

## **Raport stiintific**

### ***privind implementarea proiectului PN-II-ID-PCE-2011-3-0078 „Studii de arheometalurgie pe Aurul si Argintul Dacic folosind metode performante de spectrometrie de raze X” in perioada octombrie – decembrie 2011***

Desi arheometria – aplicarea metodelor stiintelor exacte in studiul artefactelor arheologice – a inceput sa fie considerata ca o stiinta separata dupa cel de-al Doilea Razboi Mondial, analize arheometrice s-au facut inca din partea a doua a secolului XIX folosind metodele distructive ale chimiei. Astfel, celebrul numismat Robert Forrer in “Keltische Numismatik der Rhein- und Donaulande” – Strassburg 1908, mentioneaza o analiza a unor monede de tip celtic gasite in 1869 la Petelea (Transilvania), care au aratat ca era vorba de o aliere intentionata a argintului cu bronzul: Ag 33.82%, Cu 54.42%, Sn 9.40%, Au 0.28% (de remarcat precizia deosebita a analizei chimice). La sfârșitul secolului al XIX-lea, vienezul Max Kirmis a publicat în „Handbuch der Polnischen Münzkunde” titlurile groșilor de argint polonezi dintre 1300 și 1500 cu o precizie de o miime (în 1300 groșul avea 938 părți de argint la mie – 93.8%, iar în 1502 coborâse la 375 părți la mie – 37.5%). Aceste informații au fost folosite de Nicolae Docan în prezentarea monedelor lui Petru Mușat făcută în „Notiță despre monetele lui Petru Mușat”, în Analele Academiei Române, seria II, 30, Memoriile Secției Istorice, 1907. Prima analiza compozitionala a unor artefacte arheologice in Romania s-a facut la cererea profesorului Ioan Andrieșescu in 1912 la Universitatea din Iasi pe cateva piese de bronz din tezaurul de la Sinaia (Epoca Bronzului) si au fost publicate de renumitul preistorician roman in „Asupra epocii de bronz in Romania: 1. Un depou de bronz la Sinaia 2. Obiectul de bronz de la Sinaia” – Buletinul Comisiunii Monumentelor Istorice, Bucuresti 1915, p. 154. Cel care a efectuat analizele a fost Dr. Ing. Cristea Niculescu-Otin, Directorul Sectiei de Chimie Aplicata (precursoarea catedrei de chimie industrială). In paralel Niculescu-Otin si-a publicat rezultatele intr-o broșura intitulata „ Contributiuni la metalurgia antica a cuprului in țerile locuite azi de romani, editura Socec-C. Sfetea, 1913. Interesanta este intuitia chimistului care a concluzionat ca „amprenta” cuprului transilvan este argintul (lucru confirmat ulterior de geologi, caci argintul si stibiul insotesc intotdeauna cuprul in districtul metalogenic Baia Mare). Urmeaza deci ca in 2012 vom aniversa 100 de ani de la primele masuratori arheometrice romanesti, iar in 2013 centenarul aparitiei primei publicatii de arheometrie din Romania. Dupa Primul Razboi Mondial, in 1925, tot Ioan Andrieșescu solicita o analiza compozitionala pe cateva seceri de bronz din tezaurul de la Drajna de Jos conferentiarului universitar Dr. Ing. Ion Butescu de la Institutul de Chimie Industriala al Universitatii Bucuresti. Butescu publica analizele in Annales de Mines, Paris, ed. Dunod, in 1928, fiind vorba de prima lucrare stiintifica de arheometrie romaneasca publicata intr-o revista internationala de prestigiu. In 1945, dupa disparitia profesorului Andrieșescu, fostul sau asistent Ion Nestor reia analizele si le publica si in Romania in „Analyses chimiques de quelques bronzes prehistoriques de Drajna de Jos”, revista Dacia nr. 9-10, 1945.

