

Lead Isotopes Analysis: possibili rischi e probabili errori

Auro Pampaloni

Abstract

Lead Isotopes Analysis (LIA) is a well-established technique, that is used to determine the origin of copper in an artefact under investigation (i.e. “provenancing”), through lead isotopes ratios.

By comparing the ratios of the lead isotopes 204, 206, 207 and 208, the isotopic signature of an archaeological relic, whether it appears as an artefact, semi-finished or remnant, can be characterized in a three-dimensional space. This characterization can be compared with that obtained from samples, taken in mines or in ore fields, that were supposedly used in ancient times.

However, this technique introduces many risks that cannot be unspoken which, if not properly evaluated, can lead to conclusions even far from reality. These risks were examined and investigated by many authors.

In this paper, I'll focus only on two major risks: the lack of geographic coverage of the possible ancient ores and the possibility that, starting at least from 12th century BC, the pick-ingots have been produced from many plano-convex ingots and therefore from different copper sources.

Sommario

L'analisi tramite gli isotopi del piombo (LIA: Lead Isotopes Analysis) è una tecnica ormai consolidata che consente di determinare la provenienza del rame di un reperto in esame, attraverso i rapporti degli isotopi del piombo.

Confrontando i rapporti degli isotopi 204, 206, 207 e 208 del piombo è possibile caratterizzare in uno spazio tridimensionale la firma isotopica di un reperto archeologico sia esso artefatto, semilavorato o residuale.

Questa caratterizzazione può essere confrontata con quella ottenuta da campioni prelevati di recente nelle miniere o comunque nei giacimenti che si suppone possano essere stati usati in antico.

Tuttavia questa tecnica presenta molti rischi che non possono essere sottaciuti e che, se non adeguatamente valutati, può portare a conclusioni anche molto lontane dalla realtà.

Questi rischi sono stati approfonditi e indagati da molti autori. In queste righe ci si soffermerà solo su due dei più importanti: la mancanza di copertura geografica delle potenziali antiche sorgenti di minerale e la possibilità che, almeno a partire dal XII secolo a.C., i pani a piccone siano stati prodotti a partire da più panelle e quindi che possano essere composti da rame proveniente da miniere diverse.

Diritti e Copyrights

Le mappe presenti nel volume, sono state realizzate su una base cartografica fornita da OpenStreetMap¹. I dati sono disponibili sotto Open Database License² e la cartografia utilizzata come base è pubblicata con licenza CC-BY-SA³.

¹ “© OpenStreetMap contributors ”

² <http://opendatacommons.org> e <http://creativecommons.org>

³ <http://www.openstreetmap.org/copyright>

Introduzione

La tecnica LIA (Lead Isotopes Analysis) è ben conosciuta e descritta da numerosi autori⁴, come appare anche dalla bibliografia citata nel sito Oxford Archaeological Lead Isotope Database (OXALID)⁵.

Questi autori mettono in evidenza però non solo i vantaggi ma anche i rischi derivanti dall'impiego di tale tecnica. In particolare Pernicka sottolinea⁶ che: *“it is not possible to regard the provenance of an artefact as proven, even it shares the same isotopic signature as an ore deposit. The reason for this is that although the variation of lead isotopes ratios in ore deposits is much smaller than that of trace element concentrations, there exist the possibility that another deposit has the same lead isotope ratios.”*

Di conseguenza, prima di ogni indagine, sarebbe buona norma verificare la completezza della copertura geografica delle firme isotopiche almeno per tutte quelle aree potenzialmente candidate quali sorgenti dei minerali. Infatti anche su di una Base di Dati di firme isotopiche incompleta, poiché la classificazione viene di solito effettuata con la tecnica del *“Minimum Distance”* è possibile che si trovi comunque⁷ una firma isotopica di un giacimento a distanza tale da venir reputata come *“minima”* da quella dell'artefatto in esame.

La *“completezza”* della copertura geografica delle antiche sorgenti di minerale è una condizione necessaria⁸ ancorché non sufficiente per poter effettuare una attribuzione.

L'attribuzione finale, qualora sia possibile⁹, dovrà essere corroborata e validata da ulteriori elementi identificativi quali ad esempio:

- rapporti isotopici del Rame come $63\text{Cu}/65\text{Cu}$ ¹⁰;
- tracce di altri elementi (Sb, As, Ni, Co, Ag, Se, Bi)¹¹;
- concentrazioni del gruppo REE (Rare Earth Elements)¹².

Pare ovvio che il DataBase di riferimento delle antiche miniere dovrà contenere anche quest'ultime tipologie d'informazioni. Quindi, prima di poter procedere a qualunque procedura di *“attribuzione”* relativa a dei manufatti antichi sotto esame, sarà bene documentarsi non solo circa la completezza della copertura geografica dei campi minerari antichi, ma anche se questa contenga tutte le informazioni che servono per una corretta e sicura attribuzione.

Da ultimo voglio rammentare un fatto, ricordato da molti studiosi e cioè la fattibilità dell'estrazione di un dato minerale con la tecnologia dell'epoca.

A titolo di esempio citerò il fatto che vi sono giacimenti in Anatolia e Sardegna che contengono stagno. Ma in percentuale tale che può essere sfruttato soltanto con moderne tecnologie industriali¹³.

⁴ Dal classico A. B. Knapp - Vol. 3 - 2000, al più recente E. Pernicka - 2014

⁵ <http://oxalid.arch.ox.ac.uk/bibliography/bibliography.htm>

⁶ Cfr. Pernicka (2014)

⁷ Anche se la *“distanza euclidea minima”* imposta sia pari all'errore strumentale o alla metà, come assicurato da Stos-Gale & Gale (2009), una corretta attribuzione non è mai certa.

⁸ Cfr. Pernicka (2004)

⁹ Non si possono trascurare le possibilità di mescolanza di metalli, riuso, nonché dell'assenza di riferimenti anche in presenza di una Base di Dati considerata *“completa”*.

¹⁰ Cfr. F. Colpani, G. Artioli et alii (2006); Marelli, Artioli et alii (2010); I. Giunti (2011)

¹¹ Secondo Pernicka (1999) gli elementi da analizzare per dare un contributo significativo alla *“provenienza”* sono: Au, Ag, Bi, Ir, Ni, Os, Pd, Pt, Rh, Ru.

¹² La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu (lantanoidi)

¹³ Cfr. Z. Stos-Gale, N. Gale (2004): *“Zn, Pb, cassiterite bearing deposit at Canale Serici, Villacidro (from which cassiterite could not be extracted, or even recognized, in the Bronze Age)”*

La “copertura” parziale dei giacimenti

Nascita della metallurgia nell'Etruria Mineraria

In senso stretto la definizione medievale di “*Etruria Mineraria*” si applica alle Colline Metallifere toscane (*Metalliferous Hills*) che si estendono nelle province di Pisa, Livorno, Siena e Grosseto.

In senso lato si applica alle aree metallifere che servirono da approvvigionamento di metalli per la civiltà etrusca e per quelle che l'hanno preceduta nella stessa area. In questa accezione il termine non si riferisce quindi alla sola Toscana, ma anche all'alto Lazio.

La Toscana è la regione italiana quantitativamente più importante dal punto di vista minerario e mineralogico.

Nel solo periodo 1861-1913¹⁴ essa ha prodotto quasi 13 milioni di tonnellate di ferro (pari al 90% del totale nazionale) e 2,4 milioni di tonnellate di rame (pari allo 85% del totale nazionale). Inoltre contribuiva con l'intera produzione nazionale di stagno.

Nello stesso periodo la Sardegna contribuiva in misura marginale alla produzione del rame (0,13%) e del ferro (2,28%) ma in compenso contribuiva per il 96% alla produzione nazionale del piombo, per lo 87% a quella dello zinco e per il 100% a quella dell'argento.

Anche se questi dati devono tener conto della carenza nel computo del Trentino, dell'Alto Adige (Sud Tirolo) e della Venezia Giulia tuttavia è bene ricordare come per buona parte del XIX secolo la miniera di Caporciano (Montecatini Val di Cecina) sia stata considerata come la miniera di rame più importante d'Europa con una produzione di oltre 50.000 tonnellate (1827-1900) di rame metallico¹⁵.

Inoltre, si stima che la produzione di ferro dall'Elba a partire dall'inizio del XIII secolo fino ai giorni nostri sia stata di poco inferiore ai 50 milioni di tonnellate¹⁶.

Premesso ciò, dobbiamo osservare che tutto ciò poco o nulla ha a che vedere con la metallurgia dell'Età del Bronzo.

Quanto detto infatti si riferisce a uno sfruttamento per lo più industriale e gli eventuali pochi legami che vi possono essere sono derivati dai documenti che riportano le osservazioni che geologi o esperti di mineralogia hanno effettuato nei secoli scorsi durante i loro sopralluoghi.

Informazioni fra l'altro molto utili sia perché parlano di giacimenti minerari oggi totalmente scomparsi¹⁷, sia perché riportano informazioni utili circa le miniere antiche¹⁸ nonché, in epoca industriale, anche analisi chimiche.

La grande produzione industriale degli ultimi secoli ha infatti completamente distrutto il paesaggio e ogni traccia di possibili miniere preistoriche.

Nonostante tutto possiamo disporre di una serie d'informazioni che ci provengono da:

1. strumenti (mazzuoli litici e picconi di corna di cervo¹⁹) trovati nelle miniere di cinabro

¹⁴ Cfr. C. Ciccarelli, S. Fenoaltea - Banca d'Italia - 2010

¹⁵ P. Orlandi - Piano territoriale di Coordinamento del 27 Luglio 2006 - Provincia di Pisa

¹⁶ G. Vanagolli - 2012

¹⁷ Come ad esempio le miniere di ferro del Casentino e di Rapolano frequentemente ricordate nei documenti medievali.

¹⁸ La documentazione medievale è molto ricca. Da ricordare il “Codice Minerario”, inserito nello statuto del comune di Massa Marittima (1311-1325), che è uno dei più antichi testi di questo genere in Europa. Esso garantiva la libertà di ricerca estrattiva ed imponeva che ogni fase dell'attività produttiva fosse seguita da appositi magistrati comunali.

¹⁹ C. Giardino, D. Steiniger - 2011

- dell'Amiata: Cornacchino²⁰ (nel comune di Castell'Azzara), Cortevecchia²¹ (nel comune di Semproniano), Bagnore-M. Labbro²² (nel comune di S. Fiora) e Solforate-M. Civitella (nel comune di Piancastagnaio)²³ aventi datazioni al radiocarbonio comprese fra il 4.780 ed il 4.460 a.C.;
2. panelle di rame sia trovate all'interno dei pozzi minerari come quella di Cugnano²⁴ (Monterotondo Marittimo) o nei pressi di miniere come quelle di La Speziala²⁵ (datate all'EBA) e di Serrabottini²⁶ (fra Eneolitico ed EBA);
 3. resti di forni per la lavorazione del rame come quelli di Orti Bottagone²⁷ (Campigliese) datati al tardo Neolitico²⁸ (fine V millennio a.C.) e della cava Solvay di S. Carlo²⁹ datato³⁰ al primo Eneolitico^{31 32};
 4. atelier metallurgici dell'inizio dell'Eneolitico (3.500 a.C.) che usufruivano dei vicini affioramenti di rame nativo (Sesto Fiorentino: Neto-via Verga³³ e Podere Pietrino³⁴);

²⁰ Piccone di quarzite con scanalatura mediana (Zifferero - 1991)

²¹ Appare come Corte Vecchia nel citato lavoro di C. Giardino

²² Appare indicata come S. Fiora nel citato lavoro di C. Giardino

²³ Appare indicata come Sele-Solforate nel citato lavoro di C. Giardino. E' possibile che l'autore si riferisca anche alla vicina miniera di Siele-Carpine sempre nel comune di Piancastagnaio e comunque miniera di cinabro.

