

**TÁJVÁLTOZÁSOK A KARSZTOKON, KÜLÖNÖS TEKINTETTEL
AZ EMBERI HASZNÁLATRA**

**LANDSCAPE CHANGES IN KARSTS WITH SPECIAL REGARD
TO ANTHROPOGENIC ACTIVITY**

KEVEINÉ BÁRÁNY ILONA

Szegedi Tudományegyetem, Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, 6722 Szeged, Egyetem u. 2
keveibar@earth.geo.u-szeged.hu

Abstract: About 12% of the Earth's surface (approx. 20 million km²) is covered by karstic rocks, while 25% percent of the global drinking water supply is provided by karst springs. These areas offer island-like homes for numerous endemic species and they have important scenic values. Karst systems are highly vulnerable, they respond rather sensitively to any type of pollution, anthropogenic influences and even to climate change. High-level of protection is required in order to preserve these unique natural habitats, as well as to protect karst water reservoirs. Population growth and therefore primarily the ever-increasing agricultural demand, as well as the quarrying of carbonate rocks and mining of embedded minerals have become more important than the protection of these landscapes. Even though every effort is made by nature conservation as to put these areas under protection, the agricultural utilization of karst-environments is significant in countries with increasing number of inhabitants as a result of attempting to provide a sufficient quality of life. The landscape management of karst environments has a long history. These landscapes have undergone significant changes since the beginnings. This study paper a number of examples for land use changes mostly on foreign karst areas that were visited by the author; moreover it aims to summarize those future tasks that are needed in order to decrease the human-induced alterations of karst areas.

1. Bevezetés

A tájváltozások a karsztokon három szakaszra oszthatók. Az első egy hosszú természettörténeli szakasz, jelentéktelen változással, a második a mezőgazdasági műveléssel kezdődő változás, s napjainkban zajlik a harmadik szakasz, amikor az ember rövid idő alatt változtatja meg a tájat anélkül, hogy prognosztizálná a változások hatásait. A karsztok a Föld felszínének 12 % - át (kb. 20 millió km²) foglalják el, a Föld lakosságának egynegyede (25%) azonban karsztvizet iszik. A karsztok otthont adnak sok endemikus fajnak, jelentős a látványértékük és gazdasági jelentőségük. A karsztrendszerek nagyon sérülékenyek, érzékenyen reagálnak a szennyezésre, az antropogén hatásokra, de a klímaváltozásra is.

A karsztöko - rendszerek sérülékenysége miatt kezdték meg 1980-as és 90-es években a tájhasznosítás hatásainak vizsgálatát a karsztokon. Az emberi tevékenység hatására felgyorsultak az utóbbi évtizedekben a károsodási folyamatok a karsztok 3Ds rendszerében. A nem karsztos anyagok

gyorsan bejutnak a karsztvízrendszerbe, módosítják, vagy veszélyeztetik az ivóvizeket és azokat a formákat, amelyek millió évekig fejlődtek. A karsztok érzékenysége és sérülékenysége miatt, a 90-es évektől előtérbe kerültek a gyakorlatorientált kutatások mind hazai, mind nemzetközi (BÁRÁNY KEVEI, 1987, 1998; PFEFFER K-H, 1990) szinten. A sérülékenység értékelése általában a karsztvizek szennyeződés vizsgálatával történik. A víz a karsztos és nem karsztos kőzetek határán, és/vagy a talajon keresztül jut a karsztba. A talaj megszűri a vizet, a víznyelőkön bejutó vizek azonban szűrés nélkül jutnak a rendszerbe. A járatokban a szennyező anyagok nem kötődnek meg, s mivel a járat-rendszerek a karsztban összetartóak, a szennyeződés nem hígul fel mozgás közben. A karsztvizek gyakran szennyeződnek, ami az emberiség vízellátását veszélyezteti.

2. Antropogén hatás a karsztokon

A Nemzetközi Földrajzi Inió (IGU) Karszt Bizottsága, megalakulását követően, 1987-ben már „*Karst and Man*” címen tartotta első nemzetközi konferenciáját Posztójnán. Az antropogén hatásra végbement változásokat először a hidrológiai rendszerrel hozták kapcsolatba (HABIC, SECULIC, XIANG SHIJUN-CHEN JIAN 1987), később a mezőgazdasági hasznosítás hatásait elemezték (NICOD 1987, UHLIG 1987) a szerzők. Emellett több olyan károsodás következett be a karsztokon, amelyeknek hatása hosszútávon érvényesül. Ezek között tarjuk számon a mészkőjárdák pusztulását (GOLDIE, 1987), a talajok károsodását (savanyodás, nehézfém terhelés) (KASZALA - BÁRÁNY-KEVEI 2004), a korai legeltetések, erdőpusztítások (SAURO 1987), és az ipari termelés módosító hatásait (BOGNAR 1987).

