LA PROVENIENZA DEL METALLO ADOPERATO NELLA FABBRICAZIONE DELLA LUPA CAPITOLINA *

(Con la tav. XXXII f.t.)

Premessa

La Lupa Capitolina, conservata a Roma nei Musei Capitolini, è una statua bronzea grande poco più della metà del vero. Come è noto, la scultura, di elevata qualità, raffigura la lupa mentre allatta i due gemelli, Romolo e Remo, e rappresenta simbolicamente il racconto mitico della fondazione di Roma (*tav.* XXXII *a*).

La parte principale del gruppo bronzeo, ossia l'animale, è antica ed è datata, su basi stilistiche, al V secolo a.C. Le figure di Romolo e Remo furono aggiunte tra la fine del XV e l'inizio del XVI secolo d.C., come anche, probabilmente, la coda della Lupa. Vi sono inoltre tracce di piccoli restauri effettuati in vari periodi, l'ultimo dei quali risalente all'inizio del secolo scorso, allorquando venne eseguito un maldestro intervento di risistemazione della scultura sulla lastra marmorea di appoggio, mediante un allettamento delle quattro zampe su un cuscinetto di piombo che in parte avvolgeva il bordo esterno delle zampe dell'animale, senza offrire alcuna garanzia di sicuro ancoraggio della Lupa (*tav.* XXXII *b*).

Scarsi sono i dati storici o archeologici sulla provenienza della statua. Su basi stilistiche Parisi Presicce (2000) ha ribadito come non sia possibile stabilire se l'opera sia stata prodotta nella Grecia continentale, nell'Italia meridionale o nell'Etruria. Precedenti studiosi avevano optato in favore di un'origine etrusca (p. es. Giglioli 1919, p. 33, nota 5). Recentissime indagini scientifiche sull'anima in terracotta della Lupa hanno individuato la provenienza dell'argilla e quindi, molto probabilmente, il luogo dove era avvenuta la fusione nelle formazioni geologiche della valle del Tevere tra Roma e Orvieto (Lombardi 2002).

L'identificazione del luogo di origine dei materiali usati nella terra di fusione e anche la probabile localizzazione della fonderia non identifica, però, la provenienza del rame adoperato per realizzare la Lupa. Nelle vicinanze del luogo da cui proviene la terra di fusione non ci sono giacimenti cupriferi, né nel Lazio orientale, né in Umbria. Tuttavia poco più a nord si trovano i ricchi depositi metalliferi della Toscana, in particolare

* Gli autori ringraziano Maria Anna Carruba, che ha eseguito l'intervento di restauro sulla Lupa Capitolina, per la sua esperienza e per la sua collaborazione nel prelevare e fornire i campioni metallici per questo studio.

nelle aree delle Colline Metallifere, della Maremma e del Monte Amiata, con importanti miniere di rame quali quelle di Montecatini e del Campigliese (p. es. Del Caldo *et al.* 1973). Ancora più a nord vi sono, poi, i giacimenti cupriferi della Liguria, mentre nell'altra sponda del Tirreno si trovavano i numerosi ed importanti depositi cupriferi della Sardegna (Del Caldo *et al.* 1973; Gale - Stos-Gale 1987; Gale 1999).

L'analisi dell'isotopo del piombo e l'origine del metallo della Lupa Capitolina

Per individuare quali fossero i giacimenti da cui è stato estratto il metallo usato nella fusione della Lupa è stato utilizzato il metodo del rapporto isotopico del piombo (Gale - Stos-Gale 2000).

La Direzione dei Musei Capitolini, attraverso la dottoressa Maria Anna Carruba, responsabile della società Trasmissione al Futuro che ha eseguito l'intervento di restauro, ha fornito quattro campioni di metallo, presi da ciascuna delle zampe della Lupa Capitolina. Si è avuto cura che tali campioni venissero prelevati in aree lontane da interventi di restauro sulla statua successivi alla fabbricazione. Il prelievo dei quattro microcampioni in forma di truciolo dalla superficie inferiore delle zampe, al centro dei polpastrelli, è stato effettuato al momento dell'installazione del nuovo sistema di ancoraggio delle zampe anteriori dell'animale (*tav.* XXXII *c*).

Il nuovo appoggio è stato appositamente studiato per scongiurare possibili rischi di ribaltamento della statua, evidenziati fin dalla progettazione preliminare dell'intervento di restauro, avviata proprio in ragione dalla palpabile instabilità statica del bronzo antico, ed è stato realizzato mediante doppi cilindretti in acciaio inox sovrapposti, regolabili in altezza mediante avvitamento, fissati con perni inferiori alla piastra infilata sotto l'angolo della base marmorea su cui poggiano le zampe. Nella cavità presente in testa al cilindretto superiore è inserito il microperno, bloccato con viti lateralmente, da cui fuoriesce la filettatura lunga dieci e spessa quattro millimetri avvitata sotto le zampe anteriori della scultura bronzea (*tav.* XXXII *d*).

Principi degli studi di provenienza basati sull'isotopo del piombo

La composizione isotopica del piombo nei metalli antichi, nei pigmenti, nelle invetriature e nei vetri può costituire una fonte di informazione preziosa ed unica sulla provenienza dei minerali usati nella loro produzione. Tutto il piombo terrestre è presente in quattro forme isotopiche: ^{208}Pb, ^{207}Pb, ^{206}Pb e ^{204}Pb. Le proporzioni reciproche di questi isotopi in ciascun giacimento sono legate alla storia geochimica del deposito (Faure 1986). Analisi sistematiche dell'isotopo del piombo di minerali provenienti da miniere situate in differenti località geografiche mostrano che ogni miniera ha una specifica impronta 'isotopica', che può essere rappresentata dai tre rapporti isotopici del piombo: $^{208}Pb/^{206}Pb$, $^{207}Pb/^{206}Pb$ e $^{206}Pb/^{204}Pb$. Questi tre numeri possono essere interpretati come coordinate di punti posti in uno spazio tridimensionale; le analisi isotopiche del piombo ricavate da diversi campioni di minerali provenienti da uno stesso giacimento generalmente formano un raggruppamento serrato di tali punti.

Gli studi di provenienza su manufatti antichi sono fondati sulla comparazione puntuale fra le composizioni isotopiche del piombo di minerali provenienti da località note e quelle del piombo presente nei manufatti. Il sistema più semplice di presentare tali comparazioni è plottare i parametri di tali punti, cioè i loro tre rapporti isotopici del piombo, come due immagini speculari in diagrammi bidimensionali (si vedano ad esempio Gale - Stos-Gale 1987; Gale - Stos-Gale 2000).

