

ADALÉKOK NAGYOBB VASTAGSÁGÚ FEDŐÜLEDÉKES TÉRSZÍN KARSZTOSODÁSÁHOZ (HOMÓD-ÁROK KÖRNYÉKE, HÁRSKÚT) ¹

VERESS MÁRTON

Berzsenyi Dániel Főiskola, Szombathely

Abstract: Characteristics of karstification which occur on surfaces where the thickness of the covering sedimentary is high (Near Homód-valley; Hárskút, Hungary) We investigated the morphology of the limestone floor under the cover sedimentary rock on the research area (Homód-valley, Bakony-Mountains). We searched with geophysical sounding there. We proved, that the covered karst forms developed above the uplifts (ridge) of the covered limestone floor and on their side slopes. We distinguished various types of the covered karst forms. Covered karst form (first type) develops if the pit of the limestone floor is directly passed to the covering sedimentary. This process happens if the covering sedimentary is thin. Though the sedimentary rock is thick above the uplifts on the research area and above their side slopes as well. The pit of the sedimentary rock creates the development of covered karst form (second type) on these places. Burrow can develop in the sedimentary rock, because the pit of limestone floor passes to the covering sedimentary. If the covered karst form (third type) develops above the side slope of the uplift, the thickness of the sedimentary rock can be great. These forms develop above the burrow of older covered karst forms. Covered karst features with big diameter (depression deepens into the covering sedimentary) can develop above the depressions of the floor as well on the search area (fourth type).

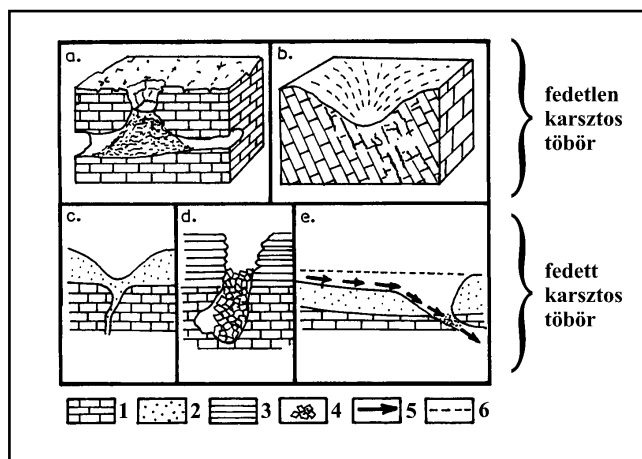
1. Bevezetés

A fedett karsztos mélyedések akkor alakulnak ki, ha a karsztosodó kőzetet (mészkö) nem karsztosodó, de vízáteresztő kőzet fed (rejtett karszt). Ekkor a karsztosodó feküben vagy fekün az oldódás során létrejött anyagihiány miatt a fedőn anyagátrendeződés történik. Emiatt a felszínen fedett karsztos formák alakulnak ki.

Vizsgálatainkat a célból végeztük, hogy egy kis kiterjedésű területen a fekü domborzatát megismerjük, majd e domborzat és a fedett karsztos formák kapcsolatát elemezzük. Ugyanis, ha a fekü domborzata és a fedett karsztos formák elterjedése közt kapcsolat mutatható ki, akkor válasz kapható arra a kérdésre, hogy a fedett karsztosodás hol és miért következik be. Továbbá megválaszolható az is, hogy a fedett karsztos formák kialakulása milyen feltételektől (pl. üledékvastagság) hogyan függ.

¹ Készült a T 048585 sz. OTKA támogatásával

A fedett karsztos mélyedések (töbrök) három típusát különítik el (**1. ábra**, CVIJIC 1893, CRAMER 1941, THOMAS 1954). Utánsüllyedéses töbör akkor alakul ki, ha a laza, nem összeálló fedőüledékek a karsztos fekün létrejött anyagihiányt lassú, folyamatos mozgással foglalják el. Átöröklődéses töbör akkor, ha az összeálló fedőüledék szakaszos, gyors mozgással (omlás) kerül az anyagihiányos részbe. Víznyelő jellegű dolina akkor, ha a laza fedőüledékeket a felszíni vizek a karsztos járatokba halmozzák. E formák többnyire a karsztvízszint közelében alakulnak ki, pl. poljékben. Működésük kettős, víznyelők (alacsony karsztvízszintnél a karsztba vízbevezetés történik), ill. forráshelyek (magas karsztvízszintnél vízkilépés történik a karsztból).



1. ábra: A főbb töbör kialakulási típusok (JENNINGS 1985).

Jelmagyarázat: a. szakadéktöbör, b. oldódásos töbör, c. utánsüllyedéses töbör, d. átöröklődéses töbör, e. víznyelő jellegű töbör, 1. mészkő, 2. talaj és laza fedőüledék, 3. összeálló fedőüledék, 4. omladék, 5. anyagszállítás, 6. eredeti felszín

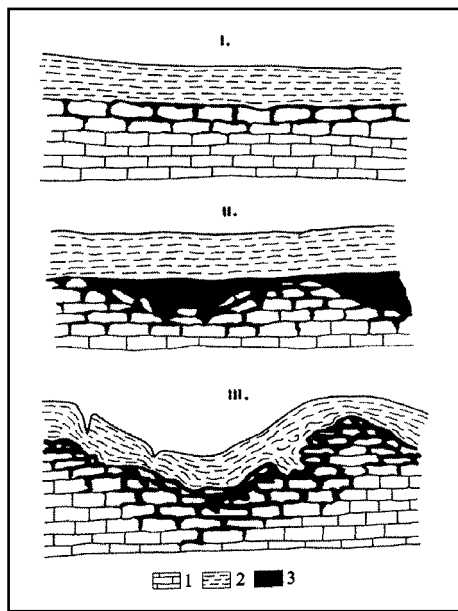
Fig 1: Main types of doline development (JENNINGS 1985)

Legend: a. collapse doline, b. solution doline, c. subsidence doline, d. adjacent doline, e. alluvial streamsink doline, 1. limestone, 2. soil and cover sedimentary rock, 3. form sedimentary rock, 4. cave debris, 5. sediment transport, 6. original surface

Általában a fekün az anyagihiányt üreg beomlásával (átöröklődéses töbör), kürtő vagy ehhez hasonló forma (utánsüllyedéses töbör, víznyelő jellegű dolina) kialakulásával magyarázzák (JENNINGS 1985, TRUDGILL 1985, BULL 1977, VERESS 1982, 1999). A mélyedés részben vagy teljes mértékben a fedőüledék hordozza. Létezik azonban olyan elképzelés is, amely szerint a fekün nem kürtő képződik, hanem annak felülete leoldódik (**2. ábra**). Tehát a fekü és a fedő között, a fekü felületi leoldódása miatt alakul ki anyagihiány (BÁRÁNY-JAKUCS 1984).

A kialakuló fedett karsztos forma méretét, alakját számos tényező befolyásolhatja. Így a fedő vastagsága, a nem összeálló fedőüledék számos tulajdonsága (pl. szemcsemérete, összeállósága), a fekün oldódással kialakult anyagihiányos „tér” mérete, alakja, stb. Kicsi, viszonylag meredek oldalú mélyedések képződnek, ha a nem összeálló fedő törmelék-

darabjai a járatba hullanak (**3. I. ábra**). Szélesebbek és meredekebbek, ha a fedő összeálló. Ekkor a fedő anyaga szemcséenként az anyaghiányos részbe hullik, vagy előző utóbbiba kisebb-nagyobb kiterjedésben beleomlik (**3. III. ábra**).



2. ábra: Utánsüllyedéses töbör kialakulása a fekü leoldódásával (BÁRÁNY-JAKUCS 1984).

Jelmagyarázat:

1. mészkő
2. vízáteresztő kőzet
3. anyaghiány
- I. II. a fekü leoldódása
- III. a fedő süllyedése

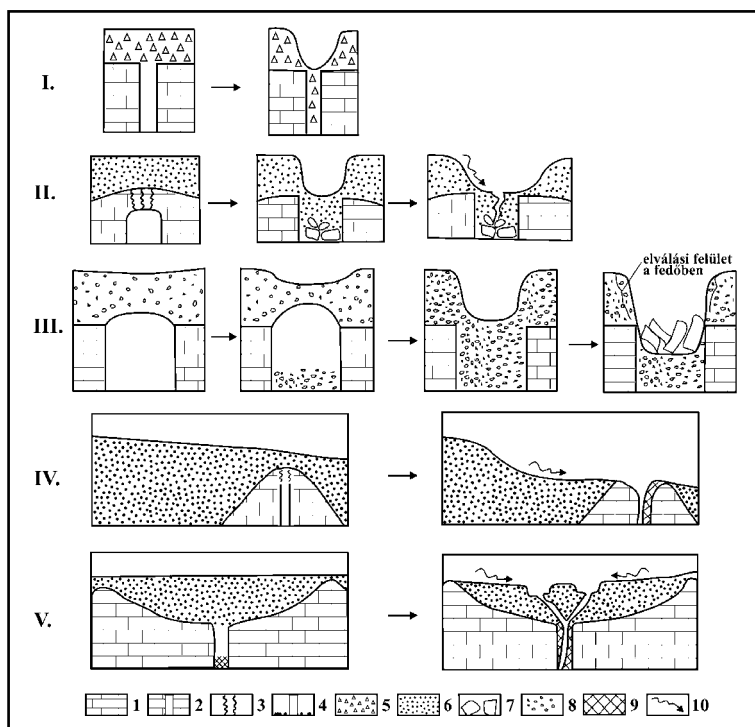
Fig 2: The development of subsidence doline when the floor dissolves (BÁRÁNY-JAKUCS 1984)

