

## ANALIZA UNOR MONEDE DE ARGINT DIN TEZAURUL DE LA BĂRĂBANȚ, JUD. ALBA (SEC. XI—XII), PRIN METODA ANALIZEI PRIN ACTIVARE CU NEUTRONI

Analiza prin activare cu neutroni și fluorescența de raze X sunt metode nucleare de analiză, folosite în arheologie ca tehnici de investigație pentru identificarea surselor de materii prime, a tehnologiei de fabricație, a compoziției chimice a obiectului manufacturat<sup>1</sup>.

Am luat în discuție, în acest articol rezultatele obținute prin metoda analizei prin activare cu neutroni a 11 monede de argint aparținând tezaurului de la Bărăbanț (jud. Alba), monede din perioada medievală timpurie (secolele XI—XII). Am avut ca punct de plecare o serie de articole<sup>2</sup> referitoare la metode nucleare folosite la analizarea monedelor.

Compoziția calitativ, cantitativă obținută prin aceste metode permite aflarea unor informații deosebit de utile arheologilor. Dar nu toate elementele prezente în aliaje sunt utile cercetării arheologice.

Spre exemplu plumbul este un indiciu pentru stabilirea procesului tehnologic de obținere a monedelor de argint.

Aurul, bismutul și argintul prezente în monedele de aur permit niște diagrame de corelație prin care se pune în evidență sursa de materii prime pentru aur.

La monedele de argint corelațiile cu impurități ca fierul și plumbul permit identificarea sursei de proveniență a argintului. Din studiul compoziției cantitative a aliajului monedelor de argint se poate determina deprecierea monetară. De obicei deprecierea monetară s-a făcut prin reducerea conținutului în metal nobil, ea fiind în relație directă cu declinul economic.

---

<sup>1</sup> C. Coșma, Tr. Fiat, V. Znamirovski, D. Alicu, Doina Boroș, L. Dărăban, in *First Romanian Conference on the Application of Physics Methods in Archaeology*, Cluj-Napoca, 1987, p. 101—112; Tr. Fiat, V. Znamirovski, V. Mercea, L. Dărăban, V. Morariu, Doina Boroș, D. Alicu, R. Ardevan, in *Studia*, ser. Physica, XXXI, 1986, p. 12—18; E. R. Caley, in *The American Numismatic Society (ANSMN)*, 151, New-York, 1964; C. Morrisson, J. N. Barrandon, C. Brenot, in *ANSMN*, 32, 1987, p. 181—209; P. A. Schubiger, O. Müller, in *Journal of Radioanalytical Chemistry*, 39, 1977, p. 99—112; J. M. Barrandon, in *Journal of Radioanalytical Chemistry*, 55, 1980, p. 317—327; R. J. Rosenberg, in *Journal of Radioanalytical Chemistry*, 92, 1, 1985, p. 171—176; F. Wideman, in *Journal of Radioanalytical Chemistry*, 55, 2, 1980, p. 271—281; L. H. Cope, in *Royal Numismatic Society*, London, 1972, p. 40—43; E. T. Hall, in *Royal Numismatic Society*, London, 1972, p. 315—320; C. Beșliu, V. Grecu, E. Marincu, V. Cojocaru, M. Constantinescu, M. Ivașcu, S. Spiridon, P. Stancu, Constanța Știrbu, in *CN*, IV, 1982; L. Dărăban, C. Coșma, Tr. Fiat, in *Journal of Analytical Chemistry Letters*; C. Marian, A. Rotariu, Tr. Fiat, L. Dărăban, V. Znamirovski, S. Cociș, in *ActaMN* 26—30, 1, 2, 1989—1993, p. 525—532.

<sup>2</sup> Fr. Pap, M. Blăjan, in *ActaMN*, 32, I, 1995, p. 489—496.

Prin specificul lor: valoarea istorică, și artistică, monedele necesită o metodă de analiză nedestructivă. Noi am ales metoda analizei prin activare cu neutroni deoarece pe lângă faptul că este o metodă de analiză nedestructivă este și o metodă de analiză a întregii mase a monedei, nu doar de suprafață ca fluorescența de raze X și astfel permite eliminarea erorilor provocate de coroziunea electrochimică de suprafață ce se petrece în pământ în sutele de ani ce au trecut până la descoperirea lor. Prin fenomenul de coroziune electrochimică suprafața monedei se îmbogățește în metale nobile de aur, argint în timp ce în miez se concentrează metalele comune.

