*KARSZTFEJLŐDÉS XIII.*
*Szombathely, 2008. pp. 151-166.*

# AZ ABALIGET – ORFŰI KARSZT KARSZTOS FELSZÍNFORMÁINAK VIZSGÁLATA TÉRINFORMATIKAI MÓDSZEREKKEL

LIPPMANN LÁSZLÓ – KISS KLAUDIA – MÓGA JÁNOS

ELTE Természetföldrajzi Tanszék 1117. Budapest, Pázmány P. sétány 1./C
lippmann.laszlo@gmail.com, kissklau7@gmail.com, jmoga@freemail.hu

***Abstract:*** *The karst of Abaliget – Orfű are rich in karst forms: it has many dolines, ponors, caves and gorges, too. It is a typical karst covered region: the significant part of its karstic bedrock is covered with several meters of pleistocene loess sediments. We used geoinformatic analyses to get to know the morphometric parameters of the most representative karst forms, the dolines, and the connection between dolines and structural, geological and relief conditions. We made three groups of the dolines with cluster analysis and collected the differences between them. Because the real doline density is higher than what is figured on the topographical map, we selected one sample area near Orfű. On this place we measured coordinates and the most important morphometric parameters of all dolines and compared the dolines by size.*

## 1. Bevezetés

A Nyugat-Mecsek mészkőterületének morfológiája sajátos megjelenésű a hazai karszttájak között: töbrökben nagyon gazdag, fedett karsztos térszín. E sajátosság ellenére nem áll igazán a hazai karsztkutatás fő látókörében. A terület töbrei és a térszín geomorfológiája közti kapcsolat alapos vizsgálatát Lovász György (*LOVÁSZ* 1971) és Czigány Szabolcs végezte el (*CZIGÁNY– LOVÁSZ* 2006). Átfogó, leíró mű Hevesi Attila nagydoktori értekezésében (*HEVESI* 2002) foglalja össze a Nyugati-Mecsek karsztos viszonyait, s a fejlődéstörténet magyarázatára is javaslatot tesz. Hoyk Edit kvantitatív vizsgálatában 65 db, a területre reprezentatív töbör morfometriai elemzését végezte el (*HOYK* 2002). További tanulmányok születtek a terület hidrogeológiájával és hidrogeográfiájával (*RÓNAKI* 2007*, BARTA-TARNAI* 2000), a morfológia térképészeti kérdéseivel (*ZENTAI* 2006*)*, valamint a vidék tájökológiai jellemzőivel (*HOYK – KEVEINÉ* 2002) kapcsolatban.

A Nyugati-Mecsek egy NY-K csapású antiklinális szerkezet, amelynek É-i része mintegy 30 km$^2$ nagyságú karsztterület (*HEVESI* 2002). Felépítését főleg a határdolomitra települt középső triász (anizusi-ladini), kezdetben vékonyréteges, majd pados, nagy vastagságban képződött, jól karsztosodó mészkövek jelentik (*CHIKÁN- CHIKÁNNÉ - KÓKAI* 1984). A terület javát D-ről É-ra vastagodó, néhol csak 1-2, de maximálisan 4-6 m vastag (*HEVESI* 2002) negyedidőszaki lösz fedi, amelyet a terepen vett minták alapján teljesen kilúgozottnak találtunk. A mészkőtérszín nem egységes,

hanem két felszínrészből áll, amelyek felszínalaktani alapja egy-egy hullámverési párkány (*LOVÁSZ* 1971, *HEVESI* 2001). Az alapkőzet csak kevés helyen bukkan a felszínre, az ezt fedő lösztakaró alól éppen csak kihantolódó terület nemönálló (allogén) karsztnak tekinthető (*HEVESI* 2001). A terület morfológiáját É-D, ÉNY-DK irányú, a nemkarsztos területek felől érkező völgyrendszerek szabják meg. A morfológia vonalak közötti platók térszínei töbrökben gazdagok.

## 2. Célkitűzés

Célunk a Ny-Mecsek egész karsztos területét lefedő geostatisztikai adatbázis készítése volt, amely a domborzati viszonyokon túl az összes töbröt és a szóba jöhető földtani adatokat is számba veszi. Az így kapott adatokból kvantitatív módon (térinformatikai-statisztikai kiértékeléssel) kívántuk megvizsgálni a töbrök és a domborzati/földtani viszonyok feltételezett kapcsolatát. Ezen kívül célunk volt a töbrök osztályozása, legjellemzőbb paramétereik alapján.

A teljes terület kiértékelésén túl két mintaterületet határoltunk le geomorfológiai, szerkezeti, valamint töbörsűrűségi adatok alapján. A térképi formák túlzottan generalizáltak, számos töbör lemarad vagy alakja helytelen, a légifotók felbontása alatt is számos töbör marad (*ZENTAI* 2006), így a térképi töbörsűrűségnél a valóság jóval nagyobb, legalább 50-150 db/km$^2$ (*HEVESI* 2002). Ezért az orfűi 1,9 km$^2$-es mintaterületen teljes terepi bejárással, GPS-es és kézi felméréssel igyekeztünk az összes dolinát felmérni. E terepi felvételezéssel sűrítettük az adatbázist, illetve megkaptuk a térképen csupán szimbólumszerűen jelölt töbrök valós paramétereit.

## 3. Vizsgálati módszerek és eredmények

A térképek, légifotók georeferálását ERDAS IMAGINE 9.1-es programmal végeztük. Térinformatikai vizsgálatokhoz (digitalizálás és kiértékelés) az ArcView GIS 3.3-as verziót és számos kiegészítőjét alkalmaztuk. A kapott adatok statisztikai kiértékeléséhez statisztikai szoftvereket (STATGRAPHICS Plus 5.0, Georient 9.2, R szoftver) használtunk fel.