2012-ben az IGU Karsztbizottsága Kölnben „*Human impacts and environmental changes in karst*”, valamint „*Management and conservation of karst landscapes*” címen szekcióülést az ICG konferencián. A konferencia megállapította, hogy az emberi hatások és a környezeti változások megértése nélkül nem valósítható meg a fenntartható fejlődés a karsztokon. Az erdőirtás, az urbanizáció, az ipari tevékenység, a mezőgazdaság, a bányászat, a turizmus és a rekreáció, a katonai tevékenységek és a víz hasznosítása, mind-mind károsíthatja a karsztokat. Minimalizálni kell a jövőben a különböző gazdasági tevékenységeket a karsztokon, hogy megfelelő kezeléssel azok megvédhetőek legyenek a jövő generációk számára (BÁRÁNY KEVEI 2012).

2.1. Az ember és a karsztok kapcsolatának fejlődése

A karsztok környezet-érzékeny rendszerének változását a természeti tényezők mellett, megjelenése óta az ember kisebb-nagyobb mértékben mindig befolyásolta. Eleinte elsősorban csak a barlangok és környezete került az emberi tevékenység hatása alá, később a földművelés általánossá válásával, fokozatosan kiterjedt tevékenysége a karsztos vízgyűjtőkre és a távolabbi területekre. A legújabb kormeghatározás szerint (CONRAD et al. 2004) a *Homo sapiens* (C¹⁴-es vizsgálattal) első megjelenése 3900-5000 év közé tehető. A karsztok paleoökológiai kutatásai is egyre fontosabbak, mert pontosabbá teszik a karsztok hosszú természet-történeti múltjának pontosabb megismerését.

A neolitikum előtt a prehisztorikus idők embere a barlangokban tudott meghúzódni a természetes ellenségei elől. Az első karsztos tájhasználat a mediterrán régióban és Távols-keleti civilizációknál alakult ki. Az egymástól távol élő civilizációk azonos módon használták kezdetben a barlangokat. Több mediterrán ország barlangi festményein megtaláljuk a korai igénybevételre utaló bizonyítékokat. A barlang falfestményein megjelentek az állatok, amelyekkel gyakran együtt élt az ember a barlangban (1. kép). A barlangjáratok üledékeiben megmaradt csontvázak, eszközök, tűzhely- és ételmaradványok fontos információkat hordoznak az emberiség történetének egyes szakaszairól és lényegesek a prehisztorikus életterek rekonstrukciója szempontjából is. Az emberiség fejlődéstörténetének adatai, és az egyéb interdiszciplináris értékelések még sok információt szolgáltatnak a paleoökológiai történésekről.



1. kép. Neolitikus barlangfestmény a Rouffignac barlangban
(Dordogne völgy, Dél-Franciaország)
Picture 1. Neolithic cave painting in Rouffignac cave (Dordogne valley, South France)
(La Goélette Paris 47.70.48.91.slide)

Az ember már a prehisztorikus időszakban felismerte a barlangok multifunkcionális jelentőségét, de először csak szezonálisan, majd a neolitikumtól állandó lakóhelyként használta a barlangokat (TRIMMEL 1968). A barlangok helyenként sírhelyként is funkcionáltak (pl. Yucatánon és Kali-

forniában), de pogány kegyhelyekként is szolgáltak a legendák szerint (pl. a Drach Mallorcán, a Teufelshöhle a Frank Jurában). Dél-Amerikában a puebló- és navajó indiánok krisztus után 1100 - 1300 között használták lakóhelyként a barlangokat. Dél-Olaszországban a Bizáncból elmenekült szerzetesek a 8. századtól a 13. századig letek menedékre a barlangokban. Később a 15. század folyamán a földművesek foglalták el a természetes barlangokból kialakított barlanglakásokat (2. kép), amit *sassi* néven említ a szakirodalom.