Analiza prin activare cu neutroni este o metodă de analiză ce constă în iradierea monedelor cu un flux de neutroni, aceștia vor fi captați de atomii din materialul țintă transformându-i în izotopi radioactivi. Fiecare izotop de acest tip emite raze gamma cu o energie bine determinată astfel încât se pot identifica elementele chimice după această energie. Acest lucru se face măsurând radioactivitatea elementelor iradiate cu un spectrometru de raze gamma obținând astfel spectrul de iradiție. În *fig. 1* este spectrul gamma al unei monede de argint, în care apar radiațiile gamma caracteristice pentru elementele cupru, aur, argint.

Monedele se introduc la iradiat fixate pe un dispozitiv pentru a fi expuse la fluxul de neutroni pe aceeași față (din cauza efectului de autoabsorbție a neutronilor). Acest dispozitiv se introduce în canalul instalației de iradiere (vezi *fig. 2*) ce cuprinde ca surse de neutroni 2 surse izotopice de tip Am-Be și Pu-Be plasate în canalul central al instalației cu scopul ca neutronii să fie moderați în parafină înainte de a fi captați de monedă. Aceasta pentru că reacția nucleară de activare a argintului, cuprului și aurului decurge cu randament maxim pentru neutronii lenți (iar sursele emit neutroni rapizi).

În general la determinarea argintului se folosește o iradiere de 10 minute pentru cei 2 izotopi radioactivi ai argintului  $^{106}\text{Ag}$  și  $^{110}\text{Ag}$  obținându-se astfel radioactivitatea maximă a acestora la un interval de timp de  $(3,5 \times t_{1/2})$  unde  $(t_{1/2})$  este timpul de înjumătățire. Pentru aur se folosește izotopul radioactiv  $^{198}\text{Au}$ , iar pentru cupru izotopii radioactivi  $^{64}\text{Cu}$  și  $^{62}\text{Cu}$ . Caracteristicile nucleare a izotopilor radioactivi folosiți de noi sunt redați în tabelul 1.

Tabelul 1

Caracteristicile nucleare ale izotopilor radioactivi

Nr. crt.	Izotopul radioactiv	$t_{1/2}$ (timpu de înjumătățire)	Energia radiației gamma emise
1	$^{106}\text{Ag}$	2,4 minute	630 KeV
2	$^{110}\text{Ag}$	24,2 secunde	660 KeV
3	$^{198}\text{Au}$	2,7 zile	410 KeV
4	$^{64}\text{Cu}$	12,8 ore	511 KeV
5	$^{62}\text{Cu}$	9,8 minute	511 KeV

Deoarece  $t^{12}$  (timpul de înjumătățire) pentru aur și cupru este mult mai mare ca timpul de înjumătățire a argintului, la concentrații mici de aur și cupru se va face o iradiere la saturație adică de 9,5 zile ( $3,5 \times 2,7$ ) pentru aur sau de 44,8 ore pentru cupru ( $3,5 \times 12,8$ ).

### Modul de lucru

Practic am iradiat fiecare probă așa cum am indicat mai sus timp de 10 minute pentru a identifica argintul și 63 de ore pentru aur și cupru. Am măsurat radioactivitatea pentru fiecare linie gamma cu un analizor monocanal tip 20.160 RFT de fabricație RDG, echipat cu o sondă de scintilație de NaI (Tl) de  $5 \times 5$  cm. plasată într-un turn de plumb (pentru a reduce fondul cosmic). Aparatul este astfel reglat încât se poate citi fiecare linie spectrală prin numărul cuantelor gamma pe fiecare fotic printr-o fereastră electronică. Calculele de concentrație s-au făcut prin compararea numărului de impulsuri obținute pentru etalonarea de argint, aur și cupru și monede după formula:

$$\frac{\text{Activitatea probei}}{\text{Activitatea etalonului}} = \frac{\text{concentrația elementului în probă}}{\text{concentrația elementului în etalon}}, \text{ de unde:}$$

$$C\%_{cl} = \frac{m_e}{m_m} \times \frac{I_m - F}{I_e - F}$$

unde:  $m_e$  = masa etalonului

$m_m$  = masa monedei

$I_m$  = nr. impulsuri numărate în prezența monedei la valoarea energiei ce caracterizează picul ales, într-un interval de timp dat.

$I_e$  = nr. impulsuri numărate în prezența etalonului la valoarea energiei ce caracterizează picul ales, ca și la monedă și în același interval de timp.

$F$  = nr. impulsuri datorat fondului pentru aceeași valoare a energiei și în același interval de timp.

### Rezultate și discuții

Rezultatele obținute în urma măsurărilor sunt prezentate în tabelul 2.

