

RÓMAI MÁRVÁNYTÖREDÉKEK VIZSGÁLATA A MAGYAR NEMZETI MÚZEUM GYŰJTEMÉNYÉBŐL

ZÖLDFÖLDI J.¹, PINTÉR, F.¹, SZÉKELY B.², H. TAUBALD¹, T. BIRÓ K.³, MRÁV ZS.³, TÓTH M.⁴, M. SATIR¹, KASZTOVSZKY ZS.⁵ & SZAKMÁNY GY.⁶

¹Tübingeni Egyetem, Geokémiai Tanszék

²Tübingeni Egyetem, Geológiai Tanszék

³Magyar Nemzeti Múzeum

⁴MTA Geokémiai Kutatólaboratóriuma

⁵MTA Kémiai Kutatóközpont Izotópkutató Intézete

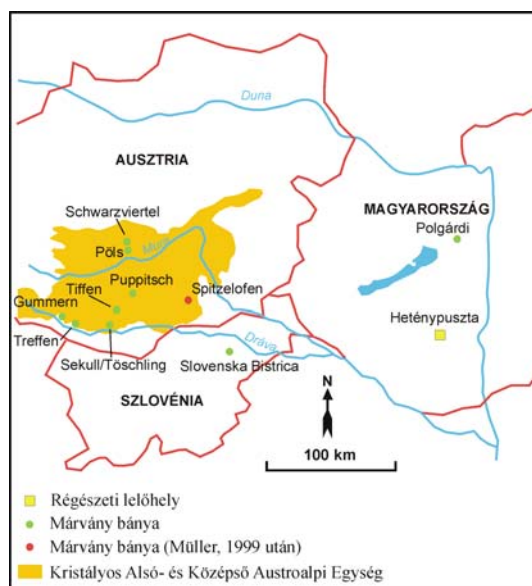
Abstract

During the archaeological excavation of the Roman military fortress Heténypuszta (SW Hungary) 860 marble fragments were found, used in a secondary manner for the construction of the Late Roman fortress. Heténypuszta used to belong to the province Pannonia Valeria. The marble fragments originated most probably from memorial stones of a heathen cemetery. The fragments are now in the collection of the Hungarian National Museum. This study is the first large-scale effort for the determination of the origin of marble of Roman period from the territory of Hungary. More than 80 samples from several Austrian, Slovenian, Romanian and Macedonian marble quarries, crystalline limestone of marble-like quality from Hungary (Polgárdi Limestone) and so far 18 samples from archaeological objects were investigated. Besides of the archaeological and historical approaches, more and more scientific methods have been developed to analyse various types of historical artefacts. In order to determine the origin, mineral composition (by petrographical thin section and X-ray diffraction), stable isotope geochemical analysis ($\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$), trace element analysis (AAS), cathodoluminescence methods and quantitative textural analysis were applied.

Two groups of archaeological objects were distinguishable based on their petrographical properties, trace element amounts and stable isotope compositions. One of them belongs probably to the marble quarries Puppitsch/Kraig or Tiffen in Austria/Carinthia. The second group seems to be derived from the Gummern, Sekull, Tiffen, Treffen group (Austria/Carinthia), but some overlapping occurs with Polgárdi (Hungary) and Slovenska Bistrica (Slovenia). The provenance analysis makes possible some implications on ancient trade relations, as well as political and economical background of the construction activity. The quality of the applied material of archaeological objects gives us information about the economical and social situation of the population. The framework of the project was supplied by the bilateral scientific collaboration project DAAD and MÖB.

