

HONFOGLALÁS KORI EZÜST TÁRGYAKON VÉGZETT XRF ÉS PIXE VIZSGÁLATOK ÖSSZEHASONLÍTÓ MÓDSZERTANI ELEMZÉSE

CSEDREKI László – LANGÓ Péter – TÜRK Attila*

BEVEZETÉS

A Magyar Tudományos Akadémia Atommagkutató Intézetében (Atomki) folytatott vizsgálatsorozatban, a jelen kötetben bemutatott mikro-XRF módszerre alapozott dolgozat (CSEDREKI ET AL. 2015) folytatásaként számos tárgy elemanalitikai vizsgálatát végeztük el protonindukált röntgenemissziós (a továbbiakban: PIXE) módszerrel, mely az előzőnél részletesebb adatokat szolgáltat a vizsgált tárgyak anyagösszetételére vonatkozóan. Az anyagösszetéleri vizsgálataink ez esetben is annak meghatározására irányultak, hogy tudunk-e és ha igen miként az ezüst alapú ötvözetekből készült veretek anyagában olyan pénzleleteket kimutatni, melyek alapanyagként, másodlagos felhasználás során kerültek a veretek anyagába. Ez a munka a már eddig elért konkrét eredmények (KÓBOR 2004; GREIFF 2011) ellenére sem egyszerű, azonban az alapvető kronológiai problémákkal küzdő honfoglalás kori régészeti kutatás számára a pénzek nyújtotta *terminus post quem* adatok döntő jelentőségűek lennének. A kutatás során a korábbi mikro-XRF módszerrel elemzett tárgyakon kívül további leleteket is megvizsgáltunk.

Az ionnyaláb analitikai vizsgálatokat részben a CHARISMA FP7 nemzetközi projekt keretében vé-

geztük, melynek eredményeit a jövőben több regionális elemzés keretében fogjuk bemutatni. Adódik azonban az alapvető kérdés, hogy a PIXE és a mikro-XRF módszerrel kapott elemösszetétel adatok mennyire feleltethetők meg egymással, illetve egységes adatbázisként való kezelésük mennyiben lehetséges? Jelen munka ennek megválaszolására mutat be vizsgálati eredményeket. A két módszer egybevetését hat darab honfoglalás kori, ezüst alapú ötvözetből készült veret, négy darab arab dirhem és nyolc darab nyugat-európai pénzérme összehasonlításával végeztük (1–4. kép). A képeken bemutatott grafikonokon látható minták sorszámai azonosak a jelen kötetben szereplő táblázatban (CSEDREKI ET AL. 2015, 1. táblázat) lévő minták sorszámaival, így a továbbiakban a szövegben is ez alapján fogunk hivatkozni az egyes mintákra és vizsgálatokra. A 8a–b, 9a–b, 11a–b minták esetében a veret felső részén és a veretet rögzítő szegecsen külön is készültek mikro-XRF mérések, melyeket egyformán felhasználtunk a PIXE módszerrel való összehasonlítás érdekében.

A KÍSÉRLETI KÖRÜLMÉNYEK BEMUTATÁSA

Mivel a mikro-XRF módszerrel végzett vizsgálati körülmények részletes leírását a jelen kötetben olvasható archeometriai cikkben (CSEDREKI ET AL. 2015) bemutatottuk, ezért itt arra nem térünk ki újra. A leletek PIXE módszer alkalmazásával való elemzés megkezdéséhez az Atomki-ban lévő pásztázó nukleáris mikroszondán történt (RAJTA ET AL. 1996). A módszer széles körben elterjedt biológi-

ai, geológiai, környezeti, régészeti, stb. anyagok roncsolásmentes vizsgálatában (SZIKSZAI ET AL. 2010; KERTÉSZ ET AL. 2009; SZOBOSZLAI ET AL. 2009; BALTA ET AL. 2015), amelynek elve hasonló a mikro-XRF módszerrel leírtakhoz. A legnagyobb különbség azonban az, hogy a PIXE módszer esetében a gerjesztést bombázórészecskével végezzük. A kísérleti berendezés részletes leírása megtalálha-

* Csedreki László fizikus, MTA Atommagkutató Intézet, Debrecen, csedreki.laszlo@atomki.mta.hu;
Langó Péter régész, MTA BTK Régészeti Intézete, Budapest, Lango.Peter@btk.mta.hu;
Türk Attila régész, MTA BTK Magyar Östörténeti Témacsoport, Budapest, turk.attila@btk.mta.hu

tó a szakirodalomban (UZONYI ET AL. 2001; KERTÉSZ ET AL. 2005). A szimultán gyűjtött spektrumok kiértékelésére a GUPIX szoftvert használtuk (CHAMBELL ET AL. 2010). A méréseket a PIXE módszer érzékenysége, illetve a közepes rendszámú elemekre vonatkozó röntgenhozamok növelése miatt 3.0 MeV proton energián végeztük.

A leletek felületén néhány négyzetmilliméteres területen polírozást végeztünk az esetleges korróziós réteg eltávolítására. Ezután a méréseket az anali-

tikai igényeknek megfelelő homogén és síkfelületen végeztük, ún. *selected raster* üzemmódot használva. A *selected raster* üzemmódban a mérendő felületen elemterképezést végzünk és az elemterképek alapján választjuk ki az analízishez a mintát reprezentáló, homogén elemeloszlású területet. A tipikus mérési idők 600 és 1800 másodpercesek voltak, amelyek megfelelnek 0,1–0,6 mikroC begyűjtött össztöltésnek. A tipikus nyaláb áram 250 pA volt. A pásztázási méret: 1,5–1,5 mm volt.

