

# Caratterizzazione di una protome taurina di epoca romana

P. Cerchier, L. Pezzato, I. Calliari, M. Frassine, S. Emanuele, P. Bonini

Il presente studio raccoglie i risultati della caratterizzazione svolta su tre frammenti in bronzo pertinenti ad una protome taurina di epoca romana (III - IV secolo d.C.) rinvenuti a Montebelluna (TV). Sui tre reperti sono state svolte analisi XRF e osservazioni al microscopio ottico ed elettronico. Si è verificato che per tutti la composizione era quella di un bronzo al 12% di stagno con presenza di piombo e solfuri e che la microstruttura era costituita da grani equiassici in cui erano visibili bande di deformazione. Sono state inoltre osservate una decuprificazione superficiale e una patina, con tracce di Si, Fe, Ca e P, compatibili con il lungo periodo di interrimento. In una zona più scura dei frammenti principali è stato infine rilevato un elevato contenuto di ferro. Questi risultati hanno permesso di confermare l'autenticità dei tre reperti e di attribuirli al medesimo manufatto. Inoltre è stato possibile confermare l'ipotesi che la cavità interna alla protome, visibile in frattura, fosse occupata da una staffa in ferro, intorno alla quale è verosimile che sia stato colato il bronzo fuso durante la lavorazione.

**PAROLE CHIAVE:** PROTOME TAURINA, ARCHEOMETALLURGIA, BRONZO

## INTRODUZIONE

La lavorazione dei metalli presuppone la risoluzione, sia pure empirica, di una serie di problemi tecnici relativi all'estrazione della materia prima dai minerali che la contengono, l'eventuale "costruzione" di composti bimetallici - o più complessi - che presentino caratteristiche migliori dei metalli stessi presi singolarmente, la loro lavorazione, sia essa a freddo o a caldo. Ne consegue che progresso tecnologico e lavorazione di determinati metalli vanno di pari passo, tanto da permettere di definire l'evoluzione tecnologica proprio in base alla tipologia di metallo che si riusciva a lavorare: Età del Rame, Età del Bronzo, Età del Ferro [1-5]

Fra le leghe del rame (Cu), il bronzo è forse quella che è stata usata più precocemente e diffusamente nell'antichità [6-8].

Esso è costituito da ridotte percentuali di Stagno (Sn) disperse in soluzione entro il reticolo cristallino del rame. In Europa non esistono giacimenti o aree in cui siano presenti, in forma e percentuali utilizzabili, ambedue i metalli contemporaneamente; quindi, l'introduzione del Bronzo come lega comporta lo sviluppo di circuiti commerciali e di reti di trasporto e scambio delle merci [7].

Lo stagno in particolare era elemento "strategico", dato che le grandi aree minerarie erano localizzate in regioni

**Pietrogiovanni Cerchier,  
Luca Pezzato,  
Irene Calliari**

Dipartimento di Ingegneria Industriale,  
Università di Padova

**Matteo Frassine,  
Sara Emanuele**

Soprintendenza Archeologia,  
belle arti e paesaggio per l'area metropolitana  
di Venezia e le province di Belluno,  
Padova e Treviso (SABAP Ve-Met)