Legend:

1. limestone
2. permeable rock
3. missing rock
- I. II. floor dissolution
- III. sinkings of the cover

A Bakony hegység fedett karsztjain a fedőüledéket főleg lösz, továbbá ennek, valamint a Csatkai Kavics Formáció anyagának áthalmozott változatai képezik. VERESS (1982, 1999) szerint a hegységben az utánsüllyedéses töbör egy változata, a víznyelős töbör a jellemző. E formáknak fontos morfológiai és működésbeli tulajdonsága, hogy többé-kevésbé víznyelőként működnek, de nem igazi víznyelők. Így nincs elhatárolható vízgyűjtőjük, járatuk nem eróziós. A víznyelős töbör oly módon képződik, hogy a fekün vakkürtő alakul ki, amely felett a kőzet beomlik (elsődleges omlás). Az omlás közvetlenül (anélkül, hogy a fedőn a kürtő folytatásában járat képződne) átöröklődik a fedőüledékekre, miáltal a fedőüledékes felszínen mélyedés képződik (**3. II. ábra**). VERESS (1999) szerint a víznyelős töbrök rejtett kőzethatáron jönnek létre. Nem rejtett kőzethatár ott alakul ki, ahol a felszínen karsztos és nem karsztos kőzet érintkezik. Rejtett kőzethatár ott van, ahol a karsztos kőzet elfedett, de a fedőüledék lokálisan vékony (**4. ábra**). Erre ott lehet számítani – ha a felszín sík és nem tagolt, vagyis a fedőüledék lokálisan nem puszta le –, ahol a mészkőfejú helyileg a felszínhez közelebbi helyzetű, tehát magaslatot formál. Fúrással rejtett kőzethatárt mutattak ki a Mester-Hajag Mb-50 jelű karsztobjektumánál (VERESS – FUTÓ 1990). Az Mb-50 jelű fedett karsztos mélyedés ott alakult ki, ahol az elfedett fekü kiemelkedést formál, tehát a fedőüledék lokálisan kivékonyodott. Az üledék kivékonyodási hely alatt végbemenő oldódásnak több előidézője is lehet. Így a fedőüledék vizeit e helyekre terelik a vízzáró jellegű betelepülések. Továbbá a víz a vékonyabb fedőn átszivároghat még oldóképes, ill. a vékonyabb fedőüledékben kisebb az esély vízzáró összlet megjelenésére. A kivastagodó fedőüledéknél felszíni karsztos forma

azért is kisebb eséllyel alakulhat ki, mert ez alatt a karsztosodás miatti anyaghiányt a laza üledékek utánsüllyedéssel úgy egyenlíti ki, hogy a folyamat a felszínre csak részben terjed át süllyedés formájában, mivel a fedő mindössze "fellazul". A fentebb vázolt folyamat öngerjesztő lesz. Mivel a mélyedések az eltemetett mészkő kiemelkedések felett alakulnak ki és maradnak meg, a felszíni vizek a vastagabb fedőüledékes térszínekről is ide áramolnak. A több víz miatt e helyeken a karsztosodás még intenzívebb lesz. A fedőüledékek anyaga a karsztba szállítódik, a fedőüledék vastagság tovább csökken, ami a karsztosodás számára még kedvezőbb feltételeket teremt. VERESS (1999) elkülönít szingenetikus és posztgenetikus karsztosodást. Szingenetikus karsztosodás során létrejövő fedett karsztos mélyedés kialakulási kora egyidős, míg posztgenetikus karsztosodás során létrejövő mélyedés kialakulási kora fiatalabb, mint a létrejöttét okozó kürtő, ill. járat kialakulási kora.

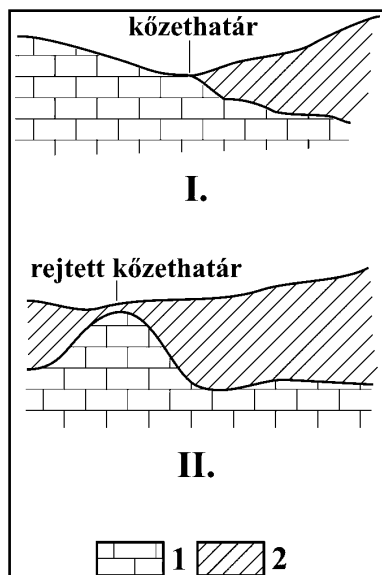


3. ábra: Néhány utánsüllyedéses töbor-kialakulási mód (VERESS 2004)

Jelmagyarázat: I. az aknába, a kürtőbe a fedő törmelékdarabjai behullanak (magashegységi karszton), II. a vakkürtő beomlik, amely a fedőüledékre átöröklődik, III. a széles kürtőbe a kissé összeálló fedőüledék szemcséi behullanak, majd az így kivékonyodó fedő beomlik, IV. a fedőüledékeknek a karsztos járatba bemosódásával a fedőüledékes térszínen alakul ki mélyedés, V. a paleokarsztos mélyedés ki-töltő üledéke a karsztos járatba szállítódik, 1. mészkő, 2. kürtő, 3. elsődleges kürtő, 4. járat, 5. törmelék (moréna), 6. finomszemcsés fedőüledék, 7. omladék, 8. részben összeálló kavics (folyóvízi hordalék), 9. áthalmozódásos fedőüledék, 10. lejtőleöblítés

Fig 3: The development of some subsidence doline

Legend: I. the detritus of the cover fall into the aven (on high mountain karst), II. blind pit breaks down which is passed to at covering sedimentary rock, III. The grains of the covering sedimentary rock, which are gently assembling, fall into a wide aven, later this cover, which becomes thin, breaks down into the pit, IV. the covering sedimentary rock is transported into the pit therefore depressional forms develop V. the sediment of the paleokarst form is transported into the pit, 1. limestone, 2. pit, 3. first pit, 4. burrow, 5. detritus (moraine), 6. fine-grained covering sedimentary rock, 7. cave debris, 8. partly assembling gravels (stream load), 9. redepositional covering sedimentary rock, 10. sheet wash



4. ábra: Kőzethatár (I) és rejtett kőzethatár (II)

Jelmagyarázat:

1. karsztosodó kőzet
2. nem karsztosodó kőzet

Fig 4: Junction (I) and latent junction (II)

Legend:

1. karstification rock
2. non-karstification rock

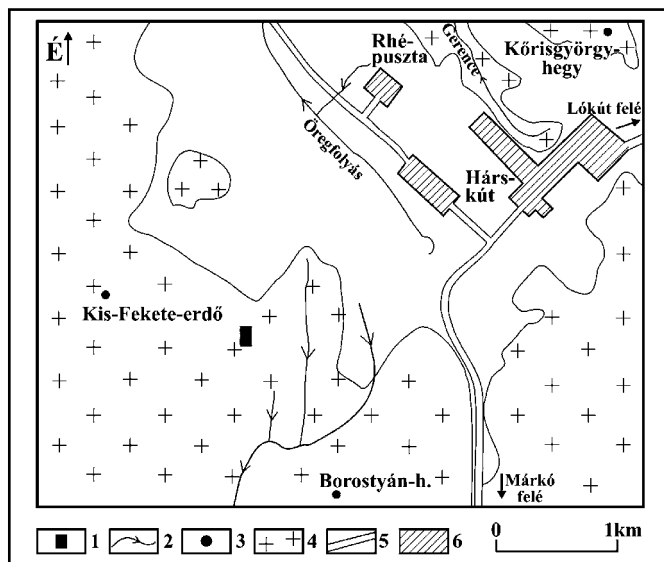
A már leírt kúrtóképződés a hegységben ott figyelhető meg, ahol a fedőüledék vékonyabb, ezért a kúrtó hozzáférhető. Így pl. a Gy-12 jelű víznyelős töbrőnél (Hárskúti-fennsík, Öregfolyás völgyoldala) a fedőüledékben kialakult forma szélessége megegyezik a kúrtó átmérőjével (ez bizonyítja az átöröklődést), a kúrtó felszínközeli részét omladék fogja közre (ami utal az egykori vakkúrtóra ill. annak beomlására). A Gy-12 jelű mélyedésnél az is megfigyelhető, hogy a főkúrtóhoz mellékkúrtó kapcsolódik, amely ugyancsak a felszínre nyílik.

Látható, hogy a hegység víznyelős töbrei a fentebb bemutatott fedett karsztos mélyedéstípusok morfológiai, genetikai tulajdonságait keverten hordozzák (szinte mindhárom típus valamelyik jellegzetessége előfordul).

A hegységben több helyen is kimutathatók depressziók (VERESS 1999). E formák a fedőüledékben kialakult viszonylag nagy átmérőjű (kb. 50 m-nél nagyobb átmérőjű), kis mélységű (1-2 m mélységű) formák, amelyeknek nem mindegyike, ill. azoknak nem egész területe lefolyástalan, vagy zárt képződmény. Belsejükben akár több aktív, ill. mára már fosszilizálódott fedett karsztos forma (részben vagy teljesen feltöltődött, a csapadékvíz nem vagy csak részben elvezető képződmény) is előfordulhat. A depressziók egyik lehetséges kialakulási módja (3. IV., 3. V. ábra), hogy a fedőüledékeket a csapadékvíz a víznyelős töbrök járataiba halmozza (VERESS 1999).

