

KŐANYAGVIZSGÁLAT, MŰVÉSZETTÖRTÉNET, MŰEMLÉKVÉDELEM¹

LÓVEI PÁL

Kulturális Örökségvédelmi Hivatal, 1014 Budapest, Táncsics Mihály u. 1.

email: pal.lovei@koh.hu

Abstract

The geological research of building materials is an important tool of protection of historic monuments. It forms a part of preparing the catalogue "Lapidarium Hungaricum" of architectural fragments of destroyed buildings in Hungary. The „red marble” is perhaps the most important material of stone decorations from the 12th century. Similar „red marble” occurrences can be found in the surroundings of Salzburg (in Adnet) in Austria, and the Gerecse mountains in Hungary. The petrographic-geochemical analyses made by Farkas Pintér show significant differences of samples from Austrian and Hungarian quarries. These results can help determining the origin of „red marble” fragments.

It would be very useful to publish a book on all kind of stone material used for building between the 11th and the 19th century in Hungary.

KULCSSZAVAK: KŐANYAGVIZSGÁLAT, VÖRÖS MÁRVÁNY, LAPIDARIUM HUNGARICUM

KEYWORDS: STONE DIAGNOSTICS, RED MARBLE, LAPIDARIUM HUNGARICUM

Bevezetés

A globalizáció sok következménye egyikeként minden korábbinál többfajta díszítőköhöz lehet manapság Magyarországon hozzájutni. Szébbnél szebb kőlapokkal boríthatjuk épületeinket és környezetünket, látszólag csak pénzkérdés az egész. Gyakran tapasztalni azonban, hogy nem elég megfizetni a követ, ismerni is kell. Nem mindegy például, mekkora kőlapok díszítenek egy homlokzatot - némelyik új budapesti szálloda a túlságosan kis lapméret következtében például "kifordított" fürdőszobához hasonlít. A gödöllői kastély parkjában szépen faragott, vörös mészkő kiskockakővel burkolt sétaút telitalálatnak tűnik, de a szegélyhez a hosszabb lapokat élükre fordították, így a függőleges rétegekbe befolyó víz egyetlen téli alatt képes azokat szétfagyasztani.

A budapesti Király utcában hiába alkalmaztak gránitot, ha nem elég vastag lapokat választottak, ráadásul rosszul képezve ki az aljzatot - a fűgák rajzának csúnya esetlegességeiről nem is beszélve. A jelen konferenciának helyet adó Nemzeti Múzeum helyreállításának legújabb lépése sem adhat okot büszkeségre: a fölépcső durva mészkő fokainak még használható darabjait a felső sorokhoz összerendezték, az alsó sorokat viszont homokkővel pótolták - a sokkal kisebb szemcseméret és az eltérő szövet-szerkezet következtében jóval kompaktabbnak kinéző, az eredetitől jelentősen elütő fokok sárgás-szürkés foltossága sem kedvező, még "szerencse", hogy sem az időjárást, sem a mechanikai igénybevételt (járkálás) nem bírják, így hamarosan szükség lesz újabb cseréjükre.

¹ A Magyar Régészeti és Művészettörténeti Társulat Archeometriai Műhelyének "Műemléki kőanyagok vizsgálata" című konferenciáján elhangzott előadás szerkesztett szövege. Készült az OTKA "Magyarország építészeti töredékeinek gyűjteménye" című, T 46188 nyilvántartási számú programja keretében

Az ilyesfajta megkülönböztetést a régi és az új lépcsőfokok között nyilván semmilyen műemlékes engedély nem írta elő².

A kőanyagokra vonatkozó vizsgálatok tehát egyáltalán nem csupán elméleti problémák megoldásához, elvont építéstörténeti kérdések megválaszolásához nyújthatnak fogódzót, az alap kutatások és azok eredményeinek közzététele a gyakorlati műemléki hasznot is jelentős mértékben növelhetik.

Az építészeti kőtörödékek katalogizálása

Magyarország építészeti kőtörödékei dr. Horler Miklós által felvetett teljes körű katalogizálásának igénye 1974-ben merült föl először. Egy két év alatt publikált vázlatos helyzetképet (Horler 1976) követően a Horler vezette, "Lapidarium Hungaricum" elnevezésű, tervszerű gyűjtőmunka 1986-ban indulhatott meg, és tart mai napig az OTKA támogatásával, az Országos Műemléki Felügyelőség - jelenleg Kulturális Örökségvédelmi Hivatal - szervezésében. A faragványkatalogusok minden egyes tételének összeállítása együtt jár a kőanyag vizsgálatával és meghatározásával, amelyet az indulástól a Budapesti Műszaki Egyetem akkor Ásvány- és Földtani Tanszékének munkatársai végeznek, dr. Kertész Pál vezetésével. Ezek a kőanyagvizsgálatok azonban jóval korábban kezdődtek: a változó nevű tanszék és hasonlóan soknevű műemléki szervezet együttműködése kapcsán egy sor kőtár törödékeinek kőanyagvizsgálatára került sor 1972-től kezdődően. (Kertész 1982)

Ezeknek a vizsgálatoknak az eredményei a munkálatok előrehaladtával egyre nagyobb adatbázist alkotnak, és nagyon jó alapot szolgáltatnak elsősorban a magyarországi középkori építészet vonatkozásában a területenként legjellemzőbb, legtöbbet használt kőanyagok meghatározásához. Művészet- és építéstörténeti szempontból igen értékes eredménynek bizonyult már a munka korai fázisában az eocén korban keletkezett Buda környéki márga Mátyás- és Jagelló-kori "felfedezésének" felismerése, Horler Miklós és Koppány Tibor, illetve a mérnökgeológusok együttműködésének eredményeképp: kiderült, hogy a márgából faragott reneszánsz köelemeket, a királyi udvar építkezéseinek példáját követve, az ország sok területére szállították az arisztokrácia és a gazdag nemesi rétegek építkezéseinek történő felhasználás céljából. (Árpás *et al.* 1993)

A "vörös márványok" kutatási problémái

A műemlékes kőanyagvizsgálatok és a Lapidarium Hungaricum munkálataitól függetlenül a középkori sírkövek katalogizálása - egy hosszabb ausztriai ösztöndíjas tartózkodás és kutatómunka felismeréseivel megfejelve - vezettek a tömött vörös mészkövekre - művészettörténeti szempontból vörös márványokra - vonatkozó kérdések feltevésére, amelyeknek első felvezetésére 1990-ben Visegrádon került sor "A mérnökgeológia a műemléki, régészeti kőanyagok kutatásában" című ülészakon. Ennek a szövegnek erősen kibővített és továbbfejlesztett változatát 1992-ben jelentettem meg az *Ars Hungaricum*-ban. (Lövei 1992; Lövei 2002) Az írásnak a téma igen speciális volta ellenére kiváltott hatása igencsak meglepő mértékű volt - kiderült például, hogy mindenfajta szándékosság nélkül nagyon jól illeszkedik a külföldön akkoriban jelentkező anyag-ikonográfiai és anyag-ikonológiai vizsgálatok áramlatába. (Bandmann 1969; Raff 1994; Kemp 1995; Lein 1997) Idővel ennek a vonatkozásnak, a porfir és a vörös márvány III. Béla- és reneszánsz kori összefüggéseinek részletesebb bemutatására is sor került. (Lövei 2001; Lövei 2004) Az ilyesfajta kérdések vizsgálata a művészettörténetben fontos felismerésekhez vezethet: a két világháború közötti német építészetben például sok esetben politikai-megrendelői igények függvénye volt a téglá, illetve a kő közötti választás, és alighanem a nem is a szovjetek, hanem a németek által kialakított, bergeni-belseni szovjet hadifogoly-temető rajnai vörös homokkőből faragott, kettős keresztet kö jeleinek nyersanyagválasztása is szándékos volt.

A vörös márványra vonatkozó anyaggyűjtés során alapvető kérdések vetődtek fel a faragványos emlékek műhelyösszefüggéseivel és ezen keresztül a vörös mészkövek bányahelyeivel kapcsolatban. Igen fontosnak tűnt a Salzburg környéki és a gercsei vörös mészkövek egyértelmű megkülönböztetése. Egyes ausztriai fajták, a foltosságuk miatt különleges, önálló névvel is nevezett rot-grau Schnöll (**1. ábra**), Rotscheck (**2. ábra**) és Rottropf márványok ugyan hazánkban nem fordulnak elő, így felhasználásuk mind a középkorban, mind a barokk idején egyértelműen ausztriai-bajorországi eredetre utal, az emlékek zömét alkotó, "közönséges" vörös márványokról azonban szemrevételezés útján többnyire nem állapítható meg az eredet. A művészettörténeti szem négyedszázados gyakorlata, a stíluselemzéssel is összefüggésben bizonyos eltéréseket képes volt körvonalazni, azonban annak meghatározására például, miért mások talán egy kicsit a dél-alföldi leletek anyagai, nem bizonyult elegendőnek.

² Biczó Piroska lektori véleményében jelezte, hogy az előadás óta a lépcsőfokokat kicserélték, állítólag kopás- és időálló, ausztriai homokkőre.



1. ábra Rot-grau Schnöll tömb az ausztriai Adnet melletti Wiemberg köfejtőből **2. ábra** Rotscheck rétegek (Adnet, Ausztria)

Természettudományos támogatás nélkül nem sikerült érvényesíteni azt a meggyőződésemet sem, hogy a máriabesnyői szétszedett Grassalkovich-síremlék (**3. ábra**) pótlásra szoruló sarokpilasztereinek szürkével és vörössel foltozott kőanyaga salzburgi eredetű, így azt magyarországi anyaggal pótolták, Pintér Farkas eredményei ebből a szempontból már későn igazolták sejtésemet.



3. ábra A máriabesnyői (Gödöllő) Grassalkovich-síremlék Rot-grau Schnöll típusból (Adnet, Ausztria) készített alapzata

A megoldást végül Pintér Farkas diplomamunkája (Pintér 2001) szolgáltatta, a hagyományos elemzések és az ókori márványok kutatása során már alkalmazott stabilizotóp vizsgálatok együttes - mind a bányákból, mind kőfaragványokból vett mintákra való, és a petrográfiai elemzések eredményeivel együtt történt - alkalmazásával. Elkülöníthetőnek bizonyult Adnet (**4. ábra**) és Tardos (**5. ábra**) alsó jura korú mészköve, és

kiderült, hogy bár ma már ilyen faragható rétegeket nem ismerünk a felszínen, illetve a bányákban, de a középkorban a Gerecsében még felhasználható minőségben lehetett bányászni középső jura korú vörös mészkövet is. (Pintér *et al.* 2001a; Pintér *et al.* 2001b; Pintér *et al.* 2004) Lényegében ez a keletkezésbeli különbség a dél-alföldi faragványok eltéréseinek oka, nem pedig a korábban feltételezett Maros-völgyi, erdélyi eredet. Ezzel kézművestörténeti helyükre kerültek III. Béla és felesége középső jura korú vörös márványból készült, székesfehérvári koporsói is, amelyeknek veronai mészkőként való korábbi geológiai meghatározása (Konda; vö. Pintér *et al.* 2001b: 62-63.) ellentmondani látszott mindannak, amit a vörös márvány 12. század végi esztergomi használatával kapcsolatban a művészettörténet addig feltárt.

Megoldandó kérdések természetesen még jelentős számban akadnak. Még csak az elején tartunk annak megállapításában, hogy a gerecsei bányák török általi elfoglalását követően kizárólag Salzburg környéki anyagból készült-e a Felvidék nagyszámú vörös márvány sírköve, vagy a középkori emlékek újrafaragása mellett lehet-e számolni a gerecsei eredetű nyersanyag török kori kereskedelmével is? Megoldásra vár a szakirodalomban helyenként előbukkanó lublói és jászói bányák használatának kronológiája és földrajzi kiterjedése is. Jó lenne pontosabb ismeretekkel rendelkezni az ausztriai és a magyarországi kőanyagok lengyelországi felhasználását illetően is. Bármiféle művészettörténeti anyaggyűjtés és forráskutatás hiányában még tapogatózni sem tudunk egyelőre a gerecsei vörös mészkő 18. századi használatára vonatkozóan - ha már a művészettörténet eléggé felkészült lesz, lehet majd vizsgálni például a tatai "Márvány-hegy" ma geológiai bemutatóhelyként szolgáló bányájának egykori szerepét is.



4. ábra

A Wiemberg-kőfejtő
(Adnet, Ausztria)



5. ábra Ritzelt fejtési nyomok a Bányahegyi-kőfejtő „vörös márvány” rétegein (Tardos, Gerecse-hegység)

Nagyon keveset tudunk a középkori kőfaragóműhelyekről. A vörös mészkő szilánkok faragási rétegei Visegrádon és Pusztaszeren - Szőke Mátyás és Buzás Gergely (szíves közlésük alapján), illetve Vályi Katalin leletei (Vályi 2004) - a helybeni készítést igazolják. A ránk maradt faragványok többsége - padlóburkoló lapok, egyszerűbb sírlapok, de akár gazdagabb díszű, de azért tömszerű megmunkálású köelemek - esetében ezzel nincs is semmi probléma. Osgyáni

Vilmos kőrestaurátor azonban felhívta a figyelmemet arra, hogy az olyan áttört és filigrános díszű faragványok esetén, mint amilyen például a székesfehérvári Anjou-sírkápolna egyik szarkofágoldalja, vagy egy királyalagos fedlapja, a faragás csak bányanedves állapotban tette lehetővé az ilyesfajta bravúrokat. Jó lenne tudni azonban, a kibányászását követően mennyi ideig marad bányanedves egy kőtömb: hajón vagy szekéren Budára vagy Székesfehérvárra szállítva is megfelelő volt-e még a bravúros megmunkálás céljára, vagy már a bánya közelében meg kellett faragni, kitéve a kényes művet a szállítás veszélyes műveletének?

További vizsgálatok lehetősége és szükségessége

Úgy tűnik, hogy a Lapidarium Hungaricum átfogó, a tömeges felhasználás mértékét pontosító meghatározásai mellett művészettörténeti szempontból igen hasznosak lehetnek a vörös márványok vizsgálatához hasonló, célzott "mélyfúrások" egy-egy különleges emlékcsoport vizsgálatára során. Legutóbb - Havasi Krisztina építészettörténeti kutatásait (vö. Havasi 2003) támogatandó - a középkori egri székesegyház belsőépítészeti elemeinek anyagvizsgálata vezetett jelentős új eredményekre, amelyek ugyanakkor - hasonlóan a vörös mészkövekhez - visszahatottak a geológiai ismeretek körére is, új megvilágításba helyezve a Bükk hegység körzetének márvány-előfordulásait. (Ezeket a vizsgálatokat a MTA Geokémiai Kutatóintézete végezte, Tóth Mária vezetésével.) Hasonlóan érdekes lenne közelebbit tudni az esztergomi berakásos faragványok nem vörös anyagairól is. Nemrég a Magyar Régészeti és Művészettörténeti Társulatban Adrian Andrei Rusu vetítette az Arad közelében fekvő bizzei bencés

kolostor változatos anyaghasználatú kőfaragványainak képeit - kézbevétele nélkül is megállapítható volt, hogy alighanem egyetlen eddig ismert középkori épületegyüttesünk sem mutatja a kőanyagok ehhez hasonlóan gazdag használatát (a feltáró egészen meglepő, zöld színű kőzetekből készült faragványokat mutatott például a hallgatóságunk).

A kőanyagok vizsgálata mellett szükség lenne olyan "járulékos" anyagok elemzésére is, mint a kövek színességét segítő, a vésett vonalakat kitöltő különböző paszták, vagy a más színű köveknek az alapba való behelyezését lehetővé tevő ragasztó- és kitöltő anyagok.

Ezek a vizsgálatok nagyon jól illeszkednek az európai irányzatokba: csak az utóbbi néhány évben fontos kiállítások és vaskos katalógusai foglalkoztak az ókori Róma kőanyagaival (Rómában: De Nuccio & Ungaro 2002), az egyiptomi eredetű porfir használatával (a párizsi Louvre-ban: Malgouyres 2003), vagy az Alpok délkeleti nyúlványainak római márványfaragványaiival (a szlovéniai Mariborban: Lazar 2004).