Cea mai veche analiza a unui obiect de aur dacic a fost publicata în 1889 de catre G. Tégylás. Este vorba de investigarea bratarii de la Totești (com. Totești, jud. Hunedoara), care reprezinta versiunea în aur a bratarilor de argint simple, decorate cu capete de serpi foarte stilizate. Conform informatiilor transmise de G. Tégylás bratara de la Totești fusese lucrata dintr-un aliaj care continea Au: 736 ‰ si Ag: 259 ‰. Foarte probabil ca elementul care reprezenta restul de 5 ‰ din aliajul bratarii, a carui identitate precisa nu a fost mentionata de catre arheologul transilvanean, era, în fapt, cuprul. Având în vedere faptul ca G. Tégylás mentioneaza atât concentratia aurului, cât si pe cea a argintului consideram ca el s-a bazat pe

rezultatul unor analize chimice ale unui esantion luat din bratara si nu pe estimari realizate cu ajutorul pietrei bijutierului. Din pacate, datele comunicate de Téglás au ramas neobservate de catre arheologii care au studiat problema prelucrării aurului de catre daci în perioada clasica de dezvoltare a culturii lor, chiar daca ele au fost citate si într-o nota de subsol de catre D. Popescu, într-un studiu de-al sau, înca esential pentru orice studiu asupra metalurgiei aurului în Transilvania din epoca bronzului pâna în cea de a doua epoca a fierului.

Avem extrem de putine date privind analizele efectuate asupra pieselor din argint din perioada dacica înainte de anii 1960, cu toate ca astfel de operatiuni s-au efectuat se pare deja în secolul al XIX-lea. Cea mai veche informatie despre astfel de investigatii pe care am reusit sa o depistam în literatura de specialitate o datoram pionierului arheologiei românești – Cezar Bolliac. Într-un articol publicat în 1871, el afirma ca monedele dacice contin pe lânga argint si cupru, aur si plumb. Ori, o asemenea constatare nu putea fi decât rezultatul accesului la informatiile oferite de analize chimice foarte precise. Prezenta aurului si plumbului, alaturi de argint si cupru în monedele si obiectele de „argint” dacice constituie un fapt confirmat numai de investigatiile contemporane realizate prin metodele spectrografiei, fluorescenței de raze X si activării cu neutroni. O alta informatie asupra compozitiei unui obiect de argint dacic a fost publicata în 1886 de catre Fr. Rómer. Descriind un lanț din tezaurul descoperit în 1874 la Cerbal (com. Cerbal, jud. Hunedoara), autorul afirma ca acesta a fost lucrat dintr-un argint cu titlul de 930‰. Având în vedere faptul ca Rómer nu prezinta decât concentratia argintului, fara sa mentioneze prezenta cuprului, aurului sau plumbului, este posibil, ca aceasta valoarea sa fi fost stabilita prin metoda pietrei gravurului. Cu toate acestea, valoarea foarte ridicata a concentrației în argint a lanțului dacic de la Cerbal nu trebuie sa ne mire, asemenea titluri înalte fiind confirmate pentru numeroase obiecte din secolele II a. C. – I p. C., masurate de prof. E. Stoicovici, dr. V. Cojocaru sau de catre membrii echipei noastre. Ca si în cazul de obiectelor de aur dacice, rezultatul investigatiilor asupra compozitiei pieselor de argint datate în secolele II a. C.-I p. C. publicate de catre Bolliac sau Rómer, nu au fost utilizate de arheologii din secolele XIX-XX care au studiat arta metalului alb sau originea materiei prime care a stat la baza înfloritorului mestesug al bijutierilor daci. În ciuda acestui fapt, G. Téglás, V. Pârvan, D. Popescu si C. Preda au considerat ca materia prima folosita pentru producerea lor provenea din monede grecesti si romane topite, în timp ce multi alti specialisti care s-au ocupat cu aceste probleme, au fost, sau mai sunt înca, de parere ca argintaria dacica s-a dezvoltat pe baza prelucrării metalului provenit din surse locale.