2. A kutatási terület jellemzői

A vizsgált terület a Hárskúti- vagy Gyertyánkúti-medence déli peremén 400-450 m közötti magasságokban, völgyek által közrefogott völgyközi háton helyezkedik el (5. ábra). Környezetével együtt felszíne É-ről D-i irányba dől. E felszínrészlet közel téglalap alakú, É-D-i irányban megnyúlt, amelyet Ny-ról és K-ről néhány m-rel magasabb, hátszerű vonulatok határolnak. E területre DK felől egy a fedőüledékben kialakult ÉNy-DK-i irányú, egykori regressziós-epigenetikus völgy, ill. völgyfője nyúlik be, amely a K-ről határoló hátat két részre különíti. A völgy ma már nem aktív, talán karsztosan fejlődik tovább. Talpa kis esésű, egyes részein ellenesésű részek is előfordulnak.



5. ábra: A kutatási terület

Jelmagyarázat: 1. a kutatási terület, 2. vízfolyás, 3. magaslat, 4. erdő, 5. út, 6. település

Fig 5: The research area

Legend: 1. research area, 2. watercourse, 3. mount, 4. forest, 5. road, 6. village

A kutatási terület aljzatát a fedőüledék alatt eocén mészkő képezi. E kőzet főleg a karsztos mélyedésekben bukkan néhány helyen a felszínre (így a 16, vagy a Ho-8 jelű és az 1, vagy Ho-1 jelű mélyedésben). Környezetében a magasabb térszínrészleteken is megtalálhatók törmelékdarabjai. A határoló hátak É-i részén e mészkőnek a törmeléke, míg azok déli részein a kavicsok a gyakoribbak a felszínen. A Csátikai Kavics Formáció anyagának kavics előfordulása a kutatási területen is jellegzetes. Itt egyébként a kutatógödrök falainak adatai szerint jelentős (több m-es) vastagságban található löszszerű, agyagos-közetlisztes, áthalmazott üledék (FUTÓ 1982). A kutatási területet délről olyan magaslatok szegélyezik, amelyeken viszont a középső-kréta korú mészkő törmelékdarabjai találhatók, azaz itt a fekvés is ilyen mészkő.

E lényegében lefolyástalan térszínen a mélyedések két csoportba (egy É-i és egy D-i) és három sorba (egy ÉÉK-DDNy-i, egy ÉNy-DK-i, továbbá egy ÉÉNy-DDK-i) rendeződnek.

Az ÉÉK-DDNy-i irányú elrendeződés az É-i és D-i csoportban is jelen van, míg az ÉNy-DK-i és ÉÉNy-DDK-i csak az É-i csoportot jellemzi. (Az északi csoport két sorának "keresztveződésénél" a mélyedések kissé csoportos kifejlődést mutatnak.) Mindkét csoportban, ill. környezetükben gyakoriak a mára feltöltődött, fosszilizálódott fedett karsztos mélyedések. Ezekben időszakos tavak jöhetnek létre. A fentiek mellett gyakoriak a vízenyős helyek (dagonyák). Itt a felszínen sötét folt jelzi a csapadékvíz tartósabb megmaradását. E helyek is valószínűleg egykor karsztos mélyedések lehettek.

Az aktív, fedett karsztos formák morfológiai jellemzői az alábbiak:

- Meredek oldalúak, kis méretűek, magányosak, vagy néha ikresen összetettek, alaprajzban többnyire ÉNy-DK-i és ÉÉNy-DDK-i, ill. ÉÉK-DDK-i irányban megnyúltak.

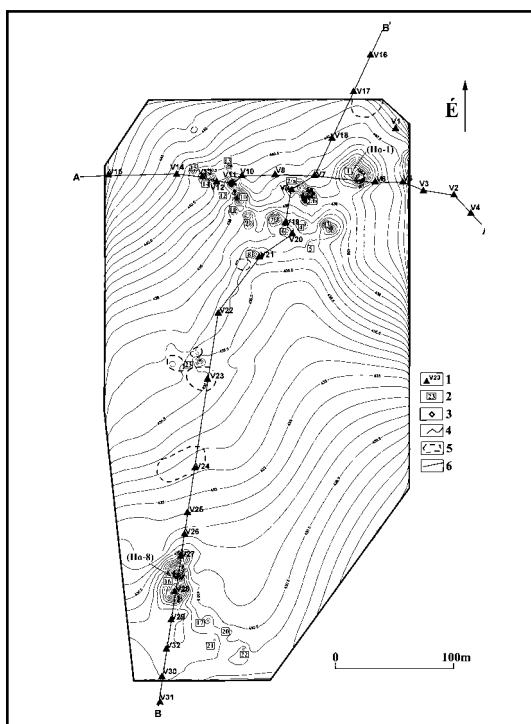
- Többségük olyan járatral rendelkezik, amely fedőüledékben, esetleg szálkőzetben képződött. A járatok aljzatukon, oldallejtőiken, sőt peremükön is elhelyezkedhetnek.

Az aktív, fedett karsztos mélyedések kizárólag a hátakkal, magaslatokkal közrefogott, alacsonyabb magasságú részen, tehát a vizsgált területen fordulnak elő. A fosszilis karsztos mélyedések a határoló hátak területén magasabb szintben, valamint a vizsgálatba vont belső területreszen alacsonyabb szintben egyaránt előfordulnak. A vízenyős helyek csak az alsó szinten terjedtek el. A fosszilis mélyedések és a vízenyős helyek területéről gyakran vízfolyásnyomok, kisebb medrek vezetnek a fedett karsztos mélyedésekhez. Jelezve egyrészt, hogy a fosszilis mélyedésekben vízelvezítés nincs vagy nem számottevő, továbbá azt, hogy a helyek a fedett karsztos mélyedések "vízgyűjtő területét" képezik.

A fosszilizálódott mélyedések aktivizálódhatnak. Erre utal, hogy a 16 jelű mélyedés oldal-lejtőjének üledékeiben laminált üledékek mutathatók ki (FUTÓ 1982). Tehát itt egy a jelenlegi mélyedésnél nagyobb kiterjedésű egykori tóból keletkezett az említett összetétel. A tavat hordozó mélyedés feltöltődött, majd a kitöltésében alakult ki a jelenlegi, aktív karsztos mélyedés. Ugyancsak erre utal a jelenlegi fosszilis karsztos formák üledékkitöltése is. VERESS (1995) egy fosszilis karsztos forma üledékében a kutatógödör falán zsákhoz hasonló üledékszerkezetet mutatott ki. Ezek az egykori fedett karsztos forma kitöltésében létrejött mélyedésekben keletkeztek. E mélyedések a fosszilis karsztos forma időleges aktivizálódására utalnak.

3. Kutatási módszer

A kutatási területről és mélyedéseiről részletes domborzatrajzi térképet készítettünk (6. ábra). Ennek méretaránya 1:1000, szintvonal sűrűsége 0,5 m. Két szelvény, egy ÉÉK-DDNy-i, továbbá egy K-Ny-i irányú mentén 32 helyen végeztünk geofizikai mérést. A szelvények nyomvonalát úgy alakítottuk ki, hogy azokra minél több karsztos mélyedés essen. A méréseket, majd a szelvények kiserkesztését a TERRATEST Geofizikai, Geodéziai, Mérnöki Kft. végezte (BODRI 2004). A VESZ (Vertikális elektromos szondázás) során két földelt elektródán át áramot vezetnek a felszín alá, majd másik két elektróda között mérik a létrejövő árameloszlás által okozott potenciál különbséget. Az árameloszlás és így a mért potenciál különbség, ill. az ebből számított ún. látszólagos fajlagos ellenállás függ az egyes rétegek fajlagos ellenállásától és azok vastagságától. (A különböző kőzetek fajlagos ellenállását az I. táblázat mutatja.) A mért potenciál különbség értékekből az áramelektrodák távolságának függvényében görbék szerkeszthetők (7. ábra), amelyek segítségével – egy inverziós programot használva – ideális esetben a rétegsor ellenállás és vastagság paraméterei meghatározhatók (II. táblázat).



6. ábra: A kutatási terület domborzatrajzi térképe a szelvényhelyekkel

Jelmagyarázat: 1. geofizikai szondázás helye és száma, 2. a mélyedés jele, 3. mészkő a felszínen, 4. szintvonal, 5. vizenyős hely (fossilizálódott karsztos forma), 6. szelvény helyek

Fig 6: The relief map of the research area with the places of the profile lines

Legend: 1. the places of the geophysical sounding and their numbers, 2. the sign of the form, 3. limestone on the surface, 4. contour, 5. oedematous place (fossil karst form), 6. the place of the profile line

Az egyes helyeken számított rétegsorokat összeillesztve a kialakított mérési vonalak mentén metszetek szerkeszthetők, amelyeken a felszín, a mészkőfekü, ill. a fedőüledékek (és ezzel együtt a fedett karsztos mélyedések) lefutása, vastagsága és számított ellenállás értékei kerülnek ábrázolásra. A mészkőfekü lefutása kiegészíthető, pontosítható ott, ahol a mészkő a felszínre bukkan. Erre pl. az 1 jelű és a 16 jelű mélyedésnél volt lehetőség.

