A BALFI-BLOKK FELSZÍNFORMÁINAK EREDETÉRŐL

PRODÁN TÍMEA HAJNAL¹

ABOUT THE ORIGIN OF LANDFORMS OF BALF BLOCK

Abstract

The geomorphological analysis on the carbonate terrain of Balf block identified various karst-like landforms such as collapse dolinas and associated cavities but the physical properties of the Leitha limestone and some traces of human activity make the karstic origin debatable. Possible relations between the location of landforms and the geological structure were investigated thoroughly. Subsurface indications were also searched for using detailed geoelectric and electromagnetic mapping, especially in a test area. On the basis of geological considerations and geophysical measurements an anthropogenic origin seems to be most probable. This assumption is also supported by industrial archaeological record.

Keywords: Balf block, karst-like landforms, collapse dolinas, Leitha limestone, geophysical imaging, industrial archaeology

Bevezetés

A Fertőmelléki-dombság a Fertő-tó és a Soproni-medence közötti gyengén tagolt, kis magasságú (200–300 m) eróziós-deráziós dombság. A Soproni-hegység folytatását képező metamorf kőzeteket harmadidőszaki kőzetek (lajtamészkő, szarmata mészkő, konglomerátum, homok, homokkő) fedik (KÁRPÁT L. – ÁDÁM L. 1975), a kristályos palák csak néhány helyen bukkannak elő (Rétibérc, Kőhegy). A dombság zömmel lajta-mészkőből felépített része a Balfi-blokk (*1. ábra*), amely a Fertő-tó, illetve a Kőhidai-medence felé morfológiailag határozott peremmel végződik.

A természeti értékek felmérése és védelme érdekében végzett geomorfológiai térképezés (PRODÁN T. – VERESS M. 2006) olyan felszínformákat tárt fel, amelyek karsztos eredete feltételezhető, illetve kialakulásukban karsztos folyamatok is szerepet játszhattak. Ezek a jellegzetes felszínformák olyan mélyedésrendszerekben csoportosulnak, amelyek eredetét felszíni megfigyelések és morfológiai elemzés alapján nem lehetett egyértelműen tisztázni. Ezért részletesen megvizsgáltuk a terület földtani felépítését, a földtani viszonyok és a felszínformák közötti összefüggéseket. A felszín alatti képződményeket pedig geofizikai módszerekkel vizsgáltuk.

A felszín alatti karsztos képződmények geofizikai módszerekkel történő kutatását számos szerző tárgyalja, de nagyon ritkák az általános ajánlások. A módszerek hatékonysága erősen függ a helyi adottságoktól (pl. McCANN, D. M. et al. 1987; SZALAI, S. et al. 2002; PARISE, M.–GUNN, J. 2007; KRUSE, S. et al. 2006; RADULESCU, V. et al. 2007). Figyelembe véve a kőzet fizikai paramétereit és a keresett képződmények méretét, valamint elhelyezkedését, a képződmények leképezésére geoelektromos, elektromágneses és mágneses módszereket alkalmaztunk. A geológiai és a geofizikai kutatások kiegészítésére levéltári adatokat is kerestünk a területen egykor folytatott ipari és bányászati tevékenységről.

¹ MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézet. 9400 Sopron, Csatkai E. u. 6-8. (prodantimea@ggki.hu)



1. ábra A vizsgált terület topográfiai térképe Figure 1 Topographical map of the case study area

A kutatási területen előforduló morfológiai képződmények eredetének tisztázásán túl a tanulmány további célja, hogy módszertani szempontokat szolgáltasson a hasonló földtani környezetben előforduló felszíni és a felszín alatti képződmények kutatásához.

