

A BAKONYVIDÉK FELSZÍNI KARSZTJA

VERESS MÁRTON – VETÉSI-FOITH SZILÁRD

THE SURFACE KARST OF THE BAKONY REGION

Abstract

In this article, the surface karstification of the Bakony Region is described. For this reason, VES measurements were applied to study the cover and the morphology of the bedrock. A karst-morphological mapping was also performed. With the classification of superficial deposits, karst types were differentiated. A relation was established between the karst types and block types in the mountains. The karstification of the mountains was affected by the block structure of the mountains, the mounds of the uneven bedrock, the presence of superficial deposits and their young (also currently ongoing) denudation. As a result of their individual or simultaneous effect, the karst of the mountains is varied. Soil-covered karst, concealed karst, cryptokarst, mixed autogenic-allogenic karst and allogenic karst occur in the mountains. Soil-covered karst is widespread in the mountains, but the specific features of this type (solution dolines) only occur on the threshold surfaces at the margin of the mountains and on dolomite. The concealed karst was mainly formed on horsts elevated to summit position, but it can also be found on threshold surfaces and on horsts in summit position. Its features are subsidence dolines and depressions of superficial deposit. Buried karst can be created by gravelly cover concerning cryptokarst basalt. The former is characteristic of cryptopenplains, while the latter is specific of peneplain with basalt caps thus, of Kab Mountain. If the cover is gravel, the water of gravelly terrains seeps into the karst in epigenetic valleys, mainly in their antecedent sections (these are the gorges of the mountains). Phreatic cavity formation takes place at the impermeable intercalations at these sites. The phreatic cavities open up primarily by fluvial erosion. If the cover is basalt, ponors develop at its margin (allogenic karst), while inside, where the basalt thins out, caprock dolines are formed (cryptokarst).

Keywords: block type, karst type, subsidence doline, gorge, cave opening

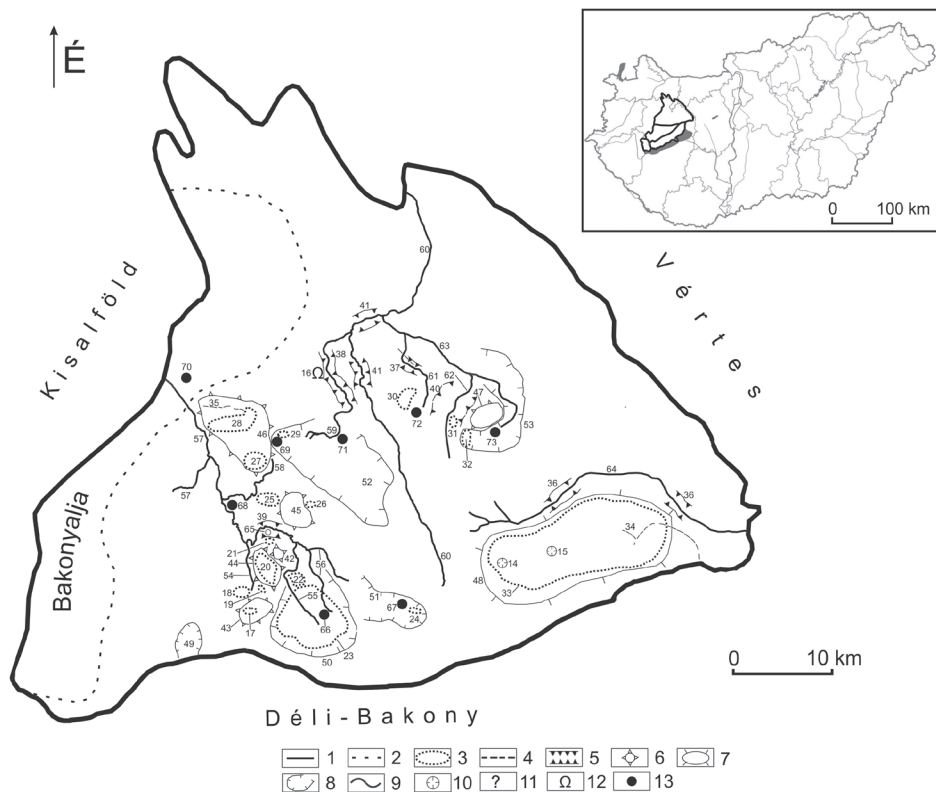
Bevezetés

A Bakonyvidék általános jellemzése

E tanulmányban a Bakonyvidék felszíni karsztját mutatjuk be. Karsztját előbb karszt-típusokba soroljuk, majd bemutatjuk az egyes karszttípusok morfológiai és genetikai sajátosságait, valamint azok rögtípusonkénti előfordulását.

A Bakonyvidéket (4300 km²) a Bakony hegység (2200 km²) és a körülötte elhelyezkedő, alacsonyabb tájak alkotják. A Bakonyvidék középtáj, amely öt kistájcsoportha (Keszthelyi-hegység, Balaton-felvidék, Déli-Bakony, Északi-Bakony, Bakonyalja) különül el (1–2. ábra). Karsztjelenségek valamilyen mértékben mindegyik kistájcsoportban jelen vannak (karsztformákban leggazdagabb az Északi-Bakony).

A Bakonyvidék a Dunántúli-középhegység nagytáj (Alpaca nagyszerkezeti egység) részeként, dél-alpi környezetből, északkeleti irányú eltolódással, a miocénre került jelenlegi helyére (STEGENA, L. et al. 1975; CSONTOS, L. – VÖRÖS, A. 2004). Fő felépítő kőzete a triász földolomit (Földolomit Formáció), amelyre foltos kiterjedésben, többnyire kis vastagságban (néhányszor 10 m-től néhányszor 100 m-ig) triász dachsteini (Dachsteini Mészki Formáció), jura, kréta és eocén mészkő települ (3. ábra).



1. ábra A Bakonyvidék É-i részének karsztos képződményei. – 1 – az Északi-Bakony határa; 2 – kistájcsoporthatára; 3 – rejtett karszt; 4 – száraz völgy; 5 – szurdok; 6 – rögtető; 7 – fennsík; 8 – medence; 9 – vízfolyás és völgye; 10 – karsztos depresszió; 11 – felnyílásos barlang; 12 – forrás; 13 – település; 14 – Csengő-akna depressziója (I–51 jelű); 15 – Háromkürtő-akna (I–12 jelű); 16 – Hódos-éri Likas-kő barlang. Rejtett karsztos területek: 17 – a Középső-Hajagon; 18 – a Felső-Hajagon; 19 – a Fehér-kő-árok mellett; 20 – a Mester-Hajagon; 21 – az Iharos-tető és a Judit-forrás között; 22 – az Égett-hegyen; 23 – a Hárskúti-medencében; 24 – a Lókúti-medencében; 25 – a Som-hegy és a Száraz-Gerence között; 26 – Ósbükkösi töbör csoport; 27 – Eleven-főrtési töbör csoport; 28 – a Márvány-árok környékén; 29 – Újszépalmapuszta mellett; 30 – a Cuha-patak és Gézaházapuszta között; 31 – a Sűrű-hegyen; 32 – Dudar közelében; 33 – a Tési-fennsíkon; 34 – Tábla-völgy; 35 – Márvány-völgy; 36 – Gaja-szurdok; 37 – Kómosó-szurdok; 38 – Hódos-éri-szurdok; 39 – Kertesköi-szurdok; 40 – Ördög-völgy szurdokai; 41 – a Cuha szurdokai; 42 – Iharos-tető; 43 – Középső-Hajag; 44 – Mester-Hajag; 45 – Som-hegy; 46 – Kőrös-hegy; 47 – Magos-hegy; 48 – Tési-fennsík; 49 – Csehbányai-medence; 50 – Hárskúti-medence; 51 – Lókúti-medence; 52 – Porvai-medence; 53 – Dudari-medence; 54 – Fehér-kő-árok vízfolyása; 55 – Öreg-patak; 56 – Gerence-patak; 57 – Vörös János-patak; 58 – Száraz-Gerence; 59 – Hódos-ér-patak; 60 – Cuha-patak; 61 – Kő-völgy vízfolyása; 62 – Ördög-völgy vízfolyása; 63 – Dudari-patak; 64 – Gaja-patak; 65 – Judit-forrás; 66 – Hárskút; 67 – Lókút; 68 – Bakonybél; 69 – Újszépalmapuszta; 70 – Bakonykoppány; 71 – Porva; 72 – Gézaházapuszta; 73 – Dudar

Figure 1 The karstic features of the northern part of the Bakony Region. – 1 – boundary of the Northern Bakony; 2 – boundary of micro region group; 3 – concealed karst; 4 – dry valley; 5 – gorge; 6 – block roof; 7 – plateau; 8 – basin; 9 – stream and its valley; 10 – karst depression; 11 – cave opening; 12 – spring; 13 – settlement; 14 – depression of Csengő shaft (marked I–51); 15 – depression of Háromkürtő shaft (marked I–12); 16 – Hódos-éri Likas-kő cave. Concealed karst areas: 17 – on the Középső-Hajag; 18 – on the Felső-Hajag; 19 – near Fehér-kő Valley; 20 – on the Mester-Hajag; 21 – between the Iharos block and Judit Spring; 22 – on the Égett block; 23 – in the Hárskút Basin; 24 – in the Lókút Basin; 25 – between the Som Mountain and Száraz-Gerence Stream; 26 – doline group at Ósbükkös; 27 – doline group by Eleven-főrtés; 28 – by the Márvány Valley; 29 – near Újszépalmapuszta; 30 – between the Cuha Stream and Gézaházapuszta; 31 – on the Sűrű Mountain; 32 – near Dudar; 33 – on the Tési Plateau; 34 – Tábla Valley; 35 – Márvány Valley; 36 – Gaja gorge; 37 – Kómosó gorge; 38 – gorge of Hódos stream; 39 – Kertesköi gorge; 40 – gorges of Ördög Valley; 41 – Cuha gorges; 42 – Iharos block; 43 – Középső-Hajag block; 44 – Mester-Hajag block; 45 – Som block; 46 – Kőrös block; 47 – Magos block; 48 – Tési Plateau; 49 – Csehbánya Basin; 50 – Hárskút Basin; 51 – Lókút Basin; 52 – Porvai Basin; 53 – Dudari Basin; 54 – the stream of Fehér-kő Valley; 55 – Öreg Stream; 56 – Gerence Stream; 57 – Vörös János Stream; 58 – Száraz-Gerence Stream; 59 – Hódos Stream; 60 – Cuha Stream; 61 – the stream of Kő Valley; 62 – the stream of Ördög Valley; 63 – Dudar Stream; 64 – Gaja Stream; 65 – Judit Spring; 66 – Hárskút; 67 – Lókút; 68 – Bakonybél; 69 – Újszépalmapuszta; 70 – Bakonykoppány; 71 – Porva; 72 – Gézaházapuszta; 73 – Dudar