Pâna recent, singurele analize privind compozitia argintariei thraco-getice si dacice au fost publicate în anii 1960-1970 de catre prof. E. Stoicovici si colaboratorii sai de la Universitatea Babes-Bolyai din Cluj. Ele au avut în vedere un numar foarte redus de piese datând din secolele IV-I a. C. descoperite în Dobrogea, Muntenia si Transilvania. Investigatiile efectuate de Stoicovici au fost realizate prin metodele spectrografiei clasice. Prof. Stoicovici a publicat (mai mult sau mai putin complet) rezultatele analizelor asupra 28 de piese de argint din tezaurile de la Agighiol, Sâncraieni, Surcea, Bistrița, Sarmasag, Sacalasu, Cojocna, Stancuța si Balanești, precum si din localitati neprecizate din Transilvania. Pe lânga acestea, autorul a analizat si numeroase monede geto-dacice, grecesti si romane. Din pacate, nu s-au dat mereu datele de identificare precisa a pieselor analizate, astfel ca nu putem compara rezultatele obtinute de echipa clujeana, cu cele la care am ajuns noi, masurând obiecte din aceleasi descoperiri. Analizele efectuate de Stoicovici au aratat ca 46,4% din piesele geto-dacice si dacice investigate fusesera lucrate dintr-un aliaj foarte bogat în argint, care continea între 938 si 979,2‰, 28,57% contineau între 814 si 915‰ argint, 10,7% contineau între 668 si 744‰ argint si numai 7,1% fusesera lucrate dintr-un aliaj cu un continut redus de metal alb, variind între 525 si 548%. Analizele publicate de catre Stoicovici si colaboratorii sai au pus în evidenta prezenta aurului si plumbului în majoritatea pieselor supuse investigatiilor. Rezultatele

studiilor efectuate de echipa de la Cluj-Napoca asupra pieselor arheologice si monedelor geto-dacice din argint sunt, în mare masura, corecte, fiind confirmate de cercetarile ulterioare, dar concluziile istorice avansate sunt fara îndoiala eronate. În ciuda faptului ca analizele monedelor grecesti si romane, precum si ale obiectelor de argint dacice indicau ca acestea prezentau atât concentratii asemanatoare de argint si cupru, dar si aceleasi elemente-urma (Au, Pb, Bi), Stoicovici si colaboratorii sai considerau ca argintaria dacica a fost produsa din metal local, extras din Transilvania.

Perioada contemporana a arheometriei romanesti este inasa legata de cercetatorii de pe platforma Magurele a Institutului de Fizica Atomica, incepand cu anii 1980. Atunci au inceput investigatiile de calitate recunoscute international folosind metodele avansate ale fizicii atomice si nucleare: activarea cu neutroni la Reactorul IFIN-HH, activarea cu protoni la Ciclotronul IFIN-HH si, mai ales, analiza elementala prin metoda razelor X caracteristice excitate prin bombardare cu protoni la acceleratorul TANDEM al IFIN-HH. Deasemenea, s-a inceput pe scara larga folosirea Fluorescentei de Raze X mai ales cu aparatura portabila in studiul artefactelor muzeale, deseori chiar „in-situ” adica direct in muzeu. Printre pionierii arheometriei romanesti contemporane ii mentionam pe fizicienii Vasile Morariu, Calin Besliu, Valeriu Zoran, Liviu Daraban, Viorel Cojocaru, chimistul Petre T. Frangopol, matematicianul Florin Stanescu, arheologii Gheorghe Lazarovici, Ernest-Oberlaender Tarnoveanu, Radu Florescu, Zoia Maxim. Lucrari reprezentative pentru subiectul proiectului nostru au fost, in anii 80, analiza prin metodele PIXE, XRF, NAA a unor monede de aur romane si bizantine din colectzia Muzeului National de Istorie a Romaniei si analiza unor denari romani de argint din colectzia Muzeului Național de Istorie a Transilvaniei. Detalii despre aceasta perioada se gasesc in cele doua volume de arheometrie editate de V. V. Morariu si P.T. Frangopol sub egida Institutului de Fizica Atomica in 1989 si 1990.