Il successo di questo metodo dipende in misura sostanziale dall'avere ampie informazioni sulla composizione isotopica del piombo di quei giacimenti che hanno attinenza con la ricerca archeologica e storico-artistica. Possono anche essere usati dati sull'isotopo del piombo di giacimenti pubblicati in riviste geologiche; tuttavia spesso questi dati hanno valore limitato, poiché in geologia le misurazioni dell'isotopo del piombo sono generalmente utilizzate o per datare le formazioni geologiche o per la prospezione mineraria. In entrambi i casi tali studi sono spesso focalizzati sui grandi depositi americani o australiani, per lo più polimetallici. A confronto con essi i giacimenti minerari europei sono ora antieconomici, sebbene fossero importanti in antico.

Inoltre i progetti geologici si concludono per lo più solo con poche misure isotopiche del piombo per ciascuna formazione mineraria, insufficienti per la caratterizzazione isotopica dei depositi a scopo archeologico. Conseguentemente la possibilità di applicare con successo questo metodo richiede specifici programmi di misurazione della composizione isotopica del piombo, condotta su campioni di minerali provenienti da giacimenti che siano significativi per gli studi di provenienza nel campo archeologico e storico-artistico. Tale progetto è stato condotto negli ultimi dieci anni nell'Isotrace Laboratory di Oxford, i cui risultati sono stati la pubblicazione di una serie di articoli con banche dati (Rohl 1996; Stos-Gale *et al.* 1995, 1996, 1998; Gale *et al.* 1997).

La composizione dell'isotopo del piombo nel bronzo della Lupa Capitolina

Al fine di determinare, mediante spettrometria di massa a ionizzazione termica, la composizione isotopica del piombo contenuto nel bronzo, è stato necessario estrarre preliminarmente il piombo allo stato puro dai campioni.

I campioni sono stati quindi sciolti in HCL, in presenza di una goccia di HNO_3 concentrato; si è poi provveduto alla separazione per scambio ionico del piombo da tutte le altre matrici costituenti, usando la speciale e apposita resina SrSpec, secondo il metodo descritto da Gale (1996). Tutti i processi chimici sono stati condotti in laboratorio di Classe 100, usando reagenti ultra puri, con un bianco totale minore di 1 nanogrammo di piombo.

Le misure dell'isotopo del piombo sono state eseguite nell'Isotrace Laboratory dell'Università di Oxford mediante spettrometria di massa a ionizzazione termica in modalità statica, utilizzando uno spettrometro di massa VG Isolab a doppio fuoco, multicollettore, controllato mediante computer. La normalizzazione dei rapporti dell'isotopo del piombo è stata raggiunta mediante ripetute analisi degli standard internazionali isotopici del piombo SRM981; queste analisi hanno dimostrato una riproducibilità ed accuratezza migliore del $\pm 0{,}1\%$ per il rapporto isotopico al livello di 2σ.

I rapporti isotopici del piombo relativi ai quattro campioni di bronzo provenienti dalla Lupa Capitolina sono stati in tal modo misurati con una accuratezza di ±0,1%. All'interno dei limiti di errore tutti i campioni mostrano le stesse composizioni isotopiche. Tale risultato indica che tutte le parti campionate della statua sono state realizzate con metallo contenente piombo avente la medesima composizione isotopica. I rapporti misurati sono presentati nella *tab.* 1.

Campione n.	$^{208}Pb/^{206}Pb$	$^{207}Pb/^{206}Pb$	$^{206}Pb/^{204}Pb$
Lupa 2	2,08922	0,84563	18,567
Lupa 4	2,08447	0,84497	8,534
Lupa 6	2,08418	0,84478	18,527
Lupa 8	2,08763	0,84556	18,552

tab. 1 - Rapporti isotopici del piombo della Lupa Capitolina.

Per interpretare i dati sull'isotopo del piombo è necessario conoscere la concentrazione del piombo nel bronzo. Mediante fluorescenza X dispersiva in energia a microfascio (Moens - Vandenabeele 2000) questa è stata stimata nell'ambito del 4-5% di piombo. Il tenore di piombo in questa statua non è molto alto (4-5%) e si accorda molto bene con le percentuali di piombo osservate da Craddock in bronzi di periodo classico in Italia meridionale, in Etruria e in Grecia (Craddock 1977, p. 122; cfr. pure Parisi Presicce 1997, pp. 105-110). Il piombo potrebbe essere stato teoricamente aggiunto alla lega di rame e stagno per aumentarne la fluidità e migliorare così la colabilità (Young 1972); tuttavia allo stesso modo potrebbe anche avere accompagnato il rame estratto da minerali cupriferi contenenti piombo. In effetti la percentuale di piombo nelle statue di questo periodo analizzate da Craddock mostra un'ampia gamma di concentrazioni, dallo 0,1 al 9%, con numerosi esempi di leghe contenenti più del 20% di piombo. È assai probabile che soltanto i più alti tenori di piombo siano stati intenzionalmente aggiunti alla lega bronzea, mentre valori di poche unità percentuali siano il prodotto di impurità originarie del minerale. Le analisi su rame da estrazione primaria riportate da Percy (1861, pp. 408, 422, 429, 503) e da Tylecote *et al.* (1977), forniscono un considerevole sostegno all'ipotesi che concentrazioni relativamente alte di piombo fino al 6% venissero comunemente prodotte in maniera accidentale durante l'estrazione del rame e non fossero aggiunte volontarie. Percy (1880, p. 307) riporta un esempio di rame nero ricavato da estrazioni eseguite di routine su minerale cuprifero proveniente da Freiberg che conteneva il 20,75% di piombo. Merkel (1985) e Tylecote *et al.* (1977) hanno dimostrato che il piombo non viene rimosso facilmente dal rame mediante raffinazione al fuoco. Non è improbabile che un simile rame impuro, contenente accidentalmente piombo, possa essere stato appositamente scelto per colare statue a causa delle sue migliori caratteristiche fusorie.

Sembra quindi assai probabile che il piombo presente nel bronzo dalla Lupa provenga dall'estrazione di minerali cupriferi che hanno fornito il rame utilizzato nella lega, e che perciò la composizione isotopica del piombo misurata nei quattro campioni della

Lupa sia caratteristica del giacimento cuprifero sfruttato. Lo stagno aggiunto per produrre il bronzo avrà contenuto così poco piombo da non influire sulla composizione isotopica del piombo (Gale - Stos-Gale 2000, p. 539).