²⁴ Cfr. B. M. Aranguren, L. Dallai (2007)

²⁵ Cfr. B. M. Aranguren (2006)

²⁶ Cfr. Aranguren (2006)

²⁷ Artioli (2007) ci dice: *"the samples from Tuscany (CS1 from San Carlo and OB1 from Orti Bottagone) contain iron phase that may be the product of metallurgical processes."* Data la presenza del ferro si può supporre un processo scorificante? Se si trattasse di un solo sito sarei propenso a credere ad un caso dovuto alla composizione dei minerali. Ma due diversi siti, molto vicini spazialmente (10 miglia) ma non temporalmente (diversi secoli) fanno pensare più alla tecnica che al caso.

²⁸ Ancora Artioli (2007): *"if the neolithic date of the preliminary archaeological reports for Orti Bottagone occurrence are confirmed (dubbio lecito data la "presentazione" di superficie dei reperti), the presence of copper smelting lags in the Tuscany at the end of the Neolithic, much before (dopo le recenti datazioni riportate dal Dolfini nel 2011, la distanza temporale si è ridotta a meno di 300 anni) the metallurgical developments related to the Rinaldone culture... is an important piece in the reconstruction of the metallurgical puzzle"*

²⁹ Che mostrano l'uso di solfuri polimetallici analoghi al Falherz alpino dei quali la Toscana è ricca e anche di una tecnica come ci dice il Dolfini: *"revealing that copper extraction was efficient enough to allow for the almost complete separation of the slag from the molten matte"* (2014)

³⁰ G. Artioli: *"Radiocarbon dating of charcoal fragments present within the metallurgical slags of San Carlo indicates a calibrated age around 3400–3100 BC (95% confidence level at 2σ)"*

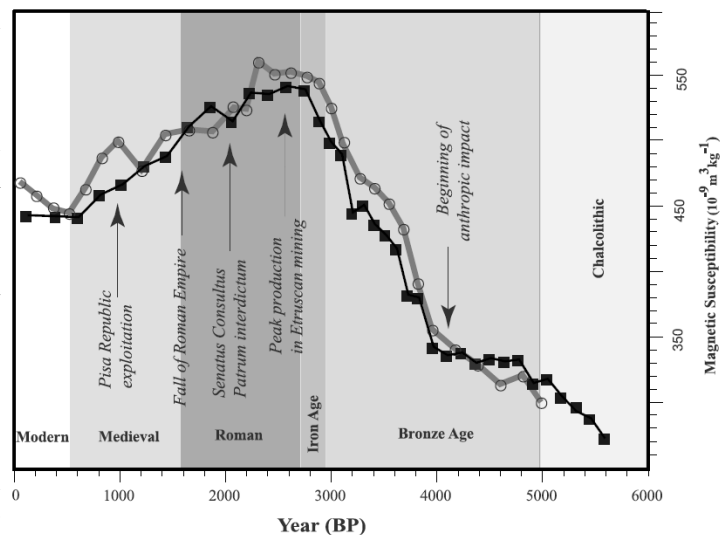
³¹ Cfr. F. Fedeli - 1995

³² Cfr. G. Artioli - 2016

³³ Le numerose datazioni al radiocarbonio effettuate su resti pertinenti all'orizzonte 5 di Neto-Via Verga (Sesto Fiorentino) purtroppo oscillano di oltre mille anni (LTL1481A: ca. 3.100 a.C.; LTL1482A: ca. 4.400 a.C. Per il dettaglio cfr. Manfredini - 2009). Di conseguenza nel testo ho indicato la datazione tradizionale (metà del IV millennio a.C.). Contra C. Giardino (2008) che afferma: *"In Etruria sono localizzate alcune fra le più antiche attestazioni di lavorazione del rame dell'intera Penisola Italiana. A Sesto Fiorentino (Neto - Via Verga e Podere Pietrino) sono infatti stati rinvenuti frammenti di crogioli scorificati e manufatti in rame in contesti tardo-neolitici, attribuibili cronologicamente alla metà del V millennio a.C. (Martini, Sarti 1999, p. 37; Giachi, Pallecchi, Sarti 2001, p. 638). Sebbene non siano state condotte indagini specifiche per identificare la provenienza della materia prima, quali analisi del rapporto isotopico del piombo, è suggestivo associare queste presenze con i cospicui depositi toscani, specie in un momento così iniziale della metallurgia. Va in particolare ricordato come dai giacimenti dell'Impruneta, situati ad appena una ventina di chilometri dal sito, siano stati rinvenuti nelle rocce ofiolitiche affioranti - come al Poggio alle Carraie e ai Sassi Neri - campioni di rame nativo anche di molti chilogrammi."* Si ricorda che la datazione del primo sito attestante l'estrazione e la metallurgia del rame nell'Europa centrale è quella di Brixlegg nella valle dell'Inn (ca. 4.200 a.C.). Cfr. Hoppner (2005). Certo è che se si sommano i vari elementi e cioè: la datazione al 4.400 a.C. del campione LTL1482A, la datazione al 4.100-4200 del sito di Orti Bottagone, e l'uso di processi metallurgici oltremodo evoluti sia ad Orti Bottagone che a San Carlo, viene da supporre che l'intuizione del Dolfini circa il primato metallurgico dell'Italia centrale tirrenica, non solo debba essere seguita, ma anche rafforzata.

³⁴ F. Martini, L. Sarti - Pianeta Galileo - 2006

5. analisi sull'ascia in rame di Ötzi (datata indicativamente fra il 3.350 ed il 3.000 a.C.) che indica chiaramente una provenienza del rame dal campigliese³⁵.
6. risultati analitici sui reperti in metallo dalla Maremma³⁶: antimonio e argento (ca. 3.780 a.C.); argento (ca. 3.500 a.C.³⁷); rame (rame arsenicale: ca. 2.750 a.C.; rame con As e Sb: ca. 2.950 a.C.³⁸) nonché il primo ritrovamento europeo di pirotecnologia del vetro (fritta³⁹ in orizzonte eneolitico);
7. risultati analitici⁴⁰ su vaghi di collana nella buca di Spaccasasso (nei pressi di Alberese, Parco Naturale della Maremma): argento puro (ca. 2.700 a.C.). Di particolare interesse la contemporanea presenza nel sito di aspetti legati alla cultura di Laterza (Apulia) nonché a quella Transalpina⁴¹;
8. risultati analitici su un anellino in bronzo⁴² da Poggio Olivastro nei pressi di Vulci⁴³ datato al tardo Eneolitico;
9. indagini LIA su reperti dell'EBA trovati in Svizzera⁴⁴ che indicano la materia prima coincidente con la firma isotopica delle miniere intorno al lago dell'Accesa (campo minerario primario Serrabottini, miniere di Serrabottini - Castelborello - Scabbiano - Fenice Capanne - Accesa che comprende anche La Pesta indicata da Oxalid);
10. indagini LIA sui reperti dell'EBA di Monte S. Savino⁴⁵ che propongono una prossimità⁴⁶ della firma spettrale riscontrata sui manufatti (un pugnale ed un'alabarda) con quella dei campi minerari toscani;
11. indagini LIA su reperti della Liguria⁴⁷ che indicano per molti manufatti e per un ampio intervallo di tempo (Eneolitico, Età del Bronzo) una provenienza dalle miniere dell'area costiera toscana;
12. altre indagini recenti, fra le quali quelle sui sedimenti marini⁴⁸ che analizzando la suscettività magnetica dei fondali marini nei pressi dell'Elba (cfr. figura a lato) conclude: "archaeometallurgic



³⁵ G. Artioli - 2017

³⁶ P. Petitti et alii - 2011

³⁷ Cfr. Anzidei (2007)

³⁸ Che quindi allineano lo scenario con le conclusioni di A. Dolfini (vari lavori a partire dal 2010) e aggiornano le precedenti proposte del De Marinis (2006)

³⁹ Circa il termine che a rigore dovrebbe definire un prodotto intermedio nella produzione del vetro cfr. Bellintani (2003)

⁴⁰ Cfr. P. Pallecchi et alii (2007)

⁴¹ Vedi la coppia di spilloni in metallo a T, con testa di fettuccia avvolta a spirale. Si tratta di esemplari di tipologia transalpina, tipo Straubing, attestati in coppia nelle sepolture riferibili all'orizzonte della ceramica a cordicella (Schnurkeramik) e cronologicamente inquadrabili in una fase avanzata del Calcolitico recente dell'Europa centrale.

Composizione: 92,5% Cu; 6,2% Sn; 1,4% Ni; 1,3% As; 1,2% Sb; 1,2% Ag.

⁴² Cfr. Bulgarelli (2008)

⁴³ Cfr. F. Cattin (2007, 2011)

⁴⁴ In realtà sono a cavallo fra il tardo Eneolitico e l'inizio dell'EBA. Cfr. E. Buresta (2006)

⁴⁵ Non si può fare nessuna convincente attribuzione. Ma la base di dati delle miniere toscane è oltremodo limitata.

⁴⁶ Cfr. Campana (1996)

⁴⁷ Cfr. Vigliotti (2003)

activity started on Elba Island in the II Millennium BC, much earlier than previously assumed.”

Tutte queste informazioni ci portano a una serie di conclusioni certe che Andrea Dolfini⁴⁹ così riassume:

“Therefore, it could be suggested that metallurgical knowledge, coming from eastern Europe, was simultaneously introduced into both the northern and the southern Alpine region, whence it would have rapidly spread to the central Italian peninsula, Sardinia, and later to the remainder of the central Mediterranean. Notably, this scenario ties in with the proposal that metal technology would have spread throughout Europe in a north-westerly direction, following either a single invention event in Anatolia or independent rediscovery in the central Balkans. On the contrary, claims for Aegean origins seem far less probable given the lack of early evidence from southern Italy and Sicily, while the Iberian transmission hypothesis aired by Pearce does not stand in the light of the later developments of metalworking west of the central Mediterranean. Similar claims for the independent invention of metallurgy in Sardinia can also be dismissed, since early smelting and metalworking on this island are not appreciably older than in Italy, and might be later.”

Riguardo invece alla successiva Età del Bronzo C. Giardino⁵⁰ precisa: *“Nella metallurgia della prima età del bronzo si osserva in Etruria sostanzialmente il trapasso dalle leghe arsenicali a quelle stanniche. Il relativamente alto tenore di ferro che caratterizza i reperti di questo periodo rinvenuti nella regione è una seria indicazione che il rame venisse ottenuto dai suoi minerali facendo ricorso a tecniche estrattive che portavano alla formazione di scorie, verosimilmente a partire da solfuri quali la calcopirite. Va ricordato come i processi scorificanti siano assai più efficienti rispetto a quelli non scorificanti e che questi ultimi caratterizzino stadi alquanto primitivi della metallurgia.”*

Le miniere toscane

Le miniere toscane sono state sfruttate fin dall'eneolitico perché ricche anche di rame nativo. Rame nativo si trova infatti all'Impruneta, nei Monti Rognosi⁵¹, nell'area di Rapolano (Asciano e Sinalunga), a Castiglioncello, a Miemo nella Val di Cecina, a Chianni in Valdera, presso Castellina Marittima nelle Colline Metallifere pisane, a Casal di Pari ed a Murlo solo per citare i più significativi su un totale di 17.