A KÉT ANALITIKAI MÓDSZERREL KAPOTT EREDMÉNYEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

Azokban az esetekben, ahol a mért koncentrációk detektálási határ alatt maradtak az összehasonlítást nem tudtuk elkészíteni. Emiatt a korreláció vizsgálatot a réz, ezüst, arany és az ólomra vonatkozó adatok esetében sikerült az összes vizsgálatba bevont lelet esetében elvégezni. Az említett elemekre, a két módszerrel kapott eredmények láthatók az 1–4. kép diagramjain.

Az ábrákon jól látható a lineáris kapcsolat a két módszerrel kapott adatsor között. Azonban jelentős eltérések is megfigyelhetők. Elempáronként a trendtől legtávolabb eső két adatot kivéve, a korreláció vizsgálat erős sztochasztikus kapcsolatot mutat a két adatsor között ($0.907 < r_{\text{pearson}} < 0.925$, $\sigma < 0.001$). A legnagyobb eltéréseket a veretekre vonatkozó elemösszetételei adatokban tapasztaltuk, amelynek oka azonban nehezen meghatározható. Továbbá az MFM N 2002.18.5. leltári számú, Hugo és II. Lothar (931–947) típusú nyugat-európai érme esetében a PIXE lényegesen magasabb (41%) réztartalmat mutatott ki a mikro-XRF adattal (23.7%) szemben, amely többszörösen meghaladja a módszerekre jellemző bizonytalansági határokat.

Annak ellenére, hogy az összehasonlításba bevont mintamennyiség ($n=18$ darab) viszonylag alacsony számú, igazolható a két módszer által kapott adatok közötti erős sztochasztikus kapcsolat és ezáltal a lehetőség a két módszerrel kapott adatok *egységes adatbázisként* való kezelésére. Fontos azonban megjegyezni, hogy bizonyos esetekben a két módszer által szolgáltatott adatok jelentős eltérést mutatnak. Ennek többféle oka is lehet a felületen lévő korróziós oxidréteg hatásától, a minta heterogenitásán keresztül a rendszeresen felmerülő, az újraöntés okán fellépő ezüstdúsulásig bezáróan.

Korábbi vizsgálatok esetében már igazolódott, hogy a két eltérő analitikai módszerrel kapott adatok abszolút egységben is összevethetőek egymás-

sal (CARMONA ET AL. 2010; IVOSEVIC ET AL. 2014, ARAUJO ET AL. 1993). Döntő bizonyítékot viszont csak az adott mérőberendezéseken elvégzett, ismert összetételű, homogén sztenderd minták direkt összehasonlító mérésével kaphatunk. A további vizsgálataink során erre kiemelt figyelmet fordítunk.

Érdekes azonban kiemelni egy elemet már most, a két méréssorozat összehasonlításából, ugyanis érdekes megállapításokra nyújt lehetőséget. A bizmut jelenlétére utaló adatok annak ellenére is érdekesek, hogy egyes leletek esetében a bizmut koncentrációja a detektálási határ alatt maradt. Ezen elem kiemelésének és külön számbavételének a fő oka az, hogy a neves 10. századi oroszországi Gnyezdovo lelőhely ezüstleleteinek anyagösszetételei vizsgálatai kapcsán az orosz kutatás éppen az ezüstben lévő bizmut magas jelenlétével vélte alátámaszthatónak azt a feltételezést, hogy egyes ékszerek nyersanyagaként dirhemek szolgáltak, mivel azokban is markáns a bizmuttartalom (ENIOSOVA 2012). Natalja V. Jenyioszova megállapítsa szerint az XRF vizsgálatok során mért magas bizmut érték a dirhem nyersanyagként való felhasználására utal a Gnyezdovóban előkerült leletek esetében. A honfoglalás kori veretek esetében azonban jól látható, hogy mennyire más a bizmut aránya a PIXE és a mikro-XRF mérések között. Számos dirhem esetében a bizmut jelenléte detektálási határ alatt van a PIXE mérés esetén, míg a mikro-XRF módszerrel detektálható mennyiség jelentkezik. Jogosan merül fel a mérési hiba lehetősége az XRF mérések esetében, ha figyelembe vesszük, hogy a PIXE módszerre jellemző detektálási határ az alacsonyabb (*1. táblázat*).

Megfigyelhető azonban az is, hogy azon érmék esetében, ahol a bizmut PIXE méréssel is kimutatható (CSEDREKI ET AL. 2015, 1. táblázat 48, 62, 65–67), jóval kisebb a mért bizmut mennyisége, mint a tárgyon XRF módszerrel végzett mérés esetén. Ezek

után általános érelemben merül fel a kérdés, hogy a bizmut önmagában valóban alkalmas-e a Rusz területén kívül más területeken is a veretek dirhem alapanyagának kimutatására, vagy csak lokálisan a gnezdovói tárgyak esetében tartható ez a megállapítás. A bizmut többnyire magában az ezüstásványban is előfordul és bizmutban gazdag ezüstöt termelő ezüstbányákról Nyugat-Európában is tudunk, pl. Río Tinto térségében, Spanyolországban. A középkori pénzekhez használt ércek eredetének meghatározása, tehát az egykori bányákból való mintavétel és azonosítás alapvető fontosságú lenne, amint azt a kérdés egyik kiemelkedő szakértője, Susanne Greiff is hangsúlyozta (GREIFF 2012, 250). Ezzel a véleményemmel mi magunk is egyet értünk még annak fényében is, hogy a magyarországi lelőhelyekről származó 10. századi dirhemek bizmut tartalma ugyanúgy konzekvensen magasabb, mint pl. a nyugat-európai pénzek esetében (ld. GREIFF 2012, Tab. 3).