## 4. Az adatnyeréshez felhasznált források

● EOV 1:10 000-es méretarányú topográfiai térkép (*EOV-14-113, 14-114, 14-131, 14-132*),

● 1:10 000 méretarányú tájfutótérképek (Abaliget, Orfű) (Baranya Megyei Tájfutó Szöv. 1997),
● a területre eső légifotók (1952, téli felvétel),
● 1:25000 méretarányú földtani térkép (*CHIKÁN-CHIKÁNNÉ- KÓKAI 1984*),
● Terepi felmérés: geodéziai GPS-szel felmértük a töbörközéppontok x,y,z koordinátáit, valamint peremükön körbemértük a 10 m-nél hosszabb tengelyű töbröket, így később ezeket az ArcView-ban alakhelyesen tudtuk megjeleníteni. Az ennél kisebb töbörkezdemények, rogyások hossztengelyét és legnagyobb szélességét, valamint valamennyi töbör mélységét mérőszalag (és kompassz) segítségével mértük le. A hossztengelyek irányítottságát geológiai kompasszal határoztuk meg.

## 5. A kapott adatkörnyezet

● Digitális domborzatmodell (DDM): a komplex morfometriai vizsgálatok alapja (az 1:10 000-es topográfiai térkép szintvonalai alapján Kriging interpolációval 10 méteres felbontásban).
● Töbörkataszter: 1277 töbör adatbázisa. Nagy részük a térképi ábrázolás során csak pontszerűen jeleníthető meg (pl. egy 10 m átmérőjű töbörkezdemény e térképen csupán 1mm lenne, ezért az ekkora és az ennél kisebb méretű töbrök csak szimbólumként jelölhetők a térképen). Ezért a térképi adatbázis alapján csak a záródó szintvonalakkal ábrázolt töbrök (468 db, 36,6%) méreteiről volt információnk. Ezeket a légifotók és a georeferált tájfutótérképek alakhelyesebb formáival korrigáltuk. Emellett az orfűi mintaterületen a teljes terep bejárásával GPS-es adatfelvételezés során plusz 266 db töbörrel sűrítettük adatbázisunkat. Ismert adatok: mélység, terület, tszf.-i magasság, irányítottság.
● A földtani térképről digitalizálással átvett szerkezeti vonalak, kőzettípus határok.

*I. táblázat*
*Table I.*

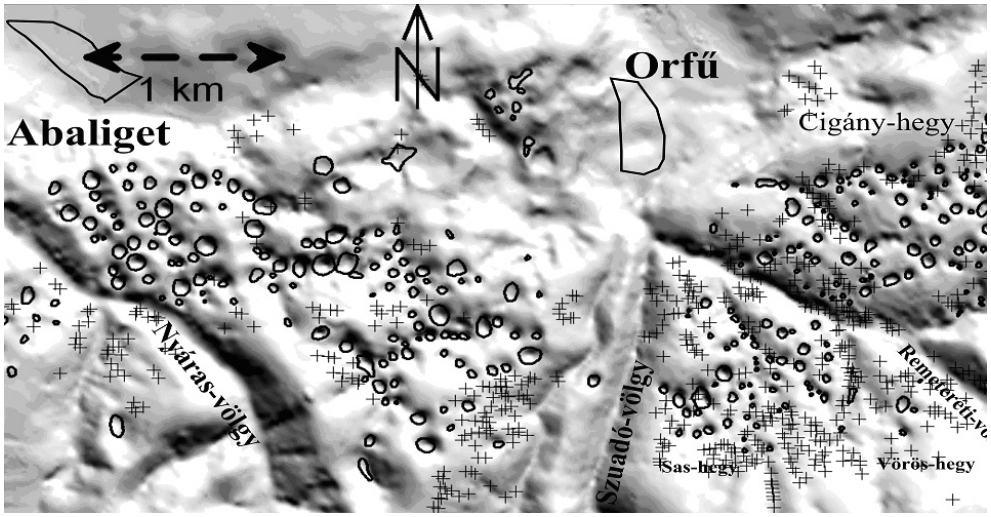
*táblázat. A felhasznált paraméterek és számításuk (TELBISZ* 2003 *nyomán)*
*Table 1. Used parameters and their calculation (according to TELBISZ* 2003*)*

| Paraméter | Számítás |
|---|---|
| Töbörsűrűség | *Töbörszám/Vizsgált terület* |
| Töbrösödési arány | *Összes töbörterület/Vizsgált terület* |
| Kerekítettség | $(4\pi*\text{Terület})/(\text{Kerület})^2$ |
| Körátmérő | $((4/\pi)*\text{Terület}))^{1/2}$ |
| Függőleges megnyúltság | *Körátmérő/Mélység* |
| Térfogat | *Terület*Mélység/2* |

Statisztikai vizsgálatainkban a *FORD-WILLIAMS* (1989) által kidolgozott kvantitatív módszereket használtuk fel, amelynek térinformatikai alapú bevezetésében és továbbfejlesztésében hazánkban *TELBISZ* (2003) járt élen. Az általunk is használt paraméterek számítási módszerét az *I. táblázatban* foglaljuk össze.

## 6. A töbrök jellemző méretei, alakja

A topográfiai térkép alapján a töbrök, töbörkezdemények zöme (1227 db) a Nyugati-Mecsek egy szűkebb, 22,7 km$^2$-es területű részén található (*1. ábra*).

