

**MAGYAR KARSZT- ÉS BARLANGKUTATÓ EXPEDÍCIÓ
KOLUMBIÁBAN
25 ÉVVEL EZELŐTT**

SZENTES GYÖRGY

Alte Frankfurter Str. 22 b, D-61118 Bad Vilbel
szentesg@aol.com

Abstract. The author worked as a geologist in Colombia between 1982 and 83. In his free time he searched for caves in the jungle-covered rugged mountains of the Central Cordillera with the help of some enthusiastic local colleagues. Despite the Central Cordillera being mainly composed of granite and metamorphic sequences, they succeeded to locate a narrow and long marble belt in which tropical cone karst, caves and deep canyons have developed. The author proposed - with the agreement and support of the local landowners - to organise a research expedition into the region. In October 1984 a group of Hungarian scientists and speleologists arrived in order to study the karst phenomena, the caves, the geology and the ecology of the area. The aim of the expedition was to propose a plan for the protection of the surface and subsurface structures of the marble karst on the base of the scientific results. The results were presented in several Hungarian and international forums and the proposition for the protection was submitted through the landowners to the Colombian authorities. As a result of this a part of the marble karst region today is a nature conservation area and a private ecological park.

1. A Expedíció létrejötte, résztvevői és célja

1982 és 83-ban sikerült a dél-amerikai Központi-Kordillerákban egy márványból álló trópusi kúp- és toronykarsztvidéket megismerni. A majdnem érintetlen trópusi őserdővel fedett terület felszíni és felszín alatti értékeinek tanulmányozása, dokumentálása és védelmének kidolgozása sürgető feladat lett, mivel az új Medellín-Bogotá műút viszonylag könnyen megközelíthetővé tette a vidéket, ami egyre jobban vonzotta a látogatókat. A vidék jó része magántulajdon, de szerencsére a földtulajdonos felismerte a természeti értékeket és messzemenően támogatta azok tanulmányozását és megóvását (SZENTES 1983). Ennek végrehajtására a javaslatok alapján magyar szakértőket kért fel, és így 1984 októberében megérkeztek a területre a több tudományágat képviselő magyar kutatócsoport tagjai. A kutatásokhoz csatlakozott még állandóan vagy alkalmasszerűen a Medellín Egyetem néhány fiatal kutatója és egy-két a barlangkutatás iránt érdeklődő helyi lakos.

Az expedíció tudományos vezetője Dr. Balogh János akadémikus ökológus volt, a további résztvevők: Dr. Csernavölgyi László agrármérnök, Dr. Kósa Attila mérnökgeológus, Dr. Major István biológus és Dr. Szentés György geológus, kolumbiai részről pedig Gillermo Garces földtulajdonos

és TV producer, Rafael Borja biológus, Hernando Martinez geológus és Francisco Flores technikus.

Az expedíció támogatói voltak magyar részről: a "Vörös Meteor" Természetbarát és Barlangkutató Egyesület, a Magyar Tudományos Akadémia, a "Polyeder" Mérnöki és Mezőgazdasági Kft., kolumbiai részről: az "El Refugio" Río Claro Ökológiai Park és tulajdonosa Juan Guillermo Garces.

A célkitűzés egy sokoldalú tudományos felderítés, kutatás és dokumentáció volt, úgymint geológiai, karsztmorfológiai, speleológiai, biológiai és talajtani vizsgálatok, valamint a barlangok térképezése és fényképezése, továbbá tanácsadás a kolumbiai részről készítendő dokumentumfilmhez. A végső cél konkrét javaslatok kidolgozása a felszíni és felszín alatti természeti értékek védelmére.

Az expedíció bázisa a Río Claro szakadéka fölött felépített tágas menedékház, az "El Refugio" volt. Innen indultak ki a barlangokhoz vagy a felszíni vizsgálatokhoz a kutatók többnyire gyalog, vagy ha lehetett, terepjáró gépkocsival.

2. A vizsgált terület ismertetése

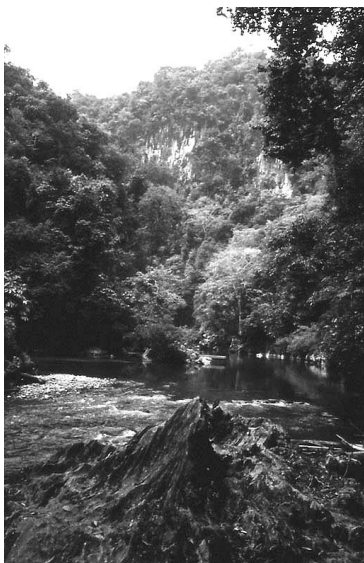
A vizsgált karsztvidék a Központi-Kordillerák előhegyeiben fekszik, mintegy 100 km-rel keletre Medellín városától, közel a Magdalena-folyóhoz. A karsztosodott márványzóna 1- 4 km széles és közel 70 km hosszúságban húzódik ÉÉK-DDNy csapásban a következő földrajzi koordináták között: É.sz: 5°46'22" Ny.h: 74°55'06" és az É.sz: 6°38'11" Ny.h: 74°38'27". A legnagyobb tengerszint feletti magasság 600 m, a helyi erózióbázis szintje 200 és 350 m tszf. között változik (*1. ábra*).

A karsztos területet számos helyen szakítja meg karsztosodásra alkalmatlan kőzetbetelepülés, vagy zavart tektonikai zóna. A leglátványosabb karszt számos barlanggal a Río Claro szurdoka és annak környéke (*1. kép*). E vidék képezte a vizsgálatok súlyponti részét.

A karsztterület az ún. meleg zónában (tierra caliente) húzódik, évi középhőmérséklete 25 és 28°C körül van, amely tipikus a Kordillerák előhegyeire 1000 m tszf. magasság alatt. Az évi csapadékmennyiség 4000 mm, a páratartalom 75%. Az esős napok száma 150-200, amely részben a november - decemberi esős évszakra korlátozódik. A karsztvidék kúpjai és szurdokai között különleges mikroklíma alakult ki (*SZENTES 1984*).

A terület a Magdalena-folyó vízgyűjtője, főbb mellékfolyói a Río Claro, a Río Alejandria és a Río Nus e folyóba torkollanak. A felszín alatti vízfolyások főleg a Río Claro szurdokában bukkannak a felszínre.

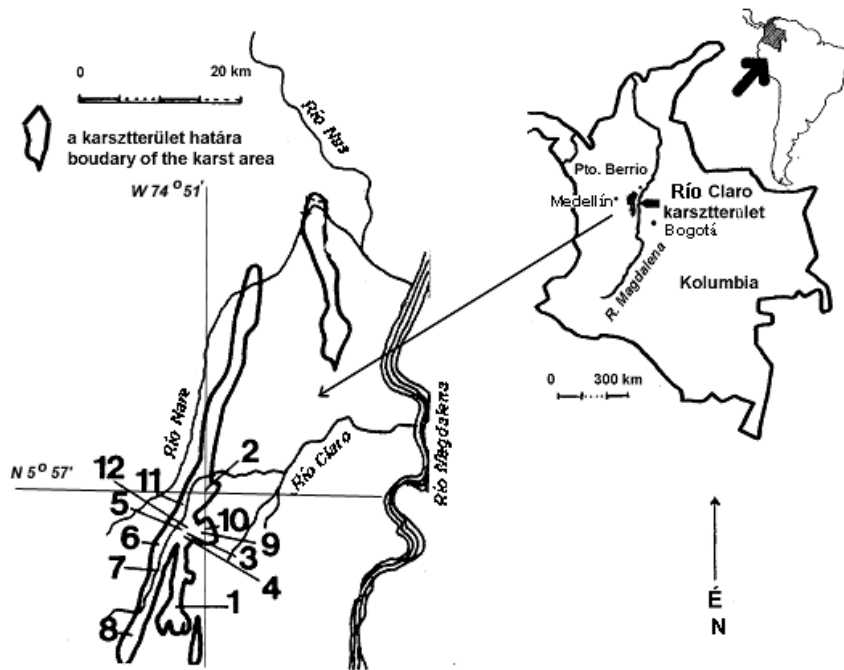
Az 5000 m fölé is emelkedő Központi-Kordilleráknak geomorfológiáját fiatal vulkánok, gránitformációk és metamorf kőzetek vonulatai alakítják. A metamorf kőzetekből felépített térszín, főleg a hegylábi zónákban erősen tagolt, feldarabolt felszínt alakít. A márványzónában kialakult trópusi karsztosodás egy különleges felszíni és felszín alatti morfológiát eredményezett.



1. kép: A Río Claro márványszurdoka
Picture 1.: Marble Canyon of the Río Claro

A Központi-Kordillerák gránitból és metamorf kőzetekből épültek fel. Ezekbe nyomult be a részben ma is működő vulkánok kőzetanyaga. A fő szerkezeti elemek az Andok É-D-i, ill. ÉÉK-DDNy-i csapásirányú axiális törésvonalai. A karsztosodott márvány kémiaileg tiszta, fehér vagy szürkés-fehér színű. Az alacsony metamorf fokozatú (zöldpala fácies) kőzet enyhén gyűrt, 1-1,5 m vastagon padozott. Gyakran figyelhető még gneisz, zöldpala és grafitpala beágyazódás. Némely rétegben talált graptoliták meghatározása igazolta a márvány alsó paleozoikum korát (IRVING 1971). A nemkarsztos kőzetek betelepülése néhol hosszabb szakaszon szakította meg a karsztosodás folyamatát. A márványzónát a már említett ÉÉK-DDNy-i csapásirányú törésvonalak határozzák meg, nevezetesen a Palesztína- és az Otu-vetődés (2. ábra). A fő töréstengelyekre merőleges ÉNY-DK-i csapású kereszttrészek tovább segítették a térszín feldarabolódását. A Kordillerák kiemelkedése a harmadidőszak során, kb. tíz millió évvel ezelőtt kezdődött. Azóta egészen a jelenkorig intenzív erózió halmozta fel a törmelékes üledéksort a kiterjedt

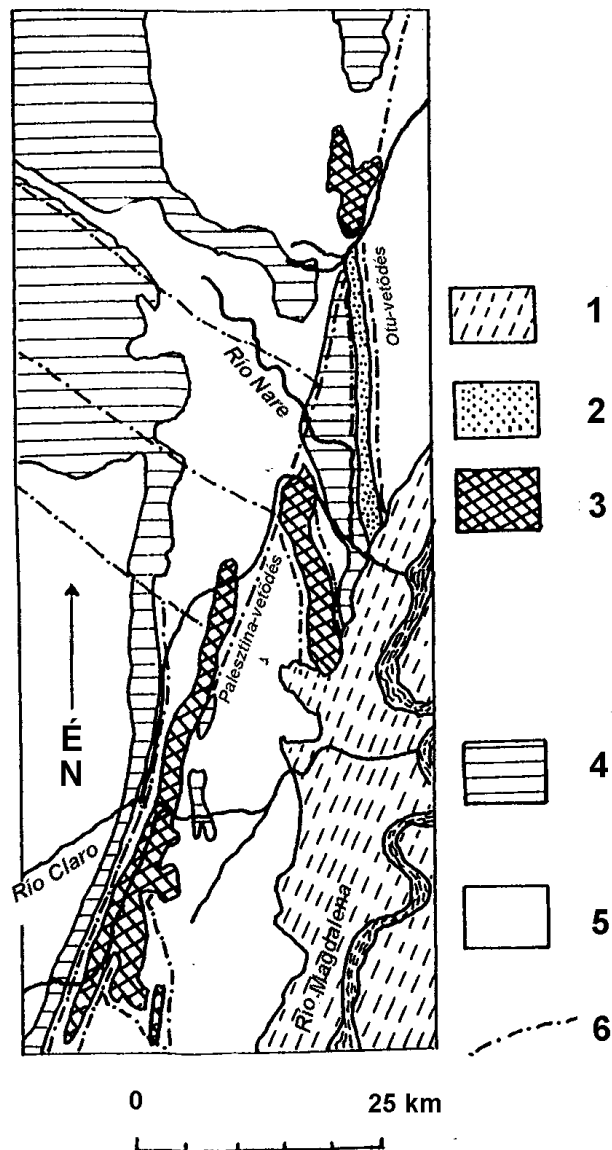
Magdalena-medencében. A karszterületen márványtörmelékkel kevert late-rites agyag és folyóvízi lerakódások képviselik a fiatal üledékképződést (PORTA 1966).



1. ábra: Río Claro és környékének helyzete és a márványkarszt kiterjedése a megvizsgált barlangok jelölésével. Jelmagyarázat: 1. Tapír -barlang (Cueva de las Dantas), 2. Kondor-barlang (Caverna del Condor), 3. Alagút-barlang (Caverna del Túnel), 4. Vicky-barlang (Caverna del Vicky), 5. Indio-barlang (Cueva de los Indios), 6. Sas-barlang (Cueva del Águila), 7. Pók-barlang (Caverna de las Arañas), 8. Makik barlangja (Caverna de los Titis), 9. Francia barlangja (Caverna del Francés), 10. Tigris-barlang (Caverna del Tigre), 11. Idő temploma (Templo del Tiempo) 12. Kajmán szája (Boca del Caimán)

Fig 1.: Location of the Río Claro region marking the investigated caves.

Legend: 1. Tapir Cave (Cueva de las Dantas), 2. Condor Cave (Caverna del Condor), 3. Tunnel Cave (Caverna del Túnel), 4. Vicky Cave (Caverna del Vicky), 5. Indio Cave (Cueva de los Indios), 6. Eagle Cave (Cueva del Águila), 7. Spider Cave (Caverna de las Arañas), 8. Lemurs Cave (Caverna de los Titis), 9. Franchmans Cave (Caverna del Francés), 10. Tiger Cave (Caverna del Tigre), 11. Church of the Time (Templo del Tiempo) 12. Caiman's Mouth (Boca del Caimán)



2. ábra. Rio Claro környékének földtani és tektonikai vázlata.

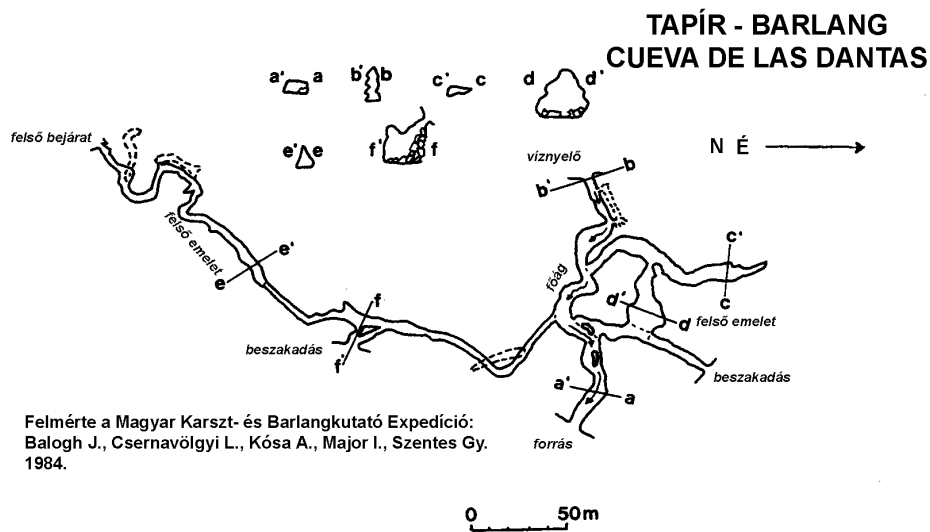
Jelmagyarázat: 1. negyedidőszak - harmadidőszak; homokkő, durva törmelék, folyóvízi üledék, 2. kréta; konglomerátum, 3. Paleozoikum; márvány, 4. Paleozoikum - Prekambrium; gránit, granodiorit, diorit, 5. Paleozoikum - Prekambrium; kristályos pala, gneisz, 6. főbb törésvonal

Fig. 2.: Geological and tectonical sketch of the Rio Claro Region .

Legend: 1. Quaternary - Tertiary; sandstone, gravel, river deposit, 2. Cretaceous; conglomerate, 3. Palaeozoic; marble, 4. Palaeozoic - Precambrian; granite, granodiorite, diorite, 5. Palaeozoic - Precambrian; metamorphic shist, gneiss, 6. mainly joint

3. A kutatások eredményei

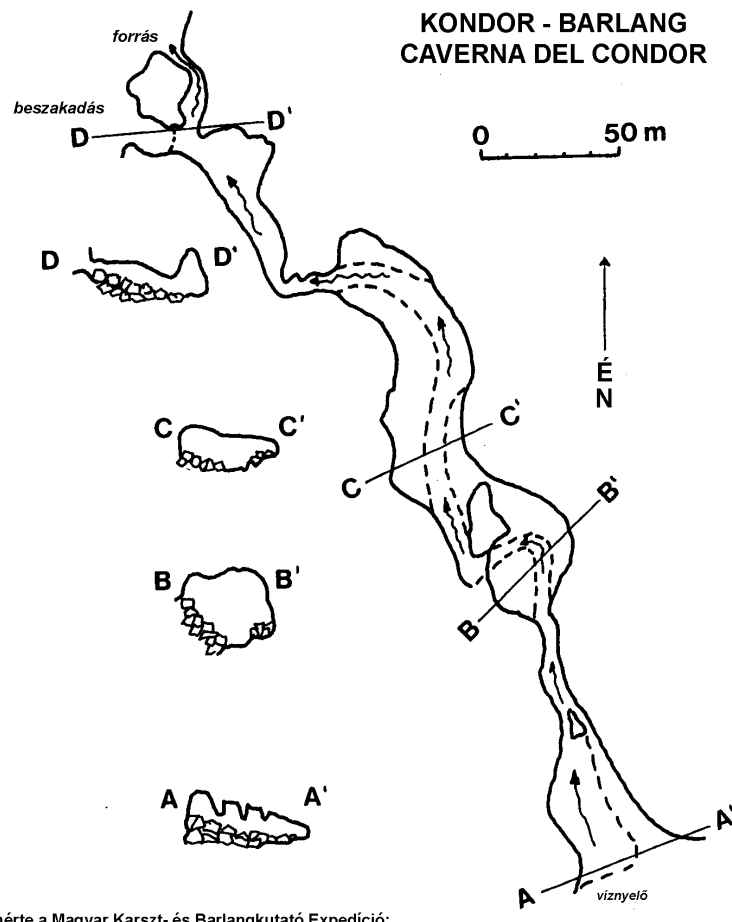
A felszíni bejárások során az expedíció tagjai tanulmányozták az egyes *karsztkúpokat*, az azokat borító növényzetet és talajtakarót (2. kép). A márványkibúvásokon az oldó hatás mély barázdákat, éles hátakat és sokszor fantasztikus formákat alakított. A látványosabbak dokumentálása is a felszíni munkák egyik feladata volt. Balogh professzor pedig *talajbiológiai* vizsgálatokat végzett.



3. ábra: Tapír -barlang (Cueva de las Dantas) térképe
Fig 3.: Survey of the Tapir Cave (Cueva de las Dantas)



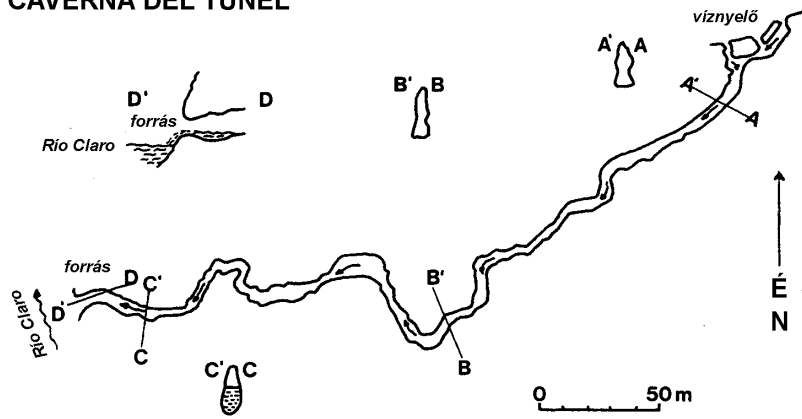
2. kép: Őserdővel fedett karszkúp a Río Claro környékén
Picture 2.: Jungle covered karst cone near the Río Claro



Felmérte a Magyar Karszt- és Barlangkutató Expedíció:
Balogh J., Csernavölgyi L., Kósa A., Major I., Szentés Gy.
1984.

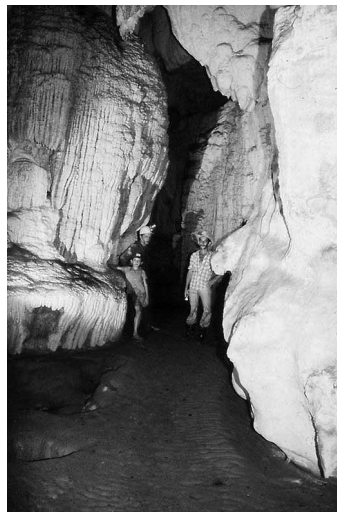
4. ábra: Kondor-barlang (Caverna del Condor) térképe
Fig 4.: Survey of the Condor Cave (Caverna del Condor)

**ALAGÚT - BARLANG
CAVERNA DEL TÚNEL**

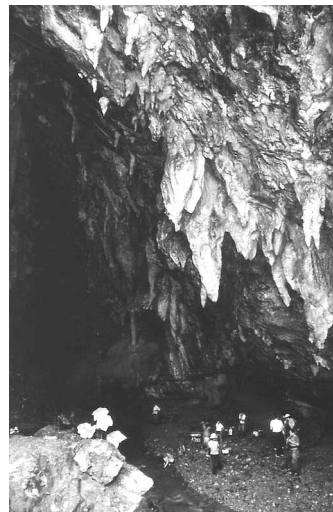


Felmérte a Magyar Karszt- és Barlangkutató Expedíció:
Balogh J., Csernavölgyi L., Kósa A., Major I., Szentes Gy.
1984.

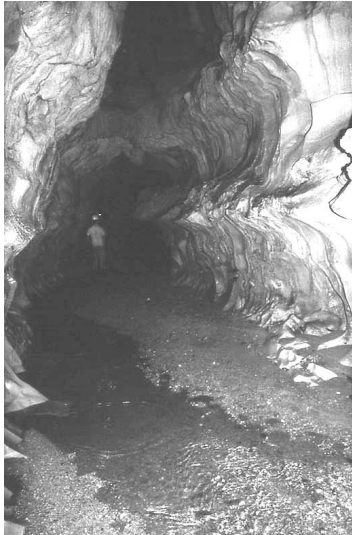
5. ábra: Az Alagút-barlang (Caverna del Túnel) térképe
Fig 5.: Survey of the Tunnel Cave (Caverna del Túnel)



3. kép: A Tapír-barlang (Cueva de las Dantas) csepp-
kövekkel díszített felső emelete
Picture 3.: Nicely decorated upper level in the Tapir
Cave (Cueva de las Dantas)



4. kép: Az expedíció tagjai a Kondor-barlang (Caver-
na del Condor) bejáratánál
Picture 4.: The participants of the expedition at the
Entrance to the Condor Cave (Caverna del Condor)



5. kép: Az Alagút-barlang (Caverna del Túnel) fő járata
Picture 5.: The main passage in the Tunnel Cave(Caverna del Túnel)

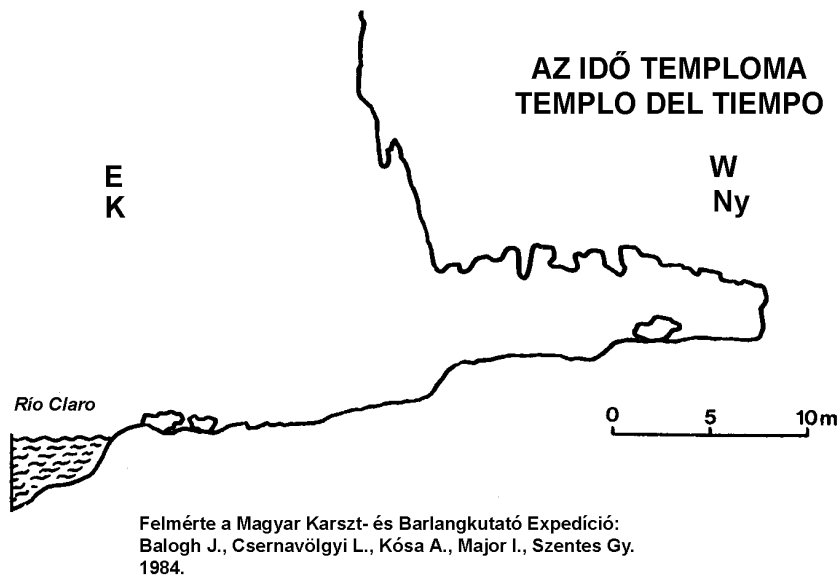


6. kép: Az Idő temploma, egy hegylábi barlang a Rio Claro szurdokában
Picture 6.: Church of the Time (Templo del Tiempo), a cliff foot cave in the Río Claro Canyon

Természetesen a legfontosabb feladat a *barlangok* kutatása és tanulmányozása volt. Itt szeretném röviden említeni a megvizsgált barlangok főbb adatait. *Aktív patakos barlangok* közül a legnagyobb a 873 m hosszú *Tapír-barlang* (Cueva de las Dantas) (3.ábra, 3.kép). A barlang egy nagyméretű több emeletes labirintus. Főága jelentős vízmennyiséget vezető emeletes átmenőbarlang. A felső emeleteket látványos cseppkőképződmények díszítik. A barlang aktív része nagyszámú zsírmadár élőhelye, míg a felső emeleteket denevérek lakják.

Hatalmas méretű termek sorozatából áll a 488 m hosszú átmenőbarlang, a *Kondor-barlang* (Caverna del Condor) (4. ábra, 4. kép). A barlang 30 m magasságot is meghaladó termeiben számtalan zsírmadár fészkel. Innen ered a barlang neve is, mivel a zsírmadarakat, avagy a guacharokat a helyiek kondornak nevezik. A barlangon bővízü patak folyik keresztül. A barlangról a magyar kutatók szakértői kommentárjával a kolumbiai televízió filmet készített. A bejáratnál a barlangkutatás iránt érdeklődő kolumbiaiknak Csernavölgyi László kötéltechnikai bemutatót tartott.

Közvetlen a főfolyó, a Río Claro felett emelkedő karsztkúpon vágta keresztül magát a 422 m hosszú *Alagút-barlang* (Caverna del Túnel) (5.ábra, 5. kép). Omladékos víznyelő bejárata mögött cseppkövekkel gazdagon díszített keskeny, magas folyosót teljesen kitölti a barlangi patak, amely a Río Claro feletti sziklafalban bukkan a felszínre.



6. ábra. Az Idő templomának (Templo del Tiempo) keresztmetszé-
nye
Fig 6.: Cross section of the Church of the Time (Templo del Tiempo)

E barlang melletti kisebb karsztkúpon halad keresztül a 340 m hosszú, cseppkövekkel szépen díszített, omladékos *Vicky-barlang* (*Caverna del Vicky*). A barlang végső szakasza felszakadt és egy keskeny kanyon formájában vezet a Río Claróhoz.

Innen nem messze nyílik az *Indio-barlang* (*Cueva de los Indios*). A barlangnak csak a 130 m hosszú felső emelete ismert. Az alatta fakadó *Tápír-forrás* (*Manantial de las Dantas*) mögött húzódik a barlang egyelőre ismeretlen alsó szintje.

A Río Claro szurdokában a folyó laterális eróziója *hegylábi barlangokat* alakított. A hosszan elnyúló sziklaeresz jellegű barlangok bejáratát vastag tufafüggöny borítja, beljebb cseppkövesedés figyelhető meg. Ezek tanulmányozása, felmérése és védelmük megtervezése szintén az expedíció feladata volt. Leglátványosabb a *Kajmán szája* (*Boca del Caimán*) és az *Idő temploma* (*Templo del Tiempo*)(6.ábra, 6. kép). A szurdok felső szakaszán található a *Makik barlangja* (*Caverna de los Titis*). E hegylábi barlang belsőjébe mintegy 25 m hosszan követhető keskeny vízvezető járat csatlakozik a karsztkúp belseje felől.

A hosszú barlangfejlődés korábbi szakaszaiból számos *fosszilis- és roncsbarlangot* is sikerült felmérni és tanulmányozni. Ezek hossza 20 és 60 m között váltakozik. Többnyire az őserdő által takart, magasabban levő karsztos kúpok között található szakadékdolinákból nyílnak, az egykori nagyobb barlangrendszer maradványait képviselve. Ezen üregek számos barlangtani és biológiai érdekességet szolgáltatottak. Az érdekesebb a 30 m hosszú *Sas-barlang (Cueva del Águila)*, amelynek bejárati szakaszában ragadozó madár fészkel. A 25 m hosszú *Pók-barlang (Caverna de las Arañas)*, egy pókfajta élőhelye. Jellegzetes hálójuk szinte az egész barlangot kitapétázza. A *Tigris-barlang (Caverna del Tigre)* 20x30 m-es bejárati terme után a barlang még 30 m hosszan folytatódik egy omladékos folyosón keresztül (SZENTES 1992). A barlang nagy valószínűséggel a környéken ritkaságnak számító jaguár élőhelye. Az orrfacsaró bűz és a friss zsákmánymaradványok ezt látszottak igazolni. Szerencsére a barlang lakója távol volt, és mi igyekeztünk a vizsgálatokat minél hamarabb befejezni.

A közelben nyíló *Francia barlangja (Caverna del Francés)* egy 60 m hosszú omladékos átmenőbarlang, egy fosszilis földalatti patakmeder, amely a legmagasabban húzódik a Rio Claró szintje felett (KÓSA 1985b).

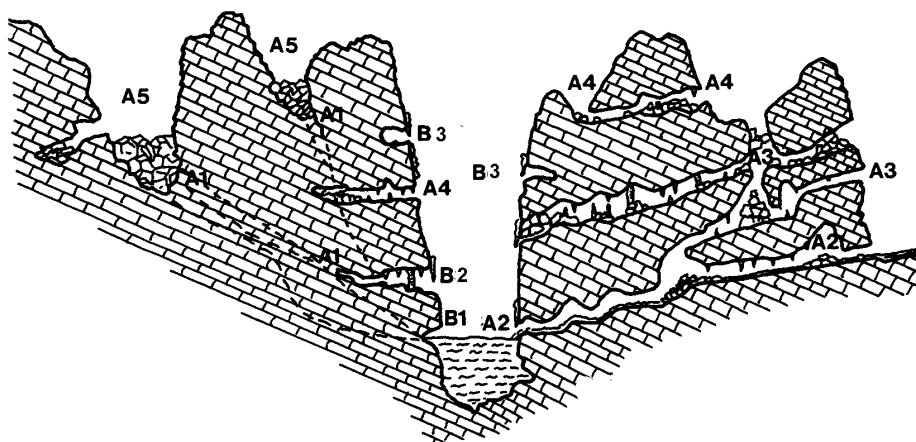
Tanulmányoztuk a terület víznyelőit, forrásait és karsztos szurdokvölgyeit is. A karsztkúpok között számos *víznyelőt* sikerült megfigyelni. Ezek hovatarozása még kérdéses. Valószínűleg a már ismert barlangok kisebb mellékjárataiba és az *Indio-barlang* még ismeretlen alsó szakaszába vezetik a vizet. Némelyik kisebb fosszilis barlang újra aktiválódott víznyelőként működik. Ezek vize feltételezésünk szerint a heglábi barlangokba vezető, nagyrészt járhatatlan hasadékokban jelenik meg.

A *források* döntő többsége a nagyobb, már említett, aktív patakos barlangok felszínre bukkanása. Nagyobb forrás még a már ugyancsak említett, a Rio Claróba ömlő *Tapír-forrás (Manantial de las Dantas)*, amely mögött valószínűleg egy nagyobb barlangjárat húzódik. Számos kisebb repedésforrás bukkan a felszínre a Rio Claróban és a mellékszurdokokban.

A *szurdokvölgyek* leglátványosabbika a Rio Claro kanyonja. A karsztkúpokkal szegélyezett, meredek márványfalakkal határolt, oldott sziklaformákkal díszített kanyon a felszín központi látványossága. A Rio Claro keskeny, magas, törmelékkel borított mellékszurdokai többnyire felszakadt barlangokat képviselnek. Leglátványosabb a Kondor-barlang patakjának felszínre bukkanását követő szurdok, ahol egy impozáns sziklahíd igazolja az egykori barlang létét.

4. Szeleológiai és ökológiai megfigyelések, következtetések

Az expedíció megfigyeléseinek és vizsgálatainak hosszú sorából a következőkben két példát mutatok be. Az egyik a terület barlangjainak képződési modellje.



7. ábra. A barlangfejlődés elméleti szelvénye

Jelmagyarázat: A: Transzverzális barlangfejlődés; 1. Újra aktiválódó fosszilis barlangok, 2. Aktív patakos barlangok, 3. Az aktív patakos barlangok felső emelete, 4. Egykori patakos barlangok fosszilis részei, 5. Szakadékdolinák, B: Laterális barlangfejlődés; 1. A heglábi barlangok fejlődésének kezdeti szakasza, 2. Hegylábi barlangok, 3. Felemelt, fosszilis, egykori heglábi barlangok

Fig 7.: Theoretical section of the cave development.

Legend: A: Transversal cave development; 1. Cave rejuvenation, reactivation of fossil caves, 2. Active stream caves, 3. Upper passages of the active stream caves, 4. Fossil stream caves, 5. Collapse dolines B: Lateral cave development; 1. Initial development of the cliff foot caves, 2. Cliff foot caves, 3. Uplifted fossil cliff foot caves

A karsztfelődés és a barlangok kialakulása párhuzamosan a Kordillerák eróziójával és a Magdalena-medence üledékképződésével történt, feltehetően az elmúlt 6 millió év során. Ezalatt az éghajlati körülmények alkalmasak voltak egy trópusi kúparszt kialakulására, habár ezt a folyamatot a kőzettani és tektonikai viszonyok erősen befolyásolták (KÓSA 1986). A lepusztulás eredménye a feldarabolt karszt, ahol barlangok generációja alakult ki párhuzamosan a karsztkúpokkal és a márványba mélyült szurdokvölgyekkel.



7. kép: Fészükön ülő zsírmadarak (szuszókok, guacharók) a Kondor-barlangban (Caverna del Condor)
Picture 7.: Oil bird (murraca, guacharo) nest in the Condor Cave (Caverna del Condor)

A barlangfejlődések két fő csoportba oszthatók (SZENTES 1986). Az egyik a karsztkúpokon keresztül a nagyobb folyók felé nagyjából derékszögben tartó barlangok fejlődése. Ezt neveztük *transzverzális barlangképződésnek*. A másik, talán kevésbé jelentős barlangfejlődés az ún. hegylábi barlangok kialakulása a nagyobb folyók mentén, amit *laterális barlangképződésnek* nevezünk. Természetesen fennáll a két barlangfejlődési csoport között a kapcsolat is (7. ábra).

A hosszú karsztfejlődési periódus során mindkét csoportból a barlangok számos generációja alakult és pusztult is el. A barlangokat főleg az erózió alakította. A nemkarsztos felszínről behordott nagy mennyiségű kvarckavics növelte az erózió hatékonyságát. A hegylábi barlangok kezdeti fejlődési szakaszában freatikus hatások is érvényesülhettek.

A másik fontos téma a *zsírmadarak* vagy *szuszókok* (*Steatornis caripensis*) életének tanulmányozása volt. Létezésükről először Francisco de Tauste spanyol misszionárius adott hírt 1678-ban, de részletesebb leírást csak több mint száz évvel később, 1799-ben készített róluk Alexander von Humboldt német polihisztor. Venezuela barlangjaiban figyelte meg e tyúknagyságú, hosszú farkú, fehér pettyes, barna alapszínű madarak életét. Dél-Amerika őslakosai zsírforrásnak tekintették az állatokat. A fiókák bőre alatt vastag zsírréteg rakódik le, ezért az indiánok ősidők óta fosztogatták fészkeiket. A zsírt nem annyira étkezésre, inkább világításra használták. A spanyol hódítók éles, kellemetlenül hangos kiáltásáról nevezték el *guacharonak*.

E madarak Dél-Amerika északkeleti részén Venezuela, Kolumbia, Ecuador, Északkelet-Brazília, Peru, Guyana és Trinidad barlangjaiban élnek kisebb-nagyobb kolóniákban. Fejlett látásuk mellett a barlangban az emberi

fül számára is hallható hangok tartományában működő "szonárkészülékük" segítségével tájékozódnak. A kutató expedíció tagjai a *Kondor-barlangban* (*Cueva del Condor*) tanulmányozták a zsírmadarak életét (MAJOR 1997). A 20-30 m magas termek teraszain sárból tapasztott gúla alakú fészkek sorakoztak (7. kép). A lámpák fénye okozta zavar miatt fülsiketítő láрма keletkezett, több tucatnyi madár kavargott a mennyezet kupolája alatt, de véletlenül sem ütköztek össze. A felriasztott madarak lassan megnyugodtak és megszokták jelenlétünket. A fészkek többségében egy-egy madár ült, de számos fiókát is megfigyeltünk. Érdekes, hogy Humboldt jegyzetei júniusra teszik az indiánok fiókavadászatát, míg a magyar expedíció novemberben figyelte meg a fiókákat. Ez azt jelenti, hogy a madár vagy évente kétszer költ, vagy a kolumbiai populáció más időben neveli utódait.

A madár a veszélyeztetett fajok közé tartozik. Fiókáikat szinte kizárólag az olajpálma (*Elaeis melanococca*) magjával táplálják. Ez az egyoldalú táplálkozás veszélyezteti a madarak életét, mivel az olajpálma eredeti élőhelye, a trópusi őserdővel együtt mindenütt fogyóban van.

A zsírmadarak lakta barlang, a madarak által behordott táplálék miatt, egy olyan életközösséget tart fenn, amely számtalan fajnak ad otthont. A vastag guanó felszínéről, az elejtett pálmamagokból hófehér csíranövények hajtásai meredeznek. A guanóban ezrével élnek hófehér, áttetsző testű rovarok, skorpiók, álskorpiók és pókok. A guanó mikrofaunája érdekes tanulmány lehetőségét állította a kolumbiai biológusok elé. Táplálékszerzés céljából még hüllők és kételtűek is behatolnak a barlangokba.

5. Javaslatok és beszámolók

Legfontosabb az expedíció eredményeit bemutató jelentés és az ennek kapcsán készített javaslat volt a terület felszíni és felszín alatti értékeinek védelmére (KÓSA 1985a, BALOGH - KÓSA - SZENTES 1985). A terület tulajdonosa, aki maga is az expedíció résztvevője volt, a jelentést továbbította a kolumbiai hatóságoknak. Az összefoglaló többek között szólt a még meglévő esőerdő védelméről, a könnyebben elérhető karsztos szurdokok és barlangok látogatásának szabályozásáról és megszervezéséről, a környéken előforduló márványbányászat korlátozásáról. Ennek eredményeképpen ma a márványkarszt részben természetvédelmi terület, részben pedig magán ökológiai park (La Reserva Natural Cañon del Río Claro).

Továbbiakban számos beszámoló látott napvilágot az expedíció eredményeiről magyar és nemzetközi szinten. Ezeket az irodalomjegyzék és a szövegben való hivatkozás tartalmazza.

E tanulmány igyekezett képet adni a magyar karszt- és barlangkutatás egyik, talán kevésbé ismert eseményéről és egyidejűleg emléket állítani az elhunyt Dr. Balogh János professzor és Dr. Kósa Atilla emlékének.

IRODALOM

- BALOGH, J. - KÓSA, A. - SZENTES, G.* (1985): Recommendation for the Environmental Protection and Conservation of the Caves and other Karst Phenomena of the Río Claro Region, - Manuscript, Budapest - Medellín
- IRVING, E.* (1971): Evolution Estructural de los Andes mas Septentrionales de Colombia - Boletin Geologico, Volumen XIX, No.2., p. 67-75.
- KÓSA, A.* (1985a): Preliminary Report about a Karst-morphological and Ecological Expedition - Manuscript, Budapest
- KÓSA, A.*: (1985b): In Colombia - Again, The British Caver, Vol. 94-95., Spring-Summer 1985, p. 21-25.
- KÓSA, A.* (1986): Typical Tropical Karst Landforms Typical and Tropical? - 9th International Congress of Speleology, Barcelona, Communications, Vol. 1., p. 102-103.
- MAJOR, I.*: (1997): Merre jár a zsírmadár - Élet és Tudomány (21. évf.) Budapest, p. 652-654.
- PORTA, J.* (1966): Geología del extremo S del Valle Medio del Magdalena entre Honda y Guataquí, Boletin de Geologia - Universidad Industrial de Santander, Numeros 22-23, p. 5-11.
- SZENTES, G.* (1983): Szpeleológiai kutatások Kolumbiában, - Karszt és Barlang (I-II. füzet), Budapest, p. 43-48.
- SZENTES, G.* (1984): Speleological Exploration in the Río Claro Marble Karst in the Central Cordillera, Colombia - The British Caver, Vol. 89., Winter 1983, p. 1-6.
- SZENTES, G.* (1986): Cave Development in the Tropical Marble Karst in Central Cordillera, Colombia - 9th International Congress of Speleology, Barcelona, Communications, Vol. 1., p. 161-163.
- SZENTES, G.*: (1992) Tropical Karst and Caves in in the Central Cordillera, Colombia - Herausgeber: Höhlenforschergruppe Rhein-Main, Frankfurt am Main, p. 1-66.

AZ UIS PSZUDOKARSZT BIZOTTSÁGÁNAK TÖRTÉNETE

ESZTERHÁS ISTVÁN

8045 Isztimér, Köztársaság u. 157.

Abstract: The foundation meeting of Pseudokarst Commission took place in the 12th UIS (Union Internationale de Spéléologie) Congress on August 15th, 1997 in La Chaux-de-Fonds (Switzerland). The assembly designated the main policy of the activity and elected the management. To the commission related researchers are performing freely, according to one's lights their projects and publications. Since the foundation elapsed 12 years, progressively more and more researchers have joined in the activities. Initially were only Central European attendants, afterwards the circle of the participants extended to the entire Europe and newly American and Asian researchers have joined in the Pseudokarst Commission. The researchers present their achievements two-yearly in the International Symposiums on Pseudokarst. Between 1982 and 2008 ten symposiums took places. The proceedings of the symposiums have 155 studies on 1236 pages. Futhermore international workshops and conferences took places on different fields of the pseudokarst science. Also proceedings were published about the presentations of these events. Since the foundation of the Commission significant accomplishments have happened in the research of the sandstone caves, granite caves and root stalagmites. The bilingual „Nachrichtenbrief“ (Newsletter) published in Hungary and it serves to maintain the communications. Up to now 18 issues have appeared on 150 pages. The Secretariat of the UIS has classified into the highest category the activity of the Pseudokarst Commission among the 24 commissions.

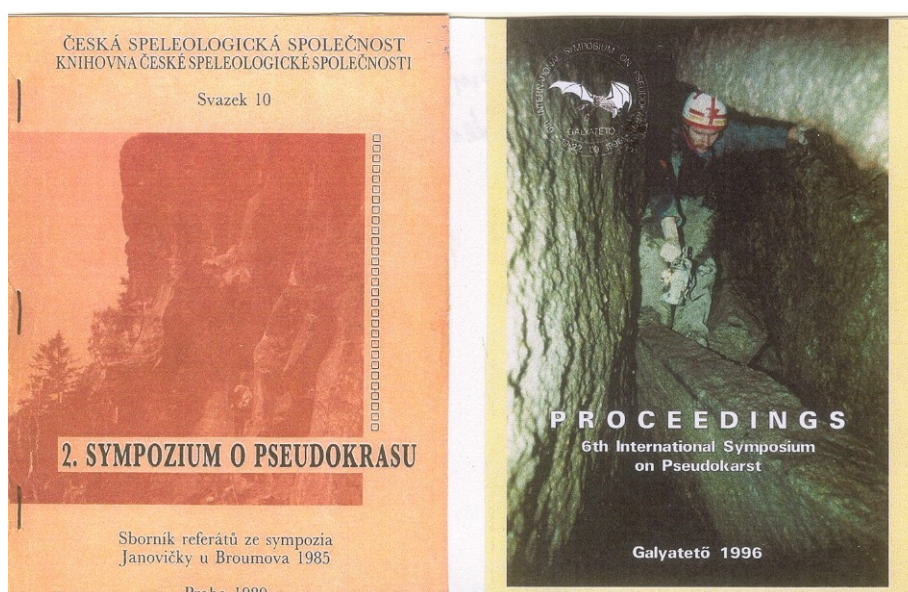
1. Bevezetés

Pszudokarsztos jelenségeket már meglehetősen régen megfigyeltek és leírtak, bár egységes elnevezést nem használtak rájuk. Kínában 2300 évvel ez előtt feljegyzések készültek a lösz üregesedéséről. Az ókori római írásokban találunk említéseket az Etna lávacsőbarlangjairól (HALLIDAY 2007). A középkor végétől Európa legtöbb országából számos írás ismert pszudokarsztos barlangokról a kor szellemének és ismeretanyagának megfelelő – ma már mosolyra készítő – stílusban.

A 20. század elejéről származnak a „pszeudokarszt”, a „pszeudokarsztosodás” elnevezések. Eddigi ismereteink szerint elsőként W. von Knebel német geológus használta e kifejezéseket 1906-ban megjelent „Höhlenkunde mit Berücksichtigung der Karstphänomenen” című munkájában (KNEBEL 1906). 1931-ben F. P. Szavarjenszkij orosz geológus a lösz- és agyagüledékek pszudokarszt-jelenségeit elemezte. 1941-ben G. Florida olasz kutató „Un particolare fenomeno pseudocarsico manifestato da algune argile” címmel írt tanulmányt (FLORIDA 1941).

Az 1950-es években kezdett általánossá válni a pszudokarszt kifejezés, főként néhány közép-európai nyelven (cseh, német) megjelent speleológiai dolgozatban (KUKLA 1950, KOSACK 1952). Nem sokkal később már szinte egész Európában és Amerikában is tért hódított ez a szakkifejezés.

1982-től pedig rendszeresen szerveztek önálló pszeudokarsztos szimpóziuumokat Közép-Európában (1. ábra). A szimpóziuumok tanulmányköteteiben eddig 155 tanulmány jelent meg 1236 oldal terjedelemben.



1. ábra: A 2. és 6. szimpóziuum tanulmánykötetének borítói
 Fig. 1.: Book-covers of the proceedings of the 2nd and the 6th symposiums

2. Az UIS Pszeudokarszt Bizottságának megalakulása

A pszeudokarsztokkal foglalkozó tudományos összejöveteleken egyre többször szóba került egy világméretű szövetség létrehozásának szükségessége. 1996-ban a Galyatetőn rendezett 6. Nemzetközi Pszeudokarszt Szimpóziuum záróülésén (1996. szept. 22.) a jelenlévő kutatók öt határozatot fogadtak el. Ezek egyike az volt, „Mi kérjük az UIS Titkárságát, hogy tegyék lehetővé a svájci La Chaux-de-Fonds-ban 1997-ben rendezendő 12. Nemzetközi Barlangtani Kongresszuson megalakulhasson az UIS Pszeudokarszt Bizottsága” (ESZTERHÁS – SÁRKÖZI 1996). A szimpóziuum rendezőse a határozatot elküldte az UIS Titkárságának és a 12. Kongresszus Szervező Bizottságának. A határozatba foglalt kérelem meghallgatásra talált.

La Chaux-de-Fonds-ban rendezett kongresszuson idő- és teremhasználati tervet készítettek a létező 22 bizottság ülései számára. Ebben az ülés-tervben persze nem szerepelt a még nem is létező Pszeudokarszt Bizottság (és Barlangi Ásványok Bizottsága). Gyors reklamálás és átszervezés után helyet és időpontot kapott a Pszeudokarszt Bizottság ülése, de ez már nem

kerülhetett kihirdetésre, csak szájról szájra terjedt a lehetséges érdekeltek között. A Pszeudokarszt Bizottság alakuló ülése 1997. augusztus 15-én 10 óra 30 perckor ült össze a La Chaux-de-Fonds-i Kantonális Gimnázium 618-as termében (1. kép). Az előbb említett szervezési nehézségek miatt az alakuló ülésre 7 ország képviselőjében csak 10-en jöttek össze:

Bella, Pavel (SK)	van der Pas, Jan Paul (NL)
Bosák, Pavel (CZ)	Pavuz, Rudolf (A)
Eszterhás István (H)	Schöne, Tilo (D)
Gaál, Lúdvít (SK)	Striebel, Thomas (D)
Mais, Karl (A)	Tulucan, Tiberiu (RO)



1. kép: A Kantonális Gimnázium La Chaux-de-Fonds-ban (Svájc). Ez volt a 12. UIS-Kongresszus központja.

Itt alakult meg a Pszeudokarszt Bizottság 1997-ben

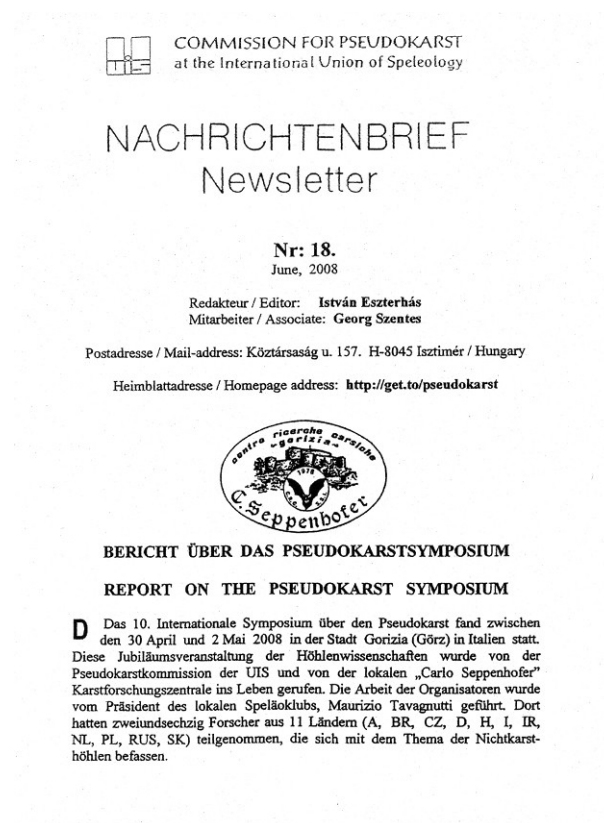
Picture 1.: The Cantonal Grammar School in La Chaux-de-Fonds (Switzerland). The centre of the 12th UIS-Congress. Here was established the Pseudokarst Commission in 1997.

Az egybegyűltek döntöttek a bizottság megalakulása mellett. Megválasztották a következő tiszti kart: Jiří Kopecký (CZ) tiszteleti elnök, Eszterhás István (H) elnök, Tilo Schöne (D) alelnök, Tiberiu Tulucan (RO) titkár. Elfogadták a bizottság első munkatervét. Ez kiemelte a pszeudokarsztos barlangok kataszterezését, speciális munkacsoportok (geomorfológiai, ásványtani, klimatológiai, biológiai stb.) létrehozását, javaslattételt az objektumok védelmére, kapcsolattudozást más bizottságokkal (Vulkánszpeleológiai,

könyvtár stb.), erőteljes publikációs tevékenységet és a bizottság fokozatos bővítését (Közép-Európa → Európa → más földrészek) (TULUCAN 1997).

3. Tevékenység a svájci és a brazil UIS-kongresszusok között (1997-2001)

Röviddel a bizottság megalakulása után az elnök mintegy 50 körlevelet küldött szét a nemzeti szövetségeknek és a publikációkból már ismert pszeudokarszt-kutatókhoz. Ebben ismertette a bizottság megalakulásának tényét, egy leendő információs lap tervét és kérte az érdeklődőket a tevékenységbe való bekapcsolódásra. 1998. májusában megjelent a nemzetközi információs lapunk első száma „Nachrichtenbrief” címmel (2. ábra).



2. ábra: A bizottság nemzetközi lapja
Fig. 2.: International newspaper of the commission

A bizottság alakulásakor kitűzött célokat igyekeztünk megvalósítani. A pszeudokarsztos jelenségek számbavétele országonként különböző intenzitással folytatódott, illetve elkezdődött. Kölcsönösen kitűnő kapcsolatunk

alakult a Vulkánbarlangok Bizottságával és a Barlangkutatás-történeti Bizottsággal. Kicseréljük kutatásaink eredményeit, látogatjuk egymás rendezvényeit. Több rokon témájú bizottsággal (Jégbarlangok Bizottsága, könyvtár stb.) is kerestük a kapcsolatot, de ezek egyelőre elzárkóztak. Nemzetközivé vált az együttműködés a gyökérszlagmiték, a homokkő, a gránit és kvarc karrosodásának kutatásában. A pszeudokarsztos publikációk legtöbbször (köztük a szimpóziumok, konferenciák előadaskötetei is) különböző nemzeti kiadóknál jelennek meg. Ezek számát csak hozzávetőlegesen tudjuk megbecsülni. A Pszeudokarszt Bizottság csak a Nachrichtenbrief-et adja ki (évente kb. kétszer német és angol nyelven). A lapnak 2008-ig 18 száma jelent meg, amelyek 84 cikket, illetve rövid tanulmányt tartalmaznak összesen 150 oldalon. Rendszeresen éves beszámolókat küldtünk a Pszeudokarszt Bizottság tevékenységéről az UIS-Bulletinnek. Több országban (Csehország, Szlovákia, Magyarország, Németország stb.) elkészült a nemzeti pszeudokarsztos bibliográfia. Javasoltuk a nemzeti Környezetvédelmi Minisztériumoknak (egyes helyeken hivataloknak) a pszeudokarsztok védelmét. Ezt néhány intézményben akceptálták, mások nem is válaszoltak e felvetésre.

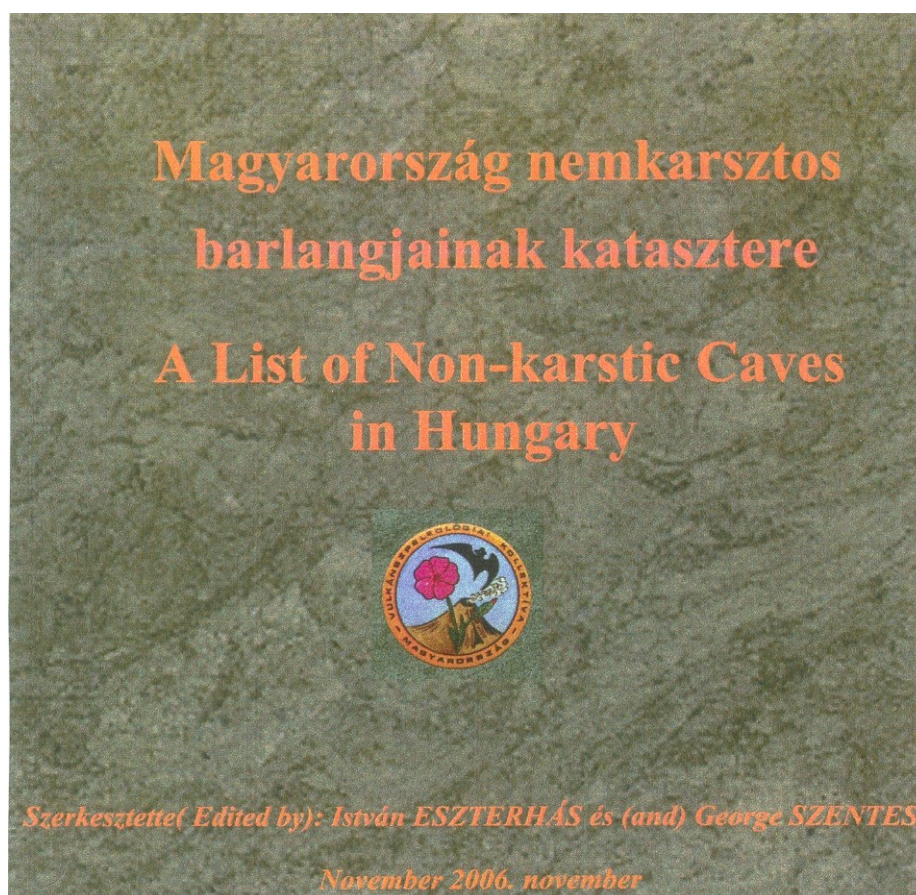
1998-ban megrendeztünk egy nemzetközi munkatalálkozót Bayreuthban (Németország), majd 1999-ben a 7. Nemzetközi Pszeudokarszt Szimpóziumot Aradon (Románia). Több regionális találkozóról tudunk Európában, Észak-Amerikában, Ausztráliában és Kínában.

A 13. UIS-Kongresszuson (Braziliában 2001-ben) a pszeudokarszt megítélése eltérő volt. A kongresszus nyitóülésén Pavel Bosák főtitkár mások mellett értékelte az UIS bizottságok tevékenységét. A tevékenység értékelésében a 24 bizottság közül a Pszeudokarszt Bizottságot (másik három bizottsággal) a legmagasabb kategóriába sorolta (*BOSÁK* 2001). Sajnos a kongresszus szervező irodája nem tervezett ülést a Pszeudokarszt Bizottság számára, de van der Pas közbenjárására az utólag be lett iktatva. A kongresszuson pszeudokarsztos témakörben mindössze négy előadás hangzott el (*ESZTERHÁS* 2001).