Összefoglalva úgy véljük, hogy a mikro-XRF mérések nyújtotta adatbázis a későbbiekben is alapvetően használható lesz. Összehasonlító vizsgálataink kimutatták, hogy a veretek és a pénzek között a legnagyobb tisztaságú ezüstöt a dirhemek képviselik (1. kép); a legnagyobb réztartalom az átöntéssel készült veretek anyagában mutatható ki (3. kép); egyes ezüst alapú ötvözetből készült vereteknek feltűnően magas az aranytartalma, mely korábbi aranyozott veretek átöntését valószínűsíti (2. kép); továbbá, hogy a veretek ólomtartalma nagyfokú hasonlóságot mutat egyes nyugat-európai érmékkel (4. kép). Ugyanakkor az olyan összetett kérdés vizsgálatára, minthogy egy adott érme lehetett-e a hasonló összetételű veret alapanyaga, a vizsgált minta elemösszetételére vonatkozó lehető legrészletesebb ismeretekre van szükség. Erre — figyelembe véve a régészeti tárgyak vizsgálatánál felmerülő követelményeket —, kiváló lehetőséget nyújt a PIXE módszer.

IRODALOM

- ARAUJO ET AL. 1993: Araujo, M. F. – Alvesband, L. C. – Cabral, J. M. P.: *Comparison of EDXRF and PIXE in the analysis of ancient gold coins*. Section B of Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 75 (1993) 450–453.
[https://doi.org/10.1016/0168-583X\(93\)95694-Z](https://doi.org/10.1016/0168-583X(93)95694-Z)
- BALTA ET AL. 2015: Balta, Z. I. – Csedreki L. – Furu, E. – Cretu, I. – Huszánk, R. – Lupu, M. – Török, Zs. – Kertész, Zs. – Szikszai, Z.: *Ion beam analysis of golden threads from Romanian medieval textiles*. Section B of Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 348 (2015) 285–290.
<https://doi.org/10.1016/j.nimb.2015.01.027>
- CAMPBELL ET AL. 2010: Campbell, J. L. – Boyd, N. I. – Grassi, N. – Bonnick, P. – Maxwell, J. A.: *The Guelph PIXE software package IV*. Section B of Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 268 (2010) 3356–3363.
<https://doi.org/10.1016/j.nimb.2010.07.012>
- CARMONA ET AL. 2010: Carmona, N. – Ortega-Feliu, I. – Gómez-Tubío, B. – Villegas, M. A.: *Ad-vantages and disadvantages of PIXE/PIGE, XRF and EDX spectrometries applied to archaeometric characterisation of glasses*. Materials Characterization 61 (2010) 257–267.
- CSEPREKI ET AL. 2015: Csedreki L. – Greiff, S. – Langó P. – Ströbele, F. – Türk A.: *Honfoglalás kori fémleletek anyagösszetételi vizsgálata készítőtechnikájuk és nyersanyagforrásuk tükrében. — Untersuchungen zur Materialzusammensetzung der landnahmezeitlichen Metallfunde im Spiegel ihrer Herstellungstechnik und Herkunft des Rohmaterials*. In: Türk A. – Lőrinczy G. – Marcsik A.: Ré-
- gészeti és természettudományi adatok a Maros-torkolat nyugati oldalának 10. századi történetéhez. — Archäologische und naturwissenschaftliche Daten zur Geschichte des 10. Jahrhunderts des westlichen Ufers der Muresch-Mündung. Szerk.: Lőrinczy G. – Türk A. Budapest 2015, 325–352.
- ENIOSOVA 2012: Eniosova, N. V.: *Tracing the routes of silver procurement to the early urban centre Gnězdovo in the 10th/early 11th centuries*. In: Die Archäologie der frühen Ungarn. Chronologie, Technologie und Methodik. Hrsg.: Tobias, B. RGZM-Tagungen, Band 17 (2012) 261–276.
- GREIFF 2011: Greiff, S.: *A Szeged-Kiskundorozsma, hosszúhátú ezüstleletek ötvözéstechnikai vizsgálata. Adatok a 10. századi fém mellékletek és ezüstpénzek lehetséges összefüggéseiről. — Silberfunde aus Szeged-Kiskundorozsma, Hosszúhát. Eine Legierung technische Diskussion über den möglichen Zusammenhang zwischen Schmuckwaren und Münzsilber im 10. Jahrhundert*. A Móra Ferenc Múzeum Évkönyve – Studia Archaeologica 12 (2011) 481–491.
- GREIFF 2012: Greiff, S.: *Silver grave goods from early Hungarian contexts: technological implications of debased alloy compositions with zinc, tin and lead*. In: Die Archäologie der frühen Ungarn. Chronologie, Technologie und Methodik. Hrsg.: Tobias, B. RGZM – Tagungen, Band 17 (2012) 241–260.
- IVOSEVIC ET AL. 2014: Ivošević, T. – Mandić, L. – Orlic, I. – Stelcer, E. – Cohen, D. D.: *Comparison between XRF and IBA techniques in analysis of*