2. kép. Barlanglakások Massafrában (Dél-Olaszország)
Picture 2. Cave „flats” (sassi) in Massafra (South-Italy) (original)



3. kép. Luegg vára a predjamai barlang (Szlovénia) bejáratánál
Picture 3. Castle of Luegg at the front of Predjama cave (original)

A közelmúlt embere a háborúk idején rejtékhelyként használta a barlangokat (pl. vietnami háborúban), de fegyvereket is raktároztak bennük (Posztojna - i barlang), és kórházat rendeztek be pl. az Old St. Michel barlangban, a Gibraltári hegységben. Néhány barlang erődként nyújtott védelmet a szembenálló felek számára, ezt szolgálta Luegg vára Predjamán (3. kép), és Montezuma erődje Amerikában.

2.2. A karsztvíz használatának változása

Kínában és a Kolumbusz előtti Amerikában is a karszt-kutak és a barlangi források voltak a legfontosabb ivóvízforrások. A mexikói Yucatán-félszigeten a maya civilizációk idejétől kezdődően egészen a 19. századig a karszt kutak jelentették a lakosság ivóvíz potenciálját.



4. kép. Felszíni vízvezeték Montpellierben
Picture 4. Aqueduct in Montpellier (original)

Krisztus után 70-ben Lorrainban a vízigény növekedése miatt már alagutás vízrendszert építettek ki. Az ősi vízvezetékeket a felszín alatt vezették (pl. Veronát a Montorio forrásból, Besancont a Vesantio forrásból látták el). A felszínalatti vízvezetés lehetővé tette a nagy távolságra történő vízszállítását. Az egykori Fucino tó (Olaszország) oldalából több vezeték indult a római időkben egyrészt a környező területek vízellátása, másrészt a tó vízszintjének egyensúlyban tartása céljából. Napjainkra a tó már kiszáradt, mezőgazdasági művelés zajlik a tó helyén, de itt található Európa egyik legjelentősebb radar „farmja”, ahol a felvételek alapján műhold képeket állítanak elő. Róma ellátására 11 vezetékét építettek ki, amit a karsztforrások tápláltak. Köln vízellátását is így oldották meg a korai időkben, de hasonló volt Karthágó vízellátása a Djebel Lagonan forrásból Hadrian császár idejében.

A csővezetékek és „*aqueductok*” (felszínfeletti vízvezetékek) jelentős problémája volt a földrengés veszélyeztetettség, és a mészlerakódás. Mindezek ellenére az akkori vízvezetékek rekonstrukció után még ma is használhatók, és sok helyen megtalálhatók a mediterrán területeken (4. kép).

A mexikói Yucatán-félszigeten a maya civilizációktól kezdődően a 19. századig biztosították a karszt kutak a lakosság ivóvíz ellátását. A beszakadásos dolinák (cenote), vagy karszt-kutak is ivóvíz ellátására szolgáltak, mivel a Yucatán félszigeten a karsztvíz felszín közelben helyezkedik el (5. kép).



5. kép. Cenote (beszakadásos dolina) a Yucatán félszigeten Chichén Itza területén
Picture 5. Cenote at Chichen Itza , Yucatan peninsula (Mexico) (original)

A szubtrópusi Mexikó barlangjainak mennyezetén, több helyen megjelenik a fák gyökérzete és mélyen behatol a páradús barlangi termekbe, gazdag cseppkőképződményein a laterites talaj magas vastartalmának nyomai jelennek meg.



6. kép. Az Aqua Azul tetarata sor legalsó tufagátja (70 m széles)
Picture 6. The undemost tufa damm of Aqua Azul tetarata (kalktuff) serie (original)

Karsztvízből táplálkozik trópusi Közép-Amerika egyik legjelentősebb folyója a Grijalva. Mészen gazdag karsztvízéből kiváló kalcium építőanyagot szolgáltat. Folyamatosan Közép-Amerika legnagyobb tetarata sorozatát évezredek óta.

Turisták ezrei keresik fel Palenque (7. századi maja város) közelében látható Aqua Azult (6. kép). A tufagátakat építő folyónak igen bőséges a vízhozama, de szennyezettsége miatt ott jártunk idején (1992) nem javasolták benne a fürdözést.