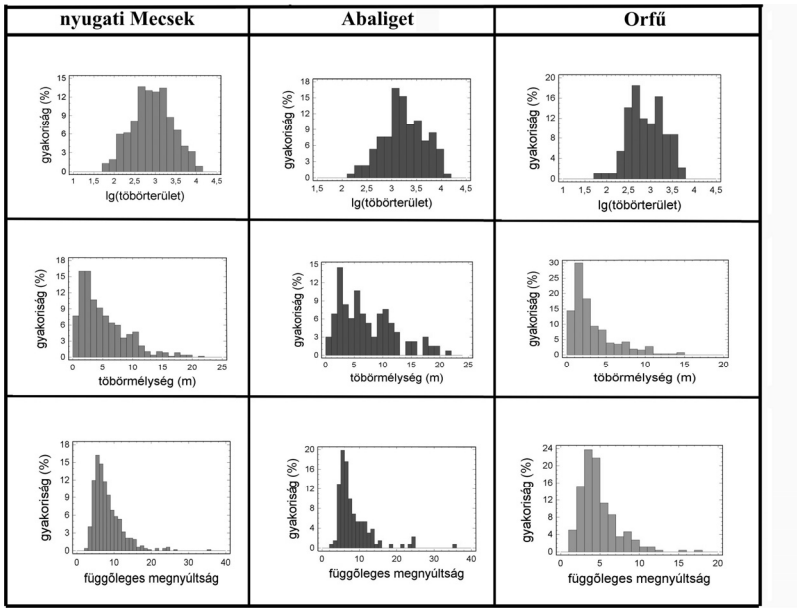



*1. ábra. Az Abaliget – Orfűi-karszt töbrei DDM-en*
*Figure 1. Dolines on the karst of Abaliget-Orfű*

A nagyszámú töbör ellenére a töbrös térszínek – éppen a töbrök kis méretéből adódóan - a területnek csupán 3,1%-át teszik ki. A két legnagyobb mértékben töbrösödött térszín az Abaligettől, illetve Orfűtől D-re elhelyezkedő mészkőtérszínek (6,83 ill. 5,96). A Szuadó- és a Remeteréti-völgy között magasodó platón sok az apró karsztos mélyedés, amelyek a Sas- és Vörös-hegy irányába felkapaszkodva - egy szerkezeti vonal mentén - hirtelen megszűnnek; a Zsidó-hegytől K-re pedig dolinákkal már csak elvétve, többnyire völgyekben találkozunk (pl. Nagy-Mély-völgy völgyrendszerének felső része).

A dolinák alapterületeinek gyakorisága a már más karsztos területeken is tapasztalt (*TELBISZ* 2003, *TELBISZ-MÓGA* 2005; *VALYON* 2005)

lognormális eloszlást mutatja (*2. ábra*). E paramétert – de általában a többi méret-jellemzőt (hossz, térfogat, mélység) tekintve is –, az Orfű környéki töbrök kisebbek az abaligetieknél. Utóbbiak némelyike már aggteleki- vagy bükki méretű (*HEVESI* 2002, *TELBISZ* 2003), ám összességében a mecseki töbrök területe jócskán elmarad más magyarországi karsztvidékek töbreitől.




*2. ábra. A töbrök területének, mélységének és függőleges megnyúltságának gyakorisági eloszlása*
*Figure 2. Frequency distribution of the areas, depth and vertical elongating*

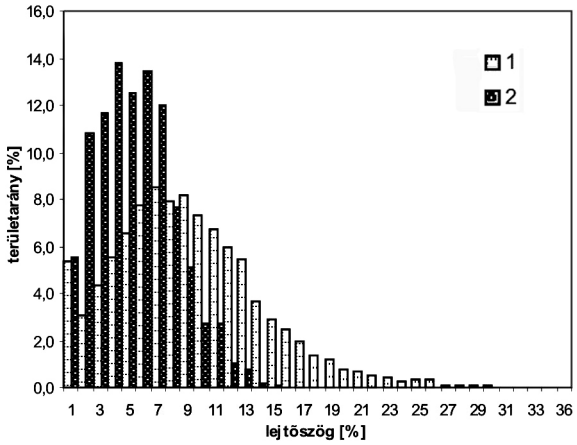
A töbrök mélysége átlagosan 5,5 m, azaz végeredményben mélységhez viszonyított hossztengelyük kicsi. Ez azt jelenti, hogy a dolinák függőlegesen elnyújtottak (pl. az aggteleki dolinaállománnyal összehasonlítva (*TELBISZ* 2003) átlagosan kétszer olyan jól). Ez a vízáteresztő löszös fedőüledékben kialakuló utánrogyásos formák bélyege, ugyanakkor a dolinák fiatal korát és azt is mutatja, hogy szélesedésük, tányérosodásuk még nem kezdődött el vagy kismértékű. Főleg igaz ez az orfűi terepi felvételezéssel nyert adatok esetén.

## 7. A töbrösödés és a domborzat kapcsolata

### *7.1. Lejtőszög*

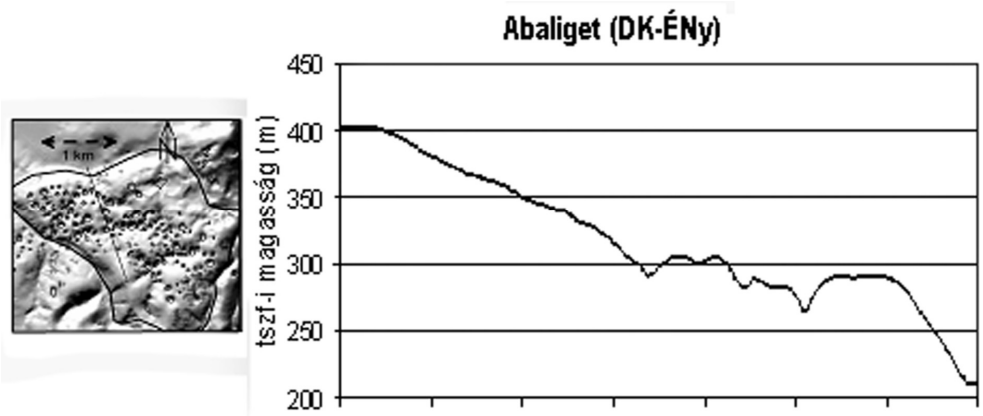
A domborzat és a töbrök kapcsolatát DDM, valamint az ebből levezetett lejtőszögtérkép alapján vizsgáltuk. Ennek alapján 6-9° a leggyakrabban elő-

forduló lejtőkategória, a töbrök pedig területüket tekintve legnagyobb arányban a 2-7°-os lejtésű térszíneken fordulnak elő; a 13°-nál meredekebb részeken dolinák kialakulása nem jellemző. A *3. ábrá*ról leolvasható az is, hogy a töbrösödési arány a 2-4°-os lejtőszög esetén legnagyobb.




