

RADON VISZONYOK A BARADLA-BARLANGBAN¹

MOLNÁR LAJOS² - DEZSŐ ZOLTÁN³

²HBM ÁEÉÁ Regionális Laboratóriuma, 4002 Debrecen, Pf. 137.
molnarl@indigo2.oai.hu

³Debreceni Egyetem TTK-ATOMKI Környezetfizikai Tanszék,
4001 Debrecen, Pf. 51. dezsoz@tigris.klte.hu

Abstract: Real-time radon concentration measurement methods have been used in the Baradla-cave (Aggtelek Karst, NE Hungary) to establish routes of air-flow in winter, near the complex entrance system at Aggtelek. In galleries, radon concentrations annually show two stable states, depending on the sign of air-flow driving pressure difference. In two cases an additional marked state was found. This phenomenon was attributed to the local influence of source terms through unknown interactions from deeper located unexplored cave parts. Furthermore, a detailed radon survey made during summer along the so called long-tour route revealed yet unknown sinks and sources of radon gas deep inside the cave. Of these, some has already found explanation and a brief account is given in the paper. The results outlined here highlight the potential application of high sensitivity radon monitoring in cave exploration and research.

Bevezetés

Barlangi radonnal kapcsolatos hosszú idejű adatgyűjtést Magyarország számos helyén, többek között a *Baradla-barlangban* is végeztek már. A Baradla-barlangban ezek a mérések elsősorban szilárdtest nyomdetek-toros technikával, a barlang több pontját érintve folytak (HAKL J. 1993). A mérési adatokból levonható legfontosabb következtetés az, hogy a *Baradla-barlang* aggteleki és jósvafői végénél érzékelhető a radonszintben egy éves periodicitás, ám a fő-ág időben állandó, sztatikus képet mutat. Míg az agg-teleki oldalon kisebb, a jósvafői oldalon nagyobb a radon koncentrációja, addig a közöttük található szakaszon monoton, trendszerű csökkenés tapasztalható Aggtelek irányába. Mivel legfrissebb ismereteink szerint a radon fő forrása a barlangban egyenetlenül elhelyezkedő agyag (DEZSŐ Z. 2000), ezért célszerűnek látszott a Baradla fő-ágáról alkotott kép ellenőrzése és finomítása, különös tekintettel arra is, hogy a legújabb légköri modell (MOLNÁR L. 2000) szerint a fő-ágon belül is beszellőzik a barlang.

¹ Készült a 023181 sz. OTKA és a Karszt- és Barlang Alapítvány támogatásával

Méréstechnika

A radon detektálására két, különböző detektorral rendelkező készüléket használtunk. Az AlphaGUARD PQ2000 (Genitron GmbH, Németország) ionizációs kamrás berendezés, mely a radon bomlása során kibocsátott α -részecskéket detektálja. Mivel a radon leánytermékei között is van α -bomló izotóp, a mérőrendszer szoftveres úton speciális háttérkorrekciót végez (BUTTERWORTH D. 1993). A mérőkamra feltöltése diffúziós úton történik. A légszivattyú hiánya azzal az előnnyel jár, hogy a készülék kisméretű, könnyű, saját telepről egy hétig működőképes. Ugyanakkor környezetének radonszintjét lassan veszi fel, így az adott helyre jellemző radon koncentrációt csak viszonylag hosszú várakozási idő után képes elfogadható mérési bizonytalansággal meghatározni. Ezért mérési időnek 1 órát választottunk, és törekedtünk a legalább 24 órás, folyamatos adatgyűjtésre. Így a véletlen hiba tipikusan 1-5 % közé esett.

Másik detektorunk egy PRASSI típusú (Silena, Olaszország) Lucas-cellás berendezés. Az érzékeny térfogat egy szcintillátorral körülhatárolt, kb. 2 liter űrtartalmú, szelepekkel akár le is zárható kamra. Ez a készülék is az α -részecskéket detektálja, a leányelemektől származó jelek leválasztása itt is szoftveres úton történik. A berendezés előnye, hogy a mérőkamra feltöltését légszivattyú biztosítja, így rövid idő alatt reális radon koncentrációt adó méréseket lehet végezni. Hátránya ugyanakkor, hogy a készülék a barlangi viszonyokhoz nagyméretű és nehéz, a szivattyú nagy áramfelvétele miatt pedig saját akkumulátorairól csak kb. 8 órát képes folyamatosan üzemelni.