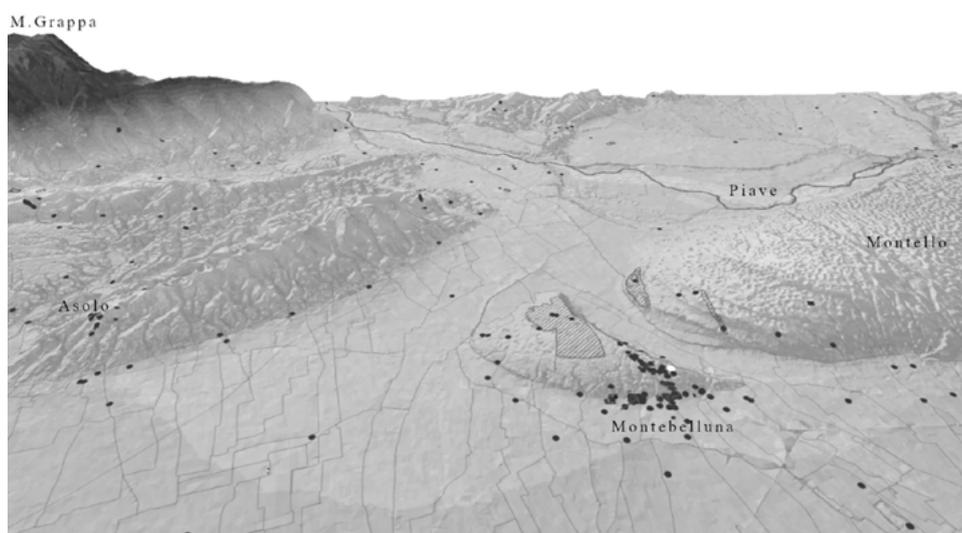
**Paolo Bonini**

Accademia di Belle Arti "Santa Giulia" di Brescia

ben precise: la Galizia, la Bretagna, la Cornovaglia [9]. Essendo una lega, cioè un miscuglio fra due componenti, il bronzo presenta caratteristiche variabili a seconda della percentuale di essi [9]. Il punto di fusione del rame è 1084,6 °C, mentre lo Stagno fonde a T molto più bassa, 231,93 °C. Considerando le leghe in uso nell'antichità, l'aggiunta di quantità via via maggiori di stagno poteva abbassare il punto di fusione della lega sino a temperature dell'ordine degli 800°C: questo comporta che, una volta ottenuto il bronzo in lingotti, tutte le successive lavorazioni richiedono un minore dispendio energetico, rispetto a lavorare il rame puro. In compenso, l'aggiunta di stagno al rame ne aumenta la durezza, che per il rame puro è 3 secondo la scala di Mohs mentre aumenta quasi a 4 per il bronzo, e ne rende il fuso più fluido, quindi più facilmente colabile in stampi. La percentuale di Sn entro la lega, determinando le caratteristiche fisiche e meccaniche, influenza la lavorabilità e il tipo di oggetti che si possono ricavare. Attorno all'8-9% di Sn si ha un materiale con buone caratteristiche meccaniche; aumentando Sn sino anche al 25% si può avere lavorabilità, in particolari condizioni, anche a freddo. La durezza del materiale, e con essa la fragilità, aumentano però al crescere della percentuale di Sn; in genere tutt'oggi non vengono usati bronzi con contenuto in Sn superiore al 30% perché divengono troppo fragili [9-12]. Le caratteristiche della lega bronzo permettono di comprendere alcuni modi di lavorazione usati nell'antichità. Nell'artigianato romano troviamo infatti prodotti diversi:

oggetti di dimensioni medio-grandi e compatti (ad esempio spade e asce, prima della diffusione del Ferro), oggetti con funzione decorativa non cavi all'interno (es: statuette), oggetti cavi all'interno con ridotto spessore delle pareti (es: recipienti, elmi), oggetti in lamina decorata a sbalzo (es: ornamenti, fibule). Ciascuno di questi tipi mostra tecniche di lavorazione diverse [13-14]. Si possono distinguere tecniche di lavorazione a freddo e tecniche di lavorazione a caldo, ambedue strettamente dipendenti dal raggiungimento di determinate temperature e da una conoscenza, sia pure empirica, delle modalità con cui variano le caratteristiche di durezza, elasticità, lavorabilità alle varie temperature. Nella fusione il metallo viene introdotto in uno stampo di materiale refrattario e lasciato raffreddare, poi l'oggetto una volta estratto viene rifinito con altre tecniche di lavorazione a freddo. Si possono ottenere con questo metodo oggetti di dimensioni più o meno grandi, pieni o cavi. In base alle caratteristiche dello stampo si può avere fusione a staffa o fusione a cera persa [15].

Il Museo civico di Storia Naturale e Archeologia di Montebelluna (Treviso) espone al pubblico dal settembre 2017 una rara protome taurina in bronzo [16], realizzata in epoca romana, esito di recenti scoperte casuali in una zona ove vi sono diverse attestazioni di edifici romani, riferibili in taluni casi ad abitazioni di pregio, presenti nella zona di S. Maria del Colle e Mercato Vecchio (Fig. 1), area già inserita nel censimento dell'Atlante "Le zone archeologiche del Veneto" del 1987.



**Fig.1** - Modello digitale del terreno (DTM) con al centro la collina di Montebelluna; i punti in nero identificano le evidenze archeologiche, mentre in bianco il luogo del rinvenimento della protome taurina (elaborazione M. Frassine). / Digital terrain model (DTM) with the Montebelluna hill in the center; the points in black identify the archaeological evidence, while in white the place where the taurine protome was found (elaboration by M. Frassine).

La protome è infatti emersa, in due porzioni e in due momenti diversi (febbraio e ottobre 2015), durante alcune lavorazioni agricole condotte dal sig. Alessandro Cavarzan, all'interno del proprio terreno, posto nell'area compresa tra S. Maria del Colle e Mercato Vecchio (Fig. 1), non distante da un altro fondo, denominato Agostinetto, dove, nel 1979, sono stati individuati alcuni resti appartenenti ad un'abitazione romana di pregio, connotata da un vano a mosaico e uno riscaldato a pianta circolare pavimentato in tavelle di laterizio.