Nella Base di Dati dell'Università di Oxford denominata OXALID⁵² è presente un file⁵³ che contiene i rapporti isotopici dei campi minerari italiani. Per quanto riguarda la Toscana sono presenti 48 dati relativi a 8 miniere e a 2 campi minerari (Giglio, Elba). Se si confrontano questi dati con quelli presenti nell'Inventario Regionale realizzato fra il 1991⁵⁴ e il 1995⁵⁵, si può notare quanto siano parziali e incomplete le firme isotopiche in nostro possesso.

Dal suddetto “Inventario” risultano infatti 168 miniere⁵⁶ o campi minerari di minerali metallogenici (fra questi Cu: 46; Fe: 31; Ag: 22; Pb: 14; Sn: 3) in merito alle quali i contributori all'indagine affermano che, a diverso titolo di probabilità, 21 potrebbero essere state sfruttate in età pre e protostorica.

Quanto ancora ci sia da fare circa la Base di Dati di riferimento è dimostrato, ad esempio, dal fatto che

⁴⁹ Cfr. A. Dolfini (2014) che basa la sua tesi anche su una vasta campagna radiometrica (2011)

⁵⁰ Cfr. C. Giardino (2008)

⁵¹ Insieme a Cuprite e Malachite

⁵² OXford Archaeological Lead Isotope Database

⁵³ Italian ores Isotracc 8May2011

⁵⁴ “Inventario del patrimonio Minerario e Mineralogico in Toscana - Aspetti naturalistici e storico archeologici” - Dipartimento Ambiente - Regione Toscana - 1991

⁵⁵ “Colline Metallifere: Inventario del patrimonio Minerario e Mineralogico - Aspetti naturalistici e storico archeologici” - Dipartimento Ambiente - Regione Toscana - 1995

⁵⁶ Sono 200 nell'Elenco dei Siti Minerari della Toscana edito dal LAMMA (CNR) e realizzato nel 2011 a partire dai dati RIMIN (ENI) che in realtà elenca ben 467 “siti minerari”.

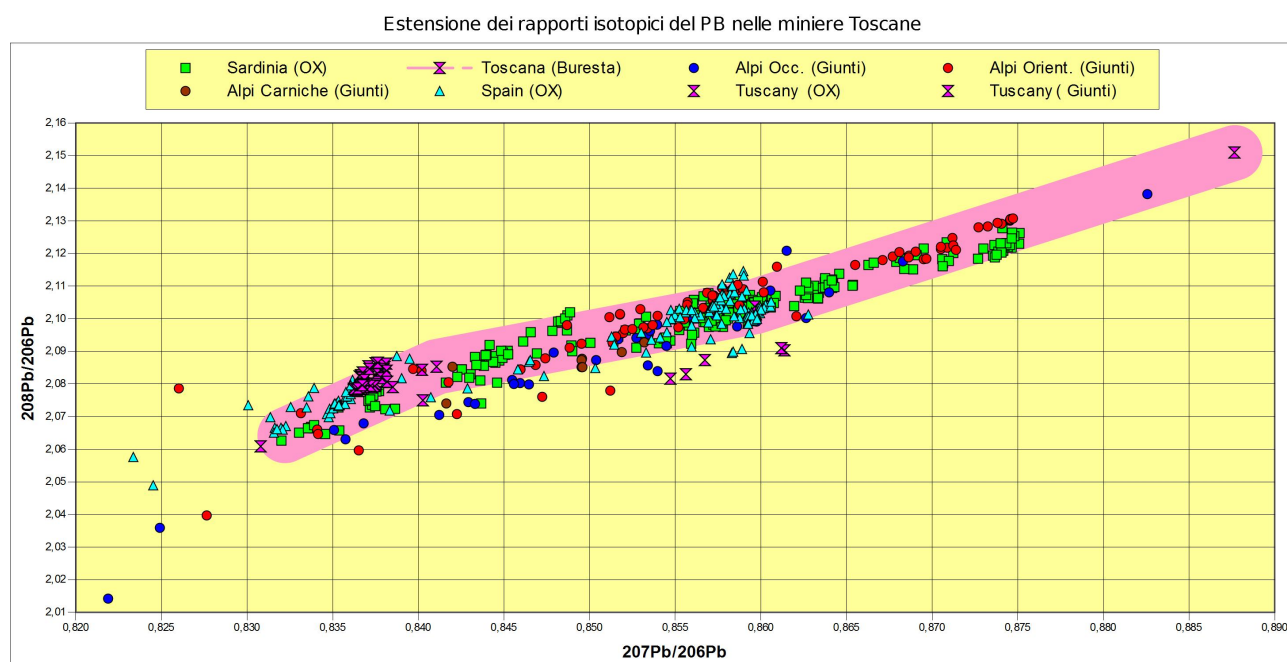
dei 168 siti (miniere o campi minerari) descritti dall'Inventario regionale, solo 16 sono in provincia di Pisa. Un analogo censimento più recente e più approfondito, svolto per conto della Provincia di Pisa, ha censito⁵⁷ ben 110 siti in luogo dei 16 citati. Il numero di firme isotopiche che abbiamo a disposizione non sono per niente sufficienti: l'unica scelta sensata è quella di ampliare notevolmente le poche misurazioni attualmente disponibili.

Si ricorda, ad esempio, che né i giacimenti di galena argentifera apuana⁵⁸, né quelli di rame nativo (sopra citati), entrambi potenzialmente appetibili per i metallurghi dell'età del rame, sono presenti su Oxalid. Inoltre le poche misurazioni isotopiche aggiuntive effettuate come quelle della Buresta⁵⁹, mostrano dati⁶⁰ che se in un caso indicano radiogenicità molto più bassa di quelli di tutte le miniere italiane⁶¹, in un altro invece indicano esattamente l'opposto⁶².

Le altre due misurazioni effettuate dal team della Buresta propongono rapporti isotopici che se nel caso di Rapolano⁶³ non sono tanto distanti da quelli delle miniere costiere presenti su Oxalid, tuttavia quelli dell'area di Sinalunga⁶⁴ paiono prossimi ad alcuni giacimenti della Sardegna. I dati della Buresta indicano un'estrema variabilità delle firme isotopiche, probabilmente da ascrivere alla storia geologica della regione estremamente complessa e variata⁶⁵.

Il grafico mostra l'estensione dei rapporti isotopici del piombo nelle miniere toscane, confrontata con i rapporti da Oxalid della Spagna, Sardegna e con le misurazioni alpine della Giunti.

Quindi affermazioni come: *"The ores from the Sardinia exhibit a much larger isotopic variability than the*



⁵⁷ Cfr. P. Orlandi (2006).

⁵⁸ Per quanto riguarda il comune di Stazzema (10 siti sull'Inventario) è disponibile una indagine molto dettagliata curata da M. Ciampa che cataloga (2006) 25 cave attive e 91 cave dismesse, successivamente accorpate in 12 bacini minerari.

⁵⁹ E. Buresta et alii (2006)

⁶⁰ L'indagine della Buresta ha riguardato quattro giacimenti di rame nelle vicinanze dei ritrovamenti.

⁶¹ Vedi il campione da Il Convento nei Monti Rognosi (Anghiari): con $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ di 2,150866 e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ di 0,887676 che potrebbe indicare un'età di formazione molto elevata oppure, come dice G. Ferrara (1985) *"it is impossible to use the Rb/Sr or the U/Pb methods because of the extremely low content of the radioactive isotopes of these rocks"*

⁶² Vedi il giacimento di S. Alberto (Asciano): con $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ di 2,060802 e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ di 0,830792 che presenta tre carbonati: due di rame (azzurrite e malachite) e uno di ferro (goethite).

⁶³ Calcopirite, bornite, rame nativo, malachite, azzurrite (Scheda n° 90)

⁶⁴ Malachite

⁶⁵ Le misurazioni del Ferrara (1985) indicano per i complessi ofiolitici datazioni fra 160 e 185Ma; per le Alpi Apuane fra 11 e 17Ma; per le isole fra 5 e 15Ma; per le rocce vulcaniche dell'area SW fra 2 e 5Ma; per l'Amiata meno di 1Ma.

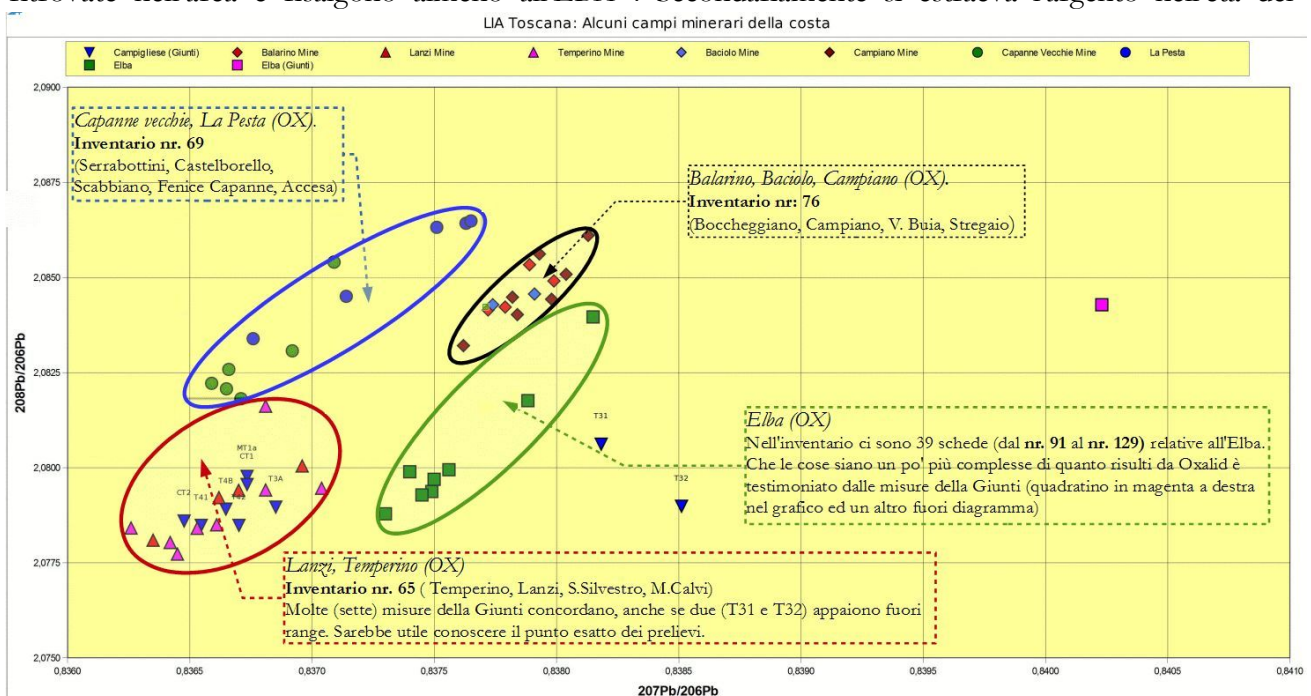
ores from Tuscany⁶⁶ sono valide se riferite a Oxalid, ma in assoluto suscitano non poca perplessità.

Un altro problema da considerare e di non poco conto è quello relativo alla corretta identificazione e caratterizzazione di ogni singolo campo minerario. Gli "Inventari" che abbiamo a disposizione sono un primo necessario passo ma non è ancora sufficiente. L'Università di Siena (Francovich e Dallai) è impegnata in sopralluoghi capillari sul territorio ai fini primari d'indagini sul fronte medievale⁶⁷. Ma, ovviamente, come ricaduta, vengono documentate tutti i dati relativi a orizzonti temporali molto più antichi.

