



**Dipartimento di Ingegneria
Università degli Studi di Ferrara**

***Centro di Studi sulla Corrosione e Metallurgia
"Aldo Daccò"***

ARCHEOMETALLURGIA.

Una scienza di oggi per conoscere i metalli di ieri

Prof. Gian Luca Garagnani

Centro di Studi sulla Corrosione e Metallurgia "Aldo Daccò"



Istituito nel **1956** su iniziativa dell'allora Direttore dell'Istituto Chimico, Prof. Leo Cavallaro grazie al significativo aiuto finanziario del **Dott. Aldo Daccò**, imprenditore del settore metallurgico e Presidente dell'Associazione Italiana di Metallurgia (AIM) dal **1946** al 1956.

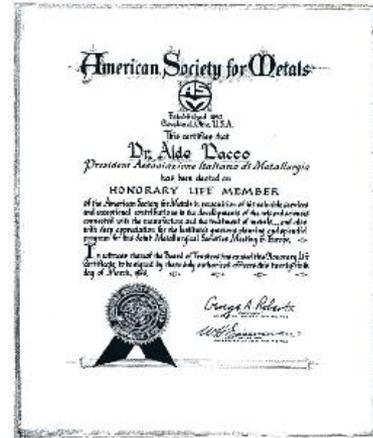
Dal **2010** il Centro ha assunto la denominazione di Centro di Studi sulla Corrosione e Metallurgia.

- Intensa attività di ricerca scientifica con centinaia di **pubblicazioni** su riviste nazionali ed internazionali.
- Competenze nel campo della **metallurgia** e dei **fenomeni di corrosione** e metodi di **protezione** dei materiali metallici.
- Noto a livello internazionale per lo studio degli **inibitori di corrosione**.

Conferimento del «Premio Aldo Daccò» (2012)



Foto con dedica di Gabriele D'Annunzio (1953)
 Cele Daccò a Stabio col restore don Libero Genova il cavaliere Pontello, Elvise Robbiati, Renzo Menzini (2005)
 Uomo dei dipendenti della LIASA (1971)
 Scultura dedicata al "Motomaster" vinta da Aldo Daccò (1985)



Nomina di Aldo Daccò a Membro Onorario dell'American Society for Metals per il contributo dato allo studio sul trattamento dei metalli, Cleveland, Ohio, U.S.A. Viene insignito per i brevetti delle leghe antirivincimento (1955)

Diploma di Laurea ad Honorem in Chimica consegnato ad Aldo Daccò a Ferrara (1956)



Medaglia commemorativa per la conquista del record mondiale di velocità su ruota bionda da parte di Aldo Daccò (1950)

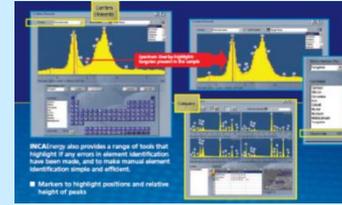


Medaglia consegnata ad Aldo Daccò quale Membro Onorario della Société Française de Métallurgie (1957)



Fondazione per la ricerca scientifica «Aldo e Cele Daccò»

STRUMENTAZIONI ED APPARECCHIATURE SCIENTIFICHE



- ❑ **Preparazione metallografica e analisi microstrutturale** dei materiali metallici;
- ❑ **Caratterizzazione meccanica e tribologica** dei materiali metallici e ceramici, anche **in ambienti aggressivi**;
- ❑ Studio del **comportamento a corrosione** di materiali metallici e ceramici.



Archeometria

(A.I.Ar. Associazione Italiana di Archeometria –
Metodologie Scientifiche per i Beni Culturali).

“L'**Archeometria** comprende oggi le discipline, le tecniche ed i metodi atti ad estrarre dai reperti, dai manufatti e dai contesti,

indispensabili informazioni,

necessarie per gli storici, per i conservatori, per i restauratori:

- a) per una più completa lettura storica dell'oggetto;
- b) per migliorarne la conservazione;
- c) per progettarne il restauro.”

ARCHEOMETALLURGIA:

Caratterizzazione analitico-strutturale dei reperti metallici

Passato

- caratterizzazione materiali e leghe metalliche;
- studio dell'evoluzione dei processi estrattivi;
- valutazione tecnologie metallurgiche;
- relazioni fra reperti e centri di produzione metallurgica;

→ *contributo all'inquadramento storico*

→ *valorizzazione del patrimonio culturale*

Presente

- valutazione dello stato conservazione;
- identificazione delle cause di degrado;

Futuro

- Ottimizzazione e scelta delle strategie di conservazione;

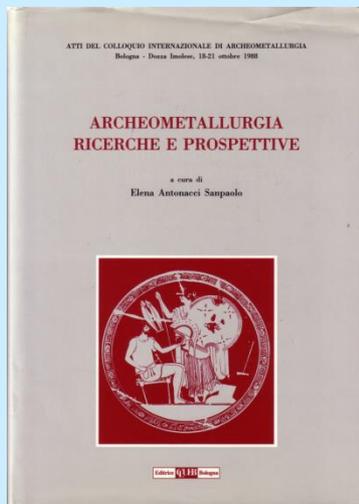
→ *conservazione e manutenzione «preventiva»,*

→ *innovazione nel restauro,*

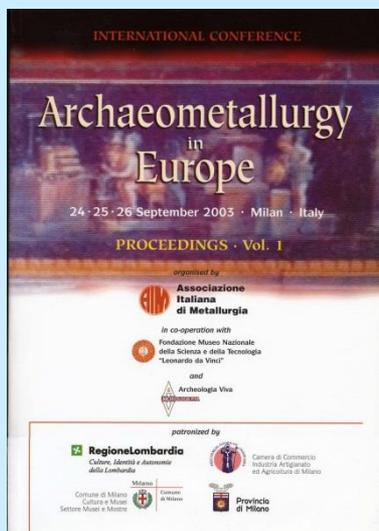
→ *salvaguardia del patrimonio culturale.*

Archeometallurgia: convegni internazionali in Italia:

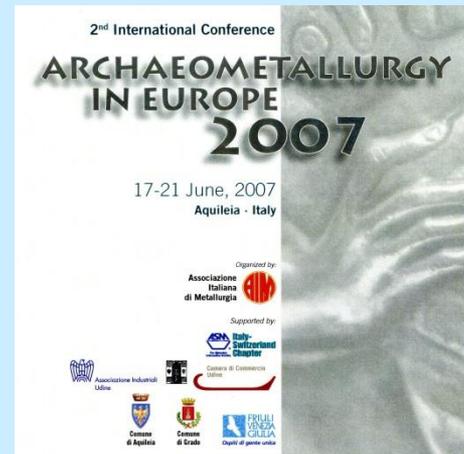
Bologna (1988), Milano (2003), Aquileia (2007),



1988



2003



2007

Alcuni studi (1988-2013):

Monumento funerario in bronzo a Roberto Fabbri (1914) Certosa di Ferrara



Monumento funerario in bronzo a Roberto Fabbri (1914) Certosa di Ferrara

Microstruttura cristallina e fasi della lega Cu-Sn, prodotti di corrosione, osservati al microscopio ottico (M.O.)



Microstruttura, fasi ed inclusioni



Prodotti di ossidazione e di corrosione superficiali

Le dieci monete studiate



Diametro e peso maggiori



Probabile lega di Argento



Figure 48. Armor made for Carlo Gonzaga, count of Garzano and San Martino. Attributed to Carenado Modrone of Mantua, ca. 1540. Hofjagd- und Risikammer, Vienna, A.Ö.Ö. (photo: Kunsthistorisches Museum)

Figure 50. Breastplate of a corset of armor, probably made for Girolamo Martinengo, Italian, probably Brescia, ca. 1540. Armatura Reale, Turin, C.11 (photo: Armatura Reale)



Figure 49. Sample from armor in Figure 48 (x 140). Cross-section. A band of pearlite, some of which has been distorted, next to a band of mixed ferrite and pearlite.



Figure 51. Sample from corset in Figure 50 (x 90). Ferrite and slag.

Porta-amuleto in bronzo



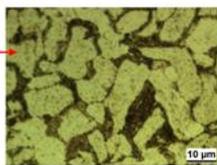
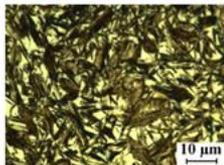
• Simile a tre esemplari ritrovati nelle tombe di Tharros n° 5, 17, 26 (ora al British Museum) ed a porta-amuleti ritrovati a Cartagine.

Dalla collezione di conii e punzoni di Palazzo Schifanoia
ZECCA Pontificia di Ferrara
DATAZIONE: Sec. XVII-XVIII



Zona di conio :
Martensite
durezza 920 HV

Zona del fondo :
Ferrite + Perlite
durezza 310 HV



SPADE (XIII sec. a.C. - Museo Villa Giulia, Roma)