Bevezetés

A heténypusztai római kori katonai erőd ásátása során 860 márvány töredék került elő, amelyeket másodlagosan felhasználva a késő római erőd falába építettek be. Heténypuszta Pannonia Valeria provincia része volt. A márványtöredékek többsége egy korábbi temető szteléből származik. A töredékek a Magyar Nemzeti Múzeum gyűjteményébe kerültek. Ez a munka az első kísérlet arra, hogy jelentős mennyiségű, Magyarországról származó római kori márványtöredékek eredetvizsgálatát elvégezzük. Több, mint 80 mintát vizsgáltunk különféle ausztriai, szlovén és makedón márványbányákból (1. ábra), márványhoz hasonló tulajdonságokkal rendelkező kristályos mészköveket Magyarországról (Polgárdi Mészkő) és eddig 18 régészeti mintát a múzeum gyűjteményéből. (2. ábra). A származási hely meghatározása céljából vizsgáltuk az ásványos összetételt (közettani vékonycsiszolattal és röntgen-diffrakcióval), a stabil izotóp összetételt (szén- és oxigénizotópok),



1. ábra: A márványbányák és a vizsgált régészeti lelőhely elhelyezkedése



2. ábra: Vizsgált márványminták a Magyar Nemzeti Múzeum anyagából (Heténypuszta)

a márványok szöveti képét, maximális szemcseméretét, 99%-os maximális szemcseméretét kvantitatív szöveti analízissel (QTA, többet erről a Zöldföldi & Székely cikkében, ebben a kötetben, valamint Schmid et al. 1995, Perugini et al. 2003) és tanulmányoztuk a katódlumineszcens tulajdonságokat.

Eredmények

Izotópgeokémiai vizsgálatok

A márványok képződési körülményeiben mutakozó eltérések eltérő izotóp arányokat eredményeznek (Craig & Craig 1972; Herz & Waelkens 1988; Zöldföldi & Satir 2001). Az izotóp összetételi adatokat egy $\delta^{13}\text{C}$ - $\delta^{18}\text{O}$ megoszlási diagramon szemléltethetjük (3a ábra, 1. táblázat). A márvány-előfordulás adatai határozott csoportokat adnak. A bányák egy része általában jól elkülönül, mint Puppitsch és Tiffen bányahelyei; más része egymást fedő adatsorokat ad, így Sekull, Töschling, Treffen, Gummern, Pöls, Polgárdi és Müller (1999) adatai Spitzelofen lelőhelyről. A márványbányák kizárólag a stabil izotóp megoszlás ($\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{18}\text{O}$) alapján nem különíthetők el egymástól.

Az 5. sz. régészeti minta izotóp összetétele a Töschling, Sekull és Tiffen-i bányák mintáihoz hasonlít. A 2., 3., 6., 8., 9., 11. és 16 sz. minták a

Treffen-i, Gummern-i, Pöls-i márványok illetve Polgárdi kristályos mészkő izotóparányának felelnek meg. A 4., 12., 13., 14. és 15. minták a Gummern-i és a Polgárdi minták izotópposzteteléhez hasonlóak, de Pöls és Sekull bányák sem zárhatók ki.

Az 1., 7. és 18. sz. minták a Schwarzviertel, Pöls és Spitzelofen mintáihoz hasonló $\delta^{13}\text{C}$ és $\delta^{18}\text{O}$ értékekkel rendelkeznek (3b ábra, 2. táblázat).

Kémiai vizsgálatok

A Puppitsch és Tiffen bányáiból származó minták Mn-tartalma általában magas (jellemzően 1000 ppm körüli érték). A Slovenska Bistrica (Szlovénia) bányáiból származó márványok és a treffeni minták nagy része mangánban szegények (20 ppm körüli Mn-tartalommal), míg a Gummern-ről származó márvány vastartalma jellemzően alacsony (450 ppm Fe) (4. ábra).

Katódlumineszcens vizsgálatok

A különböző lumineszcens színek a kristályrácsokban levő szennyezőanyagoktól és a rácshibáktól függenek. Karbonátokban a legfontosabb tényező a mangán (amely narancsszínű lumineszcenciát kelt) és a legfontosabb gátló tényező a vas (Barbin et al. 1992).