A titolo di esempio consideriamo la scheda n° 69 tratta dall'Inventario del 1991 precedentemente citato che riproduciamo parzialmente di seguito insieme alla corrispondente scheda 179 tratta invece da quello del 2011. La scheda identifica il principale campo minerario del comune di Massa Marittima che comprende le miniere di⁶⁸: Serrabottini Sud⁶⁹; Castelborello (nei pressi di Serrabottini); La Speziala (non citata) nei pressi di Castelborello; Fenice Capanne⁷⁰ con minerale cuprifero e piombo-zincifero estratti da tale miniera negli anni dal 1950 al 1980⁷¹; La Pesta per l'estrazione del minerale cuprifero e piombo-zincifero⁷²; Scabbiano (Scabiano) con modesta mineralizzazione di pirite e solfuri misti.

Fra le antiche denominazioni e quelle recenti c'è una grande confusione: quello che viene chiamato dagli addetti ai lavori come pozzo nr. 4, viene talvolta etichettato come miniera La Pesta.

In realtà fa parte della mineralizzazione di Serrabottini, così come Castelborello, La Speziala e Scabbiano. Pare che in antico venisse estratto principalmente il rame: diverse sono le panelle ritrovate nell'area e risalgono almeno all'EBA⁷³. Secondariamente si estraeva l'argento nell'età del



⁶⁶ R. Jung, M. Mehofer, E. Pernicka - 2011

⁶⁷ Cfr. Aranguren, Dallai (2007)

⁶⁸ Per la mappatura delle antiche miniere si veda: Gaetano Badii: «Le antiche miniere del massetano». *Studi Etruschi*, v (1931)

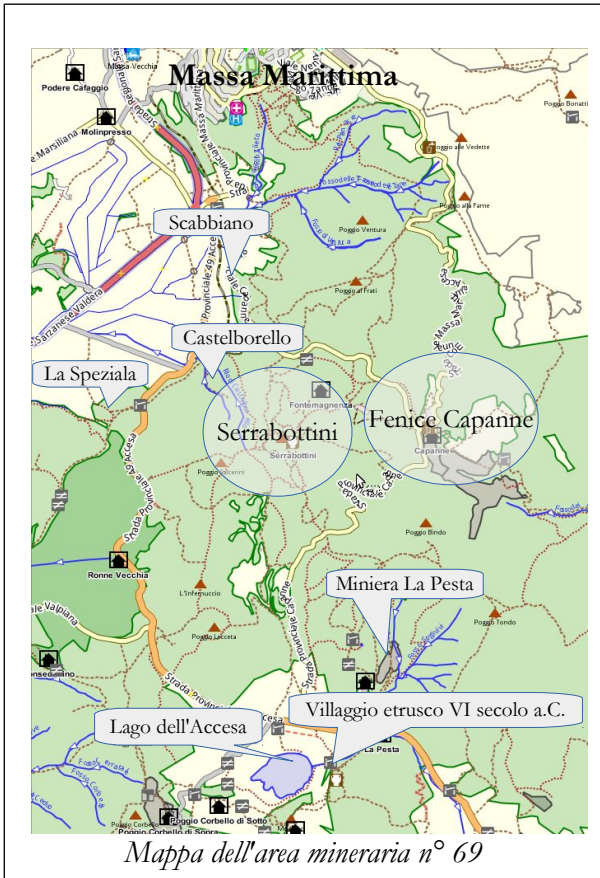
⁶⁹ Oggi quella che il Badii ha definito come Serrabottini Sud viene chiamata semplicemente Serrabottini; mentre quella che lo stesso autore chiama Serrabottini Nord è Le Bruscoline.

⁷⁰ La dizione unica "Fenice Capanne" deriva probabilmente dal fatto che nello 800 due erano le società preposte allo sfruttamento delle miniere dell'area: Capanne Vecchie e Fenice Massetana alle quali poi succedette la Montecatini che diede un nuovo impulso a tutte le mineralizzazioni della Toscana.

⁷¹ Come appare da vari documenti della regione Toscana.

⁷² Ibidem

⁷³ Sia quella di Serabottini (Cfr. Aranguren - 2005) che quelle di La Speziala (Cfr. Aranguren - 2006)



Bronzo e successivamente il ferro. Nel medioevo rame, argento e ferro.

In epoche recenti si sono estratti rame, piombo, zinco e pirite. Un fatto interessante è che se si confrontano le firme isotopiche presenti su Oxalid e non (di solito per miniera) esse appaiono raggruppate secondo i campi minerari presenti sugli inventari.

Una volta completata la Base di Dati ed effettuati i corretti raggruppamenti per ciascuna area mineralogicamente omogenea, si potranno costruire dei *clusters* che potrebbero essere molto utili per provare a cambiare metodica di classificazione: passare cioè dal *Minimum Distance* alla *Mahalanobis Distance*⁷⁴ se non al *Maximum Likelihood*.



⁷⁴ Con ogni cluster caratterizzato da un baricentro e da una matrice di covarianza

Località: SERRABOTTINI - S. CASTELBORELLO-SCABBIANO-FENICE CAPANNE-ACCESA

Emergenza Mineralogica: sì **Emergenza Mineraria:** sì **Attiva:** no

Mineralogia: blenda, galena, calcopirite, pirite, tetraedrite, stibina, arsenopirite, pirrotina, bismutina, magnetite, ematite, limonite, bornite, calcosina,

Sostanze Estratte: Pb (Piombo), Ag (Argento), Cu (Rame), Zn (Zingo), Sb (Antimonio) (?), Au (Oro) (?), Alu (Alunite), Vet (Vetriolo).

Descrizione Naturalistica: importante mineralizzazione filoniana a solfuri misti in ganga prevalentemente quarzosa, ma anche calcitica e a skarn, localizzata entro una serie di faglie appenniniche interessanti i flysch liguridi, il Calcare Cavernoso e le filladi del basamento. I filoni mostrano frequenti restringimenti e allargamenti ed una zonalità mineralogica. I filoni sono interessati da un alone di alterazione con fenomeni di silicizzazione, silicatizzazione, e alunitizzazione. Di interesse mineralogico i quarzi ametistini dell'Accesa.

Interpretazione Geologica: vedere la scheda relativa n. 77 a Montieri (GR).

Descrizione Storica: si tratta di un'ampia area interessata da mineralizzazioni a solfuri misti nella quale si trovano tantissime tracce di escavazioni antiche per l'estrazione di rame e piombo argentifero; a Serrabottini (Mons de Buctinis o de Pocenzio) vi sono oltre 200 pozzi, tra aperti e chiusi alcuni dei quali ben conservati con profondità variabile dai 40 agli 80 m., rivestiti in pietra e disposti a distanza di circa 25 m. l'uno dall'altro; a Castelborello ve ne sono una quarantina per lo più franati. Più ad est vi sono coltivazioni moderne e contemporanee.

Scheda 69 dell'Inventario della Regione Toscana (riprod. parziale)

Codice Miniera: MIN_179 SERRABOTTINI - S. CASTELBORELLO - SCABBIANO - FENICE CAPANNE - ACCESA - P. GUARDIONE	
Morfologia	Dati Economici
⊕ filoniana - veins	giacimento grande non più in coltivazione large deposit, abandoned
Tessitura	Coltivazione
○ massiva - massive	
Processo Genetico	Età minerogenesi
○ idrotermale, alterazione ipogenica hydrothermal, hypogenic alteration	○ Terziario - Tertiary
○ metamorfico - metasomatic	
Elementi e Minerali	
● Zn ● Pb ● Ag ● Cu ● Sb ○ Au	
Chimismo	Ganga
z - solfuri e combinazioni affini	----- carbonatica - carbonatic ———— silicatica - silicatic
Sezione CTR: 306150-318030	
Area Protetta: no/sì	
Attiva: no	
Provincia: GR	
Comune: Massa Marittima	
Mineralogia: blenda, galena, calcopirite, pirite, tetraedrite, stibina, arsenopirite, pirrotina, bismutina, magnetite, ematite, limonite, bornite, calcosina.	
Sostanze Estratte: Pb (Piombo), Ag (Argento), Cu (Rame), Zn (Zinco), Sb (Antimonio), Au (Oro), Alu (Alunite), Vet (Vetriolo).	
Descrizione del giacimento: importante mineralizzazione filoniana a solfuri misti in ganga prevalentemente quarzosa, ma anche calcitica e a skarn, localizzata entro una serie di faglie appenniniche interessanti i flysch liguridi, il Calcare Cavernoso e le filladi del basamento. I filoni mostrano frequenti restringimenti e allargamenti ed una zonalità mineralogica. I filoni sono interessati da un alone di alterazione con fenomeni di silicizzazione, silicatizzazione, e alunitizzazione. Di interesse mineralogico i quarzi ametistini dell'Accesa.	
<i>Scheda 179 dell'Inventario Lamma-CNR (riprod. parziale)</i>	

L'assenza totale di “copertura” dei giacimenti

Le miniere dell'area subalpina

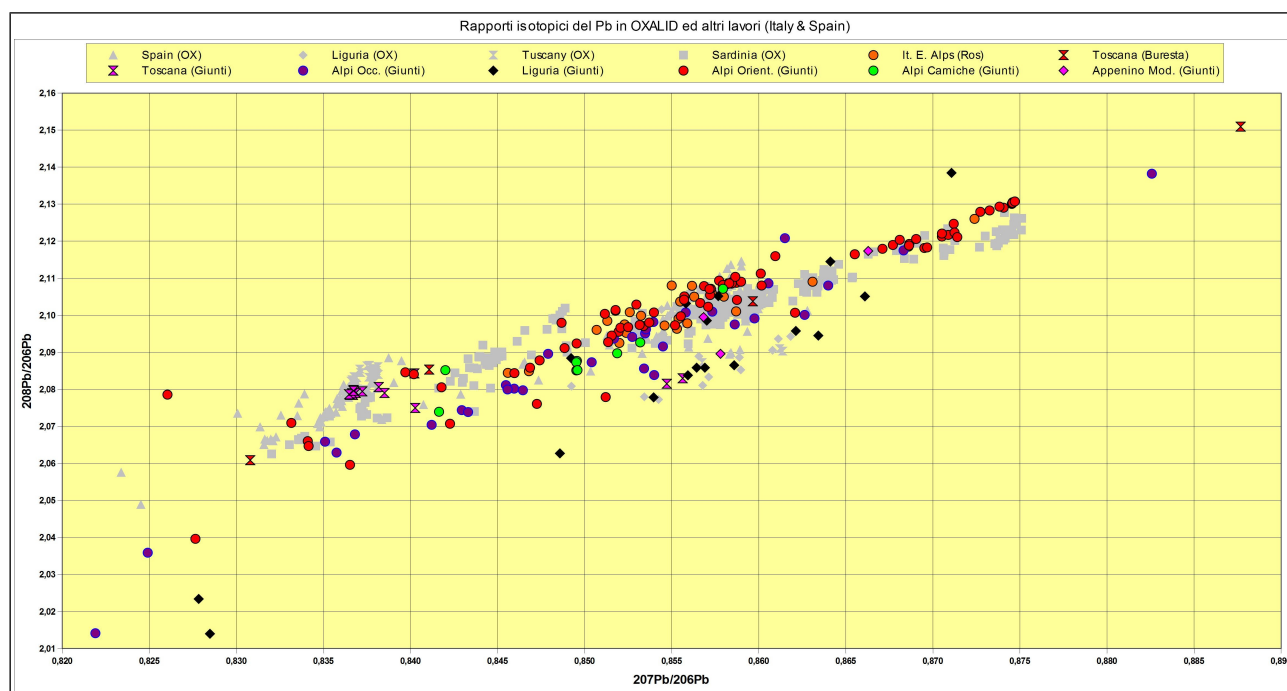
Una grossa carenza di Oxalid è che non comprende dati su nessuna mineralizzazione dell'Italia subalpina⁷⁵. Abbiamo visto come sia carente ed in numero ed in copertura geografica sulla Toscana, cioè l'area mineraria più importante dell'Italia peninsulare ma il fatto che non compaia nessun campione delle regioni subalpine (Piemonte, Lombardia, Trentino-Alto Adige, Veneto e Friuli) appare ancora più grave.