Amikor az általa levezényelt négy OTKA-ciklust lezárva Horler Miklós átadta nekem a Lapidarium Hungaricum folytatásának terhet, felvetette, hogy a jövőben az egyes emlékek faragványkatalógusainak megjelentetésén kívül szélesebb körű összefoglalásokat tartalmazó tanulmánykötetek, vagy akár monográfiák közlésére is sort kellene keríteni a program során. A vörös márványok kapcsán egy ilyenfajta kiadvány terve bennem is érlelődik, és a márgával kapcsolatos eredmények részletesebb kifejtésére, az építészettörténészek és a természettudósok közös munkájaként is szükség lenne.

Így vetődött fel beszélgetések során a Bajor Műemléki Munkafüzetek 50. köteteként (Arbeitsheft 50. Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege) megjelentetett, egyáltalán nem füzetnyi, hanem vaskos kötetnyi németországi kőkataszter magyarországi változatának összeállítása is (ld. ugyanebben a kötetben Pintér Farkas: Magyarországi műemléki kőanyagok kataszterezésének lehetősége a gerecei „vörös márvány” példáján bemutatva c. írását). Ez a munka jól beleillene a Kulturális Örökségvédelmi Hivatalban jelenleg éppen az eddiginél nagyobb önállósággal rendelkező szervezeti egységként definiálódó Műemléki Tudományos Intézet munkatervébe is: Somorjay Sélysette, az új egység munkaprogramjának összeállítója és újonnan kinevezett igazgatója igen fontosnak tartja a műemléki munka során születő, sokszor szétforgácsolt természettudományos vizsgálatok eredményeinek összegyűjtését, az ilyen vizsgálatok támogatását, szervezését. Egy ilyen kézikönyv

azonban csak egész sor intézmény együttműködésével, az eddigi eredményeik egybeszerkesztésével valósulhatna meg: a Kulturális Örökségvédelmi Hivatal, az Állami Műemlék-helyreállítási és Restaurálási Központ, az ELTE Kőzetan-Geokémiai Tanszéke, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszéke, a MTA Földtudományi Kutatóközpontja Geokémiai Kutatóintézete, a Magyar Állami Földtani Intézet és még talán mások tevékenységére lenne szükség a megvalósításhoz. A munka kb. a 19. század közepéig Magyarországon felhasznált kőanyagokkal foglalkozhatna, tehát az esetleges ritka importanyagokkal is, de a vasúti szállítás és a kapitalista fejlődés következtében a historizmus, az eklektika építészei számára megnyíló külföldi importlehetőségek (ld. a Parlamentet, a Bazilikát vagy a 19-20. század fordulójának nagy bankszékházait) már kívül maradnának a gyűjtés körén - a középkori műemlékek, így például a Mátyás-templom későbbi helyreállításai során a középkori kőfaragványok pótlására használt anyagok azonban bekerülhetnének. A munka már nem csupán az építészeti kötőredékekre terjedhetne ki, de egész épületek in situ fellelhető részleteire is - egyébként a Lapidarium Hungaricum anyagvizsgálatai keretében eddig sem zárkoztunk el az egy-egy műemlék esetében az összképet pontosító ilyenfajta kiegészítésektől. Az eredmények adatbázisát jól használhatnák az építészek, a restaurátorok, a művészettörténészek, a régészek, a történészek egyaránt. A kötet tervezett feldolgozási rendszerét Pintér Farkas (ld. ugyanebben a folyóirat-számban) mutatja be részletesebben.

Irodalom

ÁRPÁS Endre, EMSZT Gyula, GÁLOS Miklós, KERTÉSZ Pál & MAREK István (1993): Az úgynevezett Buda környéki márga és jelentősége a magyar építészettörténetben. In: Horler Miklós hetvenedik születésnapjára - tanulmányok (*Művészettörténet - Műemlékvédelem IV.*). Szerk. Lövei Pál. Országos Műemlékvédelmi Hivatal, Budapest: 239-258.

BANDMANN, Günter (1969): Bemerkungen zu einer Ikonologie des Materials. *Städte-Jahrbuch N. F. 2*, 75-100.

DE NUCCIO, Marilda & UNGARO, Lucrezia (szerk.) (2002): *I marmi colorati della Roma imperiale (kiállítási katalógus)*. Roma

HAVASI Krisztina (2003): "1200 körüli" faragványcsoport töredékei a középkori egri székesegyházból. *Agria. Az Egri Dobó István Vármúzeum Évkönyve XXXIX*: 113-188.

HORLER Miklós (1976): Magyarország építészeti kőteredékeinek helyzetfelmérése. *Építés-Építészettudomány* **VIII**, 453-468.

KEMP, Wolfgang (1975): Material der bildenden Kunst. Zu einem ungelösten Problem der Kunstwissenschaft. *Prisma, Gesamthochschule Kassel* **9** (Dezember 1975): 25-34.

KERTÉSZ Pál (1982): A műemléki kőanyagok bányahelyeinek kutatása. *Építés-Építészettudomány* **XIV**: 193-228.

KONDA J.: III. Béla király és antiochiai Anna királyné sírládájából vett két darab kőzetminta geológiai vizsgálatának régészeti vonatkozású eredményei. *Kézirat, MÁFI adattár* T. 14776.

LAZAR, Irena (szerk.) (2004): Rimljani: steklo, glina, kamen = Die Römer: Glas, Ton, Stein (*kiállítási katalógus*). Celje - Maribor - Ptuj: 147-203.

LEIN, Edgar (1997): Die Bedeutung der Materialien. *Kunstchronik* **50**: 65-69.

LŐVEI Pál (1992): A tömött vörös mészkő - "vörös márvány" - a középkori magyarországi művészetben. *Ars Hungarica* **XX**, **2. sz.**: 3-28.

LŐVEI, Pál (2001): "Virtus, es, marmor, scripta". Red Marble and Bronze Letters. *Acta Historiae Artium* **XLII**: 39-55.

LŐVEI, Pál (2002): Salzburg und Gran versus Krakau, Gnesen und Wilna: Die Lieferung des Rotmarmors im Fernhandel Mitteleuropas. In: *Die Jagiellonen. Kunst und Kultur einer europäischen Dynastie an der Wende zur Neuzeit*. Hrsg. von Popp, Dietmar & Suckale, Robert. Germanisches Nationalmuseum, Nürnberg: 411-421.

LŐVEI Pál (2004): "Virtus, es, marmor, scripta". Vörös márvány és bronzbetű. In: *Maradandóság és*

változás. Művészettörténeti konferencia, Ráckeve, 2000. Budapest: 53-71.

MALGOUYRES, Philippe (2003): Porphyre. La pierre pourpre des Ptolémées aux Bonaparte (*kiállítási katalógus*). Louvre, Paris

PINTÉR Farkas (2001): Vörös márvány műalkotások nyersanyaglelőhelyeinek és mállási felületeinek vizsgálata kőzettani-geokémiai módszerekkel. *Közöletlen diplomamunka*, ELTE TTK Kőzetan-Geokémiai Tanszék, Budapest

PINTÉR Farkas, SZAKMÁNY György, DEMÉNY Attila & TÓTH Mária (2001a): "Vörös márvány" műemléki kőanyagok eredetének kutatása. *Földtani Kutatás* **XXXVIII**, **2. sz.**: 21-23.

PINTÉR Farkas, SZAKMÁNY György, LŐVEI Pál, TÓTH Mária & DEMÉNY Attila (2001b): "Vörös márvány" faragványok nyersanyaglelőhelyeinek kutatása. *Műemlékvédelmi Szemle* **XI**, **1-2. sz.**: 53-70.

PINTÉR, Farkas, SZAKMÁNY, György, DEMÉNY, Attila & TÓTH Mária (2004): The provenance of "red marble" monuments from the 12th-18th centuries in Hungary. *European Journal of Mineralogy* **16**: 619-629.

RAFF, Thomass (1994): Die Sprache der Materialien. München 1994. (recenziója: LEIN, Edgar: Gold hat nicht immer den höchsten Wert. Neue Forschungen zur Bedeutung von Werkstoffen in der Kunst. *Frankfurter Rundschau*, 7. Februar 1995, Nr. 32.)

VÁLYI Katalin (2004): Ópusztaszer, Szermonostor. In: *Régészeti kutatások Magyarországon 2002*. Budapest: 250.

MAGYARORSZÁGI MŰEMLÉKI KŐANYAGOK KATASZTEREZÉSÉNEK LEHETŐSÉGE A GERICSEI „VÖRÖS MÁRVÁNY” PÉLDÁJÁN BEMUTATVA

PINTÉR FARKAS

Állami Műemlékhelyreállítási és Restaurálási Központ, Természettudományi Laboratórium

email: fpinter@amrk.hu

Abstract

For the comprehensive categorisation of building materials of important Hungarian historic monuments no overall issue has yet come into existence. Based on the experience of monument protection the existence of such building stone catalogue would be very useful for several organisations and experts dealing with monument protection in Hungary. The presentation of rock-types would be based on different Hungarian historic monuments. The collection would contain the following data: geological, petrographic, macro- and microscopic characterisation and physical properties of different rock types, ancient and working quarries, description of typical weathering phenomena, presentation of useable cleaning and conservation methods, etc. The printed version should be completed with a dynamically developing electronic database which will contain the list of the Hungarian monuments made of different rock types. The selection of the monuments will be based on archaeological and art historical data (from the Roman Age until the middle of the 19th century), the processing of the stone material will be based on geological criteria.

The catalogue will be mainly useful for architects, art historians, archaeologists, and conservators, but it can contain valuable information for geologists as well.

KULCSSZAVAK: ÉPÍTŐKŐ KATALÓGUS, MŰEMLÉKEK, ADATBÁZIS, VÖRÖS MÁRVÁNY

KEYWORDS: BUILDING STONE CATALOGUE, HISTORICAL MONUMENTS, ELECTRONIC DATABASE, „RED MARBLE”

Előzmények, célkitűzés

Habár az elmúlt évtizedekben számos helyreállított műemlékkel kapcsolatban került sor természettudományos és műszaki vizsgálatokra, valamint a Horler Miklós (Országos Műemléki Felügyelőség, jelenleg Kulturális Örökségvédelmi Hivatal) és a BME Ásvány- és Földtani Tanszéke (jelenleg Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék) által 1986-ban elkezdett és jelenleg is megjelenő Lapidarium Hungaricum (magyarországi építészeti töredékek feldolgozása) sorozat is nagyszámú kőfaragvánnyal foglalkozott, Magyarországon mindezekig nem jelent meg a hazai, kiemelkedő fontosságú műemlék épületek építésénél felhasznált építőkö-anyagok átfogó természettudományos-műszaki feldolgozása, kataszterezése és egy összefoglaló kötetben való rendezése. A hiánypótló műre több célból is szükség lenne:

1. a műemlékvédelmi kutatásokban-helyreállításokban dolgozó építészek, régészek, művészettörténészek számára nagy segítség lehetne egy ilyen alapmű, amelynek segítségével kikereshetőek lennének egy bizonyos helyreállításhoz, történeti kutatáshoz vagy tervezéshez a kérdéses kőtípusok és egy rövid, de a teljesség igényével elkészített leírás

alapján iránymutatással szolgálhatnának a későbbi felhasználási lehetőségek, helyreállítások során is;

2. a kőrestaurátor szakembereknek kiemelkedő fontosságú segítség lehetne a jövőbeni műemléki helyreállításhoz, ha az adott kőanyagnál az összetételi és szöveti- szerkezeti tulajdonságai mellett az alapvető mállási folyamatokra és az általános helyreállítási eljárásokra is útmutatót találnának, megkönnyítve ezzel a helyes és a korábbi építkezéseknél felhasznált kőtípusok, valamint a tisztítás, konzerválás, kőkiegészítés során alkalmazható anyagok, technológiák kiválasztását;
3. végül, de nem utolsó sorban, a hazai műemléki és építészeti kőanyagokkal foglalkozó természettudományi szakemberek számára is átfogó információbázisként működhetne a tervezett katalógus.

A kataszterrel szemben támasztott alapkövetelmények:

- geológiai és műszakilag a teljesség igényével jellemezze a bemutatott kőzetfajtákat;
- a humán, műszaki és természettudományi diszciplínák szakemberei számára egyaránt könnyen kezelhető és érthető segítség legyen

A katalógus két részt foglalna magába:

1. Képes kőatlasz: A magyarországi műemlék épületek építésénél felhasznált kőanyagok közettani (geokémiai), fizikai paramétereinek bemutatása, képekkel illusztrálva;

2. Folyamatosan fejlődő elektronikus adatbázis:

a. Az atlaszban szereplő kőtípusok felhasználási (beépítési) helyei Magyarországon; műemlékek adatbázisa (+ régészeti-művészettörténeti bemutatása);

b. Az egyes műemlékek építésénél felhasznált kőfajták jegyzéke.

Az elektronikus (pl. on-line) adatbázis tartalma folyamatosan bővíthető és módosítható, segítségével nemcsak a kőzettípusok műemlékeken való előfordulása kereshető ki, de az egyes műemlékek teljes építőkö-jegyzéke is összeállítható.

A kőkataszter alapját a „Bildatlas wichtiger Denkmalgesteine der Bundesrepublik Deutschland” (Grimm, 1990) c. kiadvány szerkezete és felépítése (1. ábra) adná, ahol a német példa alapján, de új elemekkel is kiegészített séma szerint kerülne sor a kőzetek és azok tulajdonságainak bemutatására.

A feldolgozandó anyagokat a három fő kőzetcsoporthoz (mágyás, metamorf, üledékes) majd a főcsoporton belül logikusan kialakított alcsoportok, típusok (pl. üledékes kőzetek, ezen belül pl. homokkővek, mészkővek, vulkanoklasztitok stb.) létrehozásával kell osztályozni, ahol az egyes típusokat felhasználóbarát módon, pl. színek szerinti osztályozással is csoportosíthatjuk, elősegítve ezzel az egyszerűbb azonosítást és a keresett kőanyag megtalálását. A kataszterben szereplő műemléki objektumok kora (a római kor – XIX. század második fele közötti időszak; ld. ugyanebben a kötetben Lővei Pál: Kőanyagvizsgálat, művészettörténet, műemlékvédelem c. írását) miatt a felhasznált kőanyagok lelőhelyei nemcsak a mostani határokon belül, hanem a történelmi Magyarország, sőt az azzal határos, alpi-kárpáti-dinári területekről is származhatnak. Az adatgyűjtés során ezekről a területekről származó kőanyagokat is mindenképpen figyelembe kell venni, még ha sok esetben már biztosan nem azonosítható a korabeli bányahely és talán a kőanyag sem hozzáférhető már.

Az adatok feldolgozásánál kiemelkedő szerephez jutnak a már meglévő műemléki (kő)anyagvizsgálatok eredményei és a témakör irodalmában szereplő adatok is. A hiányzó adatokat az elvégzendő kutatások keretében kellene pótolni.

A képes kőatlasz felépítése

A „Bildatlas wichtiger Denkmalgesteine der Bundesrepublik Deutschland” c. kiadvány (Grimm, 1990) a következő adatokat jeleníti meg a németországi műemléki kőanyagok bemutatásánál:

1. Kőzet elnevezése
2. Egyéb (pl. történelmi, kereskedelmi) elnevezések, bányahely, geológiai kor,
3. Közettani makroszkópos jellemzés
4. Közettani mikroszkópos leírás
5. Mállási tulajdonságok
6. Hasonló kőzetek, felhasználási lehetőségek, alkalmazási példák, irodalmi hivatkozások
7. Fizikai paraméterek, porústérfogat
8. Pórusátmérő-eloszlás

A leíráshoz tartozó fényképtáblán megjeleníti a kőanyag egy jellegzetes felhasználási formáját, a felületi (csiszolt), mikroszkópos, valamint SEM képét is.