*3. ábra. A teljes terület és a töbrös térszínek aránya az egyes lejtőszög-kategóriákban*
*Jelmagyarázat: 1. összterület, 2. töbrös területek*
*Figure 3. Proportion of total area and doline areas within slope categories*
*Legend: 1. total area, 2. doline areas*

## *7.2. Tengerszint feletti magasság*




*4. ábra. DK-ÉNY irányú szelvény az abaligeti platón keresztül*
*Figure 4. SE-NW cross section across Abaligeti-plateau*

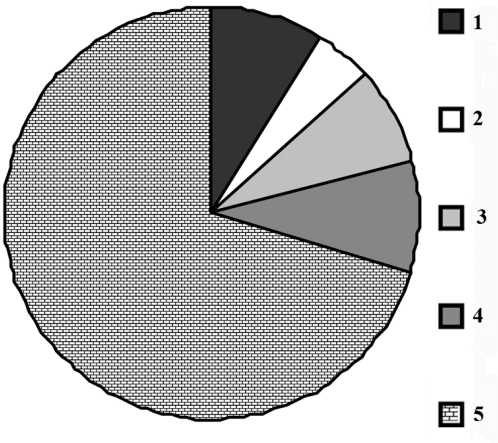
A dolinák peremmagassága 260-552 m között változik, többségük viszonylag szűk tartományban, 260-380 m között mélyül a felszínbe. Magasabb

tszf. magasságban töbrök inkább csak kisebb völgyekben fordulnak elő, illetve a Szuadó- és Remeteréti-völgy közötti hátban. Az abaligeti platón a *LOVÁSZ* (1971) által korábban említett abráziós színlők közül az alacsonyabb, pannon korún jól kimutatható: a dolinák zöme a 280-310 m magasságban foglal helyet. A DDM és egy, a területen átmenő É-D-i keresztszelvény alapján *(4. ábra*) a magasabb (360 m feletti) és idősebb, középső miocén mészkőtérszín is körvonalazható, ám sem a töbörszám, sem a töbrösödött területek alapján szerkesztett gyakorisági hisztogramon nem egyértelmű e szint megjelenése, mert itt a dolinák kevésbé gyakoriak és általában kisebb területűek, mint a pannon térszín töbrei.

## 8. A töbrök és a földtani viszonyok összefüggései

### *8.1. Kőzettípusok szerinti megoszlás*

A terület nagy részén az alapkőzet aprógumós mészkő. Ennek megfelelően a töbrök közel háromnegyed része e kőzeten alakult ki (*5. ábra)*.

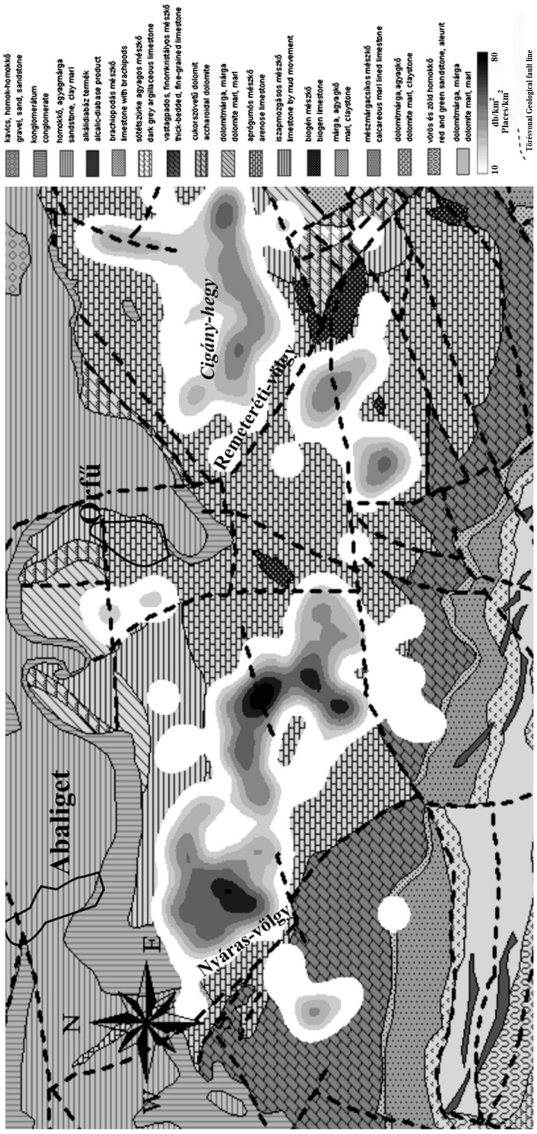



*5. ábra. A töbrök kőzettípus szerinti megoszlása*
*Jelmagyarázat: 1. egyéb, 2. sötétszürke agyagos mészkő, 3. iszapmozgásos mészkő, 4. vastagpados, finomkristályos mészkő, 5. aprógumós mészkő*
*Figure 5. Dolines according to rock type*
*Legend: 1. other, 2. dark grey argillaceous limestone, 3. limestone by mud movement, 4. thick-bedded, fine grained limestone, 5. arenose limestone*

#### *8.1.1. Töbörsűrűség-térkép és irányítottság-vizsgálatok*

A karsztos térszínen belül a legsűrűbben töbrösödött területeket sűrűségtérképek alapján azonosíthatjuk. A maximális töbörsűrűség függ az alkalmazott keresési sugártól (*TELBISZ* 2005). 250 m-es keresési sugárral, Kernel algoritmus alkalmazásával készítettük el a karsztterület töbörközéppontok-

