

Veress Márton–Péntek Kálmán–Schlaffer Roland–Mitre Zoltán

AZ INTENZÍV CSAPADÉKHULLÁSOK HATÁSA A KARSZTOS FORMÁKRA

ÖSSZEFOGLALÁS

Az intenzív csapadékhullásoknak a töbrök átalakulására gyakorolt hatását vizsgáltuk. Ehhez a töbröknek különböző időpontokra meghatároztuk a mélységét. A méréseket 2003 és 2010 között bakonyi, bükki utánsüllyedéssel, valamint aggteleki oldódásos töbröknél végeztük. Megállapítottuk, hogy az oldódásos töbrök átlagos feltöltődése gyorsabb, mint az utánsüllyedéssel töbröké. Továbbá, hogy az átlagos feltöltődés a szántóföldi környezetű töbröknél a legnagyobb. A jövőbeli várható csapadékadatok figyelembevételével, ismerve az elmúlt évek feltöltődését, számítottuk azok várható elpusztulását (teljes feltöltődés). Azon utánrogyásos töbröknél, amelyek mélyültek, számítottuk átalakulásuk időpontját (átalakulásuk során az utánsüllyedéssel töbrök oldódásos töbrökké alakulnak).

1. Bevezetés

A klímaváltozással foglalkozó kutatók többsége egyetért abban, hogy e jelenség egyik megnyilvánulása az extrém időjárási helyzetek gyakoriságának a megnövekedése lehet. Ez magába foglalja az intenzív csapadékhullások gyakoriságának, valamint egy-egy csapadékhullás során a csapadék mennyiségének a növekedését. Az intenzív csapadékhullások és azok gyakoriságának a növekedése a felszín alakzatainak a kialakulását indíthatja el, de az intenzív csapadékhullás a formák átalakulását, méretnövekedését, a forma sűrűségének a növekedését is eredményezheti (BÜDEL 1977, BREMER 2002, CZIGÁNY–LOVÁSZ 2005). Miután a karsztos formák a felszíni formák egyik típusát képezik, számítani lehet arra, hogy az intenzív csapadékhullások e formák kialakulására és fejlődésére is hatással lehetnek. Tanulmányunk az utóbbi évek intenzív csapadékhullásainak a karsztos formákra gyakorolt hatásait elemzi, továbbá jóslásokat adunk a karsztos formák jövőbeni változásaira egy kiválasztott klímamodellből (JACOB *et al.* 2007) levezetett csapadék-mennyiségek felhasználásával.

A fedetlen karszt töbrei az oldódásos és az omlásos töbrök (JENNINGS 1985). A fedett karszt (rejtett karszt) az utánsüllyedéssel töbrök (víznyelős töbrök). Az utánsüllyedéssel töbrök lehetnek lezökkenéssel, valamint szuffóziós töbrök (WILLIAMS 2003). Fedett karsztokon gyakoriak a fedőüledékes depressziók is (VERESS 2009).

Az utánsüllyedéssel töbrök vagy azok részformái gyorsan kialakulhatnak, majd kialakulásukat követően számottevő átalakuláson mehetnek keresztül (VERESS 1986, 1987, 1995 FORD–WILLIAMS 2007). Az utánsüllyedéssel töbrök részformái VERESS (1999) szerint lehetnek karsztos és nem karsztos eredetűek. Nem karsztos részformák a töbrök területén előforduló, különböző tömegmozgások (omlások, csuszamlások) sebhelyei, ill. az elmozdulások során keletkező felhalmozódások, valamint a csapadékvíz (esővízbarázdák) és a lineáris erózió (vízmosásos árkok) által létrehozott formák. A karsztos eredetű részformák között elkülöníthetők a fedő, kisméretű, omlásos eredetű mélyedések és a járatok. A kisméretű mélyedések (VERESS 1999 szerint a fiókmélyedések) néhány m-es átmérőjű, meredek oldalú, legfeljebb 1–2 m-es mélységű, többnyire zárt formák. A fiókmélyedések az ismétlődő omlások miatt szélesedhetnek, vagy összetett jelleget is felvehetnek. Ha a hordozó töbrök oldallejtőjén jönnek létre, aszimmetrikus keresztmetszetűek is lehetnek. Ha az omlások a töbrök peremén történnek, a fő mélyedéshez képest függő

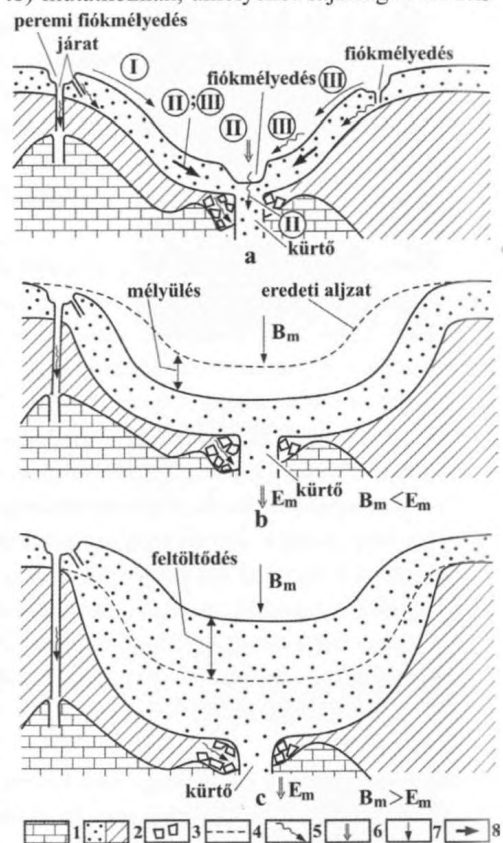
helyzetű, zárt forma képződik (peremi fiókmélyedés). A peremi helyzetű mélyedések erózióval, vagy újabb omlásokkal a hordozó töbrőhöz kapcsolódhatnak. A peremi helyzetű mélyedések szélesedhetnek (oldalajtóik omladozhatnak).