Tabelul 2

Concentrațiile în argint, aur, cupru, exprimate în procente de greutate pentru monedele de argint analizate

Nr. crt.	Nr. inv.	Tipul monedei	Concentrația			Au/Ag	Greutatea monedei
			Ag%	Au%	Cu%		
1	N.71561	CNH,I,45	88,0	0,27	8,91	0,0031	0,69 g
2	N.71671	CNH,I,45	97,8	0,44	9,00	0,0045	0,31 g
3	N.71615	CNH,I,45	97,2	0,60	7,20	0,0064	0,33 g
4	N.71637	CNH,I,45	83,4	0,70	9,00	0,0084	0,67 g
5	N.71572	CNH,I,45	96,0	0,40	4,42	0,0042	0,39 g
6	N.71642	CNH,I,45	83,4	0,60	9,81	0,0072	0,42 g
7	N.71571	CNH,I,45	82,4	0,70	8,12	0,0085	0,59 g
8	N.71719	CNH,I,43	86,6	0,30	9,10	0,0035	0,31 g
9	N.71744	CNH,I,57	88,5	0,70	7,05	0,0079	0,37 g
10	N.71745	CNH,I,57	89,5	1,32	9,50	0,0147	0,35 g
11	N.71746	CNH,I,57	87,9	1,64	9,5	0,0187	0,034 g

În concluzie, toate monedele sunt confecționate dintr-un aliaj de argint de bună calitate cu un conținut în argint mai mare de 80%<sub>0</sub> adică 800%<sub>00</sub>. La tipul CNH, I, 45 concentrația argintului variază de la 82,4%<sub>0</sub> la 97,2%<sub>0</sub> deci o variație de 15%<sub>0</sub>; nu s-a putut stabili o relație directă între greutatea monedei și concentrația în argint. Întâmplător sau nu monedele cele mai ușoare au cel mai mare conținut în argint, probabil fac parte din aceeași emisiune monetară<sup>2</sup>. Deprecierea monetară semnalată de istoric<sup>3</sup> la acea dată s-a realizat nu prin scăderea conținutului în argint, ci prin micșorarea monedei<sup>4</sup>.

De remarcat faptul că la tipul CNH, I, 57 monedele au un conținut în aur mai mare ca la celelalte o dovadă că au fost bătute din alt aliaj. Prezența aurului în aliaj se datorește prezenței aurului în minereurile de argint și imposibilității de a-l separa total de acesta la acea dată.

În ce privește raportul Au/Ag (tabel 2), el variază între limite largi de la  $31 \times 10^{-4}$  la  $187 \times 10^{-4}$  și nu se poate face nici o corelație de stabilire a sursei de materii prime. Mai ales că literatura de specialitate menționează faptul că la noile emisiuni monetare se folosea argint prin retopiri.

Pentru elucidarea problemelor puse de acest tezaur sunt necesare noi analize și compararea lor cu rezultatele publicate pentru alte monede de acest tip. Ținem să precizăm că nu am găsit până în prezent date asupra compoziției calitativ cantitative a monedelor de acest tip. Avem doar informațiile numismatului Francisc Pap<sup>5</sup> că în acea perioadă Ungaria bătea monedă de argint de concentrație 800%<sub>0</sub> și că de la sfârșitul secolului XI și începutul secolului XII avem de a face cu o deprecieri monetară oficială.

DOINA BOROS — LIVIU DĂRĂBAN — TRANDAFIR FIAT

#### DETERMINATION OF SILVER COINS FROM THE BĂRĂBANȚ TREASURE (11<sup>th</sup>—12<sup>th</sup> CENTURIES NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS

(Abstract)

Neutron activation analysis is used for determination silver, gold, and copper in silver coins discovered at Bărăbanț, Alba county, coins issued in the XI<sup>th</sup> and XII<sup>th</sup> centuries.

Are presented the advantages of this method, the neutron source for irradiation, the irradiation conditions 10 min. for silver and 63 h. for gold and copper, the gamma spectrum of a silver coin. Tabel 2 indicates the silver gold and copper content expressed in weight percents.

<sup>3</sup> Fr. Pap, M. Blăjan, *op. cit.*

<sup>4</sup> Doina Boros, în *ActaMN*, 32, I, 1995, p. 237 și urm.