Földtani felépítés

A kutatott terület szerkezetileg a Keleti-Alpok nyúlványa. A Soproni-hegységet felépítő kristályos palákat itt több száz m vastag üledék fedi. Az idős paleozoós kristályos kőzetek a területen csak néhány helyen bukkannak felszínre. A mezozoós és paleogén képződmények hiányoznak, a paleozoikumra nagy üledékhézaggal a neogén települ. Az üledékképződés a miocénben kezdődött. A bádeni emelet kezdetén megindult süllyedés miatt a mélyebb területeken agyag (Bádeni agyag), a sekély, parti részeken lajtamészkő képződött. A bádeni és a szarmata emelet között a tenger visszahúzódott, s e regressziós fázis következtében a lajtamészkőre rátelepült egy homokosabb, majd egy abráziós konglomerátum-réteg. A regressziót újabb transzgresszió követte, s gyakorlatilag visszaállt ugyanaz a fácies, ami korábban volt, csak most már a szarmata emeletben. Ennek eredménye a szarmata agyag és a szarmata mészkő (IVANCSICS J. 2009).

A karsztvízszint enyhén a Fertő-tó felé lejt. A víz a Fertő-parton források formájában tört elő, de a Soproni Regionális Vízmű által 1972-ben fúrt kutak az összes forrást elapasztották. A vízparti fúrássort (14 fúrás) a Balfi-blokk K-i határát képező vető (ún. Keleti-vető) mentén telepítették 2 km hosszan.

A területet számos vető darabolja fel, ezek egy része valószínűleg többszörösen felújult. A miocén eleje körül kialakult vetők felújulása a később települt üledékcsoportokat is érte. A fő törésvonalak É–D-i irányúak és legalább bádeni korúak, a haránttörések másodlagosak. Ezeken kívül rendszertelen alsóbbrendű vetők is bőven lehetnek.

Részletes földtani térkép a területről korábban nem készült, ezért a Geológiai Szolgálatnál fellelhető adatok és IVANCSICS J. geológiai térképezése alapján (IVANCSICS J. 2008) elkészítettük a kutatott terület fedetlen földtani térképét *(2. ábra)*.

Geomorfológiai térképezés

A területen végzett geomorfológiai térképezés három nagyobb területen csoportosuló, változatos felszíni képződményeket tárt fel. Ezek többnyire íves szegélyű beszakadásos töbrökre emlékeztető mélyedések, kisebb részben pedig a mélyedések oldalában felnyíló üregek. A *3. ábrán* egy tipikus mélyedésrendszer látható.

Felszínformák

A kutatási területen a felszínformáknak alapvetően három változata különíthető el:

- Kis méretű, sekély, többnyire magányosan, olykor párosan megjelenő, *egyszerű mélyedések*. Aljzatuk egyenetlen, belsejükben a mészkő nem vagy csak ritkán bukkan elő.

– A szintén kis méretű, összetett mélyedések kettőnél több részmélyedésből állnak. Kiterjedésük mintegy 50–100 m, aljzatuk egyenetlen, belsejükben esetleges anyagáthalmozáshoz köthető kiemelkedések is megfigyelhetők.

– A nagyobb összetett mélyedések vagy mélyedésrendszerek (számuk 4) több száz m átmérőjűek is lehetnek. Alaprajzuk szabálytalan, de mindegyikük K–Ny-i irányban kissé megnyúlt. Mivel több részmélyedés kapcsolódik egymásba, peremük nagyobbrészt ívesen



2. ábra A Balfi-blokk és környezete részletes földtani térképe. – 1 – nádas; 2 – tőzeg, tőzegsár, kotu; 3 - friss öntés (kavics, homok, iszap); 4 - holocén általában; 5 - homokos lösz, vályog; 6 - folyóvízi kavics; 7 - folyóvízi hordalékkúp; 8 - folyóvízi kavics (bozi terasz); 9 - teraszkavics; 10 - pleisztocén általában; 11 - folyóvízi homok; 12 - agyag, márga, homok; 13 - agyag, homokos agyag, vasas agyag; 14 - homok és kavics, alárendelten konglomerátum; 15 - homok, homokkő, kavics, konglomerátum; 16 - mészkő, homokos mészkő; 17 - alapkonglomerátum; 18 - durvamészkő, mészhomok; 19 - agyag, kőzetlisztes agyag; 20 - alapkonglomerátum; 21 - Ruszti kavics; 22 - fillites csillámpala; 23 - muszkovitgneisz; 24 - földpátos csillámpala; amfibolit, amfibolpala; 26 - leukofillit; 27 - diszténkvarcit; 28 - biotitos muszkovitgneisz; 29 - csillámpala Figure 2 Geological map of Balf-block. - 1 - reed; 2 - muskeg, mull soil, muck; 3 - gravel, sand, silt; 4 - Holocene undifferentiated; 5 - sandy loess; 6 - fluvial gravel; 7 - fluvial debris; 8 - fluvial gravel (Fertőboz); 9 - terrace gravel; 10 - Pleistocene generally; 11 - fluvial sand; 12 - clay, marl, sand; 13 - clay, sandy clay, ferrous clay; 14 - sand and gravel with small amount conglomerate; 15 - sand, sandstone, gravel, conglomerate; 16 - limestone, sandy limestone; 17 - conglomerate bedrock; 18 - coarse-grained limestone, lime-sand; 19 - clay, silty clay; 20 - conglomerate bedrock; 21 - Rust gravel; 22 - mica-schist with phyllite; 23 - muscovite gneiss; 24 - feldspathic mica-schist; 25 - amphibolite, amphibolite slate; 26 - leucophyllite; 27 - disthen-quarzit; 28 - muscovite-biotite gneiss; 29 - mica-schist

