

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM

TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR

FÖLDRAJZ- ÉS FÖLDTUDOMÁNYI INTÉZET

TERMÉSZETFÖLDRAJZI TANSZÉK

**A Királyerdő-hegység töbreinek térinformatikai
vizsgálata**

CSERNÁTONI ATTILA OLIVÉR

Geográfus

Környezetföldrajzi szakirány

Témavezető:

DR. TELBISZ TAMÁS

EGYETEMI ADJUNKTUS



Budapest, 2012

Tartalomjegyzék

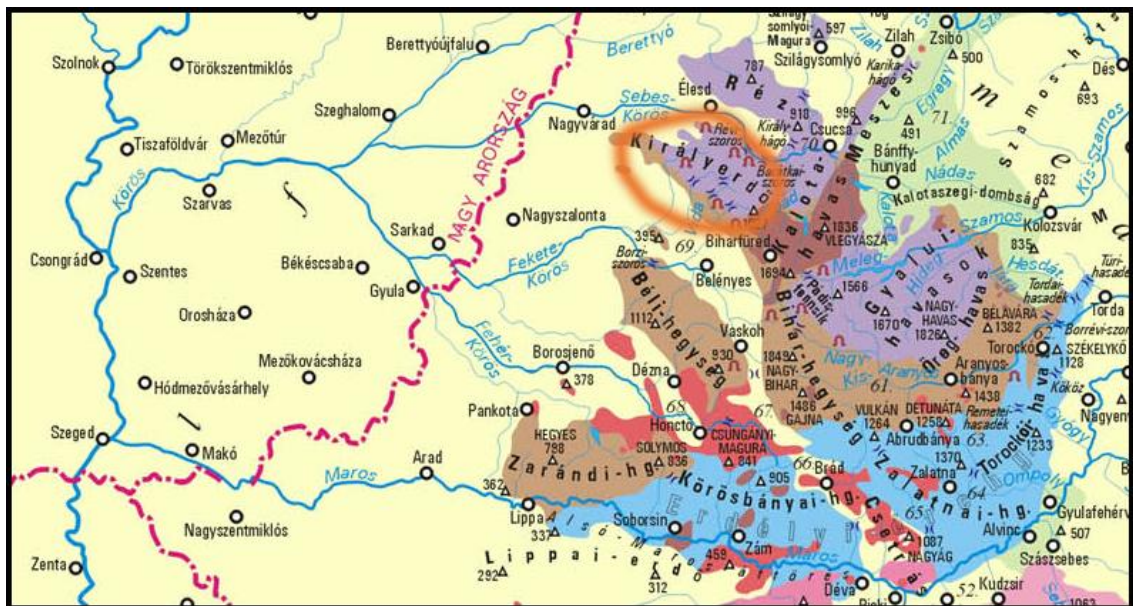
1. Bevezetés	2
2. Karsztfejlődés	3
2.1. Kialakulás.....	3
2.2. Kutatástörténeti áttekintés	3
3. Királyerdő-hegység	5
3.1. Általános bemutatás	5
3.2. Földtani felépítés	6
3.3. Domborzat.....	6
3.4. Vízrajz	6
3.5. Felosztás	7
3.6. A Királyerdő-hegység karsztos formakincse	8
3.6.1. Mélységi karsztformák:barlangok	8
3.6.2. Felszíni karsztformák.....	8
4. A vizsgálati módszer	12
4.1. Munkafolyamat	12
4.2. Töbrökarakterisztikák	12
5. Adatok elemzése.....	15
5.1. A térképi megjelenítéséből levonható következtetések	15
5.2. A töbrőjellemzők statisztikai vizsgálata.....	23
5.2.1. Térképi töbrök.....	23
5.2.2. Terepen felmért töbrök	25
5.2.3. A térképi és a terepi eredmények összehasonlítása	27
5.2.4. Következtetések	31
6. Összefoglalás	32
7. Irodalomjegyzék	34

1. Bevezetés

A térinformatikai alkalmazások elsajátítása egyre nagyobb fontossággal bír napjainkban. Ez az a plusz, amit az elmúlt évszázadok alatt kialakult és jól körülírt földrajzi vizsgálati módszerekhez adalékként hozzáadhatunk, hogy új irányokat fedezzünk fel, új vizsgálati módszereket dolgozzunk ki a régi, jól bevált módszerek mellé. Ez a tényező segíthet gyors, pontos, átfogó elemzések elvégzésében a geográfia szinte minden területén.

E dolgozat a térinformatikának a geomorfológiai kutatásokban, azon belül is a karsztos felszínformák kutatásában használható alkalmazásait igyekszik bemutatni, konkrét példán keresztül. A vizsgálat tárgyát az Erdélyi-szigethegység északnyugati részén elterülő Királyerdő-hegység képezi (1 ábra), melynek karsztfennsíkja ideális töbörmorfológiai és -morfometriai vizsgálatokra.

A cél e hegység természetföldrajzi bemutatása, felszínformái közötti kapcsolatok felkutatása és felszínfejlődésével kapcsolatos következtetések levonása.



1. ábra: Királyerdő-hegység elhelyezkedése (KARÁTSZON D. et al., 1997)

2. Karsztfejlődés

A karsztterületek jellegzetes formakincse – a mészkő oldhatóságából kifolyólag – leginkább negatív formaként jelenik meg a felszínen. Kialakulásukkal a karsztmorfogenetika, alaktani jellemzésükkel a karsztgeomorfológia foglalkozik. Látványos formák kialakulhatnak mind a felszínen, mind pedig a felszín alatt (ZÁMBÓ L., 1998).

2.1. Kialakulás

A karsztosodás folyamatához néhány alapfeltételnek kell teljesülnie:

- kevés oldhatatlan mállásterméket tartalmazó, jól oldódó kőzet előfordulása;
- víz jelenléte, mely egyrészt oldószerként, másrészt szállítóeszközként vesz részt a folyamatban;
- megfelelő repedéshálózat, melyen keresztül a víz átfolyhat a rendszeren, illetve ezáltal a felület is nagyobb lesz, ahol kifejezheti hatását.

A karsztok kialakulásával, tudományos alapokon nyugvó kutatásának módszerével másfél évszázada foglalkoznak, és Magyarországon is immár egy évszázada folynak ilyen jellegű vizsgálatok (a magyar karszt- és barlangkutatás szakmai szervezete 1910-ben alakult [www.barlang.hu]). Napjainkban a leginkább elfogadott nézet szerint a karsztosodást két alrendszer (egy hidrológiai és egy geokémiai) együttműködéseként foghatjuk fel, melyet pontosabb meghatározással karsztökológiai rendszernek hívhatunk (ZÁMBÓ L., 1998; KEVEINÉ, 2011).

2.2. Kutatástörténeti áttekintés

A témában írt tanulmányok óriási száma miatt, lehetetlenség minden ide vonatkozó adatot felsorolni, ám néhány fontos tanulmányon keresztül szemléltethető, hogyan alakultak ki és mire lehet használni ezeket a kutatásokat.

A karszton fellelhető változatos formakincs elemei közül többek közt a dolinák azok, melyek igen nagy érdeklődésre tartanak számot a kutatók részéről. A vizsgálati módszer kidolgozásához a geográfusok is, más tudományterületekhez hasonlóan, interdiszciplináris segítséget vettek igénybe: az 1950-es években Clark és Evans által,

populációdinamikai vizsgálatokhoz használt legközelebbi szomszéd mutatót vették át, töböreloszlás vizsgálatokra alkalmazva. Ezt elsőként WILLIAMS, P. (1972) vezette be a karsztkutatásban, aki kvantitatív irányba terelte a morfológiai vizsgálatokat, nagyszámú új-guineai méréseit felhasználva. Munkájában a töbör alakjának és elhelyezkedésének, valamint a szerkezeti vonalak és topográfia közötti összefüggésekre mutatott rá.

Kvantitatív számításokat, statisztikai elemzéseket a WHITE E. L. – WHITE B. (1979) szerzőpáros is végzett több esetben, de az amerikai geográfusok (KEMMERLY, P. R., 1982; HYATT et al., 1996) egyébként is sokat tettek hozzá a módszerek kidolgozásához. Az eloszlási és ezzel együtt a szomszédsági viszonyok vizsgálatával számos térségben foglalkoztak az Egyesült Államok karsztos területein. Fontos megemlíteni, hogy a szerzők egyes kutatásait az ezredforduló után tovább vizsgálták modern térképszerkesztő szoftverek segítségével (FLOREA, L. J., 2002). Ezzel bizonyosságot nyert, hogy a térinformatika hatalmas előnyökhöz juttatja a kíváncsi karsztkutatót: különböző tudományterületek módszereit és eredményeit vonhatjuk be vizsgálatainkba, elemezhetünk egyszerre GPS-mérési adatokat, űrfelvételeket, digitális domborzatmodelleket és számos térképet, adatot, mutatót vezethetünk le viszonylag egyszerűen (SIART CH. et al., 2009, 2010).

A karsztos területeken zajló folyamatok ismerete életbevágó is lehet, hisz a társadalom mindennapi életét befolyásoló, káros események is elkerülhetők ezáltal. Egy ilyen vizsgálat volt 25.157 töbör morfometriai elemzése Északnyugat-Floridában, ahol sűrűn lakott karsztos területek találhatók és az ilyen helyeken hatalmas veszélyt jelenthetnek a beszakadásos formák. Ezért is fontos ezen területek lehatárolása (DENIZMAN, C., 2003).

Ehhez hasonló vizsgálatot végzett HYATT et al. (1996), megfigyelve, hogy egy hatalmas áradás után hátrahagyott nagyszámú beszakadásos mélyedés elhelyezkedése sokszor a fő szerkezeti vonalakhoz kötött, méreteik kicsik és lognormális eloszlást mutatnak. Ez azért fontos, mert ezek statisztikailag jellemző tulajdonságok a karsztokon, így az ilyen típusú területeken használhatók a különböző vizsgálatokban.

Magyarországon TELBISZ T. (2001, 2003) végzett töbörmorfológiai és –morfometriai méréseket az Aggteleki karszton és ezeket térinformatikai szoftverekkel értékelte ki.

3. Királyerdő-hegység

3.1. Általános bemutatás

A hegységnek mind geológiáját, mind geomorfológiáját a mészkő jelenléte határozza meg. Az Erdélyi-szigethegység durván 1050 km²-nyi mészkőfelszínéből 425 km² a bemutatandó területen található. A mészkő vastagságának és a hosszas fejlődésnek köszönhetően az egész hegységet átszövik a barlangrendszerek, és folyamatosan egyre több barlangot és zsombolyt tárnak fel.

Karsztfennsíkja a második legnagyobb kiterjedésű Romániában, átlagosan 600 – 800 méteres tengerszint feletti magasságban húzódik. Elhelyezkedését tekintve az Erdélyi-szigethegység északnyugati részén található, határai szinte minden égtáj felé jól követhetők.

Megjelenéséről általában elmondható, hogy nem túl magas, lekerekített csúcsokkal büszkélkedő középhegység, fennsíki részén töbrökkel tarkított, hepe-hupás felszínnel (2. ábra).