Oxalid		
	miniere	campioni
Liguria	7	13
Sardegna	68	250
Toscana	10	49
Totale	85	312
Giunti/Ros/Buresta		
	miniere	campioni
Alpi occidentali	18	35
Appennino ligure	5	18
Toscana SW	4	18
Appennino modenese	1	3
Alpi centro-orientali	21	113
Totale	49	187
<i>Italia: nuove firme isotopiche</i>		

Per fortuna negli ultimi anni sono state fatte indagini e tesi di dottorato che colmano, almeno in parte, questa lacuna. Due in particolare sono da menzionare: quella di Ilaria Giunti (2011)⁷⁶ per il dottorato in Scienze della Terra dell'Università di Padova supervisionata dal direttore Gilberto Artioli e quella di Veronica Ros (2009) per la Laurea in Scienze e Tecnologie Chimiche presso l'Università Ca' Foscari di Venezia supervisionata da Carlo Barbante.

In particolare le due tesi, oltre ad ampliare la Base di Dati dei dati Oxalid in maniera significativa consentono di raggiungere una copertura geografica più omogenea, anche se mancano ancora molte aree minerarie.

Il risultato è visibile nel grafico seguente, laddove in grigio compaiono i dati attualmente presenti su Oxalid, mentre sono colorati quelli relativi alle nuove firme isotopiche. Pare evidente che vi siano zone di marcata sovrapposizione fra le firme delle miniere alpine con quelle di alcune miniere spagnole e della Sardegna.

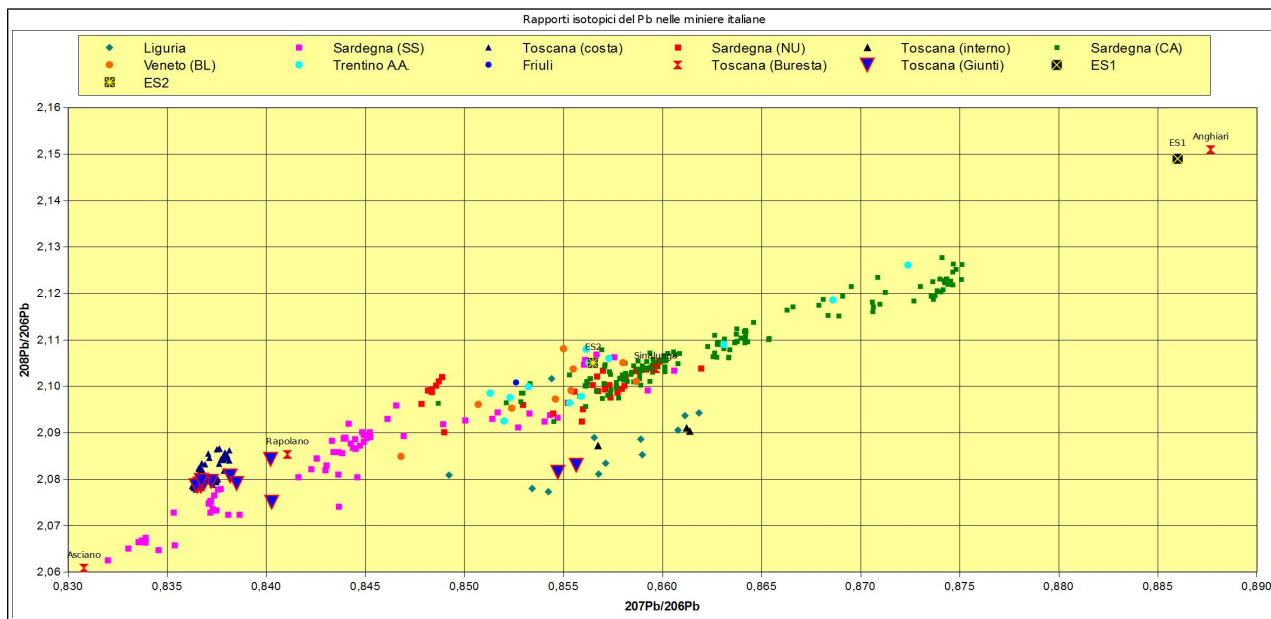


⁷⁵ Da Jung (2011) cit. “Unfortunately, chemical and isotopic analysis from the northern Italian ores deposits in Trentino and Alto Adige/Sudtirol are not yet available”

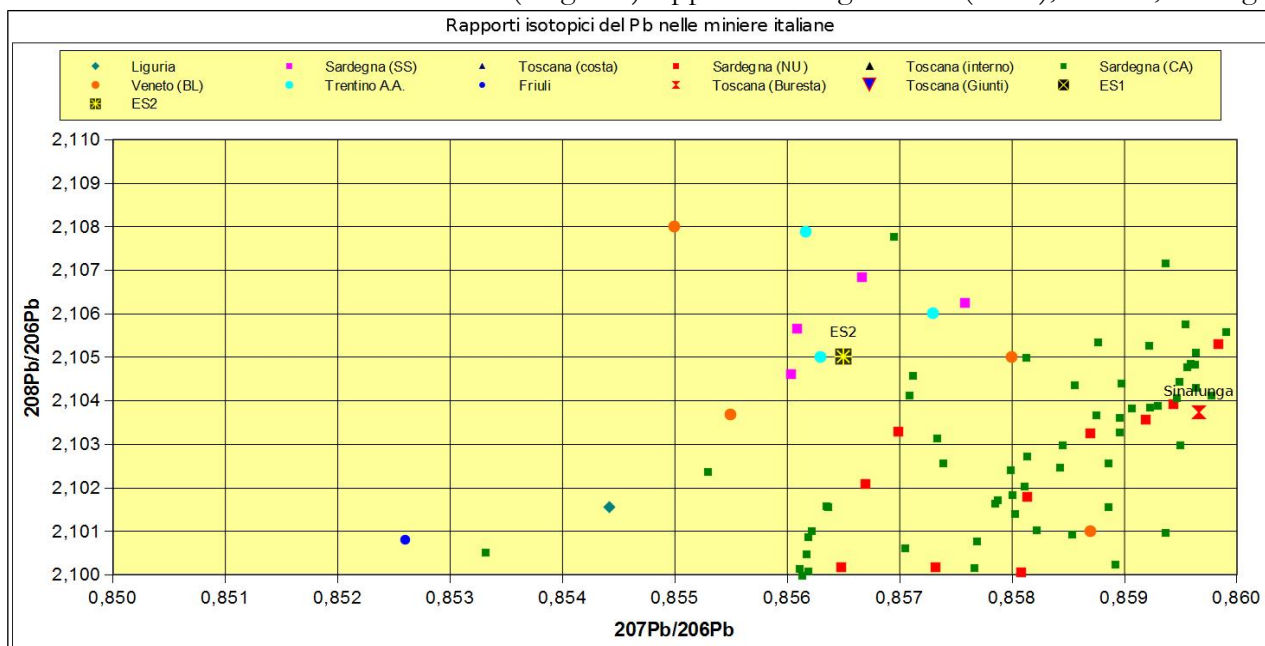
⁷⁶ <http://paduaresearch.cab.unipd.it/3982/>

Gli errori causati da un DataBase incompleto

Quando si tenta di classificare un reperto mediante LIA si utilizza la tecnica della distanza minima euclidea, cioè si assegna l'oggetto in esame (rappresentato in uno spazio 3D dai suoi rapporti isotopici $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ e $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) a quella sorgente di minerale presente sul DataBase di riferimento e che mostri una distanza euclidea minima. Ad esempio qualora avessimo un reperto con $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ di 2,149 e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ di 0,886 (grafico ES1, semplificato con un solo diagramma 2D), nel caso di Oxalid, dovremo assegnarlo alla Sardegna⁷⁷ mentre in realtà è più probabile che sia da attribuirsi alla cava di rame presente nella serpentinite dei Monti Rognosi di Anghiari (Montauto).



Lo stesso dicasi nel caso di rapporti isotopici più comuni $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ di 2,105 e $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ di 0,8565 (ES2 ancora semplificato con un unico diagramma 2D) che utilizzando il solo Oxalid sarebbe attribuito a una miniera del Sassarese (magenta) oppure del cagliaritano (verde), mentre, con ogni

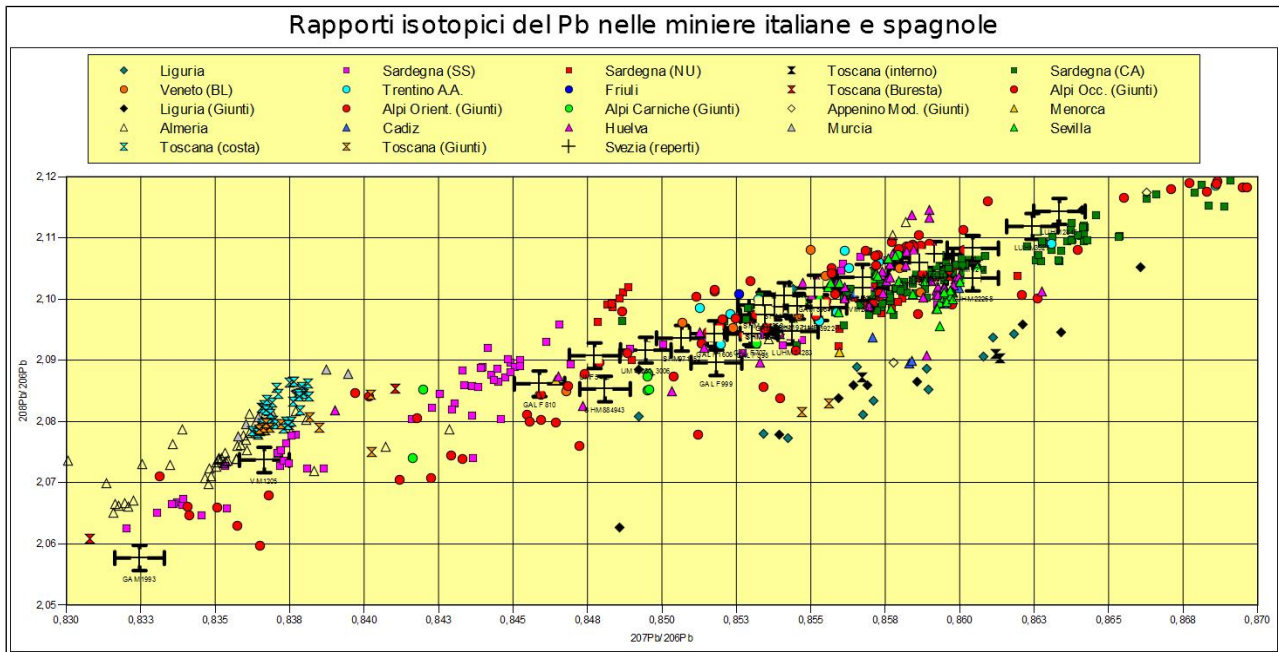


⁷⁷ Qualora la “distanza euclidea minima” imposta sia pari all'errore strumentale od alla metà, come assicurato da Stos-Gale & Gale (2009), non si avrebbe nessuna attribuzione.

probabilità, proviene da una del Trentino A.A. (ciano).

