

METODE MODERNE DE DATARE A OSEMINTELOR ARHEOLOGICE

*Cristiana Manea (Amariei), doctorand
Ion Sandu, Prof. univ. dr., Universitatea „A. I. Cuza” din Iași,
Platorma de Formare și Cercetare Interdisciplinară în Arheologie - ARHEOINVEST,
Laboratorul de Investigare Științifică și Conservare a Bunurilor de Patrimoniu
Cultural, Blvd. Carol I, nr. 22, Corp G – Demisol, 700506 Iași, Romania
Vasile Sîrbu, Lector dr., Universitatea „A. I. Cuza” din Iași, Facultatea de
Biologie*

Abstract: *As time passes by, the field of scientific research in archaeometry that used to be limited to the quantitative characterisation of archaeological material through the use of physical and chemical methods, microbiological, genetic, etc. has imposed new complex methods such as: geo-radar techniques, LIDAR, 3D scanner and GPS, acquiring a series of new subdomains of processing such as prospection, dating and analysing the provenience. At the same time, the applicability in domains related to natural science was developed, such as: archaeozoology, archaeobotanics, anthropometry, forensics, land register, while alongside were developed important imagistic and restoration techniques. At the present time numerous methods of absolute and relative dating are known. The present study represents a review, that presents the modern dating methods used in the field of forensics, and more: the method of radioactive carbon, the potassium-argon method, the method of dating by thermoluminescence, the method that uses the determination of rare elements in the bones and the evaluation of certain chemometric markers with archaeometrical value.*

1. Aspecte generale. Evoluția antropometriei în Romania

Arheometria este o știință interdisciplinară apărută la sfârșitul secolului al XIX-lea și devenită știință de sine stătătoare în preajma anului 1950. Ea poate fi definită prin utilizarea științelor exacte – matematica, chimia, biologia, geologia și fizica, în studii de arheologie și istoria artei. În prezent, aceasta dispune de tehnici și metode moderne menite să dea răspunsuri exacte la întrebări importante ce apar în momentul unei descoperiri arheologice - artefacte, rămășițe umane etc, conducând la reconstituirea istoriei sau unei serii de evenimente din trecut [1].

Termenul de arheometrie, a fost introdus în limba engleză de către profesorul de arheologie Christofor Hawkes, inițiatorul laboratorului *Research Laboratory for Archaeology and History of Art* din cadrul Universității de la Oxford [2].

Pe teritoriul țării noastre, primele studii antropologice, paleozoologice, petrografice, metalografice, care au stat la baza dezvoltării cercetărilor în domeniul arheometriei datează din anii 1970 [3]. Prima revistă în domeniul arheometriei, a căror numere apar și în prezent, datează din anul 1958 și a fost denumită *Bulletin of the Research Laboratory for Archaeology and the History of Art*. Prima manifestare științifică a apărut câțiva ani mai târziu și a fost intitulată *Symposium on Archaeometry and Archaeological Prospection*. Pe teritoriul țării noastre, prima manifestare științifică din domeniu a fost în anul 1987 la Cluj Napoca, urmată de un nou volum de publicații în anul 1990 [2].

Științele naturale au pus la dispoziția arheologiei numeroase metode de datare relativă și absolută, printre care amintim: metoda valvelor, metoda dendrocronologică, metoda termoluminișcenței, metoda potasiu - argon, metoda fluorologică, metoda carbonului radioactiv, metoda determinării elementelor rare din oase. Toate aceste metode sunt folosite atât împreună, cât și separat, pentru corectarea și verificarea datelor, mai ales în studii criminalistice sau de preistorie unde nu mai avem alte posibilități de datare.

Metodele de datare se impart în doua mari categorii, fiecare având mai multe subgrupe. Menționăm astfel :

- datarea relativă care se realizează prin metoda stratigrafică, metoda tipologică, metoda comparativa, metoda cartografică sau metoda valvelor

și

- datarea absolută care se realizează prin metoda radiocarbonului, metoda datării prin termoluminișcență, metoda dendrocronologică, metoda palinologică, metoda potasiu-argon 40, metoda arheomagnetice, metoda determinării fluorului din oase și metoda hidratării obsidianului.

În continuare vor fi descrise din punct de vedere teoretic, două dintre metode: metoda carbonului radioactiv și metoda determinării elementelor rare din oase, din punct de vedere al principiului de funcționare și aplicabilității.