1. táblázat: stabil izotóp értékek a geológiai mintákon

minta	$\delta^{18}\text{O}$ /VPDB	$\delta^{13}\text{C}$ /VPDB	kőfejtő
Ausztria			
TIS1	-15,08	-0,91	Tiffen
TIS2	-14,84	-0,68	Tiffen
TIS3	-15,27	0,25	Tiffen
TIT1	-13,99	0,37	Tiffen
GUS1	-5,19	0,10	Gummern
GUS2	-8,08	1,88	Gummern
GUS3	-5,43	0,89	Gummern
GUS5	-5,53	1,08	Gummern
GUS6	-5,00	0,64	Gummern
SS1	-12,05	0,36	Sekull
ST2a	-8,75	0,50	Sekull
ST2b	-11,00	1,02	Sekull
ST2e	-8,49	1,09	Sekull
ST2f	-8,04	0,63	Sekull
ST2g	-10,90	0,61	Sekull
TOS1	-11,17	0,75	Töschling
TOS2	-10,84	-0,11	Töschling
TOS3a	-12,06	0,41	Töschling
TOS3b	-11,14	0,65	Töschling
TOS4	-10,55	0,29	Töschling
PUS1	-14,18	1,21	Pupitsch
PUS2	-13,48	1,94	Pupitsch
PUS3	-14,75	2,09	Pupitsch
PUS4	-13,70	1,63	Pupitsch
POS1	-3,43	3,43	Pöls
POS2	-5,71	1,31	Pöls
POS3	-6,56	3,71	Pöls
POS3a	-5,51	1,02	Pöls
POS3b	-7,08	1,88	Pöls
POS4a	-8,22	2,13	Pöls
POS4b	-4,77	3,09	Pöls
POS5	-4,94	1,93	Pöls
TRS1	-6,17	0,45	Treffen
TRS2	-7,26	0,32	Treffen
TRS3	-6,22	-0,07	Treffen
TRS4	-7,00	1,40	Treffen
TRS5	-6,10	0,87	Treffen
LES1	-5,17	2,10	Schwarzviertel
LES2	-3,88	2,03	Schwarzviertel
LES3	-4,48	1,76	Schwarzviertel
LES4	-6,06	0,97	Schwarzviertel
LES7	-5,30	3,37	Schwarzviertel
Szlovénia			
SB1a	-7,79	0,02	Slovenska Bistrica
SB1b	-8,36	0,64	Slovenska Bistrica
bSB2	-6,63	0,01	Slovenska Bistrica
SB3m	-7,92	0,24	Slovenska Bistrica
Macedónia			
bKUKUL	-2,49	2,82	Kukul

2. táblázat: stabil izotóp értékek a régészeti mintákon

minta	$\delta^{18}\text{O}$ /VPDB	$\delta^{13}\text{C}$ /VPDB
Heténypuszta		
HET1a	-5,83	2,30
HET1b	-5,99	1,92
HET2	-6,66	0,87
HET3	-6,33	0,94
HET4	-9,09	0,94
HET5	-12,52	0,22
HET6	-5,80	1,10
HET7	-5,63	2,16
HET8	-5,80	1,30
HET9	-5,87	0,98
HET10	-13,64	1,60
HET11	-5,71	0,10
HET12	-10,00	1,50
HET13	-7,77	1,65
HET14	-8,16	1,25
HET15	-7,99	0,84
HET16	-6,58	1,13
HET17	-13,39	1,10
HET18	-6,02	2,07

A vizsgált fehér márványokat a katódlumineszcencia alapján négy nagyobb csoportba sorolhatjuk (5. ábra):

(i) A Pupitschról és Tiffenből származó kalcitos márvány általában ragyogó narancsszínű lumineszcenciát mutat a nagy mangántartalom miatt,

(ii) ezzel szemben, a Sekull, Pöls, Gummern, Polgárdi bányáiból és néhány treffeni minta tompa narancs színű lumineszcenciát mutat (részben az alacsony Mn-, részben a magas Fe-tartalom miatt),

(iii) a dolomitos márványok esetében (Töschling) a katódlumineszcencia jellemzően vörös színű,

(iv) a Slovenska Bistrica lelőhelyről származó és néhány treffeni minta nem mutat lumineszcenciát.

