

VÁLASZ

Dr. Vajda Nóra, az MTA doktorának

„A prompt-gamma aktivációs analízis alkalmazása szilikát anyagú régészeti leletek és nyersanyagaik eredetének meghatározására” című,

az MTA doktora fokozat elnyerésére benyújtott értekezésem bírálatára

Az értekezéssel kapcsolatban feltett kérdések megválaszolása előtt szeretném megköszönni Dr. Vajda Nórának az értekezésem alapos áttanulmányozását, és a bírálat elkészítését. Köszönöm, és elfogadom a bírálónak a dolgozattal kapcsolatos kritikai megjegyzéseit. Ugyancsak szeretném megköszönni az opponensemnek az értekezésben szereplő eredmények elismerését.

A bírálatban megfogalmazott kérdésekre és megjegyzésekre azok sorrendjében válaszolok.

- **Kérdés, észrevétel:** *„Végül a [2.] fejezet tartalmazza az elemzéseknél alkalmazott statisztikai értékelő módszer, a főkomponens analízis rövid bemutatását is. Jó lett volna a módszer megbízhatóságát is értékelni, mert ezen alapulnak az archeometriai következtetések”.*

Válasz:

A főkomponens-analízis, mint többváltozós statisztikai elemzés minősége a megtartott főkomponensekhez rendelhető variabilitással jellemezhető. Ezért egy adott főkomponens minőségének standard mérőszáma a teljes varianciának az az aránya, amelyet az adott főkomponens képvisel.

Általános gyakorlat, hogy a teljes magyarázott variancia valamilyen előre meghatározott százalékát használják fel annak eldöntésére, hogy hány főkomponenst kell megtartani (a teljes variancia 70%-a egy gyakori, bár szubjektív határérték). A grafikus ábrázolásra legtöbbször csak az első két vagy három főkomponenst használják. A teljes variancia százalékos megmagyarázása alapvető eszköz az adathalmaz ezen alacsony dimenziós grafikus ábrázolásainak minőségének értékeléséhez. (Jolliffe, I. T. & Cadima, J.: Principal component analysis: a review and recent developments. *Phil. Trans. R. Soc. A* 374: (2016) 20150202. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>)

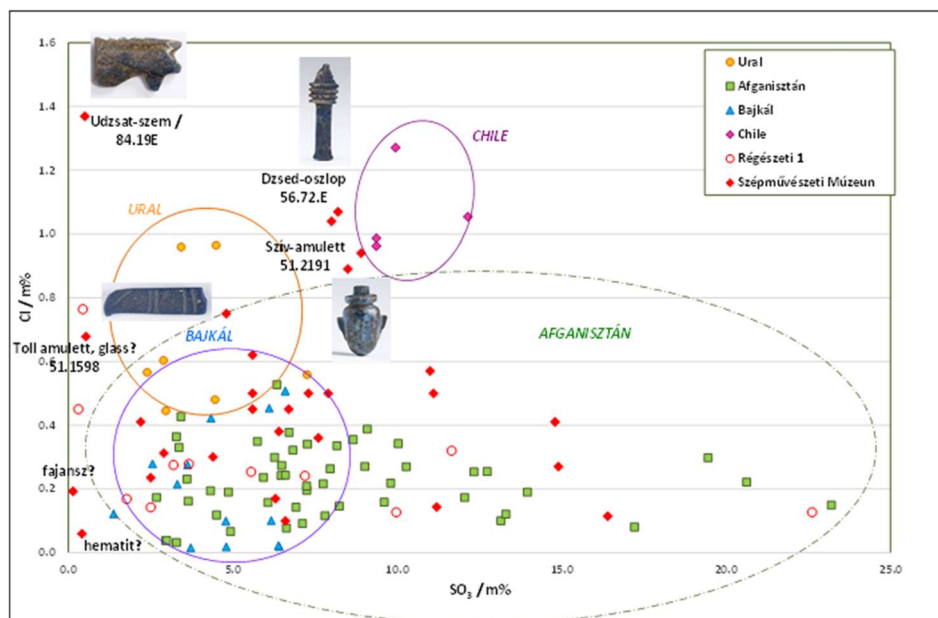
A főkomponens-analízis részletesebb ismertetését – mindhárom bíráló kérésére reagálva – a Dr. Homonnay Zoltánnak adott válaszban fogom megadni.