A járatok létrejöhetnek felnyílásokkal, omlásokkal (ekkor a fiókmélyedések felé átmenetet mutathat morfológiájuk), vagy az elszivárgó felszíni vizek áthalmazódó tevékenysége során. Ez utóbbi esetben a talajban néhány cm-es átmérőjű járatok fejlődnek ki, többnyire csoportosan.

Feltöltéssel sík aljzatrészek alakulhatnak ki. A feltöltődés rendszerint a már korábban kialakult fiókmélyedésekben történik, de kiterjedhet a töbrő kisebb-nagyobb aljzat részére is. A fiókmélyedések feltöltődhetnek részlegesen vagy teljes mértékben is. Az üledék származhat a töbrő lejtőjén vagy vízgyűjtőjén kialakult esővízbarázdából, vagy vízmosásos árokból.

A töbrők számottevő változása jelentheti a töbrő méreteinek a változását (a forma átmérőjének és/vagy mélységének a növekedését vagy utóbbinak a csökkenését), továbbá részformáknak a létrejöttét. Számottevő változásokat a töbrőkben intenzív csapadékhullások során már korábban is megfigyeltünk (VERESS 1987). Ilyenkor működési jelenségek (árvízi tó) mutatkoznak, amelyeket sajátos üledék-képződés követ vagy kísér (VERESS 1987). Az utánsüllyedéssel töbrőkbe a vízbefolyás (működés) és így az árvízi tavaknak a kialakulása számos körülménytől függ (pl. a talaj vízzel telítettségétől vagy fagyottságától, a csapadékhullás intenzitásától, a felszín növényzetétől stb.). Megfigyelésünk szerint (VERESS 1987) a szántóföldi környezetű töbrőknél a növénytelen felszínen 13,4 mm (1980-ban) csapadék (ez 2 óra alatt hullott le) intenzív befolyást eredményezett. Ugyanakkor, ha a szántóföldön növényzet is van, a gyeper környezetű töbrőknél jelentkezik működés. Így Hárskúton 1982. november 7-én 13 mm csapadék okozott működést gyeper környezetű utánsüllyedéssel töbrőknél, szántóföldiekénél viszont nem. A töbrő változása, átalakulása a töbrő anyagforgalmának az eredménye. Az anyagforgalom elemei a beszállítási és az elszállítási folyamatok, valamint a töbrő belsejében végbemennő üledék-áthalmazódás. Egy töbrő anyagforgalmának szerkezetét az 1a. ábrán mutatjuk be. Ha a töbrőbe kevesebb anyag érkezik, mint onnan a karsztba szállítódik akkor mélyül, ha több, akkor feltöltődik (1b, c. ábra).

Az anyagbeszállítás mind a töbrőbe, mind onnan a karsztba kétféle lehet. Beszállítás történhet vízbeáramlás során, továbbá a fedőüledékeknek a mozgásával (talaj és málladéktakaró kúszása). Ez utóbbi a mérések szerint 10 év alatt néhány utánsüllyedéssel töbrőnél 0,5–6 cm közötti értéket mutatott (VERESS 1999). A töbrőből a karsztba szállítás történhet omlással, a töbrőből a karsztba jutó víz által. Az omlásos eredetű mélyülés a tapasztalatok szerint jól elkülöníthető az anyagel-szállításos mélyüléstől. Az omlásos eredetű formák gyorsan kialakulnak, a részformákat (fiókmélyedések) meredek felületek határolják. Az anyagelszállításos



1. ábra. Egy utánsüllyedéssel töbrő anyagforgalma (a), mélyülése (b) és feltöltődése (c)
 1. mészkő, 2. fedőüledék, 3. a fekvő omladéka, 4. egykori felszín, 5. csapadékvíz általi üledékszállítás (szuffúzió), 6. omlás a fedőüledékben, 7. csuszamlás, 8. talaj- és málladéktakaró kúszása,
 B_m : beszállított anyag mennyisége, E_m : elszállított anyag mennyisége, I.: anyag beszállítás a töbrőbe, II.: anyagelszállítás a töbrőből, III.: anyagáthalmazás a töbrő területén

mélyülés lassú (több éves időtartamú), a töbrök egészének sajátossága. Ennek során nem alakulnak ki meredek felületek. Omlások akkor jönnek létre, ha a fekü omladozásai miatt az anyaghiány olyan mértéket ér el, hogy a fedőben a nyírófeszültség meghaladja az anyag kohézióját. Az omlást okozhatja a befolyó víznek az áthalmozó tevékenysége is. Ilyenkor a töbrök-aljzaton elszivárgó (beáramló) víz a fedőben anyaghiányt okoz. Az anyaghiány oka, hogy a fedő anyagai annak járataiba vagy a fekü kürtőibe, üregeibe halmozódnak.

