

PAOLA FIORENTINO - MAURIZIO MARABELLI - MARIO MICHELI *

INDAGINI E INTERVENTO DI CONSERVAZIONE SUI REPERTI BRONZEI DI PORTICELLO

PREMESSA

Il recupero marino di Porticello di Villa San Giovanni (RC) di 26 frammenti di bronzo appartenenti a due o più statue maschili — fra i quali hanno particolare rilievo una testa di anziano definita di "filosofo", frammenti di un giovane nudo definito "atleta", frammenti di panneggio e di arti — ha posto subito un duplice problema: quello della caratterizzazione dei materiali e della pertinenza dei frammenti a singole statue e quello della conservazione dei manufatti che presentano un singolare tipo di corrosione dovuto all'ambiente marino.

Pertanto sono state svolte indagini orientate da queste tematiche, a seguito delle quali sono stati ottenuti alcuni risultati significativi sui seguenti punti:

1) composizione della lega. I frammenti esaminati rivelano una stretta analogia di composizione;

2) tecniche di esecuzione. È stato possibile stabilire che sono state utilizzate la tecnica di fusione a cera persa (semplice e in fasi successive) e l'assemblaggio di getti separati mediante saldatura; è stata messa in evidenza l'accurata tecnica di esecuzione dei manufatti e la loro stretta affinità macrostrutturale;

3) corrosione. È stato identificato un tipo particolare di corrosione, da ambiente marino riducente, con formazione massiva di solfuri di rame; è stato anche identificato un prodotto di corrosione, fino ad oggi non riscontrato, la Schoenfliesite, $MgSn(OH)_6$;

4) intervento conservativo. È stato differenziato, a seconda del grado di coesione ed adesione delle patine al nucleo metallico.

Nella caratterizzazione dei frammenti sono state scelte tecniche che richiedevano quantità ridotte di campione per conservare, il più possibile, l'integrità dei reperti.

Naturalmente un ulteriore rilevamento di dati potrebbe portare ad un confronto più approfondito fra i diversi frammenti, mediante analisi metallografiche e di elementi in tracce, ma ciò comporterebbe l'esecuzione sistematica e generalizzata di prelievi.

Il presente rapporto si articola su tre capitoli riguardanti:

1) le analisi chimico-fisiche;

2) la descrizione dei singoli frammenti con le osservazioni sui dettagli di esecuzione e sulla difettologia delle strutture metalliche;

3) la descrizione dello stato di deterioramento e del trattamento conservativo.

I. - ANALISI CHIMICO-FISICHE

I.1. - Analisi della lega ¹⁾

Allo scopo di rilevare eventuali differenze di composizione di lega sono stati presi in esame 15 frammenti fra i più significativi.

Analisi per elettrodeposizione a potenziale controllato ²⁾

Modalità ed area del prelievo: 0,5 g di lega, con trapano, in tutto lo spessore, da un frammento di nudo (n. 16).

Risultato dell'analisi: Cu 88,9 %; Sn 10,5 %; Pb 0,1 %; Sb 0,1 %.

Analisi XRF, dispersiva in energia ³⁾

Sorgente Pm 147 (attività 1 Ci); rivelatore Laben Si (Li), con risoluzione 200 ev per la riga Fe 55 (5,9 Kev).

Modalità del prelievo: circa 1 mg di lega per prelievo, in superficie, su vari frammenti e, in un caso, su un frammento a varie profondità. Il prelievo è stato eseguito con una lima a solchi distanziati 0,5 mm.

Area del prelievo e risultato dell'analisi: vedi *tabelle* 1 e 2.

TABELLA I

Rapporti Sn/Cu e Pb/Cu a varie profondità, calcolati mediante analisi XRF

Oggetto: frammento di nudo (n. 16)

DESCRIZIONE (i prelievi sono elencati in ordine a partire dall'esterno verso l'interno)	Spessore in mm	r(Sn/Cu) (in unità	r(Pb/Cu) arbitrarie)
Patina nera	1,0	0,44	0,045
Metallo	1,0	0,25	0,028
Metallo	1,0	0,28	0,044
Metallo	0,5	0,30	0,025
Metallo	0,5	0,23	0,011
Metallo	0,5	0,30	0,018
Metallo	1,0	0,23	0,035
Metallo	1,0	0,24	0,026
Metallo e patina	1,0	0,25	0,014
Patina nera	1,0	0,15	0,008

TABELLA 2

Composizione dei campioni metallici mediante analisi XRF

Numero di catalogazione	Area del prelievo	Cu % *	Sn %	Pb %
1	Ricciolo di barba sul retro della testa del "filosofo"	89,1	10,8	0,1
	Come sopra, strato profondo	91,3	8,5	0,2
	Come sopra, strato più profondo.....	89,4	9,4	0,2
	Lato destro della testa, interno	89,3	8,6	2,1
	Come sopra, strato profondo	89,6	8,9	1,5
	Interno del ricciolo	89,2	7,9	2,9
10	Piede destro, interno	90,7	8,7	0,6
10	Pianta del piede destro ..	90,4	8,7	0,9
11	Piede sinistro, interno	90,0	9,9	0,1
14	Sesso, interno	89,0	10,9	0,1
	Come sopra, strato profondo	88,5	10,6	0,9
	Come sopra, strato più profondo.....	90,4	8,9	0,7
11	Gamba sinistra, interno ..	88,7	11,2	0,1
	Gamba sinistra, interno (altro prelievo)	89,3	9,7	1,0
	Frammento del corpo dell'atleta, interno	90,8	8,8	0,4
5	Mano, interno	90,5	8,4	1,1
4	Frammento di braccio con panneggio	88,8	10,5	0,7
	Come sopra, strato profondo	90,8	8,5	0,7
2	Gamba destra, interno	89,1	10,8	0,1
	Come sopra, strato profondo	90,7	9,1	0,2
	Come sopra, strato più profondo.....	90,0	9,9	0,1
2	Gamba destra, interno, altro prelievo	90,8	9,1	0,1

* Il rame è stato calcolato per differenza a 100, sottraendo le percentuali di stagno e piombo misurate sperimentalmente.
Le percentuali di rame sono leggermente sovrastimate, in quanto non è stata calcolata la percentuale di antimONIO.

Osservazioni. - Le composizioni delle due statue nominate del "filosofo" e dell'"atleta" e degli altri frammenti non si discostano fra di loro in modo significativo. Si può quindi anche ipotizzare che le statue siano state fuse nella stessa fonderia.

1.2. - Analisi delle tracce

Spettrografia di emissione UV con apparecchio Zeiss 024, elettrodo costituito da un frammentino di lega, contro-elettrodo di rame.²⁾

Modalità ed area del prelievo: campione di circa 0,5 g di lega, con seghetto, in tutto lo spessore, dal frammento n. 16.

Risultato dell'analisi:

Cu	Sn	Pb	Sb	Fe	As	Ni	Ag	Zn
++	++	+	+	±	±	±	±	±

++ = componente principale; + = componente secondario; ± = componente in tracce.

