PANTA RHEI – A FELSZÍNFORMÁK DINAMIKUS VÁLTOZÁSAINAK VIZSGÁLATA A ROMÁNIAI SZLÁNIK-VÖLGYBEN

Panta rhei – Investigation of the dynamic changes of the landforms in Slănicul de Buzău Valley (Romania)

MÓGA JÁNOS
Eötvös Loránd Tudományegyetem TTK FFI Természetföldrajzi tanszék
janosmoga12@gmail.com

ABSTRACT

Buzău Land Geopark is famous for its geodiversity, and there are several places within the geopark where geological and morphological values are concentrated. Such a varied place is the area of Slănicul de Buzău Valley, between Mânzălești and Lopătari, where, within a few kilometres, many interesting and instructive sedimentary geological, petrological and morphological phenomena can be found. Due to its less resistant rocks (rock salt, marl, clay shale, clay, sandstone) erosion, corrosion and landslide processes keep the landscape in dynamic change. In the past years, we have experienced its many different faces in different seasons in subsequent years. In this study, we summarize the results of investigation on recent dynamic geomorphological processes in the Slănicul de Buzău valley.

Keywords: dynamic geomorphological processes, geodiversity, landscape changes, Buzău Land Geopark, Slănicul de Buzău valley

BEVEZETÉS

A **Bodza-folyó menti geopark** (Buzău Land Geopark) a földtudományi sokféleségéről nevezetes, azonban vannak a geoparkon belül is kitüntetett helyek, ahol koncentráltan fordulnak elő földtani és felszínalaktani értékek. Ilyen változatos hely a **Szlánik-völgy** (Slănicul de Buzău) **Mânzălești** és **Lopătari** közötti szakasza, ahol pár kilométeren belül számos érdekes és tanulságos üledékföldtani, kőzettani, morfológiai jelenséggel találkozhatunk. Olyan ez a völgyszakasz, mint egy nyitott könyv, amely betekintést enged a terület fejlődéstörténetébe. Kevésbé ellenálló kőzetei (kősó, márga, agyagpala, agyag, homokkő) miatt az eróziós, korróziós, csuszamlásos folyamatok dinamikus változásban tartják a tájképet. Az utóbbi években gyakran felkerestük a folyó völgyét, amelynek sokféle arcával találkoztunk a különböző évszakokban az egymást követő években. Lassanként észrevettük azt, amit Hérakleitosz (Kr. e. 530–470) epheszoszi természetfilozófus olyan

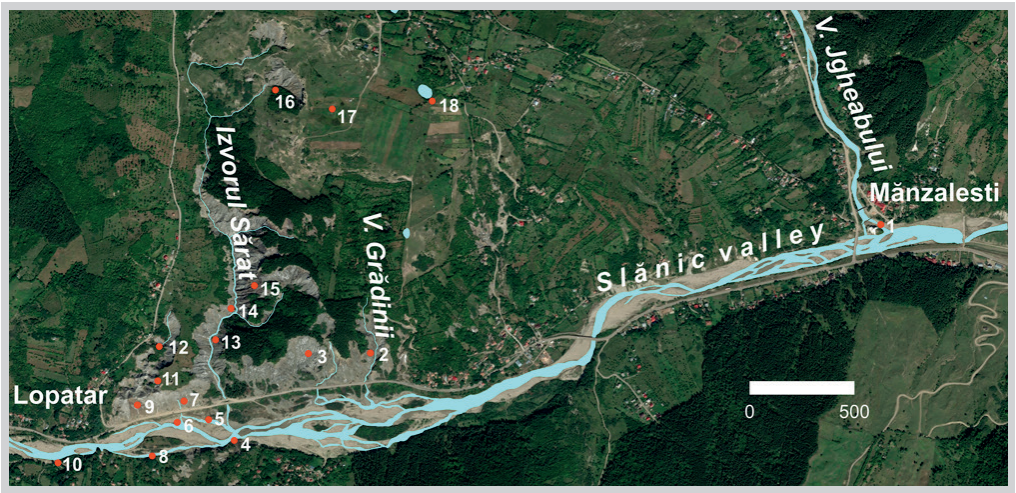
találóan megfogalmazott: „panta rhei” – minden folyik, azaz mindig minden ugyanaz és mégis más. Ez a tanulmány az utóbbi években a Szlánik-völgyben végzett felszínalaktani és morfológiai megfigyelések és vizsgálatok eredményeinek összefoglalását adja.

A VIZSGÁLT TERÜLET FÖLDTANI ÉS TERMÉSZETFÖLDRAJZI KÉPE

A Bodza-folyó menti geopark, amely a Keleti-Kárpátok déli zónájában helyezkedik el, egyedülálló földtani értékekkel, nagy geo- és biodiverzitással, gazdag kulturális és épített örökséggel büszkélkedhet (Gray, M. 2004, Irimia, D. N. – Irimus, I. A. 2012, Irimus, I. A. – Toma, C. B. 2012). A geopark területén a Tarkői-takarórendszer töréses, gyűrt rétegei (felső-kréta–alsó-miocén), a Szubkárpáti-takarórendszerhez tartozó (alsó-középső-miocén) márga, homokkő, só és gipsz, molassz típusú üledékek és a Belső-elősüllyedék áttolt (felső-miocén–holocén) tengeri homokkő, márga, tavi, delta és folyóvízi környezetben lerakódott rétegei fordulnak elő. Földtani és felszínalaktani értékei közül kiemelkednek a sódiapírok és a sárvulkánok, jól megfigyelhetők a Messinai sókrízis eseményei és képződményei, a rétegtani alapszelvények és a korjelző ősmaradványok. A „Trovanti Homokkő” különleges sziklaalakzatai és a Szlánik-völgy felső szakaszán a metán gáz kiáramlásához kapcsolódó öröktűz képezik a geodiverzitás fő értékeit, amelyek geoturisztikai vonzerővel rendelkező látványosságnak is számítanak.