Mindkét műszer radon-kamrában gyárilag kalibrált. Adatbázisunk koherenciáját biztosítandó, több alkalommal is végeztünk hosszú idejű összeméréseket. Erre a célra legalkalmasabb helynek a Róka-ágot találtuk.

Az aggteleki oldal

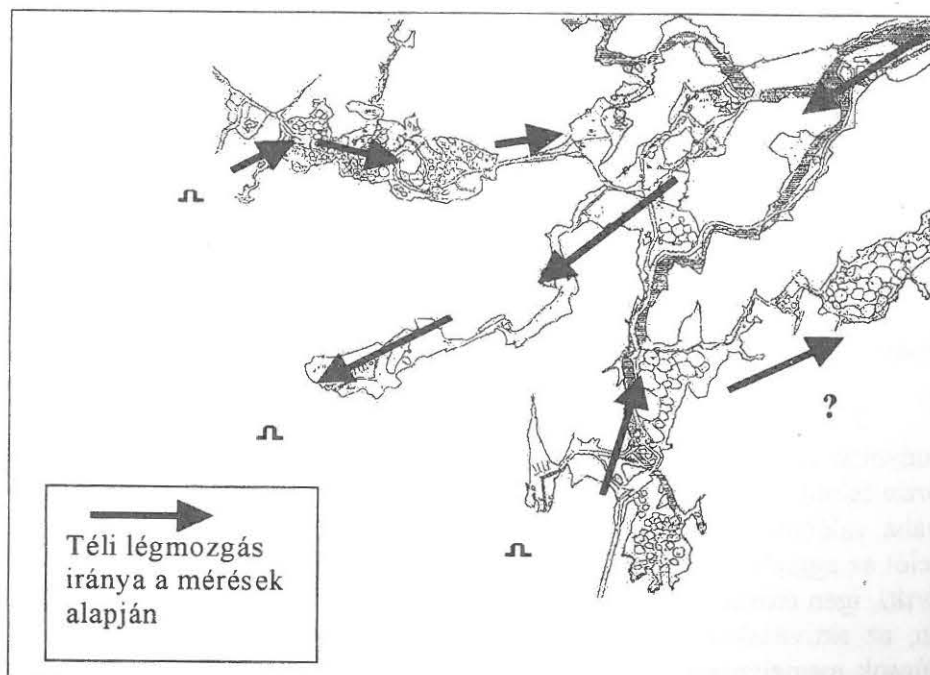
Elsődleges célunk a Róka-ág ún. Labor-termében uralkodó radon viszonyok felmérése, esetleg hosszabb távú monitorozása volt, mivel az ide tervezett terápiás részleg ezt dozimetriai szempontból indokolta. Ezen a helyen korábban nem történtek radon mérések, a légmozgás iránya, a légcseré nagysága sem volt kellően ismert. A radon koncentráció hosszabb idejű monitorozásával nyert radon idősorok analízise elvileg lehetővé teszi ilyen kérdések megválaszolását. Ezért méréseinket kiterjesztettük a Baradla-barlang teljes aggteleki oldalára. A barlang eme részére jellemző, hogy több nagy terem láncolatából kialakult, egymástól elkülönülő járatrendszerből áll, melyek a Hangverseny-teremnél futnak össze. Az itt kialakuló légközést erősen

befolyásolja az, hogy a barlangnak ezen a részén több természetes és mesterséges felszíni kinyílás is van.

I. táblázat
Table I.

Radon aktivitáskoncentráció a Baradla-barlang aggteleki oldalán
Radon activity concentrations in the Aggtelek part of the Baradla-cave

mérési hely	C_{Rn} - nyári [Bq/m ³]	C_{Rn} - téli [Bq/m ³]
Csontház-terem	-	600-700
Teknősbéka-terem	1500	400
Labor-terem	800-900	500-600
Hangverseny-terem	500-600	900-1100
Fekete-terem	600-700	900-1100
Denevér-ág	-	800-900
Tigris-terem	300-400	300-400
Oszlopok csamoka	500-600	100-200
Csipke-terem	500-600	-



I. ábra: Légmozgás télen a Baradla-barlang aggteleki oldalára eső járatrendszerben
Fig. 1: Direction of air-flow near the Aggtelek entrance region of the Baradla-cave in winter