1.3. - Esame metallografico (figg. 1-6)⁴⁾

Analisi metallografica

Inglobamento del campione in resina transottica a freddo; lucidatura con carte abrasive e polveri di Al₂O₃ fino a 0,3μ. Attacchi con cloruro ferrico alcoolico (FeCl₃, C₂H₅OH, H₂O: 9,5 g/50 ml/6ml) e con soluzione di bicromato di potassio (K₂Cr₂O₇, H₂SO₄, NaCl, H₂O: 2 g/8ml/4ml soluzione satura/100 ml).

Osservazione e microfotografia con microscopio metallografico Leitz MM5, lampada allo Xenon

Modalità ed area del prelievo: vedi 1.2.

Risultato dell'esame: la microstruttura è tipica dello stato grezzo di getto; è costituita cioè da una matrice di dendriti di soluzione solida α e da una fase eutottoidica α + δ, con alcuni cristalli poligonali ben visibili di fase α. È evidente un'organizzazione iniziale di cristalli di fase α.

I fenomeni corrosivi superficiali sono di tipo crateriforme, con inizio di corrosione transgranulare non molto progredita e con fenomeni di corrosione selettiva in corrispondenza delle aree eutettoidiche, in cui si è verificata la corrosione preferenziale della fase α.

Nelle aree della patina prossime alla superficie sono inoltre presenti depositi di rame per cementazione in cavità.

1.4. - Analisi della terra di fusione

Diffrazione X con apparecchio Siemens Kristalloflex 4 con goniometro, anticatodo Cukz.

Nel corso del restauro, su alcuni frammenti, è stata individuata la terra di fusione, della quale sono stati esaminati 4 campioni. Generalmente la terra era di aspetto grigio-bruno; nell'interno della mano e del polso è stato invece riscontrato uno strato con aspetto di stucco, di colore grigio-chiaro.

Area dei prelievi e risultato dell'analisi: vedi tabella 3.

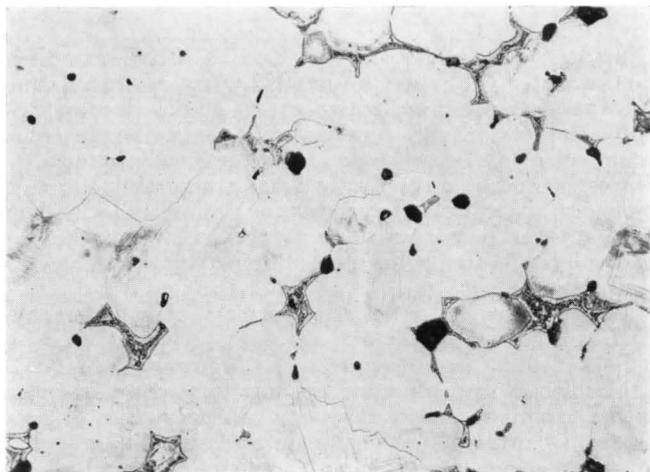
Osservazioni: i campioni di terra di fusione sono praticamente identici, così come i due campioni di stucco.

La terra di fusione è costituita principalmente da quarzo, feldspati e calcite come materiali inerti e da materiale argilloso in piccole quantità (almeno in un campione).

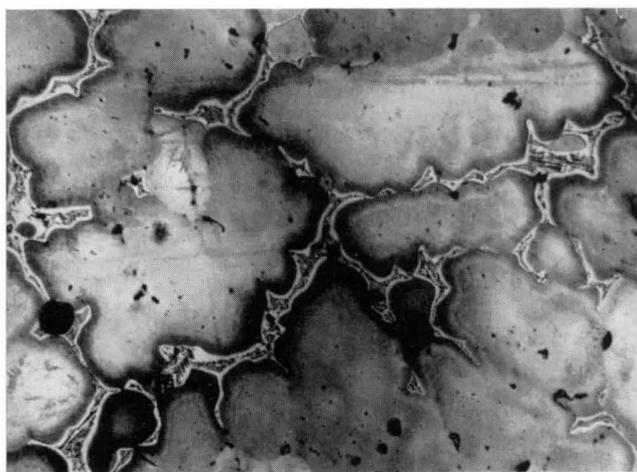
Nel secondo campione probabilmente la quantità di materiale argilloso è inferiore alla sensibilità dello strumento.

Lo stucco è costituito da feldspati, quarzo e calcite, legati con idrato di calcio che si è successivamente carbonatato, e argilla.

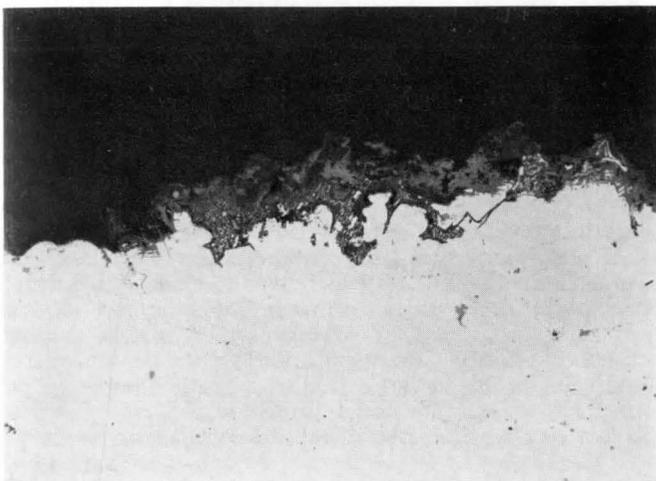
Djurleite e cuprite sono prodotti di corrosione del rame, inglobati nella terra di fusione e nello stucco.



1 - SEZIONE STRATIGRAFICA DI UN CAMPIONE TRATTO DA UN FRAMMENTO DI BRONZO DA PORTICELLO: È PARZIALMENTE VISIBILE LA STRUTTURA DENDRITICA (attacco con soluzione di cloruro ferrico 200 X)



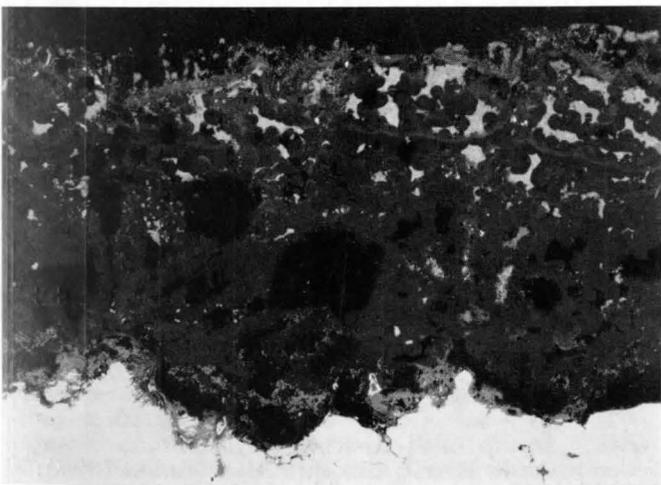
2 - SEZIONE METALLOGRAFICA DI UN CAMPIONE TRATTO DA UN FRAMMENTO DI BRONZO DA PORTICELLO: È VISIBILE LA STRUTTURA DENDRITICA (attacco con soluzione di bicromato di potassio 300 X)