L'Isotrace Laboratory ha raccolto un'estesa banca dati (OXALID) sulla composizione isotopica del piombo dei giacimenti minerari presenti in Europa, nel Vicino e Medio Oriente e in generale in ambito mediterraneo. Questa banca dati comprende sia analisi isotopiche fatte ad Oxford, che analisi fatte da altri archeometri e geologi e possiede circa quattromila analisi. Il primo passo nell'interpretazione dei dati isotopici della Lupa è stato comparare questi dati con il 'database', usando un programma computerizzato che misura le distanze euclidee tra dati puntiformi. Questo ha permesso di eliminare come confronto per la composizione isotopica della Lupa tutti i giacimenti minerari eccetto alcuni in Italia e in Sardegna.

La localizzazione e la descrizione dei giacimenti minerari in Toscana e in Liguria sono stati dati da Zuffardi (1980, 1989) e per la Toscana da Stos-Gale e Gale (1992). La *fig.* 1 mostra, in un paio di convenzionali diagrammi isotopici del piombo, i dati relativi alla Lupa e quelli dei giacimenti toscani e liguri. È evidente che non c'è sovrapposizione isotopica, quindi la Lupa non è stata fatta con il rame proveniente dai depositi cupriferi peninsulari più vicini al suo probabile luogo di fusione, situato lungo la valle del Tevere (Lombardi 2002). La localizzazione e la descrizione dei giacimenti della Sardegna sono state riportate da molti autori (per es. Zuffardi 1980, 1989; Gale - Stos-Gale 1987; Stos-Gale - Gale 1992; Gale 1999; Valera *et al.* 2003). Le *figg.* 2 e 3 illustrano i dati relativi alla Lupa e quelli del giacimento di Calabona in Sardegna, dimostrando che c'è un rapporto assai buono tra il piombo presente nel metallo della Lupa e la composizione isotopica del minerale di Calabona; non hanno trovato riscontro, invece, con la composizione isotopica della Lupa tutti gli altri giacimenti sardi analizzati.

Possiamo concludere che i rapporti isotopici del piombo relativi alla Lupa Capitolina, riportati in *tab.* 1, confrontati con i rapporti isotopici del piombo di minerali provenienti da depositi piombiferi e piombo-cupriferi delle miniere europee note, risultano compatibili con un solo gruppo di dati relativi a giacimenti di piombo e piombo-rame, quelli dei minerali provenienti dalla miniera sarda di Calabona (Alghero). Questa miniera è stata sfruttata fino alla seconda guerra mondiale per il rame e la mineralizzazione contiene anche piombo (Zuffardi 1989, p. 262). La metallurgia estrattiva è stata una delle principali attività della Sardegna sin dal periodo nuragico e anche in età romana; sembra quindi plausibile la conclusione che il minerale cuprifero di Calabona abbia fornito il rame metallico per la Lupa Capitolina.

Note sulla tecnica di fusione

La fusione della Lupa è stata realizzata a cera perduta con il metodo diretto. Sopra l'intelaiatura di sostegno in ferro forgiato è stato preparato un nucleo originario di

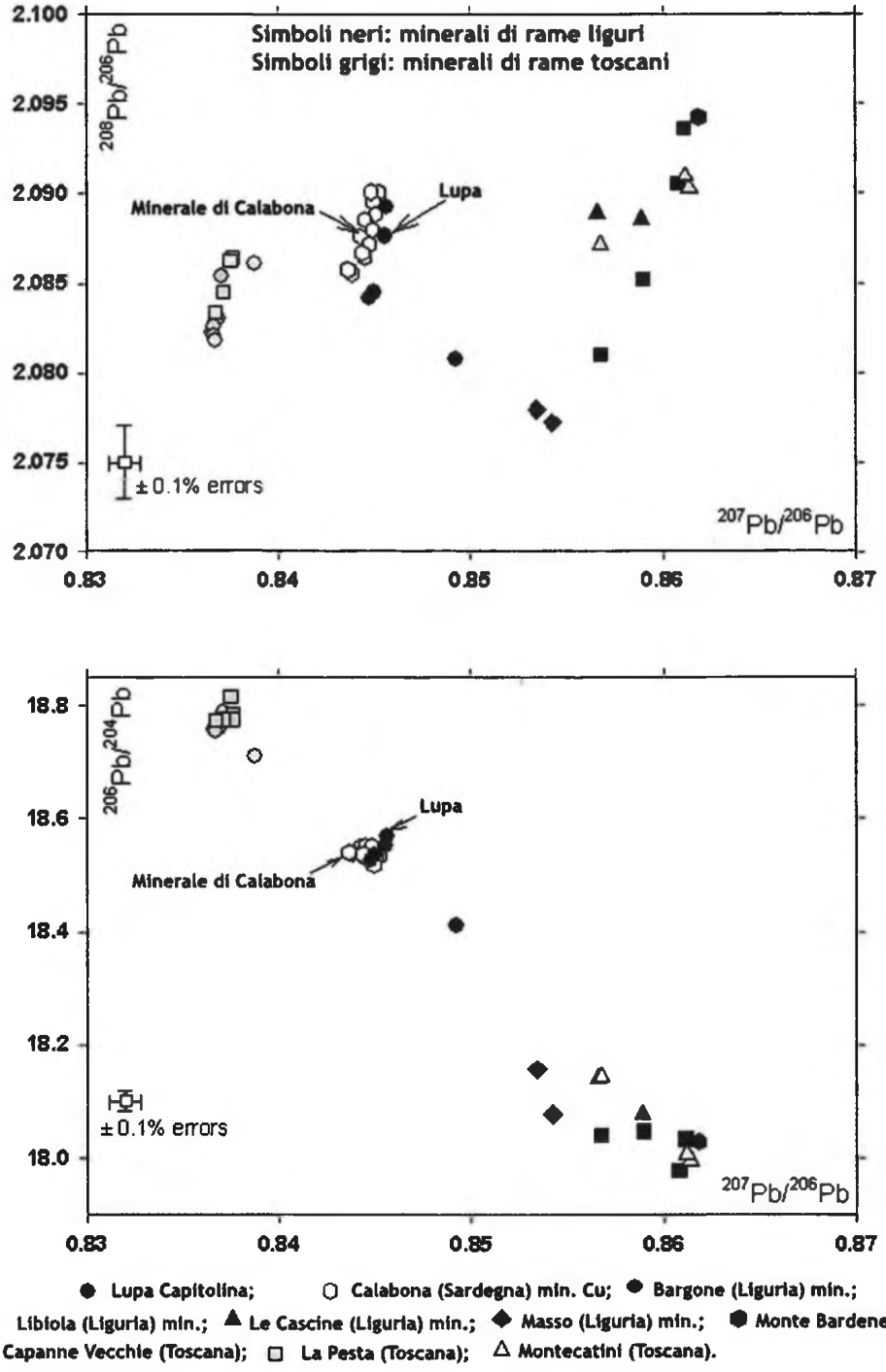


fig. 1 - Diagrammi isotopici del piombo: confronto fra i dati della Lupa Capitolina e del giacimento cuprifero di Calabona con giacimenti metalliferi della Toscana e della Liguria.