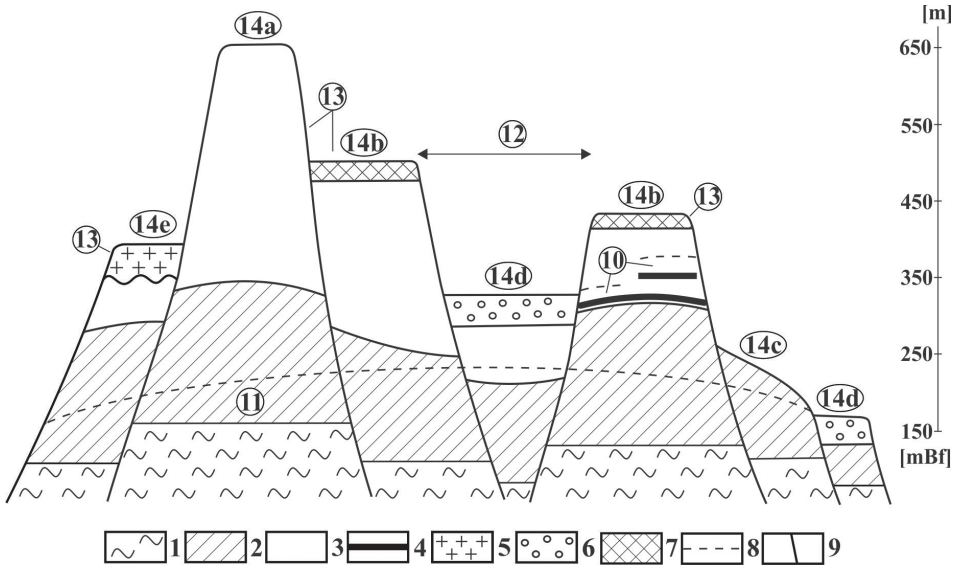
2. ábra A Bakonyvidék D-i részének karsztos képződményei. – 1 – víznyelő; 2 – vakvölgy; 3 – rejtett karszt; 4 – a Bakonyvidék D-i részének határa; 5 – kistájcsoport határa; 6 – tektonikus árok; 7 – szárazvölgy; 8 – fennsík; rögtető; 9 – bazaltsapkás rög; 10 – vízfolyás és völgye; 11 – település; 12 – Déli-Bakony kistájcsoport; 13 – Balaton-felvidék kistájcsoport; 14 – Keszthelyi-hegység kistájcsoport; 15 – Öreg-köves víznyelő; 16 – Macskalik-víznyelő; 17 – Tönkölös-víznyelő. Rejtett karsztos területek: 18 – a Szabadhegyi-fennsíkon; 19 – Tapolcai-karszt; 20 – Devecser-környékén; 21–23 – a Kab-hegyen; 24 – Veszprém–Devecser-árok; 25 – M-2 jelű depresszió rendszer; 26 – szárazvölgyek a Kab-hegyen; 27 – Keszthelyi-hegység; 28 – Kab-hegy; 29 – Agár-tető; 30 – Fekete-hegy; 31 – Séd-patak; 32 – Torna-patak; 33 – Padragi-víz; 34 – Egres-patak; 35 – Kígyós-patak; 36 – Tapolca; 37 – Dörgicse; 38 – Devecser; 39 – Márkó; 40 – Veszprém

Figure 2 The karstic features of the southern part of the Bakony Region. – 1 – ponor; 2 – blind valley; 3 – concealed karst; 4 – boundary of the southern part of the Bakony Region; 5 – boundary of micro region group; 6 – tectonic graben; 7 – dry valley; 8 – plateau block roof; 9 – block with basalt cap; 10 – stream and its valley; 11 – settlement; 12 – Southern Bakony micro region group; 13 – Balaton Uplands micro region group; 14 – Keszthelyi Mountains micro region group; 15 – Öreg-köves ponor; 16 – Macskalik ponor; 17 – Tönkölös ponor. Concealed karst areas: 18 – on the Szabadhegyi Plateau; 19 – Tapolcai Karst; 20 – nearby Devecser; 21–23 – on the Kab Mountain; 24 – Veszprém–Devecser Graben; 25 – depression system marked M-2; 26 – dry valleys on Kab Mountain; 27 – Keszthelyi Mountains; 28 – Kab Mountain; 29 – Agár block; 30 – Fekete Mountain; 31 – Séd Stream; 32 – Torna Stream; 33 – Padragi Stream; 34 – Egres Stream; 35 – Kígyós Stream; 36 – Tapolca; 37 – Dörgicse; 38 – Devecser; 39 – Márkó; 40 – Veszprém

A hegységnek a kréta végi trópusi karsztos tönkfelszíne (SZABÓ P. Z. 1956, 1968; BULLA B. 1968) már az eocéntől tektonikusan feldarabolódott (PÉCSI M. 1980), így az oligocén végi, miocén eleji deltakavics (Csatka-i Kavics Formáció; KORPAS L. 1981) tagolt felszín borított el. Főleg a hegységperemi részeken alakultak ki fiatalabb, középsőmiocén mészkövek (Lajta Mészkő Formáció, Tinnyei Mészkő Formáció), valamint pliocén édesvízi mészkövek (CSÁSZÁR G. et al. 1981). Kis kiterjedésben pannón agyag (JASKÓ S. 1961) is előfordul, majd széles elterjedésben lösz is képződött.

A Bakonyvidék különböző magasságú rögökre és rögcsoportokra különül. Oszcillációs mozgásaik miatt a rögök különböző fejlődéstörténetűek lehetnek. Ennek figyelembevételével PÉCSI M. (1980, 1991) a hegység sasbérceit (sasbérc-csoportjait) osztályozva elkülönített – tetőhelyzetű sasbérceit (jelenlegi magassága > 600 m, felszínén triász, jura karbonátos kőzetekkel, esetleg áthalmazott),

- tetőhelyzetbe kiemelt sasbércet (jelenlegi magassága 400–550 m közötti, kréta és eocén mészkővel, a felszínén széleskörűen elterjedt lösz fedővel, valamint áthalmozódott üledékekkel, esetleg foltokban kavics fedővel); megkülönböztetett továbbá
- kriptotönköt (magassága <300–400 m, felszínét harmadidőszaki üledék és lösz fedi), valamint
- küszöbfelszínt (magassága <300–400 m, felszínét főleg triász korú karbonátos kőzetek alkotják), amely kavics fedőjét pedimentációval elveszítette, fedője – ha van – áthalmozott (3. ábra).



3. ábra Rög típusok a hegyvidéken. PÉCSI M. (1980) és CSÁSZÁR G. et al. (1981) adatainak felhasználásával a szerzők szerkesztése. – 1 – márga; 2 – földolomit; 3 – dachsteini, jura, kréta és eocén mészkő; 4 – vízzáró betelepülés, agyag, márgás mészkő, kova stb.; 5 – bazalt; 6 – kavics; 7 – lösz; 8 – karsztvízszint; 9 – vető; 10 – karsztvíz-emelet; 11 – főkarsztvíz; 12 – medence, árok; 13 – hegy; 14a – tetőhelyzetű sasbérc; 14b – tetőhelyzetbe kiemelt sasbérc; 14c – küszöbfelszín; 14d – kriptotönk; 14e – bazalttal fedett rög

Figure 3 Block types in the mountains. Prepared by the authors, based on the data of PÉCSI, M. (1980) and CSÁSZÁR, G. et al. (1981). – 1 – marl; 2 – main dolomite; 3 – Dachstein, Jurassic, Cretaceous, and Eocene limestones; 4 – impermeable intercalation, clay, marly limestone, silica etc.; 5 – basalt; 6 – gravel; 7 – loess; 8 – karst water table; 9 – fault; 10 – karst water storey; 11 – main karst water; 12 – basin, graben; 13 – mount; 14a – horst in summit position; 14b – horst elevated to summit position; 14c – threshold surface; 14d – cryptopenplain; 14e – block covered with basalt

A hegység medencéi – a Hárskúti-medence és a Lókúti-medence D-i részének kivételével, amelyek tetőhelyzetbe kiemelt sasbércek – kriptotönkök.

Karszt típusok és formái

A karszt fedettségének figyelembevételével különböző karszt típusok különíthetők el (GVOZDETSKIY, N. A. 1965; HEVESI A. 1986; JAKUCS L. 1971; VERESS, M. 2016): csupas, talajos, fedett allogén, vegyes autogén-allogén, elszigetelten eltemetett (burried) karszt. A fedett karszt lehet eltemetett (a fedő vízzáró) és rejtett (a fedő vízáteresztő). Csupas vagy talajos karszton, a szakadék- és eltemetett karszton az átöröklődéses, rejtett karszton az utánsüllyedéses dolinák a jellegzetes karsztformák (SWEETING, M. M. 1973; WALTHAM, T. et al. 2005). Az allogén és a vegyes autogén-allogén karszt formái

a ponorok (JAKUCS L. 1971; FORD D. C.–WILLIAMS, P. W. 2007). Elszigetelten eltemetett a karszt, ahol nincs karsztosodás. Az utánsüllyedéses dolinák változatai a lezökkenéses és a szuffúziós dolinák (WILLIAMS, P.W. 2004). Az utánsüllyedéses dolinák a fedőben alakulnak ki, alattuk a feki is lehet mélyedés és a feki van karsztos járat (akna). Az utánsüllyedéses dolinák lehetnek szingenetikusak és posztgenetikusak (VERESS, M. 2008, 2009, 2016). Az előbbieken a feki járatának (akna) és a fedőn a depresszióknak a képződése egyidejű, míg a posztgenetikus dolinánál a feki járata (akna) a fedő depressziójának (vagy legalább egy része) kialakulásánál idősebb. Ezért a posztgenetikus dolinák alatt a fedőben lencsés üledékszerkezetek vannak (VERESS, M. 2008, 2016), amelyek az idősebb depresszió feltöltődése során alakultak ki.

A szakirodalmi adatok szerint az utánsüllyedéses dolinák száma, gyakorisága és a fedő vastagsága között kapcsolat van. Kínában a számba vett utánsüllyedéses dolinák 60%-a 5 m-nél, 85%-a 10 m-nél kisebb vastagságú fedőn alakult ki (YUAN, D. 1987; CHEN, J. 1988).

A rejtett karszt formája a fedőüledékes depresszió is. Ezek mélységükhöz képest nagy átmérőjű alakzatok, talpukon olyan formákkal (utánsüllyedéses dolina és/vagy víznyelő), amelyek a fedőt a karsztba továbbítják. A fedőüledékes depressziók a feki morfológiája szerint lehetnek áldepressziók (a feki nincs zárt mélyedés) és igazi depressziók (a feki van zárt mélyedés; VERESS, M. 2009, 2012, 2016).

Módszerek

Vizsgálataink során többféle módszertani megközelítést alkalmaztunk.

1. A nem karsztos fedő minősítésével és a különböző karsztformák figyelembevételével a hegységben különböző karsztípusokat különítettünk el:

- *rejtett karsztos térszínek*, ahol a fedő vízáteresztő (elsősorban lösz) és ott utánsüllyedéses dolinák vannak;
- *eltemetett karszt*, ahol a fedő konszolidált vízzáró kőzet és azon átöröklődéses dolinák vannak;
- *elszigetelten eltemetett karszt*, ahol a fedő vízzáró, nem konszolidált kőzet és a pereménél szurdokok vannak;
- *vegyes autogén-allogén karszt*, ahol a vízzáró elvégződésénél víznyelők fordulnak elő.