O noua etapa, calitativ superioara, a inceput in 2005 prin constituirea unui grup interdisciplinar de arheometalurgie (studierea artefactelor din aur, argint, bronz si cupru) alcatuit din fizicienii de la Institutul de Fizica si Inginerie Nucleara Horia Hulubei si arheologii-numismatii de la Muzeul National de Istorie a Romaniei, Institutul de Arheologie „Vasile Parvan” al Academiei Romane, Facultatea de Istorie a Universitatii Bucuresti, Muzeul National de Istorie a Transilvaniei. In cadrul proiectelor finantate de Autoritatea Nationala pentru Cercetarea Stiintifica ARHEOMET (2005-2008) si ROMARCHAEOMET (2007-2010) s-a inceput un studiu sistematic al artefactelor prioritar de aur si argint din cele mai importante muzee romanesti (MNIR, MNIT, Muzeul Brukenthal, Muzeul Civilizatiei Romane de la Deva, Muzeul Unirii de la Alba Iulia, Muzeul Tarii Crisurilor Oradea, Muzeul National de Arheologie Constanta, Muzeul de la Piatra Neamt, etc.). Dintre lucrarile publicate mentionam:

Analize de drahme si tetradrahme grecesti gasite pe teritoriul Romaniei, cu accent deosebit pe falsurile de epoca (argintari, placari peste miez de bronz sau cupru, acoperiri cu staniu, etc.):

PIXE and XRF archaeometrical studies on Greek and Roman silver coins, R. Bugoi, B. Constantinescu, F. Constantin, D. Catana, D. Plostinaru, A. Sasianu, Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 242, No. 3 (1999), pp. 777-781.

Characterization of Dyrrachium Silver Coins by Micro PIXE Method - I. Uzonyi, R. Bugoi, A. Sasianu, A. Z. Kiss, B. Constantinescu, M. Torbagyi, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 161-163 (2000), pp. 748-752.

Adulterations in First Century B. C.: the Case of Greek Silver Drachmae Analysed by X-Ray Methods, Bogdan Constantinescu, Alexandru Sășianu, Roxana Bugoi, Spectrochimica Acta, part B: Atomic Spectroscopy, special ICXOM volume no. 58/4, (2003), pp. 755-761.

Analiza provenientei aurului folosit la obiectele tezaurului Pietroasa:

Micro-PIXE study of gold archaeological objects, R. Bugoi, V. Cojocaru, B. Constantinescu, F. Constantin, D. Grambole, F. Herrmann, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, vol. 257, no. 2 (2003), pp. 375-383.

Romanian ancient gold objects provenance studies using micro-beam methods: The case of "Pietroasa" hoard, B. Constantinescu, R. Bugoi, V. Cojocaru, D. Grambole, V. Herrmann, D. Ceccato, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 231 (2005) pp. 541-545.

Analiza provenientei aurului folosit la producerea staterilor dacici de tip Koson:

EDXRF and PAA analyses of Dacian gold coins of "koson" type - V. Cojocaru, B. Constantinescu, I. Stefanescu and C.M. Petolescu, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, Vol. 246, No. 1 (2000), pp. 185-190.

A. Vilcu, B. Constantinescu, R. Bugoi, C. Pauna, Some considerations on Dacian gold coins of Koson type in the light of compositional analyses, *Revue Numismatique*, vol.166, (2010), pp. 295-308.

Analiza provenientei aurului folosit la producerea celebrelor bratari dacice spiralate recuperate de autoritati de pe piata neagra internationala a antichitatilor in perioada 2006-2011:

B. Constantinescu, E. Oberländer-Târnoveanu, R. Bugoi, V. Cojocaru, M. Radtke, *The Sarmizegetusa Bracelets*, *Antiquity Journal*, London, Volume 84, Issue 326, (2010), pp. 1028-1042.

B. Constantinescu, A. Vasilescu, M. Radtke, U. Reinholz, A study on gold and copper provenance for Romanian prehistoric objects using micro-SR-XRF, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 26, (2011), pp. 917-921.

B. Constantinescu, R. Bugoi, V. Cojocaru, R. Simon, D. Grambole, F. Munnik, E. Oberländer-Târnoveanu, Elemental analysis through X-ray techniques applied in archaeological gold authentication – the case of Transylvanian gold and of the Dacian bracelets, *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, Vol. 64(11), (2009), pp. 1198-1203.