Le due porzioni sono fra loro ricomponibili e prive delle zampe anteriori, spezzate poco al di sotto del punto di attacco

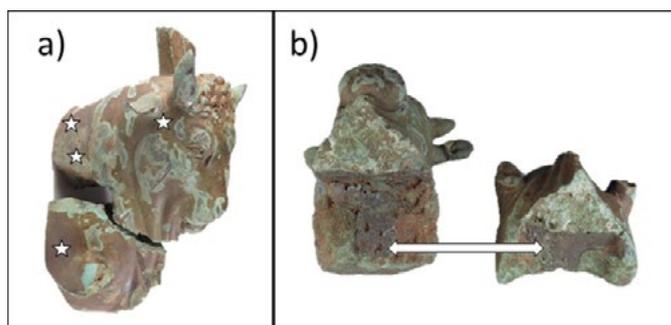
Nel giugno 2018 è avvenuta una terza consegna al Museo, effettuata sempre dal sig. Cavarzan, di una zampa completa di zoccolo attribuibile allo stesso manufatto. Sebbene questo elemento bronzeo fosse compatibile per proporzioni e resa stilistica con i primi frammenti, non era riferibile con certezza alla protome in quanto mancante di un frammento intermedio di raccordo. La protome taurina è stata analiz-

zata come esposto in questo lavoro e quindi presa in carico dal Laboratorio di restauro della Soprintendenza ABAP-Ve-Met di Padova nel novembre 2016 per essere sottoposta ai necessari interventi conservativi propedeutici allo studio e all'esposizione.

## MATERIALI E METODI

Preliminarmente, la composizione della protome è stata determinata con la fluorescenza a raggi X dispersione di energia (ED-XRF). L'analisi è stata svolta con lo strumento portatile XSORT (AMETEK) che ha consentito di esaminare diverse zone della protome di dimensione di 1-3 mm<sup>2</sup>.

L'analisi XRF è ampiamente utilizzata in archeometria in quanto non distruttiva e applicabile direttamente sui manufatti [17-19]. Si sono esaminati quindi i punti, indicati in Fig. 2, al fine di individuare il tipo di lega. Sono state scelte alcune aree rappresentative (con e senza patina di corrosione) e particolare attenzione è stata dedicata alla zona retrostante (indicata con la freccia) che faceva ipotizzare la presenza di una staffa.



**Fig.2** - Protome\* con indicazione delle aree dove sono state effettuate le analisi XRF: a) zone sulla superficie lavorata e b) zone in cui era probabilmente fissata una staffa. / Protome\* indicating the areas where the XRF analyzes were carried out: a) areas on the machined surface and b) areas where a bracket was probably fixed.

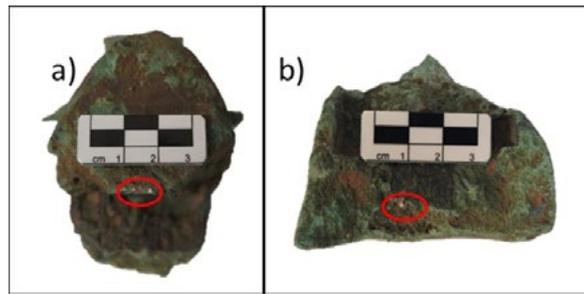
Successivamente è stata abrasa dalla statua, in un punto non visibile, della polvere comprendente il metallo non ossidato. La microanalisi EDS della polvere ha potuto verificarne così la composizione.

Inoltre, sulla polvere proveniente da uno dei due frammenti si è svolta un'analisi XRD tramite diffrattometro Siemens D500 con fascio monocromatico ed emissione CuK $\alpha$  ( $\lambda = 1.5405 \text{ \AA}$ ), condizioni d'emissione 40 kV and 30 mA.

Vi è stato inoltre un secondo prelievo, di due frammenti di circa 1mm<sup>3</sup>, in una zona più superficiale e, tramite carotaggio, in una più interna al pezzo (Fig. 3).

Le analisi microstrutturali e di composizione sono state

effettuate su questi campioni prelevati con microscopio elettronico Cambridge Stereoscan 440 con sonda Philips PV9800 EDS, nonché al microscopio ottico LEICA DMRE, prima e dopo preparazione e attacco metallografico. I campioni dopo essere stati inglobati in resina epossidica, sono stati lucidati con carte abrasive e panni con sospensione diamantata da 6 e 1  $\mu\text{m}$ . L'attacco metallografico è costituito da una soluzione d'etanolo contenente 25g/l di cloruro ferrico ed 1% d'acido cloridrico.



**Fig.3** - Protome\* con punti di prelievo dei frammenti per analisi microstrutturali e di composizione al SEM. / Protome\* with sampling points of the fragments for microstructural and SEM composition analyzes.

A seguito dell'analisi della prima statuetta è stato analizzato un altro frammento rinvenuto nello stesso luogo e rappresentante una zampa (Fig. 4).



