

**A MONTENEGRÓI SINJAJEVINA-KARSZTFENNCSÍK FELSZÍN-
ALAKTANI VIZSGÁLATA TEREPI ÉS TÉRINFORMATIKAI
MÓDSZEREKKEL**

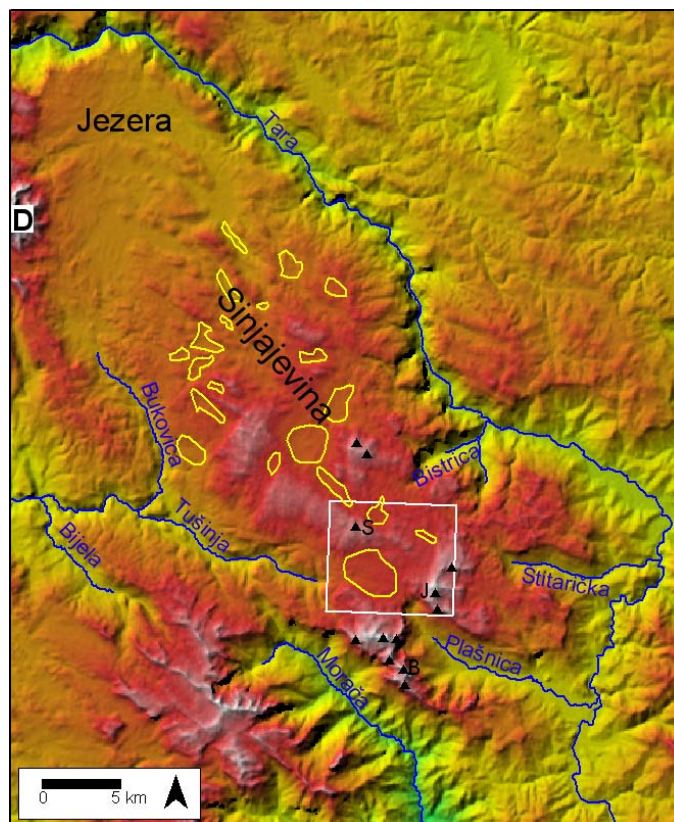
TELBISZ TAMÁS

ELTE Természetföldrajzi Tanszék, 1117 Budapest, Pázmány Péter sétány
1/C., telbisztom@ludens.elte.hu

Abstract: Sinjajevina Mountain with Jezerska Povrs form a large karst plateau of 928 km² area, SE of Durmitor Mt in Montenegro. Plateau elevation gradually rises from 1300 m to 1800 m along a NW-SE trend. The plateau relief is generally flat but towards SE smoothed ridges dissect the landscape, whereas the highest peaks (above 2200 m) are found on the southeasternmost glacially sharpened ridges. During the Pleistocene glacial periods the planina could be covered by a several 100 m thick ice sheet and valley glaciers were connectedly formed in the deep southern and eastern valleys. The scouring effect of this ice sheet can be detected in the rolling landscape of the plateau. At present, the surface is mostly covered with dolines (their density is measured 21.7 km⁻² in a smaller sample area), although doline borders are difficult to precisely define on the lower surfaces. However, on the higher, smoothed ridges, a „young stage” polygonal karst type is also observed. Nivation is still an important process in the formation of dolines due to the high amount of winter precipitation. The surface is dotted by small swallow holes (with depth and diameter of some meters) in a very high density (136 km⁻² in a smaller sample area). During our field survey, these forms were mapped by GPS. Karren forms are relatively rare because most part of the plateau is covered by pastures as a consequence of XIXth century deforestation. Geomorphological features were analyzed in a GIS-framework including digital elevation models and doline morphometry.

Bevezetés

A montenegroi Durmitor hegységtől keletre ill. délkeletre hatalmas kiterjedésű (928 km²), ÉNy-DK-i tengelyű karsztfennsík húzódik (1. ábra). Ennek bő hatodrésztét (144 km²) foglalja el az az északnyugati, sík térszín, melyet Jezerska Povrs-nak (röviden Jezerának) neveznek és a szakirodalom gyakran a Durmitorral együtt tárgyalja (LIPOVAC 1987, MAROVIC-MARKOVIC 1972). A hegység legmagasabb pontja a déli részén emelkedő 2277 m magas Babin zub. A hegység határait domborzatilag a legtöbb irányban mélyen bevágódott folyóvölgyek (részben kanyonok) jelölik ki: ÉK, K és DK felől a Tara folyó völgye határolja, míg DNy és Ny felé a Morača, Tušinja és Bukovica vízfolyások felső szakasza képezi a határt. Bizonytalanság elsősorban az ÉNy-i határ meghúzásában adódik, mert itt hiányoznak a válaszvonalat képező völgyek. A Jezera felé a határt a domborzat ellaposodása valamint a glaciális ill. glacio-fluviális üledékek felszíni dominanciája jelenti (geológiai térképek; MAROVIC-MARKOVIC 1972 alapján; 2. ábra). A Jezera és a Durmitor közti határ ugyanezen szempontok alapján jelölhető ki.

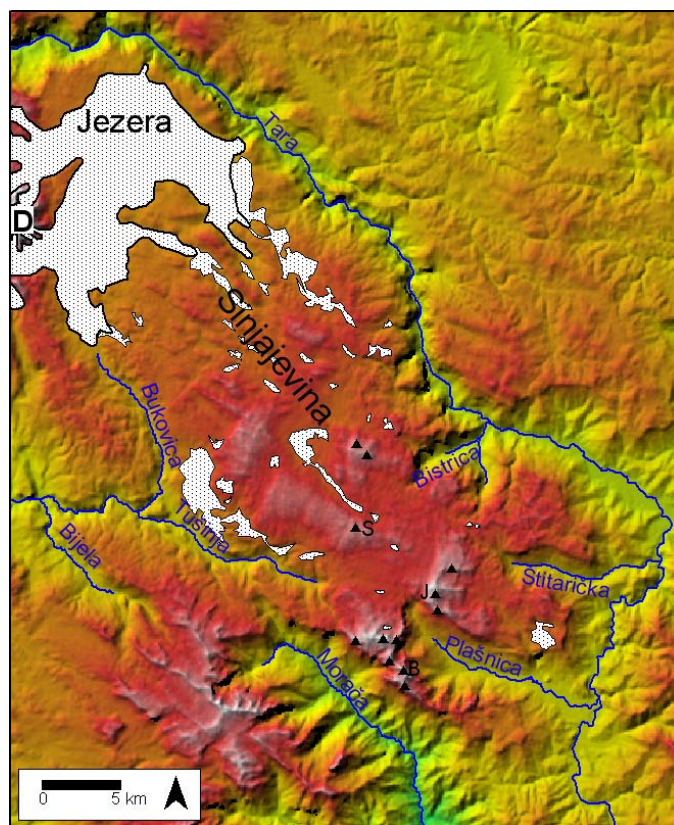


1. ábra: Domborzati térkép a Sinjajevina-hegységről (SRTM adatbázis alapján). Jelmagyarázat: sárga (nyomtatásban fehér) poligon: „polje”; fehér négyzet: vizsgált részterület; fekete háromszög: 2000 m-nél magasabb csúcs; D: Durmitor; S: V. Starac; J: Jablonov vrh; B: Babin zub (2277 m).