- fi ne aerosols collected in Rijeka, Croatia*. Section B of Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 337 (2014) 83–89.
- KERTÉSZ ET AL. 2005: Kertész, Zs. – Szikszai, Z. – Uzonyi, I. – Simon, A. – Kiss, Á. Z.: *Development of a bio-PIXE setup at the Debrecen scanning proton microprobe*. Section B of Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 231 (2005) 106–111.
<https://doi.org/10.1016/j.nimb.2005.01.042>
- KERTÉSZ ET AL. 2009: Kertész, Zs. – Szikszai, Z. – Szoboszlai, Z. – Simon, A. – Huszank, R. – Uzonyi, I.: *Study of individual atmospheric aerosol particles at the Debrecen ion microprobe*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms 267 (2009) 2236–2240.
<https://doi.org/10.1016/j.nimb.2009.03.050>
- KÓBOR 2004: Kóbor B.: *A Mindszent-Koszorús-dűlő lelőhely 2. és 3. sírjában feltárt ezüsttárgyak anyagvizsgálata. — Materialuntersuchung der in den Gräbern 2 und 3 des Fundortes Mindszent-Koszorús-dűlő freigelegten Silbergegenstände*. Móra Ferenc Múzeum Évkönyve – Studia Archaeologica 10 (2004) 454–757
- RAJTA ET AL. 1996: Rajta, I. – Borbély-Kiss, I. – Móri, Gy. – Bartha, L. – Koltay, E. – Kiss, Á. Z.: *The new Atomki scanning proton microprobe*. Section B of Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 109 (1996) 148–153.
[https://doi.org/10.1016/0168-583X\(95\)00897-7](https://doi.org/10.1016/0168-583X(95)00897-7)
- SZIKSZAI ET AL. 2010: Szikszai, Z. – Kertész, Zs. – Bodnár, E. – Major, I. – Borbíró, I. – Kiss, Á. Z. – Hunyadi, J.: *Nuclear microprobe investigation of the penetration of ultrafine zinc oxide into intact and tape-stripped human skin*. Section B of Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 268 (2010) 2160–2163.
- SZOBOSZLAI ET AL. 2009: Szoboszlai, Z. – Kertész, Zs. – Szikszai, Z. – Borbély-Kiss, I. – Koltay, E.: *Ion beam microanalysis of individual aerosol particles originating from Saharan dust episodes observed in Debrecen, Hungary*. Section B of Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 267 (2009) 2241–2244.
- UZONYI ET AL. 2001: Uzonyi, I. – Rajta, I. – Bartha, L. – Kiss, Á. Z. – Nagy, A.: *Realization of the simultaneous micro-PIXE analysis of heavy and light elements at a nuclear microprobe*. Section B of Nuclear Instruments and Methods in Physics Research 181 (2001) 193–198.

VERGLEICHENDE METHODISCHE UNTERSUCHUNG ZU XRF- UND PIXE-VERFAHREN BEI LANDNAHMEZEITLICHEN SILBERFUNDEN

László CSEDREKI – Péter LANGÓ – Attila TÜRK

In den letzten 5 Jahren wurden die mithilfe von PIXE durchgeführten Untersuchungen der landnahmezeitlichen Fundstücke im Laboratorium von Atomki in Debrecen fortgeführt. Die grundlegende Frage lautete, inwieweit die durch die frühere mikro-XRF-Methode gewonnenen Daten zur Materialzusammensetzung einander ähneln bzw. ob man diese beide als einheitliche Datenbank behandeln kann? Vergleicht man die aus diesen zwei Methoden gewonnenen Daten miteinander, fällt auf, dass zwischen den Tendenzen beider eine starke Verbindung besteht. So ist es möglich, beide als eine einheitliche Datenbank zu behandeln. Wichtig ist jedoch anzumerken, dass in bestimmten Fällen die durch die zwei verschiedenen Methoden gewonnenen Daten bedeutende Abweichungen voneinander zeigten.