Dintre publicatiile straine privind analizele unor artefacte de aur si argint din zona apropiata Romaniei mentionam:

Analiza aurului unor obiecte miceniene din muzeele grecesti, demonstrand trecerea de la utilizarea aurului nativ (mai ales aluvionar) la aliajul aur-argint-cupru si asemanari interesante cu descoperiri romanesti din Muntenia – de exemplu Tezaurul de la Persinari, alcatuit din electrum antropoc si argint aurifer natural din regiunea Anatolia-Caucaz:

A. G. Karydas, Application of a portable XRF spectrometer for the non-invasive analysis of museum metal artefacts from Benaki Museum, *Annali di Chimica* (2007) Volume: 97, Issue: 7, pp. 419-432.

T. Pantazis, A.G. Karydas, Chr. Doumas, A. Vlachopoulos, P. Nomikos, M. Dinsmore, "X-Ray Fluorescence Analysis of a Gold Ibex and other Artifacts from Akrotiri," Presented at the 9th International Aegean Conference: Metron, Measuring the Aegean Bronze Age at Yale University, April 18-21, 2002. Published in *Aegaeum* 24 (2003).

Obiecte de aur tracice si proto-tracice au fost analizate de colegii bulgari, artefactele neolitice din faimosul Tezaur de la Varna dovedindu-se similare in compozitie cu artefacte din Cultura Gumelnița din muzeele noastre:

Ivelin Kuleff, Totko Stoyanov, Milena Tonkova, Gold Thracian appliques: authentic or fake? Appliqués thraces en or : authentiques ou faux? ARCHEOSCIENCES – Revue d'Archeometrie, Paris, vol 33. (2009), pp. 365-374.

Kuleff, I. Archeometric investigation of gold in the Chalcolithic necropolis of Varna (5th millennium BC) – Advances in Bulgarian Science, 2, (2009), pp.16-22.

Argint tracic (toreutica) a fost masurat de Sophie Stos pe artefacte din Muzeul Ashmolean din Oxford aratand pantru vasele de cult o puritate foarte mare a argintului (98-99.5%), similar cu, de exemplu, rezultatele noastre pe falerele din Tezaurul de la Lupu, explicatia fiind deosebita atentie acordata de traci obiectelor de cult.

Cat priveste monetaria celtica de argint, metionam lucrarile unui grup francez condus de I. Brissaud de la Institutul de Fizica Nucleara din Orsay care folosind metodele PIXE si SR-XRF a aratat preferinta pentru alierea cu staniu a celtilor (explicabila prin lipsa zacamintelor bogate in argint si prin prezenta abundenta a staniului), procedeul gasit si de noi in multe monede de tip celtic atribuite geto-dacilor.

In ce priveste analizele dinarilor romani se cuvine pomenit studiul britanicului Kris Lockyear pe monede republicane din tezaure romanesti facut insa pe mostre extrase din monede ceea ce a daunat aspectului lor, procedeul nemaifiind permis astazi in nici un muzeu care se respecta din lume.

Proiectul nostru intentioneaza sa abordeze sistematic analiza cat mai completa a artefactelor dacice de aur si argint (podoabe, monede, toreutica), incadrandu-le atat in context temporal -comparatie cu artefactele similare incepand din Neolitic si Epoca Bronzului gasite pe teritoriul Romaniei, cat si in context spatial - comparatie cu artefacte similare celtice, romane si elenistice atat din muzeele romanesti cat si din colectii straine, publicate in literatura de specialitate.

In aceasta perioada, am elaborat lucrarea "ARCHAEO-METALLURGICAL CHARACTERIZATION OF ANCIENT GOLD ARTIFACTS FROM ROMANIAN MUSEUMS USING XRF, MICRO-PIXE AND MICRO-SR-XRF METHODS", autori: Bogdan Constantinescu, Daniela Cristea-Stan, Angela Vasilescu, Rolf Simon (Institute for Synchrotron Radiation, Forschungszentrum Karlsruhe, Germany) si Daniele Cecatto (Università di Padova, Dip. di Fisica "G. Galilei" and INFN, Laboratori Nazionali di Legnaro, Italy) care va fi publicata in revista "Proceedings of the Romanian Academy A", Nr. 1/2012.

07.12.2011

Director proiect,

Dr. Bogdan Constantinescu