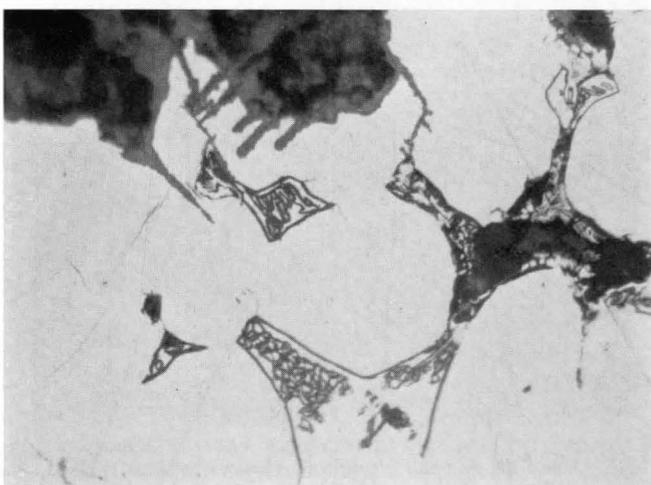
3 - SEZIONE METALLOGRAFICA DI UN CAMPIONE TRATTO DA UN FRAMMENTO DI BRONZO DA PORTICELLO: CRATERI DI CORROSIONE E PATINA DI SOLFURI DI RAME (100 X)



4 - SEZIONE METALLOGRAFICA DI UN CAMPIONE TRATTO DA UN FRAMMENTO DI BRONZO DA PORTICELLO: CORROSIONE TRANSGRANULARE (500 X)



5 - SEZIONE METALLOGRAFICA DI UN CAMPIONE TRATTO DA UN FRAMMENTO DI BRONZO DA PORTICELLO. DETTAGLIO DELLA PATINA: SI VEDONO CHIARAMENTE RESIDUI DELLA FASE δ INGLOBATI NELLA PATINA. NELLE CAVITÀ PROSSIME ALLA SUPERFICIE È PRESENTE RAME DOVUTO A CEMENTAZIONE (100 X)



6 - SEZIONE METALLOGRAFICA DI UN CAMPIONE TRATTO DA UN FRAMMENTO DI BRONZO DA PORTICELLO: DETTAGLIO DELLA FASE $\alpha + \delta$: È CHIARAMENTE VISIBILE LA CORROSIONE ALL'INTERNO DELLA FASE δ (500 X)

1.5. - *Analisi delle patine e delle incrostazioni*

Metodica: vedi 1.4.

Sono stati prelevati 10 campioni, 1 di incrostazioni dovute a sedimenti marini e 9 di patine di corrosione (principalmente un tipo di patina bianco-verdastra pulverulenta presente sotto le incrostazioni e uno di patina grigio-nera presente sulla maggior parte dei frammenti).

Modalità del prelievo: a bisturi.

Area dei prelievi e risultato dell'analisi: vedi *tabella 4*.

Osservazioni. - L'incrostazione di sedimenti marini è costituita principalmente da aragonite (CaCO₃) e da feldspati.

I componenti principali delle patine grigio-nera sono la Schoenfliesite³ (MgSn(OH)₆),⁵ formatasi per corrosione dello stagno in presenza dell'acqua marina e la

Djurleite⁴ (Cu_{1,993}S),⁶ con presenza in alcuni campioni di Calcocite (Cu₂S) e Cuprite (Cu₂O); si tratta dunque di patine formate prevalentemente da solfuri di rame dovuti alla presenza nel fondo marino (in ambiente riducente) di idrogeno solforato. Le ipotesi sull'origine dell'idrogeno solforato sono varie e non trascurabile è quella biologica. Molti organismi infatti producono idrogeno solforato per decomposizione di sostanze organiche; in particolare i batteri solforiducanti lo producono in elevata concentrazione.⁷

La patina grigio-verdastra è formata prevalentemente da Cassiterite (SnO₂).

Solo in due campioni è presente l'Atacamite (Cu₂(OH)₃Cl), unico cloruro di rame riscontrato, mentre in quasi tutti i campioni si nota mediante analisi chimica la presenza di cloruri, almeno parzialmente solubili in acqua, dovuti con ogni probabilità all'ambiente marino.

Componenti della terra di fusione e dello stucco

TABELLA 3

Area del prelievo	Colore	Cuprite	Djurleite	Feldspati	Materiale Argilloso	Quarzo	Calcite
1 - Gamba destra con pannello, terra di fusione	grigio-bruno		±	+		++	+
2 - Anca sinistra dell'"atleta", terra di fusione	grigio-bruno			+	±	++	+
3 - Mano sinistra, interno, stucco	grigio-bianco	±		+	±	++	++
4 - Mano sinistra, polso, stucco	grigio-bianco	±		+	±	++	++

++ = Composto principale.
+ = Composto secondario.
± = Composto in tracce.

Componenti delle incrostazioni marine e delle patine di corrosione

TABELLA 4

Area del prelievo	Colore	Cass.	Schoenf.	Cupr.	Calc.	Djur.	Calcon.	Atac.	Arag.	Feld.	Mat. Arg.	Quarzo
1 - Anca destra "atleta"	grigio-verde	++	++									
2 - Anca destra "atleta"	grigio-bianco	++	+									
3 - Piede destro	grigio-nero				+	++						
4 - Anca sinistra "atleta"	grigio-nero		++			++						
5 - Anca destra "atleta"	incrostazioni marine bianche								+	++		
6 - Frammento non identificato	grigio-nero		+			+				++	+	
7 - Anca sinistra "atleta"	—		++	++		+	+	+		++		++
8 - Anca destra "atleta", altro frammento	bianco-verde	++	+	++				+				
9 - Testa "filosofo" ..	grigio-nero		++	±		+						
10 - Mano sinistra	grigio-nero		+		+	++						

Nome dei minerali identificati: Cassiterite (Cass.); Schoenfliesite (Schoenf.); Cuprite (Cupr.); Calcocite (Calc.); Djurleite (Djur.); Calconatronite (Calcon.); Atacamite (Atac.); Aragonite (Arag.); Feldspati (Feld.); Materiale argilloso (Mat. Arg.); Quarzo.

1.6. - *Indagine radiografica*

Dei frammenti provenienti da Porticello, la testa del "filosofo" fu sottoposta ad indagine radiografica nel 1973 da parte dell'Istituto dei Metalli Leggeri di Novara, ma dai risultati dei radiogrammi ottenuti apparve chiaro che le concrezioni presenti, di notevole spessore, ostacolavano il buon rendimento dei dati radiologici.

Per questa ragione, dal momento che gran parte dei frammenti presentavano una situazione analoga alla testa, si dovette rinviare la campagna radiografica a pulitura ultimata. L'indagine, quindi, non ha potuto costituire, in questo caso, un supporto di riferimento per le operazioni di pulitura, mentre è risultata utile per mettere in evidenza i difetti di fusione, la loro localizzazione e per le caratteristiche costruttive dei getti.

Tale campagna è stata svolta presso l'I.C.R., nell'ambito dell'attività del Laboratorio di Fisica, su tutti i frammenti del ritrovamento, per un totale di 29 radiogrammi, dei quali vengono riportate le copie dirette dei più significativi.