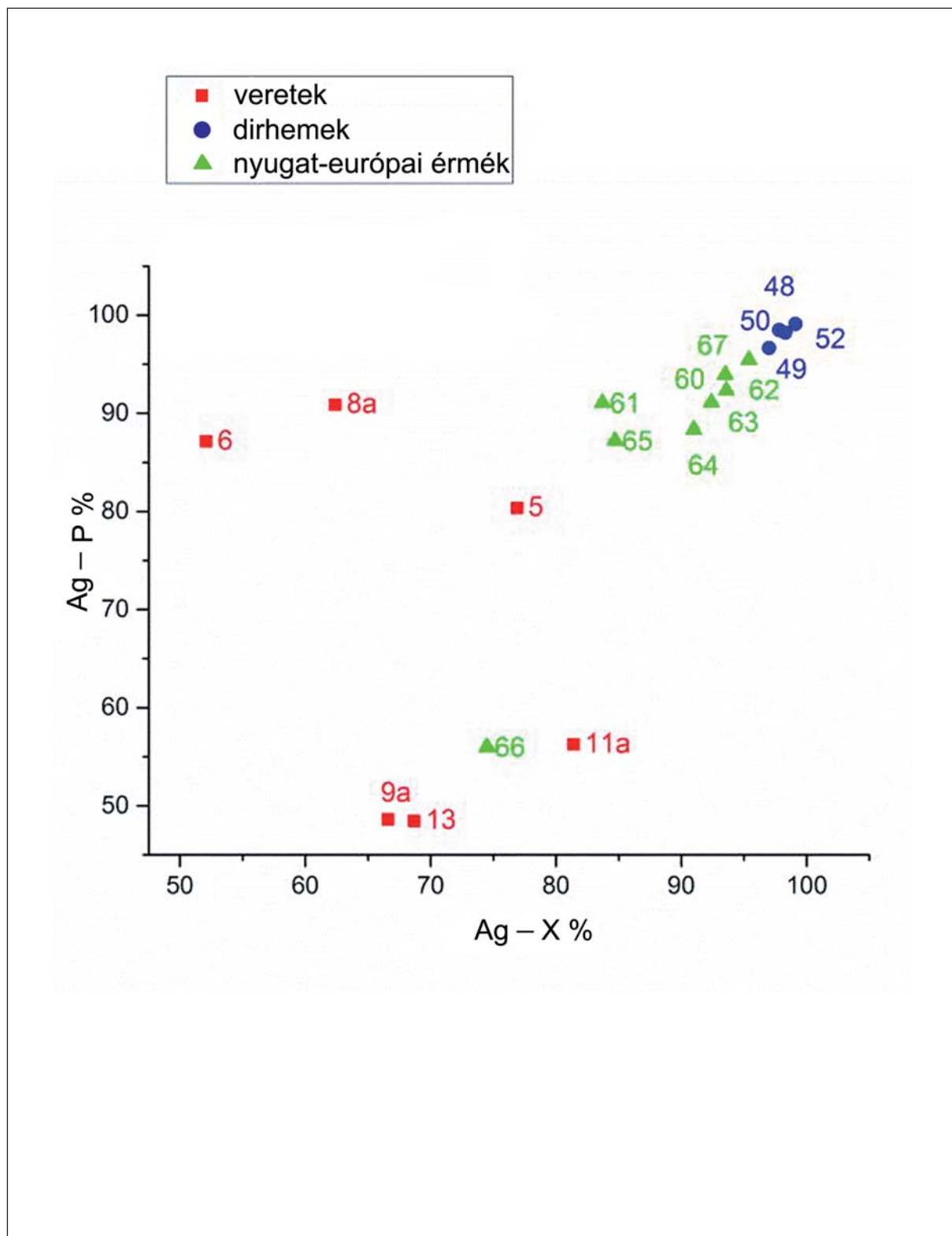
Die Untersuchungen haben gezeigt, dass bei den Münzen und Beschlägen den saubersten Silbergehalt die Dirhems aufweisen, der größte Kupfergehalt ist im Material der durch Umguss hergestellten Beschläge nachzuweisen; bestimmte aus Silberlegierung hergestellte Beschläge zeigen einen auffällig hohen Goldgehalt, der den Umguss früherer Goldlegierungen wahrscheinlich macht. Den Bleigehalt der Beschläge kann entweder das Rohmaterial bestimmt haben, was hauptsächlich für bestimmte westeuropäische Münzen charakteristisch ist oder als Ergebnis des Umgusses gedeutet werden. Die Untersuchung einer komplexen Frage, ob z. B. eine bestimmte Münze als Rohmaterial eines ähnlich zusammengesetzten Beschlages gedient haben könnte, muss in Zukunft mithilfe von PIXE erfolgen.