A heténypusztai régészeti minták is többféle katódlumineszcens jellemzőket mutatnak:

(i) néhány minta halvány narancssárga, mint az 1., 10. és 14. sz. minta, mások élénk narancsszínűek, mint az 5. sz. minta.

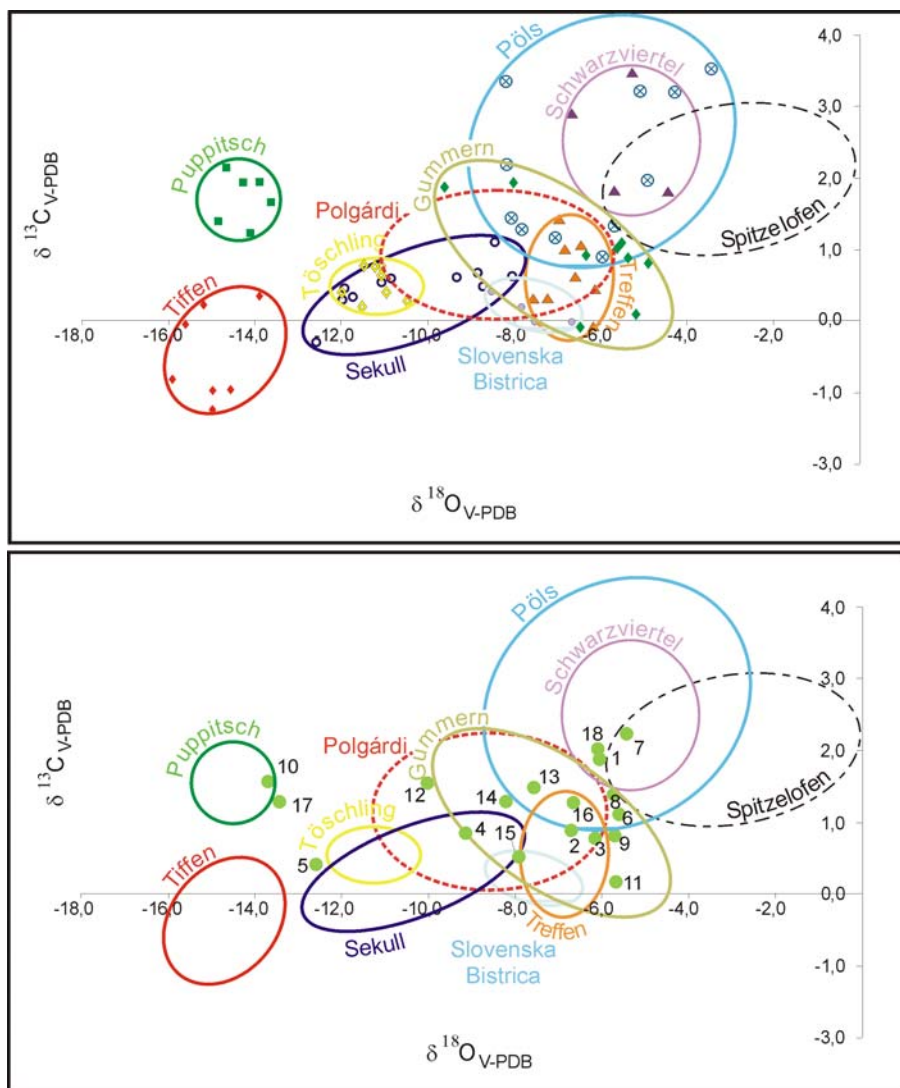
(ii) A 7 és 8 sz. minta nem mutat katódlumineszcens jelenséget.

(iii) A legtöbb heténypusztai mintának tompa lilás katódlumineszcens sugárzása van (2., 3., 4., 12. és 17. sz.).