Fig.1: Shaded relief map of Sinjajevina Mts (data from SRTM). Yellow (white in print) circle: so-called polje; white rectangle: same area; black triangles: peaks over 2000 m a.s.l.; D: Durmitor Mts; S: V. Starac; J: Jablonov vrh; B: Babin zub.

A geológiai térképek alapján a fennsíkot 1000 métert is meghaladó vastagságban triász és jura mészkövek alkotják, melyek közül a jura kőzetek inkább csak a terület északi felében maradtak meg jelentős kiterjedésben, a déli részeken csupán kisebb foslányokban lelhetők meg. A Tara folyó kanyonja nagy mélységben tárja föl ezeket a karbonátos kőzeteket. A fennsík délkeleti végét tagoló Plašnica és Štitaricka völgyek felhasadt antiklinálisok tengelyvonalát követik, bennük perm időszi metamorf kőzetek bukkannak elő. Délnyugaton a fennsík idősebb mészkövei alatt kréta törmelékes kőzetek húzódnak, ebben alakult ki a Morača felső szakasza. Itt és a Tušinja folyó mentén kisebb foltokban triász vulkáni kőzetek (andezit, dácit) is megtalálhatók a felszínen.

A Sinjajevina kiemelkedése több lépcsőben zajlott le a kréta időszak-tól kezdődően. A tektonikusan nyugodtabb periódusokat elegyengetett fel-színek jelzik, melyek közül a Sinjajevinában legmarkánsabb a jelenleg 1600 m körüli szint, mely a kora-pliocénben alakulhatott ki abrúzió hatásá-ra. A pliocén végétől fokozódó kiemelkedés hatására vágódtak be a fennsík peremeit jelző völgyek (LIPOVAC 1987). A pleisztocén jégkorszakok idején erőteljes glaciális felszínformálás jellemezte a területet. MAROVIC-MARKOVIC (1972) térképe szerint a Durmitorból induló völgyi gleccserek a Jezera területén (kb. 1300 m t.sz.f.) nagy kiterjedésű jégtakarót alakítottak ki, melyből hosszabb-rövidebb ágak indultak el a Bukovica-folyó, a Tara-kanyon illetve a Sinjajevina öblözetei felé (2. ábra).



2. ábra: Pleisztocén jégtakaró ill. glaciális üledékek kiterjedése a Sinjajevina és a Jezera területén
(forrás: MAROVIC, MARKOVIC, 1972; geológiai térképek)

Fig.2: The extent of the pleistocene ice sheet and glacial sediments in Sinjajevina and Jezera
(source: MAROVIC, MARKOVIC, 1972; geological maps)

LIPOVAC (1987) szerint a Sinjajevina-fennsík domborzatán nincs számottevő nyoma a glaciális erózióknak, és kevesebb morénaanyag is talál-

ható, mint a környező hegyekben, ezért a fennsíkon nem lehetett komolyabb jégtakaró. Kivételt jelentenek a déli magasabb hegyláncok illetve a fennsík peremébe vágódó völgyek (Plašnica, Štitarička), ahol völgyi gleccserek nyomait őrző oldalmorénák és végmorénák is megtalálhatók még 900 m t.sz.f. magasságban is (Plašnica-völgy szájánál). Ez az alacsony pozíció elsőre talán meglepő, de a balkáni eljegesedések vizsgálatok mások is leírtak már ehhez hasonló vagy ennél alacsonyabb glaciális üledékeket. *MARJANAC-MARJANAC* (2004) és *SMITH* et al (1997) tengerszint közeli előfordulásokat említnek a Velebit pereméről ill. az Olümposz tövéből, ami kritikával kezelendő, de *CVJIĆ* 1903, *HUGHES* et al, 2006, *MENKOVIC* et al, 2004, *MILIVOJEVIĆ* et al, 2008 munkáiban számos alaposan megvizsgált balkáni hegység szerepel, melyek a gleccserek 1000 m t.sz.f. magasság alá ereszkedését bizonyítják.

Az eljegesedések végeztével (illetve a jégkorszakközökben) újra a karsztos felszínformálás vált meghatározóvá. A glaciális és karsztos formák kölcsönös egymásrahatását *FORD-WILLIAMS* (2007) elemezte részletesen, számos ehhez kapcsolódó forma a Sinjajevina hegységben is megfigyelhető. A fennsíkot nagyszámú töbrök borítja, gyakoriak a töbrösorok és a töbrök összeolvadásával keletkezett uvalák (*LIPOVAC* 1987). A fennsíkon nagyobb méretű, helyileg sokszor poljének nevezett, zárt mélyedések is megfigyelhetők (*1. ábra*), bár ezek nem teljesen feleltethetők meg a „*klaszikus*” poljéknak: talpuk nem annyira egyenletes, nincs bennük alluviális feltöltés és nem a karsztvízszintben helyezkednek el, jóllehet hóolvadás után egy ideig megáll bennük a víz. A nyílt karos formák viszonylag ritkák, a fennsík túlnyomó részét a XIX. századi erdőirtások eredményeként zömmel füves területek (legelők) borítják, így inkább a talaj alatti karrosodás jellemző.

A fennsík évi középhőmérséklete 4-5°C, csapadékmennyisége igen jelentős, évi 1500-2000 mm, és azon belül is a mediterrán hegyvidéki klímának megfelelően a téli hócsapadék nagy aránya érdemel említést (*LIPOVAC* 1987).