1. ábra A németországi műemléki építőköveket bemutató képes kőkataszter

A magyarországi kőkataszter tervének bemutatása egy hazai történelmi építő-, díszítő-kő-típus alapján

A hazai tervezett kőkataszter, az előbbi kiadványtól némileg eltérő, felépítését egy jellegzetes magyarországi, történelmi, de még napjainkban is bányászott, kiemelkedő jelentőségű építő-díszítő-kő a gerecsei „vörös márvány” segítségével mutatjuk be.

1. Nomenklátúra

Tardosi mészkő

Pisznicei Mészkő Formáció, Tűzkövesárki Mészkő Formáció

Egyéb (történelmi, kereskedelmi) elnevezés: Tardosi márvány, Tardosi vörös, (gerecsei) „vörös márvány”, „ammonitico rosso”;

Típusnevek: „tardosi Hungária”, „Danuvia”

2. Geológiai jellemzés

Bányahely: Tardos, Gerecse-hg. (Bányahegyi kőfejtő; 2a. ábra) jelenleg is működik; Kisgerecsei-kőfejtő, Nagypisznicei kőfejtő (történelmi)

Geológiai kor, formáció: alsó-jura (felső-hettangi - pliensbachi), Pisznicei Formáció, Tűzkövesárki Formáció

Rövid geológiai jellemzés: vörösesbarna, pados, sztilolitos gumós mészkő

Szín: halvány vörös, vörös, vörösesbarna

3. Kőzettani makroszkópos leírás

Makroszkópos leírás: vörösesbarna gumósmészkő (2d. ábra), helyenként cm-es barna mangángumókkal; sötétbarna sztilolitos felületekkel, elsősorban a réteghatárok mentén; repedéskitöltő kalcitcement; ősmaradvány: főleg *Amonnites*-félék.

Átlagszín: vöröses barna (a Munsell soil color chart 2000 alapján) 2.5YR 4/6 - 6/6

Alkotóelemek színe: *gumók:* sötét vörös (vörös 2.5YR 4/6), *mátrix:* (világos) vörös (2.5YR 6/6 világos vörös)

Mállott felület: halvány rózsaszín, fehér (2c. ábra)

Szerkezet, szövet: tömött, mészgumókból álló kőzet; vékony-vastagpados (5-25 cm) kifejlődésben; sztilolitos réteghatárokkal; a rétegek között gyakran vöröstasyagos-mangános visszaoldódási maradékkal; látható porozitás nincsen.

Mállott felületeknél helyenként kipreparálódott sztilolitos és mangán gumók

4. Kőzettani mikroszkópos leírás

Szemese: 5-10 %, **mátrix (kötőanyag):** 90-95 %

Szemese összetevők: biogén eredetű (100%)

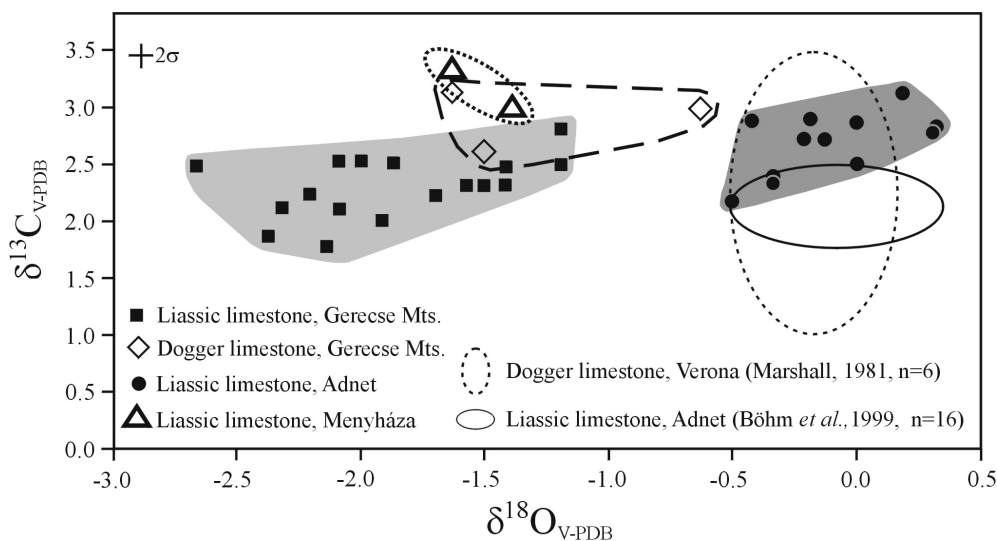
Mikroszkopikus ősmaradványok: foraminifera, mollusca héjtöredékek, crinoidea, ostracoda, echinodermata maradványok; jelentős kormeghatározó fauna: *Involutina liassica* (2e. ábra)

Szemcseméret: 0.01-10 mm, a fossziliák üregei gyakran másodlagos mészpáttal kitöltöttek, egyes ősmaradványok (pl. ammonites) felülete barna vasas-mangános kéreggel bekéregzett

Kötőanyag: mikrites (kalcit), homogén, vasoxidtól vörösesbarnára színezett

Látható pórustérfogat: nincsen

Szövet, pontos kőzetnév: közepesen osztályozott, nem irányított; FOLK: biomikrit, DUNHAM: wackestone

Geokémiai paraméterek: jellegzetes hazai és külföldi típusok $\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{13}\text{C}$ értékei (3. ábra)

3. ábra Magyarországi (Gerecse-hg.), ausztriai (Adnet), Verona-környéki és erdélyi (Menyháza) „vörös márvány” előfordulások stabilizotóp-geokémiai értékei (Pintér *et al.*, 2004)

5. Kőzetfizikai paraméterek

- Kopásállóság
- Sűrűség (száraz)
- Nyomószilárdság
- Porozitás
- Vízfelvétel (légköri nyomáson)
- Vízfelvétel (vákuumban)

6. Pórusátmérő-eloszlás7. Mállás, konzerválás

Mállási tulajdonságok: közepesen ellenálló; nem saválló, az agyagos sztilolitek mentén visszaoldódás, karbonátos erek kipreparálódása; csapóesőnek kitett részekben erőteljes kifakulás, kifehéredés a vas-oxid pigmentek kioldása miatt; fagyálló

Tisztíthatóság, konzerválás: felületi szennyeződések kíméletes szemceszórással (pl. JOS-technológia, kisnyomású homokszórás) és, kémiai módszerekkel tisztíthatók; konzerválása nehézkes (Paraloid B72, Wacker-Steinfestiger OH, stb.), kísérletek folynak VKF (vákuum cirkulációs szilárdítás) módszerrel

8. Hasonló kőzetek, elkülönítési és felhasználási lehetőségek, alkalmazási példák

Hasonló kőzetek: Adneti mészkő (Ausztria), Tölgyháti Mészkő (Gerecse-hg.), Verona környéki dogger „ammonitico rosso” típusok (ammonitico rosso inferiore)

Elkülönítési lehetőség: kőzettani mikroszkópos és stabilizotóp-geokémiai (3. ábra) módszerrel elkülöníthető a többi hasonló kőzettípustól

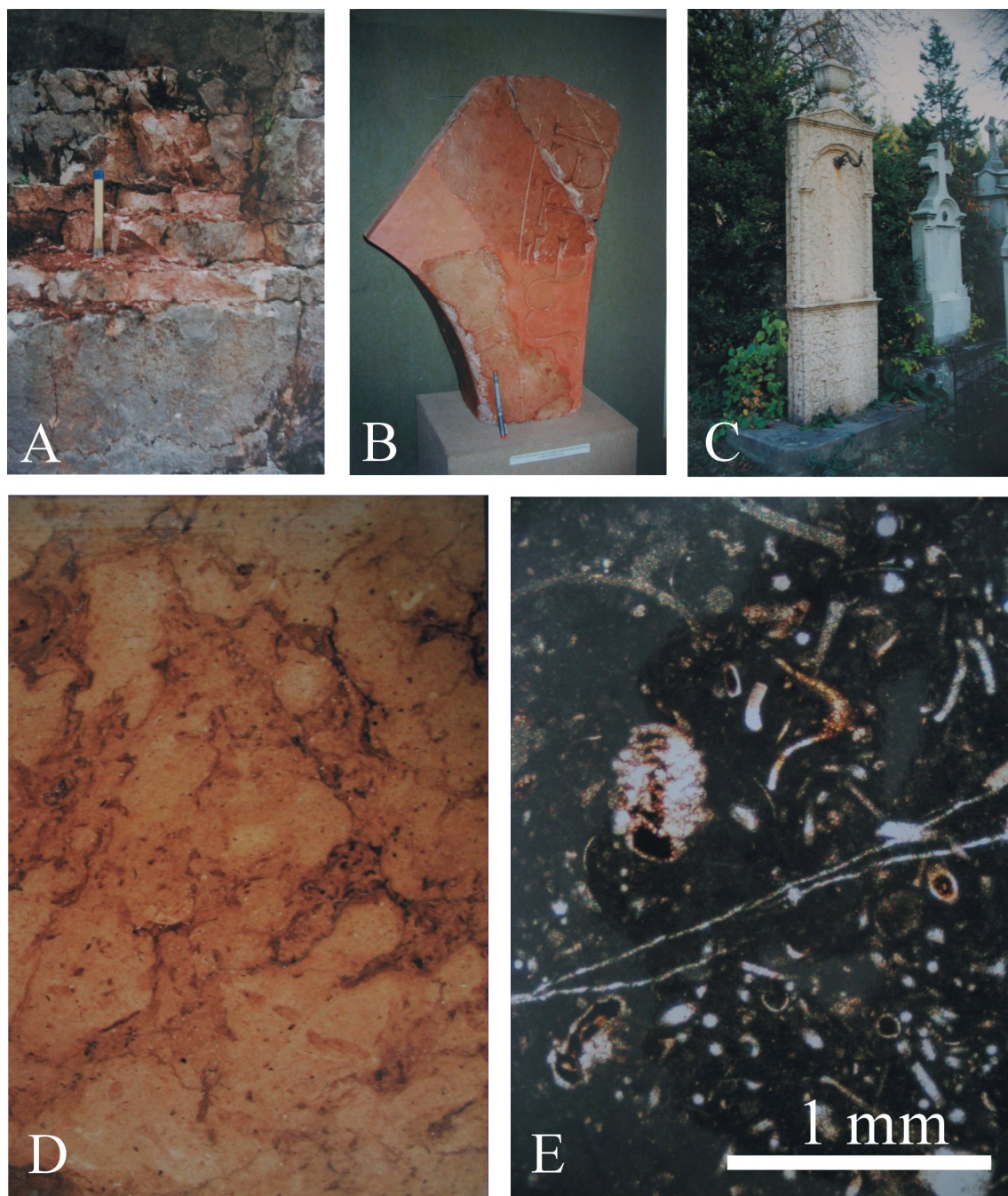
Felhasználás:

- történelmi: keresztelomedencék, beltéri burkolatok, lépcsőfokok, díszkutak, sírkövek, egyéb építészeti elemek (2b. ábra)
- jelenlegi: sírkövek, beltéri burkolatok, (kültéri) lábazatok, díszkutak, stb.

Fontosabb műemléki példák: Porta speciosa, Bakócz-kápolna (Esztergom), díszkutak (Visegrád), stb.

9. Irodalmi hivatkozások

Fontosabb irodalmi hivatkozások: Bidló, *et al.*, 1967; 1981, Kertész, 1982; Grimm & Snethlage, 1984; Lövei, 1992; Hála, 1995, Pintér *et al.*, 2004

Fényképtábla (2. ábra)

2. ábra A Gerecse-hegységi tardosi „vörös márvány” kőfejtő (A); az esztergomi Porta speciosa (XII. század) töredéke (B); jellegzetes mállási felület egy szabadtéri síremléken (Esztergom, Köztemető; C); a vörös gumós mészkő jellegzetes makroszkópos szöveti képe (D); biomikrit (wackestone) szöveti típus, foraminifera (*Involutina liassica*), echinoidea, gastropoda és ammonites váztöredékekkel (Pisznicei Mészkő Formáció).

Összefoglalás

Munkámban a műemlékvédelemben használt kőanyagok lehetséges egységes rendszerezésének alapjait terjesztettem elő. Az előbbiekben bemutatott rendszerezés alapján a katalogizálásban szereplő kőanyagok osztályozhatóak lennének. Természetesen a példánkban szereplő üledékes kőzetektől eltérően a másfajta genetikájú kőtípusokat (magmás, metamorf kőzetek stb.) egyes pontokban, pl. szöveti jellemzésükben, kémiai összetételükben más, a kőzettani leírásokban elfogadott, rendszerek alapján szükséges bemutatni, ami azonban a katalogizálás egységes rendszert döntően nem befolyásolja.

Irodalom

BIDLÓ, G., KERTÉSZ, P., KLEB, B., MAREK, I., PAPP, F. (1967): A tardosi Hungária és Danuvia elnevezésű tömött mészkő műszaki kőzetvizsgálatáról. – Jelentés, Kézirat, BME Mérnökgeológiai Tanszék, 67/1-2, 12p.

BIDLÓ, G., KERTÉSZ, P., KLEB, B., MAREK, I. (1981): Gerecsei kőfejtők, Bakócz kápolna. – Jelentés, Kézirat, BME Mérnökgeológiai Tanszék, 8 p.

BÖHM, F. (1999): Mikrofazies und Ablagerungsmilieu des Lias und Dogger der nordöstlichen Kalkalpen. – *Erlanger geologischen Abhandlungen*, **121**, 57-217.

GRIMM, W.G. (1990): Bildatlas wichtiger Denkmalgesteine der Bundesrepublik Deutschland. – Arbeitsheft 50, Bayerisches Landesamt für Denkmalpflege 255 p.

GRIMM, W.D. & SNETHLAGE, R. (1984): Adneter Rotmarmor. – *Arbeitshefte des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege*, **25**, 41 p.

Reményeink szerint a sokéves munka eredménye egy olyan átfogó kőkatalógus lehet, ami nem csak leíró és összegző, de a gyakorlatban is felhasználható információbázisával a műemlékvédelemben járatos szakemberek mellett más diszciplínák képviselői számára is értékes adatokat szolgáltathat. Mindemellett ez hosszútávon jelentős megtakarításokat is hozhatna a műemlékvédelmi helyreállítások során, ugyanis a meglévő jóval egyszerűbben lehetne kiválasztani azt a legmegfelelőbb kőzettípust, amelyet egy adott helyreállításnál fel lehetne használni, ezáltal a restaurált rész élettartama, tartóssága sokkal hosszabb lehet, mint egy más, kevésbé alkalmas kőzettípus vagy műkő felhasználásával történt köcsere, pótlás esetén.

HÁLA, J. (1995): Történeti és néprajzi adatok olasz kőbányászok és kőfaragók magyarországi tevékenységéhez; in: Ásványok, kőzetek, hagyományok - életmód és tradíció. – Budapest, 189-201.

KERTÉSZ, P. (1982): A műemlék kőanyagok bányahelyeinek kutatása. – Építés, Építészettudomány, XIV, 1-2, 193-228.

LŐVEI, P. (1992): A tömött vörös mészkő – „vörös márvány” – a középkori Magyarország művészetében. – *Ars Hungarica*, XX, 2, 3-28.

MARSHALL, J.D. (1981): Stable isotope evidence for the environment of lithification of some Tethyan limestones. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paleontologie*, **4**, 211-224.

PINTÉR, F., SZAKMÁNY, GY, DEMÉNY, A., TÓTH, M. (2004): The Provenance of “Red Marble” Monuments from the 12-18th Centuries in Hungary. – *European Journal of Mineralogy*, 619-630.