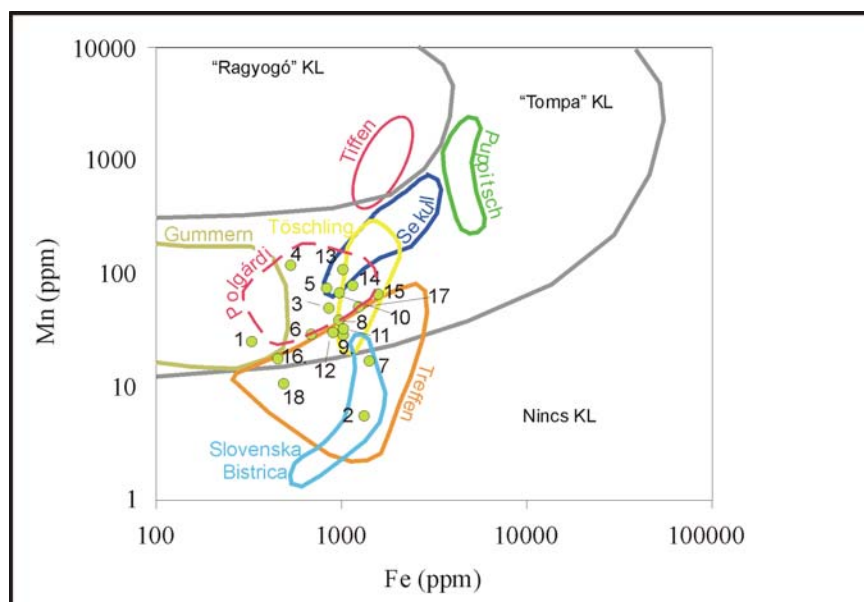
Kvantitatív szöveti elemzések

A fehér márványok eredetének meghatározásában már évtizedek óta alkalmazott maximális szemcsenagyság vizsgálatot is elvégeztük.

3. ábra: A márványminták stabil izotóp vizsgálatának eredményei

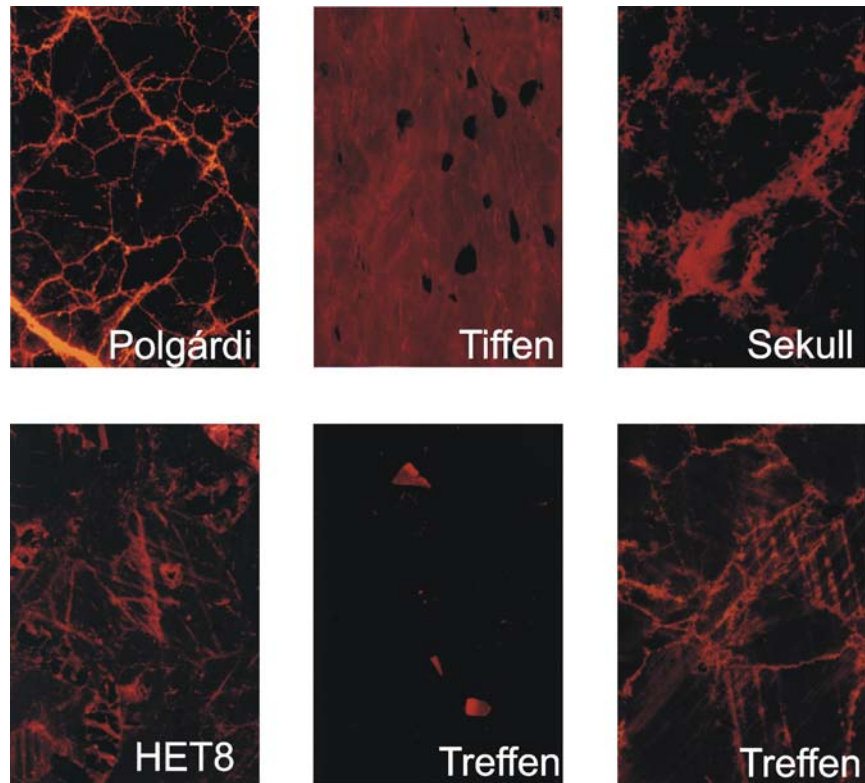


4. ábra: A márványminták kémiai vizsgálatának eredményei



5. ábra:

A márványminták katódlumineszcencia vizsgálatának eredményei

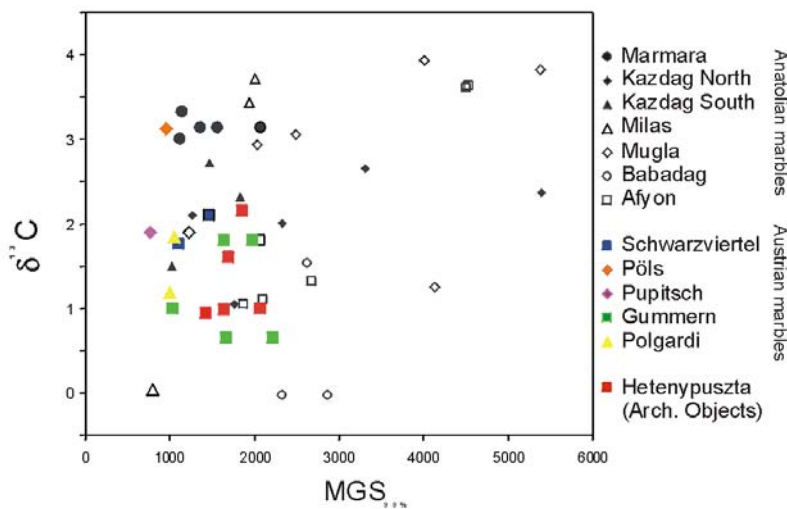


Ezenkívül a Schmid et al. (1995) és Perugini (2003) által bevezetett újabb jellemzőket is felhasználtuk. Mindemellett a Zöldföldi & Székely (2003) által bevezetett 99%-os maximális szemcseméret-, illetve 99%-os maximális szemcsesterület elemzést is figyelembe vettük a régészeti leletek eredet-meghatározásánál. Ezen típusú eredményeinket a 3. táblázat illetve a 6. ábra foglalja össze. Ezen eredményekkel kapcsolatban azonban meg kell jegyeznünk, hogy még nem sikerült minden bányából kvantitatív szöveti elemzéseket végeznünk.

Következtetések

Következtetéseinket alapjául többmódszeres elemzések szolgálták. Egyes régészeti mintákat individuumbként kezeltük. A 4. táblázat oszlopaiban a különböző módszerek alapján lehetséges lelőhelyeket foglaltuk össze. A vastag betűs lelőhelyek a különböző módszereken alapuló legvalószínűbb lelőhelyeket adja meg.

Izotóppösszetétel, kémiai összetétel, katódlumineszcens és szöveti vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a HET1, HET4, HET6, HET8, HET9, HET11, HET12 sz. minták Gummern kőfejtőből származnak.



6. ábra:

$\delta^{13}C$ izotóparány és maximális szemcseméret megoszlás geológiai lelőhelyekről (Törökország, Ausztria, Polgárdi) és hetenyusztai régészeti anyagról származó mintákon.