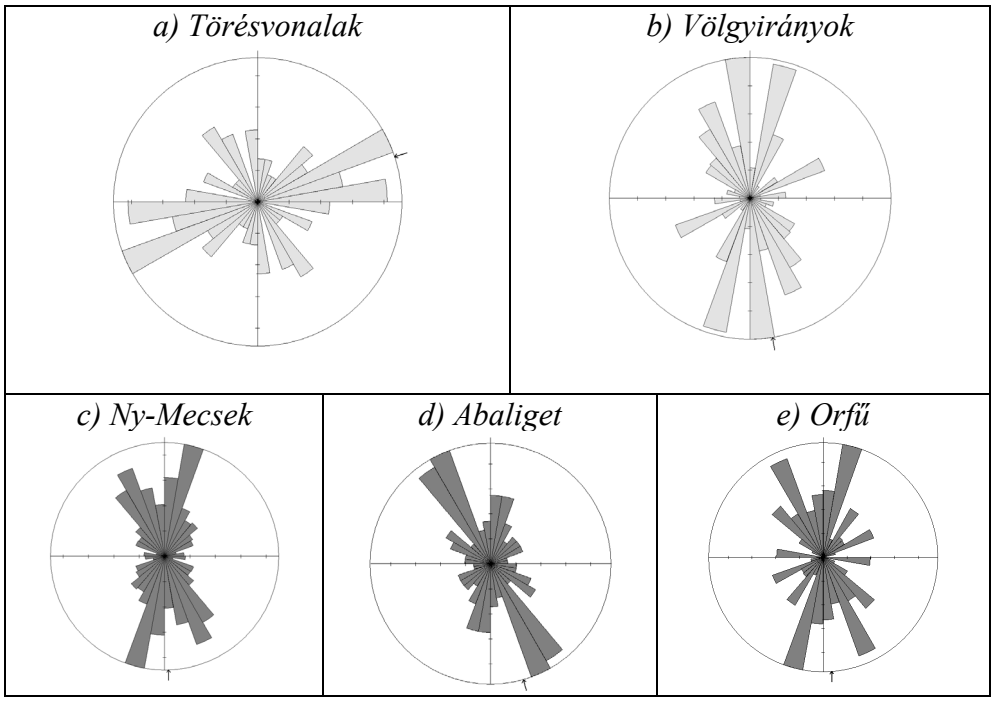
ból levezetett sűrűségtérképét. A vizsgálat során kizárólag az 1000 $m^2$-nél nagyobb területű töbrök középpontjait használtuk fel, mert ezek már elég méretesek ahhoz, hogy kialakulásukat szerkezeti vonalakhoz kössük. Esetünkben a sűrűbben töbrösödött területek a platós térszínek egy részét jelölik ki, amelyek völgyeket rejtenek, illetve a szerkezeti vonalak irányultságát jelezhetik (*6. ábra).*




*6. ábra. Töbörsűrűség-térkép a szerkezeti vonalakkal (keresési sugár: 250 m)*
*Jelmagyarázat:*
*Figure 6. Doline density map with the structural lines (search radius: 250 m)*

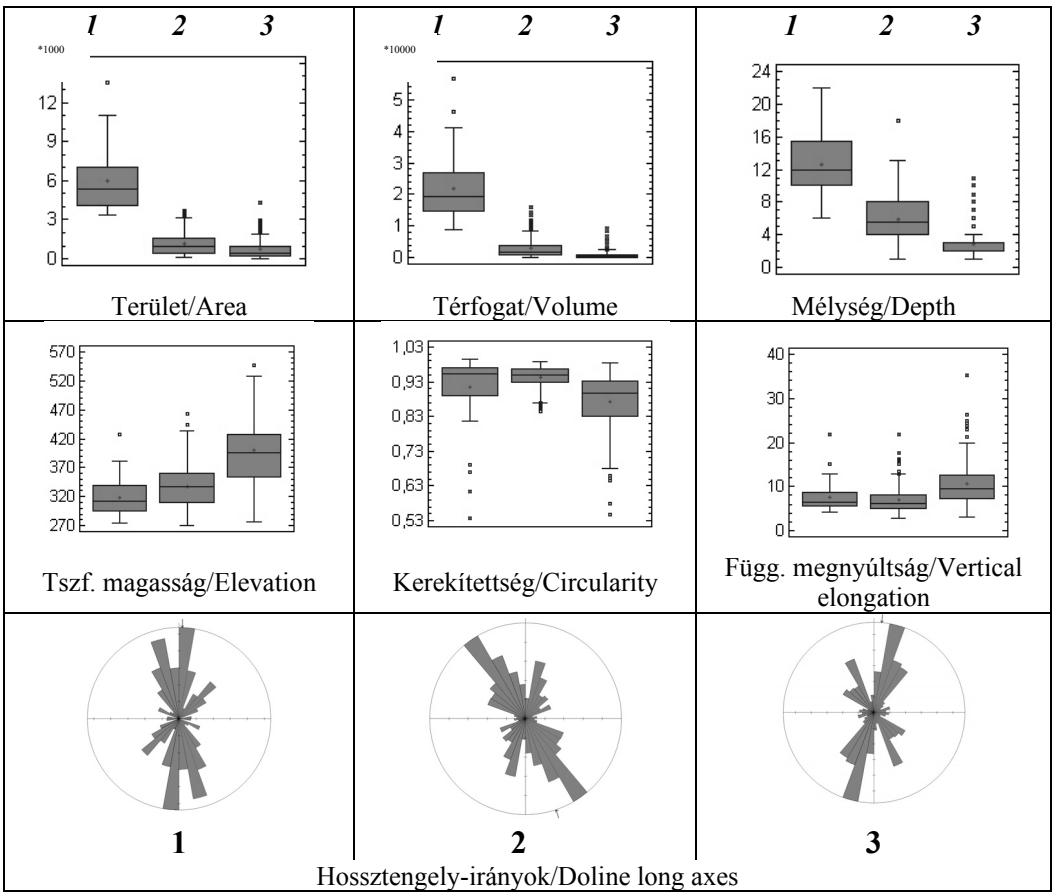
Ha a földtani térkép törésvonalainak irányítottságát megvizsgáljuk, könnyen azonosíthatunk egy NYDNY-KÉK-i irányt, amely az antiklinális szerkezet csapásirányához, illetve az egyes kőzetpásztákhoz igazodik. Ez a töbrök hossztengelyeiben nem mutatkozik meg (*7. ábra a, c*). A törésvonalak rózsadiagramján kevésbé markánsan megfigyelhető egy ÉNY-DK-i irány is, amely feltételezhetően szintén szerkezeti okokra vezethető vissza. Ugyanez az irány a völgyek esetében *(7. b)* - az É-D-i maximum mellett - másodmaximumot jelent, vagyis a töbörfejlődésre tulajdonképpen közvetetten, a völgyek szerkezeti irányait meghatározva lehet hatással.