A karsztvíz energiájának hasznosítása is előfordult már a középkorban is, vízimalmokat építettek a karsztvízre az arab világban, de a 18-19. században a papírgyártás is használta már a karsztforrások energiáját. A mésztufa gátaknak (travertínók) kettős előnye volt az emberi hasznosítás számára: a víz átbukásánál energia kinyerésre volt lehetőség, s lehetővé tette gyapjúipar kialakítását (pl. Tivoli Olaszországban, vagy Fez Medina Marokkóban, Seeburg Urach környékén a Sváb Albben). Sajnos azonban az erőteljes vízhasználat csökkentette a tufagátak fejlődését.

2. 3. A mezőgazdasági művelés hatása a karsztokon

A mezőgazdasági hasznosítás a karsztokon, a mediterrán területeken és Távol-Keleten már a neolitikumban megjelent. Fontos volt ezeken a területeken az öntözés, amelynek a bázisát a karsztvizek biztosították. Spanyolországban a Rio Mundóból öntöztek (Murciában) a Jalon völgyben, az Ebro vízgyűjtőjén is karsztvízből öntözték a huertákat, Felső Galileában a Mont Gilboa forrásból öntöztek. A Sziklás hegységben az indiánok már a spanyol hódítás előtt öntöztek, technikájukat a missziók fejlesztették tovább.

A mészke szurdokokkal tagolt karszt platókon a juhlegeltetés és rétgazdálkodás folyt. Fűves területek ott alakultak ki, ahol az eredeti erdőket felégették. Ez történt Felső - Murgióban, a szlovéniai karszton, a dalmát Zagorában, az andaluziai Sierra Gorda területén és a Közép-Atlaszban.

A korán megindult mezőgazdasági hasznosítás következtében jelentős változást hozott a karsztokon a talajerózió. A természetes vegetáció helyén a mezőgazdasági művelés után (a talajok fellazítása következtében), a téli csapadékos időszakban, erős talajerózió és kopárosodás ment végbe, nyomai a mai napig mindenütt megfigyelhetők a karsztos térségekben (7. kép).

A neolitikumi transz-humansz állattartás és rétgazdálkodás hatására is degradálódott a mediterrán területek vegetációja és kialakult a macchia, a garrigue és frigana másodlagos asszociációja. A karszt depressziók mélyebb rétegű talajain szőlő és olajfa ültetvényeket telepítettek. A Lessini Alpokban a kaszálórét gazdálkodás már a 14. században általános volt (SAURO 1973). Az erdősült és legeltetett középhegységek hasznosítása a középkorban, majd később, a 18. és 19. században is folytatódott.



7. kép. Kopár karrok és karsztzurdok a Sierra Tramuntanában (Mallorca)
Picture 7. Bare karren and karst canyon in Sierra Tramuntana (Mallorca)(original)



8. kép. Cala del Sasso Olaszországban (baloldal), a kitermelt fák
elszállításának kiépített mesterséges útja (jobboldal), 4444 lépcsővel)(Italy)
Picture 8. Cala del Sasso in Italy (left), the man made route
for the transport of lumbers (right)(Italy)(original)

A korai hajóépítésekhez nagymennyiségű fára volt szükség a Földközi-tenger vidékén, ami erdőirtásokhoz vezetett ezen a területen, ami szintén felerősítette lokálisan a talajeróziót (8. kép).

2.4. A bányászat hatása a karsztokon

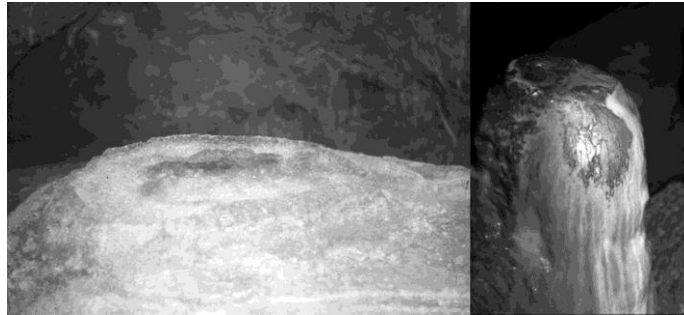
Fontos változást hozott a karsztokon az ásványkincsek és nyersanyagok, a bauxit, mészkő és gipsz feltárása és hasznosítása. A római korban már hasz-