2. ábra: Töbrök Királyerdő fennsíki részén

3.2. Földtani felépítés

A hegység főtömegét a paleozoikum végén és végig a mezozoikum során felhalmozódott üledékek adják. Így vastagságuk meghaladhatja a 3500 métert (ONAC, B. et al., 2002). Ezek különböző környezetben rakódtak le, először szárazföldi vagy sekélytengeri viszonyok között (homokkő, agyagpala), majd ezekre később karbonátos kőzetek települtek (dolomit, mészkő; RUSU, T., 1988, ONAC, B., 2002). Ez a Bihari Karbonátplatform, melynek határai északon és keleten a Mecsek-Szolnoki egységen, délen a Kodru-egységen futnak, és a paleozoós alaphegységen (gránit) fekszik, mely a Bihari autochton és a Kodru-takarórendszer része (POSEA, G., 2002; DRAGASTAN, O. et al., 2009).

3.3. Domborzat

A Királyerdő-hegység domborzatára nyugat-északnyugat felé alacsonyodó „hátak” jellemzők, melyek a hosszú időn át tartó lepusztulásnak, a mészkő kioldódásának köszönhetően fennsík-jelleget kölcsönöznek a tájnak. Ez meg is határozza a hegység legmagasabb csúcsainak elhelyezkedését: délkeleten emelkedik néhány szerény csúcs, az ezer méter tengerszintfeletti magasságot alig meghaladó értékekkel (legmagasabb a Holdringató, 1027 m). A központi, fennsíki részen már a 800 métert is alig éri el a hegység, míg nyugaton csak 400 méteres magasságig emelkedik (SZÁSZ P. Zs., 2001).

3.4. Vízrajz

A Királyerdő északi és a déli határát képező Sebes- és Fekete-Körös vízrajzi szempontból erőteljes hatást fejt ki a hegységre, két részre osztva azt: a vízfolyások kisebb hányada, mintegy 40%-a az előbbibe, 60%-a pedig az utóbbiba ömlik. Mindazonáltal a vízválasztó itt nem egy egységes, kiemelkedő vonulat, hanem a kis fennsíki egységek között kanyarogva fut a választóvonal – épp a karszt jellegéből adódóan, a vízfolyások hol dél, hol észak felé találhatnak maguknak egy repedést, oldanak ki egy szurdokvölgyet vagy barlangot.

A hegység belső területein a kiterjedt karsztvidéknek köszönhetően a felszínen ma kevés folyóvizet találunk, azokat is leginkább mély szurdokokban, viszont annál többet a felszín alatt, melyeknek fontos szerep jut a környező települések vízellátásában is.

3.5. *Felosztás*

Tektonikai szempontból a hegységet négy nagyobb fennsíki területre osztják. Jelentősebb egységei: a Remete árkos vetődése, a Cărmăzan sasbérce vagy a központi részekben a Révtízhatár és Tomnatek körüli térségek. A szépen elkülönülő részek inkább csak a központi és északi területeken figyelhetők meg, viszont dél – dél-kelet felé a tektonikai felépítés olyannyira bonyolódik, hogy nehéz lenne egyértelmű felosztást találni. A topográfiai, vagy település-földrajzi nevezéktan is hasonló, tehát a vető környékét és az itt található települést Remetének, a sasbérc körüli területet pedig Cărmăzan-nak nevezik a térképek és a köznyelv is (sajnos nincs vagy a szakirodalomban nem lelhető fel magyar elnevezés mindegyik egységre).

Fennsíkjának négy nagyobb egysége:

- a) Tízfalusi karsztfennsík: 54 km²-ével ez a legkiterjedtebb, 650 m az átlagos tengerszintfeletti magassága. A RUSU T. és egyéb geográfusok által a Királyerdő-hegységben beazonosított két eróziós felszín egyikének a maradványait jelképezi (POSEA, G., 1977, 2002; RUSU, T., 1988; COCEAN, P., 1988; MÓGA J., 2004)¹;
- b) Erdődámosi-karsztfennsík: második legnagyobb, 31 km² területű, 500 m átlagos magasságú;
- c) Igrici-fennsík: a következő a sorban, területe 11 km² és átlagosan 350 m-en fekszik;
- d) Runc-fennsík: 7 km² területű és 550 m átlagos tengerszint feletti magasságban húzódik.

¹Fărcașa és Mărișel a nevük. Az első oligocén korú, a második középső-miocén. A nevezéktannal kapcsolatban vannak átfedések, mert sok kárpáti régióban más-más neveket adtak e szinteknek a kutatók. Ezek egységesítését kísérlik meg a fent említett geográfusok a teljes romániai területre. Javaslatuk szerint például a Királyerdő második denudációs felszínének magasságában lévő területeket a Szigethegységben mindenhol Mărișel I-nek neveznék.

Ezekén kívül még két-három kisebb egységet is megkülönböztetnek a fennsíki részen (ONAC, B., 2002).

3.6. A Királyerdő-hegység karsztos formakincse

A mészkő kiterjedt és vastag rétegekben való megjelenésének köszönhetően a hegységben mind a felszín alatti, mind pedig a felszíni karsztos formák szép számmal előfordulnak.

3.6.1. Mélységi karsztformák: barlangok

Érdekes megállapításokra juthatunk a Királyerdő-hegység barlangjait vizsgálva. Például szám szerint tekintve a legtöbb barlang felső-jura rétegekben alakult ki, ugyanakkor ez a barlangok összhossza szempontjából nem jelent első helyet, ugyanis a triász rétegekben kialakult barlangok jóval hosszabbak. A látszólagos ellentmondást a Szelek-barlangja oldja fel, hisz triász mészkőben alakult ki és járatainak 50 kilométeres hosszával igen sokat nyom a latban. A kréta szintben kialakult barlangok száma körülbelül a felét teszi ki a jura szintben találhatóknak.

A barlangok négy-ötöde a fennsíkok fő szintjében és azok közelében található (300-700 m között). Ezeket a román kollégák, több mint háromszáz barlang-térkép és a szakirodalmi adatok átvizsgálása után, öt különböző típusba csoportosították aszerint, hogy milyen módon jelennek meg a barlangjáratok: lineáris, ortogonális, dendrites, labirintusszerű és lyukacsos rendszerek (ONAC, B., 2002).

Számos kutatás folyt keletkezésükkel kapcsolatban is. A legjobban vizsgálható területek a mély szurdokvölgyek. Az oldalukban megfigyelhető barlangok bejáratainak hasonló magassága lehetővé teszi a völgyfejlődésnek és egyben a karsztosodás szintjeinek rekonstrukcióját.

3.6.2. Felszíni karsztformák

Típusukat tekintve a karsztfennsíkok a merokarsztok (ahol a mészkő vízzáró rétegekkel váltakozva települt) vagy fluviokarsztok (fedett karszt átöröklődött vízhálózattal és azok által kivésott barlangokkal) csoportjába tartozik. Ez olyan

területekre jellemző, ahol a karsztosodó kőzetek más fajta kőzetekkel keverten fordulnak elő (ONAC, B., 2002; VERESS M., 2004). Ez a feltétel – mind a szakirodalmat, mint a hegység geológiai térképét vizsgálva – teljesül a területre.

3.6.2.1. Víznyelős komplex völgyek, karsztforrások, töbrök, uvalák

Általában völgyekben, azok folyásirány szerinti végpontján, valamint karsztosodó és nem karsztosodó kőzetek találkozásánál jelennek meg a víznyelők, ezek száma százas nagyságrendű. Korukat tekintve három különböző időszakban keletkeztek: pliocénben, pleisztocénben és holocénben. Karsztforrásokból 155-t tartanak jelenleg számon. (ONAC, B., 2002).

A számokból sejthető hogy nem ezek, hanem a töbrök a legelterjedtebb és legjellegzetesebb formák a Királyerdő karsztfennsíkján. A topográfiai térképről 2338 darabot sikerült ezekből bedigitalizálni. Ehhez meg kell jegyezni, hogy a valóságban annál, amit a térkép méretaránya észlelni enged, jelentősen több töbrő található a hegységben. Töbrősrűség tekintetében a román kollégák 60 db/km^2 feletti értékeket mértek – ez a későbbiekben összevethető lesz az általam mért adatokkal.

A fennsíkok dolinái jól fejlettek, az általunk bejárt és felmért töbrök közül számos forma több száz méteres kerülettel rendelkezik, mélységük akár több tíz méter is lehet. Eredetük szerint többségük oldásos forma és csak néhányuk beszakadásos. E formákat – leginkább a romániai szakirodalom alapján – osztályozhatjuk térbeli elrendeződésük szerint is: magányos töbrök vagy kis csoportokat alkotók, sordolinák, töbrömezők (RUSU, T., 1988; ONAC, B., 2002). Érdekesség és további vizsgálatok kiindulási pontja lehet, hogy az egyedülálló és a csoportos dolinák kizárólag triász korú mészköveken találhatók meg, amire jelenleg tudományos magyarázat nincs. A sordolinák vagy a mészkövön uralkodó repedések, vagy a felszíni és földalatti vízelvezetési vonalak mentén alakulnak ki, (ONAC, B., 2002). Megfigyelték azonban, hogy a vetők és törések viszonylag magas száma ellenére, mégsem ezek határozzák meg leginkább a töbrök elrendeződését. E kérdést alább, a vetők és a térképi töbrök elemzésénél, jómagam is vizsgálom.

A Királyerdő-hegység uvalái nagy, jellemzően ötszáz méternél hosszabb átmérővel rendelkező képződmények, általában megnyúlt-szabálytalan alakkal, belsejükben

számos töbörrel, töbörközi gerinccel. Éppen ezért eredetükre vonatkozóan RUSU T. (1988) azt a megállapítást tette, hogy – ami általában az uvalákról elmondható – több dolina összeolvadásából keletkeztek és két típusba sorolta őket: korróziós uvalák és kőzethatáron képződött uvalák.

Növekvő méret szerint a következő morfológiai egység a polje lenne, viszont a területet kutató román geográfusok RUSU T. nyomán egy, az uvalák és a poljék között elhelyezkedő, új elemmel gazdagították a karsztos irodalmat, bevezetve a „karsztos elnyelődésű depressziók” fogalmát (RUSU, T., 1988; ONAC, B., 2002) (3. ábra).

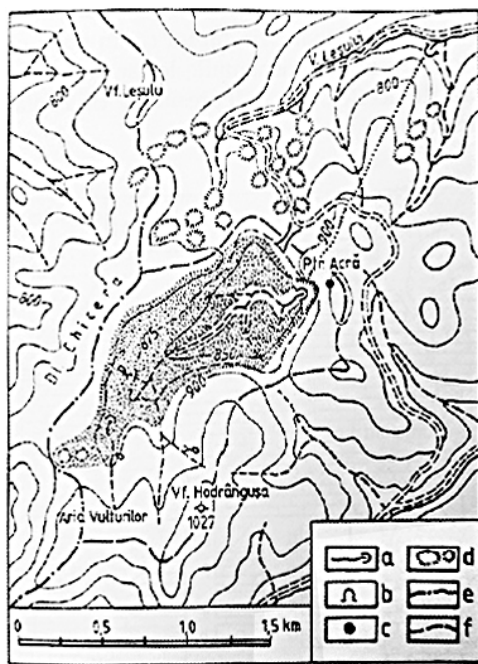


3. ábra: „Komplex völgy”

Ezt azért tartották szükségesnek, mert Romániában, megvizsgálva számos karsztterület oldásos formáit, arra a következtetésre jutottak, hogy klasszikus poljék nem igazán fordulnak elő, viszont számos olyan formát találtak, melyek már nem tekinthetők uvaláknak². Jellemző ezekre a depressziókra, hogy völgyek mentén és völgyirányban kialakuló, tál formájú komplex rendszerek. Általában nem karbonátos kőzetekből álló lejtők között húzódnak, hegy felőli részük mindig nyitott, fenekük

² ez némileg ellentmond VERESS M. morfológiai osztályozással foglalkozó írásainak, hisz a Bihar-hegységben a pádisi Ponor-poljét említi e típus képviselőjeként (2004).

folyóvízi (esetleg periglaciális) hordalékkal kitöltött és a vizek, melyek üledékeiket hozták a nemkarsztos kőzetek felől érkezve, a karbonátos részeken elnyelődnek a mélybe. Magyarul olyan vakvölgyekről van szó, melyek lokálisan egy kiszélesített és feltöltött síkságot alakítottak ki fejlődésük során, a karsztperemi víznyelő környékén és attól felfelé (4. ábra). Ez a modell meglehetősen hasonló az ún. perempoljék képződéséhez (ZÁMBÓ L., 1998; VERESS M., 2004).