L'indagine radiografica è stata condotta con apparecchiatura RICH SEIFERT, mod. ERESKO 300 (300 Kv, 5mA); distanza fuoco-pellicola 100 cm; tensione 4 mA; corrente 200-250 Kv; durata dell'esposizione 2'-10"; pellicola Structurix D4 Agfa Gevaert con l'impiego di una coppia di schermi di Pb (spessore mm 0,05-0,10).

Risultato dell'esame e osservazioni: tra i difetti che possono essere presenti nei getti di fusione i più comuni sono assottigliamenti, mancanze, soffiature, sbolliture, vaiolature, punte di spillo, spugnosità, cricche di ritiro, cricche a caldo, riprese.

Inoltre costituiscono dati utili per lo studio tecnologico dei getti l'individuazione di: materiale refrattario dell'anima di fusione, elementi metallici di armatura, materiali di riempimento, saldature, reinterventi limitati di fusione, tasselli di riparazione.

L'esame dei radiogrammi effettuati — le cui note dettagliate sono contenute nella descrizione dei singoli frammenti — mette in evidenza la notevole qualità dei getti, ciò che è dimostrato dall'esigua presenza dei vari tipi di difetti.

Sono presenti tasselli di riparazione quadrangolari, piccoli ed accurati, in numero ristretto, in quanto scarsa è stata la formazione di cavità e cricche sulle quali intervenire; tali tasselli rappresentano l'unica tecnica di riparazione impiegata.

È stata riscontrata un'unica saldatura relativa alla giunzione delle sezioni della testa, ciò che dimostra grande perizia di esecuzione; infatti il metallo di apporto è presente in minima quantità e non forma cordone all'interno.

Le cricche presenti devono essere messe in relazione con eventi di notevole stress meccanico subiti dalle statue, che hanno condotto alla loro frammentazione.

Inoltre, dall'insieme delle indagini svolte, appare evidente che i frammenti ritrovati a Porticello sono nettamente affini per la lega impiegata e per la tecnica di esecuzione. Si tratta infatti di una fusione a cera perduta in forma indiretta di getti di medie dimensioni, che sono stati successivamente saldati fra di loro. Lo spessore medio dei getti è di mm 6 e le pareti interne sono particolarmente ben modellate.

Comune ai vari getti è anche l'uso dei chiodini distanziatori in bronzo.

Queste caratteristiche denotano l'alta qualità fusoria dei manufatti; non si notano sensibili differenze tecnologiche fra i due getti.

Le particolarità più interessanti riscontrate nei vari frammenti ed alcune osservazioni vengono riferite nei paragrafi che seguono.

2. - DESCRIZIONE DEI FRAMMENTI - DETTAGLI E DIFETTOLOGIA DELLE STRUTTURE METALLICHE

2.1. - *Testa di "filosofo"*, cat. n. 1 (alt. cm 39)

La testa è caratterizzata da una folta barba e dai capelli suddivisi in ciocche, incisi a bulino. Manca l'occhio sinistro, che lascia una cavità aperta, mentre sono conservati l'occhio destro con l'iride in pasta vitrea e le ciglia ritagliate in una lamina di rame, alloggiata in una sede a fondo chiuso (TAV. II, 1).

La testa è stata gettata in due settori: la calotta cranica ed il volto comprendente il collo. Questi due getti sono assemblati fra loro mediante un minimo impiego di metallo saldante, colato in un interspazio assai ridotto, senza formare cordonatura. La linea di congiunzione dei settori è chiaramente visibile all'interno della calotta (TAV. II, 2)



7 - RADIOGRAFIA DELLA CALOTTA CRANICA DEL "FILOSOFO"
Si notino le soffiature diffuse presenti nelle ciocche e la linea di saldatura. In basso sono visibili due tasselli di riparazione.

e all'esterno sulla nuca, dove sono andate perdute alcune ciocche di capelli (TAV. II, 3).

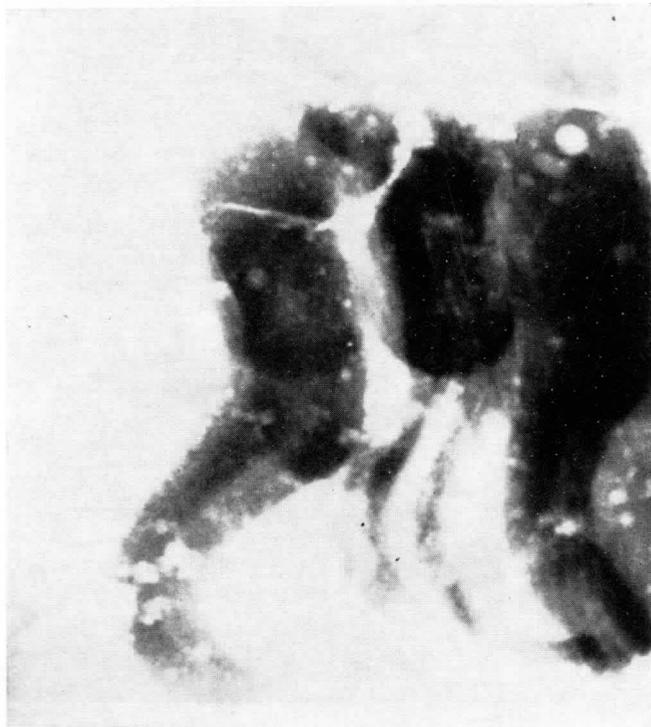
La linea di saldatura è confermata nella radiografia, dove inoltre sono visibili difetti di fusione presenti come spugnosità diffuse e vaiolature; nella stessa radiografia si riscontrano due tasselli di riparazione, localizzati in corrispondenza della regione frontale al disotto dei capelli e del labbro inferiore, probabilmente per riparazioni di cricche a caldo (fig. 7).

Si può ipotizzare che gran parte delle soffiature della calotta cranica siano da riferirsi ai capelli, che sono stati fusi successivamente sul cranio, come dimostrano sia i tasselli di riparazione, che di conseguenza ne rimangono coperti, sia l'esecuzione di una sede, visibile nel tratto dove si è staccata una ciocca, realizzata mediante scalpellatura del getto per modellarvi le cere e per ottenere una migliore adesione della nuova colata (TAV. II, 4).

Invece i riccioli che vanno da un orecchio all'altro, allineati lungo la base della nuca, sono stati realizzati a parte e saldati successivamente. In un gruppo di questi, situati a sinistra sotto la nuca, si nota uno spazio quadrangolare, che probabilmente corrisponde ad un sostegno utilizzato nella fase di modellazione.

Altri riccioli invece presentano un'anima centrale in bronzo a sezione quadrata, visibile dove lo strato esterno è caduto (TAV. II, 5). Tale anima è rilevata anche da una radiografia relativa ad un ricciolo integro (fig. 8).

