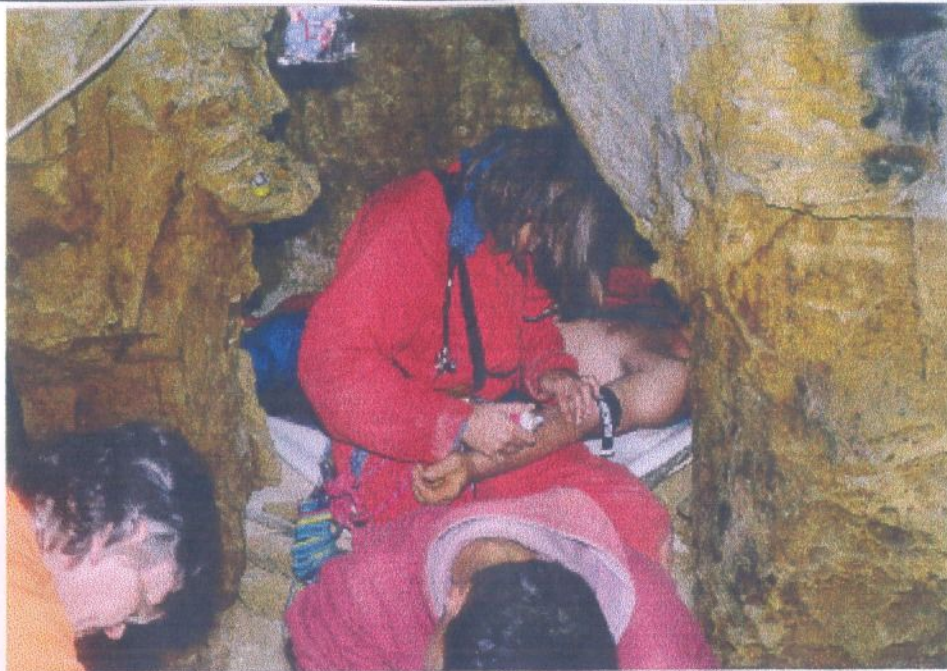
Leszállás előtti orvosi vizsgálatok



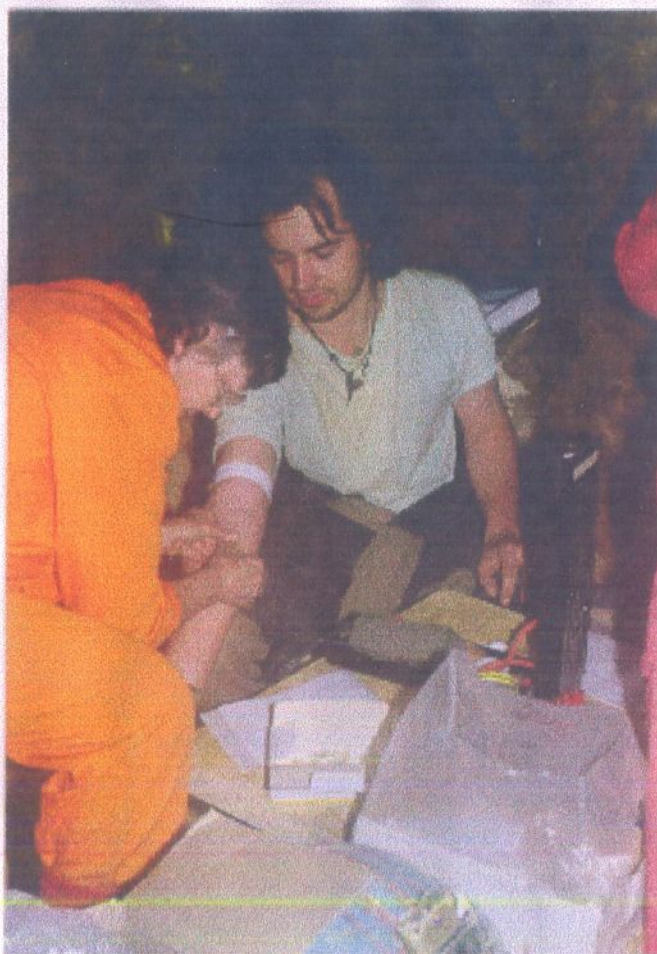


Orvosaink leszálláshoz készülődnek





Orvosi vizsgálat és vérvétel a barlangban





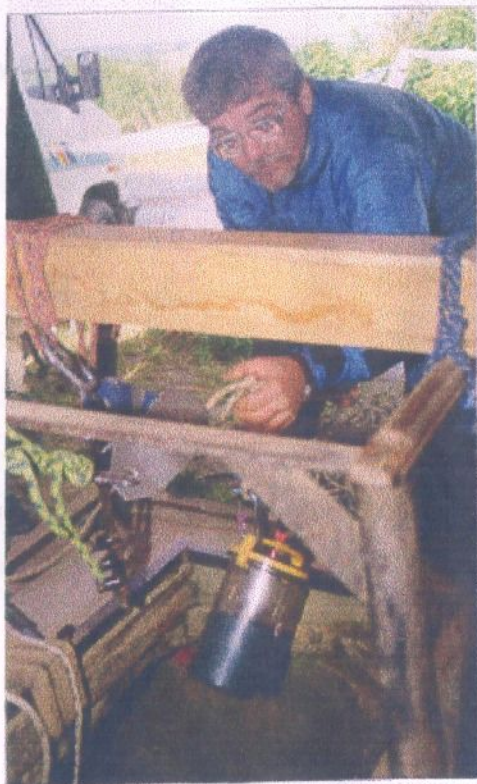
Vércukor vizsgálat



Vérvétel a vérgáz-analízishez



Üzemben a RADELKIS OP-226 vérgáz-analizátor



A kapilláris vérminták kiszállítása



A mérésben a RADELKIS munkatársa is segített

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A tábor résztvevői és a szervezők ezúton is kifejezik köszönetüket mindazoknak az intézményeknek, vállalatoknak és magánszemélyeknek, akik segítettek az expedíció létrejöttében.

Külön köszönet illeti meg Déri Istvánt, aki nagy lelkesedéssel keresett ügyünknek támogatókat és szervezte sajtótájékoztatóinkat. Az adatok feldolgozása és értékelése során nagy segítséget nyújtott észrevételeivel dr. Tóth Béla, kinek jóvoltából mobil gázmérő műszereket is használhattunk a barlangi mérések során. Takács Ferdinánd - aki folyamatosan részt vett az expedíció munkájában - saját tulajdonában lévő épületben biztosította a bázistábor elhelyezését.

Az expedíció támogatói

ALTO BT

ÁNTSZ Veszprémi Intézete

BAYER Hungária Kft.

Cserszegtomaj Község

Önkormányzata

ELTE Meteorológiai Tanszék

Erdészeti Tudományos Intézet

Karszt és Barlang Alapítvány

Keszthelyi kórház

dr. Kiss Ferenc körzeti orvos

KODAK Hungária Kft.

Labirint Barlangkutató Csoport

Mecsekurán Kft.

Méri Pékség

Nagyatádi Konzervgyár

RADELKIS Rt.

Szerencsejáték Rt.

A tábor résztvevői:

Balogh Csaba	Micimackó Csoport
Bognár Csaba	Anteusz Csoport
Csizy Álmos	Labirint Csoport
Fehér Katalin	Pagony Csoport
Főző Péter	Pagony Csoport
Gonda Péter	Bekey Imre Gábor Csoport
Gyurin György	Acheron Szo.
Janata Károly	Pagony Csoport
Károlyi Péter	Pagony Csoport
Kiss Péter	Diogenesz Csoport
Kovács József	Vass Imre Csoport
dr. Laczkovits Gabriella	Szemlőhegyi Barlangterápia
Magyar Erik	
Magyar Zsolt	Vass Imre Csoport
Nagy István	Anteusz Csoport
Nagy Zsuzsanna	Anteusz Csoport
Nemes Balázs	Pagony Csoport
Oláh Valéria	Szemlőhegyi Barlangterápia
Sásdi László	MÁFI Csoport
Takács Ferdinánd	Labirint Csoport
dr. Tóth Judit	Magyar Barlangi Mentőszolgálat
dr. Végh Zsolt	ÁNTSZ Veszprém
Zilahy László	Vass Imre Csoport
Zsanda Géza	Acheron Szo.

A műszerek telepítésében részt vettek

Nagy Ferenc	ÁNTSZ Veszprém
dr. Weidinger Tamás	ELTE Meteorológiai Tanszék

IRODALOMJEGYZÉK

Acheron Barlangkutató Szakosztály évi jelentései 1982-1990., Középdunántúli Természetvédelmi Igazgatóság, Veszprém.

Bálint Péter: Orvosi élettan. Medicina. Bp. 1981.

Bárdossy Gy.: (1961): Adatok a cserszegtomaji kaolinites tűzállóagyagtelepek ismeretéhez. - Földt. Int. Évk. 49. 4. pp. 825-845.

Bohn P.: (1979): A Keszthelyi-hegység regionális földtana. - Geologica Hungarica. 19. p. 1-134.

Boissou, P. - Guezennec, C. Y. - Defer, G. - Pesquies, P.: Oxygen Consumption, Lactat Accumulation and Sympathetic Response during Prolonged Exercise under Hypoxia. Int. J. Sports Med. 8. 1987. p. 266-269.

Böcker T. - Liebe P. - Hóriszt Gy.: (1986): A Hévízi-tó és közvetlen környezetének állapota 1985-ben. - Földt. Kut. 1986. 4. pp. 71-84.

Cazzola, G., Sabini, A.: Controllo microbiologico dell' aria confiata in arienti. Industrie alimentari; 1976. 6. (129), p.69-76.

Cserszegtomaji-kútbarlang M=1:200 Magyarország Barlangtérképei. Magyar Karszt és Barlangkutató Társulat. 1981.

Csillag G. - Nádor A.: (1996): Jelentés a Keszthelyi-hegységben 1995-ben végzett karsztmorfológiai és hidrogeológiai megfigyelésekről. - kézirat, MÁFI Ad.

Csillag Péterné.: (1959): A cserszegtomaji tűzálló agyag és festékföld. - Földt. Int. Évi Jel. 1955-56-ról. pp. 29-36.

Darnay (Dornyay) B.: (1954): A Keszthelyi-hegység hidrotermális jelenségei. - Földr. Ért.. 3. pp. 665-672.

Davies, R. R. et al.: Air sampling for fungi, pollens and bacteria. Methods in Microbiology; 1971. 4. Acad. Press. New York.

Deák Zsuzsanna, dr: Baktériumok és vírusok levegőből történő kimutatására, a túlélésre és terjedésre vonatkozó újabb kutatások. Egészségtudomány; 1972. 1. p. 25-29. Bp.

Pávai-V.Ferenc: A cserszegtomaji pirit-markazit kutatással kapcsolatos 1952. november havi jelentésem. Magyar Állami Földtani Intézet Gazdaságföldtani Adattár. SU:74/a. 1952.