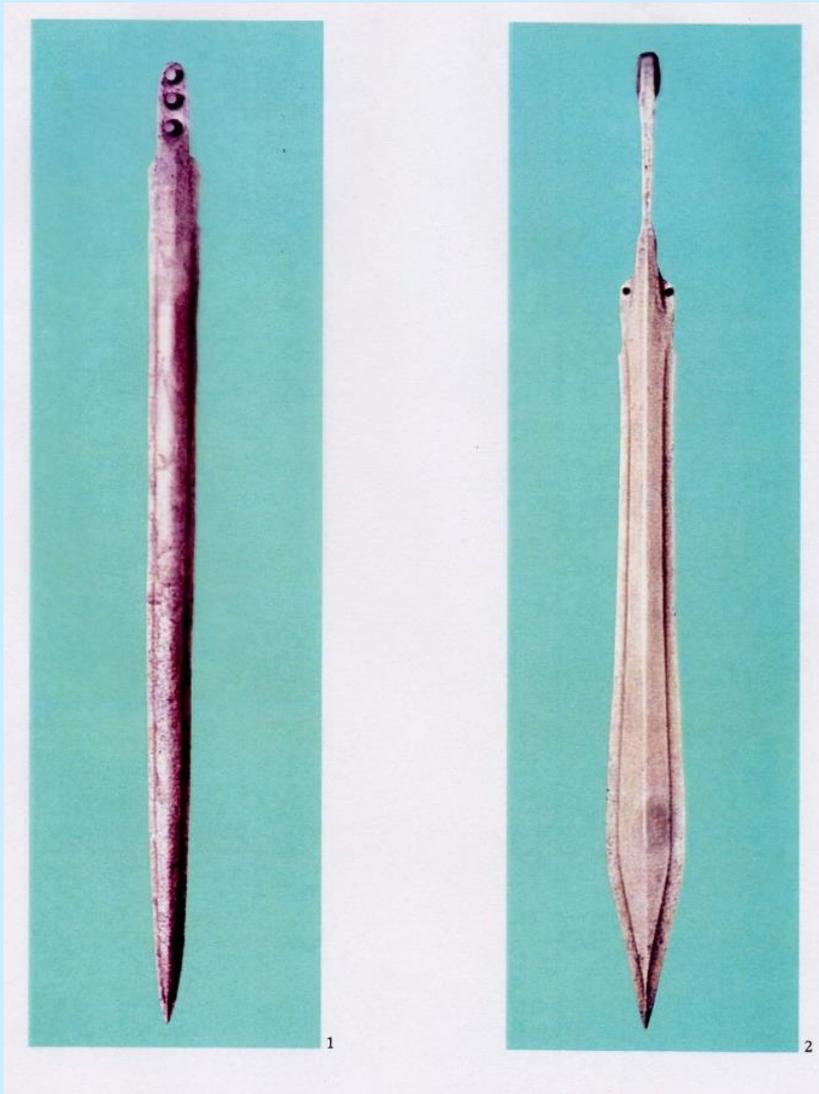


Fig. 1

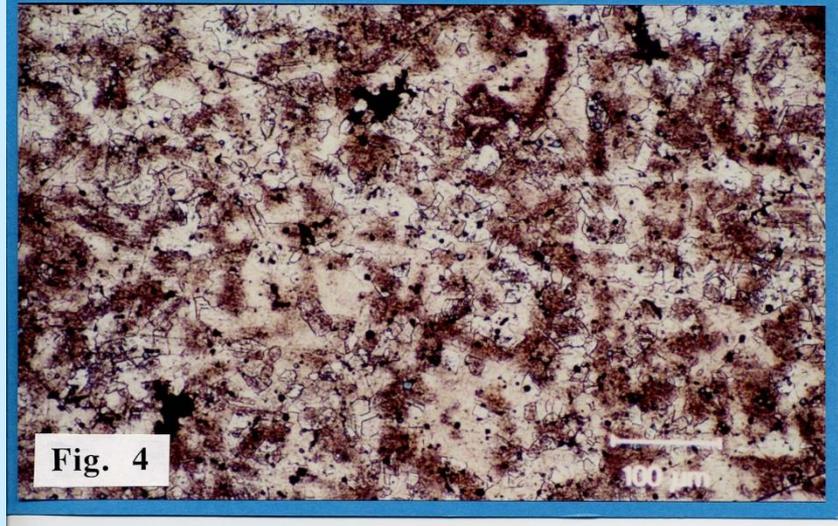


Fig. 4

→ Microstruttura dendritica = stato di getto -- > SPADE VOTIVE

Perchè l'analisi MICROSTRUTTURALE ?

Le caratteristiche microstrutturali di un materiale metallico derivano dai trattamenti termici e/o meccanici subìti, quindi lo studio di:

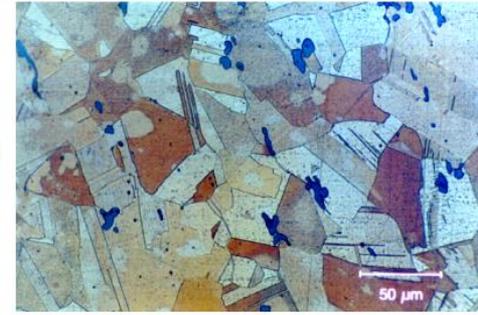
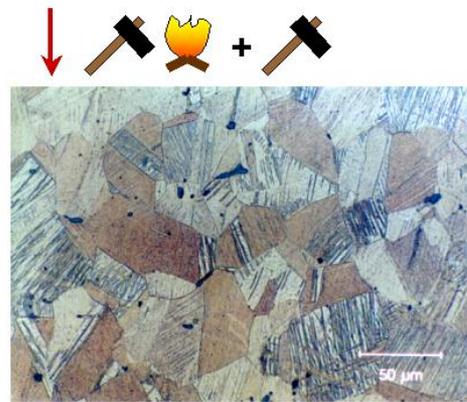
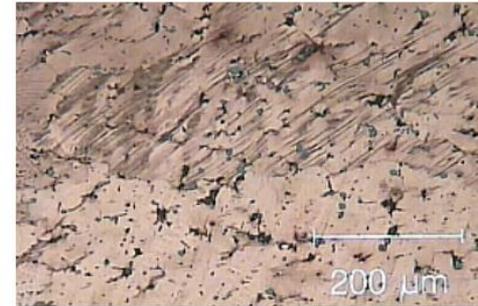
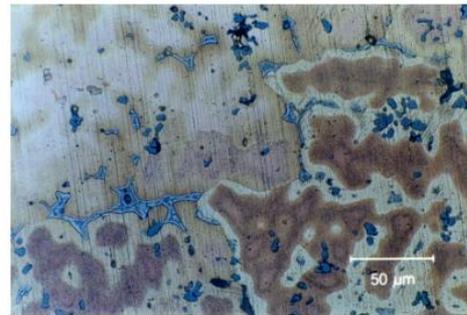
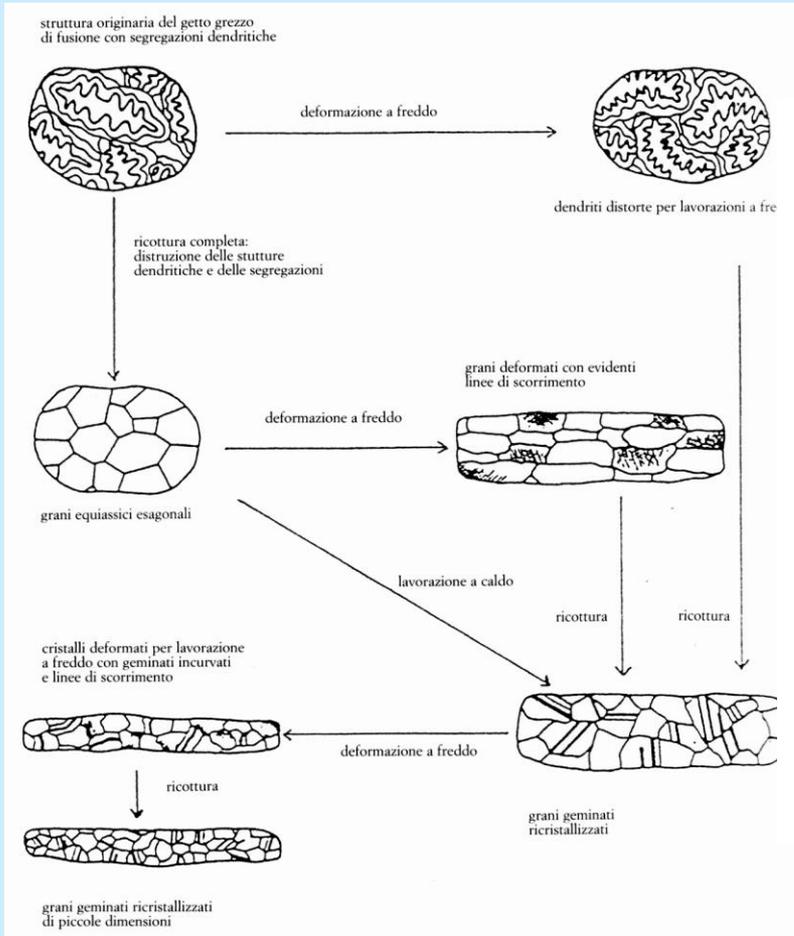
- grani cristallini (*morfologia, dimensioni, ecc.*);
- fasi (*tipo e morfologia*);
- grado di incrudimento (*lavorazioni a freddo*) o ricristallizzazione (*trattamenti termici*);
- inclusioni, microcricche, microporosità;



INFORMAZIONI su:

storia termica e meccanica, precedenti restauri o modifiche, stato di conservazione, ... provenienza, ... autenticità, ecc.

Analisi microstrutturale: → Ricostruzione sequenze produttive (bronzi)



Metodologie analitiche, tradizionali ed innovative:

- a) *non distruttive*
- b) *“paradistruttive”*
- c) *distruttive.*

- Assorbimento atomico (FAAS), Fluorescenza (XRF): composizione chimica;
- Spettroscopia FTIR, micro-IR e micro-Raman
- Microscopia OTTICA (OM): microstruttura;
- ELETTRONICA a SCANSIONE (SEM): microstruttura;
- Microsonde EDS e WDS: analisi chimiche localizzate;
- Diffrazione di RX (XRD): composizione superficiale (patine).
- TAC: difetti, giunzioni, saldature (**non distruttiva**).

L' **UNICITA'** dei Beni Archeologici e Storico-Artistici richiede l'impiego e la messa a punto delle tecniche analitiche con indagini quasi **puntiformi**:



Occorre però considerare:

- Metodologie di prelievo e campionamento;
- Significatività della zona analizzata;

Analisi microstrutturali:

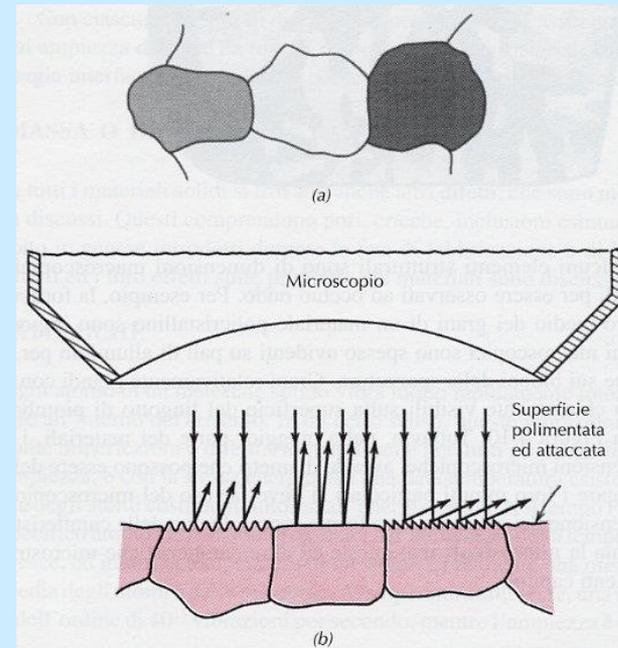
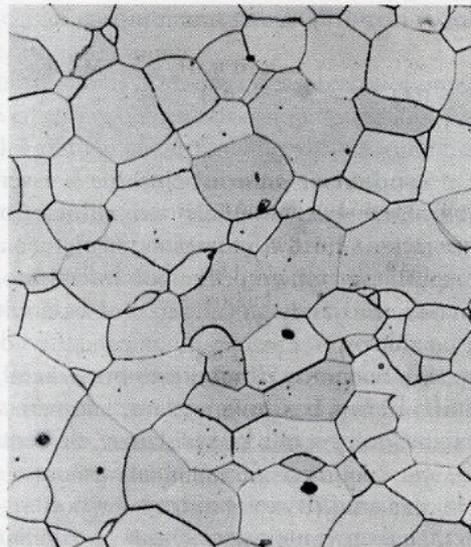
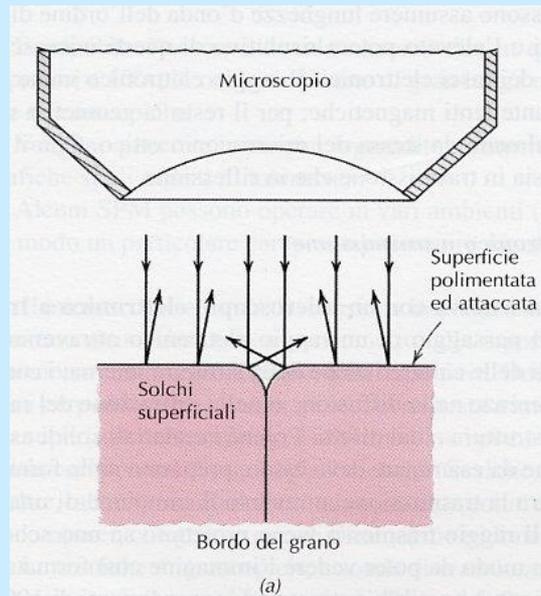


