

ACTA MVSEI APVLENSIS

APULUM LIII

series *ARCHAEOLOGICA ET ANTHROPOLOGICA*

Fondator

ION BERCIU

Editor

GABRIEL T. RUSTOIU

Colegiul editorial

RADU ARDEVAN - Universitatea „Babeş-Bolyai”, Cluj-Napoca

NIKOLAUS BOROFFKA - Deutsches Archäologisches Institut, Berlin

DANIEL DUMITRAN - Universitatea „1 Decembrie 1918”, Alba Iulia

NICOLAE GUDEA - Cluj-Napoca

VALER MOGA - Universitatea „1 Decembrie 1918”, Alba Iulia

CHRISTOPHER F. E. PARE - Universitatea „Johannes Gutenberg”, Mainz

ZENO KARL PINTER - Universitatea „Lucian Blaga”, Sibiu

MARIUS PORUMB - Institutul de Arheologie și Istoria Artei, Cluj-Napoca

VOLKER WOLLMANN - Obrigheim

Colegiul de redacție

HORIA CIUGUDEAN - director

RADU OTA - secretar de redacție

GEORGE BOUNEGRU - membru

CONSTANTIN INEL - membru

Adresa de corespondență:

MUZEUL NAȚIONAL AL UNIRII

510010 ALBA IULIA

Str. Mihai Viteazul, 12-14

Tel. 0258/813300

revista.apulum@yahoo.com

www.mnuai.ro; www.muzeuluniriialba.ro; www.anuarulapulum.ro

Correspondence address:

MUZEUL NAȚIONAL AL UNIRII

RO – 510010 ALBA IULIA

Mihai Viteazul St., 12-14

Tel. (+40) (258) 813300

© 2016 MUZEUL NAȚIONAL AL UNIRII, ALBA IULIA

ISSN – 1013-428X

ISSN – 2247 – 8701

ISSN-L – 2247 – 8701

ACTA MVSEI APVLENSIS

APVLVM

LIII

series *ARCHAEOLOGICA ET ANTHROPOLOGICA*



ALBA IULIA

MMXVI

Tehnoredactare: RADU OTA

Traducerea și verificarea textelor în limba engleză: ADINA GOȘA

Textele nepublicate nu se restituie.

S U M A R

CONTENTS – SOMMAIRE – INHALT

RADU OTA, Vasile Moga, maestru al arheologiei clasice.....	XI
RADU OTA, Interviu cu domnul profesor Vasile Moga, la ceas aniversar.....	XVII
GEORGE BOUNEGRU, RADU OTA, Ion Berciu, pionier și maestru al muzeografiei românești (1904-1986).....	XXV

STUDII – STUDIES

SABIN ADRIAN LUCA, FLORENTINA MARȚIȘ, Artefactele litice șlefuite din așezările neolitice timpurii ale culturilor Starčevo-Criș și Vinča. <i>Polished stone artefacts from Early Neolithic Settlements of Starčevo-Criș and Vinča cultures.....</i>	1
SABIN ADRIAN LUCA, TIBERIU BOGDAN SAVA, DORU PĂCEȘILĂ, OANA GAZA, IULIANA STANCIU, GABRIELA SAVA, BIANCA ȘTEFAN, Date radiocarbon ale nivelului III de la Tărtăria-Gura Luncii (cercetările preventive ale anilor 2014-2015) <i>Radiocarbon data from level III at Tărtăria-Gura Luncii site (2014-2015 preventive researches).....</i>	27
ION TUȚULESCU, Notes about a miniatural clay representation of an axe with crossed arms found in Ocnîța, Vâlcea county <i>Notă asupra unei reprezentări miniaturale din lut a unui topor cu brațe în cruce descoperit la Ocnîța, județul Vâlcea...</i>	35
GABRIEL BĂLAN, RALUCA BURLACU-TIMOFTE, TEODOR MUNTEAN, Așezarea din epoca bronzului de la Aiud – <i>Groapa de gunoi</i> . Considerații preliminare <i>Bronze Age settlement at Aiud - Groapa de gunoi. Preliminary report.....</i>	45
MIHAELA BLEOANCĂ, Un complex Wietenberg descoperit în situl de la Ampoița-La Pietre (jud. Alba) <i>A Wietenberg feature discovered at the Ampoița-La Pietre archaeological site.....</i>	83

ILIE LASCU, DAN ANGHEL, CRISTINEL FÂNTÂNEANU, MONICA URSU, CLAUDIU TĂNĂSELIA, Depozitul de bronzuri de la Pianu de Jos <i>The bronze hoard from Pianu de Jos</i>	109
MARIUS-MIHAI CIUTĂ, Un celt din bronz, recent descoperit la Hăpria (com. Ciugud, jud. Alba) <i>A bronze socketed axe, recently discovered at Hăpria (Ciugud parish, Alba County)</i>	143
RALUCA GHEORGHIU, ILIE LASCU, Piese de bronz descoperite în situl de la Alba Iulia - „Recea” <i>Bronze objects discovered at Alba Iulia - „Recea” site</i>	151
CRISTINEL PLANTOS, MARIUS-MIHAI CIUTĂ, Two belt buckles of late Latène period from Craiva – “Piatra Craivii” – recently recovered <i>Două paftale de epocă târzie Latène de la Craiva – “Piatra Craivii” recent recuperate</i>	165
DOINA BENEĂ, Lucrările de aducțiune a apei în Dacia romană. Cu privire specială asupra canalizărilor cu conducte de plumb <i>Die Wasserzuleitung in der Provinz Dacia Romana. Mit besonderer berücksichtigung der Leitungen aus Bleirohren</i>	179
RADU CIOBANU, Statuaria colorată greco-romană – principii estetice și implicații tehnice; exemplele de la Apulum <i>La statuaire greco-romaine colorée: principes esthétiques et implications techniques - les exemples d'Apulum</i>	187
RADU OTA, CRISTIAN TITUS FLORESCU, Observații asupra incintei vestice a castrului roman de la Apulum și câteva constatări istorice <i>Observations about western precinct of the Roman camp at Apulum and some historical remarks</i>	205
DOREL BONDOC, O farfurie creștină descoperită la Romula <i>A Christian plate found at Romula</i>	235
CRISTIAN TITUS FLORESCU, RADU OTA, Un mormânt din secolul X descoperit în incinta fostului castru roman de la Apulum <i>A 10th century grave discovered in the former Roman camp at Apulum</i>	245
AUREL DRAGOTĂ, Un accesoriu cosmetic din jurul anului 1000 în necropola de la Alba Iulia - Izvorul Împăratului <i>A cosmetic accessory from around 1000 AD in the necropolis at Alba Iulia - Izvorul Împăratului</i>	255

FLORIN CIULAVU, ANCA TIMOFAN, Un atelier de prelucrat metale datând din secolele XVIII-XIX, descoperit la Alba Iulia <i>A metalworking workshop dating from the 18th-19th centuries, found at Alba Iulia.....</i>	263
JÓZSEF GÁBOR NAGY, The life and scientific work of Zsigmond Reiner <i>Viața și activitatea științifică a lui Zsigmond Reiner.....</i>	285

RESTAURARE – CONSERVARE – INVESTIGAȚII

RESTORATION – CONSERVATION – INVESTIGATIONS

DAN ANGHEL, Tehnici de restaurare a unor spade celtice descoperite la Gâmbaș <i>The restoration of some Celtic swords discovered at Gâmbaș.....</i>	309
SORIN ȘERBAN, Ceramica romană de la Apulum și împrejurimi. Metode de conservare și restaurare diferite, de la caz la caz <i>Roman pottery from Apulum and neighborhoods. Methods of preservation and reconditioning different cases.....</i>	341

RECENZII ȘI NOTE DE LECTURĂ

REVIEWS AND READER'S NOTES

HORIA CIUGUDEAN, <i>Transformation by Fire. The Archaeology of Cremation in Cultural Context</i> . Edited by Ian Kujit, Colin P. Quinn, Gabriel Cooney, The University of Arizona Press 2014, 322 pag	349
VASILE MOGA, J. R. López Rodríguez, J. Beltrán Fortes (eds.), <i>Itálica, Cien años, Cien Piezas</i> , ed. JUNTA DE ANDALUCÍA, Consejería de Educación, Cultura y Deporte. DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE SEVILLA. Área de Ciudadanía, Participación y Cultura, Sevilla, 2014, 238 pag., 104 fotografii color).....	353
FLORIN CIULAVU, Aurel Dragotă, <i>Podoabe și accesorii vestimentare din Banat, Crișana și Transilvania (secolele X-XI)</i> , Cluj-Napoca, Editura Mega, 2014, 261 p.....	357
Lista autorilor.....	363

**Volum omagial dedicat
domnului Vasile Moga,
cu ocazia împlinirii vârstei de 70 de ani**



Vasile Moga

TEHNICI DE RESTAURARE A UNOR SPADE CELTICE DESCOPERITE LA GÂMBAȘ

Dan ANGHEL
Muzeul Național al Unirii Alba Iulia

Cuvinte cheie: restaurare, spadă celtică, stare de conservare, tratament chimic.