nálták a barlangi agyag és homok üledékeket festőanyagként. A salétrom és nitrát felhalmozódásokat manufaktúrák dolgozták fel Kínában, de Európában is. A karsztok ritka képződményei (kalcit, aragonit és kék fluorit) kedvelt díszítő anyagok voltak. A guanót trágyázásra termelték ki. Szardínia délnyugati partjainál a karsztban már a föníciaiak felfedezték az ezüstgalenitet, de a kelták a vasércet (pisolit, sziderolit ill. Böhnerz) már a római időktől bányászták a 19. század közepéig. Ez a vasérc a kőzet mállástermék volt a karszt depressziókban és barlangi üregekben. Angliában a vasérc bányászat volt jelentős a karsztokon, de réz és ólom is előfordult itt. A Peak Districten és Derbyshireben ólmot, baritot és fluoritot termeltek ki. A sziderit bányászata a német Amberg környékén is jelentős (ezt az előfordulást már a rómaiak is ismerték). A karsztbauxitot 1821-ben fedezték fel Franciaországban. A legtöbb karsztbauxitot Európában a mediterrán területeken találták.

Korán megkezdődött a karsztokon a kőbányászat is, mivel a mészkő és a karbonátos kőzetek jó építőanyagok, ezért már az Egyiptomi birodalomban használták. Gyakran építőkönek használták a travertinók kristályos, porózus, laza anyagát is a templomok építése során, mivel az ilyen épületeknek igen jó az akusztikája. Normandiában, a Szajna völgyében és a belga Ardenneknben a mésztufát bányászták, amit Németországban a Sváb Albban építkezésekhez használtak fel. A Caen-i mészkövet Angliába exportálták, de gyakori volt a gipszbányászat is.

3. Újkori tájhasznosítás a karsztokon

A karsztok érzékenysége és sérülékenysége miatt, a karsztkutatók mind nemzetközi, mind hazai szinten, a gyakorlatorientált kutatások irányába fordultak az utóbbi évtizedekben (*PFEFFER K-H* 1990, *BÁRÁNY KEVEI* 1992). A sérülékenység értékelése a karsztvizek szennyeződés vizsgálatán alapul (*HASHIMOTO*, et al., 1982, *FOSTER* 1987, *DOERFLINGER* et al. 1999, *ZWAHLEN* 2003, *RAVBAR* 2007). A nem karsztos kőzetek határán, vagy a talajon keresztül jut a víz a karsztos rendszerbe, így a talaj megszűri azt. A víznyelőkön azonban szűrés nélkül jut a víz a rendszerbe, s a járatokban a szennyező anyagok nem kötődnek meg, mivel a járat-rendszerek a karsztban összetartóak, s a szennyeződés nem hígul fel mozgás közben. A káros anyagok a karsztvízrendszerbe jutva veszélyeztetik a forrásokon kilépő ivóvízbázisokat, de azokat a formákat is, amelyek millió évekig alakultak ki a rendszerben (*9. kép*), Európában több barlangban megfigyeltük a cseppkő-degradációt.



9. kép. Cseppkő visszaoldódás a Marble Arch barlangban (baloldal) (Irország) és a Baradlában Aggteleken (jobboldal)

Picture 9. Redissolution of speleothems in the Marble Arch cave (left) (Ireland) and Baradla cave (right) (Aggtelek, Hungary)(original)

A Föld lakossága folyamatosan nő, ezért a karsztok mezőgazdasági hasznosítása továbbra is fontos gazdasági tevékenység. A poljékben megfelelő vastagságú talaj biztosítja a mezőgazdasági művelést, annak ellenére, hogy azok időszakosan víz alá kerülnek, ami akadályozza a zavartalan művelést (10. kép). A lejtőkön viszont az erózió veszély miatt, csak a teraszos művelés lehetséges (11. kép).



10. kép. Mezőgazdasági művelés a Popovo-(baloldal) és Planina poljén (jobboldal), a Dinári karszton
Picture 10. Arable land on Popovo- (left) and Planina poljes(right) in Dinaric Karst (original)

Délkelet-Ázsiában a rizstermesztés öntözés igénye hívta életre a karsztok hasznosítását. A megfelelő mennyiségű karsztvizet a monszun rendszeres csapadéka nyáron biztosítja. A tározókban elraktározott vízzel a száraz periódusban öntöznek. A csapadékos periódusban az erős lehordódás következtében a kőzet exhumálódik, s kialakulnak az antropogén eredetű kőerdők. Hasonló folyamatok játszódtak le Fülöp-szigeteken, Jáván és Sulavesin (UHRUSHIBARA-YOSHINO 1993).