**Microscopio
stereografico**



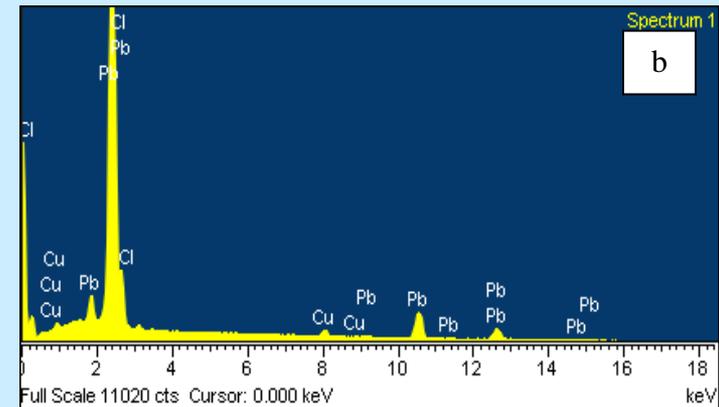
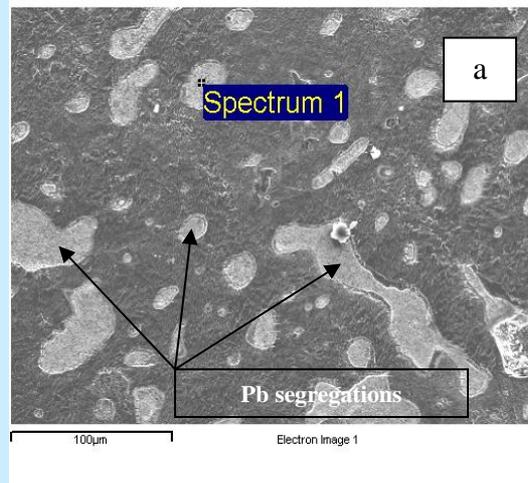
**Microscopio metallografico con
corredo ottico completo di luce
polarizzata, contrasto di fase
interferenziale, telecamera ed analisi di
immagine;**

Microscopio ottico: analisi microstrutturale

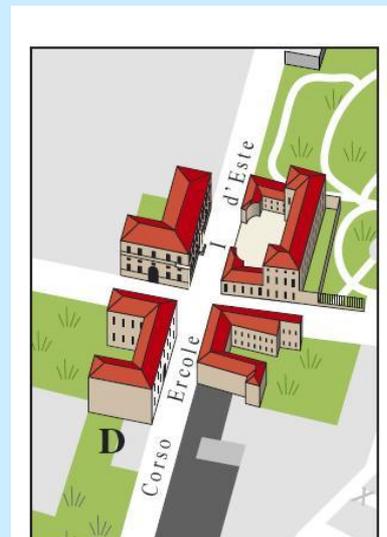


STATUA IN BRONZO di LUSSINO – CROAZIA

Opificio delle Pietre Dure (FI), CNR-ICIS Istituto di Chimica Inorganica e delle Superfici (PD), Dipartimento di Ingegneria, UniFE



Palazzo Prosperi-Sacratì (FE) (sec. XV-XVI)



I medaglioni di Palazzo Prosperi-Sacratì (FE) (sec. XV-XVI)



Giudizio di Paride



Copie in bronzo (Cu-Sn)



Scena di battaglia



Vespasiano



Nerone

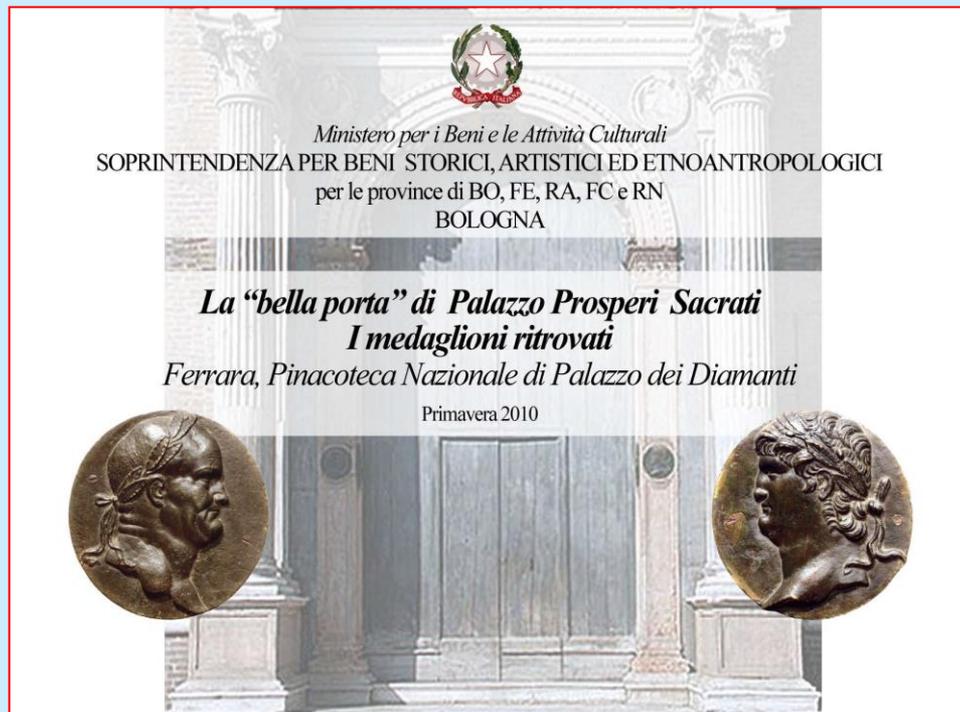
Copie, dono del Rotary Club di Ferrara (1991)

Nel 1991 dopo circa una decina d'anni dalla rimozione dei medaglioni, i **Rotary Club** e le **Associazioni Rotariane del Distretto 2070** hanno sponsorizzato la fusione e l'applicazione di medaglioni in **bronzo**, copia degli originali, sul portale del Palazzo Prosperi Sacrati in Ferrara.

La presentazione alla città delle copie dei medaglioni del portale di Palazzo Prosperi- Sacrati è avvenuta il **15 luglio 1991**. (da una targa posta sul muro del Palazzo).

Bollettino n°1853 Rotary Club Ferrara, Distretto 2070

2010:
un importante
ritrovamento sul
mercato antiquario.....



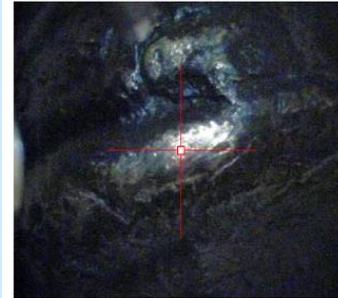
Fluorescenza RX – μ XRF

(analisi chimiche completamente non invasive)

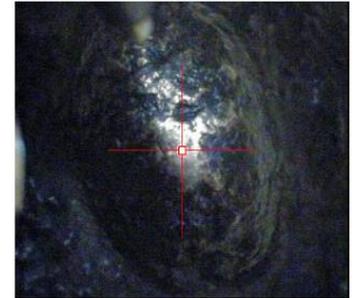


Rhodium tube with 1 mm collimator at 50 keV and 700 μ A
The measuring time was 30 s.

Comparison of point 1 to 6



Point 2



Point 3



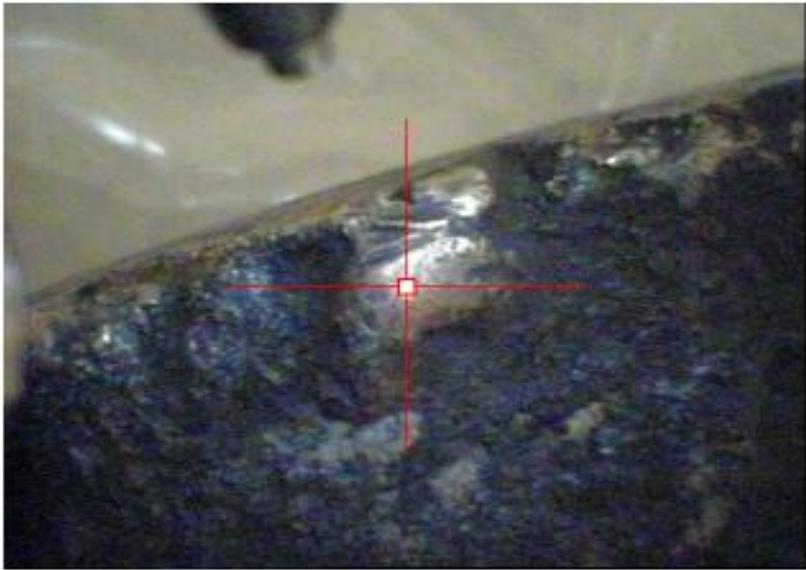
Point 4



Point 5

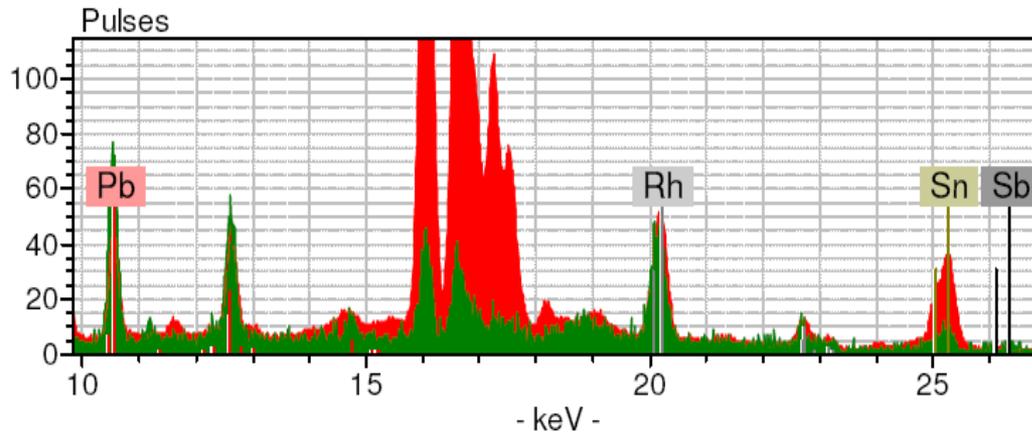
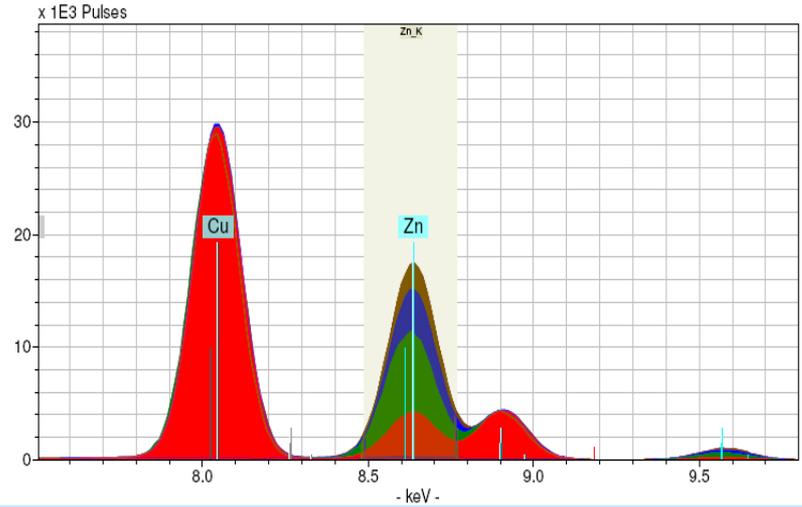


Point 6



Back point 1

- Green** Point 1 (sample)
- Red** Standard 89,5 Cu 10,4 Zn
- Blue** Standard 69 Cu 30 Zn
- Braun** Standard 64 Cu 33 Zn



The figure shows a comparison of a reference material spectrum (Red) with the spectrum of Point 1 (Green), the concentrations for Pb and Sn in ref were 0.5 wt % and 1.2 wt % respectively.