Key words: restoration, Celtic sword, conservation state, chemical treatment.

Una dintre problemele mai puțin dezbătute în literatura de specialitate din România o reprezintă metodele utilizate la restaurarea și conservarea pieselor lungi de armament antice provenite din siturile arheologice.

O mare parte a pieselor de acest tip descoperite în urmă cu mai multe decenii a fost supusă unor tratamente de reducere chimică sau electrochimică¹, intervenții care au dus la denaturarea (deteriorarea) formei inițiale sau la pierderea totală a unor elemente, în special a celor decorative, identificarea formei originale fiind imposibilă, inexactă sau eronată². În paralel unele dintre piese au fost prelevate impropriu, prin demontarea fragmentelor, sau nu au fost restaurate, ele păstrându-se în depozitele muzeelor unde au continuat să se degradeze³.

Evoluția procedurilor de restaurare și perfecționarea unor metode de conservare activă au contribuit în mod semnificativ la oferirea unor posibilități ample de intervenție asupra unor obiecte foarte fragile, intervenții care pot garanta conservarea lor în timp alături de punerea în valoare a detaliilor tehnico-artistice⁴.

De-a lungul timpului, în cadrul laboratorului de restaurare ceramică-metal al Muzeului Național al Unirii, au intrat o serie de piese de acest tip, pe care le numim generic săbii⁵ (ca o conotație largă a unei categorii specifice de armament propriu mai multor perioade istorice, care au cunoscut o mare varietate de modele adaptate stilului de luptă al epocii sau al războinicilor care le-au folosit⁶). Dintre acestea putem aminti în ordine cronologică: spade din

¹ Korödi 1988, p. 50.

² Rapin 1999, p. 35.

³ Boissonnas 2006, p. 52; Ferencz 2007, p. 75; Petrușan 1982, p. 868.

⁴ Boissonnas 2006, p. 58; Lejars 1996, p. 54.

⁵ Conform Dicționarului explicativ al limbii române: sabie, săbii, - Armă albă formată dintr-o lamă lungă de oțel ascuțită la vârf și pe una dintre laturi și fixată într-un mâner.

⁶ Hubert 1983, p. 74.

perioada La Tène: celți⁷, perioada dacică clasică (pumnale lungi de tip *sica*)⁸, perioada romană⁹, perioada migrațiilor (avari¹⁰, gepizi¹¹, maghiari¹²); mare parte dintre aceste piese fiind identificate cu ocazia săpăturilor pentru descărcare de sarcină arheologică realizate pentru diferite obiective de importanță locală sau națională de pe teritoriul județului Alba.

Materialul de față își propune prezentarea metodelor de restaurare-conservare aplicate pentru un lot de patru spade¹³ descoperite recent în necropola celtică de la Gâmbaș¹⁴.

Toate piesele provin din morminte de incinerare, fiind identificate alături de alte obiecte confecționate din fier, bronz și ceramică, urme de cenușă și resturi cinerare provenite de la rugul funerar, acest tip de inventar fiind specific caracterului războinicilor celți¹⁵.

Din punct de vedere al stării de conservare piesele prezentau degradări specifice artefactelor confecționate din fier cu variații de la un caz la altul, ca urmare a intervențiilor antropice anterioare îngropării (îndoirea rituală a uneia dintre spade), modificări structurale cauzate de presiunea solului (curbări), fiind acoperite cu produși de coroziune specifici influențați de pH-ul și compoziția chimică a solului în care s-au păstrat sau al contactului cu alte materiale din cadrul complexului funerar.

O altă caracteristică o constituie depunerea lor împreună cu tecile aferente, confecționate tot din fier printr-o tehnică elaborată și/sau în contact direct cu alte piese de armament, aspecte care au ridicat o serie de probleme în demersul restaurării pieselor.

Descrierea generică a stării de conservare pentru fiecare piesă¹⁶.

Spada M. 20.

Spada a fost descoperită puternic pliată (în patru), acoperită cu produși de coroziune și depuneri mecanice de sol, aderente și impregnate cu oxizi de

⁷ Bălan *et alii* 2015, p. 600.

⁸ Borangic 2014, p. 260; Anghel, Ursu 2015, p. 219.

⁹ *Spatha*, descoperire fortuită Vinerea, jud. Alba, inedită. *Gladius*, săpături Adrian Bolog, inedit.

¹⁰ Cosma *et alii* 2013, p. 90.

¹¹ Anghel 2008, p. 599; Săpături Gabriel Bălan, inedită.

¹² Sabie maghiară, săpături Mihai Blăjan, Alba Iulia, inedită.

¹³ În literatura de specialitate săbiile din perioada celtică sunt numite spade. Conform Dicționarului explicativ al limbii române: Spadă, spade. 1. Armă formată dintr-o lamă dreaptă cu două tășuri, din gardă și mâner, cu care se poate tăia și împunge. 2. Sabie triunghiulară și îngustă cu două tășuri. Termenul are la origine denumirea latină de *spatha*, care desemnează o armă pentru lovit și împuns folosită de cavaleria romană. Vezi: Pinter 2007, p. 17.

¹⁴ Bălan *et alii* 2015, p. 599.

¹⁵ Crișan 1974, p. 85.

¹⁶ Notarea pieselor s-a realizat după numărul mormântului în care au fost descoperite.

fier. Teaca era puternic fragmentată, cu buterola ruptă și elementele constitutive deplasate și torsionate în urma operației de îndoire.

Spada M. 26.

Piesa a intrat în laborator prelevată în bloc împreună cu un vârf de lance de mari dimensiuni care suprapunea spada introdusă în teacă. Ansamblul se prezenta ca un amalgam de fragmente metalice parțial sau total transformate în produși de coroziune amestecate cu depuneri de sol cu nuanță brun-roșcată și pigmentație de culoare neagră¹⁷. Fragmentele ce compuneau piesele își păstrau poziția inițială, cu mici excepții cauzate de dislocarea lor involuntară în timpul decopertării și a șocurilor mecanice survenite în timpul transportării ansamblului către laboratorul de restaurare.

Spada M. 45.

Este una dintre cele mai bine conservate piese. Teaca se prezenta parțial fixată pe lama spadei, cu excepția unui fragment de mari dimensiuni din partea superioară, desprins în timpul prelevării obiectului. Elementele care formau teaca erau de dimensiuni relativ mari și puține lacune cu excepția unor zone din cadrul ramei, aceasta fiind pierdută în mare parte. Buterola era detașată și mânerul rupt în partea mediană.

Spadă M. 54.

Piesa se prezenta ușor curbată în partea inferioară, fie în urma unei acțiuni intenționate, fie datorită presiunii solului. Fragmentele tecii, deși parțial atașate de corpul spadei, prezentau zone puternic corodate, cu zone lacunare, dar și porțiuni bine conservate în zona buterolei, unde se observă o patină de culoare neagră (magnetită) acoperită cu produși de coroziune cu aspect cornos. Aceste diferențe ale stării de conservare pot fi interpretate ca rezultatul prezenței în incinta mormântului a unor depuneri de cenușă care au influențat diferențiat procesele de oxidare.

Factorii care au contribuit la degradarea pieselor.

Tehnica de confecționare a pieselor este unul dintre factorii care au contribuit semnificativ la agravarea stării de conservare în care piesele au fost descoperite.

Lamele spadelor au fost prelucrate prin forjare dintr-o singură bucată de metal care se îngroașă treptat dinspre muchie spre centru, formând o nervură mediană, grosimea lor variind între 1 și 8 mm. În cazul M 20 și M 54, în zona mânerului, au fost aplicate gărzi realizate tot din fier, fixate ulterior realizării lamei.