Jelen cikkben a Sinjajevina-hegység domborzati jellemzőinek digitális domborzatelemzés révén történő pontosabb megismerését, illetve a zárt mélyedésekkel kapcsolatos terepi, morfológiai, térinformatikai vizsgálatok kisebb mintaterületen való elvégzését tűztük ki célul. A töbrök morfológiai elemzéséhez a térinformatikai módszerek elterjedése temérdek új eszközt (különböző alapadatok térképi egymásra-helyezése; számítások gyors elvégzése; változatos megjelenítési lehetőségek stb.) szolgáltatott, amit az elmúlt években e témakörben megjelent nagyszámú publikáció is tükröz (pl.

ANGEL *et al*, 2004, DENIZMAN, 2003, FAIVRE-PAHERNIK 2007, ORNDORFF *et al*, 2000, TELBISZ 2001, TELBISZ *et al*, 2007).

Módszerek

A Sinjajevina-hegység DK-i részein végeztünk terepbejárást. A felszínformák megismerése mellett a víznyelők ill. egyes helyeken a töbör-határok elhelyezkedését térképeztük kézi GPS (Magellan; Garmin) segítségével.

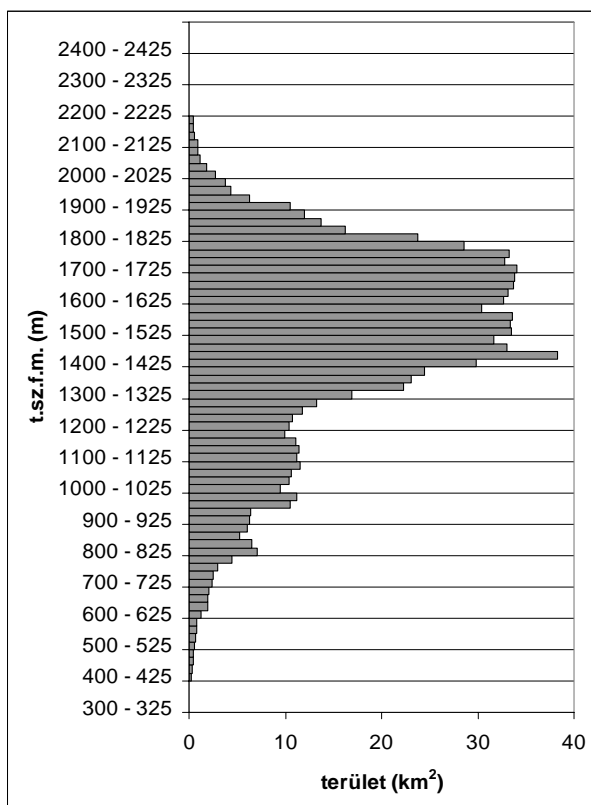
A digitális domborzatelemzést a hegység egész területére vonatkozólag az SRTM adatbázis (RABUS *et al*, 2003) alapján végeztük, melynek horizontális felbontása 90 m. A 7x8 km-es mintaterületről (1. ábra) külön digitális domborzatmodellt (továbbiakban: DDM) készítettünk 1:25000-es topográfiai térkép alapján (szintvonalak digitalizálása, Kriging interpoláció), ennek horizontális felbontását 20 m-esre állítottuk be. További alapadatként felhasználunk még az 1:50000-es topográfiai térképeket, az 1:100000-es geológiai térképeket (KALEZIC-MIRKOVIC, 1966, MIRKOVIC-VUJISIC 1989, ŽIVALJEVIC *et al*, 1981) valamint a GoogleEarth adatbázisában szereplő űrfelvételeket. Mindezeket közös UTM koordinátarendszerbe illesztettük és egységes térinformatikai adatbázist alakítottunk ki.

A térinformatikai elemzéseket ArcView GIS 3.2-es szoftver segítségével végeztük. Az 1:25000-es méretarányú topográfiai térképről digitalizáltuk a töbröket. Ezek középpontjait a térkép többnyire nem jelölte külön, ott a geometriai középpontokat automatikusan határoztuk meg. Szerkesztettünk töbör-sűrűségi térképeket (Kernel-algoritmus felhasználásával), meghatároztuk a töbrök hossz tengelyének állását és nagyságát (JENNESS 2003), valamint a hidrológiai modellezésben bevált eljárások (MARTZ-GARBRECHT 1998) segítségével lehatároltuk a nagyobb, zárt mélyedéseket.

Eredmények

A DDM alapján készült magassági hisztogram (3. ábra) felhasználásával megállapítható, hogy a Jezera-fennsík és a Sinjajevina jellemző szintje 1300 m és 1800 m közé esik (az összterület 66%-a). Ennek alsóbb szintje (1450 m alatt) a Jezerához tartozik, míg felsőbb szintje a Sinjajevina-fennsíkját alkotja (4. ábra). Ebből emelkednek ki a fennsík középső és déli részein a 2000 m-t meghaladó háta. Ezek a háta a Plašnica-völgy két oldalát kivéve jórészt lekerekített formákat mutatnak, és voltaképpen a főcsúcsot is hordozó, keskeny gerinc az egyetlen valóban alpesi jellegű, csipkézett sziklás felszínforma. Kárfülkéknek ennek a gerincnek a keleti ill. északi

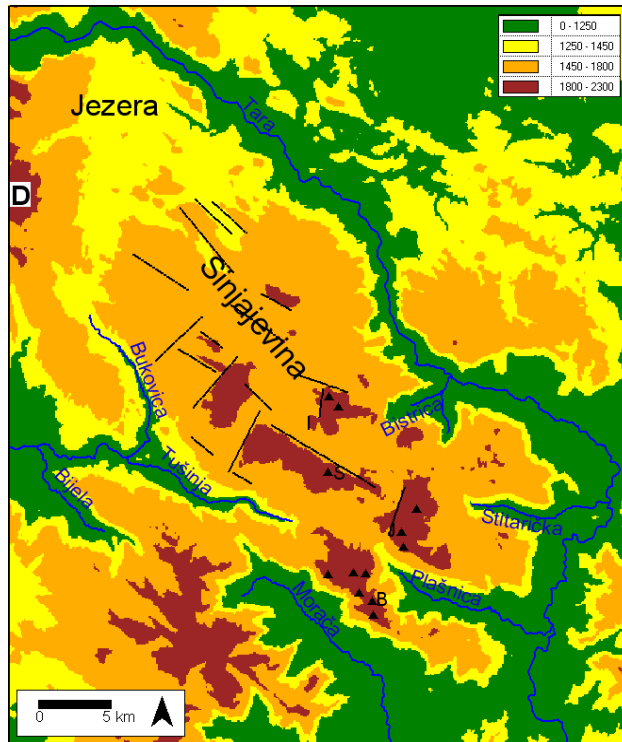
oldalán valamint a második legmagasabb csúcs, a Jablonov vrh, esetében szintén a keleti oldalán figyelhetünk meg, ami az eljegesedések idején (is) feltehetőleg uralkodó nyugatias szelek következményeként értelmezhető.