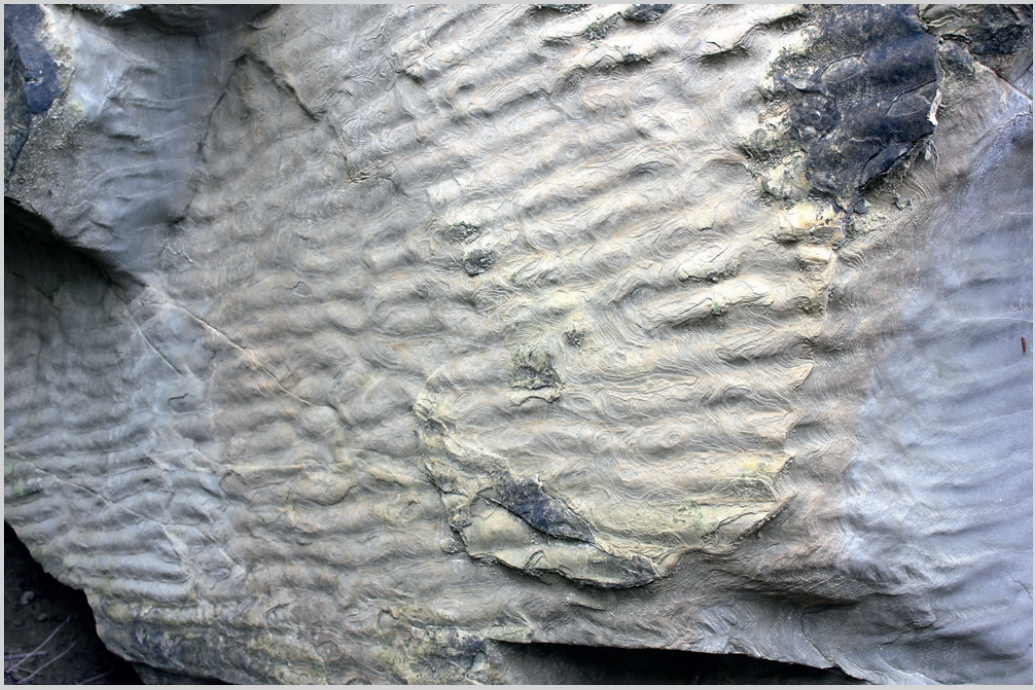
A vizsgálat tárgyát képező **Szlánik-völgy** középső völgyszakasza földrajzi értelemben a La Grunj (Fehér-kő) nevű sziklaalakzatnál kezdődik, amely Mânzăleşti településnél a Zgyáb-patak völgye (Valea Jgheabului) torkolatánál cukorsüveg alakú fehér toronyként emelkedik ki, és Lopătari falu szélén a Szlánik-folyó felett vezető függőhídig tart (1. ábra). Földtani határait délen a Szubkárpáti-takarórendszer, északon a Tarkői-takarórendszer jelöli ki, területének túlnyomó részét a két takarórendszer közé beékelődő – a Meledic-fennsík kialakításában szerepet játszó – sódiapír alkotja, amelybe a Szlánik-völgy is belevágódott. A sókarszt környezetében bádeni korú tufa rétegek, gipsz betelepülésekkel tagolt márgák, szarmata homokkövek és a felső-miocénben lerakódott, vöröses kontinentális üledékek jelennek meg (Stoica, M. et al. 2017).

A **La Grunj (Fehér-kő)** egy 18 m magas fehér kőszikla (2. ábra), ami a badeni (középső-miocén) kor tengeri paleokörnyezetében leülepedett, tengeri mikroorganizmusokat is tartalmazó vulkáni tufitból áll (Melinte-Dobrinescu, M. C. et al. 2017, Stoica, M. et al. 2017). A tanulmányunkban bemutatott völgyszakasz másik végén, Lopătari falu szélén, a völgy nyugati oldalán egy érdekes geotóp található, ahol a Tarkői-takaróhoz tartozó homokkősziklák felszínén **fosszilis hullámfodrokat** (ripple mark) láthatunk (3. ábra), amelyek valaha a miocén tenger partvidékén a hullámverés zónájában alakultak ki (Stoica, M. et al. 2017).



1. ábra. A Szlánik-völgy középső völgyszakasza a geotópokkal (kézikamerás drónfelvételek alapján szerkesztette Móga J.). Jelmagyarázat: 1. La Grunj (Fehér-kő), 2. Valea Grădinii, 3. badland, 4. színlők, 5. árvízi színlők sókőzetben, 6. zátonyok és fonatos vízhálózat, 7. Nagy-forrásbarlang, 8. sóalagút a mederben ablakokkal, 9. vörös melange üledékek a sókőzetben, 10. homokkő sziklák fosszilis hullámfodrokkal, 11. poligonális karszt a Meledic-fennsík DNy-i részén, 12. nagy víznyelő, 13. Nagy-kanyon (Valea Isvorul Sărat), 14. sóforrások, 15. badland a Nagy-kanyon peremén, 16. Nagy-Amfiteátrum, 17. fedett karsztos mélyedések, 18. Vár-tó

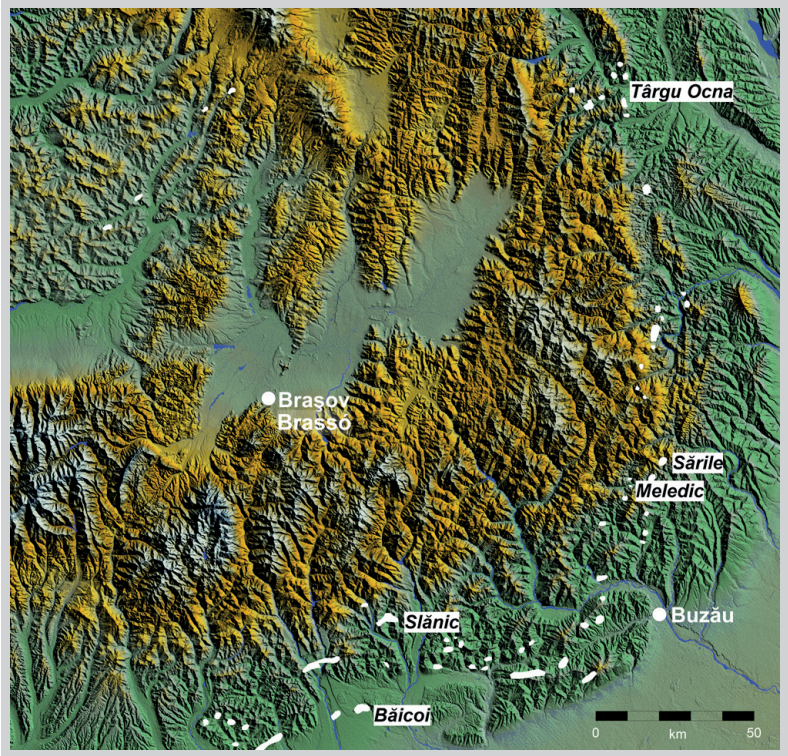
2. ábra. La Grunj (Fehér-kő)



3. ábra. Homokkősziklák a völgy oldalában fosszilis hullámfodrokkal

Az említett két „határkő" között, a Szlánik-völgy mentén egy óriási **sódiapir**, a **Meledic sótömzs** emelkedik, amely a Szubkárpáti-takaró és a Tarkői-takaró érintkezési zónájában alakult ki (Andrasanu, A. 2010, Stoica, M. et al. 2017). Az evaporitlerakódások a bádeni sókrízishez kapcsolódnak, amelyet a Paratethys területén a tengerszintcsökkenés és a jelentős párolgás következtében a tengervíz bepárlódása és a sótartalom kicsapódása idézett elő. A sókrízist a bádeni korban végbement nagyméretű tektonikus mozgások, valamint a Paratethys középső és keleti medencéjének elszigetelődése váltották ki. Ezek a folyamatok elzárták a tengeri kapcsolatot a Paratethys déli ágától. A sókrízis 13,81 ± 0,08 millió éve kezdődött, és a kutatások szerint kb. 200 000–600 000 évig tartott (Rögl, F. et al. 1978, Tirla, M. L. 2019). A későbbi szerkezeti mozgások vezettek a sódiapírok és kripto-diapírok (rejtett sótömzsök) kialakulásához és kiemelkedéséhez az Erdélyi-medencében és a Kárpátok előterében. A Szlánik-völgy mentén emelkedő sódiapír beilleszkedik a Kárpátok külső oldalán húzódó Elő-kárpáti-sóövbe (4. ábra), ahol a kárpáti és bádeni korban keletkezett kősó számos jelentős kibúvása ismert (Tirla, M. L. 2019).