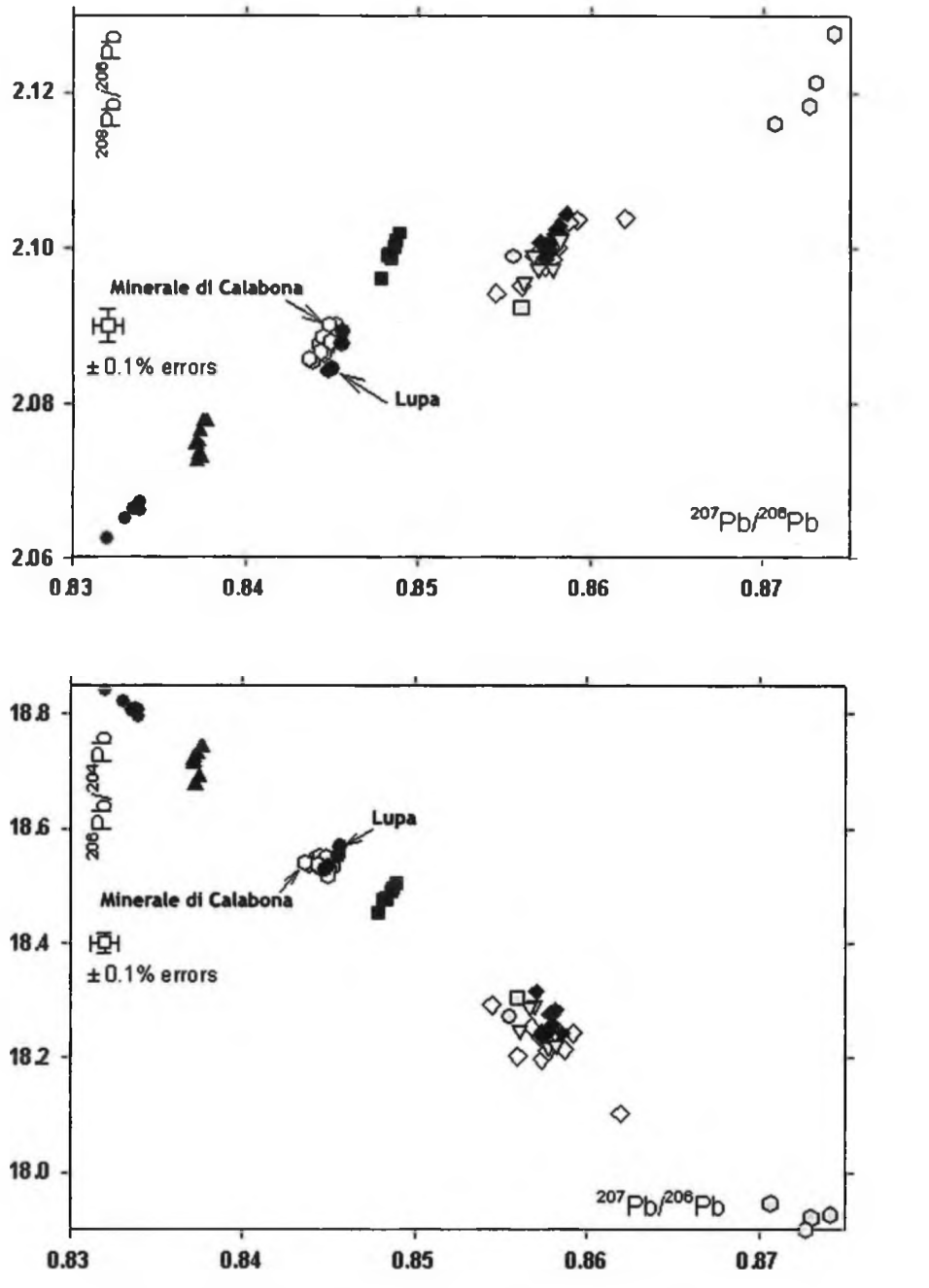


fig. 2 - Diagrammi isotopici del piombo: confronto fra i dati della Lupa Capitolina e del giacimento cuprifero di Calabona con altri giacimenti metalliferi della Sardegna.