Getti in leghe: Cu-Sn (copia in bronzo, sul portale), **Zn-Sn**, tracce Cu (in museo, ma è una copia), **Cu-25Zn** (ottone, mercato antiquario),



Vespasiano (Zn-Sn, Cu):
(in museo, copia)

Nerone (Zn-Sn, Cu):
(in museo, copia)



Vespasiano (Cu-Zn):

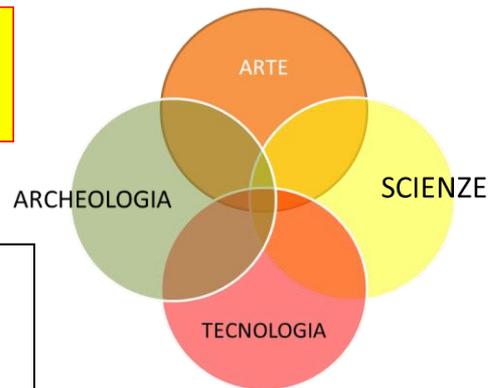
Sono
i medaglioni **originali**
(1513-14),
perduti...venduti (1885),
..... e ritrovati (2010) ?



Nerone (Cu-Zn):

Armatura dalla Georgia

(sec. I d.C.)



Università degli Studi di Ferrara



TekneHub
Laboratorio in Res. Tecnopolo di Ferrara



Comune di Cento
Assessorato alla Cultura

Cento, 23 aprile 2010

LA PANOPLIA DELLA COLCHIDE:

L'ARMATURA RITROVATA



Palazzo del Governatore, Sala Zarri

Dalle ore 10.00 alle ore 17.30



Alma Mater Studiorum
Università di Bologna



Torii State University



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

In collaborazione con



Associazione Italiana di Archeometria
Area Tematica "Metalli"



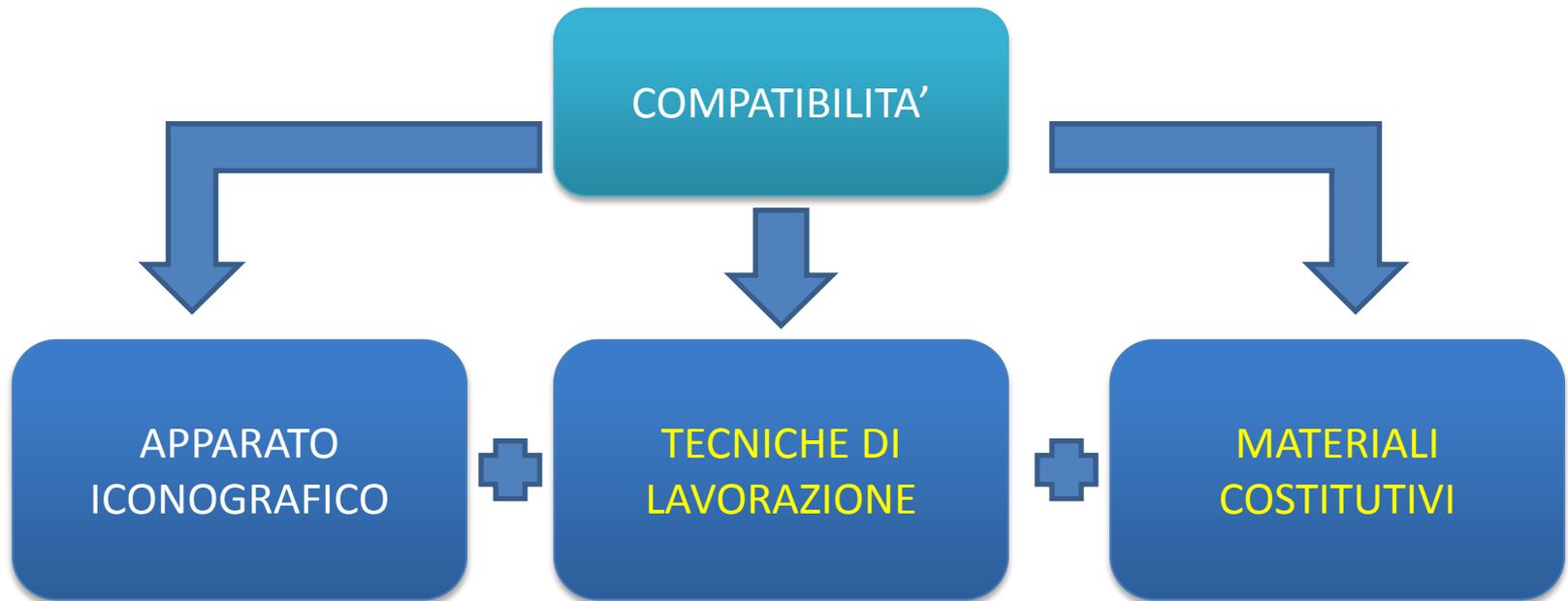
ASSOCIAZIONE ITALIANA DI METALLURGIA
Centro di Studio "Storia della Metallurgia"



Istituto di Diagnostica e sperimentazione per il
restauro dei Beni Culturali Soc. Coop.



L'Armatura è compatibile con la data presunta
(I-II sec. d.C.) ?



CARATTERIZZAZIONE DEI MATERIALI

LEGA

- Osservazioni al microscopio ottico metallografico
- Analisi per emissione atomica (quantometrica)
- ICP-MS
- DPPA (attivazione protonica)

PATINA

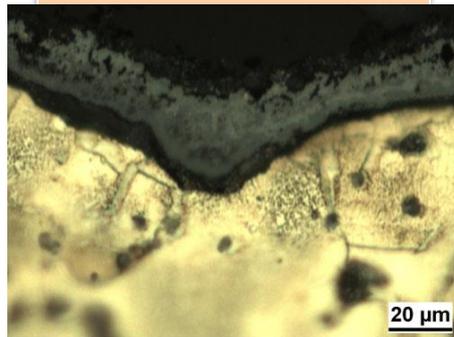
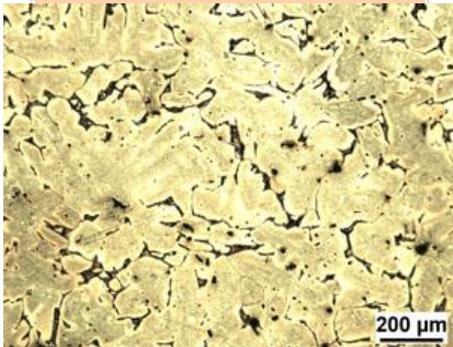
- Osservazioni al microscopio ottico metallografico
- ICP-MS
- XRF
- SEM-EDS
- Micro Raman
- XRD
- PIXE

RESIDUI TERROSI

- ICP-MS
- XRF
- SEM-EDS
- XRD
- Microscopia ottica

MATERIALI ORGANICI

- Analisi archeobotaniche



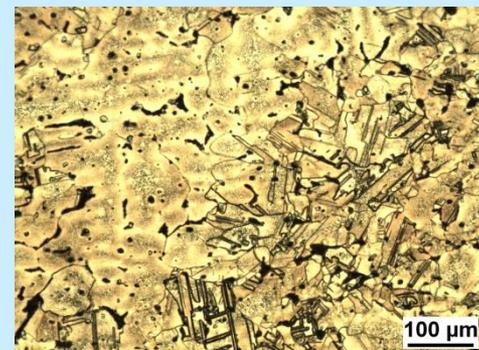
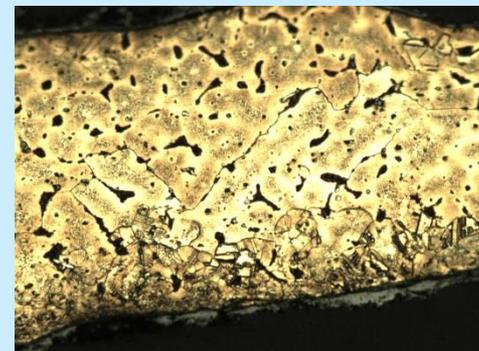
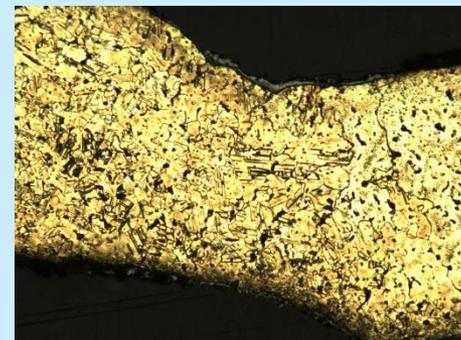
Armatura dalla Georgia - sec. I d.C.