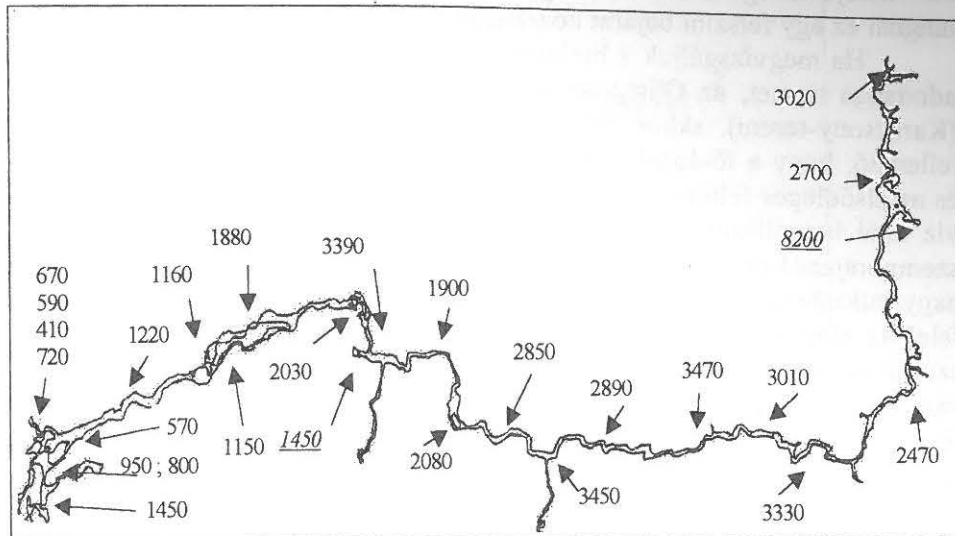
Méréseinket úgy időzítettük, hogy minden évszakra rendelkezünk jellemző adatokkal. Az *I. táblázatban* összefoglalt eredményekből látszik, hogy a legtöbb teremben két radon koncentráció érték alakul ki az év során. Ám a maximum és minimum értékek a helytől függően különböző évszakokra esnek. Egyes termekre a téli maximum a jellemző, míg másokra a nyári. Éppen ezt a tényt tudjuk felhasználni a légmozgás irányának a megjelölésére! Ezt az *1. ábrán* mutatjuk be a téli évszakra vonatkozóan. Látható, hogy ilyenkor a jósvafői oldalról érkező radonban dúsabb levegő a Fekete-termet érintve a Denevér-ágon keresztül távozik a barlangból. Ugyanakkor kitűnik az is, hogy a Kis-baradla bejáratán át friss levegő áramlik be, mely az Oszlopok csarnokán keresztül jut el a Tigris-teremig.

Az aggteleki oldal egyik érdekes pontja a Teknősbéka-terem. Itt nyáron meglepően magas a radonszint, pedig a terem határoló és kitöltő kőzetek természetes radioaktivitása ezt nem indokolja. A magas radonszintre elképzelhető az a magyarázat, hogy a Tigris-terem alatt elhelyezkedő tér-részben magasabb radon koncentráció uralkodik, s ez a tér a Teknősbéka-teremre nézve forrást jelent (szekunder forrás), ahonnan diffúziós vagy konvekciós mechanizmus révén feljut a radondús levegő a Teknősbéka-terem-be. A téli alacsony szintnek az a magyarázata, hogy a közelben elhelyezkedő két bejáraton keresztül hideg levegő áramlik be a barlangba. Figyelemre méltó és a szekunder forrás létét megerősítő eredmény az is, hogy az aggteleki oldalnak ez a pontja nem kétállású. A külső hőmérséklethez igazodva képes stabilan felvenni egy átmeneti állapothoz tartozó $700\text{-}800\text{ Bq/m}^3$ -es radon koncentráció értéket is. Ez a szint azonban labilis, a külső hőmérséklet változását, így a légcseré beindulását időben azonnal képes követni. A barlang ezen oldalán a többi mérési pont ilyen tulajdonságot nem mutat.