összetett. A mélyedésrendszerek peremein füzérszerűen félkörös aszimmetrikus keresztmetszetű bemélyedések (aszimmetrikus szakadéktöbrök) sorakoznak. Meredek (függőleges) oldallejtőjük a mélyedésrendszer peremének részét alkotja, s itt többnyire előbukkan a mészkő. Belsejükben ritkán, de előfordulnak kis méretű (legfeljebb 1–2 m-es átmérőjű) halmok. Gyakoribbak a sziklás, meredek oldallejtőknek támaszkodó, ugyancsak 1–2 m-es kiterjedésű törmelék- és mállástermék-kúpok.



3. ábra A Balfi-blokk B-2 jelű mélyedésrendszerének geomorfológiai térképe. – 1 – szintvonal; 2 – kőzetkibúvás;
3 – mélyedésrendszert határoló meredek lejtő; 4 – mélyedésrendszert határoló lankás lejtő; 5 – zárt, lankás oldalú mélyedés (mélysége m-ben); 6 – zárt, aszimmetrikus, meredek oldalú mélyedés (mélysége m-ben); 7 – majdnem zárt, lankás oldalú mélyedés; 8 – magaslat (magassága m-ben); 9 – sík tetejű magaslat (magassága m-ben); 10 – küszöb;
11 – magaslatok közötti kis lejtésű felszín; 12 – törmelékkúp; 13 – omlással kialakult függőleges lejtő; 14 – nyereg;
15 – barlang; 16 – felszin dőlésiránya és dőlésszöge; 17 – kis lejtésű sík térszín; 18 – mélyedés oldala és aljzata;

Figure 3 Geomorphological map of depression system B-2. - 1 - contour line; 2 - rock outcrop; 3 - steep slope;
4 - gentle slope; 5 - depression with gentle slopes (depth in metres); 6 - depression with steep sides (depth in metres);
7 - nearly closed depression with gentle sides; 8 - elevation (height in metres); 9 - flat-topped rise (height in metres);
10 - riegel; 11 - small inclination surface between rises; 12 - alluvial fan; 13 - vertical collapse slope; 14 - col; 15 - cave;
16 - slope direction and surface inclination; 17 - terrain with low inclination; 18 - slope and base of depression;
19 - original flat surface

A szakadéktöbrökhöz kisméretű barlangok, üregek kapcsolódnak. Egyes barlangok bejáratát a leomló anyag részben vagy teljesen elfedi. A fűzérszerűen sorakozó szakadéktöbröket küszöbök, félküszöbök különítik el egymástól. A küszöbök két szakadéktöbör közötti keskeny formák, amelyek az eredeti térszín maradványai.

Barlangok, üregek

A barlangokat a mélyedésrendszerekhez viszonyított helyzetük szerint csoportosítottuk. Eszerint lehetnek a mélyedésrendszertől független helyzetűek és azokhoz kapcsolódók. Ez utóbbiak elhelyezkedhetnek a mélyedésrendszerek alatt, valamint azok oldalfalában.