2. 1 : 10 000-es méretarányú térképek felhasználásával karsztmorfológiai térképezést végeztünk és terepbejárások során kijelöltük a jelentősebb karsztjelenség-csoportok előfordulását. Nagy (1 : 500-as) méretarányú karsztmorfológiai térképeket készítettünk a Tési-fennsík, a Mester-Hajag és a Kab-hegy egy-egy részletéről.

3. Vizsgáltuk a Márvány-árok környékén a völgyközi hátak szélessége és az utánsüllyedéses dolinák gyakorisága közötti kapcsolatot.

4. Keresztszelvények mentén – a Terratest Kft. munkatársainak kivitelezésében – VESZ-méréseket (vertikális elektromos szondázást) végeztünk a Tési-fennsíkon, a Hárskúti-medence területén (Homód-árok), az Eleven-főrtés töbröcsoport területén, a Mester-Hajagon, a Fehérkő-árok környékén összesen 43 utánsüllyedéses dolinában és környezetükben, az azokat hordozó 11 fedőüledékes depresszióban, továbbá Devecser és Nyirád között, a Kígyós-, a Torna-, a Padragi-patak által közrefogott terület (a továbbiakban Devecser környéke összefoglaló néven említjük) néhány depressziójában. A mérések során két földelt elektródán át áramot vezetnek a felszín alá, majd másik két elektróda között mérik a létrejövő árameloszlás által okozott potenciálkülönbséget. Az árameloszlás és így a mért potenciálkülönbség, illetve az ebből számított, ún. látszólagos fajlagos ellenállás függ az egyes rétegek anyagának fajlagos ellenállásától és a rétegek vastagságától. A mért poten-

ciálkülönbség-értékekből az elektródák távolságának függvényében görbék szerkeszthetők, amelyek segítségével, egy inverziós programot használva, ideális esetben a rétegsorok állása és vastagsági paraméterei meghatározhatók. Az egyes helyekre számított rétegsorokat összeillesztve a kialakított mérési vonalak mentén geoelektromos-földtani metszetek szerkeszthetők (VERESS M. 2005), amelyek a fekü morfológiájára, a fedő vastagságára, összetételére és szerkezetére vonatkozó adatokat szolgáltatnak. A fedőüledék szerkezetének figyelembevételével minősítettük az utánsüllyedéses dolinákat: posztgenetikusa a dolina, ha alatta a fedőben lencsésen települt összlet vagy a fekün feltöltött mélyedés van, szingenetikusa, ha ezek a sajátosságok hiányoznak.

Eredmények

1. Megállapítottuk, hogy a különböző típusú rögökön különböző karszt típusok fejlődtek ki. (Egyes rögökön azonban több karszt típus is jelen lehet.) A tetőhelyzetű sasbércek és a küszöbfelszíneken főleg a talajos karszt típus fordul elő, de a tetőhelyzetbe kiemelt sasbércek felszínén is megfigyelhető. A kriptotónkok területén elszigetelten eltemetett karszt van. Ilyen típusú karszt jellemzi a Dudari-medencét, a Lókúti-medence É-i részét és a Porvai-medence kavicsstakarós területeit. Eltemetett és allogén karszt van a bazaltstakarós rögökön (főleg a Kab-hegyen). A rejtett karsztos térszínnek előfordulását az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat – Table 1

Utánsüllyedéses dolinacsoportok előfordulása a hegyiségben
The occurrence of groups of subsidence dolines in the mountains

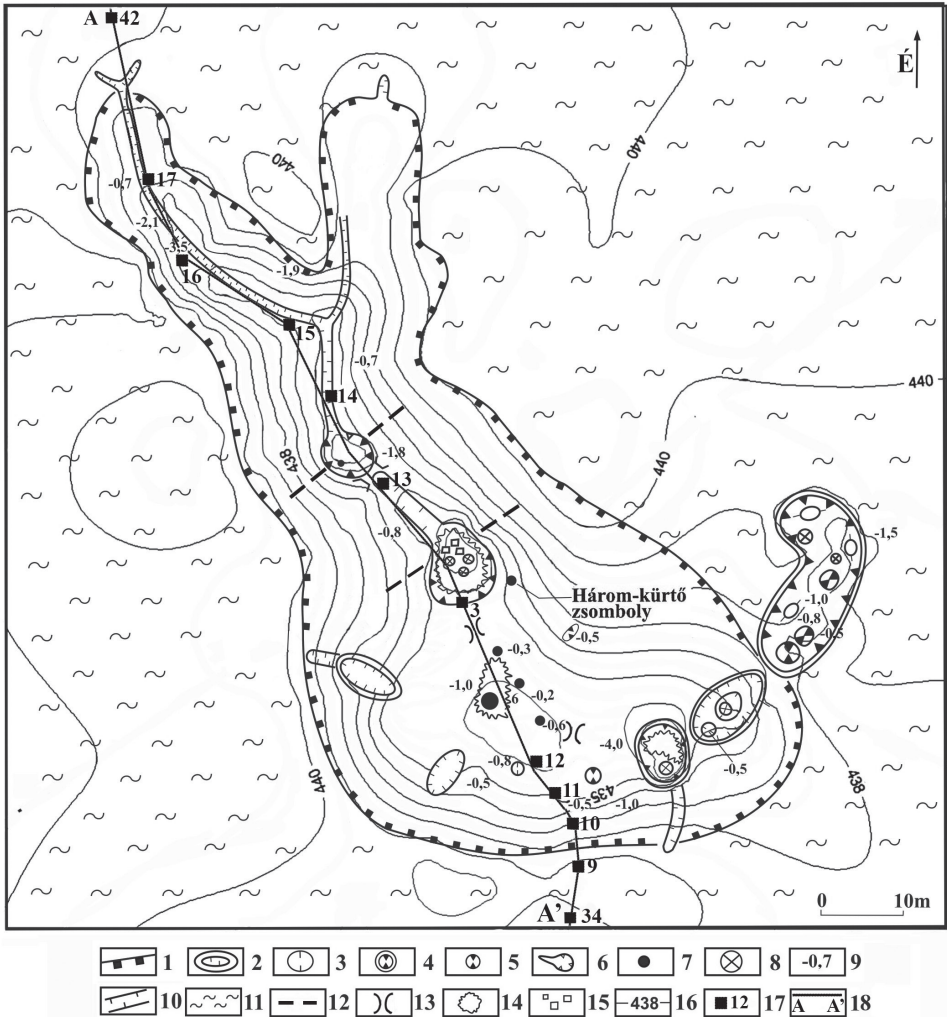
Előfordulási hely	Magasságuk (m)	Számuk	Morfológiai környezetük	A hordozó rög típusa
Tési-fennsík	400–500	137	sík térszín, völgytalp, fedőüledékes depresszió	tetőhelyzetbe kiemelt sasbérc
Márvány-árok környéke (Kóris-h. É-i része)	360–500	120	völgyközi hátakon völgyekben	tetőhelyzetbe kiemelt sasbérc
Mester-Hajag	440–500	85	magaslatok közti térszíneken, illetve ezek fedőüledékes depresszióiban	tetőhelyzetbe kiemelt sasbérc
Som-hegy és Száraz-Gerence között	400–500	76	sík térszín, völgytalpon	tetőhelyzetbe kiemelt sasbérc
Hárskúti-medence	420–500	60	sík térszín, völgytalp, völgyoldal	tetőhelyzetbe kiemelt sasbérc
Égett-hegy	440–470	25	magaslatok közti térszíneken, illetve ezek fedőüledékes depresszióiban	tetőhelyzetbe kiemelt sasbérc
Kab-hegy	400–450	20*	völgytalpon, átörklődéses dolinában, víznyelőben, sík térszín	bazaltsapkás sasbérc
Iharos-tető és Judit-forrás közötti terület (Kertes-kő)	390–410	21	sík térszín	tetőhelyzetbe kiemelt sasbérc
Felső-Hajag	440–500	20*	magaslatok közti térszín	tetőhelyzetbe kiemelt sasbérc
Cuha és Gézaháza-pusztá között	450–470	14*	sík térszín, fedőüledékes depresszióban	tetőhelyzetbe kiemelt sasbérc

Előfordulási hely	Magasságuk (m)	Számuk	Morfológiai környezetük	A hordozó rög típusa
Szabadhegyi-fennsík (Keszthelyi-hegység)	400–420	13	sík térszínen	tetőhelyzetű sasbérc
Devecser közelében	160–230	10*	sík térszínen	küszöbfelszín
Tapolca közelében	120–180	10*	sík térszínen	küszöbfelszín
Kőris-hegy és Parajos-tető között (Eleven Förtési Dolinacsoport)	670–680	9	sík térszínen, völgytalpon	tetőhelyzetű sasbérc
Dudar közelében (Dudari-medence peremi része)	350–400	7	sík térszínen	kriptotönk peremi része
Középső-Hajag	580–600	6	sík térszínen	tetőhelyzetű sasbérc
Tündér-major közelében (Kő-hegy)	350–400	5	sík térszínen	tetőhelyzetbe kiemelt sasbérc, vagy kriptotönk pereme
Szépalma-pusztá közeleében (Porvai-medence peremi részén)	400–450	4	völgytalpon	tetőhelyzetbe kiemelt sasbérc
Fehérkő-árok pereménél	340–360	4	magaslatok közti fedő-üledékes depresszióban	tetőhelyzetbe kiemelt sasbérc
Lókút közelében (Lókúti-medence)	400–450	3	völgytalpon (?)	tetőhelyzetbe kiemelt sasbérc
Ősbükkösi dolinacsoport	400–450	3	völgytalpon	tetőhelyzetbe kiemelt sasbérc
Sűrű-hegy	400–440	2	sík térszínen	tetőhelyzetbe kiemelt sasbérc

* = becült érték.

Kimutattuk, hogy az összes rejtett karsztos terület 68,18%-a tetőhelyzetbe kiemelt sasbércen van. E területeken fordul elő az utánsüllyedékes dolinák többsége. A becült dolinák darabszámát is figyelembe véve a 691-ből 616 van az ilyen típusú sasbérceken. Az alacsony küszöbfelszíneken mindössze 2, a tetőhelyzetű sasbérceken 3 rejtett karsztos terület van, továbbá 1-1 fordul elő kriptotönkön és bazalttakarós rögön. Valamely rögtípusba tartozó rögök aránya szerint az Északi-Bakonyban a tetőhelyzetbe kiemelt rögöknek 32%-án van rejtett karszt, míg a tetőhelyzetű sasbérceknél a 9,1%-án, a kriptotönköknél a 12,5%-án.