¹⁷ Erau vizibile doar lancea și zone din partea inferioară a tecii și a mânerului.

Tecile sunt rezultatul unui grad înalt de tehnicitate a fierarilor celți¹⁸. Cele două fețe au fost obținute tot prin deformare mecanică la cald, din tablă de fier cu grosimea de circa 1 mm, cu profil semicircular (M. 26, M. 54), sau cu o creastă mediană pe fața exterioară (M. 20, M. 45). În partea superioară, în apropierea manșonului, a fost realizat prin tehnica *au repousse* și cizelare un decor stilizat (M. 26, M. 45). Piesa M. 26 prezintă un element decorativ realizat prin aceeași tehnică, amplasat în zona inferioară a tecii, iar piesa M. 54 doi butoni decorați aplicați în partea superioară.

Cele două plăci de metal sunt fixate între ele cu o ramă laterală continuă, de diferite dimensiuni (mai lată în cazul piesei M. 54), care acoperă muchia doar până în apropierea zonei de fixare a buterolei.

Buterola reprezintă o piesă în sine formată din partea ornamentală semicirculară care se prelungeste în continuarea tecii și un manșon care suprapune și fixează cele două plăci în partea inferioară¹⁹. Banda transversală care unește ramele este uneori ornamentată cu doi butoni circulari (M. 45 și M. 54).

În partea superioară a fost aplicat un ataș (prinzătoare) pentru agățarea tecii printr-un sistem ingenios²⁰, fixat pe corpul acesteia, fără a putea fi observate urmele unor nituri. Grosimea mică a elementelor componente a permis, în urma proceselor de coroziune, transformarea totală sau parțială a metalului în oxizi și, prin urmare, reducerea rezistenței mecanice a ansamblului. Degradarea în sol a dus la apariția a două efecte diferite care au influențat integritatea fizică a pieselor. Mărirea volumului oxizilor formați pe suprafața lamelor a împins plăcile tecii spre exterior, fragmentarea lor fiind urmarea unor tensionări care au intervenit din două direcții: cea internă, produsă de presiunea oxizilor formați între cele două straturi de metal și rezistența opusă de solul care le înconjură, ramele fiind unul dintre elementele cel mai puternic afectate. Pe de altă parte, pentru unele zone, oxizii formați pe lamă și plăcile tecii au format un strat comun care a dus la “sudarea” celor două piese.

Coroziunea, ca factor de degradare.

O caracteristică primară, generală, care influențează starea de conservare a acestui tip de artefacte o constituie realizarea lor din fier, unul dintre cele mai instabile metale din punct de vedere chimic utilizate de-a lungul timpului.

Datorită potențialului electrochimic scăzut, complexitatea și diversitatea produșilor de coroziune rezultați în urma interacțiunii cu mediul în care obiectele s-au păstrat și instabilitatea acestora la cele mai sensibile modificări de

¹⁸ Rapin 1999, p. 43.

¹⁹ Rapin 1999, p. 43.

²⁰ Rapin 1996, p. 511.

temperatură, umiditate etc. fac ca piesele confecționate din acest metal să reprezinte una dintre cele mai dificile provocări la care conservatorul și restauratorul trebuie să răspundă, problematica fiind larg dezbătută în bibliografia de specialitate²¹. Cu toate că majoritatea proceselor de coroziune, pe care le putem întâlni în cazul pieselor arheologice din fier, pot fi determinate, sau sunt previzibile într-o oarecare măsură, ele pot afecta în mod diferențiat aceeași piesă în raport direct cu cele mai mici modificări ale condițiilor mediului în care s-au păstrat²². Ne referim în special la spadele (dar și la alte obiecte confecționate din fier) depuse în contexte funerare a căror stare de conservare este influențată și de situarea lor în apropierea unor materiale organice în descompunere, sau sunt acoperite cu depuneri de cenușă atunci când sunt identificate în cadrul unor morminte de incinerare²³.

Piesele, de cele mai multe ori aflate în stare relativ bună de conservare în momentul depunerii lor în mormânt, au suferit încă din primele momente un proces rapid de corodare cauzat de contactul cu materialele organice în descompunere, proces care are ca rezultat modificarea pH-ului mediului de păstrare prin acțiunea bacteriilor convertoare de sulfați la sulfuri, care afectează mai puternic obiectele de fier²⁴ față de cele confecționate din bronz sau metale prețioase²⁵.

Pe de altă parte, dacă piesele sunt acoperite total sau parțial cu cenușa rezultată din cadrul rugului funerar, pH-ul alcalin al acestora a încetinit în mod considerabil evoluția proceselor de coroziune²⁶.

Pentru determinarea compoziției solului și a diferențelor de pH au fost prelevate două probe de sol:

- din extremitatea unui mormânt (G. 1).
- din interiorul acestuia, dintr-o zonă ce prezenta urme de cenușă și oase calcinate (G. 2).

²¹ Potter 1956; Plenderleith 1956; Evans 1963; Hamilton 1999.

²² Cele mai frecvent întâlnite produse de coroziune ale fierului sunt: Fe(OH)₂ hidroxid feros, FeO(OH) fero- hidroxid; FeCl₂ clorură feroasă anhidră, FeCl₃ clorura ferică anhidră, FeS sulfura de fier, Fe₃O₄ sau FeO·Fe₂O₃ oxid fero - feric (magnetită), 2Fe₂O₃ · 3H₂O hidroxid feric (rugina comună) FeCl₃ · x H₂O clorură ferică, hidratată etc.

²³ Rapin 1999, p. 34.

²⁴ Acțiunea bacteriilor convertoare de sulfați se manifestă printr-o pigmentație neagră a solului în apropierea obiectelor, aspect remarcat în cazul piesei M. 26.

²⁵ Anghel 2008, p. 600.

²⁶ Coroziunea diferențiată a fost identificată în cazul piesei M 54.

Analiza matricei de sol prin ICP-MS și ICP-AES²⁷.

Compoziția elementală a solurilor în care au fost descoperite spadele a fost analizată prin metodele spectrometrice distructive, spectrometria de emisie atomică în plasmă cuplată inductiv (ICP-AES) și spectrometria de masă cu plasmă cuplată inductiv (ICP-MS)²⁸. Rezultatele obținute sunt prezentate în Tabel 1 și sunt exprimate în [mg/kg].

Aparat		G. 1	G. 2	Aparat		G. 1	G. 2
	Elem. det.	mg/kg	mg/kg		Elem. det.	mg/kg	mg/kg
ICP-AES	Al	30667	34333	ICP-AES	Ca	6267	4933
ICP-AES	Fe	30233	31000	ICP-AES	Zn	73.0	80.0
ICP-AES	Pb	3.9	3.6	ICP-AES	Cr	59	68
ICP-AES	Mn	743	860	ICP-AES	Ni	33	34
ICP-AES	Cu	37.8	400	ICP-AES	Na	453	187
ICP-AES	Mg	5500	5467	ICP-AES	K	2867	4033
ICP-MS	Li	21.4	21.7	ICP-MS	Ti	490	425
ICP-MS	Be	0.64	0.81	ICP-MS	V	45.4	42.8
ICP-MS	Sc	6.6	6.4	ICP-MS	Co	9.4	9.1
ICP-MS	Ga	7.3	6.9	ICP-MS	Rb	20.0	21.8
ICP-MS	As	5.6	7.0	ICP-MS	Sr	30.2	21.8
ICP-MS	Br	1.8	1.2	ICP-MS	Y	8.2	7.1

Tabel 1.

²⁷ Analiza probelor de sol a fost efectuată în cadrul Institutului de Cercetări pentru Instrumentație Analitică Cluj-Napoca cu sprijinul cercetătorilor: Mircea Chintoanu, Monica Ursu, Claudiu Tănăsela, Marin Șenilă, Sergiu Cadar, cărora le mulțumim și pe această cale.

²⁸ Metodele de analiză sunt distructive (invazive).

Determinarea pH-ului s-a efectuat prin metoda instrumentală de măsurare în serie cu pH-metrul. Această metodă se poate aplica la toate tipurile de eşantioane de sol uscate la aer, pretratate.

Se prepară o suspensie de sol într-un volum de lichid de cinci ori mai mare decât volumul său, la alegere: cu apă, soluție apoasă de clorură de potasiu, soluție apoasă de clorură de calciu. Aparatura utilizată este un analizor multiparametric cu electrod de pH, iar pH-ul determinat din suspensia de sol poate fi neutru, acid sau alcalin.