– Mélyedésrendszerektől független barlang a Szárhalmi-kőfejtő két kisebb ürege és egy barlangja (a Szárhalmi-kőfejtő barlangja). A barlang, illetve az üregek bányászat során tárultak fel, mivel a kőbánya falában sorakoznak. A Szárhalmi-kőfejtő barlangja, amely a kőzet törésirányával megegyező irányú, mintegy 20 m hosszú (4,0–4,5 m magas, 7 m széles) képződmény, keresztmetszete szerint kétosztatú. Felső része természetes eredetű, mivel a mennyezeten és az oldalfalakon több oldásos eredetű forma is előfordul. Alsó részén – amely bizonyára a bányászat során jött létre – az oldásos formakincs hiányzik. Korábban két egymástól elkülönülő, egy természetes és egy mesterséges eredetű üreg lehetett, s a bányászat hatására növekedő mesterséges üregnek a természetesbe nyílásával alakult ki a jelenlegi barlang.

– Mélyedésrendszerhez kapcsolódó barlang például a 11 pillérrel tagolt, markáns oldódásos formakincs nélküli Zsivány-barlang. A barlang dőlésirányban elhelyezkedő, 1–2 m magas 20 m széles, 50 m hosszú, mindegyik végén zártan végződő képződmény. Bejáratai részben a mennyezet omlásával, beszakadásával alakultak ki. Kotsis T. (1940) egy, Göbl Gy. (1989) három, illetve négy bejáratot említ. A különböző időszakokból származó leírások szerint tehát a bejáratok száma időben változik, a barlang mennyezetének beomlásával új bejáratok nyílnak, a beszakadásos mélyedések oldalából nyílók pedig omlással elzáródnak. A pillérek arra utalnak, hogy a barlang bányászat során alakult ki. Nem ismert viszont olyan bejárata, ahol a bányászott követ könnyen ki lehetett volna szállítani.

– A mélyedésrendszerek oldalfalában felnyíló kisebb méretű barlangok, üregek a nagy mélyedésrendszerek mindegyikében előfordulnak, sőt a kisebb méretű, összetett mélyedések némelyikében is megtalálhatók. E barlangtípusnak két változata is megkülönböztethető: a zsákszerű barlangok és az átjárók. A zsákszerű barlangok a mélyedésrendszerek peremein fordulnak elő, a szakadéktöbrök folytatásában. Közülük a legnagyobb a Mészégető-közeli barlang, amelyet már KOTSIS T. (1940) is megemlít a Szárhalmiüregek egyikeként. A barlangok hossza és szélessége meghaladja magasságukat. Az átjárók a szomszédos szakadéktöbröket elválasztó küszöbök (félküszöbök) alatti üregek.

A földtani térképet a geomorfológiai térképpel összevetve azt találtuk, hogy a morfológiai képződmények mind olyan területre esnek, ahol a felszínen mészkő található. A jelen vizsgálatok szempontjából közömbös, hogy ez a mészkő bádeni vagy szarmata, mert mindkettő ugyanazokkal a fizikai-kémiai tulajdonságokkal jellemezhető. Az egybeesés akár a képződmények karsztos eredetével kapcsolatos feltevéseket is erősíthetné, de ez a kőzet durva, porózus szerkezetű, így karsztosodásra kevéssé hajlamos. A geomorfológiai és a földtani térképek összehasonlítása alapján a mélyedésrendszerek nem köthetők a geológiai térképezésből és a mélyszerkezet-kutató geofizikai mérésekből ismert tektonikai vonalakhoz. Mivel azonban a karsztosodás erőteljesebb lehet a töréses szerkezetek mentén, indokolt volt megvizsgálni az alacsonyabb rendű szerkezeti vonalakat is. Ennek céljából elektromágneses geofizikai méréseket végeztünk.