4. ábra: „Karsztos elnyelődésű depresszió”, azaz az uvala és a polje közti átmeneti forma
(Holdringató csúcs északi előterében);
a-víznyelő, b-barlang, c-zsomboly, d-töbrök,
e-Körösök közti vízválasztó, f-medencehatár (ONAC, B., 2002)

A Királyerdő karsztfennsíkaira jellemző a felszíni vízfolyások rendezetlensége, a fejlett földalatti vízvezető-rendszer jelenléte és a nagy töbørsűrűség (Onac, B., 2002).

3.6.2.2. Karrok

Igen ritkán fordulnak elő a hegységben, csak egyes vegetációszegény részeken találkozhatunk velük. Behatóan Rusu, T. foglalkozott megjelenési formáikkal az 1988-as, a Királyerdő karsztját részletesen bemutató munkájában.

4. A vizsgálati módszer

4.1. Munkafolyamat

A terület elemzése főként magyar kutatók cikkeiben leírt módszertan szerint történt (TELBISZ T., 2004; TELBISZ et al., 2007, 2009, 2010; LIPPMANN et al., 2008).

A vizsgálatok munkakörnyezetét az ESRI ArcGIS 10 nevű szoftver képezte, melyhez a szükséges alapadatokat GlobalMapper 9-ben konvertáltam megfelelő formátumba. Ehhez az alaptérképemet 22 db 1:25.000 méretarányú topográfiai térképből raktam össze, mely a teljes Királyerdőt és környékét lefedi. A hegység töbreinek teljes bedigitalizálása után 2338 oldásos mélyedést kaptam. Ezen töbrök attribútum tábláját a munka során folyamatosan bővítettem számos paraméterrel, származtatott mutatóval. Az ArcGIS eszközkészletével továbbá új térképeket is szerkesztettem. A már kész térképekből és táblázatokból további elemzésre a GEOrient 9 és a Statgraphics Plus 5 programokat használtam (különböző paraméterek közötti kapcsolatok, rózsadiagramok, statisztikai elemzések készítésére). A topográfiai térképről bedigitalizált töbrökon kívül, terepbejárás során gyűjtött GPS-es adatok is rendelkezésemre álltak, melyek fontos összehasonlítási alapot képeztek úgy a térképi, mint a szakirodalmi adatokkal kapcsolatban. A domborzatot és az ehhez kapcsolódó kiértékeléseket SRTM domborzatmodell segítségével vizsgáltam. Mivel a Királyerdő-hegység területe igen nagy, a 90 m horizontális felbontású SRTM használható ilyen jellegű elemzések elvégzésére, megjelenítéshez pedig megfelelő. Továbbá felhasználtam a hegység nagy részét lefedő geológiai térképet (az L-34-045-B-b jelű, a Román Geológiai és Geofizikai Intézet által kiadott, 1:50.000 méretarányú szelvényt), amelynek bedigitalizálása után a töbrök és kőzetek közötti kapcsolatot vizsgálhattam.

4.2. Töbrökarakterisztikák

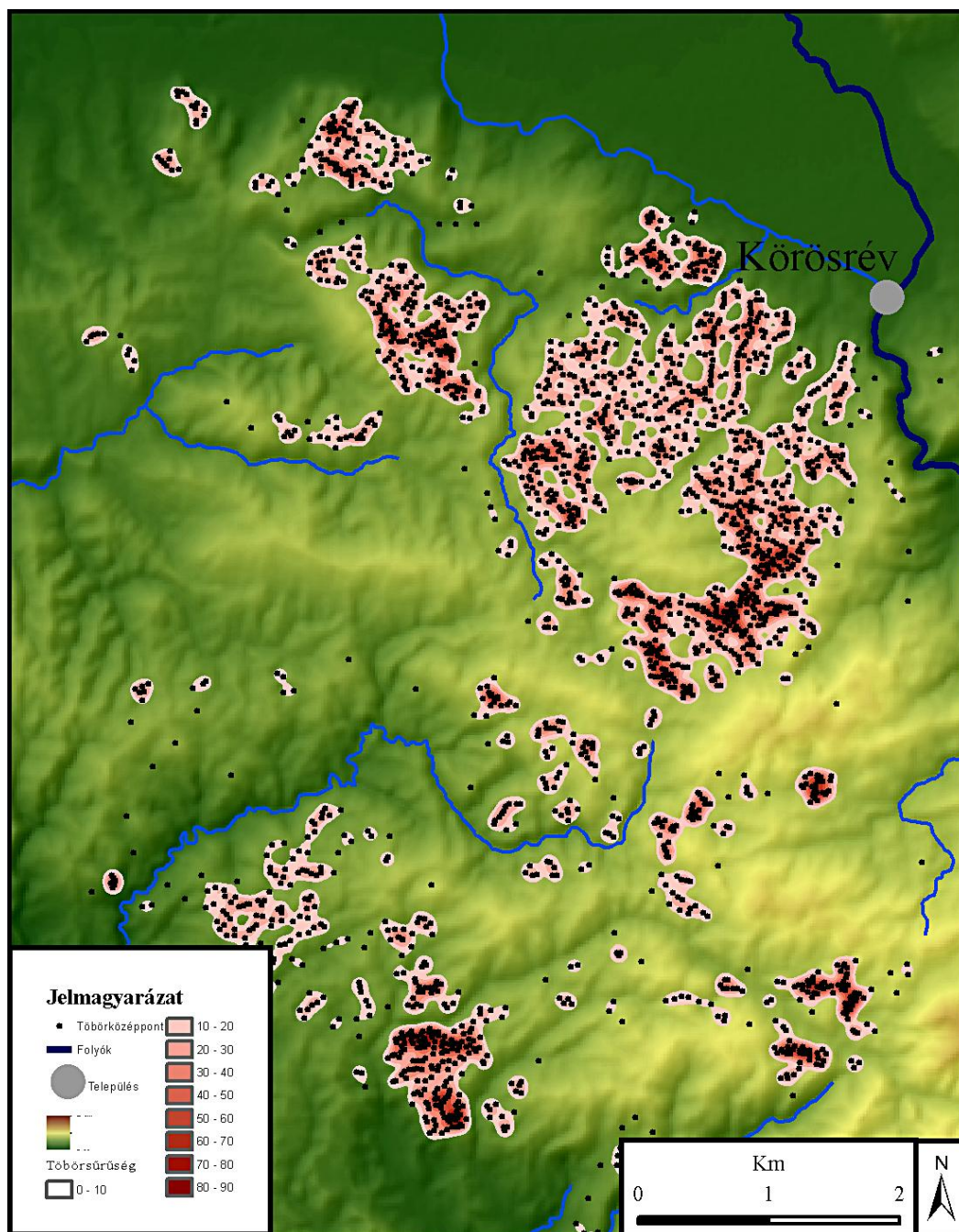
Az elemzésekhez olyan alapvető adatokra volt szükség, mint a töbrök területe, kerülete, középpontjaik koordinátái, melyeket a töbrök attribútum tábláiban külön-külön oszlopokban meghatároztam a szoftver segítségével (ArcGIS). A DTM-ből lejtőszög- és

kitettség-térképeket generáltam, így lehetővé vált a töbörközéppontok elhelyezkedésével kapcsolatos újabb jellemzők meghatározása.

A vizsgálat fontos részét képezik a dolinák megnyúltságára, illetve irányára vonatkozó megállapítások.

A végső töböradatok táblázata az alábbi paramétereket tartalmazza: töbrök területe és kerülete, a töbörközéppontok X,Y koordinátái, beírt kör sugara illetve az ezekből származtatott szabálytalanság (legnagyobb beírt kör kerületének és a töbör kerületének hányadosa), tovább a nagy- és kistengely hossza, a tengerszint feletti magasság, a tengelyirány, származtatott töbörközéppontok lejtőszöge és kitettsége, valamint a megnyúltság (nagy- és kistengely hányadosa) és kerekítettség (arányszám, mely a dolinaperem szabályos körhöz való közelítését vagy épp ellenkezőleg, attól való eltérését mutatja meg).

A töbrök előfordulásával kapcsolatos vizsgálatok elvégzéséhez töbørsűrűséget, töbörösödési arányt számoltam, a vizuális megjelenítéséhez töbørsűrűség-térképet készítettem (5. ábra), és a legközelebbi szomszéd töbör irányát is megvizsgáltam rózsadiagramon.