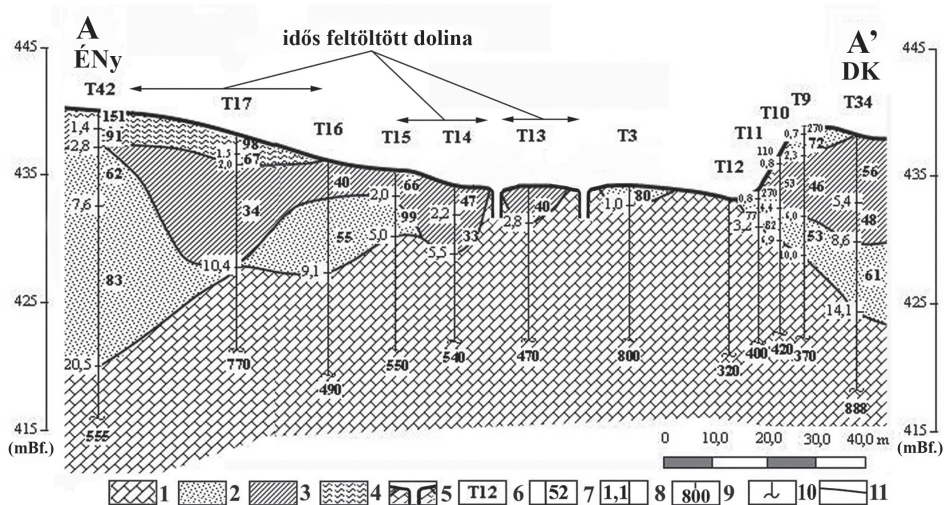
2. A karsztmorfológiai térképezés eredményeként az alábbi megállapítások tehetők:
 - A hegység rejtett karsztos térszínein elkülöníthetők a nagy átmérőjű fedőüledékes depressziók, továbbá az azokban előforduló utánsüllyedékes dolinák (4., 5. és 6a. ábra).
 - A középsőkréta mészkőből (Zirci Mészkő Formáció) felépült rögökön (Mester-Hajag, Égett-hegy) exhumálódott mészkőmagaslatok sorakoznak nagy sűrűségben (6a. ábra). E kis kiterjedésű rögöket völgyek fogják közre, ezért a fedő lepusztulása nagymértékű volt. Az elfedett mészkőmagaslatok részben exhumálódtak és jelenleg is exhumálódnak, amit a rögök billent helyzete jelentősen elősegít. Az exhumálódás és a billenés miatt a felszín dőlése a Mester-Hajagon $>9^\circ$, Égett-hegyen $>2^\circ$. Az exhumálódó és



4. ábra A Háromkürtő-zsombolyt hordozó fedőledekékes depresszió (I–12 jelű) morfológiai térképe (VERESS M. 2016, módosított). – 1 – fedőledekékes depresszió pereme; 2 – szuffóziós dolina (átmérő: >2 m); 3 – szuffóziós dolina (átmérő: <2 m); 4 – lezökkenéses dolina (átmérő: >2 m); 5 – lezökkenéses dolina (átmérő: <2 m); 6 – víznyelő; 7 – kürtő, akna; 8 – járat a fedőben; 9 – forma mélysége; 10 – eróziós árok, meder; 11 – környező térszín; 12 – közethatár; 13 – nyereg; 14 – kőzetkibúvás; 15 – kőzettörmelék; 16 – szintvonal; 17 – VESZ mérési hely; 18 – VESZ-mérés szelvényének nyomvonala

Figure 4 The morphological map of the depression of superficial deposit (marked I–12) bearing Háromkürtő-shaft (VERESS, M. 2016, modified). – 1 – margin of the depression of superficial deposit; 2 – suffusion doline (diameter is larger than 2 m); 3 – suffusion doline (diameter is smaller than 2 m); 4 – dropout doline (diameter is larger than 2 m); 5 – dropout doline (diameter smaller than 2 m); 6 – ponor; 7 – chimney, shaft; 8 – passage in the cover; 9 – depth of the feature; 10 – gully, channel; 11 – surrounding terrain; 12 – rock boundary; 13 – col; 14 – outcrop; 15 – rock debris; 16 – contour line; 17 – site of VES measurement; 18 – line of VES measurement profile

exhumálódott magaslatokon nincs karsztosodás (csak akkor volt, amikor még fedővel borítottak voltak, aminek bizonyítékai az itt előforduló, lecsonkolódott aknák). A már exhumált magaslatok közötti térszínekről, ha a magaslatok sűrűsége nagy, a fedő maradéka már nem szállítható a határoló völgyekbe, aminek következtében



5. ábra A 4. ábrán bemutatott fedőledekés depresszió geoelektromos-földtani szelvénye (VERESS M. 2016, módosított).
 – 1 – mészkő; 2 – lösz (homokos vagy mészkőtörmelkes); 3 – lösz (agyagos vagy iszapos) vagy mészkőtörmelkes agyag;
 4 – mészkőtörmelék (agyagos); 5 – kürtő; 6 – VESZ-mérés jele; 7 – összlet geoelektromos ellenállása (Ohmm);
 8 – geoelektromos összlet talpmélysége (m); 9 – fekü geoelektromos ellenállása (Ohmm); 10 – VESZ-mérés körülbelüli
 behatolása; 11 – geoelektromos összlethatár

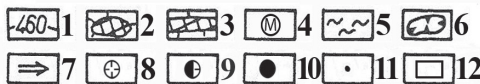
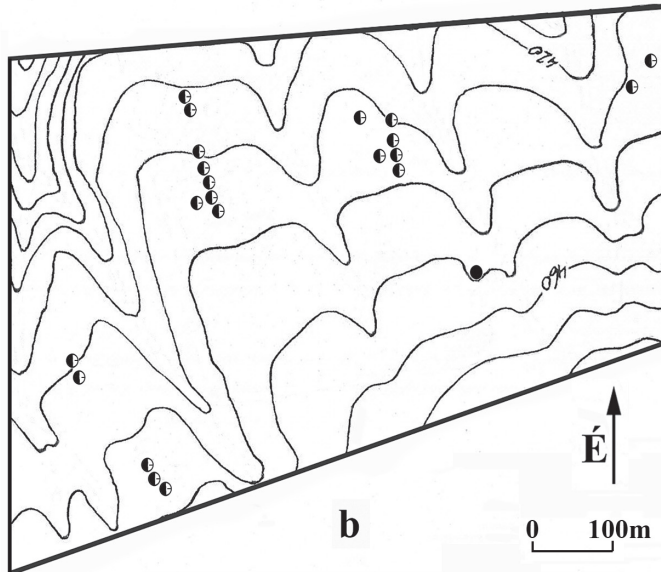
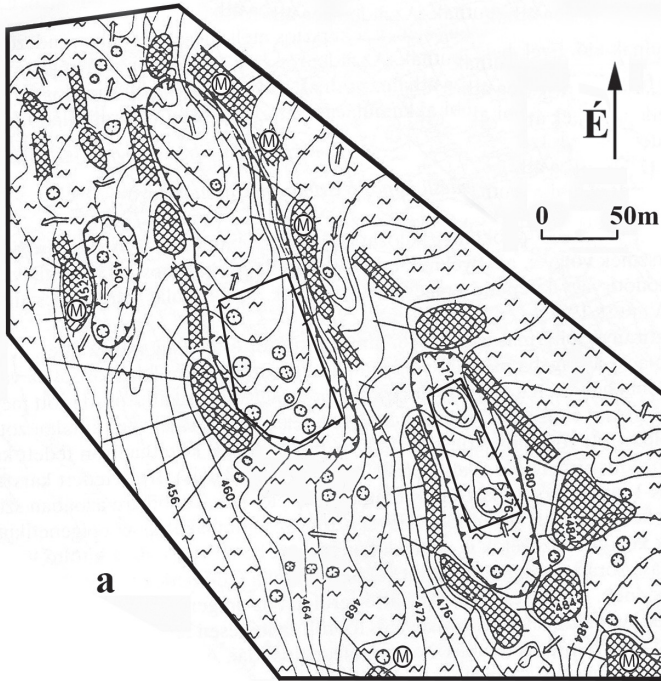
Figure 5 The geoelectric-geological profile of the depression of superficial deposit presented in Figure 4 (VERESS, M. 2016, modified). – 1 – limestone; 2 – (sandy) loess (with limestone debris);
 3 – loess (clayey or silty) or clay with limestone debris; 4 – (clayey) limestone debris; 5 – chimney;
 6 – code of VES measurement; 7 – geoelectric resistivity of series (Ohmm);
 8 – base depth of geoelectric series (m); 9 – geoelectric resistivity of bedrock (Ohmm); 10 – approximate penetration depth of VES measurement; 11 – boundary of geoelectric series

fedőledek-foltok maradnak meg. A magaslatok közötti, fedővel borított térszíneken karsztosodás folyik. A nagyobb területű rögökön (pl. Tési-fennsík) viszont a fedő lepusztulása, következésképp a fekü magaslatainak exhumálódása nem történik meg. A felszíni lepusztulás hiányát mutatja a lösz egységes elterjedése és például az, hogy a felszín dőlése a Háromkürtő-aknát hordozó (I–12 jelű) depresszió környékén 1°-nál kisebb. Emiatt rejtett karsztosodás történik a fekü vékonyan elfedett magaslata feletti sík felszínen (4., 5. ábra).

- Felismerhetők a bazalttakaróból (Kab-hegy) előbukkanó mészkőfoltok (magaslataok), amelyek lokális karsztosodási helyek. A karsztosodáshoz itt hozzájárulnak a mészkőfoltokat övező bazalttörmelék-sáncok. Ezek ugyanis növelik e mészkőfoltok körüli térszínnek lefolyástalanságát (7. ábra).

3. A VESZ-mérések adataiból és a felhasználásukkal készített geoelektromos-földtani szelvényekből az alábbi eredményekre jutottunk:

- A vizsgált 43 utánsüllyedéses dolina közül 24 szingenetikus és 19 posztgenetikus. A fekü morfológiája szerint közülük 30 képződött elfedett, paleokarsztos magaslat felett (11 a fekü kitöltött, paleokarsztos depressziója felett, 2 sík, enyhén dőlő fekü-felszín felett). Ami a szingenetikus dolinákat illeti, közülük 9 pereménél a fedővastagság 3,5 m-nél kisebb, 11 dolinánál 3,51–6,0 m közötti és 4-nél 6,01 m-nél nagyobb. Azért alakulnak ki egyre nagyobb eséllyel egyre vékonyabb fedőn, mert a beszívárgó víz egyre nagyobb eséllyel éri el a feküt és oda érkeve vékony fedőnél még oldóképes. A posztgenetikus utánsüllyedéses dolinák esetében a fedővastagság változatosabb: 2 dolinánál <3,5 m, 6-nál 3,51–6,0 m közötti és 11-nél nagyobb, mint



6. ábra Rejtett karszt:

a) exhumált mészkőmagaslatok között a Mester-Hajagról.

b) völgyközi hátakról a Márvány-árok környékéről

(a – VERESS M. 1999, módosított; b – a szerzők szerkesztése).