Sempre a titolo di esempio vediamo come alcune attribuzioni del Ling⁷⁸ possono essere messe in discussione, aggiungendo firme isotopiche di miniere non ancora presenti su Oxalid.

Da questi pochi esempi, possiamo affermare, con buona certezza, che alcune indagini recenti che hanno dato o risultati inconcludenti per mancanza d'informazioni sulle fonti minerarie⁷⁹, oppure risultati per certi versi sconcertanti come quella del Ling summenzionata, potranno sicuramente beneficiare dall'aumento della copertura geografica delle fonti minerarie, in particolare di quelle della catena alpina portate avanti dal gruppo di Gilberto Artioli al Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Padova⁸⁰.



Lo stesso si può dire delle indagini della Buresta⁸¹. Forse, le sono mancati i campioni da altri giacimenti di rame quali quello vicino di Murlo⁸² o di Roccatederighi⁸³, di Monte Vaso⁸⁴, di Monte Noccola⁸⁵, de Il Terriccio⁸⁶, di Pomaia⁸⁷. Per non parlare delle miniere di Massa Marittima: uno soltanto è il campo minerario presenti su Oxalid: il già citato 69 (179) con i dati da La Pesta e Capanne Vecchie che ovviamente hanno firme isotopiche molto prossime. Niente si dice delle altre importanti miniere nel comune di Massa e cioè Prata e Ritorto attive per Cu e Fe nel medioevo; Niccioleta, Val Castrucci, Poggio al Montone, Rocchette e Cugnano⁸⁸: quest'ultima attiva anche nell'età del bronzo.

⁷⁸ Ling et alii (2014)

⁷⁹ Quali Jung, Mehofer, Pernicka (2011)

⁸⁰ <http://geo.geoscienze.unipd.it/aacp/welcome.html> Cfr. Artioli (2014)

⁸¹ La stessa autrice auspica una campionatura più estesa dei giacimenti vicini e della Toscana in generale.

⁸² Scheda dall'Inventario della Regione Toscana nr. 74, che riporta mineralizzazioni di rame nativo, oltre a calcopirite, bornite, blenda, galena, covellite, manganite etc.

⁸³ Scheda n° 80 con mineralizzazioni cuprifere (calcopirite, bornite, calcocite) concentrate tra serpentiniti e basalti. Nonostante fosse stata sfruttata in epoca medievale, tuttavia il Simonin nell'800 trovò tracce di antiche lavorazioni.

⁸⁴ Scheda n° 38. Comune di Chianni in Val d'Era. Mineralizzazioni di calcopirite, rame nativo, bornite, malachite, azzurrite, diallagio, aragonite, quarzo

⁸⁵ Scheda n° 39 nel comune di Castellina Marittima. Mineralizzazioni cuprifere in ofioliti. Coltivata almeno dall'età etrusca.

⁸⁶ Scheda n° 40 nel comune di Castellina Marittima. Mineralizzazioni di calcopirite, rame nativo, bornite, malachite, azzurrite, calcosina

⁸⁷ Scheda n° 41 nel comune di Castellina Marittima. Mineralizzazioni cuprifere (calcopirite, cuprite, bornite) in serpentiniti o a contatto con il basalto

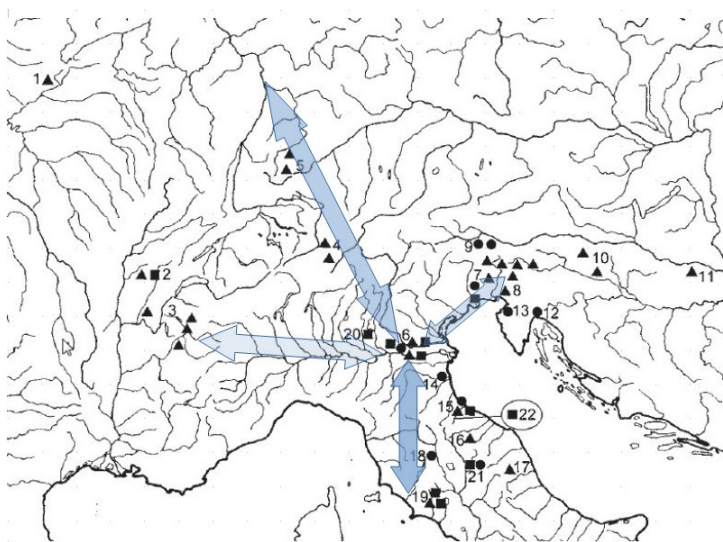
⁸⁸ Scheda n° 60. Mineralizzazioni di galena, calcopirite, blenda, pirite, tetraedrite, limonite, azzurrite, argentite, malachite.

Quello che dicono gli archeologi

Dagli studiosi di protostoria

A. Zanini (1999): *“In merito alle fonti di approvvigionamento della materia prima è stato più volte sottolineato, anche in relazione agli scambi con l'area veneta, come la Toscana sia stata nella protostoria un territorio di estrazione e di prima lavorazione dei minerali⁸⁹. Un riflesso evidente è quello della diffusione dei pani a piccone e delle palette a cannone fra Etruria, Veneto, Friuli, Istria e più ad ovest l'arco alpino. Ne sono ulteriore indizio anche i modelli metallurgici ed i manufatti ad ampia diffusione. Ciò può essere interpretato come prova che anche più zone di approvvigionamento e molteplici aree di distribuzione fossero nel medesimo lasso di tempo ugualmente accessibili. Per le risorse minerarie Frattesina risulta infatti da un lato in collegamento attraverso la valle dell'Adige con le zone mitteleuropee, dall'altro in stretti legami con l'area medio-tirrenica”.*

A. Zanini (2012): *“Sembra leggere, sino alla fase centrale del Bronzo finale, una direttrice che da nord si sposta verso sud, legata anche alla circolazione metallurgica, come paiono testimoniare le evidenze che da Frattesina, attraverso la Romagna e i passi appenninici giungono in Etruria settentrionale, verso le risorse metallifere toscane. È nel momento avanzato del Bronzo finale (cd. BF3) che invece è ben percepibile il ruolo dell'Etruria meridionale la quale, attraverso una direzione che sembra adesso andare da sud verso nord, disegna influssi tipicamente 'protovillanoviani' fino alle necropoli di fondo Zanotto e Narde2, nel polesine, e rientra nel circuito metallurgico centro-settentrionale.”*



Distribuzione dei diversi tipi di lingotti: pani a piccone ▲ palette con immanicatura a cannone ■ ed asce tipo Ponte San Giovanni ●
1) Caix 2) Larnaud 3) Laigneu, Albertville, Goncelin 4) Schiers, Filisur 5) Beuron, Pfiffingen 6) Frattesina, Villamarzana, Montagnana, Fondo Paviani 7) Porpetto, Madriolo, Cividale del Friuli, Redipuglia, Purgessimo, Nimis 8) Kanalski Vhr, Veliki Otok, Dragomelj 9) Fresach-Mittemberg e località sconosciuta (Austria) 10) Milijana, Ivanec Bistranski 11) Kapelna 12) Rijeka (Fiume) 13) Buje 14) Casalecchio 15) Poggio Berni 16) Chiuse al Frontone 17) Marsia 18) Ponte San Giovanni 19) Manciano, Sorgenti della Nova 20) Turbine di Gazzo veronese, Sabbionara, Calcinato Ponte S. Marco 21) Monte Anciano e Monte Ingino (Gubbio) 22) San Marino (RSM)

Traito da Bellintani (2008). Modificato dall'autore

Bellintani (2008)⁹⁰: *“La metallurgia nel Nord-Italia, strettamente legata a modelli transalpini nelle fasi iniziali dell'Età del Bronzo (XXI-XVII sec. a.C.) nel corso della seconda metà del II° millennio a.C. elabora anche elementi propri ed innovativi, come alcuni tipi di spilloni, fibule e pugnali che penetrano anche in ambito peninsulare, soprattutto lungo il versante adriatico. L'ampliamento produttivo, nel corso del Bronzo Recente, è legato ad un più sistematico sfruttamento delle risorse minerarie come ad esempio quelle del Trentino-Alto Adige, dove sono state riconosciute molte decine di aree di smelting, con la presenza di forni fusori per la riduzione del minerale cuprifero locale. Nel Bronzo Finale, il sito dove la produzione metallurgica è attestata con maggiore evidenza è quello di Frattesina. Qui, oltre a centinaia di oggetti finiti che rimandano ad una circolazione*

⁸⁹ Cfr. A. M. Bietti Sestieri varie opere.

⁹⁰ P. Bellintani, L. Stefan - “Protovillanoviano a S. Marino” in Bottazzi G., Bigi P. - *Primi insediamenti sul monte Titano. Scavi e Ricerche (1997-2004)*, Catalogo della mostra, Musei di Stato di San Marino - 2008

a vastissimo raggio (dall'Egeo alla Sicilia, ai Balcani, all'Europa centro-settentrionale) ma soprattutto legata all'Italia centrale, sono stati rinvenuti un numero estremamente elevato di matrici per fusione e un gruppo di rispostigli 'da fonditore', attualmente giunto a quattro concentrato in un'area ben delimitata nella parte centrale dell'abitato. Dalla stessa zona provengono inoltre le principali evidenze di un'altra importante attività pirotecnologica, quella del vetro per la produzione di perle, a tutt'oggi la principale lavorazione vetraria dell'Età del bronzo europea a nord dell'Egeo. Oltre a vetro e metallo, a Frattesina era lavorato su larga scala il corno di cervo (locale), ma anche l'avorio di elefante. Quest'ultimo, assieme a ceramica di tipo 'miceneo' e a gusci di uova di struzzo, potrebbe essere stato portato in Adriatico da mercanti ciprioti o fenici alla ricerca soprattutto di metalli (quelli dei giacimenti alpini e dell'Etruria Mineraria) e di un'altra materia prima particolarmente preziosa: l'ambra. Quella del Baltico, che non è l'unica a circolare in Italia in età protostorica come spesso si è ritenuto, giungeva grezza attraverso i valichi delle Alpi centro-orientali, almeno in parte, doveva essere lavorata a Frattesina, antesignana - sotto questo aspetto - di Verucchio in età villanoviana. In ambito peninsulare, all'inizio del Bronzo Finale, è per la prima volta presente una consistente attività metallurgica che assumerà nel corso di circa tre secoli caratteristiche sempre più peculiari e distintive di cerchie metallurgiche regionali. Che ciò avvenga soprattutto nell'ambito della Etruria Mineraria è indice del sistematico sfruttamento delle risorse minerarie della Toscana a partire da questa fase.”