**Fig.4** - Zampa della protome\* rinvenuta in un secondo momento. / Leg of the protome\* found later.

Anche in questo caso è stato prelevato un piccolo campione, in una zona poco visibile, il quale è stato osservato al microscopio elettronico. Quindi il campione prelevato è stato inglobato in resina epossidica, lucidato e preparato con attacco metallografico come in precedenza per poi essere osservato al microscopio ottico ed elettronico.

## RISULTATI E DISCUSSIONE

L'esame preliminare con lo spettrometro XSORT ha confermato che per la protome è stata impiegata una lega di

tipo Cu-Sn, in alcune zone si è notato un consistente arricchimento in stagno, dovuto probabilmente al processo di corrosione. Sono inoltre presenti tracce di Si, Fe, Ca, P derivanti dall'interazione con il terreno di seppellimento. Questa prima informazione ha consentito di confermare l'attribuzione del manufatto alla classe dei materiali bronzei.

Le indagini allo stereomicroscopio, riportate in Fig.5, hanno evidenziato la presenza di due diverse zone: una più scura, nella parte inferiore della protome, e una più chiara.



**Fig.5** - Foto allo stereomicroscopio delle due zone presenti sulla protome: in basso quella scura, ove si suppone vi fosse l'aggancio della staffa e sopra quella con la patina presente nel resto della protome. / Stereomicroscope photos of the two areas on the protome: the dark one at the bottom, where the bracket is supposed to be hooked, and above the one with the patina present in the rest of the protome.

Sulla zona "scura", indicata dalle frecce in Fig. 2b si è notata la presenza di Ferro in concentrazioni elevate, non compatibili con l'interazione con il terreno o con il processo

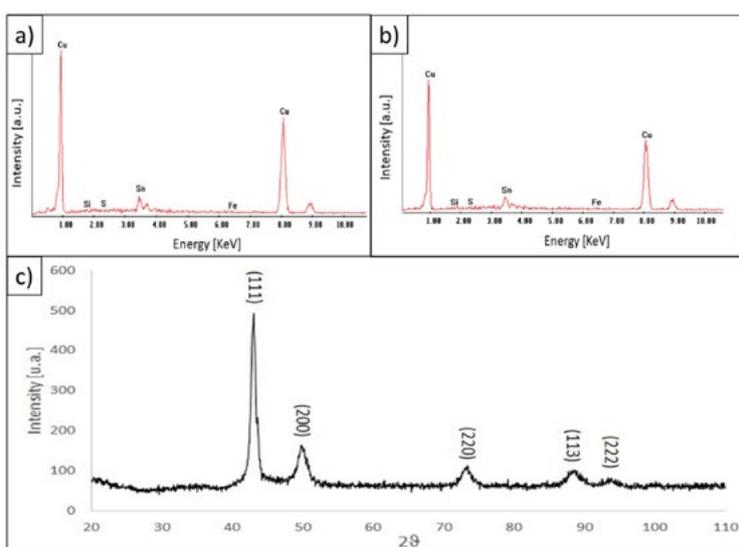
produttivo. La presenza del ferro consente di convalidare l'ipotesi che in quella parte la protome fosse a contatto con un manufatto in ferro.

**Tab.1** - Risultati dell'analisi XRF. a) media dei valori in Fig. 2a e b) media dei valori nelle posizioni in Fig. 2b. / Results of the XRF analysis. a) average of the values in Fig. 2a and 2) average of the values in the positions in Fig. 1b.

EL. [%]	Cu	Sn	Si	Al	P	Fe	Pb	As	Ag	Zn
a)	50.2	37.6	6.12	2.22	1.92	1.32	0.42	0.12	0.037	0.036
a)	50.2	37.6	6.12	2.22	1.92	1.32	0.42	0.12	0.037	0.036

L'analisi EDS e XRD della polvere abrasa dalla statua in zone subsuperficiali ha confermato la composizione a base

di rame e stagno (Fig. 6a) e la stessa composizione si è avuta per il campione prelevato dalla zampa (Fig. 6b).



**Fig.6** - Analisi della polvere abrasa sub-superficialmente dalla protome e del frammento della zampa che confermano per entrambe la composizione a base di rame e stagno. a) spettro EDS della polvere abrasa dal manufatto; b) spettro EDS del frammento asportato dalla zampa; c) spettro XRD della polvere abrasa dal manufatto. I picchi corrispondono ai piani di diffrazione della lega Rame-stagno (il reticolo è quello del rame). / Analysis of the dust sub-superficially abraded from the protome and of the fragment of the paw which confirm for both the composition based on copper and tin. a) EDS spectrum of the powder abraded from the manufactured article; b) EDS spectrum of the fragment removed from the paw; c) XRD spectrum of the powder abraded from the product. The peaks correspond to the diffraction planes of the copper-tin alloy (the lattice is that of copper).