Korrektciókra annál is inkább szükség van, mert a VESZ méréseket számos bizonytalanság terheli. A különböző kőzetek ellenállása ugyanaz lehet, ill. az ellenállási intervallumok részben „átfedhetik” egymást, vagy a mérési helyek között a közzethatárok lefutása csak becsléssel végezhető el. Így ritkábban álló szondázási helyek között nő a valószínűsége annak, hogy esetleg lencseszerűen betelepülő kőzettetek nem lesznek kimutathatók.

I. táblázat: Néhány kőzet fajlagos ellenállása (BODRI 2004)

Table I.: The specific resistance of some rocks (BODRI 2004)

Kőzet megnevezés	Fajlagos ellenállás (Ohm)
Kaolin, bentonit	1 – 8
Agyag	5-20
Homok (vizes-száraz)	50-1000
Kavics (vizes-száraz)	100-10000
Mészkő-dolomit	200-5000-10000

II. táblázat: A mérési helyeken számított ellenállások és rétegvastagságok (BODRI 2004)
Table II.: The calculated resistance of the measuring places and the thickness of the beds (BODRI 2004)

A mérési hely jele	A réteg geoelektromos ellenállása (Ohm)	Rétegvastagság (m)	A réteg talpmélysége (m)
V-1	14	1,0	1,0
	8	3,0	4,0
	800		
V-2	390	0,6	0,6
	32	1,9	2,5
	15	8,1	10,6
V-3	450		
	400	0,5	0,5
	30	2,6	3,1
V-4	17	10,9	14,0
	520		
	450	0,5	0,5
V-5	42	2,0	2,5
	11	5,1	7,6
	200		
V-6	28	0,5	0,5
	9	0,8	1,3
	34	3,5	4,8
V-7	170		
	16	1,7	1,7
	77	6,6	8,3
V-8	190		
	100	0,7	0,7
	15	2,7	3,4
V-9	29	4,9	8,3
	200		
	170	0,5	0,5
V-10	65	1,5	2,0
	18	5,4	7,4
	35	4,0	11,4
V-11	160		
	460	0,3	0,3
	57	2,2	2,5
V-12	10	5,2	7,7
	200		
	140	0,6	0,6
V-13	46	1,0	1,6
	160	2,5	4,1
	550		

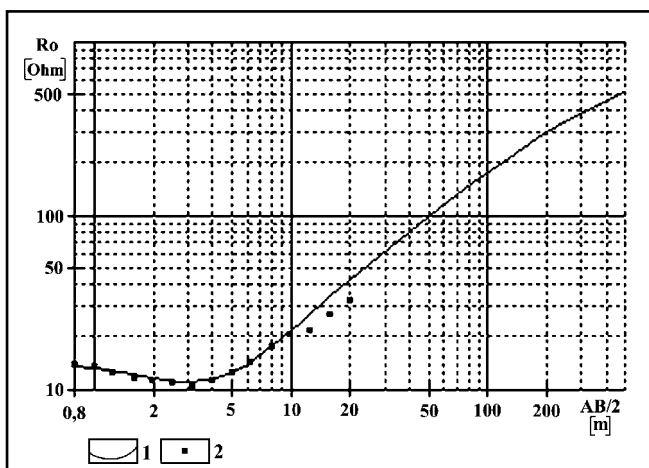
A mérési hely jele	A réteg geoelektromos ellenállása (Ohm)	Rétegvastagság (m)	A réteg talpmélysége (m)
V-11	280	0,4	0,4
	62	3,1	3,5
	37	5,3	8,8
V-12	440		
	120	0,4	0,4
	25	2,7	3,1
V-13	56	3,4	6,5
	220		
	270	0,4	0,4
V-14	29	1,1	1,5
	62	8,0	9,5
	310		
V-15	105	0,4	0,4
	15	0,9	1,3
	47	6,8	8,1
V-16	170		
	350	0,6	0,6
	180	7,4	8,0
V-17	26	7,0	15,0
	390		
	11	0,6	0,6
V-18	8	0,3	0,9
	55	0,5	1,4
	6	4,4	5,8
V-19	350		
	37	1,5	1,5
	13	3,3	4,8
V-20	18	6,4	11,2
	220		
	115	1,0	1,0
V-21	44	2,4	3,4
	12	6,6	10,0
	210		
V-22	120	0,6	0,6
	20	1,2	1,8
	240	1,5	3,3
V-23	10	1,0	4,3
	280		

A mérési hely jele	A réteg geoelektromos ellenállása (Ohm)	Rétegvastagság (m)	A réteg talpmélysége (m)
V-20	550	0,4	0,4
	51	1,1	1,5
	170		
V-21	72	0,5	0,5
	110	1,1	1,6
	42	6,1	7,7
	170		
V-22	340	0,4	0,4
	44	1,6	2,0
	18	4,8	6,8
	250		
V-23	330	0,3	0,3
	13	6,0	6,3
	17	3,8	10,1
	300		
V-24	170	0,4	0,4
	17	5,2	5,6
	21	1,1	6,7
	330		
V-25	130	0,6	0,6
	35	1,7	2,3
	16	11,3	13,6
	350		
V-26	400	0,3	0,3
	23	2,2	2,5
	29	5,7	8,2
	320		

A mérési hely jele	A réteg geoelektromos ellenállása (Ohm)	Rétegvastagság (m)	A réteg talpmélysége (m)
V-27	95	0,4	0,4
	33	1,7	2,1
	22	10,4	12,5
	250		
V-28	155	0,5	0,5
	40	2,6	3,1
	27	8,2	11,3
	320		
V-29	154	0,5	0,5
	36	4,1	4,6
	112	8,8	9,4
	33		
V-30	700	0,3	0,3
	38	1,3	1,6
	82	1,9	3,5
	28	5,6	9,1
V-31	330		
	225	0,4	0,4
	70	5,1	5,5
	30	3,5	9,0
V-32	370		
	500	0,4	0,4
	41	4,1	4,5
	100	6,7	11,2
	31		

Jelentős hibaforrás lehet a VESZ mérések inverziójában (aminek során a mért értékekből megtörténik az azokat "generáló" feltételezett rétegsor előállítás) feltételezett párhuzamosan rétegzett rétegsor modelltől való eltérés is. Ez különösen a jelentős topográfiai változások környezetében végrehajtott méréseket érinti érzékenyen, ill. ahol a feltételezett vertikális fajlagos ellenállás változások mellett jelentősek a horizontális irányú változások is az áram által érintett közettartományban. Ezeknek a változásoknak a mérések eredményére gyakorolt hatása még nem kellőképpen vizsgált, de a feltételezhetően ilyen környezetben mért adatokat feltétlenül óvatosan kell kezelni.

Fenti problémák ellenére a VESZ mérésekből nyert adatokat kellő elővigyázattal kezelve a VESZ mérésekből a fedőüledékekre, ill. a fekü mészkőre vonatkozóan – annak jelentősebb bolygatása nélkül és viszonylag kis költséggel – hasznos információk nyerhetők.



7. ábra: A V-1 szondázási hely mérési és elméleti görbéje

Jelmagyarázat: Ro: látszólagos fajlagos ellenállás, AB/2: a terítési hossz fele, 1. elméleti görbe, 2. tényleges mérés

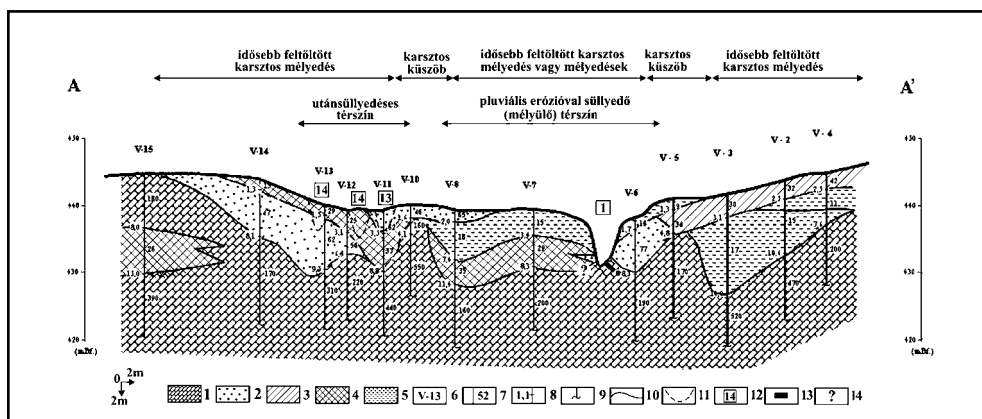
Fig 7: The measuring and theoretical curved of the sounding place V-1

Legend: Ro: geoelectrical resistance AB/2: half of length of saturation 1. theoretical curved, 2. real measuring

4. A szelvények kiértékelése

– A szelvények mentén megszerkesztett fekü felszíne eltemetett bemélyedésekre és kiemelkedésekre különül (**8., 9. ábra**). A mélyedések területén a fedő vastagsága 8-14 m, ill. a V-32 jelű mérési helynél 20 m-nél is nagyobb (a fekü mélysége ismeretlen), a magaslatokon 2-8 m közötti. A fedő anyaga a geofizikai mérések szerint lösz, agyag, mészkőtörmelék, ill. ezek keveredésével létrejött üledékváltozatok. A nyolcvanas években végrehajtott fúrások adatai szerint (a fúrások csigafúróval történtek) a fedőüledékek szemcseméretük szerint közetlisztes agyagos kifejlődésűek (KERESZTYÉN 1991). A mára feltöltődött, fosszilizálódott egykori karsztos mélyedések kitöltő anyagát, amely feltárása kutatógödörökkel történt, különböző agyakok képezik (VERESS 1995).