BALATONLELLE – FELSŐ-GAMÁSZ LELŐHELYRŐL ELŐKERÜLT KÉSŐ RÉZKORI VÖRÖS HOMOKKŐ ŐRLŐKÖVEK PETROGRÁFIAI VIZSGÁLATÁNAK EREDMÉNYEI

SZAKMÁNY GYÖRGY¹ – NAGY BORBÁLA²

¹ELTE Közettan-Geokémiai Tanszék, Budapest,

e-mail: gyorgy.szakmany@geology.elte.hu

²ELTE Régészettudományi Intézet, Budapest

Abstract

The authors studied petrographic aspects of Late Copper Age grinding stones from the Balatonlelle–Felső-Gamász locality. The raw material of the studied grinding stones is red-grayish, red or white, fine to coarse grained sandstone and sandstone pebbles. All samples are litharenite and have similar clast composition; they consist predominantly of monocrystalline quartz of volcanic origin as well as acidic recrystallized or felsitic volcanite and rarer pyroclastite clasts. There are some polyquartz, mica (muscovite and baueritized-chloritized biotite), opaque minerals, low-grade metamorphites (metasediments) and subordinately strongly altered feldspars, zircon, rutile, tourmaline moreover granitoid clasts in the sandstones. The clasts are cemented with small amount of silica, clay, hematite and locally chlorite. The quantitative and qualitative distribution of clasts of the sandstones suggest that the raw material of studied grinding stones originated from coarse-medium grained sandstone beds of the Balatonfelvidék Sandstone Formation occurring on the surface in the Balaton Highland.

KULCSSZAVAK: KÉSŐ RÉZKOR, BÁDENI KULTÚRA, ŐRLŐKŐ, PETROGRÁFIA, HOMOKKŐ, NYERSANYAG SZÁRMAZÁSI HELY, PANNON-MEDENCE

KEYWORDS: LATE COPPER AGE, BADEN CULTURE, GRINDING STONE, PETROGRAPHY, SANDSTONE, RAW MATERIAL PROVENANCE, PANNONIAN BASIN

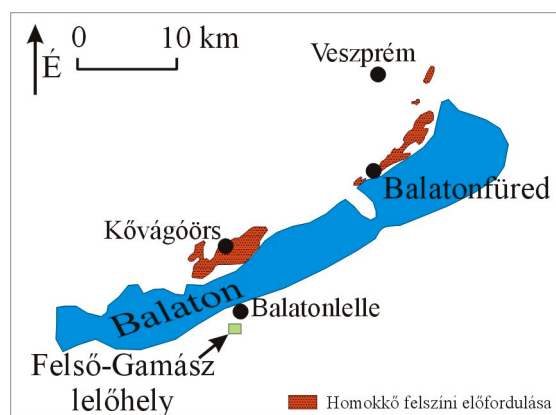
Bevezetés

Az őrlőkövek számos őskori leletegyüttesben fordulnak elő, sokszor jelentős mennyiségben. Részletes archeometriai vizsgálatuk azonban csak a legutóbbi időkben kezdődött meg Magyarországon. Vizsgálati módszerük elsősorban a polarizációs mikroszkóppal végzett petrográfia, amely segítségével az őrlőkövek nyersanyagát kőzettani szempontból jellemezhetjük, és megfelelő összehasonlító leírások, adatok ismeretében meg tudjuk mondani, hogy hol fordulnak elő a lelőhely környezetében hasonló típusú kőzetek, ezáltal a nyersanyag származási helyére következtethetünk.

Munkánk során Balatonlelle–Felső-Gamász lelőhelyről előkerült késő rézkori őrlőkövek petrográfiai vizsgálatát végeztük el. Célunk a homokkőből készült őrlőkövek részletes, makroszkópos és petrográfiai mikroszkópos leírása, jellemzése, és a nyersanyag eredetének lehetőség szerint legpontosabb meghatározása volt.

Régészeti háttér

Balatonlelle–Felső-Gamász (M7/S-17) lelőhely Balatonlelle DNy-i határában, a Szőlőskislak felé vezető ún. Római út nyugati oldalán található (1. ábra).



1. ábra: A lelőhely elhelyezkedése, valamint a permi vörös homokkő felszíni elterjedése a Balatonfelvidéken (Majoros, 1980 alapján).

A lelőhelyet kelet felé a Forró-árok határolja, amely a vizsgálatok alapján a késő rézkorban még élő vízfolyás volt. Az M7-es autópálya építéséhez kapcsolódva 2002-ben Sófalvi András vezetésével folyt itt megelőző ásás, mely során több mint másfél hektár nagyságú terület került feltárássra. A lelőhelyről Sófalvi (2004) közölt rövid előzetes leírást, a badeni leletanyagot Nagy (2005) dolgozta föl szakdolgozatában.

A lelőhelyen más korszakok emlékanyaga mellett (DVK telep, longobard házak, avar sírok, Árpád-kori telep) egy 23 síros késő rézkori, a badeni kultúrába tartozó, csontvázas rítusú temető került feltárrásra. Habár a temető nem tekinthető teljesen feltártnak, az eredeti sírszám nem lehetett sokkal nagyobb a jelenlegi állapotban lévénél. A feltárt temető jelentőségét növeli, hogy a Forró-árok másik oldalán Balatonlelle-Országúti-dűlő (M7/S-16) lelőhelyen szintén 2002-ben napvilágot látott egy késő rézkori település is.

A sírok egy löszölgyben helyezkedtek el, egy kb. 55x40 m nagyságú területen, két nagyobb, egymástól kb. 45 méterre lévő DK-i és ÉNy-i, csoportba rendeződve. A tipológiai legidősebb (Nemejcová-Pavúková 1974, 1984 rendszere szerint a Baden Ic és IIa fázis határára keltezhető) sírok keleten, a Forró-árok mentén helyezkedtek el. A sírok nyugat felé egyre fiatalabb korúak (IIb-III); az ÉNy-i sírok szintén a Baden III-fázisra datálhatók.

A feltárt temető gazdag leletanyagot tartalmazott. A 23 sírból több mint 100 edény került elő (köztük 4 kétszátú tál), továbbá egyedi leletek is napvilágot láttak, többek között háromszögletű, bifaciális kialakítású nyílhegyek, serpentin anyagú nyéllyukas kőbalta. A viszonylag sok rézlelet (2 rézár, réztű, gyöngyök) közül kiemelkedik jelentőségével egy réztőr.

Az előkerült őrlőköveket morfológiailag Horváth Tünde (MTA Régészeti Intézet) vizsgálta meg. Négy sírból (3 férfi és 1 női) került elő komplett, alsó- és felső őrlőkövekből álló őrlőfelszerelés: ezek a sírban - egy kivétellel - a használatnak megfelelően egymáson, illetve szorosan egymás mellett helyezkedtek el a sírgödör fala mellett. Ezenkívül szórványként egy teljes őrlőfelszerelés, valamint egy alsó kő került még elő. Az őrlőkövek

egy típusba sorolhatók, és használaton kerültek a sírokba. A felső és az alsó őrlőköveket ugyanabból a kőzetdarabból készítették. A férfisírokból előkerült darabok esetében fekete szervesanyagmaradvány is megfigyelhető volt.

Vizsgálati módszerek, mintaelőkészítés:

Az őrlőkövek előzetes makroszkópos áttekintése után 7 mintát választottunk ki részletes, polarizációs mikroszkóppal történő petrográfiai vizsgálatra (I. táblázat). A mintaelőkészítés során az őrlőkövekből származó szilánkokból gyémántbetétes vágógéppel vékony szeletet vágunk, amit egyre finomabb szemcséjű csiszolóporral egyenletesen simára csiszoltunk, majd azt műgyantával tárgylemezre ragasztottuk. A ragasztó megszilárdulása után a kőzetlemez 30 µm vastagságúra vékonyítottuk, végül fedőlemezlel lefedtük. Az így elkészített vékonycsiszolatot Leitz Laborlux 11 Pol S típusú polarizációs (petrográfiai) mikroszkópban vizsgáltuk. A mikroszkópi fényképeket Nikon típusú digitális fényképezőgéppel készítettük.

Petrográfia

Makroszkópos leírás

A Balatonlelle-Felsőgamász lelőhelyről származó késő rézkori őrlőkövek makroszkóposan vörös, kifakult vörös, vöröses árnyalatú fehér, illetve egy minta (7. számú) esetében fehér színű, tömött, finom-közép-nagyszemcsés homokkő, illetve kavicsos homokkő példányok (2, 3. ábra).

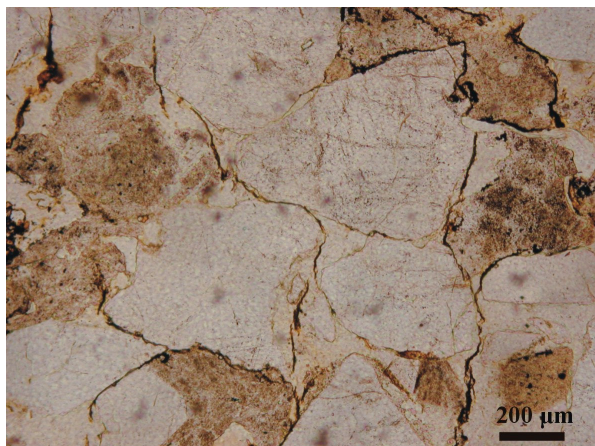
Szabad szemmel jól felismerhető elegyrészük a kvarc, kevés muszkovit, amely néhol réteglapok mentén feldúsul, valamint nagyon finomszemcsés sötétvörös vagy szürke elegyrészek, amelyek a mikroszkópi vizsgálatok során vulkanit törmelékeknek bizonyultak.



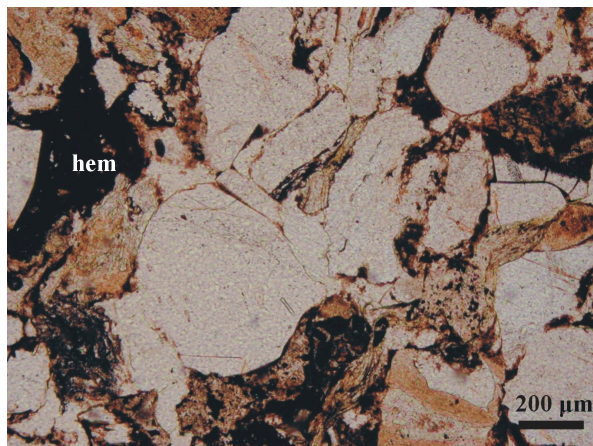
2. ábra: Az str. 139 számú őrlőkö makroszkópos fényképe



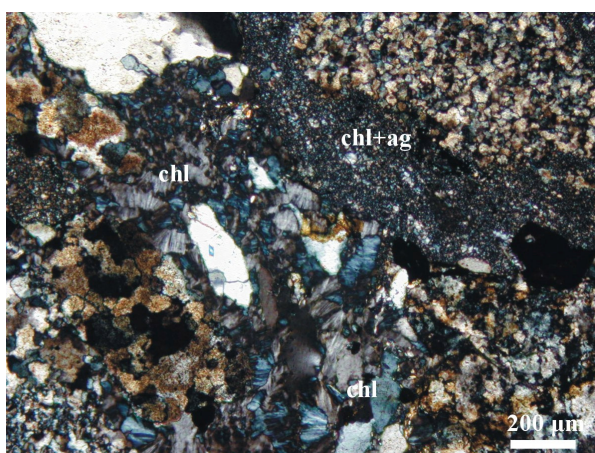
3. ábra: Az str. 291 számú, felső őrlőkö makroszkópos fényképe

**4. ábra**

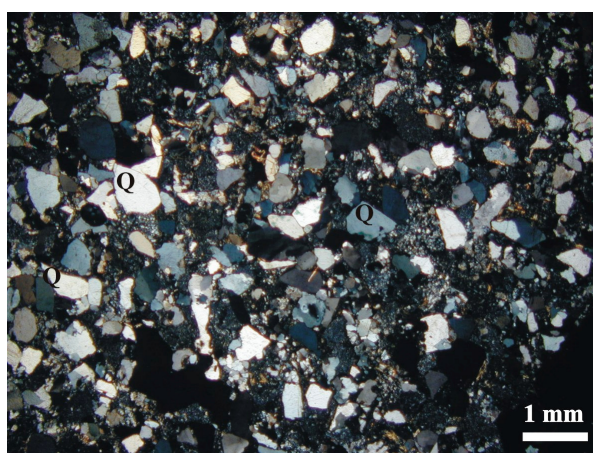
Hullámos és gyengén szutúrás érintkezésű kvarcsezemcsék, vékony hematit szegéllyel. 7. minta, 1 nikol

**5. ábra**

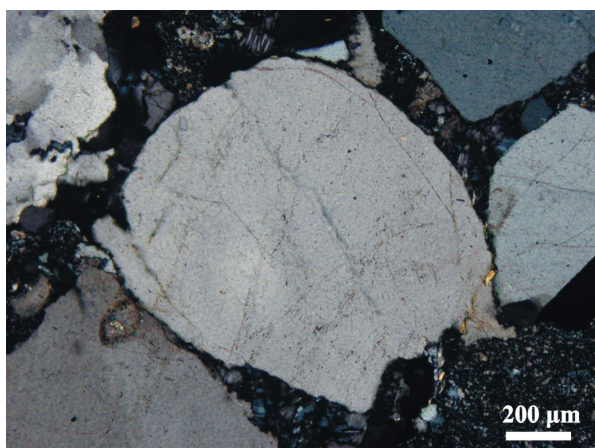
Hematitos (hem) kötőanyagú homokkő. 3. minta, 1 nikol

**6. ábra**

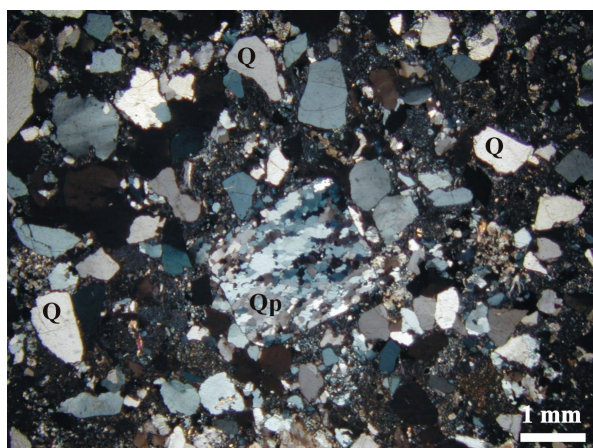
Jól kristályos kloritos (chl) valamint kloritos-agyagásványos (chl+ag) kötőanyag. 5. minta, + nikol

**7. ábra**

Jól osztályozott homokkő sok monokvarc szemcsével (Q). 2. minta, + nikol

**8. ábra**

Jól kerekített kvarcsezemcse. 6. minta + nikol

**9. ábra**

Szögletes, metamorf eredetű kvarcit (Qp), és monokvarc (Q) szemcse. 5. minta, + nikol

A kőzetek felületén gyakran előfordulnak likacsok, porusok, amelyek kimállott ásványszemcsék helyén alakultak ki.

Mikroszkópos leírás

A vizsgált mintasorozatba a finomszemcsés homokkőtől (1, 4. minták) a közép- illetve nagyszemcsés (2, 3, 5, 7. minták) homokkővön át a kavicsos durvaszemcsés (6. minta) homokkőig különböző szemcseméretű kőzetek tartoznak. Osztályozottság szempontjából meglehetősen vegyes a kép, vannak jól (1, 2, 7), közepesen (3, 4), közepesen/gyengén (6), illetve gyengén (5) osztályozott őrlőkő minták, de a gyengén osztályozottak kivételével az egymaximumos szemcseeloszlás az általános. Minden mintára jellemző, hogy bennük a szemcsék koptatottsága általában gyenge-nagyon gyenge, de a legtöbb homokkő tartalmaz néhány, eredetileg igen jól koptatott – elsősorban kvarc – szemcsét. Irányítottság általában nem figyelhető meg, néhol azonban a nyúlt vagy lapított szemcsék elhelyezkedése nagyon gyenge, a makroszkóposan megfigyelhető rétegzettséggel közel párhuzamos elrendeződést mutat. A szemcsék általában szorosan érintkeznek egymással, egyenes vagy konkáv/konvex határvonallal, illetve gyengén hullámos lefutású határral. A szemcsék közötti szutúrás érintkezés kizárólag a 2, és 7. számú mintában, és azokban is csak néhány szemcsehatáron, kezdetleges formában alakult ki (4. ábra).