4. Tevékenység a brazil és a görög UIS-kongresszusok között (2001-2005)

A pszeudokarsztos barlangok összeszámlálása számos földrajzi területen megtörtént ebben a négyéves periódusban. Sajnos nincs mindenholnag egzakt adatunk. Néhány országból ismerjük a pontos adatokat. Csehországból 1092, Magyarországról 896, Lengyelországból 811, Szlovákiából 215 pszeudokarsztos barlang lett feldolgozva 2005-ig. Magyarország nemkarsztos barlangjainak katasztere számos térképpel, fényképpel digitális formában,

CD-n és az interneten is (<http://geogr.elte.hu/nonkarstic>) megjelent (3. ábra). Ebben a szakaszban kutatóink nagy figyelmet fordítottak a homokkőbarlangok, a gránitbarlangok, a fumarólabarlangok és a tafonik genetikájának megismerésére, osztályozására.



3. ábra: Magyarország nemkarstos barlangkataszterének CD-borítója
Fig. 3.: CD-cover of the List of Non-karstic Caves in Hungary

A publikációk száma az ismeretek bővülésével folyamatosan nőtt. Az írások pontos számát továbbra sem ismerjük, mert azok sok száz kiadónál jelennek meg a Föld különböző helyein. Folyamatosan, 2-3 évenként kértük az UIS Titkárságát, hogy legalább a Nachrichtenbrief megjelenését, terjesztését támogassa. Ők kérésünkre egyszer sem válaszoltak. Így a lapkiadás anyagi terheit csak néhány magyar, holland és osztrák kolléga fedezte és fedezi ma is.

2004-ben Teplý Vrch-ben (Szlovákia) rendezték meg a 8. Nemzetközi Pszeudokarszt Szimpóziumot (*I. táblázat*). Ezen az előadásokon és kirándulásokon túl részben megújítottuk a vezetőséget, hivatalosan kértük a 14. UIS-Kongresszus szervezőit, hogy egy külön nemkarsztos szekciót hozzanak létre és egy petíciót fogalmaztunk meg a természet-, és ezen belül a barlangvédelem érdekében egy spanyolországi autópálya-építési terv ellen (*ESZTERHÁS 2004*).

I. táblázat
Table I.:

A Nemzetközi Pszeudokarszt Szimpóziumok
The International Symposiums on Pseudokarst

	Hely	ország	év	résztevő országok	résztevő személyek
1.	Janovičky u Broumov	CS	1982	3	87
2.	Janovičky u Broumov	CS	1985	5	75
3.	Königstein	DDR	1988	6	40
4.	Podonánky u Čeladná	CS	1990	9	61
5.	Szczyrk	PL	1994	4	21
6.	Galyatető	H	1996	8	32
7.	Arad	RO	1999	5	10
8.	Teplý Vrch	SK	2004	10	48
9.	Bartkowa	PL	2006	12	64
10.	Gorizia	I	2008	11	62
11.	Königstein	D	2010	?	?

A 14. UIS-Kongresszus Athénben volt, a helyiek belső vitája miatt meglehetősen kaotikus körülmények között. Összesen két pszeudokarsztos előadás hangzott el. Sajnos a kihirdetett programból itt is hiányzott a Pszeudokarszt Bizottság ülése. Ezen hiányosságon a jelenlevő Lúdivít Gaál és Szentes György úgy segítettek, hogy egyszerűen lefoglaltak egy termet és kiírták az ülés tényét. Az ülésen végül is három földrész képviselőjében 11-en jelentek meg, melyen szóba kerültek az eddigi tevékenységek, a Nachrichtenbrief sorsa és beszámolók különböző pszeudokarsztos vidékekről (*SZENYES 2005*).

5. Tevékenység a görög és az USA-béli UIS-kongresszusok között (2005-2009)

Ebben az időszakban főként a gyökérsztagmitok kutatása bizonyult sikeresnek. Újabban Ausztriában és Ausztráliában is sikerült gyökérsztagmitokat találni. Több jelentős dolgot jelent meg a homokkőbarlangokról és a gránitbarlangokról. A 2003-as „Roraima Expedíció” sikerein felbuzdulva 2007-ben a cseh, a szlovák és a horvát kutatókból álló „Tepuy Expedíció” járt Venezuelában, ahol jelentős méretű kvarcitbarlangokat tártak fel és érdekes barlangi bioképződményeket figyeltek meg (*ŠMIDA* 2008).

Az utóbbi négy évben két nemzetközi szimpóziumot, egy nemzetközi konferenciát és egy nemzetközi munkatalálkozót tartottunk. 2006-ban volt a 9. Nemzetközi Pszeudokarszt Szimpózium Bartkowában (Lengyelország). Ezen 31 jelentős előadást hallottunk és megtekintettük a Beszkidek legjelentősebb homokkőbarlangjait (*ESZTERHÁS* 2006). 2008-ban volt a 10. Nemzetközi Pszeudokarszt Szimpózium Olaszországban, Goriziában (*2. kép*). Itt 22 előadást tartottak a világ legkülönbözőbb pszeudokarsztos vidékeiről és a kirándulás során megnéztük a Villanovai-barlangot, ami a mészkövek közti flisréteg eróziójával és felszakadozásával keletkezett. E szimpózium bizottsági ülésén volt egy jelentős tisztségviselő váltás. Eszterhás István (H) 12 évi elnökség után bejelentette, hogy megromlott egészségi állapota miatt e tisztséget már nem tudja vállalni. Az új elnök Jan Urban (PL) lett és vezetőségi taggá lettek választva ázsiai és amerikai kutatók is (*III. táblázat*). Nagyszerű és jelentős volt a Gránitbarlangok Nemzetközi Konferenciája 2007-ben A Coruñában (Spanyolország) és kirándulásai a spanyol és portugál Galícia gránitvidékein (*3. kép*). E konferencia nagyban hozzájárult Európa legnagyobb gránitbarlangjának, az O Folón-barlangrendszernek fokozott védelem alá helyezéséhez (*ESZTERHÁS* 2007). Szintén 2007-ben volt a Nemzetközi Munkatalálkozó a Gyökérsztagmitokról Teplice nad Metujiban (Csehország). Ezen főleg a nagyon pontos dokumentálásról, publikálásról és a közeljövő teendőiről volt szó (*II. táblázat*).



2. kép: A 10. szimpózium hallgatósága a Goriziai vár Grófi Termében
Picture 2.: The attendance of the 10th symposium in the Count's Hall of the Castle of Gorizia



3. kép: A Nemzetközi Gránitbarlang Konferencia résztvevői
a portugáliai Boivão falu melletti „Castelo da Furna” gránitparkjában
Picture 3.: The participants of the International Conference on Granite Caves
in the „Castelo da Furna” of the granite park near the village of Boivão in Portugal

II. táblázat
Table II.

A Nemzetközi Pszeudokarszt Munkatalálkozók
The International Workshops on Pseudokarszt

hely	ország	év	téma	Résztevők száma
Teplice nad Metují	CS	1992	Gyökérsztalagmiték	?
Salgótarján és Rimaszombat	H és SK	1995	Pszeudokarsztos barlangok védelme	25
Bayreuth	D	1998	Homokkő- és gránitbarlangok	16
A Coruña	E	2007	Gránitbarlangok	30
Teplice nad Metují	CZ	2007	Gyökérsztalagmiték	25

III. táblázat
Table III.

Az UIS Pszeudokarszt Bizottságának tisztségviselői 1997-2008 között
Office-holders of the UIS Pseudokarszt Commission between 1997 and 2008

Tiszteleti elnökök:	időtartam
Jiří Kopecký (CZ)	1997 →
Eszterhás István (H)	2008 →
Elnökök:	
Eszterhás István (H)	1997-2008
Jan Urban (PL)	2008 →
Alelnökök:	
Tilo Schöne (D)	1997-2004
Rudolf Pavuza (A)	2004 →
Titkárok:	
Tiberiu Tulucan (RO)	1997-2004
L'udovit Gaál (SK)	2004 →
Elnökségi tagok:	
Hartmut Simmert (D)	2006 →
Maurizio Tavagnutti (I)	2006 →
Marcos Vaqueiro (E)	2006 →
Jan Urban (PL)	2006-2008
Soraya Ayub (BR)	2008 →
Marina Vdovec (RUS)	2008 →
Ahmad Afrasibian (IR)	2008 →

Megelégedéssel nyugtázhatjuk, hogy 2005-től egyre több ország és kontinens kutatói kapcsolódtak be a Pszeudokarszt Bizottság munkájába. Spanyolországtól Oroszorszáig és Svédországtól Olaszorszáig Európa szinte minden országa képviselve van már a bizottságban, de fokozatosan kapcsolódnak be a tevékenységbe Észak- és Dél-Amerika, Ázsia és Ausztrália kutatói is. 2008-ban létre jött az UIS Pszeudokarszt Bizottságának web-lapja a <http://rcswww.urz.tu-dresden.de/~simmert/pkarst> elérhetőséggel.

6. Összegzés

1997-ben alakult meg az UIS Pseudokarszt Bizottsága. Az azóta eltelt tizenkét év számos eredményt hozott. A bizottsághoz csatlakozott kutatók tevékenységüket szabadon, saját belátásuk és lehetőségeik szerint végzik. 12 év alatt a legjelentősebb tudományos eredmények a speleogenetika, a homokkőbarlangok, a gránitbarlangok és a gyökérsztalagmiték kutatásában történtek. A kutatók munkásságuk eredményeiről a 2-3 évenként rendezett nemzetközi pseudokarszt szimpóziumokon, az UIS-kongresszusokon és regionális konferenciákon, munkatalálkozókon számolhatnak be. Saját bizottsági tanulmányköteteinkben már közel kétszáz, a témába vágó dolgozat jelent meg. Van saját nyomtatott nemzetközi lapunk és weboldalunk is.

Több külföldi barlangkutató kollégám vetette fel, hogy foglaljam össze az UIS Pseudokarszt Bizottságának eddigi történetét, mielőtt annak részletei feledésbe merülnének. Ezt előbb a bizottság weblapja számára írtam meg angolul és németül (*ESZTERHÁS* 2008), de most kis módosítással magyarul is bátorodom közreadni.

IRODALOM

- BOSÁK, P.* (2001): Commission and Working Group Activity – kézirat Opening Plenary Meeting of the 13th International Congress of Speleology in Brazil, Ciudad Brazília p. 13-14.
- ESZTERHÁS I.* (2001): Activites of Pseudokarst Researchers on the 13th International Congress of Speleology – Nachrichtenbrief (Nr. 8), Isztimér p. 1-3.
- ESZTERHÁS I.* (2004): Report on the Pseudokarst Symposium – Nachrichtenbrief (Nr. 12), Isztimér p. 1-6.
- ESZTERHÁS I.* (2006): Report on the Pseudokarst Symposium – Nachrichtenbrief (Nr. 15), Isztimér p. 1-6.
- ESZTERHÁS I.* (2007): International Conference on Granite Caves – Nachrichtenbrief (Nr. 17), Isztimér p. 1-7.
- ESZTERHÁS I.* (2008): History of the UIS Pseudokarst Commission / Geschichte der Pseudokarstkommission des UIS – <http://rcswww.urz.tu-dresden.de/~simmert/pkarst>
- ESZTERHÁS I. – SÁRKÖZI SZ.* (1996): Introduction – Proceedings of the 6th International Symposium on Pseudokarst, Galyatető p. 10-15.
- FLORIDA, G.* (1941): Un particolare fenomeno pseudocarsico manifestato da algune agrile – Bolletino della Societa ei Scienza Naturale ed Economiche di Palermo (vol. 23), Palermo p. 10-19.

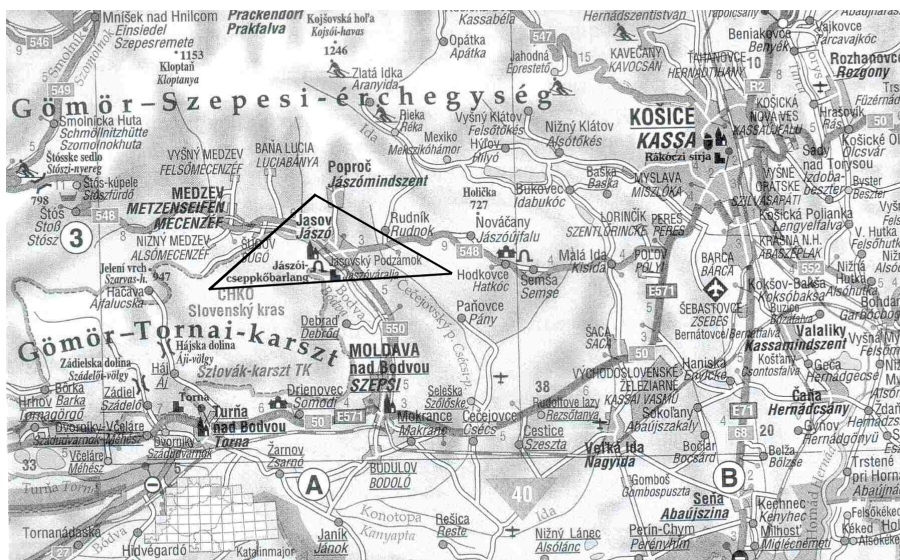
- HALLIDAY, W.R.* (2007): Pseudokarst in the 21st Century – *Jurnal of Cave and Karst Studies* (vol. 69), USA p. 103-113.
- von *KNEBEL, W.* (1906): Höhlenkunde mit Berücksichtigung der Karstphänomenen – Druck u. Verlag von Friedrich Vieweg u. Sohn, Braunschweig p. 183.
- KOSACK, H.P.* (1952): Die Verbreitung der Karst- und Pseudokarst-Erscheinung über die Erde – *Petermanns Geographische Mitteilungen* (B. 96.), Gotha p. 16-22.
- KUKLA, J.* (1950): Pseudokrasové jaskyně u Liktu na Slovensku – *Československý kras* (vol. 3), Brno p. 274-278.
- ŠMÍDA, B. et. al.* (2008): Speleoxpedícia TEPUY 2007 (stolové hory Chimantá a Roraima, Venezuela) – *Speleofórum* (vol. 27), Praha p. 49-57.
- SZENTES Gy.* (2006): 14th International Congress of Speleology – *Nachrichtenbrief* (Nr.14), Isztimér p. 1-6.
- TULUCAN, T.* (1997): New U.I.S. Commission – „Insid Earth” Sonderausgabe von 12. Int. Kongr. für Speläologie (Nr. 6. 97.), La Chaux-de-Fonds p. 6.

VALAMIT A JÁSZÓI-BARLANGRÓL ÉS KÖRNYÉKÉRŐL

HEVESI ATTILA

3515 Miskolc-Egyetemváros, Miskolci Egyetem Földrajz Intézet
e-mail: ecoheves@uni-miskolc.hu

Abstract: The Jászói Cave opens 35 m above the Bódva River in the north-east part of the Jászói Plateau, the easternmost plateau of Gömör-Torna Karst. It is a commercial cave, made visitable by the Premonstratensians as early as 1846. (Mount Kőszál, in which the cave is located, was part of the Premonstratensians estates). An interest in its formation is, that its original entrance and the shafts opening up next to it once probably swallowed the waters of Bódva River and/or Tapolca Creek.



1. térkép: A Jászói-barlang és környékének helyrajzi térképe.
(1:360.000; Kárpát-medence a Csángóföld térképével, Szarvas, Topográf, Nyír-Karta, 2006, 26.o.)
Map 1. Topographic map of Jászói Cave and its surroundings
(Carpathian Basin with the map of Csángóföld, 1:360.000; Szarvas, Topográf, Nyír-Karta, 2006, p.26.)

A Jászói-cseppkőbarlang (Jasovská jaskyňa) a Gömör–Tornai-karszt* legészakkeletibb végén, a Bódva völgytalpának jobb oldala fölött (1. térkép), ahhoz viszonyítva 35, a tengerszinthez képest 315 m magasan nyílik, a

* A Gömör–Tornai-karszt szlovákiai részének, nem egészen méltányosan, mai hivatalos neve Slovenský kras (Szlovák-karszt), a magyarországinak Aggtelek-Rudabányai-hegység.

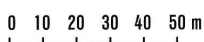
Jászói-fennsík** (Jasovská planina) legkeletibb orma, a Kőszál v. Szépleányh. (354 m tszf) K-i tövében (KORMOS 1917; 1. ábra). (1931-ben mesterségesen kialakított alsó bejárata a folyó szintje fölött mindössze 2, a tengerszinthez viszonyítva 257 m magasságban helyezkedik el; BELLA – LALKOVIČ 2003.).



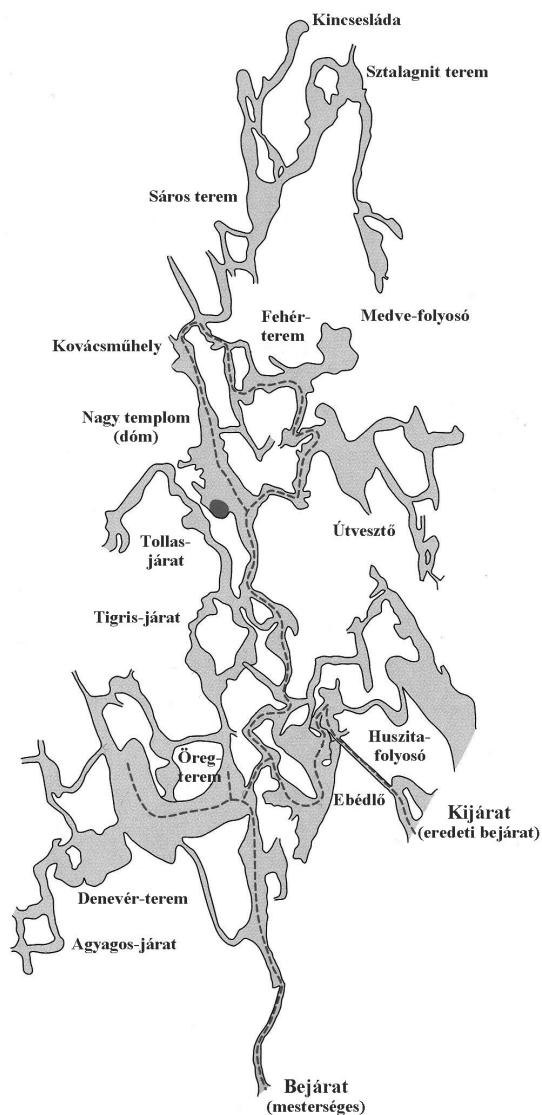
1. ábra: A Jászói Kőszál
 Jelmagyarázat: (KSz: Kőszál); va: várrom; vs: vársánc; f: felszínre nyíló kürtök; B: Bódva
 Fig. 1. Kőszál Mt. in Jászó
 Legend: KSZ: Kőszál, va: fortruins; vs: moat; f: shaft opening to the surface; B: Bódva

A barlang az ún. Szilicei-takaró középső triász dolomitjában és – főként – világosszürke steinalmi mészkövében, természetesen törés- és vetősíkok által vezetve alakult ki. Jelenleg ismert hossza 2811 m, 5 „emeletes” legalsó és legfelső járatainak szintkülönbsége 55 m (BELLA – LALKOVIČ 2003). Első okleveles említése 1331-ből való (DÉNES 1997).

* * A Jászói-fennsík a Felső-hegynek (Horný vrch) a Szádelői-, majd az Áji-fennsík (Zádielskie, ill. Hačavská planina) után legkeletibb „darabja”. Az utóbbtól többé-kevésbé a Miglinc-patak völgye választja el; É-on és K-en a Bódva-völgy határolja; D-en a Kassai-medence (Košická kotlina) DNy-i fióksüllyedékére, a Kanyapta-medencére ereszkedik.



- 1
- 2
- 3



2. térkép: A Jászói-barlang alaprajza (Bella, P. – Lalkovič, M. 2003
 Jelmagyarázat: 1: barlangjáratok, termek; 2: látogatható útvonal; 3: tó
 Map 2. Ground-plan of Jászói Cave
 Legend: 1: cave passages and chambers; 2: show path; 3: lake

Mint a jelentős nagyságú barlangok (2. térkép) többsége nemcsak cseppkőképződményeiről, hanem történelmi „szerepéről” is nevezetes. Megismerésének korai szakaszai szorosan kapcsolódnak a premontrei (ágostonos) szerzetesrendhez, amelyet Gennepi Norbert (a későbbi Szent Norbert) alapított a picardiai (Franciaország) Prémontreban, 1121-ben. 1130-

ban II. István (uralk. 1116-1132) hívta be a rendet hazánkba, amelynek jászói apátsága (prépostsága) a XII. sz. végén már minden bizonnyal létezett (HORVÁTH 1896, GYÖRFFY 1987, DÉNES 1999).

Az apátság birtokai közé tartozott a jászói Kőszál, amelynek barlangjaiban a rend számos tagja vészelt át a tatárjárást (1241/42). A rozgonyi csata (1312) után Károly Róbert erődítést emeltetett a hegyre, az utóbbi üregei a huszita háborúk (XV. sz. dereka), Bethlen Gábor és Thököly Imre hadjáratai idején (XVII. sz. első, ill. második fele) ismét menedékkül szolgáltak a helybeliek egy részének. A huszita harcok során – a hadiszerecsé forgandósága következtében – a támadók és a védők egyaránt bemenekülni kényszerültek a járatokba. Egy 1452-ből való falfőlirat Giskra Hunyadi Jánoson aratott felföldi győzelméről emlékezik meg (BELLA – LALKOVIČ 2003). Mindezekből következik, hogy a barlang bejáratát kőfallal többször elzárták; ennek maradványait Kormos Tivadar még 1916-ban is látta (KORMOS 1917). Jászó várát 1707-ben II. Rákóczi Ferenc, 1710-ben a „császáriak” foglalták el, s az utóbbiak lerombolták. Ma már csak alapfal-, sánc- és árokmaradványai látszanak.

Minthogy veszedelmes időkben számukra is menhelyül szolgált, a Jászói-barlang járhatóvá tétele szintén a premontreiekhez kapcsolódik. 1846-ban Richter Lajos, a rend apátja nyitotta meg a látogatók előtt, és a szerzetesek segítségével ifj. E. J. Prybila kezdte meg fölmérését. Térképét J. Goedicke készítette el, és Kiss Antal – aki elsőként kutatta át alaposabban a barlangot – 1857-ben jelentette meg (KISS 1857, HUNFALVY 1863 a, b; HORVÁTH 1896, KORMOS 1917, BELLA – LALKOVIČ 2003). Hunfalvy János – nyilván a föntiek alapján – így ír a barlangról:

„A Jászói vagyis Kőszáli barlang a Jászóvár előtt, a Bódva felett emelkedő, meredek sziklafalak magassága közepében van. A bemenet tágas, hosszú és boltozatján két helyütt hatalmasan átlyukasztott csarnokot képez. E csarnokból szűk hasadékon keresztül s két fa hágcson 8 ölnyi mélységbe kell leereszkedni, azután szűk és tekervényes síkátoron tovább menve egy 120 □ ölnyi terembe jutunk, mely a boltozatról lehullott roppant nagyságú szikladarabok által két üregre van osztva. E teremből ismét szűk meneten lemenve a „Kis templomba” jutunk, melyet szép cseppkövek vagyis kőtejek ékesítenek. Azután a Nagy templom és más üregek és nyílások következnek, melyekben szintén kőtejek vannak. – A jászói barlang inkább függőleges irányú, emeletekben terjed s eddigelé megjárható tekervényei 130 öl hosszúak; de még 18 ismeretlen ága van. Üregei kisebbek, alaktalanabbak mind a Baradlaéi; menetei keringők, vakkémény és kútalakúak, vagy szédítőleg magas és keskeny sziklahasadékok, sehohsem tágasak, többnyire lejtős, sőt meredek s agyaggal borított talajúak. Első menetének agyagjában némi

őszállatok csontjai is vannak. Cseppkövei nem oly szépek mint a Baradlaéi, inkább vastag lemezekben, borsó és szőlőszem alakokban képződnek.” (HUNFALVY 1863, 297.o.).

Ettől kezdve a hazai szakirodalom mind gyakrabban szól róla (PETAIN 1864, SIEGMETH 1887, 1891, 1898, SÓBÁNYI 1896). Régészeti szempontból először Nyáry és Thallóczy vizsgálta át 1878-ban a barlangot (KORMOS 1917, BELLA – LALKOVIČ 2003). Legkorábbi igazán népszerűsítő leírása a Borovszky Sámuel szerkesztette „Magyarország vármegyéi és Városai Abaúj-Torna vármegye és Kassa” c. kötetében olvasható:

„... a sziklahegynek oldalában, jó magasan tátong a jászói barlang, melyet 1846-ban Richter prépost tett járhatóvá; ugyanő eszközölte a barlang mérnöki fölvételét is ifj. Prybila által.

Azelőtt valószínűleg csak igen gyéren látogathatták a barlangot; mindamellert nem lehet kétséges, hogy a háborús idők viszontagságainak közepette, a tatárjárás alatt, valamint a török háborúk és a Bocskay- meg Rákóczy-féle harczok idejében a lakosságnak menedékhelyül szolgált a barlang, melynek szájánál még erődítési nyomok is láthatók. Belsejében 1878-ban br. Nyáry Jenő és Thallóczy Lajos próba-ásatást rendeztek s ez alkalmal több neolith-korbeli sima vagy egyszerű disztítésü, de azért izléses, szép bronzkori s öblös, izléstelen vaskorbeli edénytöredékeket letek. De találtak még ívezeti díszszel kiczifrázott jól kiégetett agyagból készült olyforma edénytöredékeket is, a minők Aggteleken fordulnak elő s melyeket ősmagyar időbeli gyártmányoknak tartanak.

A barlang több, messze elágazó, de javarészen még ki nem kutatott ágból áll.

Az elég tágas bejáraton egy kezdetben emelkedő talaju csarnokba jutunk, melynek boltozata kürtő formában van áttörve; mintegy ötven méterrel odább szűkül a barlang és csak egy keskeny hasadékon át jut az ember a falépcsőhöz, mely a barlang mélyebb belsejébe vezet. Körülbelül 16 méternyi leszállás után keskeny sikátorba jutunk, mely annyira alacsony, hogy néhol csak meghajolva juthatni át rajta. E helyen állati csontok, nevezetesen a barlangi medve csontjai találhatóak. Ezen a kanyargó sikátoron lefelé s több kikutatlan barlangág szádja előtt elhaladva, meglehetősen tágas csarnokba érünk, melyet leomlott hatalmas sziklák két részre osztanak. Az első, nagyobb üreg mintegy 12 méter magas kupolaszerű boltozattal bir, melyről több sajátságos alaku, szalonnaoldalakra emlékeztető s így is nevezett szikladarab csiüing alá. A csarnok fenekén két mélység tátong; ezek egyike járhatatlan, a másikba azonban 20 méternyire le lehet szállni s itt egy körülbelül 50 méter hosszú ágba juthatni. A leszállás egyébiránt igen fáradságos és nem veszélytelen. A csarnok fenekén levő két kútnak a tetőzetten egy-egy föl-

felé irányult kürtő felel meg. A hátsó üreg jóval kisebb, fenekéről csipkés és csucsos szikladarabok meredeznek fölfelé. Az eddig bejárt üregekben még sehol sincs cseppkő, falaikat számos név és egyéb felírás borítja; az üregek fenekét denevérguanó lepi el.

Egy 40 méter hosszú, keskeny folyosón a 12 méterrel mélyebben fekvő Kis-templomba jutunk, melyet már cseppkő-alakzatok díszítenek. Oldalfalai mentén számos stalaktitoszlop emelkedik a hófehérségű hullámos tetőzetig, egy helyen dús redőzetet utánzó cseppkő-alakzat nyulik ki a falból, az u.n. Trónmennyezet; egy kerek, ablakszerű nyíláson át a barlang egy másik üregébe tekinthetünk, melyben az Orgona van, egy orgonasipokra emlékeztető cseppkő-oszlopokból álló képlet.

A barlangnak egy meredeken emelkedő, mintegy 3 méter magas üregéhez a bejáratot két hatalmas cseppkő-oszlop mutatja, melyek közül a bal felül álló a Krisztus sírja, a másik 4 méternyi átméretű pedig a Mária szobra. Ezeket elhagyva és az u.n. Sekrestye előtt is elhaladva a Nagy-templomba jutunk; ennek talaja majdnem vízszintes, de a cseppkőalakzatok szépsége tekintetében korántsem ér föl a Kis-templommal. A Nagy-templomból egy sikátor vezet a barlang legszebb részébe, az u.n. Szivkamrába, mely nevét onnan vette, hogy egy tudós látogató az e barlangrésznek tetejétől a fenekéig érő oszlopcsoportozatokat a szivkamrák trabekuláris izmaihoz hasonlította.

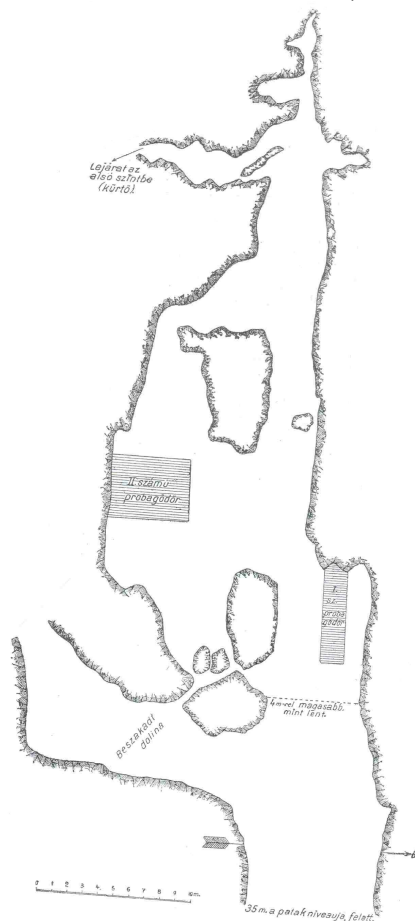
Visszatérve a Nagy-templomba, ebből egy 50 méter hosszú, keskeny folyosóba juthatunk, melyben jobbadán csak kúszva haladhatunk a kutig, hol az eddigelé ismert barlang végét érzük el. De éppen ezen a tájon tátong még elénk számos nyílás, megannyi bejárat egy-egy még ki nem kutatott ágba. Ezek a nyílások a visszavezető út föltalálását nagyon megnehezítik.

Abból a folyosóból, mely az előbb említett csarnokból a Kis-templomba vezet, balra egy másik sikátor ágazik ki; ebből egy 6 méter magas lábtón lemászva, a barlangnak egy igen kietlen részébe jutunk. A tetőről lecsüngő sziklatömbök, mintha minden pillanatban nyakunkba szakadnának, a talajt pedig a már leomlott sziklák törmelékéből álló hegyek borítják.

A sziklatömegek közt még mélyebben fekvő barlangrészekbe juthatni, míg végre nagy fáradság árán elérjük az u.n. Szőlőhegyet, melynek stalaktitjai fűrtalaku cseppkövekből állanak.” (HORVÁTH 1896, 345-346 o.)

A barlangban az első igazán komoly föltárómunkát 1916-ban Kormos Tivadar vezette, Szombathy Kálmán – és rövid ideig (8 nap) – Lambrecht Kálmán, valamint a premontrei rend hathatós segítségével. Mialatt Ő a „felső barlangban” két kutató gödröt ásott (3. térkép), munkatársai közül „Kőszeghy Elemér, a Kassai Rákóczy-Múzeum igazgatója, továbbá Ráday Sebő dr., Vámos Elemér, Vécsey Özséb dr. és Buczkó Emil József dr. pre-

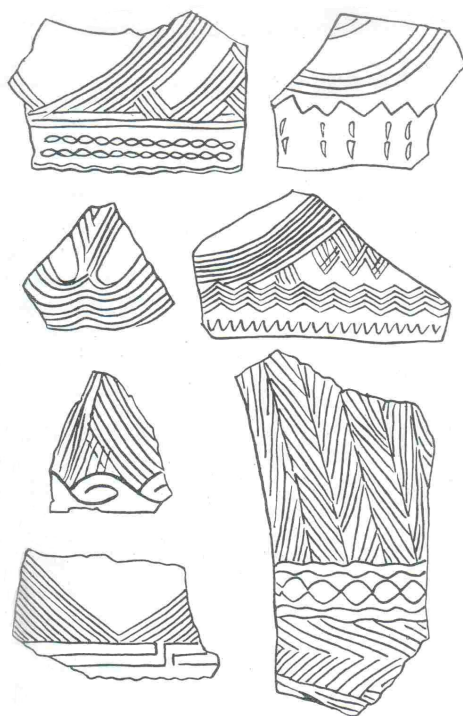
montrei tanárok, valamint Szombathy Kálmán dr.” kötéllal és gyertyákkal leereszkedtek a barlang 15 m-rel lejjebb húzódó alsóbb szintjébe és ott cson-
tokat nem, falfóliákat annál inkább találtak (KORMOS 1917). E lejárathoz
1846-ban Richter Lajos falépcsőt ácsoltatott, és Siegmeth Károly ezt még
használhatta (SIEGMETH 1887, KORMOS 1917).



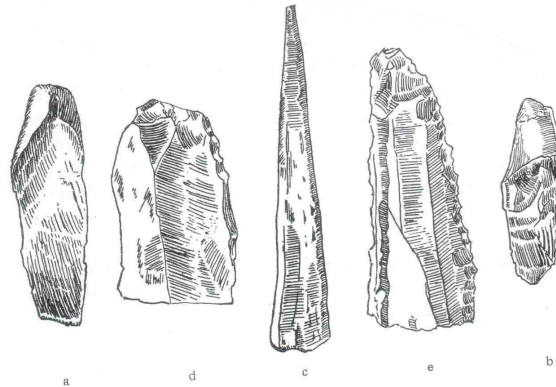
3. térkép: A Jászói-barlang felső szintjének alaprajza (rajzolta: KORMOS 1917)
Map 3. Ground-plan of the upper level of Jászói Cave (drawn by KORMOS 1917)

Kormos Tivadar „próbagödrei” közül az 1. számúból újkőkori (neo-
lit), ún. „kihagyásos” díszítésű edénytöredékek (2. ábra), alóluk barlangi
medve és farkas (*Ursus spelaeus*; *Canis lupus spelaeus*) és az előbbi szemfo-
gából készített ún. „kiskevélyi penge” került elő. Ez utóbbi már az őskőkori
(paleolit) emberre utal. A 2. számú gödör leletei tovább erősítették e megál-
lapítást (3. ábra). E gödör bronz és vaskori edényekben, szerszámokban

meg jég- és jelenkori gerinces csontokban is gazdagnak bizonyult. Az ásatás eredményeit Kormos Tivadar részletesen ismertette és szemléltette (KORMOS 1917), ezért azokra a továbbiakban nem térek ki. Csak azt említem meg, hogy mivel Ő és társai a munkák idején a jászói premontreiek vendégei voltak és segítséget tőlük bőven kaptak, Kormos Tibor javaslatára a barlangot a Magyarhoni Földtani Társulat Barlangkutató Szakosztálya 1916 november 16-án Takács Menyhért-barlangnak nevezte el.



2. ábra: Neolitikori edénytöredékek a Jászói-barlang 1.sz. próbagödreből "kihagyásos" díszítéssel (Dömök Teréz rajzai; KORMOS 1917)
 Fig. 2. Pot fragments with "intermittent ornamentation" from the experiment pit N.o.1 of Jászói Cave



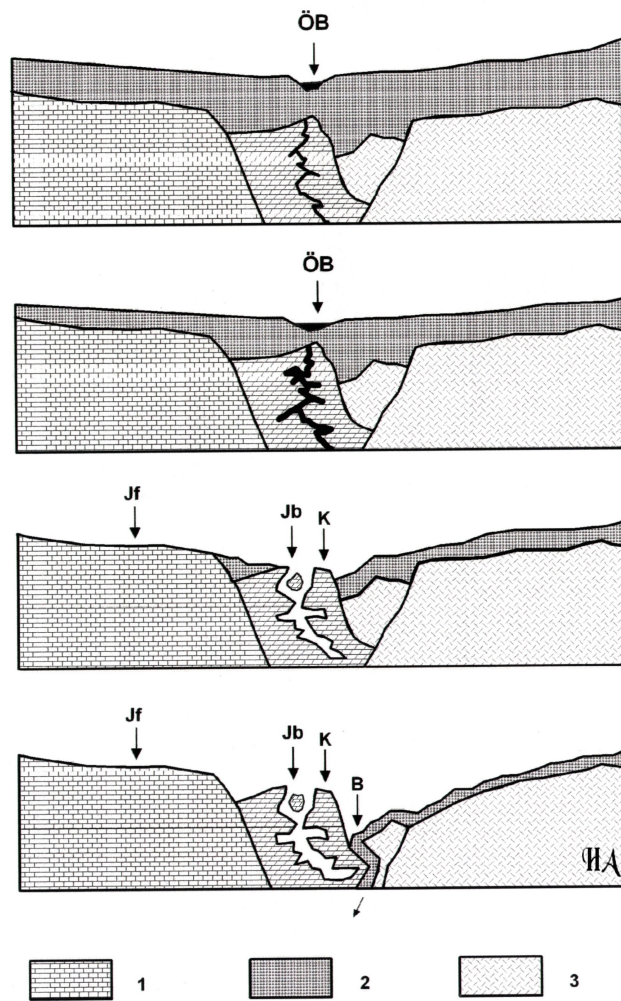
3. ábra: Pleisztocén kori – ősközi – ember eszközei a Jászói-barlang 2. sz. próbagödreből.
 Jelmagyarázat: a-b: "kiskevélyi pengék" barlangi medve szemfogából; c: csont-ár; d-e: ősközi (paleolith)
 pengék (KORMOS 1917)
 Fig. 3. Tools from the Paleolithic era of the Pleistocene epoch, found in the experiment pit N.o. 2 of Jászói Cave
 Legend: a-b: Kiskevény blades made of the canine tooth of Cave Bear (*Ursus spelaeus*); c: bone piercer; d-e: Pa-
 leolithic blades; (KORMOS 1917)

Míthogy a barlang további föltárásáról, tudományos kutatásáról Bella, P. és Lalkovič, M. átfogó összegzést írt, és ez Mendai J. fordításában 2003-ban magyarul is megjelent, a továbbiakban csak kialakulásáról való elgondolásaimat kísérem meg fölvázolni.

A Gömör–Tornai-mészkövidék egésze a miocén-pliocén határára éppúgy födött karszttá vált, mint pl. a Borsodi-Bükk. Betakarásában főként pliocén homokos-kavicsos partszegélyi-szárazföldi összletek vettek részt. Jásztól K-re jelenleg is ez utóbbiak hordozzák a felszint (KORMOS 1917). A kavicsos rétegeket főként a Gömör–Szepesi-érchegységéből hordták le a patakok a karsztra, amely pliocénban annak hegyláb felszíne lehetett.

Későpliocén vízhálózatának kialakulása tehát nemkarsztos kőzeteken indult meg, így az „Ős-Bódva” meder-, majd völgyvézése is. A hegység fokozatos kiemelkedése következtében a folyó bevágódása során a jászói Kőszál ÉK-i oldala táján érhetett el az eltemetett mészkövet (4. ábra). Amikor – a hegy további emelkedésének hatására – a karsztvízszint mélysége kellőképpen megnőtt ahhoz, hogy több (több tíz?) méter vastag mészkőösszlet repedéshálózata kiürüljön, a Bódva víznyelőkürtőkön köröszül le(be)fejeződött (batükaptura) a Kőszál ÉK-i sarkának belsejébe, majd az emelkedés szakaszainak ismétlődése után, ugyancsak a repedéshálózaton át kibújt a fennsík tövében. Ehhöz a folyamathoz némileg hasonlóan vélem kialakulni a hórvölgyi Suba-lyuk és a forrás-völgyi Búdös-pest kialakulását a Bükkben (HEVESI 2008). Mindezek végiggondolása után azokat a „szakadék dolinákat” (töbröket), amelyeket KORMOS (1917) a Jászói-barlangból említ, egyberoskadt egykori víznyelő-kürtöknek tartom; az aprózódás révén is ősz-

szeszakadt kürtőablakokat aligha lehet szakadéktöbröknek tekinteni. Lehetőséges az is, hogy ezeken át nyelődött a mélybe nemcsak a Bódva, hanem a Kőszál É-i tövében ma elfutó s a Bódvába ömlő Tapolca-patak vize is.



4. ábra: A Jászói-barlang kialakulásának valószínűsíthető szakaszai
 Jelmagyarázat: 1: középső triász mészkő; 2: óidei agyag- és csillámpala; 3: pliocén kavics, homok
 ÖB: Ós-Bódva; Jf: Jászói-fennsík; Jb: Jászói-barlang; K: Kőszál; B: Bódva
 Fig. 4. Probable development phases of Jászói Cave
 Legend: 1: middle triassic limestone; 2: paleozoic shale, sichts; pliocenic gravel, sand
 ÖB: Ancient-Bódva; Jf: Plateau of Jászó; Jb: Cave of Jászó; K: Mt. Kőszál; B: Bódva

IRODALOM

BELLA P. – LALKOVIČ, M. (2003): A Jászói-barlang. DTP studio GRAFON a Szlovák Barlangok Igazgatósága részére Liptovský Mikuláš, oldal-szám nélkül.

DÉNES GY. (1997): Erwähnung von Höhlen in mittelalterlichen ungarischen Urkunden. – Acta Carsologica XXVI/2. International Symposium AL-CADI '96 Postojna 1996. Ljubljana. p. 35–39.

DÉNES GY. (1999): A Bódva-völgy felső szakaszának Árpád-kori története a tatárjárásig. – In: Tanulmányok a Bódva völgye múltjából. Szerk.: Bodnár M. – Rémiás T. A Gömöri Múzeum és Baráti Körének kiadványa. Putnok. p. 131–178.

GYÖRFFY GY. (1987): Az Árpád-kori Magyarország Történeti földrajza I. Akadémiai Kiadó, Budapest, p. 96–100.

HEVESI A. (2008): Föltételezhető hasonlóságok az őslénytanilag és ősrégészetileg egyaránt fontos hór-völgyi Suba-lyuk és a forrás-völgyi Búdös-pest keletkezésére vonatkozóan. A Suba-lyuk barlang. Bükk Nemzeti Park Igazgatóság, Eger, 2008, szerk.: Baráz Cs., p. 57–61.

HORVÁTH B. (1896): Jászó. In: Magyarország vármegyéi és városai. I. köt., Szerk.: Sziklay J. – Borovszky S., Budapest „Apollo” Irodalmi és Nyomdai Részvénytársaság, p. 333-347.

HUNFALVY J. (1860?/63?): Magyarország és Erdély eredeti képekben II. köt. Darmstadt, p. 264–265.

HUNFALVY J. (1863): A Magyar Birodalom természeti viszonyainak leírása. I. Pest, Emich Gusztáv magyar akad. nyomdásznál. 297 p.

KISS A. (1857): A jászói vagy kőszáli barlang Abauj-Tornamegyében. Magyarhoni Természetbarát, Nyitra, I. évf. 40.

KORMOS T. (1917): A jászói Takács Menyhért-barlang. Barlangkutatás, V. köt. p. 3–24.

SIEGMETH K. (1887): Az Abauj-Torna-Gömöri barlangvidék. Magyarországi Kárpát Egyesület Évkönyve, Igló, XIV. köt., 26.

BESZIVÁRGÁS-VIZSGÁLATOK A RÓZSADOMBI TERMÁLKARSZTON

FEHÉR KATALIN¹- KISS KLAUDIA²- KOVÁCS JÓZSEF³-
KISS ATTILA⁴

¹ELTE TTK FFI Környezet- és Tájföldrajzi Tanszék 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c feher.katoke@gmail.com

²ELTE TTK FFI Természetföldrajzi Tanszék Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c kissklau7@gmail.com

³ELTE TTK FFI Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék Budapest, Pázmány Péter sétány 1/c kevesolt@iris.geobio.elte.hu

⁴MKBT Bekey Imre Gábor Barlangkutató Csoport 1025 Budapest, Pusztaszeri út 35. palvolgyi@t-online.hu

Abstract: In 2008 the chemical composition of infiltration water was studied using the water analysis standard method in three caves of thermal karst system of the Rózsadomb area (Budapest). By measuring the cation-anion concentration and using mathematical analyses (multivariate exploratory techniques) some group of sample with different behavior and contamination were identified. The localization of this groups were depicted in the studied area too. The anthropogenic origin of the pollution and the source (in some case) were revealed. The highest rate of pollution was detected in Mátyás-hegy cave, however there were higher pollution in some part of Pál-völgy-, and Szemlő-hegy cave too. We hope, our work help to save this strictly protected caves.

1. Bevezetés

A budai Rózsadomb termálkarsztjának felszínét nagyfokú beépítettség jellemzi. A felszínborítás megváltozásával (MARI-FEHÉR 1999) csökken a beszivárgás. A házak, az utak, a közműhálózat, illetve a kialakításuk során történő „tereprendezések” koncentráltabbá teszik az antropogén szennyezés bejutását a sűrű repedéshálózattal rendelkező karsztba. A természetes növény- és talajtakaró – mint elsődleges védelem – megszűnése tovább fokozza a terület sérülékenységet.

A beszivárgó vizek minőségét a Szemlő-hegyi-, ill. a ma már nem csak elméletben közös rendszert alkotó Pál-völgyi- és Mátyás-hegyi-barlangban vizsgáltuk. A barlangjáratok nagy része felső-eocén mészkőben alakult ki, részben felharapózva a fedő márga-rétegekbe is. A Mátyás-hegyi-barlang legmélyebb szakasza a felső-triász mészkőben húzódik. A harmadidőszaki erős tektonikai mozgások a területen sűrű töréshálózatot hoztak létre, amely a járatok irányitottságát is meghatározta (KÁRPÁT 1983).

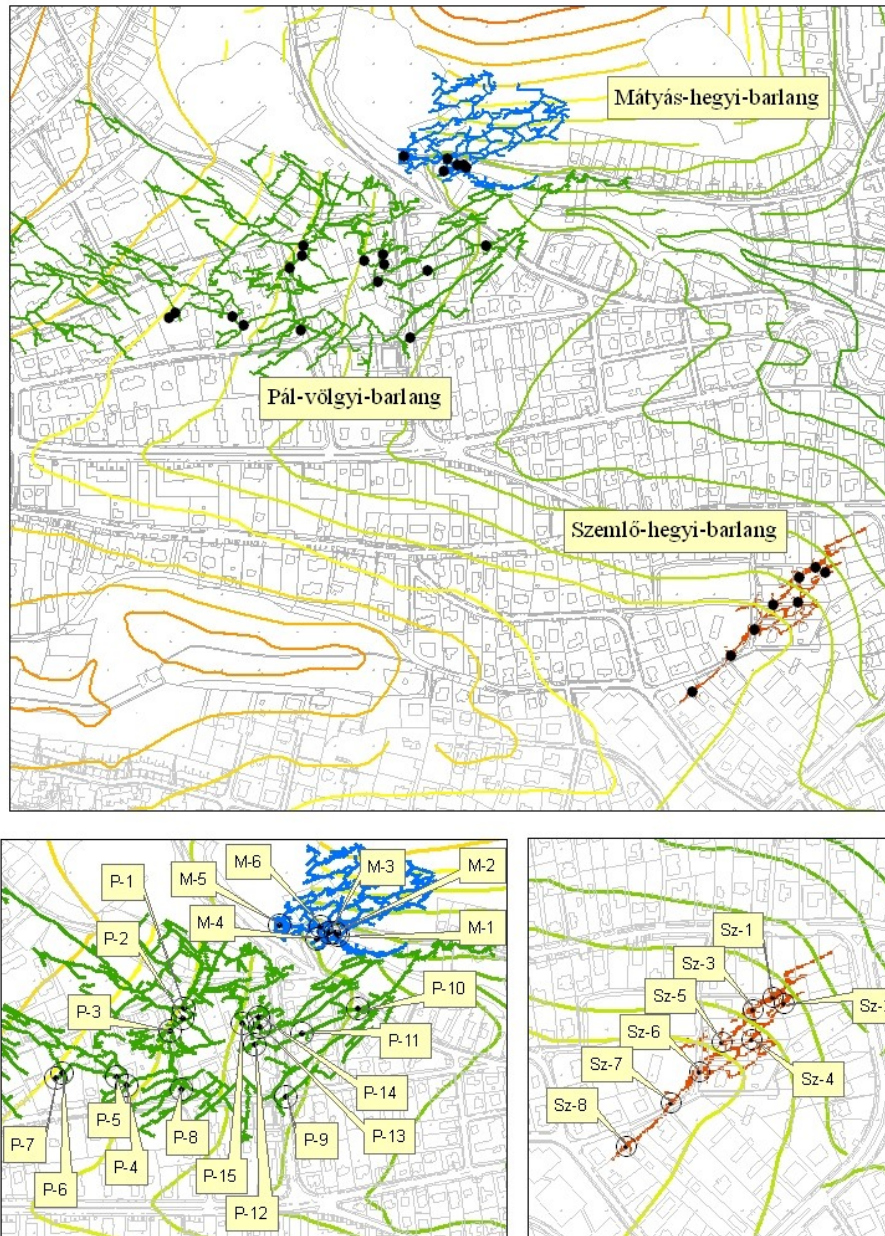
A lefolyási és beszivárgási viszonyokat a beépítettség mellett a felszín morfológiája is jelentősen befolyásolja. A Mátyás-hegyi-barlang járatainak nagy része a Mátyás-hegy alatt húzódik, melynek meredek oldalán minimális a beszivárgás. A D-DNy-i járatok a Szép-völgy vonala alá esnek, befoglaló kőzetük erősen összetöredezett. A repedéshálózat nem csak a csapadékvizet, hanem a burkolt utakról származó szennyezett vizet is a barlangba vezeti.

A Pál-völgyi-barlang a Szép-völgy és a Pál-völgy között, a Látó-hegy kertvárosi, lakóparki beépítettséggel jellemezhető lankás hegyláb felszíne alatt húzódik. A Szemlő-hegyi-barlang nyugati járatai a Ferenc-hegy keleti oldalán lévő pihenő alatt; a keleti járatok pedig enyhe dőlésű hegyláb felszín alatt találhatók. A felszín beépítettsége itt is kertvárosi jellegű.

2. Módszerek

1987. óta végzünk méréseket azonos mintavételi pontokon (*1. ábra*), a Szemlő-hegyi-barlangban folyamatosan, 1-2 havi rendszerességgel, míg a Pál-völgyi-Mátyás-hegyi-barlangrendszerben szórvány jelleggel. 2008. márciusa és novembere között a Szemlő-hegyi-barlangban 6, a Pál-völgyi-barlang középső szakaszában (Decemberi- és Déli-szakasz) 2, keleti járataiban 1, a Mátyás-hegyi-barlangban pedig 3 alkalommal vettünk mintát a barlangi beszivárgó vizekből. A mintavételt fixen telepített edényekkel oldottuk meg, oly módon, hogy az edény nyílásába helyezett tölcser egy csőben folytatódik, amely az edény aljáig tart. A víz a tölcseren keresztül az edény aljába kerül, a főleg az edény tetejénél távozik. Ezzel a módszerrel állandó vízcserélődés érhető el (*FEHÉR* 1995), így mindig az aktuálisan legfrissebb mintát tudjuk begyűjteni. Az elemzéseket az ivóvíz-vizsgálati szabványok előírásai szerint végeztük, az így kapott nagy mennyiségű adat értékeléséhez statisztikai feldolgozásra volt szükség.

A matematikai statisztika és az adatelemzés fontos eszköze a bonyolult, sok változóval leírt rendszerek áttekintésének, így a mérési adatok tömegében rejlő összefüggések feltárásának, csoportosításának. Ilyen sokváltozós adatelemző eljárás a klaszter-analízis. A módszer segítségével csoportosíthatók a statisztikailag hasonlóan viselkedő mérőpontok, ill. az összevont statisztikai adatokból pontosabb valószínűségek becsülhetők (*BOGÁRDI* et al. 1978). Az egzakt matematikai megközelítés érdekében a vízszint- és vízkémiai idősorokra már nagy hatékonysággal használt (*KOVÁCS* et al. 2008) többváltozós adatelemző módszert alkalmaztunk.



1. ábra: A mintavételi pontok elhelyezkedése (jelmagyarázat az 1. táblázatban)
 Fig. 1: Location of the measuring points (legend in Table 1)

A klaszterezés tulajdonképpen kódolási művelet, aminek során a sok jellemzővel leírt, bonyolult objektum egy számmal, csoportjának kódjával (klaszterének számával) jellemezhető. A csoport kódja a csoportba tartozó objektumok általános és közös tulajdonságait tükrözi – vagyis az egy csoportba tartozók hasonlóak. Ezeket a csoportokat klasztereknek nevezzük.

Munkánk során a klaszterezés módszerei közül az ún. hierarchikus osztályozást használtuk, ami kezdetben minden elemet külön osztálynak tekint, majd az osztályok összevonásával lépésről lépésre újabb osztályozási szinteket alakít ki mindaddig, amíg az összes elem egyetlen osztályba nem kerül. Az osztályozási algoritmus „outputja” fa-struktúra.

I. táblázat
Table I.

A klaszteranalízissel kapott csoportok
Groups made by cluster analyses

csoporthatár/ mintaszám	mérőpont jele	mérőpont neve	csoporthatár belüli %
1./13	P-15	Rockenbauer-terem	7
	Sz-4	Akna után 10 m	46
	Sz-5	Halál-szakasz	46
2./13	P-2	Bekey-terem	15
	P-4	Csipkerózsika-folyosó	46
	P-6	Kis-Dóm közepe	7,8
	P-10	Titanic	7,8
	P-11	102-es folyosó	7,8
	P-12	Haboskává	7,8
	P-13	Kiskanyon	7,8
3./11	P-1	Pentagon-terem	9
	P-5	8-ezres-folyosó	18
	P-9	2-es vágány	9
	M-5	Sárdagasztó	9
	Sz-3	Agyagos	55
4./13	P-7	KisDóm DNy	7,5
	P-14	Óriáskifli	7,5
	Sz-5	Órvény-folyosó	39
	Sz-6	Óriás-folyosó	46
5./6	Sz-8	Földszíve-terem felett	100
6./11	Sz-1	Ferencvárosi-terem	45
	Sz-2	Pettyes-folyosó	55
7./1	P-8	Hosé-terem	100
8./3	M-4	Tó-járat	100
9./6	P-4	Gyöngyös-folyosó	17
	M-2	Sírgödör	50
	M-3	Cselédlépcső	33
10./3	M-1	Természetbarát-folyosó bejárata	100
11./1	M-6	Opera	100

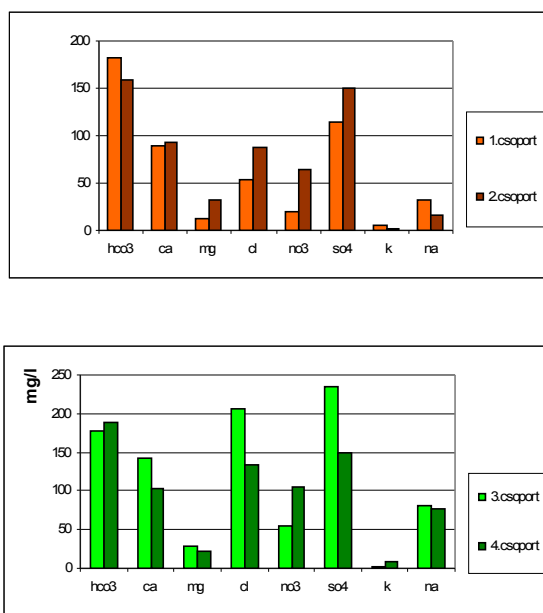
Az adatsorokból ezzel a módszerrel 11 csoportot különítettünk el (I. táblázat). Az analízishez nyolc ion-koncentráció értékeit (kalcium, magnézium, nátrium, kálium, hidrogénkarbonát, klorid, nitrát, szulfát) használtuk

fel. Minden csoport esetén valamennyi paraméterre meghatároztuk az egyes csoportok mediánját és a későbbiek során további adatelemzéshez valamint a csoportok összehasonlításához ezt használtuk fel.

A csoportok jellemzését az ionok koncentrációja, és egymáshoz viszonyított arányuk alapján végeztük. Felhasználtuk a karsztvizek jellemzésére alkalmazott keménységi hányadost, amely az összes keménység (kalcium és magnézium) és a karbonát-keménység (hidrogénkarbonát) egyenértékű arányát mutatja. Az oldott ionok mennyiségét a sókoncentrációban adtuk meg, melyet az egyes komponensek mg/l-ben kifejezett értékeit összegezve képeztünk.

3. Eredmények

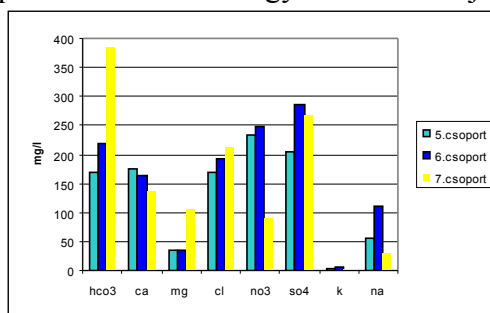
A sókoncentráció az első két csoportban a legalacsonyabb (500-, illetve 600 mg/l). Különbség köztük az ionok arányában van, ami az 1. csoportnál a kálium és nátrium, míg a 2. csoportnál a magnézium, klorid, nitrát és szulfát felé tolódik el. A keménységi hányados az 1. csoportnál 1,8. A 2. csoport 2,8 értékét az alacsonyabb hidrogénkarbonát- és magasabb magnézium-tartalom okozza.