– 1 – szintvonal; 2 – exhumált magaslat; 3 – félig exhumált forma (gerincszerű; de nem alkot magaslatot); 4 – mészkő-előbukkanás a magaslaton;

5 – exhumálódással kialakult magaslatok közötti karsztosodó fedőüledékes térszín;

6 – fedőüledékes depresszió;

7 – anyagáthalmazódás;

8 – szuffúziós dolina exhumált magaslatok közti térszínen;

9 – szuffúziós dolina völgyközi hátán;

10 – szuffúziós dolina völgytalpon;

11 – vízvezető járat karsztos mélyedésben;

12 – VESZ-mérések területe

Figure 6 Concealed karst:

a) between exhumed limestone mounds from Mester-Hajag.

b) from interfluvies from the environs of Márvány valley

(a – VERESS, M. 1999, modified; b – prepared by the authors)

– 1 – contour line; 2 – exhumed mound; 3 – semi-exhumed feature (it is ridge-like, but it does not constitute a mound);

4 – limestone outcrop;

5 – kartstifying terrain with superficial deposit between mounds that developed by exhumation;

6 – depression of superficial deposit;

7 – material redeposition;

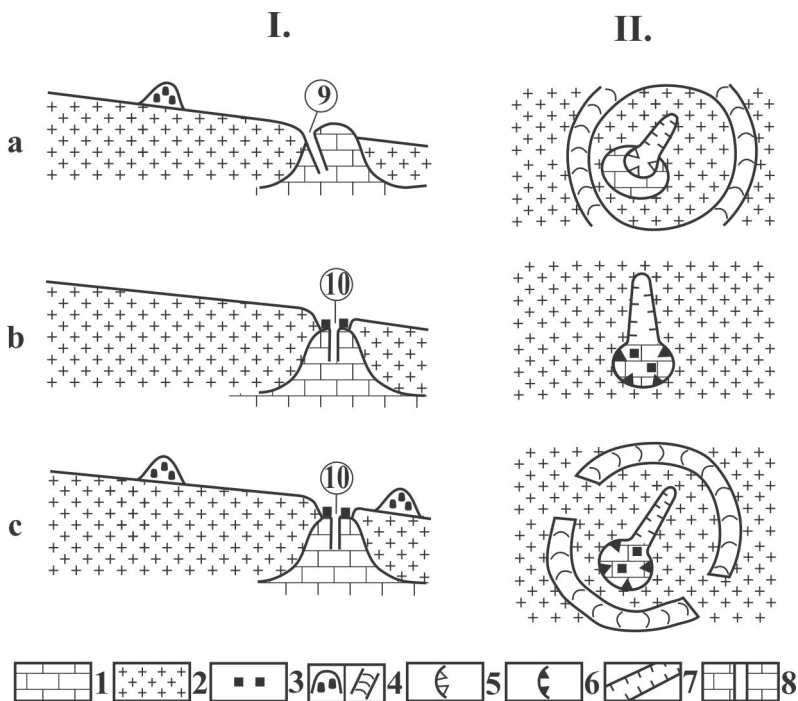
8 – suffusion doline between exhumed limestone mounds;

9 – suffusion doline on interfluvies;

10 – suffusion doline on valley floor;

11 – water drainage passage in a karstic depression;

12 – area of VES measurements



7. ábra Karsztos depressziók karsztos ablakoknál a Kab-hegyen (VERESS M. 2016, módosított). – 1 – mészkő; 2 – bazalt; 3 – bazalttömb; 4 – bazaltsánc felül és oldalnézetben; 5 és 9 – víznyelő; 6 és 10 – átöröklődött dolina; 7 – völgy; 8 – akna, a – a – víznyelő és környezetét oldal- és felülnézetben

Figure 7 Karst depressions at karst windows on Kab Mountain (VERESS, M. 2016, modified). – 1 – limestone; 2 – basalt; 3 – basalt block; 4 – basalt barrier in plan view and in lateral view; 5 and 9 – ponor; 6 and 10 – caprock doline; 7 – valley; 8 – shaft, a – a – the ponor and its environs in lateral view and in plan view; b – c – caprock dolines and their environs in lateral view and in plan view

6,01 m. Ennek az az oka, hogy nagyobb fedővastagságnál is létrejöhet posztgenetikus utánsüllyedéses dolina azért, mert a fedő anyaga a már meglévő aknán keresztül is képes a karsztba szállítódni anélkül, hogy a fekün oldódás történe (VERESS, M. 2009, 2016). A szakirodalmi adatokkal összhangban, összességében megállapítható, hogy a fedővastagság és a dolinaképződés gyakorisága között kapcsolat van. A szingenetikus utánsüllyedéses dolinák (de részben a posztgenetikusak is) egyre vékonyabb fedő esetén egyre nagyobb eséllyel jönnek létre.

- A hordozó felszín morfológiája szerint a vizsgált dolinák közül 18 sík felszínen, 15 völgytalpon (ezek egy része völgytalpi elfedett magaslat felett), 10 exhumált magaslatok közti térszíneken (pl. Mester-Hajag) van. Ez utóbbi térszíneken a fedő lepusztultsága hasonló, mint a völgytalpi helyzetű utánsüllyedéses dolináknál. Ugyanis az átlagos fedővastagság a szingenetikus dolináknál 3,85 m, a völgytalpi helyzetűeknél, a magaslatok közti térszíne dolináinál 3,95 m, míg a posztgenetikus dolináknál 6,18 m illetve 8,24 m. A fedő kivékonyodása miatt a Mester-Hajagon sík, enyhe dőlésű feké felett is kialakulnak szingenetikus utánsüllyedéses dolinák (2 db). A fentiek figyelembevételével fedő-kivékonyodás vagy vékony fedő és így dolina-kialakulás a hegyvidéken négy morfológiai környezetben fordul elő: a fedőüledékes átöröklődött völgytalpakon, vagy fedőüledékben mélyült völgyek talpán (1), az egyenetlen feké

elfedett magaslati feletti sík felszíneken (2), az egyenetlen fekü exhumálódott magaslati közötti térszíneken (3) és a nagy völgyűsűrűségű rögökön (4). A völgytalpakon a lineáris erózió vékonyította ki a fedőt. Magaslat felett a fedő egykori (felhalmozódás idejű) lokális vékonysága miatt és így annak lepusztulása nélkül is kialakulhat utánsüllyedékes dolina, például a már említett Háromkürtő-zsomboly depressziójánál (I–12 jelű; 4., 5. *ábra*). Magaslatokkal tagolt, fekü térszíneken a fedő lepusztulása olyan mértékű lehet, hogy – mint azt fentebb említettük – a magaslatok exhumálódnak és közöttük a fedő olyan mértékben kivékonyodik, hogy az ott megmaradt fedőfoltokon alakulnak ki az utánsüllyedékes (szuffóziós) dolinák (6a. *ábra*). Nagy völgyűsűrűségűnél a völgyközi háta keskenyek, így a fedő e helyeken ugyancsak kellő mértékben kivékonyodhat, miután az a határoló völgyekbe szállítódik. A Márvány-árok környékén (6b *ábra*) előforduló 120 utánsüllyedékes dolinából 74 völgyközi háton van. Ezek közül 48 <200 m szélességű (a völgyperemek távolsága szerint) és csak 18 db ahol a hát szélessége 200–300 m.

- A Devecser környéki depressziók alatt a fekü is mélyedés mutatható ki. Ez arra utal, hogy a fedő alatt a fekü depressziói oldódásos dolinák, amelyek áthalmozott fedővel utólag részben kitöltődtek (8. *ábra*).

Karsztípusok és formáik kialakulása

A hegységben egymás szomszédságában különböző karsztípusok váltakoznak, ugyanakkor viszonylag nagy kiterjedésű nem karsztos térszínek is vannak. Olyan területek tartoznak ide, ahol nem (vagy rosszul) oldódó kőzetek fordulnak elő. Például a Déli-Bakonyban jelentős kiterjedésben bukkan felszínre márga (Veszprémi Márga Formáció). Karsztjának változatosságához hozzájárulnak a patakmedrek mészkiválásai (főleg a Balaton-felvidéken) és a homokkőtömbökön kialakult karrok (a Káli-medence kötengerei). Ezek bemutatására terjedelmi okokból nem térünk ki.

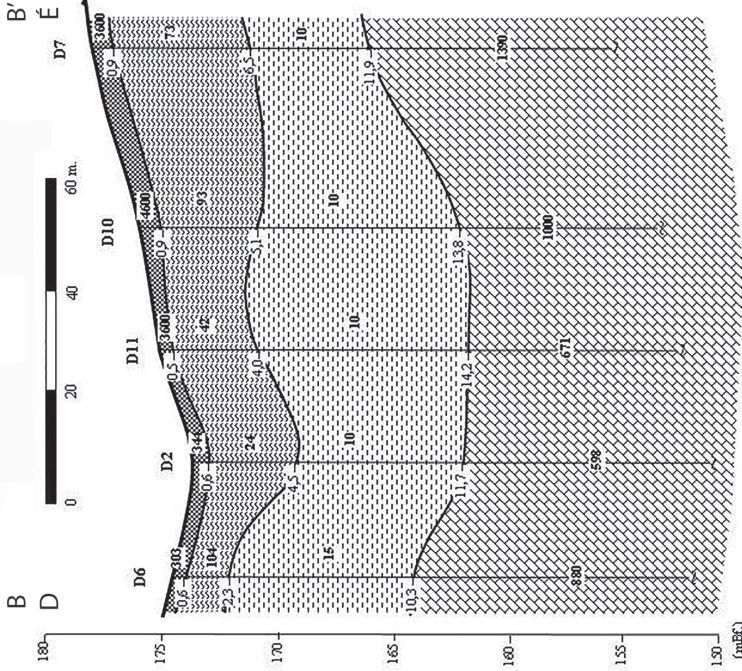
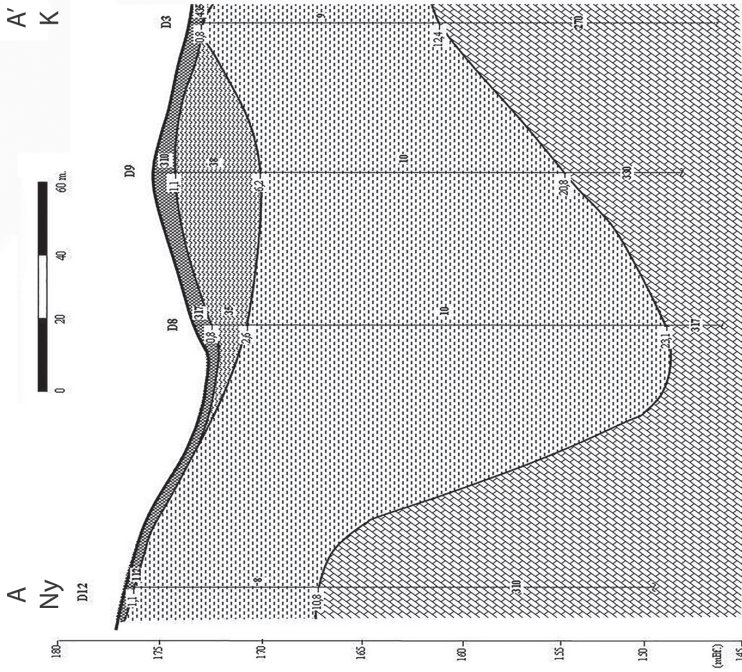
Egy-egy rögön, rögcsoporton gyakran csak egy-egy karsztípus terjedt el (többnyire talajos karszt vagy rejtett karszt). Gyakoribb azonban, amikor együtt fordul elő talajos, rejtett, illetve eltemetett karszt ugyanazon a rögön. Ezek kiterjedése és mintázata rögönként más és más lehet.