– A bemélyedések nem lehetnek egykori átöröklődött völgyek, hanem kitöltött és eltemetett, részben vagy teljesen lefolyástalan formák, tehát paleokarsztos képződmények. Ha ugyanis egy völgyet metszetében, ill. hosszában ábrázolunk, akkor talpa kereszt-szelvényben bemélyedést, míg a hosszirányú szelvénye mentén egy ferde felületet képez. Esetünkben a két szelvény kereszteződésénél a V-10 és a V-5 (K-Ny-i szelvény), valamint a V-16 és a V-20 jelű (ÉÉK-DDNy-i szelvény) mérési helyek között a mészkő felszíne egyaránt mélyedést formál. Ez azt valószínűsítheti, hogy a V-16 és a V-5, valamint a V-20 és a V-11 észlelési helyek által közrefogott területen egy olyan eltemetett mélyedés helyezkedik el, amelynek magasabb helyzetű peremeit e mérési helyek dokumentálják. Mindemellett nehezen képzelhető el, hogy ilyen sűrűséggel alakultak volna ki itt völgyek a mészkövön, mint amilyen sűrűséggel előfordulhatnak a fekün a mélyedések. Ezért a kutatási terület fekjének egyenetlen felszíne karsztosodással jött létre.



8. ábra: A-A' nyomvonal menti geoelektromos-földtani metszet

Jelmagyarázat: 1. mészkő, 2. lösz (homokos, mészkőtörmelékes), 3. lösz (agyagos-iszap), vagy mészkőtörmelékes agyag, 4. agyag (lössös, mészkőtörmelékes), 5. agyag, 6. VESZ mérés száma, 7. összlet geoelektromos ellenállása (Ohm), 8. geoelektromos összlet talpmélysége (m), 9. VESZ mérés kb. behatolása, 10. geoelektromos réteghatár, 11. a töbröt nem a legmélyebb pontján harántolja a szelvény, 12. a mélyedés száma, 13. barlang, 14. mészkőfekü bizonytalan

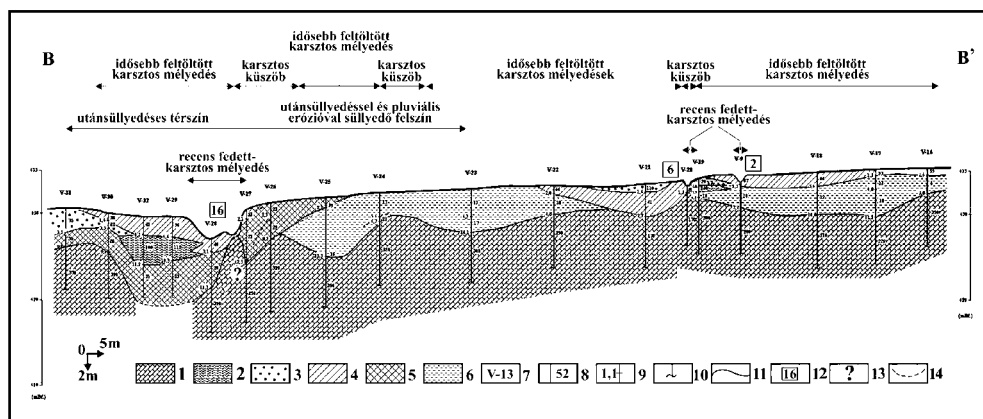
Fig. 8: The geoelectric-geological profile along of the A-A' line

Legend: 1. limestone, 2. loess (with sand, with limestone detritus), 3. loess (with clay and mud) or clay with limestone detritus, 4. clay (with loess and limestone detritus), 5. clay, 6. the number of the VESZ measuring, 7. the geoelectric resistance of the beds (Ohm), 8. depth of bottom of the geoelectric beds (m), 9. the about penetration of the VESZ measuring, 10. the border of the geoelectrical beds, 11. the profile does not cut the deepest point of the doline, 12. the number of the form, 13. cave, 14. the lime-stone is uncertain

– A geofizikai mérésekkel azonban nem dönthető el egyértelműen, hogy az aljzat zárt (lefolyástalan) mélyedések vagy pusztán kiemelkedések által tagolt-e. Előző esetben a zárt mélyedéseket eltemetett küszöbök választják el, utóbbi esetben nincsenek zárt mélyedések, hanem egy alacsonyabb fekvő felszín, amelyet ismeretlen méretű, alakú és mintázatú magaslato tagolnak. (A kiemelkedés fogalmát tágabb értelemben használjuk, és alatta a fekvő magasabb helyzetűt értjük. Magaslát megnevezést szűkebb értelemben akkor használjuk, amikor a magasabb helyzetű fekvérszletet minden oldalról kifelé dőlő lejtők fogják közre.)

– Az aktív, fedett karsztos mélyedések a fekvőhöz képest a következőképpen helyezkedhetnek el:

- * a mészkőfekü kiemelkedése felett,
- * a mészkőfekü kiemelkedéséhez közel, annak oldallejtője felett,
- * a mészkőfekü mélyedése felett.



9. ábra: B-B' nyomvonal menti geoelektromos-földtani metszet

Jelmagyarázat: 1. mészkő, 2. mészkőtörmelék (agyagos), 3. lösz (homokos, mészkőtörmelékes), 4. lösz (agyagos-, iszapos) vagy mészkőtörmelékes agyag, 5. agyag (lössös, mészkőtörmelékes), 6. agyag, 7. VESZ mérés száma, 8. összlet geoelektromos ellenállása (Ohm), 9. geoelektromos összlet talpmélysége (m), 10. VESZ mérés kb. behatolása, 11. geoelektromos réteghatár, 12. a mélyedés száma, 13. mészkőfejú bizonytalan, 14. mészkőfejú ismeretlen mélységű

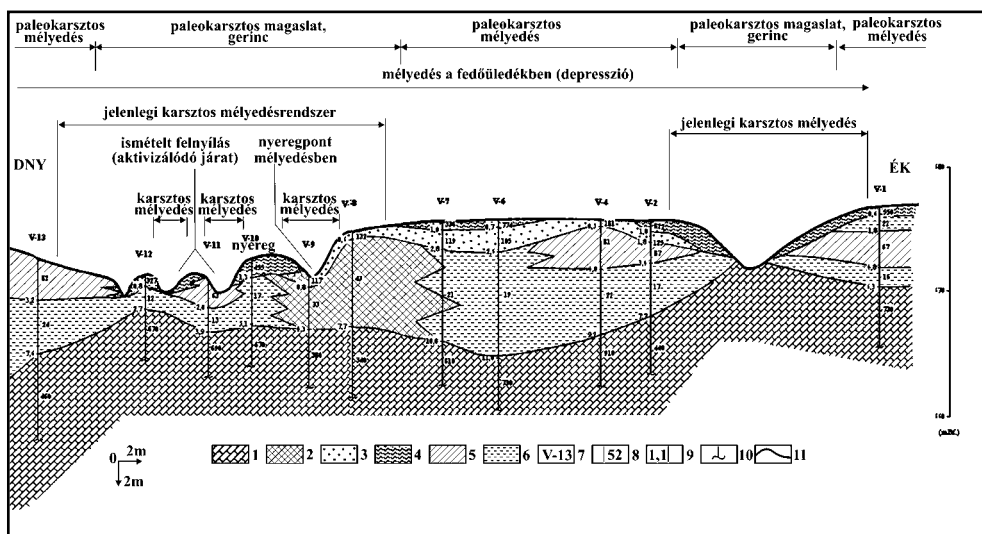
Fig 9: The geoelectric-geology profile along the B-B' line

Legend: 1. limestone, 2. limestone detritus (with clay) 3. loess (with sand and limestone detritus), 4. loess (with clay and mud) or clay with limestone detritus, 5. clay (with loess and limestone detritus), 6. clay, 7. the number of the VESZ measuring, 8. the geoelectric resistance of the beds (Ohm), 9. depth of bottom of the geoelectric beds (m), 10. the about penetration of the VESZ measuring, 11. the bor-der of the geoelectrical beds, 12. the number of the form, 13. the limestone is uncertain, 14. the floor of the limestone is unknown in depth

– A fedett karsztos mélyedések lejtőinek dőlése meredekebb, mint e mélyedések alatt a mészkőé. Valószínű – bár a nem nagy szondasűrűség miatt ez nem állítható teljes biztonsággal –, hogy a fedett karsztos mélyedések többsége alatt a fekün nincs is mélyedés. Ennek bizonyítására az Eleven-Főrtési töbörccsoport területéről (Kőris-hegy) a fő mélyedésrendszer egy részleténél mutatjuk be a mészkőfejú morfológiáját (**10. ábra**). Akkor is azonban, ha a fekü lefutása ilyenre utal (pl. V-11, V-12 szondázási helyeknél), megállapítható, hogy nemcsak a mélyedés (a felszín) és a fekü lejtésviszonyai különböznek, hanem azok morfológiája is. Az említett helyen a fekü bemélyedése felett ugyanis két fedett karsztos mélyedés fordul elő.