- Erdélyi M.: (1955): A cserszegtomaji piritkutató. - Földt. Int. Évi Jel. 1953-ról. 1. pp. 37-45.
- Erdélyi Mihály: A cserszegtomaji piritkutató. Magyar Állami Földtani Intézet Évi Jelentése 1953. I. rész.
- Fehér Katalin (szerk.): Élettani és klimatológiai kutatótábor a Cserszegtomaji-kútbarlangban. Jelentés. KTM Barlangtani Intézet Bp. 1996.
- Fisher György - Fodré Zsófia - Nehéz Mária: Törekvések normatívák kidolgozására a levegő bakteriológiai szennyezettségének megítéléséhez egészségügyi intézményekben. Egészségtudomány; 1973. 4. p. 250-258. Bp.
- Fortney, M. Suzanne - Vroman, B. Neil: Exercise, Performance and Temperature Control: Temperature Regulation during Exercise and Implications for sports Performance and Training. Sport Medicine 2. 1985. p.8-20.
- Géczy G. - Csige I. - Somogyi G.: Air circulation in caves traced by natural radon, Proc. 10th International Congress of Speleology, 13-20. Aug. 1989. Bp.
- Gyalog L. - Budai T. (1985): Hévízes eredetű képződmények a Keszthelyi-hegység ÉK-i részén. - Földt. Int. Évi Jel. 1983-ról. pp. 359-370.
- Hakl J. - Hunyadi I. - Várhegyi A.: The study of subsurface radon transport dynamics based on monitoring in caves, Journal of Environmental Geochemistry and Health (in press), 1994.
- Hakl J. - Várhegyi A. - Géczy G. - Csige I. - Hunyadi I.: Radon transport in fractured porous media - experimental study in caves, Proc. 6th Int. Symp. on the Natural Radiation Environment, Montreal, Canada, 1995.
- Hakl József: A Cserszegtomaji-kútbarlangban 1996. április 27-május 5. között lezajlott radonmérések rövid értékelése. 1996. Kézirat.
- Hardi Ágnes - Kárpát József - Kolláth János - Peidl András: Túrakalauz. Magyar Karszt- és Barlangkutató Társulat XXXIV. Vándorgyűlés. 1990.
- Indoor air quality biological contaminants. WHO Regional Publications European; Series No. 31. 1988.
- Jakucs L. (1971): A karsztok morfogenetikája. - Bp. 1971.
- Jakucs László: Jelentés a cserszegtomaji kiszállásról. Magyar Állami Földtani Intézet Gazdaságföldtani Adattár. SU:74/a. 1952.
- Kárpát József: A Cserszegtomaji-kútbarlang. Karszt és Barlang. Budapest. 1982. I. pp. 35-40.

Kovács J. - Müller P. (1981): A Budai-hegyek hévizes tevékenységének kialakulása és nyomai. - Karszt és Barlang 1980/II. p. 93-98.

Lederberg, Joshua (edit.): Encyclopedia of Microbiology. Acad. Press; Inc. 1992. 1. p 60-65.

Leél-Össy S. (1953): A Cserszegtomaji kútbarlang. - Hidr. Közl. 33. pp. 309-313.

Müller P. (1972): A metamorf eredetű széndioxid karsztkorróziós hatása. - Karszt és Barlang 1971/II. p. 53-56.

Müller P. (1975): A melegforrás-barlangok és gömbfülkék keletkezéséről. - Karszt és Barlang 1974/I. p. 7-10.

Némedi László: A levegőmikrobiológiai vizsgálatok elméleti és gyakorlati kérdései. KGI.; Bp. 1990. p. 5-16.

Raygon, S. C. - Maclay, K. P.: Bacterial air pollution from an activated sludge tank. Water, Air, Soil Pollution; 1975. 5.

Rogers, M. A. - Stull, G. A. - Apple, F. S.: Creatin kinase isoenzyme activities in men and women following a marathon race. Med. and Science in Sports and Exercise. 17. 1985. p. 679-682.

Rozlozsnik P. (1931): A cserszegtomaji barlangoskút. - kézirat, MÁFI Ad.

Scwanne, J. A. - Johnson, S. R. - Vandenaeker, C. B. - Armstrong, R. B.: Delayed-onset muscular soreness and plasma CPK and LDH activities downhill running. Med. and Science in Sports and Exercise. 15. 1983. p. 51-56.

