

ANALIZA COMPOENȚEI UNOR PIESE DE AUR DIN TEZAURUL NAȚIONAL PRIN METODE NUCLEARE

de C.BEŞLIU, V.COJOCARU, F.COTOROBAI,
D.DEMERIAN, V.GRECU, M.IVAȘCU, E.MARINCU,
O.SIMA, S.SONOC, C.ANTON MANEA, C.COLTOȘ,
D.DRĂGUȘ, GH.NICULESCU, M.SFIRLEA

Importanța internațională a cercetării arheologice și istorice a determinat în ultimii ani introducerea unor metode nucleare de analiză. Dintre acestea, fluorescența de raze X (FRX) și analiza prin activare cu neutroni (AAN) au cea mai largă utilizare datorită unor performanțe notabile:

- nedistructivitate totală (FRX) sau foarte limitată (AAN);
- identificarea în cadrul unei singure analize a unui mare număr de elemente chimice din strucțura probelor;
- concentrații determinate pînă la limita fracțiunilor de părți pe milion;
- economicitate ridicată și timp redus de obținere a informațiilor.

Incepînd din anul 1974 literatura [1-3] relatează desfășurarea unor programe de cercetare internațională incluzînd metodele FRX și AAN. Printre rezultatele care impun aceste metode față de alte procedee de investigare fizică menționăm: analiza unor obiecte de argint din epoca sasanidă [4], determinarea unor rapoarte de concentrații de microelemente în obiecte ceramice (Fe/Sc, Th/Hf), care pot fi corelate cu aria de origine a materiei prime [2], structura obiectelor de cupru și bronz preistoric [3,5], vaste cercetări numismatice [6].

Pentru conservarea, investigarea științifică și restaurarea patriomonului național metodele nucleare de FRX și AAN măresc sensibil posibilitățile acestui domeniu. Cunoașterea corectă a concentrațiilor elementelor majore și a microelementelor pieselor de tezaur permit o mai corectă corelare între unitate de colecție, cît și depistarea obiectelor disperse ca origine și tehnologie. Introducerea FRX și AAN în arsenala arheologiei contribuie la precizarea nivelului tehnologic și a forțelor de producție, care se materializează în obiectivele investigate.

Această lucrare constituie o parte dintr-un vast program de implementare a metodelor nucleare în arheologia românească finanțat de Consiliul Național pentru Știință și Tehnologie. Adaptarea acestor metode la cercetarea arheologică românească și stabilirea indicilor de precizie și a tipului de informații furnizate au fost realizate prin analiza pieselor din două tezaure de aur: tezaurul de la Pietroasa și tezaurul de la Hinova. La aceste date se adaugă spre comparație analiza

a 15 eșantioane de aur nativ românesc, de proveniență aluvionară și montană, puse la dispoziție de Muzeul Aurului din Brad.

În eazul FRX, măsurările au fost efectuate cu surse de excita-re ²⁴¹Am și ¹⁰⁹Cd, detectorul fiind de tipul Si (Li) și având o rezolu-tie de 180 eV pentru linia K_α a fierului. Spectrometria s-a realizat cu ajutorul unui analizor de amplitudine de 4096 canale de tip Canberra. Modul de obținere a informațiilor este cel arătat în ref. [7]. Fiecare piesă studiată a fost măsurată în mai multe puncte alese pe criterii de planeitate maximă, cu scopul evaluării dispersiei în concentrație.