– A fedett karsztos mélyedéseket nagy területű, nem zárt, lankás oldalú felszíni mélyedés hordozza (pl. a V-10 és V-14 jelű szondahelyek között), ill. máshol ilyen térszínbe megy át a fedett karsztos forma (pl. a 16 jelű karsztos mélyedés). E térszín kialakulásának két oka is lehet. Az egyik kialakulási módot már említettük. Ez esetben a mélyedések környezetéből a csapadékvíz a felszín anyagait a mélyedésekbe halmozza. Feltűnő azonban, hogy a depressziók alatt a fekü is egyenetlen lehet. Tehát a fekü egy kürtő átmérőjénél nagyobb kiterjedésben karsztosodott. Ez arra utal, hogy a depressziók a fent vázolttól eltérően másképpen is létrejöhetnek. Ez úgy történik, hogy a fekü felszínének nagyobb területű leoldódása utánsüllyedéssel a fedőre is áterjed. Ezt bizonyíthatja, hogy a 16 jelű mélyedéstől D-re alakult ki

a felszínen kis mélységű, lefolyástalan bemélyülése, holott e mélyedéshez É-ról ill. K-ról kapcsolódnak vízmosásos árkok. Tehát a határoló bemélyedés nem ott helyezkedik el, ahol legnagyobb mértékű a felszín lepusztulása. Ez bizonyítja annak süllyedéses eredetét.



10. ábra: Az Eleven-Förtési töbrörcsoport területéről egy geoelektromos-földtani met-szetrészlet

Jelmagyarázat: 1. mész, 2. agyag (lössös, mész, kőtörmelék), 3. lösz (homokos, mész, kőtörmelék), 4. mész, kőtörmelék (agyagos), 5. lösz (agyagos-iszapos) vagy mész, kőtörmelék, agyag, 6. agyag, 7. VESZ mérés száma, 8. összlet geoelektromos ellenállása (Ohm), 9. geoelektromos összlet talp-mélysége (m), 10. VESZ mérés kb. behatolása, 11. geoelektromos összlethatár

Fig 10: A geoelectric-geology profile partly from the area of Eleven-Förtes doline group
Legend: 1. limestone, 2. clay (with loess and with limestone detritus), 3. loess (with sand or with limestone detritus), 4. limestone detritus (with clay), 5. loess (with clay and mud) or clay with limestone detritus, 6. clay, 7. number of the VESZ measuring, 8. beds of geoelectric resistance (Ohm), 9. depth of bottom of geoelectric beds (m), 10. about penetration of VESZ measuring, 11. the border of the geoelectric beds

5. Víznyelős töbrök néhány morfogenetikai sajátossága

Kis vastagságú (néhány m, de valószínűleg legfeljebb 3 m) fedőüledékes környezetben a vakkürtő beomolva közvetlenül átöröklődik a fedőre. Ezt bizonyítják a Gy-3 jelű, de különösen a Gy-12 jelű víznyelős töbrök járatáról és az ezekhez tartozó felszíni mélyedésekről készült térképek elemzése (VERESS 1999).

A kutatási terület víznyelős töbreinél a fedőüledékek vastagsága a fentebb említett értéknél nagyobb. Az olyan mélyedések környékén, amelyek magaslátok felett helyezkednek el, mintegy 3-6 m közötti. A vastag fedőüledékes környezetű, fedett karsztos mélyedések genetikai sajátosságai – a geofizikai mérések figyelembevételével – az alábbiak:

– A fedett karsztos mélyedések ez esetben is ott alakulnak ki, ahol a fedőüledékek lokálisan kivékonyodnak. Úgy tűnik, minél vékonyabb a fedőüledék, annál nagyobb (mélyebb) a mélyedés.

– A víznyelős töbrök többségének létrejöttét és mélyülését a fedőüledékben kialakult járat teszi lehetővé. (Itt említjük meg, hogy míg a karsztosodó kőzetben, tehát a fekü mészkőben oldódással kialakult formát kürtőnek, addig felette, a fedőben képződött járatnak nevezzük. Ez utóbbi már nem oldódással alakul ki, hanem azért, mert anyaga a kürtőbe szállítódik.) Ezt bizonyítja, hogy - mint említettük - a fekün a fedett karsztos mélyedések alatt többnyire nincs is mélyedés. (Kürtőt, vagy járatot azonban geofizikai módszerrel a fedőben vagy a feküben nem lehet kimutatni.) Ugyanakkor a fedőüledékben kialakult járatok meglétét bizonyítja, hogy a mélyedések többségének a talpa és a fekü között viszonylag vastag a fedőüledék (2-6 m közötti). A mélyedések oldallejtője meredekebb, mint alattuk a fekü dőlése (tehát a mélyedés alakját nem a karsztos fekü határozza meg). Továbbá az, hogy a mélyedések többségében felszínre nyíló, fedőüledékben képződött járat észlelhető. A fedőben járat csak akkor alakulhat ki, ha a feküben már létrejött a kürtő. A fedőben a járatképződés végbemehet a csapadékvíz áthalmozó tevékenységével vagy omlással. Megfigyeléseink szerint ugyanis a fedőüledékben is kialakulhatnak függőleges üregek, járatok, amelyek mennyezete omlásokkal a felszín irányába fejlődik. (A fedőüledékben végbemenő omlásokat másodlagos omlásoknak nevezzük.) Ilyen jelenséget figyeltünk meg a pádisi (Románia) fedett karszton. Itt a fedő ürege már a felszínre nyílt, így az hozzáférhető. A felszíni karsztos mélyedés tehát azért alakul ki, mert a fekün képződött kürtő feletti fedőüledék anyaga a kürtőbe szállítódik, miáltal a fedő anyagában járat képződik. A járatképződéssel járó anyaghiány okozza a felszíni mélyedés létrejöttét. Ez történhet a járat feletti üledékek omlásával, vagy süllyedésével. A fekün kürtőnek a kialakulását, ill. a fedőn járat kialakulását bizonyítják más karszterületeken végzett megfigyeléseink is. Így pl. a čerknitz-polja (Szlovénia) katavotráinál a víznyelő jellegű töbrök kizárólag a fedő üledékben képződtek. A fedőüledék alatt a fekü – bár számos kürtővel átjárt – felszíne sík, enyhén dőlő réteglapos felszín, mélyedésektől mentes.

A fentiek alapján a fedőüledékek mélyedése az alábbi módon fejlődik. A fedett karsztos mélyedés járata a feküben kialakult oldásos eredetű kürtőhöz kapcsolja a mélyedést. A több méteres vastagságú fedőüledékben kialakult járat közvetítésével kerül a mélyedésből az üledék a fekü karsztos kürtőjébe. A fedőüledéknek a mélybe szállítását bizonyítja, hogy némelyik mélyedés talpa annak ellenére sem feltöltött, hogy hozzá vízmosás árok kapcsolódik. Ez csak úgy lehetséges, ha a kapcsolódó árokból és környezetéből érkező talaj ill. fedőüledék a csapadékvíz és a beáramló víz által a járatba szállítódik. A járat azonban gyorsan és könnyen eltömődhet. A mélyedés fosszilizálódása során azonban nem feltétlenül töltődik ki. Járata ismételten kitisztulhat vagy újabb járat alakul ki. E folyamatoknak kedvez a karsztos kürtőben végbemenő anyagáthalmozódás, a kürtő növekedése oldással vagy omlással, továbbá újabbak kialakulása. A már kialakult mélyedés szélesedhet is oldallejtőinek lepusztulásával. Ez történhet a csapadékvíz pusztításával, ill. omlással (harmadlagos omlás), ugyanis a mélyedések oldalában gyakoriak a talajszakadási, valamint csuszamlási sebhelyek.

A kutatási területen előfordulnak fedett karsztos mélyedések olyan helyeken is, ahol az üledékvastagság a 6-8 m-t is meghaladja. Az ilyen fedett karsztos mélyedések az eltemetett paleokarsztos mélyedések vagy a kiemelkedések oldallejtői felett helyezkednek el. Ez esetben a nagyobb fedőüledék vastagság miatt kisebb az esély kürtő kialakulására a fekün. Említettük azonban, hogy területünkön a már fosszilizálódott mélyedések ismételten

aktivizálódhatnak. Ez úgy történhet, hogy a fosszilizálódott mélyedés járata, amely üledékkel kitöltött kell hogy legyen, üledékeit részben vagy teljesen elveszíti. Ilyenkor a beszivárgó csapadékvizek a járat és kürtő kitöltő üledékeit mélyebbre, a karszt belsejébe szállítják (VERESS 1999). A fekü kürtője felett a kitöltő üledékben újabb járat, utóbbi felett újabb mélyedés képződik a felszínen. E típusba sorolható a 16 jelű mélyedésen kívül a 8 és a 23 jelű mélyedés. Ez utóbbiak környezetében vízenyős helyek fordulnak elő, amelyek jelzik e helyeken korábban létező és mára fosszilizálódott fedett karsztos mélyedéseket.

6. A terület karsztos fejlődéstörténete

- A feltehetően magaslatokra különült karsztosodott fekűt és környezetét elfedi a Csatkai Kavics Formáció anyaga.

- Átöröklődéssel völgy képződik. A völgy mélyülése következtében nagyrészt lepusztul a Csatkai Kavics Formáció anyaga. Valószínűleg a karsztos magaslatok egy része is elpusztul vagy átfurmálódik.

- Ahol a mészkő feltáru, fedetlen karsztosodás megy végbe. A karsztosodás következtében a kutatási terület egésze morfológiailag "zárt" lesz, miáltal a későbbiekben üledécsapdaként funkcionál.