ANALISI CHIMICA

*Analisi chimica (percentuale in massa)
Quantometro Spectroport F
Interna secondo P.O., prima dell' analisi
Temperatura ambiente
Analisi in superficie, dopo opportuna preparazione
30/01/2009*

Elemento	% in massa
Sn %	0.8
Pb %	1.3
Zn %	27.0
Mn %	0.2
Fe %	0.6
Ni %	0.3
Si %	0.2
Al %	1.0

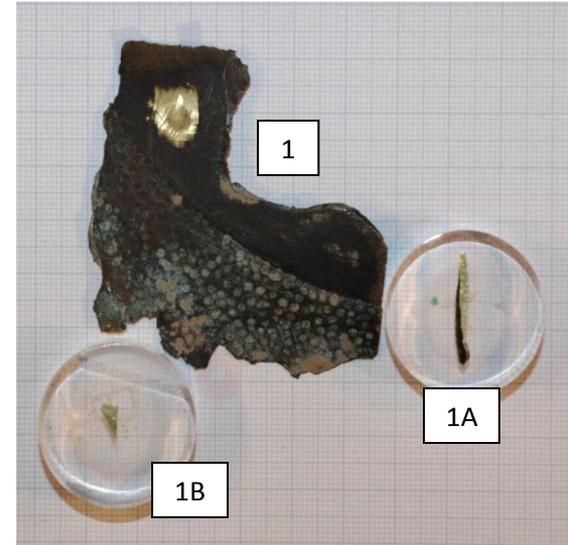




Indagini e obiettivi

1. Analisi microstrutturale della lega (*MO, SEM+EDX*)

- Composizione e distribuzione fasi presenti
- Tracce fenomeni corrosivi



2. Analisi dei prodotti di corrosione (*SEM+EDX+Raman, XRD*)

- Identificazione fasi
- Spessore e morfologia prodotti

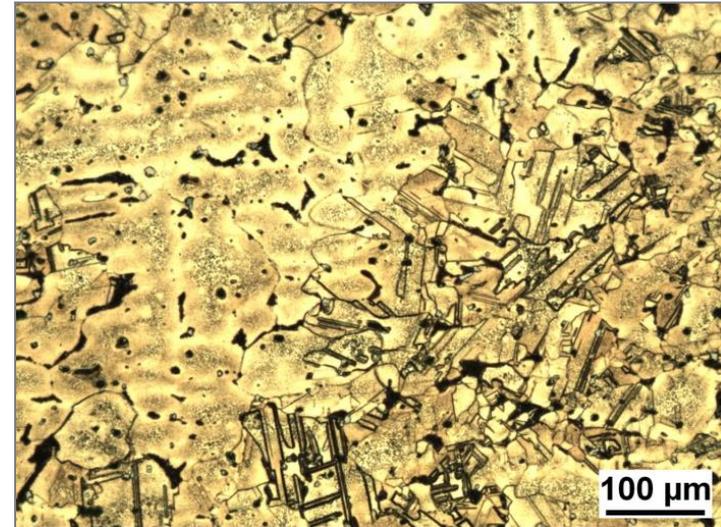
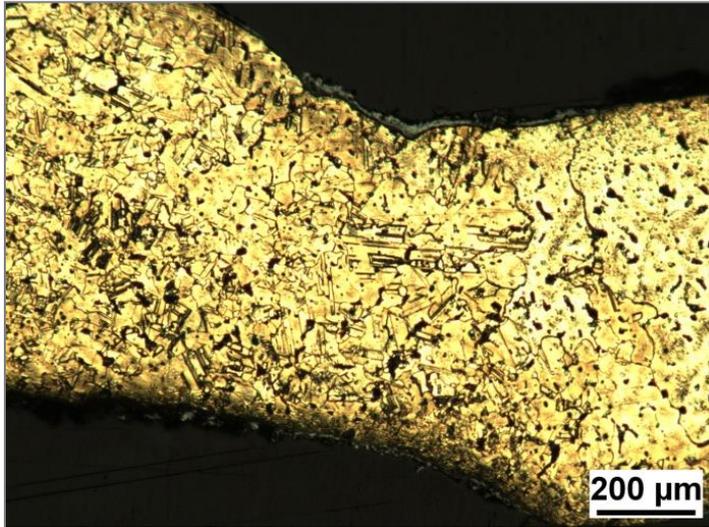




Composizione e distribuzione fasi

Sezione trasversale

MICROSTRUTTURA LEGA



→ Microstruttura dendritica (**getto grezzo di colata**).

→ Geminazione per incrudimento a seguito della **deformazione plastica indotta dalla lavorazione a freddo**.

Come è stata realizzata l'armatura?



FUSIONE



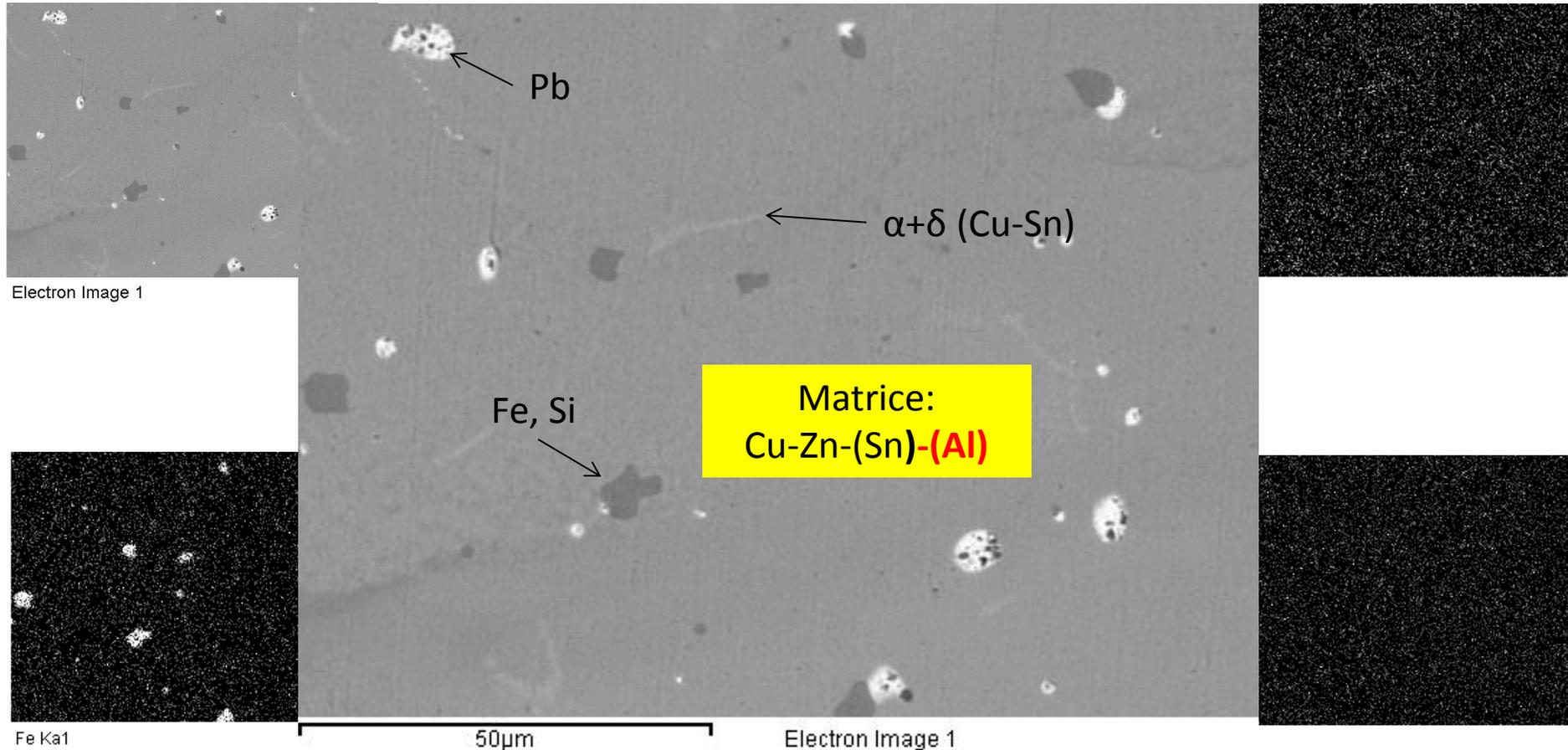
LAVORAZIONI
SUCCESSIVE



Composizione e distribuzione fasi

Sezione trasversale

MICROSTRUTTURA LEGA

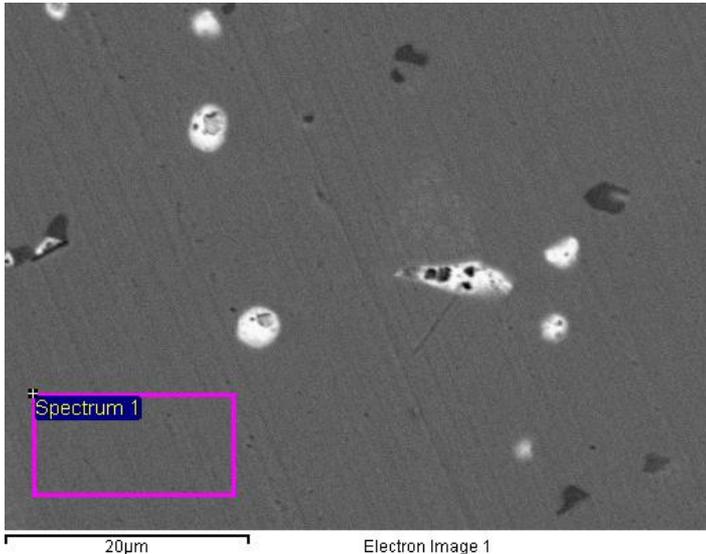




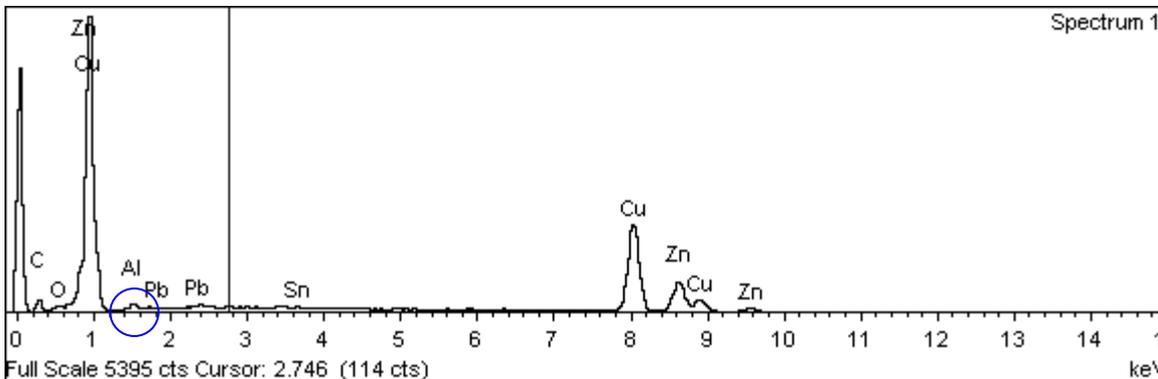
Composizione e distribuzione fasi

Sezione trasversale

MICROSTRUTTURA DELLA LEGA



Element	Weight%	Atomic%
C K	13.74	44.83
O K	1.10	2.70
Al K	1.04	1.51
Cu K	58.69	36.19
Zn K	24.07	14.43
Sn L	0.66	0.22
Pb M	0.70	0.13
Totals	100.00	