A Meledic-fennsíkot alkotó sódiapir kiemelkedését a Vrancea-zónában lejátszódó tektonikai folyamatok és a sótektonika, vagyis a rétegek sűrűségkülönbségei miatt



4. ábra. A Keleti-Kárpátok sóöve. A sóelőfordulásokat fehér foltok jelölik.

kiváltott mozgások okozták. Emelkedése során a sótömb meggyűrte, felboltozta, majd átszúrta a felette elhelyezkedő fiatalabb miocén rétegeket. A sótömzsben bizonyos pontokon vöröses agyagbetelepülések vannak. Felső részében és külső oldalán kaotikusan meggyűrt sóbreccsa található, ami a felemelkedő sódiapír környezetében a sótektonikai folyamatok során alakult ki és a sótesttel érintkező kőzetek (márga, homokkő, vörös agyag és homok) törmelékeit is magába foglalja. A sótest 600 méter magasságba emelkedett és a határoló völgyek bevágódása miatt szabálytalan négyszög alakú fennsíkká formálódott. A Meledic-fennsíkot az egykori fedőrétegek törmelékanyaga és a sókőzet oldódása során visszamaradt oldási maradék takarja be, ami alól a sókőzet csak a meredek lejtőkben és sószakadékokban bukkan felszínre.

A Szlánik-völgy keleti oldalán emelkedő **Meledic-fennsík** kb. 410–610 m magas, részben fedett sófennsík változatos felszíni és felszín alatti sókarsztos formákkal (sekély szuffóziós dolinák, oldásos töbrök, mély víznyelős töbrök, tavas dolinák, uvalák, víznyelők, karrmezők, szurdokvölgyek és barlangok). Ez Közép-Európa legnagyobb válozatosságú sókarsztja, sok földtani és morfológiai értékkel. A Meledic-fennsíkon lévő víznyelők **sóbarlangokat** alakítottak ki. A fennsík északi részén (a

tanulmányunkban vizsgált táj határain kívül) található a világ egyik leghosszabb (több mint 3 km hosszú), többemeletes sóbarlangja (6S-barlang). A felszínközeli só oldódása felelős a közelmúltban kialakult helyi berogyásokért, ami számos kis tó kialakulásához vezetett. Említésre méltó az édesvizű Vár-tó és a Meledic-tó a sódiapír tetején, mindkettő agyagos rétegekben alakult ki. A fennsík központi, legmagasabb részéről kiinduló völgyek (Meledic- és Só-völgy, „Grand Kanyon", Valea Grădinii) vízfolyásai sugár irányban futnak le a fennsíkot minden oldalról határoló fő völgyek, északon a Meledic-patak völgye, nyugaton a Sós-forrás-völgye (Valea Izvorul Sărat), keleten a Zgyáb-patak völgye (Valea Jgheabului), délen a Szlánik-folyó völgye felé (1. ábra). Utóbbi gyűjti össze a Meledic-fennsíkról lefolyó összes vízfolyást.

KUTATÁSI ELŐZMÉNYEK

A régebbi földtani kutatások (Coquand, M. H. 1867, Cobălcescu, G. 1883, Ciocârdel, R. 1949) főleg a terület szerkezetföldtani megismerését, geológiai térképezését és az erőforrások, főleg a szénhidrogének (kőolaj, földgáz) felkutatását szolgálták. A Bodza-folyó menti geopark – ahol számos érdekes geotóp található – alapításával azonban előtérbe kerültek a sokáig rejtőzködő földtani és morfológiai örökség megismerésére irányuló kutatások (Peahă, M. 1965, Etiope, G. et al. 2009, Andrăşanu, A. 2010, Ică, G. 2010, Marunteanu, C. – Dumitru, I. 2010, Sava, D. et al. 2010, Irimia, D. N. – Irimus, I. A. 2012, Irimus, I. A. – Toma, C. B. 2012, Romanescu, G. et al. 2015, Stoica, M. et al. 2017). A **geotóp** földtani, geomorfológiai, esztétikai és tudománytörténeti szempontból érdekes, különleges, figyelemre méltóan tanulságos, élettelen természeti érték, helyszín. Jelentősége abban rejlik, hogy bepillantást enged a földtörténet valamely időszakának eseményeibe, történéseibe, változásaiba. A Szlánik-völgy menti területek szerkezetföldtani, rétegtani, paleontológiai vizsgálatai nyomán új geotópokat lehetett kijelölni, amelyek a terület fejlődéstörténetének megismerése szempontjából fontosak.

A sókarsztok formakincsének képződésével, morfológiájával és morfometriai vizsgálatával számos kutató foglalkozott az elmúlt évtizedekben a Föld különböző tájain (Balázs D. 1990, Frumkin, A. 1994, 2011, 2013, Zentai Z. 1994, Macaluso, T. – Sauro, U. 1996, Bosák, P. et al. 1999, Frumkin, A. – Raz, E. 2001, Bruthans, J. – Zeman, O. 2003, Waltham, T. et al. 2004, Madonia, G. – Sauro, U. 2009, Frumkin, A. et al. 2011, Móga J. et al. 2015, 2017, Gutiérrez, F. – Lizaga, I. 2016). Az utóbbi években örvendetesen megszaporodtak a Keleti-Kárpátokban és a Kárpát-medence térségében található sókarsztos területein is a sókarsztokhoz kapcsolódó kutatások, amelyek a karsztgenetikától a formaképződésig minden jelenséget érintettek

(Zentai Z. 1994, Naparus, M. 2009, Ică, G. 2010, Marunteanu, C. – Dumitru, I. 2010, Romanescu, G. et al. 2015, Veress M. et al. 2011, Móga J. et al. 2015, 2017, Strat, D. 2016, Tirla, M. L. 2019).

CÉLOK ÉS MÓDSZEREK

Kutatásunk fő célja a Szlánik-völgy Mânzăleşti és Lopătari közötti szakaszának és a vele határos területeknek a morfológiai vizsgálata, illetve a területen előforduló földtani és morfológiai értékeknek, valamint a geodiverzitásnak a tanulmányozása, továbbá a sókarszton lejátszódó lassú és gyors lefolyású felszínformáló folyamatok megismerése, a hatótényezők feltárása és követése volt.

Más tájakhoz hasonlóan a gyors lefolyású morfológiai változásokért a hirtelen támadt nagy felhőszakadások, jelentős hóolvadások nyomán képződött árvizek, főleg a villám árvizek a felelősek. Néha évek vagy akár évtizedek alatt sem történik olyan jelentős változás, mint egy árvíz idején a Kárpátok völgyeiben. A lerohanó víz oldalazó és vonalas eróziós tevékenysége súlyos károkat okozhat a nem megfelelően épített utakban, hidakban és a folyó menti települések lakóházaiban is. Ezek a jelenségek különösen gyorsan jelentkezhetnek a vizsgált völgyszakaszban, amely részben könnyen oldódó sókőzetbe mélyült. Ezért is a 2014-ben megindult monitoring jellegű vizsgálataink fő célja a dinamikus változások megfigyelése és követése volt. A 2019. évi májusi villámárvíz különösen nagy változásokat okozott a völgyben, ennek nyomait, következményeit dokumentálva szeretnénk felhívni a figyelmet azokra a veszélyforrásokra (geohazard), amelyek e völgyszakaszon is potenciálisan jelen vannak. Folytatódó kutatásunk területe a gyorsan lejátszódó eróziós és korróziós folyamatok, valamint lejtős tömegmozgások következtében lejátszódó felszínalakító folyamatok vizsgálata, és tervezzük az általuk dinamikusan változó formakincs bemutatását. A vizsgált völgyszakaszon a só oldódása és kicsapódása lassú, de mégis látványos változásokat okoz a Szlánik-völgyben és a szomszédos hegyoldalakban, a felszínen és a felszín alatt egyaránt.