Geofizikai mérések

Karsztos területek kutatása a topográfia, a kőzetfizikai paraméterek nagymértékű horizontális és vertikális tagoltsága és a képződmények változatos helyzete, geometriája miatt a geofizika valódi kihívásai körébe tartozik. Az alkalmazott geofizikai módszerek közül a helyi adottságoknak megfelelőt geomorfológiai térképezés, geológiai és hidrogeológiai adatok, kőzetfizikai paraméterek alapján, illetve a kutatási területen fellépő zajok figyelembevételével választottuk ki. A tektonikai zónák és a területi összefüggések vizsgálatára elektromágneses szelvényezés készült, a felszín alatti képződmények kutatására pedig olyan tesztterületet választottunk, ahol minden jellegzetes képződmény megtalálható. A terület kiválasztásakor további szempont volt az alacsony zajszint, valamint az, hogy a terepviszonyok lehetővé tegyék tomográfiás módszerek alkalmazását. Szabályos hálózatban földradar- (GPR-) méréseket, geomágneses térképezést, valamint 2D és 3D geoelektromos tomográfiát végeztünk.

Áttekintő VLF-mérések

Az elektromágneses módszerek közé tartozó VLF (Very Low Frequency) módszerrel a látszólagos fajlagos ellenállás horizontális változása térképezhető fel a felszín alatti, néhányszor 10 m vastagságú összletben. A fajlagos ellenállás hirtelen és számottevő változása lép fel rendszerint törésvonalak mentén. Távoli hosszúhullámú (VLF-) adók keltette elektromágneses tér függőleges és vízszintes mágneses komponenseinek hányadosa jó indikátora a laterális inhomogenitásoknak, hiszen ennek hiányában a mágneses térerősségnek elméletileg nincs függőleges komponense. A hányados hirtelen megváltozása nagy valószínűséggel szerkezeti vonalakat jelez.

Nagyjából É–D-i irányban egy, az egész blokkot átszelő VLF-szelvény készült, majd a terület É-i részén, sokkal nagyobb pontsűrűséggel, további négy szelvényt mértünk. A VLF-szelvényen a görbék ugrásszerű változásai laterális inhomogenitásokat jeleznek.

Ezek a VLF-mérések a korábban ismert tektonikai vonalakon kívül több új törést tártak fel, de a vizsgált morfológiai képződmények területi elhelyezkedése és a fiatalabb tektonika között sem lehet összefüggést megállapítani (4. ábra).



4. ábra Térképrészlet a VLF-mérések alapján feltételezett törési zónákkal (szaggatott vonal) *Figure 4* Map of VLF profiles with main fracture zones (dashed lines)

Részletes geofizikai térképezés

Részletes geofizikai kutatásokra az egész területen természetesen nincs mód, így olyan helyet kerestünk, ahol a jellegzetes képződmények – íves peremű töbörszerű mélyedések, üregek – mind megtalálhatók és a terepviszonyok is alkalmasak arra, hogy a geofizikai módszereket nagyobb előkészítés nélkül alkalmazni lehessen.

Ez a tesztterület a B-11 jelű mélyedésrendszer peremén található, környezetében a terep viszonylag sík, bolygatatlan, növényzettel gyéren borított. Az egyik, kb. 7 m átmérőjű töbör oldalában a felszíntől kb. 2 m-re egy nagyobb méretű üreg 1–1,5 m átmérőjű, omladékkal részben elzárt bejárata nyílik *(5. ábra)*.



5. ábra A tesztterület peremén található jellegzetes beszakadásos mélyedés, oldalfalában egy üreg részlegesen elzárt bejáratával Figure 5 Typical dolina-like depression with a party blocked cave entrance

Földradar-mérés

A földradar-mérés gyors és hatékony módszer az elektromágneses paraméterek (fajlagos ellenállás, dielektromos állandó) változásának felszínközeli vizsgálatára. A felszínen keltett nagyfrekvenciás (50–500 MHz) elektromágneses hullám azokon a felületeken reflektálódik, ahol a dielektromos állandó megváltozik. A hullám behatolási mélysége a fajlagos ellenállástól függ, agyagmentes, száraz talajban 100 MHz-en elérheti a 20 m-t is. A radarszelvényen a közel vízszintes réteghatárok általában jól követhetők, az oldalirányú reflexiók 2–3 D-s szerkezeteket (pl. üreg) indikálhatnak.

Az úttal (beszakadásos mélyedés peremével) párhuzamosan négy (S1–S4), arra merőlegesen hat (S5–S10), egyenként 21 m hosszú radarszelvény készült.