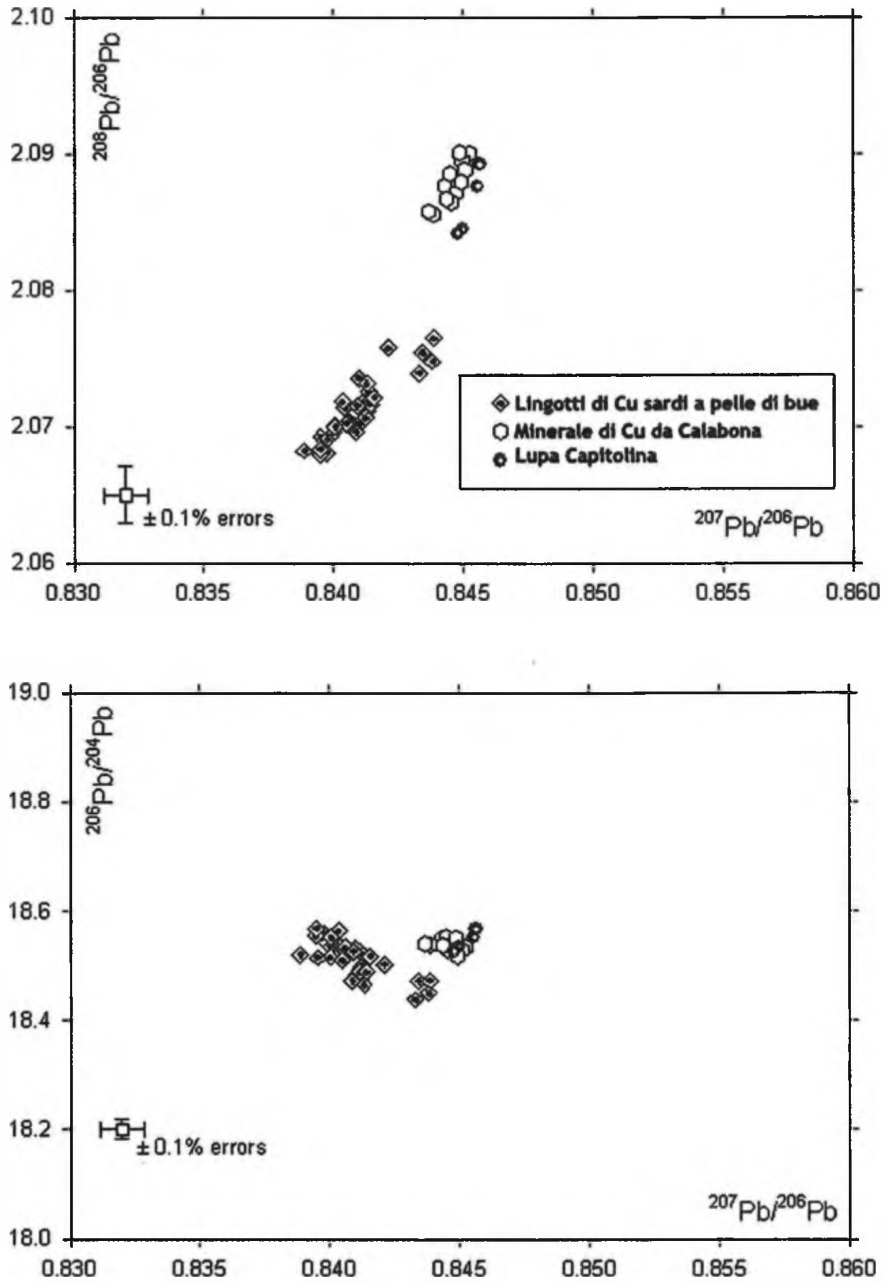


fig. 3 - Diagrammi isotopici del piombo: confronto fra i dati della Lupa Capitolina, del giacimento cuprifero di Calabona e dei lingotti di rame 'a pelle di bue' rinvenuti in Sardegna.

creta cui sono stati progressivamente aggiunti vari strati costituiti da lastre di argilla di spessori variabili, in modo da modellare con esse la muscolatura e i caratteri essenziali dell'animale (Parisi Presicce 2000, pp. 75-78). Barre consimili, pure in ferro, sono state anche osservate all'interno dei Bronzi di Riace (Micheli - Vidale 2003, pp. 50-51). Le barre di ferro di supporto, per difetti nella colata, hanno prodotto le lacune nelle zampe.

L'argilla della terra di fusione, nerastra, abbastanza omogenea e porosa, era mescolata con pezzetti di roccia, resti sia vegetali che animali carbonizzati, frammenti di ceramica, ossa, legno non bruciato, particelle di ferro, di ruggine e di bronzo, aggiunti per meglio legare l'argilla e nel contempo ridurre gli effetti termici (Lombardi 2002, pp. 603-609, figg. 2-3). La presenza di inclusi di bronzo suggerisce che la terra debba provenire dal suolo nelle immediate vicinanze della fonderia, dove frequentemente si rinvengono gocciole metalliche di scarto.

Le analisi condotte sulla terra refrattaria hanno permesso di localizzare l'officina dove è stata eseguita la colata lungo la valle del Tevere, nel tratto compreso fra Orvieto e Roma (Lombardi 2002, pp. 610-611, fig. 8).

Le indagini archeometallurgiche eseguite mediante fluorescenza X su numerosi punti, dislocati in parti diverse della statua, hanno rivelato che è un bronzo con un buon tenore di stagno, intorno al 9,2%, con una percentuale di piombo stimata intorno al 5%; tali valori si mantengono abbastanza costanti in tutta la scultura (Parisi Presicce 2000, p. 83). Il piombo, aumentando la fluidità del metallo durante la colata, favoriva la buona riproduzione di dettagli anche minuti, come ad esempio le ciocche di pelo di lupo lungo il dorso dell'animale.

Confrontando la Lupa con la Chimera d'Arezzo, statua anch'essa raffigurante un animale – sia pure mitologico – databile fra la fine del V e gli inizi del IV secolo a.C. (Maggiani 1992, p. 51), si osserva una sensibile differenza nella lega, più ricca in stagno (Sn 13,62%) e con minore piombo (Pb 2,36%) (Guidi - Pierdominici 1992, p. 120). Inserendo la composizione della Lupa in un diagramma ternario costruito utilizzando i dati forniti dalle analisi condotte su un considerevole campione di bronzi sia dall'ENEA che da Leoni (Leoni 1974; Guidi - Pierdominici 1992), si osserva tuttavia come la statua in oggetto, pur differenziandosi dalla Chimera, ricada tuttavia nel campo dei bronzi antichi provenienti dall'area etrusca (*fig.* 4).

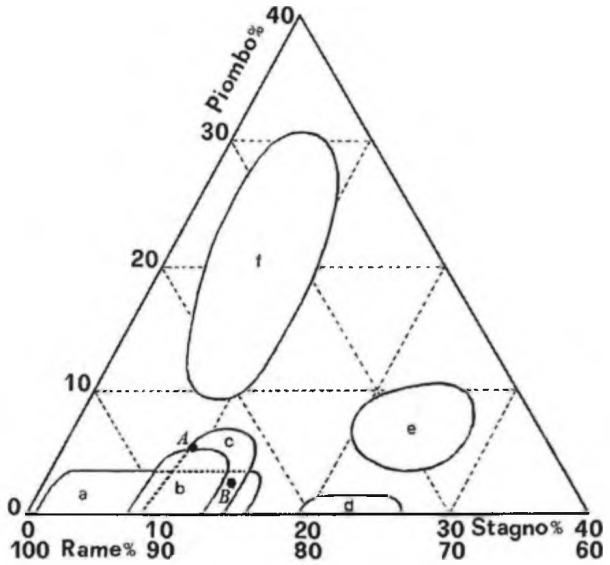


fig. 4 - Diagramma ternario Cu - Sn - Pb con rappresentazione dei campi di appartenenza di bronzi di diversa provenienza. a: bronzi medioevali; b: bronzi greci; c: bronzi etruschi; d: bronzi da campane; e: *speculum*; f: bronzi romani. *A*: Lupa Capitolina; *B*: Chimera d'Arezzo (da Guidi - Pierdominici 1992, modificato).