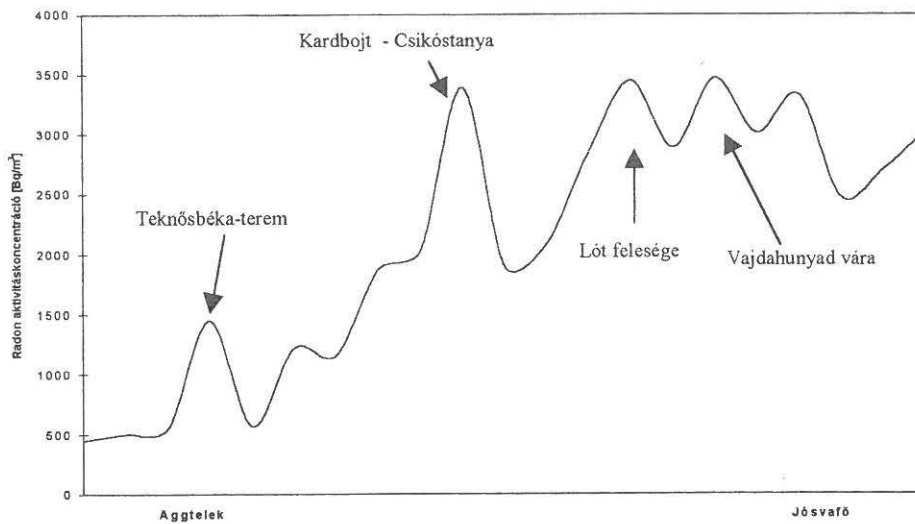
Hosszú-túra

2000 nyarán egy 1 hetes méréssorozat során sikerült a nyári radon viszonyokat tükröző profilt felvenni a barlang hossz-szelvénye mentén. A *2. ábrán* feltüntetett adatokból látható, hogy a radon koncentráció Jósvafő irányába valóban emelkedést mutat. Ugyanakkor, ha a fő-ág menti koncentrációt az aggteleki bejáratától mért távolság függvényében ábrázoljuk (lásd *3. ábrát*), igen érdekes képet kapunk. Az emelkedés trendszerű, de nem monoton, az aktivitáskoncentráció a helynek igen erősen változó függvénye. E csúcsok megjelenéséből arra következtethetünk, hogy a Baradla hossz-szelvénye mentén helyi (primer) és távoli (szekunder) radon források fordulnak elő. Ilyen lokális forrás lehet a Kardbojt és Csikóstanya között, a Lót fele-

sége, Vajdahunyad vára valamint a Rózsa Sándor gatyája körüli területeken (lásd 3. ábrát). Ezek alaposabb felmérése, bejárása mindenképpen indokolt.



2. ábra: A radonszint alakulása nyáron a Baradla-barlangban
Fig. 2: Variation of radon level in the Baradla-cave in summer



3. ábra: Radonkoncentráció alakulása nyáron a Baradla-barlang fő-ágában
Fig. 3: Variation of radon concentrations along the Baradla-cave in summer

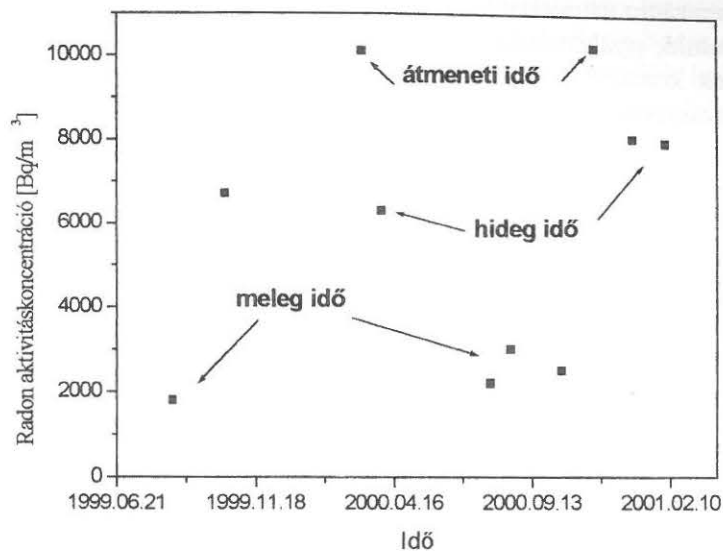
Egy adott térrészben kialakuló radonszint nemcsak a forrásoktól, hanem az ott előforduló nyelőktől is függ. A legfontosabb nyelő tényező a radon bomlása (felezési idő 3.82 nap). A hígulás, azaz alacsonyabb radon koncentrációjú levegő beáramlása egy térbe szintén nyelőként fogható fel. Barlangnál ez egy felszíni bejárat közelségére utaló jel is lehet.