A petrográfiai elemzések eredményei azt mutatják, hogy a vizsgált őrlőkővek nyersanyaga érett, szemcsevázú homokkő-kavicsos homokkő, a törmelékszemcsék összetétele alapján **kőzettörmelékes homokkő (litharenit)**. Mind a hét, részletesen vizsgált homokkő minta törmelékanyaga, kötőanyaga, valamint szöveti jellegei hasonlóak, ami azt jelenti, az összes minta ugyanabból a földtani-rétegtani egységből származik. Az egyes minták közötti különbség elsősorban a törmelékes alkotók eltérő szemcseméretében nyilvánul meg, további különbséget a másodlagos folyamatok hatására bekövetkezett színváltozások okoznak. A 7. számú, makroszkóposan teljesen fehér színű minta a többinél is jelentősebb érettségével némileg eltér a többi mintától, de törmelékanyagának hasonló összetétele miatt ugyanabból a képződményből származik, mint a többi őrlőkő. A 2. számú minta a többinél valamivel erőteljesebb mállottságot mutat, helyenként gyenge limonitos átítatás is megfigyelhető.

A vizsgált homokkővekben a **kötőanyag** mennyisége viszonylag kevés. Az uralkodó kötőanyag típusok: *kova*, *hematit* és kisebb részben *limonit*. Kis mennyiségben *agyagásvány* (feltehetően kaolinit) szintén előfordul

kötőanyagként. Ezek mellett - helyenként - sugaras kifejlődésű *klorit* alkotja a cementanyagot (legnagyobb mennyiséget a 2. mintában éri el). (5, 6. ábra). A hematitos kötőanyag mennyisége a 3-as mintában a legnagyobb, itt porusokat kitöltően is megtalálható, sőt, egyes részeken megfigyelhető, hogy a finomszemcsés törmelékeket tartalmazó vörös hematitos mátrix mintegy „befolyik” a szemcsék közé. Több mintában megfigyelhető, hogy a törmelékszemcsék körül vékony *hematitos kéreg* alakult ki (ld. 4. ábra). Ez néhány mintában (5, 6) nem terjed ki a teljes szemcse felületére, csak egyes részfelületekre korlátozódik, míg a makroszkóposan fehér színű őrlőkőnél csak nagyon korlátozottan figyelhető meg ez a jelenség.

A törmelékanyag összetétele:

Lényeges ásványtörmelékek:

A **monokristályos kvarc** a kőzetek egyik legnagyobb mennyiségben előforduló elegyrésze. A durvább szemcsés homokkővekben a normál vagy csak nagyon gyengén hullámos kioltású vulkáni eredetű kvarc az uralkodó, az erősen hullámos kioltású, metamorf eredetű kvarcsemcsék mennyisége alárendeltebb, ugyanis ezekben a hullámos kioltású kvarcsemcsék a szét nem esett kvarcittörmelékben találhatóak. A kvarcsemcsék izometrikusak, uralkodóan gyengén-nagyon gyengén koptatottak. Ritkán, eredetileg sajátalakú vagy félig sajátalakú, továbbá visszaoldott, rezorbeált kvarcsemcse is előfordul, amelyek eredetileg savanyú vulkáni kőzetek porfíros elegyrészei lehetnek. A néhány mintában előforduló, eredetileg tört kvarcsemcsék vulkanoklasztit eredetre utalhatnak. Esetenként (elsősorban az 5. mintában) a kvarcsemcsék felületén észlelt gyenge hullámosság kezdődő oldódásra utal. Minden mintában elvétve található néhány nagyon jól koptatott, feltehetőleg szél által szállított kvarcsemcse is (7, 8. ábra).

A **polikristályos kvarc** a finomabb szemcseméretű mintákban ritka, a durvább szemcseméretű változatokban viszont nagyobb mennyiségben előforduló elegyrész. A polikvarc törmelékek általában irányított szövetűek (gyakran szalagos kvarcitok), bennük a kvarcsemcsék erősen hullámos kioltásúak, és szutúrás határvonallal érintkeznek egymással. Valamivel ritkábban előfordul eredendően egyensúlyi körülmények között átkristályosodott kvarcsemcsékből álló polikvarc is, bár ezek belsejében is a szemcsék többnyire szutúrásan érintkeznek egymással. (9. ábra)

A **földpát** mennyisége a mintákban nagyon csekély. Néhány, eredetileg apró hematitpikkelyektől foltosan barna színű, hullámos kioltású relikvált kálics-földpát, valamint kevés agyagásvánnyal (feltehetően kaolinit) kitöltött földpát utáni

pszeudomorfóza fordul elő. A 2, és 7, mintában ez utóbbi változatok nem fordulnak elő.

Kőzettörmelékek

A vizsgált homokkövek jelentős mennyiségű kőzettörmeléket tartalmaznak. Ezek közül uralkodó az összes törmelék mennyiségéhez viszonyítva is jelentős mennyiségben előforduló **savanyú vulkanit** (riolit vagy dácit). Elsősorban ezek átkristályosodott alapanyaga figyelhető meg, porfíros szövetű kőzettörmelék csak a durvább szemcsés homokkő változatokban gyakori, a finomszemcsés homokkövekben csak elvétve található. A porfíros elegyrészek között elsősorban kvarc (gyakran rezorbeálódott), ritkán átalakult kálföldpát reliktum (vagy pszeudomorfózája) valamint teljesen átalakult, opakásványosodott és agyagásványosodott egykori színes elegyrész (alakja után biotit) fordul elő. A vulkanit alapanyag szemcsék között elsősorban teljesen átkovárosodott, kisebb részben felzites szemcsék fordulnak elő. (10, 11, 12. ábra) Az eredetileg folyásos szövet néhány esetben, a viszonylag kevésbé átkristályosodott szemcséken még jól felismerhető. Ritkán piroklasztit eredetű szemcsék is előfordulnak, ezek erősen irányított szövetűek, amelyekben változatos szemcseméretű nyúlt, az irányítottsággal közel párhuzamosan elrendeződött egykori üveges törmelékek fordulnak elő (13. ábra).

A **metamorfitok** között a viszonylag jelentős mennyiségű kvarcit változatokat a polikristályos kvarcoknál már tárgyaltuk. Ezen túlmenően, ritkán, finomszemcsés kvarcból és fehér csillámból álló, általában lapított, foliált, néha gyűrt, kis fokú metaüledék (metahomokkő-metaaleurolit illetve agyapala vagy fillit) szemcsék fordulnak elő. (14. ábra)

A kizárólag az 1, jelű kőzetben ritkán előforduló kvarc-földpát összenövészek **granitoid**(?) kőzettörmelékre engednek következtetni, de az eredeti kőzet – a kis szemcseméret következtében – nem határozható meg egyértelműen.

Egyéb (kis mennyiségben előforduló) ásványtörmelékek

A **csillámok** közül mindegyik homokkő tartalmaz általában kevés-nagyon kevés, jól kristályos, törmelékes eredetű muszkovitpikkelyeket (15. ábra). Ezek mellett minden mintában teljesen hasonló módon megjelenő egykori biotit átalakulásából képződött fehér csillám és szintelen klorit váltakozó rétegeiből-sávjaiból álló pszeudomorfózák fordulnak elő (16. ábra). Az egykori biotit barna pleokroizmusra erősen elhalványult, és már csak elvétve ismerhető fel. A

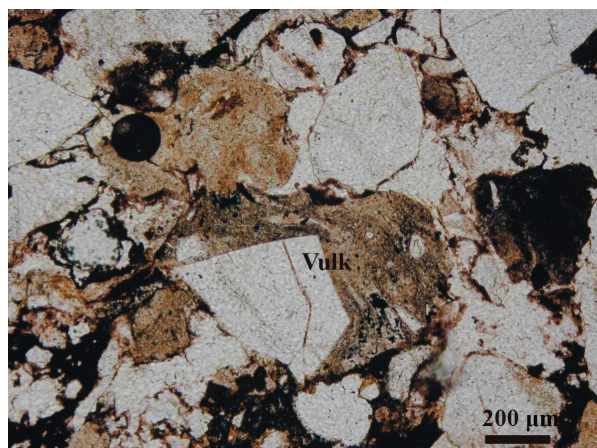
biotit feltehetően a kőzettörmelékek között gyakran előforduló savanyú vulkanitban fenokristályként fordult elő.

Az **opakásványok** általában szabálytalan alakú, kissé nyúlt vagy izometrikus szemcsék formájában viszonylag gyakori elegyrészei a vizsgált homokköveknek. Az erősebben mállott mintákban limonitosodásuk megfigyelhető.

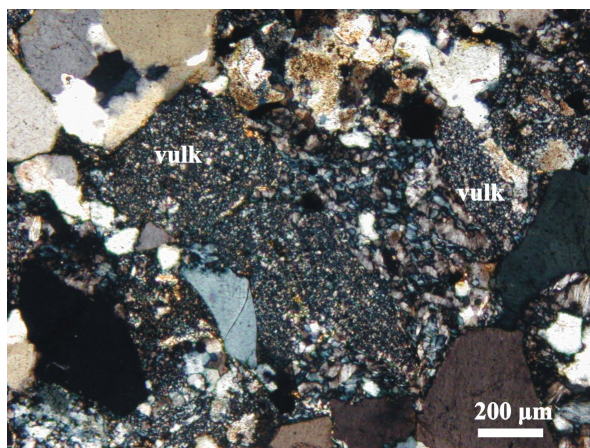
Az úgynevezett **nehézsavanyók** (akcesszóriák) közül a vizsgált mintákban változó mennyiségben (a finomszemcsésekben több, a durvaszemcsésekben általában kevesebb) *cirkon*, *rutil* és *turmalin* fordul elő. A cirkon általában sajátalakú, a turmalin leggyakrabban sárgászöld-zöldessárga, ritkábban zöld-kékeszöld esetenként barna-sárgásbarna pleokroizmusú, zónás kifejlődésű. A cirkon és a rutil a savanyú vulkanitból származik, mivel egyes vulkanittörmelékekben teljesen hasonló megjelenésű példányok voltak megfigyelhetőek.

Diszkusszió, a homokkövek származása

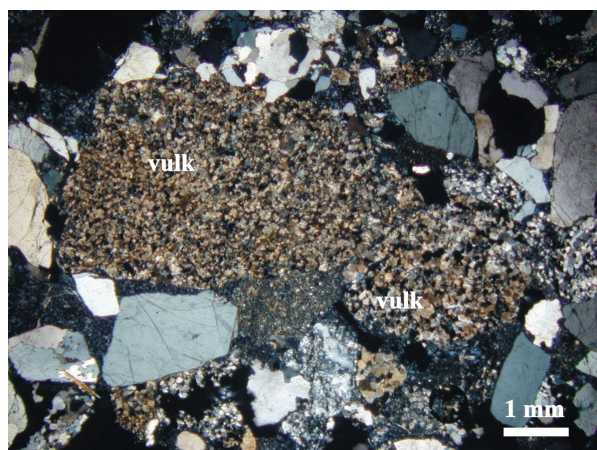
A petrográfiai vizsgálatok azt mutatják, hogy a vizsgált homokkövek törmelékanyaga uralkodóan savanyú vulkanitból, kvarcitból valamint - elenyésző mennyiségben - kistekő metamorfotokból álló terület lepusztulásából származik. A szemcsék uralkodóan gyenge koptatottsága alapján a homokkő folyóvízi eredetű lehet, amelyhez nagyon kis mennyiségben, jól koptatott eolikus szállítású szemcsék is keveredtek. A homokkövek eredeti vörös színe szárazföldi, oxidatív, arid klímán történt képződési környezetre utal, amelyet az egyes mintákban a törmelék szemcsék szegélyén előforduló vékony hematitkéreg is megerősít. A diagenezis során a homokkövek nem túl jelentős mértékű kompaktációt szenvedhettek el, amire a konkáv/konvex szemcsehatárok, a szoros szemcseilleszkedés, valamint a szutúrás szemcsehatárok csaknem teljes hiánya utal. Fontos megjegyezni, hogy annak ellenére, hogy a kötőanyag jelentős részét alkotja kova, a kvarc szemcsék diagenetikus továbbnövekedése mégsem volt megfigyelhető. A kőzetek tömörtek, pórusok a belső, üde részeken csak elvétve fordulnak elő, de a külső részeken utólagos folyamatok kioldó tevékenysége miatt kisebb likacsok, pórusok kialakultak. Egy minta esetében jelentős mértékű porozitás figyelhető meg, a pórusokat másodlagosan képződött hematit tölti ki. A homokkövek szürkülése-kifehéredése utólagos (redukciós) környezetben lezajló eseményeknek tulajdonítható.

**10. ábra**

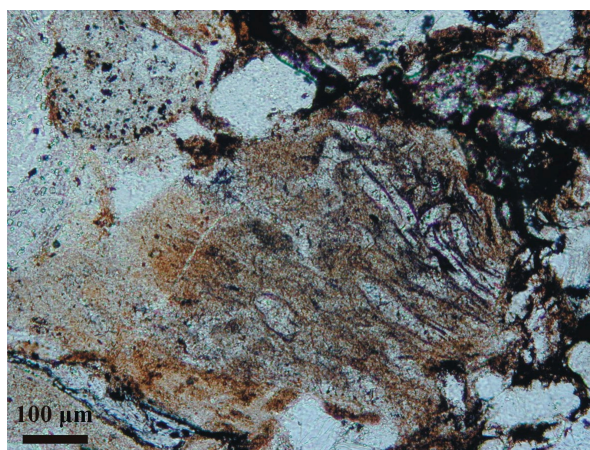
Kvare porfirós, folyásos szövetű vulkanit törmelék (vulk). 3. minta, 1 nikol

**11. ábra**

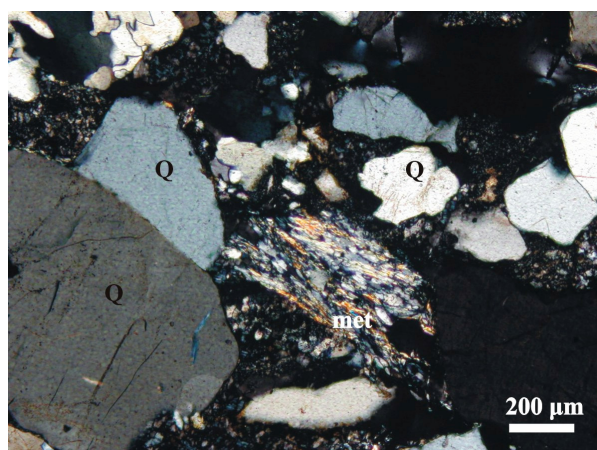
Kovácsodott vulkanit törmelékek (vulk). 2. minta, + nikol

**12. ábra**

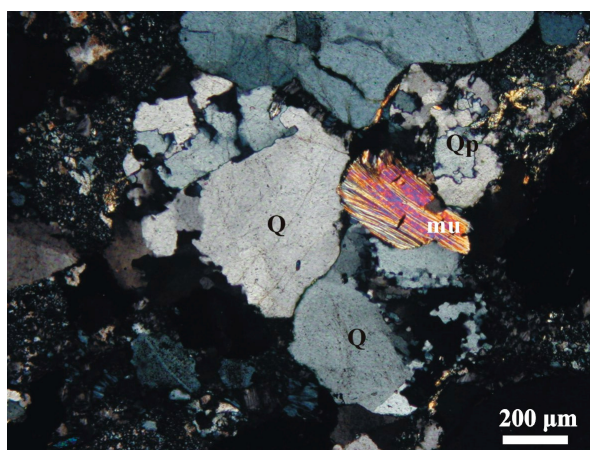
Felzites vulkanit szemcsék (vulk). 5. minta, + nikol

**13. ábra**

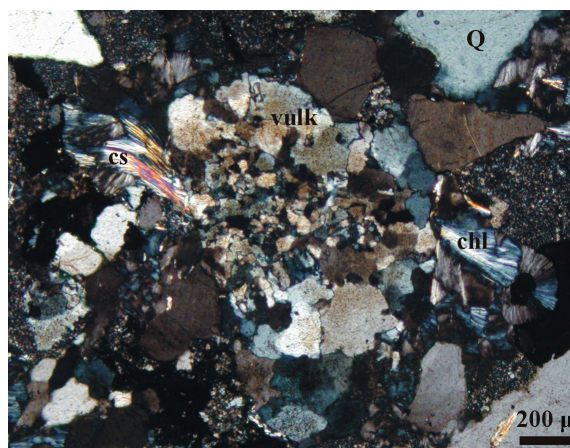
Piroklasztit törmelék. 4. minta, 1 nikol

**14. ábra**

Kis fokú metaüledékes közettörmelék (met) és monokvare (Q) szemcsék. 7. minta, + nikol

**15. ábra**

Törmelékes eredetű muszkovit (mu), mono- (Q) és polikristályos (Qp) kvare törmelékek. 6. minta, + nikol



Biotitból átalakult klorit+színtelen csillám (cs), felzites vulkanit törmelék (vulk), monokvarc (Q) és klorit (chl). 5. minta, + nikol

Vörös homokkő a felszínen - a régészeti lelőhelyhez nem túl nagy távolságban - két területen fordul elő a Pannon medencében.