- **Kérdés, észrevétel:** „Az 5. tézispont szerint a vizsgált 30 egyiptomi amulett és 10 egyéb közel-keleti lelet afganisztáni eredetű. Ez az állítás részben ellentmond az előző állításnak, hogy az afganisztáni és a bajkái lápisz lazuli nem különíthető el egymástól PGAA-val. Kérem, hogy a szerző ezt a tézispontot a védésen pontosítsa, és térjen ki arra is, hogy a világon összesen 13 lelőhely ismert, de csak négyet tudtak vizsgálni.”

Válasz:

Az értekezés 5.11. ábrája szerint, helyesen:

Közel 30 egyiptomi amulett és 10 egyéb régészeti lelet **egy részénél** (mintegy 13 tárgy) PGAA-mérésekkel igazoltam az afganisztáni nyersanyageredetet. **További 19 tárgy esetében** – az afganisztáni és a bajkái nyersanyagösszetétel-adatok átfedése miatt – a PGAA mérésekből nem dönthető el egyértelműen, hogy afganisztáni vagy bajkái nyersanyagról van-e szó, bár **régészeti megfontolások miatt az afganisztáni nyersanyageredet valószínűsíthető.**



5.11. ábra. A Szépművészeti Múzeum amulettjeinek klór- és kéntartalma, összehasonlítva a geológiai referenciamintákkal. A műtárgyakat piros négyzettel jelöltük.

A lápisz lazuli nyersanyagokat és a régészeti leletek túlnyomó részét a Zöldföldi Judit, Renate Nöller és Irene Good által a PGAA mérőhelyre beadott mérési pályázatok keretében vizsgáltuk. A vizsgált egyiptomi anyagot a Szépművészeti Múzeumból Liptay Éva és Kevély Flóra bocsátotta rendelkezésünkre, a damaszkuszi, és egyéb közel-keleti műtárgyakat Zöldföldi Judit hozta vizsgálatra, szintén ő hozta az afganisztáni, bajkái, uráli és chilei nyersanyagmintákat.

Mind a régészeti, mind a geológiai referenciaminták esetében a konkrétan vizsgált mintasorozatot elsősorban az határozta meg, hogy milyen mintákhoz tudunk hozzáférni. Kivételnek számít a Szépművészeti Múzeum viszonylag egységes egyiptomi anyaga.

A valamennyi potenciális nyersanyaglelőhelyet megmintázó PGAA-adatbázis létrehozásának elvi jelentősége lenne, az ókori Közel-Kelet régészete szempontjából azonban a 13 lelőhely közül soknak (pl. a Baffin-sziget Kanadában, az USA-ban a New York állambeli Edwards, a Wyoming-Colorado-Utah államokbeli Green River formáció, az USA Kalifornia állama, Chile, Afrikában Angola) nincs relevanciája.

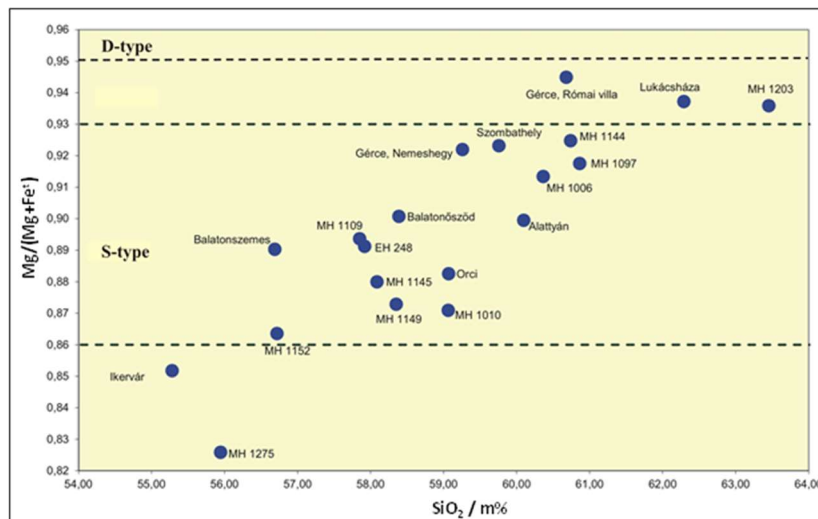
Összefoglalva megállapítható, hogy a mért régészeti és geológiai minták esetében a lehetséges nyersanyaglelőhelyek azonosítása önmagában PGAA-méréssel sok esetben nem egyértelmű, mivel a régészetileg feltételezett afganisztáni és bajkái nyersanyagforrások a mért összetevők alapján nem különülnek el egymástól szignifikánsan.