În Tabel 2 sunt prezentate valorile obținute prin măsurarea pH-lui matricei de sol analizate.

Nr. crt.	Cod proba sol	cantitate/volum apă distilată	pH	temperatură	unitate de măsură
1	G. 1	10.00g/50ml	6.96	18.3°C	Unități pH
2	G. 2	10.00g/50ml	7.32	18.3°C	Unități pH

Tabel 2.

Concluzii cu privire la analizele probelor de sol.

Analizele identifică un sol de tip argilos (Al-30667, respectiv Al-34333 mg/kg) cu un conținut scăzut de carbonați de calciu (Ca- 6267 respectiv Ca-4933 mg/kg), acest aspect fiind relevat și prin absența depunerilor vizibile caracteristice carbonaților pe suprafața pieselor arheologice, depuneri specifice majorității siturilor arheologice de pe cursul mijlociu al văii Mureșului.

Pentru proba prelevată din extremitatea mormântului valoarea pH-ului este ușor acidă (pH=6.96), iar pentru proba luată din interiorul acestuia valoarea este ușor alcalină (pH=7.32.), factori care pot duce în perioade lungi de timp la apariția unor fenomene diferențiate în procesele de corodare a pieselor de metal. Diferențele de pH sunt o urmare a contaminării solului, în urma unor intervenții antropice, respectiv depunerea în contextul funerar a unor resturi de cenușă și oase calcinate.

În urma analizelor probelor de sol s-a constatat că valorile pH-ului nu ating limite extreme și, prin urmare, nu pot fi considerate ca factori principali și singulari care au influențat procesele de degradare a pieselor.

Starea de conservare în care se găsesc obiectele în discuție este urmarea corelării mai multor cauze naturale și antropice dintre care amintim:

- adâncimea mică la care au fost descoperite artefactele, fapt care a favorizat pătrunderea apei în sol până la nivelul obiectelor.
- arealul în care au fost descoperite spadele a fost utilizat, probabil timp de secole, ca teren agricol, iar arăturile au modificat permeabilitatea solului, fapt care a permis pătrunderea mult mai rapidă a apei în profunzime, ca urmare a îndepărtării stratului protector de vegetație spontană. Această intervenție

antropică realizată temporar cu intensități diferite nu a permis (sau a întrerupt în mod frecvent) formarea unui mediu de stabilitate relativă a pieselor cu mediul în care s-au păstrat.

- fragmentarea puternică a pieselor poate fi considerată și o urmare a presiunii exercitate de greutatea utilajele agricole.

Prelevarea.

De cele mai multe ori obiectele fragile descoperite în siturile arheologice sunt compromise total sau parțial prin aplicarea unor metode improprii de prelevare și transport către spațiile muzeale sau laboratoarele de restaurare²⁹.

Cea mai frecventă greșeală constă din demontarea pieselor puternic fragmentate și ambalarea lor în diverse containere sau pungii de polietilenă. Pierderea legăturilor vizibile sau contextuale între elementele componente, atunci când muchiile (prizele de lipire) dintre acestea sunt puternic deteriorate, sau fragmentarea este foarte amplă, va face dificilă sau chiar imposibilă re poziționarea lor în cadrul ansamblului.

Prin urmare prelevarea corectă este unul dintre factorii principali care oferă premisele posibilității refacerii formei inițiale a pieselor chiar dacă acestea sunt descoperite într-o stare de conservare critică.

Spadele descoperite la Gâmbaș au fost prelevate prin bandajarea strânsă a ansamblului de fragmente format din spadă și teacă împreună cu depunerile de sol din imediata vecinătate în folie de polietilenă pentru piesele M. 20, M. 45 și M. 54. Astfel la desfacerea stratului protector, în cadrul laboratorului, fragmentele își păstrau poziția în care au fost descoperite fără a fi sesizate deplasări sau accentuări ale fragmentării. Cu toate acestea transferul obiectelor astfel prelevate către laborator trebuie realizat cât mai repede, deoarece umiditatea va fi menținută în interiorul ambalajului, iar în contact cu oxigenul va duce la „transpirarea” pieselor și, prin urmare, la reactivarea proceselor de coroziune și apariția petelor umede specifice clorurii acide de Fe³⁰.

Ansamblul format de lance și spadă descoperit în M. 26 a fost prelevat în bloc, poziționat pe o placă din lemn și fixat de aceasta cu același tip de folie³¹.

Ambele metode au dat rezultate foarte bune, au contribuit substanțial la reducerea timpului de lucru și au oferit premisele refacerii într-o foarte mare măsură a aspectului inițial al pieselor.

²⁹ Watkinson 1981, p 25 și urm.

³⁰ Watkinson, Neal 1998, p. 34-35.

³¹ Prelevarea a fost realizată de colectivul format din arheologii Gabriel Bălan, Radu Ota, Raluca Burlacu-Timofte, Teodor Muntean și Marius Râza.

Restaurarea pieselor.

Aplicarea diferitelor metode de restaurare, chiar și a celor consacrate care oferă rezultate excepționale în marea majoritate a cazurilor, se pot confrunta, în anumite situații, cu o serie de limitări date în primul rând de starea de conservare și specificul fiecărui obiect în parte, dotările laboratorului unde se restaurează piesa, modalitățile de aplicare a diferitelor tipuri de tratamente ca intervenții de natură fizică și/sau chimică. Toate aceste aspecte dictează direcțiile pe care restauratorul trebuie să le urmeze pentru fiecare piesă în parte chiar dacă acestea se încadrează în aceeași categorie tipologică și provin dintr-un context comun.

Prin urmare vom prezenta ca studiu de caz metodele de restaurare și conservare aplicate pentru fiecare piesă în parte.

Complexul format de lancea și spada descoperite în M. 26 a fost primul supus intervențiilor de restaurare. Încă de la examinarea vizuală a lăncii și a părților din teacă vizibile sub aceasta s-a constatat o fragmentare puternică a elementelor și o transformare totală sau parțială a miezului metalic în produși de coroziune (**Fig. 1-2**).

Testarea rezistenței mecanice a fragmentelor a indicat dificultatea aplicării unor tratamente chimice sau curățări mecanice pentru fiecare fragment în parte, urmate de asamblarea lor, aceste intervenții ducând la deteriorarea muchiilor de lipire dintre fragmente și implicit la imposibilitatea refacerii formei inițiale a pieselor.

Prin urmare s-a decis prelevarea lăncii începând de la manșonul mai bine conservat și asamblarea cu rășină epoxidică³² a fiecărui fragment în continuarea acestuia, folosind pentru susținere un calup din plastilină învelit în folie de nailon. Suportul plastic a putut fi adaptat treptat în funcție de forma elementelor care au trebuit asamblate. Pentru a micșora timpul de lucru impus de polimerizarea rășinii s-a început în paralel asamblarea piesei și dintr-o zonă laterală care prezenta fragmente de dimensiuni mai mari. Fiecare element a fost desprins din blocul de sol, probată priza de lipire și, în funcție de exactitatea acesteia, au fost efectuate ușoare curățări mecanice manuale pentru îndepărtarea depunerilor de sol și a produșilor de coroziune formați de-a lungul rupturilor. În cadrul acestei etape au fost identificate o serie de mici fragmente ale căror muchii au fost afectate în urma proceselor de coroziune și, prin urmare, prizele de fixare între fragmente au fost deformate. În aceste cazuri s-a încercat fixarea lor în cadrul asamblului într-o poziție identică cu cea din care au fost prelevate.

³² Pentru întregul lot au fost utilizate rășini epoxidice din gamele UHU și Bison alese în funcție de fiecare intervenție în parte, raportată ca rezistență mecanică impusă de fiecare element, viteză de lucru, posibilitate de finisare a completărilor, tratamentele care urmează a fi aplicate etc.

Pentru consolidarea lamei foarte subțiri a lăncii lacunele au fost plombate cu rășină epoxidică în paralel cu operațiile de asamblare a fragmentelor (**Fig. 3**).

După finalizarea prelevării suprafețele piesei au putut fi curățate mecanic prin metode manuale și mecanice (micromotor, microsablare etc). Pentru conservare s-a aplicat o inhibare a suprafețelor cu soluție de acid tanic, urmată de impregnare cu Paraloid B.72, 3% aplicate prin pensulare (**Fig. 4**).