Übersetzt von Angelika O'Sullivan

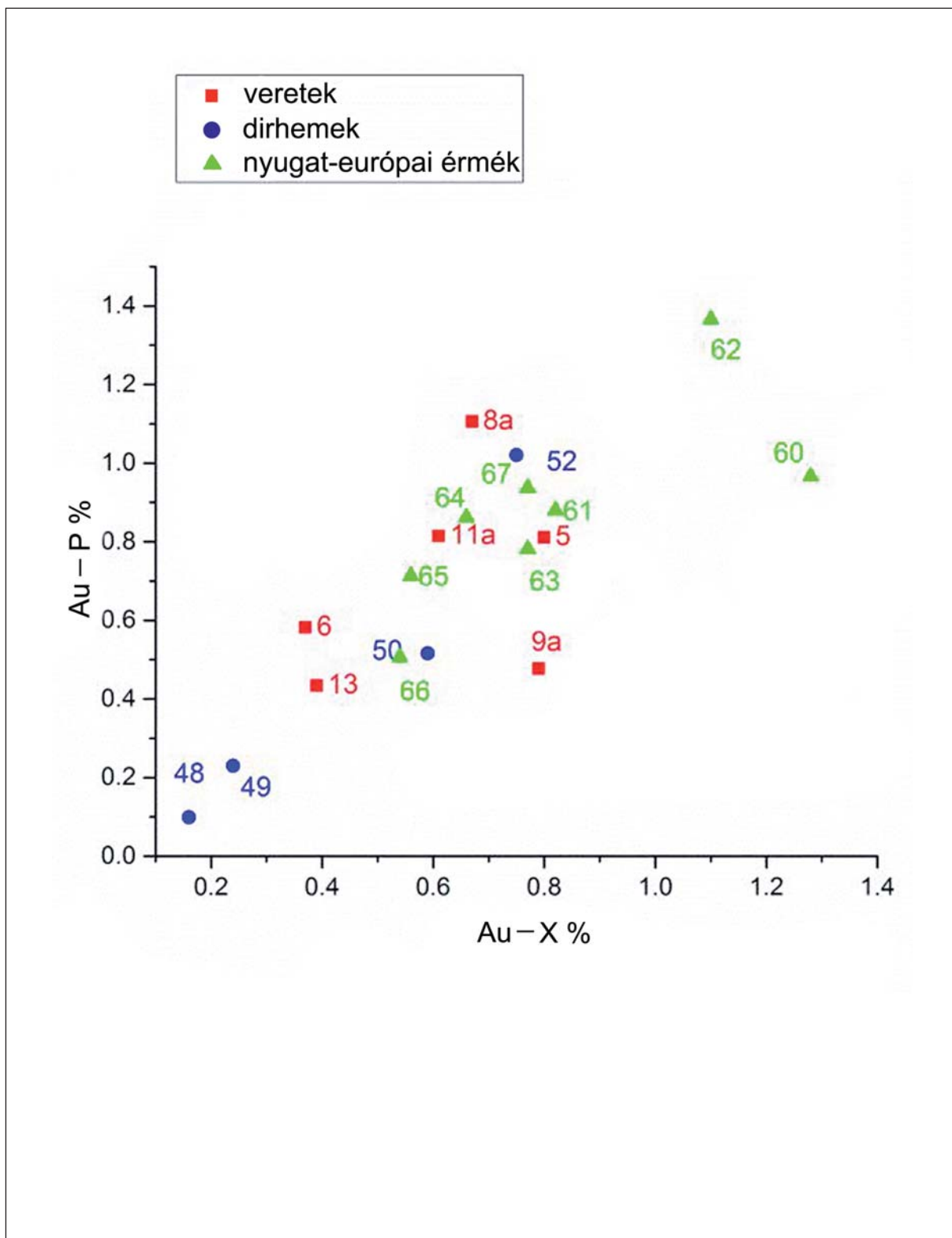
Minta sor-száma	Tárgy/ Leltári szám	Fe-X	Fe-P	Cu-X	Cu-P	Zn-X	Zn-P	Ag-X	Ag-P	Au-X	Au-P	Pb-X	Pb-P	Bi-X	Bi-P
5	veret/ MFM N 2010.03.02.		0.26	21.00	15.58		0.07	76.90	80.34	0.80	0.81	1.23	0.78	0.11	0.03
6	veret/ MFM N 2010.03.06.		0.02	46.40	10.75		0.08	52.10	87.12	0.37	0.58	1.10	0.52	0.09	0.05
8a	veret/ MFM N 2010.03.03.		0.02	34.50	5.59	0.78	0.11	62.40	90.86	0.67	1.11	1.61	1.30		0.07
8b	veret/ MFM N 2010.03.03.			34.30		0.54		63.20		0.52		1.47			
9a	veret/ MFM N 2010.03.04.		0.06	32.40	48.88		0.00	66.60	48.62	0.79	0.48	0.23	1.23		0.04
9b	veret/ MFM N 2010.03.04.			39.40				58.50		0.57		1.54			
11a	veret/ MFM N 2010.03.19.	0.06	0.05	15.90	40.34	0.17	0.21	81.40	56.24	0.61	0.81	1.64	1.01	0.20	0.08
11b	veret/ MFM N 2010.03.19.	0.06		22.40		0.23		74.60		0.65		1.86		0.20	
13	veret/ MFM N 2010.03.24.		0.27	28.00	47.21	1.01	1.21	68.70	48.44	0.39	0.43	1.64	1.10	0.28	0.16
48	dirhem/ MFM N 55.106.1.		0.04	1.20	0.78			97.80	98.48	0.16	0.10	0.44	0.26	0.42	0.29
49	dirhem/ MNM N 59.1.26.A.		0.01	2.06	2.39			97.00	96.64	0.24	0.23	0.68	0.53	0.06	
50	dirhem/ MNM N 59.1.27.A.		0.02	0.17	0.16		0.01	99.10	99.10	0.59	0.52	0.08	0.02	0.04	
52	dirhem/ MNM N 59.2.10.A.		0.05	0.64	0.36		0.03	98.30	98.23	0.75	1.02	0.25	0.14	0.04	
60	nyugat-európai pénz/ MFM N 53.43.47.	0.20	0.02	4.51	6.06	0.25		92.40	91.10	1.28	0.97	1.28	1.46	0.08	
61	nyugat-európai pénz/ KKJM 73.1.28.		0.02	13.90	6.33		0.02	83.70	91.06	0.82	0.88	1.56	1.28		0.02
62	nyugat-európai pénz/ KKJM 73.1.45.		0.03	2.47	2.23			95.40	95.45	1.10	1.37	0.90	0.80	0.09	0.08
63	nyugat-európai pénz/ KKJM 73.1.21.		0.01	4.23	5.39	0.18	0.18	93.60	92.33	0.77	0.78	1.27	0.94		0.02
64	nyugat-európai pénz/ MFM N 2002.18.4.		0.02	7.06	9.20	0.12	0.09	91.00	88.34	0.66	0.86	1.09	1.06		0.09
65	nyugat-európai pénz/ MFM N 2002.18.7.		0.01	13.50	10.36		0.08	84.70	87.23	0.56	0.71	1.18	0.99	0.12	0.07
66	nyugat-európai pénz/ MFM N 2002.18.5.		0.04	23.70	40.99		0.11	74.50	56.01	0.54	0.51	1.19	0.73	0.06	0.03
67	nyugat-európai pénz/ MFM N 2002.18.8.		0.01	4.86	3.55		0.19	93.50	93.96	0.77	0.94	0.84	0.70	0.06	0.02
Detektálási határ		0.02	0.005	0.02	0.005	0.02	0.005	0.1	0.06	0.05	0.02	0.05	0.02	0.05	0.01