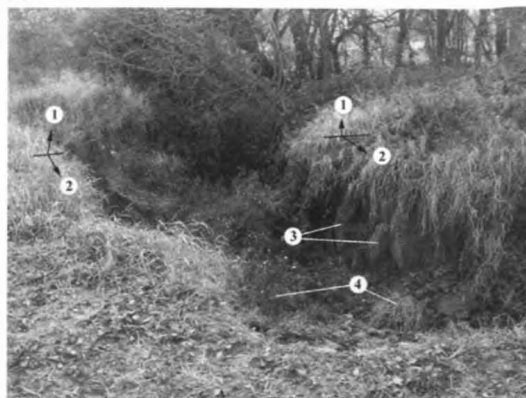
A töbrökben végbemenő változások mértékére és/vagy azok gyorsaságára közvetlenül utalnak a részben eltemetett fák (gyakran csak a lombkorona emelkedik ki az elborításból), a fák megdőlése (vagy a fák teljes eldőlése), a fedőben húzásos hasadékok kialakulása (a fedő csúszva, billenve tömbökre különül), az omlások (omlások halmai, meredek felületek).

A gyors kialakulás (a felszínre nyílás) biztos jele, amikor az omlásos eredetű formában vagy részformában a környezetének növényzetével megegyező, még élő (lábon álló, vagy már eldőlt, esetleg eltemetett) növényfoltjai fordulnak elő. Az ilyen növényzet, különösen akkor, ha az természetett (pl. kálászosok), jelzi, hogy az omlásos mélyülés kezdete fiatalabb, mint a növényzet élettartama (1. kép). Tehát a kialakulás kora vagy időtartama néhány hónap vagy hét lehet.

E változásokat közvetve bizonyítja a kitöltő üledékek szerkezete és kifejlődése. Ha az üledékösszetétel szemcseátmérőjének felfelé finomodása a dőlésszög csökkenése mellett történik, akkor ez a lepusztulás intenzitásának a növekedésére utal, mivel adott vízelvezetés mellett is több üledék érkezik, és így egyre több üledék keletkezik a mélyedésben (VERESS 1986). Szántóföldi növénytermesztésre utal, ha a keletkezett üledékben megnő a növényi hulladék aránya, talajlepusztulásra, ha a talaj mennyisége (VERESS 1986). A befogadó mélyedés állapotát mutatja (pl. a vízelvezetés megszűnését), ha a mélyedésben faszenes összetételek keletkeznek (VERESS 1995). Limonit a kitöltésben akkor keletkezik, ha a mélyedés feltöltésében talajvíz fejlődik ki, tehát a fedőből a mészkőbe már vízszivárgás sincs (VERESS 1995).

A fenti formák és üledékek a fedett karsztok (rejtett karsztok) természetes jelenségei, megnyilvánulásai. A 2010-es évek második felében az intenzív csapadékhullások gyakoriságának a megnövekedése miatt úgy tűnik, a töbrök részformái is nagyobb gyakorisággal képződtek. A fentiek alátámasztására néhány tési utánsüllyedéses töbrök területén 2010-ben kialakult másodlagos részforma előfordulását mutatjuk be az I. táblázatban, ill. fényképeken (1–6. kép).

2010-ben a csapadék mennyisége számottevően megnőtt a korábbi évekhez képest. Így több mint 1000 mm csapadék hullott Tésén. Különösen a május (237 mm) és a szeptember (158 mm) hónapokban hullott szokatlanul sok (II. táblázat). Ezek a mennyiségek valójában még nagyobbak, ugyanis csak az 5 mm-nél több csapadék-mennyiségeket vettük figyelembe a havi összegek kiszámításánál. Még ennél is fontosabb a töbrök átalakulása szempontjából, hogy több olyan időszak is volt, amikor kettő (vagy ennél is több) napon volt csapadék, napi viszonylatban többnyire 10 mm-nél is nagyobb mennyiségben. E tekintetben kiemelkedő a május 12 és 16-a közötti időszak. Ekkor a csapadékmennyiségek a következőképpen alakultak: 13 mm (május 12), 25 mm (május 13), 1 mm (május 14), 64 mm (május 15), 49 mm (május 16).



1. kép. A Háromkürtő-zomboly mélyedésrendszerének peremén kialakult peremi fiókmélyedés
1. 2010. előtt kialakult fiókmélyedésrész, 2. 2010. júliusától kialakult fiókmélyedés rész, 3. a forma omlásos eredetű fala, 4. az omlással lezökkent növényzet

2010-ben kialakult új formák töbrökben (Tábla-völgy és környéke)