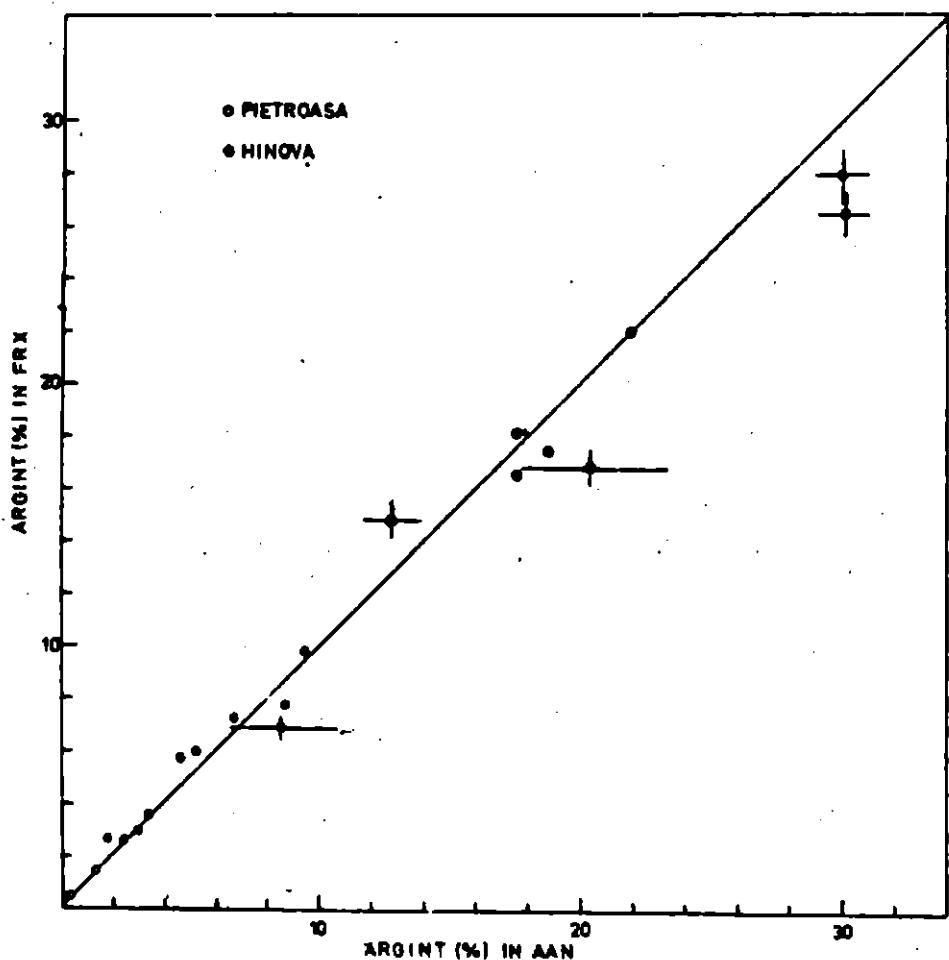
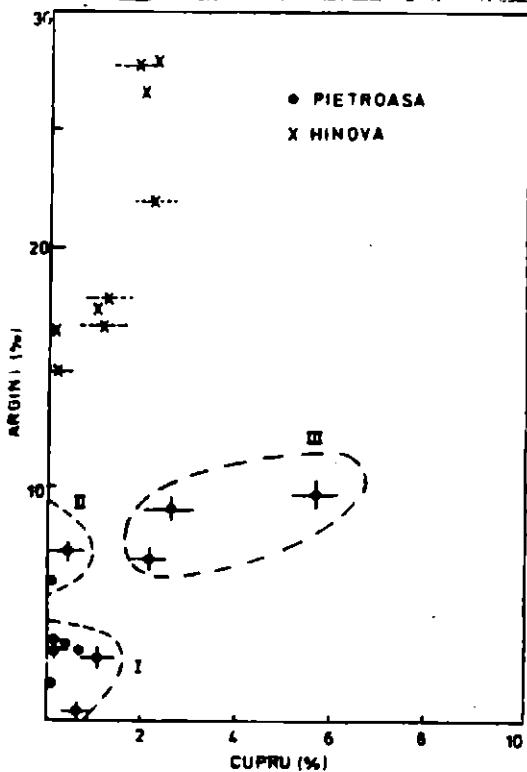