3. ábra: A Sinjajevina és a Jezera-fennsík magassági hisztogramja
Fig.3: Elevation histogram of Sinjajevina and Jezera

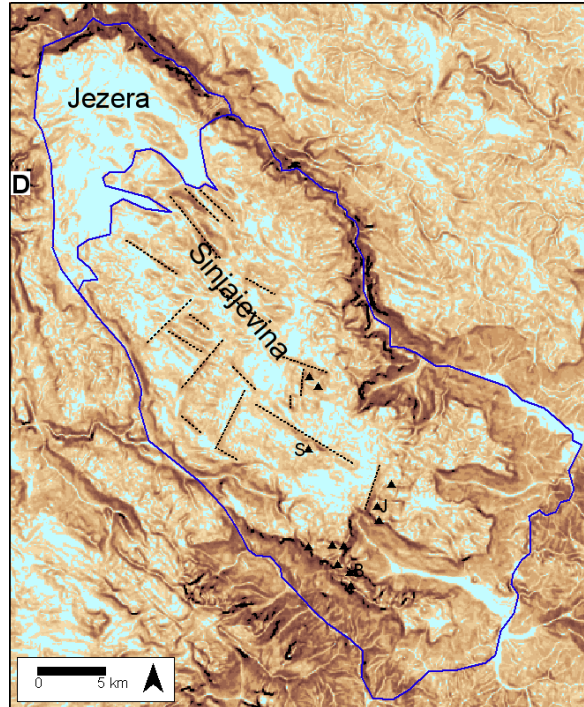
A lejtőszög térkép (5. ábra) alapján látható, hogy a Jezera-fennsík túlnyomó részén 5°-nál kisebb a lejtés, míg a Sinjajevina esetében ezek a közel sík térszínek az ún. poljékkal esnek egybe. A lejtőszög térkép alapján, az egyenes lefutású, meredek hegyoldalak mentén ÉNy-DK-i ill. DNy-ÉK-i irányú vonalakat lehet kijelölni. Ezek egy része egybeesik a geológiai térképen is jelzett szerkezeti vonalakkal, de számos közülük a geológiai térképen nincs jelölve. Az ÉNy-DK-i vonalak általában a gyűrődések tengelyével párhuzamosak és a rétegdőlésre merőlegesek, így az egyenes, meredek lejtők egy része dőlő rétegek szerkezeti preformációjával megmagyarázható. Az 1800 méternél magasabbra kiemelt háta (4. ábra) ÉNy-i és/vagy ÉK-i oldalát többnyire ilyen egyenes, meredek lejtők határolják, így feltételezhe-

tő, hogy ezek függőleges mozgásösszetevővel is rendelkező vetőként viselkedtek.

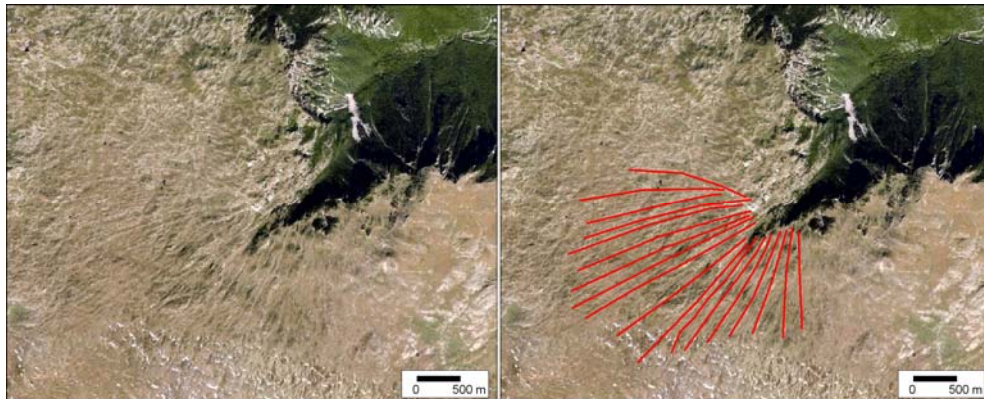


4. ábra: A Sinjajevina és a Jezera-fennsík jellemző magassági szintjei a szerkezeti vonalakkal
 Fig.4: Pronounced elevation levels in Sinjajevina and Jezera with structural lines

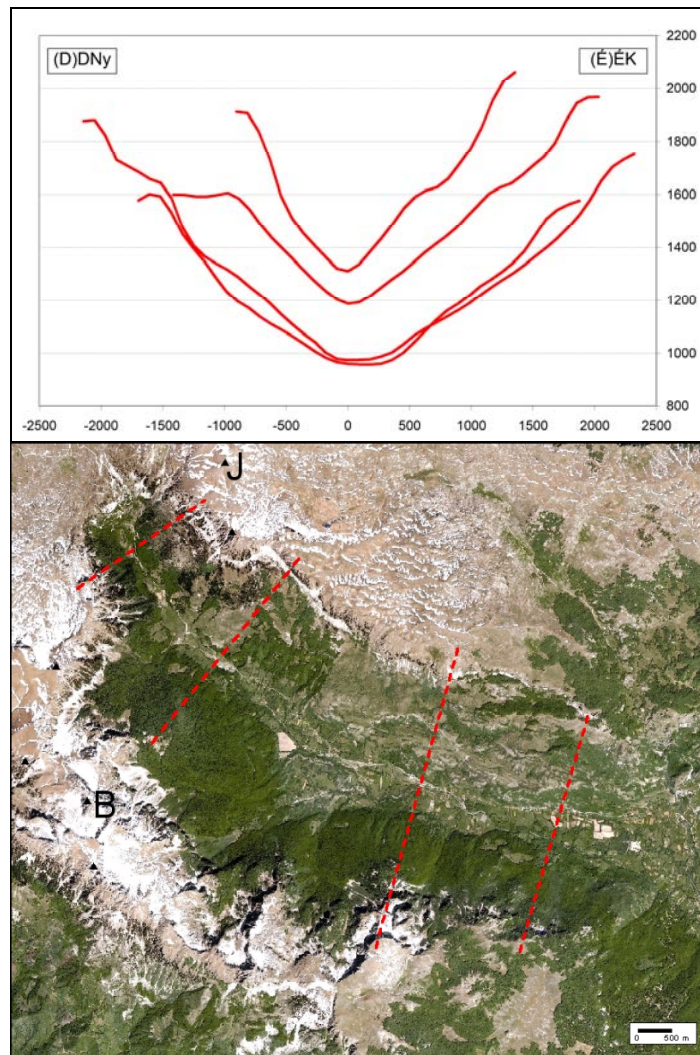
Az űrfelvétel alapján egyrészt jól megfigyelhető a felszínborítottság, az erdők igen kis aránya a kopár, füves térszínhez képest. Másrészt a felszín mintázata is számos információt hordoz, melyek közül a Bistrica völgyfőjéhez a fennsíkon kapcsolódó sugaras mintázat (6. ábra) érdemel különös figyelmet, ami a felszínről nem figyelhető meg, csupán a magasból és néhány méter szintkülönbségű „gerincek” és „völgyek” váltakozásából áll. Véleményünk szerint ez egyértelműen a glaciális erózió nyoma lehet.