2. Metoda carbonului radioactiv. Definierea conceptului și aplicabilitate

Datarea cu Carbon radioactiv reprezintă o datare radiometrică/antropometrică care folosește în mod natural radioizotopi de Carbon-14 pentru a estima vârsta carbonului existent în componența unor materiale organice. Tehnica de datare cu ^{14}C permite determinarea unor vârste de până la 55.000-60.000 ani a materialelor care conțin carbon organic, fiind probabil cea mai cunoscută tehnică de datare bazată pe dezintegrarea radioactivă. Aceasta este folosită cel mai adesea pentru datarea lemnului, turbei, oaselor, pielii, veșmintelor, semințelor carbonizate, a solului, cochiliilor, depozitelor de carbonat de calciu din apă dar și a ceramicii și fierului [4].

Izotopul Carbon -14 a fost descoperit în 27 februarie 1940 de către Martin Kamen și Sam Ruben în cadrul laboratorului Universității din California la Berkeley, existența lui fiind înainte sugerată și de către Frantz Kurie în anul 1934 [5].

Anul 1949 este de asemenea marcat de către profesorul doctor William F.Libby, chimist al Universității din Chicago, care în urma unor studii riguroase, emite o teorie care duce știința către o treaptă nouă a cunoașterii. Acesta a teoretizat datarea obiectelor antice prin folosirea metodei cu radiocarbon, care stă și astăzi la baza arheologiei, paleontologiei, antropologiei și tuturor celorlalte științe care se ocupă cu deșcifrarea unor evenimente petrecute în trecut [6]. Meritul îi este recunoscut cercetătorului la vârsta de 50 de ani, la 11 ani după descoperirea propriu-zisă primind Premiul Nobel pentru Chimie. Succesul i s-a datorat datării cu carbon radioactiv a unei bucați de lemn dintr-o barjă egipteană, a cărei vârstă era cunoscută doar prin menționarea în documentele istorice [5].

Primele datări cu radiocarbon pentru neo-eneoliticul din România, au fost

obținute în laboratoare din Europa occidentală. Cea mai mare parte dintre eșantioanele analizate proveneau din săpăturile lui Vladimir Dumitrescu, din stațiunile Căscioarele și Gumelnița [1].

Încă de la începutul datării cu ajutorul carbonului radioactiv, oasele s-au dovedit a fi un material cu care este greu de lucrat. Extragerea colagenului a început să se efectueze începând cu anii 1970 (Longin, 1971), iar datarea carbonului „vraf” constituia norma, acesta generând de multe ori vârste mici. Destul de rapid, oamenii de știință au realizat că oasele fosilizate puteau fi contaminate cu calcit secundar și au început să îl înlăture (7).

Pentru fiecare dintre materialele cu conținut de carbon, ce urmează a fi date, cantitățile necesare sunt următoarele: cărbune și lemn 25 gr.; semințe, iarbă, hârtie, etc 25 gr.; resturi organice amestecate cu pământ 50-300 gr.; fildeș 50 gr.; oase 300 gr.; scoici 100 gr.; ceramică și fier 2-5 kg [5].

În ultimii ani, analiza folosind carbon radioactiv s-a dezvoltat ca o unealtă utilă în determinarea timpului scurs de la deces în cazul rămășițelor umane studiate în criminalistică. În aplicarea tradițională, gradul de descompunere a izotopului carbon 14 se măsoară ținând cont de timpul de înjumătățire de 5730 ani. Dacă se descoperă o astfel de descompunere, rezultatele sunt înregistrate ca ani înainte de momentul prezent (1950 E.N.) și pot dovedi că rămășițele au origini antice și nu fac obiectul criminalisticii moderne. Această abordare a fost adesea utilizată în investigații arheologice, începând cu mijlocul secolului al XX-lea, pentru a stabili vârsta a nenumărate mostre (8).

În analiza cu carbon radioactiv, dacă valorile indică origini moderne înseamnă că rămășițele nu sunt antice și prezintă interes din punct de vedere criminalistic. Laboratoarele care utilizează carbon radioactiv semnalează valori moderne raportat la procentul de carbon modern (pMC), unde procentajul de 100% reprezintă valori pentru anul 1950. Valorile mai mari de 100% sunt corelate cu perioada modernă [9].

Într-o variantă modernă (*Accelerator Mass Spectrometry = AMS*), datarea cu ^{14}C folosește un spectrometru de masă cu ajutorul caruia se realizează numărarea directă a atomilor de radiocarbon, fără să se mai aștepte dezintegrarea lor. Avantajele acestei tehnici constau în faptul că este necesară o cantitate mult mai mică de probă (sunt suficiente 1-15 mg de carbon) iar precizia este mult mai bună decât în tehnica clasică (dacă pentru 5.000 de ani, datați convențional prin ^{14}C se obține o eroare de 150 de ani, prin noua tehnică spectrometrică eroarea se reduce la 10 ani, utilizarea acestui aparat aducând o îmbunătățire majoră tehnicii clasice) [10].