Ha megvizsgáljuk a barlangban lévő, két egymáshoz nagyon hasonló adottságú termet, az Olimposz belső termét és a Meseország belső termét (Karácsony-terem), akkor érdekes dolgot vehetünk észre. Mindkét teremre jellemző, hogy a fő-ágtól viszonylag távol fekszik, nehezen megközelíthető és az elsődleges feltételezések szerint kis légcserével rendelkezik. Igen sok a víz által beszállított és a kőzetpedéseken át befolyt agyag, ami a radon szempontjából primer forrás. Ezzel szemben a radon koncentrációkban igen nagy különbség mutatkozik. A Karácsony-teremben mért 8200 Bq/m^3 megfelel az elméletileg várható értéknek. Az Olimposz 1500 Bq/m^3 -es radonszintje azonban csak úgy magyarázható, ha a térben egy aktív nyelő is jelen van, pl. felszín közeli bejárata van a teremnek. A nyári méréseket követően felszíni terep bejárással valamint barlangi, felszíni térképek és GPS segítségével egy lehetséges kapcsolatként jelöltük meg az Aggtelek határában elhelyezkedő töbrök egyikét. Később Grüber Péter vezetésével a Baradla Barlangkutató Csoport tagjai egy felhőszakadást követően fluoreszcein segítségével víznyomjelzést végeztek; a jelzett víz igen rövid idő alatt megjelent az Olimposzban (GRÜBER P. 2001).

Labirintus

A jósvafői bejáráshoz igen közeli Labirintussal kapcsolatban a Baradla-barlanggal foglalkozó kutatók közül többen is beszámoltak váratlan és érdekes mérési tapasztalataikról. Ezek legismertebbike az állandóan magas hőmérséklet (kb. 11.4 C°). Évekkel ezelőtt Hakl J. ezen a helyen rövid idejű, ún. radon-pöff megjelenését észlelte (HAKL J. 2000), Végh Zs. pedig szokatlanul nagy CO_2 -koncentrációt mért ugyanitt (VÉGH ZS. 2000).

A fenti információk alapján egy hosszabb időt átölelő radon mérés-sorozatba kezdtünk ezen a helyen. A közel két év során nyert eredményeket a 4. ábra mutatja be. Az adatokból kitűnik, hogy az aggteleki oldal Teknős-béka-terméhez hasonlóan itt is háromállású a radonszint. Itt nyári koncentráció minimum és téli közepes szint a jellemző. A radonszint maximuma - ami a Baradla-barlangban általunk mért legnagyobb értéket képviseli - az ún. átmeneti időszakra (tavasz és ősz) esik. Ilyenkor a felszíni és barlangi léghőmérséklet gyakran közel azonos, így a légcseré minimum.



4. ábra: Mért radon aktivitáskonzentráció értékek a Labirintusnál
 Fig. 4: Seasonal variation of radon activity concentrations at the Maze of Baradla-cave

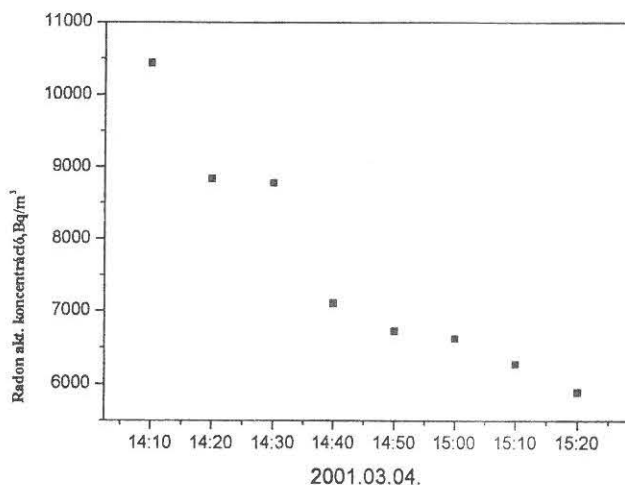
II. táblázat
 Table II.