5. ábra: Lejtőszög térkép a szerkezeti vonalakkal (szaggatott). Világoskék (nyomtatásban fehér): 5°-nál kisebb lejtésű területek. Kék (nyomtatásban fekete) vonal: a hegység határai.
 Fig.5: Slope map with lineaments (dashed lines). Cyan (white in print) areas: slope < 5°. Blue (black in print) line: the boundary of the mountains.



6. ábra: A Bistrica-völgyfőhöz kapcsolódó jég által csiszolt sugaras mintázat (baloldalt: GoogleEarth kép, jobboldalt: piros/nyomtatásban fekete) színnel kiemelve a sugaras mintázatot)
 Fig.6: Glacially scoured radial pattern next to the Bistrica valley head (Left: GoogleEarth image; Right: the radial pattern outlined with red /black in print/ lines)



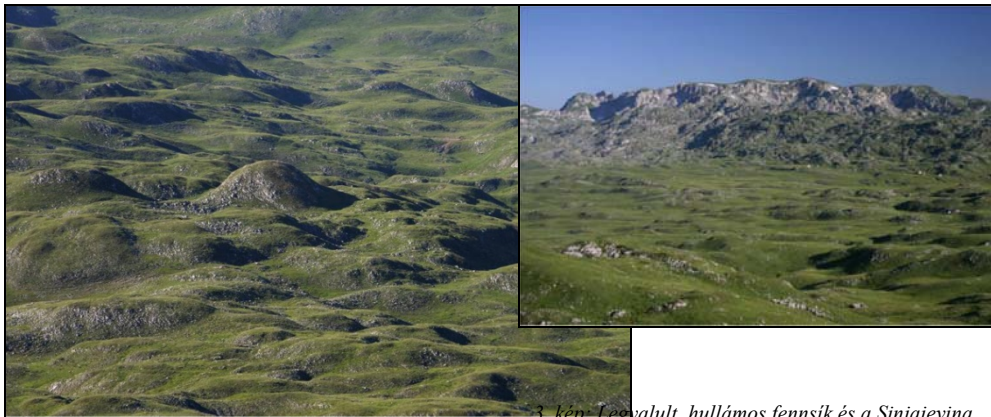
7. ábra: Fent: magassági keresztmetszvények a Plašnica-völgyben; alul: a völgy űrfelvételen (GoogleEarth) a keresztmetszvények helyével. B: Babin zub; J: Jablonov vrh.
 Fig.7: Above: Elevation profiles across the Plašnica valley (distance and elevation in meters); bottom: satellite image (Google Earth) with profile locations. B: Babin zub; J: Jablonov vrh

A Plašnica-völgy a benne megfigyelhető morénák alapján egyértelműen glaciális völgy. Ezt igazolják még a benne megfigyelhető völgyvállak, és a lapos, bár nem túl széles völgytalp valamint a peremek meredek, sziklás jellege (1. kép). Ugyanakkor a sziklafalak omlása nyomán kialakult törmelékletjtők, melyeket napjainkban zömmel erdő borít, a völgy profilját jelentősen torzították és a tipikus U keresztmetszetű glaciális alak kevésbé ismerhető fel (7. ábra).



1. kép: A Plašnica-völgy képe a fennsík pereméről DK felé tekintve
 Photo 1: The Plašnica valley viewing from the plateau rim towards SE

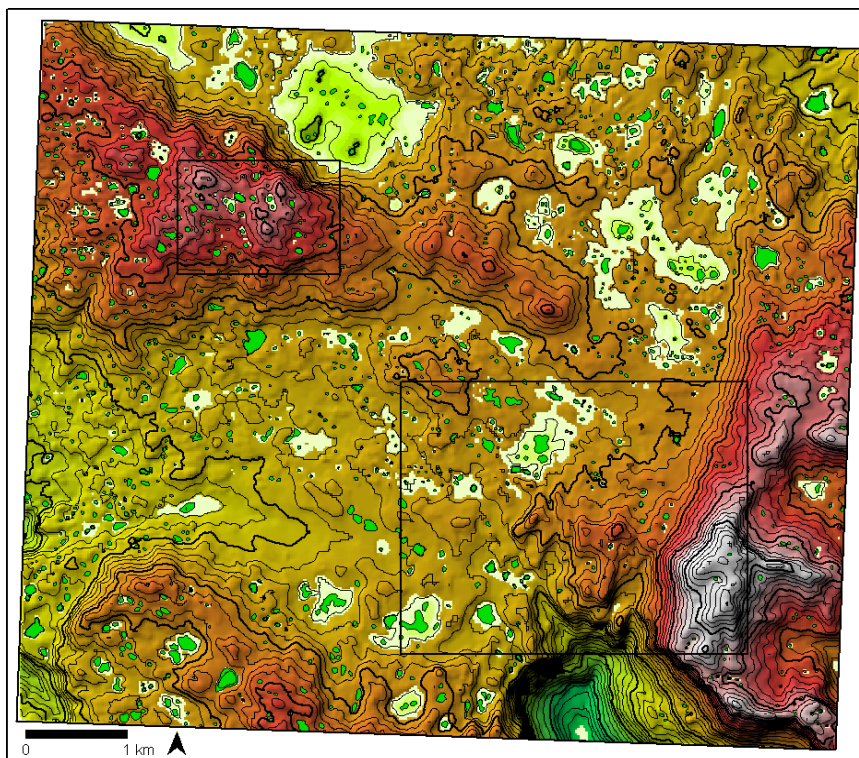
A fennsík laposabb, kevésbé kiemelt területein a töbrök közti gerincek, vízválasztók igen erősen legömbölyítettek, hosszúkás pásztákba rendezettek és a töbrök egymástól gyakran nehezen különíthetők el (2-3. kép). Ez a formakincs szintén az erőteljes glaciális erózióra utal.