Atunci când se analizează rămășițe umane sub formă de schelete, analiza cu carbon radioactiv a oaselor este esențială. Cercetările au demonstrat că remodelarea oaselor este mai rapidă în osul trabecular, în zonele cu măduva roșie, decât în osul cortical. Valorile remodelării care variază, permit analizei cu izotopul carbon 14 a mostrelor acestor oase, să determine de care parte a vârfului graficului se situează. În esență, dacă se descoperă valori mai ridicate în osul trabecular, valorile se raportează la perioada de creștere. Dacă se descoperă valori scăzute în osul trabecular, valorile se raportează la perioada de descreștere a graficului [11, 12].

De asemenea, cercetările au demonstrat că vârsta în momentul decesului constituie un factor important în analiza valorilor carbonului radioactiv din oase. În cazul persoanelor imature și al adulților foarte tineri, remodelarea este minimă și rapidă, și produce valori tisulare relativ apropiate valorilor din dietă/atmosferă [13]. Totuși, la vârsta adultă înaintată, ritmul remodelării încetinește producând o „*periodă de decalaj*” între valorile carbonului radioactiv din țesuturile osoase și cele din dietă și atmosferă. O dată cu înaintarea în vârstă, factorul reciclant devine important, deoarece prin acesta, o dată cu remodelarea osului, carbonul radioactiv din structura scheletică anterioară se integrează în noua formație osoasă.

Cercetările publicate au demonstrat rolul important al vârstei la momentul decesului în ceea ce privește perioada de decalaj în valorile carbonului radioactiv, însă măsura și natura factorului nu au fost stabilite clar [8].

3. Metoda determinării elementelor rare din oase. Tipuri de elemente. Principiul metodei

Este alcătuită dintr-o serie de procedee precum: determinarea fluorului (metoda fluorologică), determinarea uraniului, determinarea azotului.

3.1. Metoda fluorologică

Această metodă a fost utilizată începând cu secolul XIX, principiul care stă la baza acesteia fiind bazat pe analiza cantității fluorului depus pe oase și dinți, luat din apă [14]. În natură fluorul se găsește sub formă de fluoruri, iar în oase sub formă de hidroxiapatita. Testul fluorului datează oasele descoperite în așezări. În osemintele recente, procentul de fluor este în cantități mici, care cresc odată cu vîrsta oaselor, până la saturare [5].

Limitele metodei sunt date de unele condiții geografice, care diferă de la o zonă la alta. Pot exista deosebiri în: oasele găsite în terenurile silicoase sau vulcanice, oasele din regiunile tropicale (unde mineralizarea este rapidă și neregulată), oasele calcinate sau pentru cele mai recente de 10.000 de ani [15]. Toate tipurile de oase menționate anterior reduc câmpul de utilizare a metodei.

3.2. Metoda determinării uraniului

În timp, nitrogenul din oasele care sunt îngropate începe să dispară, osul începând să absoarbă gradual fluor și uraniu. Măsurând aceste două elemente, se poate constata dacă un grup de oseminte este contemporan sau aparține unei perioade ce face obiectul arheologiei [16]. Această metodă cât și cea prezentată anterior, au fost utilizate la începutul anilor 1950, într-un caz denumit *frauda Piltdown*, care avea să demaște o așa zisă verigă lipsă între oameni și primat găsită în Sussex în anul 1912. Datarea chimică, prin metoda determinării fluorului și uraniului, a dovedit că totul a fost o păcăleală și că acel craniu șlefuit aparținea unui urangutan modern [17].

Fragmentele de oase conțin o cantitate mică de uraniu. Familia izotopică a acestuia este foarte mare, acești izotopi fiind absorbiți de către organismele vii, de

către plante, ape subterane și sol. Oasele sunt păstrate în medii calcaroase sau argiloase. Izotopii de uraniu se păstrează doar în mediile silicioase, cantitatea acumulată ca urmare a șederii în sol, putând fi măsurată.