Dall'analisi dello spettro EDS è possibile ricavare le composizioni semiquantitative dei due frammenti, riportate in Tab. 2.

**Tab.2** - Risultati dell'analisi semiquantitativa degli spettri EDS in Fig. 6. / Results of the semi-quantitative analysis of the EDS spectra in Fig. 6.

EL. [%]	Cu	Sn	Si	Fe	S
Polvere testa	88.5	9.7	0.6	0.8	0.4
Frammento zampa	87.3	10.2	1.0	1.2	0.3

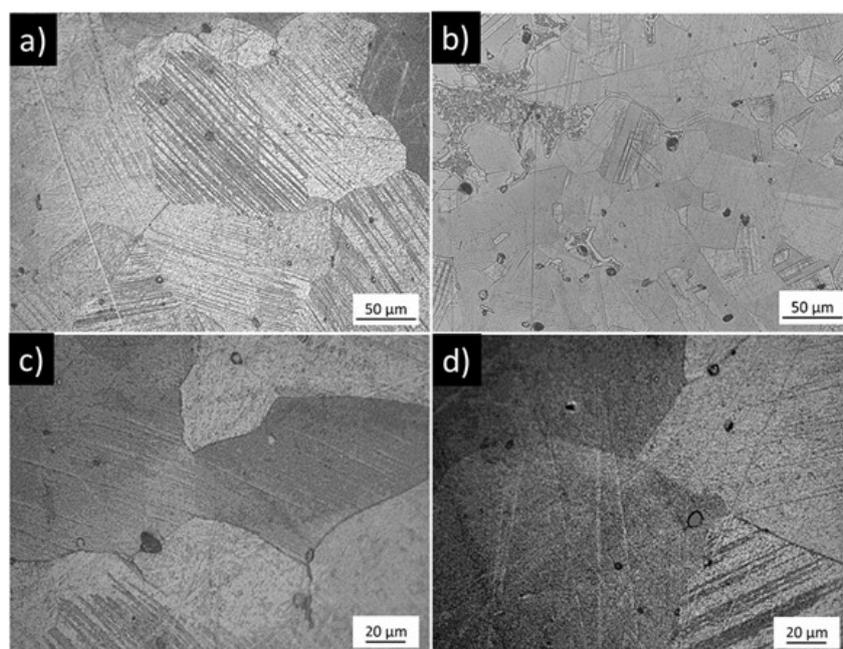
La microanalisi EDS ha consentito di ottenere la composizione della lega, che in entrambi i casi è un bronzo alfa con Cu 87%, Sn 12 % e tracce di Fe, Pb e S.

Per quanto concerne la testa di toro, le analisi XRF superficiali tuttavia avevano evidenziato una minor presenza di rame ed una maggiore di stagno. Questa decuprificazione superficiale è una tipica forma di corrosione nei bronzi ed è stata confermata dall'analisi di linea in Fig. 10. Tali fenomeni corrosivi risultano essere in accordo con il fatto che la protome è stata per lungo tempo interrata.

La microstruttura del materiale, ottenuta dalle analisi al microscopio ottico ed elettronico (SEM) della sezione dei frammenti inglobati in resina provenienti dalla protome e dalla zampa, ha evidenziato la presenza di grani equiassici e bande di deformazione, con presenza di solfuri, ossidi di

rame e piccole gocce di Pb (Fig. 7 e Fig. 8). La dimensione della grana è molto più piccola nel campione prelevato dalla zampa (Fig. 7b) rispetto a quello prelevato dalla testa (Fig. 7a) e ciò si può giustificare con il raffreddamento più rapido di quella parte a seguito della colata.

In particolare, la presenza di linee di incrudimento o di geminati è direttamente legata all'eventuale lavorazione plastica dopo la solidificazione mentre la presenza di inclusioni non metalliche è da collegarsi invece ai processi di riduzione e di affinazione. La presenza sia di inclusioni che delle bande di deformazione è già chiaramente visibile al microscopio ottico, come si osserva in Fig.7.

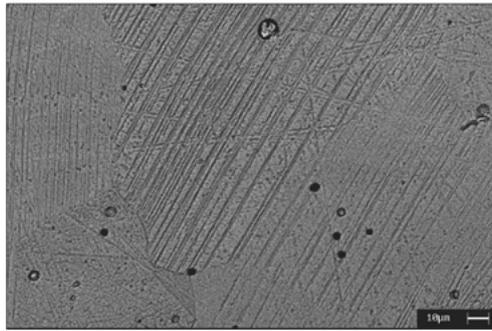


**Fig.7** - Immagini della microstruttura ottenuta al microscopio ottico. a) microstruttura della testa di toro; b) microstruttura della zampa; c) particolare delle inclusioni; d) particolare delle tracce di Pb. / Images of the microstructure obtained under the optical microscope. a) microstructure of the bull's head; b) microstructure of the paw; c) detail of the inclusions; d) detail of the traces of Pb.