2. ábra A 1-4. csoportok ionkoncentrációja
Fig. 2: Ion concentrations of the 1-4. groups

A 3. csoportnál a sókoncentráció magasabb, 950 mg/l. A klorid- és a szulfát-koncentráció 200 mg/l fölött van, a nátrium értéke 80 mg/l. A keménységi hányados 3,2 a magas kalcium-tartalom miatt. A 4. csoport szulfát-tartalma – a 2. csoportéhoz hasonlóan – 150 mg/l körüli, a klorid mennyisége 150 mg/l alá csökken, míg a nátrium értéke hasonló a 3. csoportéhoz. A csoportban a számított sótartalom 800 mg/l. A csoporton belül a nitrát-ion koncentrációk a Pál-völgyi mérőpontokon alacsonyabbak (60-70 mg/l), a Szemlő-hegyi-barlangban magasabbak (100-160 mg/l). (2. ábra). A keménységi hányados 2,2.

Az 5-11. csoportok 1000 mg/l feletti sókoncentráció értéke erőteljesebb szennyezettséget jelez. Az antropogén hatást az 5-6 csoportoknál a nitrát, a 8-11. csoportoknál a klorid nagy koncentrációja mutatja.



3. ábra Az 5-7. csoportok ionkoncentrációja
Fig. 3: Ionconcentrations of the 5-7. groups

Az 5-6. csoportot alkotó mintavételi pontok (3. ábra) a Szemlő-hegyi-barlang legnagyobb mértékben szennyezett pontjait reprezentálják. A sótartalom 1100-1200 mg/l között van, a klorid 190-170, a nitrát 230-250 mg/l között mozog. Ebben a két csoportban a legmagasabb a nitrát-tartalom. A keménységi hányados 4,1, illetve 3,1. A 6. csoportban a szulfát-tartalom 280 mg/l, szemben az 5. csoport 200-as értékével, a nátrium-tartalom kétszerese (110 mg/l) az 5. csoport értékének.

A 7. csoportban csak egy mintavételi pont adatai szerepelnek, a Pál-völgyi-barlang HOSE-terem mérőpontjáról. Itt a legmagasabb a hidrogén-karbonát-tartalom (380 mg/l) az összes vizsgált mintavételi hely között. A magnézium 100 mg/l feletti értéke a Mátyás-hegyi-barlang (9-10-11. csoport) mérőpontjaihoz hasonlít. A keménységi hányados a jelentős karbonát-keménység ellenére is viszonylag magas, 2,5, értéke szintén a magas magnézium-tartalomnak köszönhető. Ez a mintavételi hely a Pál-völgyi-barlang déli szakaszában található, ahol több mérőponton korábban is hasonló

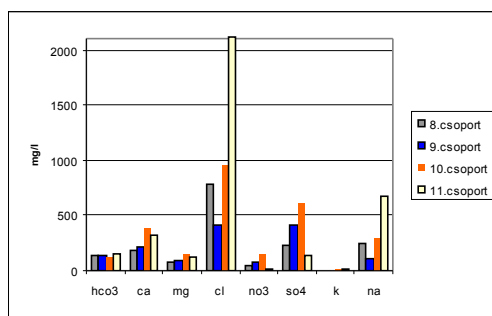
mennyiségeket mértünk, így a kiugró hidrogénkarbonát- és magnézium értéket nem tekinthetjük mérési hibának. A nitrát 90 mg/l, a nátrium-koncentráció az 1. csoport adataihoz hasonlóan alacsony (30 mg/l). A klorid (200 mg/l) és a szulfát-tartalom (270 mg/l) a Szemplő-hegyi-barlang szennyezett pontjaihoz hasonló.

Az utolsó négy csoport a legszennyezettebb (4. ábra), és a legmagasabb sókoncentrációjú (1500-3600 mg/l). Ide tartoznak a Mátyás-hegyi-barlang mérőpontjai a (3. csoportban szereplő) Sárdagasztó kivételével, illetve a Pál-völgyi-barlangban a Gyöngyös-folyosóban lévő mintavételi hely. A klorid koncentrációja egyik mérőhelyen sem csökken 400 mg/l, a nátriumé pedig 100 mg/l alá. A magnézium 70 mg/l fölött van, de – ellentétben a 7. csoporttal – a hidrogénkarbonát aránya alacsony, mennyisége kicsi.

A 8-9. csoportok sókoncentrációja 1500-1700 mg/l között mozog, a keménységi hányados 6,9 – 7,9. Ionösszetételük eltérő: a 8. csoportban a klorid- és a nátrium-tartalom kiugró, a 9. csoportban a szulfát-tartalom közel kétszerese a 8. csoportban mért értéknek.

A 10. csoport 2400 mg/l sótartalma több ionnak köszönhető. A csoportok között itt a legmagasabb a kalcium (390 mg/l), a magnézium (153 mg/l) és a szulfát (612 mg/l) koncentrációja, valamint a keménységi hányados (16,8). A klorid közelít a 950 mg/l-hez, a nitrát a Mátyás-hegyi-barlangon belül itt a legmagasabb: 160 mg/l.

A 11. csoport a Mátyás-hegyi-barlangban az Operában lévő mintavételi pont. 3570 mg/l a só-, 2112 mg/l a klorid- és 680 mg/l a nátrium-tartalma. Ilyen hatalmas mértékű szennyezést még nem mértünk barlangi beszivárgó vízben, de nem találtunk rá irodalmi adatot sem. A nitrát (19 mg/l) és a szulfát (143 mg/l) értéke viszonylag alacsony. A keménységi hányados 10.



4. ábra A 8-11. csoportok ionkoncentrációja
Fig. 4: Ionconcentrations of the 8-11. groups

4. Értékelés

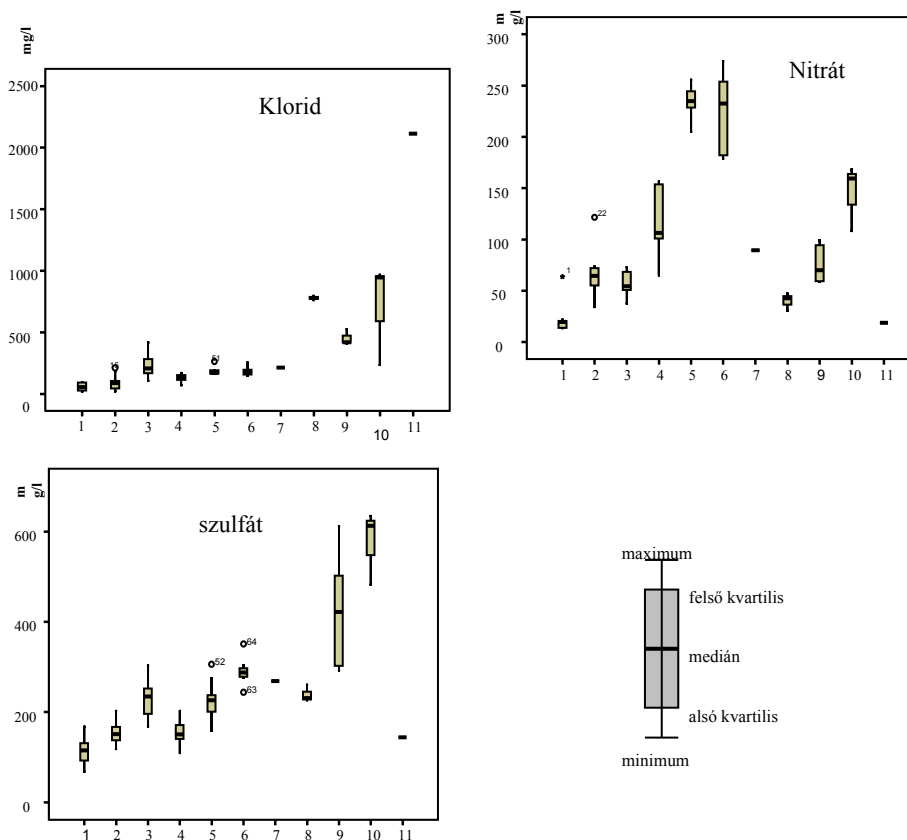
A magas klorid- és nátrium-mennyiség általában a csúszásmentesítéshez legtöbbször használt útszóró só beszívására utal. A 8-11. csoportoknál tapasztalható klorid és nátrium egyenértékben kifejezett mennyiségeit vizsgálva a 8., 10. és 11. csoportnál 2:1, a 9. csoportnál 3:1 arányt tapasztalunk. Ezek az arányszámok azt mutatják, hogy a csepegő vizekben észlelt klorid forrása más is lehet.

A csoportok elemzése alapján megállapítható, hogy a felszíni szennyezés a különböző mérőpontokon eltérő ion-koncentrációk és arányok formájában jelentkezik.

A 8-11. csoportoknál a klorid okoz nagymértékű szennyezést (5. ábra). A vízminőségi követelményrendszer (210/2001. Korm. rendelet) karszt-szennyezést jelző határértékét (100 mg/l) többszörösen meghaladják a mért koncentrációk. A legmagasabb érték (2112 mg/l) az Operánál tapasztalható. A nitrát-tartalom az 1, 8, és a 11. csoport kivételével mindenhol túllépi a 50 mg/l-es határértéket. A legnagyobb szennyezés a Szemlő-hegyi-barlang három mérőpontján jelentkezik (az 5-6 csoportban). A szulfát-tartalomra a felszín alatti vizekre vonatkozó 10/2000. Korm. rendelet 200 mg/l-ben határozta meg a háttér koncentrációt, 250 mg/l értékben a szennyezettségi határértéket. Az utóbbit a 6, 9, és 10. csoportok értékei lépik túl.

A 3-4. csoport közepesen szennyezett mérőpontok, átmenetet képviselnek mind az ionkoncentrációban, mind a szennyező ionok arányában. A 3. csoport klorid- és szulfát-tartalma és a 4. csoport nitrát-koncentrációja magas. Az 1-2 csoportok a legtisztább, a külső szennyezéstől legkevésbé befolyásolt mérőpontok, bár a 2. csoport nitrát-tartalma meghaladja a 60 mg/l-t.

Az elemzéshez nem használtuk fel azokat a paramétereket, amelyeket nem tudtunk kimutatni minden mérőponton. Ilyen az o-foszfát-ion, amelynek jelenlétét a Szemlő-hegyi-barlangban nem hagyhatjuk figyelmen kívül: az FTC-teremben 0,7-1, az Óriás-folyosón 1-2, míg az Örvény-folyosón 2-3 mg/l o-foszfát-koncentrációt is mértünk. Állandó jelenléte folyamatos szennyezésre utal (a 10/2000. Korm. rendelet szerint szennyezettségi határértéke 0,5 mg/l). Az utóbbi két mérőpontnál a nitrit jelenléte is kimutatható volt a 2008-t megelőző években is.



5. ábra: Az egyes csoportok klorid-, nitrát- és szulfáttartalma (Az ábra SPSS programmal készült. A (o) kiugró érték – az interkvartilis 1,5-3-szorosának megfelelő távolságra, a (*) szélsőséges érték – ami az interkvartilis háromszorosánál nagyobb távolságra van az alsó és a felső kvartilistól lefelé, illetve felfelé.)

Fig. 5: Chloride, nitrate and sulfate concentrations of the groups. (The figure made by SPSS. Case numbers are used to label outliers (o) and extremes (*). The boxplot shown above detected outliers and extremes. The outliers are cases with the values between 1.5 and 3 box-lengths from the 75th percentile or 25th percentile. The extreme values are cases with the values more than 3 box-lengths from the 75th percentile or 25th percentile)

5. Összefoglalás, javaslatok

Nehéz eldönteni, hogy ezen a tektonikailag erősen preformált és a felszínen erőteljes emberi beavatkozással megváltoztatott területen mi tekinthető természetesnek, és mely koncentráció-értékek, változások tulajdoníthatók egyértelműen az antropogén szennyezés hatásának. A Mátyás-hegyi-barlang esetében sikerült kimutatnunk egy, bár időszakos, de koncentrált szennyező forrást. A Szép-völgy felső szakaszán (Fenyőgyöngye) a csapadékvízgyűjtő csatorna a völgybe vezet erősen szennyezett vizét (klorid-tartalom 10249

mg/l), mely a Mátyás-hegy Ny-i kőfejtője fölött szivárog el a völgytalpon és a kőfejtő meddőjében, a felszínről nem követhető módon.

A szennyezőanyagok tapasztalt magas koncentrációja jelzi, hogy a Pál-völgyi és a Szemlő-hegyi-barlangok szennyezett pontjai környezetében feltétlenül szükséges a felszíni vízelvezetés és a szennyvízcsatorna-hálózat állapotának felülvizsgálata. Felmerül az a kérdés is, hogy a felszín átalakítása – építkezések, utépítések, a hajdani kőbánya feltöltése, kert-kialakítás – során milyen anyagok kerültek deponálásra.

2008-as méréseink is arra hívják fel a figyelmet, hogy a Rózsadombi Termálkarszt fokozottabb védelmet igényel a nagyfokú beépítés következményeinek csökkentése érdekében. Az itt beszivárgó szennyezett vizek a József-hegyi-forráscsoport vízbázisát veszélyeztetik (VITUKI 1992), a szennyezés előbb-utóbb közvetlenül ezekben a forrásokban is jelentkezhet.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány elkészültéhez nyújtott segítségükért szeretnénk köszönetet mondani Zihné Perényi Katalin adjunktusnak és barlangkutató társainknak.

IRODALOM

10/2000. (VI. 2.) KöM – EüM – FVM - KHVM rendelet a felszín alatti víz és a földtani közeg minőségi védelméhez szükséges határértékekről

201/2001. (X. 25.) Korm rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről

BOGÁRDI I.–RÉTHÁTI L.–SZIDAROVSKY F. (1978): A statisztikai csoportosítás módszerének felhasználása a talajvízjárás jellemzésére. – Hidrológiai Közlöny, 58/6. p. 245–250.

FEHÉR K. (1995): Vízkémiai vizsgálatok a Szemlő-hegyi-barlangban. - Környezeti Ártalmak és a Légzőrendszer V. Konferenciája, Hévíz. p.47-52.

KÁRPÁT J. (1983): Magyarország barlangtérképei. Mátyás-hegyi-barlang 1:250. MKBT 15p.

KOVÁCS J. – CZAUNER B. – KOVÁCSNÉ SZÉKELY I. – BORSODI A.-RESKÓNÉ NAGYM. (2008): A Balaton eltérő vízminőségű térségeinek változási és a mért vízminőségi idősorok mintázatai 1985 és 2004 között. - Hidrológiai Közlöny

MARI, L. - FEHÉR, K. (1999): The impacts of land use change on the Buda termal karst: a study of Szemlő-hegy cave. - In: Bárány-Kevei, I. – Gunn, J.: Essays in the ecology and conservation of karst, Spec. Issue of Acta Geographica Szegediensis. Szeged, p. 104-111.

VITUKI (1992): Komplex geológiai vizsgálatok és fúrások a Rózsadomb környezetében. Budapest, PHARE 134/2.

**AZ URBANIZÁCIÓ HATÁSA A BUDAI BARLANGOK CSEPEGŐ
VIZEIRE A SZEMLŐ-HEGYI-BARLANG PÉLDÁJÁN¹**

VIRÁG MAGDOLNA¹ – MÁDLNÉ SZŐNYI JUDIT¹ –
MINDSZENTY ANDREA¹ – ZIHNÉ PERÉNYI KATALIN² –
LEÉL-ÖSSY SZABOLCS¹ – ERŐSS ANITA¹ – SIKLÓSY ZOLTÁN³

¹ELTE-TTK Földrajz- és Földtudományi Intézet, Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C virag.magdi@gmail.com; madlszonyi.judit@gmail.com; andrea.mindszenty@gmail.com; losz@iris.geo-bio.elte.hu; anita.eross@geology.elte.hu

²ELTE-TTK Kémiai Intézet, Analitikai Kémiai Tanszék,
1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/A; perkat@freestart.hu

³MTA Geokémiai Kutatóintézet, 1112 Budapest, Budaörsi út 45; siklosy@geochem.hu

Abstract: The aim of the study is to examine the hydraulic behaviour of the detrital blanket and/or epikarst in the Szemlő-hegy Cave (an already dry, previously active hydrothermal cave situated within the town of Budapest) as a natural laboratory. The examination of in-situ processes in the unsaturated zone was based on weekly monitoring of dripwaters. It is concluded that the debris cover above the Szemlő-hegy Cave is decisive from the point of view of the rate of dripping and the chemical composition of dripwaters. The sediments above the cave were influenced by periglacial processes and tectonics. Local geological features determine the intensity and chemical composition of the seepage water. Land use within this major urban area and the reworked and refilled soil zone also affect the composition and quantity of dripwaters. Monitoring of dripwaters was carried out between 31.10.2005 to 13.04.2008. Eight collecting stations were established representing the different cave passages. Quantity, temperature, pH and specific electric conductivity measurements were carried out weekly at all stations, along with the collection of water samples for chemical analyses (Ca²⁺; Mg²⁺; Na⁺; K⁺; HCO₃⁻; Cl⁻; SO₄²⁻; NO₃⁻). In all 558 samples were analysed during the monitoring period. To identify the accurate location of the cave passages and collection stations GIS softwares were used. Land use and coverage as well as potential surficial pollution sources, especially chemical and fertiliser using within gardens and the position of the drainage pipes (water and sewage) were also mapped. The listed sources can cause superimposed effects on the natural variability of the quantity and chemistry of drip-waters of the different dripping sites. The effect of the surficial zone on the hydraulic parameters were studied by measuring the amount of precipitation, the dripping intensity and chemical composition during the monitored period. According to the results the „Virágoskert” and the „Hópalaota” were characterised as representative sites for natural infiltration. The „Halál” and the „Április 3.-folyosó” suffer from anthropogenic influence, the zone above the „Pettyes-terem” acts as an „anthropogenic epikarst”. The sites at the „Óriás-folyosó”, „Örvény-folyosó” and „Csengő-terem” represent increased anthropogenic effect in the chemical composition of its waters (elevated Na⁺, Cl⁻, NO₃⁻ and co-variation with the amount of precipitation). The leakage of water-pipelines (Óriás-folyosó) and sewage-channels (Csengő-terem) could be demonstrated, and was confirmed by the study of δ¹⁸O_{water}. The monitoring of chemical composition of the dripping waters therefore provided direct information about the natural and anthropogenically influenced recharge in the Szemlő-hegy Cave.

¹ A kutatás az Erdélyi Mihály Alapítvány és az Országos Tudományos Kutatási Alap (OTKA 72590 K és OTKA T 049713) támogatásával valósulhatott meg.

1. Bevezetés

A Budai Termálkarszt egyik fontos alrendszer a felszínnel közvetlenül érintkező rózsadombi törmelékta­karó, helyenként epikarszt. Ez szabályozza a felszínre hulló csapadék beszivárgását, ezáltal a telítetlen zónába történő vízbejutást, ebből következően pedig közvetetten a karsztvízszinthez érkező utánpótlást. Megismerése tehát barlang- és forrásvédelmi szempontból is alapvető fontosságú.

A Rózsadomb száraz barlangjai feltárják a telítetlen zónát, ezáltal „természetes kutató-laboratóriumként” lehetőséget biztosítanak a törmelékfedő, vagy epikarszt hidraulikai viselkedésének tanulmányozására. A csepegés- és csapadék adatok összevetése információval szolgál az epikarszton át történő beszivárgási folyamatok jobb megértéséhez. A természetes környezetben előforduló epikarsztokkal szemben azonban Budapesten, a világváros speciális helyzetéből adódóan emberi tevékenység – elsődlegesen építési, közműfektetési munkák – által megzavart állapot jellemző. A Természetvédelmi Hivatal megbízásával 1987-1994 között végzett vízelemzések (TAKÁCSNÉ BOLNER et al. 1989), ill. FEHÉR (MARI-FEHÉR 1999) közel két évtizede kezdett mérési rámutattak, hogy a csepegővizek kémiai komponenseiben a természetes hatások mellett az emberi felszínátalakító tevékenység és a szennyező források (feltöltés, útsózás, stb.) következményeivel is számolnunk kell.

Kutatásunk elsődleges célja a Szemlő-hegyi barlangban végzett szisztematikus csepegésmérésekkel – a korábbi méréseken túlmenően – a barlang fölötti törmelékzóna, illetve epikarszt beszivárgás közvetítő hatásának, valamint térbeli és időbeli folyamatainak megértése volt. Ezt az összegyűjtött csepegővizek kémiai elemzésével, valamint az eredményeknek a csapadékkal és a csepegési hely földtani környezetével való összehasonlítása révén értük el. Ezekkel összefüggésben kiemelt figyelmet fordítottunk a barlangi csepegésben megjelenő antropogén hatásokra és az azokat előidéző okok kimutatására, eredményeinket ezért összevetettük a felszíni területhasználattal.

Jelen tanulmányunkban általános áttekintést kívánunk nyújtani a kutatás során alkalmazott módszerekről és a belőlük levonható következtetések­ből (ERŐSS A. et al. 2006; MÁDLNÉ SZŐNYI et al. 2007; VIRÁG 2008).

2. Szpeleológiai és hidrogeológiai viszonyok, antropogén hatások

A Szemlő-hegyi-barlang tanulmányozásának földrajzi keretét a Rózsadomb ad, amely földrajzilag a Hármashatár-hegy csoport DK-i elvégződése. A terület legmagasabb pontja a Látó-hegy (376 m), erózióbázisa pedig a 104 m

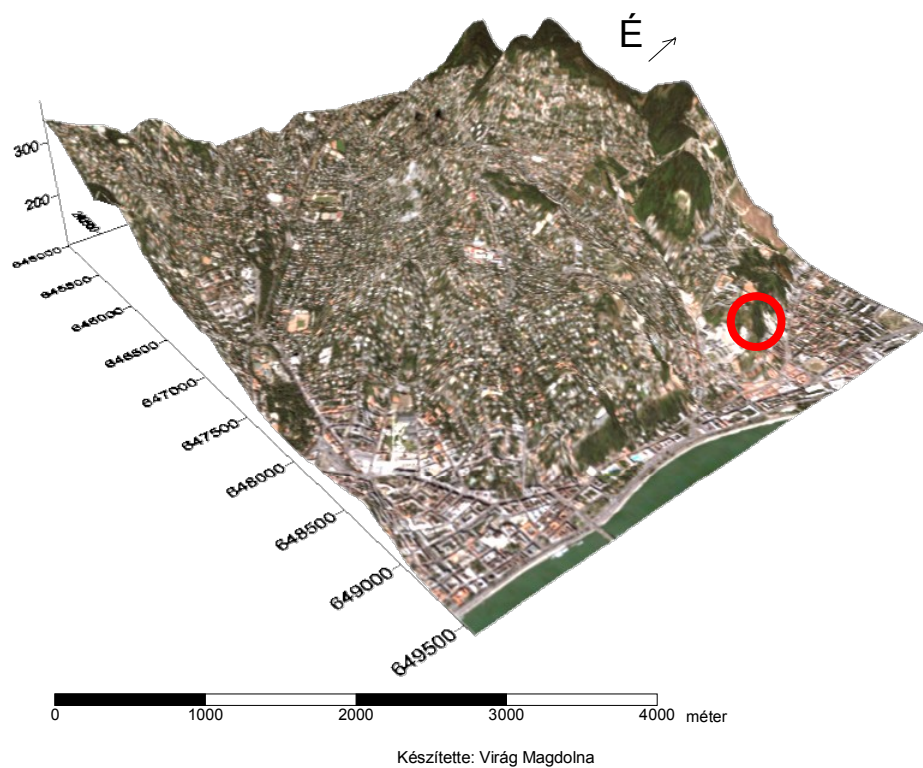
tengerszint feletti magasságban elhelyezkedő Duna, amely egyben a langyos és meleg források fakadási szintje is.

A Budai Termálkarszton a Dunához közeli beszivárgási területeken lehulló csapadékvízből származó deszcendens vizek a Duna vonalában az aszcendens termálvizekkel együtt jutnak felszínre (V_{ENDEL}–K_{ISHÁZI} 1964; A_{LFÖLDI} 1978; K_{OVÁCS}–M_{ÜLLER} 1980; STB.). A szárazra került fosszilis barlangok uralkodóan termálkarsztos eredetűek, kialakulásuk a keveredési korrózióknak köszönhető (F_{ORD}–T_{AKÁCSNÉ BOLNER} 1991; N_{ÁDOR} 1994). Képződésük idején a beszivárgó hideg vizek szerepe alárendelt volt (B_{ENKOVICS}. et al. 1995).

A Rózsadombon és környékén a triász, illetve jelentősebb mértékben az eocén karbonátos kőzetekben (mészköben, márgában) számos barlang és barlangindikáció található (L_{EÉL}–Ö_{SSY} 1995). Termálkarsztos keletkezésükből adódóan nem jellemző a felszínre nyíló természetes bejárat, vagyis felfedezésük és megismerésük a XIX. század végén – XX. század elején megindult és napjainkban is zajló, a felszín megbontásával járó emberi tevékenységeknek: többnyire kőbányászatnak, építkezések során létesített alapozó gödröknek, vagy csatornafektetési munkálatoknak köszönhető (H_{AZSLINSZKY} et al. 1993). A Rózsadombon jelenleg körülbelül 110 darab, több mint 45 kilométer összhosszúságú barlang ismert (ORSZÁGOS BARLANGNYILVÁNTARTÁS). A legtöbb közülük csak pár méter, vagy néhány 10 méteres hosszúságú, azonban 6 barlang (Pálvölgyi-Mátyáshegyi-barlangrendszer, Bagyura-Harcsaszájú-Kishideglyuk-barlangrendszer, Ferenc-hegyi-barlang, József-hegyi-barlang, Szemlő-hegyi-barlang és Molnár János-barlang) jelentős mérettel rendelkezik. Ezek a világviszonylatban is jelentős hévizes barlangjáratok – a Ferenc-hegyi-barlang kivételével – szinte teljesen beépített felszín alatt húzódnak. Kutatási területünk a részben idegenforgalmi célra kiépített, könnyen megközelíthető szakaszokkal rendelkező, a felszínen szinte teljesen beépített terület alatt található – ezáltal az antropogén hatásoknak fokozottan kitett – Szemlő-hegyi-barlang.

A Szemlő-hegyi-barlang befoglaló kőzete a felső-eocén Szépvölgyi Mészkö, a felsőbb járatok a felső-eocén, alsó-oligocén bryozoás, ill. Budai Márgában alakultak ki (B_{ENKOVICS} et al. 1995). A barlang két, szinte párhuzamos fő hasadéka ÉK-DNy-i irányú, melyekhez néhány kisebb mellékág csatlakozik (L_{EÉL}–Ö_{SSY} 1995). A barlang járatai követik a kőzetrétegek 20°-os dőlését. A fő járatszint 160 m tszf. magasságban, az egykori felfedező bejárat 206 m magasságban helyezkedik el (B_{ENKOVICS} et al. 1995). A barlangot fedő rétegek vastagsága átlagosan 20 m. A Szemlő-hegyi-barlang a többi száraz barlanghoz hasonlóan a Budai Termálkarszt áramlási rendszerén belül a leszálló hideg ág telítetlen zónájában található, ahol jelenleg a beszi-

várgó vizek hatása jellemző. A felszínről oldott állapotban migráló ionok, bejutva a barlangjáratokba, módosítják a szilárd kitöltést, a képződményeket. Hatnak a barlangi klímára is, ugyanis a lecseppenő és szétporló víz alapvetően meghatározza az aeroszol összetételét. A Szemlő-hegyi-barlangban 1991-óta működő barlangterápia légzőkúrái szempontjából is lényeges a beszivárgó, csepegő vizek minősége. A tovább mozgó víz pedig a karsztvíz-szinthez lejutva, hozzájárul a karsztforrások utánpótlásához és befolyásolja vízminőségüket.

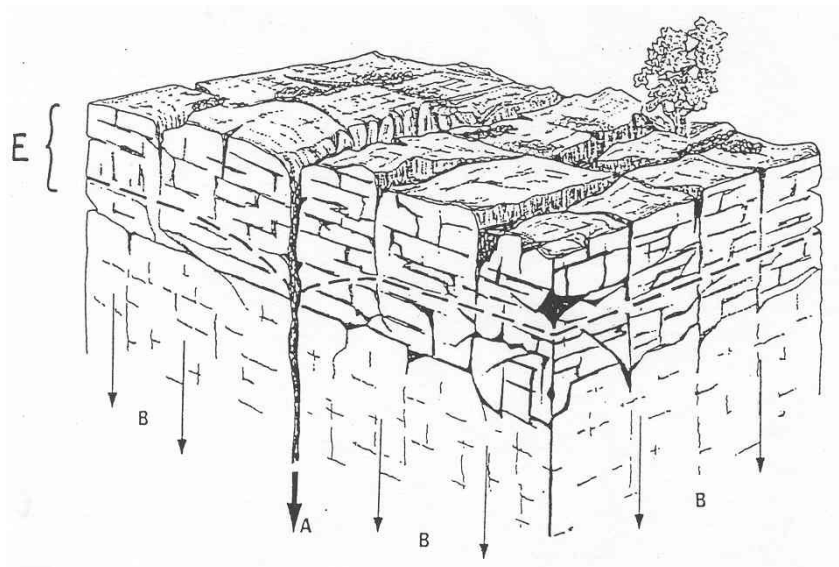


1. ábra: A tágabb értelemben vett Rózsadomb jelenlegi felszínborítása (forrás: Google Earth)
 Fig.1: Recent landcover of Rose Hill s.l.(Google Earth)

A beszivárgást a Rózsadombon a földtani adottságok mellett az utóbbi kétszáz évben jelentősen átalakult területhasználat, valamint az 1985-re 85,3%-ossá vált (MARI-FEHÉR 1999) és az azóta tovább növekvő beépített-

ség is befolyásolja (1. ábra). Az építkezések révén nő a burkolt felületek aránya, csökken a beszivárgási terület. A beszivárgó vizekre hatást gyakorol a csatornázás hiánya vagy a meghibásodásából adódó szennyvízbefolyás. Szintén érintik a beszivárgást a csőtörések okozta intenzív vízbeáramlások, illetve az utak sózásából származó szennyezők (TAKÁCSNÉ BOLNER et al. 1989; MARI-FEHÉR 1999; TAKÁCSNÉ BOLNER-TARDY 2003).

3. Rózsadombi törmelékfedő, epikarszt sajátosságai



2. ábra: Az epikarszt sematikus ábrázolása MANGIN, A. (1975) nyomán,
A: koncentrált beáramlás, B: diffúz beáramlás, E: epikarszt
Fig.2: Schematic representation of the epikarst after MANGIN, A. (1975)
A: concentrated recharge, B: diffuse recharge, E: epikarst

Az epikarszt a karsztrendszer legfelső, összetöredezett, repedésekkel sűrűn átjárt zónája. Hidraulikai funkciója kettős (MANGIN 1975; WILLIAMS 1983; GUNN 1986; MANGIN-BAKALOWICZ 1989; FORD-WILLIAMS 1989; KLIMCHOUK 1995): tározóképesége folytán folyamatos utánpótlódást biztosít a karsztrendszer mélyebb zónái számára; ugyanakkor szerkezetileg meghatározott járatok mentén koncentráltan is juttathat be vizet a karsztrendszerbe (2. ábra).

A szennyezők kiküszöbölése szempontjából a vízvisszatartás kedvez a tisztulási folyamatoknak, míg a közvetlen vízközvetítés segíti a felszíni eredetű szennyezők gyors mélybejutását.

SCHEUER-SCHWEITZER (1971) nyomán ismert a fagyaprózódási jelenségek hatására kialakuló törmeléktakarók szerepe a karsztok vízháztartásában. *TYC* (1996) vizsgálatai rámutattak a karbonátos kőzetekben a felszínközeli kialakuló periglaciális formák hidraulikai szerepére.

A Rózsadomb területén a törmeléktakarónak, avagy az epikarsztnak egy speciális kifejlődését találjuk. A Budai Termálkarszt – a nyitott karszt–fedett karszt fejlődési folyamatain keresztül – a késő pliocéntól kezdve a feltáródott karszt állapotába került. A periglaciális folyamatok hatására felaprózódott, fellazult kőzetek hatalmas mennyiségű törmelékanyagot szolgáltatottak. Ugyanakkor a lerakódó lösz a törmelékhez hozzákeveredve, a lejtős tömegmozgások által változatos megjelenésű, durvább-finomabb törmelékes fedő összletet hozott létre a karsztos kőzetek felszínén. Megállapítható, hogy a Rózsadomb területén a fellazult karbonátos szálkőzet és a törmeléktakaró bizonyos helyzetekben epikarsztként funkcionál és a beszívargást, valamint a szennyezők bejutását szabályozó szereppel bír (*ERŐSS* 2001; *MÁDLNÉ SZŐNYI* et al. 2001). Ezek a rózsadombi törmelékes sorozatok tehát csak részben viselkednek – a korábbi feltételezéseknek megfelelően – víz-visszatartó fedőként.

Építési feltárásokban és archív fotódokumentációs anyagokon elvégzett földtani és karsztmorfológiai vizsgálatok alapján a következő típushelyzeteket sikerült azonosítani a fedőre vonatkozóan (*ERŐSS* 2001; *MÁDLNÉ SZŐNYI* et al. 2001):

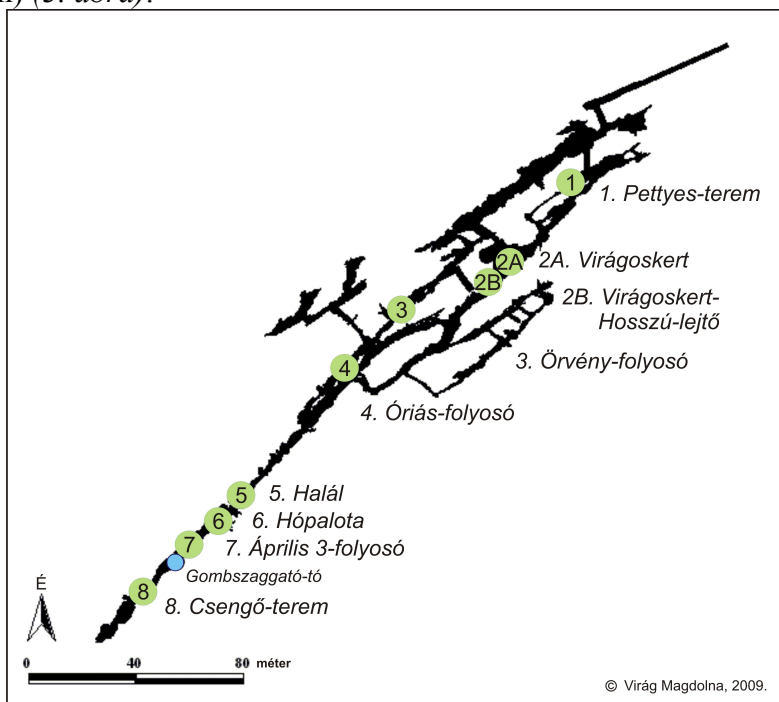
1. típus: a karbonátos kőzet a felszínen található, törmelékes fedő nélkül.
2. típus: a szálkőzet fölött az alapkőzet törmeléke található, mátrix nélkül.
3. típus: az alapkőzet törmeléke agyagos-lössös mátrixban úszik.
4. típus: az alapkőzet törmeléke felett a szelvény jelentős részét lösz és részben vagy egészben áthalmozott vörös-agyagos talaj teszi ki.

Az első csoportba tartozó kőzetsorozatokat fagyhatásra kihangsúlyozott elválási felületek és erős tektonizáltság jellemzik. Az epikarszt és a blokk zóna között fokozatos az átmenet, ugyanakkor megfigyelhetők vertikális elemek, nyitott hasadékok, melyek továbbíthatják a vizet a szálkőzet felé.

A másodiktól a negyedik típushelyzetig a szálkőzet fölött kialakult törmelékes sorozat permeabilitása fokozatosan csökken. A második csoportba tartozó sorozatok permeabilis víztartóként funkcionálnak, míg a negyedik sorozatnál az agyagos-lössös rétegek vízfogóként hatnak. Tényleges epikarsztként a második sorozatba tartozó összletek működnek, ugyanakkor, jelentős csapadék esetén, a harmadik csoportba tartozó sorozatok is tárolhatnak vizet.

4. Barlangi és felszíni vizgálati módszerek

A kutatás keretein belül a rendszeres csepegés-méréseket 2005. november 1-én kezdtük meg, és 2008. április 13-ig végeztük. A barlangban 8 csepegő-víz mintázó helyet alakítottunk ki, melyet később kilencre bővítettünk (2B helyszínen) (3. ábra).



3. ábra: Csepegés-mérési helyek a Szemlő-hegyi-barlangban
Fig.3: Dripwater measuring points in the Szemlő-hegy Cave

A mintavételi pontok kiválasztásánál figyelembe vettük, hogy mérhető mennyiségű legyen a vízbeszivárgás, a csepegő helyek alá egyszerűen, fixen beépíthetőek legyenek az intenzitáshoz méretezett ürtartalmú edények, ill. a mérési, csepegési pontok nagyjából egyenletes elrendezésben reprezentálják a barlang ismert járatait. A csepegőhelyek általában a felszín alatt 30-40 méter mélyen találhatóak. Általában jellemző, hogy a bejáratától a végpont felé nő a főte vastagsága. Az Örvény-folyosó a többi mérési helyszínhez képest jobban megközelíti a felszínt. Az Óriás-folyosó vizsgált szakasza fölött még egy másik, felső járatszint húzódik. Az edények egy része közvetlenül a főhasadékból gyűjti a vizet (pl. Virágoskert-Hosszú-lejtő, Halál, Április 3.-folyosó, Csengő-terem), más részükbe apró repedéseken keresztül szivárog a víz (pl. Hópalota).

A barlangjáratok felett elhelyezkedő Barlang utca 12/B telken naponta helyszíni csapadék és hó mérés történt 2005. november eleje és 2006. május vége között. Az Országos Meteorológiai Szolgálattól a teljes időszakra megkaptuk a barlanghoz legközelebbi helyszínt, a KMI Torony adatait.

Heti gyakorisággal olvastuk le az összegyűlt víz mennyiségét, és egyidejűleg helyszíni fizikai és kémiai (víz- és léghőmérséklet, pH, fajlagos elektromos vezetőképesség) méréseket is végeztünk (ZIHNE PERÉNYI 2008).

A begyűjtött vízminták további kémiai elemzése az ELTE-TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszékén (Varga András és Virág Magdolna) és az Analitikai Kémiai Tanszék Speciációs-Gyógyszerész-Nyomanalitikai laboratóriumában (Zihné Perényi Katalin) történt. Az alkalmazott módszerek: titrimetria (Ca^{2+} , Mg^{2+} , HCO_3^- , Cl^-), lángfotometria (Na^+ , K^+) és spektrofotometria (SO_4^{2-} , NO_3^-) voltak. A közel 3 éves vizsgálati időszak alatt összesen 558 mintát gyűjtöttünk be és elemeztünk.

Vizsgálatainkkal párhuzamosan a havonta egy alkalommal begyűjtött mintákon az MTA Geokémiai Kutatóintézetben stabil oxigénizotóp mérések készültek.

Az értékelés során a csepegőhelyek kémiai komponenseinek mediánjait kör- és oszlopdigrammon összehasonlítva, továbbá a csapadék–csepegés intenzitás, a csepegés intenzitás–elektromos vezetőképesség idősorokat, valamint mérőhelyenként az átlagos (medián) kémiai összetételt (meq/l; %) (fő kationok és anionok) jelenítettük meg. Idősoros vizsgálatokat is végeztünk. A napi csapadékadatokat a csepegés intenzitással – az összegyűlési napokra vonatkozóan egyenletesen elosztva – ábráztuk. Az észlelések kimaradását, sikertelenségét adathiány jelzi az idősorokon.

A felszíni antropogén hatások térbeli vizsgálatához térinformatikai módszereket alkalmaztunk. Georeferált alaptérképek segítségével megvizsgáltuk a barlangjáratok pontos elhelyezkedését a felszínhez képest, és a rendelkezésre álló fixpontok felhasználásával elkészítettük a barlang 3D polygonhálózatát. A területhasználat elemzésével meghatároztuk a felszíni és felszínközeli szennyező veszélyforrásokat, valamint a burkolt és beszivárgási felületek arányát.

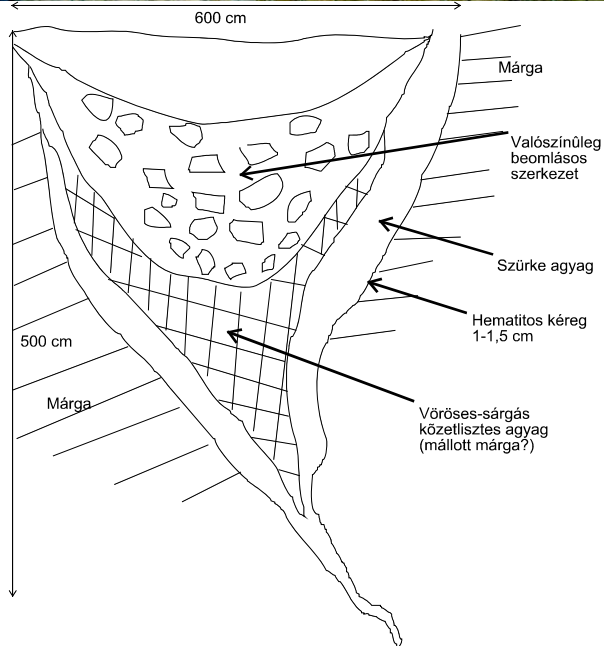
5. A barlang feletti törmeléktakaró földtani és morfológiai sajátosságai

A vizsgálatok szempontjából fontos volt a barlang és közvetlen környezete földtani viszonyainak feltárása. A lokális földtani kérdések megválaszolásához WEIN (1977) térképe jelentette a kiindulási alapot, amelyet a fellelhető adatokkal: archív sekélyfúrások, feltárásban végzett megfigyelések és az azóta megtalált, felszínre nyíló barlangjáratok adataival sikerült pontosítani.

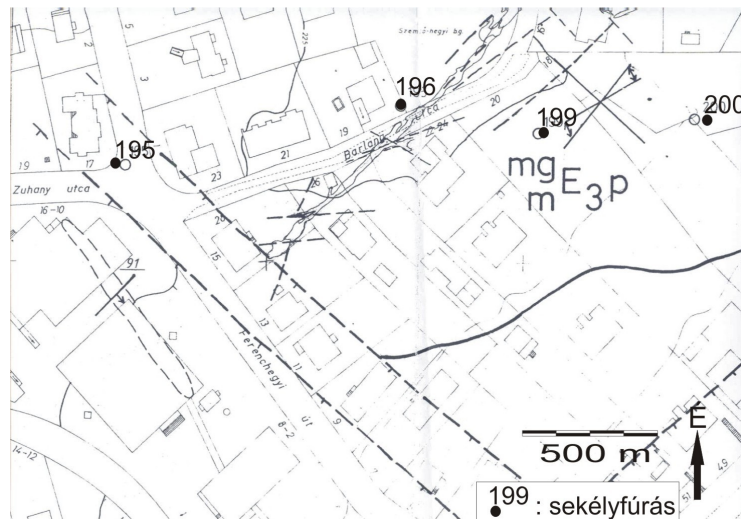
Mindezek alapján megállapítható, hogy a felszínen és felszínközeli a Szemplő-hegyi-barlangtól DK-re egyre nagyobb vastagságban Budai Márga Formáció jellemző. A barlang É-ÉNy-i környezetében már csak a Szépvölgyi Mészke Formáció jelenik meg, és hiányzik a Budai Márga. A barlangtól ÉNy-ra húzódó vető túloldalán pedig a Szépvölgyi Mészke alatt 6 méterrel már a triász tüzköves mészke (Mátyáshegyi Formáció) található. A barlang környezetében törmelékfedő a Szépvölgyi Mészke és a Budai Márga felszínén alakulhatott ki.

A Szemplő-hegyi-barlang és a tőle ÉNy-ra nyíló Zsindely utcai-barlang között *WEIN* (1977) egy ÉK-i irányú vetőt feltételezett. Ez a vető a Szemplő-hegyi-barlang jelenleg ismert szakaszaiban nem jelenik meg. A túloldalon azonban a Zsindely utcai-barlangban a felső-eocén Szépvölgyi Mészke fekéjében már a triász Mátyáshegyi Formáció 6 méterre megközelíti a felszínt, ugyanakkor a Budai Márga teljesen hiányzik a rétegsorból (*LEÉL-ÓSSY* 1995). A Barlang utca 6. (jelenleg 6-8.) telken 2007-ben építkezés közben feltárt Pünkösdi-barlang járata 12 méter mélységig végig Szépvölgyi Mészkeben húzódik, a Szemplő-hegyi-barlang Agyagos-szakasza mellett, azaz itt a rétegsorból teljesen hiányzik a Budai Márga (*LEÉL-ÓSSY* 2007). Az Örvényfolyosó bejáratánál (a Raktár részen) azonban már kis vastagságban megjelenik a márga. A Barlang utca 18-20. sz. alatt pedig egy 2000-ben létesített alapozó-gödörben talált, két nagy gömbfülkéből álló Pusztaszeri-barlang 9,5 méter mélységű, befoglaló kőzete a Budai Márga, ami a bryozoás márgába mutat átmenetet (*LEÉL-ÓSSY* 2000). Megállapítható tehát, hogy a triász és eocén mészkeben kialakult Zsindely utcai-barlang és az eocén márgában keletkezett Pusztaszeri-barlang 50 méter szintkülönbséggel egymástól mindössze 200 méter távolságra található. Ezt 50 méter elvetési magasságú vetővel lehet értelmezni.

A Szemplő-hegyi-barlang törmelékes fedője a Barlang utca 18-20. sz. alatt 2000-ben épült lakópark alapkiásása idején térben is tanulmányozható volt. A szálban álló, kemény, tömör, pados megjelenésű Budai Márga (rétegdőlés: 140/20°) felső része itt fellazult, agyaggal kevert durva közettörmelékes vagy agyagos löszös alapanyagba ágyazott pár cm-es törmelékekből felépülő zóna. A törmelékzóna megjelenése gyakran töbörkitöltés vagy beszakadás jellegű, amely kedvez a víz elvezetésnek. A munkagödörben vöröses kőzetliszttel, ill. törmelékkel kitöltött 6 m átmérőjű és 5 m mély képződmény is megfigyelhető volt, amely paleo-víznyelőként értékelhető (4. ábra) (*ERŐSS* 2001; *MÁDLNÉ SZŐNYI* et al. 2001; *ANGELUS* et al. 2002). Földtani analógiák alapján ez a fedőjelleg várható a Szemplő-hegyi-barlang fölött is.



4. ábra: A "paleo-víznyelő" a Pustaszéri úti lakópark építési feltárásában
 Fig.4: „Paleo-sinkhole” exposed by a construction pit at Pustaszéri Street



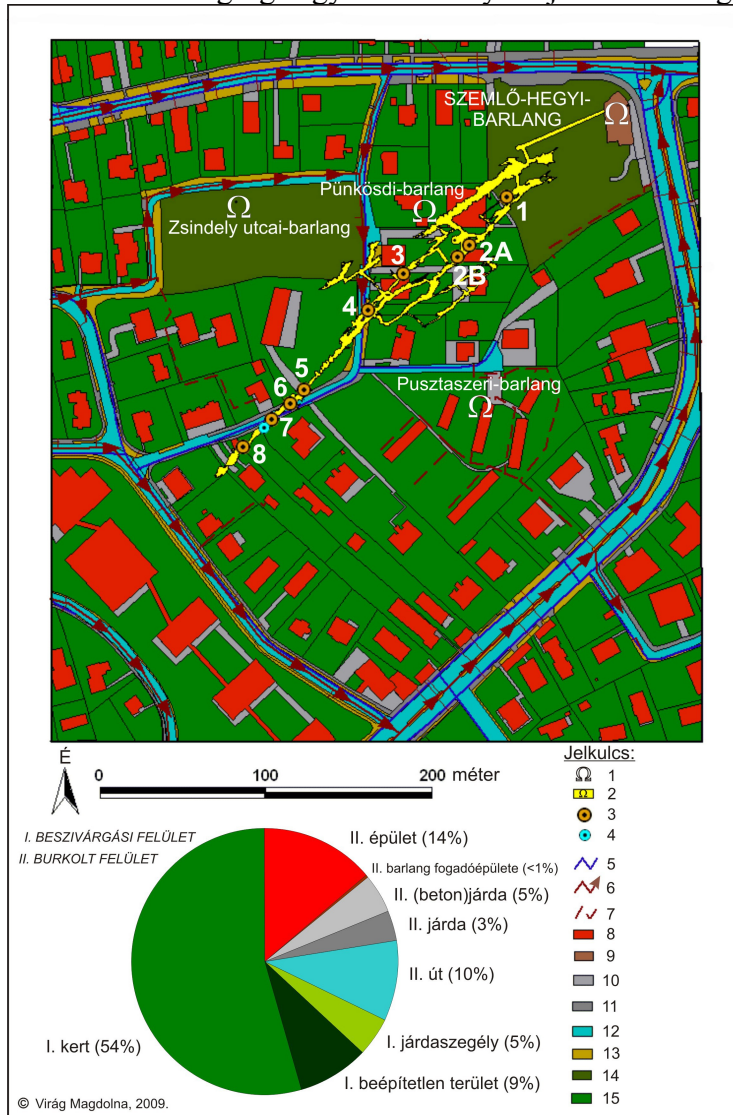
5. ábra: Földtani térképvázlat (VÉGH S-né 1985)
 Fig.5: Geological sketch of the area above the Szemlő-hegy Cave (VÉGH S-né 1985)

A fedő anyaga a barlangjáratok közelében mélyült sekélyfúrásokból pontszerűen ismert (VÉGH-né 1985). A járatoktól É-ÉK irányban mélyült 195. és 196. fúrások 3,5-3,7 m mélységig szoliflukciós eredetű, vegyes anyagú lejtőtörmelékét harántoltak. A 199. számú és 200. számú fúrások szerint a barlangtól DK-re, 0,3-0,5 m mélységig feltöltés, alatta pedig szálban álló bryozoás márga húzódik (5. ábra). A felszíni jegyek alapján a törmelékfedő az epikarsztos értékelés szempontjából második és a harmadik kategóriába sorolható (ERŐSS 2001; MÁDLNÉ SZÓNYI et al. 2001). Előbbi tehát epikarsztnak minősíthető.

A telítetlen zónában zajló beszivárgást befolyásolják a szerkezeti elemek. Ezek a Szemlő-hegyi-barlangra jellemzően ÉK-DNy-i csapásirányúak, ez a barlangjáratok tektonikus főiránya is. Emellett ÉNy-DK-i törések és É-D-i, továbbá K-Ny-i szerkezetek is hatással vannak a beszivárgó vizek elvezetésére.

A szerkezetek beszivárgási folyamatokban betöltött fontosságát támasztja alá az 1992-ben elvégzett szivárgási kísérlet eredménye (SÁRVÁRY et al. 1992; LEÉL-ŐSSY 1997), amely szerint a fedő Budai Márga vízáteresztésében a függőleges hasadékok szerepe, meghatározó. FEHÉR (MARI –FEHÉR 1999) véleménye szerint ugyanakkor a Szemlő-hegyi-barlang egyes szakaszain a víztovábbítást lényegében a Szépvölgyi Mészke és Budai Márga 20°-os dőlésű határa befolyásolja. A dőlésviszonyokat, valamint a Szemlő-hegyi-barlang felszín alatti térbeli elhelyezkedését számításba véve, a fő já-

ratszintekre (~160 mBf) vonatkozóan a járatok és a felszín között ÉK-ről DNy-i irányban nő a fedővastagság. Minden bizonnyal a réteghatár menti vízmozgás és a fedő vastagsága egyaránt befolyásolja az átszivárgást.



6. ábra: A Szemlő-hegyi-barlang környékének területhasználata
 Jelmagyarázat: 1. barlang bejárat; 2. Szemlő-hegyi-barlang járata; 3. csepegés mérési pontok; 4. állóvíz mérési pont; 5. vízvezeték; 6. főcsatorna; 7. csatorna; 8. épület; 9. barlang fogadóépülete; 10. beton járda; 11. járda; 12. út; 13. járdaszegély 14. beépítetlen / védett terület; 15. kert
 Fig. 6: Land use around the Szemlő-hegy Cave area
 Legend: 1. cave entrance; 2. Szemlő-hegy Cave; 3. dripwater measuring points; 4. standing water measuring point; 5. drink-water pipeline; 6. main sewer; 7. sewer; 8. building; 9. cave entrance building; 10. surfaced road; 11. pavement; 12. road; 13. pavement edge; 14. uncovered (protected) area; 15. garden;

Végül nem hanyagolható el a törmelékfedő jellemzésekor az emberi tevékenység hatása sem. A Szemlő-hegyi-barlang bejárati részének felszíni védőterülete a bejárati létesítmények építésekor mesterséges felszín átalakításon ment át, felszínlenyesés, rézsűzés történt. Továbbá az építési és a korábbi mezőgazdasági munkák is érinthették a felső talajszelvényt (ZÁMBÓ et al. 1992).

6. Felszíni és felszínközeli veszélyforrások

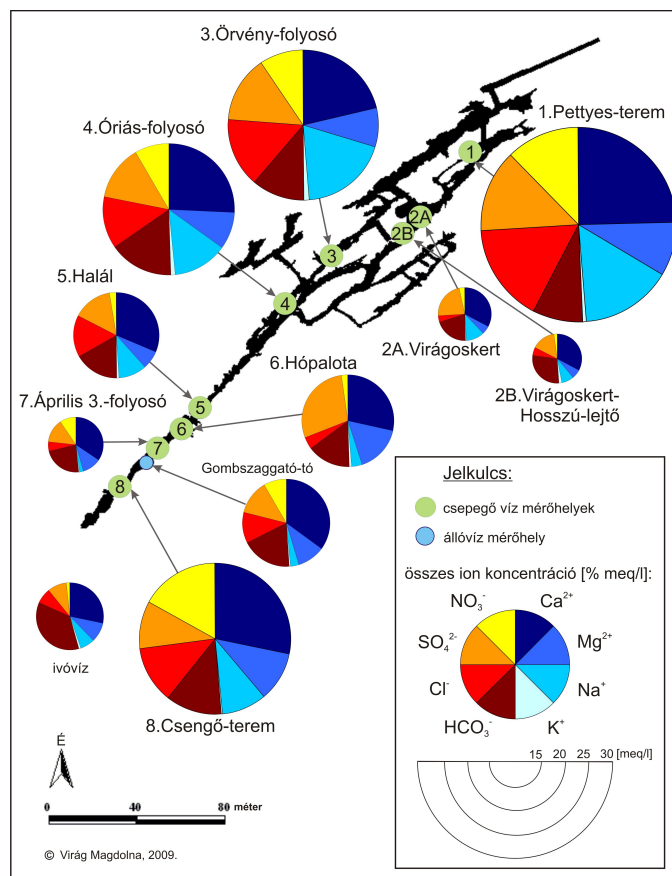
A Szemlő-hegyi-barlang környékének felszínborítás térképe mutatja a barlangjáratok és a csepegőhelyek elhelyezkedését is. A vizsgált területen belül a természetes beszivárgás lehetőségét megteremtő zöldfelület aránya kb. 70%, az épületekkel, járdával, utakkal burkolt felületek pedig kb. 30%-ot tesznek ki (6.ábra). Az utóbbiak által elfoglalt kisebb-nagyobb területen a mesterséges objektum jellegéből adódóan akadályozza a természetes beszivárgást, ugyanakkor a felület határán lefolyó víz koncentráltan jut a felszín alá. Szintén koncentrált mennyiségű mélybejutás tapasztalható szikkasztó vagy közmű pontszerű szivárgása, ill. öntözőrendszerek használata esetén.

A fő vízvezeték- és csatornahálózat lefutása általában a közút hálózatot követi. A csatornázatlan utcaszakaszok ingatlanjairól a kötelező közműre csatlakozást szomszédos telkeken keresztül vezető mellékcatornákkal oldották meg. A területen szennyező forrás lehet a csatornákból vagy szikkasztókból történő szennyvíz szivárgása, a kertekben műtrágya és egyéb vegyszerek használata, továbbá az utak téli csúszásmentesítése, sózása.