Questo particolare permette di formulare l'ipotesi che alcuni riccioli siano stati realizzati modellando uno strato di cera attorno ad un'anima metallica già vincolata al getto e che per la colata sia stata impiegata una lega con caratteristiche di maggiore fluidità e di maggiore lavorabilità a freddo. Questa ipotesi però non è convalidata da



8 - RADIOGRAFIA DI UN RICCIOLO INTEGRO
Si può notare la presenza del sostegno metallico interno.

un'indagine metallografica, che avrebbe evidenziato le diverse strutture del metallo dell'anima e del metallo esterno, né da un'analisi chimica delle due leghe, in quanto l'avanzato stato di corrosione dei riccioli (concesso che se ne volesse sacrificare uno) non avrebbe consentito tali indagini.

Per quanto riguarda la barba essa sembra modellata e fusa in momenti successivi dai ricci più arretrati a quelli più superficiali. Una prima serie di ricci è stata modellata in cera e quindi appoggiata all'area antistante il mento, realizzando la colata corrispondente; le ondulazioni sovrapposte ed i baffi sono stati ottenuti per fusione successiva, collocando le cere direttamente sul mento (TAV. III, 2).

Questa seconda soluzione tecnica deve essere avvenuta in due riprese, in quanto le incisioni sono situate anche nei risvolti interni dei ricci, irraggiungibili dal bulino se vi fosse stato un impedimento antistante.

Infine si ritiene che, per realizzare un'incisione così ondulata e precisa, l'artista abbia tracciato i solchi direttamente sulla cera e successivamente alla fusione si sia limitato ad un lavoro di rifinitura (TAV. III, 1).

2.2. - *Frammento di panneggio*, cat. n. 7 (alt. cm 36, apertura cm 31)

Si tratta di uno dei frammenti di maggiori dimensioni di tutto il ritrovamento. È un particolare di panneggio le cui pieghe vanno a raccogliersi verso un'estremità. Il frammento è parte di un unico getto ed è da notare la superficie interna che segue con notevole precisione il modellato esterno. Sempre all'interno si vedono due bave di fusione trasversali all'andamento delle pieghe, prodotte verosimilmente da ritiri della terra di fusione. Nelle tre lastre radiografiche che costituiscono lo sviluppo del frammento si notano rare soffiature, concentrate principalmente verso un'estremità ed inoltre alcune cricche in prossimità dei margini da riferirsi a danni meccanici subiti dalla statua.

Sebbene il frammento fosse molto corrosivo, esso conservava all'interno un notevole strato di terra refrattaria con annegati alcuni chiodini distanziatori (TAV. III, 3).

2.3. - *Frammento di gamba destra con panneggio*, cat. n. 2 (alt. cm 20)

Il frammento è molto corrosivo e fratturato all'altezza del ginocchio; comprende un lembo di panneggio, le cui pieghe, poco profonde, partono dal retro della gamba. Non è chiaro se i margini corrispondono ai limiti del getto.

Si notano diverse piccole cricche e cadute di tasselli di riparazione; inoltre è da rilevare la presenza di chiodini distanziatori e una discontinuità di spessore del metallo in corrispondenza del panneggio.

2.4. - *Piede destro*, cat. n. 10 (alt. cm 22,5, pianta lunghezza cm 27,5)

Il piede destro si compone di due parti, di cui una frammentata, comunque corrispondenti a due diversi getti di fusione.

All'estremità del piede manca il terzo dito, mentre è visibile la sede, definita con molta precisione, nella quale il dito doveva essere stato applicato (TAV. IV, 1). La



1



2



3



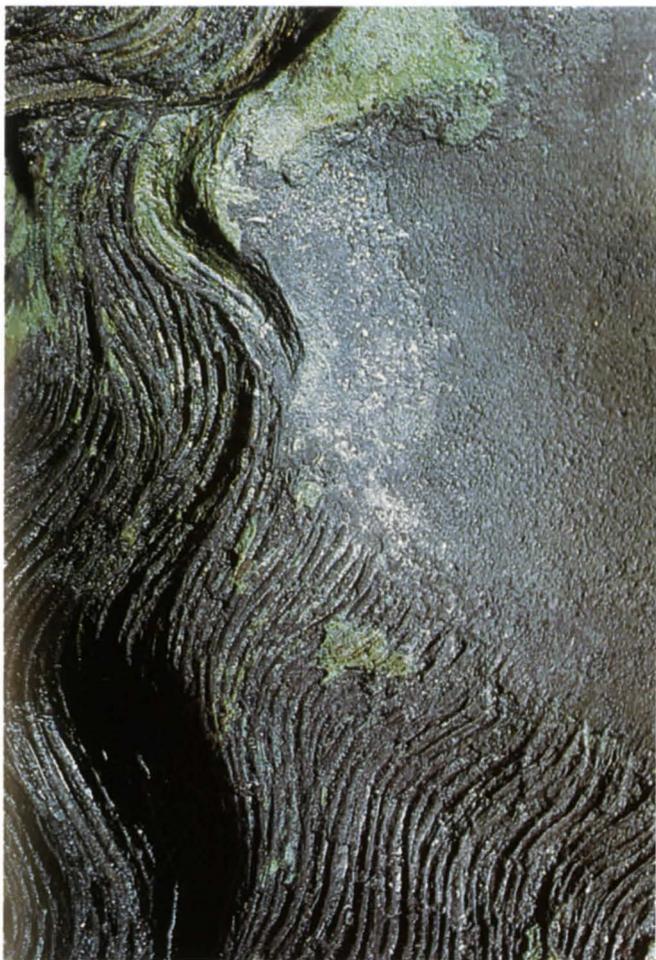
4

REGGIO CALABRIA, MUSEO ARCHEOLOGICO NAZIONALE - TESTA
DEL " FILOSOFO " DA PORTICELLO, PARTICOLARI

- 1 - OCCHIO DESTRO CON LE CIGLIA REALIZZATE CON UNA LAMINETTA DI RAME
- 2 - INTERNO DELLA CALOTTA CRANICA
Si nota la saldatura che congiunge i due settori.
- 3 - LINEA DI SALDATURA DEI DUE SETTORI LUNGO LA NUCA
Sulla sinistra si nota lo spazio quadrangolare sotto le ciocche.
- 4 - INGRANDIMENTO DELLA FRONTE
È visibile una ciocca spezzata e traccia di una scalpellatura eseguita per la realizzazione della capigliatura.
- 5 - RICCIOLI
L'avanzato stato di deterioramento mette a nudo il sostegno metallico interno.



5



1



2



3



4



5



6

REGGIO CALABRIA, MUSEO ARCHEOLOGICO NAZIONALE
 "FILOSOFO" DA PORTICELLO, PARTICOLARI

- 1 - ATTACCATURA DEI RICCI
L'incisione a bulino è ripresa a cesello per la congiunzione alla guancia.
 - 2 - AREA SOTTOSTANTE IL MENTO
È visibile la parete interna della colata che vincola un gruppo di ricci della barba.
 - 3 - FRAMMENTO DI PANNELLO
Terra di fusione grigio-bruna presente sulla parete interna del frammento: sono evidenti i chiodini distanziatori.
- MANO SINISTRA
- 4 - *Sul palmo è visibile la sede per un elemento tubulare.*
 - 5 - *Strato di stucco grigio-chiaro presente all'interno del polso.*
 - 6 - SESSO VIRILE, INTERNO
Assemblaggio dei due getti per ribattitura e tracce di saldature sui bordi esterni.