Finalizarea acestei etape a permis îndepărtarea stratului de sol și a produșilor de coroziune care acopereau suprafața tecii. Aceasta era formată din câteva fragmente de mari dimensiuni, unele ușor deplasate, alături de care erau prezente zone puternic degradate compuse din elemente sfărâncioase, de mici dimensiuni, dificil de prelevat și de asamblat ulterior prin metoda folosită în cazul lăncii (**Fig. 5**). Toate fragmentele erau desprinse total de lama spadei și ușor de deplasat la cea mai mică intervenție.

Prin urmare s-a recurs la aplicarea unei metode de transfer utilizând foiță japoneză fixată pe suprafața piesei cu ajutorul unei soluții de carboximetilceluloză (CMC) în alcool³³, metodă utilizată cu succes în cadrul laboratorului atât pentru prelevarea unor piese fragile din șantierul arheologic³⁴, cât și în cadrul unor procese de restaurare³⁵.

După uscarea adezivului placa tecii a putut fi prelevată în întregime punându-se în evidență lama spadei (**Fig. 6-7**).

În această etapă a devenit accesibilă pentru prelucrare suprafața interioară a tecii, toate fragmentele găsindu-se în poziția originală, fiind fixate în cofrajul din foiță japoneză aplicată în trei straturi pentru o rezistență superioară care să permită manipularea obiectului.

Următoarea etapă a constat din îndepărtarea mecanică a produșilor de coroziune de pe interiorul plăcii până la obținerea unei suprafețe uniforme.

După finalizarea curățării a fost aplicat un tratament de inhibare chimică cu soluție de benzotriazol (BTA)³⁶ 3% și 2% benzoat de sodiu (BTN)³⁷ în alcool aplicată prin pensulare.

BTA este cunoscut în special ca un inhibitor de coroziune specific aliajelor din cupru³⁸, dar aplicabilitatea lui este mult mai largă, putând fi utilizat

³³ S-a utilizat acooolul în locul apei, pentru a nu se produce o reinițializare a proceselor de coroziune ca urmare a umezirii pieselor.

³⁴ Anghel 2008, p. 600.

³⁵ Anghel 2013, p. 611.

³⁶ Benzotriazolul (BTA) are formula C₆H₅N₃ și este utilizat ca agent de protecție împotriva coroziunii în lichidele de răcire, protecție pentru componentele metalice pe bază de aliaje de cupru, argint, fier, agenți de dejivrare utilizați în industria aeronautică și în decalcifiere etc.

³⁷ Benzoatul de sodiu (BTN) are formula chimică NaC₆H₅CO₂. Este forma cristalină a acidului benzoic și există în această formă când este dizolvat în apă. El poate fi obținut prin reacția hidroxidului de sodiu cu acid benzoic și este cunoscut ca și conservant alimentar și antifungic sub codul E 211.

cu succes și pentru obiectele din fier puternic corodate, cu miezul parțial sau total transformat în produși de coroziune³⁹. Cu toate acestea tratamentul cu BTA nu înlătură clorurile fero-ferice⁴⁰ din artefact, dar creează o barieră între aceasta și umiditatea atmosferică prin formarea unor compuși insolubili, complecși cu ionii de fier sub forma $[Fe_n(Cl)_p(BTA)_m]$ ⁴¹. În cazurile când fragilitatea pieselor nu permite aplicarea unor metode de stabilizare chimică, în special prin utilizarea soluției alcaline de sulfatul de sodiu, pentru îndepărtarea clorurilor din compoziția produșilor de coroziune⁴², realizarea unui tratament cu soluție de BTA ca agent de inhibare se prezintă ca o intervenție optimă pentru tratarea unor piese foarte sensibile.

Prezența BTN în soluție mărește eficiența BTA în inhibarea coroziunii obiectelor din fier, cele două substanțe fiind complementare, sinergice și, totodată, compatibile cu suportul pentru care sunt utilizate⁴³.

Spre deosebire de acidul tanic utilizat în cele mai multe cazuri ca inhibitor de coroziune pentru obiectele din fier, soluția alcoolică pe bază de BTA nu modifică culoarea obiectelor și nu formează o crustă cu aspect artificial pe suprafața acestora⁴⁴. Totodată pătrunderea reactivului în masa produșilor de coroziune este mult mai puternică decât în cazul acidului tanic, dar benzotriazolul este cunoscut ca o soluție toxică care necesită precauții specifice de protecție în cadrul proceselor de restaurare⁴⁵.

Ulterior tratamentului chimic suprafața interioară tecii a fost peliculizată prin pensulare cu un strat de Paraloid B72, cu o concentrație de 3% în acetonă. Pentru consolidare pe suprafața interioară, tratată și conservată a fost aplicată o armătură din fibră de sticlă fixată prin lipire cu soluție de Paraloid cu o concentrație de 8-10%, aplicată în două straturi⁴⁶. Suprafața pânzei din fibră de sticlă aplicată a fost debitată cu o lățime dublă față de cea a piesei, excesul urmând să constituie armătura feței pereche a tecii.

În acest moment cofrajul din foiță japoneză a putut fi desfăcut prin umezire cu alcool, fragmentele păstrându-și poziția inițială. Exteriorul tecii a fost curățat prin metode mecanice, iar lacunele plombate cu rășină epoxidică aplicată direct pe suprafața armăturii.

³⁸ Lewis *et alii* 1979, p. 457.

³⁹ Argyropoulos *et alii* 2007, p. 10.

⁴⁰ Reguer *et alii* 2007, p. 2727.

⁴¹ Madsen 1967, p. 165; Menucci *et alii* 2009, p. 418 și urm.

⁴² Mourey 1998, p. 67; Hamilton 1999, p. 69.

⁴³ Notoya, Ishikawa 1982, p. 119; Hosseini *et alii* 2003, p. 255 și urm.

⁴⁴ Hamilton 1999, p. 68.

⁴⁵ Pillard *et alii* 2001, p. 557 și urm.

⁴⁶ Podany *et alii* 2001, p. 30. S-a ales utilizarea Acriloidului B 72 în defavoarea unei rășini epoxidice datorită reversibilității ușoare a acestuia.

Suprafața a fost stabilizată chimic prin pensulare cu soluția amintită anterior, apoi conservată prin peliculizare.

Spada a fost prelevată direct, aceasta prezentând doar câteva fragmente de mici dimensiuni desprinse din zona lamei, curățată mecanic, tratată și conservată prin aceleași metode.

Placa inferioară a tecii se prezenta într-o stare de conservare mult mai precară decât cea prelevată anterior, cu zone ample puternic fragmentate, miez metalic complet mineralizat, rezistență mecanică redusă, elementele componente fiind puternic aderente la blocul de sol. Prin urmare s-a recurs la prelevarea ei prin transfer cu ajutorul foiței japoneze, dar prin aplicarea acesteia doar pentru zone cu o lungime de 10-15 cm care să permită controlul desfacerii tuturor fragmentelor fixate în stratul de sol (**Fig. 8**).

Fiecare grup de fragmente prelevate a fost tratat separat, intervenția fiind realizată pe fața exterioară (de data aceasta cofrajul a fost aplicat pe interiorul tecii). Lacunele au fost completate cu rășină epoxidică pentru consolidare, iar după conservarea finală foița japoneză a fost îndepărtată.

Fragmentele rezultate, relativ fragile, au fost curățate mecanic pe fața opusă (interioară), apoi s-a efectuat o probă de jumelare a acestora cu partea opusă a tecii, putând exista anumite nepotriviri rezultate în urma deformării diferențiate a celor două jumătăți.

Fibra de sticlă în exces a fost rulată și lipită cu ajutorul unui șablon din carton, astfel încât să formeze un tub oval ce înconjoară spațiul gol din interiorul tecii. Pe suprafața fibrei au fost aplicate și lipite fragmentele, folosindu-se ca ghidaj punctele de contact dintre cele două fețe ale tecii, iar lacunele au fost completate cu rășină epoxidică. Ulterior a fost asamblată buterola și mânerul rupt al spadei. Toate completările au fost integrate cromatic cu pigmenți acrilovinilici, apoi suprafața a fost impregnată cu un nou strat de Paraloid B 72 (**Fig. 9-10**).

Spre deosebire de acest complex, spada descoperită în M. 20 prezenta o serie de probleme complet diferite.

În urma plierii realizate în vechime, tensiunile exercitate asupra ansamblului au dus la apariția unor deformări ale tecii în unghiuri diferite față de cea a lamei în special în zonele de maximă curbare, desprinderi ale fragmentelor etc (**Fig. 11-12**).