Talajos karszt

Talajos karszt bármely rög típuson előfordulhat, de elsősorban a tetőhelyzetű sasbérceken és a küszöbfelzárásokon jellemző. A talajos karsztípus formái a talaj alatti karrok és az oldódásos dolinák (az utóbbiak a küszöbfelzárásokon és dolomiton).

A talaj alatti karokat gyökérkarrok, hasadékarrok képviselik (de előfordulnak kürtőkarrok, madáritatók és rácskarrok is). Megfigyeléseink szerint talaj alatti, részben kitarakt (elsősorban hasadék-) karrok a Hódos-éri Likas-kő környékéről, valamint a Balaton-felvidékről (Dörgicse határában) említhetők.

A mészkő talajos karsztjának oldódásos dolinái fordulnak elő a Devecser (8. *ábra*) és a Tapolca környéki (MÓGA J. et al. 2011) hegységperemi küszöbfelzárásokon. A dolinák képződésének egyik szükséges feltétele a hordozó térszín kis dőlése. Kimutatták, hogy a többször felszín legnagyob arányban a Mecsekben, a 2–7°-os dőlésű felszíneken fordulnak elő (LIPPMANN L. et al. 2008), továbbá a Miroč-hegységben a 12°-nál kisebb dőlésű felszín 85%-a dolinás, míg az ennél nagyobb dőlésűeknek csak a 23%-a (TELBISZ T. et al. 2007). Úgy ítéljük meg, hogy a Bakonyvidéken az oldódásos dolinák képződéséhez



8. ábra Egy oldásos dolina (Deveser) A-A' és B-B' egymásra merőleges geoelektromos-földtani szelvényei. *Forrás:* a Terratest kft munkatársai. – 1 – mészkő; 2 – agyag; 3 – mészkőtörmelék; 4 – agyagos mészkőtörmelék; 5 – VESZ észlelési hely; 6 – összlet geoelektromos ellenállása (Ohmm); 7 – geoelektromos összlet talpmélysége (m); 8 – fektü geoelektromos ellenállása (Ohmm); 9 – VESZ-mérés körülbelüli behatolása; 10 – geoelektromos összlet határ

Figure 8 The geoelectric-geological profiles A-A' and B-B' perpendicular to each other of a solution doline (Deveser). *Source:* colleagues of Terratest Ltd. – 1 – limestone; 2 – clay; 3 – clay with limestone debris; 4 – clayey limestone debris; 5 – VES measurement site; 6 – geoelectric resistivity of series (Ohmm); 7 – base depth of geoelectric series (m); 8 – geoelectric resistivity of bedrock (Ohmm); 9 – approximate penetration of VES measurement; 10 – boundary of geoelectric series

– a fenti területek kivételével – elsősorban a kis dőlésű felszínek hiányoznak. A Bakonyvidék magasabb rögein ugyanis a kis dőlésű talajos karszt kiterjedése kicsi. Például a Kőrishegy területén az Eleven-förtési dolinacsoport (ezek utánsüllyedésszerű dolinák) környékét leszámítva egyáltalán nincs 8°-nál kisebb dőlésű felszín.

Devecsernél több tucat, akár a 100 m-t is meghaladó átmérőjű, fedőüledéssel borított (részben feltöltött) depresszió fordul elő (néhányikban kicsi, fiatal, utánsüllyedésszerű dolinák is lehetnek) a középsőmiocén mészkövön (Lajta Mészkő Formáció). Ezek a vizsgált területen kivitelezett VESZ-mérések, illetve a kiserkesztett geoelektromos-földtani szelvények szerint olyan oldódásos dolinák, amelyek különböző mértékben fel vannak töltődve. Az Egres-patak völgyétől Ny-ra, ahol a felszín magassága < 190 m, a topográfiai térkép időszakos vízborítást jelöl a depressziókban (a völgytől K-re, ahol a felszín magassága > 200 m, a vízborítás kevésbé vagy egyáltalán nem jellemző azokban), amit a csapadék hatására bekövetkező karsztvízszint-megemelkedéssel magyarázunk.

Tapolcánál, ahol a felszín magassága 120–180 m, a karsztos depressziók szarmata mészkőben (Tinnye Formáció) képződtek. Itt változatosabb a formakincs: az oldásos dolinák mellett előfordulnak uvalák, szakadék- és utánsüllyedésszerű dolinák (MÓGA J. et al. 2011), sőt megfigyeléseink szerint, egy katonavára (Nyelőke) is előfordul. Az oldásos dolinák egy része kitértetés nélküli, de előfordulnak olyanok is, amelyekben lösz, homok és/vagy vörösiszap fedő van.

Talajjal fedett földolomit-felszínek számos helyen fordulnak elő a hegységben. Közülük említésre méltó a Veszprém–Devecser közötti árok Márkótól K-re eső része, amely küszöb-felszín. Ennek karsztos jellemzői az alábbiak:

- Murvaösszlet fejlődött ki a szálban álló dolomiton, amelynek vastagsága K-i irányban Várpalotáig nő. Mivel JAKUCS L. (1971) szerint a dolomit aprózódása (porlódása) oldódás eredménye, a murvaösszletet a kőzet karsztosodása során kialakult képződménynek tartjuk (VERESS M.–SZABÓ L. 2000).
- Gyakoriak a nyitott, megnyúlt, sík aljzatú, völgyszerű formák, talpukon depressziókkal (VERESS M.–SZABÓ L. 2000).
- VERESS M.–SZABÓ L. (2000) szerint kétféle zárt depresszió fordul elő, amelyek közös sajátossága, hogy mélységükhöz képest nagy átmérőjűek. Az egyik változat depressziói kisebb átmérőjűek (néhányszor 10 m-esek) és a magaslatok között, különböző szintekben fordulhatnak elő. A másik változat depressziói nagyobb átmérőjűek (több 100 m-esek) és magaslatokkal határoltak. Az e változatba tartozók között a legnagyobb már a Déli-Bakonyban található. Ez a magaslatokkal közrefogott Kövesgyűrűpusztai depresszió (LÁNG S. 1958), amelynek az átmérője az 1 km-t is meghaladja, talpán a fekvő egyenetlen és fedővel borított. Belsejéből vízmosással rendelkező víznyelőt (LÁNG S. 1958), illetve víznyelőket (JASKÓ S. 1961) említenek. A depressziók aljzatán kavics található, ami utólag halmozódhatott fel bennük. A kisméretű depressziók recens oldásos dolinák (VERESS M.–SZABÓ L. 2000), amelyek kavicsborításukat veszítették vagy kavicsal nem borított felszínen alakultak ki. A nagyobb átmérőjűek idősebbek és nem aktívak (bár belsejük karsztosodhat). Valószínű, hogy már környezetük kavicsborítása előtt kialakultak és azt követően sem fedődtek el a Csatkai Kavics Formáció anyagával, hanem a földtani térkép adatai szerint (CSÁSZÁR G. et al. 1981) utólag lösszel, folyóvízi homokkal és áthalmazott kavicsal kibélelődtek.
- K-i irányban a felszínt egyre inkább magaslatok tagolják. A magaslatok mérete és sűrűsége a fenti irányban növekszik. A magaslatok magaslatcsoportokat is alkothatnak, amelyek lehetnek közös alapúak is. Az egyes magaslatok metszetben aszimmetrikusak, átellenes lejtőik hossza eltérő. (Magaslatokkal tagolt dolomittérszín említhető még Nyirád és Ódörögdkörnyékéről is.) A magaslatok kialakulása és

kialakulási kora nem ismert. Valószínű, hogy exhumált paleokarsztos formák (SZABÓ P. Z. 1968; MÓGA J. et al. 2011).

- A dolomit csupasz foltjain, főleg a völgyoldalokban (Séd-völgy, Tekeres-völgy) és a kisebb-nagyobb kőtömbökön (Kádárta) gyakoriak a karrok (SZABÓ L. 2000).

Rejtett karszt

A rejtett karsztos térszíneken a fedő főleg lösz, de ennek és a Csatkai Kavics Formáció, valamint az oldási maradék anyagának áthalmozott változatai is előfordulnak: lehet agyag, agyagos mészkőtörmelék, mészkőtörmelékes agyag, homokos vagy mészkőtörmelékes lösz, agyagos-iszapos lösz és lösz (VERESS M. 2006). E fedőüledékek kijelölik a rejtett karsztos térszínnek előfordulását és elterjedését. A rejtett karsztos területek kiterjedése néhány 100 m² és néhány km² között változhat. Minthogy a tetőhelyzetű sasbércekről és a küszöbfelszínekről a fedő nagyrészt lepusztult, az e típusba tartozó rögökön e karsztípus hiányzik vagy korlátozottabban van jelen. Az utánsüllyedéses dolinák kialakulását a kriptotönkökön a vastag és vízzáró fedő gátolja. Ezért a rejtett karsztos felszínnek főleg a tetőhelyzetbe kiemelt sasbérceken fejlődtek ki, amelyeken a fentebb említett vízáteresztő fedőüledékek nagy kiterjedésben fordulnak elő ott, ahol a fedő vékony.

Mérésekkel kimutattuk, hogy a fedő kivékonyodhat vonalasan (völgytalpak), a középső-kréta térszínnek kitakart mészkőmagaslatai között, vagy eleve vékonyan települt (a fekü magaslatai felett). (Ilyen tetőhelyzetbe kiemelt rög vagy rögrészlet a Mester-Hajag, az Égett-hegy, a Felső-Hajag, a Kertes-kő környéke és a Fehér-kő-árok környéke). Bár fedővastagság-adattal nem rendelkezünk, megfigyeléseink szerint a völgyközi háta utánsüllyedéses dolináinál a keskeny völgyközi hátakon a fedő csekély vastagságú, amire a hátakon gyakori feküközvet-előbukkanás és az utánsüllyedéses dolinák nagy száma utal.

Az utánsüllyedéses dolinák (a Tési-fennsíkiak kivételével) többnyire kis méretűek és változatos morfológiai környezetben fordulnak elő (*1. táblázat*). Völgytalpakon rejtett karszt van a Tési-fennsíkon, a Hárskúti-medence területén, a kitakart mészkőmagaslato-k között a fentebb említett Mester-Hajagon, Égett-hegyen és Felső-Hajagon. Völgyközi háton, de völgytalpon is rejtett karszt van a Márvány-árok környékén. Megfigyeléseink szerint az utánsüllyedéses dolinák között többségben vannak a szuffóziós dolinák (*1A kép*), de előfordulnak lezökkenéses eredetűek is (*1B kép*). Morfológiájuk nagymértékben függ attól, hogy kapcsolódik-e hozzájuk eróziós árok, vízmosás, esetleg völgy. Előfordulnak közöttük vakvölgyes jellegűek is (fedett karsztos víznyelő). Az utánsüllyedéses dolinák kialakulásában a szuffózió (*1A kép*), a fedő (*1B kép*) és a fekü (*1C kép*) omlása külön-külön vagy együttesen is szerepet játszhatott.

Intenzív csapadékesemény után a dolinákban időszakos tavak alakulhatnak ki, amelyek élettartama igen eltérő lehet (VERESS M. 1987). A dolinák feltöltődéssel, illetve a mélyedés részük lepusztulásával hamar eltűnhetnek, ekkor csak az aknájuk marad meg (pl. a Kőrös-hegyi Ördög-lik).