2. kép: Legömbölyített töbröközi gerincek.
 Photo 2: Rounded interdoline ridges

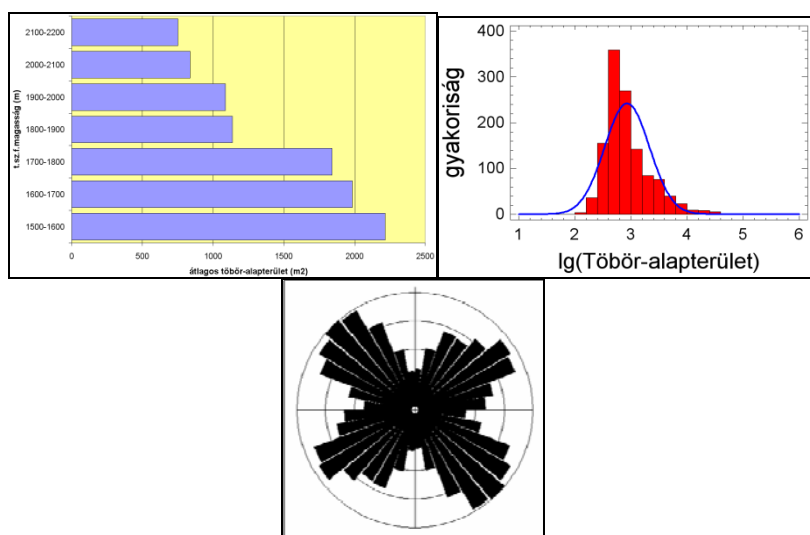
3. kép: Legyalult, hullámos fennsík és a Sinjajevina déli részét lezáró gerinc északi oldala.
 Photo 3: In the foreground: eroded, undulating plateau surface; background: N side of the high ridge at the southern rim of Sinjajevina

A kiválasztott 56 km²-es mintaterület töbreit és a nagyobb zárt mélyedéseket mutatja a 8. ábra térképe. A topográfiai térkép alapján 1215 töbröt találhatók a területen, így a sűrűség 21,7 töbröt/km². Megjegyzendő, hogy terepi megfigyeléseink alapján mind a töbrök számát, mind pedig méretét valamelyest alábecsli a topográfiai térkép, ennek mértékét azonban nehéz meghatározni. A töbrök térbeli elhelyezkedése (amit itt helyhiány miatt nem közölt sűrűségterképekkel is vizsgáltunk) meglehetősen bonyolult képet mutat, abból egyértelmű mintázat nem rajzolódik ki. A legközelebbi szomszéd-index (CLARK-EVANS 1954) értéke 0,92, ami szintén véletlenszerű elrendeződésre utal. Természetesnek mondható, hogy a töbrök az enyhébb lejtésű térszíneken alakulnak ki (ezt a „kiátlagolt” SRTM domborzathoz viszonyítottuk): 84%-uk a 10°-nál kisebb, 95%-uk a 14°-nál kisebb lejtőkön fejlődött ki. Néhol a töbrök vonalas elrendeződése figyelhető meg, de ez nem tekinthető általánosnak.



8. ábra: Töbrök és zárt mélyedések a mintaterületen. Sötétzöld (nyomtatásban fekete) poligon: a topográfiai térképen jelölt töbrök. Világoszöld (nyomtatásban fehér): nagyobb zárt mélyedés. Fekete keret: ÉNy-i: V. Starac polygonális karszt kivágata (11. ábra); DK-i: víznyelő-térkép kivágata (10. ábra) Alapszintvonalköz: 20 m. Fig.8: Dolines and larger, closed depressions in the sample area. Dark green (black in print) polygon: doline marked in the topographic map. Light green (white in print): large, closed depression. Black boxes: NW: map frame of Fig.11; SE: map frame of Fig.10. Contour interval is 20 m.

A töbrök száma és átlagos mérete a tengerszint feletti magassággal fokozatosan csökken (9a. ábra). A töbrök alapterületének gyakorisági eloszlása (9b. ábra) a számos területen megszokott lognormális eloszlástól (pl. TELBISZ et al, 2007) kismértékben eltér, nagyobb arányban vannak jelen a kisméretű töbrök, amit okozhat egyrészt a topográfiai térkép pontatlansága is, de ha ezt a lehetőséget kizárjuk, akkor ez azt jelenti, hogy a töbrösödés még egy „fejletlen stádiumban” van, nem nőttek még elég nagyra a töbrök, nem indult meg az összenövésük. A töbrök hossz tengelyeinek állása (9c. ábra) egyértelműen a domborzatban és a szerkezetben is jól megfigyelhető ÉNy-DK-i illetve DK-ÉNy-i irányokat követi.



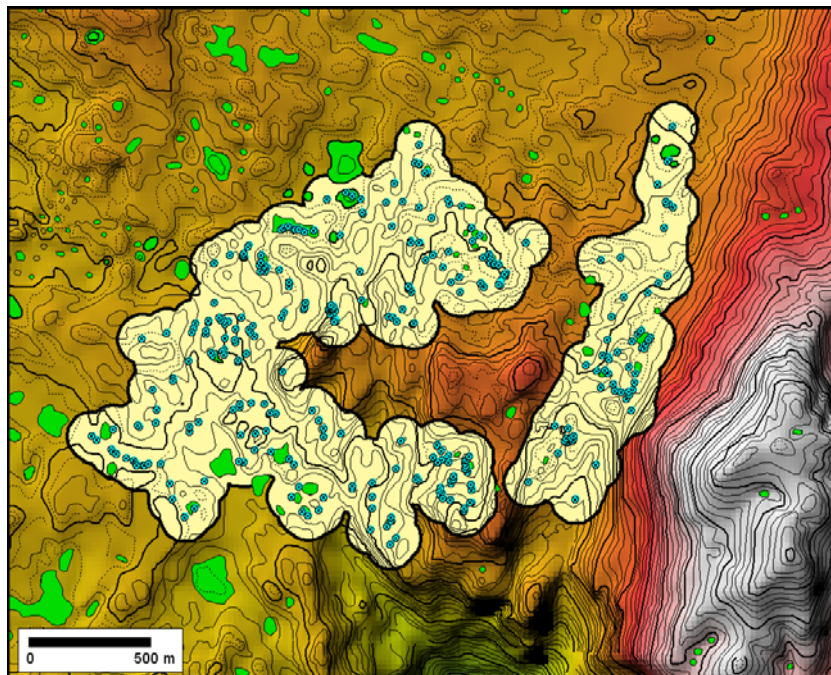
9. ábra: A töbrök néhány fontos morfológiai jellemzője a mintaterületen belül.
 a) A töbrök átlagos alapterülete a t.sz.f.magasság függvényében
 b) A töbrök alapterületének gyakorisági eloszlása (szemilog. koordináta-rendszerben)
 c) A töbör-hossztengelyek rózsadiagramja
 Fig.9: Some important morphometrical parameters of dolines (in the sample area)
 a) Mean doline area vs elevation a.s.l.
 b) Doline area frequency distribution (in a semilog plot)
 c) Rose diagram of doline long axes