1



3



2



4



5

REGGIO CALABRIA, MUSEO ARCHEOLOGICO NAZIONALE - "FILOSOFO" DA PORTICELLO

PIEDE DESTRO

- 1 - Il piede si compone di due getti attualmente dissaldati. È evidente la sede per il terzo dito.
- 2 - Armatura di sostegno annegata in un tratto di fusione piena.
- 3 - PIEDE SINISTRO, SEZIONE STRATIGRAFICA (PARTICOLARE INGRANDITO DEGLI STRATI SUPERFICIALI)
Si notano dall'interno verso la superficie cristalli di sabbia quarzosa inglobati nella patina di solfuri, rame ridepositato, tre strati di patina grigio-nera pulverulenta.
- 4 - ANCA SINISTRA
Parte interna con terra di fusione.
- 5 - ANCA DESTRA, FRAMMENTO MAGGIORE
Nella parete interna si notano le congiunzioni delle cere, due ispessimenti quadrangolari, un foro passante quadrangolare.

fusione dei piedi in due getti e quella separata del terzo dito si riferiscono ad un procedimento tecnico riscontrato anche in altre statue.

Sotto la pianta del piede è visibile un foro ovale nel bronzo, riempito da una colata di piombo in funzione di vincolo per la messa in opera della statua, nella quale sono rimasti impressi i segni dello strumento usato per la sua demolizione.

Nel tallone sono presenti gravi lesioni e deformazioni; al posto del tenone vi è un'apertura ovale, un elemento di sostegno, a sezione quadrata di cm 3 di lato, del quale se ne conservano circa cm 20, realizzato da un nucleo centrale di legno, di cui rimangono resti carbonizzati, rivestito da un involucro metallico, verosimilmente rame, ormai fortemente ossidato (TAV. IV, 2).

Tale elemento è vincolato al getto di fusione, in corrispondenza della caviglia, da un tratto di fusione piena chiaramente leggibile in radiografia (fig. 9).

2.5. - *Piede sinistro*, cat. n. 11 (alt. cm 24,5, tallone lunghezza cm 11,5)

Del frammento del piede sinistro si conserva solo il getto della parte posteriore che, a differenza del piede destro, è dotato di tenone.

Il limite anteriore del frammento segue un andamento del tutto analogo a quello riscontrato nel piede destro. Nella radiografia si nota un'eterogeneità di spessore in corrispondenza di un difettoso apporto del metallo di colata nella zona della caviglia, per cui era prevista la fusione piena, come per il piede destro; infine nella porzione superiore del frammento si nota una traccia lasciata dall'elemento di sostegno.

2.6. - *Avambraccio panneggiato*, cat. n. 4 (cm 21 × 20)

Il frammento corroso presenta una deformazione e una profonda cricca dovute a un danno meccanico, che hanno alterato le proporzioni e l'inclinazione del braccio.

Si notano un foro passante quadrangolare, un tassello di riparazione caduto, un chiodino distanziatore nella parte interna.

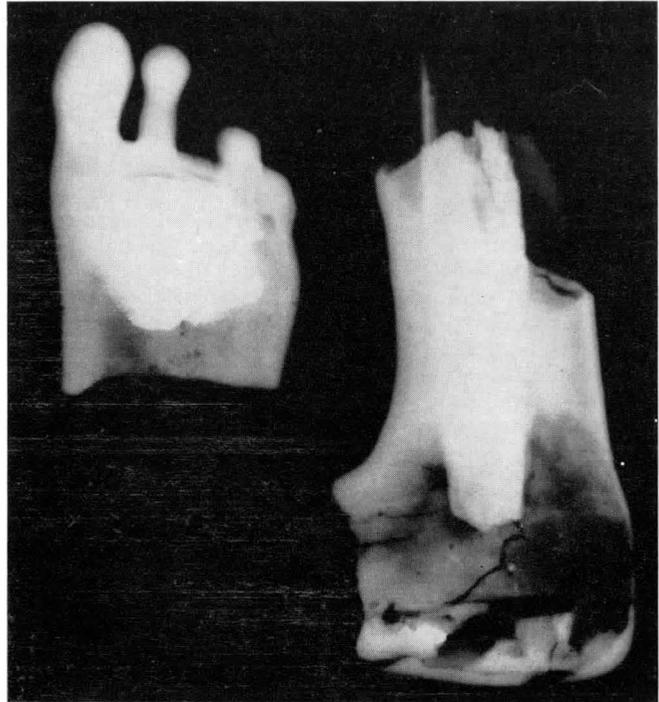
2.7. - *Mano sinistra*, cat. n. 5 (cm 20,5 × 8,5)

Il getto comprende la mano fino all'attaccatura del polso, sul quale vi è un ringrosso metallico che forma un leggero spigolo. Le dita sono racchiuse nell'atto di reggere un elemento a sezione circolare per il quale era stata modellata una sede dentro il palmo (TAV. III, 4).

L'interno della mano è cavo fino all'attaccatura delle dita; vi si conservava uno strato di stucco grigio-chiaro di granulometria molto fine, steso accuratamente con una spatola lungo le pareti del polso, per uno spessore di un centimetro circa, la cui funzione potrebbe essere da collegarsi con la preparazione di un'intercapedine per una ripresa di fusione, o con una saldatura, con funzione di collegamento fra due getti (TAV. III, 5).

2.8. - *Anca sinistra*, cat. n. 13 (alt. cm 41)

Il frammento, che potrebbe corrispondere ad un getto di fusione, comprende il gluteo e l'anca con la regione femo-iliaca; il bordo superiore segue la linea dell'inguine. È ben conservato nei suoi volumi.



9 - RADIOGRAFIA DEL PIEDE DESTRO
Si notino l'armatura quadrangolare, un tratto di fusione piena in corrispondenza della caviglia e gravi lesioni da danno meccanico.



10 - PARTICOLARE DELLA TERRA DI FUSIONE NELL'ANCA SINISTRA CON IMPRESSI I SEGNI DELLO STRUMENTO USATO PER LO SVUOTAMENTO DEL GETTO

Il getto conteneva parte della terra di fusione con impressi i segni lasciati dallo strumento usato per l'operazione di svuotamento (Tav. IV, 4 e fig. 10).

La parete interna è perfettamente modellata; vi si notano le linee di congiunzione delle cere definite con precisione ed una breve bava di fusione.

Nella radiografia sono messi in evidenza, oltre alla congiunzione delle cere, un maggiore spessore del getto, in forma quadrangolare di cm 2,5 di lato, all'interno della regione posteriore del frammento, che probabilmente doveva corrispondere ad un punto di appoggio e di riferimento della cera sul modello di argilla. Questo particolare accorgimento tecnico, presente anche su altri frammenti dell'anca destra e che sembra caratteristico di una delle statue di questo ritrovamento, induce a ritenere che l'artista usasse riportare le cere sul modello più volte, prima di sistemarle definitivamente sulla forma.