Ha egy-egy részterületet külön vizsgálunk*(7. d, e)*, még egyértelműbb irányítottságokat fedezhetünk fel. Pl. az abaligeti töbrök erőteljesen ÉNY-DK irányban elnyújtottak. Ez az ÉNY-DK-i irányultság jellemző az orfűi töbrökre is, de ezen a területen az É-D-i völgyek hatása is erőteljesen jelentkezik.




*7. ábra. Törésvonal- és völgyirányok, valamint a töbör hossztengelyek alapján készített rózsadiagramok (lineáris skálán ábrázolva)*
Figure 7. Rose-diagrams of fracture lines and valley azimuths, comparison with doline long axes (on linear scale)

## 9. A töbrök csoportosítása meghatározó paramétereik alapján



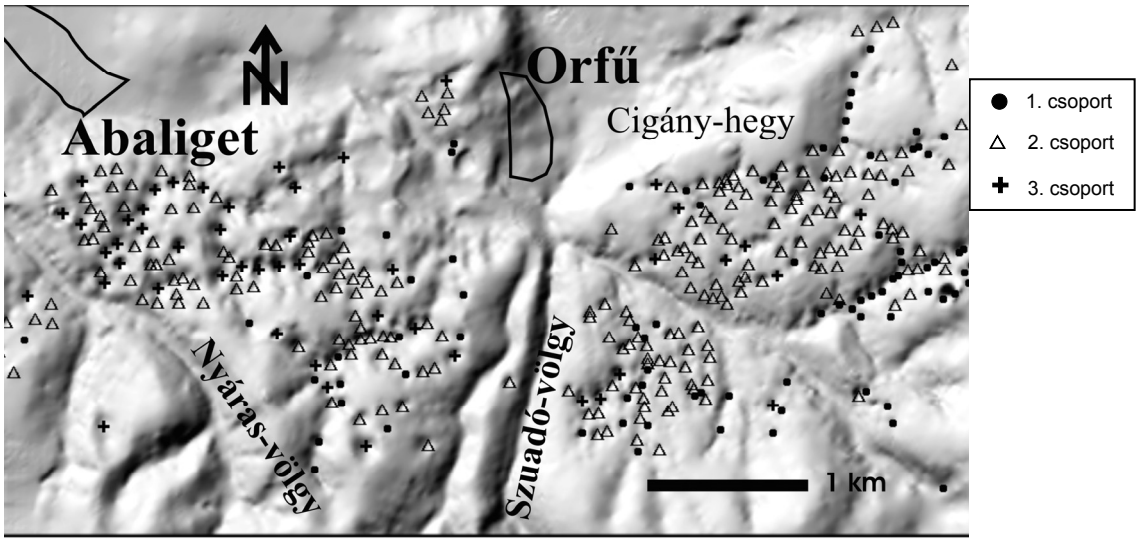

*8. ábra. A kapott töbörcsoportok paraméterei*
*Figure 8. Parameters of the doline groups*

Egy terület töbreit komplexebben tudjuk vizsgálni, ha több különböző töbörjellemzőt egyszerre veszünk figyelembe. Ezért a töbrök csoportosításához többváltozós analízist választottunk. Ennek során az R szoftver segítségével hierarchikus klaszterezéssel megkaptuk a várható csoportok számát, majd K-középpontú klaszterezéssel az egyes csoportokba tartozó töbröket. A klaszteranalízis során a töbrök legfontosabb paramétereit választottuk ki, ugyanakkor ügyeltünk arra, hogy lehetőség szerint olyan paramétereket válasszunk, amelyeket:

- nem közvetlenül egy-egy másikból számítottunk;

- a töbör nagyságát jellemző paraméterek (pl. terület, hossz, mélység, térfogat stb.) közül csak egyet választottunk, hiszen nem az volt a célunk, hogy kizárólag méret szerint osztályozzuk a vidék töbreit.

E szempontok figyelembevételével az alábbi töbörparamétereket választottuk ki: a töbör területe, hossztengelyének iránya, a töbörperem magassága, a töbör kerekítettsége, valamint a töbör függőleges megnyúltsága. A klaszteranalízis eredményeként legmarkánsabban három töbörcsoportot tudtunk elkülöníteni. A három csoport jellemző paraméterei közti különbségeket a *8. ábra,* a különböző csoportokba tartozó töbrök elhelyezkedését a *9. ábra* mutatja.




*9. ábra. A három csoport töbreinek elhelyezkedése*
*Figure 9. Location of the three clusters*

Ezek és a csoportokat legjobban reprezentáló doliná(k), ún. csoportközéppont(ok) (*II. táblázat*) alapján a következő megállapítások tehetők:

- Az 1. csoportba nagyméretű, kis-közepes függőleges megnyúltságú töbrök tartoznak. Alacsony tengerszint feletti magasságban (<330 m), többnyire az abaligeti terület fiatal abráziós felszínén helyezkednek el. É-D-i irányítottságuk a felszín É-ias kitettségével, (esetleg völgyiránnyal) hozható kapcsolatba. Viszonylag szabályos dolinák, ám a kerekítettség lefelé kiugró értékei alapján megállapítható, hogy vannak közöttük egymással összeolvadó dolinák, „*többrekeszű karsztbugyrok*" (*HEVESI* 2002).
- A 2. csoportba tartoznak a még nem összeoldódott, egyedi, jellemzően közepes méretű, vízszintes kiterjedésükhöz képest mély (kis függőleges

megnyúltságú), erősen kerekített dolinák. E jellemzők alapján valószínűleg a karsztosodás korábbi fázisában vannak, mint az 1. csoport képződményei, ami azonban nem feltétlenül jelenti azt, hogy fiatalabbak azoknál – csupán utóbbiak fejlődése lehetett gyorsabb, a karsztosodás eltérő feltételei miatt. Mivel ez a legnépesebb csoport, nem meglepő, hogy fő irányítottságuk a nyugat-mecseki dolinákra összességében is jellemző, szerkezeti vonalakhoz igazodó ÉNY-DK. A területen elszórtan megtalálható, jellemzően platókba mélyülő töbrök.