1, A Balatonfelvidéken, a felső-perm korú vörös homokkő (Balatonfelvidéki Homokkő Formáció) két sávban viszonylag nagy területen bukkan elő. Az északi előfordulás Aszófőtől Balatonfűzfőig húzódó mintegy 22 km hosszú és maximálisan 3,3 km szélességű területen végig megtalálható, illetve attól ÉK-re Hidegkút és Litér környékén kisebb feltárásokban jelenik meg felszínen. A déli előfordulás Zánka-Badacsonyörs között mintegy 12 km hosszan elnyúló és hozzávetőlegesen 5 km széles zónában húzódik (Majoros 1963, 1980, 1998; Csernussi 1984; Fülöp 1990) (ld. 1. ábra)

A folyóvízi-ártéri eredetű balatonfelvidéki vörös homokkő rétegeket Majoros (1963, 1998; Fülöp 1990) három szintre osztotta. Alul található az úgynevezett alapkonglomerátum durvatörmelékes összelete, amelyben a breccsa és a konglomerátum az uralkodó kőzettípusok. A rétegsor közepső harmadát a durva-középszemcsés homokkő rétegcsoport alkotja, amely homokkő és aleurolit rétegek váltakozásából épül fel, legfelül pedig az úgynevezett tarka homokkő rétegcsoport különíthető el, amelyben ismét durvább szemcsés kőzetek képződtek, benne gyakori az intraformációs konglomerátum. Majoros (1963) a fenti módon tagolt sorozatból 10 kőzettípust írt le. A későbbiekben Csernussi (1984) – összevonások után - a két homokkő rétegcsoportban 5 kőzettípust (vörös finomszemcsés, vörös közép-durvaszemcsés, szürke közép-durvaszemcsés, zöld karbonátos, fehér karbonátos) különített el, megjegyezve, hogy vörös-szürke átmeneti színű kőzetek elsősorban Badacsonyörs környezetében, a déli területen fordulnak elő. Zöld kőzetek csak a tarka homokkő rétegcsoportban, fehér színűek

pedig közvetlenül a perm/triász határ alatt jelennek meg.

A Balatonfelvidéki Homokkő Formációban előforduló homokkővek összetételét Csernussi (1984) részletes petrográfiai leírása, valamint Fülöp (1990) és Majoros (1998) tanulmányai alapján a következőkben foglalhatjuk össze. A törmelékanyag uralkodóan kvarcból és savanyú vulkanitból áll, emellett kevés metamorfit (kvarcit, szericitfillit) valamint törmelékes kőzetek (aleurolit, homokkő), nagyon kevés földpát, és kevés akcesszória (magnetit, turmalin, cirkon, apatit, gránát, rutil, epidot, staurolit?, diopszid?) fordul elő bennük. A rétegszilvikátokat jól kristályos muszkovit, kifakult, átalakult biotit valamint klorit képviseli. Agyagásványok közül elsősorban illit és kaolinit fordul elő. A kötőanyag szericit/illit, diszperz eloszlású hematit, az érett homokkővekben jelentős mennyiségű a kovás kötőanyag. A szürke színű kőzetek hematit helyett piritet tartalmaznak. A zöld és fehér színű kőzettípusok jelentős mennyiségben karbonát (esetenként gipsz) tartalmúak. A homokkő két alaptípusba sorolható. Az egyik kvarc, kőzettörmelék és földpát törmelékanyaggal jellemezhető, kétmaximumos szemcseeloszlású, illites-szericites és ezekhez társulóan dolomitos kötőanyagú, gyengén érett homokkő. A másik kvarc és kőzettörmelék törmelékanyagú, jól osztályozott, egymaximumos szemcseeloszlású, mikrokristályos kvarc-kaolinit kötőanyagú, kompakt érett homokkő. Ez a déli terület peremi részein és az északi előfordulási területen a formáció alsó részére jellemző (Fülöp 1990, Majoros 1998)

2, A Nyugati-Mecsekben szintén nagy területen és nagy vastagságban fordul elő felszínen a perm – alsó-triász során lerakódott vörös törmelékes üledékes kőzetsorozat, amelyben a homokkő jelentős részt képvisel (Fazekas 1987; Barabás & Barabás-Stuhl 1998). A rétegtanilag több formációba besorolt törmelékes sorozatot a múlt század második felében az uránbányászat révén intenzíven vizsgálták, számos jelentős foglalkozik vele, nyomtatásban azonban csak viszonylag kevés publikáció jelent meg (pl. Fazekas, 1987; 1989; Barabás & Barabás-Stuhl 1998; 2005). Az utóbbi években a mecseki perm képződményeknek az ELTE Közettan-Geokémiai Tanszékén részletes és átfogó kőzettani és geokémiai vizsgálata kezdődött el, amely jelenleg is folyik (Szakmány 2005; Varga et al. in press). A petrográfiai vizsgálatok alapján a homokkővek uralkodó elegyrésze a kvarc (mono- és polikvarc), emellett egyes formációkban és rétegekben a savanyú és a neutrális vulkanit (ritkábban piroklasztit) jelentősen feldúsul, a rétegsorban fölfelé azonban ezek jelentősége lecsökken. A ritkább metamorfítokat granitoid,

gneisz, kristályos pala valamint alárendelten fillit képviseli. Viszonylag jelentős a kőzetek földpáttartalma, amelyek közül mind káliföldpát, mind plagioklász megtalálható a képződményekben, de a rétegsorban felfelé haladva a plagioklászok mennyisége fokozatosan csökken, és az alsó triász képződményekből gyakorlatilag hiányzik. Akcesszóriaként turmalin, cirkon, monacit, rutil, apatit, ritkán gránát illetve opak ásványok fordulnak elő. Gyakori a törmelékes eredetű muszkovit és esetenként a klorit. Az egész rétegsorra jellemző az áthalmozott, sajátanyagú, agyagos-aleuritós üledékek kis mennyiségben történő előfordulása. Kötőanyagként hematit, kova, illit/szericit, dolomit és kevés klorit fordul elő (Fazekas 1987; 1989; Szakmány 2005; Varga et al. in press)

Vizsgálataink eredményét a fentiekkel összevetve megállapíthatjuk, hogy a Balatonlelle–Felső-Gamásról származó őrlőkövek kőzettani összetétele és szöveti jellege rendkívül hasonlít a Balatonfelvidéki Homokkő Formáció durva-középszemű homokkő rétegösszletéből származó homokkövek összetételéhez mind a törmelékszemcsék összetételét, mind az egyes törmelékszemcsék megjelenési módját tekintve. Azon belül is a kvarc- és közettörmelékanyagú, érett homokkő típussal mutat nagy hasonlatosságot, amely a déli terület peremi részein, illetve az északi trületen a rétegsorok alsó részein jellemző (Fülöp, 1990, Majoros 1998). A mecseki perm – alsó-triász homokkövek összetétele több szempontból is eltér a vizsgált őrlőkövektől. Ez elsősorban a földpáttartalomban, a savanyú vulkanitok

I. táblázat: A vizsgált őrlőkövek legfontosabb adatai

Sorszám	Strat-szám	méret (mm)	lelet megnevezése	kőzettani besorolás	Megjegyzés
1	str. 139	320x171x60	alsó őrlőláp	finomszemcsés homokkő	
2	str. 142	320x230x80	alsó őrlőláp	közép-nagyszemcsés homokkő	
3	str. 291	275x164x52	felső őrlőkő	közép-nagyszemcsés homokkő	
4	str. 291	385x220x135	alsó őrlőkő	finomszemcsés homokkő	
5	str. 407	256x160x41	felső őrlőkő	közép-nagyszemcsés homokkő	
6	str. 407	440x290x110	alsó őrlőkő	kavicsos durvaszemcsés homokkő	
7	str 5	340x320x150	alsó őrlőkő	közép-nagyszemcsés homokkő	szórvány lelet

Megjegyzés: Az ásató a feltárás során az előkerült régészeti objektumoknak csak ún. strat-számot adott (str.)

megjelenési formájában, egyes kvarc- és kalcium-szemcsék megjelenési módjában, a törmelékes alkotók összetétele arányában, valamint a diagenetikus átalakulások eltérő módjában nyilvánul meg.

Következtetések, összefoglalás

Munkánk során Balatonlelle-Felsőgamász késő rézkori lelőhelyről származó vörös homokkő nyersanyagú őrlőkövek petrográfiai mikroszkópos vizsgálatát végeztük el.

Megállapítottuk, hogy az őrlőkövek nyersanyaga közettörmelékes homokkő (litharenit). A leggyakoribb törmelékes összetevők a vulkáni eredetű monokristályos kvarc, kevesebb polikvarc, jelentős mennyiségű savanyú átkristályosodott vagy felzites vulkanit, kevés piroklasztit, kevés muszkovit és átalakult biotit, nagyon kevés átalakult földpát és kis fokú üledékes eredetű metamorfit, cirkon, rutil, turmalin. A kötőanyag elsősorban kovás, agyagásványos, hematitos, alárendelten kloritos.

A törmelékes összetevők mennyiségi eloszlása és megjelenése alapján megállapítható, hogy a homokkövek nyersanyaga a perm korú Balatonfelvidéki Homokkő Formáció durva-középszemű homokkő rétegösszletéből származik.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönetet mondanak Horváth Tündének az őrlőkövek morfológiai vizsgálati eredményeiért. Honti Szilviának (SMMI, Kaposvár) a vizsgálatok anyagi fedezetének biztosítását köszönjük.

Irodalom

- BARABÁS, A. & BARABÁS-STUHL, Á. (1998): A Mecsek és környezete perm képződményeinek rétegtana. - In: BÉRCZI, I. & JÁMBOR Á. (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. MOL Rt - MÁFI Kiadvány, Budapest, 187-215.
- BARABÁS, A. & BARABÁS-STUHL, Á. (2005): Geology of the Lower Triassic Jakabhegy Sandstone Formation, Hungary, SE Transdanubia. *Acta Geologica Hungarica* **48** 1-47.
- CSERNUSSI, G. (1984): Litofációs vizsgálatok a „Balatonfelvidéki Vörös Homokkő Formáció”-ban. *Közöletlen szakdolgozat*, ELTE TTK Közettan-Geokémiai Tanszék, Budapest 1-127.
- FAZEKAS, V. (1987): A mecseki perm és alsótriász korú törmelékes formációk ásványos összetétele. *Földtani Közlöny* **117** 11-30.
- FAZEKAS, V. (1989): Ásvány-közzettani megfigyelések a Jakabhegyi Homokkő Formáció DK-Dunántúli előfordulásaiban. *Földtani Közlöny* **119** 359-371.
- FÜLÖP, J. (1990): *Magyarország geológiája - Paleozoikum I*. Magyar Allami Földtani Intézet, Budapest, 1-325.
- MAJOROS, GY. (1963): A balatonmelléki perm rétegösszlet üledékföldtani vizsgálata. – *Közöletlen egyetemi doktori értekezés*, ELTE Közettan-Geokémiai Tanszék, Budapest, 1-57.
- MAJOROS, GY. (1980): A perm üledékképződés problémái a Dunántúli-középhegységben: Egy ösföldrajzi modell és néhány következtetés. *Földtani Közlöny* **110** 323-341.
- MAJOROS, GY. (1998): A Dunántúli-középhegység újpaleozoos képződményeinek rétegtana. - In: BÉRCZI, I. & JÁMBOR Á. (szerk.): *Magyarország geológiai képződményeinek rétegtana*. MOL Rt - MÁFI Kiadvány, Budapest, 119-147.
- NĚMEJCOVÁ-PAVÚKOVÁ, V. (1974): Beitrag zum Kennen der Postboleraaz-Entwicklung der Badener Kultur. *SlovArch* **22**, 237-360.
- NĚMEJCOVÁ-PAVÚKOVÁ, V. (1984): K problematike trnavia a konca boleraazskej skupiny na Slovensko. *SlovArch* **32**, 75-146.
- NAGY, B. (2005): A késő rézkori badeni kultúra temetője Balatonlelle–Felső-Gamász lelőhelyen. *Közöletlen szakdolgozat*, ELTE BTK Régészettudományi Intézet. 1-146.
- SÓFALVI, A. (2004): Balatonlelle-Országúti-dűlő és Balatonlelle-Felső-Gamász. In: HONTI, SZ., BELÉNYESY, K., FÁBIÁN, SZ., GALLINA, ZS., HAJDÚ, Á.D., HANSEL, B., HORVÁTH T., KISS, V., KOÓS, I., MARTON, T., NÉMETH, P. G., OROSS, K., OSZTÁS, A., POLGÁR, P., SZEŐKE, J., SERLEGI, G., SIKLÓSI, ZS., SÓFALVI, A. & VIRÁGOS, G.: A tervezett M7-es autópálya Somogy megyei szakaszának megelőző régészeti feltárása (2002-2003). *Előzetes jelentés III. SMK* **16** (2004), 18-23.
- SZAKMÁNY, GY. (2005): A Mecsek és környéke paleozoos vörös törmelékes üledékes kőzeteinek közzettani és geokémiai vizsgálata. *OTKA T 034824 pályázat zárójelentése*, 12 pp.
- VARGA, A., SZAKMÁNY, GY., ÁRGYELÁN, T., JÓZSA, S., RAUCSIK, B. & MÁTHÉ, Z. (in press): Complex examination of the Upper Paleozoic siliciclastic rocks from southern Transdanubia, SW Hungary – mineralogical, petrographic and geochemical study. *Geological Society of America Special Papers*

AZ "EROSION AND HUMIDITY" PROGRAM KERETÉBEN VÉGZETT KUTATÁSOK: MAGYARORSZÁG

T. BIRÓ KATALIN

Magyar Nemzeti Múzeum, Budapest

email: tbk@ace.hu



Abstract

In the frames of E&H in Hungary, research on prehistoric and modern construction materials were performed. The focus of research was on classical building materials, potentially used in different way by prehistoric people (for polished stone tools and other utensils, e.g., grinders, quernstones). Prehistoric building materials (daub) was also investigated. The centre of interest was an important industrial and scientific enterprise of the early 20th century, the sample collection on active stone quarries of coeval Hungary extending now to the territory of 8 countries. In the catalogue published by F. Schafarzik in 1904, altogether 3178 quarries from 2515 localities were presented, by rock type, availability, petrological description, use. Among these, approximately 1000 quarries belong to the territory of present-day Hungary. To all of the rocks suitable for carving (that is, with the exception of loose sedimentary rocks), samples fashioned into regular cubes were attached, worked in different manner on all sides. This sample collection used to serve mainly commercial interest. Unfortunately, during the time passed, most of the cubes were lost. A considerable portion however was preserved, mainly in the Budapest Polytechnical University.