A kisebb felszínformák morfometriai jellemzőinek vizsgálatára, a terepen végzett mérésekhez bányászkompaszt és GPS-t használtunk, amit quadrokopterrel készített légi felvételek fotogrammetriai kiértékelésével egészítettünk ki. Az átfogó geomorfológiai, morfometriai vizsgálatokhoz a Google Earth által a területről elérhető műholdképeket használtuk fel, a méréseket Global Mapper 2.0 és Surfer 12 szoftverrel végeztük. A megfigyelt jelenségek és felszínformák szemléltetésére a Meledic-fennsík DNy-i részéről, illetve a Szlánik-völgy fennsíkkal határos területeiről a drónfelvételekből előállított ortofotó és DDM segítségével a Surfer-12 program segítségével tömbszelvényt készítettünk.

A VIZSGÁLT TERÜLET GEODIVERZITÁSA, FELSZÍNFEJLŐDÉSE ÉS MORFOLÓGIÁJA

Karsztos szurdokvölgyek, badlandek

A Meledic-fennsík Szlánik-völggyel határos területe erősen tagolt és változatos morfológiájú, amely a kőzetfelépítésből és a külső erők tevékenységétől függően változik. Főleg az eróziós és akkumulációs folyamatok, a lejtős tömegmozgások, valamint a karsztos folyamatok határozzák meg a terület morfológiáját. A határoló völgyek közül dómszerűen kiemelkedő Meledic-fennsík központi részéből centrifugálisan futnak le a kisebb vízfolyások. Több ilyen kis vízhozamú patak fut le déli irányba a Szlánik-völgy felé is, csekély vízhozamuk ellenére a fennsík peremébe mély kanyonvölgyeket mélyítettek (Valea Sării [Só-völgy], Valea Isvorul Sărat – amit népszerűen Nagy-kanyonnak neveznek – és Valea Grădinii). Ezek közül a Nagy-kanyon a legmélyebb és a leghosszabb, szinte kettéfűrészelte a fennsíkot, és kisebb fennsíkrészleteket különített el. A több tíz méteres sófalakkal határolt sókanyonban sóbarlangok nyílnak, sóforrások fakadnak. A sófalak tetején az erózió a szomszédos tetőket betakaró, málladékanyagba ágyazott hordalék- és törmelékrétegeket árkokkal felszabdalta, a mélyebbre bevágódott árkok között az eredeti felszín maradványai tűszerű, toronyszerű pártázatot képeznek a kanyon felső szegélyén (5., 6. ábra). Sokfelé láthatunk ilyen badland térszíneket a kanyonvölgyek felső szegélyén és a Szlánik-völgy meredek lejtőinek tetején is. A kőtörmelékes málladékanyag gyakran (főleg csapadékos időszakokban, hóolvadás után) leomlott vagy lecsúszott a lejtőkön, és kisebb-nagyobb foltokban betakarta a sókőzetet. Később az árvizek a hordalékot elszállították és a Szlánik-völgy talpán tekintélyes méretű hordalékkúpot építettek belőle. Ezek a lejtő felső hátrálással együttjáró omlások és csuszamlások érinthetik a kősót is. Időnként a tetőket borító erdők fái is beleszakadtak és beágyazódtak a sókőzetbe, ezt bizonyítja, hogy a Nagy-kanyon sófalából különböző magasságban termetes fatörzsek állnak ki. Érdekes lenne megvizsgálni ezeket a fatörzseket, hogy meg lehessen határozni, azonosak-e a jelenlegi erdő fafajaival, másrészt dendrokronológiai módszerekkel meghatározni a korukat, hogy megtudjuk, mikor éltek, illetve mikor ágyazódtak be a sórétegekbe, ami adatokat szolgáltatna a völgyfejlődéshez is.

A fennsík belseje felé hátravágódó (regressziós) mellékvölgyek völgyfőiben is hatalmas sófalak és sós-breccsás **badlandek** alakultak ki. Különösen látványos a fennsík nyugati peremén a Sós-forrás-völgy völgyfőjében kialakult mintegy 60 m magas ívesen hajló sófal, amelyet jellegzetes alakjáról Nagy-Amfiteátrumnak neveznek (5. ábra). A Nagy-Amfiteátrumot a fedőüledékek felárkolásával kialakított látványos pártázat, badland koronáz meg.

5. ábra. A Nagy-Amfiteátrum sófala

Karrok

A só, mint jól oldódó kőzet kiválóan karsztosodik. A Meledic-fennsíkon a **sókarsztos formakincsnek** rendkívül nagy a változatossága. A Kárpátok vonulatán belül az egyik legváltozatosabb formakincs itt alakult ki, mind a fedett karsztos mélyedések, mind a nyílt karsztos felszínformák megjelennek a Szlánik-völgy peremén, a fennsíkon, a lejtőkön és a völgy talpán, a felszínen és a felszín alatt egyaránt. A Meledic-fennsík sókarsztos területe nagyrészt fedett karszt, ahol a sótestet néhány méter vastag vízzáró agyagos üledék fedi, amely természetes állapotában megvédte a sókőzetet a felette elhelyezkedő üledékekben áramló víz oldó hatásától.

Annak ellenére, hogy nyílt karsztos térszínek jelenleg lényegében csak a legnagyobb méretű dolinák alján és a szurdokvölgyek meredek oldalaiban fordulnak elő, viszonylag változatos a megjelenésük. A kősó rendkívül gyors oldódása rövid idő alatt viszonylag nagy és változatos formákat alakít ki, de a formák, sőt maga a sókibúvás is hamar eltűnhet. Összességében a csupasz sófelszín kiterjedése kicsi, a teljes fennsík területének kb. 7%-a. A lejtős területeken a karrformák közül a lejtőn lefolyó víz áramlásától függő formák fordulnak elő a leggyakrabban. A lejtőn szabadon áramló víz alakítja ki e formákat a fedetlen sziklafelszínen. Mivel a lejtők nagy része meredek és viszonylag kicsi az a felület, ahol a csapadékból származó víz összegyűlhet, főleg a néhány cm átmérőjű és mélységű **rovátkakarrok** (rillek) hálózata jellemző (6. ábra). A lefolyó víz a nagyobb kiterjedésű