Fig.1.-

Metoda AAN a fost folosită sub-formă variantei "streak" [8]. Prelevarea probelor s-a realizat prin frecarea obiectului cu baza unei ba-ghete sau tub de cuart optic cu o lungime de aproximativ 7 mm și cu o suprafață rugoasă obținută prin tratare cu acid fluorhidric. Masa pro-blei prelevate în acest fel este de ordinul zecilor de micrograme și gro-simea de pătrundere este de 2-4 μm . După ambalarea fiecărui tub de cuart în aluminiu pur, tuburile, împreună cu etaloanele, au fost iradi-ate într-un cimp de neutroni termici la un flux de $8 \cdot 10^{12} \text{n.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ la reactorul Institutului de Fizică și Inginerie Nucleară. Analiza gama spectrală a probelor activate a fost realizată cu ajutorul unui detec-tor de Ge (Li) cu o rezoluție de 1,8 keV pentru raza de 1332 keV a ^{60}Co .

Aplicată pentru prima dată obiectelor cu concentrație de aur su-perioară cifrei de 90%, metoda "streak" a confirmat corectitudinea da-telor furnizate de FRX și a permis studiul eșantioanelor de aur nativ românesc. Cmparația rezultatelor obținute prin FRX și AAN este fă-cută în fig. 1. Identitatea datelor ar trebui să se vadă pe punctele pe dia-gonala axelor care este trasată pe figură. În limita erorilor ex-perimentale acest lucru se realizează în mod satisfăcător.