Töbör jele	Kialakult forma	Száma a töbrökben	Folyamat	Megjegyzés
I-15	-	-	-	Tés-3
I-17	-	-	-	Tés-3
I-18	Járat	1	Felnyílás omlással	Tés-3
I-19	Járat	2	Felnyílás omlással	Tés-3
I-22	-	-	-	Tés-2
I-23	Fiókmélyedés	1	Omlás	Tés-2
I-24	Sík aljzat	1	Bontással kialakult akna feltöltődött	Tés-2
I-25	1. Sík aljzat a fiókmélyedésben, 2. járat	2	1. Feltöltés 2. Felnyílás omlással	Tés-2
I-26	-	-	-	Tés-2
I-27	Fiókmélyedés	1	Omlás	Tés-2
I-28	Járat	Kb. 10–15	Elszivárgó vizek hatására	Tés-2
I-29	1. Sík aljzat a fiókmélyedésben, 2. 3–5 járat a mélyedés oldalában	3–5	1. Feltöltés 2. elszivárgó vizek hatására	Tés-1
I-31	1. Meder, 2. Peremi fiókmélyedés szélesedése 3. fiókmélyedésben járat	1 1 1	1. Lineáris erózió 2. Omlás hatására 3. Felnyílás omlással	Tés-1
I-32	1. Járat 2. Sík aljzat		1. Felnyílás omlással 2. feltöltődés	Tés-1
I-33	-	-	-	Tés-1
I-104 K-i rész mélyedése	Sík aljzat	-	feltöltés	Tés-2, a mélyedés jelleg megszűnt
I-104 Ny-i rész mélyedése	1. Járat 2. Fiókmélyedés 3. medrek	1 1 5	1. Felnyílás omlással 2. Omlás 3. Lineáris erózió	Tés-2

2. A mintaterületek jellemzése

Mintaterületeink a Bakony hegységben a Tési-fennsíkon, a Hárskúti-fennsíkon vagy Gyeránkúti-medencében (a Homód-árok környéke), a Bükk-hegységben (Nagy-fennsík, Nagy-mező) és az Aggteleki-karszton (Aggteleki-fennsík) vannak. A töbrök genetikáját, vízgyűjtőjük növényzetét a *III. táblázatban* mutatjuk be.

A Tési-fennsík vizsgált töbrei a Tábla-völgyben és környékén fordulnak elő. Az ún. Tés-1 jelű kutatási területhez tartozó töbrök (Veress 2006a) közül 3 db a Tábla-völgy talpának fedőüledékes depressziójában található. A töbrök 460–464 m magasságok közt fordulnak elő. A fedőüledék környezetükben mészkőtörmelék (agyagos), lösz (homokos vagy mészkőtörmelékes), lösz (anyag-oszapos), agyag (löszös mészkőtörmelékes), mészkőtörmelékes agyag, a fekvő kőzet itt jura korú mészkő, a fedőüledék vastagsága 0–18 m.

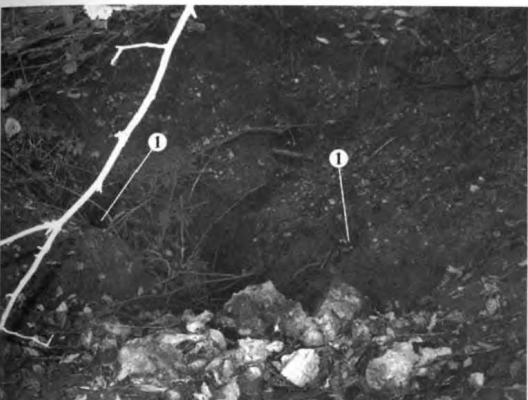
A Tés-2 jelű kutatási terület (VERESS 2005) a Tés-1 jelű területtől néhány 100 m-re DNy-i irányban található. A töbrök egy része (6 db) a Tábla-völgy mellékvölgyének talpán, egy fedőüledékes depresszióban sorakozik. A magassága 442–458 m közötti, a fedő vastagsága 0–10 m közötti. 3 töbör völgyön kívül, közel



2. kép. 2010-ben kialakult járat az L-31 jelű lezökkené-
ses töbör peremi fiókmélyedésében
(felvétel ideje: 2010. október 8.)



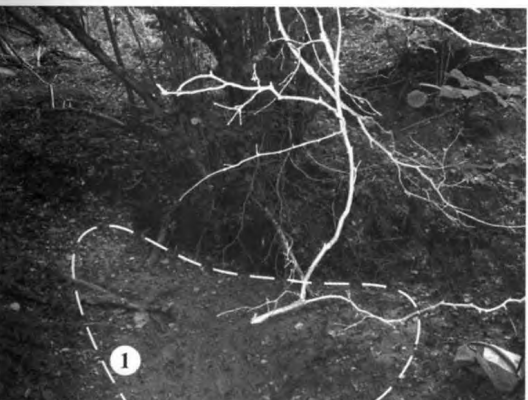
3. kép. 2010-ben kialakult fiókmélyedés (I-27 jelű
utánsüllyedésses töbör, a felvétel ideje: 2010. október 8.)
Jelmagyarázat: 1. fiókmélyedés



4. kép. 2010-ben kialakult esővízbarázdák a I-104 jelű
utánsüllyedésses töbör Ny-i részmélyedésében (felvétel
ideje: 2010. október 8.) Jelmagyarázat: 1. esővízbarázda



5. kép. Kibontott járat 2010-ben keletkezett feltöltődése
(I-24 jelű utánsüllyedésses töbör, felvétel ideje: 2010.
október 8.)