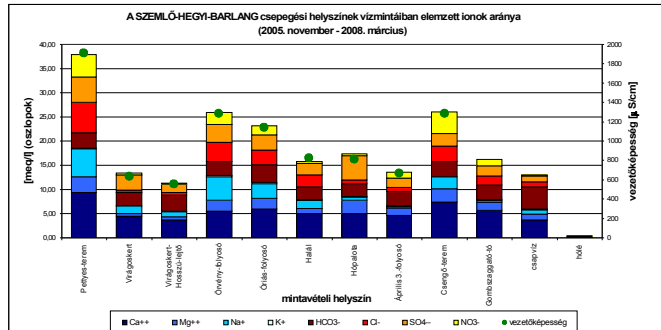
7. A csepegő vizek értékelése

Az egyes csepegőhelyeken gyűjtött vizek mennyiségéből és kémiai analíziséből kapott mediánértékeket összehasonlítva, a barlang bejáratától a végpont felé a vízminták mennyisége és minősége is jelentősen változik (7.a ábra). Szembetűnő a Ca^{2+} magas aránya, ugyanakkor a természetes eredetű karsztvizekkel szemben a HCO_3^- aránya jóval kisebb, továbbá helyenként igen magas az antropogén forrásból származó Na^+ , Cl^- és NO_3^- ionok aránya is. Az egyes csepegési helyekre az ionokra vonatkozó koncentráció értéket és a csepegővizek fajlagos elektromos vezetőképességét bemutató oszlopdiagramon (7.b ábra) a Virágoskert és a Virágoskert-Hosszú-lejtő értékei a legalacsonyabbak, és a Ca^{2+} , HCO_3^- és a SO_4^{2-} ionok nagyobb mennyisége jellemző. A Hópalota vizében kiemelkedően magas a SO_4^{2-} aránya. Az Óriás-folyosó és Örvény-folyosó mintáiban sokkal magasabb a Na^+ és Cl^- részesedése, a Csengő-terem esetében pedig a NO_3^- értéke kiugróan magas. A

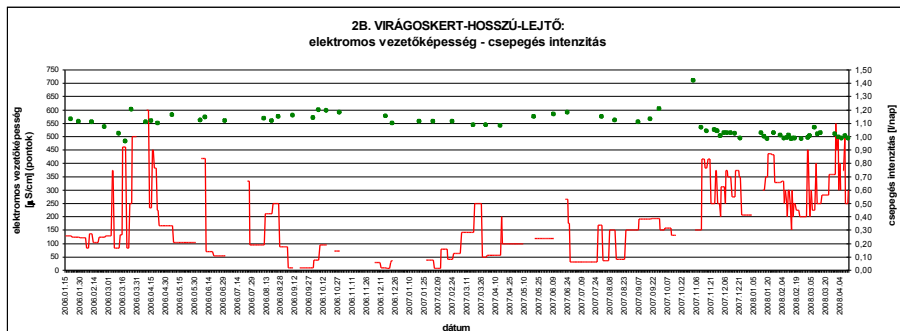
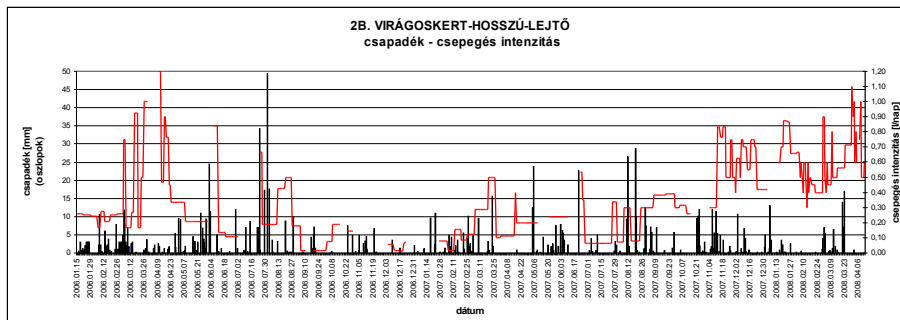
Pettyes-teremnél szembetűnő a fajlagos elektromos vezetőképesség kiugrása, ezen belül pedig az antropogén eredetű ionok magas aránya. A Halál, Április 3.-folyosó és Gombszaggató-tó helyszínek értékei átmeneti állapotot tükröznek. Az antropogén eredetű ionok közül a legjelentősebb a nitrát előfordulása, mediánjait az ivóvízre vonatkozó határértékkel (50 mg/l) összehasonlítva megállapítható, hogy koncentrációja több helyszínen is jelentősen meghaladja azt. Ez a megállapítás a Pettyes-teremre (280 mg/l) és a Csengő-teremre (270 mg/l) fokozottan érvényes.



7.a ábra: Vízminék összetételének csepegőhelyenkénti összehasonlítása (középvérték, meq/liter)
Fig.7.a: Comparison of water samples of the dripwater stations (based of median meq/l values)



7.b ábra: Vízminták fő ion összetétel (meq/liter) és fajlagos elektromos vezetőképesség (µS/cm) középértékeinek összehasonlítása
 Fig.7.b: Comparison of the main cations and anions and the electric conductivity of dripwaters (based of median values)



8. ábra: Virágkerti - Hosszú lejtő: csapadék-csepegésintenzitás-fajlagos elektromos vezetőképesség mérési idő-sor
 Fig.8: Time series of precipitation and dripping intensity and electric conductivity of dripwater at the “Virágkerti - Hosszú lejtő” station

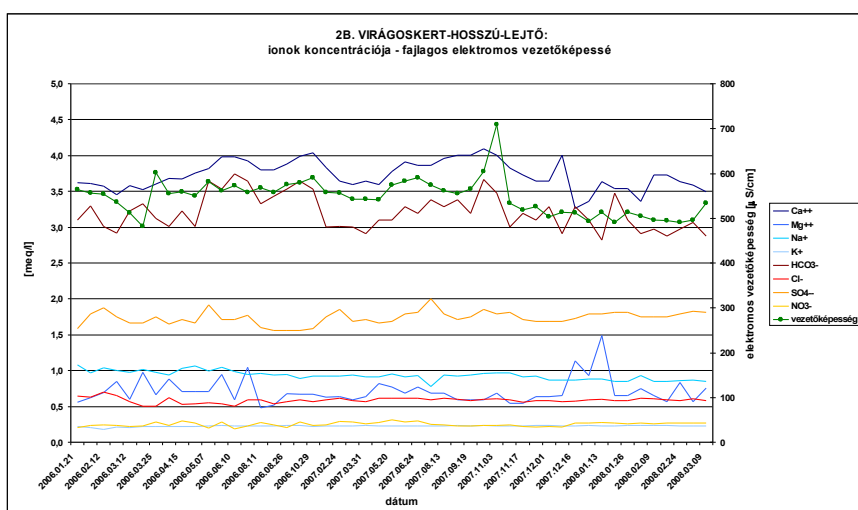
A kutatás másik célja volt a csepegővizek mennyiségi és minőségi változásainak időbeli nyomon követése. Ezzel kapcsolatban a következő megállapítások fogalmazhatók meg. A barlang beépítetlen telke alatt található (6. ábra) Virágoskert-Hosszú-lejtő mérőhely (8. ábra) csepegés intenzitása jelentősebb havazásokat és hóolvadásokat követően, néhány nap késleltetéssel hirtelen emelkedik, majd fokozatosan csökken. Jelentősebb csapadékesemények hatására egy-két napon túl emelkedés, majd gyorsabb csökkenés következik. Az előbbi jelenség az epikarszt tározó-vízviisszatartó, az utóbbi pedig a közvetlen víztovábbító hatását tükrözi. A fajlagos elektromos vezetőképesség értékekben a hóolvadást követően a csepegés intenzitással párhuzamosan hirtelen emelkedés, majd fokozatos csökkenés tapasztalható. Ez a repedésekben pangó víz leürülésére, majd a hólé megjelenésére utal. Esőzéseket követően a fajlagos elektromos vezetőképesség csökkenés, azaz hígulás tapasztalható. A természetes eredetűnek tekintett HCO_3^- , Ca^{2+} és kisebb mértékben a Mg^{2+} , valamint a SO_4^{2-} ionok többnyire követik a fajlagos elektromos vezetőképesség időbeli változását (9. ábra).

A Hópalota vízmintája az előző helyhez hasonlóan (7.a-b ábra) szintén természetes beszivárgást tükröz. A csapadékeseményt követő feltöltődés-leürülés itt – a feltételezhetően jelentősebb törmelékzónának köszönhetően – lassabban következik be, és hatása hosszabb ideig nyomon követhető. A fajlagos elektromos vezetőképesség a csepegésintenzitással általában fordított arányban változik. A vezetőképesség értékekkel időben többnyire együtt nő és csökken a Ca^{2+} és SO_4^{2-} koncentrációja, valamint alacsonyabb értékekkel a Mg^{2+} és a HCO_3^- értéke (10. ábra). Mivel az antropogén ionok mennyisége alacsony és változatlan, a nagy koncentrációban jelentkező szulfát forrása ebben az esetben valószínűleg „természetes szennyezés”: a Budai Márgában települő pirit, ill. annak oxidációja lehet.

A Pettyes-terem a barlang feletti védett terület Ny-i végénél található (6. ábra). A csapadék-csepegésintenzitás és vezetőképesség változása – magasabb értékekkel – a Virágoskert-Hosszú-lejtőnél bemutatott folyamat szerint alakul. Az ionok többsége tág koncentrációhatárok közt ingadozik, és időben a fajlagos elektromos vezetőképességhez hasonlóan változik (11. ábra). Itt azonban a természetes ionok mellett az antropogén eredetű ionok magas értéke és ingadozása is szembetűnő. Mivel itt feltételezhető a felszíni-felszínközeli rész korábbi, idegen eredetű anyaggal történő feltöltése, a beszivárgási jelenségek alapján a törmelékfedő „antropogén epikarsztként” funkcionál.

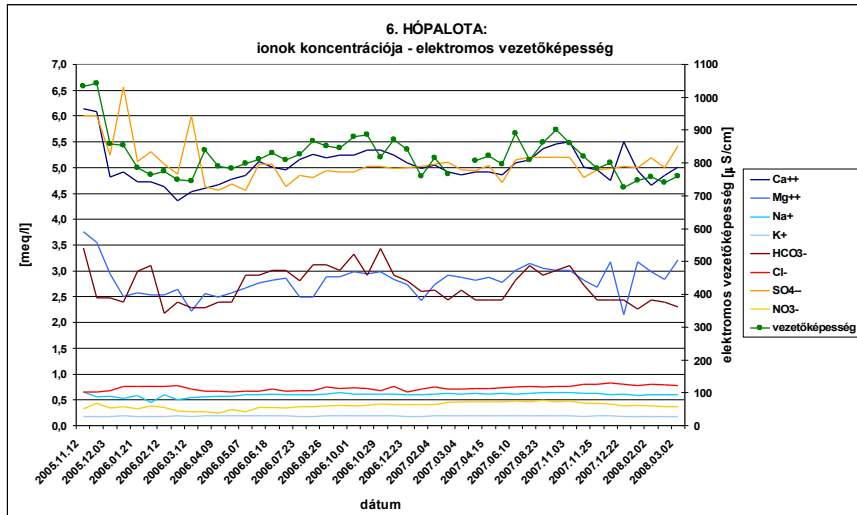
Az Óriás-folyosó csepegővizeire számottevő antropogén befolyásoltság jellemző (6. ábra). A csapadékeseményekkel az előbbi helyekhez képest nem mutat összefüggést a kiemelkedően magas csepegésintenzitás (22

liter/hét!), és a fajlagos elektromos vezetőképesség is nagyon ingadozó. Ugyanakkor leginkább szembeűnő a Na⁺ és Cl⁻ ionok évszakos ingadozása (12. ábra). A folyamatosan magas vízmennyiség vízvezeték szivárgásra utalhat (MARI-FEHÉR 1999). Az ionok évszakos ingadozásából és a fajlagos elektromos vezetőképesség tág határok közötti változásából adódóan feltételezhető a felszínről beszivárgó víz hozzákeveredése.

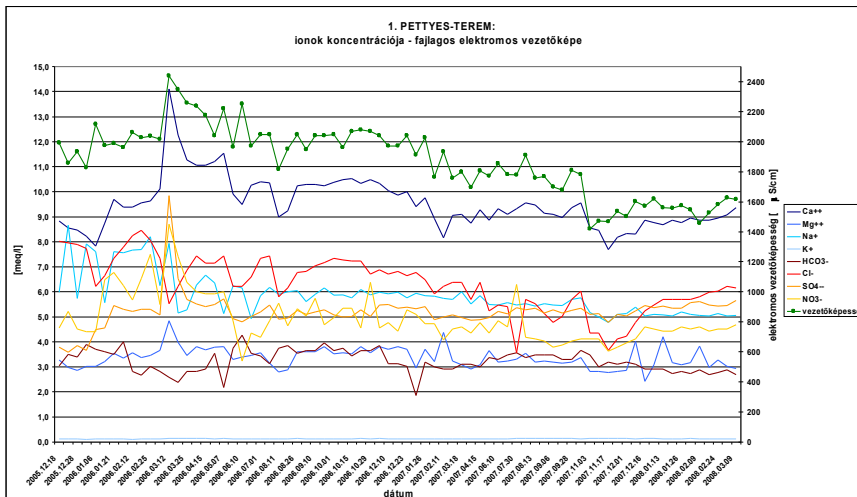


9. ábra: Virágoskert-Hosszú-lejtő: a csepegő vizek főion összetételének és fajlagos elektromos vezetőképességének időbeli változása
 Fig. 9: Time series of the electric conductivity and the main cations and anions of dripwater at the „Virágoskert-Hosszú-lejtő” station

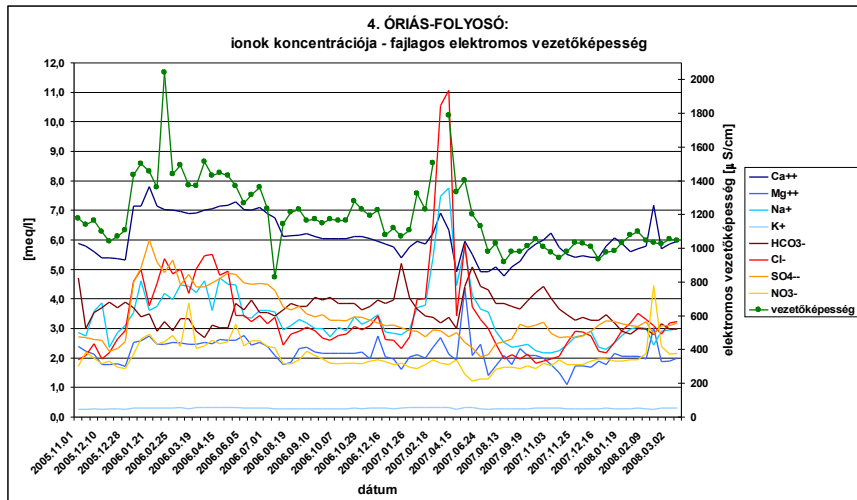
A beépített terület alatt található Csengő-terem (6. ábra) csepegésintenzitása esetében – az előző helyszínhez hasonlóan – szintén nem tapasztalható összefüggés a csapadékeseményekkel, és a fajlagos elektromos vezetőképesség is folyamatosan ingadozik. Az NO₃⁻ az eddigi csepegő-helyekhez képest folyamatosan magas koncentráció értékekkel van jelen és ezen belül nagyon tág tartományban ingadozik. A többi ion viszonylag stabil (13. ábra). Ez alapján a Barlang utca 19. mellékcsatornájából történő hozzászivárgás feltételezett.



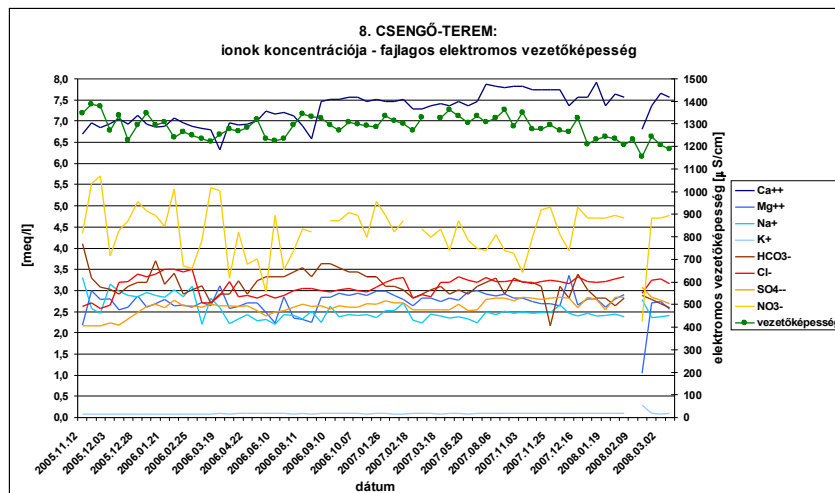
10. ábra: Hópalota: a csepegő vizek főion összetételének és fajlagos elektromos vezetőképességének időbeli változása
 Fig. 10: Time series of the electric conductivity and the main cations and anions of dripwater at the „Hópalota” station



11. ábra: Pettyes-terem: a csepegő vizek főion összetételének és fajlagos elektromos vezetőképességének időbeli változása
 Fig. 11: Time series of the electric conductivity and the main cations and anions of dripwater at the „Pettyes-terem” station



12. ábra: Óriás-folyosó: a csepegő vizek főion összetételének és fajlagos elektromos vezetőképességének időbeli változása
 Fig. 12: Time series of the electric conductivity and the main cations and anions of dripwater at the „Óriás-folyosó” station



13. ábra: Csengő-terem: a csepegő vizek főion összetételének és fajlagos elektromos vezetőképességének időbeli változása
 Fig. 13: Time series of the electric conductivity and the main cations and anions of dripwater at the „Csengő-terem” station

8. A csepegő vizek stabil oxigénizotópos vizsgálata, diszkusszió

A barlangi csepegő vizek hidrogeokémiai vizsgálata mellett a stabilizotóp-geokémiai vizsgálatok elsősorban a beszivárgó vizek eredetére, illetve a beszivárgás közben bekövetkezett másodlagos folyamatokra nyújtanak információt (TOOTH–FAIRCHILD. 2003, LACHNIET 2009). A természetes beszivárgási területeken a barlangi csepegő víz gyakorlatilag egyetlen forrása az adott területre hulló csapadék. A beszivárgás során bekövetkezhet a hulló csapadék (1) felszíni lefolyása és/vagy szelektív beszivárgása, (2) ideiglenes tározódása a törmeléktakaróban (helyenként epikarsztban), (3) párolgása, vagy (4) geológiai léptékű időskálán a beszivárgás útjának megváltozása.

Az emberi hatásokkal terhelt területek esetében a beszivárgó vízhez hozzákeveredhet antropogén eredetű víz is, elsősorban az ivó- és szennyvízhálózati rendszerből. Budapest ivóvíz ellátásának elsődleges forrása a parti szűrésű kutakon keresztül a Duna folyó. Ennek stabilizotópos vizsgálata megmutatta (FÓRIZS–JUHÁSZ 2002), hogy a folyóvíz $\delta^{18}\text{O}$ értéke (kb. -11‰ – $-11,3\text{‰}$) a budapesti csapadékvizeknél (kb. $-9,7\text{‰}$) negatívabb, az alpi területre eső, hazánkétól magasabban fekvő vízgyűjtőterülete miatt. A hivatkozott izotóp-geokémiai adatokat nemzetközi V-SMOW (Vienna Standard Mean Ocean Water) etalonhoz (sztenderdhez) viszonyítva ezrelékben a szokásos δ jelöléssel adjuk meg. A mérések bizonytalansága (mintaelőkészítés+mérés) $\pm 0,2\text{‰}$ V-SMOW. Mivel a szennyvízcsatornában megjelenő víz elsődlegesen az ivóvízcsatornákból ered, ezek stabilizotópos összetételében jelentős különbség nem adódik.

A felszínre hulló csapadék lassú és/vagy diszperz beszivárgása pozitív irányú eltolódást okoz a csepegő víz $\delta^{18}\text{O}$ értékében, mivel a párolgás során a könnyű (negatívabb) izotópban dús H_2O molekula könnyebben jut gáz fázisba. Hasonló, pozitív irányú eltolódást mutathatnak az alacsony csepegési rátával jellemezhető vízmintagyűjtő helyszínek is.

A csepegőhelyenként végzett megfigyeléseinket a barlangból vett vízmintákon rendszeresen végzett stabilizotóp mérési eredményekkel (SIKLÓSY Z. et al. 2008) összehasonlítva a következő megállapítások tehetők.

A vízkémia alapján természetes beszivárgási helyként kezelt Virágoskert, Virágoskert-Hosszú-lejtő és Hópalota vizeinek $\delta^{18}\text{O}$ értékei állandóak és közel megegyeznek a területre hulló csapadék becsült $\delta^{18}\text{O}$ értékével ($-9,7\text{‰}$).

Az Pettyes-terem csepegő vizeinek a csapadéokra jellemző $\delta^{18}\text{O}$ értékekhez képest pozitívabb értékeit (-9 – $-9,6\text{‰}$) a felette lévő felszín (feltehetően) karsztidegen eredetű anyagból álló feltöltésén való átszivárgás okoz-

hatja (hosszabb tartózkodási idő, ennek következtében párolgás és az általa okozott izotóp frakcionáció).

A Csengő-terem, Óriás-folyosó és Örvény-folyosó $\delta^{18}\text{O}$ értéke a helyben hullott csapadék $-9,7\%$ értékénél folyamatosan negatívabb ($-10 - -10,5\%$). Tekintettel arra, hogy ezeknél a helyeknél ivóvíz ill. szennyvíz szivárgás feltételezhető, érthető, hogy itt miért adódtak a területre helyben hullott csapadékvíznél negatívabb, ugyanakkor a Dunából származó, közműhálózatba betáplált ivóvíz kb. -11% értékénél pozitívabb értékek. Tehát ezeken a helyeken a beszivárgó vízhez közműből történő víz hozzákeveredését feltételezhetjük. A magas nitrát koncentráció alapján a Csengő-teremnél a szennyvíz, az előbbi esetekben pedig az ivóvíz hozzászivárgása további megerősítést nyert.

9. Összegzés

Megállapítottuk, hogy a Szemlő-hegyi-barlang feletti – részben epikarsztnak minősíthető – törmelékfedő sajátosságai a barlangba szivárgó víz hidraulikai viselkedését alapvetően meghatározzák. Fagyhatás által befolyásolt és tektonikailag is érintett üledéksorról van szó, amely egy „szárazra került” termálkarsztos barlang fölött alakult ki. A rétegsorban a világváros területhasználatának és felszínátalakító tevékenységének következményei is jelentkeznek. Értelemszerűen mindezek hatásai eltérő módon tükröződnek egyes mérőhelyek csepegő vizeiben.

A területre vonatkozóan kimutatott felszíni szennyező és veszélyforrások: a burkolt felületek beszivárgás módosító hatása, a felszínközeli rétegek bolygatása, a közmű (vízvezeték, csatorna) szivárgása, a vegyszerhasználat (pl. útsózás, műtrágyázás). Mindezek hatásai hol elkülöníthetően, hol pedig együttesen rátevéődnek a természetes folyamatokból adódó hatásokra, és a csepegőhelyek között mérhető mennyiségi és minőségi különbségekben jelentkeznek.

A járatok 35-40 m mélyen húzódnak a felszín alatt, azonban a periglaciális jelenségeknek köszönhetően a felszíni szennyező anyagok a vízzel együtt közvetlenül is lejuthatnak a barlangba. A szálkőzet réteglapjai (20° rétegdőlés) mentén is lehetséges a vízbejutás, de az ÉK-DNy, ÉNy-DK-i és az É-D, K-Ny-i szerkezeteknek, vetőknek is szerepe lehet a vízközvetítésben. Szintén a beszivárgást segíti, ha a törmelékzóna töbörkitöltés vagy beszakadás jellegű. Ugyanakkor a törmelékfedő tározó – beszivárgás-továbbító funkciója felhigíthatja és csökkentheti a szennyezők koncentrációját. A felszín alá jutó víz és a csepegővizek mennyiségétől függően a szennyező

anyagokat az epikarszt ilyen körülmények között akár folyamatosan is tovább közvetítheti a karsztban.

A vizsgálatok alapján természetes beszivárgású helyeknek minősíthető a Virágoskert, a Virágoskert-Hosszú-lejtő és a Hópalota csepegőhely. Antropogén módon már kismértékben befolyásolt a Halál és az Április 3.-folyosó. A Pettyes-terem feletti feltöltött rész „*antropogén epikarsztként*” funkcionál. Az antropogén hatások fokozottan mutatkoznak az Óriás-folyosó (vízvezeték szivárgásból adódó hozzákeveredés), a Csengő-terem (csatornaszivárgásból adódó hozzákeveredés), és az Örvény-folyosó (esetleges vízvezeték szivárgás, felszínközeli helyzet) esetében. Ez a Na^+ , Cl^- , NO_3^- számottevő mennyiségében és a csapadék eseményekkel összefüggő időbeli változásában, ill. folyamatosan magas koncentrációjában, valamint állandóan nagy csepegésintenzitásban mutatkozik. Összességében a csepegő vizek elemzése jelentős új információval szolgált a barlang természetes beszivárgási folyamatairól és az antropogén befolyásoltságról.

Vizsgálataink megerősítették, hogy a rózsadombi utánpótlódás, az áramlási rendszerek e lokális ága, beszivárgási folyamatait tekintve a rátelepült város befolyása alatt áll. Fontos tehát az epikarszt antropogén körülmények között működő, beszivárgás-szabályozó funkciójának megértése. Ez hatással van a rózsadombi fosszilis barlangok és a jelenleg is aktív Molnár János-barlang védelmére, és közvetve, – a szennyező anyagok karsztvízszintig való lejutásának lehetősége miatt – a hévforrások védelme szempontjából is jelentőséggel bírhat.

IRODALOM

- ALFÖLDI L. (1978): Budapest Hévízei. – Kandidátusi dolgozat, 156 p.
- ANGELUS B. – PETHŐ S.L. – MINDSZENTY A. (2002): Földtani megfigyelések – amit újra már senki nem láthat (A Pusztaszeri út és a Barlang utca között épülő lakópark alapozási munkái során keletkezett feltárások rögzítése. – Földtani Közöny 132/1, Budapest, p. 129-130.
- BENKOVICS L. – TÖRÖK Á. – NÁDOR A. (1995): A Ferenc-hegyi vonulat barlangjainak geológiája. – Karszt- és barlangkutató X., MKBT, Budapest, p. 193-196, p. 200-207.
- ERŐSS A. (2001): Az epikarszt megjelenésének és jelentőségének vizsgálata a Rózsadomb (s.l.) terület példáján. – diplomamunka, ELTE Alkalmazott és Környezetföldtani Tanszék 69 p.+ mellékletkötet
- ERŐSS, A. – MÁDLNÉ SZÓNYI, J. – MÜLLER, I. – VIRÁG, M. (2006): Hydrogeological investigations in the Rózsadomb area for the protection of the thermal karst system (Budapest, Hungary) Proceedings of the 8th Conference on Limes-

tones Hydrogeology Neuchâtel, Switzerland, 21-23 September 2006 p. 105-108.

FORD, D. C.–WILLIAMS, P. W. (1989): Karst Geomorphology and Hydrology. – Unwin Hyman, London 601 p.

FORD, D. C.–TAKÁCSNÉ BOLNER K. (1991): Abszolút kormeghatározás és stabil izotóp vizsgálatok budai barlangi kalcitmintákon. – Karszt és Barlang, I-II. p. 11-18.

FÓRIZS, I.–JUHÁSZ, P. (2002) Differences in the climates of catchment areas as reflected by isotopic characteristics of the Danube and Tisza Rivers, Hungary. – VI Isotope Workshop. Tallin, 2002.6.29. - 2002.7.4., p.32-33.

GUNN, J. (1986): Solute Processes and Karst Landforms. – In TRUDGILL, S. T. (Ed.): Solute Processes. John Wiley & Sons Ltd., Chichester pp. 363-437.

HAZSLINSZKY T.–NÁDOR A.–SZABLYÁR P. (1993): AJÁNLÁS a budai Rózsadomb és környéke termálkarsztja UNESCO Világörökség-listára történő felterjesztéséhez. – MKBT, Budapest, 64 p.

KLIMCHOUK, A. (1995): Karst Morphogenesis in the Epikarstic Zone. – Cave and Karst Science, 21. 2. p. 45-50.

KOVÁCS J.–MÜLLER P. (1980): A budai-hegyek hévizes tevékenységének kialakulása és nyomai. – Karszt és Barlang, II. p. 93-98.

LACHNIET, M.S. (2009): Climatic and environmental controls on speleothem oxygen-isotope values. – Quat. Sci. Rev. 28, p. 412–432.

LEÉL-ŐSSY SZ. (1995): A budai Rózsadomb és környékének különleges barlangjai. – Földtani Közlöny 125. 3-4. Budapest, p. 363-432.

LEÉL-ŐSSY SZ. (1997): A József-hegyi-barlang (Budapest) geológiai viszonyai, fejlődéstörténete és a Rózsadomb környéki termálkarsztos barlangok genetikája. – kandidátusi értekezés, ELTE-TTK Általános- és Történeti Földtani Tanszék, p. 47-51.

LEÉL-ŐSSY SZ. (2000): Jelentés a Pusztaszeri-barlang feltárásáról. – Kézirat, KvVM Barlangtani és Földtani Osztály

LEÉL-ŐSSY SZ. (2007): Jelentés a Pünkösdi-barlang feltárásáról. – Kézirat, KvVM Barlangtani és Földtani Osztály

MÁDLNÉ SZÓNYI J.–ERŐSS A.–PETHŐ S. L. (2001): A Budai Termálkarszt területén feltételezhető epikarszt vizsgálata. – Zárójelentés a KAC Pályázat keretében 2000-2001. évben végzett munkáról a Környezetvédelmi Minisztérium megbízásából, kézirat 50 p. + mellékletek.

MÁDLNÉ SZÓNYI J.–VIRÁG M.–ERŐSS A. (2007): A Szemlő-hegyi-barlang csepegővizeinek vizsgálata a Budai Márga törmeléktakarón át történő beszivárgás értékelése céljából. – Földrajzi Közlemények CXXXI. (LV.) kötet, 2007. 4. szám, p. 371-388.

- MANGIN, A.* (1975): Contribution a l'étude hydrodynamique des aquifères karstiques. These de Doctorat d'Etat Dijon – Annales Speleo. 29/3 pp. 283-332., 29/4 pp. 495-601., 30/1 p. 21-124.
- MANGIN, A.–BAKALOWICZ, M.* (1989): Orientations de la recherche scientifique sur le milieu karstique. Influences et perceptibles en matière de protection. – Spelunca 35, Protection des cavernes et du milieu karstique, Paris, p. 71-79.
- MARI L.–FEHÉR K.* (1999): The impacts of land use change on the Budapest hydrothermal-karst: a study of Szemlő-hegy cave. – Essays in the Ecology and Conservation of Karst, IGU Commission Sustainable Development and Management of Karst Terrains, Acta Geographica Tom. XXXVI. Szeged, p. 104–111.
- NÁDOR A.* (1994): Paleokarstic features in Triassic-Eocene carbonates: Multiple unconformities of a 200 million year karst evolution, Buda Mountain, Hungary. – Zbl. Geol. Palaeont. Stuttgart, Teil I., 1992 (11/12) p. 1317-1329.
- SÁRVÁRY I.–MAUCHA L.–IZÁPY G.* (1992): Szivárgási vizsgálatok, szivárgási sebesség meghatározása. Kézirat. – Phare/III. III. feladat. 13 oldal, 9 táblázat, 8 ábra.
- SCHUEER Gy.–SCHWEITZER F.* (1971): A negyedkori fagyaprózódási folyamatok hatása a karsztforrásokra. – Földr. Ért. 20/4. p. 465-468.
- SIKLÓSY, Z.–DEMÉNY, A.–PILET, S.–LEÉL-ŐSSY, Sz.–VIRÁG, M.* (2008): Monitoring environmental changes by investigation of stalagmites and drip waters in caves, 33 International Geological Congress, Oslo, abstract volume, <http://www.cprm.gov.br/33IGC/1338477.html>
- TAKÁCSNÉ BOLNER K.–TARDY J.* (2003): A budai termálkarszt barlangvilága. – A Földgömb XXI. 2003/5. p. 18-29.
- TAKÁCSNÉ BOLNER K.–TARDY J.–NÉMEDI L.* (1989): Evaluation of the environmental impacts in Budapest's caves on the basis of the study of the quality of dripping waters. – Proceedings of the X.th Int. Congress on Speleology, Budapest, p. 634-639.
- TYC, A.* (1996): The nature of epikarst and its role in dispersed pollution of carbonate aquifers. – International Conference on Karst-fractured Aquifer - Vulnerability and Sustainability. Katowice-Ustron, Poland, June 10-13, 1996. p. 270-281.
- TOOTH, A.F.–FAIRCHILD, I.J.* (2003): Soil and karst aquifer hydrological controls on the geochemical evolution of speleothem-forming drip waters, Crag Cave, southwest Ireland. – J. Hydrol. 273, p. 51–68.
- VENDEL M.–KISHÁZI P.* (1964): Összefüggések melegforrások és karsztvizek között a Dunántúli-középhegységben megfigyelt viszonyok alapján. – MTA Műszaki Tud. Oszt. Közl. p. 97–119.

VÉGH S.-né (1985): A József-hegyi barlangrendszer kutatásához kapcsolódó földtani térképezés eredményei – Kézirat, ELTE Alkalmazott és Műszaki Földtani Tanszék, Budapest

VIRÁG M. (2008): A Szemlő-hegyi-barlang csepegő vizeinek vizsgálata a rózsadombi törmeléktakarón át történő beszivárgás értékelése céljából. – diplomamunka, ELTE-TTK Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék, 153 p.

WEIN GY. (1977): A Budai-hegység tektonikája. – MÁFI Alkalmi Kiadvány, Budapest, 66 p.

WILLIAMS, P. W. (1983): The Role of the Subcutaneous Zone in Karst Hydrology. – *Journal of Hydrology*, 61. p. 45-67.

ZÁMBÓ L.–ZSIGÓ F.–DARABOS C.–ZÁMBÓ A. (1992): Infiltrációs folyamatok és kísérőjelenségeinek folyamatos mérése. Kézirat. – Phare/III. IV. feladat. 25 oldal, 34 táblázat, 80 ábra.

ZIHNÉ PERÉNYI K. (2008): Vízkémiai vizsgálatok. – In: Barlangi kutatásvezetői tanfolyam jegyzet, MKBT, p. 161-168.

ORSZÁGOS BARLANGNYILVÁNTARTÁS:

<http://www.termeszetvedelem.hu/index.php?pg=caves>

A DEMJÉN K-11 SZÁMÚ HÉVÍZKÚT VIZÉBŐL TÖRTÉNŐ KARBONÁTOS KIVÁLÁSOK VIZSGÁLATA

BÁNYAI ANDREA

Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar
banyai.andrea.m@gmail.com

Abstract: The K-11 thermal well is located close to Demjén at the 536/34 topographical number on an agriculture area, called Kenderföld vadászles. The well is 350-400 m far from the Laskó creek, and 600-700 m far from the Demjén-Egerszalók high-road. The well gets its water mainly from Triassic, and partly from Eocen limestone. The water from the well flows in an artificial canal to the Laskó stream what I divided into 5 research parts. This highly carbonated water created yellowish, reddish precipitations with different thickness and shapes in the drainage ditch. To study these precipitations, I performed in situ field measurements on the field and collected samples from 28.06.2008 to 11.10.2008 at several times. I started to measure at the outfall point of the cooler reservoir. On the various parts, I fixed different distances based on the level of precipitation. I marked these measuring points with wooden sticks, and I measured at every points: the temperature of the water in °C; the width of the bed; the depth of water in meter; and at the given points, I collected altogether 80 samples for the laboratory analyses. In the laboratory of the University of Miskolc, I defined the density, the solubility in acid and the total carbonate content of the samples. I made these researches to define the combination of precipitations. Furthermore, I observed the changes of thickness and characters in function of temperature and distance from the well.

1. Bevezetés

Tanulmányom a Demjén határában mélyült K-11. sz. hévízkút karbonátos kiválásain végzett terepi és laboratóriumi vizsgálatok eredményeit mutatja be. A hazai hévízkutak karbonátos kiválásaival az elmúlt évtizedekben számos szerző foglalkozott hazánkban (BALOG 1982, SZŐŐR *et al.* 1992), azonban a legszebb kiválások az Egerszalók határában mélyült De-42, De-42/a kutakból származnak (HORVÁTH *et al.* 1990, DOBOS *et al.* 2005, KELE *et al.* 2008), amelyekhez hasonló előfordulások a törökországi Pamukkalén találhatóak.

Demjén szélén, a Kenderföld vadászles nevű mezőgazdasági területen 536/34 helyrajzi szám alatt található a K-11-es számú hévízkút a Laskó-pataktól 350-450, és a Demjén-Egerszalók műúttól 600-700 m-re (1. ábra). A kút a magminta nélküli rétegsor alapján feltételezhetően részben eocén, de főleg triász korú mészkőösszetből nyeri vizét. A kútból kifolyó víz egy mesterségesen kialakított csatornában folyik a Laskó-patakba, amelyet 5 vizsgálati szakaszra osztottam fel.

A jelentős karbonát tartalommal rendelkező víz a vízelvezető árokban különböző vastagságú, változatos alakú sárgás, vöröses kiválásokat eredmé-

nyezett. Ezen kiválások tanulmányozására 2008. 06. 28 - 2008. 10. 11. között több alkalommal végeztem a terepi méréseket, mintavételeket.

A méréseket a hűtőmedence kifolyó részén kezdtem el, és itt került kijelölésre a 0 kezdőpont. A különböző szakaszokon egymástól eltérő mérési távolságokat jelöltem ki a kiválás mértéke alapján. A mérési pontokat facölöpökkel jelöltem meg, s mindegyiknél mértem: a víz hőmérsékletét °C-ban; a mederszélességet, és a vízmélységet m-ben, a kúttól való távolság függvényében megfigyeltem a vízhőmérséklet és a kiváló karbonát vastagság és jellegbeli változását.

Az adott pontokon a laborvizsgálatokhoz összesen 80 darab mintát gyűjtöttem.

A mintákból a Miskolci Egyetem Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Tanszék laboratóriumában sűrűség, savban oldhatóság valamint összes karbonát tartalom határozásokat végeztem.



1. ábra Légi-fotó: A termálkútak elhelyezkedése
Fig. 1. Position of thermal wells

2. Földtani háttér

A vizsgált terület földtanilag igen összetett. A feldolgozott területtől ÉK-re, valamint a hidrogeológiai viszonyok megismerése miatt a tápterületre is kiterjesztettük a kutatásokat. A területen leginkább triász karbonátok, (mészkövek), másodsorban agyagpalák, alárendelten porfiritek és kréta vulkanitok találhatóak. A mészkő zömmel összefüggő, hegységnyi tömegben, részben pedig az agyagpala környezetéből bukkan elő. A paleogént eocén mészkő, szárazföldi tarkaagyag, homok valamint oligocén agyag és mészmárga közbetelepült homokkő és andezittufa réteges homok képezi. A neogént a területileg legelterjedtebb miocén riolittufa a benne elhelyezkedő riolittal, dácittal, dácit tufával képviseli. A miocén kavics, homok, tufás szárazföldi tarkaagyag valamint pliocén homok, agyag mennyisége alárendelt. (LÉNÁRT 2000)

A Demjén K-11 kút földtani rétegsora:

1. 0-0,5 m-ig holocén korú feltalaj, barnásszürke lazán kötött, alig meszes humuszos homokos agyag.
2. 0,5-123 m-ig miocén agyagos kőzettörmelék, agyag szürke erősen kötött agyag andezit anyagú kőzettörmelékek keveredve, alig meszes.
3. 123-246 m-ig miocén korú agyag, márgásagyag, szürke erősen kötött, erősen meszes.
4. 246-284,1 m-ig miocén korú homokos-agyagos tufa (geofizikai szelvény alapján).
5. 284,1-555,1 m-ig oligocén korú agyagmárga, szürke, erősen kötött, erősen meszes.
6. 555,1-845 m-ig oligocén korú mészmárga, homokos agyagmárga, szürke erősen kötött, helyenként homokos márványréteg betelepüléssel, erősen meszes.
7. 845-864,3 m-ig eocén korú mészkőtörmelék, szürke és vegyes színű fűrő által összetört mészkőtörmelék, erősen meszes.
8. 864,3-951,6 m-ig triász mészkő szürke, repedezett, fűrő által összetört mészkőtörmelék, erősen meszes.

A rétegmintát meghatározta és a földtani kor meghatározását Somlai Ferenc geológus (GEOSERVICE KFT. 2008) végezte.

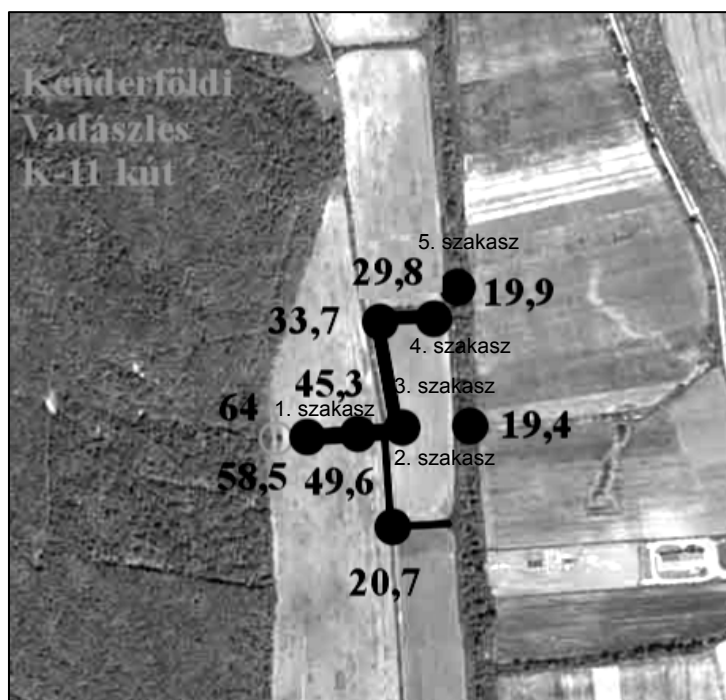
3. Hévízeinkből származó sókiválások

A hévízkutakban a buborékpont elérése után indul meg a vízkövek kiválása, amely különböző gyorsasággal mehet végbe. Hazánkban általában ez a kiválás anyagát tekintve kalcium-karbonátos, és különböző szöveti kifejlődésű, amit a helyenként eltérő kémiai és fizikai tulajdonságok okoznak. A vízhozam változásának megfelelően ezen kiválások sávos szerkezetűek is lehetnek. A felszínen keletkezett vízkövek szerkezete a CO₂ gyors eltávozása végett laza szerkezetű. Vízkövek tekinthetők a CaSO₄, CaCO₃, BaSO₄, SrSO₄, FeCO₃ lerakódásai, valamint ezek oxidjai, hidroxidjai, ha azok vízkőképződésre alkalmas folyadékokból, kinetikai vagy hidrodinamikai viszonyok megváltozásával jöttek létre (BÁN 1986).

A vízkőkiválások alapja a hasadozott karsztos kőzetek litoklázisain keresztül beszivárgott széndioxid tartalmú víz által feloldott, majd a későbbiekben a víz által elszállított oldott karbonát lerakódása. A hévizek sókiválási hajlama függ többek között a víz kémiai jellegétől, hőmérsékletétől, valamint az oldott gáztartalomtól. A vizsgált területen a vízelvezető árokban történő karbonátos kiválás oka a vízből fokozatosan távozó széndioxid, valamint a hőmérséklet csökkenése. A kiválások kisebb mennyiségben szerves szennyeződést is tartalmaznak.

4. Mérés menete

A terepi munkálatok első fázisában 5 elméleti szakaszra osztottam fel a kúttól egészen a Laskó-patakba bevezető mesterséges árkot (2. ábra). A szakaszoktól függően más és más mérési távolságokat állapítottam meg. Az első szakaszon a kiválások mennyiségétől függően 5 m-es mérési távolságot határoztam meg. A második szakasz rövidsége miatt 2 m-es távolságokat tartottam megfelelőnek. A harmadik szakaszon is 2 m-es távolságokat állapítottam meg a későbbi mintavételezésre. A 4.-5. szakaszon már a kiválás kevésbé volt intenzív és szemmel látható nagy változást nem véltem felfedezni köztük, így 10 m-es mintavételezést elegendőnek tartottam. A mintákat ásó segítségével vettem ki, a kezdetben 60-65 °C-ot is elérő vízből. A meleg és nedves mintákat a meder mellett hagytam, és megvártam, hogy megszáradjanak, majd felszámozott zacskókba helyeztem őket. A minták vizsgálatát a Miskolci Egyetem Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Tanszék laboratóriumában végeztem.



2. ábra: Légifotó rajta feltüntetett vizsgálati szakaszokkal
 Fig. 2. Bird's eye view of the studied sections

4.1. Első vizsgálat 2008. 06. 28. – 07.13.

1. szakasz: 1 ponttól a 30-as pontig tart, amely 145 m hosszú. Ezen a szakaszon volt a legintenzívebb a kiválás, ezért a mérési pontok 5 m-es közzel kerültek kitűzésre. Méréseim eredményeit összesítve a *I. táblázat* foglalja össze.

I. táblázat
Table I.

Az 1. szakasz terepi és laboratóriumi mérési adatai
Data of the in situ and laboratory measurements of 1. section

Sorszám	Távolság 0-tól [m]	Hőmérséklet [° C]	Mederszélesség [m]	Vízmélység [m]	Sűrűség [g/cm ³]	Összes karbonáttartalom [CaCO ₃ %]	Savban oldhatóság [%]
1	0	60,1	0,8	0,1	1,51	73,92	64
2	5	58,9	0,35	0,07	1,3	62,56	48
3	10	58,7	0,3	0,02	1,28	54,49	67
4	15	57,9	0,7	0,06	1,842	82,37	76
5	20	57,4	0,5	0,06	2,274	80,26	83
6	25	57,1	0,25	0,04	1,86	76,03	80
7	30	56,2	0,55	0,05	2,195	84,06	82
8	35	55,7	0,4	0,08	2,084	83,64	75
9	40	55,3	0,45	0,05	1,392	89,97	85
10	45	54,9	0,3	0,03	1,526	86,59	77
11	50	54,3	0,32	0,04			
12	55	53,8	0,38	0,09			
13	60	53,4	0,48	0,06			
14	65	52,9	0,37	0,06	0,783	70,96	64
15	70	52,4	0,25	0,08	1,923	88,7	61
16	75	52,2	0,5	0,09	1,357	95,46	73
17	80	51,6	0,65	0,1			
18	85	51,4	0,55	0,14			
19	90	50,8	0,54	0,12	1,76	87,02	50
20	95	50,6	0,42	0,09	0,882	87,44	73
21	100	50,2	0,6	0,07	1,005	81,52	79
22	105	49,8	0,45	0,07	2,03	87,44	73
23	110	49,6	0,52	0,11	1,714	88,7	77
24	115	49,4	0,45	0,05	1,937	89,13	76
25	120	49,1	0,54	0,15			
26	125	48,9	0,45	0,1			
27	130	48,8	0,42	0,08			
28	135	48,6	0,51	0,09	1,017	80,26	76
29	140	48,3	0,47	0,08			
30	145	48,1	0,49	0,1	1,745	85,75	69

Az 1. szakaszt a következő tulajdonságok jellemzik:

- 19 m-ig csak vöröses kiválás volt megfigyelhető, majd később világosabb meszes kiválás is jelentkezett,
- 56. méternél 53°C-nál már jelentkezett a víz felszínén békanyál 2008. 06. 28,
- 60. méternél az eddig tapasztaltaktól eltérően, a vasas karbonát réteg vastagabb.

A kúttól távolodva, a mintázás során megfigyelhető volt, hogy a kiválás és a talaj egyaránt lágyabbá vált, feltehetően a víz hőmérsékletének csökkenése miatt, amit valószínűleg befolyásolhatott a meder lejtése és a víz áramlási sebessége is. A szakasz elején nagyobb lejtésű volt a meder, így ott gyorsabban tudott távozni a széndioxid és a víz hőmérséklet csökkenése is intenzívebb volt. Így a nagyobb lejtésű részekben a kiválások vastagabbak és nagyobb keménységűek, mint a közel vízszintes lejtésű mederszakaszokon. A vizsgált területen változatos formájú, kiválások voltak megfigyelhetők. A talajra és a vízbe belógó növényzetre, illetve gyökérzetre egyaránt kirakódott a vízből kiváló kalcium-karbonát. A belógó fűszálakon döntően hengeres alakú a kiválás, amelynek keresztmetszetén jól látható a rétegződés.

2. szakasz: A főágtól közel derékszögben, Demjén község irányába leágazó körülbelül 15 méteres szakasz, melyet 8 méterig vizsgáltam. Itt szembetűnő a víz hőmérséklet nagy esése, ami azért lehetséges, mert ez a szakasz nem része az aktív medernek. A meder további része nem volt megközelíthető a benövő növényzet miatt. A meder átlagos szélességéhez képest megnövekedett mederszélesség és a sekély (pár cm-es) vízmélység volta miatt csak kevés mintát tudtam gyűjteni. Az állóvíz, és a 30 °C körüli víz hőmérséklet hatására ez a szakasz szinte teljesen algás volt.

A második szakasz terepi és laboratóriumi méréseinek eredményeit *II. táblázat* mutatja.

II. táblázat
Table II.

Az 2. szakasz terepi és laboratóriumi mérési adatai
Data of the in situ and laboratory measurements of 2. section

Sorszám	Távolság 0-tól [m]	Hőmérséklet [° C]	Mederszélesség [m]	Vízmélység [m]	Sűrűség [g/cm ³]	Összes karbonát tartalom [CaCO ₃ %]	Savban oldhatóság [%]
31A	152	33,2	1,2	0,02	0,81	83,64	63
31B	154	30,8	1,3	0,03	Nem mérhető	80,26	69
31C	156	30,1	1,4	0,06	Nem mérhető	70,96	66
31D	158	28,7	2	0,07			

3. szakasz: A két aktív meder közötti csővel átkötött szakasz, melynek elején és végén ismét jelentkezett a keményebb kiválás, ami a cső szűk keresztmetszetének köszönhető. A szakasz végén 160 m-nél jelentkezett egy szivacsosabb likacsos, könnyű törékeny kiválás. A harmadik szakaszon, a terepen mért értékeket és a laborvizsgálatok eredményeit mutatja a *III. táblázat*.

III. táblázat
Table III.

Az 3. szakasz terepi és laboratóriumi mérési adatai
Data of the in situ and laboratory measurements of 3. section

Sorszám	Távolság 0-tól [m]	Hőmérséklet	Mederszélesség	Vízmélység	Sűrűség [g/cm ³]	Összes karbonát- tartalom [CaCO ₃ %]	Savban oldhatóság [%]
		[° C]	[m]	[m]			
32	154	46,7	0,8	0,19	1,5	80,26	71
33	158	46,6	0,78	0,12	1,21	79,41	68
34	160	46,4	0,9	0,09	1,63	88,71	83

4-5. szakasz: Közel vízszintes szakasz, amelyen vízáramlás szabad szemmel nem megfigyelhető. Mivel a kiválások közel azonos természetűek voltak így a 10 méterenkénti mintavételi távolságot tartottam ideálisnak. A vízmélység átlagosan 10-15 cm-el nagyobb, mint az 1-es szakaszon, és a csökkenő vízhőmérséklet és csökkenő áramlási sebesség hatására a kiválás mennyisége is csökken. Megjegyzés a *IV. táblázathoz*: A Laskó-patakba befolyó szakaszon nem történt a mederszélességre és a vízmélységre utaló mérés, mivel a befolyó víz szétterült és így a vízmélysége csekély volt, valamint a partfal nagy meredeksége és a belógó növényzet miatt is nehezen lett volna megközelíthető.

A táblázatban több mintánál látható, hogy nincs sűrűség érték, mivel a minták morzsolódtak, likacsos szerkezetük miatt alkalmatlanok voltak a laboratóriumi mérésre.

IV. táblázat
Table IV.

Az 4-5. szakasz terepi és laboratóriumi mérési adatai
Data of the in situ and laboratory measurements of 4-5. section

Sorszám	Távolság 0-tól [m]	Hőmérséklet [° C]	Mederszélesség [m]	Vízmélység [m]	Sűrűség [g/cm ³]	Összes karbonát-tartalom [CaCO ₃ %]	Savban oldhatóság [%]
35	170	45,4	0,6	0,06	1,07	85,33	83
36	180	44,7	0,55	0,1	nincs	76,03	82
37	190	43,9	0,6	0,08	nincs	73,5	65
38	200	43,1	0,7	0,06	0,91	84,48	81
39	210	42,6	0,6	0,07	1,03	82,79	70
40	220	41,8	0,5	0,08	1,31	81,1	83
41	230	41,2	0,6	0,11	nincs	79,41	69
42	240	40,7	0,55	0,15			
43	250	40,1	0,6	0,1	nincs	82,79	45
44	260	39,6	0,75	0,26	nincs	77,3	60
45	270	39,3	0,7	0,2	nincs	83,64	75
46	280	39,3	0,7	0,24	nincs	77,73	65
47	290	39,2	0,6	0,2	nincs	82,8	66
48	300	39,1	0,6	0,25	nincs	84,48	77
49	310	38,9	1,1	0,06	1,22	81,95	65
50	320	37,7	0,9	0,22			
51	330	37,3	0,6	0,17	nincs	83,64	63
52	340	37,1	0,85	0,26	nincs	80,26	84
53	350	36,9	0,8	0,22			
54	360	36,7	0,7	0,22	nincs	82,79	71
55	370	36,3	0,9	0,21			
56	380	35,8	0,9	0,15	nincs	77,72	82
57	390	34,9	0,73	0,37			
58	400	34,3	1,1	0,18			
59	410	29,3	0,9	0,1	1,08	76,03	79
60	413	29,2	0,9	0,2			
Patakmederbe bevezető árokszakas	420		nincs	nincs	1,093	74,34	72

4.2. Terepi minták makroszkópos vizsgálata

Vizsgálati szempontok:

A mintákat keménység, rétegződés vastagsága, színárnyalati különbségek, valamint növényre illetve talajra való kiválás szerint osztályoztam (V. táblázat).

V. táblázat

Table V.

A karbonátos kiválások makroszkópos leírása
Macroscopic description of carbonate precipitations

Mérési szakasz	0 m-től mért táv. [m]	Kiválás helye	Kiválás vastagsága	Kiválás színe	Kiválás rétegzettsége	Megjelenés
1.	0	Talajra	1-2 mm	Sötétvörös, barna	Rétegzett	Kemény
	5	Talajra	1 mm	Sötétvörös	Nem rétegzett	-
	10	Növényzetre	1 cm	Sötétvörös	Nem rétegzett	Kemény
	15	Talajra, növényre	1 cm	Vörös	Nem rétegzett	Mállékony
	20/1	Talajra	1 mm	Sötétvörös	Nem rétegzett	Kemény
	20/2	Talajra	5 mm	Világos, fehér	-	Gömbös, kemény
	25	Talajra	8 cm	Sötétvörös	Rétegzett	Kemény, tömör
	30	Talajra	3 cm	Sötétvörös	Nem rétegzett	Mállékony
	35-45	Talajra, növényre	3-5 cm	Sötétvörös	Nem rétegzett	Erősen mállékony
	50	Talajra	4 cm	Világos vörös	Nem rétegzett	Tömör, mállékony
	55	Talajra, növényre	-	Sávonként változó	Rétegzett	Tömör, mállékony
	60	Talajra, növényre	-	Vörös	Nem rétegzett	Tömör, mállékony
	65	Talajra	5 cm	Sávonként változó	Rétegzett	Kemény
	70	Talajra	5-6 cm	Vörös	-	Mállékony
	75	Talajra, növényre	1 cm	Vörös	-	Mállékony
	80	Talajra	6 cm	-	Rétegzett	Kemény, felső része mállékony
	85-105	Talajra, növényre	6-8 cm	Sötétvörös	Rétegzett	-
	110	Talajra	3 cm	-	Nem rétegzett	-
	115	Talajra	8-9 cm	Világos vörös	Rétegzett	Kemény
	120	Talajra	-	-	-	-
	125	Talajra	8-10 cm	-	Rétegzett	Kemény
	130	Talajra	6 cm	-	Rétegzett	Kemény
	135	Talajra	6 cm	-	Rétegzett	-
	140	Talajra	3-4 cm	Világos, sötétvörös	Rétegzett	Kemény, felső része mállékony
	145	Talajra	4 cm	Világos vörös	Rétegzett	-
2. 150 m-nél derékszögben leágazó szakasz	150+2	Talajra	4 cm	-	Nem rétegzett	Mállékony
	150+4	Talajra	2 cm	Világos vörös	Nem rétegzett	Mállékony
	150+6	Talajra	1,5 cm	-	Nem rétegzett	Izszapszerű
	150+8	Talajra	2 cm	Sötétvörös	Nem rétegzett	-
3.	154	Talajra	1-2 cm	Vörös	Nem rétegzett	Kemény

Mérési szakasz	0 m-től mért táv. [m]	Kiválás helye	Kiválás vastagsága	Kiválás színe	Kiválás rétegzettség	Megjelenés
	158	Talajra	4-5 cm	Világos vörös	Rétegzett	Mállékony
	160	Algára	3 cm	-	-	Likacsos
4.	170	-	4-5 cm	-	Nem rétegzett	Tömör
	180	Algára	1 cm	Világos vörös	Nem rétegzett	Szivacsos
	190	-	4-5 cm	Világos vörös	Nem rétegzett	Szivacsos
	200	Talajra	3 cm	Világos	-	Kemény
	210	Talajra	-	Vörös	Rétegzett	Tömör
	220	-	4-5 cm	-	Nem rétegzett	Tömör
	230	-	-	Világos vörös, sárgás	-	Szivacsos, lemezes
	240	Talajra hintetten	-	-	-	Filmszerű
	250	-	-	Világos, sárga	Nem rétegzett	Gömbös megjelenésű, mállékony
	260	-	-	Világos, sárga	Nem rétegzett	Puha, mállékony
	270-290	-	-	Világos, sárga	Nem rétegzett	Mállékony, nem összeálló
	300	-	-	Világos, sárga	Nem rétegzett	Puha, likacsos
	310	Talajra	1,5 cm	Sötétvörös	Nem rétegzett	Tömör, kemény
5.	330	-	2 cm	Világos, sárga	-	Mállékony
	340	-	3-4 cm	Sötétvörös	-	Puha, szivacsos
	350	-	2 cm	Vörös	-	Puha, porózus
	360	Talajra	1,5 cm	Sötétvörös	-	Kemény
	380	Növényzetre	-	-	Nem rétegzett	Puha, folyós
	410	Növényzetre	-	Sötétvörös	-	Kemény
	Patakmeder	Talajra, belógó ágakra	0,5 cm	Világos barna	-	Kemény

4.3. Második mintavétel (2008. 10. 11.), vizsgálata és kiértékelése

A 2008.10.03.-tól próbaüzemelés alatt álló kutat 420 l/p-es hozammal kezdték el üzemeltetni. A nagy hozamnak köszönhetően 1 héten belül a sötétvörös kiválásra nagyon vékony, fehér, finom meszes kiválás rakódott le. 2008. 10. 11.-én a 450 m hosszú meder néhány pontján újra vettem mintát a kiválásokból. Ekkor már sokkal világosabb, sárgás volt a kiválás, amelyen a régebben vett mintákhoz képest már nem volt megfigyelhető a rétegződés, és a karbonát lazább likacsos kifejlődésben inkább a növényzeten, algákon vált ki.