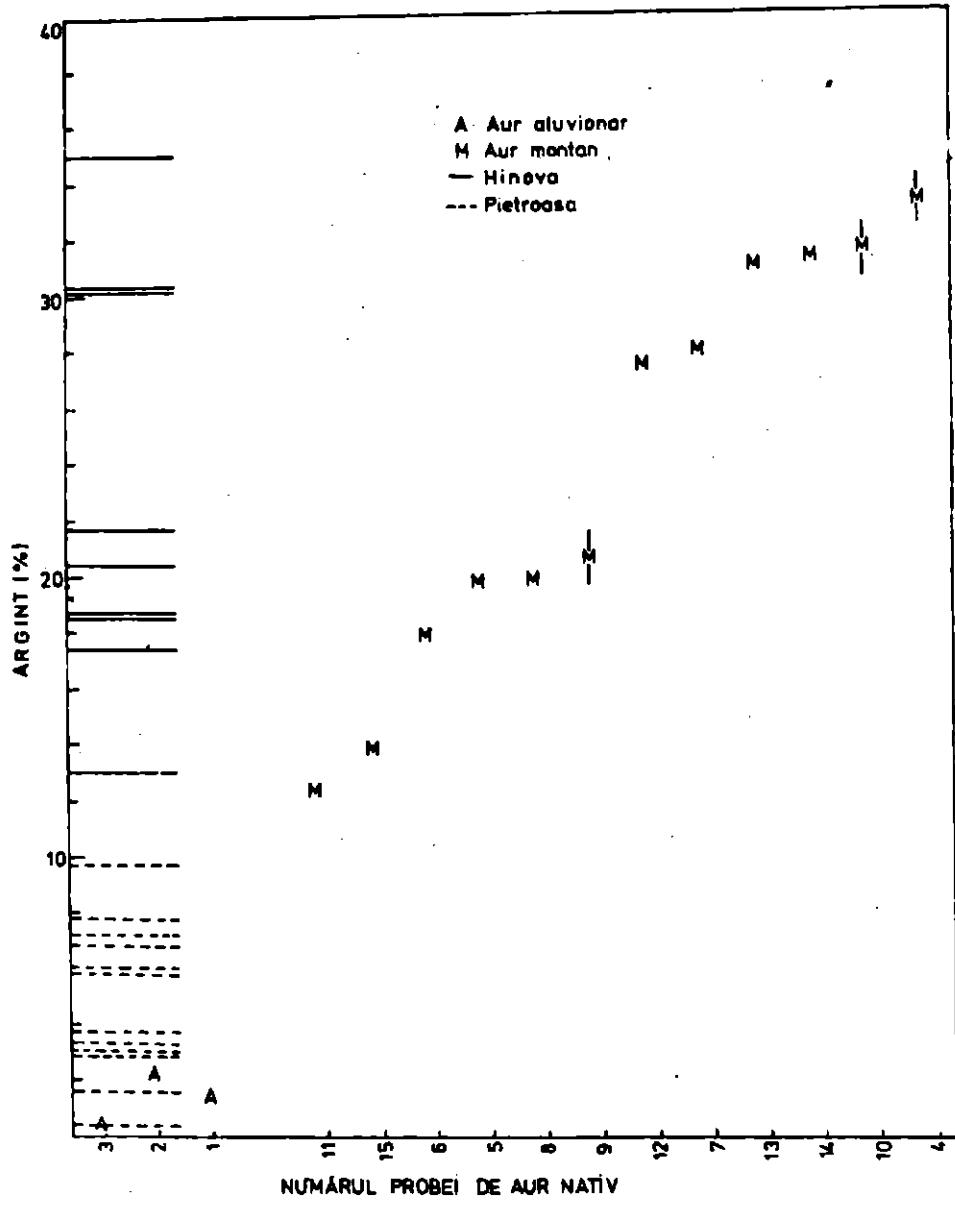


Fig.3.-

TABELUL I

Rezultatele analizei prin metoda FRX pentru tezaurul de la Pietroasa

Nr. ordine	probă	Au(%)	Ag(%)	Cu(%)
1.	Pateră	99,4 ± 0,1 99,4 ± 0,1 98,5 ± 0,3	0,6 ± 0,1 0,5 ± 0,1 0,3 ± 0,1	- 0,1 ± 0,1 1,2 ± 0,3
2.	Pul 11433	96,2 ± 0,4 97,5 ± 0,3 96,9 ± 0,3	3,2 ± 0,3 2,1 ± 0,2 2,9 ± 0,3	0,6 ± 0,4 0,4 ± 0,3 0,2 ± 0,2
3.	Pul 11432	95,2 ± 0,3 96,9 ± 0,4 96,8 ± 0,3	4,0 ± 0,3 1,9 ± 0,1 3,0 ± 0,3	0,9 ± 0,3 1,2 ± 0,4 1,2 ± 0,2
4.	Fibulă mică	95,5 ± 0,4 96,2 ± 0,4	2,9 ± 0,3 2,2 ± 0,3	1,2 ± 0,4 1,0 ± 0,5
5.	Colan cu inscripție runică	96,9 ± 0,3	3,1 ± 0,3	-
6.	Anou simplu	88,3 ± 0,5	9,1 ± 0,5	2,6 ± 0,5
7.	Colan ajurat	83,4 ± 0,5 85,3 ± 0,5	10,3 ± 0,5 9,5 ± 0,5	6,3 ± 0,5 5,2 ± 0,5
8.	Denohoe	89,3 ± 0,4 92,5 ± 0,4 90,8 ± 0,4	6,8 ± 0,4 6,5 ± 0,4 7,7 ± 0,4	3,9 ± 0,3 1,0 ± 0,4 1,5 ± 0,4
9.	Vas octogonal	93,9 ± 0,3 93,2 ± 0,3	6,1 ± 0,3 5,8 ± 0,3	-
10.	Vas dodecagonal	92,2 ± 0,4 92,1 ± 0,4 92,4 ± 0,4	7,6 ± 0,4 7,4 ± 0,4 7,0 ± 0,4	0,2 ± 0,2 0,5 ± 0,4 0,6 ± 0,4
11.	Piatou	98,4 ± 0,2 98,1 ± 0,2	1,6 ± 0,1 1,9 ± 0,1	-
12.	Ciosca	95,9 ± 0,3 96,6 ± 0,3	3,7 ± 0,3 3,7 ± 0,3	0,4 ± 0,3 0,6 ± 0,3

TABELUL II

Concentrațiile elementelor analizate pentru piese din tezaurul de la Hinova.