I giacimenti di rame toscani e le mineralizzazioni di Calabona

Le indagini isotopiche condotte sulla Lupa Capitolina mostrano particolare interesse da molteplici punti di vista.

Nonostante la maggiore prossimità di altre potenziali fonti di approvvigionamento, in primo luogo i ricchi giacimenti della Toscana, i bronzisti centro-italici impiegarono per eseguire la fusione della Lupa il metallo sardo.

Non è semplice motivare una tale scelta; nel caso la produzione della Lupa venisse confermata fra la fine del VI e gli inizi del V secolo a.C., si può ipotizzare che logiche politiche ed economiche legate ad alleanze o ad ostilità fra i centri dell'Italia medio-tirrenica, inclusa ovviamente Roma, rendessero più 'vantaggioso' utilizzare materie prime provenienti dalla Sardegna, ormai punicizzata.

Vincoli politici e commerciali legavano Romani e Punici (Ferenczy 1969). Alla fine del VI secolo a.C. era stato siglato il primo trattato con Cartagine, menzionato da Polibio (III 22; Scardigli 1991, pp. 1-87), in cui Roma aveva riconosciuto e sancito il dominio punico in Sardegna (Heurgon 1972, pp. 270-275, 379-388; Pallottino 1993, pp. 296-298, 388).

Il rame nel mondo antico costituiva una materia prima di importanza strategica, assai ricercata. Poiché la Sardegna possiede alcuni fra i più ricchi depositi cupriferi del Mediterraneo centrale, non stupisce che i Punici, detenendo il controllo sulla produzione dei metalli dell'isola, ne facessero oggetto di attivi e remunerativi traffici, specie con quei centri con cui avevano stabilito preliminarmente delle intese commerciali.

Assai significativo è il dato, fornito dalle indagini isotopiche, sulla localizzazione del giacimento di provenienza del metallo, non già dalle più note miniere dell'Iglesiente, nel sud dell'isola, ma da quella di Calabona, situata nella Nurra, nell'angolo nord-occidentale presso Alghero. Sebbene ancora sfruttata nel medioevo, la miniera in età moderna venne completamente dimenticata ed è stata riscoperta soltanto agli inizi del Novecento, quando venne coltivata estesamente per una quarantina d'anni.

Il deposito era costituito da un ricco ammasso di cuprite (Cu_2O), con abbondanti presenze di azzurrite e malachite. Ridotte quantità di minerali di zinco (blenda) e piombo (galena) caratterizzavano inoltre il giacimento, assieme a sporadiche evidenze di oro nativo (Venerandi Pirri 1974; Giardino c.s.).

La miniera è ormai da anni chiusa e i sobborghi di Alghero hanno ormai finito per inglobarla nella loro espansione edilizia.

L'emporio di Sant'Imbenia e lo sfruttamento minerario di Calabona

La regione della Nurra ha avuto un forte sviluppo sin dall'età nuragica grazie alla compresenza di buoni porti, di cospicui giacimenti metalliferi e di terreni favorevoli all'agricoltura. Numerosi sono i nuraghi disseminati nel suo territorio, valutati alla fine dell'Ottocento a circa un centinaio, cui sono da aggiungersi tombe di giganti e villaggi (Lo Schiavo c.s.). Fra questi ultimi un rilievo del tutto particolare riveste il centro di

Sant'Imbenia, dove gli scavi archeologici hanno riportato alla luce i resti di un insediamento ai piedi del nuraghe omonimo. Il sito non è lontano dalla rada di Porto Conte, un braccio di mare particolarmente adatto agli approdi, in un ambiente ricco di risorse, sia minerarie, che agricole e di pascolo.

L'insediamento, abitato sin dalla media età del Bronzo, è stato precocemente interessato dai rapporti con i Fenici, che stabilirono qui un vero e proprio emporio. Le strutture abitative del villaggio dell'età del Ferro erano costituite da isolati di più vani – alcuni dei quali a destinazione comunitaria – separati da stradine e spiazzi (Bafico *et al.* 1997, pp. 45-46).

Fra il IX e il VII secolo a.C. Sant'Imbenia costituì un polo commerciale di grande rilievo, come dimostrano i rinvenimenti di ceramica nuragica, fenicia, euboica, corinzia e persino iberica. Questi materiali attestano che il sito era ben inserito in un vasto circuito commerciale di dimensioni mediterranee, all'interno di rotte navali multidirezionali e al centro di rapporti economici e culturali sia con l'Oriente greco e levantino, che con le colonie fenicie dell'Occidente iberico.

I traffici dovevano certamente coinvolgere le materie prime metalliche, come indica la presenza a Sant'Imbenia di un'intensa attività metallurgica, alimentata dai depositi della Nurra e in particolare dai vicini giacimenti cupriferi dell'algherese. Lo dimostrano non solo i frammenti di ugelli di mantice rinvenuti all'interno del villaggio, ma anche e soprattutto i ripostigli – Sant'Imbenia 1 e 2 – scoperti all'interno di due grosse anfore nello stesso edificio, la 'Capanna dei Ripostigli', sebbene in unità stratigrafiche differenti, ma la cui deposizione va comunque considerata pressoché contemporanea e datata intorno alla seconda metà dell'VIII secolo a.C. (Lo Schiavo c.s.).

Entrambi i ripostigli sono costituiti per la quasi totalità da lingotti di rame grezzo, un'ottantina, soprattutto piano-convessi, ma anche piatti, biconvessi, troncoconici ed irregolari.

Le analisi isotopiche condotte su alcune delle panelle provenienti da Sant'Imbenia hanno indicato come provenienti da Calabona alcuni dei lingotti, dimostrando così come i giacimenti dell'Algherese fossero già noti e sfruttati almeno a partire dalla prima età del Ferro.

L'importanza economica e militare delle risorse metallifere della Sardegna dovette essere fra le motivazioni che spinsero i Cartaginesi ad intervenire sull'isola con le spedizioni di Malco e di Magone nella seconda metà del VI secolo a.C., per attuare un controllo diretto dei centri di produzione, sia agricola che mineraria. Questo obiettivo strategico comportò una ristrutturazione degli assetti politici, nonché il passaggio dei vecchi centri fenici sardi nell'orbita della metropoli africana (Bernardini 1997, pp. 99-100). Agli inizi del V secolo a.C. – data in cui si collocherebbe secondo la maggior parte degli studiosi la realizzazione della Lupa – l'isola è ormai saldamente in mano punica.