Secondo la Bietti-Sestieri⁹¹, è con Frattesina che l'approvvigionamento dei minerali nell'Italia del Nord-Est che, prima del Bronzo Finale era completamente proveniente dalle miniere alpine, si sposta in direzione dell'Etruria Mineraria. Già Pearce⁹² aveva suggerito che fra le cause principali di questo spostamento sia stata la difficoltà di far fronte a una domanda crescente non dipendente dalla stagionalità sia il fatto che l'Etruria Mineraria, oltre al rame, poteva fornire anche lo stagno. Circa lo stagno si leggono purtroppo ancora affermazioni come questa: “*There are some reports of tin ores in Tuscany, but no indication of prehistoric exploitation.*”⁹³ e anche “*Tin ores are also present on Sardinia but it is not confirmed that they were exploited in the prehistoric times*”. Alle quali occorre rispondere:

1. Considerato che tutte le miniere toscane sono state sfruttate dal medioevo (e molte dall'Eneolitico o almeno dall'EBA) fino ai giorni nostri, con integrale distruzione delle vecchie escavazioni⁹⁴, la frase “*no indication of prehistoric exploitation*” corrisponde al vero ma al contempo è priva di un reale significato sia esso archeometallurgico o no.
2. La differenza fra le miniere di stagno della Toscana⁹⁵ e quelle della Sardegna è nella quantità e nella qualità:
 - a) la quantità di stagno metallico scavato in antico (prima del medioevo) solo nelle miniere di Monte Valerio⁹⁶ è accertata essere di almeno 3.400 tonnellate⁹⁷;
 - b) lo stagno della Sardegna non era sfruttabile in antico, a causa della bassa percentuale nella roccia visibile solo al microscopio⁹⁸, mentre il contenuto medio di cassiterite nella roccia

⁹¹ A. M. Bietti-Sestieri “L'Italia nell'età del bronzo e del ferro” - Carocci editore - 2010

⁹² M. Pearce - “Bright Blades and Red Metals. Essays on North Italian Prehistoric Metal work” - London - 2007

⁹³ Ling et alii (2014) cit.; M. R. Jones (2007)

⁹⁴ Cfr. Giardino : “Ricostruire gli antichi paesaggi minerari è impresa assai ardua. Lo sfruttamento delle risorse del sottosuolo finalizzato a ricavarne il massimo vantaggio ha spesso condotto con il perpetuarsi plurisecolare dei lavori, soprattutto dopo l'avvento delle tecnologie di scavo moderne, allo sconvolgimento dell'ambiente e all'obliterazione pressoché completa delle evidenze connesse alle più antiche attività estrattive, con la scomparsa talora di intere porzioni di territorio” in Paesaggi minerari dell'Etruria pre-protostorica – Preistoria e protostoria in Etruria - Centro Studi di Preistoria e Protostoria - 2008

⁹⁵ Cfr. Giardino (2008): “*L'Etruria settentrionale possiede anche i principali depositi stanniferi del Mediterraneo centrale, localizzati nell'area di Monte Valerio e Monte Rombolo, nel comune di Campiglia Marittima.*”

⁹⁶ Non tenendo conto delle miniere di Monte Rombolo, anch'esse scavate in antico.

⁹⁷ Cfr. A. Pampaloni - “Lo stagno del Campigliese: 4.000 anni di uso”

⁹⁸ Cfr. Valera e Valera (2005) e anche N. H. Gale (2006) che afferma riportando il Valera citato: “*confirm our own observations that there is no source of lead containing tin in Sardinia available in the Bronze Age, and indeed that the tin occurrences*

della miniera di Cento Camerelle era dello 85%⁹⁹, con un contenuto di stagno metallico pari al 66% del materiale estratto, quindi di qualità eccezionale¹⁰⁰.

Frattesina: il più importante snodo commerciale nel Bronzo Finale

Frattesina è stato un villaggio a vocazione industriale e commerciale di oltre 20 ettari nato nel XIII secolo a.C. e che ebbe la massima fioritura nei due secoli successivi. A parte le due necropoli di Narde e Fondo Zanotto, vanno menzionati gli altri due siti vicini e cioè Montagnana, che però è del Primo Ferro e Campestrin che invece risale alla prima fase di Frattesina e cioè al XIII secolo ed è un sito interamente dedicato alla lavorazione dell'ambra¹⁰¹.

A. M. Bietti-Sestieri (2001): *“Il maggior elemento d'interesse di questo complesso consiste nelle caratteristiche del tutto eccezionali della sua economia: si tratta infatti di un vero e proprio centro industriale, nel quale si producevano su larga scala oggetti di pasta vitrea, osso e corno di cervo, avorio, bronzo e altri metalli, forse ambra. Alcune delle attività artigianali che si svolgevano nell'abitato, e dei materiali che vi si rinvenivano con minore frequenza, indicano collegamenti sistematici transmarini, probabilmente con l'area del Mediterraneo Orientale. La lavorazione dell'avorio di elefante avveniva certamente sul posto, come è indicato dall'abbondanza di oggetti finiti e di scarti di lavorazione... Collegamenti a lunga distanza con tutto il territorio italiano e con le isole maggiori sono indicati dalla vasta distribuzione di alcuni dei principali tipi noti a Frattesina (perle di pasta vitrea e ambra, pettini di avorio) in numerosi complessi contemporanei; inoltre, la produzione metallurgica mostra uno stretto rapporto con la zona metallifera dell'Etruria. L'insieme delle caratteristiche del complesso di Frattesina indica un suo ruolo specifico, finora senza confronti, nel quadro della produzione artigianale e dello scambio in Italia fra la tarda età del bronzo e gli inizi dell'età del ferro.”*

Bellintani (2011): *“...la distribuzione delle perle di vetro “tipo frattesina”, infatti, sembra rimarcare ed ampliare, soprattutto verso nord, percorsi già attivi nella fase finale della facies palafitticolo-terramaricola e legati probabilmente allo scambio del rame alpino e all'approvvigionamento dell'ambra baltica.”*

Negroni Catacchio (2014): *“Occorre sottolineare una volta di più l'importanza dell'area alto-adriatica come punto di arrivo della via dell'ambra, prima attraverso probabilmente il passo del Resia e la valle dell'Adige e nel Bronzo Finale attraverso probabilmente il passo del Tarvisio e il corso dell'Isonzo. Qui, prima a Campestrin e poi a Frattesina, le ambre venivano inviate da una parte verso la penisola italiana e le isole tirreniche (Elba, Sardegna, Lipari) e dall'altra verso l'Adriatico, i Balcani ed il Mediterraneo Orientale”.*

A Frattesina vengono realizzati i pani a piccone e tutte le altre forme in dipendenza delle preferenze dei destinatari, quali i lingotti a barra e quelli a lingua¹⁰². Fra i reperti in nostro possesso che sono stati analizzati, nonostante casi attesi c'è anche qualche sorpresa. Lo stesso si può dire dei pani a piccone: la maggioranza è alligata con stagno, a diverse percentuali¹⁰³, ma ci sono pure eccezioni.

La stragrande maggioranza dei bronzi trovati a Frattesina e appartenenti all'ultimo periodo del Bronzo

in Sardinia are mostly mineralogical occurrences only, with the only hypothetical possibility, though very weak, of a Sardinian tin beneficiation being offered by an eventual small “placer” from the Perdu Cara mineralisation”. L'area mineraria di Perdu Cara è stata oggetto nel XX secolo di ricerche per diversi minerali fra i quali la cassiterite. Tutte le ricerche diedero esito negativo.

⁹⁹ Numerose analisi effettuate alla fine dello '800 da Simonin e Blanchard su quello che rimaneva delle antiche coltivazioni.

¹⁰⁰ A titolo di curiosità si riporta che nel XIX-XX secolo sono state estratte in Italia ca. 1.604 tonnellate di stagno e tutte dalle miniere del campigliese. Nessun'altra miniera in Italia ha prodotto stagno nel periodo indicato, nonostante la forte richiesta soprattutto nel periodo precedente la seconda guerra mondiale.

¹⁰¹ A Campestrin sono stati trovati molti vaghi tipo Tirinto in lavorazione e *“indica non solo la lavorazione locale in modo inequivoco, ma rende ancor più probabile l'origine nord italiana di questa tipologia.”* (Bellintani - 2010)

¹⁰² Cfr. D. Girelli (2009)

¹⁰³ Sono stati trovati pani a piccone con percentuale di stagno del 5%, cioè bassa. Potrebbe trattarsi di destinazione per usi più semplice (martelli e mazzuoli) oppure per particolari clienti (locali o remoti).

Finale (XI secolo a.C.) e in contesti che possiamo indicare come contigui o in relazione, mostra un elevato tenore di stagno, molto superiore ai bronzi di altre aree d'Italia non correlate con la cultura protovillanoviana. Il che significa che i protovillanoviani avevano a disposizione considerevoli quantità di stagno.

Nel Bronzo Finale, così come nel Bronzo Recente, lo stagno del Campigliese era l'unico disponibile nel Mediterraneo. Non lo sarebbe stato ancora per molto. Presto, molto presto sarebbe arrivato lo stagno dalla penisola iberica. Per quello dalla Cornovaglia invece doveva passare ancora del tempo e molto di più per quello dall'Erzgebirge^{104 105}.

Nel passato molti autori hanno affermato che lo stagno del Mediterraneo, nel periodo Bronzo-Medio/Bronzo Recente proveniva dall'Afghanistan¹⁰⁶, dalla Cornovaglia, dalla penisola Iberica etc. In verità oggi sappiamo che lo stagno delle miniere della Cornovaglia pare sia stato estratto in quantità solo a partire dal I secolo EV; che lo stagno dalla penisola iberica e dalla Bretagna abbia varcato i confini locali solo a partire dal Bronzo Finale e infine che molti supposti giacimenti teoricamente utilizzabili non potessero esserlo a causa della bassa percentuale di cassiterite nella roccia¹⁰⁷.

Non sappiamo per quale preciso motivo gli abitanti di Frattesina si rivolgessero all'Etruria Mineraria e se realmente lo facessero¹⁰⁸. Se per motivi di copertura non solo stagionale¹⁰⁹ del rame, se per il fatto che insieme al rame ricevevano anche lo stagno, oppure per il fatto che condividevano all'incirca la stessa cultura materiale oppure ancora, come ipotizza la stessa Bietti-Sestieri¹¹⁰, per il fatto che parlassero la stessa lingua.

Ma quali potevano essere le forme usate per il trasporto, soprattutto quello a lunga distanza? Che significato possiamo dare alle panelle (*plano-convex ingots*), ai pani a piccone (*pick-ingots*), alle palette (*socketed shovels*) e alle asce?

Nel passato alcuni studiosi¹¹¹ hanno supposto che i pani a piccone fossero oggetti destinati al commercio e realizzati nei siti di smistamento a partire dalle panelle che invece erano fuse presso la miniera. Questo almeno a Frattesina¹¹² dove coesistono tutte le tipologie di oggetti supposti per il commercio e la produzione dei bronzi.

Dall'Etruria mineraria partono verso Frattesina¹¹³ sicuramente le panelle di rame e quelle di stagno. Non possiamo dire di più: né se partissero anche i pani a piccone, e nulla possiamo dire sulle palette strumento indispensabile per l'attività metallurgica¹¹⁴ e sulle asce, ancorché di lunga tradizione centro-

¹⁰⁴ G. Rapp (2009): "The first direct evidence for mining in the Erzgebirge dates to the close of the 12th century. Penhallurick (1986) addresses the question by stating, '...but tin mining there must have been in the Erzgebirge during the Bronze Age, for without it, the achievements of Europeans metallurgist before the discovery of Cornish ores cannot be explained'"

¹⁰⁵ Cfr. E. Niederschlag, E. Pernicka, T. Seifert, M. Bartelheim - 2002.

¹⁰⁶ Cfr. Cleuziou-Berthoud (1982), ma con poche certezze riguardo allo stagno. Anche indagini più recenti (bacino del Sistan) indicano stagno solo in ppm.

¹⁰⁷ Come in molti depositi minerari dell'Anatolia ed in tutti quelli della Sardegna. Cfr. Valera: "cassiterite is finely intergrown with major zinc and lead sulfides, and it is only visible under the microscope" (2005).