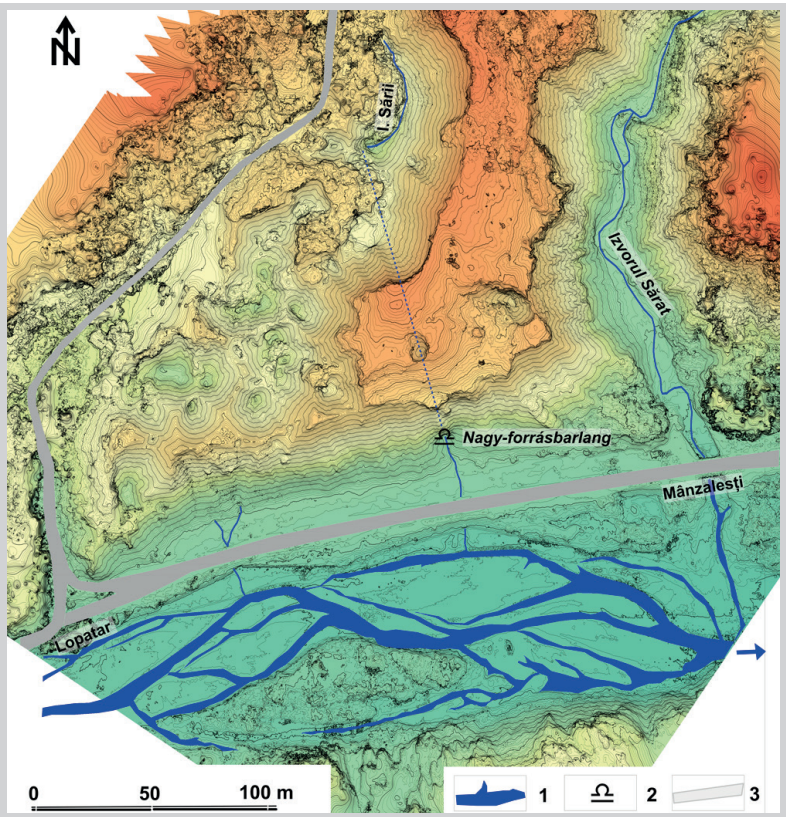
6. ábra. Sókarros térszín

(több m²-es) sólejtőkön vízágakra bomlik, amelyek 10-20 cm mélységű **vályúkarrokba** (rinnek) torkollanak. A karrbarázdák és vályúk között csúcskarrok emelkednek, míg a közel függőleges lejtőket falikarrok uralják (Waltham, T. et al. 2004, Ford, D. C. – Williams, P. 2007, Veress M. et al. 2011, Veress M. 2016). A karros térszínek általában nagyon meredekek, és az erős tagoltság miatt nehezen járhatók vagy járhatatlanok.

Dolinák és víznyelők

A sókarszton kialakult dolinák jellegükben, genetikájukban különböznek a karbonátos kőzeteken kialakult formáktól, de éppen annyira változatosak, mint azok. Az **utánsüllyedéses** és **szuffóziós** (agyagbemosódásos) **töbrök** az evaporitkarsztok leggyakoribb formái, általában kisebb méretűek (l-5 m átmérővel), talajjal és üledékekkel, klasztokkal vannak fedve vagy legalább részben kitöltve, amit az eső vagy az áradások vize mosott be a repedésekbe. Ezek arra utalnak, hogy az oldódó só tömege közel van a felszínhez (Waltham, T. et al. 2004, Ford, D. C. – Williams, P. 2007, Veress M. 2016). Töbrök főleg a Meledic-fennsík belsejében a Nagy-kanyontól északra eső térszíneken alakultak ki nagy számban, bennük nagyon gyakran kis tavak vagy vizes élőhelyek alakultak ki (Strat, D. 2016).

A Szlánik-völgy peremén (7. ábra) a tetőkön alakult ki a Kárpátok legfejlettebb sókarsztos formakincse, amely hatalmas tojástartóra emlékeztető dolináiról, víznyelőiről nevezetes. Ez a tipikus **poligonális karszt** sókőzetben ritkán figyelhető meg ilyen nagy diverzitással, ezért mindenképpen különleges védelemre érdemes! Ezek a **töbrök** közepes vagy nagyméretűek, tál vagy tölcsér alakúak és főleg oldási folyamatok révén kialakult mélyedések. Legnagyobb számban a fennsík DNy-i részén alakultak ki, a Sós-völgy nagy víznyelője és a Nagy-forrásbarlang közötti területen, a búvópatak fölötti területen (1., 7., 8. ábra). Mivel a fennsík pereméhez közel alakultak ki, ahol nagy a hidrológiai grádiens, és a felszínről lefolyó, szivárgó vizek a barlang felé könnyen utat találtak, főleg tölcsér alakúak. A töbrösödésre kedvező körülmények miatt nagy és mély töbrök alakultak ki, amelyekből az üledékek szinte teljesen kimosódtak. Mélyülésük és szélesedésük következtében a szomszédos töbrök helyenként egy nagy közös mélyedést (uvala) alakítottak ki. A fedőüledékektől megfosztott területen tucatnyi mély tölcsér alakú dolina alakult



7. ábra. A Szlánik-völgy és a vele határos Meledic-fennsík domborzatábrázolásos térképe (500 db kézikamerás drónfelvétel alapján szerkesztette Móga J.). Jelmagyarázat: 1. folyóágak, 2. Nagy-forrásbarlang, 3. út

8. ábra. A Meledic-fennsík DNy-i peremvidéke sódolinákkal és víznyelőkkel

ki a könnyen oldódó sókőzetben, ahol a meredek lejtők gyakran kürtőkbe, víznyelőkbe torkollanak (8. ábra). A hófehér sziklákat karrformák cizellálják, amelyek kisebb-nagyobb barázdák és vályúk kusza hálózatát képezik, a közöttük emelkedő gerinceket és csúcsokat a lefolyó víz késpenge élességűre formálta. A dolinákból a kürtőkön lefolyó víz a fennsík alatt húzódó barlangfolyosón keresztül a Szlánik-völgy nagy forrásbarlangja felé áramlik (1., 7. ábra) (Móga J. et al. 2016, Stoica, M. et al. 2017). A fennsík DNy-i részén a dolinás térszín peremén a vakon végződő Só-völgyben (Valea Sării) nyílik a legnagyobb méretű víznyelőbarlang (Peștera Mare din Valea Sării), amelyben eltűnik a kis sósvizű búvópatak és kb. 250 m felszín alatti folyás után a Szlánik-folyó meredek sófala alatt a Nagy-forrásbarlangban lép ki a felszínre.

Barlangok

A sókőzetekben barlangok gyorsabban alakulnak ki, gyorsabban változnak és pusztulnak el, mint a karbonátos kőzetekből álló karsztvidékeken. Számos olyan barlang szerepel a nyilvántartásban, amelyek ma már nem látogathatók vagy veszélyesen omladoznak, emiatt a kutatásuk jelenleg nem lehetséges (Ică, G. 1985, 2010). Másrészt egy-egy kiadós eső után új járatok, forrásszájak tűnnek szembe a hegyoldalakban, amelyek a képződő barlangok előhírnökei. Az „Emil Racoviță" bukaresti barlangkutató klub csapata 1978 és 1992 között több mint 50 barlangot tárt fel a Meledic-fennsík sókarsztos területein, amelyek kősóban

vagy a só és a breccsa határán alakultak ki. Az összes feltárt barlang teljes járathossza 4544 m, mélysége 354 m. A barlangok egy része az eróziόbázis felett nyíló száraz üreg, a többi állandó vagy időszakos vízfolyással rendelkező víznyelő- vagy forrásbarlang. A legjelentősebb a 6S-barlang (Peștera 6S de la Mânzălești), 3234 m hosszú és 42 m mélységű. Három fő szint alakult ki benne, a legalsó szinten folyik át a barlangi patak (Ică, G. 2010).