6. kép. 2010-ben feltöltődött utánsüllyedésses töbör (I-104
jelű utánsüllyedésses töbör K-i részmélyedése, felvétel
ideje: 2010. október 8.) Jelmagyarázat: 1. feltöltés
pereme

II. táblázat

2010. január 1. és október 8. között mért napi
csapadékadatok havi összegei (az 5 mm-nél na-
gyobb csapadék-mennyiségek felhasználásával)

<u>Hónap</u>	<u>Csapadék (mm)</u>
Január	25
Február	48
Március	11
Április	107
Május	237
Június	148
Július	55
Augusztus	107
Szeptember	158
Október 8-ig	18
Összesen	914

sík térszínen található. Ez utóbbiak 457–458 m-es magasságokban helyezkednek el, a fedő vastagsága itt 0–17 m. A Tés-2 jelű területen a fekü jura mészkő, a fedő mészkőtörmelék (agyagos), lösz (agyagos-iszapos), agyag (lössös, mészkőtörmelékes), lösz (homokos, mészkőtörmelékes).

Az ún. Tés-3 jelű terület (Veress 2006a) többreibről 3 db egy fedőüledékes depresszióban található, 1 db a depresszió kívüli helyzetű. A töbrök 436–442 m magasságok közt fordulnak elő. A fekü közet jura korú mészkő, a fedőüledék mészkőtörmelék (agyagos), lösz (homokos vagy mészkőtörmelékes), lösz (anyag-iszapos), agyag (lössös, mészkőtörmelékes), vastagsága 0–15 m közötti.

Az ún. Homód-árki fedett karsztos mélyedéscsoport (VERESS 2006b, SZALAI *et al.* 2006) völgyek által közrefogott völgyközi háton helyezkedik el, egy fedőüledékes depresszióban, 400–450 m közötti magasságokban. A fekü eocén korú mészkő. A fedő, amelynek a vastagsága 0–20 m közötti, lösz (homokos, mészkőtörmelékes), lösz (agyagos-iszapos), mészkőtörmelékes agyag, agyag (lössös, mészkőtörmelékes), agyag.

A vizsgált Nagy-mezői töbrőcsoport egy részlegesen kitöltött, fedőüledékes depresszió (egykori vakvölgy) területén helyezkedik el (VERESS–ZENTAI 2007). A depresszió töbreinek magassága 770–774 m közötti. A feküzet felső-triász korú mészkő, fedőüledéke, amely mészkőtörmelék (agyagos), lösz (agyagos-iszapos), lösz (homokos vagy mészkőtörmelékes), vastagsága 0–20 m közötti.

Az Aggteleki-fennsík töbrei egy uvala részét képezik (VERESS 2008). A töbrök magassága 380–410 m közötti. A fedőt mészkőtörmelék (agyagos), agyag (mészkőtörmelékes, homokos) üledékek alkotják, maximális vastagsága a töbrök belsejében közel 40 m, a töbrök, ill. az uvala oldalában 0–5 m.

3. A módszer

– 2010-ben GPS-sel újramértük azon töbrök mélységét, amelyek mélységeit már a korábbi térképezésük során meghatároztuk. A két különböző idejű mélységadatból számítható a töbrök mélyülésének, feltöltődésének mértéke, a két mérés időtartamának a felhasználásával feltöltődésük és mélyülésük sebessége (*III. táblázat*).

– A feltöltődési és mélyülési sebességek átlagát is számítottuk külön az oldódásos töbrökre, valamint az utánsüllyedéses töbrökre. A feltöltődés átlagának a számításához azokat a formákat is figyelembe vettük, ahol a feltöltődés mértéke 0 volt. (Az átlagszámítás során a darabszámot a 0 feltöltődésű formák darabszámával növeltük.) Külön számítottuk a szántóföldi, gyepes, ill. erdős vízgyűjtőjű utánsüllyedéses töbrök esetében a feltöltődés átlagos sebességét.

– Prognosztizáltuk a vizsgált töbrök jövőbeni változásait az alábbi lépésekben:

- A 2003–2010 időintervallumokra eső, legalább 5 mm-es csapadékesemények felhasználásával, meghatároztuk a vizsgált karszterületekhez tartozó összes lehullott csapadékot mm-ben.
- A fentiek ismeretében aránypárok felhasználásával, extrapolációval kiszámítottuk, hogy a 2001–2010 időintervallumban mennyi csapadék hullott a vizsgált területekre, hiszen mérési adatokkal csak a 2003–2010 időszakra rendelkezünk, viszont az alkalmazott klímamodell a 2001–2010 évek bázisán működött. Ezzel nyertük a jövőbeni folyamatok prognosztizálásához szükséges bázis adatokat.
- A 2001–2010 időintervallumba kapott mélyülést/feltöltődést felhasználva a 2011–2020, 2021–2030, 2091–2100 évtizedekre kiszámítottuk a várható mélyülés/feltöltődés mértékét. A különböző évtizedekbe várható csapadékösszegeket a REMO regionális klímamodellből nyertük (*JACOB et al.* 2007).
- Az így kiszámított adatok alapján összegzéssel, ill. interpolálással meghatároztuk azt a várható időpontot, amikor a vizsgált karsztos mélyedés teljesen feltöltődik, illetve mélyülve aljzata eléri a mészkő fekűt és így átalakul (*III. táblázat*).