Radon aktivitáskonzentráció a Medence-táróban
 Radon activity concentrations in the Szenthe tunnel

mérés ideje	Radon koncentráció [Bq/m³]
2000. 04. 21.	5000
2000. 08. 19.	5900
2000. 11. 19.	160
2001. 03. 04.	170

Igen jól értelmezhető az adatok akkor, ha figyelembe vesszük a Jós-va-forrás közelségét és elfogadjuk a Labirintust, mint helyszínt a *Baradla-barlang* és a *Hosszú-Alsó-barlang* összeköttetésének (DEZSŐ Z. 2000). Ekkor ugyanis az itt mérhető magas radonszint nem a primer forrásnak köszönhető, hanem a *Hosszú-Alsó-barlangból*, mint szekunder forrásból származik. A kialakuló légközés miatt nyáron az alsó barlang radondús levegője a Medence-táró felé távozik, ami jól látható a 2. táblázatból, ahol az itt

mért koncentráció értékeket tüntették fel. Ugyanakkor télen, a jósvafői bejáraton beáramló, gyakorlatilag radon mentes levegő hígítja a Labirintus levegőjét, ennek köszönhető a nyárinál magasabb, ugyanakkor az átmeneti időszaknál alacsonyabb a radonszint.



5. ábra: Gyors lefutású radonszint csökkenés a Labirintusnál
Fig. 5: Fast drop in radon level at the Maze of Baradla-cave

Ezt az elképzelést alátámasztja az 5. ábra is, ami egy szerencsés időben végzett mérés eredményét mutatja. Napközben a külső és belső hőmérséklet nagyjából megegyezett, de délután egy jelentős lehűlés történt. Ennek hatására erős légmozgás indulhatott be, így a Labirintusban elhelyezett detektor igen gyorsan, kb. egy óra alatt felére csökkenő radon koncentrációt jelzett. Az átmeneti időben kialakuló magasabb radonszintet tehát szekunder forrás, a Hosszú-Alsó-barlang okozza. Lényeges elem az itt tapasztalt magasabb hőmérséklet, ami minden bizonnyal valamilyen mélységi geotermikus hatás következményeként jön létre. Ezért a radon feláramlásánál a diffúzió mellett konvekció is fellép. Ebbe a képbe jól beilleszthető a Hakl által mért radonpöff is (HAKL J. 2000), amit az átmeneti időszakban bekövetkezett hirtelen külső hőmérsékletváltozás okozhatott.

Összefoglalás

Két éves, a Baradla-barlangban végzett radon méréseink megmutatták, hogy a hagyományos barlangkutatói módszerek mellett a radon koncentráció finom időfelbontású szisztematikus vizsgálata is eredményesen használható a barlangi klíma kutatásában. Felhasználva a barlangi radon forrására

vonatkozó új eredményeinket is, téli viszonyokra jellemző légkörzést határoztunk meg az aggteleki oldal járatrendszeréhez. A barlang hossz-szelvénye mentén lokális primer és szekunder forrásokat valamint nyelők helyét jelöltük meg. Úgy gondoljuk, hogy a valós idejű radon mérésekre alapozott barlangi szerkezetfeltáró kutatásoknak van létjogosultsága a hazai barlangkutatásban is.

IRODALOM

BUTTERWORTH D. -PEARCE G. (1993): Report of the application of the radon monitor AlphaGUARD in mines, Report of DCPS, United Kingdom.

DEZSŐ Z. (2000): A barlangi radon eredetének vizsgálata, Karsztfejlődés III. - Konferencia, Szombathely, 2000. ápr. 13-14, előadás.

DEZSŐ Z.-MOLNÁR L. (2000): Barlangkutatás radonnal - Barlangkutatók Szakmai Találkozója, Pécs, 2000. okt. 27-29, előadás.

GRÜBER P. (2001): személyes közlés

HAKL J.-HUNYADI I.-TÖRÖCSIK I. (1993): Radon measurements in the Baradla cave. In: Zábó, L.-Veress, M. (szerk.) Proc. of Conf. on the karst and cave research activities of educational and research institutions in Hungary, Jósvalő, p. 109-115.

HAKL J. (2000): személyes közlés

MOLNÁR L.-DEZSŐ Z. (2000): Barlangi terek kutatása radon segítségével - Karsztfejlődés V. BDF, Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, p. 283-291.

VÉGH ZS. (2000): személyes közlés