Prin urmare, fragmentele de teacă, deși inițial fixate de lama spadei prin coeziunea oferită de solul îmbibat cu produși de coroziune, se prezentau ca elemente ușor de desprins la cea mai mică intervenție, fiind complet degradate în special în părțile curbate excesiv (**Fig. 13**). Degradarea a fost accentuată de formarea unor zone sensibile, unde structura metalografică formată în urma proceselor metalurgice a fost modificată, și care au interacționat cu mediul sub

forma apariției unor procese de coroziune sub tensiune mult mai active și virulente decât în celelalte părți ale tecii⁴⁷.

Prima etapă în procesul de restaurare a constat din îndepărtarea mecanică a depunerilor de sol din interiorul piesei, operație migăloasă care a implicat foarte mult timp de lucru. S-a încercat pe cât posibil îndepărtarea depunerilor prezente între cele trei straturi de metal (lama spadei și fețele tecii), fără a se ajunge la desprinderea fragmentelor. Pentru unele fragmente de mari dimensiuni, instabile și care riscau să se desprindă involuntar, s-a considerat necesară îndepărtarea lor temporară. În cadrul acestei etape au fost identificate și două fragmente aparținând altor piese (o aplică de bronz foarte subțire și un fragment din rama unui scut) fixate de spadă ca urmare a depunerii lor în același context, elemente imposibil de prelevat fără a fi deteriorate și care au fost menținute în poziția originală.

Pentru porțiunile cu o rezistență mecanică relativ mai bună curățirile mecanice manuale au fost completate cu mici intervenții mecanice cu ajutorul micromotorului și a aparatului de sablare. Toate intervențiile au fost stopate în momentul când s-a considerat că există riscul desprinderii sau deteriorarea unor porțiuni din elementele puternic corodate, chiar dacă pe suprafața acestora mai erau prezenți produși de coroziune cu aspect cornos, depuneri de sol sau combinații ale acestora.

Ansamblul se prezenta extrem de fragil, o mare parte a fragmentelor tecii fiind fixate de lamă doar prin aderența conferită de produșii de coroziune. Prin urmare nici în acest caz nu a fost posibilă aplicarea unui tratament de stabilizare chimică prin îndepărtarea clorului din compoziția masei compușilor de coroziune⁴⁸. Spre deosebire de ansamblul amintit anterior în acest caz nu a fost necesară asamblarea unui număr mare de fragmente, ci doar cele desprinse voluntar în timpul etapelor de curățare mecanică. Prin urmare s-a considerat oportună efectuarea unei inhibări chimice în soluție alcoolică de BTA 3%, tratament realizat prin imersie la o temperatură de 60° C timp de 72 de ore cu o verificare periodică a piesei pentru a se verifica eventuala desprindere sau deplasare a elementelor în urma expunerii acesteia la o soluție lichidă și un agent termic cu efecte dizolvante asupra produșilor de coroziune și în special al depunerilor de sol.

Piesa a fost uscată în aer liber, apoi impregnată prin imersie în soluție de Paraloid B72 cu o concentrație de 3%⁴⁹ (**Fig. 14-15**).

⁴⁷ Mourey 1998, p. 20; Anghel, Ursu 2015, p. 207.

⁴⁸ Tratamentul cu soluție alcalină de sulfat de sodiu poate duce la desfacerea pieselor foarte fragile în lungul liniilor de minimă rezistență, în urma solubilizării clorurilor din masa produșilor de coroziune.

⁴⁹ Toate etapele tratamentelor până la impregnarea piesei au fost aplicate cu utilizarea unui echipament specific (mănuși de unică folosință, măști de protecție din gama 3M cu filtre pentru

Fragmentele desprinse au fost asamblate cu rășină epoxidică, iar lacunele nu au fost completate pentru a nu se denatura aspectul original al piesei rezultat în urma unei intervenții voluntare asupra ei (**Fig. 16**).

Spada M. 45 se constituie ca una dintre cele mai bine păstrate piese provenite din acest lot. În momentul intrării în laborator teaca era parțial fixată de lama spadei, dar fragmentele, de dimensiuni relativ mari, au permis desfacerea lor manuală, fără a implica operații minuțioase sau aplicarea unor tensiuni (**Fig. 17**).

Suprafața tecii prezenta un strat uniform de patină nobilă de culoare neagră (magnetită) suprapus de produși de coroziune cu aspect cornos și depuneri mecanice de sol. Totodată erau prezente deformări sub formă de bule cauzate de mărirea volumului oxizilor formați între miezul metalic și patina nobilă⁵⁰. Lama spadei era parțial mineralizată, fără a se evidenția un strat uniform de patină nobilă care să se constituie ca un reper în timpul operațiilor de curățare mecanică (**Fig. 18**). Buterola era ruptă, iar mânerul fragmentat în zona mediană (**Fig. 19**).

După desprinderea fragmentelor tecii și îndepărtarea mecanică a produșilor de coroziune externi s-a ales aplicarea unei metode de stabilizare chimică prin băi repetate într-o soluție de sulfat de sodiu (Na_2SO_3), 25,2% și hidroxid de sodiu (NaOH), 2%⁵¹. Principalul scop al acestui tratament este cel de îndepărtarea a clorurilor fero-ferice atât de pe suprafața pieselor, cât și a celor formate între straturile produșilor de coroziune amintiți anterior⁵².

noxe chimice, curățirea suprafețelor, incintelor și a recipientelor de lucru cu eliminarea ulterioară a consumabilelor folosite etc).

⁵⁰ Zonele extinse de pe suprafața tecii prezentau un strat uniform, lucios, de culoare neagră, specific oxidului fero-feric Fe_3O_4 (magnetită) care formează un strat protector pe suprafața obiectelor din fier. Nucleul de metal a fost acoperit cu straturi relativ dense de oxizi de fier și de oxihidroxizi de fier care în zonele amintite este constituit în mare parte din magnetită. Aceste straturi nu sunt conectate direct la miezul metalic, astfel încât reacția catodică de reducere a oxigenului ($\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- - 4\text{OH}^-$) și reacția anodică de oxidare fier ($\text{Fe} - \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$) are loc la interfața dintre metalul rămas și stratul exterior de magnetită. Acest proces a fost posibil datorită porozității relativ mari a straturilor de oxizi protectori (magnetită) care a permis pătrunderea agenților de coroziune (apă, aer, cloruri, bacterii convertoare de sulf etc) spre profunzime, oxizii protectori fiind îndepărtați sau împinși spre exterior, iar miezul metalic a fost expus continuării coroziunii.

⁵¹ Anghel 1999, p. 600; Anghel, Ursu 2015, p. 209.

⁵² Mourey 1998, p. 67; Hamilton 1999, p. 67. Mourey recomandă utilizarea unor concentrații de 6,3% Na_2SO_3 , respectiv 2% NaOH și schimbarea soluției la intervale de o lună, două luni, respectiv trei luni, iar Hamilton, utilizarea unei cantități de 12,6% Na_2SO_3 , respectiv 2% NaOH cu schimbarea soluției săptămânal. Prin folosirea unei concentrații mai mari de Na_2SO_3 și schimbarea frecventă la 1-2 săptămâni a soluției se reduce substanțial timpul de tratare a pieselor.

După finalizarea tratamentului chimic și neutralizare⁵³ cele două fețe ale tecii au fost asamblate separat apoi fixate între ele, zonele în care rama a fost deteriorată și porțiunile lipsă fiind completate cu rășini epoxidice (**Fig. 20, 21, 22**). Ulterior a fost realizată o integrare cromatică și o conservare finală prin peliculizare cu Paraloid B 72 (**Fig. 23**).

Ultima piesă de acest tip provenită din necropola celtică de la Gâmbaş, supusă intervențiilor de restaurare, o reprezintă spada descoperită în M. 54.

La îndepărtarea bandajului din folie de polietilenă s-a constatat că teaca era formată din câteva fragmente de dimensiuni relativ mari, dar și zone puternic corodate cu elemente de mici dimensiuni complet transformate în produși de coroziune. Curbarea spadei, probabil ca urmare a presiunii solului, a cauzat deformarea tecii, desprinderea ei de corpul spadei în partea superioară și degradarea parțială a ramei (**Fig. 24, 25, 26**). Zona inferioară, cu o buterolă decorată, de mari dimensiuni, era fixată în urma corodării de lama spadei. Totodată s-au observat diferențe majore în privința stării de conservare a elementelor tecii, unele porțiuni fiind complet mineralizate, iar altele acoperite cu o patină uniformă de culoare neagră suprapusă cu produși de coroziune externi (**Fig. 27**).