Néhány karsztos mélyedés feltöltődése és mélyülése a 2000-es években

Tési-fennsík (Bakony)					Homód-árok (Bakony)				
Jele	Mélységének változása [cm] 4 *bizonytalan	Változás sebessége [cm/év]	Vízgyűjtőjének jellemzése	Genetikai típus	Jele	Mélység változás [cm]	Változás sebessége [cm/év]	Vízgyűjtőjének jellemzése	Genetikai típus
I-33	+16	2,3	Sz	F ₁	Ho-1	-20	2,5	E	F ₁
I-32	+10*	1,4	Sz	F ₁	Ho-2/a	0	0,0	E	F ₁
I-32_L	+13	1,6	Sz	F ₁	Ho-2/b	-22	2,7	E	F ₁
I-31	-120	17,1	Sz	F ₂	Ho-3	-30	3,7	E	F ₁
I-22	0	0	E	F ₁	Ho-4	0	0,0	E	F ₁
I-23	-25	3,6	E	F ₁	Ho-6	+19	2,4	E	F ₁
I-24	-14	2,0	E	F ₁	Ho-7	+22	2,7	E	F ₁
I-25	-10	1,4	E	F ₁	Ho-8	+23	2,9	E	F ₁
I-26	-17	2,4	Sz	F ₁	Ho-9	0	0,0	E	F ₁
I-28	+21	3,0	Sz	F ₁	Ho-10	+29	3,6	E	F ₁
I-15	+16	2,3	Sz	F ₁	Ho-11	+12	1,5	E	F ₁
I-17	+21	3,0	Sz	F ₁	Ho-12	0	0,0	E	F ₁
I-18	-32	4,6	Sz	F ₂	Ho-13	+16	2,0	E	F ₁
I-19	+16	2,3	Sz	F ₁	Ho-14	0	0,0	E	F ₁
I-27	+13	1,9	Sz	F ₃	Ho-15	+10	1,2	E	F ₁
Nagy-mező (Bükk h.)					Ho-16/A	-39	4,9	E	F ₁
N-1	-19	3,8	Gy	F ₁	Ho-16/B	-12	1,5	E	F ₁
N-3	+10	2,0	Gy	F ₁	Ho-17	0	0,0	E	F ₁
N-8	0	0,0	Gy	F ₁	Ho-20	0	0,0	E	F ₁
N-6	+6*	1,2	Gy	F ₁	Ho-21	0	0,0	E	F ₁
N-4	0	0,0	Gy	F ₁	Ho-22	+10	1,2	E	F ₁
N-9	+13	2,6	Gy	F ₁	Aggtelek-karszt				
N-5	0	0,0	Gy	F ₁	A-1	+32	6,4	E	O
N-2	0	0,0	Gy	F ₁	A-2	+21	4,2	E	O
					A-3	+25	5,0	E	O
					A-4	0	0,0	E	O

Mérés időpontja (első dátum az első, a második a második mérés időpontja):

Tés (Bakony): 2004.04./2010.06, Homód-árok (Bakony): 2003.06/2010.07.

Aggtelek: 2006.07./2010.07,

Bükk: 2006.07./2010.07.

+ feltöltődés, - mélyülés,

E: vízgyűjtőjén erdő, Gy: vízgyűjtőjén gyepek, Sz: vízgyűjtőjén szántó,

O: oldódásos töbrök, F: utánsüllyedéses töbrök, (F1: szuffúziós töbrök, F2: lezökkenéses töbrök, F3: fosszilis szuffúziós töbrök)

4. Mennyiségi változások és várható átalakulások a töbrökben

Látható, hogy a karsztos mélyedéseknél a változások mértéke igen eltérő. Ez e formáknak a specifikus reagálását jelzi a különböző, az anyagforgalmat befolyásoló tényezőkre. Ilyen tényező a forma járatrendszere, a vízgyűjtő mérete, a vízgyűjtőn a felszín dőlésszöge, a vízgyűjtő fedőüledékeinek a minősége és a vastagsága.

Megállapítható, hogy a vizsgált mélyedések közül főleg az oldódásos töbrök (ezek elvezető járatokkal nem rendelkeznek, így üledékeik nem szállíthatódnak a karsztba) töltődtek fel nagyobb mértékben. Az utánsüllyedéses töbrök (ezek rendelkeznek járatokkal) feltöltődési sebessége az oldódásos töbrökhöz képest (Aggteleki-karszt) átlagosan 33%. Az utánsüllyedéses töbrök átlagos feltöltődési sebessége

1,3 cm/év, míg az oldódásos töbrökre 3,9 cm/év. Ezért úgy becsüljük, hogy az utánsüllyedéssel töbrökbe szállított anyag 67%-a azokból a karsztba szállítódik. A fedett karsztos formák (utánsüllyedéssel töbrök) között vannak süllyedő aljzatúak is. Ezeknél az elszállítás mértéke meghaladja a beszállítás mértékét. A III. táblázatra pillantva látható, hogy az I-31 jelű mélyülése volt a legnagyobb mértékű a vizsgált töbrök közül (mintegy 120 cm 7 év alatt). A mélyülés mértéke azokon a kútgyűrűkön is látható, amelyeket a töbrök barlangja felett helyeztek el, hogy a fedőnek a barlangba omlását megakadályozzák. Ma már két kútgyűrű emelkedik az aljzat fölül (7. kép).