A fedőüledékes depressziók – mivel utánsüllyedéses dolináknál alakulnak ki – sík felszíneken, völgytalpakon és exhumált magaslato-k közötti térszíneken fordulnak elő (*4.*, *5.* és *6a. ábra*). Kialakulásuknak kedvez a korlátozott felszíni anyagszállítás. Ezt teszi lehetővé a felszín kicsi dőlése (sík felszínnél), az exhumált magaslát (a magaslato-kkal tagolt fekünél), a sort alkotó utánsüllyedéses dolinák közül dőlésirányban az utolsó dolina (völgytalpnál).

A hegység fedőüledékes depressziói (*4.*, *6a. ábra*) uralkodóan áldepressziók (*5. ábra*). Igazi depresszió lehet az Eleven-főrtési töbör csoport területén, ahol megfigyeléseink szerint a töbör csoportot mészkő-előbukkanások övezik, jelezve a fekü depressziós morfológiáját.



1. kép Karsztos depressziók: szuffíziós dolina (A), lezökkenéssel kialakult utánsüllyedéssel kialakult dolina (C), Csengő-zsomboly aknamennyezetének omlásával kialakult utánsüllyedéssel kialakult dolina (C), Macska-lik víznyelő (D).

A – a Hárskúti-medence területéről; B és C – a Tési-fennsíkról; D – a Kab-hegyről. A szerző felvétele.

– 1 – 2010 júliusáig kialakult mélyedésszerű; 2 – 2010 júliusától kialakult töbörrel;

3 – a forma omlásos eredetű fala; 4 – omlással lezökkenett növényzet; 5 – a fedő omlásos eredetű tömbjei

Picture 1 Karstic depressions: suffusion doline (A), dropout doline (B), which developed by the collapse of the ceiling of Csengő shaft, (C), Macska-lik ponor (D).

A – from Hárskúti basin; B and C – from Tési plateau; D – from Kab Mountain. Photo taken by the author.

– 1 – depression section formed before July 2010; 2 – doline section formed after July 2010; 3 – wall of the feature of collapse origin; 4 – vegetation displaced to lower position during collapse; 5 – collapse blocks of the cover

Eltemetett karszt

E karszt típus ott jön létre, ahol kavics (Csatkai Kavics Formáció), valamint bazalt (Tapolcai Bazalt Formáció) fedi a karbonátos térszínt.

Kavicsal fedett térszínnek

Az oligocén-miocén kavicsal fedett térszínnek területén (kriptotönk) nincs karsztosodás, viszont van folyóvízi felszínformálás (területük elszigetelten eltemetett karszt). A kavicsos térszínre kilépő vízfolyások szurdokokat alakítottak ki, amelyek e térszínnek tágabb értelemben vett karsztos megnyilvánulásainak tekinthetők.

Az elszigetelten eltemetett karsztos térszínnek vízfolyásai átöröklődnek a karsztos fekére. Ennek során epigenetikus völgyeket hoznak létre, amelyeknek több változata is lehet az átöröklődés mértéke (átöröklődő epigenetikus völgy és átöröklődött epigenetikus völgy) és módja szerint (epigenetikus-regressziós völgy és epigenetikus-antecedens völgy). Az előzőek vízfolyásai hátrálás során mélyülnek a fekére, tehát az átöröklődés a völgyfő irányába egyre fiatalabb. Az utóbbi völgyek egyes szakaszai már akkor átöröklődtek, ami-

kor felsőbb részeik még nem, miután az antecedens szakaszok hordozó rögei (rögcsoport) emelkedtek (VERESS M. 1999). A kriptotönkök elszigetelten eltemetett karsztos térszíneinek peremén, a völgyek antecedens szakaszán vagy szakaszain szurdok vagy szurdokok alakultak ki. Szurdoka van például a Gerencének (Kertes-kői-szurdok), a Kő-árok patakjának (Kómosó-szurdok), a Hódos-érnek, az Öreg-Sédnek (a Hárskúti-medence peremén a Kőszoros). Szurdokai vannak továbbá a Cuhának, az Ördög-árok patakjának és a Gájának is. E völgyszakaszok felett kialakulásuk idején, elszigetelten eltemetett karsztos térszínek voltak, s jelenleg is vannak, mint például a Kertes-kői-szurdok felett a Lókúti- és a Hárskúti-medence, az Ördög-árok szurdokai felett a Dudari-medence. De Zirc környéke is elszigetelten eltemetett karszt a Cuha szurdokos völgyszakaszai felett.

Az átöröklődött völgyek, különösen az antecedens szakaszok a felszíni vizek karsztba vezetésének fő pályái a hegyvidéken. Az Északi-Bakony 7 szurdokában évente 8 millió m³ víz vezetődik a karsztba (SCHMIDT ELIGIUS R. et al. 1962). Az elszivárgó víz vagy közvetlenül a főkarsztvízbe jut, vagy ha ennek szintje felett vízzáró van, karsztvíz-emeletet (lebegő karsztvíz) hoz létre, ahol üregesedés megy végbe (VERESS M. 1999). A szurdokokat határoló, nem karsztos térszínekről érkező vízfolyások áradások idején hordalékkal jelentős mértékű eróziót végeznek. Az erózió felnyitja a szurdokok karsztvíz-emeleteinek freatikus üregeit. A felnyílt barlangok mennyezetüket veszítve sziklafolyosókká alakulnak (VERESS M. 1999). A szurdokok eróziós mélyülése, valamint a diffúz vízvezetés nem kedvez depressziók és így víznyelők kialakulásának.

Bazalttal fedett térszínek

A Déli-Bakonyban és a Balaton-felvidéken a pliocénben (felsőpannon) bazaltvulkanizmus játszódott le (LÓCZY L. 1913; JUGOVICS L. 1954). Ennek során egyes rögek (Kab-hegy, Agártető, Fekete-hegy) karbonátos felszínei részben bazalttal fedődtek el (GYÓRFFY D. 1957; LÁNG S. 1958). A bazalt paleokarsztos, magaslatokkal, depressziókkal és völgyekkel tagolt térszíneket borított el (LÁNG S. 1958). A kitörések szünetében vörösagyag (JÁMBOR Á. 1980), majd a pleisztocénben lösz keletkezett.

A bazaltos térszínnek között (de a Bakonyvidék egészét tekintve is) a Kab-hegy karsztosodása a legfejlettebb (a karsztformák mérete és sűrűsége viszonylag nagy) és a legsokrétűbb. Előfordul itt vegyes autogén-allogén karszt, eltemetett és rejtett karszt is. Átöröklődéses dolinák előfordulnak például a Fekete-hegyen is.

Vegyes autogén-allogén karsztosodás történik a bazalttakaró pereménél (*ID kép*), a karsztos ablakoknál (*7. ábra*), allogén a bazalt átöröklődött völgyeinél (VERESS, M. – UNGER, Z. 2015; VERESS, M. 2016). A karsztos ablakok a fekü magaslatai (NÉMETH R. 2005; MÓGA, J. – NÉMETH, R. 2005). A karsztos eredetű magaslatokat vagy egyáltalán nem fedte el a bazalt, vagy csak kisebb vastagságban, mint a fekü máshol (VERESS, M. 2016). A bazalttakaró pereménél és azoknál a bazalttakaró belseji magaslatoknál, amelyeket nem fedett el a bazalt vakvölgyes víznyelők alakultak ki, mint például a Macska-lik (*ID kép*).

Völgy-átöröklődésnél feltárulhat a völgytalpon a mészkő (allogén karszt), ahol völgytalpi víznyelő alakul ki (Tönkölyös-víznyelő, a bazalttakaró egyik, Úrkúthoz közeli völgyében). Ha a völgy teljes hosszában átöröklődik, összetett, lefolyástalan karsztforma-rendszer jön létre (ilyen pl. az M-2 jelű karsztos rendszer). Ennek talpát aktív és nem aktív víznyelők, szuffóziós dolinák, peremét átöröklődéses, valamint lezökkenéses dolinák tagolják (VERESS, M. – UNGER, Z. 2015).

A bazalttakaró belsejében, ahol a mészkőmagaslat felett a bazalt vékony, eltemetett karszt alakul ki. E helyeken a feküben keletkezett kürtők felett a bazalt beomladozik. Ennek során átöröklődéses dolinák alakulnak ki (VERESS, M. 2016). E dolinákhoz hátráló vízmosások kapcsolódnak, amelyek vakvölgygyé fejlődnek és a dolina víznyelővé alakul. Ez

főleg akkor következik be, ha a dolinát hordozó karsztos ablak környezete az ablak körüli bazaltsáncok miatt lefolyástalan (7. ábra). Rejtett karsztos foltok alakultak ki a bazalttakaró karsztforma-rendszereiben, valamint a bazalttakarón kívüli, átöröklődött völgyek talpain.

Elsősorban a Kab-hegyen fordulnak elő sekély, gyakran több 100 m átmérőjű depressziók (de ilyen formák említhetők az Apáti-hegyről, a Tátika-csoport hegyeiről, a Kovács-hegyről is), állandó vízzel vagy időszakos tavakkal. LEÉL-ŐSSY S. (1959) szerint e formák paleokarsztos mélyedéseknél jöttek létre, ha azokat a bazaltláva csak részlegesen töltötte ki.

A karsztosodás kora

A Dunántúli-középhegység, de főleg a Bakonyvidék löszei 30 ezer évnél fiatalabbak (PÉCSI M. 1982). Ezért a nem áthalmozott löszben képződött szingenetikus utánsüllyedékes dolinák és a rejtett karsztosodás is e kornál fiatalabb. Ahol posztgenetikus dolinák is vannak, a rejtett karsztosodás kezdete is korábbi lehet, idősebb fedő egykori megléte esetén. Annak lepusztulását követően és a lösz kialakulása után kialakulhattak a posztgenetikus dolinák. A fedő lepusztulása, majd ismételt kialakulása miatt a rejtett karsztosodás egyes rögökön megismétlődhetett. A bazaltsapkás sasbérceken (Kab-hegy) a karsztosodás 2,7 millió évnél később kezdődhetett.

A rejtett karsztosodás relatív kora a különböző rögökön az alábbiak szerint alakulhatott:

- az átöröklődött völgytalpon a karsztosodás a völgytalpat kibélelő üledék keletkezésénél fiatalabb;
- az exhumált magaslatok közötti térszínek karsztosodása a rögperemi völgyek kialakulása után kezdődhetett;
- az oldódásos dolinák talpán a karsztosodás a fedőüledék kialakulása után mehetett végbe.

Miután a völgy-átöröklődés és a fedő áthalmozódása rögönként eltérő lehet a rögök eltérő idejű, mértékű és sebességű emelkedése miatt, a felszíni karsztosodás kezdete is eltérő az egyes rögökön.