In course of the one-year project, 112 stone quarries mentioned in the Schafarzik-catalogue have been visited. We took GPS coordinates, photos and samples. The samples were inspected for possible use in prehistoric and historical times; potential prehistoric raw materials were sampled and further investigated by petrographical and geochemical methods. Possible historical use of the raw materials was noted. We have also visited other quarries and raw material sources known to be important in prehistoric times for special series of analysis, like glassy andesite, varieties of silex, sandstone and clay/loam for daub (prehistoric construction material). Part of the Schafarzik quarries could have served as quarries in the historical, archaeological and prehistoric periods. These quarries were paid special attention to. We cleaned and registered available Schafarzik-cubes at the Budapest Polytechnical University, put them in dust-free boxes. This work is not finished yet. We have deposited newly collected specimens from the quarries in the comparative raw material collection of the Hungarian National Museum (Litotéka), inventorised them and selected samples for further petrographical, chemical etc. analyses. Data from the Schafarzik-catalogue was extracted and registered on Excel-sheets. The most important pieces of information was organised into a web-based data retrieval system with suitable structure to convey field survey and collection data information. The comparative raw materials were inventorised into a new Oracle-based documentation system. Former comparative raw material data (published in two catalogue volumes in 1991 and 2000, respectively) were also retrospectively migrated to this inventory system. Documentation photos on the quarries and the cubes were archived on DVDs and selected characteristic images incorporated to the website.

Different types of instrumental analyses were performed both on prehistoric archaeological finds and comparative raw material samples. The analytical techniques involved petrographical thin sections, electron microprobe, prompt-gamma activation analysis, neutron activation analysis, X-ray fluorescence analysis, ICP-MS. Mineral-chemistry methods were applied on a series of andesite samples, both on archaeological material and quarry samples, for the first time in support of archaeological provenance studies in Hungary. The evaluation of most of the analytical results is still in progress and will be published in the near future.

Some of the potential/known prehistoric quarries were not in use by 1904 already. Notably, flint mines were definitely out of general interest. In the framework of the project, geophysical survey and excavation was devoted to Nagytevel-Quarry (modern limestone quarry with flint nodules; only occurrence of s.s. flint in Hungary. Mining activity was proved here and research is to be continued.

The most important data derived from the Schafarzik-catalogue are displayed on a bilingual interactive web site, www.ace.hu/schaf, together with project activity results.

KEYWORDS: STONE QUARRY, HISTORICAL HUNGARY, FERENC SCHAFARZIK, PETROARCHAEOLOGY

KULCSSZAVAK: KÖBÁNYA, TÖRTÉNETI MAGYARORSZÁG, SCHAFARZIK FERENC, PETROARCHEOLÓGIA

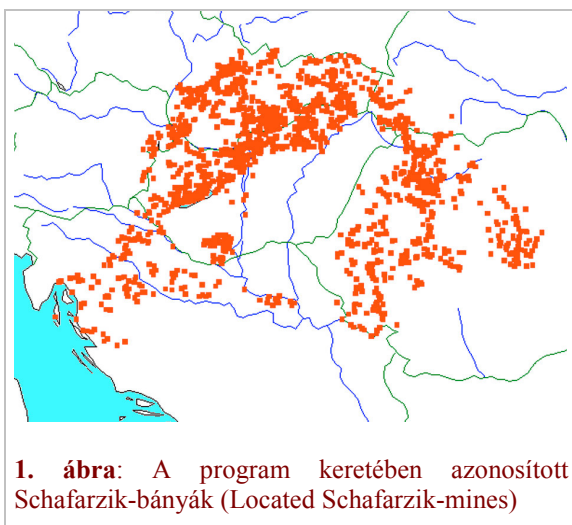
Bevezetés

Az "Erosion and Humidity" Culture 2000 EU-projektben a magyar partner olyan bányászott kőnyersanyagok vizsgálatára vállalkozott, amelyeknek használata a régészeti korokra, akár az őskorra nyúlik vissza. A vizsgálatok középpontjában klasszikus építő- és díszítőanyagok álltak, amelyeket őskori lelőhelyekről is ismerünk: csiszolt kőeszközök és különféle szerszámkövek formájában. A program keretében tanulmányoztuk az őskori építőanyagokat is (patics).

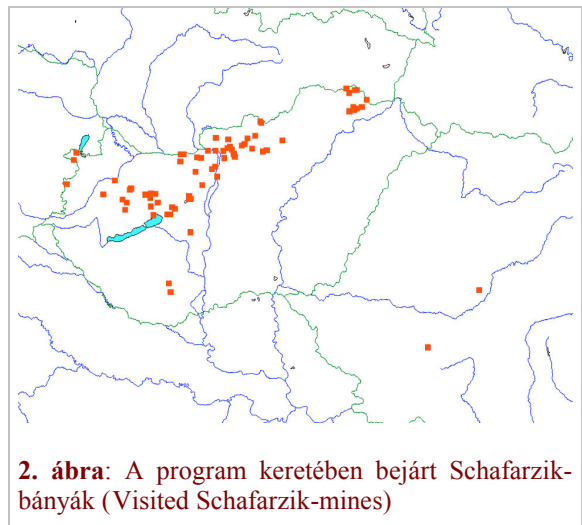
Munkánk kiinduló pontja a 20. század elején begyűjtött és dokumentált, az akkor működő kőbányák anyagát rendszeresen begyűjtő, ipari és tudományos célokat egyaránt szolgáló Schafarzik-gyűjtemény adta (Schafarzik 1904). Eddigi tapasztalataink szerint az őskori emberek kiváló földtani, földrajzi ismeretekkel rendelkeztek, és valamennyi számukra használható, "műreáló" nyersanyagforrást ismerték és használták. Az őskori közösségek által ismert és használt terület, cselekvési kör (action radius) kiterjedt a Kárpát-medence teljes területére, sőt, alkalmi kapcsolataik még ezen is túlmutattak. Az 1904-ben közzé tett katalógus és mintagyűjtemény egyedülálló forrásanyagot szolgáltat számunkra ezekhez a kutatásokhoz. A katalógus által lefedett történeti Magyarország ma nyolc ország területére esik, ezeknek újbóli bejárása, a minták begyűjtése, generációk feladata lehet.

Az eredetileg elsősorban gazdasági, kereskedelmi célú mintagyűjtemény és katalógus összesen 3178 működő bányát sorolt fel, 2515 helység határából. Ezeknek nagy részét sikerült azonosítani (**1. ábra**).

Az érintett bányákból mintegy 1000 kőfejtő és kitermelő hely esik a mai Magyarország területére.



1. ábra: A program keretében azonosított Schafarzik-bányák (Located Schafarzik-mines)



2. ábra: A program keretében bejárt Schafarzik-bányák (Visited Schafarzik-mines)

A faragható kőzetekből, tehát a laza üledékes kőzetek (homok, kavics, agyag) kivételével mindenből hat oldalán különféleképpen megmunkált szabályos kockákat készítettek, kerekedelmi mintagyűjtemény céljából. A kockák leírása a kor színvonalán tudományos igényeket is kielégítő módon történt, a bányákról a következő adatokat sorolták fel: a bánya pontos helye, tulajdonosa, története, a kitermelés nagysága és esetenként a bányához kapcsolható fontosabb épületek. Sajnos, azóta a kockák nagy része elveszett: jelentősebb mennyiség található belőle a Budapesti Műszaki Egyetemen és kisebb töredékek egyéb múzeumokban, gyűjteményekben, pl. a Magyar Természettudományi Múzeumban, a Közlekedési Múzeumban és a Magyar Állami Földtani Intézet gyűjteményében.

Terepmunka

Az egy éves program legfontosabb része a magyarországi Schafarzik-bányák rendszeres bejárása volt. Összesen 112 kőbányát kerestünk fel (**2. ábra**).

Rögzítettük a bányahelyek GPS koordinátáit, digitális fényképeket készítettünk a jelenlegi állapotról és mintát vettünk összehasonlító vizsgálatokra. A mintákat - különös tekintettel azokra, amelyekhez hasonló kőzeteket őskori lelőhelyekről is ismerünk, tovább vizsgáltuk, közettani és geokémiai módszerekkel. A munka során felmerülő, történeti felhasználásról szóló adatokat szintén felgyűjtöttük, a teljesség igénye nélkül. A bejárások során olyan bányákat és egyéb nyersanyagforrásokat is érintettünk, amelyek nem szerepelnek a Schafarzik-katalógusban, de különösen fontosak az őskori nyersanyagellátás szempontjából. Ilyen nyersanyagok például az Északi Középhegységben a bazaltos andezit, különféle kovaközetek, homokkő valamint

agyag/vályog egyes régészeti lelőhelyek környezetében, mint az őskori házépítés lehetséges nyersanyaga.

Őskori bányakutatás

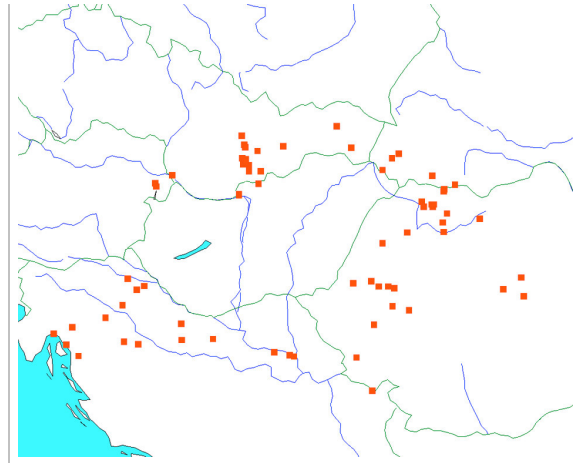
Azok között a bányahelyek között, amelyek nem szerepelnek a Schafarzik-katalógusban, találunk olyan bányahelyeket is, melyeket jóval korábban használtak. Ilyenek például a kovabányák, melyekre a XIX/XX század fordulóján ipari méretekben már csak elvétve volt szükség (pl. Sárospatak környéki régi hidrokvarcit bányák). Ugyan a kovabányák ipari méretű művelésének gondolata felmerült a kovás puskák nagy arányú használata idején (Slotta 1980), a nagyméretű kovabányák használati ideje alapvetően az őskorra, annak is korábbi időszakára (újkor, rézkor) tehető. A program keretében terepbejárásokat, geofizikai felmérést és próbaátást végeztünk Nagytevel határában, ahol a modern, de már használaton kívüli mészkőbánya felsőkréta korú nagy méretű gumós tűzkövet tár fel. A lelőhelyre Bihari Dániel hívta fel a figyelmet a nyolcvanas években (Bácskay & Bihari 1989). Akkor a területen orosz katonai gyakorlótér működött, ezért nem lehetett a területen régészeti megfigyeléseket végezni. A program keretében végzett feltárások bizonyították a területen nagy kiterjedésű, komplex őskori kovabánya meglétét, ahonnan a Dunántúl egyik regionális jelentőségű pattintott-kőeszköz nyersanyagát termelték ki. A bányaterület kutatását a közeljövőben tovább folytatjuk.

Őskori építőanyagok vizsgálata

A program keretében őskori építőanyagokat (paticsfalú ház maradványai) is vizsgáltunk. Az újköri paticsokon Kovács Tímea diplomamunkájában Magyarországon először teljes körű petrográfiai, ásványtani és geokémiai vizsgálatokat végzett, a lelőhelyek talajának vizsgálatával együtt. A paticsok vizsgálatához folyamatban levő más hazai és nemzetközi programok is csatlakoznak (OTKA T-046297, MÖB-DAAD 2005-06/32), a lelőhely és környezetének talajviszonyai, az épületmaradványok és a kerámia kapcsolatrendszerének vizsgálatával. Megfigyeléseink szerint az épületek falának átégett maradványai kémiai és ásványos összetétel szerint közelebb állnak a lelőhelyek közvetlen környezetének talajához, mint az ugyanazon lelőhelyről származó kerámiák összetétele (Kovács 2005).

Gyűjteményrendezés

Folytattuk korábban megkezdett munkánkat a Budapesti Műszaki Egyetemen megőrzött Schafarzik-kockákon: az alsó sor helyiségben kupacokban tárolt kockákat megtisztítottuk,



3. ábra: A program keretében azonosított Schafarzik-kockák (Located Schafarzik-cubes)

regisztráltuk, lehetőség szerint azonosítva pormentes dobozokba helyeztük. Sajnos, ezt a munkát jelen alkalommal sem tudtuk befejezni (**3. ábra**).

Hatékonyabb volt a Schafarzik-bányabejárásokkal kapcsolatos gyűjtött anyag rendezése. A kőzetmintákat a Magyar Nemzeti Múzeum Litotéka gyűjteményében helyeztük el. Az eddigi ismereteink és makroszkópos meghatározás szerint az őskorban (is) használt nyersanyag típusokból vékonycsiszolatok és geokémiai vizsgálatok készülnek, kiértékelésük folyamatban van.

Számítógépes adatfeldolgozás

A Schafarzik-katalógus adatait egyszerű Excel-táblákon rögzítettük, az alapadatokat (egyelőre magyar nyelven), az eredeti térképi információval együtt (raszteres térkép) az interneten közzé tettük. Az adatszerkezeten, nyelvi változaton és a térképi megjelenítésen még tovább dolgozunk. A begyűjtött kőzetmintákat a Litotéka adatbázisban, a Magyar Nemzeti Múzeum Oracle alapú nyilvántartási rendszerében rögzítettük (MNYR). A korábbi adatbázis tartalmát, ami a Litotéka katalógusban 1991 és 2000-ben nyomtatásban is megjelent (Biró-Dobosi 1991, Biró et al. 2000), szintén áttöltöttük ebbe az új, nyilvántartási feladatokra kifejlesztett rendszerbe. A bányák jelen állapotáról készített dokumentációs fotókat CD-n és DVD-n archiváltuk, a képanyagból készült válogatással folyamatosan egészítjük ki a weben levő információkat (www.ace.hu/schaf).

Anyagvizsgálatok

Mind a begyűjtött kőzetmintákon, mind a hozzájuk hasonló régészeti anyagon (ezek elsősorban őrlőkövek és csiszolókövek), különféle vizsgálatok készültek és készülnek, így vékonycsiszolatos petrográfiai vizsgálatok, röntgen-pordiffrakciós vizsgálatok, kémiai elemzések ICP-MS módszerrel,

illetve prompt gamma aktivációs (PGAA) módszerrel valamint elektronmikroszkopos ásványkémiai vizsgálatok. Ez utóbbit régészeti és geológiai andezit mintákon végeztük a Geokémiai Kutató Intézetben. Az eredményekből több poszter készül a 2006-os Nemzetközi Archeometriai Szimpóziumra (Judik et al. 2006). A legtöbb vizsgálati eredmény kiértékelése folyamatban van és rövidesen közlésre kerül.

Az eredmények ismertetése

A programban dolgozó magyar kutatók részt vettek a 2004. júniusában Bécsben megrendezett előkészítő találkozón és a Modenában és környékén megrendezett találkozón, ahol alkalmunk volt ismertetni célkitűzéseinket és eredményeinket. A Magyarországon megrendezett találkozón (2005.04.21) a projekt keretén belül és kívül a folyamatban levő műemlék-petrográfiai kutatásokról a magyar program-résztvevők és osztrák partnereink tartottak előadásokat. A találkozó programját és az előadások kivonatát az Archeometriai Honlapon tettük közzé (<http://www.ace.hu/ametry/2005-meghiv2.html>).

Az előadások jelentős részét az Archeometriai Műhely jelen száma tartalmazza. Ugyanebben a folyóiratban már megjelent egy rövid ismertető a program általános célkitűzéseiről (Balak 2005). A Schafarzik-katalógussal kapcsolatos legfontosabb adatokat a következő web-címen lehet elérni: www.ace.hu/schaf, melyet terveink szerint folyamatosan fejlesztünk.

Folyamatban levő munkák

A projekt egy éves időtartama természetesen nem elegendő a teljes feldolgozás elkészítéséhez. A legsürgetőbb feladat a már rendezett és hálózaton elérhető információ angol nyelvi változatának elkészítése. Ugyanebben a rendszerben szeretnénk a bejárt területek és az azonosított kockák képanyagát közzétenni. A begyűjtött összehasonlító

anyag vizsgálata és a régészeti anyaggal való összehasonlítása több, aktuális munka feladata. A jelenlegi adatok rendszerezése után természetesen szeretnénk a munkát tovább folytatni.