A 100 MHz-es radarszelvényen diffrakciós hiperbola gyengén indikálja az üreget, de a hullámhossz vélhetően túl nagy az üreg méreteihez képest. A pontosabb leképezéséhez nagyobb frekvenciát is (250 MHz) alkalmaztunk, de a talaj erős csillapító hatása miatt a kutatási mélység annyira lecsökkent, hogy az üregről értékelhető reflexiót nem kaptunk.

Mágneses mérés

A tesztterületen rádiófrekvenciás gerjesztésű protonmagnetométerrel (GSM-19) nagyfelbontású mágneses mérést is végeztünk 0,25 m ponttávolságú szabályos hálózatban. A protonmagnetométer a geomágneses tér skalárértékét méri. A mágneses térerősség nagysága szoros kapcsolatban áll a mérési hely környezetében lévő objektumok indukált és remanens mágnesezettségével, az információt tehát az eltemetett objektumok, illetve környezetük mágneses paramétereinek eltérése hordozza.

A mágnesesanomália-térképen egy gyenge (kb. 5 nT) pozitív anomália mutatkozik, ami utalhat arra, hogy a felszín alatti üreget részlegesen nagyobb szuszceptibilitású anyag (pl. agyag) tölti ki (6. ábra).



6. ábra Mágnesesanomália-térkép Figure 6 Magnetic anomaly map

Geoelektromos mérések

A geoelektromos módszerek esetében a felszín alatti térség fajlagos ellenállása eloszlásának meghatározása a cél.

Alapesetben (1D-s) két áramelektródán keresztül a földbe bocsátott áram hatására kialakuló potenciálteret mérjük a felszínen, különböző geometriai elrendezések mellett. A kapott látszólagos fajlagosellenállás-értékek a mérési elrendezés geometriai középpontjára vonatkoznak. A kutatási mélységet az adott fajlagosellenállás-eloszlás mellett az áramelektródák távolsága határozza meg.

A feltételezett üreg felett 26×27,5 m-es területen 168 elektródával szabályos hálózatban multielektródás mérést végeztünk. Ezzel az elrendezéssel a vizsgált térrészre 8000 látszólagos fajlagosellenállás-értéket kapunk. Az inverzióval kapott háromdimenziós kép az üreget kitöltő levegő és a beágyazó kőzet közötti nagy ellenálláskontrasztot nagyon jól jelzi. Az üreget határoló felületet úgy választottuk meg, hogy ott a néhány 100 ohmm-es beágyazó kőzetben a fajlagos ellenállás 2000 ohmm-re változik. Ez a magas fajlagosellenállás-érték biztosan nem lehet a kőzet ellenállása, hanem legalábbis részben levegővel kitöltött térrész. Az inverzió sajátsága, hogy a választott ellenálláskontrasztnak megfelelően változik az üreg és a kőzet határfelülete, vagyis a képződmény/üreg mérete. A korábban végzett VESZ-szondázásokból az adódott, hogy a mészkő fajlagos ellenállása átlagosan néhány 100 ohmm, tehát a több ezer ohmm-es képződmény valószínűleg egy levegővel kitöltött üreg lehet.

A 3D-s módszerrel kapott eredmény ellenőrzésére 2D-s egyenáramú szondázást végeztünk, kétféle elrendezéssel. Az invertált szelvényeken látható (7. *ábra*), hogy a felszín közelében kis ellenállású réteg van, s ahogy haladunk lefelé (egyre kevésbé mállott a mészkő), úgy nő az ellenállás.



7. ábra 2D inverzió eredménye. – a) Wenner elrendezés, b) Schlumberger elrendezés Figure 7 Result of 2D inversion. – a) Wenner arrangement, b) Schlumberger arrangement

A 3D-s méréssel azonosított több 1000 ohmm-es ellenállás itt is megjelenik. A részletes geofizikai mérések egy olyan, a töbör oldalából nyíló üreget jeleznek, amelyik minden irányból jól lehatárolt, méreteit tekintve akár anyagkivételi hely és/vagy lakás céljára is szolgálhatott. A térképezéssel felkutatott képződmények az egész területen nagy hasonlóságot mutatnak mind a méretek, mind a formák tekintetében.