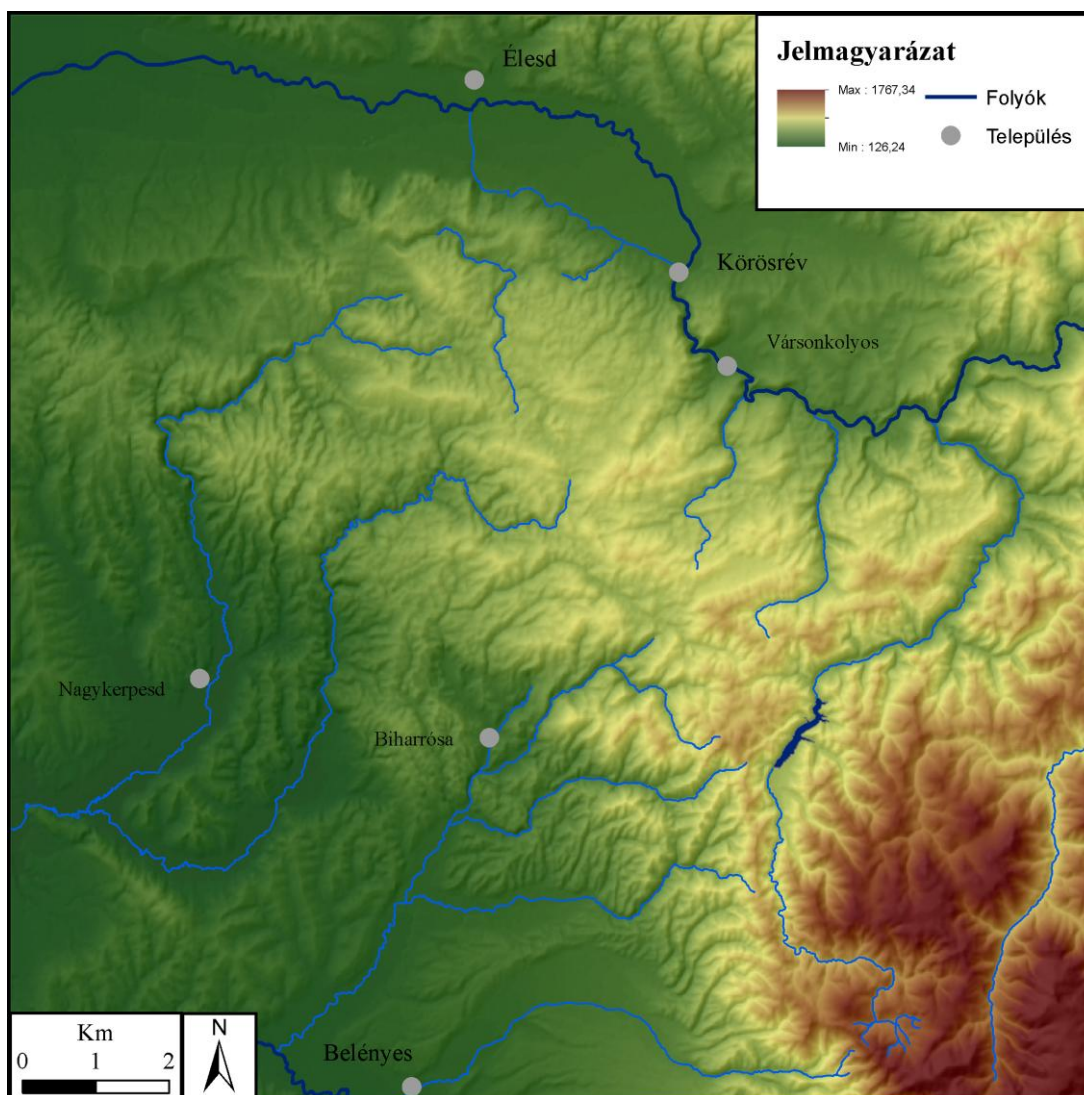


5. ábra: Királyerdő-hegység töbörközpont térképe

5. Adatok elemzése

5.1. A térképi megjelenítéséből levonható következtetések

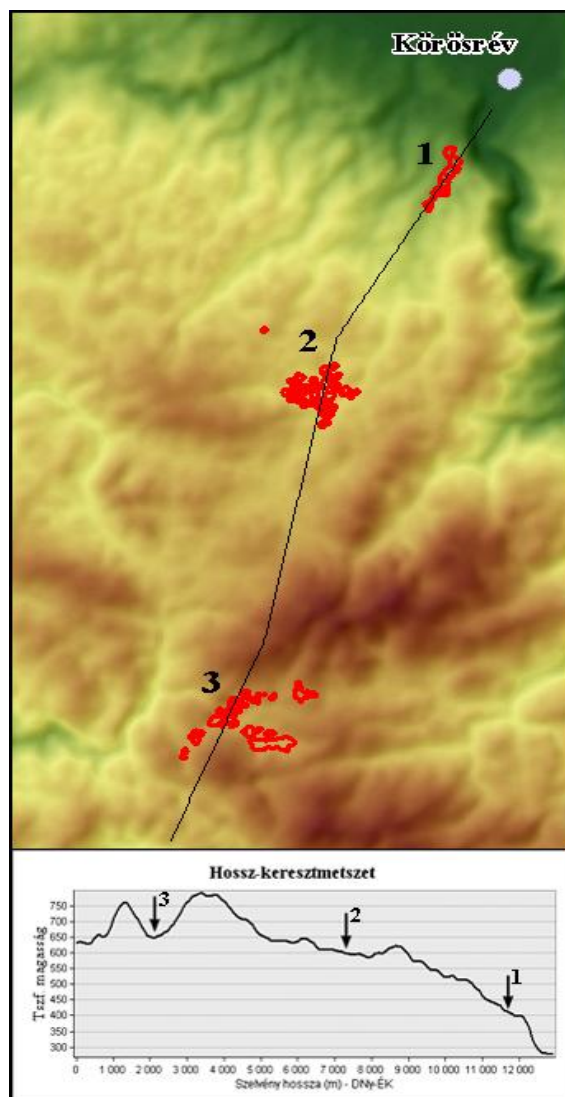
A Királyerdő-hegység fennsíkját, az általános denudációs szintből, a sokszor nem mészkövön kiemelkedő háta, kisebb dombok mentén oszthatjuk kisebb egységekre, amivel szervesen összefügg a terület geológiája és tektonikája, hisz azok – mint a kutatástörténeti áttekintésben is láttuk – meghatározzák a karsztformák megjelenését, fejlődési irányát.



6. ábra: A Királyerdő-hegység domborzata

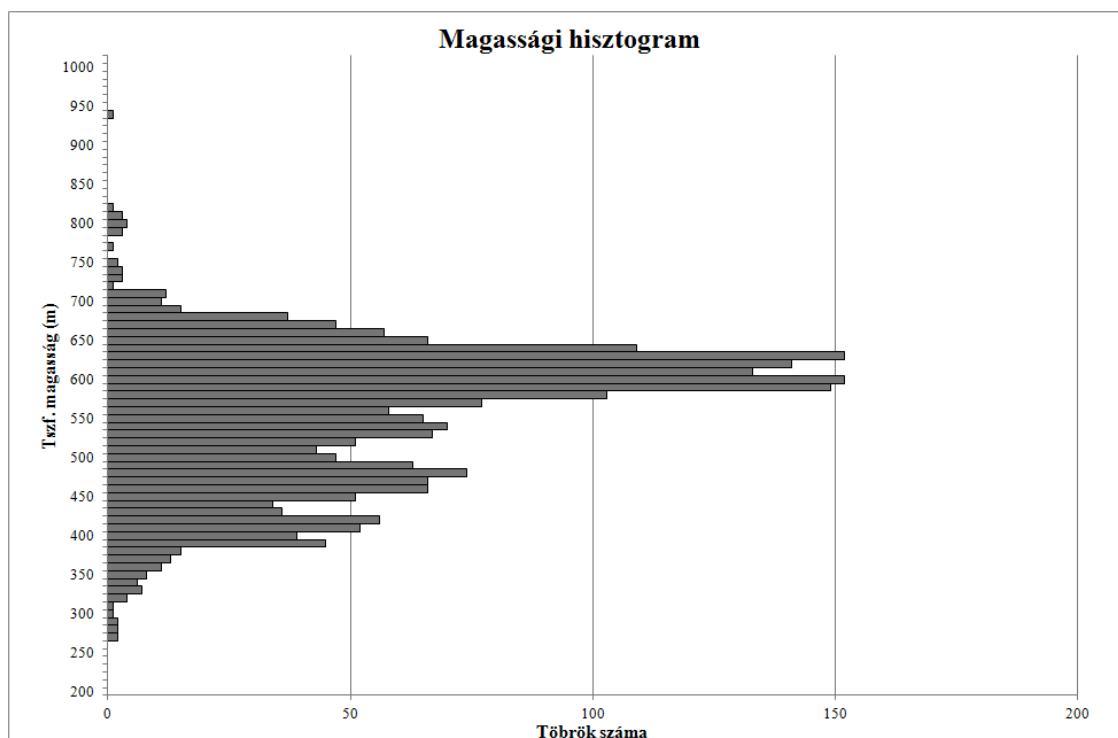
A teljes területről elmondható, hogy jellemző rá az enyhén lejtős, viszonylag sík térszínnek jelenléte és a víz hiánya. Ami a terület domborzati térképét (6. *ábra*) megfigyelve jól látható, hogy a központi rész (Révtízhatár) viszonylag markánsan elkülönül, ezt északról a 600 métert, délről a 800 métert meghaladó dombok veszik körül, és itt a változatosabb geológiai felépítésnek, pontosabban a nemkarsztosodó kőzeteknek köszönhetően, a terület vízfolyásokban is gazdagabb. Ez a magasabb dombokkal tűzdelt rész jelzi az átmenetet a hegység legmagasabb, délkeleti vonulatai felé. Észak felé laposabb térszínnek helyezkednek el, melyek kiszélesednek és mivel főként mészkőből épülnek fel, ezért a legtöbb oldásos depresszió itt található.

A terület általános lejtése is szembeűnő a térképen, észak felé nem csak egyre alacsonyodik, hanem az észak-északkeleti fő vízgyűjtő folyóhoz, a Sebes-Köröshöz közeledve, északkeleties lejtés lesz a jellemző (szépen kirajzolódik az egykor aktív völgyek futása). Szintén ez látható a délnyugat-északkeleti irányban, a teljes karsztfennsík hosszában készített keresztshelvényen (7. *ábra*), mely magába foglalja a GPS-szel felmért területeket is. A hegység magasságértékeinek vizsgálatakor megállapítható, hogy ezek egybevágna a román geomorfológusok által beazonosított eróziós szintekkel (POSEA G. 1977, 2002).



7. ábra: Keresztmetszvény a terepi mérési területeken keresztül

Amint a keresztmetszvényből kiolvasható, a fennsíkon csak néhány lekerekített dombocska töri meg az észak felé enyhén lejtő, kiterjedt sík területekkel pöttyözött felszínt. A hegység magasságértékeit hisztogramon is megjelenítettem, ami a fenti megállapításokat támasztja alá, azaz a fennsíki szintnek (580-640m) megfelelően jelentkeznek a kiugró értékek (8. ábra).



8. ábra: Gyakorisági hisztogram a terület magasságértékeivel

A domborzatot, az egykori és mai vízrajzot, és ehhez szervesen kapcsolódóan a töbrösödött területeket vizsgálva (3.-4. ábra), következtetéseket vonhatunk le a felszíni fejlődést illetően, illetve annak a jövőbeli alakulására is hozhatunk bizonyos megállapításokat. A terület vízrajzának ösföldrajzi viszonyait RUSU, T. tanulmányozta több évtizeden keresztül (ONAC, B., 2002), végigkövetve a háta, egykori völgyek, mélybefejezések, víznyelők, búvópatakok útját, rekonstruálva az itteni vízrendszer elemeinek folyamatos irányváltoztatásait.

Ezek ismeretében elmondható, hogy a Királyerdő karsztosodását és töbrösödését a tektonikai és vízrajzi változások együttesen váltották ki. A paleogénben még délkelet felől északnyugati irányba haladó folyók vágtak át a hegységen, majd a neogén folyamán a tőle északra és délre kialakuló két öblözet (Belényesi és Bárodi medencék), a Sebes- és Fekete-Körös völgyének kialakulásával és erőteljes bevágódásával együtt, mintegy szívóhatást váltott ki a hegységben található folyókra. Így azok irányt változtatva a két Körös felé vették az irányt, északkelet, északnyugat és délnyugat irányokba szabdalva fel a hegységet, míg végül a negyedidőszak elején felerősödtek a víznyelők, barlangrendszerek kialakulását eredményező folyamatok (ONAC, B., 2002).