Megjelenik a hófehér kiválás, ennek oka a nagyobb hozammal történő próbaüzemeltetés valamint a víz vastartalmának majdnem tizedére történő csökkenése.

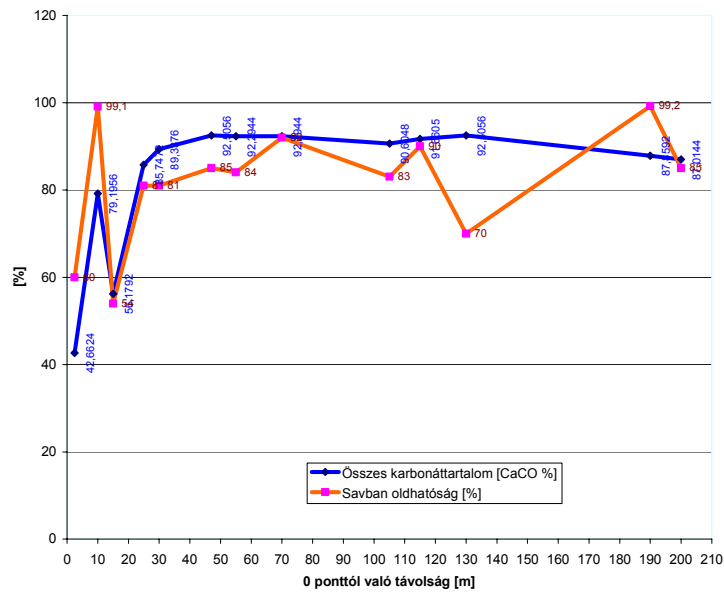
A VI. táblázatban foglaltam össze a 2008. 10. 11.-én vett újabb mintákra jellemző értékeket.

VI. táblázat

Table VI.

2008. 10. 11.-én vett minta laboratóriumi vizsgálatának eredményei
Result of laboratory analyses of samples on 2008.10.11

Sorszám	Távolság [m]	Hőmérséklet [° C]	Összes karbonáttartalom [CaCO ₃ %]	Savban oldhatóság [%]
1	2,5	62,3	42,66	60
2	10	61,4	79,20	99
3	15	61,1	56,18	54
4	25	60,3	85,75	81
5	30	59,6	89,34	81
6	47	58,2	92,51	85
7	55	57,8	92,30	84
8	70	56,6	92,30	92
9	105	54,4	90,61	83
10	115	53,8	91,66	90
11	130	52,9	92,51	70
12	190	48,9	87,86	99
13	200	47,8	87,02	85



3. ábra. Karbonáttartalom és savban oldhatóság összehasonlítása 2008. 10. 11.-én vett minták alapján
Fig. 3. Comparison of carbonate content and acid solubility on the samples on 2008.10.11

5. Laboratóriumi mérések

5.1. Sűrűség meghatározás

A mintadarabokat egy napig 105 °C-on szárítottam. A száraz mintákból 2 cm élhosszúságú kockákat faragtam, majd megmértem a tömegüket. Az így előkészített kockákat parafinolajba mártottam, ezáltal a víz nem tudott a pórusok közé bejutni. Mérőhengerbe vizet töltöttem majd belehelyezve a kockát megkaptam a kiszorított víz térfogatát cm^3 -ben. A minta tömege és térfogata alapján számoltam a sűrűségét g/cm^3 -ben.

5.2. Savban oldhatóság

A már kiszárított mintákat mozsárban porítottam, és ebből egy-egy grammot kimértem. A kimért mintát üvegedénybe helyeztem és 10 cm^3 10%-os sósavat (HCl) öntöttem rájuk. Rázogatás, kevergetés mellett különböző mértékű pezsgéssel játszódtak le a reakciók. Ez alatt az egyes mintákhoz jelölt szűrőpapírok tömegét grammban megmértem. A pezsgés megszűnése után szűrőpapírba öntöttem az oldatot. A lecsepegtetett szűrőpapírokat 24 órán át 105°C-on szárítottam. A száraz szűrőpapírban a visszamaradt minta tömegével együtt grammban megmértem, és számítottam a savban oldhatóság értékeit.

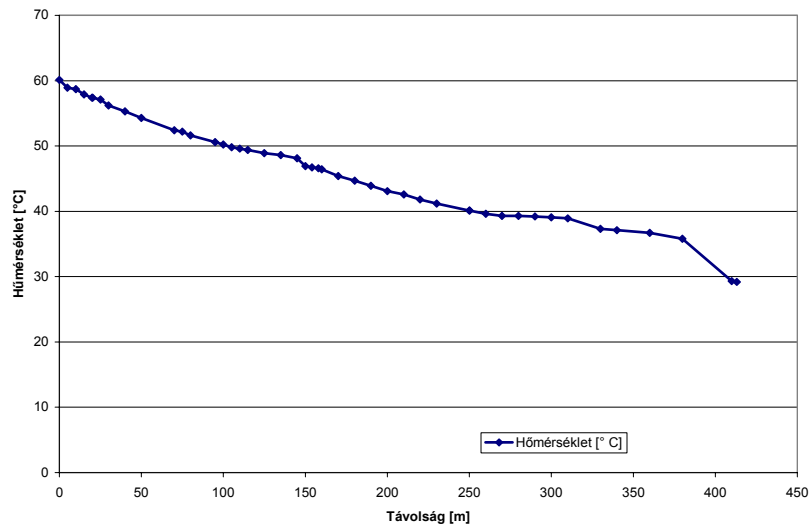
5.3. Összes karbonát tartalom meghatározása Scheibler – módszerrel

Az összes karbonát tartalmat kalciméterrel határozzuk meg. A meghatározás alapelve, hogy a mintát híg sósavval reagáltatjuk és a keletkezett széndioxid-gáz térfogatából számítjuk ki a kalcium karbonát mennyiségét.

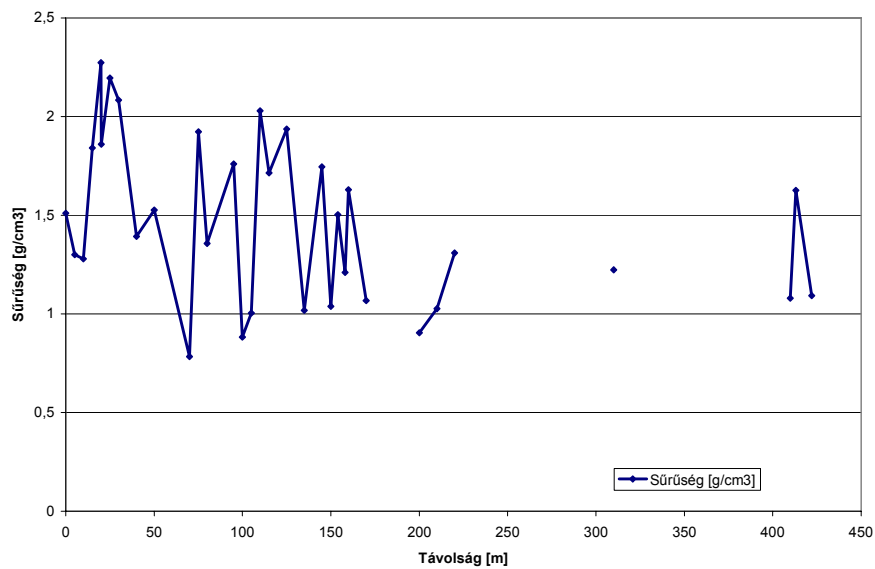
6. Diskusszió

A 4. ábrán látható, hogy a hőmérséklet egyenletesen csökken a hűtőmedencétől a patakmederig. A patakba befolyó víz hőmérséklete minden mérés alkalmával a megengedett 30 °C alatt volt. Ez az érték azért fontos, mert a 30 °C feletti víz élővízbe vezetése hőszennyezésnek számít, ami befolyásolja a már kialakult élővilágot. A mesterségesen kiképzett meder lejtése az összes szakaszon közel vízszintes volt. Az első szakaszon intenzívebb volt a

víz áramlása, míg a többi szakaszon szemmel kevésbé volt látható az áramlás.

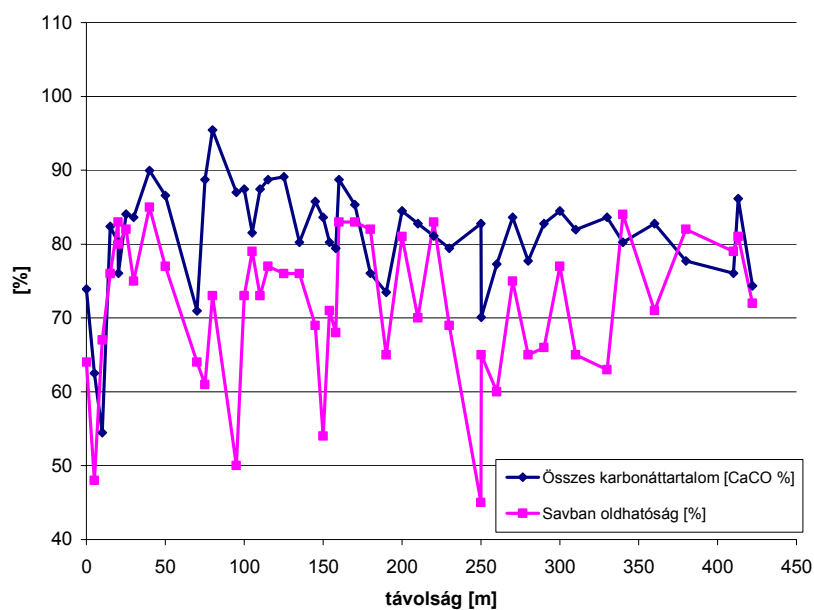


4. ábra. A hőmérséklet változása a teljes vizsgálati szakaszon
Fig. 4. Change in temperature along the studied section



5. ábra. Sűrűség értékeinek változása a teljes vizsgálati szakaszon
Fig. 5. Change of the values of density along the studied section

Megállapítható, hogy a mederszakaszok kialakítása megfelelő volt ahhoz, hogy a víz a patakmederig a megengedett határ alá hűljön. Az 5. ábra diagramján látható, hogy a sűrűség görbe igen változó, annak függvényében, hogy a kialakított meder mennyire volt egyenlőtlen a mélység, szélesség tekintetében, valamint a markoló által kialakított egyenetlen mederaljzat a visszamaradt földrögök miatt. Ezeknél a rögöknél a víz esése miatt a vízből a széndioxid könnyebben el tud távozni, valamint itt a hőmérséklet is gyorsabban csökken, így a kiválás ezen a részeken jelentősebbek. Az első szakaszon megfelelő mennyiségű és minőségű mintát tudtam venni a sűrűség méréséhez, ellentétben a többi szakasszal, ahol a minták más fizikai tulajdonságokkal rendelkeztek (porózus, likacsos szerkezet). Az első szakaszon a széndioxid jelentős része távozott a vízből, így a kiválás döntő része ezen a szakaszon megtörtént. Az első 200 m-ig jelentős sűrűség változások észlelhetők az egyes mérési pontok között, amelyek a mederben a földrögök által kialakított bukók miatt elképzelhetők. Több ponton mintavétel történt a bukó alatt, illetve felett és ezeken a pontokon jellemző volt a diagramon látható nagy különbség.



6. ábra. Savban oldhatóság és karbonáttartalom alakulása a teljes vizsgálati szakaszon
 Fig. 6. Acid solubility and a carbonate content along the studied section

Az összes karbonáttartalom és a savban oldhatóság értékek a diagramon (6. ábra) jól láthatóan követik egymást. A vizsgált szakasz legelején a 3. vizsgálati ponton a karbonáttartalom 60 % alá esett. A mérést ezen a ponton több alkalommal elvégeztem és az eredmények nem mutattak eltérést, további két ponton is látható, hogy az értékek nem követik egymást.

Néhány főbb fizikai tulajdonságot: keménység, rétegződés illetve lazább szivacsos szerkezeti tulajdonságokat összevetve elmondható, hogy az első 20 m-re jellemző a keményebb tömör kiválás. Az első szakaszra döntően a rétegződés jellemző. A negyedik, ötödik szakaszra jellemző a minták puhább, likacsos, lemezes szerkezete. A patakmederbe befolyó területre újra jellemző a keményebb, tömörebb ágakra rakódott kiválás, amelyen rétegződés látható.

7. Vízhőmérséklet

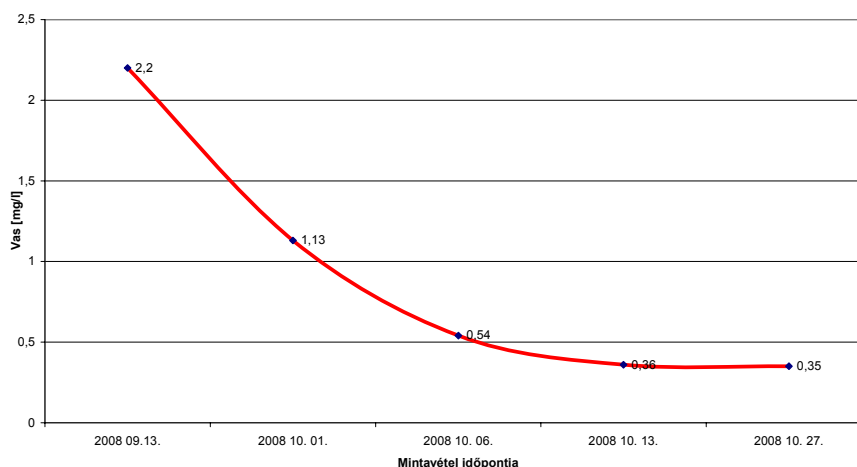
A kútból több alkalommal vettem vízmintát, amelyekre laboratóriumban pH, összes keménység, vastartalom, szulfát illetve kloridion tartalom meghatározására végeztem méréseket. Táblázatban foglaltam össze a kútból vett vízmintákon végzett mérések eredményeit (VII. táblázat).

VII. táblázat
Table VII.

Vízminták laboratóriumi vizsgálatainak eredményei
Result table of the laboratory analyses of water samples

	2008 09.13.	2008 09. 26.	2008 10.03.	2008 10. 11.	2008 10. 26.
pH	6,38	6,40	-	6,23	6,48
keménység [mg/l]	261,57	255,03	-	269,00	274,00
vas [mg/l]	2,20	1,13	0,54	0,36	0,35
szulfát [mg/l]	73,00	70,00	72,00	76,00	80,00
klorid	11,33	8,86	7,39	2,46	9,85

A vastartalom a különböző időpontokban az egyre növekvő hozamnak köszönhetően csökkent (7. ábra).



7. ábra. Vastartalom változása, kútból vett mintában
 Fig.7. Change of an iron content, in a sample taken from the well

8. Következtetések

A kezdetben sötétvörös, majd a hosszabb üzemeltetés és a vízhozamok növekedése miatt világosabb, egészen világos sárga kiválások színét a víz vastartalma okozza. A különböző színárnyalatok magyarázhatóak a vízhozamok növekedésével, hiszen a növekvő hozam a vastartalom csökkenését okozta a vízben. Legutolsó mérés és terepbejárásom után (2008. 10. 11.) láthatóvá vált a fehér színű kiválás, és mérésekkel is igazolható, hogy a víz vastartalmának mennyisége, a kút próbaüzemeltetésének kezdete óta a tízedére csökkent így ez okozhatja a kiválás színének változását. A vízminőség befolyásolja a kiválások színét, és karbonáttartalmát, így ezáltal a savban oldhatóságát is. A víz hőmérséklet csökkenése illetve a meder lejtése, ebből adódóan a víz sebessége és a vízből távozó széndioxid a kiválás mértékét befolyásolja. Vizsgálataim során bebizonyosodott, hogy a hűlő vízben vastagabb, tömörebb a kiválás, amit a magasabb mért sűrűségértékek is mutatnak. Ezen kiválások vastagsága pár mm-től egészen dm-es nagyságig vastagodott. A hűtőmedencétől 240 m-re ahol a víz hőmérséklet 35-45 °C körüli, a kiválás kevésbé jelentős, mivel a kiválások döntő többsége korábban már megtörtént. Ennek ellenére a kúttól 420 m-re lévő patakmederbe vezető szakaszon a mederbe lévő faágakra, növényzetre újra 0,5-1 cm vastagságú szemmel láthatóan rétegzett keményebb kiválás jelent meg. A vízhozamok

változásával összefüggésbe hozható a kiválások rétegzettsége, melyeken megfigyelhetők azok a színváltozások, melyeket a változó széndioxid mennyiség és a kútból kifolyó hévíz vastartalma.

A vízvizsgálati eredmények alapadat-rendszerként alkalmazhatóak a további kutatások során, valamint a hévíz vizének későbbi felhasználása szempontjából. A kiválások rétegződéséből vissza tudunk következtetni a kút különböző hozammal történő üzemeltetésére, ezáltal a kút nyomásállapot változására. Méréseim eredményei hasznos információt adhatnak kútgépészeti szempontból is.

IRODALOM

Ammónia-koncentráció és pH-mérő (OP-264/1 típus) Műszerhasználati kézikönyv (Budapest)

BALOG, A. (1982): Néhány magyarországi hévíz szilárd kiválási termékének ásványtani és geokémiai vizsgálata. – Hidrológiai Közlöny, 7.sz., p. 312-318.

BÁN, M. (1986): NME Közleményei 1. sorozat Hévízeinkből származó vízkövek ásvány-kőzettani sajátosságai (Miskolc) 25-28.

BERECZ, E. (1991): Kémia műszakiaknak (Budapest)

DR/200 Spektrofotométer Műszer kézikönyv

A vízgazdálkodási tudományos kutatóintézet: Vízügyi közlemények (1973. 4. füzet)

BÉLTEKY, L.: Sókiválásra hajlamos hévízkutak (Budapest) p. 398-422.

BUZÁS, I. (1988): Talaj- és agrokémiai vizsgálati módszerkönyv 2. – A talajok fizikai-kémiai és kémiai vizsgálati módszerei (Budapest)

DOBOS, A.-PELYHE, T.-MURÁNYI, Z.-ANTAL, P. (2005): A Maklányi-völgy geomorfológiai térképezése, az Egerszalóki hőforrás természeti értékei. In: Dobos, A., Illyés, Z. (Eds.), Földtani és felszínalaktani értékek védelme, EKF Department of Geography, Department of Environmental Sciences, Eger, Hungary. 382 p.

HORVÁTH, J.-FÁNCZI, A.-SCHEUER, GY. (1990): Az egerszalóki De.42 és a De.42/a jelű hévízkutak vízföldtani és vízkémiai vizsgálata. Hidrol.Táj., p. 26-28.

KELE, S.-DEMÉNY, A.-SIKLÓSY, Z.-NÉMETH, T.-MÁRIA, T.- B.KOVÁCS, M. (2008): Chemical and stable isotope compositions of recent hot-water travertines and associated thermal waters, from Egerszalók, Hungary: depositional facies and non-equilibrium fractionations. – Sedimentary Geology, 211, p. 53-72.

LÉNÁRT, L. (2008): „Kenderföldi vadászles” (Demjén, K-11, I.sz.) hévízkút próbaüzemi terve
LÉNÁRT, L. (2000): Területismertető szakvélemény az egerszalóki De-42 és De-42/a termálkútak környezetéről
MSZ 448/15-82, MSZ 448/21-86 Ivóvízvizsgálatokra vonatkozó Magyar Szabvány
TOP-THERMAL Vízépítő és Kereskedelmi Kft. (2002): Egerszalók-1 termálkút és Egerszalók-2 hidegvíz kút vízjogi létesítési engedélyezési tervdokumentációja
SZÖÖR, GY.-BALÁZS, É.-SÜMEGHY, P.-SCHEUER, GY.-SCHWEITZER, F.-HERTELENDI, E. (1992): A magyarországi édesvízi mészkövek termoanalitikai és izotópgeokémiai elemzése fácies- és rétegtani értékeléssel.– In: Szöör, Gy. (Ed.): Fáciesanalitikai, paleobiogeokémiai és paleoökológiai kutatások Debrecen, p. 93-107.
VITUKI Kht. (2008): Vízföldtani napló – Kenderföldi vadászles, I. számú hévízkút

Internetes források :

[http://hu.wikipedia.org/wiki/Demj%C3%A9n_\(telep%C3%BCI%C3%A9s\)#Fekv.C3.A9se](http://hu.wikipedia.org/wiki/Demj%C3%A9n_(telep%C3%BCI%C3%A9s)#Fekv.C3.A9se)
<http://earth.google.com/intl/en/tour/thanks-win-updater.html>

FOSZFÁTÁSVÁNYOK VIZSGÁLATI EREDMÉNYEI A BÜKKI KŐ-LYUKBÓL

DOBOS TÍMEA¹ - KRISTÁLY FERENC²

¹Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudomány Kar dobos_t@yahoo.com

²Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Kar Ásvány- és Kőzettani
Intézeti Tanszék askkf@uni-miskolc.hu

Abstract: Our investigations aimed the identifications of mineral associations in the guano deposits from the Kőlyuk cave, Hungary. The following analytical methods were used: X-ray powder diffraction (XRD), differential thermal analysis (DTA), scanning electron microscopy (SEM) and energy dispersive spectroscopy (EDS). We examined three bat guano deposits of this cave. The most common phosphates are: brushite as "montmilk", ardealite, apatite, gypsum and a rare sulfate-carbonate-(phosphate?) the rapidcreekite.

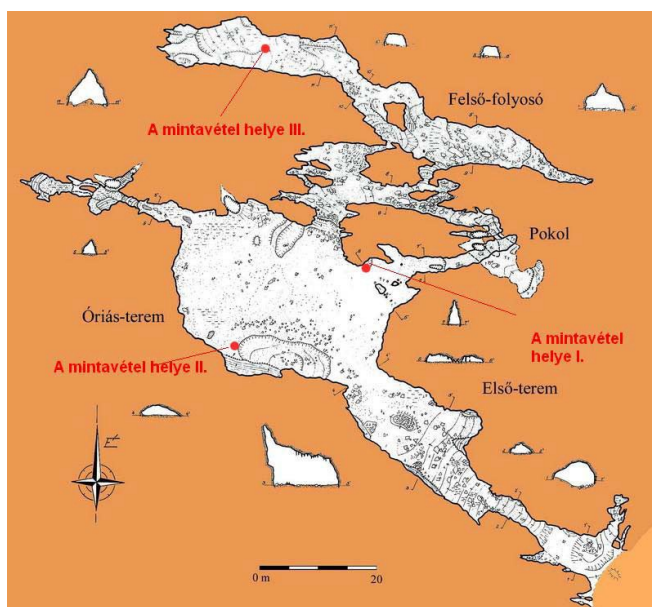
Bevezető

Vizsgálataink során a bükki Kő-lyukban található denevér guanótelepek ásványtársulásainak tanulmányozását tűztük ki célul, különös figyelmet fordítva a foszfátokra. Ezen ásványok vizsgálata elsősorban azért indokolt, mert hazai barlangokban ilyen jellegű kutatás kevés számban fordult elő. Illetve az eddigi irodalomban, általában hasonló ásványtársulással rendelkező telepekben lejátszódó folyamatokat, különböző szerzők, különböző módon értékelték. A minták legtöbbször a szerves anyag és az azt körülvevő, azzal érintkező agyagpadló, illetve mészkő kontaktusából származnak. Az ásvány-meghatározáshoz röntgen-pordiffrakciós szerkezetvizsgálatot (XRD), differenciál termikus analízist (DTA) és pásztázó elektronmikroszkópiát (SEM) alkalmaztunk, az utóbbit energiadiszperzív spektrometriával (EDS) párhuzamosan.

A Kő-lyuk (*1. térkép*) a bükki Kis-fennsíkon, Parasznya község határában, a Kőlyuk-Galya déli lejtőjén, 441 m tengerszint feletti magasságban nyílik. Ez az inaktív forrásbarlang a Kisfennsíki Mészkő Formációban képződött, összesen 484 m hosszan. Mélysége 19, magassága 11 m, bejárati része lezárt. Formakincsére jellemzők a különböző cseppkőképződmények, illetve az úgynevezett „*hegyitej*”, mely a barlang Első-termének bal oldali falán nagy mennyiségben megtalálható (*1. kép*). Az üreg régészeti kutatását Kadić Ottokár már 1913-ban megkezdte. A feltárás jelenleg szünetel, de még nem fejeződött be. A kitöltésből bronzkori leletek és medvecsontok ke-

rültek elő. Az üreget 1951-ben helyezték régészeti védelem alá, majd 1982-ben fokozottan védetté nyilvánították, így kizárólag a BNPI (Bükki Nemzeti Park Igazgatósága) hozzájárulásával látogatható (SZÉKELY 2002).

Kő-lyuk barlangból származó mintákat SZAKÁLL & JÁNOSI (1993) már korábban is vizsgáltak. A fázisokat lisztszerű masszaként írták le a denevérguanó és az agyagréteg között, illetve breccsás agyag repedései mentén történt érszerű kiválásként. Az egyik általuk azonosított érdekes ásvány a taranakit. Az Al nagy része a kaolinitből és illitből, a P és a K pedig a guanóból épült be a taranakit $[K_3Al_5(HPO_4)_6(PO_4)_2(H_2O)_{18}]$ szerkezetébe. A hidroxilapatitot is kimutatták a Kő-lyukban.



1. térkép: A Kő-lyuk térképe, és a mintavétel helye (Forrás: Országos Barlangnyilvántartás Archívuma)

1. map: Map of the Stone-hole and the samples positions.

Mintavétel és mintaelőkészítés

A barlang kiválasztása az alapján történt, hogy nagyszámú denevérről nyújtott menedéket, ezáltal benne nagy mennyiségű denevérről hal-

mozódhatott fel. Guanótelep fogalmán azt a foszfátos üledéket értem, amely a denevérek lakhelyéül szolgáló barlangokban, hosszú időn át felhalmozódó ürüleből és csontból képződött. Az anyag magas nitrogén és foszforsav tartalommal rendelkezik. Külső környezetével (mészke, agyag) való érintkezése következtében benne kémiai reakciók játszódnak le, illetve recens ásványosodási folyamat zajlik. A minták beszerzéséhez a következő eszközöket használtuk: lezárható műanyag tasak, kézi ásó, geológuskalapács. Minden halom esetében igyekeztünk hasonló pozíciókból mintát venni, például a guanó és a mészke vagy az agyag kontaktusából, közepéből és a felső rétegből.

Minden mintát fénymikroszkóp alatt vizsgáltunk, hogy kiválasszuk, melyek érdemesek további műszeres vizsgálatokra és melyek nem. Ezen kívül azokat sósavval megcseppentettünk, hogy lássuk nem csak mészkevel van-e dolgunk. Amelyek pezsegték, azokat nem vizsgáltuk tovább az első ütemben. Minden műszerrel vizsgált minta esetében, azok magas víztartalma, általában földes, tömeges illetve porszerű megjelenése miatt a különböző ásványfázisokat általában egymástól teljesen szeparálni nem lehetett. Ezért azok, kevés kivételtől eltekintve több ásványt tartalmaztak.

Mivel a legtöbb minta sok szerves anyagot tartalmazott, a műszeres vizsgálatok előtt igyekeztünk őket megtisztítani tú segítségével, mikroszkóp alatt. A röntgen-pordiffrakciós vizsgálatához kiválasztott minták ásványos fázisait fénymikroszkóp alatt próbáltuk szétválasztani a kitintől. Ezután achátmoszárban kb. 1µm nagyságú szemcsékre porítottuk, és lezárható mintatartókba helyeztük őket. A termikus elemzéshez a mintákat a XRD vizsgálatához hasonlóan készítettük elő. Az EDS/SEM vizsgálatához többször is preparáltunk belőlük. A fénymikroszkóp alatt kiválasztott, kb. 1µm nagyságú, szemcséket egy kb. 5mm sugarú szénkorongra ragasztottuk.

A Kő-lyuk Óriás-termében két helyről együttesen 5, illetve Guanós-termében egy helyről összesen 2 tasak mintát vettünk. Az Óriás-terem bejárat felől jobb kézre eső guanókupacot I-es számú, bal kézre esőt II-es számúnak fogjuk nevezni. A nagyon nedves környezet miatt az E3-at három napig levegőn szárítottam annak érdekében, hogy szeparálni és porítani tudjam. A mintavételt nehezítette, hogy egészen meredek, agyagos mészkefalon végigfolyva halmozódik a guanó. Makroszkóposan látható volt, hogy az ásvány apró, vajszerű fészkeket alkot a sötétbarna színű, nedves, morzsalékos, szerves anyagban. Legkevesebb 4 különböző fázist tudtunk megfigyelni. Egy fehér színű, nem csillogó port a legfelső részen, egy földes megjelenésű világosbarna- és egy borostyánszínű fázist, illetve néhány apró kvarc szemcsét.

Az E4 számú mintának szintén magas volt a víztartalma. Külseje fekete színű, rostos-szálás szövetű, feketeszénhez hasonló, melynek belsejéből nyomás hatására víz távozott. Néhány napig levegőn szárítottuk. Ezt követően mikroszkopikusan megvizsgáltuk a friss törési felületét is. Ezen szabad szemmel jól látható volt a néhány mm vastagságú, különböző színű, sötétbarnától a sárgás-fehérig, lemezek rétegződése, néhol apró hófehér hintésekkel. Az Óriás-terem II-es számú pontjáról vételezett minták közül mindkettőt megvizsgáltuk. Az úgynevezett „*montmilk*” (hegyitej) (1. kép) megjelenésű képződményből vett E2-es számút, és az E7-est, amely a „*hegyitej*” melletti mészkőfalból származó, a mészkőre ráfolyt, kristályos, sötétbarna színű kéregdarabot. Az E2 mintának magas víztartalma miatt tőrőszerű, képlékeny állaga volt, ezért 3 napig szárítottuk. Ezt követően mikroszkóp alatt vizsgálva, nagyon apró, vajfehér színű, csillámló ásványszemcséket, kevés szerves anyaggal keverve figyeltünk meg, de kristályformák továbbra sem voltak láthatók. Kiszáradva megjelenése tömeges, porszerű. Az E7-es mintán 4 különböző fázist lehetett elkülöníteni. Kristályforma csak a kéreg tetején, mikroszkóppal látható, fehér színű, tömeges, elszórt ásványnál látható. Ezek, egy borostyánszínű, zsírfényű, szintén tömeges megjelenésű fázison és egy fekete színű, üvegfényű, kemény, túvel karcos helyeken helyezkednek el, melynek karcos pora is borostyánszínű. A fázisok rétegeket alkotnak: a legkülső a fekete színű, mely alatt található a borostyánszínű, az alatt egy barnás-fehér rész következik, majd újra a borostyánszínű. A vajfehér színű fázis megjelenése hasonló, mint a „*hegyitej*” az E2-es minta esetében.

A Guanós-terem padlóján felhalmozódó, agyaggal érintkező pozícióból származik az E5-ös, és a mészkővel érintkező guanóból pedig az E6-os számú minta. Az előbbiben mikroszkóp alatt az agyagon, apró, fehér színű ásványszemcsékből álló hintéseket láttunk. Az utóbbiban sok szerves anyagot tartalmaz, benne előforduló világosbarna fészkekkel.

Az általunk begyűjtött mintákon kívül a miskolci Herman Ottó Múzeum is felajánlott néhányat elemzés céljából. Sajnos a mintavétel pontosabb helye, illetve azok pozíciója számunkra nem ismert. Ezek közül kiválasztottunk hármat, melyeket szintén XRD-vel vizsgáltunk. Mikro-, és makroszkóposan is a minták egyformának tűntek: lisztfinomságú, morzsalékos, fehér színű por, mikroszkóp alatt apró csillogó ásványok láthatók, de kristályformák egyik esetben sem. A vizsgált múzeumi minták közül az M5-ös számú valamivel jobban csillogott a többinél. Mindegyikben találtunk néhány, 2-3cm átmérőjű, kerekded, világosbarna ásványcsomókat.



1. kép: A Kő-lyuk Első-termében található hófehér „hegyitej”. (Fotó: Sűrű P. 2008)

Picture 1: White mountmilk in the Stone-hole's First-chamber

Vizsgálati módszerek

A szeparálást követően elkészített preparátumokat Bruker AXS D8 Advance típusú röntgen-diffraktométerrel vizsgáltuk a Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettani Intézeti Tanszékén. A műszer Cu-anóddal felszerelt röntgensöveget ($\lambda=1,54 \text{ \AA}$) alkalmaz, Bragg-Brentano geometriában üzemeltetve. A méréseket 40 kV gyorsítófeszültség és 40 nA áramerősség mellett, $2\Theta=5-65^\circ$ szögterületben, $0,04^\circ$ lépésközzel, 2 másodperces gyűjtési idővel végeztük. A felvételek kiértékeléséhez a Bruker DiffracPlusTM szoftvercsomag EVA programját használtuk.

Azon minták esetében, ahol nem sikerült a fázisok tökéletes azonosítása, pásztázó elektronmikroszkópia (SEM) és energiadiszperzív spektrometria (EDS) párhuzamos alkalmazásával félkvantitatív elemösszetétel-meghatározást végeztünk. A legtöbb fázis magas víztartalma miatt kémiai képlet meghatározását nem tudtuk lehetővé tenni. Ezekre azért volt szükség, mert néhány minta szeparálásakor a különböző fázisokat nem lehetett szétválasztani egymástól, azok tömeges, általában földes megjelenése miatt. Így egy-egy szeparátumba esetenként 2-3 vagy annál is több fázis került. Ez a körülmény a röntgen-pordiffrakció által történő azonosításukat jelentősen

megnehezítette, mivel egyes ásványoknak hasonlíthat, illetve megegyezhet a kristályszerkezete, ráadásul még hasonló körülmények között is képződhetnek. A vizsgálatok JEOL JXA 8600 Superprobe elektronsugaras mikroszondával történtek. A méréshez 15kV gyorsítófeszültséget és 15nA mintaáramot használtunk. A szénkorongra preparált minták kémiai összetételét EDS-el elemeztük, illetve az alkotók morfológiáját SEM segítségével figyeltük meg. A vizsgálatokhoz a minták felületét grafitfilmmel vontuk be, gőzölés útján, hogy a felületi töltődést elkerüljük.

DTA módszer alkalmazásával olyan reakciókat figyelhetünk meg, melyek például komplex anionokhoz kötődő változások, és ásványokra sajátosak, eltérő hőmérsékleten játszódnak le a kristályszerkezet befolyása alatt. Továbbá olyan szerkezet-átalakulási (polimorf átalakulási) reakciókat is észlelhetünk, amelyek a minta és inert anyag között hőmérséklet-különbséget okoznak. A vizsgálatok MOM Derivatograph-C típusú készülékkel történtek. A mérleg durva kiegyensúlyozására azonos tömegű korundot alkalmaztunk. A kemencét 1000°C-ig hevítettük, 10°C/perces hevítési sebességgel; a mérés statikus levegő közegben történt. Az eredmények kiértékelését a MOM Winder programjával végeztük.

Eredmények

Az általunk vett minták ásványtársulása, amit elsősorban XRD-vel állapítottunk meg a következő: apatit, taranakit, brushit, gipsz, kalcit, dolomit, muszkovit, illit, szmektit, klinoklor és kvarc. (*I. táblázat*)

I. táblázat
Table I.

Az XRD vizsgálat eredményeit összefoglaló táblázat
The mineralogical composition of the analysed samples

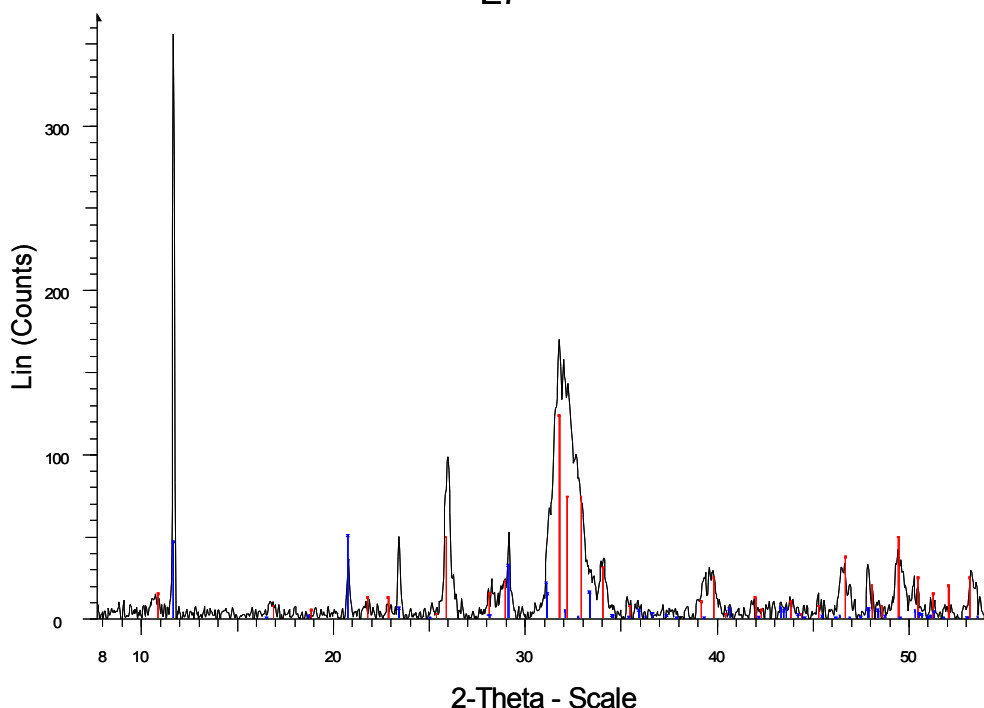
Fázisok	Mintaszám									
	M3	M4	M5	M5 1000	E2	E3	E4	E5	E6	E7
(hidroxil)apatit $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$			x			x	x	x		x
brushit $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$			x		x					
ardealit $\text{Ca}_2(\text{HPO}_4)(\text{SO}_4) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$			x							
taranakit $\text{K}_3\text{Al}_5(\text{HPO}_4)_6(\text{PO}_4)_2(\text{H}_2\text{O})_{18}$							x	x		x
gipsz $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	x	x	x							x
kvarc SiO_2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
kalcit CaCO_3			x			x	x	x	x	
rapidcreekit $\text{Ca}_2(\text{SO}_4)(\text{CO}_3)(\text{H}_2\text{O})_4$			x							
dolomit $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$						x				
hematit Fe_2O_3				x						
muszkovit $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$						x	x			
illit $\text{KAl}_2(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}(\text{OH})_2$			x	x				x	x	
whitlockit $\text{Ca}_9(\text{Mg},\text{Fe}^{++})(\text{PO}_4)_6(\text{PO}_3\text{OH})$				x						
kaolinit $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$			x							
anhidrit CaSO_4				x						

1. ábra: Apatit és gipsz alkotta minta XRD felvétele, az apatit rossz kristályossági fokát szemlélteti
Fig. 1: XRD pattern of a sample with gypsum and apatite, showing the poor degree of crystallinity for apatite

A múzeumi minták összetétele kvarc, gipsz és goethit. Az M5-ös számút külön kiemelném, mert sok fázist tartalmazott, ezért belőle megismételtem az XRD vizsgálatot. Mindkét felvételen egyaránt megjelent a kvarc, kalcit, brushit, ardealit, rapidcreekit(?) és hematit, míg a másodikban a gipsz, (hidroxil?)apatit, kaolinit és illit is észlelhető. Az ardealit és rapidcreekit közötti pontos átmenetek, és kapcsolat megállapítása további vizsgálatokat igényel. Az M5 minta 1000°C-ra hevített maradékából készült röntgenfelvétel azt mutatja, hogy uralkodóan a brushitból, illetve feltehetően az ardealitból képződött whitlockit, mellette pedig a kvarc, az illit és az anhidrit jelenik meg.

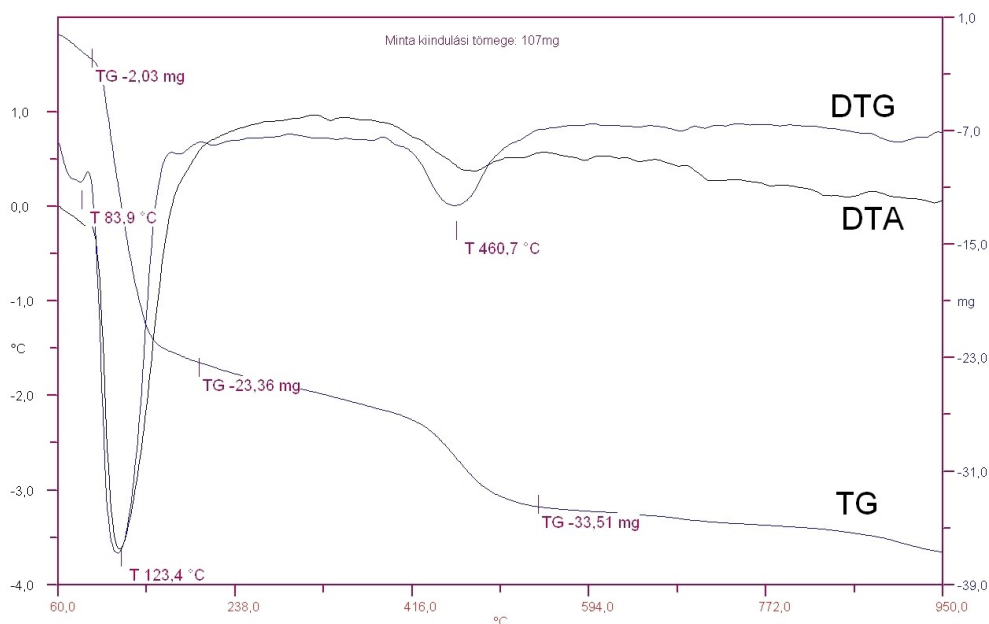
Az apatit csúcsai szélesek, ami itt is a rossz kristályossági fokra utal. Ennek következtében nehéz megállapítani a járulékos ásványokat, valamint nem lehet meghatározni, hogy klórapatit, karbonát-hidroxilapatit, fluorapatit, stb. van-e a mintában (1 ábra).

E7



Az E2-es minta (2. ábra) elemzése során olyan DTA görbét kaptunk, aminek nagy része a brushit reakcióit szemlélteti, bár a minta elenyésző mennyiségű kvarcot is tartalmaz. Ez azért fontos, mert az eddigi irodalmakban kevés ilyen vizsgálati eredményt találtunk erről az ásványról, így talán ezt a későbbiekben is fel lehet használni. Az első endoterm folyamat 86-123 °C között, 118 °C-os minimummal jelenik meg a görbén, ami a kapilláris víz távozását jelzi. A második folyamat, 124-247 °C között, 153 °C-as minimummal, mely a vízvesztés első lépésére utal. A második endoterm reakció 510 °C-os minimummal a második vízvesztési reakció, amely után a hevített mintán végzett XRD vizsgálat szerint whitlockit képződött. *FIORE & LAVIANO* (1991) szerint a reakció során van egy amorf szerkezetű fázis is, amelyből a kristályos $\text{Ca}_2\text{P}_2\text{O}_7$ keletkezik.

Az E7-es mintáról készült elemzéseken a (hidroxil?) apatit és a gipsz reakcióit együtt láthatjuk. Ez magyarázza az első endoterm folyamat kettős csúcsát 69-205 °C között 120 °C és 156 °C minimumokkal, illetve a 223-508 °C között jelentkező exoterm reakciót jelző görbületet 315 °C és 342 °C maximummal, mely a két ásvány átalakulását jelzi.



2. ábra: Szinte teljes mértékben brushitból álló minta termikus görbéje

Fig. 2: Thermal curve of a sample including mostly brushite

Az M5-ös minta görbéi három hőleadással járó folyamatot jeleznek. Az első reakció 40-90 °C között 78,4 °C-os minimummal, a második 100-320 °C között 225,5 °C minimummal, a harmadik 570-700 °C között 634 °C-es minimummal, játszódnak le.

EDS-re 5db szemcsét preparáltunk az M5-ös számú mintából, ezek mindegyikében uralkodó elem a Ca, P és S, ahol az utóbbi kettő aránya egymáshoz 1:1. Mellettük megjelenik még Al, Si, K és kevés Fe. Néhány szemcsében magas titán tartalmat mértünk, feltehetően rutilból. Az E3-as mintából az apatitot, kvarcot és agyagásványt azonosítottunk a következő elemösszetétellel: Ca, P, S, Al, Si, Fe, K. Az M5-ös mintában Ca, P és S-ből álló fázisok finomszemcsés keverékét figyeltük meg.

Összefoglalás

A Kő-lyukból származó minták eredményei azt mutatják, hogy a mészkő felületén bekérgezősként jelenlévő guanó és a karbonát kölcsönhatásából minden esetben apatit képződik. A pordiffrakciós felvételeken megjelenő apatitnak a csúcsai határozottan kiszélesednek, ami arra utal, hogy az ásvány

képződésének még kezdeti szakaszában jár, gyenge a kristályossági foka. A vizsgálati eredményekben az apatit mellett megjelenik a taranakit is.

Az E7 minta a taranakit és hidroxilapatit mellett tartalmaz gipszet. Ez bizonyíték lehet a brushittal való összefüggésre, mivel az a bevonat, ahonnan ez a minta származik, közvetlenül a brushit alkotta „*hegyitej-fal*” mellett található.

Meg kell említenünk, hogy a DTA és az XRD vizsgálat eredménye között azért vannak eltérések, mert a röntgen-pordiffrakciós felvételek alapján olyan ásványokat is ki tudunk mutatni, amelyek kis mennyiségben vannak jelen a mintában. Ezzel szemben a termikus analízissel a vizsgált anyag uralkodó fázisára jellemző reakciók fognak megjelenni a DTA görbén.

A kutatómunka során elkészített alapos vizsgálatok segítettek elérni az elsődlegesen kitűzött célt. Sikerült bemutatni és jellemezni a vizsgált barlangok guanótelepeiben képződő főbb foszfátásványokat és azok ásványtársulásait. A vizsgálatok alapján is megállapítható, hogy a foszfátok, foszfát-szulfátok, szulfát-karbonátok között szoros genetikai kapcsolat van. Először sikerült kimutatni a Kárpát-övezet barlangi képződményeiből a rapidcreeki-tet.

IRODALOM

FIORE, S.-LAVIANO. R. (1991) Brushite, hydroxylapatite, and taranakite from Apulian caves (southern Italy): New mineralogical data. –*Amer. Miner.* 76: p. 1722-1727.

SZAKÁLL S.-JÁNOSI M. (1993): Taranakite from the limestone caves of Bükk Mts.; Ne-Hungary. - A bükki barlangok kutatásának, védelmének és hasznosításának legújabb eredményei konferencia. Miskolci Egyetem. Miskolc. p. 29-33.

SZÉKELY K. (2002): Fokozottan védett barlangok. A Bükki Nemzeti Park. Hegyek, erdők, emberek. - Szerk.: Baráz Csaba. p. 177-193. Bükki Nemzeti Park Igazgatóság. Eger.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton köszönnénk meg Ferenczy Gergőnek, a Bükki Nemzeti Park barlangtani főfelügyelőjének, hogy mintavétel során segítette munkánkat, és Zajzon Norbertnek, a Miskolci Egyetem Ásvány- és Kőzettani Intézeti Tan-

székének tanszéki mérnökét, hogy az EDS/SEM vizsgálatok elvégzésekor segítségünkre volt.

NÉHÁNY KARSZTFEJLŐDÉSSSEL KAPCSOLATOS MEGFIGYELÉS ÉS FÖLVETÉS A BÜKK HEGYSÉG PÉLDÁIN

SZEREMLEY SZABOLCS

3530 Miskolc, Rákóczi u. 1. szabolcs@szerelemley.hu

Abstract: Forest and water impeding. Deforestation causes the water discharge of springs to increase, not decrease, and the peak discharge of karst springs lasts longer after heavy rains or snowmelt. However the water discharge remains lower after this than in case of forested areas. Infiltrating water washes quite an amount of soil from the rendzinas into the karst (below surface soil erosion). This is partly the cause of the lack of "B" horizons in rendzinas. Cave siphons develop in fracture-fault belts. These can completely fill up with water. In these times the cave stream erodes the ceiling of the siphon with its load, creating spherical cavities growing upwards. Tiny fragments (barely or not visible to the naked eye) of calcite crystals may remain in the water when it is dissolving limestone, which eases the creation of freshwater limestone acting as condensation nuclei both under and on the surface.

Bevezetés

Mesélni jöttem a bükki karsztról néhány dolgot. Az itt következőkben leírt karsztfelődési folyamatok a tudományos bizonyítást részben nélkülözik, ám engedjék meg, hogy az erdőmérnöki tapasztalatok szemszögéből sajátos szemléletű és a harminc éve viselt Parkinson-kórom okán kevés kutatási, irodalmi hivatkozással kurtára fogott írással, a témagazdára találás reményében, észrevételeimet megtegyem.

Az ősember és az általa lakott barlangok környezetének lepusztulása

Ha a Bükk jelenlegi termőhely adottságairól készült légi fölvételeket megvizsgáljuk, föltűnnek az ősember által lakott barlangok környékén a pusztult-torzult növénytakarások foltjai (Kő-lyukak, Szeleta, Suba-lyuk, Istállóskői-bg, Búdös-pest, stb.).

Az erdő és a vízvisszatartás

Erdőink állapotában lényeges változást hozott a trianoni békeszerződés (1920), ami után az ország faiparának java a határokon belül, a nyersanyag kívül rekedt. Utóbbi híján a Bükk-fennsíkot valósággal letarolták. A nagyrészen sarj felújítású bükkösök hamar megöregedtek, és következett a már általunk is átélt „korszerű”, motorfűrész, traktoros véghasználati fakiter-

melés, a Fennsík második tarolása az 1960-70-es években. Az erdészeket dicséri, hogy a felhozott állomány viszont mageredetű! Ha időben nekilátnak, a most felnövekvő tisztítás-korú állományokat száraló gazdálkodásúvá nevelhetjük; a magukra hagyott egykorú öreg erdőket vagy a szél dönti ki, vagy összeomlanak.

A nagy kiterjedésű végvágások következtében megnövekedett a felszín vízátbocsátó képessége, s az 1970-es évek elején az ár elvitte a Szalajka-völgy Fátyol-vízesésének felét. Az erdészek kohósalakkal pótolták a csorbulásokat; szerencsére azokat hamar bevonta a gyorsan rájuk rakódó édesvízíméskő. Feltehetően a Szepesi-bg „*Tufagátjai*” is a megnőtt vízhozam következtében csorbultak meg még a feltárás előtt. (A maradék ép gátakat most marja a barlangászok taposásától megsérült gátperemeken a „meggyorsult” sodorvonal mentén szét a víz. [(Bükki Nemzeti Park Igazgatósága; figyelem (!), még nem késő megmenteni, helyreállítani azokat!)]

Itt jegyzem meg, hogy tévedés az a közhiedelem, amely szerint az erdőtarolás következtében csökken a források vízhozama. Ellenkezőleg: a karszt mélyébe jutó nagyobb tömegű vizet időben is tovább ontja a forrás; a hiba csak ott van, hogy a nagyobb vízhozam kevésbé kiegyensúlyozott, és a jól karrosodott alapkőzeteken, valamint a víznyelőkön át a mélybe „*húzódik*” a talaj. Ez egyes rendzina-típusokon veszélyezteti az erdőfelújítást; az üregeken sebesebben átáramló víz felkavarja az iszapot, és időnként fogyaszthatatlanná teszi az innen nyert ivóvizet.

Váztalajok-e a rendzinák?

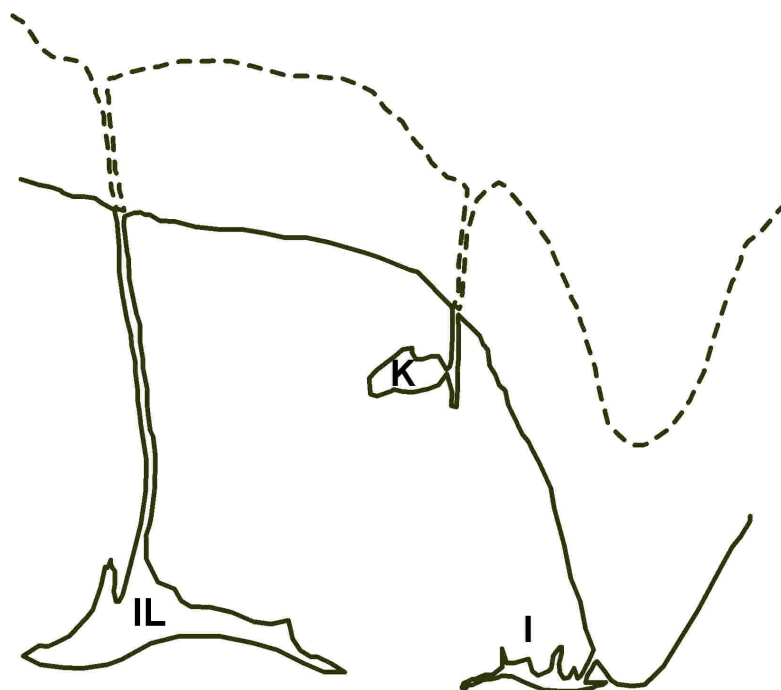
Megemlítem azt is, hogy a talajtani szakirodalom az AC szintes váztalajokhoz sorolja a rendzinákat, holott azokban a B, azaz felhalmozódási szint fellelhető, csak „*lehúzódik*” a mészkő repedéshálózatba. Sokszor 10-15 méter mélységben is gyökérzetet találunk, ezért tudnak megélni a karszton a látószólag sziklából kinőtt erdők.

Hideg vagy meleg víz hozta-e létre a lillafüredi Szent István-barlangot?

A lillafüredi István-barlang mennyezetén látható üstszerű képződmények, másként gömbfülkék, Jakucs L. szavaival „*evorziós üstök*”, barlangász köznyelven vakkürtők, nyilvánvalóan a felfelé áramló víz hatására jöttek létre. Ezeknek a vakkürtőknek tényleg nincs folytatása, még csak egy szivárgó vízfolyás repedése sincs a tetejükön – simák, mint valami örvényüst. Az István-barlang „*Mammutfogsor*”-ának simára csiszolt „*szápadlását*” nézve

nem csoda, hogy PÁVAI VAJNA (1931) a barlangot melegvizes eredetűnek vélte.

Ma már számunkra szinte nyilvánvaló, hogy az István-barlang Poklától légvonalban kb. 300 m-re lévő István-lápai-barlang keleti végpontja között egyértelmű az összeköttetés. Tudjuk, hogy az István-cseppkőbarlang a létrás-tetői és istván-lápai nyelőrendszerek egykori hatalmas szifon 'közlekedőedényének' felfelé törő, időszakosan vízjárt felsőbb emelete, a Fehérkői Mész-kőformáció közel függőlegesen álló rétegeiben kialakult hidegvizes barlangrendszer szerves része. A valaha víz alatt álló üregek nyilván tele voltak hordalékkal, ahogyan ez a „Mammutfogak” mögött kibontott szifonban is látszik. A szifonok víz alatti részében a hordalék egymáson görög, a vízfolyás a mennyezetnél csupán keskeny résen áramlik. A szifon mélyét a hordalék feltölti, a maradékkal a víz mennyezetét csiszolja. Tehát nem a víz hőmérséklete, hanem mélyből felfelé áramlása határozza meg a mennyezeti csiszolt formákat!