L'osservazione con il microscopio elettronico ha poi confermato la presenza delle linee di incrudimento (Fig. 8) derivanti del processo di lavorazione meccanica sulla parte esterna, dopo la solidificazione.

Tali deformazioni si possono ritenere collegate con la la-

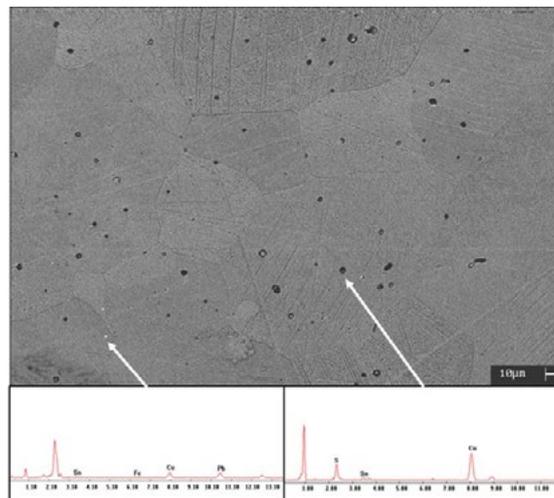
vorazione che la protome ha dovuto subire per poter essere agganciata alla staffa che la sorreggeva.



**Fig.8** - Immagine della microstruttura (SEM) con grani equiassici e bande di scorrimento / Microstructure image (SEM) with equiaxed grains and slip bands.

La microanalisi EDS (Fig. 9) ha consentito di definire la natura delle inclusioni non metalliche, costituite in prevalenza da ossidi e solfuri di rame, tipici del minerale di ori-

gine, e di evidenziare la presenza di Pb in concentrazioni molto basse (< 1% in peso).



**Fig.9** - Immagine della microstruttura ottenuta al SEM con inclusioni e particelle di Pb (indicate dalle frecce) / Image of the microstructure obtained by SEM with inclusions and particles of Pb (indicated by arrows).

La presenza di queste tracce di Pb è da attribuirsi al minerale di partenza e non è quindi da considerarsi un'aggiunta volontaria.

Il tenore di stagno nella lega ha una notevole influenza sulle proprietà meccaniche: fino al 6% di stagno si ha un bronzo malleabile, dal 6 al 18% di stagno si ha invece una lega molto resistente. Solitamente si riscontra, come limite di malleabilità a caldo o a freddo, il 15% di stagno in lega: percentuali maggiori rendono infatti processi impieganti tale tipo di lavorazione proibitivi.

In questo caso è stata quindi impiegata una lega con buona fluidità, con un intervallo di fusione piuttosto ampio, ido-

nea alla produzione di manufatti con particolari complessi con tecnologia a cera persa. In questo caso quindi la lega impiegata presenta buone caratteristiche di resistenza pur essendo ancora lavorabile a freddo. Vi è da notare che la presenza del 12% di stagno, ampliando l'intervallo di solidificazione, può promuovere l'insorgere di fenomeni segregativi.

A conferma di ciò, in Fig. 7c è possibile notare la presenza di fase eutettoidica  $\alpha+\delta$ , ricca in stagno, segregata a bordo grano.

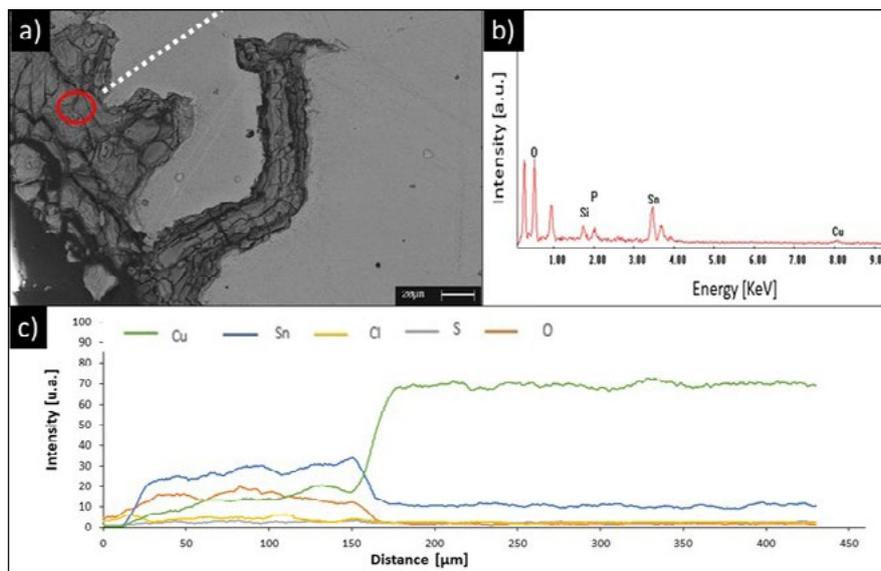
I dati ottenuti con ED-XRF sulle zone ricoperte dalla patina e l'esame della patina sulla sezione del frammento, che