- E mélyebb, karsztosan tagolt felszínre É-ról, valamint a határoló magasabb térszínekről, a hátaokról fedőüledék (a Csatkai Kavics Formáció anyaga és hullóporos eredetű anyag) halmozódik át. A hátaokon a fedőüledék kivékonyodása miatt fedett karsztosodás kezdődik el. A hátaok kis lejtésű felszínre pusztulása miatt a mélyedések elvesztik tápláló területüket, feltöltődnek, fosszilizálódnak.

- Az alacsonyabb szinten a fedett karsztosodás folytatódik, amely napjainkig folyamatos. A korábban kialakult fedett karsztos formák fosszilizálódnak (pl. mert a hátaokról érkező üledékanyag feltölti ezeket). Később újabbak alakulhatnak ki ott, ahol a fedőüledék a lokális felszíni lepusztulás során kivékonyodik, mivel ezáltal újabb kürtő jön létre. Kialakulhatnak azonban a feltöltött mélyedéseknél is, ahol esetleg a felszín a feltöltés miatt magasodhatott is. Ez akkor történhet meg, ha a már kitöltött idős kürtő üledékeit veszíti. A jelenlegi fedett karsztos formák fejlődésében a hátaok szerepe már kisebb. Pl. előzőek vizüket már csak kismértékben kapják a hátaokon lévő fosszilis mélyedések területéről. A hátaok által közrefogott térszínen a fedőüledéknek a mélybeni szállításával és a fekü karsztosodásával egyre zártabb, lefolyástalanabb depressziók alakulnak ki.

7. Következtetések

1. A kutatási területen, de a hegységben máshol is fedett karsztos formák kicsi és nagy vastagságú fedőüledéknél is kialakulhatnak rejtett közethatáron. (Valószínű, hogy egy fedett karsztos forma létrejöttében nem csak a fedőüledék vastagságának van szerepe, hanem a vastagság változásának is. Egy helyen akkor nőhet meg az esélye fedett karsztos forma kialakulásának, ha e helytől távolodva a fedőüledék vastagsága nagymértékben nő.) Jellemzően kis vastagságú (kb. 1-2 m) fedőüledéknél alakult ki, pl. a Gy-12 jelű víznyelős töbr. Nagy vastagságú fedőüledékben képződött a mester-hajagi Mb-50 jelű víznyelős töbr, továbbá az itt bemutatott víznyelős töbrök többsége. Bár közülük kettő is (az 1, ill. a 16 jelű) aljzatán is előbukkan

a mészkő, mégis ezek is nagy vastagságú fedőüledékes környezetűek (a 16 jelű töbrőnél a 10 m-t is elérheti, míg az 1 jelű töbrőnél a 6 m-t is meghaladhatja a fedőüledék vastagsága). E mélyedések területén a fedőüledék azért vékonyodott ki, mert anyaguknak egy része a karsztos járatrendszerbe halmozódott. Ezt bizonyítja, hogy ezek átmérője a legnagyobb, amely a mélyedések oldallejtőjének lepusztulásával magyarázható.

2. A fedett karsztos mélyedéseknek négy típusát különítjük el. Az első típusba azok tartoznak, amelyek magaslat felett, de kis üledékvastagságnál, a másodikba azok, amelyek ugyancsak magaslat vagy annak oldallejtője felett, de nagyobb üledékvastagságnál jönnek létre. A harmadik típust képviselik azok, amelyek a fekében már korábban kialakult, de eltömődött járat kitisztulása során képződnek. Ez utóbbiak a feké lejtője (a magaslatok oldallejtője felett), vagy a feké mélyedése feletti helyzetűek. Fenti három típusba tartozó mélyedések létrejötte a feké kürtőjének kialakulásához kapcsolható. A negyedik típusba azok a mélyedések (depressziók) sorolhatók, amelyek a feké mélyedése felett képződnek, annak leoldódása következtében (11. ábra).

3. A kis vastagságú fedőüledékes környezetű (üledékvastagság 3 m-nél kisebb) víznyelős töbrök kialakulása során a vakkürtő beomladozással többnyire közvetlenül átöröklődik a fedőre (első típus). A fedett karsztos forma kis mélységű és meredek oldalú lesz. Nem alakul ki a fedőben vízelvezető járat, vagy ha igen, akkor annak leomlott részében, vagy csak utólag. Utólagos kialakulásnál a mélyedéstalpon felhalmozódott anyagban a feké későbbi omladozása során új felnyílás képződik, amelyet gyakran kisméretű mélyedések ("fiókmélyedés" járat) létrejötte kísér. Az ilyen víznyelős töbrő további mélyülése a karsztos feké megismétlődő mélyülése (omlások, újabb járatok kialakulása) során történhet.

4. A nagy vastagságú fedőüledékes környezetben (üledékvastagság 3 m és 6-8 m közötti) kialakult mélyedések genetikai sajátosságai az alábbiak:

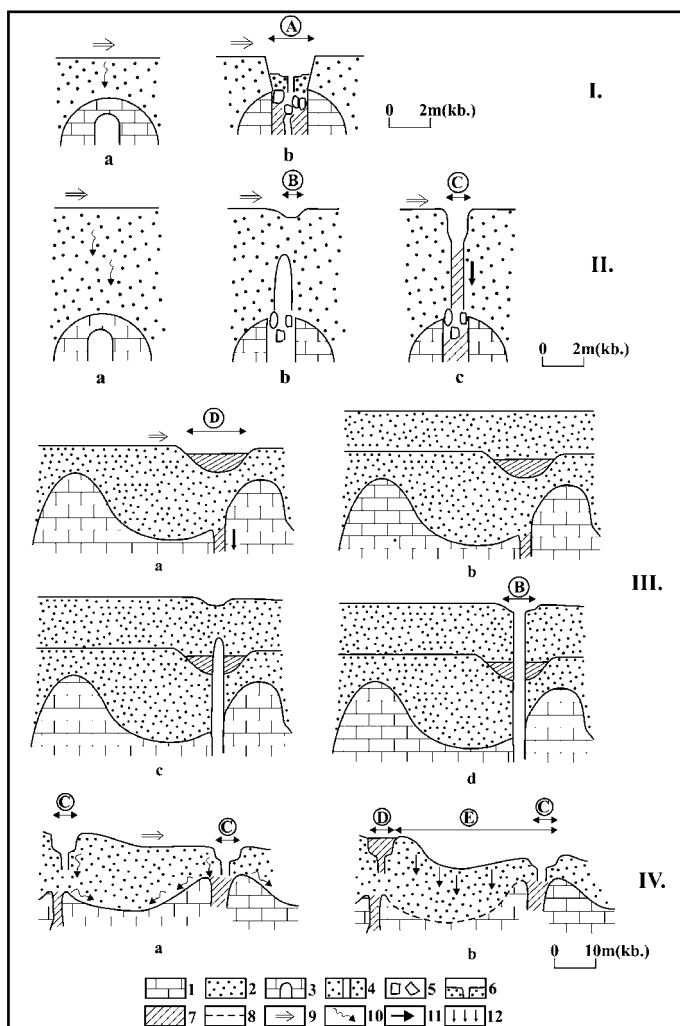
- A vastagabb fedőüledék miatt nagyobb eséllyel ott alakulnak ki víznyelős töbrök, ahol a fedő kevésbé vízzáró.

- A víznyelős töbrőnek elvezető járata alakul ki a fedőüledékben. A víznyelős töbrök mélyülését elsősorban e járatokon keresztül történő anyagszállítás okozza. Valószínű, hogy a feké kürtője a fedő omladozásával (másodlagos omlás) átöröklődik a fedőre. A fedő járata felfelé fejlődik, miután ennek mennyezete tovább omladozik. Ha a járat átöröklődik a felszínre, ott mélyedés alakul ki, kizárólag a fedőüledékben. Az átöröklődés történhet süllyedéssel vagy omlással. Az átöröklődés módja számos tényezőtől függ. Így az üledék összeállóságától, a járat átmérőjének nagyságától, stb. Omlásos átöröklődésnél kis átmérőjű, meredek oldalú mélyedés képződik a felszínen. Ezt követően a mélyedés szélesedhet, miután oldallejtőjét a csapadékvíz vagy az omlások (harmadlagos omlás) pusztítják. Vastagabb fedőüledéknél, mivel a járat hosszabb, nő az esélye az eltömődésének és elfedődésének. Ezért a mélyedés lejtője ellankásodhat. A lejtőről lepusztuló fedőüledék az aljzaton felhalmozódik. A járat – miután kitöltő üledékei mélyebbre szállítódnak – ismételten felnyílhat. Képződhetnek a kitöltésben újabb járatok is. Ezáltal a mélyedéstalpon újabb, belső mélyedések ("fiókmélyedés") alakulhatnak ki. A fedett karsztos mélyedés kialakulhat süllyedéssel is. Ekkor lankás oldalú mélyedés képződik. Ilyenkor a mélyedéstalpon elszivárgó víz a járat felfelé fejlődésében és így annak felszínre nyílásában valószínűleg fontos szerepet játszhat.

- Nagy üledékvastagságnál a fedett karsztos mélyedések főleg, de nem kizárólag szingenetikus karsztosodás során képződnek (második típus).