Nr. ordine	Probă	Au (%)	Ag (%)	Cu (%)
1.	Mărgea bitronconică	88,9 ± 0,9	17,9 ± 0,9	1,2 ± 0,5
2.	Mărgea octaedrică (105/1)	82,0 ± 0,9	16,9 ± 0,9	1,1 ± 0,5
3.	" " (105/3)	75,8 ± 0,9	22,0 ± 0,9	2,2 ± 0,5
4.	" " (105/5)	83,4 ± 0,9	16,5 ± 0,8	0,1 ± 0,1
5.	" " (105/7)	84,0 ± 0,7	14,9 ± 0,7	0,3 ± 0,3
6.	" "	70,3 ± 0,9	27,8 ± 0,9	1,9 ± 0,5
7.	" "	81,0 ± 1,0	17,7 ± 0,9	1,3 ± 0,2
8.	" "	73,3 ± 1,0	26,7 ± 1,0	2,0 ± 0,2
9.	" "	70,0 ± 1,0	28,0 ± 1,0	2,0 ± 0,2

TABELUL III

Concentrația de Au și Ag în aurul nativ românesc

Nr. ord.	Originea	c _{Ag} (%)	c _{Au} (%)
1.	Aluvional - Valea Oltului	1,63 ± 0,2	98,2 ± 0,15
2.	Aluvional Valea Argesului	2,12 ± 0,2	97,8 ± 0,1
3.	Aluvional - Valea Pianului	≤ 0,5	99,6 ± 0,12
4.	Lamellar - Roșia Montană	33,19 ± 1	65,8 ± 0,65
5.	Lamellar - Bucium-Izbite	19,95 ± 1	79,1 ± 0,6
6.	Lamellar - Baia de Arieș	18,10 ± 1	81,8 ± 0,3
7.	Lamellar - Zlatna	28,10 ± 1	70,2 ± 0,6
8.	Cristalizat - Runcușel - Stânița	20,00 ± 0,9	98,0 ± 0,11
9.	Lamellar - Ruda-Brad	20,59 ± 0,8	79,1 ± 0,3
10.	Lamellar Valea Mării-Brad	31,39 ± 1	68,6 ± 0,4
11.	Cristalizat - Roșia Montană	12,51 ± 0,8	87,1 ± 0,3
12.	Cristalizat Brădișor-Brad	27,8 ± 1	71,0 ± 0,4
13.	Lamellar Musariu-Brad	33,22 ± 1	66,1 ± 0,4
14.	Lamellar Musariu-Brad	31,27 ± 1	68,4 ± 0,35
15.	Lamellar Musariu-Brad	14,00 ± 0,7	95,0 ± 0,1

Rezultatele experimentale. Tabelele 1 și 2 cuprind valorile concentrației de aur, argint și cupru pentru obiectele aparținând tezaurului de la Pietroasa (12 obiecte), respectiv pentru unele piese din tezaurul de la Hinova (8 obiecte).

Fig.2 reprezintă corelația concentrațiilor Ag-Cu din ambele tezaure investigate. Motivăm alegerea acestei reprezentări prin semnificația ei interpretativă. Concentrația de argint poate constitui o amprentă a aurului utilizat, care poate facilita definirea originii lui, în ipoteza folosirii aurului nativ sau a tehnicii de cupelare în extragerea aurului din minereu. În ceea ce privește cuprul, nivelul concentrației acestuia ar putea indica tehnologia procedeeelor de purificare, turnare și durificare a aurului.