Irodalom

Bácskay E.--Bihari D., 1989: Paleolitgyanús leletek a Bakonyból. *A Tapolcai Városi Múzeum Közleményei* 21-27

Balak, M., 2005: Erosion and Humidity: a Culture 2000 project for the study of building materials by scientific methods. An interim report. / Erózió és nedvesség: kutatási program az építőanyagok vizsgálatára, a Culture 2000 program keretében. *Archeometriai Műhely / Archaeometry Workshop* 2005/1 60-61, http://www.ace.hu/am/2005_1/AM-2005-1-MB.pdf

Bíró, K. & Dobosi, V., 1991: LITOTHECA - - The Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum. *Catalogue*. Budapest 1-268.

Bíró, K.T., Dobosi, V. & Schléder, Zs., 2000: LITOTHECA - - The Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum. *Catalogue*, Vol. II. Budapest 1-320.

Kovács T., 2005: Paticsok - a kerámia és az üledék között / Daub: between pottery and sediment. *Archeometriai Műhely* 2005/2, 24-30, http://www.ace.hu/am/2005_2/AM-2005-2-KT.pdf

Schafarzik F., 1904: A magyar szent korona országainak területén létező kőbányák 1904 1-

Slotta, R., 1980: Flint und Flinte - Feuerstein als strategischer Rohstoff. In: Weisgerber, Gerd ed. *5000 Jahre Feuersteinbergbau...* 349-361.

Weisgerber, G ed., 1980: 5000 Jahre Feuersteinbergbau. Deutschen Bergbau-Museum, Bochum 1980 1-670

KÖNYVISMERTETÉS

Bánffy Eszter:

The 6th Millennium BC Boundary in Western Transdanubia and its Role in the Central European Neolithic Transition

Varia Archaeologica Hungarica, 2004 pp. 1-451, ill. 1-174.

A régészetben is vannak örök, kimeríthetetlen témák, így az élelemtermelő gazdálkodásra való áttérés, a neolitizáció és a hozzá kapcsolódó folyamatok. Bánffy Eszter könyve ezeket a kérdéseket taglalja, egy közelmúltban feltárt délnyugati dunántúli koraneolitikus település, Szentgyörgyvölgy-Pityerdomb (=Pityer) kapcsán.

A monográfia az MTA Régészeti Intézetének Varia Archaeologica Hungarica sorozatában jelent meg. A publikációt és a kutatásokat az OTKA és a Nemzeti Kutatási és Fejlesztési Program támogatta.

A könyv szép kiállítású, gazdagon illusztrált. A szimbólumként választott ökor-szobrocska nem csak egyszerűen egy szerencsés lelet, de egyben a neolitizációs folyamat szimbólumaként is tekinthető.

A lelőhelyet 1995 és 1998 között tárták fel. A terület mai politikai határok szerint a magyar-szlovén határ közelében fekszik; egykor szintén határterületen, a legkorábbi Dunántúli Vonaldíszes Kerámia Kultúrájának népe (DVK) és a déli eredetű, a Dunántúl számára a neolitikus ismereteket és vívmányokat közvetítő, déli eredetű Starčevo kultúra határán helyezkedett el. Ebből adódóan, jelentősége kiemelkedő Közép-Európa korai neolitikus fejlődése szempontjából.

A monográfia, a részletes régészeti anyagfeldolgozás mellett, számos társtudomány eredményeire alapozza megállapításait. Az első fejezet foglalkozik a földrajzi környezet, talajviszonyok, vízrajz és a vegetációtörténet kérdéseivel. A 2., 4., 5. fejezetek a pityerdombi leletek és objektumok részletes leírását adják. Két házat azonosított a szerző a településen, alapterületük 8-8.5 x 13-14 m és 7 x 14-15 m voltak. A települési objektumokat (gödröket és tűzhelyeket) ezekhez rendeli; a házak között nagyobb kiterjedésű üres tér, valószínűleg mezőgazdaságilag hasznosított terület lehetett.

A 3. fejezet a vonaldíszes hosszúházak kialakulásával foglalkozik, bőséges irodalom alapján, a mezolitikus előzményektől kezdve. Esetleg érdemes lett volna a vizsgálódást lokálisan kiterjeszteni a megelőző felső-paleolitikus lakóépítményekre is, hiszen ezek a Dunántúlon inkább

tekinthetők tényleges előzményeknek, mint a lokálisan ismeretlen mezolitikus lakóépítmények.

A lelőhelyen talált idoltörödek, antropomorf edénytörödek és az emblematiszobrocska nyomán a szerző áttekinti a koraneolitikus kultúrák leleteit és ezek szerepét a mezolitikus-neolitikus átmenet értékelésében (6. fejezet)

A rövid, de nagyon fontos 7. fejezet a lelőhely abszolút kronológiai adatait közli. A Pityerről származó C-14 adatok a lelőhely korát i.e. 5620 és 5320 között rögzítik, a legtöbb adat 5400 BC körül sűrűsödik. A szerző szerint a telep léte mintegy 120 évre terjedt ki, i.e. 5480 és 5360 között. Mindeközben a Dunántúli korai neolitikumból nagyon kevés C-14 adat áll rendelkezésünkre; a közeljövőben ez a helyzet várhatóan kedvezően módosul, az M-7 autópálya ásatásainak eredményeképpen. A feldolgozás idején a szerző csak a Vörs-Máriaasszony szigetről származó temetkezés abszolút koradatát használhatta (deb-8167, 5510-5440, 5430-5400 BC). Azóta Vörsről is nagyobb sorozat C-14 adat áll rendelkezésre, melynek feldolgozása egy OTKA program keretében folyamatban van. Az adatok szerint a legkorábbi DVK és a Starčevo kultúra a DNY Dunántúlon legalább is részben egykorú.

A 8. fejezet az életmóddal és a település kapcsolatrendszerével foglalkozik, a paleobotanikai anyag és a kőeszközök alapján. A természetett növények között háromféle búzát és egyéb gabonát (zab, árpa) valamint borsó töredéket azonosítottak. A kőanyagvizsgálatok kapcsolatjelző szerepe különösen fontos az újkőkori települési rendszer vizsgálatában: a település erősen kötődik a Dunántúli Középhegységhez, elsősorban a Bakonyhoz (Szentgáli radiolarit abszolút dominanciája).

A 9. fejezetben a szerző a dunántúli települési rendszert vizsgálja, az átmeneti kőkortól a klasszikus DVK idejéig. A területen a mezolitikus lakosságnak mindeközben csak közvetett és szórványos nyomait ismerjük; a településtörténeti adatok azonban egyértelműen arra utalnak, hogy a termelő gazdálkodás ismeretét hordozó népcsoportok nem légtérbe érkeztek.

Az utolsó fejezet a Dunántúli szerepét vizsgálja a közép-európai újkőkori civilizáció kialakulásában, a Balkántól a Felső-Duna vidékig. A monográfia gyakorlatilag összefoglalja ismereteinket, feltételezéseinket és problémáinkat a közép-európai termelő gazdálkodás kialakulásával kapcsolatban, kitűnő kézikönyv a korszak sokirányú kutatásával kapcsolatban. *tbk*

KÖZLEMÉNYEK

Tanulmányút az ISIS Rutherford Appleton Laboratory „ROTAX” kísérleti berendezésénél

2005 június 29 – július 5

2005 június 29. és július 5. között 7 napot töltöttem Angliában, az Oxfordhoz közeli ISIS Rutherford Appleton Laboratory kutatóintézetében. Az ISIS a világ egyik vezető kutatóközpontja, ahol ún. spallációs neutron- ill. müonforrást üzemeltetnek. (Az „ISIS” név nemcsak az egyiptomi istenségre utal, hanem a Temze régi neve is.)

A spallációs forrás azt jelenti, hogy egy ciklikusan gyorsított protonnyalábot nehézfém (tantál) céltárgyra ütköztetnek, ahol egy proton átlagosan 15 neutront „üt ki” a tantál atommagjaiból. Az igen rövid (100 ns) pulzusokban érkező protonnyaláb által keltett neutronokat 100 K ill. 20 K hőmérsékletre hűtik le, és mintegy 20 mérőhelyre vezetik el, ahol a legkülönbözőbb fizikai-, kémiai-, biológiai- stb. kísérleteket folytatnak.

Az egyik ilyen mérőállomás a „ROTAX”, ahol a neutronokkal ún. „repülési idő neutrodiffrakciós” (Time of Flight Neutron Diffraction – TOF ND) méréseket folytatnak egy 95 K hőmérsékletű, 10⁶ másodpercenkénti hozamú neutronnyalábbal. (Lásd: <http://www.isis.rl.ac.uk/excitations/rotax/>). A „ROTAX” mérőállomást a Bonni Egyetem Ásványtan-Közzettani Intézetével együttműködésben üzemeltetik.

A geológiai alkalmazások mellett az utóbbi években – Winfried Kockelmann vezetésével – archeometria vizsgálatokat is végeztek a ROTAX-on. Először német középkori, ill. orosz neolitik kerámialeletek ásványos szerkezetét és kémiai összetételét vizsgálták (Lásd a fenti honlapon).

Az Európai Közösség 6. Keretprogramjában 3 napnyalábidőt pályáztam és nyertem meg a ROTAX mérőállomásnál. Kockelmann vezetésével neutrodiffrakciós méréseket végeztünk egy római bronzfibulán, valamint egyiptomi piramisokból származó mészkőmintákon. Kísérleti jelleggel összeállítottunk egy Prompt Gamma Aktivációs Analízis (PGAA) mérőrendszert is, amelyen – a budapestinél egyszerűbb körülmények között – végeztünk PGAA méréseket. Az itt vizsgált mintákat előzőleg Budapesten, az Izotópintézet PGAA laboratóriumában is vizsgáltuk, a különböző (diffrakció, két PGAA) mérések eredményeit hasonlítottuk össze.

Angliai utam végén lehetőségem nyílt egy félnapos látogatást tenni a Daresbury szinkrotronnál <http://srs.dl.ac.uk/arch/>, ahol Manolis Pantos által koordinált archeometriai kutatásokból nyertem ízelítőt.

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (IAEA) „Nukleáris analitikai módszerek alkalmazása műtárgyak eredetiség vizsgálatában” c. „Coordinated Research Project”-je

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (International Atomic Energy Agency – IAEA) 2004 végén indított egy három éves „Coordinated Research Project”-et (CRP), melynek címe: „Nukleáris analitikai módszerek alkalmazása műtárgyak eredetiség vizsgálatában”. A kutatási program általános célja új nukleáris analitikai módszerek régészeti- művészettörténeti alkalmazhatóságainak felkutatása.

A CRP-k alapelvei szerint a résztvevő országok kutatócsoportjainak saját kutatási tervei egyediek, a prioritásokat az egyes kutatócsoportok választják meg. Az összesített eredményeknek azonban hasznosan kell hozzájárulni a nemzeti kulturális örökség értékeinek felismeréséhez és megőrzéséhez.

Az IAEA által irányadóként megfogalmazott fő célkitűzések:

- Meghatározott, különös nemzeti értékkel bíró műtárgycsoportok azonosítása (nukleáris) kémiai módszerekkel
- Értékes festmények alkotóinak azonosítása, múzeumi tárgyak kor- és eredetmeghatározása
- Illegális műtárgy-kereskedelem elleni védekezés
- A hamisítványok gyors, biztos kiszűrése
- A műemlékvédők munkájának segítése a kulturális örökség megőrzése érdekében
- A műtárgyak vizsgálatában alkalmazható (nukleáris) kémiai módszerek megnevezése, és vizsgálati „protokollok” kidolgozása
- Külön megemlítve a hordozható műszerek kifejlesztését

A kutatások eredményeinek végső felhasználói a műemlékvédők (konzervátorok), régészek, történészek, valamint jogi szakemberek lennének. Ezért az IAEA kívánatosnak tartja, hogy a nemzeti kutatócsoportokban természettudósok (jellemzően nukleáris analitikában jártas vegyészek, fizikusok) és múzeumi szakemberek egyaránt vegyenek részt. A két diszciplína közötti szoros együttműködés és párbeszéd elengedhetetlen.

A kutatási eredmények várható megjelenési formái, hasonlóan más CRP-khoz:

- Műtárgyak vizsgálati eredményeinek dokumentációja
- „Meeting Report”-ok, ún. „TECDOC”-ok, folyóirat cikkek
- Konzervátori, restaurátori eljárásokra vonatkozó útmutatók
- Esettanulmányok
- Közös anyagvizsgálati (kémiai összetételre vonatkozó) adatbázis, elsősorban a hamisítványok kiszűrésére
- Hordozható berendezések használati útmutatója

A 2004 májusában meghirdetett CRP-ra végül 15 ország pályázatát fogadták el. Ezek: Brazília, Franciaország, Ghána, Görögország, Horvátország, Kazahsztán, Kína, Kuba, Lengyelország, Magyarország, Malajzia, Mexikó, Németország, Peru, Szíria. Az IAEA részéről a program koordinátora Mathias Rossbach. Hazánkat a Nemzeti Múzeumból T. Biró Katalin és az MTA Izotópkutató Intézete Nukleáris Kutatások Osztályán működő kutatócsoport (Belgya Tamás, Révay Zsolt, Kasztovszky Zsolt) képviselik.

A program nyitóülését 2005 február 20-24 között Damaszkuszban tartották. A nyitó megbeszélésen a részt vevő országok kutatói előadást tartottak, melyben ismertették saját országuk (intézetük) korábbi archeometriai munkáit, a jelen kutatásba bevonni kívánt fő vizsgálati módszereket, műszereket, valamint a kutatási terveket.

Az egyes résztvevők előadásainak meghallgatása után körvonalazódott, hogy az egyik leginkább vizsgált, ezért mindannyiunk számára érdekes és megfelelő lelettípus a kerámia. A résztvevő intézetek archeometriában jellemzően alkalmazott műszerezettségét a *táblázatban* láthatjuk.

Az MTA Izotópinintézete és a Magyar Nemzeti Múzeum szintén egy kerámia vizsgálatokról szóló tervet dolgozott ki, amely tartalmazza magyarországi neolitik települések (Vörs, Felsővadász, Tiszaluc, Tiszaszőlős, Szarvas-Endrőd, Kup, Tihanyapáti) kerámiaanyagának és talajának összehasonlító elemzését, Vörs többkorszakú kerámia leletének összehasonlító elemzését, valamint 'Terra Sigillata' kerámiák összehasonlító elemzését. A fő vizsgálati módszer az IKI-ben folytatott Prompt Gamma Aktivációs Analízis (PGAA). Valamennyi részt vevő kutató

támogatta a javaslatot, hogy saját laborja eszköztárával összehasonlító ellenőrző méréseket végezzen az IAEA által szolgáltatott kerámia referenciamintákon.

A CRP második – középidejűre eső – ülése várhatóan 2006 nyarán Bécsben, az IAEA székhelyén lesz. Erre a találkozóra meg kívánják hívni a projektben részt vevő múzeumi szakembereket is, és beszámolókat várnak az addigi eredményekről. A projekt záróülésének helyszíne még nem dőlt el, valószínűleg Lengyelország lesz a házigazda.

1. Táblázat - a program keretében tervezett vizsgálatok, országonként és leletfajtánként

Ország	Vizsgálható leletanyag	Módszerek
Brazília	kerámia	INAA, XRD
Horvátország	festékanyagok	IBA, RBS, PIXE
Kuba	kerámia	XRF
Ghána	fémek, kerámia	NAA
Kína	porcelán	INAA, PIXE, SRXRF
Magyarország	kőeszközök, kerámia	PGAA
Kazahsztán	réz- ónérc, salak	INAA, XRF, ICP-MS, PIXE
Malajzia	építőkövek, gyöngyök, kerámia	INAA + kormeghatározás
Mexikó	kerámia, fémek, obszidián	XRF, INAA, PIXE
Peru	Nasca kerámia	INAA, XRF. kormeghatározás
Szíria	kerámia	INAA, XRF, PIXE ?, kormeghatározás

2005. szeptember 22.

Kasztovszky Zsolt, MTA-IKI