<sup>5</sup> Fr. Pap, M. Bălan, *op. cit.*

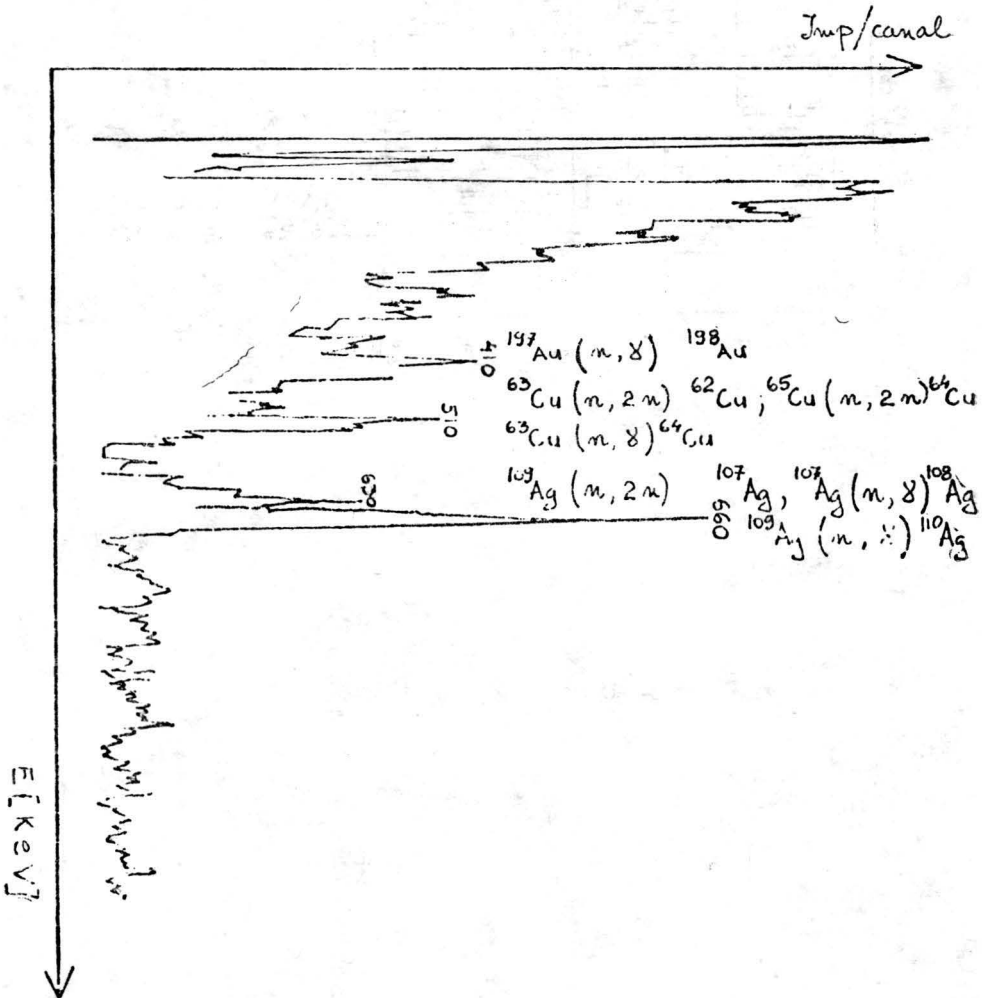


Fig. 1. Spectrul gamma al unei monede de argint.

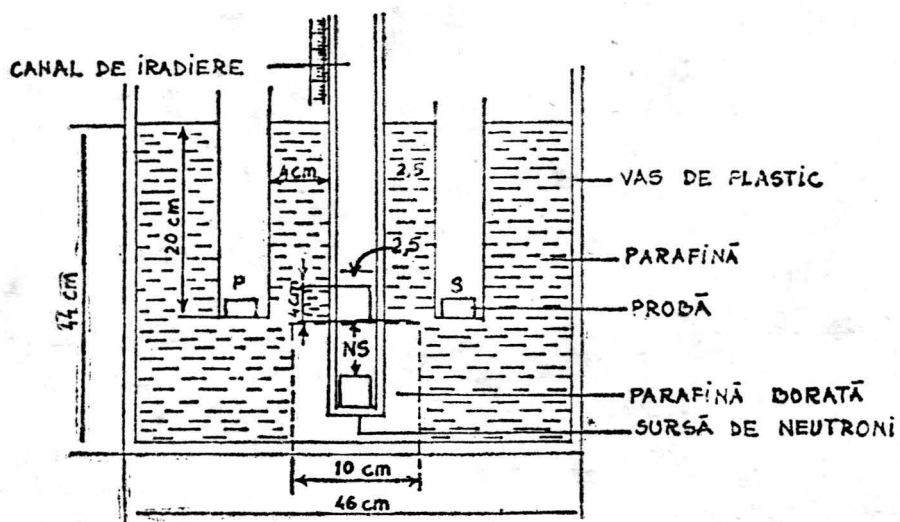


Fig. 2. Instalația de iradiere.