1. táblázat: A leletek mikro-XRF és PIXE módszerrel kapott elemösszetételei és a leletekre vonatkozó legfontosabb információk. A minta sorszáma azonos CSEDREKI ET AL. 2015, 1. táblázat adataival. Az adatok tömegszázalékos értékben vannak megadva. Az adatok abszolút bizonytalansága tipikusan 2–5% a fő-, mellék- és 5–15% a nyomelemekre vonatkozóan. A kémiai elemek jele után írt X (mikro-XRF) a P (PIXE) az alkalmazott analitikai módszerre utal. Az üres cellákban az adott elem mennyisége detektálási határ alatt volt.

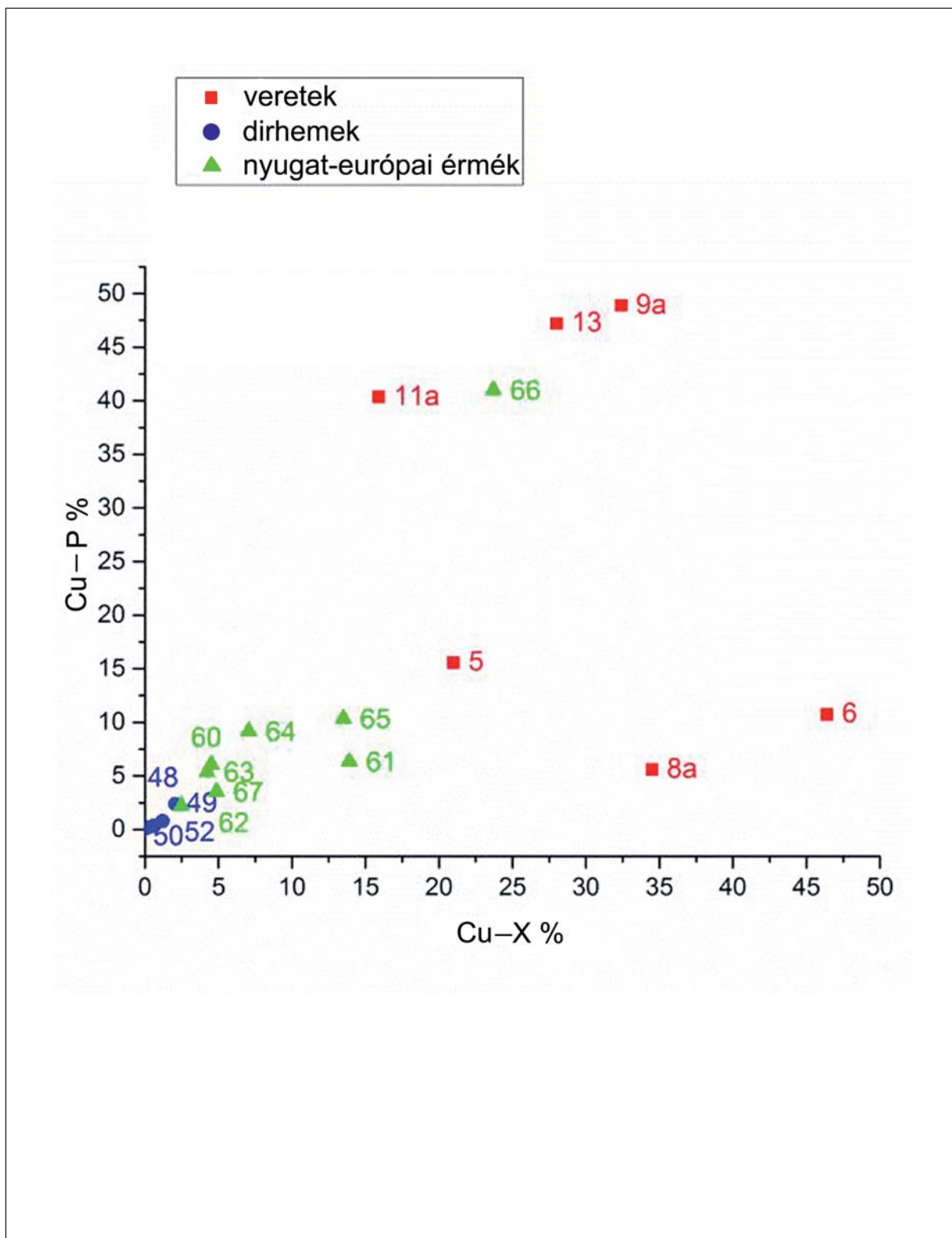
Tab. 1: Materialzusammensetzungen der Funde mithilfe von mikro-XRF und PIXE sowie die wichtigsten Informationen über die Funde. Die jeweilige Ordinalzahl ist mit den gleichen Daten von CSEDREKI ET AL. 2015, Tab. 1 identisch. Die Daten sind als Prozentgehalt angegeben. Die absolute Unsicherheit beträgt bei den Haupt- und Nebenelementen den typischen 2–5% und 5–15% bei den Spurelementen. Den chemischen Elementen folgende X (mikro-XRF) und P (PIXE) weisen auf die Methode der erfolgten Analyse hin. In den leeren Zellen befand sich die Menge des jeweiligen Elements unter der Detektionsgrenze.