Az általunk vizsgált területen a legnagyobb méretű barlang a **Szlánik-völgy Nagyforrásbarlangja**, az országút mellett nyílik. Bejárati szakasza nagy változáson ment keresztül az elmúlt években. Első látogatásunk idején még tágas szádája és könnyen járható folyosója volt. 2015-ben beomlott a bejárata, az omladék visszatorlaszolta a barlangi patakot, ami jelentős mértékű hordalék lerakódásával járt a bejárati szakaszon. 2017-re a barlangi patak nagyrészt elhordta a torlaszt, és kitakarította a lerakott üledék jelentős részét, így a barlang könnyebben látogatható lett.

A forrásbarlangot egy búvópatak alakította ki a Meledic-fennsík DNy-i része alatt. A búvópatak egy hatalmas vakvölgy alján tűnik el, majd a fennsík tetején poligonális hálózatot képező tölcséres víznyelők elfolyó vizével gyarapodva jut a Szlánik-völgy peremére, ahol egy forrásbarlangból tör elő az országút közelében. A sóban kialakult forrásbarlang 1-1,5 m magas kanyargó folyosójában eróziós és korróziós folyamatok nyomaival (hullámkagylók, színlők, teraszok stb.) találkozhatunk a karbonátos kőzetekben kialakult barlangokhoz hasonlóan. A búvópatakok a járatokban jelentős mennyiségű hordalékot szállítanak és halmoznak fel, amelyekre gyakran sókéreg települ. A járat talpát a patak által beszállított kavicsos hordalék béleli ki, az oldalfalakat és a mennyezetet azonban szinte teljesen sókristályok borítják be.

Másodlagos sókiválások a Meledic-sókarszt területén

A vizsgált völgyszakaszon a só oldódása és kicsapódása szintén látványos változásokat okoz a Szlánik-völgyben és a szomszédos hegyoldalakban a felszínen és a felszín alatt egyaránt. A nedves és száraz időszakok váltakozása akár már napok alatt is szembetűnő a Lopătarihoz közeli völgyoldal meredek sófalain, amelyek változó színét nemcsak a só tisztább és szennyezettebb megjelenésű rétegei, valamint a beágyazott különféle üledékek okozzák, hanem a só oldási és másodlagos kicsapódási folyamatai is, amelyek a fehér és szürke különféle árnyalatait eredményezik. Esős, nedves időjárási körülmények között az átnedvesdő sófalak szürkébbek, amint azonban kisüt a nap, az esővízben feloldódott só pillanatok alatt kicsapódik és leheletfinom bevonatot képez a szálban álló kőzet felszínén, ami vakító fehéren világít a verőfényben.

A völgy talpán a szüntelenül változó, szétágazó, zátonyokat kerülgető, fonatos rajzolatú folyóágak időről időre átrajzolják a folyó képét. A szárazabb évszakokban alig

csörgedezik víz a kavicsos medrekben, hosszabb száraz időszakokban a vízben oldódott só koncentrációja megnövekszik a párolgás miatt és kicsapódik a mederben, valamint a meder szomszédságában (9. ábra). Mintha hótakaró boritaná be a felszínt, időnként milliónyi sókristály rakódik le a völgy talpán, kivirágzik a só (10. ábra). Erre utal a folyó szláv eredetű neve (slany, slanic = só, sós). A sok sókristály összeállva leheletfinom sótutajokat képez a csendes vizű mederszakaszokon és a mélyedésekben kialakult tavakon.

9. ábra. Drónfelvétel a Szlánik-völgy vizsgált szakaszáról (a geotópok helyét számok jelölik)

10. ábra. Száraz időben kivirágzó só a Szlánik-völgyben

A sókristályok a Szlánik-folyó mellékvölgyeiben (Nagy-kanyon) is megjelennek a sziklafalakon és a völgyek talpán egyaránt. Különösen látványosak e völgyek nyár végén a mindent beborító apróbb és nagyobb, szemmel is látható méretű, kocka alakú sókristályok takarásában. A meredek sziklafalak lábánál, néha a völgytalp felett is forrásbarlangok nyílnak a sókőzetben. Ahol a sókőzetbe beágyazott vörös színű törmelékek (melange) anyagával érintkezésbe kerül a felszín alatt áramló víz, azt részben feloldja, elszállítja, vörösre színezi. A hófehér sókristályok között nyíló forrásszájakból mintha vér szivárogna, úgy buggyan elő a vas ásványaitól elszíneződött víz. A sókőzetekből álló területeken az oldás folyamata gyorsabb, mint a karbonátos területeken, és ez elmondható a másodlagos sókiválások oldatból történő kicsapódásáról is (Filippi, M. 2011). A kicsapódás mértékét az éghajlati körülmények, főként a hőmérséklet, a csapadékmennyiség és a páratartalom befolyásolja. A nedves kontinentális éghajlaton – így a Kárpátokban is – a beszivárgó csapadék vagy a talajvíz besűrűsödése révén keletkező másodlagos sókiválások rövid életűek, illetve az időjárási körülményeknek megfelelően gyorsan változnak, a sóformák viszonylag fiatalok.

Főleg a sókőzetben kialakuló barlangokban, de a szurdokvölgyek kősóból álló meredek sziklakanyonjaiban is számos helyen megfigyelhetők a csöpögő, fröcsögő vízből és párából kicsapódott képződmények. A barlangi kiválásokat főként a Szlánik-folyó meredek sófala alatt nyíló Nagy-forrásbarlangban, illetve a Nagy-kanyonban vizsgáltuk. A barlangok bejárathoz közeli szakaszán nagy tömegben jelennek meg a mennyezetről függő makrokristályos szerkezetű cseppkövek. Jellegzetes kristályos szerkezetük és alakjuk miatt nevezik csontváznak, lefelé fordított kis fenyőnek is (11. ábra), rendkívül gyakoriak a Meledic-sókarszt barlangjaiban. Legtöbbször a korábban kialakult formákon (sztalaktiton, barlangok falán) jön létre, a hőmérséklet- és páratartalom-változás következtében a felszíni sóréteg átkristályosodik. Kialakulása a rendszertelenül megjelenő, fröcsögő és a falakon megjelenő gravitációs és kapilláris víz mozgásához köthető. A kialakult formák többnyire néhány cm – néhány dm hosszúságúak. A barlangok bejárati szakaszain, ahol erős a légáramlat, ferdén nőnek, többnyire egy irányba hajlanak, legtöbbször hófehérek, gyakran sárgás, vöröses elszíneződést okoznak a vastartalmú ásványok.

Mind a barlang mennyezetén és falain, mind pedig a sókarszt szurdokvölgyeiben fontos szerepük van a szivárgó vizeknek a különféle lerakódások és kiválások, kérgek létrejöttében. A szivárgó vizekből az erőteljes párolgás következtében a só kicsapódik, különböző barlangi kiválási formákat (szpeleotémákat) hozva létre aszerint, hogy milyen fizikai és kémiai körülmények között történik a kondenzáció, és hogy hol történik a tényleges kiválás. Mikro- és makrokristályos összefüggő kérgek, bevonatok képződnek szinte minden felületen, a barlang talpától a mennyezetig, a falakon lefolyó

11. ábra. A Nagy-forrásbarlang szádája

vízből cseppkőzászlók, a mennyezetről csepegő vagy ott elszivárgó oldatokból cseppkövek, szálas, tűs, korall- és karfiolszerű kiválások keletkeznek, hasonlóképpen, mint a karbonátos kőzetből képződött barlangokban.