1. ábra: A Szinva-völgy bal oldalának lepusztulási vázlata az Istvánlápai-barlang, a Király-zsomboly és a Szent István-barlang szelvényében (ábra: Szeremley, szerk.: Técsy)

(-----: eredeti térszín; IL: Istvánlápai-barlang; K: Király-zsomboly; I: Szt. István-barlang)

Fig. 1. Sketch of the erosion on the left side of Szinva Valley in the profile of Istvánlápai Cave, Király Pothole and Szt. István Cave (fig. Szeremley, ed. Técsy)

(-----: original surface; IL: Istvánlápai Cave; K: Király Pothole; I: Szt. István Cave)

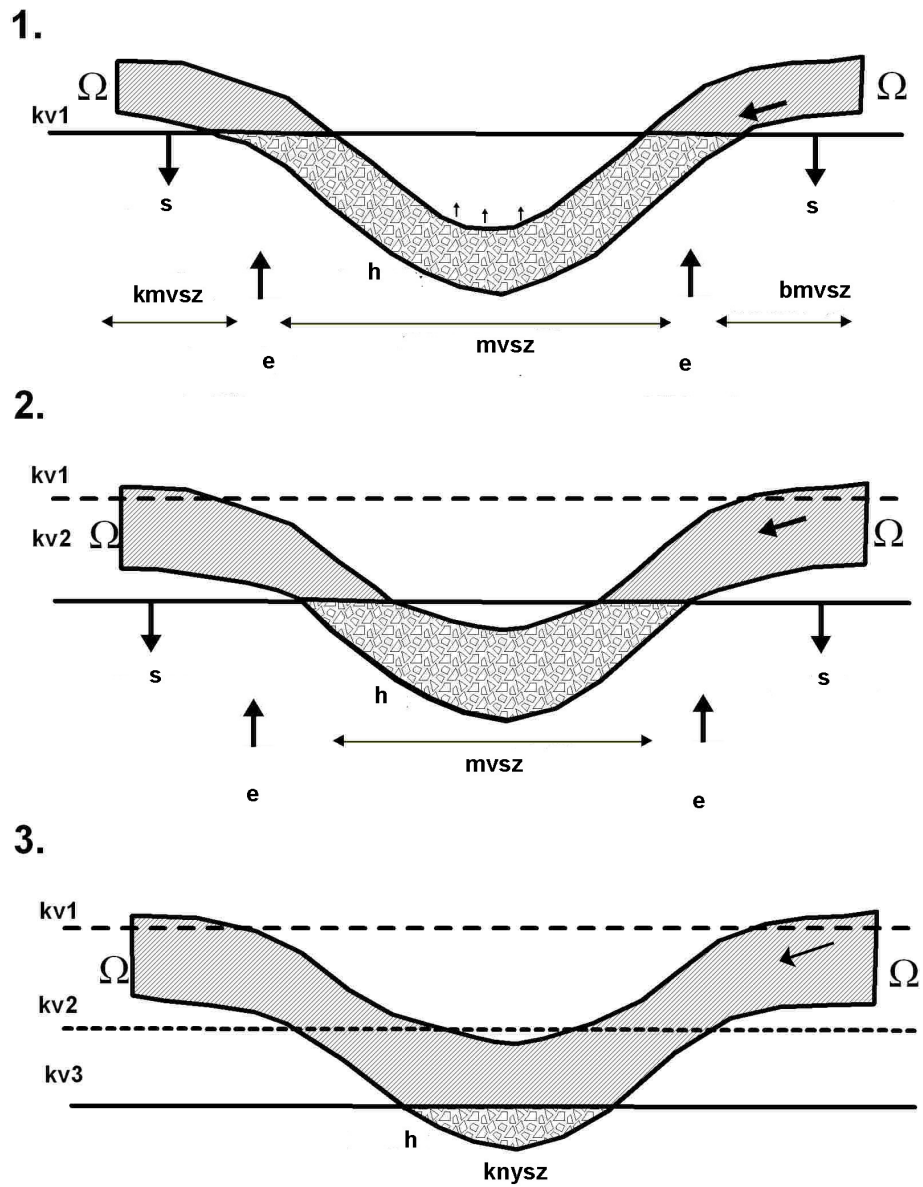
Az István-barlangrendszert a Szinva völgye csapolja meg (1. ábra), melynek gyors mélyülése (a gyors emelkedés) miatt a forrásszáj szifonja kinyílik, levegőre kerül. Az „örökké” víz alatt lévő repedések az első vízszint fölé kerülésük után légsapdává válnak; ezekből lesznek a gömbfülkék, nem pedig valamiféle rejtélyes fölfelé örvénylés alakítja őket. Az István-barlang Bástyája és Színház-terme között látni több méter magas, keskeny gömbfülke-sorozatokat is, amelyek igazolják, hogy a szifonokban lehet vízfömlárlás is.

A szifonok születése és halála

A szifonok „életét”, valamint a gömbfülkés vakkürtök keletkezését a 2. ábrán kísérlem meg bemutatni. (Úgy vélem, a melegvizes barlangok forrásszintjének „süllyedése” és a víz fölfelé áramlása okozhatja a melegkarszton is ezeket a formákat, nem pedig a PÁVAI VAJNA (1931) által említett gőzgáz exhalációk.) E megfigyelés kapcsán számba vettem még néhány olyan elemi jelenséget és formát is, amelyeknek elfogadható leírásával nem találkoztam. Meglehet, csak azoknak lesz új, akik ezeken még nem gondolkodtak el.

A szifonok ritka kivétellel ott keletkeznek, ahol a törések a kőzet repedéshálózatán oly méretűek, hogy az átlagos karsztvízszint alatt képesek elvezetni (átszívni) az adott vízmennyiséget. Ha elég nagy tömbökre vetődött és törött a kőzet, a vízfolyás nem szakadozik apró ágakra, a szifon éli a maga életét. Mennyezete fölfelé csiszolódik, előtte és utána a patak medre lefelé kopik. Végül teljesen kinyílik, aljáról a hordalék elvándorol, a szifon meghal, múltbéli létezésére csak a mennyezeti alakzatok utalnak (2. ábra).

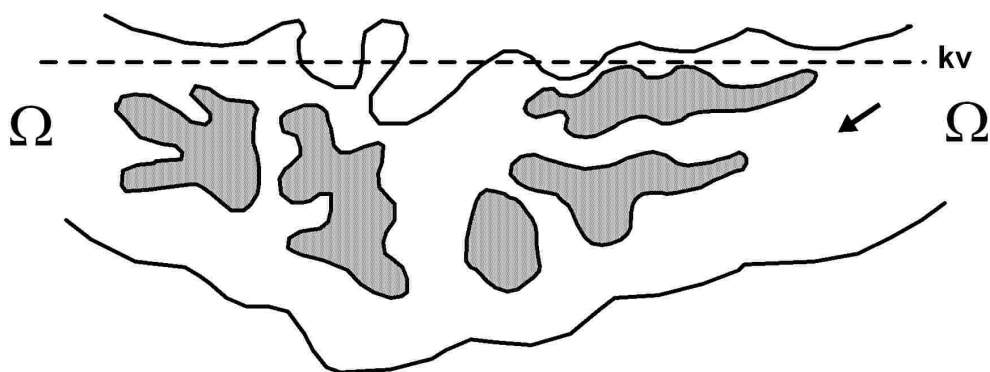
A leggyakrabban romboéder metszetű törésrendszerben a karsztvízszint mélységének növekedése miatt a szifonoknak kimászható kerülőjáratuk keletkezhet; ilyenek figyelhetők meg az István-lápai-barlang nyugati ágában. Akadnak emeleteket átfogó hatalmas szifonok, amelyek ma is áthatolhatatlanok, de a barlangi emeletükkel szárazra kerülő picinyek is, amelyek „tanúszifonként” őrizhetik a valahai térszín üledékeit. Utóbbira példa a létrási Vizes-bg. Vértes-ágának Kavicsosztályozója, ahol feltehetően a középső-későmiocén karsztfedő takaró méretes és jól koptatott folyóvízi kvarckavicsai maradtak meg.



2. ábra: A szifon halála tágas, magányos vető- vagy töréssík mentén (ábra: Szeremley, szerk.: Técsy)
 (Ω: barlang; kv1, kv2, kv3: karsztvízszint; kmvsz: kijárati medervájó szakasz; bmvsz: bejárati medervájó szakasz;
 mvsz: mennyezetvájó szakasz; s: karsztvízszint "süllyedés"; e: hegység emelkedés; h: hordalék; knysz: kinyílt szifon)

Fig. 2. Death of a siphon along wide, isolated fractures or faults (fig. Szeremley, ed. Técsy)
 (Ω: cave; kv1, kv2, kv3: karst water level; kmvsz: bed carving stage of exit; bmvsz: bed carving stage of entrance;
 mvsz: ceiling carving stage; s: karst water level "lowering"; e: mountain elevation; h: load; knysz: opened siphon)

Ahol a kőzet nagyon töredezett, vagy kevésbé karsztosodó mészkőzóna duzzasztja vissza a vizet, ott a kialakuló szifonrendszerek zeg-zugos, labirintusszerű ágakra szakadnak, (3. ábra; pl. a Létrási Vizes Palás-ágát megelőző labirintus); a bükki barlangok méretkülönbségei többek között ezért olyan változatosak. A labirintuságak szárazzá válásuk során rendszerint eltömődnek, de a szálkőbe vájt járatok keresztmetszetét összeadva közelítőleg megkapjuk a térség átlagos járatkeresztmetszetét.



3. ábra: Zegzugos szifon sűrű, vékony törés- és vetőhálózat mentén (kv: karsztvízszint)
(rajzolta: Szeremley, szerk.: Técsy)

Fig. 3. Zigzaggy siphon labyrinth along a dense, thin fracture and fault zone (kv: karst water level)
(drawn by Szeremley, ed. Técsy)

Léteznek valahai barlangi tavak színlői is, ilyeneket láthatunk pl. az Örvénykői-visszafolyóban (Szamentu-barlang) vagy az István-barlangban is. Utóbbiban a színlősorozatok egymásnak meg nem feleltethetők, ami bizonyítja, hogy a karsztvízszint térben és időben változó, korántsem egységes felszín. A tavi színlők keletkezése valószínűen annak köszönhető, hogy a felükön bomló uszadékokból szerves savak „szállnak” föl a felszínre, amelyek ott visszaadják, vagy növelik a víz oldóképességét.

A mészkő hidegvizes anyagforgalma a mállástól az édesvízimészkő keletkezéséig

A természet nem laboratórium. Kevés latolgatni, hogy mennyi széndioxid, milyen nyomásviszonyok szükségesek a telítettséghez, az oldáshoz és a lerakáshoz. A folyamatok fizikai-kémiai tényezői ennél sokkal gazdagabbak. Valljuk be, alig van fogalmunk a növényzet által termelt agresszív savak vegyi összetételéről, hatásmechanizmusáról. Értelmetlennek látom ezért a vitát a korrózió – erózió arányáról. Már csak azért is, mert a víz idegen hordalék

nélkül is képes a mészkövet pusztítani. E kérdésnek külön fejezetet nyitottam, mert emiatt sokmindent át kell értékelnünk a karsztfejlődés folyamatáról, a mészkő anyagvándorlásáról is.

Tudjuk, hogy a mészkő lepusztulása nyomán egy méter felszín elhordása után a szervesetlen, nem humusz jellegű, az alapkőzetet szennyező anyagból a talajképzés rendelkezésére általában mindössze néhány cm marad vissza, a szennyező anyag mennyiségének megfelelően. Ha kiemeljük a talajból a mészkő egy darabkáját, fehér felszínét körömmel meg tudjuk kaparni, oly puha, de ugyanezt tapasztalhatjuk a barlangok falán is.

A közhiedelemmel szemben e kőzet sem oldódik fel egészen, hanem egy részét fizikai méreteiben képes a víz kicsiny kalcitkák formájában magával sodorni. A mészkő effajta pusztulásának komoly következményei vannak, s mintha ezt a szakirodalom szándékosan nem kívánná tudomásul venni. Az anyagvizsgálati módszerek a lebegtetett kalcitot (végtelenül picire hasítható kristálykák, méretük a századmilliméter alatti) vagy „*túltelített*” oldatként titrálják, vagy más módszereknél egyszerűen nem hiszik; előítéletesen mérési hibának vélik az értékelésnél nem veszik tényezőszámba. Valóban, az üledékek osztályozása során ezt az anyagot ritkán ejti el a folyóvíz, ezért a hordalékok igen csekély mértékben (vagy nem is) tartalmazzák. A talajban az egész kristályka feloldódhat és visszakristályosodhat, de ahol folyóvíz van, ott a korrózió által így „*előkészített*” kőzetfelszínről könnyen leválnak a piciny, lesarkosított szemcsék, és ezek mérettől és a sodrás energiájától függően görgetve, — vagy mint a szél a hópelyhet — lebegtetve sodorják. A víz a mészkő málladékait szemérmesen hordja el, nem látjuk, csak a folyamat eredményét észleljük a barlangokban a lerakódott cseppkő vagy a felszínen a források vidékén felhalmozódó édesvízimészkő formájában. Ahol túltelített oldatok számára a szemcsék kicsapódási magvakként szolgálnak, és a sodrás alábbhagy, leülepednek, vagy az útjukba eső tárgyakon fennakadnak. A karszt forrásaiból közönséges szűrőpapírral is kiszűrhetők, vagy kis nagyítású mikroszkóp alá helyezve az ott élő mohok gyökerein fennakadt kalcitkák jól láthatók. Ez más megvilágításba helyezi a karsztos korrózió-erózió arányvitáit, a karszt formakincse és az édesvízimészkő keletkezését.

A felszíni mészlerakódások létrejötténél alapvető szerepe van a mészkedvelő moszat-és mohafajoknak is (*HEVESI 1972*), amelyek nem csupán könnyebben veszik el a gátakon szétterülő, meglassúdott vízből a CO₂-t, hanem a kristályosodást, a lebegtetett szemcsék tapadását segítik elő azon tulajdonságukkal, hogy nem csak a levegőből, hanem a vízből is képesek kivonni a fotoszintézisükhöz szükséges szén-dioxidot. A CO₂ részleges nyomásának csökkenése következtében az élő moszatokat és mohákat vonja be

mésszel a víz. A lillafüredi Anna-barlang leggyakoribb és legszebb képződményei ezek a sodorirányba fésült mészbevonatok. Ugyancsak kőzetalkotó tömegben fordulnak elő az Anna-barlangban a mészszemcsék, amelyek a gátak mögé híztak és ülepedtek le.

A Bükk három legnagyobb negyedidőszaki édesvízimészke összelete több 10 méter vastagga hízott a Szalajka-, a Szinva- és Monosbél-forrásai alatt. Míg azonban a Szalajkán ma is él és vándorol a Fátyol-vízesés, amely a Gloriett-tisztás kőzetét gyarapító édesvízimészke „bibéje”(„termője”); addig a Szinva 18 m magas vízesése, amely Magyarország legnagyobb vízesése volt, ma már halott; idegenforgalmi időszakokban a Hámori-tóból szivattyúznak bele a látványosság kedvéért egy csordogáló eret; a többi vizet már a Szinva-forrás fölött mélyített szivornyából Miskolc elissza. Csupán vastag hótakarók gyors olvadása után „működik” igazán az Alsó- és a Felső-vízesés. A részben langyosvíz-eredetű monosbéli forrásmészkehalomok táplálót már szintén több évtizede elvezették. Kisebb édesvízimészkevet földhalmozó forrást bőven lelünk a Bükkben, amelyeknél napvilágon megfigyelhetjük a mésszel beboltozódó üregek keletkezését (Sebes-víz, Dobricakút, stb; HEVESI 1972).

Visszakeresztelés

Végezetül 33 év után, az elnevezésében bűnös jogán megragadom az alkalmat, és ez úton kérem az MKBT Nevezéktani Bizottságát, hogy keresztelje vissza a Szamentu-barlangot eredeti nevére: hiszen az Örvénykői-visszafolyónál szebb nevet kitalálni nem lehet....

IRODALOM

HEVESI A. (1970): Az algák és mohák szerepe a bükki forrásmészke képződésében. Botanikai Közlemények, 57., 3. p. 233-244.

HEVESI A. (1972): Forrásmészke-képződés a Bükkben. Földrajzi Értesítő, 21., 2-3., p. 187-206.

PÁVAI VAJNA F. (1931): A forró oldatok és gőzök-gázok szerepe a barlangképződésnél. Hidrológiai Közöny, p. 115-121.

A PELSŐCI-FENNSÍK DIGITÁLIS DOMBORZATELEMZÉSE ÉS TÖBÖR-MORFOMETRIAI JELLEMZÉSE

TELBISZ TAMÁS - MÓGA JÁNOS - KÓSIK SZABOLCS

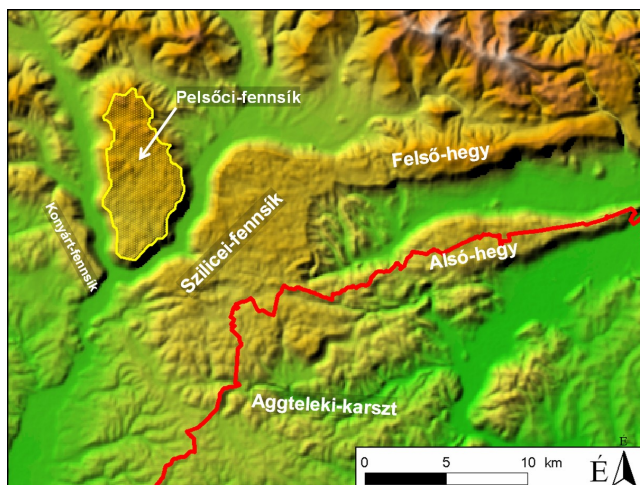
ELTE Természetföldrajzi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C.,
telbisztom@ludens.elte.hu, jmoga@freemail.hu, giggs82@gmail.com

Abstract: The 33.2 km² Plešivska Planina (Pelsőci-fennsík) is situated at the northern part of the Gömör-Torna Karst. The planina stands out from its surroundings as an island and it is bordered by deep and wide valleys (Slaná/Sajó, Štítník/Csetnek valleys). Its relief has 3 characteristic steps (710-750 m; 630-680 m and 530-580 m a.s.l., respectively) with a SSW decreasing surface. From the lithological viewpoint, the Wetterstein Limestone is the most important, it extends to 69% of the plateau and 88% of the 730 dolines are found on this lithology. Using GIS-analysis we examined the different factors influencing doline density with the result that the most important factor is lithology. Secondly, the flow directions derived from the DEM of the area can also explain some characteristics of the doline density pattern that implies that flow conditions could play an important role in doline evolution when the covered karst became exhumed. And locally (but not generally) the fault lines also contributed to the spatial pattern of dolines. As for the size of dolines, the median area is 2911 m² and the statistical distribution of doline area is lognormal as it is the case in many other karst terrains.

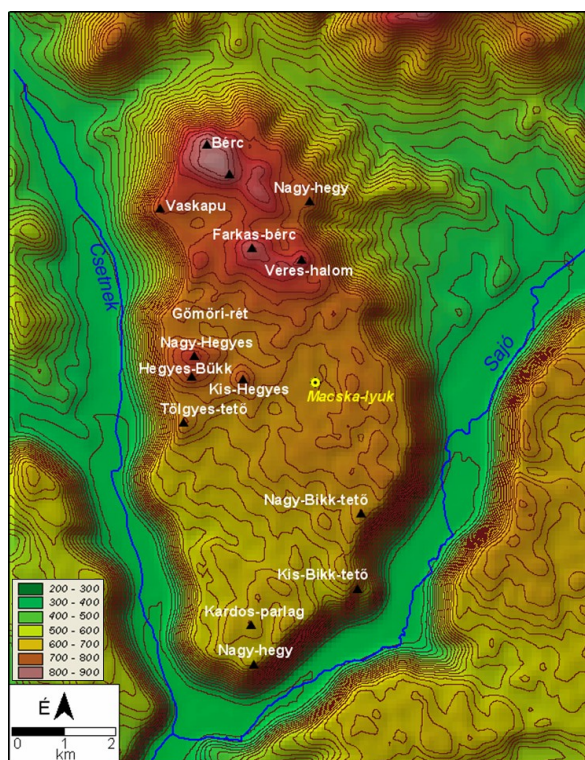
Bevezetés

A töbrös fennsíkok mozaikjából álló Gömör-Tornai-karszt az „aggteleki jellegű” karsztok (HEVESI 1991) jellegzetes képviselője. Az elmúlt években megkezdjük az egyes karsztfennsíkok domborzati és töbör-morfometriai elemzését térinformatikai módszerekkel (TELBISZ 2001, TELBISZ- MÓGA 2005, TELBISZ et al, 2006). E munka folytatásaként most a Pelsőci-fennsík elemzését tűztük ki célul (1. ábra).

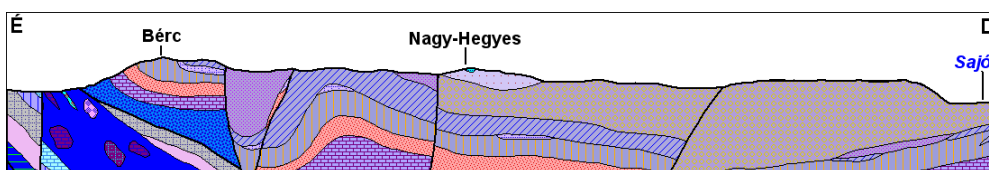
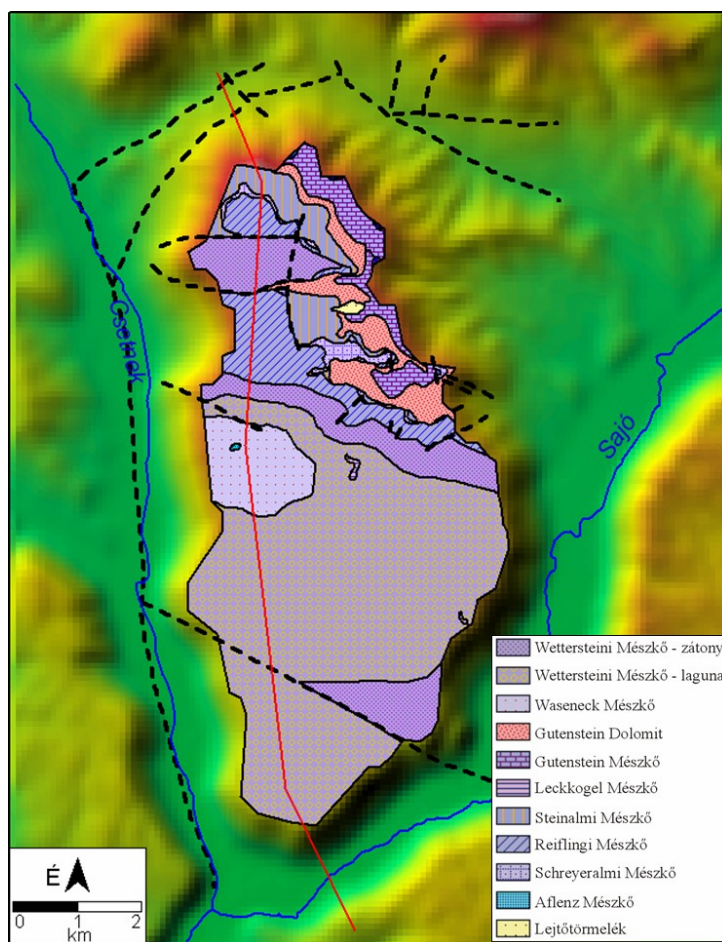
Ez a fennsík a legjobban lehatárolható, környezetétől szigetszerűen elkülönülő karsztfennsík (2. ábra), melyet szurdokvölgyek (Sajó-, Csetnek-völgy) választanak el a szomszédos Szilicei-fennsíktól, ill. a Konyárt-fennsíktól. Északon a Rozsnyói-szutura mentén kialakult völgy képezi a határt a Szepes-Gömöri-Érc-hegység felé. Legmagasabb pontja az északi végéhez közel eső Bérc (851 m t.sz.f.), legalacsonyabb pontja pedig a fennsík délkeleti végénél fekvő Nagy-Tisztás-töbörben van (469 m t.sz.f.).



1. ábra: A mintaterület elhelyezkedése a Gömör-Tornai-karszton belül (SRTM domborzatmodell felhasználásával)
 Fig. 1: Location of the study area within the Gömör-Torna Karst Area (using SRTM digital elevation model)



2. ábra: A Pelsőci-fennsík domborzati képe a fontosabb tetőkkel (SRTM domborzatmodell felhasználásával, szintvonalak 20 méterenként)
 Fig. 2: Relief of the Plešivka Planina with important peaks (using SRTM digital elevation mode, contour interval: 20 meters)



3. ábra: A mintaterület közzetani térképe és egy É-D-i irányú geológiai szelvény (MELLO,1997 alapján).
 A szaggatott vonalak törésvonalakat jeleznek, a piros vonal a szelvény helyét jelzi a térképen
 Fig. 3: Geologic map of the study area and a N-S geologic profile (based on MELLO,1997).
 Dashed lines mark fault lines, , red line marks profile location in the map

A fennsík geológiai adottságait MELLO (1996, 1997) és MÓGA (1998) alapján tekintjük át (3. ábra). A fennsíkot elsősorban mészkövek alkotják, melyek közül a Wettersteini Mésző játszik meghatározó szerepet, a többi kőzet csak a terület északi harmadában fordul elő a felszínen. A Pelsőci-fennsík kőzetei két szerkezetileg különálló egységhez, két külön szinkli-

nálisához tartoznak, melyeket a fennsík déli részét átlósan keresztező törésvonal választ el egymástól. Ezt a törésvonalat a felszínen jól követhető, mintegy 50 m szintkülönbségű tereplépcső hangsúlyozza ki. A törésvonal mentén oldalirányú és függőleges elmozdulások is történhettek. Ugyanakkor a geológiai szelvény és a tereplépcső lejtése alapján némi ellentmondás látszik, ugyanis a szelvény szerint a déli egység került alacsonyabbra (azaz függőleges értelemben feltolódás jellegű mozgásnak látszik), miközben a tereplépcsőnél éppen a déli oldal a magasabb. Az egy tömbben elhelyezkedő Wettersteini Mészkövek elterjedését a fennsík közepétől északra az említett törésvonallal párhuzamos ÉNy-DK-i csapásirányú vonal zárja le, melytől északra a fennsík közettani és szerkezeti felépítése is változatosabb (ld. 3. ábra).

A Pelsőci-fennsík jelenleg is megfigyelhető felszínformáinak kialakulásában három fontos szakaszt lehet elkülöníteni (MÓGA 1998):

1. A Pelsőci-fennsík átlagos felszínéből kiemelkedő kúp ill. halom formájú hegyeket (Nagy-Hegyes; Kis-Hegyes; Tölgyes-tető; Hegyes-Bükk) számos kutató (szub)trópusi szigethegyes/kúpkarstos formáknak tekinti (LUKNIŠ 1964, JAKÁL 1975, MAZUR 1973, MÓGA 1998). Kialakulásuk idejét tekintve azonban közvetlen bizonyítékok híján rendkívül nagy a bizonytalanság: egyesek a kréta (LUKNIŠ 1964, JAKÁL 1975, MAZUR 1973), mások a miocén időszakot tartják valószínűbbnek (MÓGA 1998).
2. A fennsík nagyjából D felé lejtő felszínét az Érc-hegység felől lefutó vízfolyások egyengették el a pannonban, egyben kavicsos üledékekkel be is terítették (JAKÁL 1975, MAZUR 1973, GAÁL 1997).
3. A pannon után gyors kiemelkedés kezdődött meg, melynek mértéke máig mintegy 500 méter lehetett (GAÁL 1997). Ennek következtében megindult a karstt kihantolódása és a töbrök, zsombolyok kialakulása.

Módszerek, adatok

A térinformatikai vizsgálatokhoz *ArcView GIS 3.2* szoftvert használtunk. Kiindulásként egy térinformatikai adatbázist építettünk fel az alábbi alapadatokból kiindulva:

1. Szlovák topográfiai térkép (méretarány: 1:10 000; szintvonalköz: 2 m). Ez alapján digitalizálással a következő „rétegeket” állítottuk elő:
 - Töbr-határok (melyeket a legkülső zárt szintvonal alapján határoztunk meg az egyértelmű és egységes adatkezelés miatt)
 - Töbr-középpontok
2. Szlovák-Karst geológiai térképe (méretarány: 1:50 000; MELLO 1996). Ez alapján digitalizálással a következő „réteget” állítottuk elő:

- Földtani határok, törésvonalak

3. SRTM digitális domborzatmodell (horizontális felbontás: 90m)

Az így kialakított adatbázis segítségével lehetőség nyílt a domborzat és töbör-morfometriai elemzések elvégzésére, melyek közül az alábbi jellemzőket vizsgáltuk:

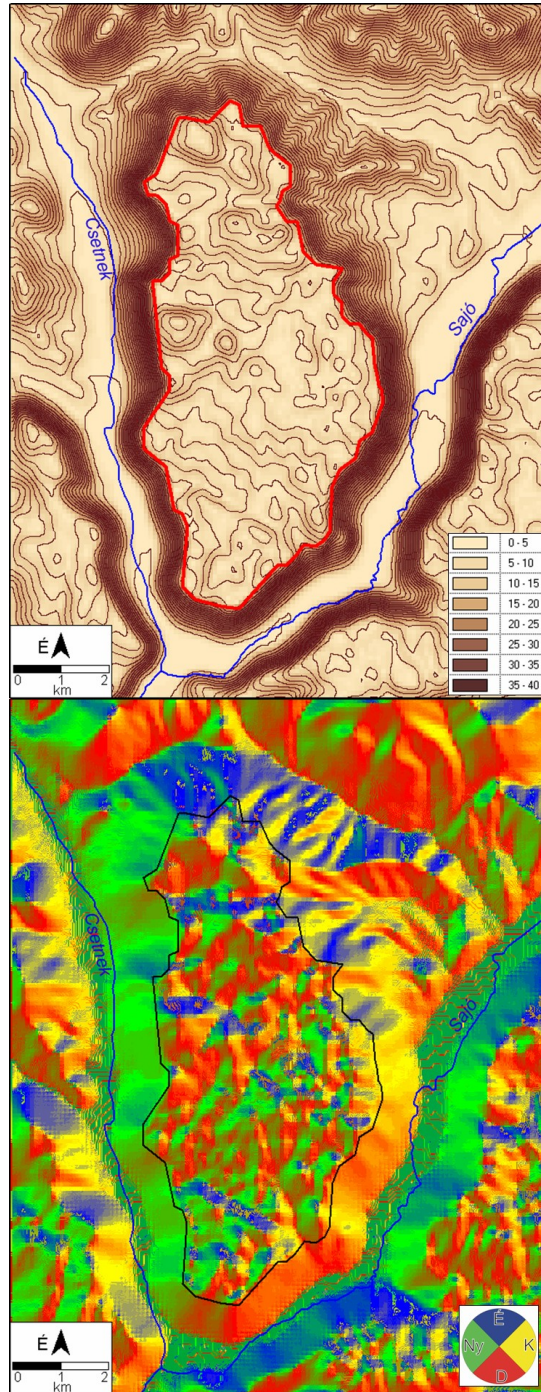
- 1) méret-jellemzők (kerület, terület, mélység, térfogat);
- 2) alak-jellemzők (függőleges megnyúltság, kerekítettség);
- 3) térbeli eloszlás (sűrűség);
- 4) irány-statisztikai jellemzők (hossztengely, legközelebbi szomszéd azimutja).

Eredmények

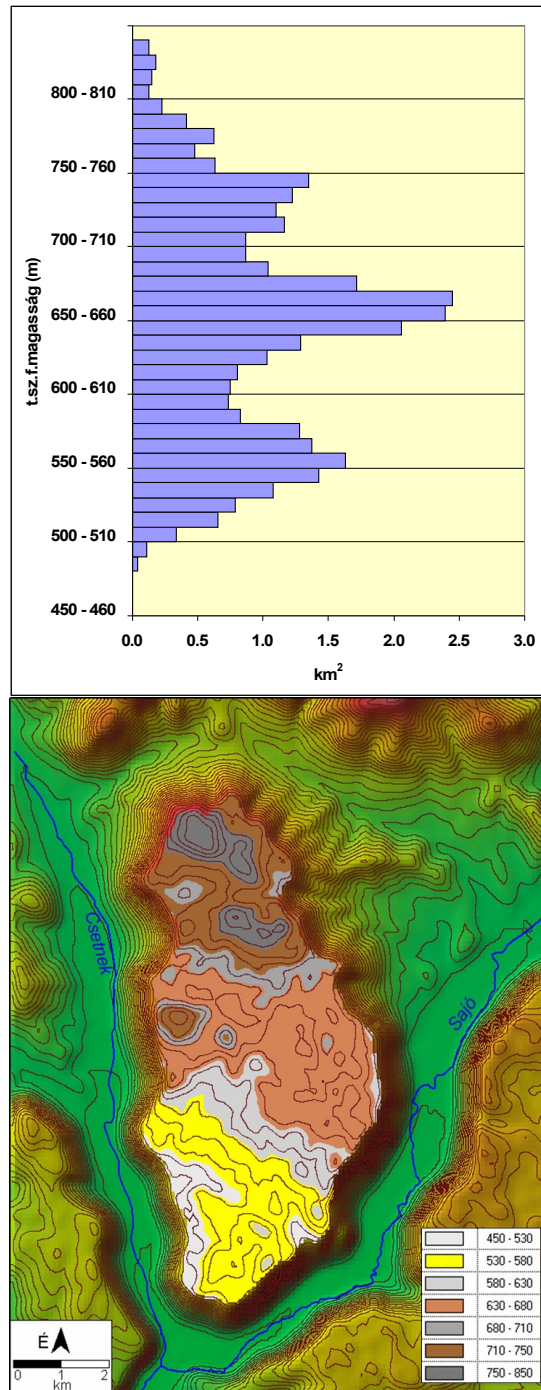
Domborzati jellemzés

A fennsík domborzatilag rendkívül egységes képet mutat. A 90m-es SRTM domborzatmodellt alapul véve a 13°-os lejtőszög alapján gyakorlatilag tökéletes lehatárolást kapunk (4. ábra), ennél meredekebb lejtők a fennsíkon szinte alig fordulnak elő (csupán a Nagy-Hegyes, Farkas-bérc, Bérc oldalában kis foltokban), míg a fennsíkeremek ennél mindenhol meredekebbek. Ez az érték viszonylag jó egyezést mutat más karsztfennsíkokkal is, így például a Miroč-hegység töbrös területeit a 12°-os lejtőszöggel lehetett jól lehatárolni (TELBISZ et al, 2007). A továbbiakban a fennsík alatt mindig az így meghatározott területet értjük.

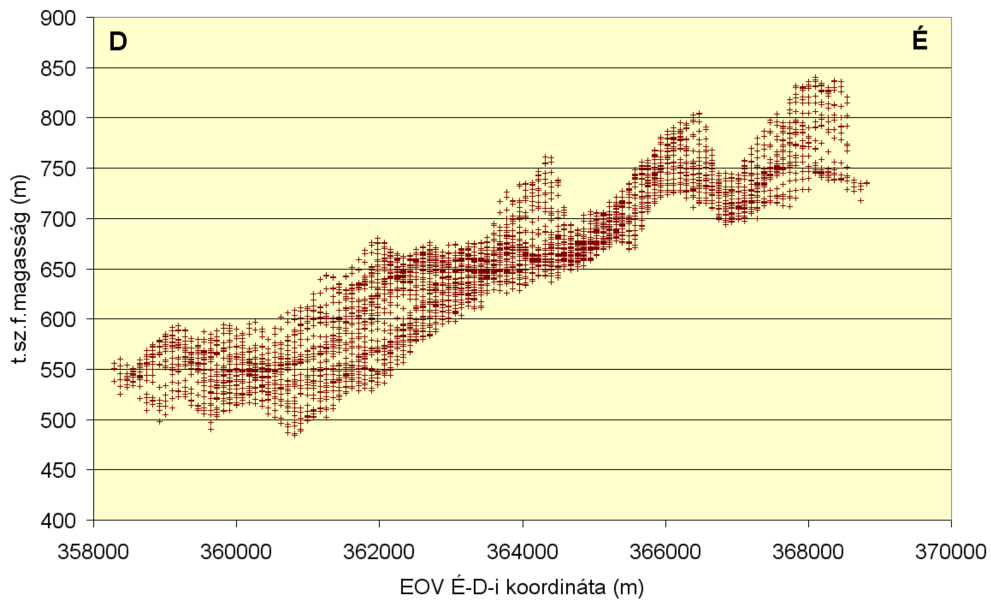
A fennsík domborzati jellemzéséhez érdemes a magassági értékek hisztogramját is elkészíteni (5. ábra), melynek alapján a fennsík korábbi leírásaiban nem szereplő 3 lépcsős szerkezet figyelhető meg. A három jellemző szint 530-580 m, 630-680 m és 710-750 m tengerszint feletti magasságokban található délről észak felé haladva. Ezeket a szinteket keskenyebb és lejtősebb sávok kötik össze egymással. A fejlődéstörténeti részben említett kúpszerű csúcsok pedig ezeknek a lépcsőknek a szintjéből magasodnak ki a középső és az északi részeken. A fennsík É-D-i lépcsőzetes szerkezetét tükrözi a 6. ábra is, ahol a domborzatmodell celláinak (90m x 90m) tengerszint feletti magasságát ábrázoltuk az É-D-i koordináta függvényében.



4. ábra: A Pelsőci-fennsík lejtőszög és kitettség térképe
 Fig.4: Slope and aspect map of Plešivska Planina

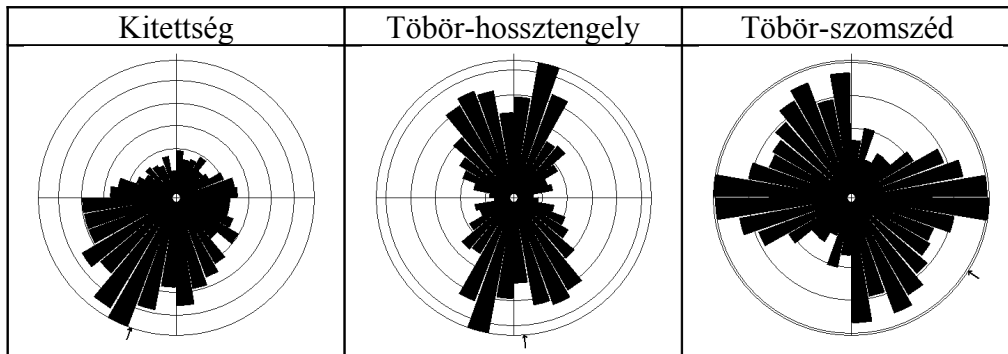


5. ábra: A Pelsőci fennsík magassági histogramja és magassági lépcsői a domborzatmodell alapján
 Fig. 5: Elevation histogram of Plešivska Planina and the elevation steps after the DEM

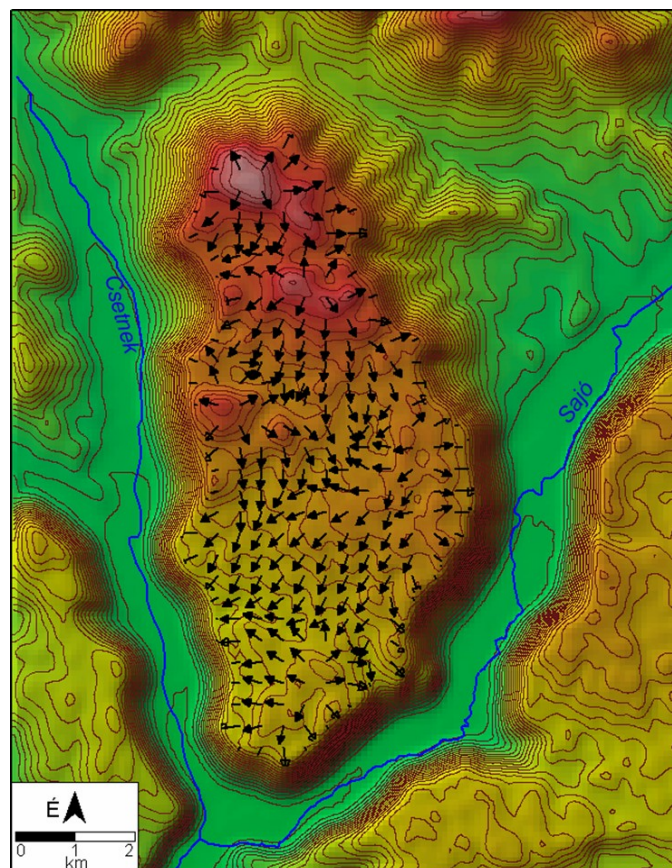


6. ábra: A Pelsőci-fennsík lépcsői a domborzatmodell celláinak magassági értéke és az É-D-i koordináta alapján
 Fig. 6: Elevation steps of Plešivska Planina using the plot of cell elevation values vs. N-S coordinates

Valójában azonban a Pelsőci-fennsík lejtése nem pontosan É-D-i irányú. Erről pontosabb képet kaphatunk, ha a kitettségi térképet megvizsgáljuk (4. ábra), illetve ha a kitettség alapján rózsadiagramot készítünk (7. ábra). Ezen kívül a fennsík domborzatból adódó lefolyásviszonyait a kitettséget jelző nyilakkal ábrázolhatjuk kifejezőbbben, amit a 990m-es sugárral kiátlagolt domborzatmodell alapján határoztunk meg (mozgó-ablakos szűrő technika segítségével, *ArcView/Neighbourhood Statistics* műveletek, 8. ábra). A jelenlegi körülmények között a karsztfennsíkon természetesen nagyrészt elhanyagolható a lefolyás, csupán a kevésbé jól oldódó kőzetek kisebb foltjain fordul elő, de a fedett karsztos állapotban ennek nagy jelentősége lehetett. Mindezek alapján megállapítható, hogy a fennsík lejtése inkább DDNy-i, ami elsősorban a középső és déli lépcső közötti átmenetnek köszönhető, míg az északi részekben inkább É-D-i lejtésirány illetve a kiemelkedő csúcsok körül sugaras lefolyásirányok jellemzők.



7. ábra: A Pelsőci-fennsík jellemző irányai: a) kitettség; b) töbör-hossztengelyek; c) töbör-szomszédok iránya
 Fig.7: Characteristic orientations on Plešivska Planina: a) aspect; b) doline long axes; c) doline neighbour directions



8. ábra: A Pelsőci-fennsík simított domborzata alapján számított „lefolyás”-irányok
 Fig.8: „Flow” directions calculated after the smoothed DEM

Töbör-morfometriai jellemzés

A fennsík 33,2 km²-es területén 730 töbör található a részletes topográfiai térkép alapján, így töbör-sűrűsége 22 db/km²-nek adódik, ami a Gömör-Tornai-karszt más részeihez viszonyítva jó közepes értéknek felel meg. A töbrök morfometriai adatait közzétípus szerinti bontásban az 1. táblázat közli. A töbrök össz-térfogata alapján számított felszíni lepusztulás értéke 665 mm. (A töbrök térfogatát $V=A \cdot h/2$ képlet alapján számolva, ahol A a töbör-alapterület; h a töbrómélység. Az össz-térfogatot pedig a fennsík teljes területével osztottuk.) Ez az érték jelzi, hogy a töbrök térfogatának megfelelő feloldott mészkőmennyiség összességében milyen mértékben járul hozzá a felszín pusztulásához. A fenti érték közepes helyet foglal el a Szilicei-fennsík más részeihez képest (közép: 802 mm; délnyugat: 460 mm; TELBISZ et al, 2006).

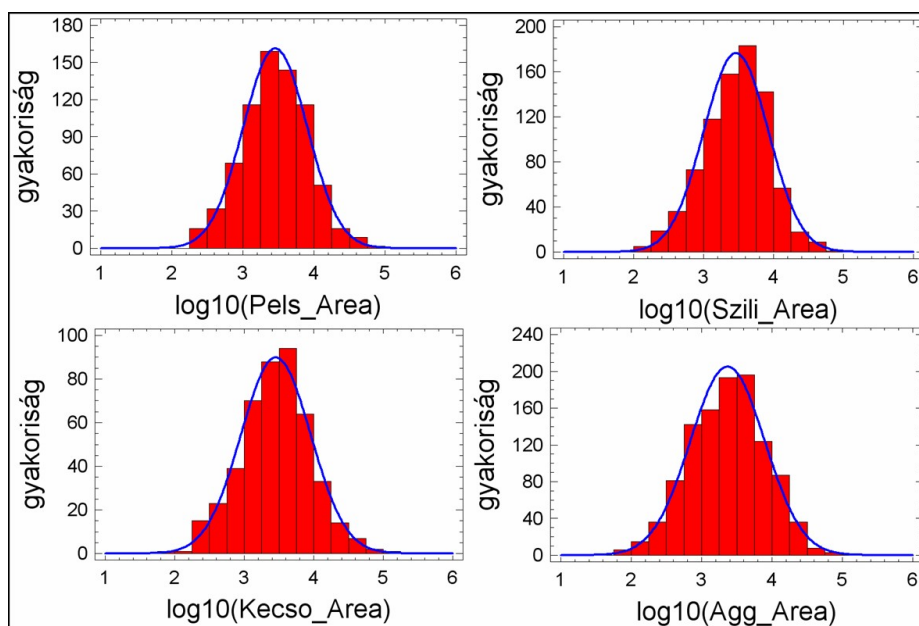
1. táblázat
Table I.

A Pelsőci-fennsík töbör-morfometriai adatai
Doline morphometric data of the Plešivska Planina

Közzétípus	Terület [km ²]	Töbör-szám	Töbör-sűrűség [km ⁻²]	Töbör-alap-terület átlag [m ²]	Töbör-alapterület medián [m ²]	Töbör-mélység [m]	Függőleges megnyúltság (=hossz/mélység)	Kerekítettség (=4πTerület / Kerület ²)
Gutenstein Dolomit	1.93	13	6.7	7492	5759	4.2	32.9	0.86
Gutenstein Mészke	1.48	12	8.1	15564	13079	5.8	32.2	0.81
Leckkogel Mészke	0.05	1	21.3	2580	2580	14.0	4.7	0.96
Reifling Mészke	3.05	34	11.2	6635	2972	5.6	23.2	0.91
Schreyeralp Mészke	0.45	2	4.5	6305	6305	6.0	20.9	0.87
Steinalp Mészke	1.72	5	2.9	7767	7751	6.4	22.0	0.85
Waseneck Mészke	2.01	14	7.0	2203	1436	3.5	24.5	0.86
Wetterstein Mészke - lagúna	17.74	532	30.0	4441	2778	7.8	14.5	0.92
Wetterstein Mészke - zátony	4.65	117	25.1	5407	3199	8.0	14.2	0.92
Teljes Fennsík	33.17	730	22.0	4917	2911	7.5	15.7	0.92

A táblázat alapján megállapítható, hogy a töbrök 88%-a a fennsík 69%-át lefedő Wettersteini Mészke alapkőzeten alakult ki, így ezen a litológián a töbör-sűrűség még magasabb. A kőzet két fáciese között a különbség nem jelentős. Megállapítható viszont, hogy a többi kőzeten kialakult töbrök alapterületükben jellemzően nagyobbak (kivétel: Waseneck M. és részben a Reifling M.), szabálytalanabb alakúak, és sekélyebbek abszolút értelemben és relatíve még inkább (ld. a függőleges megnyúltságot, ami az 1 m mélységre jutó vízszintes hosszt fejezi ki). Az is tény, hogy a töbör-alapterületek a Pelsőci-fennsík esetében is a már többször megfigyelt lognormális elosz-

lással jellemezhetők (ennek egy geometriai magyarázatát ld. *TELBISZ et al, 2006*) és az eloszlások paraméterei is rendkívül hasonlóak a Gömör-Tornai karszt eddig vizsgált területein (*9. ábra*). (*TELBISZ 2001, TELBISZ-MÓGA 2005, TELBISZ et al, 2006*)

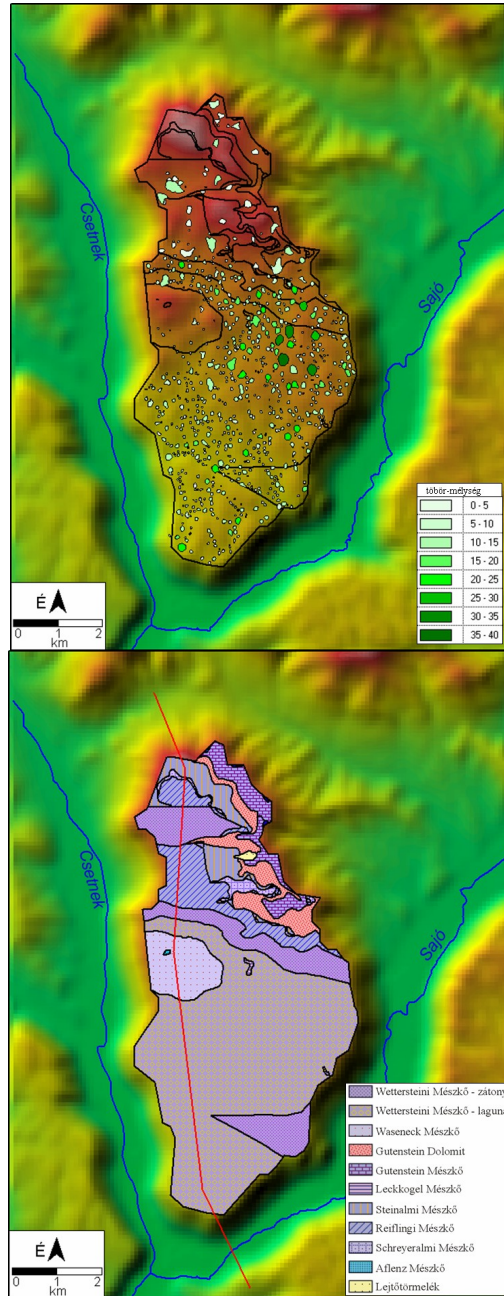


9. ábra: A töbrök-alapterületek lognormális eloszlása a Gömör-Tornai-karszt egyes területein (Pelsőc, Szilice-közép, Kecső, Aggtelek). Adatok: *TELBISZ 2001, TELBISZ-MÓGA 2005, TELBISZ et al, 2006*

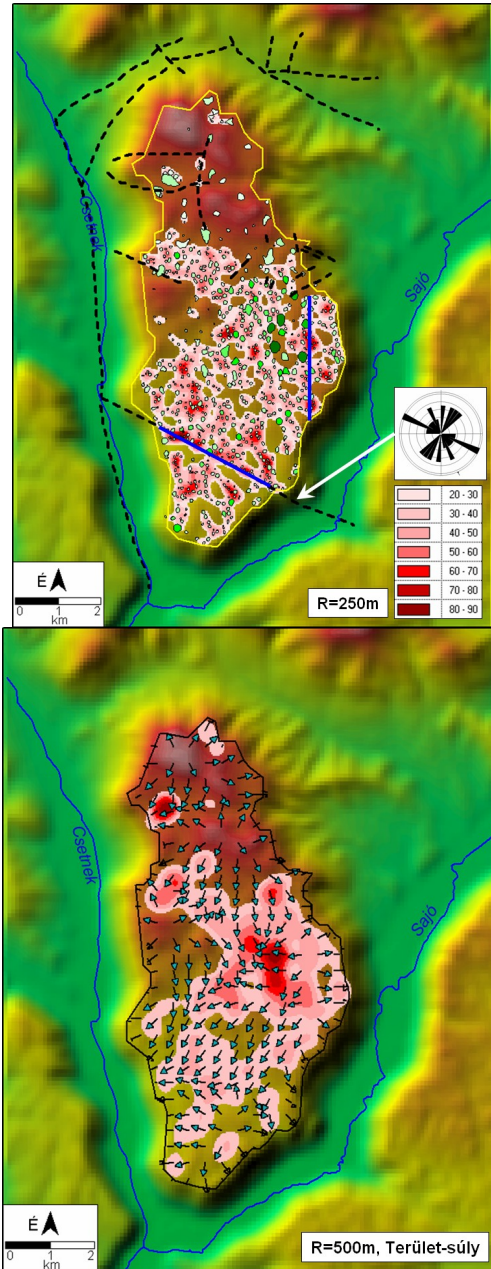
Fig.9: Lognormal distributions of doline area in different parts of the Gömör-Torna karst (Plešivska; Silika; Kečovo; Aggtelek)

Data from *TELBISZ 2001, TELBISZ-MÓGA 2005, TELBISZ et al, 2006*

A töbrök elhelyezkedését bemutató *10. ábra* is alátámasztja a Wettersteini Mészkö jelentőségét a karsztos mélyedések kialakulása tekintetében. A fennsíkon előfordulnak töbörösoros völgyek is (elsősorban inkább a déli részen), ám ennél jellemzőbbek a sűrűn egymás közelében elhelyezkedő nagy uvala-szerű csoportosulások.



10. ábra: A Pelsőci-fennsík töbreinek elhelyezkedése a geológiai egységek határvonalaival (ld. még 3. ábra)
 Fig.10: Location of dolines on Plešivska Planina with the border lines of geologic units (cf. Fig.3)



11. ábra: Töbör-sűrűség (ArcView Calculate Density, Kernel algoritmus). Felső ábra: keresési sugár: 250 m, nincs súlyozás; szaggatott vonal: törésvonal; kék vonal: nagy töbör-sűrűségű zóna; rózsadiagram: a fennsík déli részét átszelő törésvonalra illeszkedő töbrök hossz tengelyeinek állása. Alsó ábra: keresési sugár: 500 m, súlyozás a töbör-alapterülettel; nyilak: simított felszín lefolyásirányai.

Fig. 11: Doline density (ArcView Calculate Density, Kernel algorithm). Upper fig: search radius: 250 m, no weighting; blue line: fault; line: high doline density zone; rose diagram: long axis directions of dolines along the southern crossing fault line. Down fig: search radius: 500 m, doline area-weighting; arrows: flow directions after the smoothed surface.

Ha a töbrök elhelyezkedését kicsit általánosítani kívánjuk, akkor a töbör-sűrűségi térképeket érdemes megvizsgálni (11. ábra). A kisebb keresési sugár (250 m) a töbörös zónák szűkebb lehatárolását teszi lehetővé, a nagyobb keresési sugár (500 m) jobban általánosít, míg a területtel való súlyozás a fennsík középső-északi részén elhelyezkedő nagy alapterületű és mély töbrök (pl. Macska-lyuk töbre, 12. ábra) zónáját emeli ki jobban. A fennsík déli részén ÉNy-DK-i irányban húzódó sűrűn töbörös zóna (11. felső ábra, *folytonos vonal*) egyértelműen törésvonalhoz kapcsolódik, amit a töbör-hossztengelyek megnyúltsági iránya is jelez e törésvonal mentén. E törésvonal domborzati értelemben is akadályt képez, hiszen a fedett karsztos időszakban északi irányból erre tartó vizek a 40-50 m szintkülönbségű peremnek kényszerűen „nekiütköztek”. A töbrök kis mérete miatt azonban ez a sáv kevésbé markánsan jelentkezik a területtel súlyozott töbör-sűrűségi térképen.

A geológiai térképen jelzett törésvonalak közül még a fennsík északi részét É-D-i irányban görbülve kettészelő törésvonalhoz kapcsolódnak egyértelműen töbrök. Az említetteken kívül még számos magas töbör-sűrűségű sáv figyelhető meg, ám ezek lehatárolása mégsem tűnik egyértelműnek. Közülük csupán a 11. felső ábrán É-D-i kék vonallal jelölt sávot emeltük ki, amit egy É-D-i csapásirányú, enyhén kimagasodó hát közepén húzódó árokban helyet foglaló töbrök tucatjai jelölnek ki. E vonal északi és déli meghosszabbítása egybeesik a fennsíkperemekkel, és feltételezhetően szerkezeti okokra vezethető vissza. Mindezekon kívül a fennsíkperemeket vonalszerűen kísérő töbörös zónák figyelhetők meg a fennsík délnyugati ill. keleti letérése mentén.

A 11. alsó ábra generalizáltabb töbör-sűrűségi képét viszonylag jól magyarázhatjuk a lefolyásviszonyokkal: az „összefolyási zónák” általában magasabb töbör-sűrűséggel jellemezhetők, míg a „szétfolyó” területeken alig vannak töbrök. A fennsík középső és déli szintjét összekötő enyhén meredekebb térszín (ld. 5. ábra) töbör-szegénységével tűnik ki, míg ez alatt közvetlenül egy jobban töbörösödött felszín alakult ki. Mindezek alapján okkal feltételezhetjük, hogy a lefolyó vizek fontos szerepet játszottak a töbrök kialakulásában. Természetesen nem a mai, karsztos állapotban, hanem a fedett karsztból történő kihantolódás időszakában lehetett ennek jelentősége, illetve a gyengén karsztosodó mészkőből (pl. Waseneck M.) álló, meredek térszínnek (pl. Nagy-Hegyes) esetében akár később is.