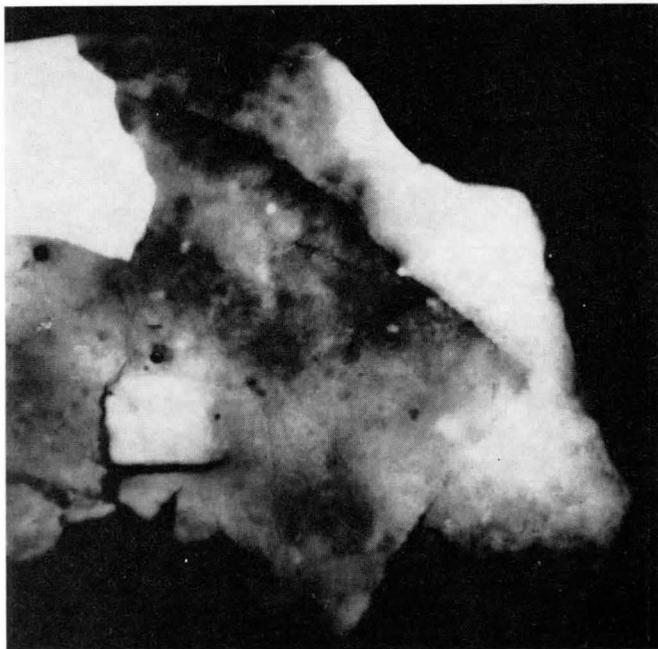
2.9. - *Frammento di anca destra ed altro più piccolo pertinente allo stesso getto*, cat. nn. 12 e 18 (cm 50 × 26 e 30 × 18,5)

I due frammenti riguardano parte dell'anca destra, il gluteo e parte della regione femo-iliaca.

Contrariamente al precedente, i frammenti hanno subito una grave deformazione nella regione anteriore per percussioni inferte all'atto della demolizione della statua.

Inoltre parte della deformazione è dovuta certamente all'avanzato stato di corrosione del metallo.

Sulla parete interna dei due frammenti sono da notare il leggero dislivello lasciato dalla congiunzione delle cere, due spessori quadrangolari come quelli dell'anca sinistra, un foro passante quadrangolare con tracce di ossidi di



11 - RADIOGRAFIA DEL FRAMMENTO MAGGIORE DELL'ANCA DESTRA

Sono evidenziati i tasselli di riparazione, l'avanzato stato di corrosione del metallo con notevole disomogeneità di spessore e cricche da deformazione plastica.

ferro, forse servito come sede di un vincolo di questo frammento con altri elementi della statua e alcuni chiodini distanziatori in bronzo (Tav. IV, 5).

La radiografia mette in evidenza i tasselli di riparazione nel frammento più grande, di cui evidenzia soprattutto l'avanzato stato di corrosione con vaste aree di assottigliamento del corpo metallico, mentre nel frammento minore sono visibili, oltre ai contorni delle cere, cricche da deformazione plastica e cricche a caldo (fig. 11).

2.10. - *Frammento di fianco destro*, cat. n. 15 (cm 22 × 18)

Il frammento è da collocare sopra l'anca destra. Anche questo frammento ha subito deformazioni meccaniche ed è molto corroso.

2.11. - *Sesso virile*, cat. n. 14 (cm 10 × 10)

Il frammento è costituito da due getti assemblati con ribattitura. Sui bordi esterni si conservano tracce di saldatura e lembi di una regione inguinale alla quale doveva essere saldato (Tav. III, 6).

I peli divisi in ciuffi finemente incisi raggiungono un effetto molto simile a quello della capigliatura del "filosofo"; vi si nota l'uso del cesello oltre a quello del bulino.

Tra gli altri frammenti del ritrovamento, tutti di piccole dimensioni, si riconoscono frammenti di pannello e di nudo; alcuni invece sono difficilmente identificabili.

In questo gruppo si notano due frammenti di pannello (cat. nn. 6 e 9) che si ricongiungono a formare un lembo terminale di mantello ed un altro (cat. n. 7) che per l'andamento delle pieghe potrebbe essere accostato al frammento di pannello di maggiori dimensioni.

Inoltre si nota un frammento di nudo all'interno del quale è presente uno ispessimento del metallo di cm 4 × 3 circa, stondato e leggermente concavo, la cui funzione non è chiara.

3. - CONSERVAZIONE

3.1. - *Stato di conservazione della superficie*

Tutti i frammenti, ad eccezione di tre, presentavano uno strato spesso e coerente di sabbia al di sotto del quale vi era una formazione stratificata di prodotti di corrosione grigio-neri pulverulenti (Tav. IV, 3). Due frammenti dell'anca destra e quello della gamba sinistra erano completamente avvolti da incrostazioni di sedimenti di animali marini come molluschi, coralli ecc., che ricoprivano prodotti di corrosione grigio-verdastri incoerenti.

Generalmente i bronzi provenienti dal mare presentano una formazione di carbonati di rame e fenomeni di corrosione attiva dovuta a cloruro rameoso. Nel caso presente invece si è sviluppata una corrosione del tutto particolare, dovuta alla presenza nell'ambiente marino di solfo-batteri riducenti, che hanno determinato la formazione di solfuri di rame i quali, se possono considerarsi dei prodotti relativamente stabili, presentano lo svantaggio della mancanza di coesione e adesione al metallo e quindi danno luogo a stratificazioni assai porose. Sui tre frammenti con incrostazioni marine invece si è determinata una sorta di isolamento dall'ambiente circostante,

per cui non si è avuta la formazione di solfuri, ma si è piuttosto sviluppata una corrosione con formazione prevalente di biossido di stagno, a seguito di una notevole perdita dello ione rame. Tale corrosione è penetrata profondamente nella struttura metallica, provocando crateri ed assottigliamenti dello spessore del bronzo.

Mediante saggi di pulitura e l'osservazione al microscopio si è potuto individuare la superficie dei manufatti con i dettagli di lavorazione dove questi si conservano ancora in uno strato di solfuri misto a sabbia. Per quanto riguarda le prove di lavaggio per immersione in acqua demineralizzata con agitatore è stato notato che venivano asportati cloruri in grande quantità, ma che alcuni frammenti, sottoposti al trattamento, presentavano distacchi di patina a strati.

Pertanto non si è ritenuto opportuno seguire un metodo di intervento uguale per tutti i frammenti, e cioè conducendo i lavaggi intensivi con criterio standardizzato, ma decidendo caso per caso.

3.2. - Pulitura

Per la rimozione dei sedimenti e delle concrezioni sabbiose si è dovuto procedere ad una pulitura manuale utilizzando piccoli scalpelli e punte di acciaio, in quanto qualsiasi altro mezzo meccanico si è rivelato inefficace se non pericoloso. Infatti i vari depositi presenti sulla superficie dei bronzi costituivano un involucro molto resistente all'azione meccanica, mentre gli strati sottostanti di patina, molto friabili, tendevano a sfaldarsi. L'azione manuale quindi ha permesso un controllo continuo della separazione degli strati, soprattutto nelle aree più critiche come nella testa del "filosofo", dove sia le orecchie, sia le incisioni della barba e dei capelli erano occluse dalle incrostazioni (fig. 12).