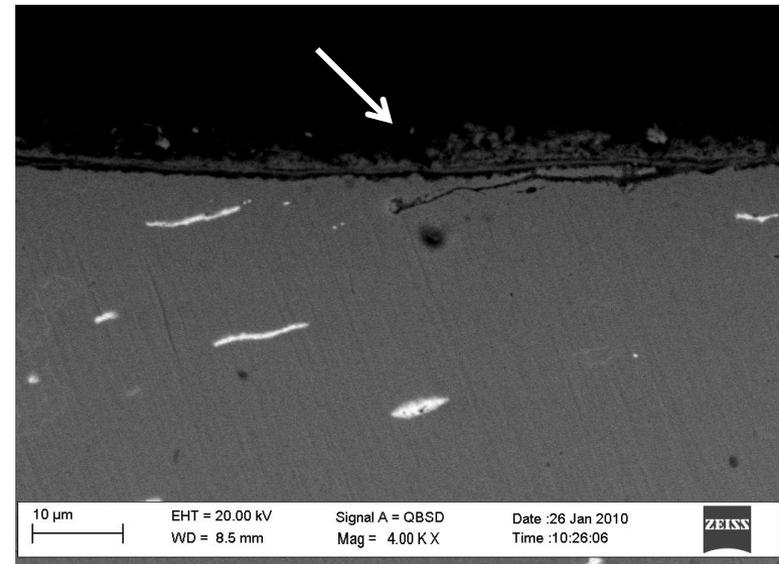
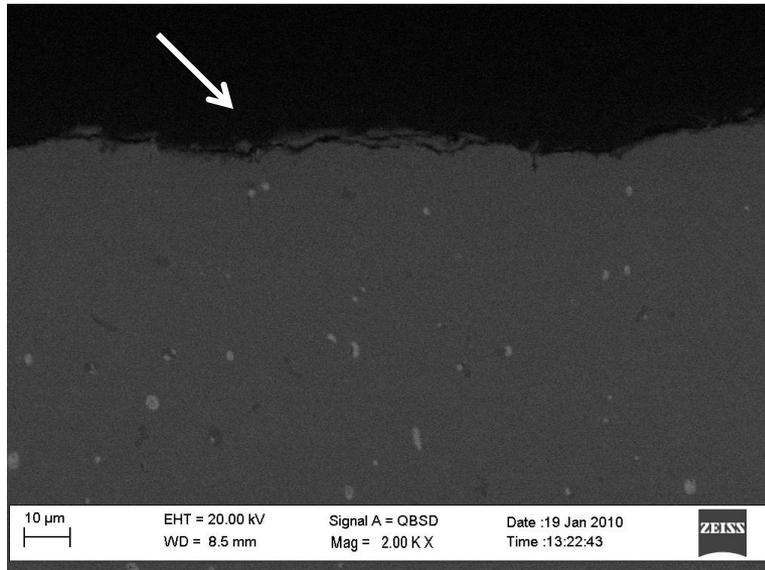
→ **Al in lega con Cu**
(non contenuto nelle
inclusioni non metalliche)



Morfologia

Sezione trasversale

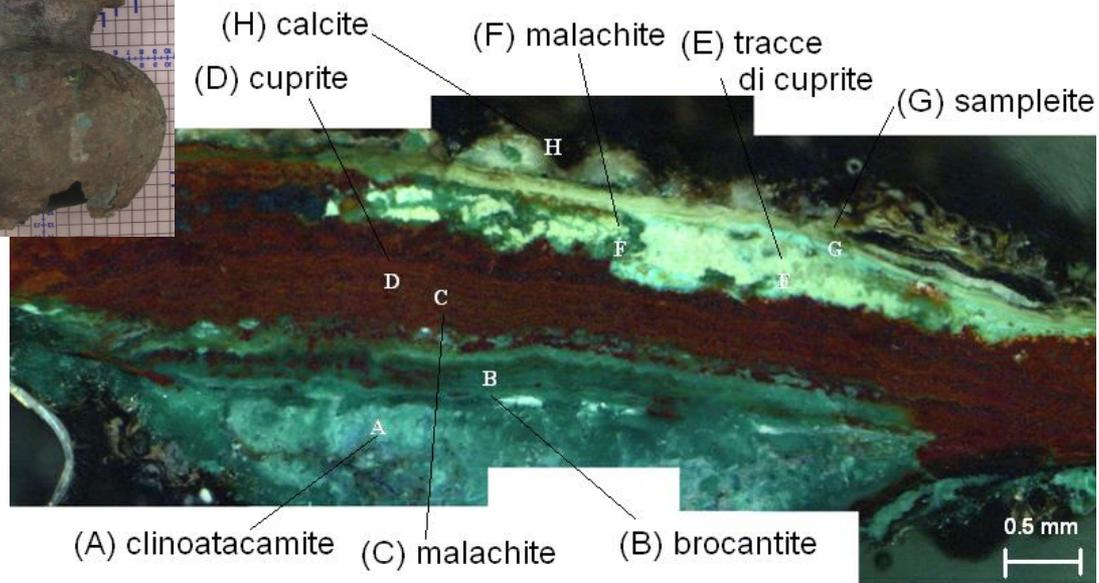
PRODOTTI DI CORROSIONE



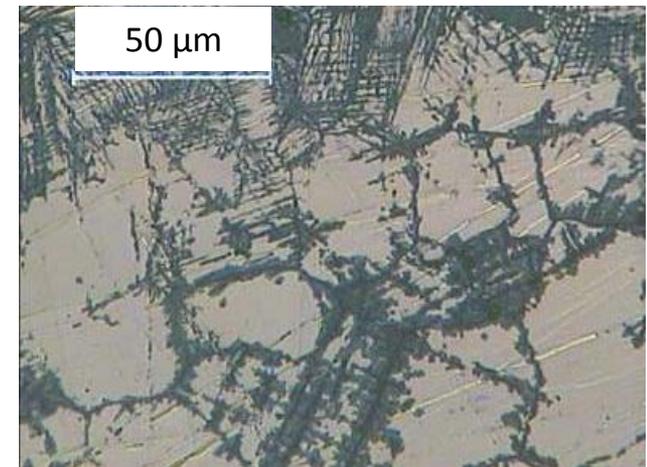
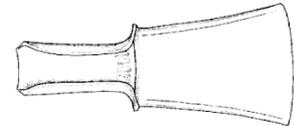
- **Strato di prodotti sottile (<10 µm)**
- **Assenza di tracce di corrosione nella lega sottostante**

Patine archeologiche

Sezione trasversale



Brocca dalla Domus Augustea, P.zza Marconi, Cremona



Ascia ad alette, Necropoli Orto Granara (VIII-VII secolo a.C.)

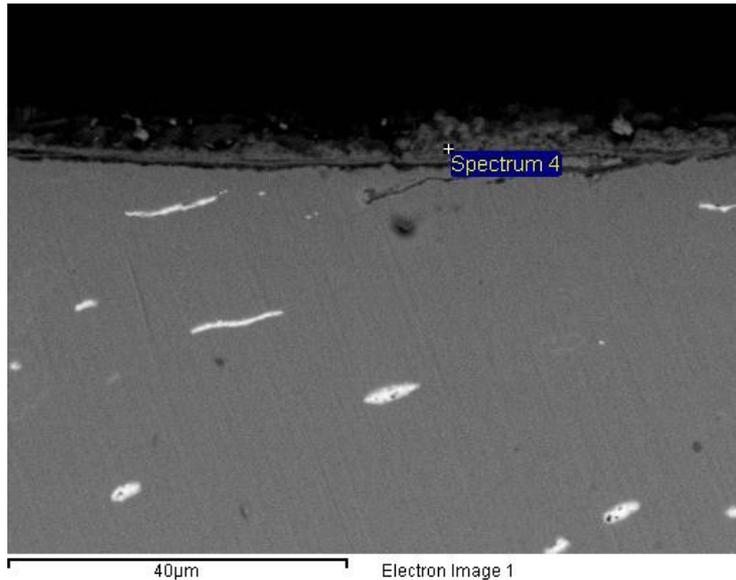
- Strato di prodotti spesso e stratificato
- Tracce di corrosione nella lega sottostante



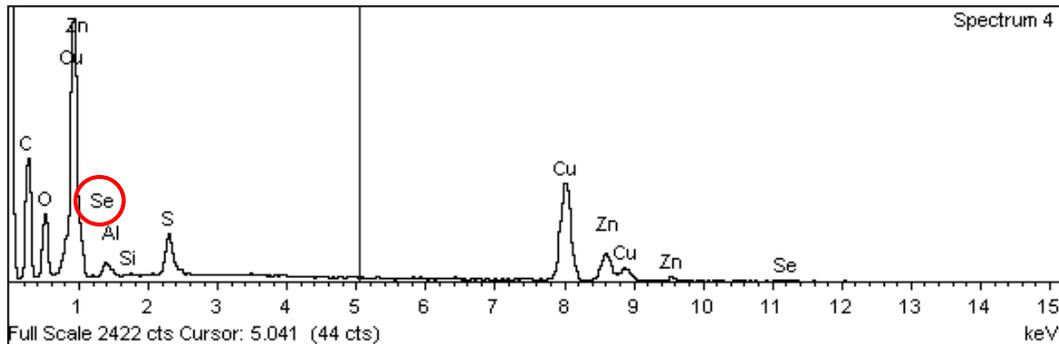
Composizione

Sezione trasversale

PRODOTTI DI CORROSIONE - PATINA



Element	Weight%	Atomic%
C K	41.84	68.17
O K	14.60	17.86
Al K	0.31	0.23
Si K	0.08	0.05
S K	1.93	1.18
Cu K	29.79	9.18
Zn K	9.59	2.87
Se L	1.86	0.46
Totals	100.00	



Selenium in artificial patination

28

Lynda A. Zycherman and Nicolas F. Veloz, Jr.

2. Patination of Graffiti

15% POTASSIUM SULFIDE in water, repeatedly swabbed on cold, was the first solution we tried to color the graffiti, but after rinsing and rubbing with a cotton diaper the resultant brown color was weak. A commercial bronze patination solution¹⁰ based on selenious acid gave better results. The desired degree of brown was obtained after a few passes with a swab. The solution was feathered out to visually blend the graffiti with the surrounding metal. The area was rinsed with water and buffed with a diaper.

L. A. Zycherman, N.F. Veloz Jr., "Conservation of a Monumental Outdoor Bronze Sculpture: "Theodore Roosevelt" by Paul Manship", *Journal of the American Institute for Conservation*, Vol. 19, No. 1 (1979) 24-33

2.89 Mottled dark slate-grey semi-gloss (CAST BRASS)

Selenous acid	6 cm ³
Water	1 L
NaOH (250 g/L)	50 drops
Warm immersion (~5 min)	