3.3. Metoda determinării azotului

Principiul care stă la bază acestei metode este bazat pe prezența azotului din proteine sub formă de collagen în oasele vechi. Această prezență este condiționată de o serie de factori cum ar fi: solul din care provine proba, factorii bacteriologici, fizici sau chimici care au facilitat absorbția azotului de către oase. Cantitatea normală de azot regăsită în oase este de 4-5 %, aceasta scăzând cu viteză uniform, în funcție de vârstă. Metoda este utilizată cu succes pentru oasele descoperite în terenurile argiloase sau calcaroase [18].

4. Studiu de caz

În continuarea articolului vor fi prezentate date ce aparțin unui studiu recent, din anul 2015 ce vizează impactul vârstei la deces asupra timpului de înjumătățire a valorilor radiocarbonului în oasele umane, studiu regăsit în publicația *Forensic Science International*.

Testarea atmosferică a dispozitivelor termonucleare între 1950 și 1963 au eliberat cantități relativ similare de carbon 14 artificial. Aceste niveluri ridicate de carbon radioactiv, au fost ulterior încorporate în țesuturile tuturor organismelor vii prin intermediul lanțurilor trofice.

Ca urmare a încetării testelor termonucleare majore la începutul anilor 1960, nivelurile de carbon radioactiv în atmosferă au atins apogeul în 1963, după care au început să scadă. Valorile publicate în anul 2004 indică faptul că scăderea nu a fost suficient de mare pentru a se ajunge la nivelurile înregistrate în anul 1950. Astfel, descoperirea unor niveluri ridicate de carbon radioactiv în țesuturile umane indică faptul că decesul a survenit după 1950.

Trebuie remarcat faptul că variația nivelurilor de carbon radioactiv în atmosferă a fost mai mare în perioada de creștere a acestora decât în perioada de scădere. Acest lucru reflectă tendința temporală a valorilor atmosferice de a deveni mai omogene la nivel global datorită curenților de aer și a factorilor asociați acestora. Deși variațiile de mediu la nivel global sunt relativ mici în perioada de vârf, când se făceau experimente cu bombe, bunele practici recomandă utilizarea valorilor corespunzătoare latitudinii la care a fost descoperit individul analizat.

Dacă se găsesc valori ridicate în analiza rămășițelor umane, provocarea este de a determina de care parte a apogeului asociat perioadei experimentării cu bombe se situează acestea și de a evalua relația acestora cu momentul decesului. Dacă valorile corespund valorilor atmosferice din 1963, acestea pot indica formarea țesuturilor la data respectivă. Totuși, toate celelalte valori moderne se pot raporta fie la perioada de creștere de până la vârful din 1963, fie la un moment din perioada de descreștere ulterioară.

Atunci când sunt descoperite valori moderne ale carbonului radioactiv, metodologia publicată poate fi utilizată pentru a determina dacă valorile se raportează la porțiunile de ascensiune sau de descreștere a graficului. Într-o astfel de abordare, trebuie obținute valorile de la ultimele două tipuri de țesut. Aceste țesuturi trebuie să aibă perioade cunoscute de formare și/sau remodelare diferite, care să reflecte variațiile în ceea ce privește carbonul atmosferic sau dieta. Compararea valorilor carbonului, dezvăluie dacă acestea se raportează la perioada de creștere sau perioada ulterioară de descreștere.

Cercetările publicate au demonstrat rolul important al vârstei la momentul decesului în ceea ce privește perioada de decalaj în valorile carbonului radioactiv, însă măsura și natura factorului nu au fost stabilite clar [8].

5. Concluzii

Metodele de datare sunt folosite împreună sau separate, mai ales în studii de preistorie unde nu mai există alte modalități pentru datare. Datarea cu radiocarbon s-a dovedit a fi o metodă extrem de fiabilă, în prezent în lume existând peste 130 de laboratoare pentru datare, având aplicabilitate în domenii diverse cum ar fi: hidrologia, meteorologia, oceanografia, geologia, paleoclimatologia, arheologia, biomedicina și nu în ultimul rând științele forensic.