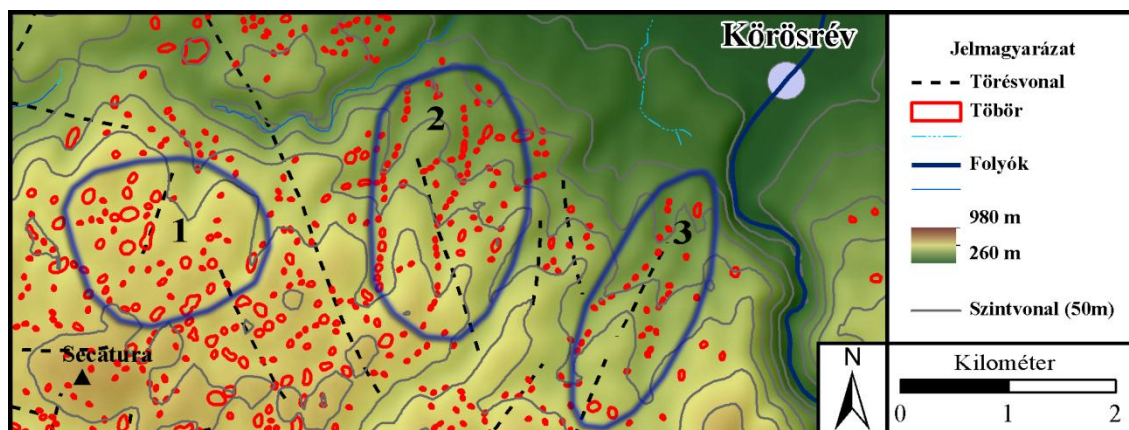
A „szárazon” maradt fennsíki részen a mélybeszivárgó vizek azóta is oldják a felszín, töbrözöket hozva létre. A peremeken a főfolyók felé sordolinák alakultak ki, ezek mélyülésével, majd idővel egybenyíásával alacsonyodik a felszín. Bár a Sebes-Körös vonz be kevesebb vízfolyást (a terület folyóvizeinek körülbelül 40%-át), úgy tűnik, a töbrök fejlődése ebbe az irányba is ugyanolyan erős, mint a Fekete-Körös felé: a töbrötengelyek irányának vizsgálatából kitűnik, hogy a terület leginkább a Sebes-Körös által befolyásolt északkeleti és északnyugati, valamint a Fekete-Körös által lecsapolt délnyugati irányokba alacsonyodik.

Mindezeket alátámasztják a töbrök tengelyiránya alapján szerkesztett, valamint a legközelebbi szomszéd irányát mutató rózsadiagramok is, melyek egyben a töbrök fejlődési irányát is jelzik.

Érdekes a töbrök és a geológiai felépítés, szerkezeti vonalak kapcsolata, mely a lejtéssel és a völgyhálózattal egyetemben meghatározza, hogy hol alakulnak ki töbrörcsoportosulások és hol a sordolinák. Jól szemlélteti ezt a hegység északi részén található töbrögazdag terület, mely a fenti, vízfolyások fejlődéséről szóló megállapításokkal is egybevág. Itt a töbrök, a geológia, a szerkezet és a vízrendszer között háromféle kapcsolatot különíthetünk el (9. ábra):

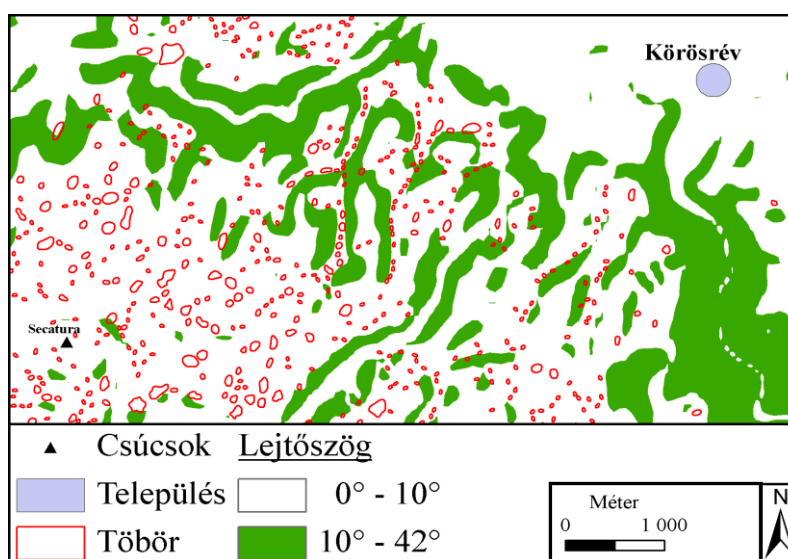
1. a nyugati terület a magasabb, fennsíki szinthez tartozik, itt egységesen oszlanak meg a töbrök, a szerkezeti vonal befolyásolja a kialakulásukat;
2. a középső rész a Körös felé lenyúló szárazvölgyek sordolináival, ahol ezek a törésvonalakkal mintegy 45°-os szöget zárnak be. Valószínű, hogy itt a Körös „szívóhatása” írta felül a szerkezeti hatást;
3. végül a keleti terület, ahol a főfolyó felé igyekvő vízfolyások és a szerkezeti vonalak párhuzamosan futnak, erősítve egymás hatását.

Fontos megfigyelni a dolinák méretét is, melyek itt viszonylag kisméretűek. Ez azzal lehet összefüggésben, hogy a kisebb töbrök hossz tengelyei gyakran nem mutatnak közös irányt a szerkezeti vonalakkal, csak majd a későbbi, összenőve-nagyobbodó fejlődésük során fejlődnek törések, vetők irányába (KEMMERLY, P. R., 1982).



9. ábra: Töbör-törésvonal viszonyok a fennsík északi részén

Töbörvizsgálatot végezhetünk a lejtőszöggel való kapcsolat összefüggésében is, hiszen a töbrök általában az enyhe lejtésű területeken fejlődnek (XUEWEN, Z. 2006; TELBISZ T. et al., 2007, 2009). Jelen esetben, a hegység lejtőszög-térképét két részre osztottam és a 10° alatti értékekkel rendelkező területeket átlátszóvá tettem. Így igazolható, hogy a dolinák nagy hányada sík területekhez köthető (10. ábra).

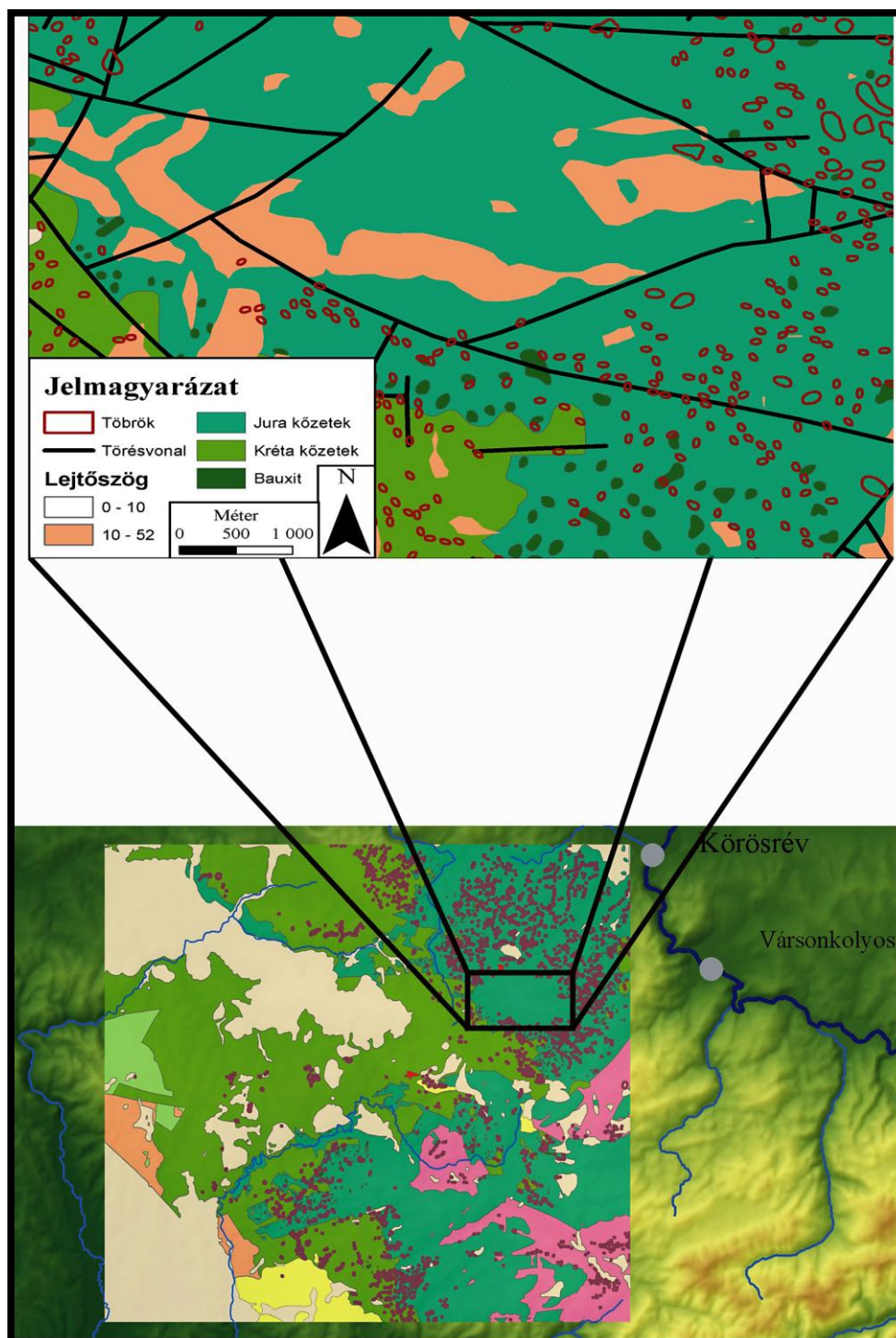


10. ábra: Lejtőszög és töbrök kapcsolata (részlet)

Harmadikként egy érdekes területre hívom fel a figyelmet, ahol a fent említett szempontokat együttesen vizsgálva, furcsán „töbörszegény” terület jelenik meg a központi részen, méghozzá a leginkább karsztosodott jura területeken.

A törésvonalak által határolt, durván négyzet alakú területen teljesen hiányoznak a töbrök (11. ábra). Több tényezőt kell egyszerre vizsgálni, hogy megállapítsuk a töbrök

hiányának okát. Először is bizonyos részeken 10 foknál meredekebb oldalakkal emelkedik ki a felszín, így ott nyilván ez az oka. Ez a Keresztdomb nevű csúcs körülötti terület, kissé magasabb térszín, mint a környező területek, alsó felében kvarchomokkővel. Így itt sem fejlődhettek oldásos formák. Viszont van egy másfél kilométer hosszú, fél kilométer széles rész ezen a területen, amin sem a lejtőszög, sem a kőzet (jura mészkőterületek) nem akadályozza a töbrösödést elméletileg, a gyakorlatban viszont töbröket itt nem találunk – a térkép szerint. A megoldást a jura időszaki kőzetek finomabb vizsgálata útján kaphatjuk meg: a területen számos mészkőfajta található, viszont a vizsgált terület nagysága miatt ezeket egy típusként digitalizáltam, jura mészkő néven. Az ezen korú kőzeteket jobban megvizsgálva, elmondható, hogy a lehatárolt terület északi felén nem tiszta, hanem márgás mészkövek fordulnak elő, agyagos betelepülésekkel.