Fragmentele au fost prelevate separat, cele de mici dimensiuni fiind asamblate direct în cadrul acestei etape prin care s-a obținut un număr relativ mic de elemente ușor de re poziționat la refacerea finală a tecii (**Fig. 28**). Partea inferioară cu buterola nu a putut fi detașată de lama spadei fără riscul de a o deteriora.

Fragmentele de teacă și lama spadei au fost curățate mecanic până la obținerea unei suprafețe uniforme și punerea în evidență a patinei nobile (**Fig. 29**). În urma îndepărtării depunerilor de sol și a produșilor de coroziune externi au fost sesizate pete cu aspect umed caracteristice prezenței clorurilor fero-ferice în interiorul fisurilor obiectelor, în special în zona buterolei, cloruri care au fost reactivitate datorită expunerii miezului metalic efectelor umidității atmosferice⁵⁴.

⁵³ Neutralizarea s-a realizat prin fierberi repetate în apă distilată, urmate de imersie în alcool și uscare în etuvă.

⁵⁴ Reacția de dizolvare a fierului îngropat ($\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$) are loc la interfața dintre metalul și produsele sale de coroziune. În soluții cu un pH mai mare de 4 această reacție este contrabalansată de reducerea oxigenului dizolvat ($\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$). La suprafața obiectelor se formează ioni de fier (II) care se hidrolizează $\text{Fe}^{2+} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{Fe}(\text{OH})^+ + \text{H}^+$, proces care provoacă acidifierea locală. Neutralitatea electrică trebuie să fie menținută și acest lucru se realizează prin anioni (în special Cl^-) difuzați din mediul înconjurător pentru a echilibra sarcina cationilor Fe^{2+} . Ionii de clor tind să se concentreze la interfața dintre metal și produșii de coroziune, astfel că fisurile și porii obiectelor sunt umplute cu o soluție de clorură acidă de FeCl_2 . Vezi: Potter 1956, p. 236; Evans 1963, p. 28; Turgoose 1985, p. 15; Selwin *et alii* 1999, p. 220 și urm.; Reguer *et alii* 2007, p. 2731.

Prin urmare elementele ce compuneau piesele se prezentau sub două aspecte divergente din punct de vedere al posibilității aplicării diferitelor tratamente chimice: o parte din fragmente erau complet mineralizate, foarte fragile, imposibil de expus unui tratament de stabilizare: lama spadei și fragmentele de mari dimensiuni prezentau miez metalic parțial mineralizat, dar cu puncte de atac activ caracteristice prezenței clorurilor fero-ferice.

Astfel, fragmentele de mici dimensiuni și cele preasamblate au fost supuse unui tratament de inhibare chimică în soluție alcoolică de BTA 3% și BTN 2%, prin imersie timp de 72 de ore la o temperatură de 60° C.

Lama spadei și fragmentele de dimensiuni mari au fost stabilizate chimic în soluție de sulfat de sodiu (Na_2SO_3), 25,2% și hidroxid de sodiu (NaOH), 2%, prin băi repetate timp de mai multe săptămâni. După neutralizarea pieselor prin băi repetate de apă distilată și uscarea prin imersie în alcool, suprafața a fost inhibată chimic prin pensulare cu soluția amintită anterior.

Elementele conservate prin peliculizare cu Paraloid 3%, (**Fig. 30**) au fost asamblate cu rășină epoxidică fără a se completa părțile lipsă, astfel încât lama spadei este parțial vizibilă prin intermediul lacunelor din cadrul tecii (**Fig. 31-32**).

Pentru restaurarea spadelor celtice descoperite la Gâmbaș s-au folosit diferite metode de abordare a fiecărei etape a procesului de restaurare, aplicate în funcție de fiecare piesă în parte, chiar dacă operațiile efectuate, instrumentarul și soluțiile folosite au fost aceleași. Tehnicile de lucru au permis păstrarea integrală și fixarea tuturor fragmentelor pieselor în special a celor care formau tecile.

În urma demersului spadele pot fi valorificate științific și expozițional în bune condiții, dar având în vedere fragilitatea dată de starea avansată de degradare în care au fost descoperite, ele implică precauții sporite în privința manipulării, depozitării și expunerii.

THE RESTORATION OF SOME CELTIC SWORDS DISCOVERED AT GÂMBAȘ

ABSTRACT

This material offers the depiction of conservation-restoration methods applied to a lot of four swords recently discovered in the Celtic necropolis of Gâmbaș.

All of the pieces come from incineration graves, being identified alongside other steel, bronze and ceramic confectioned objects, traces of ash and cinerated items which come from the funeral pyre. This kind of inventory is specific to the character of Celtic warriors.

From the viewpoint regarding the conservation state, the pieces depicted specific degradations of steel confectioned artifacts with variations from one case to another as a result of pre burial anthropic interventions (the ritualistic bending of one of the swords), structural changes caused by soil pressure (bending), being covered by specific corrosion

products influenced by the pH and the chemical composition of the soil which sheltered them or the contact with other materials from the funerary complex.

The manufacturing technique of the pieces is one of the factors which contributed in a significant way to the aggravation of the conservation state in which the pieces were discovered: the sword sheaths had been manufactured with very thin metal sheets which were strongly affected by the environment conditions where they were kept.

The elemental composition of the soils where the swords were found was analysed through destructive spectrometry methods, inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES) and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). The determination of pH was performed through the instrumental method of serial measurement with the pH meter. The analysis results identified, from a chemical viewpoint, a somewhat aggressive soil.

Based on the specific of each piece, there were chosen different methods of sampling, assembling and reassembling the sword sheaths.

The sheaths of two pieces were detached from the blade and were treated separately, and for the remaining two pieces the sheaths were restored along with the swords.

For the restoration of the Celtic swords discovered at Gâmbaş, there were different approaches used for each and every stage of the restoration process even if the operations, the instruments and the solutions used were the same.

The chemical treatments consisted of chemical stabilization in Sodium Sulphite solution (Na_2SO_3), 25.2% and Sodium Hydroxide (NaOH), 2%, or chemical inhibition in Benzotriazole alcoholic solution 3% and 2% Sodium Benzoate.

The assemblage of the pieces was made with different types of epoxy resins, and the final conservation was made through permeation with Paraloid B-72.

After these processes the swords can be scientifically and expositively harnessed in good conditions, but considering the frailty caused by the advanced state of degradation in which they were discovered, there must be increased caution when handling, storing and exposing them.

THE LIST OF FIGURES

Table I. The elemental analysis of the soil matrices through ICP-MS and ICP-AES.

Table II. The values obtained by measuring the soil matrix pH.

Fig.1. Spear and sword ensemble from M. 26, place at the entrance of the laboratory.

Fig. 2. Spear detail after the encasement disentanglement.

Fig. 3. The spear after the piece assembling.

Fig. 4. The spear after restoration.

Fig. 5. Detail of the sword sheath after the spear removal.

Fig. 6. The exterior part of the spear and the sword after sampling.

Fig. 7. Sheath detail after sampling.

Fig. 8. Detail of the interior part of the sheath after sampling.

Fig. 9. The sheath and the sword after restoration.

Fig. 10. Detail of the sheath decor after restoration.

Fig. 11. The sword from M. 20 before restoration (frontal).

- Fig. 12. The sword from M. 20 before restoration (lateral).
 Fig. 13. Detail of the maximum bend area.
 Fig. 14. The sword from M. 20 after restoration (frontal 1).
 Fig. 15. The sword from M. 20 after restoration (frontal 2).
 Fig. 16. Detail of the sheath decor, after restoration.
 Fig. 17. The sword from M. 45 before restoration.
 Fig. 18. Detail of the handgrip before restoration.
 Fig. 19. Detail of the cup-shaped hammer before restoration.
 Fig. 20. The plates of the sheath after chemical treatment and assemblage.
 Fig. 21. Details of the sheath after assembling.
 Fig. 22. Details of the sheath after assembling.
 Fig. 23. The sword and the sheath after restoration.
 Fig. 24. The sword from M. 54 before restoration.
 Fig. 25. Detail before restoration.
 Fig. 26. Detail of the handgrip before restoration.
 Fig. 27. Detail of the cup-shaped hammer before restoration.
 Fig. 28. The pieces which form the sheath after sampling.
 Fig. 29. Detail of the cup-shaped hammer during the mechanical cleaning operations.
 Fig. 30. The sword and the sheath pieces after chemical treatments.
 Fig. 31. The sword from M. 54 after restoration.
 Fig. 32. Detail of the cup-shaped hammer after restoration.