Viceversa sui tre frammenti ricoperti da sedimenti marini, sotto i quali erano presenti fra l'altro biossido di stagno e cloruri di rame, la pulitura meccanica è stata approfondita seguendo le cavità causate dalla corrosione, con l'intento di asportare al massimo i cloruri, che avrebbero potuto riattivare la corrosione stessa.

La terra di fusione, ancora presente in notevole spessore sotto le incrostazioni nell'interno della testa e nell'anca sinistra, è stata asportata per permettere i trattamenti conservativi.

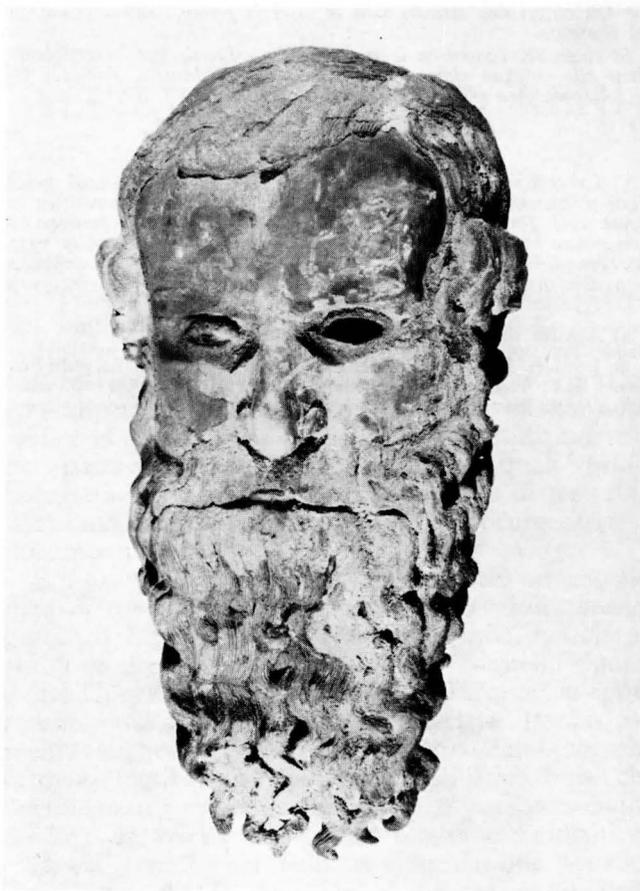
3.3. - Trattamenti conservativi

Allo scopo di estrarre i sali solubili dalle patine, come i cloruri di rame, ma soprattutto i cloruri dell'acqua marina assorbiti dalle patine stesse, sono stati effettuati lavaggi intensivi per immersione in acqua demineralizzata su tutti i frammenti che, ad un saggio preliminare, avevano mostrato di sopportare questo trattamento senza che si verificassero distacchi di patine con la relativa perdita di dettagli della superficie.

La presenza dei cloruri nelle acque di lavaggio è risultata elevata, mentre il test dello ione rame è risultato quasi sempre negativo: ciò significa che i cloruri presenti erano dovuti quasi esclusivamente all'ambiente marino (cloruro di sodio, magnesio ecc.).

I lavaggi sono stati protratti fin tanto che la conducibilità dell'acqua è risultata prossima a $15 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Infine i frammenti così trattati sono stati stabilizzati con benzotriazolo in alcool etilico al 3%, l'effetto del



12 - TESTA DEL "FILOSOFO", PARTICOLARE
Sono visibili la patina grigio-nera pulverulenta
e le concrezioni sabbiose.

quale è stato controllato mediante l'esposizione dei frammenti in camera umida per 48h. ⁸⁾

A seguito di tale controllo, la gamba sinistra, il grande frammento di panneggio ed altri minori hanno mostrato piccoli attacchi corrosivi da *pitting*, che non si sono più riformati dopo un secondo trattamento stabilizzante.

I frammenti che non si è ritenuto opportuno immergere in acqua come la testa, l'anca destra ed il sesso sono stati lavati ripetutamente, irrorando le superfici a pennello.

Un lavaggio così ridotto, ovviamente, non può assicurare la completa asportazione dei sali solubili; inoltre, a causa di difficoltà di applicazione, non si è ritenuto opportuno effettuare il trattamento stabilizzante. Pertanto la conservazione di questi frammenti, ancor più che per gli altri, è affidata ad un ambiente climaticamente idoneo.

Tutti i frammenti sono stati protetti con Paraloid B72 al 3% in tricloroetano.

Per i controlli sono stati utilizzati:

- per la conducibilità dell'acqua di lavaggio un conduttimetro WTW modello LF39;
- per il rilevamento dei cloruri, il test con nitrato di argento;
- per il rilevamento dello ione rame, il Kit Aquaquant ione rame Merck.

* Gli autori dell'articolo sono in servizio presso l'Istituto Centrale del Restauro.

Si ringrazia vivamente il prof. Massimo Leoni, per la collaborazione alle indagini chimico-fisiche e la dr.ssa Marisa Tabasso, per la collaborazione alle analisi diffrattometriche.

1) La composizione della lega è quella tipica dei bronzi greci. Vedi a questo proposito: E.R. CALEY, *Chemical Composition of Greek and Roman Statuary Bronzes*, in *Art and Technology. A Symposium on Classical Bronzes*, Cambridge - Massachusetts 1970, pp. 37-49. Vedi anche: R. CESAREO, S. SCIUTI, M. MARABELLI, *Non Destructive Analysis of Ancient Bronzes*, CNEN, rapporto RT/FI(72)30, Roma, luglio 1972.

2) A cura di M. Leoni, I.S.M.L., Novara.

3) I valori delle analisi XRF sono stati riportati dalla pubblicazione: F.V. FRAZZOLI, L. VLAD BORRELLI, P. FIORENTINO, *Indagini XRF su frammenti di statue bronzee sottoposte a corrosione marina*,

in *Applicazione dei metodi nucleari nel campo delle opere d'arte*, Accademia Nazionale dei Lincei, Roma 1976, pp. 339-358.

4) In collaborazione con M. Leoni.

5) Per la Schoenfliesite vedi la scheda ASTM 9-27.

6) La Djurleite è stata precedentemente riconosciuta in reperti bronzee di scavo. Vedi: P.A. BOREA, G. GALLI, G. TRABANELLI, F. ZUCCHI, *Characterization, Corrosion and Inhibition of Ancient Etruscan Bronzes*, in *3^o European Symposium on Corrosion Inhibitors*. Atti, Università di Ferrara, settembre 1970. La Djurleite corrisponde alla formula $Cu_{1.93}S$ (scheda ASTM 23-959).

7) Vedi scheda di analisi I.C.R. n. 501, a cura di L. Barcellona.

8) Per l'uso del benzotriazolo nella conservazione delle leghe di rame vedi: C. SEASE, *Benzotriazole: a Review for Conservators*, in *Studies in Conservation*, 23, 1978, pp. 76-85. Vedi anche: S. ANGELUCCI, P. FIORENTINO, K. KOSINKOVA, M. MARABELLI, *Pitting Corrosion in Copper and Copper Alloys: Comparative Treatment Tests*, in *Studies in Conservation*, 23, 1978, pp. 147-156.

I numeri di catalogo dei reperti citati corrispondono al catalogo di E. Paribeni.