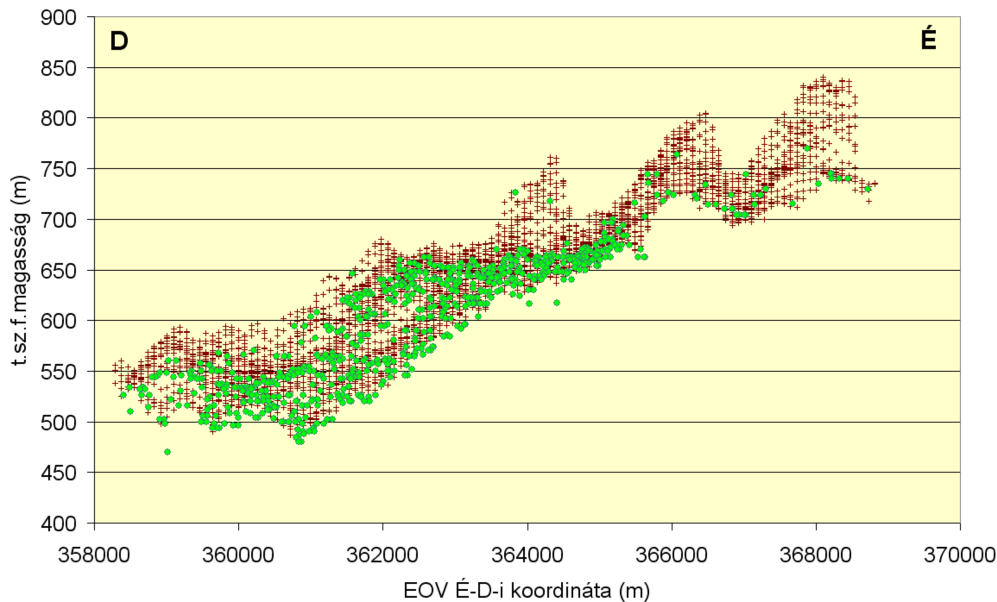
A töbrök hossztengelelinek állása (7. ábra) jellemzően ÉÉK-DDNy és ÉÉNy-DDK közé esik. Ez a törésvonalak helyett inkább a kitettség irányaihoz áll közelebb, ezzel is aláhúzva, hogy a domborzat által megszabott lefolyás-viszonyok erőteljesen befolyásolhatták a töbrök növekedését. A töbrök

legközelebbi szomszédai itt is a megnyúltság irányához képest jelentős elfordulást mutatnak (7. ábra), ami arra utalhat, hogy a korábban felállított modell (TELBI SZ 2001), mely szerint a töbrök a növekedésük fő irányába eső szomszédait magukba olvasztják, itt is – legalább a töbrök egy részére – igaz lehet.



12. ábra: A Macska-lyuk barlangot rejtő mély töbrök
Fig. 12: Deep doline of the Macska-lyuk Cave

A töbrök magassági elhelyezkedése a fennsík 3 lépcsős szerkezetéhez igazodik (13. ábra). A legalacsonyabb szintben lévő töbrök egyben a legkisebbek is, méretük túlnyomórészt 10.000 m^2 -nél kisebb. A középső szintben találjuk a legtöbb töbröt, ezek között már a $10.000\text{-}60.000\text{ m}^2$ -es „példányok” is jelentős számban fordulnak elő, míg az északi, legmagasabb lépcsőn sokkal kevesebb a töbrök, ám ezek mérete jelentős szórást mutat és a fennsík legkiterjedtebb töbre (74.124 m^2) is itt található.



13. ábra: A Pelsőci-fennsík domborzati lépcsői kibővítve a töbrök magassági elhelyezkedésével (zöld körök)
 Fig 13: Elevation steps of Plešivska Planina and the elevations of dolines (green circles)

Következtetések

- A Pelsőci-fennsík peremeit a 90m-es SRTM domborzatmodell alapján a 13°-os lejtőszög értékkel lehet egyértelműen lehatárolni. A fennsík ennél szinte mindenhol kisebb lejtésű, a peremek ennél mindenhol meredekebbek.
- A fennsík domborzatilag 3 elkülönülő lépcsőre osztható, amit a középső és az északi részeken néhol kúpszerű hegyek tesznek változatosabbá.
- A Pelsőci-fennsík töbreinek kialakulását meghatározó tényezőket az elemzések alapján fontossági sorrendbe állíthatjuk:
 1. Legfontosabb a kőzettani adottság, jelen esetben a Wettersteini Mészkö, fáciestől függetlenül.
 2. A fedett karszton illetve a rosszul karsztosodó mészköveken lefolyó víz a töbrök felszíni elterjedését erőteljesen befolyásolta. Ezeket a lefolyásirányokat a mai domborzat alapján körvonalazhatjuk.
 3. A törésvonalak töbr-képződést segítő hatása a Pelsőci-fennsík esetében kevésbé markánsan jelentkezik, mint sok más karszterületen, ahol a töbr-hossztengelyek irányát elsősorban ez határozza meg.
 Részben megválaszolatlanul maradt kérdések:
 - Milyen folyamatok alakították ki a fennsík domborzatának 3 jellemző szintjét?

- Mivel magyarázható a fennsík középső-keleti részén elhelyezkedő nagy alapterületű és mély töbrök kialakulása?
- A fennsík déli részét átszelő nagy ÉNy-DK-i törésvonal szelvényben megfigyelhető elmozdulásához képest (feltolódás) miért ellenkező előjelű a domborzati lépcső (a déli rész magasabb), ha a közettípus a vető két oldalán megegyezik (és ezáltal a válogató lepuszulás kizárható)?

IRODALOM

- GAÁL L.* (1997): Prehľad geomorfologického vývoja územia, in *Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského krasu 1:50.000*, Vyd. Dionýza Štúra, Bratislava, p. 158-162.
- HEVESI A.* (1991): Magyarország karsztvidékeinek kialakulása és formakincse I-II. - *Földrajzi Közlemények*, 115/1-2, p.25-35. ill. 115/3-4., p. 99-120.
- JAKÁL, J.* (1975): *Kras Silickej Planiny*. Vyd. Osveta 145 p.
- LUKNIŠ, M.* (1964): Pozostatky starších povrchov zarovňovania reliéfu v Československých Karpatoch. *Geogr. čas.* 16/2, p.289-296.
- MAZUR, E.* (1973): Slovenský Kras. Regionalna fyzikogeografická analýza. *Spec. Iss. of the VI. Int. Spel. Congr. in CSSr*, 117 p.
- MELLO, J.* (1996): *Geologická mapa Slovenského krasu*. Geologická služba Slov. Rep. Bratislava.
- MELLO, J.* (1997): *Vysvetlivky ku geologickej mape Slovenského krasu 1 : 50000*. Vyd. Dionýza Štúra, Bratislava, 255 p.
- MÓGA J.* (1998): Felszínalaktani megfigyelések a Gömör-Tornai-karsztvidéken. Doktori (PhD) disszertáció, ELTE TTK Természeti Földrajz Tanszék, 1998. p. 141.
- TELBISZ T.* (2001): Új megközelítések a töbr-morfológiában az Aggteleki-karszt példáján – *Földrajzi Közlemények*, 125 (49) / 1-2, p. 95-108.
- TELBISZ T.-MARI L.-KOHÁN B.-ČALIC J.* (2007): A szerbiai Miroč-hegység töbreinek térinformatikai és GPS-es terepi vizsgálata – in: *Karsztfejlődés XII.*, Szombathely, p. 71-90.
- TELBISZ T.-MÓGA J.* (2005): Töbr-morfometriai elemzések a Szilicei-fennsík középső részén – *Karsztfejlődés X.*, Szombathely, p. 245-266.
- TELBISZ T.-MÓGA, J.-KÓSIK SZ.* (2006): Töbr-morfometriai elemzések a Szilicei-fennsík délnyugati részén – in: *Karsztfejlődés XI.*, Szombathely, p. 133-152.

VÁLYÚFEJLŐDÉS CSUPASZ LEJTŐKÖN

VERESS MÁRTON¹-ZENTAI ZOLTÁN¹-PÉNTEK KÁLMÁN²-
EÖRY MÓNIKA-MITRE ZOLTÁN

¹Nyugat-magyarországi Egyetem Természettudományi és Műszaki Kar, Természetföldrajzi Tanszék, 9700 Szombathely, Károlyi Gáspár tér 4. vmarton@ttmk.nyme.hu, zzoltan@ttmk.nyme.hu

²Nyugat-magyarországi Egyetem Természettudományi és Műszaki Kar, Matematika Tanszék, 9700 Szombathely, Károlyi Gáspár tér 4. pentek@ttmk.nyme.hu,

Abstract: We investigated the development and increase of rinnenkarren (channels) on slopes with small inclination of a glacier valley in Totes Gebirge. We measured the data of the channels and meanderkarren (width and depth) along profiles constructed in every three metres on the slope. By using those data we calculated several characteristics of the channels (for example specific cross-section area and specific shape). We can distinguish type A channels which have great shape, small cross-section area, and great density and also type B channels which have great cross-section area, small shape and small density. Type A channels develop under rivulets. Since their catchment area is small the discharge of their rivulets decreases fast. Therefore solution takes place in narrower and narrower stripe at the bottom of the channel. Thus the shape of the cross-section of the channel forms a letter V. Later as rivulet development has little chance, the channels increase because of the solution generated by melt water. The melt water is created from the snow filling of the channel. The rivulets of the type B channel have similar width due to their great catchment area. Therefore the walls of the channels are perpendicular to the bottom. Rivulets with great discharge develop in the channel later too. Therefore the channels deepen along their total width. The cross-section of the channels form a U-like shape during this process.

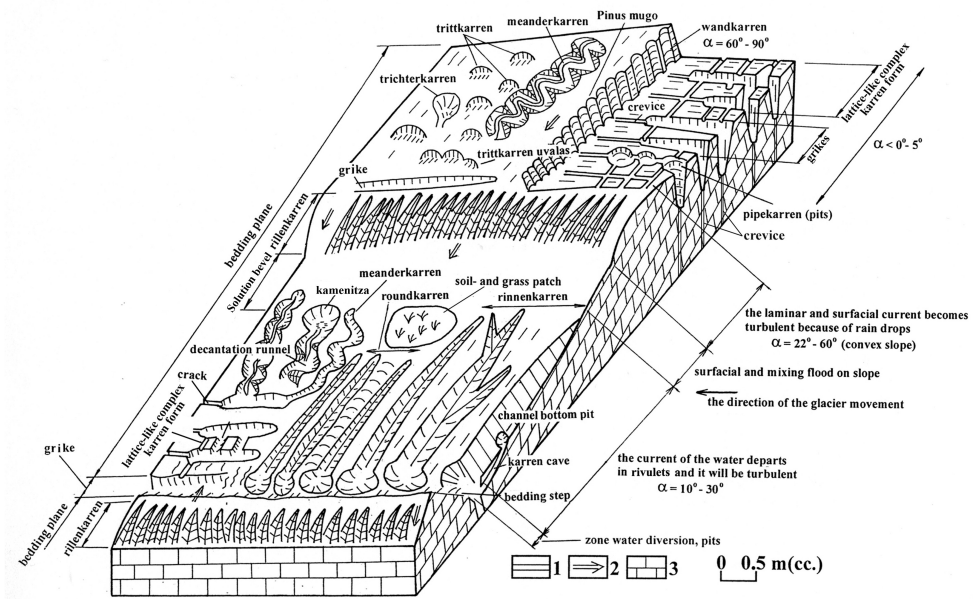
1. Bevezetés

Magashegységi karsztok csupas� lejtőin egyaránt kialakulhatnak szivárgással és vízáramlással karrformák. Szivárgás során képződnek a madáritatók, a hasadékkarrok (rácskarrok), míg vízáramlás során a rillenkarrok, a rinnenkarrok (vályúk), a meanderkarrok, a saroknyomkarrok és a falikarrok. A völgytalpakon és völgyoldalokban réteglépcsők alakultak ki a gleccser pusztítása során. A felsorolt karrformák a falikarrok kivételével a kis dőlésű réteglapos, míg a falikarrok többnyire a nagyobb dőlésű rétegfeyes lejtőkön jönnek létre (1. ábra).

Magashegységek csupas� lejtőinek leggyakoribb formái a rinnenkarrok (vályúk), amelyek lejtésirányban képződött néhány dm-es szélességű és mélységű, néhány m-es hosszúságú csatornák. A csatornák miután zárt formák, nem rendelkeznek felszíni lefolyással (1. kép). A rinnenkarrokat méretül szerint VERESS (1995, 2004) csoportosította. Így



1. kép: Rinnenkarren
Picture 1: Rinnenkarren



1. ábra: Karrenformák magashegységek réteglépcsős térszínein
Jelmagyarázat: 1. törés, 2. lejtő dőlésiránya, 3. mészkő
Fig. 1: Karren forms on cuesta surfaces of high mountains
Legend: 1. joint, 2. dip direction of slope, 3. limestone

elkülönített nagyobb (I. típusú vályú), közepes (II. típusú) és kicsi szélességű és mélységű (III. típusú) vályúkat. A rinnenkarrok a vízágak alatt alakulnak ki (BÖGLI 1960, 1976, TRUDGILL 1985, FORD-WILLIAMS 1989, 2007). A vízágak alatti oldódást okozza, ill. fokozza a vízág vizének turbulens áramlása (TRUDGILL 1985). Kedvez a vályúk kialakulásának az is, ha a csupasz lejtőrész vízága a lejtő felső részét borító törpefenyőfoltról vízutánpótlást kap. Ugyanis a hó CO_2 tartalma MARIKO et al. (1994) mérései szerint meghaladja a levegő CO_2 tartalmát. Ezt azzal magyarázzuk, hogy a hóval elfedett törpefenyőfolt a hó alatt csak disszimilál. Ezért a törpefenyőt fedő hóba ill. a hó olvadékba számottevő mennyiségben kerül CO_2 . Emiatt a vízág vizének oldó hatása ugyancsak megnő. A különböző vályú keresztmetszetek kialakulását a vízág vízhozamok csökkentéséből vezettük le (VERESS 1995, 2003). Így V keresztmetszetű vályúk alakulnak ki, ha a vízágak hozama gyorsan csökken. U keresztmetszetű, ha a vízhozam tartós, majd a hozam csak a vízág létezésének a végén csökken nagymértékben.

VERESS et al. (2007, 2008) egymás szomszédságában elhelyezkedő teljesen csupasz lejtők és törpefenyőfoltos lejtők (ahol a lejtő felső részét borítja törpefenyő) rinnenkarrjait vizsgálta a Totes Gebirgében. A vizsgálatokból az alábbiak állapíthatók meg:

- Törpefenyős lejtőkön a vályúk 1 m-re számított fajlagos keresztmetszet területe (a keresztmetszetet a vályú szélességének és mélységének a szorzata adja) $9,35 \text{ dm}^2/\text{m}$, míg csupasz lejtőkön $3,65 \text{ dm}^2/\text{m}$ (VERESS et al. 2006). A fenti adatok jelzik, hogy a törpefenyős lejtőkön a vályú méretek lényegesen meghaladják a csupasz lejtők vályú méreteit. Ez azzal magyarázható, hogy a törpefenyő foltot borító hóból több CO_2 kerül a vízág vizébe, mint a csupasz lejtőt fedő hóból.

- Vizsgáltuk a vályúk fajlagos keresztmetszet területét (T) és alakját (f) a különböző lejtőosztályokba tartozó lejtők esetében törpefenyős lejtőkön a d és az s függvényében, valamint csupasz lejtőkön a d függvényében (a vályú alakparaméterét, vagy relatív szélességét - a továbbiakban alakját - a vályú szélességének és mélységének a hányadosa képezi, a d a szelvényhely és a lejtő felső pereme közti távolság, az s a törpefenyőfolt szélessége), valamint csupasz lejtőkön a d függvényében. Függvénykapcsolat a fenti paraméterek között csupasz lejtőknél nem mutatható ki, míg törpefenyős lejtőkön igen. Megállapítható, hogy törpefenyős lejtőkön a d és az s növekedésével nő a T és csökken az f értéke (2, 3. ábra). Mindezt úgy értelmezzük, hogy az egyre meredekebb és egyre hosszabb lejtőkön egyre több víz folyik. Ezért nő a vályú keresztmetszet. Az egyre hosszabb lejtőkön, egyre hosszabb ideig folyhat víz (nemcsak a lejtőhossz növekedése miatt, hanem a törpefenyőfolt kiterjedésének növekedése miatt is). Ezért a vályúk egyre mélyebbek lesznek,

miáltal alakjuk egyre csökken. A vályúk paramétereinek fentebb bemutatott változásai a törpefenyős lejtőkön csak vízáramlással értelmezhetők. A vízáramlás viszont – miután a szomszédos vályúk viszonylag távol esnek egymástól – vízágas. Ezért a törpefenyős lejtők vályúi (pontosabban azon vályúk, amelyek vizüket törpefenyőről kapják) vízágak alatt fejlődnek.

Csupasz lejtőkön miután a vályúparaméterek és a d között függvénykapcsolat nem mutatható ki, a vályú kialakulás és fejlődés nem köthető vízágakhoz. A csupasz lejtők vályúinak fejlődését a hódugó modellből vezettük le (VERESS et al. 2008). A modell lényege a következő. A vályúban (amely vízág alatt már létrejött) a hó kitöltés tartósan megmarad. Ugyanis a vályúk közötti térszíneken, amíg a hó elolvad, a vályúban, ahol a napsütés időtartama rövidebb, tartósan megmarad. A hódugó hava lassan olvad, a keletkező hólé a hó és kőzetfal között szivároghatva oldja a forma talpát és oldallejtőit.

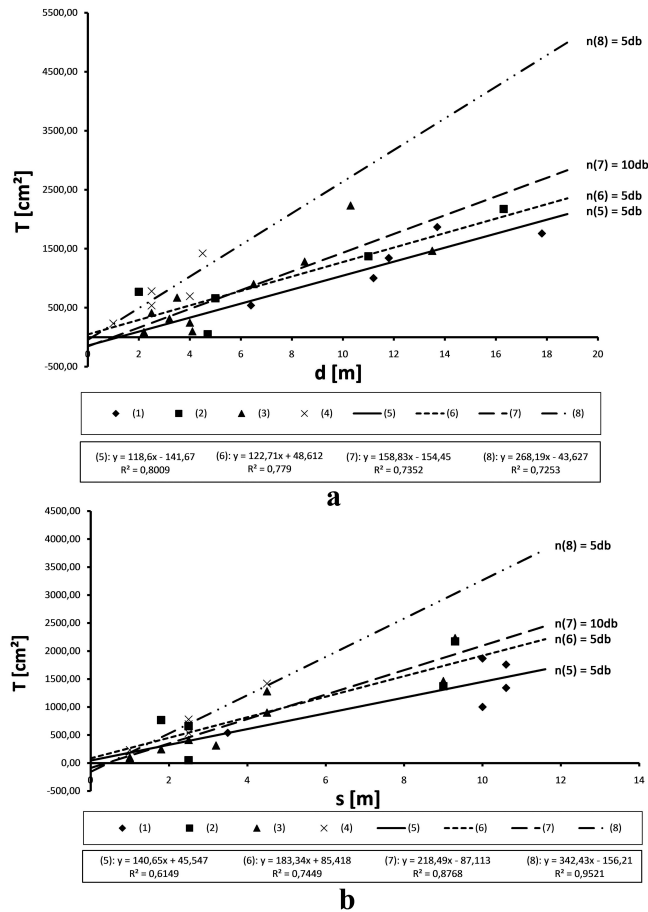
I. táblázat
Table I.

Lejtőszög és vályúsűrűség kapcsolata növénytelen lejtőkön (VERESS et al. 2006)
Relationship between the slope angles and channel density on bare slope (VERESS et al. 2006)

szelvény jele	a lejtő dőlése	vályú sűrűség [db/m]
T-1	12°	0,71
T-16/c	25°	2,27
T-3	28°	3,17
T-16/A	30°	1,48
T-16/B	35°	2,39
T-11	35°	3,17

Méréseink szerint a hordozó csupasz lejtő lejtőszögének növekedésével a vályúsűrűség nő (I. táblázat). Ezért nagy lejtőszögű lejtőkön a nagy vályúsűrűség miatt a vályúk környezetükből egyre kevésbé kaphatnak vizet. Emiatt a szivárgásos vályúfejlődés esélye egyre nagyobb lejtőszögön egyre nagyobb lehet. Kérdés, hogy kisebb dőlésű csupasz hordozó lejtőkön – ahol a vályúk ritkábban fordulnak elő – hogyan alakul a vályúk fejlődése.

A kis dőlésű csupasz lejtők vályúinak fejlődéséhez szükséges adatgyűjtést a Totes Gebirge három nagy kiterjedésű, kis dőlésű csupasz lejtőjén végeztük el (2, 3. kép). A 2007 és 2008. év kutatási helyszíneit I-től VI-ig számozással jelöltük. A fenti számozást folytatva a jelen kutatási hely jelölésére a VII. számot használjuk. Ezek a lejtők a hegység DK-i részén elhelyezkedő É-D-i irányú gleccservölgynek a D-i részén az Elm-csúcs alatt található (4. ábra).



2. ábra: Törpefenyős lejtők egyesített T-d (a) és T-s (b) függvényei (különböző Totes Gebirgei területek adatainak felhasználásával, Veress et al. 2008)

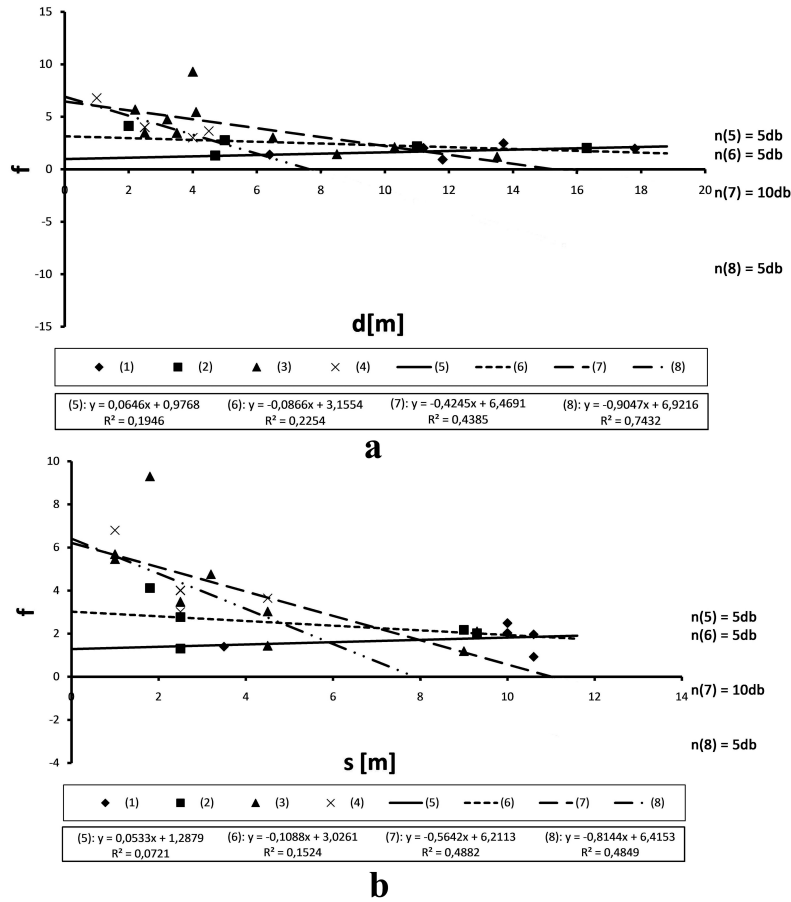
Jelmagyarázat: 1. a 16°-20°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 2. a 31°-35°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 3. a 36°-40°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 4. a 41°-45°-os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 5. a 16°-20°-os lejtőosztályba tartozó lejtők T-d (a) és T-s (b) függvényének grafikonja és egyenlete, 6. a 31°-35°-os lejtőosztályba tartozó lejtők T-d (a) és T-s (b) függvényének grafikonja és egyenlete, 7. a 36°-40°-os lejtőosztályba tartozó lejtők T-d (a) és T-s (b) függvényének grafikonja és egyenlete, 8. a 41°-45°-os lejtőosztályba tartozó lejtők T-d (a) és T-s (b) függvényének grafikonja és egyenlete, T: fajlagos vályú keresztmetszetterület, d: szelvény távolsága a lejtő felső peremétől, s: a törpefenyőfolt szélessége

Megjegyzés: a gyenge függvénykapcsolat oka, hogy az adatfeldolgozásba olyan vályúk is bekerültek, amelyek a csupasz lejtőrészen végződnek el, emiatt törpefenyőről nem kapnak vizet.

Fig. 2: The united T-d (a) and T-s (b) functions of the slopes with *Pinus mugo* (Using the date of various research areas from Totes Gebirge, Veress et al. 2008)

Legend: 1. data points of 16°-20° slope class, 2. data points of 31°-35° slope class, 3. data points of 36°-40° slope class, 4. data points of 41°-45° slope class, 5. graph and shape of T-d (a) and T-s (b) functions of the 16°-20° slope class, 6. graph and shape of T-d (a) and T-s (b) functions of the 31°-35° slope class, 7. graph and shape of T-d (a) and T-s (b) functions of the 36°-40° slope class, 8. graph and shape of T-d (a) and T-s (b) functions of the 41°-45° slope class, T: specific channel cross-section area, d: distance between profile and upper margin of the slope, s: width of *Pinus mugo* patch

Note: The cause of the weak function relationship is that channels which end at the bare slope parts and thus they do not receive water from the *Pinus mugo* patch were also included in our data processing



3. ábra: Törpefenyős lejtők egyesített $f-d$ (a) és $f-s$ (b) függvényei (különböző Totes Gebirgei területek adatainak felhasználásával, Veress et al. 2008)

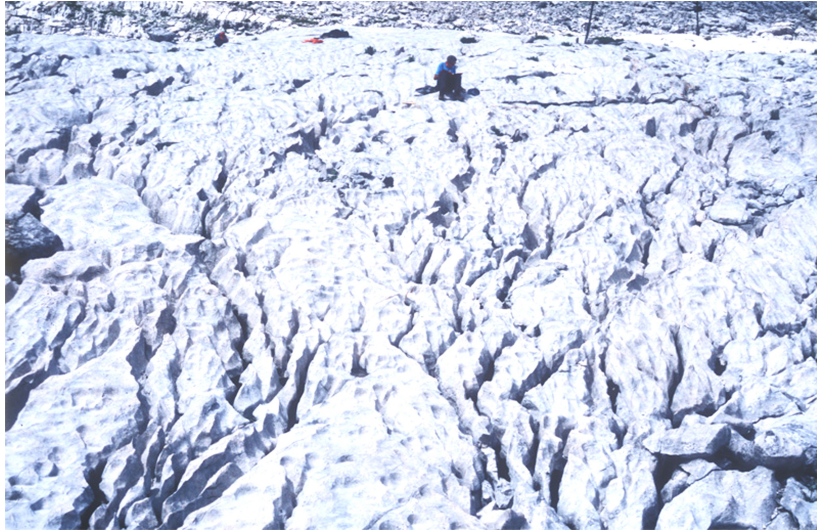
Jelmagyarázat: 1. a $16^\circ-20^\circ$ -os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 2. a $31^\circ-35^\circ$ -os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 3. a $36^\circ-40^\circ$ -os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 4. a $41^\circ-45^\circ$ -os lejtőosztály lejtőinek adatpontjai, 5. a $16^\circ-20^\circ$ -os lejtőosztályba tartozó lejtők $f-d$ (a) és $f-s$ (b) függvényének grafikonja és egyenlete, 6. a $31^\circ-35^\circ$ -os lejtőosztályba tartozó lejtők $f-d$ (a) és $f-s$ (b) függvényének grafikonja és egyenlete, 7. a $36^\circ-40^\circ$ -os lejtőosztályba tartozó lejtők $f-d$ (a) és $f-s$ (b) függvényének grafikonja és egyenlete, 8. a $41^\circ-45^\circ$ -os lejtőosztályba tartozó lejtők $f-d$ (a) és $f-s$ (b) függvényének grafikonja és egyenlete, f: fajlagos vályú alak, d: szelvény távolsága a lejtő felső peremétől, s: törpefenyőfolt szélessége

Megjegyzés: a gyenge függvénykapcsolat oka, hogy az adatfeldolgozásba olyan vályúk is bekerültek, amelyek a csupasz lejtőrészen végződnek el, emiatt törpefenyőről nem kapnak vizet.

Fig. 3: The united $f-d$ (a) and $f-s$ (b) functions of the slopes with *Pinus mugo* (Using the data of various research areas from Totes Gebirge, Veress et al. 2008)

Legend: 1. data points of $16^\circ-20^\circ$ slope class, 2. data points of $31^\circ-35^\circ$ slope class, 3. data points of $36^\circ-40^\circ$ slope class, 4. data points of $41^\circ-45^\circ$ slope class, 5. graph and shape of $f-d$ (a) and $f-s$ (b) functions of the $16^\circ-20^\circ$ slope class, 6. graph and shape of $f-d$ (a) and $f-s$ (b) functions of the $31^\circ-35^\circ$ slope class, 7. graph and shape of $f-d$ (a) and $f-s$ (b) functions of the $36^\circ-40^\circ$ slope class, 8. graph and shape of $f-d$ (a) and $f-s$ (b) functions of the $41^\circ-45^\circ$ slope class, f: specific channel shape, d: distance between profile and upper margin of the slope, s: *Pinus mugo* patch

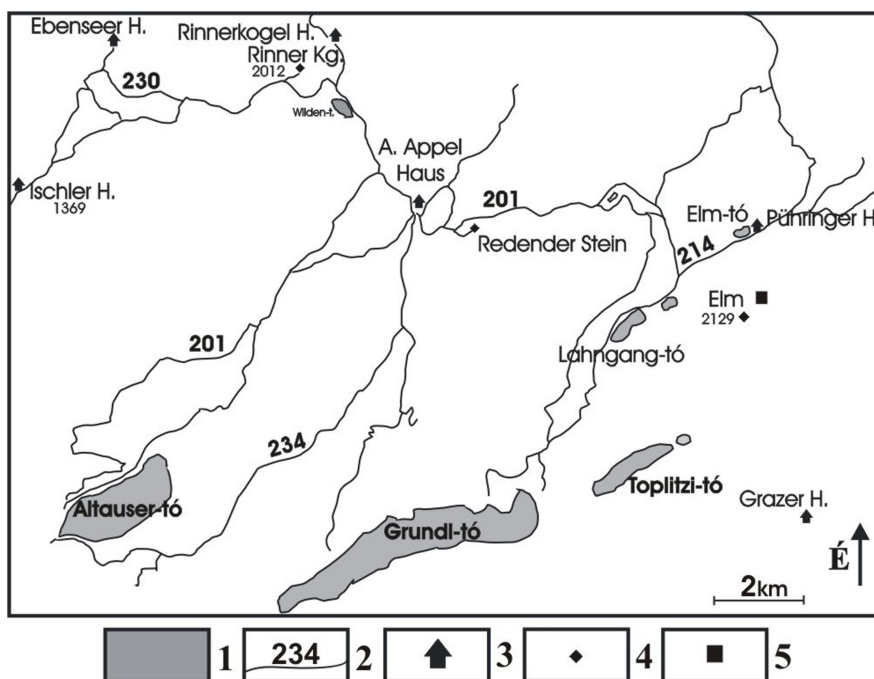
Note: The cause of the weak function relationship is that channels which end at the bare slope parts and thus they do not receive water from the *Pinus mugo* patch were also included in our data processing



2. kép: A VII/1 jelű lejtő
Picture 2: Slope marked VII/1



3. kép: A VII/2 jelű lejtő
Picture 3: Slope marked VII/2

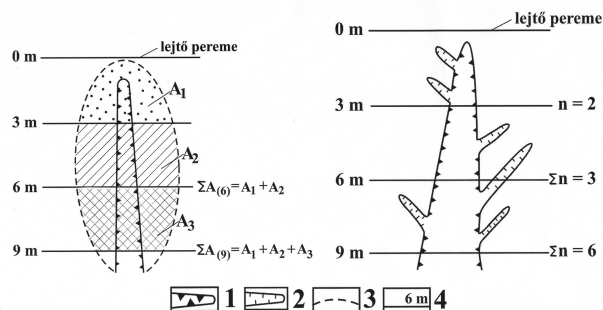


4. ábra: A VII jelű kutatási helyszín a Totes Gebirgében
 Jelmagyarázat: 1. tó, 2. turistaút, 3. turistaház, 4. hegycsúcs, 5. kutatási terület
 Fig. 4: Research area NoVII in Totes Gebirge
 Legend: 1. lake, 2. hiker's track, 3. hiker's hut 4. peak, 5. research area

2. A módszer

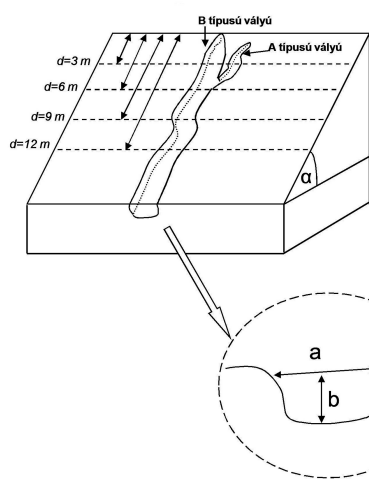
A lejtőkön a szelvényeket 3 m-ként alakítottuk ki (5. ábra). A szelvények mentén mértük a vályúk és meanderkarrok helyét, szélességét, mélységét, irányát, elkülönítettük a vályú típusokat (A és B típusú vályú, ill. meanderkarr). Az A típusú vályúnak ill. meanderkarnak nincs mellékvályúja és oldallejtője lankás (V keresztmetszetű), továbbá a B típusú vályúk mellékvályúi. A B típusú vályúk ill. meanderkarrok mellékvályúkkal rendelkeznek. Mértük a B típusú vályúknak és meanderkarroknak minden egyes szelvény fölé eső részvízgyűjtő területét és mellékvályúinak a számát (5. ábra).

A részvízgyűjtők számítása az alábbi módon történt. A 3 m-es szelvényhely feletti vályúrész vízgyűjtője számítható, ha a szelvény feletti rész vízgyűjtőhossznak (ez a szelvényhely és a vízválasztó közötti távolság a vályú mentén), valamint a vízgyűjtőterületnek a lejtő csapásirányába mért legnagyobb szélességének a szorzatát képezzük. (Bármely két szelvényhely közti részvízgyűjtő a két szelvényhely távolságának és a részvízgyűjtő szélességének a szorzata).



5. ábra: A B típusú vályúk vízgyűjtőinek és mellékvályúinak számítási módja
 Jelmagyarázat: 1. B típusú vályú, 2. A típusú vályú, 3. vízgyűjtő terület határa, 4. szelvényhely
 Fig. 5: Mathematical formula to calculate the catchment areas and tributary channels of type B channels
 Legend: 1. type B channel, 2. type A channel, 3. boundary of catchment area, 4. profile site

Valamely szelvényhely feletti vályú vízgyűjtőjét a szelvényhelyek közti részvízgyűjtők és a 3 m-es szelvényhely feletti részvízgyűjtő összegzésével kapjuk. Valamely szelvényhelyekhez tartozó mellékvályúsám megadható, ha a szelvényhely feletti mellékvályúk számát összegezzük (5. ábra).



6. ábra: A vályúk mért és számított paramétereit
 Fig. 6: Measured and calculated parameters of the channels

Számítottuk (6. ábra) a vályú keresztmetszet területét (F_0), és szelvényenként fajlagos (T) és átlagos keresztmetszet területét (t), a vályúk alakját (f_0) továbbá szelvényenként a vályúk fajlagos alakját (f) és az átlagos alakját

(*I*), valamint szelvényenként a vályú sűrűségét (ρ). Megadtuk szelvényenként a T , a t , az f , az l értékeket az A és B típusú vályúkra külön-külön is. Továbbá számítottuk az egyes lejtők szelvény adataiból képzett T , t , f , l átlagokat a vizsgált lejtők A és B típusú vályúira is (*II*, *III*, *IV*. táblázat).

II. táblázat
Table II.

I/9/1 jelű helyszín szelvény adatai
Line data site of marked I/9/1

A típusú vályú és meanderkarr								B típusú vályú és meanderkarr					
d	α	n	ρ	T	t	f	l	n	ρ	T	t	f	l
0 m	10°	4,0	0,3	33,7	135,0	0,5	2,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3 m	22°	20,0	1,3	4,2	3,3	2,5	2,0	7,0	0,4	438,0	1002,7	0,4	0,9
6 m	17°	41,0	2,5	185,3	72,3	6,6	2,6	7,0	0,4	415,9	950,7	0,7	1,5
9 m	15°	43,0	2,6	235,6	87,6	5,6	2,1	5,0	0,3	298,5	955,3	0,3	1,1
12 m	15°	31,0	1,9	244,1	126,0	3,5	1,8	6,0	0,3	413,0	1101,4	0,4	1,0
15 m	15°	28,0	2,0	254,7	145,5	2,8	1,6	8,0	0,5	676,9	1353,8	0,5	0,9
18 m	13°	24,0	1,5	190,6	127,0	2,9	1,9	10,0	0,6	260,5	416,9	0,5	0,7
21 m	23°	28,0	1,8	180,6	103,2	3,0	1,7	8,0	0,5	389,8	779,6	0,3	0,7
24 m	18°	8,0	0,5	83,2	166,3	0,7	1,4	6,0	0,3	161,6	431,1	0,4	1,1
27 m	19°	19,0	1,2	125,0	105,3	2,4	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
átlag:		24,6	1,6	153,7	107,2	3,1	1,9	5,7	0,3	305,4	699,2	0,4	0,8

d: a lejtő pereme és a szelvény helye közötti távolság, α : lejtőszög, *n*: vályúszám, ρ : vályúsűrűség, *T*: a vályúk fajlagos keresztmetszet területe, *t*: a vályúk átlagos vályúkeresztmetszet területe, *f*: a vályúk fajlagos alakja, *l*: a vályúk átlagos alakja

d: distance between the upper margin of the slope and line place, α : slope angle, *n*: channel number, ρ : channel density, *T*: specific cross-section area of the channel, *t*: average cross-section area of the channel, *f*: specific shape of the channel, *l*: average shape of the channel

III. táblázat
Table III.

I/9/2 jelű helyszín szelvény adatai
Line data of site marked I/9/2

A típusú vályú és meanderkarr								B típusú vályú és meanderkarr					
d	α	n	ρ	T	t	f	l	n	ρ	T	t	f	l
0 m	18°	7,0	0,8	57,2	73,6	1,6	2,1	3,0	0,3	129,0	387,0	0,5	1,6
3 m	13°	7,0	0,7	91,9	118,1	1,1	1,5	7,0	0,7	345,8	444,7	0,9	1,2
6 m	10°	9,0	1,0	69,6	69,6	2,6	2,6	3,0	0,3	201,6	605,0	0,4	1,2
9 m	14°	9,0	1,0	112,8	112,8	2,6	2,6	2,0	0,2	133,3	600,0	0,2	1,2
12 m	20°	11,0	1,2	75,8	62,0	3,6	3,0	5,0	0,5	259,0	466,2	0,4	0,8
15 m	20°	17,0	1,9	114,4	60,5	4,7	2,5	2,0	0,2	26,1	117,5	0,2	0,9
18 m	20°	13,0	1,4	175,4	121,5	2,6	1,8	3,0	0,3	131,7	395,3	0,3	1,0
21 m	12°	5,0	0,6	55,0	99,0	0,4	2,2	4,0	0,4	154,4	347,5	0,1	0,8
átlag:		9,8	1,1	94,0	89,6	2,4	2,3	3,6	0,4	172,6	420,4	0,4	1,1

d: a lejtő pereme és a szelvény helye közötti távolság, α : lejtőszög, *n*: vályúszám, ρ : vályúsűrűség, *T*: a vályúk fajlagos keresztmetszet területe, *t*: a vályúk átlagos vályúkeresztmetszet területe, *f*: a vályúk fajlagos alakja, *l*: a vályúk átlagos alakja

d: distance between the upper margin of the slope and line place, α : slope angle, *n*: channel number, ρ : channel density, *T*: specific cross-section area of the channel, *t*: average cross-section area of the channel, *f*: specific shape of the channel, *l*: average shape of the channel

IV. táblázat
Table IV.

I/9/3 jelű helyszín szelvény adatai
Line data of site marked I/9/3

A típusú vályú és meanderkarr								B típusú vályú és meanderkarr					
d	α	n	ρ	T	t	f	l	n	ρ	T	t	f	l
0 m	26°	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3 m	22°	8,0	0,9	67,2	75,6	1,5	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6 m	16°	21,0	2,3	81,6	35,0	7,2	3,1	6,0	0,7	250,7	376,1	0,6	1,1
9 m	16°	19,0	2,1	206,7	97,9	5,7	2,7	4,0	0,4	68,3	17,0	0,6	1,3
12 m	16°	12,0	1,3	138,5	103,9	2,8	2,1	4,0	0,4	146,6	330,0	0,4	0,8
15 m	16°	11,0	1,2	110,1	90,0	2,0	1,6	6,0	0,6	632,1	948,1	0,3	0,4
átlag		11,8	1,3	100,7	67,1	3,2	1,9	3,3	0,4	183,0	278,5	0,3	0,6

d: a lejtő pereme és a szelvény helye közötti távolság, α : lejtőszög, *n*: vályúszám, ρ : vályúsűrűség, *T*: a vályúk fajlagos keresztmetszet területe, *t*: a vályúk átlagos vályúkeresztmetszet területe, *f*: a vályúk fajlagos alakja, *l*: a vályúk átlagos alakja

d: distance between the upper margin of the slope and line place, α : slope angle, *n*: channel number, ρ : channel density, *T*: specific cross-section area of the channel, *t*: average cross-section area of the channel, *f*: specific shape of the channel, *l*: average shape of the channel

3. Az A és B típusú vályúk paramétereinek összehasonlítása

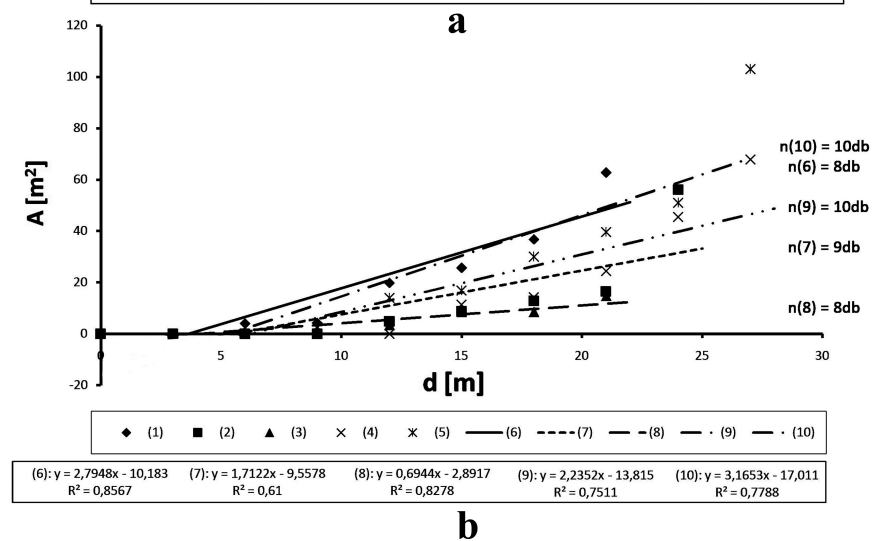
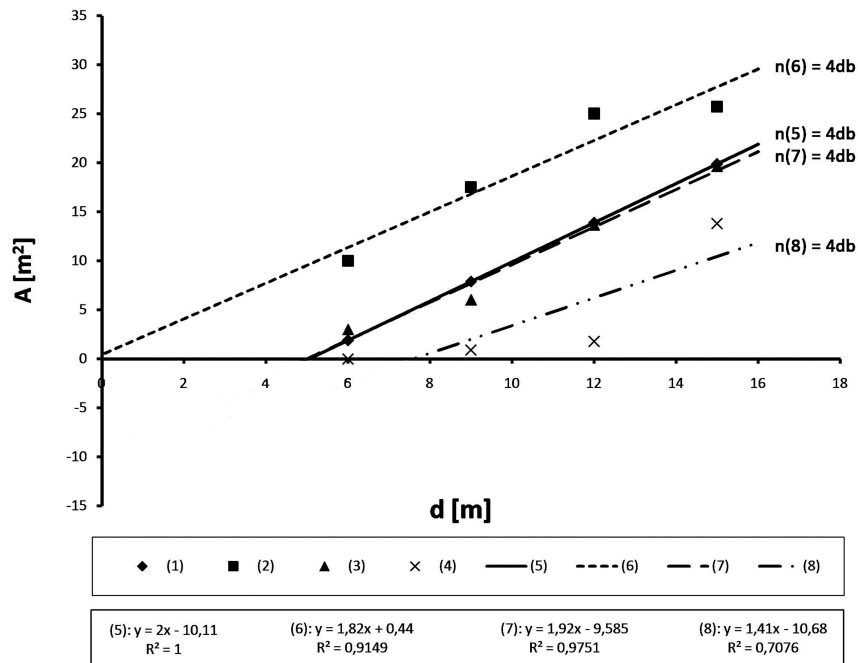
Megállapítható, hogy az A típusú vályúk száma és sűrűsége nagy. Bár e vályútípusnál vízgyűjtőterület meghatározására nem került sor, nagy sűrűségük miatt az A típusú vályúk vízgyűjtője csak kicsi lehet. E vályúk fajlagos (T) és átlagos (t) vályúkeresztmetszet területei mind szelvényenként, mind lejtőnként is kicsik. Ugyanakkor a fajlagos (f) ill. átlagos vályúalakjuk (l) nagy (*II, III, IV táblázat*). Tehát szélességükhöz képest kevésbé mélyek.

A B típusú vályúk száma és sűrűsége kicsi, vízgyűjtő területük nagy. Fajlagos (T) és átlagos (t) vályúkeresztmetszetük nagy, fajlagos (f) és átlagos alakjuk (l) kicsi. Tehát szélességükhöz képest viszonylag mélyek (*II, III, IV. táblázat*). Megállapítható az is, hogy vízgyűjtő területük a d függvényében, valamint mellékvályúiknak a száma a d és a vízgyűjtő terület függvényében nő (*7, 8, 9. ábra*).

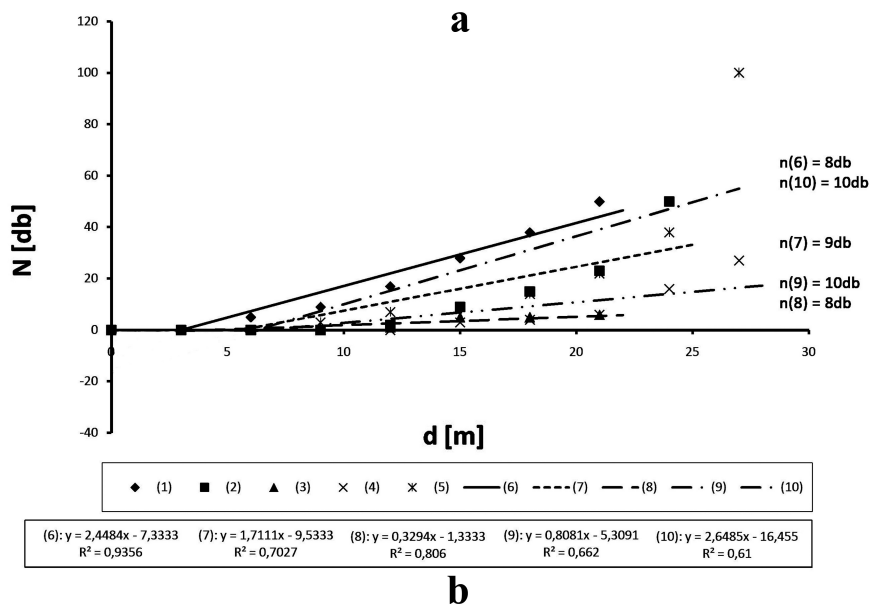
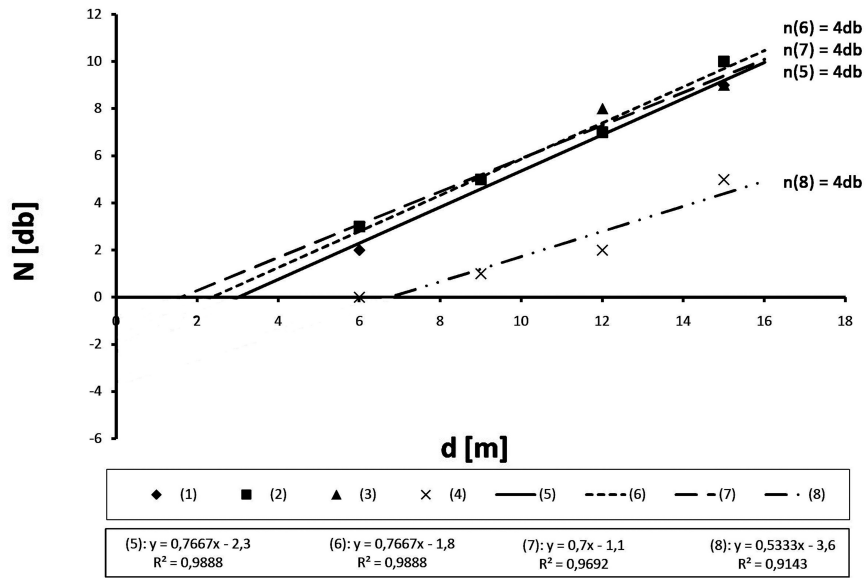
Az A típusú vályúk kicsi keresztmetszete a kicsi vízgyűjtőjükre vezethető vissza. Környezetükből kevés vizet kapnak. Nagy alakjuk úgy magyarázható, hogy mind a talpukon, mind az oldalfalukon oldódva növekednek. Ez a fajta növekedés csak hó kitöltés esetén lehetséges. A hó dugóból keletkező hólé a vályú minden részét oldja. Az A típusú vályú többnyire önhasonló módon növekszik. (Nem mindig nő ilyen módon, ugyanis ha a hó kitöltése elolvad, akkor talpán végigfolyó vízág alatt oldódva elsősorban mélyül).

A B típusú vályúk nagy keresztmetszete nagy vízgyűjtő területükkel magyarázható. Ez egyúttal azt is bizonyítja, hogy a B típusú vályú elsősorban vízág által fejlődik. A vízgyűjtőjén elolvadó hó mellékvályúikon keresztül a vályúkba kerül.

A B típusú vályúk vízágas fejlődését bizonyítja továbbá az is, hogy az egyes vályúk keresztmetszet-területe a d függvényében nő (*10. ábra*). Ugyanis a vályúk egyre alsóbb részeibe egyre több víz kerül. A vízágas fejlődést bizonyítja az is, hogy a vályúalak a d függvényében csökken (*11. ábra*). A csökkenés oka, hogy valamely vályú egyre alsóbb szakaszaiban a vízág egyre hosszabb élettartamú miután az egyre nagyobb vízgyűjtőről vizet kapó vízág egyre hosszabb ideig létezhet. Így a vízág vize, amely elsősorban a vályú talpát oldja egyre hosszabb ideig oldhat. Emiatt az alsóbb helyzetű vályútalp szakaszok nagyobb mértékben mélyülnek, mint a felsőbbek.



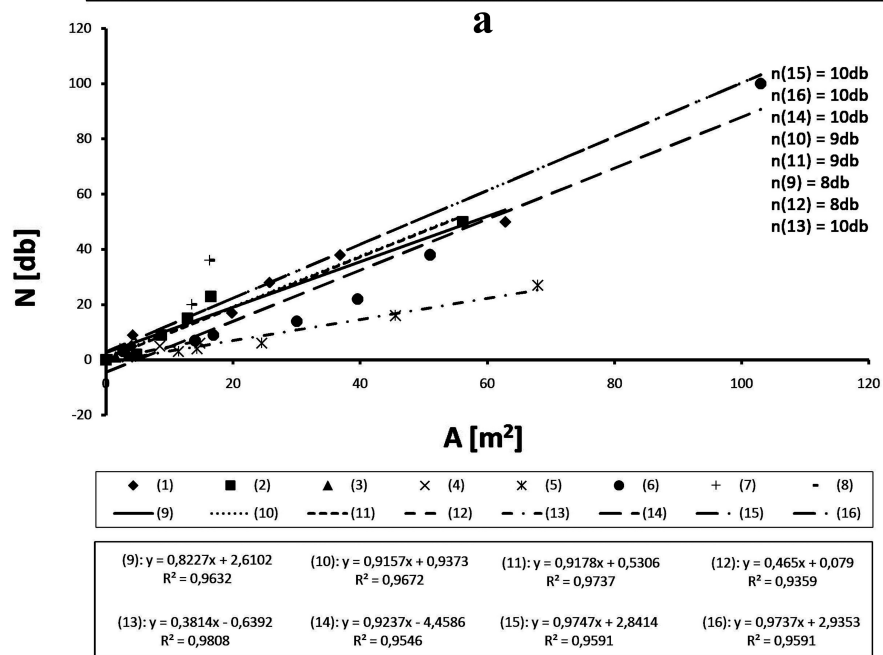
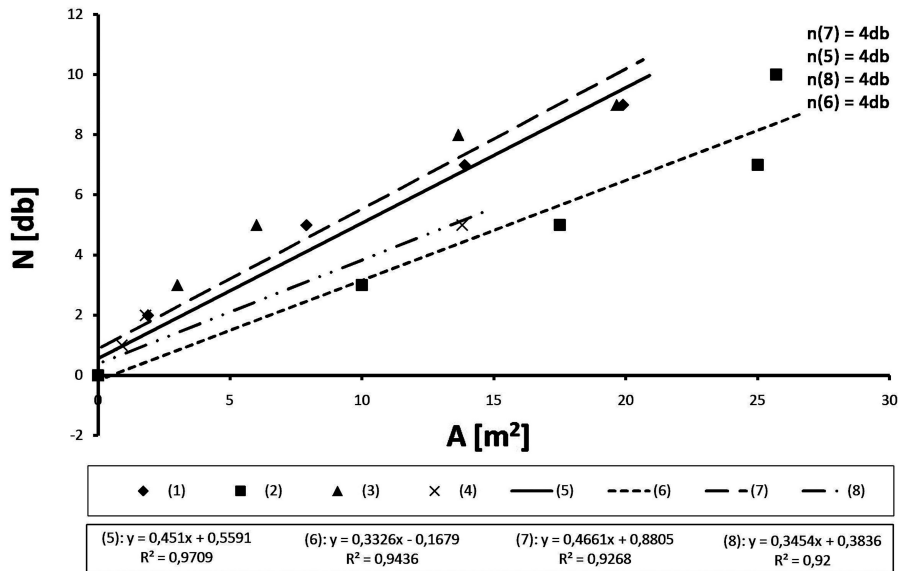
7. ábra: Az A és a d közötti függvénykapcsolat a VII/3 jelű terület (a) és a VII/1 jelű terület (b) néhány B típusú vályújánál
 Jelmagyarázat: A: vízgyűjtőterület, d: a szelvényhely és a lejtő felső pereme közti távolság, 1-4. (a), 1-5. (b) különböző vályúk adatpontjai, 5-8. (a), 6-10. (b) a különböző vályúk grafikonjai és egyenletei
 Fig. 7: Functional relationship between the A and the d parameters of a few type B channels on slope marked VII/3 (a) and slope marked VII/1 (b)
 Legend: A: catchment area, d: distance between profile site and the upper margin of the slope
 1-4 (a), 1-5 (b) data points of various channels, 5-8 (a), 6-10 (b) graphs and functions of the various channels



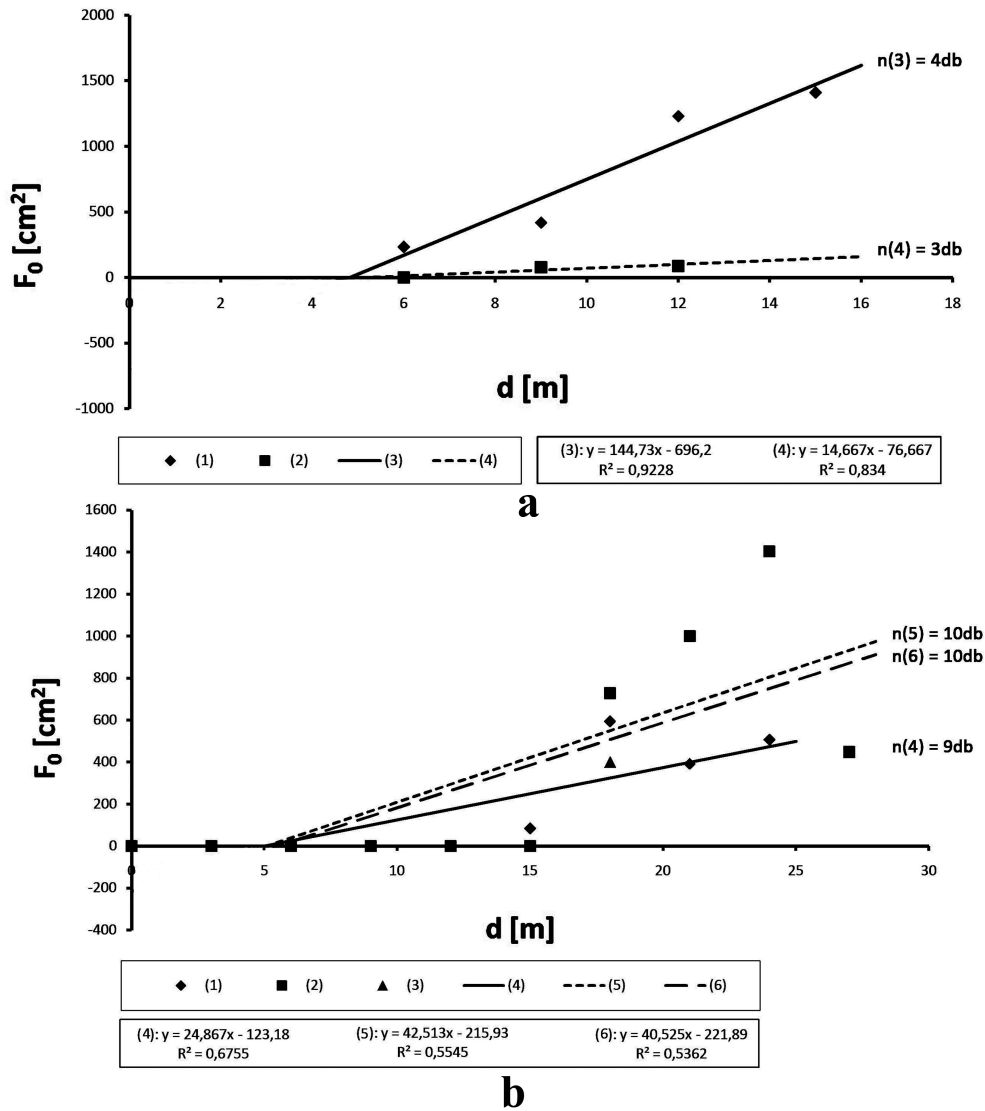
8. ábra: Az N és d közti függvénykapcsolat a VII/3 jelű (a) és a VII/1 jelű (b) terület néhány B típusú vályujánál
Jelmagyarázat: N : az A típusú vályúk száma, d : a szelvényhely és a lejtő felső pereme közti távolság, 1-4 (a), 1-5 (b) vályúk adatpontjai, 5-8 (a) 6-10 (b) a különböző vályúk grafikonjai és egyenletei.