Bibliografie:

- Anghel 1999 - D. Anghel, „Restaurarea și reconstituirea unei tolbe de săgeți”, *Apulum*, XXXVI, 1999, p. 599-604.
- Anghel 2008 - D. Anghel, „O metodă de prelevare și restaurare a pieselor arheologice din fier”, *Apulum*, XLV, 2008, p. 599-604.
- Anghel 2013 - D. Anghel, „Prelevarea și restaurarea inventarului funerar al unui mormânt din secolul al XVII-lea”, *Apulum*, L, 2013, p. 609-614.
- Anghel, Ursu 2015 - D. Anghel, M. Ursu, „Contribuția investigațiilor multidisciplinare în vederea restaurării unor piese de armament și harnașament din perioada regatului dac”, *Apulum*, LII, 2015, p. 181-215.
- Argyropoulos et alii 2007 - V. Argyropoulos, M. Giannoulaki, G. P. Michalakakos, A. Siatou, „A survey of the types of corrosion inhibitors and protective coatings used for the conservation of metal objects from museum collections in the Mediterranean basin”, *CSSIM*, Cairo, 26-28, February, 2007, p. 1-10.
- Bălan et alii 2015 - G. Bălan, R. Burlacu-Timofte, R. Ota, T. Muntean, M. Râza, O. Oargă, D. Anghel, „Raport preliminar cu privire la săpăturile arheologice preventive întreprinse la Gâmbaș-Sit 2”, *Apulum*, LII, 2015, p. 133-179.

- Boissonnas 2006 - V. Boissonnas, „An introduction to the history of metals conservation”, *The Metals Conservation Summer Institute*, May 27-June 7, 2006, Worcester, MA, USA, HEAA Arc, La Chaux-de-Fonds, Switzerland.
- Borangic 2014 - C. Borangic, „Arme și piese de harnașament din epoca Regatului dac, descoperite la Bulbuc, com. Ceru-Băcăinți, jud. Alba. Considerații preliminare”, *Istros*, 20, 2014, p. 259-310.
- Cosma *et alii* 2013 - C. Cosma, A. Dobos, G. T. Rustoiu, A. Rustoiu, O. Oargă, *Războinici în Transilvania din Epoca Avară*, Catalog de expoziție, Cluj-Napoca, 2013.
- Crișan 1974 - I. H. Crișan, „Precizări în legătură cu descoperirile celtice de la Aiud”, *St. Com. Bruckenthal*, 18, 1974, p. 71-92.
- Evans 1963 - U.R. Evans, *An Introduction to Metallic Corrosion*, St. Martin's Press, New York, 1963.
- Ferencz 2007 - I. V. Ferencz, „Despre o spadă celtică descoperită la Aiud”, *Apulum*, XLIV, 2007, p. 73-82.
- Hamilton 1999 - D. L. Hamilton, „Methods of Conserving Archaeological material from underwater sites”, *Anthropology* 605, *Conservation of Archaeological Resources*, I, January 1, 1999.
- Hosseini *et alii* 2003 - M. G. Hosseini, M. R. Arshadi, T. Shahrabi, M. Ghorbani, „Synergistic influences of benzoate ions of corrosion of mild steel în 0.5M sulphuric acid by benzotriazole”, *Corrosion Science*, Vol. 16, No. 3, October 2003, p. 255-263.
- Hubert 1983 - H. Hubert, *Celții și civilizația celtică*, București, 1983.
- Koròdi 1968 - I. Koròdi, „Restaurarea și conservarea obiectelor de metal la Muzeul de istorie Cluj”, *Rev. Muz.*, 1, anul III, 1968, p. 50-59.
- Lejars 1996 - T. Lejars, „Les armes en fer: une source d'information privilégiée pour l'étude du fonctionnement des sanctuaires celtiques”, *Mélanges de l'Ecole française de Rome. Antiquité*, Tom 108, Nr. 2, 1996, p. 607-630.
- Lewis, Boden 1979 - P. G. Lewis, G. Boden, „Some, Chemical Aspects of the Corrosion Inhibition of Copper by Benzotriazole”, *Corrosion Science*, Vol. 19, 1979, p. 457-467.
- Madsen 1967 - H. B. Madsen, „A Preliminary Note on the Use of Benzotriazole for Stabilizing Bronze Objects”, *Studies in Conservation*, 12, 1967, p. 163-167.
- Mennuci *et alii* 2009 - M. M. Mennucci, E. P. Banczek, P. R. P. Rodrigues, I. Costa, „Evaluation of benzotriazole as corrosion inhibitor for carbon steel in simulated pore solution”, *Cement & Concrete Composites*, 31, 2009, p. 418-424.
- Mourey 1998 - W. Mourey, *Conservarea antichităților metalice*, București, 1998.
- Notoya, Ishikawa 1982 - T. Notoya, T. Ishikawa, „Benzotriazole and its derivatives as corrosion inhibitors for iron in sodium chloride solution”,

- Buletin of the Faculty of Engineering Hokkaido University*, Nr. 110, p. 119-124.
- Petrușan 1982 - A. Petrușan, „Restaurarea unei teci de sabie celtică de la Apahida”, *ActaMN*, XIX, 1982, p. 867-873.
- Pillard *et alii* 2001 - D. A. Pillard, J. S. Cornell, D. L. Dufrense, M. T. Hernandez, „Toxicity of benzotriazole and benzotriazole derivatives to three aquatic species”, *Water Resources*, Vol. 35, Nr. 2, p. 557-560.
- Pinter 2007 - Z. K. Pinter, *Spada și sabie medievală în Transilvania și Banat (sec IX- XIV)*, Alba Iulia, 2007.
- Plenderleith 1956 - H. J. Plenderleith, *The Conservation of Antiquities and Works of Art*, Oxford University Press, 1956.
- Podany *et alii* 2001 - J. Podany, K. M. Garland, W. R. Freeman, J. Rogers, „Paraloid B-72 as a structural adhesive and as a barrier within structural adhesive bonds: Evaluations of strength and reversibility”, *Journal of the American Institute for Conservation*, 40, Nr. 1, p. 15-33.
- Potter 1956 - E. C. Potter, *Electrochemistry: Principles and Applications*, Cleaver-Hume, London, 1956.
- Rapin 1996 - A. Rapin, „Les armes enfouis sous la rouille”, *Mélanges de l'École française de Rome. Antiquité*, Tom 108, Nr. 2, 1996, p. 505-522.
- Rapin 1999 - A. Rapin, „L'armement celtique en Europe: Chronologie de son evolution technologique, du V Ea 1 Ers. AV, J.C.”, *Gladius*, XIX, 1999, p. 33-67.
- Reguer *et alii* 2007 - S. Réguer, P. Dillmann, F. Mirambet, „Buried iron archaeological artefacts: Corrosion mechanisms related to the presence of Cl-containing phases”, *Corrosion Science*, 49, 2007, p. 2726-2744.
- Turgoose 1985 - D. Turgoose, „The corrosion of archaeological iron during burial and treatment”, *Studies in Conservation*, Nr. 30, 1985, p. 13-18.
- Selwin *et alii* 1999 - L. S. Selwyn, P. I. Sirois, V. Argyropoulos, „The corrosion of excavated archaeological iron with details on weeping and akaganéite”, *Studies in Conservation*, Nr. 44, 1999, p. 217-232.
- Watkinson 1981 - D. Watkinson, *First aid for finds*, London, 1981.
- Watkinson, Neal 1998 - D. Watkinson, V. Neal, *First aid for finds*, London, 1998.



Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 7.



Fig. 8.



Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11.



Fig. 12.



Fig. 13.



Fig. 14.



Fig. 15.



Fig. 16.



Fig. 17.



Fig. 18.



Fig. 19.



Fig. 20.



Fig. 21.



Fig. 22.



Fig. 23.



Fig. 24.



Fig. 25.



Fig. 26.



Fig. 27.



Fig. 28.



Fig. 29.



Fig. 30.



Fig. 31.



Fig. 32.