in alcuni punti si è spinta a profondità di 50-100µm, confermano la presenza dei tipici prodotti corrosione delle leghe di rame e delle alterazioni dovute all'interramento e al disseppellimento.

Tale risultato è confermato dall'analisi EDS puntuale eseguita nella zona evidenziata di Fig. 10a il cui risultato è riportato in Fig. 10b e Tab. 3. La patina risulta essere infatti composta da ossidi di rame e stagno con la presenza di elementi come silicio e fosforo legati al seppellimento. La morfologia stratificata della patina e l'assenza di elementi

tipici delle patinature artificiali ne conferma l'origine naturale.

È stata effettuata anche un'analisi EDS di linea che ha consentito di misurare le concentrazioni di Cu, Sn, O, Cl e S lungo linea tratteggiata in Fig. 10a. I relativi profili, riportati in Fig. 10c, evidenziano l'arricchimento in stagno e l'impoverimento in rame della patina, a conferma del processo di dissoluzione del rame e della formazione di ossido di stagno tipici di patine naturali formatesi in seguito a lunghi periodi d'interramento.



**Fig.10** - a) Immagine SEM-BSE della zona in prossimità della superficie con la patina con indicate zone di analisi EDS; b) Spettro EDS della patina ottenuto nel cerchio indicato in Fig. 10a; c) Profili di concentrazione degli elementi Cu, Sn, Cl, S, O misurati lungo la linea tratteggiata in Fig. 10a. / a) SEM-BSE image of the area near the surface with the patina with indicated EDS analysis areas; b) EDS spectrum of the patina obtained in the circle indicated in Fig. 10a; c) Concentration profiles of the elements Cu, Sn, Cl, S, O measured along the dotted line in Fig.10a

**Tab.3** - Risultati dell'analisi semiquantitativa dello spettro EDS in Fig. 10b. / Results of the semi-quantitative analysis of the EDS spectrum in Fig. 10b.

EL. [%]	O	Sn	Si	Cu	P
	67.0	21.5	4.36	3.6	2.9

## CONCLUSIONI

In questo lavoro sono stati analizzati alcuni reperti archeologici, pertinenti a una protome taurina e a una zampa, rinvenuti rinvenute nel territorio di Montebelluna.

Innanzitutto, le analisi XRF hanno permesso di confermare l'autenticità dei manufatti. Il materiale infatti risulta essere in entrambi i casi un bronzo (12% di stagno), conte-

nente inclusioni derivanti dal minerale e tacce di piombo. In corrispondenza del muso taurino si è inoltre evidenziato con analisi di linea un fenomeno di decuprificazione superficiale, in accordo con la conservazione sotterranea del manufatto.

Le analisi hanno inoltre mostrato la presenza di un elevato contenuto di ferro sulla parte più scura della protome,

dove si presuppone vi fosse una staffa di ferro che probabilmente ne garantiva l'ancoraggio a un supporto verticale, quale una muratura o un elemento lapideo. Infine, dall'analisi metallografica, per entrambe i manufatti sono risultati sia grani equiassici, tipici della produzione di colata, sia bande di deformazione. Pertanto è possibile ipotizzare innanzitutto che i pezzi provenissero dalla medesima rappresentazione scultorea e, inoltre, che la realizzazione

della protome si sia svolta prima gettando il materiale fuso intorno alla staffa di ferro e successivamente lavorandone la superficie.

\* ©Archivio fotografico del Laboratorio di restauro della Soprintendenza ABAP Ve-Met, immagini modificate da Pietro Giovanni Cerchier