Összefoglalás

A Bakonyvidék karsztja változatos, de a karsztos térszínek kis kiterjedésűek, távol esnek egymástól és a karsztformák is kisméretűek. Karsztosodása szigetszerű és uralkodóan kezdeti fázisban van, de az egyes rögök karsztosodásának kezdete a fedő eltérő mértékű és idejű kivékonyodása, továbbá a fekvő eltérő mértékű és ütemű kitarakodása miatt különböző. Rögjeinek (rögcsoportjainak) karsztosodása gyakran egyedi és különbözik a határoló rögök karsztosodásától. Recens felszíni karsztosodását meghatározta a rögös szerkezet, a rögök oszcillációja, a paleokarszt, a dolomit elterjedtsége, a fedőüledékek jelenléte és azok jelenleg is folyó lepusztulása. A rögös szerkezet és a vízzáró fedőüledékek jelenléte szurdokok kialakulásához és a freatikus barlangok felnyílásához járult hozzá. Az elfedett fekvő magaslati utánsüllyedékes dolinák, fedőüledékes depressziók és átöröklődékes dolinák kialakulását tették lehetővé.

A hegységben elterjedt, a talajos karszt, de az e típushoz köthető karsztformák főleg a hegységperemi területeken (küszöbfelvezések) fordulnak elő. E rög típusú kis dőlésű felszínei kedveztek az oldódásos dolinák képződésének. A magasabb rögökön, ahol a kis dőlésű térszínek kis kiterjedésűek, ennek feltételei nincsenek meg. A hegység legjellegzetesebb karsztformáit mutató rejtett karszt elsősorban a tetőhelyzetbe kiemelt sasbérceken terjedt

el, ahol a vízáteresztő üledékek viszonylag nagy kiterjedésben fordulnak elő. Formái elsősorban a fedő lokális kivékonyodásainál alakulnak ki: a völgytalpakon, az egyenetlen fektű elfedett magaslatok feletti sík térszíneken, az exhumált magaslatok közötti térszíneken és a keskeny völgyközi hátakon.

Eltemetett karsztos térszínen, ha a fedő bazalt, karsztosodás történik, mind a bazalt pereménél, mind a bazalt belsejében. Az utóbbi esetben a karsztosodás a fektű magaslatoknál megy végbe (vegyes autogén-allogén karszt vagy eltemetett karszt), illetve ahol az átöröklődéses völgy átvágja a bazaltot (allogén karszt). Ha a karszt fedője kavics, annak elveződésénél szurdokok jönnek létre felnyílásos barlangokkal.

A Bakonyvidék karsztján víznyelők csak a Kab-hegyen, oldódásos dolinák néhány peremi területen és dolomitfelszínen jöttek létre. Az oldódásos dolinák hiánya a fedő fiatal lepusztulására, a rögök kis kiterjedésére (a kis dőlésű felszín is kis kiterjedésű) vezethető vissza. A víznyelők hiánya az átöröklődött völgyek intenzív mélyülésével és diffúz vízvezetésével magyarázható.

VERESS MÁRTON

ELTE SEK Földrajz Tanszék, Szombathely

veress.marton@sek.elte.hu

VETÉSI-FOITH SZILÁRD

PTE TTK Földtudományok Doktori Iskola, Pécs

szilard.vetesi@gmail.com

IRODALOM

- BALOGH, K. – ÁRVA-SÓS, E. – PÉCSKAY, Z. – RAVASZ-BARANYAI, I. 1987: K/Ar dating of post-Sarmation alkali basaltic rocks in Hungary. – *Acta Mineral Petrogr.*, Szeged. 28 p.
- BULLA B. 1968: A magyar föld domborzata fejlődésének ritmusai, az újharmadkor óta a korszerű geomorfológiai szemlélet megvilágításában. – Válogatott természeti földrajzi tanulmányok, Akadémia Kiadó, Budapest. pp. 90–104.
- CSÁSZÁR G. – CSEREKLEI E. – GYALOG L. 1981: A Bakony-hegység földtani térképe (szerk.). – Magyar Állami Földtani Intézet, Budapest.
- CHEN, J. 1988: Karst collapses in cities and mining areas, China. – *Environmental Geology Water Science*, 12. pp. 29–35.
- CSONTOS, L. – VÖRÖS, A. 2004: Mesozoic plate tectonic reconstruction of the Carpathian region. – *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 210. pp. 1–56.
- FORD, D. C. – WILLIAMS, P. W. 2007: *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. – John Wiley & Sons, Chichester 561 p.
- GVOZDETSKEY, N. A. 1965: Types of Karst in the U.S.S.R. – *Separatum, Prob. Speleol. Res.* (Prague). pp. 47–54.
- GYÖRFFY D. 1957: Geomorfológiai tanulmányok a Káli-medencében. – *Földrajzi Értesítő* 6. 1. pp. 265–299.
- HEVESI A. 1986: Hideg vizek létrehozta karsztok osztályozása. – *Földrajzi Értesítő*. 35. 3–4. pp. 231–254.
- JAKUCS L. 1971: A karsztok morfogenetikája. A karsztfejlődés variációi. – Akadémiai Kiadó, Budapest. 310 p.
- JASKÓ S. 1961: A balatonfelvidéki és észak-bakonyi patakok vízhozamának kapcsolata a földtani felépítéssel. – *Hidrológiai Közöny* 41. 1. pp. 75–84.
- JÁMBOR Á. 1980: A Dunántúli-középhegység. – Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve LXII. Budapest. 244 p.
- JUGOVICS L. 1954: A Déli-Bakony és a Balaton-felvidék bazaltterületei. – Földtani Intézet Évi Jelentése 1953-ról. Budapest. pp. 65–88.
- KORPÁS L. 1981: A Dunántúli-középhegység oligocén-alsó-miocén képződményei. – Magyar Állami Földtani Intézet Évkönyve LXIV. Budapest. 140 p.
- LÁNG S. 1958: A Bakony geomorfológiai képe. – *Földrajzi Közlemények* 82. pp. 324–346.
- LEÉL-ÓSSY S. 1959: Adatok a dunántúli bazaltfelszíneken kialakult lefolyástalan mélyedések (kőtálak) eredetéhez. – *Földrajzi Értesítő* 2. pp. 271–273.

- LIPPMANN L. – KISS K. – MÓGA J. 2008: Az Abaliget–Orfűi-karszt karsztos felszínformáinak vizsgálata térinformatikai módszerekkel. – *Karsztfejlődés* XIII. pp. 151–166.
- LÓCZY L. 1913: A Balaton környékének geológiai képződményei és ezeknek vidékek szerinti telepedése. – *A Balaton tudományos tanulmányozásának eredményei*, I. Budapest. 617 p.
- MÓGA, J. – NÉMETH, R. 2005: The morphological research of the basalt and loess covered plateaus in the Bakony Mts. (Transdanubian middle mts.–Hungary). – *Acta carst(?)ologica* 34. 2 pp. 397–414
- MÓGA J. – KISS K. – SZABÓ M. – KÉRINÉ BORSODI A. – KÉRI A. – MARI L. – KNÁB M. – IVÁN V. 2011: Természeti és antropogén hatások vizsgálata a Tapolcai-karszt epikarsztos rendszerében. – *Karsztfejlődés* XVI. pp. 185–201.
- NÉMETH R. 2005: A Kab-hegyi bazalttakaró depresszióinak vizsgálata. – *Karszt és Barlang* 2000–2001 évf. pp. 33–41.
- PÉCSI M. 1980: A Pannóniai-medence morfogenetikája. – *Földrajzi Értesítő* 29. 1. pp. 105–127.
- PÉCSI, M. 1982: Quaternary studies in Hungary. – *Elmélet – Módszer – Gyakorlat*. Akadémia Kiadó, Budapest. 313 p.
- PÉCSI M. 1991: Geomorfológia és domborzatminősítés. – MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest. 296 p.
- SCHMIDT ELIGIUS R. – LÁNG S. – OZORAY GY. 1962: Adatok egyes középhegységeink vízháztartásához. – *Vázlatok és tanulmányok Magyarország vízföldtani atlaszához*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest. pp. 48–56.
- STEGENA, L. – GECZY, B. – HORVÁTH, F. 1975: Late Cenozoic evolution of the Pannonian Basin. – *Tectonophysics* 26. pp. 71–90.
- SWEETING, M. M. 1973: *Karst Landforms*. – Columbia University Press, New York. 362 p.
- SZABÓ L. 2000: Karros formák vizsgálata a Veszprémi-fennsík dolomitterületein. – *Földrajzi Értesítő* XLIX 1–2. pp. 27–41.
- SZABÓ P. Z. 1956: Magyarországi karsztformák klímátörténeti vonatkozásai. – *Földrajzi Közlemények* 80. pp. 183–190.
- SZABÓ P. Z. 1968: A magyarországi karsztosodás fejlődéstörténeti vázlata. – *Dunántúli Tud. Gyűjtemény*, Budapest. *Series Geographica* 34. pp. 13–25.
- TELBISZ T. – MARI L. – KOHÁN B. – JELENA C. 2007: A szerbiai Miroč-hegység töbreinek térinformatikai GPS-es terepi vizsgálata. – *Karsztfejlődés* XII. pp. 71–90.
- VERESS M. 1987: Karsztos mélyedések működése bakonyi fedett karsztokon. – *Földrajzi Értesítő* 36. 1–2. pp. 91–114.
- VERESS M. 1999: Az Északi-Bakony fedett karsztja. – *A Bakony Természettudományi Kutatásának Eredményei* 23. Bakonyi Természettudományi Múzeum, Zirc. 167 p.
- VERESS M. 2005: Adalékok a Tábla-völgyi-dűlő (Tési-fennsík) fedett karsztosodásához. – *Karsztfejlődés* X. pp. 267–291.
- VERESS M. 2006: Adatok a Tési-fennsík két térszínrészletének fedett karsztosodásához. – *Karsztfejlődés* XI. pp. 171–184.
- VERESS M. 2008: A mészkőfekü morfológiájának hatása a fedett karsztosodásra az Északi-Bakonyban. – *Karszt és Barlang* 2004–2005. évf. pp. 33–54.
- VERESS, M. 2009: Investigation of covered karst form development using geophysical measurements. – *Zeits. f. Geomorph.* 53. 4. pp. 469–486.
- VERESS M. 2012: Fedőüledékes depressziók és kialakulásuk. – *Földrajzi Közlemények* 136. 1. pp. 2–21.
- VERESS, M. 2016: Covered karsts. – Springer DOI10.1007/978-94-017-7518-2, 536 p.
- VERESS M. – SZABÓ L. 2000: Adalékok a dolomit térszínnek formáinak morfogenetikájához. – *Földrajzi Értesítő* XLIX. 1–2. pp. 13–26.
- VERESS, M. – ÜNGER, Z. 2015: Kab mountain: Karst under a Basalt Cap. – In: LÓCZY D. (ed.): *Landscapes and Landforms of Hungary*. Springer, Heidelberg/New York/Dordrecht/London. pp. 55–62.
- WALTHAM, T. – BELL, F. – CULSHAW, M. 2005: *Sinkholes and Subsidence*. – Springer, Berlin–Heidelberg. 382 p.
- WILLIAMS, P. W. 2004: Dolines. – In: GUNN J. (ed.), *Encyclopedia of Caves and Karst Science*, Fitzroy Dearborn, New York, London. pp. 304–310.
- YUAN, D. 1987: Environmental and engineering problems of karst geology in China. – In: BECK B. F. – WILSON W. L. (eds.): *Karst Hydrogeology: Engineering and Environmental Applications*, Balkema: Rotterdam. pp. 1–11.