11. ábra: Szerkezetföldtani térkép a fennsík központi részéről
(a 10°-nál kisebb lejtésű felszínek átlátszó jelölésűek)

5.2. A töbröjellelemzők statisztikai vizsgálata

5.2.1. Térképi töbrök

A töbrök kialakulását, elhelyezkedését meghatározó fő tényezők a domborzat, geológiai viszonyok (kőzet, szerkezet, vetők, törésvonalak), vízrajz. A topográfiai térkép alapján 2338 töbröt digitalizáltam be, a hegység mintegy 750 km²-es területén. A töbrök összterülete 6,56 km², azonban igen változatos méretekből jelentkezik: a legkisebb 468 m², míg a legnagyobb 201708 m², aminek következtében az adatok terjedelme 201240 m², azaz a töbrömméretük nagyon változatosak, igen széles skálán szóródnak. Hogy reálisabban szemlélhessük adatainkat, a szélsőértékek mellőzésével, az interkvartilis terjedelmet érdemes figyelembe venni (1327 m²), melynek értelmében a töbrök fele 995-2322 m² közé esik (1. táblázat). A ferdeség a szimmetria vagy aszimmetria mutatószáma, ha pozitív akkor az adatsor sűrűségfüggvénye elől csúcsosodik, azaz bal oldali aszimmetriáról beszélhetünk – esetünkben is, ezúton alátámasztva a kisebb területű töbrök túlsúlyát.

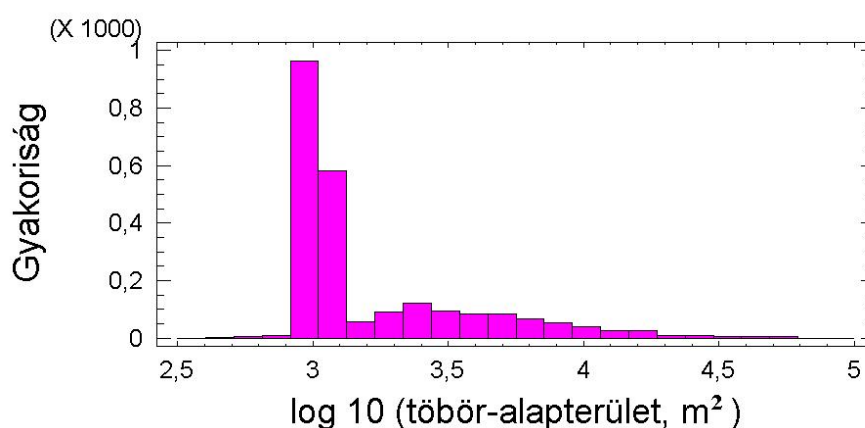
Töbrőszám	Összterület (km ²)	Min	Max	Terjedel m	Range-arány	Relatív Range
2338	6,56	468	201708	201240	431	71,76
Átlag	Q1	Medián	Q3	Módusz	Ferdeség	-
2804,41	995	1078	2322	1015	15,91	-

1. táblázat: A vizsgált terület összes töbrének alapterületére vonatkozó statisztikai jellemzők

A fennsík töbreinek sűrűségi mutatóit kiszámolva megállapítható, hogy a töbrök a hegység több, mint felén megtalálhatók. Sűrűséget nem a hegység teljes területére számoltam, hanem a minél pontosabb értékek kinyerése érdekében – amennyiben egy erősen szubjektív mutató esetében beszélhetünk ilyenről – a töbrökkel teleszórt területeket próbáltam lehatárolni. Így nem a Királyerdő 750 km²-nyi területéhez, hanem a lehatárolás eredményeként kapott 468 km² nagyságú területéhez viszonyítottam a töbrőszámot. Ennek függvényében 5 töbrö/km² töbrősűrűségi értéket kapunk. Talán a töbrösödési arány ad egy pontosabb választ a kérdésre, mely szerint a hegység 1,4%-át

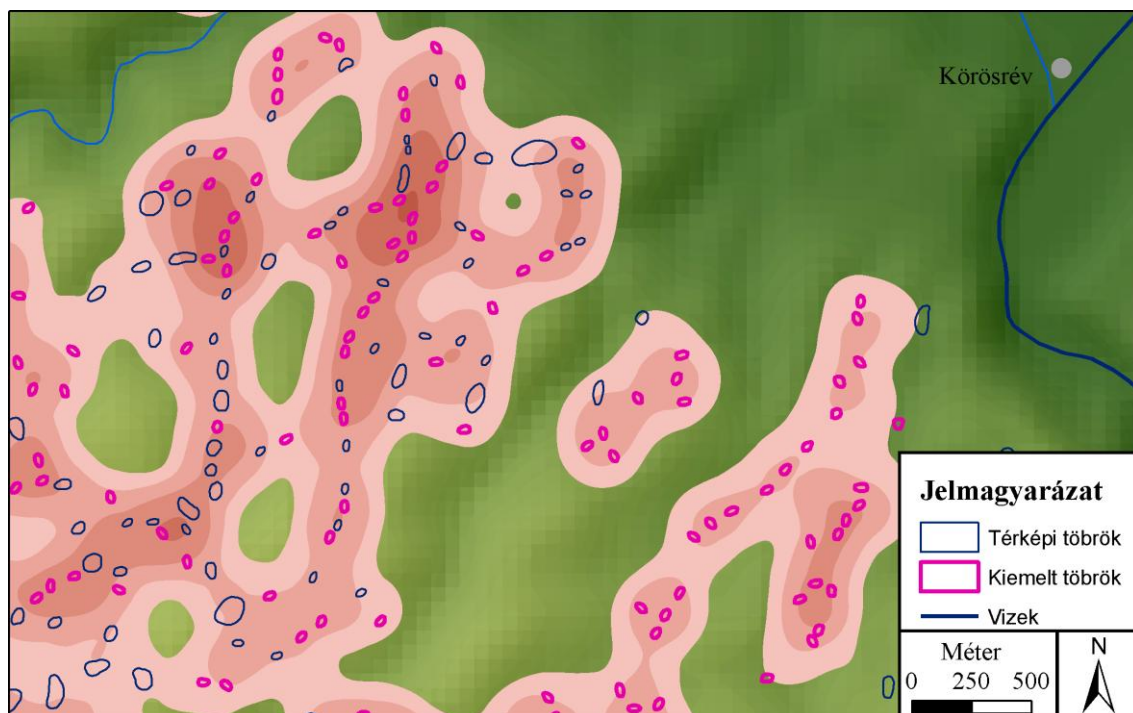
borítják töbrök. Ezek az értékek a későbbiek során, a szakirodalmi adatokkal való összevetéskor lesznek igazán érdekesek.

A töbörterületek gyakorisági vizsgálatát elvégezve érdekes képet kapunk, hisz az eredmények a statisztikai vizsgálatok által más területekre jellemzőnek talált normál eloszlástól nagymértékben eltérnek. (12. ábra).



12. ábra: A töbrök területeinek gyakorisági eloszlása

Mint a szakirodalmi áttekintésnél láttuk, a töbör-alapterületre vonatkozó adatsorok logaritmikus transzformáció után általában normális eloszlást mutatnak, ami a fenti ábráról nem mondható el. A 3-3,2-es logaritmus értékeknek az 1000-1500 négyzetméter területű dolinák felelnek meg. Az ArcGIS-ben ezeket leválogatva a Királyerdő-hegység töbreiből, azt a következtetést vonhatjuk le, hogy valószínűleg ezek a dolinák nem azért ilyen méretűek, mert ezt a terepen így mérték, hanem azért ilyenek és azért vannak túlsúlyban, mert a kisméretű töbrökre ugyanazt az általános jelet használták a térkép készítői (13. ábra). A térképrészleten a valóságnak megfelelő méretű dolinák „töbör 2” néven szerepelnek, a „töbör 1”-ként jelöltek pedig azok, amelyek valószínűleg, csak jelzésértékkel bírnak. A nagyobb, „valódi” töbrökön általában látszik, hogy szabálytalanabb peremmel rendelkeznek.



13. ábra: Feltűnően egyforma töborméreték (kivágat a fennsíkról)

A kőzetek szerinti osztályozás következtében megállapítható, hogy a legtöbb töbrök jura mészkövön (1137 db) alakult ki, amit a kréta mészkövön találhatók követnek (513 db).

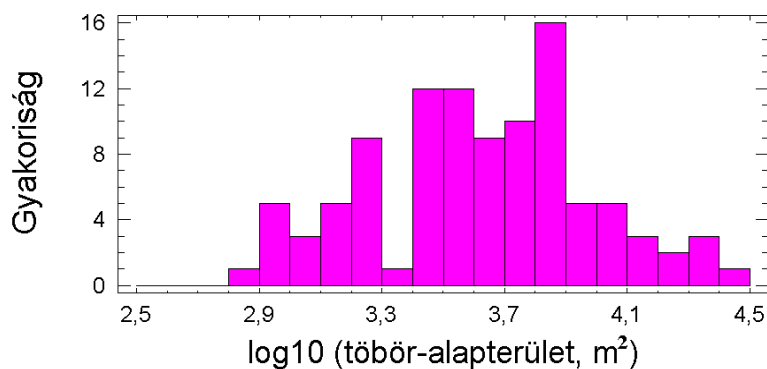
5.2.2. Terepen felmért töbrök

Terepi bejárás során 104 dolinát sikerült felmérni a fennsík három különböző területén. A töbrök összterülete $0,7 \text{ km}^2$, ahol a legkisebb 242 m^2 , míg a legnagyobb 98008 m^2 -nek adódott. Ebből látható, hogy a töborméreték a terepen mért adatok ismeretében is igen változatosak. A legnagyobb felmért dolinánk 405-szöröse a legkisebbnek (ami azért fenntartásokkal kezelendő, hisz a mérésben szereplő legnagyobb „töbrök” inkább uvalák, csak adatsorunkban nem szerepel külön ilyen kategória; természetesen ez már torzítja az adatsort). Ha kvartilis értékeket is számolunk az adatsorra, akkor a töbrök méretét jobban jellemző értékeket kapunk: a töbrök 50%-a $2655\text{-}7169 \text{ m}^2$ közötti területtel rendelkezik. Az adatsor ferdesége ez esetben is pozitív érték, tehát szintén bal oldali aszimmetria jellemző az alapterületek gyakorisági eloszlására (2. táblázat).

Töbörszám	Összterület (km ²)	Min	Max	Range	Range-arány
104	0,7	242	98009	97767	405
Rel. Range	Átlag	Q1	Medián	Q3	Ferdeség
14,66	6671,94	2655	4134	7169	6,8

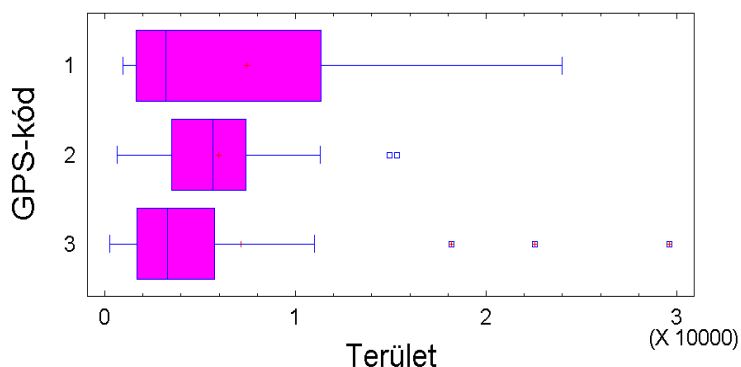
2. táblázat: Terepen felmért töbrök néhány jellemző értéke

A terepi töbrök alapterületének gyakorisági eloszlását összehasonlítva a térképről bedigitalizált dolinákkal, szembetűnő a különbség, hisz a valóságban tényleg lognormális eloszlás jellemző a teljes sokaságra (14. ábra). A mégsem tökéletes haranggörbe a kevés adatnak tudható be.