A fennsíkon igen gyakoriak a töbröknél kisebb méretű (néhány méter átmérőjű), markáns, víznyelőszerű mélyedések (4. kép). Ezek kialakulásában a nivációs hatás is fontos szerepet játszhat (5. kép). Ezeket a mélyedéseket térképeztük fel a mintaterület egy kisebb részletén (2,36 km²). Töbrök alján 5-10 ilyen kisebb víznyelő is előfordulhat, de töbröközi hátakon, lejtőkön is szép számmal megtalálhatók, sűrűségükre a térképezésünk szerint 136 víznyelő/km² adódott (10. ábra).



4. kép: Kisméretű víznyelő a Jablonov vrh-től nyugatra
 Photo 4: Small-sized swallow-hole W of Jablonov vrh

5. kép: Hóval kitöltött víznyelők a Jablonov vrh DK-i oldalán
 Photo 5: Snow-filled swallow-holes SE of Jablonov vrh



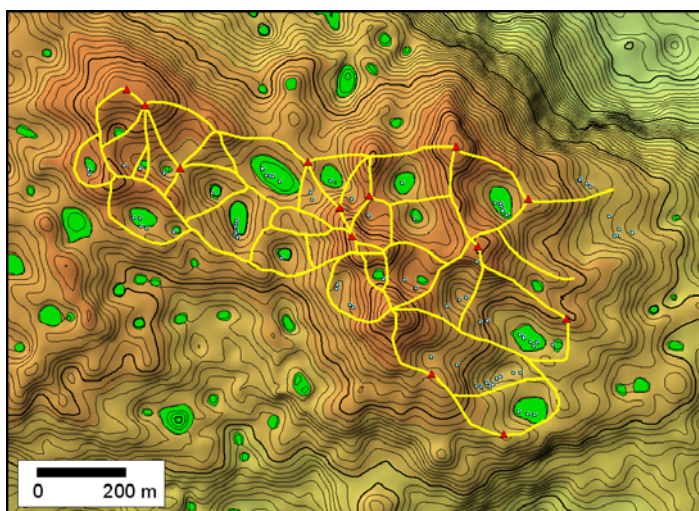
10. ábra: Víznyelők elhelyezkedése a GPS-szel feltérképezett területen. Sötétzöld (nyomatásban fekete) poligon: a topográfiai térképen jelölt töbör. Kék kör (nyomatásban szürke, pontozott): víznyelő. Drapp (nyomatásban fehér) poligon: a víznyelő-térképezés területe. Alapszintvonalköz: 10 m.

Fig.10: Spatial distribution of swallow-holes mapped by GPS. Dark green (black in print) polygon: doline. Blue circle (gray with dot in print): swallow-hole. Light brown (white in print) polygon: areal extent of GPS mapping. Contour interval is 10m.

A fennsík déli, középső részén kiemelkedő V. Starac csúcs környékén a töbrök eltérő jelleget mutatnak (6. kép). A mélyen bevágódott töbrök között a gerincek összeszűkültek és így a felszín egy kialakulóban lévő poligonális karszt (FORD-WILLIAMS 2007) képét mutatja. GPS segítségével föltérképeztük a gerinchálóját és az itt is nagy számban előforduló víznyelőket (11. ábra).



6. kép: Nagy relatív mélységű, egymáshoz közel elhelyezkedő töbrök a V. Starac csúcs közelében
Photo 6: Dolines with large depth/diameter ratio near V.Starac peak.



11. ábra: A V.Starac poligonális karsztja. Sötétzöld (nyomtatásban fekete) poligon: a topográfiai térképen jelölt töbör; kék kör (nyomtatásban fehér): víznyelő; sárga (nyomtatásban fekete) vonal: töbröközi gerinc; piros háromszög (nyomtatásban nincs): töbröközi csúcs. Alapszintvonalköz: 5 m
Fig.11: The polygonal karst of V.Starac. Dark green (black in print) polygon: doline (after the topographic map); blue circle (white in print): swallow-hole (by GPS); yellow line (black in print): interdoline ridge (by GPS). red triangle (not in print): interdoline peak. Contour interval is 5m.

Következtetések

A Sinjajevina-hegység általunk vizsgált részein három karszt típus jellemző:

- 1) A 2000 métert is meghaladó csúcsokkal rendelkező délkeleti részeken jellegzetes alpesi típusú glacio-karsztos térszínek alakultak ki.
- 2) A fennsík középső, viszonylag magasabb hátain „éretlen” kifejlődésű poligonális karszt figyelhető meg.
- 3) A fennsík alacsonyabb, nagy kiterjedésű részein egy glaciálisan erősen megcsiszolt felszínen zajlik a töbrök, víznyelők képződése.

A kisméretű víznyelők képződése fiatal folyamatnak látszik, elképzelhető, hogy a XIX. századi erdőirtások hatására kopárrá váló területen ez a folyamat felgyorsult.