Történeti, iparrégészeti kutatás

A vizsgált képződmények antropogén eredetére vonatkozó feltevésünket történeti adatokkal, levéltári dokumentumokkal is megkíséreltük alátámasztani. Számos forrásból ismert a római idők óta használt lajtamészkő építészeti jelentősége. Az építőkő évezredes intenzív bányászatát tapasztalhatjuk Fertőrákoson és az ausztriai Szentmargitbányán. Tudjuk, hogy a Fertő és a Hanság egybefüggő vízi útján a 80 km-re található, 1208-ban épült lébényi apátsági templom építéséhez szállították, de Bécs középületeinek is kedvelt építőköve volt. A bőséges levéltári anyagot iparrégészeti szempontból többen is feldolgozták, például NOVÁKI GY. (1962), GÖMÖRI J. (1981) és MOLLAY K. (1992). Ezek tanúsága szerint ez a viszonylag kis terület nagyon nagy körzetet látott el építőkővel és égetett mésszel. A soproni égetett méssz piaci körzetét bemutató térkép tanúsága szerint erről a területről látták el égetett mésszel az egész egykori Sopron vármegyét (MOLLAY K. 1992).

NOVÁKI GY. (1962) a Soproni Állami Levéltárban található dokumentumok alapján közöl adatokat és térképet a területen folytatott mészégetésről. A 15–16. században a város mészégető kemencéi a Szárhalmi-erdő környékén (Okl. II/5. 94. 1499; Okl. II/5. 89. 1498) éppen azokon a területeken működtek, ahol a kutatott képződmények találhatók. Az égetett meszet a Kalkweg-en (Mészút) szállították a városba. A Mészút ma is használt dűlőút (GöMöRI J. 1981).

A 15–17. századra jellemző kisüzemi mészégetést a 18. században nagyüzemi technológiák váltották fel. Nagy valószínűséggel ekkor kezdődött az egykori anyagkivételi helyek, mészégetők és a hozzájuk tartozó "raktárak", szálláshelyek eróziója, pusztulása, amit többéves munkánk során megfigyeltünk.

Összefoglalás

A geomorfológiai térképezés ismeretlen eredetű, főleg beszakadásos mélyedésekre, töbrökre emlékeztető felszíni formákat tárt fel. A területről készített fedetlen földtani térkép alapján megállapítottuk, hogy a mélyedésrendszerek mindenütt egybeesnek a felszíni mészkő-előfordulásokkal. A lajtamészkő durvaszemcsés szerkezete, nagy porozitása, permeabilitása azonban kérdésessé teszi a képződmények karsztos eredetét.

Elektromágneses geofizikai módszerrel (VLF) összefüggést kerestünk a kutatott képződmények és a területen előforduló töréses szerkezetek között, mivel ilyen törések mentén a karsztos folyamatok vélhetően erőteljesebbek voltak. A VLF-szelvények a korábbról ismerteken kívül több fiatal tektonikai vonalat jeleznek, de a mélyedésrendszerek és a tektonika között területi összefüggés nem állapítható meg.

Részletes geofizikai vizsgálatokra olyan tesztterületen került sor, amelyen minden – a geomorfológiai térképezés során feltárt – felszíni forma és felszín alatti képződmény előfordul. Az egyik beszakadásos mélyedésből nyíló üreg fölött földradar-méréseket, mágneses térképezést és geoelektromos tomográfiát végeztünk. A kutatott üreg a földradar-szelvényen ugyan jelentkezik, de annak pontos leképezése az üreg mélysége és mérete miatt ezzel a módszerrel nem lehetséges. A geomágnesesanomália-térkép jó tájékoztatást ad az üreg helyzetéről. Azt is jelzi, hogy az üreget, legalábbis részben, a környezetéhez képest nagyobb szuszceptibilitású mállott anyag (pl. agyag) tölti ki. Nagyon hatékonynak bizonyultak a vertikális elektromos szondázások. A felszínközeli mállott anyag, a mészkő és a felszín alatti üreget kitöltő levegő közötti nagy ellenállás-különbségek határozott, jó leképezést tesznek lehetővé, de természetesen az ekvivalencia jelensége miatt a kőzetfizikai és geometriai paraméterek csak korlátozottan határozhatók meg. A földtani struktúra bonyolultsága miatt általában be kell érni az adott objektum indikációjával vagy valamilyen leképezési eljárással kapott kvalitatív képpel. A geofizikai mérések olyan üreget indikálnak, amelynek formája, mérete, mélysége az antropogén eredetet erősíti.