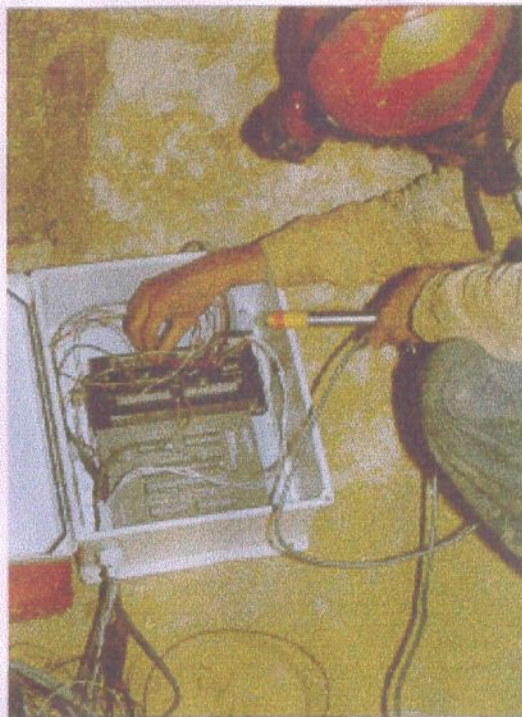
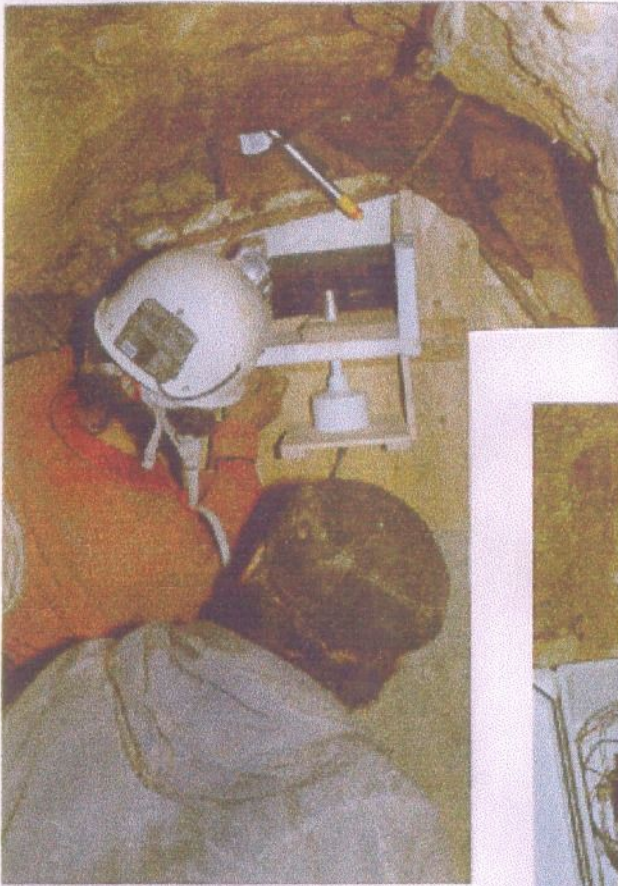
Shephard, Roy J.: Adaptation to Exercise in the Cold. Sport Medicine 2. 1985. p. 59-71.

Szentes F. (1948): Kénkovand előfordulások földtani viszonyai a Keszthelyi-hegység környékén. - Jelentés a Jöved. Mélykut. 1947/48. évi Munk. pp. 51-103.