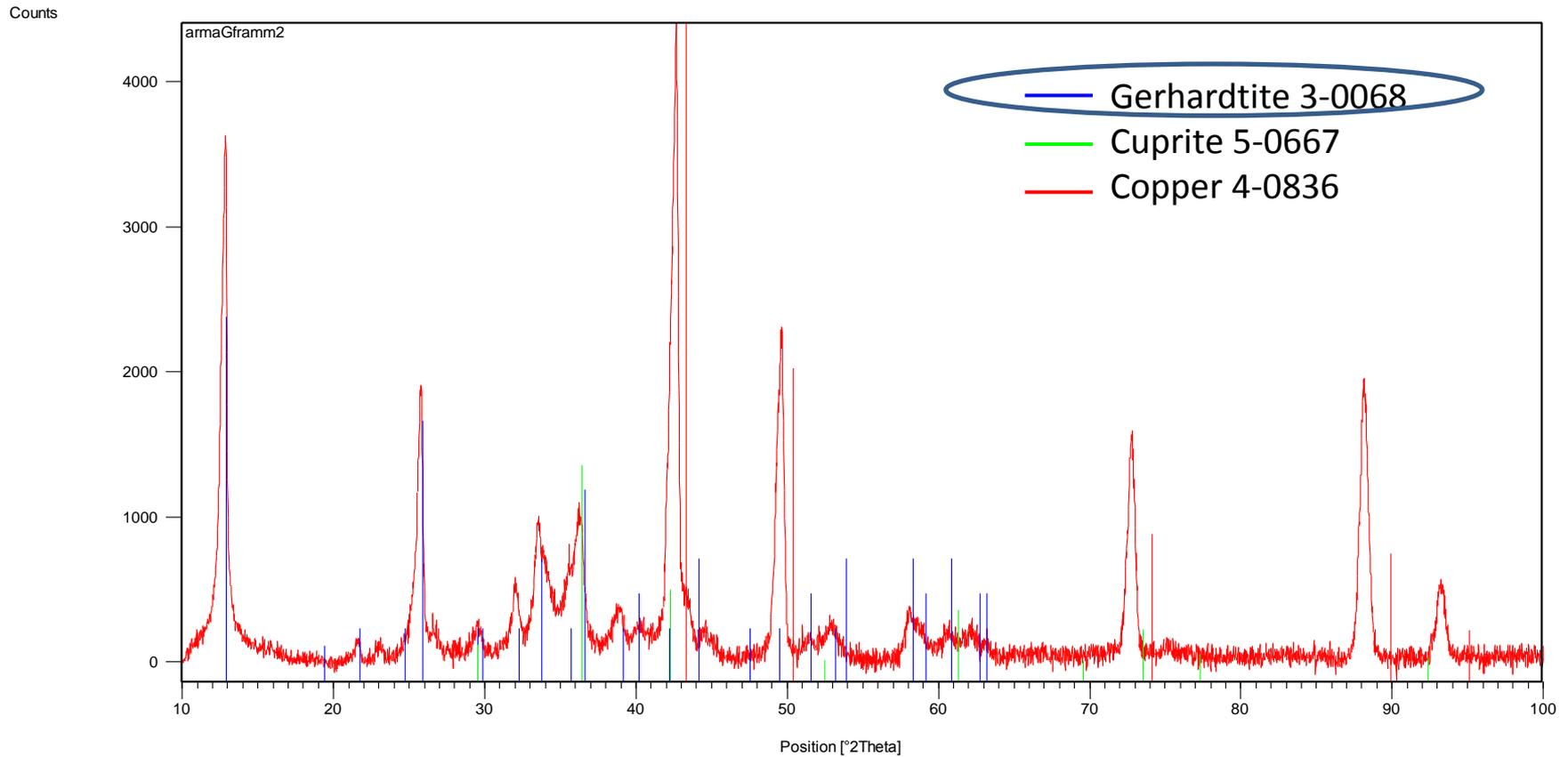
R. Hughes, M. Rowe, "The colouring, bronzing and patination of metals", Thames&Hudson, 2006, 37.



Identificazione

XRD (diffrazione RX)

PRODOTTI DI CORROSIONE - PATINA



Gerhardtite: $\text{Cu}_2\text{NO}_3(\text{OH})_3$

→ Nitrate salts generally have high solubility in water and the majority of naturally occurring nitrate minerals appear in areas of high evaporation or in arid climates.

Shuhong Hou et al., *Surf. Interface Anal.* 39 (2007) 775–782.

Frost RL et al., *Spectrochim. Acta, Part A* 61 (2005) 607.

*Copper nitrate
corrosion products*

The most common occurrence of gerhardtite is as a component of artificially patinated copper alloys. Many recipes for green patinas today contain ingredients such as nitric acid, potassium

nitrate, sodium nitrite, or ammonium nitrate (Hughes and Rowe 1982), which would create a copper(II) nitrate salt.

Copper nitrates should be rare as a natural corrosion product since nitrate salts are usually the most water-soluble group of copper corrosion products and, if formed, would invariably be expected to be washed away from the surface. There are, however, some noted occurrences of copper nitrates in corrosion. Otto (1959) identified gerhardtite as a patina component on archaeological bronzes, and Riederer (1988) reported an occurrence of this basic nitrate on some ancient Mesopotamian bronzes in the collections of the Institut für Technologie der Malerei in Stuttgart.

D.A.SCOTT, *Copper and Bronze in Art*, Getty Publications, Los Angeles 2002, p.250-251.

CONCLUSIONI:

Osservazioni sulla composizione chimica della lega

- La **presenza di 1%** in peso di **alluminio** in un ottone, lega **rame-zinco** (soluzione solida sostituzionale), è incongruente con la tecnologia di produzione nota in epoca romana ed è considerata dalla comunità scientifica internazionale possibile indice di modernità del materiale.
- L'alluminio è conosciuto dal **1827**, ma è stato utilizzato industrialmente **solo dalla fine del XIX secolo**.
- Negli ottoni moderni per impieghi industriali **Al** viene aggiunto appositamente al fine di incrementare la resistenza all'ossidazione ed all'usura in tenori compresi tra **0,2 - 0,7%** e può arrivare fino al 3-6% in ottoni speciali.

CONCLUSIONI:

Morfologia della patina e sua composizione chimica

- Presenza di selenio nella patina (*patinazione artificiale?*).
- Presenza di nitrati di rame (Gerhardite), che generalmente sono molto solubili in acqua (*patinazione artificiale?*).

CARATTERISTICHE dei FENOMENI di DEGRADO e CORROSIONE

- **Spessore dei prodotti di corrosione** (patina) $< 10 \mu\text{m}$;
- La **lega sotto la patina**, non ha mostrato **né** fenomeni di **corrosione interdendritica**, né tracce di **de-zincificazione**.

(La dezincificazione si manifesta in leghe di rame con più del 15% di zinco, in presenza di soluzioni più o meno aggressive, e consiste in una dissoluzione della lega dove viene rimosso selettivamente il metallo più anodico, lo Zn, e si ha riprecipitazione in superficie di uno strato poroso di rame.)

TECNOLOGIA DI FABBRICAZIONE

- Il manufatto è stato ottenuto per fusione a cera persa + lavorazione meccanica localizzata (punzonatura).
- Sono documentati soprattutto casi di formatura a sbalzo partendo da una lamina.



Utilità delle indagini metallurgiche

Nel caso di questo meraviglioso ed unico manufatto, le analisi hanno offerto un panorama più completo per l'interpretazione e per la identificazione: **ARMATURA sicuramente NON ANTICA.**

ARTE CONTEMPORANEA, sculture in bronzo: Fusione, protezione e manutenzione.

Fonderia Artistica “Venturi Arte srl” – Cadriano (Bologna)



DON POGGIOLINI, Modigliana (FO)



KUMPT, Wien (A), giardino zoologico



ETIENNE, Paris (F)

CONSERVAZIONE PREVENTIVA e PRODUZIONE di COPIE di MONUMENTI ANTICHI:

- Scelta del tipo di **lega** (basso Pb) vs. **ambiente**;
- Metodologie di **protezione** e **manutenzione**.

Esposizione in ambienti aggressivi artificiali e protezione con inibitori di corrosione
Fonderia Artistica "Venturi Arte srl" – Cadriano (Bologna)



Bronzo lucido non trattato



Bronzo lucido trattato



Bronzo lucido non trattato



Bronzo lucido trattato



Bronzo patinato non trattato



Bronzo patinato trattato



Bronzo patinato non trattato



Bronzo patinato trattato

Aspetto di cavalli in bronzo lucido, non protetti e protetti, dopo **45 giorni** di esposizione a **pioggia acida artificiale** in camera climatica.

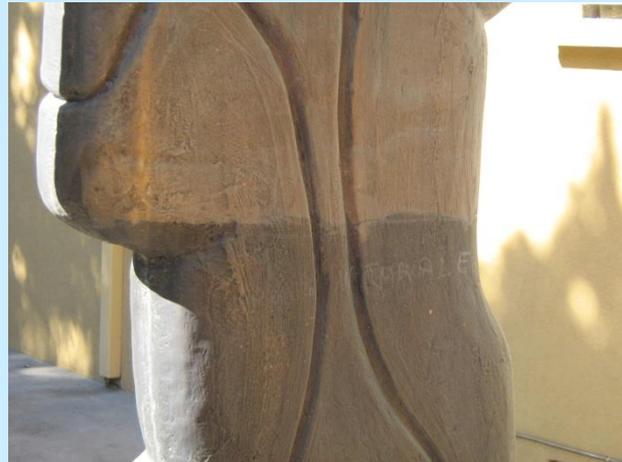
Aspetto di cavalli in bronzo lucido, non protetti e protetti, dopo **30 giorni** di esposizione ad una **soluzione di NaCl al 5%** in camera a nebbia salina.

Protettivi: cere microcristalline, derivati del BTA, composti silanici.

Esposizione all'aperto (5 anni) e **protezione con innovativi inibitori di corrosione**
Fonderia Artistica "Venturi Arte srl" – Cadriano (Bologna)



Michele TANCREDI



Protettivi: cere microcristalline, derivati del BTA, composti silanici)

Conclusioni

- E' dimostrata **l'utilità di un corretto utilizzo delle analisi chimiche e microstrutturali**, sia per la **conoscenza storica**, che per le indagini che **precedono** gli interventi di **restauro, conservazione e manutenzione (dai manufatti archeologici ... fino all'arte contemporanea)**.
- Le **tipologie analitiche**, condotte anche in corso d'opera, devono essere scelte **conoscendo** le **metodologie**, le **informazioni** che queste possono fornire, ed i **limiti** connessi (**sono necessarie competenze scientifiche rigorose ed approfondite**).
- Le indagini di laboratorio **preliminari al restauro non** devono essere considerate solo un corollario per interventi / trattamenti già precedentemente decisi.



E' necessario un **dialogo costruttivo** tra ricercatori di formazione diversa, compenetrazione delle **“due culture”**

Conclusioni

- In un momento di **crisi economica** è **indispensabile non penalizzare il settore della CULTURA** e in particolare la ricerca e l'innovazione applicata alla manutenzione, alla conservazione e al restauro delle opere d'arte;
- Una estesa operazione di **manutenzione del Patrimonio Culturale italiano**, intrapresa in modo scientifico ed integrata dalle opportune tecniche diagnostiche, potrebbe contribuire a far ripartire l'**economia**, creando ricadute immediate sull'occupazione, rivitalizzando il turismo culturale,con un grande ritorno di immagine.