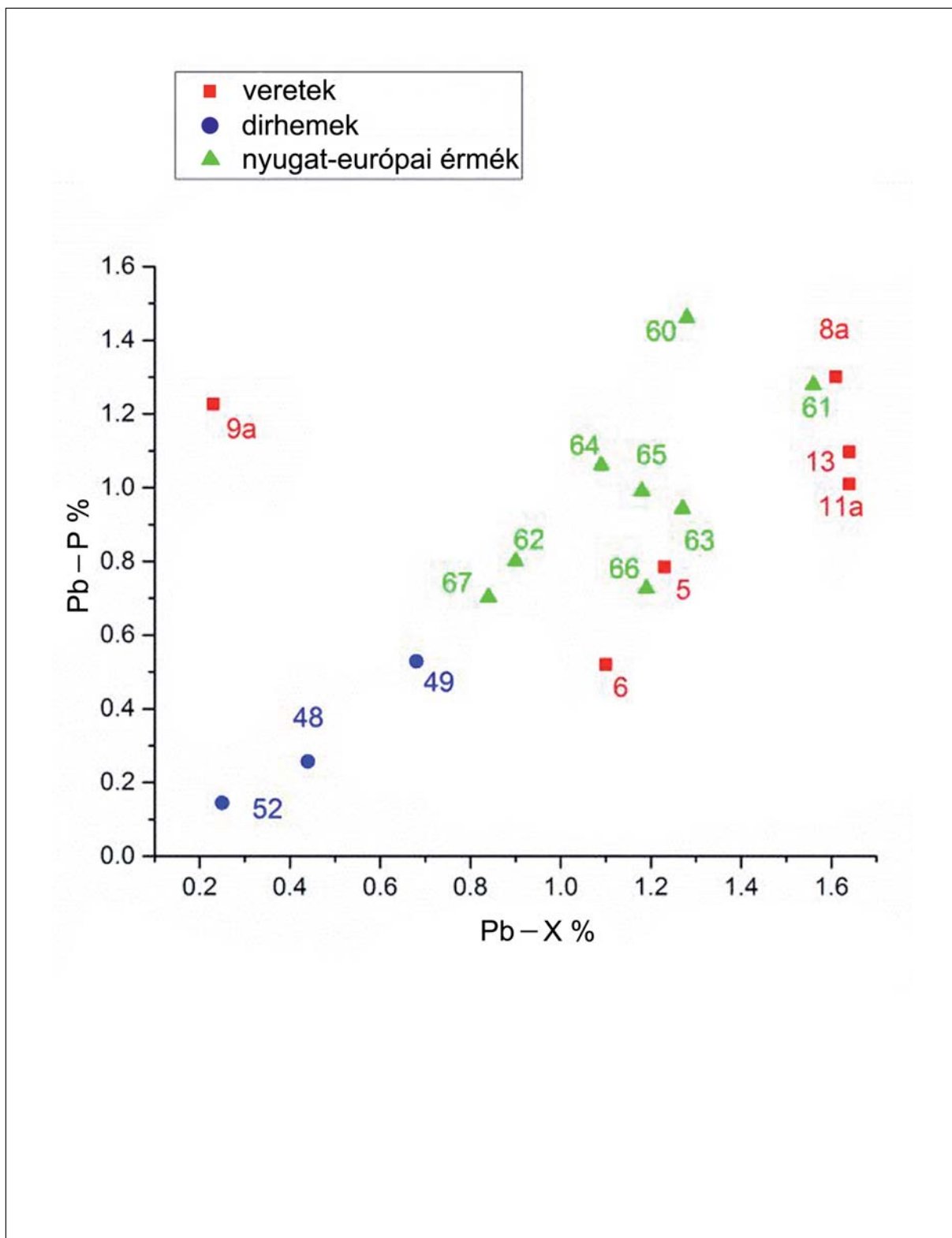
1. kép: A vizsgálatba bevont leletek ezüstre vonatkozó összehasonlító diagramjai
 Abb. 1: Vergleichsdiagramme zum Silbergehalt der untersuchten Fundstücke



2. kép: A vizsgálatba bevont leletek aranyra vonatkozó összehasonlító diagramjai
 Abb. 2: Vergleichsdiagramme zum Goldgehalt der untersuchten Fundstücke



3. kép: A vizálgatba bevont leletek rézre vonatkozó összehasonlító diagramjai
 Abb. 3: Vergleichsdiagramme zum Kupfergehalt der untersuchten Fundstücke



4. kép: A vizsgálatba bevont leletek ólomra vonatkozó összehasonlító diagramjai
 Abb. 4: Vergleichsdiagramme zum Bleigehalt der untersuchten Fundstücke