Fig. 8: Functional relationship between the N and the d parameters of a few type B channels on slope marked VII/3 (a) and on slope marked VII/1 (b)

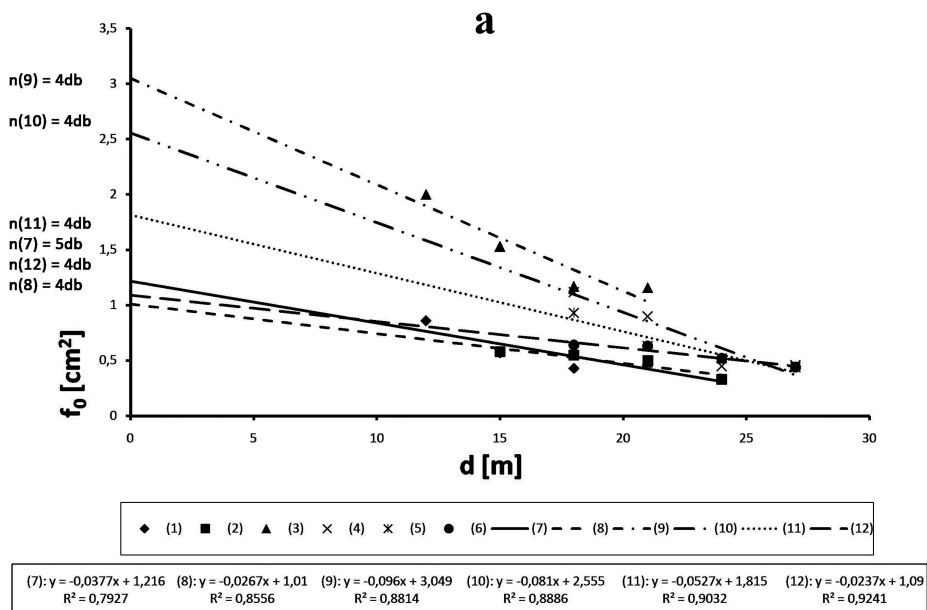
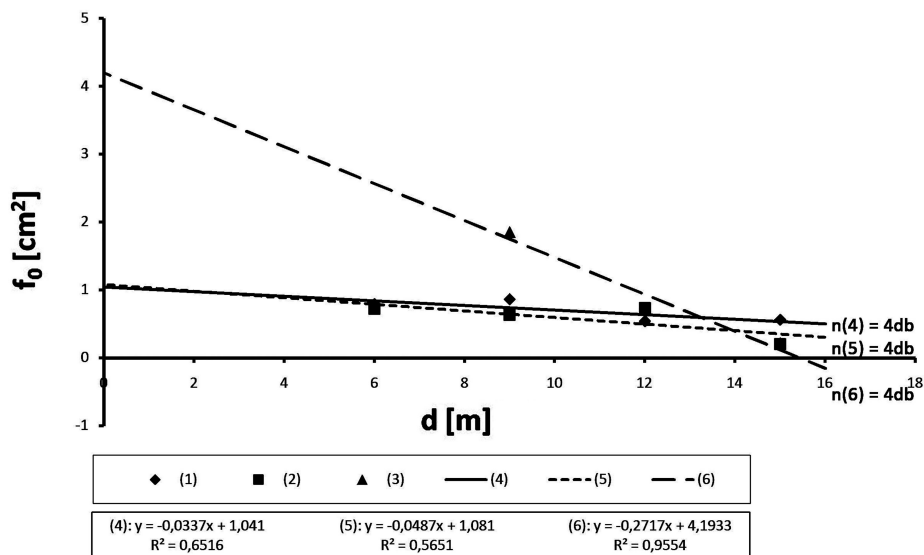
Legend: N : number of type A channels, d : distance between the profile site and the upper margin of the slope 1-4 (a), 1-5 (b) data points of the various channels, 5-8 (a), 6-10 (b) graphs and functions of the various channels



9. ábra: Az N és A közötti függvénykapcsolat a VII/3 jelű (a) és a VII/1 jelű (b) területek B típusú vályúinál
 Jelmagyarázat: N : az A típusú vályúk száma, A : a B típusú vályúk vízgyűjtő területének nagysága, 1-4 (a), 1-8 (b) különböző vályúk adatpontjai, 5-8 (a) 9-16 (b) a különböző vályúk grafikonjai és egyenletei
 Fig. 9: Functional relationship between the parameters of N and the A of a few type B channels on slopes marked VII/3 (a) and on slope marked VII/1 (b)
 Legend: N : number of type A channels, A : size of catchment area of type B channels, 1-4 (a), 1-8 (b) data points of the various channels, 5-8 (a), 9-16 (b) graphs and functions of the various channels



10. ábra: Az F_0 és a d közötti függvénykapcsolat a VII/3 jelű (a) és a VII/1 jelű (b) területek néhány B típusú vályújánál, F_0 : B típusú vályú keresztmetszet területe, d : a szelvényhely és a lejtő felső pereme közti távolság, 1-2 (a), 1-3 (b) különböző vályúk adatpontjai 3-4 (a) 4-6 (b) a különböző vályúk grafikonjai és egyenletei
 Fig. 10: Functional relationship between the F_0 and the d parameters of a few type B channels on slope marked VII/3 (a) and on slope marked VII/1 (b)
 Legend: F_0 : cross-section area of type B channel, d : distance between profile site and the upper margin of slope 1-2 (a), 1-3 (b) data points of the various channels, 3-4 (a), 4-6 (b) graphs and functions of the various channels



b

11. ábra: Az f_o és a d közötti függvénykapcsolat a VII/3 jelű (a) és a VII/1 jelű (b) terület néhány B típusú vályújánál

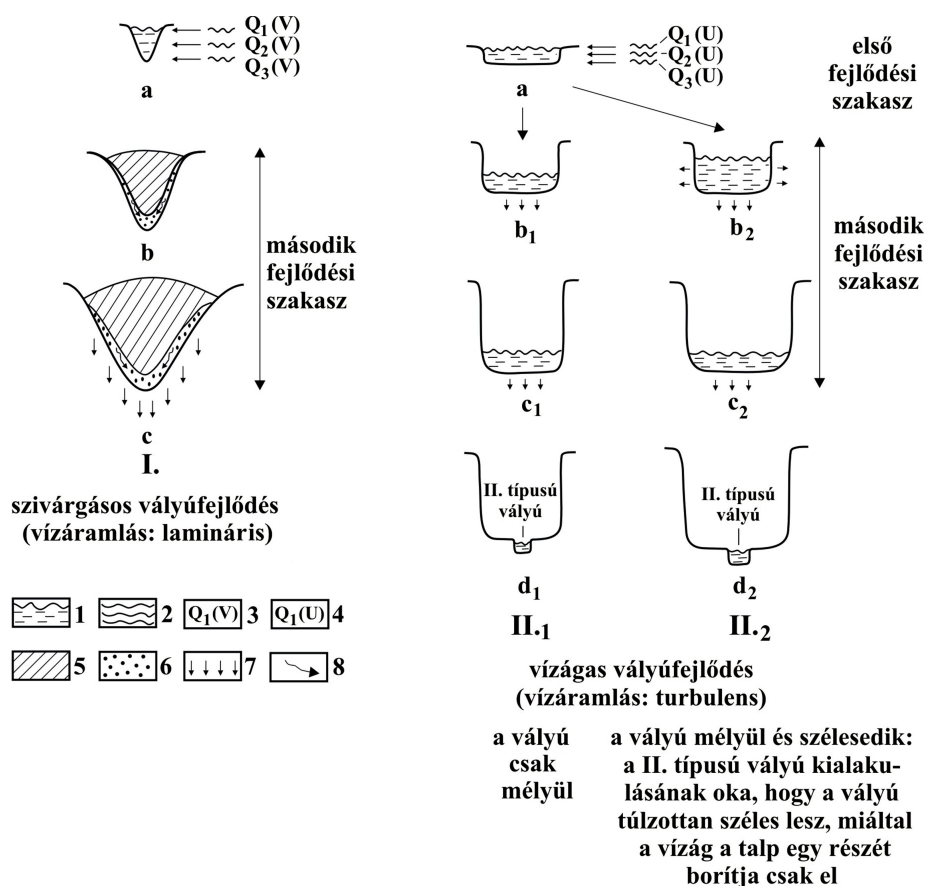
Jelmagyarázat: f_o : a B típusú vályú alakja, d : a szelvényhely és a lejtő felső pereme közti távolság, 1-3 (a), 1-6 (b) különböző vályúk adatpontjai, 4-6 (a) 7-12 (b) a különböző vályúk grafikonjai és egyenletei

Fig. 11: Functional relationship between the f_o and the d parameters of a few type B channels on slopes marked VII/3 (a) and on slope marked VII/1 (b)

Legend: f_o : shape of type B channel, d : distance between profile place and the upper margin of the slope 1-3 (a), 1-6 (b) data points of the various channels, 4-6 (a), 7-12 (b) graphs and functions of the various channels

4. Vályúfejlődés kis dőlésű csupasz lejtőkön

A vályúk és meanderkarok kialakulása vízág alatt kezdődik (12a. ábra). A vályú keresztmetszetét a vízág hozama határozza meg. Akkor, ha a vízág hozama gyorsan csökken, a vízág szélessége is gyorsan csökken. Az egymásután kialakuló vízágak V keresztmetszetű vályút alakítanak ki. A fentiek miatt V keresztmetszetű vályúk azok a vályúk lesznek, amelyeknek a vízgyűjtő területe kicsi.



12. ábra: Vályúfejlődés csupasz, kis dőlésű lejtőkön

Jelmagyarázat: 1. vízág, 2. vízág szintjei, 3. V alakú vályú vízhozama különböző időpontokban, 4. U alakú vályú vízhozama különböző időpontokban, 5. hó, 6. hólé, 7. oldódás, 8. olvadékvíz szivárgása, I. szivárgásos vályúfejlődés, II₁. vízágas fejlődés a vályú szélesség növekedése nélkül, II₂. vízágas fejlődés a vályú szélesség növekedésével

Fig. 12: Development of channel on bare slopes with small dips

Legend: 1. rivulet, 2. water levels of rivulet, 3. discharge of shape V channel in various time, 4. discharge of shape U channel indifferent time, 5. snow, 6. melt water, 7. solution, 8. percolating of melt water, I. channel development due to percolating, II₁. channel development due to rivulet, without the increasing of the channel width, II₂. development due to rivulet with the increasing of the channel width

A V keresztmetszetű (A típusú) vályúk és meanderkarok fejlődésük során kevés, ill. egyre kevesebb vizet kapnak. Ugyanis hó kitöltésük miatt a víz nem juthat a vályúba, továbbá újabb vályúk alakulhatnak ki, így a vályúk vízgyűjtői egyre kisebbek lesznek. A vályúk fejlődésének második szakaszában a szivárgásos fejlődés lesz egyre inkább a meghatározó (*12b-c ábra*). A vízszivárgás a hó kitöltés és a vályú fala közt történik. Utánpótlását az olvadó hó kitöltés biztosítja. Az így keletkező vízbevonat (vízfilm) változó vastagságú. Vastagsága függ az olvadás intenzitásától, a hőmérséklettől, a hó vastagságától. Valószínűleg a vályú talpa felé a vízfilm vastagsága nő. Valószínű az is, hogy egy-egy oldódási periódus kezdetén nem egységes, hanem ez a jellege csak fokozatosan alakul ki. Áramlási módja miután áramlási sebessége és vastagsága kicsi, feltehetően lamináris.

Szivárgásos fejlődésnél, miután a vályú oldalfalai és talpa is oldódik, a vályú keresztmetszet területe nő. Alakja nem változik, miután a vályú lejtői és talpai hasonló mértékben pusztulnak. Ezáltal szélesedése és mélyülése ugyanakkora. A vályú keresztmetszet alakja sem változik. Ugyanis a vályúoldalak minden részükön hasonló mértékben oldódnak.

A hó elolvadását követően a vályúban, ha rövid időre is vízág is kialakulhat. A vízág főleg a vályú talpát oldja. Ekkor a vályú főleg mélyül, a vályú alakja növekedése során csökkenhet. (Ha a vályúban vízág nem jön létre, az alak nem változik.) A vízágas fejlődés miatt változatos V keresztmetszet alakok jöhetnek létre az egyes vályúknál, sőt ugyanazon vályú különböző szakaszain is. Ugyanis a vízágas fejlődés miatt a vályú nagyobb mértékben mélyül, mint szélesedik. Emiatt a vályúoldal meredeksége a vízágak létezésének idejétől függ. Minél hosszabb ideig léteznek a vízágak, a vályúoldalak annál meredekebbek lesznek. Ily módon egyre keskenyebb V keresztmetszet alakú vályúk formálódhatnak az egyre hosszabb ideig létező vízágaknak köszönhetően.

A B típusú vályúk és meanderkarok fejlődésük kezdetén széles, függőleges alakúak lesznek. Ugyanis a kialakuló vízág hozama létezése során a nagy vízgyűjtő miatt nem csökken. A B típusú vályúk növekedése is főleg vízág alatt történik. A vízágas fejlődésük akkor megy végbe, amikor a hó kitöltésük elolvad. A B típusú vályú fejlődése kétféleképpen történhet. Akkor, ha a vízág vízhozama számottevően nem nagy, a vályú nem szélesedik, hanem csak mélyül (*12c₁ ábra*). A vályú keresztmetszete U alakú lesz, mélyülése miatt alakja csökken. Ha vízhozama tartósan nagy, a vályú oldala is oldódik. A vályú nem csak mélyül, hanem szélesedik is. Ilyenkor a vályú keresztmetszet területe nő, alakja nem, vagy kis mértékben csökken (*12c₂ ábra*).

II. típusú vályúk is kialakulhatnak a B típusú vályú talpán. Ez bekövetkezhet akkor, ha a mellékvályúkon keresztül beérkező vízből a vályútalpon kis szélességű vízág alakul ki (*12d₁. ábra*). Kialakulhat akkor is II. típusú vályú, ha a B típusú vályúban nagy vízhozamú vízág alakul ki. Ekkor, mint említettük, a vályú nem csak mélyül, hanem szélesedik is (*12c₂. ábra*). A széles vályútalpon a vályú kisebb hozamú vízága is létrehozhat II. típusú vályút, mivel előfordulhat, hogy a vályú szélesedése következtében a vízága a talp egészét már nem képes teljes egészében kitölteni (*12d₂. ábra*).

5. Következtetések

Csupasz, kis dőlésű lejtőkön a vályú és valószínűleg a meanderkarok fejlődése is vízágas és szivárgásos lehet. A B típusú vályúk ill. B típusú meanderkarok kialakulásában és fejlődésében is a vízágas fejlődés a meghatározó. Az A típusú vályúk ill. A típusú meanderkarok vízág alatt alakulnak ki, növekedésük azonban szivárgás során történik.

Az, hogy adott vályú milyen módon fejlődik, függ a vályú vízgyűjtő területének a nagyságától. Ez utóbbit viszont egy lejtőn a vályúsűrűség határozza meg.

Vízágas fejlődésre (B típusú vályúk kialakulására) akkor van lehetőség, ha egy lejtő vályúinak kialakulása különböző időpontokban történik. A legkorábban kialakuló néhány vályúnak nagy lesz a vízgyűjtője, majd ezt követően a később egyre nagyobb számban kialakuló vályúk már csak kis vízgyűjtővel fognak rendelkezni. Emiatt fejlődésük szivárgással történik.

Miután nagy dőlésű lejtőkön az A típusú vályúk az uralkodóak, megállapítható, hogy az ilyen lejtőkön a különböző vályúk kialakulása időben nem különül el, hanem közel egy időben történik.

IRODALOM

- BÖGLI, A. (1960): Kalklösung und Karrenbildung – Zeit. f. Geomorph. N. E. Supl. 2. p. 4-21.
- BÖGLI, A. (1976): Die Wichtigsten Karrenformen der Kalkalpen - In: Karst Processes and Relevant Landforms. ISU Commission on Karst Denudation, Ljubljana p. 141-149.
- FORD, D. C. - WILLIAMS, P. W. (1989): Karst Geomorphology and Hydrology - Unwin Hyman, London, 601 p.
- FORD, D. C. - WILLIAMS, P. W. (2007): Karst Hydrogeology and Geomorphology – John Wiley & Sons, Ltd. 561 p.

- MARIKO, S.-BEKKU, Y.-KOIZUMI, H.* (1994): Efflux of carbon dioxide from snow covered forest floors - Ecological Research, 9. p. 343-350.
- TRUDGILL, S. T.* (1985): Limestone geomorphology - Longman, New York, 196 p.
- VERESS M.* (1995): Karros folyamatok és formák rendszerezése Totes Gebirge-i példák alapján – Karsztfejlődés I. (Totes Gebirge karrjai), Pauz Kiadó, Szombathely, p. 7-30.
- VERESS M.* (2003): A karrok – Akadémiai dokt. értekezés, Szombathely, 365 p.
- VERESS M.* (2004): A karszt – BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, 215 p.
- VERESS M.-DEÁK GY.-CZÖPEK I.* (2006): Növényfolt alatti és növényzetmentes lejtők karrosodásának összehasonlítása Totes Gebirgei példák alapján – Karsztfejlődés XI. BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, p. 81-103.
- VERESS M.-PÉNTEK K.-CZÖPEK I.-ZENTAI Z.-DEÁK GY.-MITRE Z.* (2007): Adatok a Totes-Gebirgei lejtők karrosodásához - Karsztfejlődés XII. BDF Természetföldrajzi Tanszék, p. 137-152.
- VERESS, M.-PÉNTEK, K.-ZENTAI, Z.-MITRE, Z.* (2008): Development of rinnenkarren on bare slopes and on slopes with dwarfpine - Geographical studies of the University of West Hungary, University of West Hungary, Faculty of Sciences, Szombathely, p. 52-68

DOLOMITTÉRSZÍNEK KARROS FELSZÍNFEJLŐDÉSÉNEK NÁHÁNY TÍPUSA

RYBÁR OLIVÉR

Nyugat-magyarországi Egyetem, Földrajz- és Környezettudományi Intézet,
Természetföldrajz Tanszék, 9700 Szombathely, Károlyi Gáspár tér 4.
roliver@citromail.hu

Abstract: There are two types of karren formation related surface development on dolomites, as follows. The first type belongs to the surface development of the valley slopes, which is divided into three subtypes based on the location of beds. The first subtype is the Schichtfugenkarren, which is formed by the collapse of the horizontal beds in the slopes. Compared to the first subtype, the weathering process of oblique bedding plays a key role in the formation of the Schichtfugenkarren in the second subtype. The third subtype corresponds to the overhanging karren formation, in which the dolomite beds are horizontally arranged and the Schichtfugenkarren were formed in the crack karren indicating the overhanging karren formation in the slopes of the valley. The second type is the karst development of the blocks, which should be subdivided into two subtypes based on their position to each other, as follows. The first subtype is related to karren formation of escarpment, in which kamenitsa, fissure karren, split karren, notch and plants can play role in the surface development. The other type is related to beds, which are affected by the infiltration of water. As a conclusion, the position and thickness of dolomite beds may influence the formation of valley slopes, geomorphology (i.e., size of the steps).

1. Bevezetés

Vizsgáljuk, hogy a dolomiton kialakuló karros formák, hogyan hatnak a dolomit térszínek fejlődésére. Továbbá az egyes karrformák milyen módon járulnak hozzá a felszín pusztulásához, illetve a völgyoldalak morfológiája, hogyan hat a dolomit karrosodására.

A dolomit korróziójával az irodalmi adatok szerint számos szerző foglalkozott (JAKUCS 1971a,b, CAYENUX 1935, MÁNDY 1954, VERESS 2004), míg a kőzet sajátos aprózódását a „murvásodást” SZABÓ 2000b, JAKUCS 1971a, NAGY 1979, SCHERF 1922, JAKUCS 1950, KERÉKES 1941, SCHEUER 1969, SZABÓ 1998, VERESS – SZABÓ 2000 vizsgálták. A dolomit karrosodását eddig kevés kutató kutatta. Így említhető pl. PLUHAR – FORD (1970) és SZABÓ L. (2000a) VERESS (2003). Jelen dolgozat a különböző karros formák részletes leírására nem tér ki.

2. A vizsgált területek

Kutatási területeink a Veszprém-Várpalotai fennsíkon helyezkednek el amelyek, két helyszínen Hajmáskér térségében és a Veszprém melletti Tekeres-

völgyben található (1. ábra). A területek fő felépítő kőzetét túlnyomórészt triász dolomitok alkotják, melyek a Fődolomit formációba ($^f T_3$), illetve a Budaörsi dolomit formációba ($^{b^o} T_{2,3}$) és annak Kádártai dolomit tagozatába ($^{b^o}_k T_3$) tartoznak. Előző késő-karni-nori korú, míg utóbbi ladini-korai-karni korú (MÁFI Magyarország fedett földtani térképe). A Veszprém és környékének triász képződményekre vonatkozó első földtani leírás BÖCKH (1872) nevéhez fűződik. Veszprém és környéke területén végzett geológiai vizsgálatokat LACZKÓ (1911), KUTASSY (1930,1933), SZENTES (1945-47), VÉGH-NÉ (1952), VÉGH (1964), ORAVECZ (1963a,b), KOMLÓSSY (1967), JUGOVICS (1964) E. FAZEKAS (1943) és BADINSZKY (1973a,b).



1. ábra: Kutatási területek, 1. Tekerés-völgy 2. Hajmáskér
Fig. 1. Research area: 1. Tekerés-valley 2. Hajmáskér

A Hajmáskéri térséget magába foglaló terület a Keleti-Bakony D-i pereméhez kapcsolódó, nagyjából 180-200 m tszf-i magasságú, kisformákban gazdag, enyhén hullámos alacsony fennsík, amelyet PÉCSI (1997) Jutas-Hajmáskér-Inotai hegylábfelszínnek nevez. A területen eddig a dolomit karrodását és felszínfejlődését SZABÓ (1998, 2000a, 2000b) vizsgálta.

A másik általunk vizsgált terület a Veszprémtől nyugatra elhelyezkedő, veszprémi körgyűrű mellett nyíló Tekerés-völgy. A völgy Nemesvámostól 2 km-re nyugatra kezdődik és a Csátár-hegy DK-i lábánál a Sas-hegy előtt torkollik a veszprémi Séd-völgybe. A területről morfológiai leírását CHOLNOKY (1938) készítette el.

3. Módszerek

Számba vettük a sziklatömbökön és a Tekeres-völgy völgyoldalának karrformáit. A képződményekről szelvényvázlatokat készítettünk (Tekeres-völgy) és síkrajzot készítettünk (Hajmáskér). Elemeztük a kőzet rétegzettségét, a völgyoldalakat és karrformák kapcsolatát.

4. A dolomit felszínfejlődése

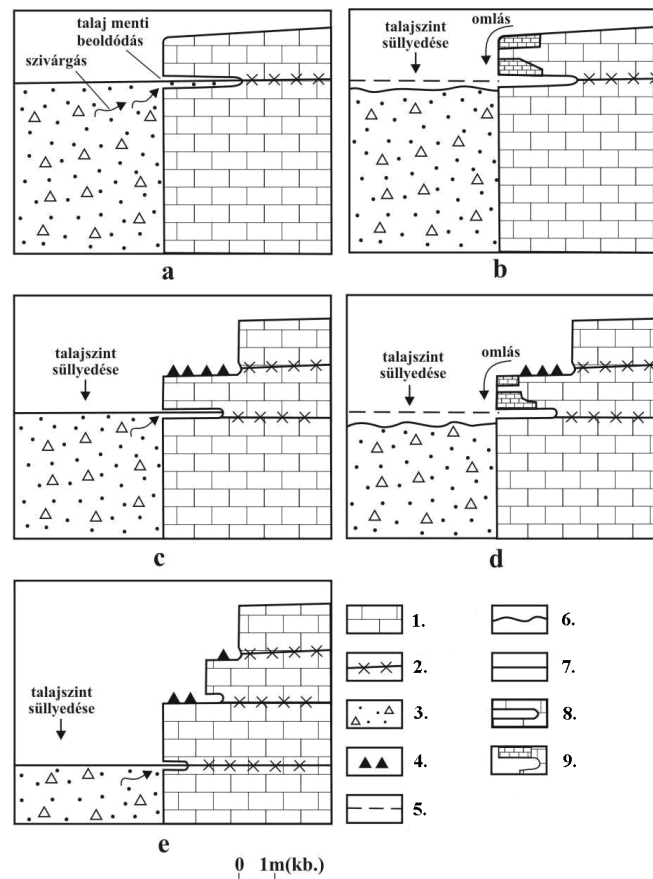
Irodalmi adatok szerint a dolomiton az alábbi karrformák fordulnak elő: embrionális medence, gyűszükarr, réskarr, szinlőkarr, madáritató, hasadékkarr, karrbarlang, sziklahíd, árokkarr, (SZABÓ 2000a, PLUHAR –FORD 1970) réteghézagkarr, rillenkarr, falikarr réteghézagkarr, kürtőkarr (RYBÁR 2008).

A vizsgált területeken megfigyeléseim szerint, a dolomit felszínfejlődése szempontjából az alábbi formák a meghatározóak: a völgyoldalokban réteghézagkarr, míg a kötömbökön madáritató, réskarr, hasadékkarr, gyűszükarr, karrbarlang, kürtő és szinlőkarr.

4.1. A Tekeres-völgyi példák alapján a dolomit völgy lejtőinek fejlődése karrosodás által

Ez lehet a réteghézagkarros lejtőfejlődés, ekkor a völgyoldal talajelborításánál réteghézagkarrok alakulnak ki. A réteghézagkarrok kialakulása a felszíni, ill. talaj szintjében végbemenő oldódásra vezethető vissza. Az oldódás réteglapok mentén történik. Feltétele, hogy a rétegek vízszintesen települtek legyenek. A sziklafalakon e formák a tartósabban létező talajszintek mentén jönnek létre (2/a ábra). Miután a felszín és talaj vizei a réteglapok mentén a kőzetbe szivárognak, a réteghézagkarrok egyre szélesednek és mélyülnek. A talajszint süllyedése után a már kialakult karrformák inaktívvá válnak (2/b ábra), és az újabb talajszintben újabb réteghézagkarrok képződnek (2/c ábra). Az inaktív réteghézagkarr feletti kőzet leomlik. A réteghézagkarros sziklafal kialakulásának feltétele, hogy a talajszint ugyanabban a magasságban hosszabb ideig megmaradjon, majd a talajos felszín később lepusztuljon. A réteghézagkarrok felett az omlások megismétlődhetnek. A legkorábban kialakult tehát legfelső réteghézagkarr feletti kőzet omladozása lesz a legkiterjedtebb (2/d ábra). Ezáltal a völgylejtő lépcsős lesz (2/e ábra). A lépcsők nagyméretűek, akár 1-1,5 m nagyságúak is lehetnek. Ugyanis minél vastagabban rétegzett a dolomit a lépcsők annál nagyobbak lesznek. A völgy további fejlődése a réteglépcsők pusztulása által történik. Ha a réteg-

hézagkarrok feletti rétegek nem omlanak le, a rétegfejek oldódásával a lépcsők ellankásodnak. A lépcsős felszín fokozatosan ferde, sík felületté formálódik. Ez a ferde lejtő talajelborítást kap. A már nem függőleges völgyoldalban a lejtőleöblítés is elkezdődik. A Tekerés-völgyben ezen felszínfejlődés különböző fázisai figyelhetők meg (1. kép). Egyes helyeken a sziklafal még réteghézagkarrokkal tagolt más helyeken már réteglépcsők sem figyelhetők meg, hanem ferde lejtők.



2. ábra: Réteghézagkarros lejtőfejlődés

Jelmagyarázat: 1. dolomit, 2. réteglap, 3. murvás talaj, 4. omladék, 5. talajelborítás egykori szintje, 6. lassan süllyedő felszín, 7. stabilizálódott felszín, 8. réteghézagkarr, 9. felmurvásodott rész

Fig. 2. Slope development controlled by Schichtfugenkarren

Legend: 1. dolomite, 2. bedding plane, 3. rubble soil, 4. debris, 5. the previous level of the soil, 6. slow denudation surface, 7. stable surface, 8. Schichtfugenkarren, 9. rubble part

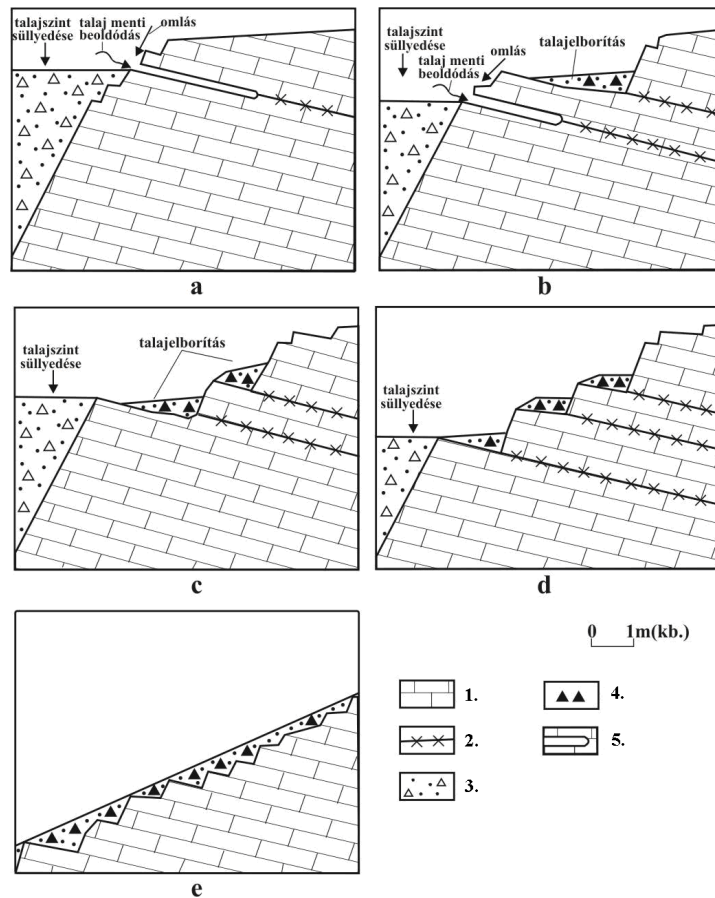


1. kép: Réteghézagkarros lejtőfejlődés során kialakult lépcsős lejtő
 Picture 1. Slope development controlled by Schichtfugenkarren resulting step-like slope

A rétegek lehetnek ferde helyzetűek is (a rétegek akár a völgy felé is dőlhetnek). Ez esetben is réteghézagkarrok alakulnak ki (3/a ábra), viszont ezek a formák már a kőzet belseje felé dőlnek. Ilyenkor a folyamatos oldás a jellemző. Ez esetben a karrosodásnak nem feltétele a talajszint stabilizálódás (3/b ábra). A réteghézagkarrok felett a kőzet omladozik, ill. a rétegfejek oldódnak. A folyamatos süllyedés miatt kisebb méretű lépcsők jönnek létre (3/c ábra), különösen akkor, ha a dolomit vékonyabban rétegzett (3/d ábra). Egyes helyeken a talajosodás és murvaképződés miatt a kisméretű lépcsők elfedődnek (3/e ábra). A lépcsők a talajelborítás alatt is felismerhetők (2. kép).



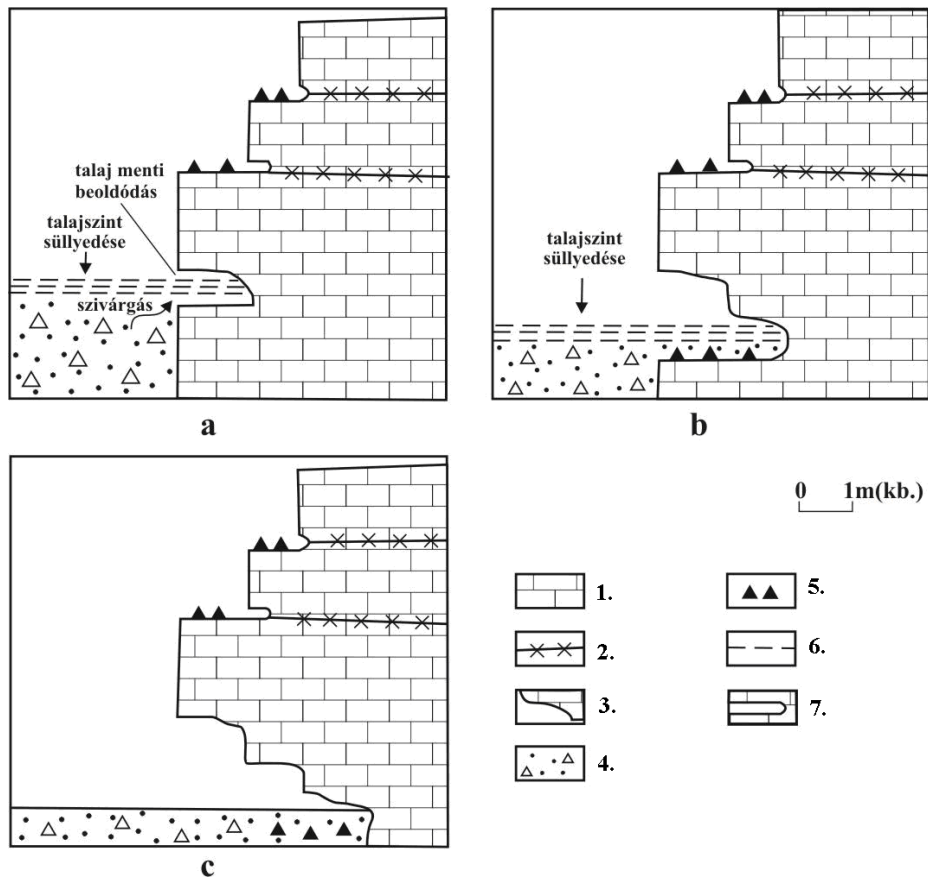
2. kép: Ferdehelyzetű réteghézagkarros lejtő talajelborítás után
 Picture 2. Slope development controlled by oblique Schichtfugenkarren following the soil layer



3. ábra: Lejtőfejlődés, ha a réteghézagkarrok ferde helyzetűek
 Jelmagyarázat: 1. dolomit, 2. réteglap, 3. murvás talaj, 4. omladék, 5. réteghézagkarrok
 Fig. 3. Slope development, when the Schichtfugenkarrens are oblique
 Legend: 1. dolomite, 2. bedding plane, 3. rubble soil, 4. debris, 5. Schichtfugenkarren

A felszínfejlődés harmadik típusát képviseli az aláhajló falú völgy-lejtők. Ekkor a talajos felszín kis mértékben süllyed, de hosszú ideig közel ugyanabban a magasságban lesz. A süllyedés során nő a talaj kiterjedése, ugyanis a talaj a nagyméretű réteghézagkarrok belsejében is kifejlődik (4/a ábra). A több víz és CO₂ nagyobb mértékű oldást eredményez, ezáltal a réteghézagkarrok színlové formálódhatnak. A dolomitfal aláhajló lesz (4/b ábra). Az aláhajló fal kialakulásában szerepe lehetett Tekerés-patak egykori álmosó tevékenységének is. Ebben az esetben a dolomit rétegek vastagsága a forma kialakulását nem befolyásolja. Viszont meghatározza a színlő magasságát. Ha a kőzet vastagon rétegzett, akkor nagyobb méretű színlő alakul ki

(4/c ábra). A sziklafalakon az egykori elborítások szintje is megfigyelhető (3. kép).

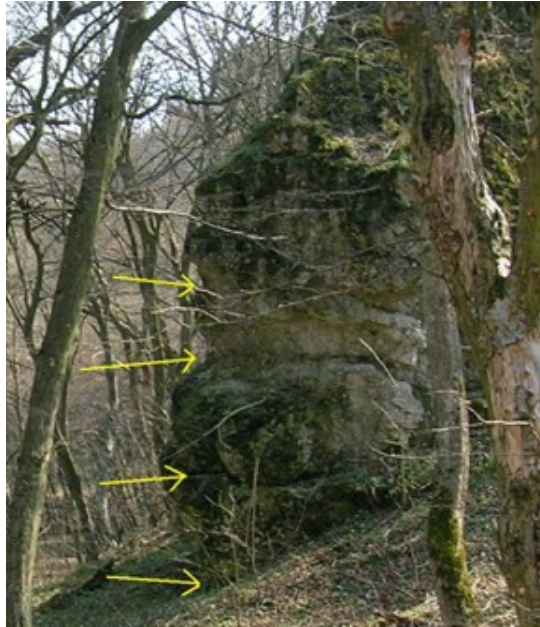


4. ábra: Aláhajló falú lejtő fejlődése

Jelmagyarázat: 1. dolomit, 2. réteglap, 3. aláhajló fal, 4. murvás talaj, 5. omladék, 6. talajelborítás szintje, 7. réteghézagkarr

Fig. 4. Development of overhanging-wall slope in a valley

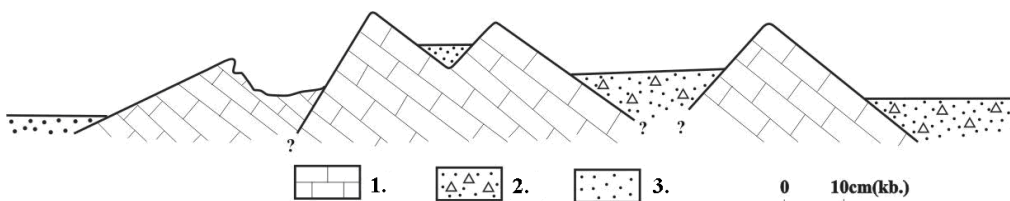
Legend: 1. dolomite, 2. bedding plane, 3. rubble soil, 4. rubble soil, 5. debris, 6. level of the soil, 7. Schichtfugenkarren



3. kép: Aláhajló falú lejtő (a nyilak az egykori talajelborítás szintjét mutatják)
 Picture 3. An overhanging-wall slope in a valley (arrows correspond to the previous level of the soil)

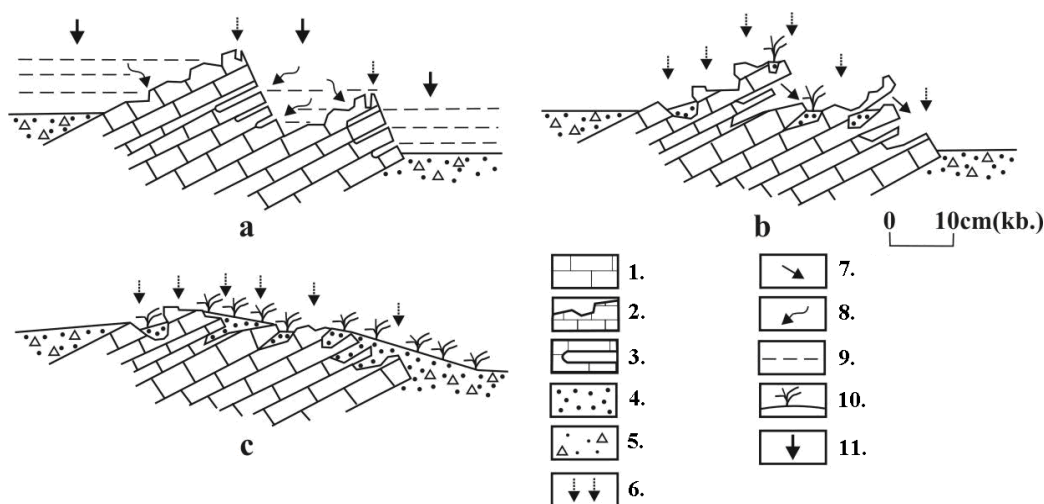
4.2. A dolomit kőtömbök felszínfejlődése Hajmáskéri példák alapján

E térszíneken is több felszínfejlődés különíthető el, amelyet elsősorban a dolomit rétegek térbeli helyzete szab meg. Így a rétegek lehetne 0-90°-os dőlésűek, 90°-os dőlésűek és vízszintesek.



5. ábra: Példa kisdőlésű rétegfejes sziklatömbről és környezetéről
 Jelmagyarázat: 1. dolomit, 2. murvás talaj, 3. talaj
 Fig. 5. An example on the low-inclination beds in the block and its surroundings
 Legend: 1. dolomite, 2. rubble soil, 3. soil

Ha a rétegek 0-90° közötti helyzetűek (5. ábra), a rétegfejekon réteg-hézagkarrok, a réteglapokon pedig különböző karrformák pl. madáritató, rés-karr, hasadék-karr, gyűszűkarr stb. fejlődik ki. Ezen karrformák kialakulása talajelborítás alatt és annak szintjében történik (6/a ábra). A talajlepusztulás után a karrformák a csapadék és a megtelepedő pionír növényzet hatására továbbfejlődnek (6/b ábra). E szakaszban az omlás is végbemegy. Később összetett karrformák is megjelennek pl. összetett madáritatók, karrbarlangok, sziklahidak, stb (6/b ábra). A karrformák mélyülnek, szélesednek, a réteglapok alacsonyodnak, a rétegfejek leomlanak. A magasabb rendű növények is megtelepednek (6/c ábra). A végső fázisban a rétegfejek már nem felismerhetők a sziklakibúvás teljesen elfedődik, vagy törmelék halom marad a helyén.



6. ábra: Kisdőlésű rétegfejes sziklatömb fejlődése

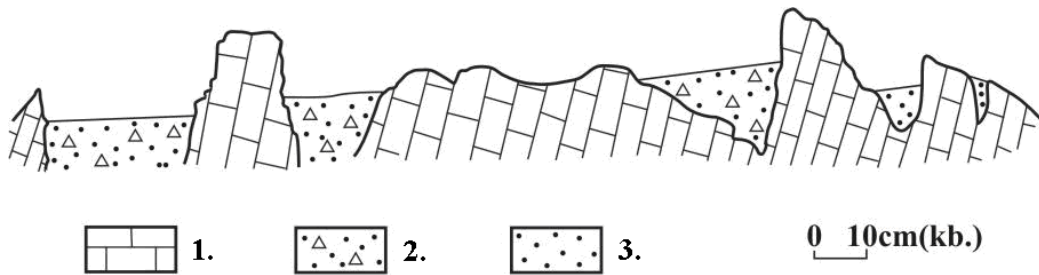
Jelmagyarázat: 1. dolomit, 2. karrformák, 3. réteghézagkarr, 4. talaj, 5. murvás talaj, 6. csapadék, 7. omlás, 8. talajmenti szivárgás, 9. ideiglenes talajszint, 10. növényzet, 11. talajszint süllyedés

Fig. 6. Development of the low-inclination block

Legend: 1. dolomite, 2. karren forms, 3. Schichtfugenkarren, 4. soil, 5. rubble soil, 6. precipitation, 7. breakdown, 8. water percolating along the soil, 9. temporary level of the soil, 10. plants, 11 level of the soil layer denudation

Ha a rétegek függőleges helyzetűek (7. ábra) a réteglapok mentén megnő a szivárgás és rés- majd hasadékkarrok alakulnak ki (8/a ábra). A kőtömbök peremlein szinlők jönnek létre. A formák továbbfejlődnek és ez által a kőtömb részekre különül. E részeket kicsi éles rétegfejes gerincek tagolják (8/b ábra). E fejlődési szakaszban a leggyakoribb formák pl. hasadék-karrok, rés-karrok, kürtők, madáritatók stb. A kőtömb további fejlődésében a növényzetnek és talajnak van szerepe. A már kialakult formák tovább nőnek és összekapcsolódnak. Összetett karrformák jelennek meg (8/c ábra),

a kőtömb lealacsonyodik. Végző fázisban a formákat teljesen talaj tölti ki, a karrosodás, ezután talaj alatt folytatódhat (8/d ábra).

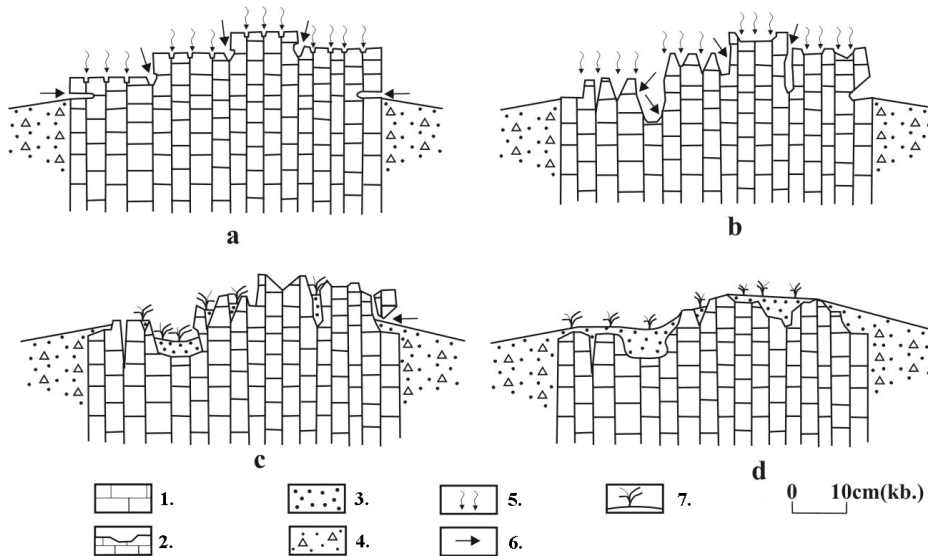


7. ábra: Példa függőleges helyzetű rétegekből álló sziklatömbről és környezetéről

Jelmagyarázat: 1. dolomit, 2. murvás talaj, 3. talaj

Fig. 7. An example on the vertically-situated beds in the block and its surroundings

Legend: 1. dolomite, 2. rubble soil, 3. soil



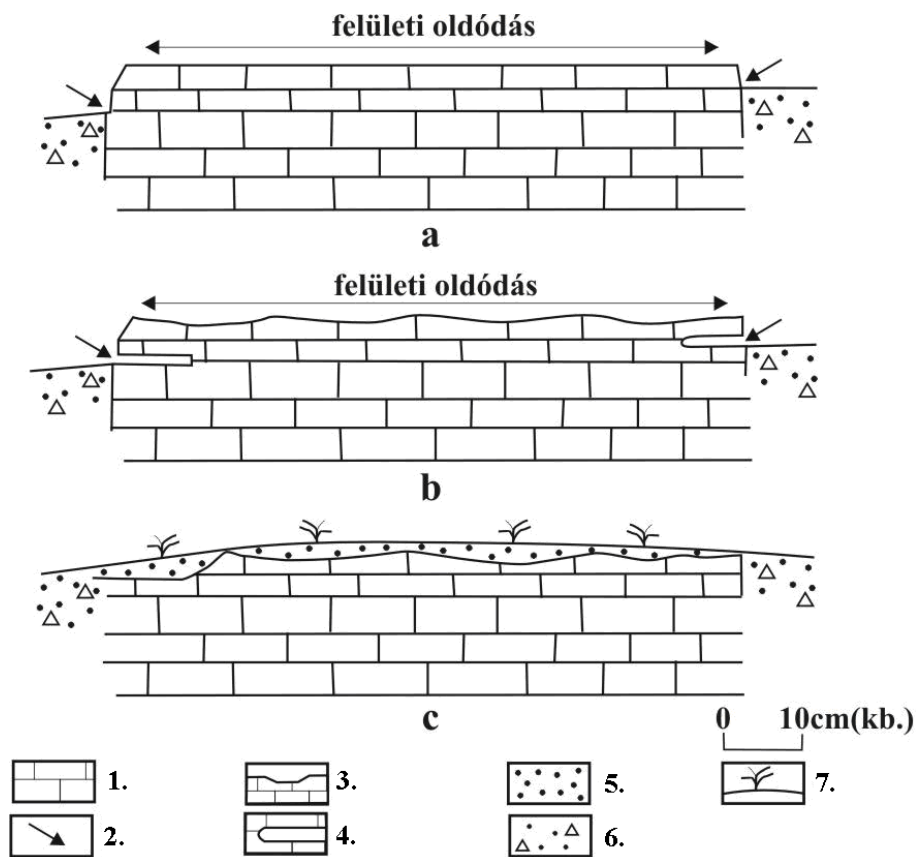
8. ábra: Függőleges helyzetű rétegekből álló sziklatömb fejlődése

Jelmagyarázat: 1. dolomit, 2. karrformák, 3. talaj, 4. murvás talaj, 5. szivárgás, oldás, 6. oldás iránya, 7. növényzet

Fig. 8. Development of the vertically-situated beds in the block

Legend: 1. dolomite, 2. karren forms, 3. soil, 4. rubble soil, 5. percolating, solution, 6. direction of solution, 7. plants

Ha a rétegek közel vízszintes helyzetűek (kb. 0-10°) akkor a felületei oldás a jellemző. A sziklatömb egységesen pusztul, alacsonyodik (9/a ábra). Általában sekély nagyméretű formák jönnek létre pl. embrionális medence, mádaritató (4. kép). A kőtömb oldalról is fogy, a kialakuló szinlőkarrok, majd a szinlőkarrok feletti kőzet leomlása által (9/b ábra). Itt is a végső stádiumban a talajelborítás jelenik meg. A növényzet azonban itt telepedik meg a legkésőbb (9/c ábra).



9. ábra Vízszintes helyzetű rétegekből álló sziklatömb felszínfejlődése
Jelmagyarázat: 1. dolomit, 2. szivárgás, oldás, 3. karrformák, 4. réteghézagkarr, 5. talaj, 6. murvás talaj, 7. növényzet

Fig. 9. Development of the horizontally-situated beds in the block
Legend: 1. dolomite, 2. percolating, solution, 3. karren forms, 4. Schichtfugenkarren, 5. soil, 6. rubble soil, 7. plants



4. kép: Vízszintes helyzetű rétegekből álló sziklatömb karros formái
Picture 4. Karren formations of the horizontally-situated beds in the block

5. Következtetések

A dolomiton különböző karrosodáshoz köthető felszínfejlődési típusokat különítettünk el. A völgyoldalokban a rétegek helyzete szerint három változat különböztettünk meg. Így a réteghézagkarros lejtőfejlődést, amikor a dolomit rétegek vízszintes helyzetűek, réteghézagkarrok alakulnak ki, majd omlással fejlődik tovább a lejtő. Másik változat a ferdehelyzetű réteghézagkarros lejtőfejlődés, ekkor a dolomit rétegei dőltek, réteghézagkarrok alakulnak ki illetve a réteglejtők oldódnak. Végül a harmadik változat az aláhajló falu lejtő fejlődés, ahol a dolomit rétegei vízszintesek, a réteghézagkarrok színlővé formálódnak és aláhajló falu völgyoldalak jönnek létre. A felszínfejlődés másik típusa a kőtömbök felszínfejlődése, ahol elkülönítettünk réteglejtők – kisdőlésű és függőleges helyzetű – illetve réteglejtők felszínfejlődési típusát is. A réteglejtők felszínfejlődésben különböző karrformák (madáritató, réskarr, hasadékkarr, színlőkarr stb.) vesznek részt és fontos szerepe van a növényzetnek. Míg a réteglejtők felszínfejlődésben a felületi leoldódás a meghatározó.

A dolomit rétegeinek helyzete és a rétegek vastagsága befolyásolja a völgyoldal kialakulását, morfológiáját pl. lépcsők méretét.

IRODALOM

- BADINSZKY, P.* (1973a): Újabb őslénytani és földtani megfigyelések a veszprémi karni képződmények rétegsorában, - A Veszprém megyei múzeumok közleményei 12. p. 43-51.
- BADINSZKY, P.* (1973b): A Veszprém környéki felsőkarni földolomit üledékföldtani vizsgálata. - A Veszprém megyei múzeumok közleményei 12. p. 53-72.
- BÖCKH, J.* (1872): A Bakony déli részének földtani viszonyai (I. rész), A Magyar Királyi Földtani Intézet Évkönyve, II. kötet. II. füzet, Pest
- CAYENUX, L.* (1935): Rockes, Carbonates, Calkaries et Dolomites – Paris
- CHOLNOKY, J.* (1938): Veszprém – A Balatoni Társaság Könyvtára 4. - Szokoly Antikvárium, 1988 Veszprém (reprint) 184 p.
- E. FAZEKAS, J.* (1943): A Balaton-felvidék geológiai és hegyszerkezeti viszonyai a veszprémi-fennsíkon és Vilonya környékén. – Földtani Intézet Évkönyve, XXXVIII.
- JAKUCS, L.* (1950): A dolomitporlódás kérdése a Budai hegységben – Földtani Közlöny. LXXX. p. 361-380.
- JAKUCS, L.* (1971a): A Karsztok morfogenetikája – Földrajzi Monográfiák VIII. Akadémiai Kiadó, Budapest
- JAKUCS, L.* (1971b): Szempontok a dolomittérszínnek karsztosodásának értelmezéséhez – Földr. Ért. 20. p. 89-98.
- JUGOVICS, L.* (1964): A veszprémi „Aranyos-völgyi dolomitbánya” kőzetanyagának minősítő vizsgálata és kőtartaléka. – MÁFI, Adattár, Kézirat.
- KEREKES, J.* (1941): Bibliographia speleologica Hungarica – III. Közlemény (1927-30), Barlangvilág 11. p. 39-48.
- KOMLÓSSY, GY.* (1967): Újabb adatok a magyarországi bauxit keletkezésének kérdéseire. – Kézirat.
- KUTASSY, E.* (1930): A Heterastridiumok előfordulása a magyarországi triászban. – Matematikai és Természettudományi Értesítő.
- KUTASSY, E.* (1933): Adatok a Vértes és Bakony hegységi földolomit faunájának ismeretéhez - Földtani Közlöny, p. 63.
- LACZKÓ, D.* (1911): Veszprém városának és tágabb környékének geológiai leírása. In: LÓCZY L. (szerk). - A Balaton Tudományos Tanulmányozásának Eredményei, I. kötet, I. rész, p.555-583.
- MÁFI* Magyarország fedett földtani térképe 1:100 000
- MÁNDY, T.* (1954): Mészkövek és dolomitok oldatási vizsgálata – Hidrológiai Közlöny XXXIV. p. 508.
- NAGY, B.* (1979): A Budai-hegységi porlott dolomitok ásvány-, kőzettani,- és genetikai vizsgálata, Földtani Közlöny 109. p. 46-74.

- ORAVECZ, J.* (1963a): A Dunántúli-középhegység felsőtriász képződményeinek rétegtani és fácieskérdései. – Földtani Közlöny, p. 93.
- ORAVECZ, J.* (1963b): Négykarú tengeri csillag a veszprémi karni márgából. – Kézirat
- PÉCSI, M.* (1997): Szerkezeti és vázlatalképződés Magyarországon – MTA. FKI. Bp.
- PLUHAR, A. –FORD, D.C.* (1970): Dolomite karren of the Niagara Escarpment of Ontario, Zeitschrift für Geomorphologie 14. p. 392-410.
- RYBÁR O.* (2008): Karrformák a Veszprém környéki dolomit felszíneken – OTDK dolgozat, Kézirat, Szombathely, 53 p.
- SCHERF, E.* (1922): Hévforrások okozta elváltozások a Buda-pilisi hegységben – Hidrológiai Közlöny 2. p. 19-89.
- SCHEUER, GY.* (1969): Talajfagyjelenségek dolomittfelszíneken. – Földrajzi értesítő, 2. sz.
- SZABÓ, L.* (1998): Előzetes morfológiai megfigyelések a Veszprém-várpalotai fennsíkon – A BDTF Tudományos Közleményei XI. Természettudományok 6., Szombathely, p. 115-128.
- SZABÓ, L.* (2000a): Karros formák vizsgálata a Veszprémi-fennsík dolomitterületein, Földrajzi Értesítő XLIX. évf. 1-2 füzet, p 27-41.
- SZABÓ, L.* (2000b): Recens karsztosodás vizsgálata a Veszprémi-fennsík dolomitterületein – Karsztfejlődés V. Szombathely, p. 57-76.
- SZENTES, F.* (1945-47): A veszprémi műút új feltárásai – Földtani Intézet évi jelentése
- VERESS, M.* (2003): A karrok, Akadémiai Doktori Értekezés, kézirat 365 p.
- VERESS, M.* (2004): A karszt, Szombathely, 215 p.
- VERESS, M. – SZABÓ, L.* (2000): Adalékok a dolomit térszínek formáinak morfogenetikájához, Földrajzi Értesítő XLIX. évf. 1-2. füzet, p. 13-26.
- VÉGH, S.* (1964): A bakonyi földolomit rétegtani kérdései. – Földtani Közlöny
- VÉGH, S.-NÉ.* (1952): Adatok a Magyar Középhegység triász dolomitfajtáinak keletkezéséhez. – Földtani Közlöny