**CULTURA:
UNA PASSWORD PER IL FUTURO ?**

RINGRAZIAMENTI

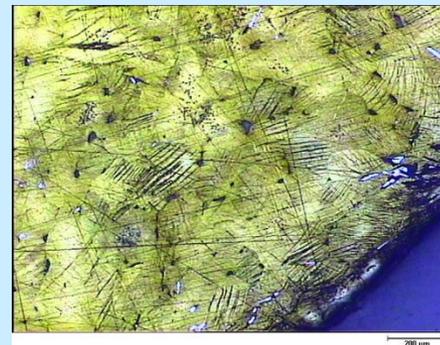
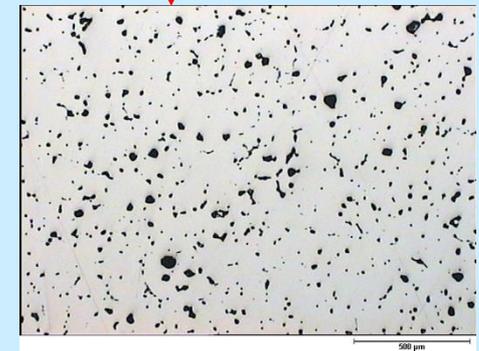
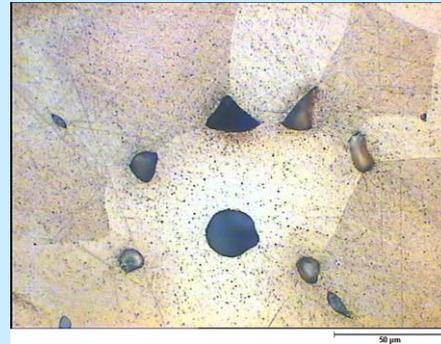
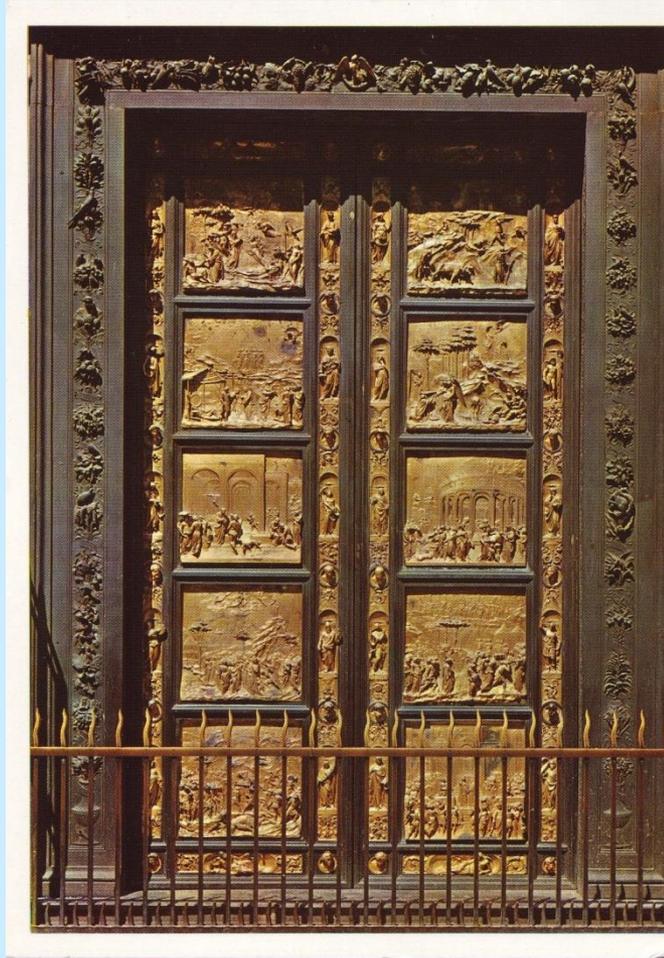
Si ringraziano per le collaborazioni nelle ricerche e per la autorizzazione ad effettuare le analisi:

- *Dott.ssa Carla Martini – DIN, Università di Bologna*
- *Museo Civico Archeologico (Bologna),*
- *Opificio delle Pietre Dure, (Firenze),*
- *Museo dell'Opera del Duomo (Firenze),*
- *Pinacoteca di Palazzo dei Diamanti (FE),*
- *Soprintendenza per l'Etruria Meridionale (Roma),*
- *Ministero per i Beni e le Attività Culturali,*
- *IFAC - Consiglio Nazionale delle Ricerche.*

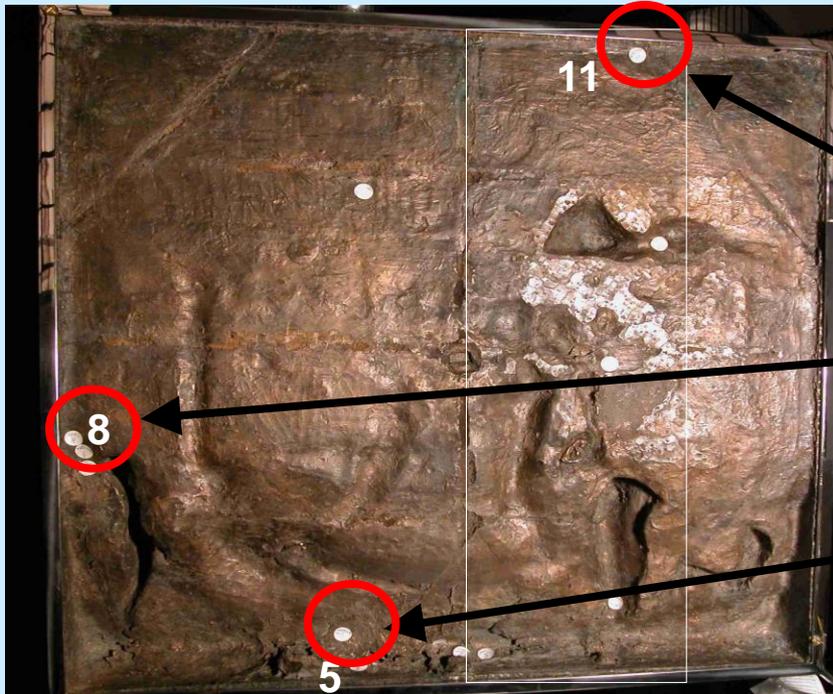
GRAZIE

Studio archeometallurgico della “Porta del Paradiso”

(Dip. Ingegneria, UniFE – Opificio delle Pietre Dure, MiBAC – CNR, IFAC)



Formella della “CREAZIONE” zone di prelievo campioni 2005



• **Crea 11:** prelevato in prossimità della cornice della formella

• **Crea 8:** prelevato da un moncone di canale residuo di colata

• **Crea 5:** prelevato da una bava

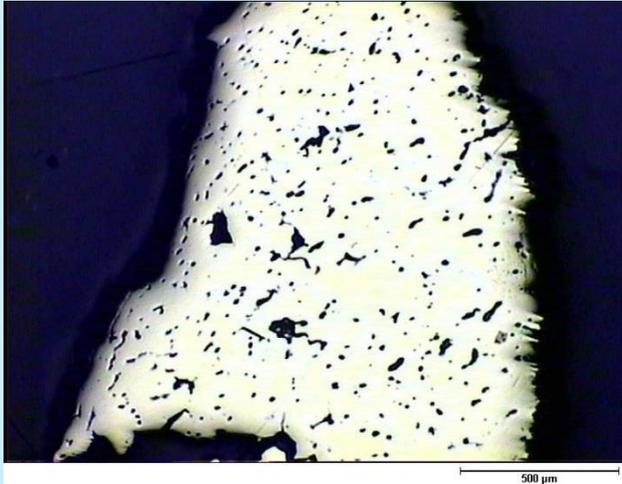


Composizione della lega (% in peso)

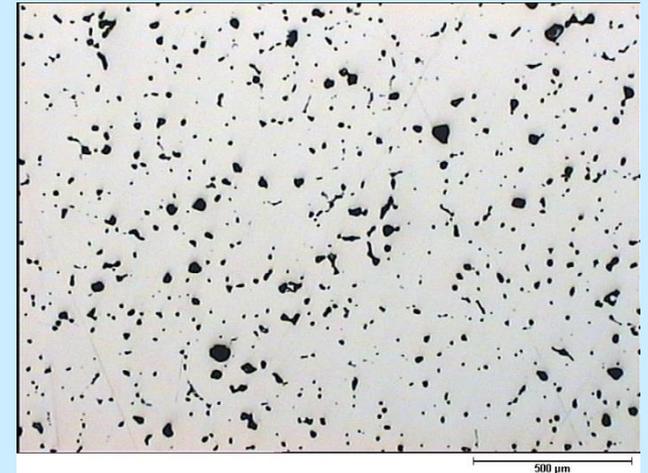
Cu=91.12; Sn=2.09; Pb=1.37; Zn=3.43; Fe=0.47; Ni=0.22,
Ag=0.049; Co=0.029; Sb=0.44

Osservazioni al MICROSCOPIO OTTICO valutazione delle porosità

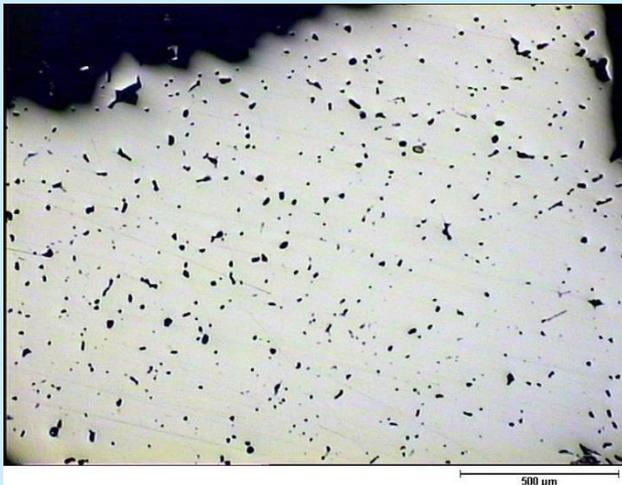
Crea 11: micrografia (obiettivo 50x)



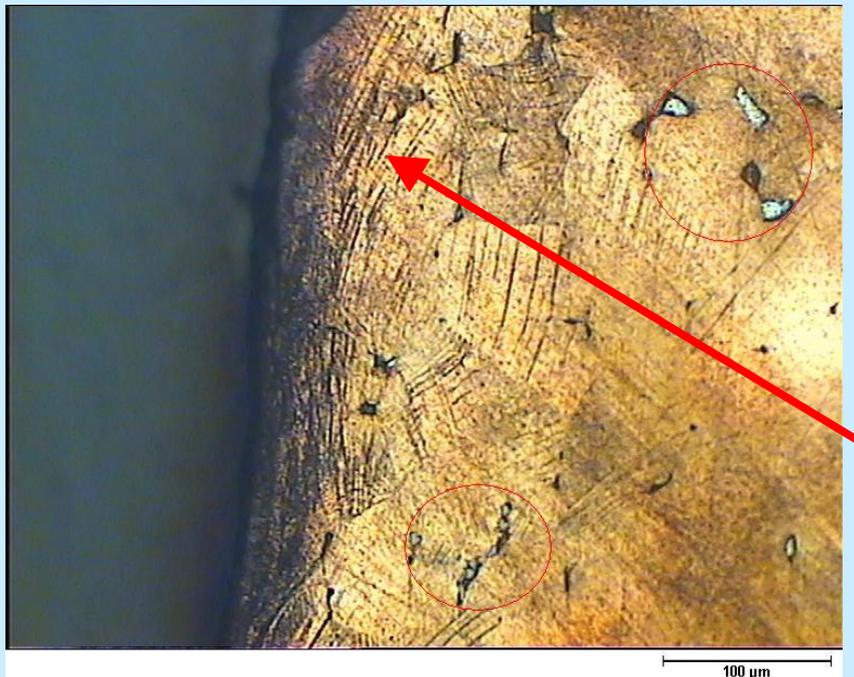
Crea 8:
micrografia
(obiettivo 50x)



Crea 5: micrografia (obiettivo 50x)



Formella «Creazione, prelievo 8»:



La presenza di grani ricristallizzati e le dendriti poco evidenti fanno pensare ad un possibile riscaldamento subito dal materiale.

Molte linee di scorrimento sul bordo, che si diradano verso il centro: probabile incrudimento dovuto alle modalità di prelievo del campione.