5. Igen nagy üledékvastagságnál (üledékvastagság 6-8 m-nél nagyobb) csak akkor alakulhatnak ki fedett karsztos mélyedések, ha a fekében már korábban – kisebb üledékvastagságnál

– karsztos kürtő alakult ki (harmadik típus). Az akkumuláció miatt a mélyedés elfedődik, járata eltömődik. A kürtő és járat üledékvesztése miatt ugyanazon a helyen, de a korábbinál magasabban húzódó felszínen – esetleg részben a fosszilizálódott mélyedés kitöltésében – alakul ki fedett karsztos mélyedés. Igen nagy üledékvastagságú környezetben a fedett karsztos formák a kürtő ill. járat újra aktivizálódása során képződnek, tehát posztgenetikus karsztosodás során képződnek. Az ilyen típusú mélyedések jelenléte idősebb karsztosodásra, valamint a hordozó térszínen végbemenő akkumulációra utal a fedett karszton. A karsztosodás újraéledésével a fedett karsztos forma a feltöltés miatt létrejövő magasabb felszínre is átöröklődik és újraképződik.



11. ábra: Fedett karsztos mélyedések kialakulása különböző morfológiájú feké felett

Jelmagyarázat: I. a fedett karsztos mélyedés létrejötte kicsi fedőüledék vastagságnál és vakkürtő képződés esetén, I.a. a fekün vakkürtő képződik, I.b. a vakkürtő beomlik, az omlás átöröklődik a fedőre, II. a fedett karsztos mélyedés létrejötte nagy üledékvastagságnál és vakkürtő képződés esetén, II.a. a fekün vakkürtő képződik, II.b. a vakkürtő beomlik, az omlás áterjed a fedőüledékre, ahol járat képződik II.c. a felszínen a járat felszínre nyílásával mélyedés képződik, III. fedett karsztos mélyedés létrejötte igen nagy üledékvastagságnál, a kürtő újbóli aktivizálódásánál, III.a. a fekü kürtője kitöltődik, a fedett karsztos mélyedés feltöltődik és eltemetődik, III.b. a fedőüledék vastagodik, III.c. a fekü kürtője kitisztul, a fedőüledékben járat képződik, III.d. a járat felszínre nyílásával a felszínen mélyedés képződik, IV. a fedett karsztos mélyedés (depresszió) a fekü felszínének leoldódása során képződik, IV.a. a fedett karsztos mélyedések járatain befolyó víz a fekü felszínén szétáramlik, a fekü oldódással alacsonyodik, IV.b. a fedőüledékek utánsüllyednek, 1. mészkő, 2. fedőüledék, 3. vakkürtő a mészkőben, 4. járat a fedőüledékben, 5. omladék, 6. beomlott fedőüledék, 7. áthalmozott fedőüledék, 8. elfedett mészkőfekü eredeti felszíne, 9. vízáramlás és anyagszállítás a felszínen, 10. vízvívárgás a fedőüledékben, 11. üledék áthalmozódás a járatban, 12. a fedőüledék utánsüllyedése, A: kifejtett víznyelős töbör kis vastagságú fedőüledéknél, B: fiatal víznyelős töbör nagy, vagy igen nagy vastagságú fedőüledéknél, C: kifejtett víznyelős töbör nagy vagy igen nagy vastagságú fedőüledéknél, D: fosszilis víznyelős töbör, E: depresszió utánsüllyedés-sel

Fig 11: Development of covered karst forms above limestone floor with various morphology

Legend: I. development of covered karst form with the development of a blind pit and when the thickness of the covering sedimentary rock is little, I.a. blind pit develops on the floor, I.b. the blind pit breakdown, the breakdown passes to covering sedimentary rock, II. covered karst form develops with the development of a blind pit when the thickness of the sedimentary rock is big, II.a. blind pit develops on the limestone floor, II.b. the blind pit breakdown, the breakdown passes to the covering sedimentary rock, where burrow develops, II.c. covered karst form develops on the surface, because the burrow passes to the surface III. covered karst form develops when the pit can be activate and the thickness of the covering sedimentary rock is very big, III.a. the pit of the floor fills in, because the covered karst form accrues and covers up, III.b. the covering sedimentary rock thickens, III.c. the pit of the floor lost its deposit, the burrow develops in the covering sedimentary rock, III.d. covered karst form develops on the surface because the burrow opens to the surface, IV. covered karst form develops because of the dissolution of floor surface, IV.a. the water flows through the burrow of the covered karst forms which can asunder on the surface of the floor, the floor sink with dissolution, IV.b. the covering sedimentary rock can sink, 1. limestone, 2. covering sedimentary rock, 3. blind pit in the limestone, 4. burrow in the covering sedimentary rock, 5. cave debris, 6. sedimentary, which breakdown, 7. covering sedimentary rock which suffered redeposition 8. the original surface of the covered limestone floor, 9. the flow of the water and the transportation of the sediment on the surface, 10. the infiltration of water in the sedimentary rock, 11. the transportation of the sediment in the burrow, 12. the sinking of the covering sedimentary rock, A: mature doline-with-ponor (subsidence doline) above covering sedimentary rock, whose thickness is little, B: juvenile doline-with-ponor (subsidence doline), above covering sedimentary rock, whose thickness is big or very big, C: mature doline-with-ponor (subsidence doline), above covering sedimentary rock, whose thickness is big or very big, D: fossil doline-with-ponor (subsidence doline), E: depression, which develops with the sinking the sedimentary rock

6. A rendelkezésre álló szondasűrűség alapján valószínűsíthető, hogy a víznyelős töbrök létrehozásában a fekü leoldódásából származó anyagihiány közvetlenül nem vesz részt. Ennek az lehet az oka, hogy a fekü karsztos leoldódása nem előidézője a fedett karsztosodásának, ha-nem fordítva, az a fedett karsztosodás következménye. A fedőn kialakuló, járattal rendelkező karsztos mélyedések összegyűjtik környezetük vizeit. A fekü irányába áramló vizet a fekü karsztos járatai nem képesek befogadni. A víz valószínűleg a fekü fel-

színén szétterjedve annak "foltszerű" leoldódását okozza. Ezt a jelenséget tekintjük a fekü másodlagos karsztosodásának, míg elsődlegesnek a kürtőképződést. A nagyobb területű felületi leoldódás miatt a fedő nagyobb területen utánsüllyedéssel mélyül, depressziók alakulnak ki. Tehát e formák nemcsak felszíni lepusztulás során képződhetnek. A depressziók kialakulása növeli a felszíni mélyedések vízgyűjtőjét (háttér területét). Különösen akkor, ha ezen a vízzáró jelleg számottevő (pl. fosszilizálódott mélyedések fordulnak elő környezetükben). A már meglévő mélyedések még több vizet kapnak, amely tovább erősíti az ilyen helyek karsztosodását (negyedik típus).

Irodalom

- BÁRÁNY I. – JAKUCS L. (1984): Szempontok a karsztok felszínformáinak rendszerezéséhez különös tekintettel a dolinák típusaira - Földrajzi Értesítő **33**: 259-269.
- BODRI Gy. (2004): Jelentés a Hárskúttól K-re (Homod) végzett geoelektromos szondázások (VESZ) mérések eredményéről - Kézirat, TERRATEST Geofizikai, Geodéziai Mérnöki Kft, Veszprém
- BULL, P. A. (1977): Cave boulders chokes and dolina relationships – Proc. 7th. Int. Cong. Speleol. p. 93-96.
- CRAMER, H. (1941): Die Systematik der Karstdolinen. – Neues Jb. Miner, Geol. Paleont, **85**: 293-382.
- CVJIČ, J. (1893): Das Karstphaenomen Versuch einer morphologischen Monographie – Geog. Abhandl. Wien, **5**: 218-329.
- FUTÓ J. (1982): A Homód-árok környékén fekvő víznyelők földtani vizsgálat és jellemzése – Cholnoky J. BKCS 1982. Évi Jelentés, kézirat
- JENNINGS, J. N. (1985): Karst Geomorphology – Basil Blackwell, New York 293. p.
- KERESZTYÉN J. (1991): Dagonyák fejlődéstörténete üledékeik vizsgálatával – Szakdolgozat, BDF, kézirat, Szombathely
- THOMAS T. M. (1954): Swallow holes on the Millstone Grit and Carboniferous Limestone of the South Wales Coalfield, – Geogr. J. **120**: 468-75.
- TRUDGILL, S. T. (1985): Limestone geomorphology – Longman, New York
- VERESS M. (1982): Adatok a Hárskúti-fennsík karsztmorfofenetikájához – Karszt és Barlang II. p. 71-82.
- VERESS M. (1995): Fosszilizálódott karsztos mélyedések és környezetük fejlődésének értelmezése – Karszt- és Barlangkutatás **X**: 225-235.
- VERESS M. (1999): Az Északi-Bakony fedett karsztja – A Bakony természettudományi kutatásának eredményei 23., Bakonyi Természettudományi Múzeum, Zirc, 167 p.
- VERESS M. (2004): A karszt – BDF, Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely 215 p.
- VERESS M. – FUTÓ J. (1990): Fedett, paleokarsztos térszíneken végbement lepusztulás kimutatása a Bakony-hegységben – Földtani Közlemények. **120**: 55-67.

A szerző címe (Author's address):

Dr. VERESS Márton
Berzsenyi Dániel Főiskola
H-9700 Szombathely, Károlyi
Gáspár tér 4. Pf. 170
vmarton@bdtf.hu