In questo nuovo contesto i rapporti con l'Italia centrale tirrenica rivestono un ruolo determinante. Cartagine sin dal secolo precedente aveva stretto alleanze militari a fianco degli Etruschi, culminate nella battaglia del Mare Sardo del 540 a.C.; degli inizi del V secolo a.C. sono invece le lamine d'oro di Pyrgi che, in etrusco e in fenicio, celebrano gli stretti rapporti instaurati con Thefarie Velianas, tiranno di Cere (Pallottino 1965; Pallottino 1973, pp. 135-136).

Una chiave di lettura determinante sui nuovi assetti geopolitici è fornita dal trattato fra Cartagine e Roma. In esso la Sardegna è sostanzialmente equiparata all'Africa, chiaro indizio, oltre che della volontà dei Punici di esercitare un completo controllo sugli scambi commerciali, anche dell'importanza che essi attribuivano all'isola (Gras 1985, pp. 234-236).

Le indagini isotopiche sulla Lupa, qualora se ne confermi l'inquadramento cronologico, dimostrano quindi che lo sfruttamento dei giacimenti cupriferi di Calabona, protrattosi probabilmente per vari secoli, non solo alimentava l'industria metallurgica locale, ma che il rame prodotto era oggetto di attivi scambi commerciali transmarini.

Noel Gale - Claudio Giardino - Claudio Parisi Presicce

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Bafico S. - Oggiano I. - Ridgway D. - Garbini G. 1997, *Fenici e indigeni a Sant'Imbenia (Alghero)*, in P. Bernardini - R. D'Oriano - P. G. Spanu (a cura di), Phoinikes b Shrdn. *Fenici in Sardegna. Nuove acquisizioni*, Oristano, pp. 45-53.

Bernardini P. 1997, *L'età punica: Cartagine in Sardegna*, in P. Bernardini - R. D'Oriano - P. G. Spanu (a cura di), Phoinikes b Shrdn. *Fenici in Sardegna. Nuove acquisizioni*, Oristano, pp. 99-103.

Craddock P. 1977, *The composition of copper alloys used by the Greek, Etruscan and Roman Civilisations*, in *Journal of Archaeological Science* IV, pp. 103-123.

Del Caldo A. - Moro C. - Gramaccioli C. M. - Boscardin M. 1973, *Guida ai minerali*, Milano.

Faure G. 1986, *Principles of isotope geology*, New York.

Ferenczy E. 1969, *Die römisch-punischen Verträge und die Protohistorie des* commercium, in *Revue Internationale des Droits de l'Antiquité*, III[e] série, XVI, pp. 259-282.

Gale N. H. 1996, *A new method for extracting and purifying lead from difficult matrices for isotopic analysis*, in *Analytica Chimica Acta* 332, pp. 15-21.

Gale N. H. 1999, *Lead isotope characterisation of the ore deposits of Cyprus and Sardinia and its application to the discovery of the sources of copper for Late Bronze Age oxhide ingots*, in S. M. M. Young - A. M. Pollard - P. Budd - R. M. Ixer (a cura di), *Metals in Antiquity*, *BAR* International Series 792, Oxford, pp. 110-121.

Gale N. H. - Stos-Gale Z. A. 1987, *Oxhide ingots from Sardinia, Crete and Cyprus and the Bronze Age copper trade*, in M. S. Balmuth (a cura di), *Studies in Sardinian Archaeology* III, *BAR* International Series 387, Oxford, pp. 135-178.

Gale N. H. - Stos-Gale Z. A. 2000, *Lead Isotope Analyses Applied to Provenance Studies*, in E. Ciliberto - G. Spoto (a cura di), *Modern Analytical Methods in Art and Archaeology*, New York, pp. 503-584.

Gale N. H. - Stos-Gale Z. A. - Maliotis G. - Annetts N. 1997, *Archaeometry Data Base 4, ores from Cyprus*, in *Archaeometry* XXXIX 1, pp. 237-246.

Giardino C. c.s., *I giacimenti della Nurra*, in C. Giardino - F. Lo Schiavo (a cura di), *I ripostigli sardi algheresi della tarda età nuragica. Nuove ricerche archeometallurgiche*, in stampa.

Giglioli G. Q. 1919, *Veio - Statue fittili di età arcaica*, in *NS* 1919, pp. 13-37.

Gras M. 1985, *Trafics tyrrhéniens archaïques*, Roma.

Guidi G. F. - Pierdominici F. 1992, *Le indagini microstrutturali*, in F. Nicosia - M. Diana (a cura di), *La Chimera d'Arezzo*, Roma, pp. 43-51.

HEURGON J. 1972, *Il Mediterraneo Occidentale dalla preistoria a Roma arcaica* (ed. orig.: *Rome et la Méditerranée occidentale jusqu'aux guerres puniques*, Paris 1969), Bari.

LEONI M. 1974, *Considerazioni sui bronzi statuari antichi*, in *La fonderia italiana* 7-8, pp. 233-236.

LO SCHIAVO F. c.s., *Aggiornamenti sull'archeometallurgia della Sardegna nord-occidentale*, in C. GIARDINO - F. LO SCHIAVO (a cura di), *I ripostigli sardi algheresi della tarda età nuragica. Nuove ricerche archeometallurgiche*, in stampa.

LOMBARDI G. 2002, *A petrographic study of the casting core of the Lupa Capitolina bronze sculpture (Rome, Italy) and the identification of its provenance*, in *Archaeometry* XLIV 4, pp. 601-612.

MAGGIANI A. 1992, *La Chimera*, in F. NICOSIA - M. DIANA (a cura di), *La Chimera d'Arezzo*, Roma, pp. 43-51.

MERKEL J. F. 1985, *Masca Journal* 3, 5 (*Archaeometallurgy* Supplement), p. 164.

MICHELI M. - VIDALE M. 2003, *Scavo all'interno delle due statue. I Bronzi di Riace. Restauro come conoscenza*, 2, Roma.

MOENS L. - VANDENABEELE P. 2000, *X-Ray Fluorescence*, in E. CILIBERTO - G. SPOTO (a cura di), *Modern Analytical Methods in Art and Archaeology*, New York, pp. 55-79.

PALLOTTINO M. 1965, *Nuova luce sulla storia di Roma arcaica dalle lamine d'oro di Pyrgi*, in *Studi Romani* XIII, pp. 1-13 (ristampato in *Saggi di antichità*, I, Roma 1979, pp. 377-390).