7. kép. A jelenlegi aljzat fölül magasodó kútgyűrűk (I-31 jelű utánsüllyedéssel töbrök, felvétel ideje: 2010. október 8.)

Jelmagyarázat: 1. kútgyűrű, 2. fiókmélyedés pereme

Az utánsüllyedéssel töbrök összehasonlíthatók aszerint, hogy milyen növényzet fedi a vízgyűjtőjüket. A gyepes vízgyűjtőjű mélyedéseknél a feltöltődés átlagos sebessége 0,8 cm/év (Nagy-mező), az erdős vízgyűjtőjűeknél 1,2 cm/év (Homód-árok), míg a szántóföldi környezetűeknél 2,0 cm/év (Tési-fennsík). A szántóföldi környezetű fedett karsztos formák feltöltődésének mértéke kétszer nagyobb, mint a gyepes, ill. fás vízgyűjtőjűeké. Ez jelzi a felszín lepusztulásában az intenzív csapadékhullások megnövekedett szerepét 2004 és 2010 között. A szántóföldön a talaj és fedőüledék nagyobb mértékben pusztul le a növényzet hiánya miatt, mint gyepvel vagy erdővel borított felszíneken. Tehát a szántóföldi környezetű utánsüllyedéssel töbröknél a jövőben, az intenzív csapadékhullások gyakoriságának a várható növekedése miatt, fokozódó feltöltődésre lehet számítani.

A IV. táblázat adatai szerint a karsztos formák közül, ha a változások jelenlegi tendenciái és azok sebessége megmarad, a XXI. században több is teljesen feltöltődik, ill. üledékeit elvesztve átalakul. Ezen átalakulás időpontja azonban sok bizonytalansággal terhelt. Így pl. a feltöltődő mélyedéseknél növekedhet a területükről a karszt üregeibe történő elszállítás még akkor is, ha a csapadék mennyisége csökken. Ez a feltöltődés ütemének csökkenését eredményezheti.

IV. táblázat

Karsztos mélyedések átalakulásainak időpontjai

Mélyedés jele	Helye	Jelenlegi mélysége	Feltételezett feltöltődésének ideje	Üledékeinek feltételezett elvesztési ideje
I-33	Tés (Bakony)	2,3	2084	-
I-32/L	Tés (Bakony)	1,8	2081	-
I-17	Tés (Bakony)	2,1	2062	-
I-19	Tés (Bakony)	4,1	2068	-
I-31	Tés (Bakony)	4,0	-	2019
H-16/A	Homód-árok (Bakony)	4,9	-	2171
H-8	Homód-árok (Bakony)	2,1	2062	-
N-9	Bükk	4,1	2116	-
A-1	Aggteleki-karszt	7,1	2084	-
A-2	Aggteleki-karszt	4,7	2084	-
A-3	Aggteleki-karszt	3,1	2051	-

5. Következtetések

Karsztos formáknak különböző időpontokban mért mélységeinek ismeretében következtethetünk a formákban végbement, ill. végbemenő változásokra és az anyagforgalomra. Adatokat kaphatunk az intenzív esőzéseknek (klímaváltozás) a karsztos formákra gyakorolt hatására. Becsülhetjük a karsztformák várható életkorát, fejlődését.

Eddigi eredményeink szerint az intenzív csapadékhullások hatására végbemenő töbörváltozások egyediek. A töbörök feltöltődése nagymértékben függ a vízgyűjtő növényzettel borítottságától (ez az elkövetkező évtizedekben az intenzív esőzések gyakoriságának megnövekedése miatt még fokozottabban érvényesül). A következő évtizedekben az intenzív csapadékhullások hatására elsősorban a szántóföldi utánsüllyedéses töbörknél, valamint az oldódásos töbörknél (akár erdei környezet esetén és kicsi fedőüledék vastagságnál is) várható intenzív feltöltődés.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Unió Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.