A számos eljegesedésre utaló morfológiai bizonyíték alapján feltételezhető, hogy a hegységet viszonylag vastag platógleccser borította. Ennek kifejlődése az eljegesedések kezdetén a poljéknak nevezett zárt mélyedésekben hó/firn felhalmozódásával indulhatott el. Ezt éghajlatilag a jégkorszakban is feltételezhetően jelentős mennyiségű csapadék segíthette. A hegységben talált viszonylag kis mennyiségű moréna-anyagot azzal magyarázhatjuk, hogy a középső hátakat (majdnem) teljesen befedhette ez a jégtakaró, így a moréna-anyag képződése gátolva volt. Ez alapján a jég vastagsága elérhette a 2-300 métert is. A jégtakaró a fennsík peremébe vágódó völgyek felé lassan mozoghatott és belőle völgyi gleccserek nyúlhattak le (~mai analógia: Jostedalbreen). Ez megmagyarázhatja azt a tényt is, hogy a platójég által táplált gleccserek miért nyúlhattak le alacsony t.sz.f. magasságokig.

További vizsgálatot igénylő kérdés, hogy a Sinjajevina-hegység és a Jezera-fennsík jégtakarója összekapcsolódott-e, érintkezett-e egymással. Az eljegesedések korának, szakaszainak feltárása szintén a későbbi kutatások feladata. Valószínűnek látszik, hogy az eljegesedések utolsó szakaszában csak a déli, legmagasabb gerinceken volt jég, kisebb kárgleccserek formájában.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet fejezem ki Jelena Čalić-nak a terepi munkák szervezésében és a szakirodalom felkutatásában nyújtott segítségéért, továbbá Ábrahám Attilának a szerb cikkek fordításában való közreműködéséért.

IRODALOM

- ANGEL J.C.-NELSON D.O.-PANNO S.V.* (2004): Comparison of a new GIS-based technique and a manual method for determining sinkhole density: An example from Illinois' sinkhole plain. – *Journal of Cave and Karst Studies*, 66/1, pp.9-17.
- CLARK, P.J.-EVANS, F.C.* (1954): Distance to nearest neighbour as a measure of spatial relationships in populations. – *Ecology*, 35, pp.445-453.
- CVJIĆ, J.* (1903): Novi rezultati o glacijalnoj eposi Balkanskog poluostrva (New Results on the Glacial Epoch on the Balkan Peninsula; paper in Serbian). *Glas SKAN*, 65, Beograd.
- DENIZMAN C.* (2003): Morphometric and spatial distribution parameters of karstic depressions, Lower Suwannee River Basin, Florida. – *Journal of Cave and Karst Studies*, 65/1, pp.29-35.
- FAIVRE S.-PAHERNIK M.* (2007): Structural influences on the spatial distribution of dolines Island of Brač, Croatia. – *Z. Geomorph. N.F.*, 51/4, pp.487-503.
- FORD, D.C.-WILLIAMS, P.* (2007): *Karst Hydrogeology and Geomorphology* (2nd edition) – Wiley & Sons, 562 p.
- HUGHES P.D.-WOODWARD J.C.-GIBBARD P.L.* (2006): Quaternary glacial history of the Mediterranean mountains – *Progress in Physical Geography*, 30/3, pp.334-364.
- JENNESS, J.* (2003): Longest Straight Line v1.3 – Jenness Enterprises, <http://www.jenness.com/arcview>
- LIPOVAC, N.M.* (1987): *Planina Sinjajevina. Prilog Poznavanju Naših Visokih Planina* – Naučna Knjiga, Beograd.
- MARJANAC, L.-MARJANAC, T.* (2004): Glacial history of the Croatian Adriatic and Coastal Dinarides. In: Ehlers, J., Gibbard, P.L. (Eds.), *Quaternary Glaciations—Extent and Chronology. Part I: Europe*. Elsevier, Amsterdam, pp. 19–26.
- MARVIĆ, M.-MARKOVIĆ, M.* (1972): Glacial morphology of the Durmitor Mt.wider area (in Serbian). *Geoloski anali Balkanskog poluostrva*, 37, pp.37-48.
- MARTZ, L.W.-GARBRECHT, J.* (1998): The treatment of flat areas and depressions in automated drainage analysis of raster digital elevation models – *Hydrological Processes*, 12, pp. 843-855.
- MENKOVIĆ, L.-MARKOVIĆ, M.-CUPKOVIĆ, T.-PAVLOVIĆ, R.-TRIVIĆ, B.-BANJAC, N.* (2004): Glacial morphology of Serbia (Yugoslavia), with comments on the Pleistocene glaciation of Montenegro, Macedonia and

- Albania. In: Ehlers, J., Gibbard, P.L. (Eds.), Quaternary Glaciations—Extent and Chronology. Part I: Europe. Elsevier, Amsterdam, pp.379–384.
- MILIVOJEVIĆ, M.-MENKOVIĆ, L.-ČALIĆ, J.* (2008): Pleistocene glacial relief of the central part of Mt.Prokletije (Albanian Alps). – Quaternary International, 190, pp.112–122.
- ORNDORFF R.C.-WEARY D.J.-LAGUEUX K.M.* (2000): Geographic Information Systems Analysis of Geologic Controls on the Distribution of Dolines in the Ozarks of South-Central Missouri, USA – Acta Carsologica, 29/2, pp.161-175.
- RABUS, B.- M. EINEDER,- A. ROTH,- R. BAMLER,* (2003): The shuttle radar topography mission – a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar – Photogramm. Rem. Sens., v. 57, pp.241-262.
- SMITH, G.W.-NANCE, R.D.-GENES, A.N.* (1997): Quaternary glacial history of Mount Olympus. – Geological Society of America Bulletin, 109, pp.809–24.
- TELBISZ T.* (2001): Új megközelítések a töbör-morfológiában az Aggteleki-karszt példáján – Földrajzi Közlemények, 125 (49) / 1-2, pp.95-108.
- TELBISZ T.-MARI L.-ČALIĆ J.* (2007): Morfometrijska analiza vrtača na Mirocsu upotrebom GIS-a (Doline morphometry of Mt Miroč using GIS methods) – Glasnik Srpskog geografskog društva (Bulletin of the Serbian Geographical Society), 87/2, pp.21-30. (in Serbian)
- Geológiai térképek:
- KALEZIĆ, M.-MIRKOVIĆ, M.* (1966): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Savnik, K 34-39 – Savezni geološki zavod Beograd.
- MIRKOVIĆ M.-VUJISIĆ P.* (1989): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Zabljak, K 34-27 – Savezni geološki zavod Beograd.
- ŽIVALJEVIĆ M.-VUJISIĆ P.-MIRKOVIĆ M.-ČOKIĆ B.-ČEPIĆ M.* (1981): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Ivangrad, K 34-40 – Savezni geološki zavod Beograd.