PALLOTTINO M. 1973, *Etruscologia*, Milano.

PALLOTTINO M., 1993, *Origini e storia primitiva di Roma*, Milano.

PARISI PRESICCE C. 1997, *Il Bruto Capitolino: il ritratto ideale di un* vir illustris, in *BCommArch* XCVIII, pp. 43-110.

PARISI PRESICCE C. 2000, *La Lupa Capitolina*, Roma.

PERCY J. 1861, *Metallurgy I - Fuels, Fireclays, Copper, Zinc and Brass*, London.

PERCY J. 1880, *Metallurgy - Silver and Gold, Part I*, London.

ROHL B. M. 1996, *Lead isotope data from the Isotrace Laboratory, Oxford: Archaeometry Data Base 2, Galena from Britain and Ireland*, in *Archaeometry* XXXVIII 1, pp. 165-180.

SCARDIGLI B. 1991, *I trattati romano-cartaginesi*, Pisa.

STOS-GALE Z. A. - GALE N. H. 1992, *New light on the provenience of the copper oxhide ingots found on Sardinia*, in R. H. TYKOT - T. K. ANDREWS (a cura di), *Sardinia in the Mediterranean. A Footprint in the Sea*, Sheffield, pp. 317-346.

STOS-GALE Z. A. - GALE N. H. - ANNETTS N. 1996, *Lead isotope analyses of ores from the Aegean*, in *Archaeometry* XXXVIII 2, pp. 381-390.

STOS-GALE Z. A. - GALE N. H. - ANNETTS N. - TODOROV T. - KILOV P. - RADUNCHEVA A. - PANAYOTOV I. 1998, *Archaeometry Data Base 5, Ores from Bulgaria*, in *Archaeometry* XL 1, pp. 217-226.

STOS-GALE Z. A. - GALE N. H. - HOUGHTON J. - SPEAKMAN R. 1995, *Lead isotope analyses of ores from the Western Mediterranean*, in *Archaeometry* XXXVII 2, pp. 407-415.

TYLECOTE R. F. - GHAZNAVI H. A. - BOYDELL P. J. 1977, in *Journal of Archaeological Science* IV, p. 305.

VALERA R. G. - VALERA P. G. - RIVOLDINI A. 2003, *The Sardinian mineral deposits in the Bronze Age*, in A. GIUMLIA-MAIR - E. PERNICKA, R. PLEINER (a cura di), *Proceedings of Archaeometallurgy in Europe 2*, Milano, pp. 127-136.

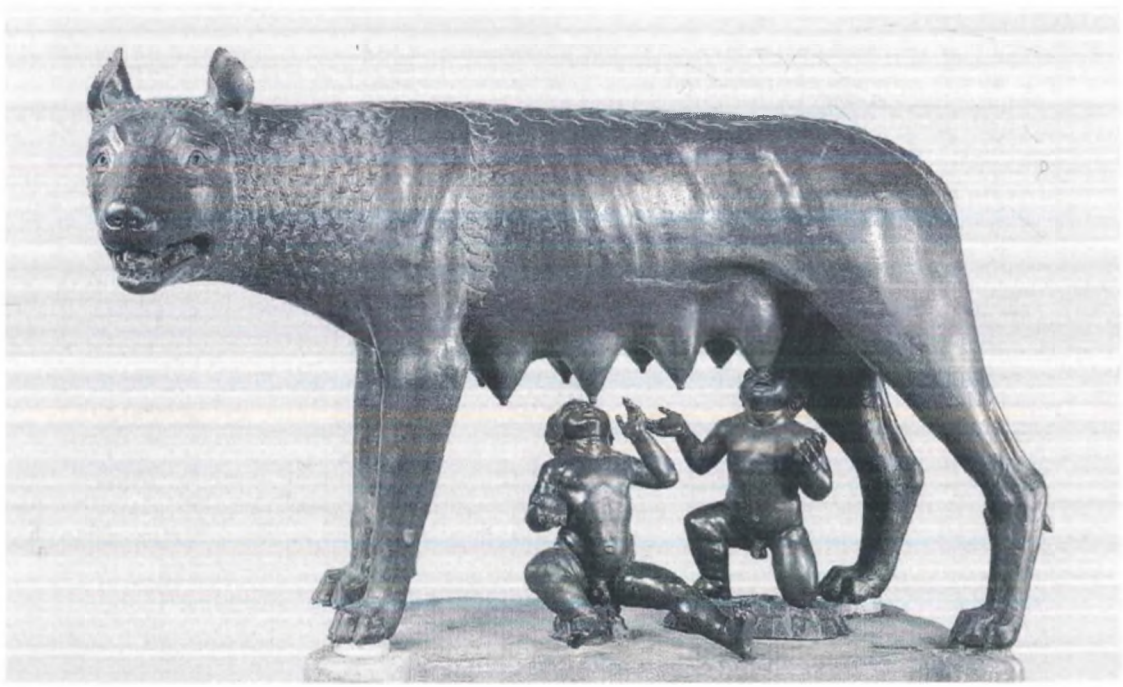
VENERANDI PIRRI I. 1974, *La paragenesi a minerali di rame di Calabona in Sardegna*, in *Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia* XXX, pp. 191-203.

YOUNG J. 1972, *The addition of lead to alloys in the Late Bronze Age*, Unpublished B. Sc. thesis, University of Warwick.

ZUFFARDI P. 1980, *Copper deposits of Italy: Metallogenesis and Evaluation*, in S. JANKOVIC, R. H. SILLITOE (a cura di), *European Copper Deposits*, Belgrade, pp. 244-250.

ZUFFARDI P. 1989, *Italy*, in F. W. DUNNING - P. GARRARD - H. W. HASLAM - R. A. IXER (a cura di), *Mineral Deposits of Europe*, 4-5, London, pp. 221-274.

a



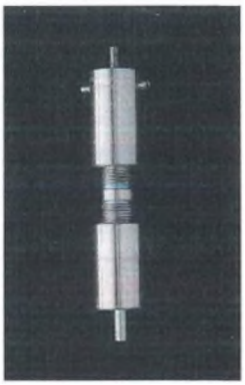
b



c



d



a) La Lupa Capitolina; *b*) Vecchio cuscinetto in piombo; *c*) Particolare dei polpastrelli sotto la pianta del piede della Lupa; *d*) Il cilindretto di acciaio del nuovo sistema di ancoraggio della Lupa Capitolina.