A proveniencia adatok pontosítására részben a referenciaminták számának növelése (ami logisztikai problémát jelenthet), részben kiegészítő roncsolásmentes módszerek (Raman-, ill. FT-IR spektroszkópia) alkalmazása adhat megoldást.

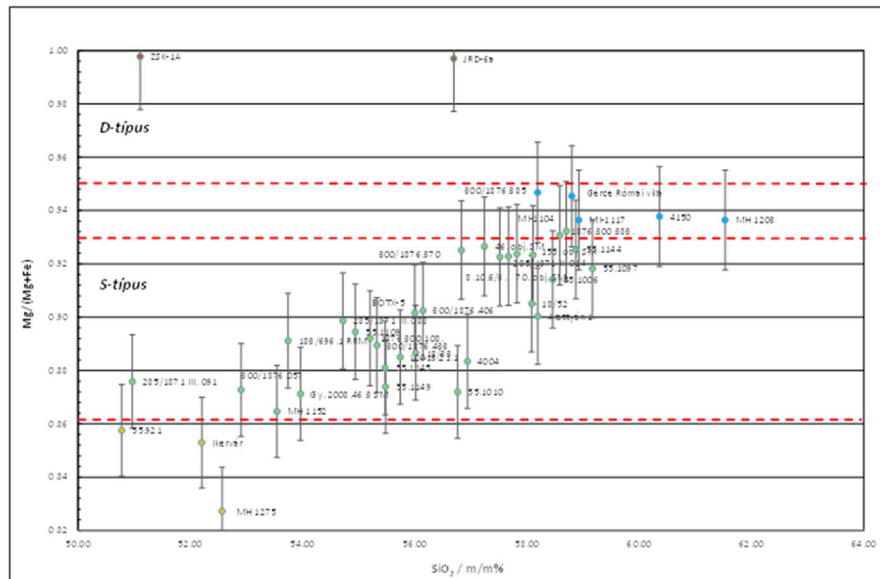
- **Kérdés:** „A dolgozatban szerepel, hogy a PGAA módszer nem különösebben érzékeny a Mg kimutatására. A Nefrit két típusa, a D- és az S-típus csak a Mg/(Mg+Fe) arányában különbözik, viszonylag kis mértékben. Az arány a D-típusnál >0,93, míg az S-típusnál 0,86 és 0,93 közé esik. Sikerül ezt az elemzési pontosságot biztosítani PGAA-val a két típus megkülönböztetéséhez?”

Válasz:

Az újabb méréseket is figyelembe véve (összesen 47 minta), részben a hivatkozott irodalomban (Zhang et al 2011) szereplő kategorizálás bizonytalansága, részben a móltörtek adott mérési pontossága miatt nem minden nefrit mintáról dönthető el egyértelműen a PGAA mérések alapján, hogy „S” vagy „D” típusú.



4.16. ábra. Nefrit balták csoportosítása szilícium-, valamint magnézium- és vastartalmuk alapján. (Péterdi et al. 2014)



Irodalmi adatok szerint a nefritek képződésük szerint két csoportba oszthatóak: az első típus kontakt metasomatózis útján jön létre intermedier-savanyú intrúziók és dolomitos márványok között (dolomitos típus, D-típus), a második típus esetében a kontakt metasomatózis a magmás test és szerpentinit között megy végbe (szerpentinesedett ultrabázisos kőzetes-típus, S-típus) (Zhang et al 2011).