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Lanterna G. Multidisciplinary scientific analysis on restoration of a renaissance masterpiece: Verrocchio's "L'Incredulita di san tommaso", outdoor bronze group of Orsammichele Church in Florence. A case history. *Thermochim. Acta.* 1995; 269-270:729-742;
- [2] Duran A., Perez-Rodriguez JL., Herrera LK., Jiménez-de-Haro MC., Robador MD., Justo A., Blanes JM., Pérez-Ferrer J.C. Copper alloys deterioration due to anthropogenic action. *Revista de Metalurgia (Madrid)* 2008; 44:85-91;
- [3] Souissi N., Triki E., Bousselmi L., Khosrof S. Comparaison between archaeological and artificially aged bronze interfaces. *Mater. Corr.* 2006; 57: 794-799;
- [4] Selwyn LS., Binne NE., Poitras J., Laver ME., Downham DA. Outdoor Bronze Statues: Analysis of Metal and Surface Samples. *JSTOR.* 1996; 41:205-228;
- [5] B. Rothenberg, *The Ancient Metallurgy of Copper*, Institute for Archaeo-Metallurgical Studies, Institute of Archaeology, University College London, London, Vol. 2, 1990.
- [6] Salem Y. Casting, gilding and corrosion mechanisms in two gilded hollow bronze statues from ancient Egypt. *J. Archaeol. Sci. Rep.* 2022; 43:1-12;
- [7] Letardi P., Salvadori B., Galeotti M., Cagnini A., Porcinai S., Santagostino Barbone A., Sansonetti A. An in situ multi-analytical approach in the restoration of bronze artefacts. *J. Microc.* 2016; 125:151-158;
- [8] Scott DA. Bronze Disease: A Review of Some Chemical Problems and the Role of Relative Humidity. *J. Am. Inst. Conserv.* 1990; 29:193-206;
- [9] W. Nicodemi, *Metallurgia*, Masson, Milano
- [10] Meakin JD., Ames DL., Dolske DA. Degradation of monumental bronzes. *Atmos. Environ. B, Urban Atmos.* 1992; 26:207-215;
- [11] Lalli C., Lanterna G. *Il campionamento ed il prelievo: fasi critiche per la corretta impostazione di una campagna analitica.* (1st edn.), Kermes, 14, 15, 16, Nardini Ed, Firenze (1993);
- [12] Orazi N. The study of artistic bronzes by infrared thermography: A review. *J. Cult. Herit.* 2020; 42:280-289;
- [13] Tsuyoshi Y., Atsuo M. Surface observation and element distribution of a cupronickel coin. *Prot. Met. Phys. Chem. Surf.* 2015; 51:710-715;
- [14] Grassi E. Attività metallurgiche a Mediolanum tra archeologia e archeometria. *Archeologia Uomo Territorio.* 2011; 30:13-23;
- [15] M. Cavallini, F. Iacoviello, *Materiali Metallici*, Francesco Ciolfi Editore, via E. DeNicola, Cassino
- [16] Larese A., Calliari I., Cerchier PC. PL. Il toro in bronzo di Montebelluna: considerazioni archeologiche e archeometriche. *Percorsi nel passato Misc di Stud per i 35 anni del GrAVO e i 25 anni della Fond Colluto.* 2018;363-70; Frassinè M., Emanuele S., Cerchier P., Pezzato L., Calliari I., Bonini P., Faresin E., Salemi G., Ervas A., Montebelluna (Treviso). La protome taurina in bronzo di Fondo Cavarzan. Scoperta, restauro e allestimento espositivo. *Notizie degli Scavi di Antichità*, in corso di stampa.
- [17] Gavranovic M., Mehofer M., Jasarevic A., Sejfuli A. Local forms and regional distributions. *Metallurgical analysis of Late Bronze Age objects from Bosnia. Archaeol Austriaca.* 2016; 100:87-107;
- [18] Figueiredo E., Silva RJC, Araújo MF, Senna-Martinez JC. Identification of ancient gilding technology and Late Bronze Age metallurgy by EDXRF, Micro-EDXRF, SEM-EDS and metallographic techniques. *Microchim Acta.* 2010;168(3):283-91;
- [19] Figueiredo E., Bottaini C., Miguel C., Lackinger A., Mirao J., Comendador Rey B. Study of a Late Bronze Age Casting Mould and Its Black Residue by 3D Imaging, pXRF, SEM-EDS, Micro-FTIR and Micro-Raman. *Heritage.* 2021; 4:2960-2972.

# Characterization of a taurine roman prothome

This study collects the results of the characterization carried out on three bronze fragments belonging to a bull protome from the Roman period (III - IV century AD) found in Montebelluna (TV). XRF analysis and optical and electron microscope observations were carried out on the three findings. It was verified that for all the composition was that of a bronze with 12% tin with the presence of lead and sulphides and that the microstructure consisted of equiaxed grains in which deformation bands were visible. A superficial decuprification and a patina, with traces of Si, Fe, Ca and P, compatible with the long burial period was also observed. A high iron content was finally detected in a darker area of the main fragments. These results made it possible to confirm the authenticity of the three finds and to attribute them to the same artefact. It was also possible to confirm the hypothesis that an iron stirrup was present and to suppose that the protome was obtained by first pouring the molten material into the stirrup and then working the whole around it.

**KEYWORDS:** TAURINE PROTOME, ARCHAOMETALLURGY, BRONZE

[TORNA ALL'INDICE >](#)