11. kép. Olajfa ligeterdők telepítése az erózió veszélyes karsztlejtőkön a Sierra Tramuntanában (Mallorca)

Picture 11. Parklike olive forestry on the erosive slopes in Sierra Tramuntana (Mallorca)(original)

Dél-Koreában a Taebek hegységben, az élénk reliefű területeket is szántóföldi művelésre hasznosítják, mivel itt az ellátandó lakosság-számhoz viszonyított termőterület igen kicsi, s emellett a terra-rossza jellegű talaj (12. kép) termőképessége sem túl jó.



12. kép. Szántóföldi hasznosítás a Taebek-hegységben (Dél-Korea) (baloldal), terra rossa jellegű talajon (jobb-
oldal)

Picture 12. Arable farming in Taebek Mountains (South-Korea) on the terra-rossa like soil (original)

A karsztos dolinákat is művelik, az itt akkumulálódott vastagabb talajtakaró miatt (13. kép). A dolinákba gyakran kis szerszámos házikót is beépítenek, amivel azonban megzavarják a természetes oldási folyamatokat.

A korábbi bányászat hatására napjainkban beszakadások keletkeztek az anyagihiány miatt a nagyvárosok közelében. A mészkőbányák helyein olyan „tájsebek” alakultak ki, amelyeknek a rekultivációja napjainkban is megoldhatatlan. Több kísérlet történt a felhagyott bányák benövényesítésére, valójában a kérdést a mai napig sem tudták megoldani a kutatók (GUNN 1999). A mészkő bányászat világszerte nagy területeket érint ma is. Dél-Korea mészkő igényének pl. kétharmadát egy, a Taebek

hegységben működő kőbánya ókori (Karbon) mészköve biztosítja (14. kép), a bánya mellett kialakult település (15. kép) képe hasonló az egykor Európában is létrehozott ipari városokéhoz.



13. kép. Növénytermesztés (chili) a dolinákban (Dél-Korea)
Picture 13. Arable land (chili) in a dolines (South-Korea) (original)



14. kép. Karbonkori mészkőbánya Dél-Koreában
Picture 14. Limestone quarry (Karbon) in South-Korea (original)



15. kép. A kőbányához tartozó bányász település
Picture 15. The settlement belong to quarry (original)

Igen jelentős mennyiségű márvány kitermelése folyik a portugáliai Borba közelében (16. kép), ahol helyben munkálják meg szállításra készen a márványlapokat (jelentős mennyiség exportra kerül).



16. kép. Márványbánya Borba közelében Portugáliában
Picture 16. Marble mining in Portugal near of Borba (original)

A karsztbauxit gyakran a karsztvízszint alatt helyezkedik el, ezért ezeknek a bányáknak a művelése a karsztvízszint jelentős csökkenésével jár. Ez következett be hazánkban a Dunántúli Középg-hegységben, ahol a bányaművelés több 10 m-el csökkentette a karsztvízszintet.

Komoly károsodást szenvedtek az emberi használat során a Nagy-Britanniában található mészkőjárdák (karrok), mivel legelő területek elhatárolására letermelték és elhordták sok helyről a felszínre bukkanó mészkőjárdákat (GOLDI 1987). Gyakran kerítések díszítésére ma is használják (17. kép) a mészkőjárdák anyagát.



17. kép. Mészkőjárdák Great Asby Skarson (Anglia)
Picture 17. Limestone pavements on Great Asby Kars (England)(original)

A világ egyik legnagyobb barlangrendszerében, a Mammoth barlangban, salétrom bányászatot folytattak hosszú időn keresztül. A dolgozók megóvása érdekében tartózkodási helyet építettek a barlangba (18. kép). A káliumnitrát kioldásos bányászata természetesen káros volt a bányászok

egészségére, s a jó barlangi levegő ellenére voltak munkások, akik meghaltak itt, légúti ártalom következtében.



18. kép. Védő házikó a salétrom bányászok számára a Mammoth barlangban a történelmi bejárat közelében

Picture 18. Protection cottage for the miners near to „Historical entrance” of Mammoth cave (original).