Se observă că pentru tezaurul de la Pietroasa pot fi definite trei "clustore" de puncte în următoarele limite de concentrații:

I. ($0 < C_{Ag} < 4\%$, $0 < C_{Cu} < 2\%$)

II. ($5 < C_{Ag} < 8\%$, $0 < C_{Cu} < 2\%$)

III. ($9 < C_{Ag} < 10\%$, $2 < C_{Cu} < 6\%$)

Acestor grupe de concentrații le corespund următoarele obiecte:

I. Pateră II. Vas octogonal III. Anou

Pui (inv. 11432) Vas dodecagomil Colan simplu

Pui (inv. 11433) Colan ajurat

Fibulă mică Oenohoe

Colan cu înscris runic

Platou

Cloșcă

Piesele din tezaurul de la Hinova au concentrația de cupru sub valoarea de 2%, iar concentrația de argint este sistematic superioară celei existente în tezaurul de la Pietroasa ($14\% \lesssim C_{Ag} \lesssim 30\%$).

Prin metoda AAN "streak" au fost analizate 15 eșantioane de aur nativ românesc, puse cu amabilitate la dispoziția cercetării de către Muzeul Aurului din Brad. Sinteză rezultatelor obținute asupra concentrațiilor de aur și argint este cuprinsă în Tabelul 3. Se observă o marcată distincție între aurul aluvionar ($C_{Ag} \lesssim 2\%$) și cel montan (lamellar și cristalizat) caracterizat printr-o mare dispersie a concentrațiilor de argint ($C_{Ag} = 14 + 33\%$). Fig.3 compară concentrațiile de argint ale pieselor din cele două tezaure cu valorile proprii celor 15 eșantioane de aur nativ. Ea ar putea sugera, în primă aproximație, compatibilitatea tezaurului de la Hinova cu aurul nativ montan românesc, în timp ce "Cloșcă cu pui de aur" este apropiată de concentrațiile aurului aluvionar (A).

ACESTE rezultate preliminare constituie un început care va trebui extins prin analiza prin activare cu neutrini "clasică" a probelor în volum.

Stabilirea unor interpretări cu semnificație arheologică a datelor

prezentate necesită un context general al tuturor informațiilor asupra acestor tezauri și se impune numai în măsura completitudinii acestora.

BIBLIOGRAFIE

1. D.F.Gibbons, K.C.Ruhl, L.S.Staikoff, în "Archaeological chemistry", 1938, (1974), 11.
2. D.Brooks et al., în "Archaeological chemistry", 138, (1974), 48.
3. W.T.Chase, în "Archaeological chemistry", 138, (1974), 148.
4. P.Meyers, L.Van Teltst, E.V.Sayre, în "Archaeological chemistry", 138, (1974), 22.
5. L.H.Cope, Meth. of Chem. and Metallurgical Investigation of Ancient Coinage, London, 1972, p.261.
6. A.A.Gordus, J.P.Gordus, în "Archaeological chemistry", 138, (1974), 124.
7. C.Beșliu, V.Cojocaru, M.Constantinescu, V.Grecu, M.Ivașcu, E.Marincu, V.Mateiciuc, S.Spiridon, P.Stancu, C.Știrbu, Preprint, ICEFIZ, NP-23 - 1982, București.
8. A.A.Gordus, în Royal Num.Soc.Spec.Publ., 8, (1972), 127.

L'ANALYSE DE LA COMPOSITION DES PIÈCES EN OR DU TRÉSOR NATIONAL PAR DES MÉTHODES NUCLÉAIRES.

Résumé

Récemment, dans la pratique des recherches archéologiques et historiques ont été introduites les analyses faites par des méthodes nucléaires. À cause de leur caractère indétructif, des possibilités d'identification pour un grand nombre de microéléments et grâce à leur précision et grande économie, ces méthodes deviennent de plus en plus indispensables pour les spécialistes. L'exposé constitue ainsi un compte rendu des possibilités d'adaptation des méthodes FRX et AAN (la variante streak) pour l'étude des trésors roumains en or et des premières conclusions qui ont été obtenues en fonction des résultats.