Zhang és munkatársai szerint (Zhang et al 2011) a két típus között lényeges geokémiai eltérés mutatkozik a $Mg^{2+}/(Mg^{2+}+Fe^{2+(3+)})$ mol-arányban, amely **D-típusú** nefritek esetében **0,930-1** között van, míg **S-típusú** nefritek esetében **0,860-0,930 közé esik**. A fenti határértékek közül a 0,930-as érték kijelölése valószínűsíthetően önkényesen történt, mivel a kínai geológiai minták értékei közül egy sem esik a 0,920 és 0,950 közötti tartományba, ezért ebben a tartományban máshol is kijelölhető volna a határ.

Saját eredményeink szerint **a két típus között azonban nincs éles geokémiai határvonal**: a roncsolásmentes módszerek hibahatárai miatt a határvonalhoz közeli értékekkel rendelkező leletek egyedi mérlegelést – és más vizsgálatok eredményével való összevetést – igényelnek. Elképzelhető, hogy az „S” és „D” típusok közötti **határvonal valójában a 0,95 és 0,98 körüli** móltört értékek tartománya közé esik. A 0,98 körüli, vagy annál nagyobb móltörttel jellemezhető mintákról már egyértelműen állítható, hogy „D” típusúak.

Megjegyzendő, hogy a roncsolásmentes módszerek (pl. a PGAA) mérési pontossága általában rosszabb, mint a roncsolásos módszereké, ezért van szükség minden nefrit esetében kiegészítő (eredeti felszín SEM-EDAX, azaz OS-SEM-EDAX) mérésekre is. A nefritek eredetének meghatározásához a relik-, illetve akcesszórius ásványok vizsgálata nyújt további támpontot.

A fentiekből következik, hogy a **PGAA önmagában nem mindig alkalmas a nefritek osztályozására**, az elemösszetétel adatok mellett a nefritek képződési viszonyai SEM-EDX-szel meghatározott ásványos összetételük alapján megbízhatóbban határozhatók meg.

Az említett cikk:

Zhang, Z. W., Gan, F. X. & Cheng, H. S.: PIXE analysis of nephrite minerals from different deposits. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 2011, 269 460–465.

Korábbi cikkeink a nefritekkel kapcsolatban:

Péterdi, B., Szakmány, Gy., Bendő, Zs., Kasztovszky, Zs., T. Biró, K., Gil, G., Harsányi, I., Mile, V. & Szilágyi, Sz. (2015): Nefrit kőeszközök kőzettani vizsgálata roncsolásmentes módszerekkel: típusok, lehetséges nyersanyag-források azonosítása (előzetes eredmények). GESTA. A Miskolci Egyetem Történettudományi Intézetének elektronikus folyóirata. (tortenelemszak.uni-miskolc.hu/gesta.html) XIV (2015): 64-78. (ISSN 1417-2569)

és


Péterdi, B., Szakmány, Gy., Bendő, Zs., Kasztovszky, Zs., T. Biró, K., Gil, G., Harsányi, I., Mile, V. & Szilágyi, Sz. (2015): Nefrit kőeszközök kőzettani vizsgálata roncsolásmentes módszerekkel: típusok, lehetséges nyersanyag-források azonosítása (előzetes eredmények). GESTA. A Miskolci Egyetem Történettudományi Intézetének elektronikus folyóirata. (tortenelemszak.uni-miskolc.hu/gesta.html) XIV (2015): 64-78. (ISSN 1417-2569)

alapján:

Újabb eredményeink a nefritekkel kapcsolatban:

Szilágyi, V., Kasztovszky, Zs., Kereskényi, E., Péterdi, B., T. Biró, K., Szakmány, Gy., Different levels of interpreting chemical data by Prompt Gamma Activation Analysis on polished stone tools in the Carpathian Basin (Hungary), Applied Physics A, benyújtva.

Budapest, 2024. július 5.


Kasztovszky Zsolt
tudományos főmunkatárs