IRODALOM

- BREMER, H. C. (2002): *Tropical weathering, landforms and geomorphological processes, field work and laboratory analysis* – Zeits. f. Geomorph. 46 p. 273–291.
- BÜDEL, J. (1977): *Klima – Geomorphologie* – Berlin, Translated by L. Foscher and D. Büsche (1982): *Climatic geomorphology* – Princeton Univ. Press, p.
- CZIGÁNY SZ.–LOVÁSZ GY. (2005): *A várható klímaváltozás és hatása hazánk néhány jelenkori geomorfológiai folyamataira* – Debreceni Földrajz Disputa, Debreceni Egyetem Természetföldrajzi és Geoinformatikai Tanszék, p. 97–111.
- FORD, D. C.–WILLIAMS, P. W. (2007): *Karst Hydrogeology and Geomorphology* – John Wiley & Sons, Ltd. 561 p.
- JACOB, D.–BÄRRING, L.–CHRISTENSEN, O. B.–CHRISTENSEN, J. H.–DE CASTRO, M.–DÉQUÉ, M.–GIORGI, F.–HAGEMANN, S.–HIRSCHI, M.–JONES, R.–KJELLSTRÖM, E.–LENDERINK, G.–ROCKEL, B.–SÁNCHEZ, E.–SCHÄR, C.–SENEVIRATNE, S. I.–SOMOT, S.–VAN ULDEN, A.–VAN DEN HURK, B. (2007): *An intercomparison of regional climate models for Europe: Model performance in Present-Day Climate* – Climatic Change 81 p. 31–52
- JENNINGS, J. E. (1985): *Karst geomorphology* – Basil Blackwell, New York, 293 p.
- SZALAI S.–VERESS M.–NOVÁK A.–SZARKA L. (2006): *Geofizikai vizsgálatok fedett karszton (Homód-árok, Bakony)* – Karsztfejlődés XI. BDF Természetföldrajzi Tanszék, p. 153–170.
- VERESS M. (1986): *Feltárás előrejelzése a karsztos üledékek vizsgálatával* – Karszt és Barlang II. p. 95–104.
- VERESS M. (1987): *Karsztos mélyedések működése bakonyi fedett karsztokon* – Földr. Ért. XXXVI. évf. 1–2 füz. p. 91–114.
- VERESS M. (1995): *Fossilizálódó karsztos formák és környezetük fejlődésének értelmezése kitöltő üledékekkel* – Karszt- és Barlangkutató X. évf. 1981–95. p. 225–236.
- VERESS M. (1999): *Az Északi-Bakony fedett karsztja* – A Bakony Természetud. Kut. Eredményei 23. 167 p. Bakonyi Természetudományi Múzeum, Zirc
- VERESS M. (2005): *Adalékok a Tábla-völgyi-dűlő (Tési-fennsík) fedett karsztosodásához* – Karsztfejlődés X. BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, p. 267–291.
- VERESS M. (2006a): *Adatok a Tési-fennsík két térszínrészletének fedett karsztosodásához* – Karsztfejlődés XI. BDF Természetföldrajzi Tanszék, p. 171–184.
- VERESS M. (2006b): *Adalékok nagyobb vastagságú fedőüledékes térszín karsztosodásához (Homód-árok környéke, Hárskút)* – A Bakonyi Természetudományi Múzeum Közleményei, Zirc, 23, p. 7–26.
- VERESS M. (2008): *Adalékok az Aggteleki-fennsík völgyeinek fejlődéséhez* – Karszt és Barlang (megj. éve 2010.) I.–II. p. 3–12.
- VERESS M. (2009): *Investigation of covered karst form development using geophysical measurements* – Zeits. Geomorph. 53. 4. p. 469–486.

- VERESS M.–ZENTAI Z. (2007): *Karsztjelenségek minősítése a Bükk-hegység néhány mintaterületén a mészkőfekü morfológiájának és a fedőüledékek szerkezetének értékelésével* – Karszt és Barlang, I–II. (megj. éve: 2009) p. 37–54.
- WILLIAMS, P. W. (2003): *Dolines* – In: Gunn, J. (szerk.): *Encyclopedia of caves and karst science*, 304–310, New York, London

THE EFFECTS OF INTENSIVE RAINFALL ON KARST FORMS

We investigated the relationship between the intensity of the rainfall and the change of dolines. We determined the depth of the dolines at various dates. The measuring happened at the subsidence dolines of Bakony Mountain and Bükk Mountain concerning solution dolines of Aggtelek karst between 2003 and 2010 years. We could establish that the average accumulation of solution dolines is faster than that of the subsidence dolines. Further more the average accumulation of the dolines is the greatest which have plough-land on their catchment area. We calculated the probable destroying (full accumulation) of the dolines taking place in the future by taking probable rainfall data into consideration and using the accumulation data of the depressions of the last few years. We calculated the changing (the subsidence doline changes to a solution doline) time of those subsidence doline whose depth increased.

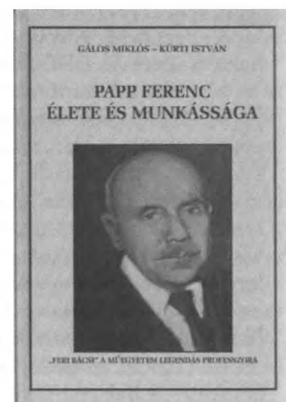


Gálos Miklós–Kürti István: PAPP FERENC ÉLETE ÉS MUNKÁSSÁGA

Kiadta a Magyarhoni Földtani Társulat 2011-ben.

A B5 formátumú, 152 oldalas könyv szerzői 31 oldalon mutatják be Feri bácsi életútját, szakmai, oktatói, közéleti tevékenységét. Ezt követi temetésén, sírkő-avatásán és születésének, halálának kerek évfordulóin tartott megemlékezések gyűjteménye, majd 13 egykori tanítványa, kollegája, barátja személyes hangú visszaemlékezése következik. Összegyűjtötték nevét megőrző emlékhelyeket (szobor, emléktábla, pihenőhely, kutató-álmomás, barlang, barlangág stb.). A kötetet életével kapcsolatos dokumentumok (iratok, fotók), valamint szakirodalmi munkásságának jegyzéke zárja.

Sajnálatos, hogy Feri bácsi Társulatunkkal kapcsolatos tevékenysége egyedül Dénes György visszaemlékezésében szerepel néhány mondat erejéig. Pedig mind a Társulat létrehozásában, mind fennmaradásában elvülhetetlen érdemeket szerzett. Megérdemelt volna egy külön fejezetet. Társulatunknak alapításától kezdve 1966-ig társelnöke volt, 1968-ban tiszteleti taggá választották.



H. T.