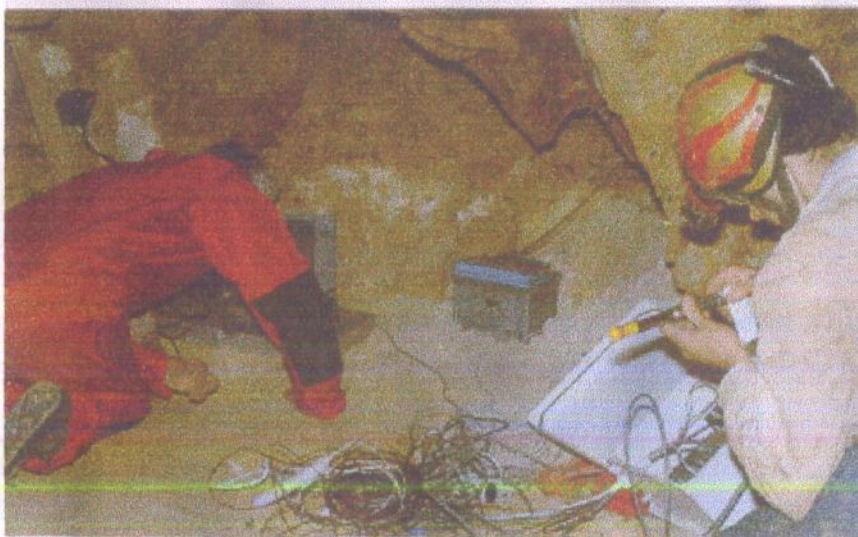
Szentes F. (1957): Bauxitkutatás a Keszthelyi-hegységben. - Földt. Int. Évk. (46). 3. pp. 531-541.

Várhegyi A., Hakl J.: A silicon sensor based radon monitoring device and its use in environmental geophysics, Geophysical Transactions, Vol. 39. No. 45. pp. 289-302., 1994.

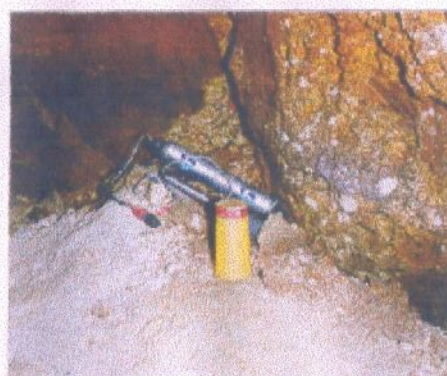
Automata mérőműszerek telepítése a barlang bejáratába



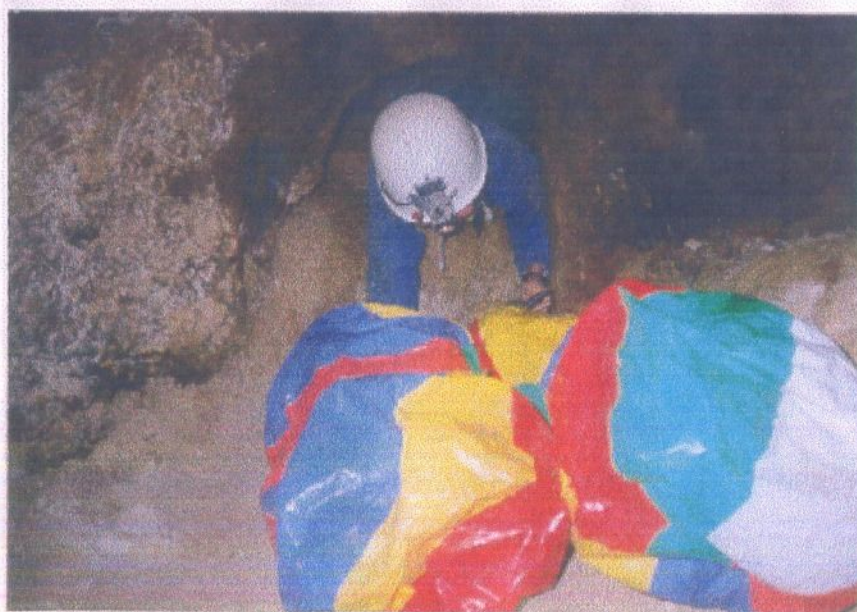
Az adatgyűjtő beüzemelése



CO₂ mérése, hordozható műszerrel



Rn-mérő műszer és detektor



Levegőminták

Hét nap után ...



... újra együtt, a felszínen