*II. táblázat*
*Table II.*

*A csoportközéppontok legfontosabb paraméterei*
*The most important parameters of the group centers*

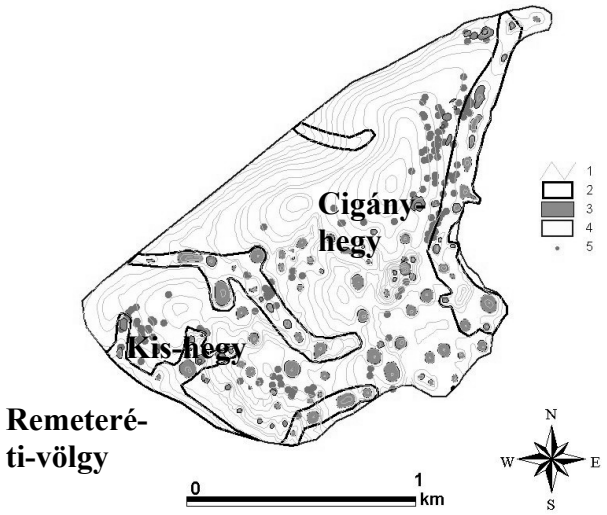
| ***Csoport*** | **1** | **2** | **3** |
|---|---|---|---|
| *Elemszám (db)* | 52 (11,1%) | 246 (52,6%) | 170 (36,3%) |
| *Csoportkp. azonosító* | 1 | 28 | 418 |
| *Terület ($m^2$)* | 5272 | 1300 | 327 |
| *Azimut (°)* | 117 | 107 | 71,8 |
| *Peremmagasság (m)* | 310 | 338 | 400 |
| *Mélység (m)* | 11 | 6 | 2 |
| *Kerekítettség (-)* | 0,93 | 0,95 | 0,88 |
| *Függ. Megnyúltság (-)* | 7,45 | 6,78 | 10,2 |

- A 3. csoportba – néhány kivétellel - kis méretű, nagy függőleges megnyúltságú, nagyobb tszf. magasságú töbrök kerültek. A 170 db töbör több mint fele – a völgyi töbrök közé tartozik, ami irányítottságukban is megmutatkozik. Nagy függőleges megnyúltságuk (körátmérőjükhöz képest sekély mélységük) is ezzel magyarázható. Kisebb kerekítettségük pedig völgyirányban való vízszintes megnyúltságukból adódik. A karsztterület jobban szabdalt, magasabb (>400 m) melegmányi részén jellemzőek leginkább.

## 10. Az orfűi mintaterület töbrei

A mintaterületet a kőzettani viszonyok, szerkezeti vonalak, a domborzati és töbörsűrűségi térkép alapján határoltuk le (*10. ábra*). A légifelvételek alapján és a terepi vizsgálatok során kiderült, hogy a kisméretű karsztos mélyedések a valóságban a topográfiai térképen jelölteknél jóval nagyobb szám-

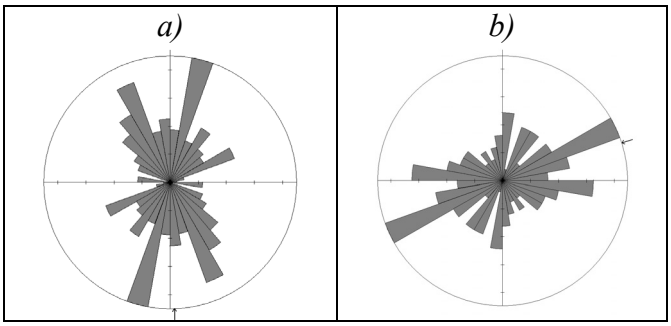
ban vannak jelen (a töbörsűrűség értéke az összes töbröt figyelembe véve – közel 2 $km^2$-es területünkön - 164 db/$km^2$.). Legnagyobb sűrűségben a nagyobb völgyek (Remeteréti-völgy, Cigány- és Zsidó-hegy között mélyülő völgy) oldallejtőin, azon belül is a völgytalpak közelében jelennek meg, a tetőszinteken gyakoriságuk kisebb. Az Orfű felé leszakadó meredek lejtőkön nem találhatóak meg.




*10. ábra. Az orfűi mintaterület töbrei*
*Jelmagyarázat: 1-szintvonal, 2-völgyek, 3-nagyméretű töbrök, 4-a mintaterület határa, 5-töbörkezdemények*
*Figure 10. Dolines of the sample area*
*Legend: 1-contour lines, 2-valleys, 3-great dolines, 4-border of the sample area, 5-small dolines*