GYORS LEFOLYÁSÚ MORFOLÓGIAI VÁLTOZÁSOK EGY VILLÁMÁRVÍZ IDEJÉN

2019 tavaszán sok csapadék hullott a Szlánik-folyó vízgyűjtő területén, ami kiadós esőkkel járt együtt, és villámárvizeket okozott a völgy felső és középső szakaszán, Lopătari és Mânzăleşti között is. A villámárvíz jelentős változásokat okozott a vizsgált völgyszakaszon, a lerohanó víz oldalazó és vonalas eróziós tevékenysége súlyos károkat okozott, elsodorta a völgy oldalában húzódó út egy szakaszát és a Lopătari elején épített függőhidat, alámosta a Nagy-kanyon torkolatánál a betonhidat, a lejtők stabilitását helyenként meggyengítette, ami omlásokat és csuszamlásokat okozott a meredek lejtőkön. Ezek a jelenségek felhívták a figyelmet azokra a veszélyforrásokra, amelyek e völgyszakaszon is potenciálisan jelen vannak, és amelyeket csak költséges műszaki létesítményekkel lehet kivédeni.

A fent említett létesítményekben okozott kár mellett látványos geomorfológiai változások történtek a völgyszakaszon rövid idő leforgása alatt, főleg a vízhozam és a folyó

vízszintjének ingadozása okozott jelentős változásokat a felszínformákban. Az alsószakasz jellegű völgyszakaszon a folyó az előző években rengeteg kavicsot rakott le, amelyen a magasabb térszíneken fás, bokros növényzet is megtelepedett. A folyó kisvíz idején – ami az év nagy részében jellemző – több ágra szakadva jellegzetes **fonatos rajzolatú vízhálózatot** alakított ki. A 2019-es villámárvíz a meder kavicsanyagának áthalmozásával közel 0,5 m-rel kimélyítette a meder alját, amelyet főleg durva kavics takart. A gyors sodrású folyó mélyítő és hordalékszállító munkája foltokban letakarította a kavicsanyagot a meder aljzatában húzódó sórétegekről. A korábbi években a meder kavicstakarója alól nem bukkant ki a sókőzet, bár a völgy két oldalát szegélyező sósziklák sejtetni engedték, hogy a kavicstakaró alatt is folytatódnak a sórétegek. A kanyargós szakaszokon az oldalazó (laterális) erózió is felerősödött, ami különösen az országút felé eső oldalon volt jelentős. Ez a folyamat vezetett az országút alámosásához is, ami egy kb. 30-50 m hosszú szakaszon leomlott. Az alámosást követő omlás napokig tartó blokádot okozott a folyó felsőbb szakaszán élő lakosoknak. Az árvíz levonulási szakaszában a fősodor mentén előbukkanó sórétegekbe mély, helyenként akár 2-3 m széles **színlőket** vájt a folyó, amelyek később leszakadoztak, mivel elvesztették alátámasztásukat (12. ábra).

A vögytalp nyugati szegélyén a folyó egyik mellékágában felszínre került sókőzetben a fokozatosan csökkenő vízhozamú vízfolyás alagutat alakított ki, amelybe a folyó egyik árvízi ágából a víz befolyt. A vízállástól függően különböző helyeken folyt el a víz, újabb

12. ábra. Az áradó folyó laterális eróziójával kialakult sószínlők a völgy oldalában

és újabb víznyelőket alakítva ki. A felszíni vízfolyások mélységi lefejezésének (batükaptúra) modelljét szemléltetve tárult elénk a víznyelők sora a még aktív nyelővel, és attól távolodva a korábbi már inaktívvá vált víznyelők nyílásaival, valamint a hozzájuk vezető már inaktívvá vált medrekkel (13. ábra). A sókőzetben nyíló ablakon betekintve láthattuk a felszín alatti járatban áramló vizet és főleg hallhattuk annak csobogását. A vízfolyás medrében a sókőzet oldódása nyomán néhány nap alatt pár cm mélységű karrformák alakultak ki a meder felszínét és oldalát képező sókőzetben. Jóllehet ezek a kisformák időszakos (efemer) jelenségek, egy év elteltével nagyrészt már el is tűntek, a róluk készített képek megörökítették e völgyszakasz morfológiájának dinamikus változását, egyben tanúsítják, hogy „panta rhei" – minden folyik, mindig minden ugyanaz és mégis más.

Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani az Erasmus+ mobilitás támogatásért minden közreműködő munkatársnak, és külön is Daniela Stratnak, a Bukaresti Egyetem oktatójának, az Erasmus partnerség keretében nyújtott támogatásért és a terepi kutatásokban végzett munkájáért.

A fotókat a szerző készítette.

13. ábra. A víz által a meder alatt vájt sóalagúthoz kapcsolódó víznyelők

IRODALOM

Andrasanu, A. (2010): Buzau Land Geopark. Steps in building a new geopark in Romania. – Scientific Annals, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki Proceedings of the XIX CBGA Congress, Thessaloniki, Greece, Special volume 100. pp. 503–512.

Balázs D. (1990): A szodomai sókarszt. – Természet Világa 121. 2. pp. 85–88.

Bosák, P. – Bruthans, J. – Filippi, M. – Svoboda, T. – Smíd, J. (1999): Karst and caves in salt diapirs, SE Zagros Mts. (Iran). – Acta Carsologica, 28. 2. pp. 41–75. DOI: https://doi.org/10.3986/ac.v28i2.484

Bruthans, J. – Zeman, O. (2003): Factors controlling exokarst morphology and sediment transport through caves: comparison of carbonate and salt karst. – Acta Carsologica 32. 1. pp. 83–99. DOI: https://doi.org/10.3986/ac.v32i1.366

Ciocârdel, R. (1949): Regiunea petroliferă Berca-Beciu-Arbănași. – Comunicări de Geologie, Studii tehnico-economice A1. 32 p.

Cobălcescu, G. (1883): Studii geologice și paleontologice asupra unor terâmuri terțiare din unele părți ale României. – Stabilimentul Grafic Socecu & Teclu, București. 185 p.

Coquand, M. H. (1867): Sur les gîtes de pétrole de la Valachie et de la Moldavie et sur l'âge des terrains qui les contiennent. – Bulletin de la Société Geologiqué de France 24. pp. 505–569.

Etiope, G. – Baciu, C. – Caracausi, A. – Cosma, C. (2009): Gas flux to the atmosphere from mud volcanoes in Eastern Romania. – Terra Nova 16. 4. pp. 179–184. DOI: https://doi.org/10.1111/j.1365-3121.2004.00542.x

Filippi, M. – Bruthans, J. – Palatinus, L. – Zare, M. – Asadi, N. (2011): Secondary halite deposits in the Iranian salt karst: general decription and origin. – International Journal of Speleology 40. 2. pp. 141–162. DOI: https://doi.org/10.5038/1827-806X.40.2.7

Ford, D. C. – Williams P. (2007): Karst hydrogeology and geomorphology. – John Wiley and Sons. Chichester, England. 562 p. https://doi.org/10.1002/9781118684986

Frumkin, A. – Raz, E. (2001): Collapse and subsidence associated with salt karstification along the Dead Sea. – Carbonates and Evaporites 16. 2. pp. 117–130. DOI: https://doi.org/10.1007/BF03175830

Frumkin, A. – Ezersky, M. – Al-Zoubi, A. – Akkawi, E. – Abueladas, A. R. (2011): The Dead Sea hazard: geophysical assessment of salt dissolution and collapse. – Geomorphology 134. pp. 102–117. DOI: https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2011.04.023

Frumkin, A. (1994): Morphology and development of salt caves. – Journal of Caves and Karst Studies (NSS Bull.) 56. pp. 82–95.