A tesztterületen több éven keresztül monitoroztuk az eróziós folyamatokat (a képződmények omlását, pusztulását). Feltételezve, hogy a képződmények pusztulása a múltban is hasonló intenzitású volt, azok korát nem geológiai, hanem inkább történelmi időskálán kell mérni.

A lajtamészkő bányászata már a római időkből is ismert, a középkorban folytatott intenzív bányászati, illetve mészégető tevékenységet pedig számos levéltári adat igazolja. A területi egybeesések egyértelműen megállapíthatók. A korabeli kisüzemi technológiák ismeretében pedig azt mondhatjuk, hogy a mélyedések és az azok oldalfalából nyíló üregek anyagkivételi helyek lehettek, a nagyobb, zsákszerű üregek (barlangok) átmeneti szállásként és az égetett mész raktározására is szolgálhattak. Ezek a történeti dokumentumok a földtani, geofizikai adatok alapján a feltételezett antropogén eredetet igazolják.

IRODALOM

- EL-QADY, G.-HAFEZ, M.-ABDALLA, M. A.-USHJIMA, K. 2005: Imaging subsurfae cavities using geoelectric tomography and round penetrating radar. – Journal of Cave and Karst Studies, 67/3. pp. 174–181.
- GÖBL GY. 1989: Sopron környéki barlangok. Szakdolgozat. Kézirat. Szombathely.
- Gömöri J. 1981: Középkori mészégető kemence Sopronban. Iparrégészet/Industrial Archaeology, I. pp. 249–262.
- IVANCSICS J. 2008: A Fertő-táj geológiai térképvázlata. Kézirat.
- IVANCSICS J. 2009: Szóbeli közlés.
- KÁRPÁT L. ÁDÁM L. 1975: A Soproni-hegység. In: PÉCSI M. (szerk.): A Kisalföld és a Nyugat-magyarországi peremvidék. Akadémia Kiadó, Budapest. pp. 35–362.
- Kotsis T. 1940: Barlangok a tómalmi erdőben. Soproni Szemle, 4/3. pp. 10-105.

KRUSE, S.-GRASMUECK, M.-WEISS, M.-VIGGIANO, D. 2006: Sinkhole structure imaging in covered karst terrain. - Geophys. Res. Lett., 33, L16405.

MCCANN, D. M.-JACKSON, P. D.-CULSHAW, M. G. 1987: The use of geophysical surveying methods in the detection of natural cavities and mineshafts. – Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 20/1. pp. 5–73.

MOLLAY K. 1992: A Tómalom középkori előzményei (Fejezet a soproni határ történetéből). – Soproni Szemle, 46/2. pp. 15–167.

NOVÁKI GY. 1962: A Szárhalmi erdő romjai. – Soproni Szemle, 16/4. pp. 34–348.

- Okl. II/5. 94. 1499; Okl. II/5. 89. 1498: Soproni Levéltár.
- PARISE, M. GUNN, J. 2007: Natural and anthropogenic hazards in karst areas: an introduction. Geological Society, London, Special Publ., 2007. v. 279. pp. 1–3.

PRODÁN T.- VERESS M. 2006: Adalékok a Balfi-tönk felszíni karsztszerű képződményeinek morfológiájához és kialakulásához. – Karszt és barlang, 1–II. pp. 41–48.

RADULESCU, V. – RADULESCU, F. – DIACOPOLOS, C. – POPESCU, M. 2007: Geoelectrical study for delineating underground cavities in karst areas. – Geo-Eco-Marina, 13. pp. 89–95.

SZALAI, S.-SZARKA, L.-PRÁCSER, E.-BOSH, F.-MÜLLER, I.-TUBERG, P. 2002: Geoelectric mapping of nearsurface karstic fractures by using null array. – Geophysics, 67. pp. 1769–1778.