14. ábra: A GPS-szel felmért töbrök gyakorisági eloszlása

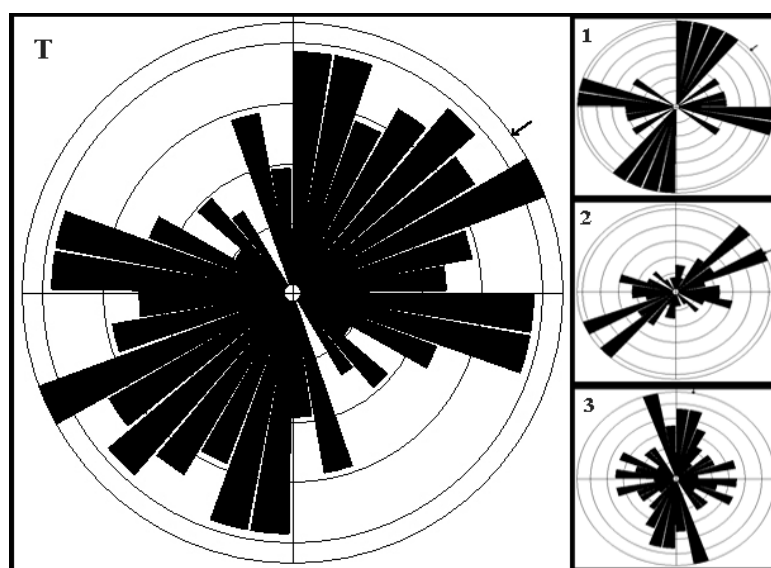
A három különböző területen végzett méréseket az egyszerűség kedvéért megszámoztam, északról dél felé növekvő sorszámmal. Az északi részterületen (1), a fennsík felé a feljutást biztosító széles völgyekben vannak a legnagyobb alapterületű töbrök (15. ábra).



15. ábra: A felmért töbrök alapterülete részterületek szerint

A töbörzsűrűséget és töbrösödési arányt önmagában a bejárt területre nem volt értelme számolni, hisz túl kis súllyal szerepel a teljes fennsíkhoz képest, hogy milyen megfontolásból és hogyan számoltam mégis ilyen értékeket, azt a következő, 5.2.3. alfejezetben tárgyalom.

A töbröhossztengelyek azimutját rózsadiagramokon ábrázoltam (16. ábra). Ha együtt tekintjük a 104 töbr irányítottságát az tapasztalható, hogy igen széles skálát ölelnek fel, az észak–dél iránytól egészen a kelet–délkelet – nyugat–északnyugat irányig.



16. ábra: A felmért töbrök hossztengeleik irányja
(T – összes felmért töbr; 1, 2, 3 – a részterületek külön-külön)

5.2.3. A térképi és a terepi eredmények összehasonlítása

A fentiekben felsoroltam a kétfajta adatnyerési eljárással kapott töbrök néhány fontos jellemzőjét, ám ezek közvetlenül nem összehasonlíthatók egymással, mert a térkép alapján nyert töbr-adatállomány sokkal nagyobb területre vonatkozik. Ezért a bejárt területen felmért töbreimet lehatároltam oly módon, hogy mindhárom részegység (az első $0,28 \text{ km}^2$, a második $0,58 \text{ km}^2$, a harmadik $1,1 \text{ km}^2$) tartalmazza a GPS-szel felmért és az ugyanezen területen található térképi töbröket is (3. táblázat). Ezzel méreteik, irányaik, töbörzsűrűségi értékeik összehasonlíthatóvá váltak.

	Töbör (db)	Min (m ²)	Max (m ²)	Töbørsűrűség (db/km ²)	Töbrösödési arány (%)
T1-térképi	6	1087	5358	21,5	3,93
T1-GPS	16	957	23992	57	42,85
T2-térképi	30	959	13597	51,5	14,14
T2-GPS	44	637	15304	76	44,83
T3-térképi	25	912	9339	23	4,81
T3-GPS	43	242	29628	40	28,33

3. táblázat: A mintaterületek térképi és terepen felmért töbör-sokaságának statisztikai összehasonlítása

A három terület töbörszámát vizsgálva a várakozásoknak megfelelően a felmért töbrök minden esetben nagyobb számban vannak jelen, mint a térképről bedigitalizáltak. Egyedül a fennsík középső, kiterjedt nyílt részén (T2-vel jelölve) szerepelnek a térképen is viszonylag sűrűn a töbrök, de itt is másfélszer annyit sikerült a terepen műszerrel felmérni. A változatosabb domborzatú részekben, mint például a fennsíkra való feljutást biztosító elnyúlt völgyekben (T1), harmadannyi töbör szerepel a térképen, mint a valóságban – a domborzat mellett itt a sűrűbb fás növényzet jelenléte is befolyásolhatta a térképkészítők munkáját.

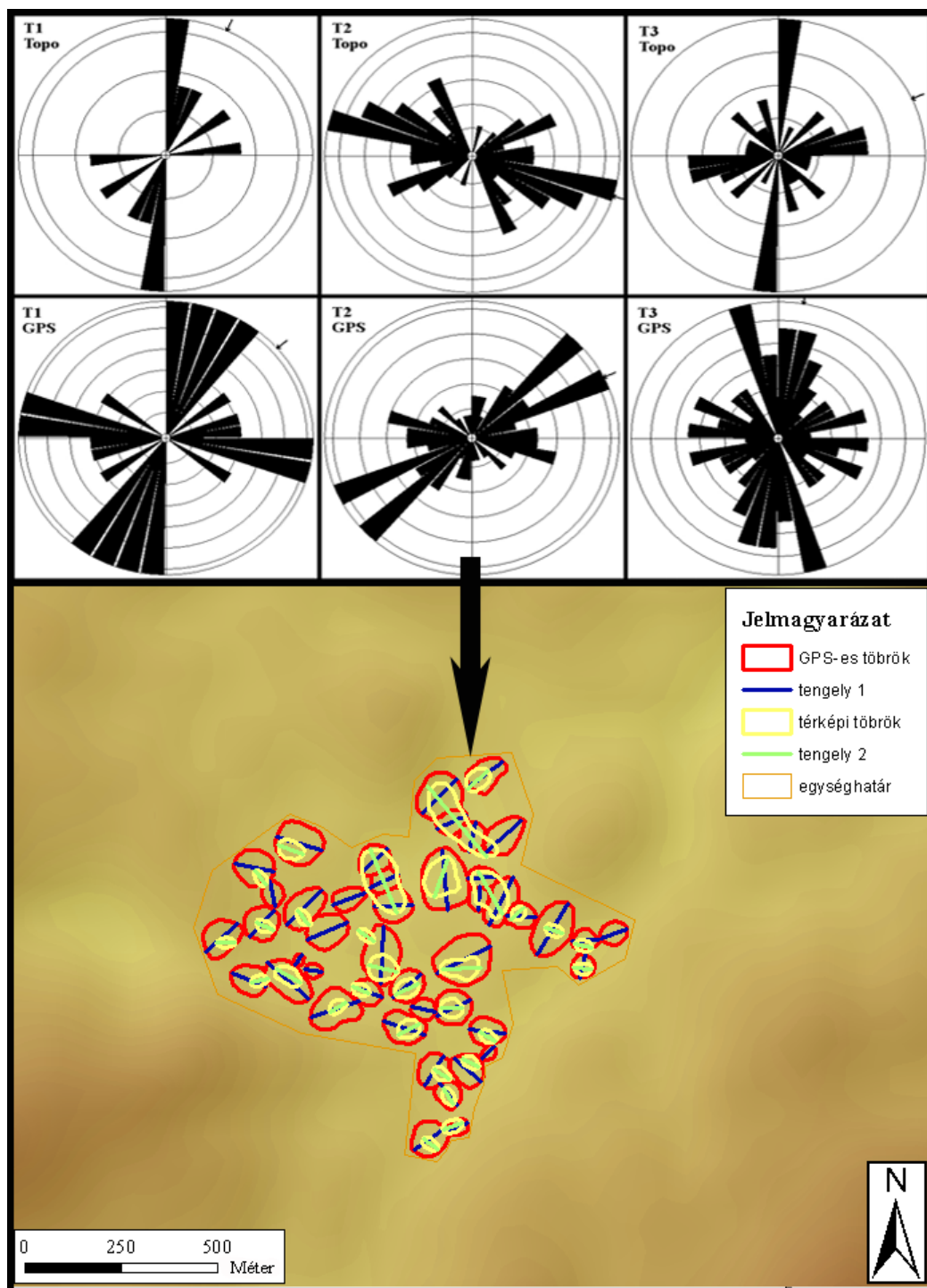
A minimális és maximális töborméretek esetében néha igen nagy eltérések vannak, mint ahogy azt az előző két alfejezetben is láthattuk a teljes területre vonatkozó adatoknál.

A töbørsűrűségi adatok mindenhol 1,5 – 2,5-szer nagyobbak a felmérésem szerint, mint a térkép alapján. Amint már felhívtam erre a figyelmet a 5.2.1. alfejezetben, ez főleg azért érdekes, mert a legújabb, átfogó mű a Királyerdőről (ONAC, B., 2002) csupán egy évtizede jelent meg, de abban is 60 db/km²-es érték szerepel. Ettől két részegységen elmaradt még a műszeres felmérésből számított adat is és csak egy részen (T2) haladta ezt meg, viszont nem szabad elfelejteni, hogy ez nem a valós érték, hanem csak konkrétan erre az 1 km²-nyi területre vonatkozó eredmény, a hegység, de még a fennsík egészére vonatkoztatva sem beszélhetünk ilyen magas értékekről. Láttuk tehát, hogy az alaptérképről nyert adatokból 5 töbör/km²-t kaptunk eredményül, a három terepen

felmért területre minimum 20 (topográfiai térképről körülhatárolt töbrök esetén), illetve 40 töbrök/km²-t (GPS-szel felmért töbrök esetén). Így elmondható, hogy a valóságot megközelítő, nagyobb területre vonatkozó átlagérték a két fenti érték közé tehető és egybevetve más területek sűrűségi mutatóival (a kapott eredmények felső határa az erősen karsztosodott szerbiai Miroc-hegység töbör/sűrűségi értékeivel vethető össze, az alsó pedig az aggteleki karszton számított sűrűségi adatokhoz mérhető; TELBISZ T. et al., 2007) megállapítható, hogy a Királyerdő-hegység karsztosodása jelentős mértékű.

A töbörösödési arány ennek megfelelően, a saját felmérésű területeken ér el magasabb értékeket, az alaptérképi adatok szerint, még a sűrűn töbörösödött központi rész is csak 14%-os lefedettséget mutat.

Egy másik érdekességet a hossz tengelyek azimutjáról készült rózsadiagramok párba rendezésekor tapasztalhatunk (17. ábra). Szemléletes, hogy sem a méretek, sem a töbrök irányítottsága nem egyezik meg sokszor a terepen tapasztaltakkal. Van, hogy sokkal „szegényesebb” és nem, vagy csak gyenge másodlagos maximumot mutat, és van hogy teljesen az ellentéte a térképi a terepen mértnek. Legszembetűnőbb a T2 területen figyelhető meg, melynek magyarázatát főleg a „töbörértelmezés” mikéntjében kell keresni. Az ábrán látható, hogy a térképen sok esetben egyetlen töbörként rajzolták meg azt, ami a valóságban két, három, sőt akár négy töbrök is – így természetesen az irányítottság is teljesen más lesz.