Frumkin, A. (2013): Salt karst. – In: Shroder, J. F. (főszerk.): Treatise on geomorphology. – Academic Press, San Diego. pp. 407–424. DOI: https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00113-5

Gray M. (2004): Geodiversity, valuing and conserving abiotic nature. – John Wiley and Sons Ltd., Chichester, England. 451 p.

Gutiérrez, F. – Lizaga, I. (2016): Sinkholes, collapse structures and large landslides in an active saltdome submerged by a reservoir: The unique case of the Ambal ridge in the Karun River, Zagros Mountains, Iran. – Geomorphology 254. pp. 88–103. https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.11.020

Ică, G. (2010): Cea Mai mare peșteră in sare din lume. România Subcarpați Vrancei. – Natura României, București. 234 p.

Irimia, D. N. – Irimus, I. A. (2012): The touristic area Lopătari-Mânzălești. – Conferinței „Rolul turismului în dezvoltarea teritorială" Gheorghieni. Presa Universitară Clujană, Kolozsvár. 7 p.

Irimus, I. A. – Toma, C. B. (2012): The promotion of geomorphosites on salt from Sovata–Praid and Turda using cultural-scientific tourism. – Revista de geomorfologie 14. 14. pp. 103–112.

Macaluso, T. – Sauro, U. (1996): The karren in evaporitic rocks: a proposal of classification. – In: Fornos, I. J. – Gines, A. (szerk.): Karren landforms. Universitat de les Illes Balears, Palma de Mallorca. pp. 277–293.

Madonia, G. – Sauro, U. (2009): The karren landscapes in the evaporitic rocks of Sicily. – In: Ginés, A. – Knez, M. – Slabe, T. – Dreybrodt, W. (szerk.): Karst rock features karren sculpturing. Karst Research Institute, Postojna-Ljubljana. pp. 525–533.

Marunteanu, C. – Dumitru, I. (2010): Salt karst in Mânzălești – Romania. pp. 105–110. – In: Evelppidou, N. – Figueiredo, T. – Mauro, F. – Tecim, V. – Vassilopoulos, A. (szerk.): Natural heritage from East to West. – Springer Science & Business Media, Berlin-Heidelberg. 384 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-01577-9_13

Melinte-Dobrinescu, M. C. – Brustur, T. – Jipa, D. C. – Ion, G. – Macaleț, R. – Briceag, A. – Rotaru, S. (2017): Geological investigations and mapping in the Buzău Land Geopark: state of the art. – Geo-Eco-Marina 23. pp. 133–144.

Móga J. – Lippmann L. – Tombor E. – Fehér K. – Kéri A. – Borsodi A. (2015): Az Aknaszlatinai-sókarszt felszínalaktani vizsgálata. – Karsztfejlődés 20. Szombathely. pp. 185–213. DOI: https://doi.org/10.17701/15.185-213

Móga J. – Szabó J. – Gönczy S. – Lippmann L. – Bódai B. (2017): Az Aknaszlatinai-sókarszt dinamikusan változó felszínformáinak vizsgálata terepi és GIS módszerekkel. – Karsztfejlődés 22. Szombathely. pp.139–161. DOI: https://doi.org/10.17701/17.139-161

Móga J. – Strat, D. – Mari L. – Gheorghe, I. F. – Lippmann L. – Bódai B. (2018): A Meledic-fennsík (Románia) sókarsztos felszínformáinak vizsgálata (Románia). – Karsztfejlődés 23. Szombathely. pp. 113–139. DOI: https://doi.org/10.17701/18.113-139

Móga J. – Strat, D. – Szabó J. – Ambrus B. – Borsodi A. (2018): A Meledic-fennsík (Románia) sódolináinak genetikai, morfológiai és morfometriai vizsgálata (Románia). – Karsztfejlődés 23. Szombathely. pp. 141–162. DOI: https://doi.org/10.17701/18.141-162

Naparus, M. (2009): Carstul se pare: dinamica si fenomene de risc. Studiu comparativ intre carstul natural de la Platoul Meledic si fenomenele carstice de natura antropica de la Ocnele Mari. – Doktori értekezés. University of Bukarest. 65 p.

Peahă, M. (1965): Vulcanii noroioși din România. Studii și cercetări de geologie, geofizică și geografie. – Seria Geografie 12. 2. pp. 193–206.

Romanescu, G. – Curca, R. G. – Sandu, I. G. (2015): Salt deposits in the Romanian Subcarpathians – genesis, repartition and ethnomanagement. – International Journal of Conservation Science 6. 3. pp. 401–410.

Rögl, F. – Steininger, F. F. – Müller, C. (1978): Middle Miocene salinity crisis and paleogeography of the Paratethys (Middle and Eastern Europe). – Paleogeography of Paratethys 42. 1. pp. 985–990. https://doi.org/10.2973/dsdp.proc.42-1.151.1978

Sava, D. – Arcuş, M. – Doroftei, E. (2010): Preliminary data on Meledic – Mânzălești Natural Reserve (Buzău County), Ovidius University Annals of Natural Sciences, Biology–Ecology Series 14. pp. 61–67.

Stoica, M. – Andrășanu, A. – Palcu, D. – Popa, R. G. (2017): The Miocene from Buzău area. A geological and geoconservation perspective. – The 11th Romanian Symposium on Palaeontology, Bucharest, September 25–30. 2017. Editura Universității din București. 43 p.

Strat, D. (2016): Wetlands – as significant features of the salt karst landscape in the Meledic Plateau, Vrancea Subcarpathians, Romania. – Procedia Environmental Sciences 32. pp. 59–69. DOI: https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.03.012

Tirla, M. L. (2019): Evaporit karst in Romania. – In: Ponta, G. M. L. – Onac, B. P.: Cave and karst systems of Romania. – Springer, Cham. pp. 443–450. https://doi.org/10.1007/978-3-319-90747-5_50

Veress M. – Puskás J. – Zentai Z. – Benkó Zs. (2011): Development of karren formation on the saltic hills of Praid (Transylvanian Basin, Romania). – Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences 6. 2. pp. 183–194.

Veress M. (2016): Covered karsts. – Springer, Berlin-New York-Heidelberg. 536 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-017-7518-2

Waltham, T. – Bell, F. G. – Culshaw, M. G. (2004): Sinkholes and subsidence. – Springer, Berlin–Heidelberg. 381 p.

Warren, J. K. (2006): Evaporites: sediments, resources and hydrocarbons. – Springer, Berlin–Heidelberg–New York. 1035 p. https://doi.org/10.1007/3-540-32344-9

Zentai Z. (1994): A Parajdi sókarszt geomorfológiája. – A BDTF Tudományos Közleményei 9. Természettudomány 4. Szombathely. pp. 233–248.