19. kép. Az Abukuma barlang kopár, külső környezete (baloldal), egy óriáskeréssel, és az Irimizu barlang bejárata (jobboldal)

Picture 19. Bare limestone surface of Abukuma cave (left) with routa panoramica, and the front of Irimizu cave (original)

Japán karsztjain a nagy létszámú túrizmus okoz jelentős terhelést a barlangokban. Két jelentősebb barlang található északkeletre Tokyótól, az Abukuma hegységben. A képződményekben gazdagabb Abukuma barlang a Világ Örökség része. 1996-ban fedezték fel mészkőbányászat során. Tőle 4km-re északra találjuk az Irimizu barlangot, amelyik már 1927-től ismert (mindkettő a Fukushima prefektusban fekszik). A barlang látogatóknál roszszullétek léptek fel az utóbbi években a barlangi vizitek idején, feltehetően a kilégzés magas CO₂ mennyisége következtében. Japán kutatók vizsgálták a barlangok CO₂ terhelését, és megállapították, hogy az a nagy létszámú túrizmus következménye, ezért és javasolták a látogatószám csökkentését (URUSHIBARA személyes konzultáció, 19.kép).

4. Összegzés és kitekintés

Néhány emberöltő alatt az ember drasztikusan átformálta a tájat, ami a karsztok háromdimenziós hatásfelületén sokkal gyorsabban ment végbe, mint más közettípusokon. Az ember által okozott főbb változások:

- a mezőgazdasági tájhasználat során kialakult talajerózió,
- az ivóvíz használat és a bányászat miatt kialakult karsztvízszint csökkenés,
- a bányászat tájsebeinek a karsztok tájesztétikai érték-csökkentő hatása.
- talaj és vízszennyezések (savanyodás, vízminőség romlás),
- cseppkő degradáció.

A kutatások további feladata feltárni a sérülékenység következtében kialakult károsodásokat a karsztokon:

- ki kell terjeszteni a tájvédelmet azokra a karsztos területekre, ahol ma még extenzív mezőgazdasági művelés zajlik,
- meg kell tiltani az erdőirtásokat, a kitermelés helyén őshonos fajokat kell telepíteni,
- meg kell szüntetni a nagymérvű vízkitermelést, csak annyi víz kivétele engedélyezhető, amennyi visszapotlódik,
- csökkenteni kell a vízgyűjtőkön az ipari termelést (ércbányászat, kőbányászat).

A fenti áttekintés nem teljes, mivel minden földrajzi-, illetve ökozónákban sajátos, csak zónára jellemző problémák is felléphetnek. A globális felmelegedéssel általános problémája a Föld népességének napjainkban az ivóvízkincs-, a termő- és erdőterületek csökkenése, a környezet-szennyezés, és annak planetáris kiterjedése. Az érzékeny karsztok kutatása, a hasznosításának és a megfelelő kezelésének kérdése a közeljövő fontos feladata, aminek a megoldása csak integrált, multidiszciplináris projektek keretében valósulhat meg.

IRODALOM

BÁRÁNY KEVEI I. (1987): Man's impact on karst topography in Hungary – In Kunaver J. (ed): Karst and Man. Proceed. of the International Symposium on Human Influence in Karst. Postojna. Ljubljana, pp. 207-220.

BÁRÁNY KEVEI, I. (1992): Les facteurs écologiques dans la formation du karst. – In.: Karst et Évolutions Climatiques. Hommage a Jean Nicod. Press. Univ. de Bordeaux, pp. 53-59.

BÁRÁNY KEVEI I. (1998): Geocological system of karsts. Acta Carsologica. – Krasoslovni Zbornik, XXVII/1. Ljubljana. pp. 13-25