3. táblázat: kvantitatív szöveti elemzési eredmények a vizsgált márványmintákon

	N	MGS (μm)	MGS _{99%} (μm)	MGA (μm^2)	MGA _{99%} (μm^2)	Mean Area (μm^2)	Std Area (μm^2)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)
Schwarzviertel									
LES1_10_1	176	1974,371	1471,78	1319067	958426	77378	164129	-5,17	2,10
LES3_10_1	193	1829,978	1107,07	1472862	440592	77288	135924	-5,70	1,77
Pöls									
POES1_10_3	124	1105,079	958,3499	500973	367271	100755	82343	-5,14	3,13
Polgárdi									
POLT2_10_3	253	1035,078	790,7862	408269	230580	60913	53869	-10,99	0,04
POLT3_10_2	191	1148,423	999,1902	466861	386345	87220	88557	-6,16	1,18
POLT4_10_2	276	1785,533	1052,634	1501200	278397	64230	123984	-8,71	1,85
Puppitsch									
PUS2_10_1	150	1310,407	1229,47	619342	562726	95266	101808	-14,34	1,90
PUS4_10_3	215	940,4632	771,131	330301	264450	61814	63246	-13,99	1,90
Gummern									
GUS2_10_1	26	3212,698	2063,244	4462196	1596520	662170	912749	-9,75	1,80
GUS2_10_2	30	2132,321	1643,733	1736667	1222970	375282	411816	-9,75	1,80
GUS2_10_3	51	3560,440	1982,678	4418849	1520893	330336	689905	-9,75	1,80
GUS3_10_2	617	1478,056	1031,028	782494	469088	23920	90142	-5,61	1,00
GUS6_10_1	37	2419,638	2220,156	2408374	1950732	454127	603664	-5,00	0,64
GUS6_10_2	30	2198,912	1672,768	2166554	1455408	482352	541866	-5,00	0,64
GUS6_10_3	29	2408,455	2219,990	1770236	1585106	488228	547382	-5,00	0,64
Heténypuszta (régészeti leletek)									
HP4_10_1	74	2325,477	1429,981	1962344	966758	184523	293158	-9,09	0,94
HP7_10_1	85	1882,398	1851,279	62925	59732	181958	328518	-5,63	2,16
HP7_10_3	101	2391,953	1643,055	1858728	1084649	125682	265504	-5,87	0,98
HP9_10_2	92	2016,897	1689,958	1642734	984088	166124	269277	-5,87	0,98
HP10_10_2	92	4052,936	2072,500	6565409	1579104	144246	719567	-13,64	1,60
HP11_10_1	59	2208,206	1807,423	2629301	1358823	264660	405924	-10,00	1,00

A HET15 és HET18. sz. minták Treffen márványbányából származnak.

További minták (HET3 és HET16), esetén a származási helyet a Gummern és Treffen közvetlen földrajzi területére tudtuk a fent leírt vizsgálatok alapján leszűkíteni, további pontosítás érdekében más, pl. ritkaföldfém meghatározására lenne szükség.

Hasolnó a helyzet a HET14 sz. mintánál is, mely a Gummern-i vagy Sekull-i bányákból származhat.

A HET5 és HET13 sz. minták Sekull kőbányájából származnak, míg a HET7 sz. minta Schwarzviertel bányájából.

Három minta esetén (HET2, HET10 és HET17) sajnos a különböző vizsgálatok alapján nyert információk ellentmondásosak, vagy pedig nem elegendők a lelőhely pontos meghatározásához.

A program eredményeit, a terepi munka részleteit és a folyamatban levő vizsgálatok adatait a program honlapján tettük közzé (www.ace.hu/daad).

4. táblázat: a heténypusztai minták valószínű származási helye az elkülönítő bélyegek alapján