17. ábra: A térképen és a terepen felmért töbrök közti méret- és hossz tengely-különbségek

5.2.4. Következtetések

A digitalizálás és az azt követő elemzések során beigazolódott, hogy a terület megjelenítő topográfiai térképek, a karsztfennsík leírásával foglalkozó tanulmányok a fennsík általános jellemzőivel kapcsolatban megfelelő és valós információkat tartalmaznak ugyan, de a domborzat részletes bemutatása, a dolinákra vonatkozó konkrét adatok nem minden téren helytállóak. Ezzel együtt bizonyosságot nyert, hogy pontos leírást terepi megfigyelések és a minél több paraméter vizsgálata adhat.

A töbrökre vonatkozó megállapítások mind a térképen, mind pedig a szakirodalomban bizonyos fenntartásokkal kezelendők, már csak azért is, mert a szakirodalomban fellelhető adatra vonatkozólag semmilyen hivatkozást nem találtam, hogy honnan ered ez az érték (ONAC, B. 2002).

Másik fontos következtetés a topográfiai térkép számos töbrének fenntartással való kezelése, legalábbis ami a méretet és az alakot illeti, akár a töbrformák jelzésértékű megjelenítéséről, akár a különálló töbröket egyként ábrázoló formákról beszélünk.

A digitalizálás és elemzés folyamán bebizonyosodott, hogy a terület valós megjelenéséről alkotott elképzeléshez nem elég különböző, nem térinformatikai forrásokra hagyatkozni, hanem sokkal inkább a műszeres, terepi felmérés és a térinformatika adta lehetőségek ötvözéséből lehet egy helytálló geomorfológiai, töbrmorfometriai képet kapni.

A töbrsűrűség és töbrök alapterületének eloszlása alapján – nem a térképen valószínűleg hibásan bedigitalizáltakat, hanem a terepen tapasztalt, valóságos méreteket figyelembe véve, valamint a fejlett uvala és a víznyelős komplex völgyek jelenléte alapján elmondhatjuk, hogy a Királyerdő-hegység karsztosodása lassan „felnőtt” korba lép.

A térképi és a terepi töbrök összehasonlítása után végső következtetésként levonható, hogy ez utóbbiak használhatóbb nyersanyagot szolgáltatnak morfometriai vizsgálatokhoz, mint a topográfiai térképről bedigitalizált töbrök adatsora. Ezért szükséges a terepi felmérések elvégzése minden morfológiai, morfometriai elemzésnél.

6. Összefoglalás

Az Erdélyi-szigethegység északnyugati részén húzódik a szerény magasságokkal büszkélkedő Királyerdő-hegység, melynek nagy területeit borítja mészkő, számos felszíni és felszín alatti formával.

Jelen tanulmány tárgyát az itteni töbrök vizsgálata képezi. A hegység dolináit különböző módon nyert adatok alapján elemeztem, kétféle adatállománnyal dolgozva: az egyik 2338 töbröt tartalmaz és a hegység topográfiai térképéről került bedigitalizálásra, a másik a terepi bejárás során, GPS-szel történt felmérés 104 dolináját tartalmazza. A munkához az 1:25.000 és 1:50.000 méretarányú topográfiai, illetve geológiai térképeket használtam, a feldolgozás ArcGIS 10.0 és GlobalMapper 9, a statisztikai elemzés GEOrient 9 és Statgraphics Plus 5.0 szoftverkörnyezetben történt.

Módszerként főként magyar kutatók munkáiban található leírásokat használtam (TELBISZ T., 2004; TELBISZ T. et al., 2007, 2009, 2010; LIPPMANN et al., 2008).

Elsőként a térképről bedigitalizált töbrök jellegadó értékeit számoltam ki és elemeztem, majd ezután következtek a terepen felmért töbrök és azok három részre bontása, amit a kétfajta módon szerzett töbróadat összehasonlító elemzése követett.

Az elemzés során várt és nem várt eredményeket is kaptam, ami segített eldönteni a beszerezhető adatokról, melyek a megbízhatók és melyeket kell fenntartással kezelni. A töbrőjellemzők statisztikai vizsgálatához szintén a topográfiai térkép 2338 dolináját használtam, valamint a terepen felmért 104 töbröt is hasonló módszerekkel vizsgáltam meg.

Fontos és a szakirodalmi adatoknak ellentmondó érték a töbrösűrűsége vonatkozó megállapítás, mely érték az ONAC, B. (2002) által jegyzett 60 db/km^2 -től igencsak elmarad (5 db/km^2). Az ellentmondás úgy oldható fel, hogy az általunk vizsgált mintaterületek maximális töbrösűrűségi értékéhez (76 db/km^2) áll közel a fenti érték, tehát ONAC, B. (2002) feltehetőleg nem a teljes terület átlagát, hanem a Királyerdő legsűrűbben töbrösödött részeit kívánta jellemezni.

A GPS-szel felmért dolinákról általánosságban elmondható, hogy sokkal részletesebb képet festenek a fennsíkról, mint a topográfiai térkép alapján berajzolt töbrök. Ezt alátámasztja a kétfajta felmérés eredményeinek összehasonlítása, melyben egy

térképrészlettel szemléltettem a térképi és a terepen mért töbrök alakja, mérete, iránya közti eltéréseket.

7. Irodalomjegyzék

1. DENIZMAN, C. (2003): Morphometric and spatial distribution of karstic depressions, lower Suwannee river basin, Florida, *Journal of Cave and Karst Studies*, 65, pp. 29-35.
2. DRAGASTAN, O., DAMIAN, R., CSIKI Z., LAZĂR, I., MARINESCU, M. (2009): Review of the bauxite-bearing formations in the northern Apuseni Mts. area (Romania) and some aspects of the environmental impact of the mining activities, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, vol. IV (2), pp. 5-24.
3. FLOREA, L. J., PAYLOR, R. L., SIMPSON, L., GULLEY, J. (2002): Karst GIS advances in Kentucky. *Journal of Cave and Karst Studies*. 64 (1), pp. 58-62.
4. HYATT, J. A., JACOBS, P. M. (1996): Distribution and morphology of sinkholes triggered by flooding following Tropical Storm Alberto at Albany, Georgia, USA, *Geomorphology*, 17, pp. 305-316.
5. KARÁTSÓN D. (szerk.) (1997): *Pannon Enciklopédia – Magyarország Földje*. Kertek 2000 Kiadó, Budapest. p. 508.
6. KEMMERLY, P. R. (1982): Spatial analysis of a karst depression population: Clues to genesis, *Geological Society of America Bulletin*, 93, pp. 1078-1086.
7. KEVEINÉ BÁRÁNY I. (2011): A karsztökölógiai kutatások jelentősége napjainkban, *Karsztfejlődés XVI.*, Szombathely, pp. 39-50.
8. LIPPMANN L., KISS K., MÓGA J. (2008): Az Abaliget-Orfűi karszt karsztos felszínformáinak vizsgálata térinformatikai módszerekkel, *Karsztfejlődés XIII.*, Szombathely, pp. 151-166.
9. ONAC, B. (2002): Cadrul geografic si geologic, in *Monografia carstului din M-ții Pădurea Craiului*, Institutul de Speologie „Emil Racoviță”, Editura Presa Universitara Clujeana, Cluj Napoca, pp. 7-18.
10. ONAC, B. (2002): Exocarstul, in *Monografia carstului din M-ții Pădurea Craiului*, Institutul de Speologie „Emil Racoviță”, Editura Presa Universitara Clujeana, Cluj Napoca, pp. 18-34.

11. ONAC, B., RACOVÎȚĂ, G., RAJKA G., FEKETE A. (2002): Endocarstul, in Monografia carstului din M-ții Pădurea Craiului, Institutul de Speologie „Emil Racoviță”, Editura Presa Universitara Clujeana, Cluj Napoca, pp. 35-92.
12. POSEA, G. (1977): Suprafețele și nivelele de eroziune, *Revista de Geomorfologie*, nr. I, București, pp. 11-30.
13. POSEA, G. (2002): Geomorfologia României, Editura Fundației România de Măine, București, p. 444.
14. RUSU, T. (1988): Carstul din M-ții Pădurea Craiului. Pe urmele apelor subterane., Editura Dacia, Cluj Napoca, p. 254.
15. SIART, CH., BUBENZER, O., EITEL, B. (2009): Combining digital elevation data (SRTM/ASTER), high resolution satellite imagery (Quickbird) and GIS for geomorphological mapping: A multi-component case study on Mediterranean karst in Central Crete, *Geomorphology* 112, pp. 106–121.
16. SIART, CH., HECHT, S., HOLZHAUER, I., ALTHERR, R., MEYER, H. P., SCHUKRAFT, G., EITEL, B., BUBENZER, O., PANAGIOTOPOULOS, D. (2010): Karst depressions as geoarchaeological archives: The palaeoenvironmental reconstruction of Zominthos (Central Crete), based on geophysical prospection, sedimentological investigations and GIS, *Quaternary International*, 216, pp. 75–92.
17. SZÁSZ P. ZS. (2001): Királyerdő hegység (Erdély hegyei 17.), Pallas-Akadémia Könyvkiadó, Csíkszereda, p. 89.
18. TELBISZ, T. (2001): Új megközelítések a töbör-morfológiában az Aggteleki-karszt példáján, *Földrajzi közlemények* 125, pp. 95-108.
19. TELBISZ T. (2003): Karsztos felszínfejlődés és beszivárgás matematikai modellezése, doktori értekezés, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természetföldrajzi Tanszék, Budapest, p. 127.
20. TELBISZ T., (2004): Karsztos felszínformák vizsgálata digitális domborzatmodellek segítségével, in: Domborzatmodell alkalmazások Magyarországon, HUNDEM 2004 konferencia közleményei, Miskolc, Miskolci Egyetem, Természetföldrajz-Környezettan Tanszék, CD.

21. TELBISZ T., MARI L., KOHÁN B., JELENA ČALIČ (2007): A szerbiai Miroč-hegység töbreinek térinformatikai és GPS-es terepi vizsgálata, Karsztfejlődés XII., Szombathely, pp. 71-90.
22. TELBISZ T., MÓGA J., KÓSIK SZ. (2009): A Pelsőci-fennsík digitális domborzatelemzése és töbör-morfometriai jellemzése, Karsztfejlődés XIV., Szombathely, pp. 121-138.
23. TELBISZ T. (2010): A montenegrói Sinjajevina-karsztfennsík felszínalaktani vizsgálata terepi és térinformatikai módszerekkel, Karsztfejlődés XV., Szombathely, pp. 85-101.
24. ZÁMBÓ L. (1998): Karsztosodó kőzetek alaktana (karsztgeomorfológia). In: BORSY Z. szerk.: Általános természetföldrajz, Nemzeti Tankönyvkiadó Rt., Budapest, p. 832.
25. WHITE, E. L., WHITE, B. (1979): Quantitative morphology of landforms in carbonate rock basins in the Appalachian Highlands – Geological Society of America Bulletin, 90, pp. 385-396.
26. WILLIAMS, P. W. (1972): Morphometric Analysis of Polygonal Karst in New Guinea, Geological Society of America Bulletin, 83, pp. 761-796.
27. XUEWEN, Z., WEIHAI, CH. (2006): Tiankengs in the karst of China, Speleogenesis and Evolution of Karst Aquifers, Vol 4 (9), p. 18.

internetes forrás (*utolsó frissítés: 2012. november. 24.*):

1. <http://www.barlang.hu/pages/konyvek/70eves.pdf>