- BÁRÁNY KEVEI I.* (2012): The significance of landscape ecological research in the 21st century. Proceed. Int. Geographical Conference (IGC) Cologne.
- BOGNAR A.* (1987): The exploitation of bauxite ore deposits in the area Ombrovac and its influence on karst landscape – In: Kunaver J. (ed) Karst and Man. Proceed. of the International Symposium on Human Influence in Karst. Postojna, Ljubljana, pp.169-179.
- CONRAD N. – GROOTES P. M. – SMITH S. H.* (2004): Unexpectedly recent dates for human remains from Vogelherd –Nature 430. pp. 198-201.
- DOERFLINGER, N. – JEANNIN P.Y. – WAHLEN F.* (1999): Water vulnerability assessment in karst environments: a new method of defining protection areas using a multi-attribute approach and GIS tool (EPIKmethod). – Environmental Geology 392. pp.165-176.
- GOLDIE H.S.* (1987): Human impact on limestone pavement in the British Isles. – In: Kunaver J. (ed) Karst and Man. Proceed. of the International Symposium on Human Influence in Karst. Postojna, Ljubljana. pp. 179-201.
- GUNN J.* (1999): The reclamation of quarried limestone rock slopes – Proceed. of the Int. Seminar on Land Degradation and desertification. Aveiro. pp. 93-100.
- HABIC P.* (1987): The problematics of karst water use and protection on exaple of Unica river near Postojna – In: Kunaver J. (ed) Karst and Man. Proceed. of the International Symposium on Human Influence in Karst. Postojna, Ljubljana. pp.179-201.
- HARDWICK P – GUNN J,* (1996): Modern fluvial processes on a macroporous Drif-Covered Cavernous Limestone Hillslope, Castleton, Derbyshire, UK. – In: Advances in Anderson M G and Brook, S M (eds): Hillslope Processes, Vol. 1. John Wiley and Sons Ltd. pp. 398-428.
- HASHIMOTO T. – STEDINGER J. R. – LOUCKS D. P.* (1982): Reliability, resiliency and vulnerability criteria for water resource system performance evaluation – Water Resources Research 18. 1. pp.14-20.
- JAKUCS L.* (1987): Traces of effects of acidic rain (sedimentation) in the re-dissolution of cave dripstones – ENDINS. Mallorca. pp. 49-59.
- KASZALA R.-BÁRÁNY KEVEI I.* (2004): Heavy metal content of soils in the karstic area of North Hungary. – In: Calabrese EJ, Kostecki PT, Dragun J (eds): Contaminated Soils, Sediments and Water. Science in the Real World. Volume 9. Springer. pp. 167-175.
- NICOD, J.* (1987): A menagements agraries dans de petites depressions karstiques (en Provanceet dans les Causses, et dans quelgues regions de comparaisons en Italie et Yugoslavie) – In: Kunaver J. (ed): Karst and Man.

- Proceed. of the International Symposium on Human Influence in Karst. Postojna, Ljubljana. pp. 97-111.
- RAVBAR, N.* (2007): The protection of karst waters: a comprehensive Slovene approach to vulnerability and contamination risk mapping. – ZRC Publishing, Ljubljana. 254 p.
- SAMU A. – FEKETE I. – BÁRÁNY KEVEI I.* (2012): Sequential extraction procedure for the speciation of heavy metals in the sediments of swallow karstic lakes on the Aggtelek and Slovak karst (Hungary and Slovakia) – Slovensky Kras, Acta Carsologica Slovaca, 50/1. pp. 55-64.
- SECULIC, A.* (1987): Protection of water resources on karstz-poljes on the examples of the Cetina river-Dalmatia – In: Kunaver J. (ed): Karst and Man. Proceed. of the International Symposium on Human Influence in Karst. Postojna, Ljubljana. pp. 41- 48.
- TRIMMEL H.* (1968): Höhlenkunde – Braunschweig. 300 p.
- TROFIMOVA, E. V.* (1999): Karst caves in the Irkutsk Amphitheatre, Russia: ecological condition and problems of conservation. – In: Bárány Kevei I. – Gunn, J. (eds.) Essays in the ecology and conservation of karst. pp. 153-160.
- UHLIG H.* (1987): Agricultural geography and geocology of karst-regions in South-East Asia – In: Kunaver J. (ed): Karst and Man. Proceed. of the International Symposium on Human Influence in Karst. Postojna, Ljubljana. pp. 137-159.
- URUSHIBARA-YOSHINO, K.* (1993): Human impact on karst soils Japanese and other examples – *Catena, Supplement*, (25), Clemlingen, pp. 219-233.
- ZWAHLEN, F.* (eds.) (2003): Vulnerability and Risk Mapping for the Protection of Carbonate (Karst) Aquifer. – COST Action 620. Final Report. Neuchatel. 297 p.
- XIANG SHIJUN – CHEN JIAN* (1987): Karst collapse induced by pumping and draining groundwater, its forming conditions and factors affecting – In: Kunaver J. (ed): Karst and Man. Proceed. of the International Symposium on Human Influence in Karst. Postojna, Ljubljana. pp. 65-76.