	<i>Izotóp-összetétel alapján</i>	<i>Kémiai összetétel alapján</i>	<i>Katódlumineszcens vizsgálatok alapján</i>	<i>Szöveti elemzések alapján</i>
HET1	Schwarzviertel, Pöls, Spitzelofen, (Gummern , Polgárdi)	Gummern , Polgárdi, Treffen	Gummern , Treffen	
HET2	Gummern, Treffen Polgárdi, Pöls	Polgárdi, Slovenska Bistrica	Treffen	
HET3	Gummern, Treffen , Pöls, Polgárdi	Polgárdi, Töschling, Gummern , Sekull, Treffen	Treffen , Töschling, Gummern	
HET4	Gummern , Sekull, Polgárdi	Polgárdi, Gummern	Gummern	Gummern , Polgárdi
HET5	Töschling, Sekull	Töschling, Sekull , Polgárdi	Sekull	
HET6	Gummern , Pöls, Spitzelofen, (Treffen, Polgárdi)	Gummern , Treffen, Polgárdi	Gummern , Treffen	
HET7	Schwarzviertel , Spitzelofen, Pöls	Treffen, Töschling, Sekull	Treffen	Gummern, Schwarzviertel
HET8	Gummern , Pöls, Schwarzviertel, Spitzelofen, Polgárdi	Treffen, Gummern , Töschling, Polgárdi (Slovenska Bistrica)	Treffen, Töschling, Gummern	
HET9	Gummern , Pöls, Treffen, Polgárdi	Treffen, Töschling, (Polgárdi, Slovenska Bistrica)	Treffen, Töschling, Gummern	Gummern
HET10	Puppitsch	Treffen, Töschling, Polgárdi, (Slovenska Bistrica)	Sekull, Töschling	Gummern
HET11	Gummern , (Treffen)	Treffen, Töschling, (Polgárdi, Slovenska Bistrica)	Treffen, Gummern , Töschling	Gummern
HET12	Gummern , Polgárdi	Treffen, Töschling, Polgárdi, (Slovenska Bistrica)	Treffen, Gummern , Töschling	
HET13	Gummern, Pöls, Sekull , Polgárdi, (Treffen)	Töschling, Sekull , Polgárdi	Sekull , Töschling, Gummern	
HET14	Gummern , Pöls, Polgárdi, (Sekull , Treffen)	Töschling, Sekull , Polgárdi, (Gummern)	Töschling, Sekull , Treffen, Gummern	
HET15	Slovenska Bistrica, Treffen , Sekull, Gummern, Polgárdi	Töschling, Treffen , Polgárdi	Treffen , Töschling, (Gummern)	
HET16	Gummern, Treffen , Pöls, Polgárdi	Gummern, Treffen , (Polgárdi)	Treffen, Gummern	
HET17	Puppitsch	Treffen, Töschling, Polgárdi	Treffen, Töschling, Gummern	
HET18	Schwarzviertel, Pöls, Spitzelofen, (Gummern, Treffen)	Treffen , Gummern	Treffen	

Köszönetnyilvánítás

A program résztvevői ezúton is köszönik a MÖB-DAAD német-magyar tudományos együttműködési program támogatását, amely a kutatások beindítását lehetővé tette.

Irodalom

BARBIN V, RAMSEYER, K. & DECROUEZ, D. (1992): Cathodoluminescence of white marbles: an overview. *Archaeometry* **34/2**:175-183.

CRAIG, H. & CRAIG V (1972): Greek Marbles: Determination of provenance by isotopic analysis. *Science* **176/II**:401-403.

HERZ N. & WAELKENS M. eds. (1988): Classical marble: Geochemistry, Technology, Trade. Dordrecht Kluwer Academic Publishers, **Hol?** NATO ASI Series E 1-153.

MÜLLER, H.W. (1999): Die Herkunft der Marmore von Aquincum. – *Budapest Régiségei (Budapest)* **33**:265-267.

PERUGINI, D., MORONI, B. & POLI, G. (2003): Characterization of marble textures by image and fractal analysis. In: Lazzarini, L. (ed.) *ASMOSIA VI Sixth International Conference*. Venice, June 15-18, 2000.

SCHMID, J., RAMSEYER, K. & DÉCROUEZ, D. (1995): A new element for the provenance determination of the white marble: Quantitative Fabric Analysis. In: Schvoerer, M. (ed.) *ASMOSIA IV, Actes de la IV^{ème} Conférence Internationale*, Bordeaux, 171-175.

ZÖLDFÖLDI, J. & SATIR, M. (2001): Carbon and oxygen isotope systematics of white marbles in Western Anatolia. *European Journal of Mineralogy*, **13/1**: 205.

ZÖLDFÖLDI, J. & SZÉKELY, B. (2003): A case study of combining quantitative fabric analysis (QFA) and fractal analysis (FA) on white marbles with conventional analytical techniques for provenance analysis. In: Snethlage, R. & Meinhardt-Degen, J. (eds.) *13th Workshop, EU 496 Euromarble*, München, 141-150.