Ezek a többnyire oldallejtőkbe mélyülő töbörkezdemények kis méretűek. 81%-uk területe 50 $m^2$ alatt marad, hosszabbik tengelyük a legtöbb esetben nem éri el a 10 m-t sem, mélységük leggyakrabban 1-2 m. Függőleges megnyúltságuk kicsi, ami fiatal korukat mutatja. Megjelenhetnek a nagyméretű töbrök peremén, oldalában kisebb fiókmélyedésekként, de azoktól távolabb, elszórtan is, mint pl. a Cigány-hegy DK-i lejtőjén. Ezek a kis töbörkezdemények a kilúgzott, vízáteresztő löszös fedőüledék tömörödésével és rogyásával jöhetnek létre (*VERESS* 1999, *HEVESI* 2002). Ezek között előfordulhatnak olyanok is, amelyek alja eléri a mészkövet – a terepi mérések során meglepően sok olyan kisméretű töbörrel találkoztunk, amelyekhez több, általában három irányból is kis mélységű hosszanti vízbevezető mélyedések futnak és/vagy aljuk víznyelőben végződött. Terepi megfigyeléseink szerint e kis töbörkezdemények a legtöbbször lejtőirányban

megnyúltak, ennek igazolására vagy elvetésére megvizsgáltuk a területen található összes töbör megnyúltsági irányát: a töbrök méret szerinti szétválogatása után a 100 $m^2$-nél nagyobb, topográfiai térképen is poligonként megjelenő töbrök esetén egy É-D és egy ÉNY-DK irányú maximum volt megfigyelhető, amelyet szerkezeti irányokhoz, valamint egy, a mintaterületet K-en átszelő völgy irányához köthetünk. A kisméretű mélyedések KÉK-i illetve NYDNY-i irányítottságát a Cigány-hegy és a Kis-hegy hasonló lejtőirányai hozták létre (*11. ábra*).




*11. ábra. Töbör-hossztengelyek irányítottsága a mintaterület különböző méretű töbreire: a) töbörterület > 100 $m^2$ , b) töbörterület < 100 $m^2$*
*Figure 11. Rose diagrams of doline long axes to the different doline sizes on the sample area: a) doline area > 100 $m^2$ , b) doline area < 100 $m^2$*

## 11. Következtetések

Az Abaliget-Orfűi-karszt dolináinak térinformatikai analízise alapján az alábbi következtetéseket tehetjük:
- A dolinák függőleges megnyúltsága kisebb, mint más magyarországi karsztterületeken, ami a töbrök fiatal korát mutatja.
- A töbrösödési arány a 2-4°-os lejtésű, alacsony (280-310 m) tszf. magasságú fiatalabb hullámverési párkányon a legnagyobb. Az idősebb középső miocén felszín töbörmorfometriai módszerekkel nem mutatható ki egyértelműen. A töbrök legnagyobb részének előfordulása az aprógumós mészkőhöz köthető. Irányítottságukat leginkább a szerkezeti vonalak és a völgyhálózat iránya határozza meg.
- Klaszteranalízis alapján a töbröket 3 csoportra bontottuk, amelyeket később finomítani, továbbosztályozni szeretnénk. Mindehhez további terepi és térinformatikai vizsgálatok szükségesek.
- Az orfűi mintaterület kis töbörkezdeményei nemcsak méreteikben, hanem irányítottságukban is különböznek a topográfiai térképen ábrázolt dolinák-

tól: utóbbiaké a völgy- és szerkezeti irányokhoz, a kisebb berogyásoké zömében a lejtőirányhoz köthető.

## IRODALOM

*BARTA K.–TARNAI T.(1997):* Karsztkutatás az orfűi Vízfő-forrás vízgyűjtő területén. - Karszt és Barlang 1997. I-II., p. 12-19.

*CHIKÁN G.–CHIKÁN G.-NÉ–KÓKAI A.* (1984): A Nyugati-Mecsek földtani térképe 1:25000. - A Magyarhoni Földtani Társulat Dél-dunántúli Területi Szervezetének 25 éves fennállása alkalmából kiadta a Magyar Állami Földtani Hivatal, Budapest

*CZIGÁNY SZ.-LOVÁSZ GY.* (2006): A mecseki karszt térképezésének újabb eredményei – A Pécsi Tudományegyetem Földrajzi Intézetének Természetföldrajzi Tanszékéről 28., p. 3-14, Pécs

*FORD, D.–WILLIAMS, P.* (1989): Karst Geomorfology and Hydrology – Unwin Hyman Ltd., London

*HEVESI A.* (2002): A magyarországi karsztok fejlődéstörténet és formakincs szerinti csoportosítása; Az aggteleki karsztok formakincse – Nagydoktori értekezés, Miskolc 145 p.

*HOYK E.* (2002): A Nyugat-Mecseki karszt dolináinak morfometriai vizsgálata – Karsztfejlődés VII. BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely, p. 161-171.

*HOYK E. – KEVEINÉ BÁRÁNY I.* (2000): Tájökológiai szempontú vegetációelemzés a nyugat-mecseki karszton – Karsztfejlődés V. BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely p. 47-55.

*LOVÁSZ GY.* (1971): Adatok az Abaligeti karszt geomorfológiai és hidrológiai jellemzéséhez – Földrajzi Közlemények p. 283-296.

*RÓNAKY L.* (2007): A Mecseki-karszton történt víznyomjelzések áttekintése – Karsztfejlődés XII. BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely p. 91-103.

*R DEVELOPMENT CORE TEAM* (2005): R: A language and environment for statistical computing. – R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0. URL http://www.R-project.org.

*TELBISZ T.* (2003): Karsztos felszínfejlődés és beszivárgás matematikai modellezése – PhD-értekezés, ELTE, Természetföldrajzi Tanszék, Budapest 127 p.

*TELBISZ T. – MÓGA J.* (2005): Töbör morfometriai elemzések a Szilicei-fennsík középső részén – Karsztfejlődés X. BDF Természetföldrajzi Tanszék, Szombathely p. 245-265.

*VALYON N. (2005)*: Geomorfológiai elemzések a Bükk digitális domborzatmodellje alapján – Szakdolgozat, ELTE Természetföldrajzi Tanszék, Budapest, Kézirat
*VERESS M*. (1999): Az Északi-Bakony fedett karsztja. – A Bakonyi Természettudományi Múzeum Kut. Eredményei 23., Bakonyi Természettudományi Múzeum, Zirc. 167 p..
*ZENTAI L.* (2006): Karsztterepek ábrázolása a magyar topográfiai térképeken – In: Táj, környezet és társadalom, Ünnepi tanulmányok Keveiné Bárány Ilona professzor asszony tiszteletére - SZTE Éghajlattani és Tájföldrajzi Tanszék, Természeti Földrajzi és Geoinformatikai Tanszék, Szeged p. 775-782.