Bibliografie

1. **Radu V.** *Studiile pluridisciplinare și arheologia, Cercetarea arheologică pluridisciplinară în România. Trecut, prezent, perspective*, Ed. Cetatea de scaun. ISBN 978-606-537-111-8, Ed. aIIa, 2012, pp.81-85
2. **Morariu V.** *Cercetări interdisciplinare în domeniul arheometriei*. Revista de politica științei și scientometrie – serie nouă. Vol. 2, No. 3, 2013, p. 231 – 236
3. **Constantinescu B., Frangopol P.T.** *Fizica și arheometria*. Revista. Politica Științei și Scientometrie, serie nouă, vol.1, nr.4, 2012, pp.333-337
4. **Zacharias N., Bassiakos Y.** *Dating of artefacts, în Nuclear Techniques for Cultural Heritage Research*, IAEA Radiation Technology Series, No. 2, 2011, Vienna, pp.205-209
5. **Lazarovici G., Micle D.** *Introducere în arheologia informatizată*, Universitatea de Vest din Timișoara, Versiune electronica, Timișoara, 2001.
6. **Taylor R.E., Ofer B.A.** *Radiocarbon Dating, Second Edition: An Archaeological Perspective*, Ed, Routledge, 2016.
7. **Bowman S.** *Radiocarbon Dating (Interpreting the Past)*, Ed. Editura University of California, Berkeley, 1990.
8. **Ubelaker D., Thomas C., Olson J.** *The impact of age at death on the lag time of radiocarbon values in human bone*, Forensic Science International 251, 2015, pp. 56–60.
9. **Tomassetti M., Marini F., Campanella L., Coppa L.** *Archaeometric classification of ancient human fossil bones, with particular attention to their carbonate content*,

using chemometrics, thermogravimetry and ICP emission, *Chemistry Central Journal*, 8:26, 2014, pp.3-9.

10. **Brothwell D., Higgs E.** *Science In Archaeology*. A Survey of Progress and Research, *American Anthropologist*, Volume 73, Issue 6, 1971, pp. 1397–1398.

11. **Zazzo A., Saliège J.F.** *Radiocarbon dating of biological apatites: A review*, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 310, 2011, pp. 52–61.

12. **Alkass K., Buchholz B.A., Ohtani T.S., Yamamoto H., Druid K., Spalding L.** *Age Estimation In Forensic Sciences, Application Of Combined Aspartic Acid Racemization And Radiocarbon Analysis*, *Molecular & Cellular Proteomics*, Vol.9, 2010, pp. 1022-1030.

13. **Gligor M.** *The Archaeology of Death: Archaeothanatology*. An Introduction, *Annales Universitatis Apulensis*, Ed. Mega, 2014, pp. 5-11.

14. **Chernakov D.** *Some observations about the discovered human skeletons at Rousse tell*, *Studii de Preistorie*, Vol. 7, Ed. Renaissance, București, 2010.

15. **Hoke N., Burger J., Weber C., Benecke N., Grupe G., Harbeck M.** *Estimating the chance of success of archaeometric analyses of bone: UV-induced bone fluorescence compared to histological screening*, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 310, 2011, pp.23-31.

16. **Lynnerup N., Kjeldsen H., Zweihoff R., Heegaard S., Jacobsen C., Heinemeier J.** *Ascertaining year of birth/age at death in forensic cases: A review of conventional methods and methods allowing for absolute chronology*, *Forensic Science International* 201, 2010, pp. 74–78.

17. **Cârciumaru M.** *Cercetările interdisciplinare în arheologie, un concept al zilelor noastre*, *Cercetarea arheologică pluridisciplinară în România. Trecut, prezent, perspective*, Ed. Cetatea de scaun ISBN 978-606-537-111-8, Ed. aIIa, 2012, pp.30-34.

18. **Chernakov D.** *Some observations about the discovered human skeletons at Rousse tell*, *Studii de Preistorie*, Vol. 7, Ed. Renaissance, București, 2010.

Alte surse de documentare:

1. **Lohne J., Agelarakis A.P.** *Multielemental Icp-MS Analysis Of Classical Period Archaeological Cremated Bone And Sediment Samples From Dêmosion Sêma Polyandria Of Salaminos 35 Site In Kerameikos, Athens, Greece*, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, Vol. 14, No 2, pp. 259-276.

2. **Tomassetti M., Marini F., Bucci R., Coppa A., Campanella L.** *Human fossil bones: Archaeometric classification using chemometrics and thermogravimetry. Influence of skeleton fossilization and its anatomical parts*, *Microchemical Journal* 124, 2016, pp. 396–401.

3. **Tomassetti M., Marini F., Campanella L., Coppa L.** *Archaeometric classification of ancient human fossil bones, with particular attention to their carbonate content, using chemometrics, thermogravimetry and ICP emission*, *Chemistry Central Journal*, 8:26, 2014, pp.3-9.

4. **Bower N.W., Speare J.O., Thomas W.J.** *Applications Of X-Ray Fluorescence-Pattern Recognition In Forensic Archaeometry And Archaeomaterials Analyses*. *The rigaku journal*, vol. 10 , no. 2, 1993, pp.10-21.