¹⁰⁸ Cfr. Leonardi (2013)

¹⁰⁹ Cfr. A. M. Bietti Sestieri (2010) pag. 35 e A. De Guio (2012)

¹¹⁰ Ibidem A. M. Bietti Sestieri

¹¹¹ Cfr. Borgna, Turk e anche Pernicka che non trova la proposta insensata. Cfr. anche F. Cattin e M. Villa (2014)

¹¹² A Frattesina sono state ritrovate oltre 70 matrici per fusione (Cfr. Le Fevre 1992 - Bellintani 2008)

¹¹³ Chi scrive non è sicuro del fatto dato per assodato dal Pearce e anche dalla Bietti-Sestieri. Non ci dimentichiamo del fatto che Pearce ha completamente errato (forse abbagliato dal mito Bell-Beaker) nell'indicare la direzione dell'introduzione della metallurgia in Italia. Ma la Bietti-Sestieri difficilmente si sbaglia. Servono comunque verifiche che solo nuovi ritrovamenti o anche indagini archeometallurgiche estese su tutto quello che abbiamo, per confermare l'ipotesi.

¹¹⁴ Concordo con A. M. Bietti Sestieri circa la funzione primaria delle palette che è quella di fungere da raschiatoi. Aggiungo anche che, oltre all'ovvia e palese funzione di accessorio del focolare, erano dei raschiatoi destinati a usi

tirrenica. In ogni caso i pani a piccone, le palette¹¹⁵ e le asce tipo Ponte S. Giovanni vengono indubabilmente prodotte a Frattesina¹¹⁶.

Non abbiamo dettagli circa la composizione chimica di tutte le pannelle ritrovate. I lavori sono parziali, cioè fanno riferimento a uno o più ripostigli. Non avendo una visione onnicomprensiva non sappiamo se fossero tutte di rame, accompagnate quindi da altre pannelle di stagno. Infatti vi sono anche delle eccezioni: due pannelle da Madriolo, ad esempio contengono alte percentuali di stagno¹¹⁷.

Certamente tutte di bronzo sono le asce e le palette, come risulta dalle analisi. Che ci dicono anche che la percentuale di stagno nel bronzo è maggiore sulla direttrice che da Frattesina va verso Nord che non in quella Est.¹¹⁸ Non sappiamo se ciò sia dovuto a motivi puramente estetici, oppure ai rapporti più stretti che vi dovevano essere fra i protovillanoviani e i retici¹¹⁹.

Guardando ai reperti in maggior percentuale e trascurando per il momento le eccezioni, pare quindi ragionevole pensare che i pani a piccone in bronzo *“represent a second step of ingots production, in which copper of plano-convex ingots was cast into pick-ingots”*¹²⁰.

Qualora ciò corrisponda alla realtà e potrebbe esserlo almeno per la maggioranza delle situazioni, non possiamo quindi escludere il fatto che più pannelle siano servite per realizzare un pane a piccone. E con ogni probabilità può essere accaduto che pannelle provenienti da più campi minerari abbiano contribuito alla fusione di un pane a piccone.

Il che ci porta a concludere che, con ogni probabilità, almeno per quanto riguarda l'orizzonte del Bronzo Finale, l'uso della tecnica LIA debba essere usata con molta cautela, perché potrebbe essere pericolosamente fuorviante.

diversi ma principalmente per i bracieri e i crogioli cioè servivano a togliere tutti i residui della combustione e della fusione. Il fatto che vi sia un consumo asimmetrico, cosa improbabile se fosse stata usata solo per il focolare, è forse dovuto alla forza necessaria per raschiare: un destrorso nell'uso della paletta fa più leva sul lato sinistro della stessa, mentre un mancino fa l'opposto. Sarebbe utile confrontare nei pochi reperti integri in nostro possesso, laddove cioè sia possibile leggere l'usura (17 secondo l'elenco del Bellintani cit.), se la percentuale di usure fra i due lati può essere compatibile con quella della popolazione (tipicamente 90%-10%).

¹¹⁵ Matrice di stampo per palette del tipo “Fondo Paviani” (FP) trovata a Frattesina. La tipologia è la più antica (inizi XI secolo), quindi è probabile che a Frattesina prima si producessero localmente le FP, poi a partire dalla fine del secolo si importassero anche dall'Etruria le tipo “fra Manciano e Semprugnano” (MS). La diffusione di tale tipologia di manufatti è stata illustrata in figura. Le palette MS trovate in Etruria hanno un contenuto di stagno del 15%.

¹¹⁶ Dall'analisi chimica delle palette (Cfr. Zaghis -2005) risulta un'ampia variabilità nella composizione delle palette MS dei ripostigli di Frattesina. Se 2/3 delle palette analizzate appare di rame con tenore di stagno variabile fra il 6% ed il 12% (e con media del 9,85%), tuttavia vi sono alcuni campioni nei quali lo stagno è quasi assente, il rame molto basso (20-26%) e la lega risulta composta prevalentemente da Ni (18-19%), As (16%), Sb (23-27%) e Pb (3-9%).

¹¹⁷ Fra il 12 e il 15%.

¹¹⁸ Cfr. Giunlia-Mair (2009)

¹¹⁹ Cfr. A. Pampaloni: “Sull'antica Lupatia” - (2014)

¹²⁰ Borgna e Turk (1996) citato da Jung, Mehofer, Pernicka (2011)

Conclusioni

Quando si parla di protostoria, poche sono le certezze e molti invece i dubbi. In questo caso, grazie all'approccio archeometallurgico, abbiamo non poche certezze. Fra queste:

1. In merito alla tecnica LIA:

- a) È da auspicarsi che venga usata facendo riferimento a una Base di Dati sia completa geograficamente sia esaustiva per quanto riguarda il rapporto degli isotopi del rame e delle analisi chimiche dei componenti, comprese le terre rare;
- b) Effettuare indagini, senza possedere le informazioni indispensabile allo scopo come quelle relative alle firme isotopiche delle miniere subalpine¹²¹, significa:
 - I. nel caso di Jung, Mehofer, Pernicka (2011) non giungere a conclusioni perché gli autori si sono resi conto del problema;
 - II. nel caso di Ling et alii (2014) dare conclusioni affrettate dato che molte miniere spagnole e sarde (indicate come sorgenti di metalli) hanno firme isotopiche molto prossime a quelle delle miniere dell'arco subalpino. Non ci dimentichiamo che, almeno nel Bronzo Finale, il *central-place* per gli scambi sia di metalli che di ambre fra il Nord-Europa e il Mediterraneo era Frattesina, luogo prossimo all'arco subalpino.

2. In merito allo stagno:

- a) Per tutto il periodo fra il Bronzo Medio e il Bronzo Recente (1.700-1.200 a.C.) l'unica fonte di stagno realmente fruibile nel Mediterraneo centrale¹²² erano le mineralizzazioni del Campgliese e di Monte Cer in Serbia¹²³;
- b) Usare la tecnica LIA sullo stagno non mi pare corretto. Molte mineralizzazioni di cassiterite non contengono piombo nemmeno in ppm¹²⁴. L'unica tecnica possibile è quelle degli isotopi dello stagno¹²⁵.

3. In merito all'ambra:

- a) L'ambra del Baltico (succinite) arriva nel Nord-Italia¹²⁶ alla fine dell'EBA (ca. 1.800 a.C.) e attraverso il "corridoio adriatico" raggiunge nel MBA la Puglia nonché le coste ioniche e successivamente è presente in tutta la penisola¹²⁷, raggiungendo la Sardegna solo nel Bronzo Finale.¹²⁸ Elemento questo che contribuisce a far crescere i dubbi sulla proposta del Ling (2014) ripresa poi dallo Earle (2015) caratterizzata quest'ultima anche dall'uso di riferimenti datati in un campo come l'archeometallurgia che richiede invece dati molto

¹²¹ Come fa osservare Bellintani (2014): "*no attention has been paid to the ore outcrops located on the southern side of the Central and Eastern Alps, especially those from Trentino*"

¹²² Dice la Wiman a proposito della miniera di Cento Camerelle: "*The mineral deposits were among the wealthiest in the whole of the Mediterranean*". Cfr. I. M. B. Wiman - "Etruscan Environments" in *The Etruscan World* a cura di J. MacIntosh Turfa - Routledge - 2013

¹²³ Huska (2014)

¹²⁴ Nelle analisi del "*tout venant*" estratto dalle miniere di Monte Valerio (Cento Camerelle e Cavina) non appaiono tracce di piombo; mentre in quelle di Monte Rombolo-Campo alle Buche la cassiterite appare rossa perché mista ad arseniati di piombo e a sesquiossidi di ferro.

¹²⁵ Cfr. Hausteijn (2010)

¹²⁶ Cfr. Bellintani (2005, 2010)

¹²⁷ Da Bellintani (2005): "*Within the eastern Alps, the Adige Valley is interesting because it shows a good concentration of amber finds in the MBA and because of the strategic importance of this ancient trade route in the Alpine region. All amber samples from the area are succinite, pointing to the fact that the valley, which is related to the Resia and Brennero Alpine passes, represented a preferential access route for the trade of Baltic amber in the Italian peninsula.*"

¹²⁸ In realtà le prime ambre compaiono in Sardegna nel Bronzo Recente (Bellintani 2009) ma sono chiaramente di provenienza nord-italiana sia perché associate a materiale vetroso, prevalentemente *faïence* sia perché la forma ricorda quella di vaghi biconici di forma allungata relativamente frequenti nel Bronzo recente terramaricolo.

aggiornati e completi¹²⁹.

- b) Almeno alla fine del bronzo recente e nel finale, l'ambra grezza arriva nel Nord Italia e viene lavorata a Campestrin. E' quindi altamente probabile, per non dire certo, che l'ambra grezza sia stata scambiata con metallo grezzo di provenienza alpina o toscana od una combinazione delle due. Anche questo è un fattore che affonda definitivamente le ipotesi del Ling (2014) e dello Earle (2015).
- c) Le ipotesi più probabili, basate su numerosi elementi, prefigurano strade diverse per l'ambra a seconda del periodo:
 - 1. BM: Scandinavia → Tirolo → Nord Italia → Corridoio Adriatico → Mediterraneo Orientale.
 - 2. BR e BF: Scandinavia → Austria → Nord Italia (Frattesina BF) quindi:
 - I. Italia centrale tirrenica → Sardegna → Mediterraneo Occidentale
 - II. Corridoio Adriatico → Mediterraneo Orientale

Fra i dubbi e le perplessità:

- A. Non sappiamo se le fonti di metallo a Frattesina siano state le miniere dell'Etruria Mineraria o quelle dell'arco subalpino o una combinazione delle due. Mancano analisi comparative di dettaglio su tutti i reperti a nostra disposizione per poter ipotizzare alcunché.
- B. Tali analisi potranno consentire anche di verificare il processo di produzione. Se cioè dalle panelle venissero prodotti i pani a piccone. In tal caso temo che la tecnica LIA non sia più applicabile e vale quanto detto da Pernicka: *"Today we realize that mixing of metals from different sources destroys the information of provenance of each component completely"*¹³⁰
- C. L'ottimale Base di Dati per una corretta e completa analisi LIA, oltre ad assicurare la copertura geografica del territorio ed a essere corredata delle altre informazioni come indicato nel testo, dovrebbe essere più precisa per quanto riguarda la quantità e l'esatta localizzazione dei punti di prelievo per una più esatta attinenza alle possibili diverse mineralizzazioni.
- D. Pare ovvio che la tecnica LIA vada a ricercare il piombo, ma viene usata principalmente per il rame. Prelevare i campioni quindi da un'area ricca di piombo ma priva di rame è un nonsenso. Credere inoltre che la firma LIA sia sempre significativa e in modo assoluto per un determinato giacimento è un'affermazione rischiosa che può portare a risultati inattesi. Può accadere infatti che all'interno di un giacimento vi siano, come corpi estranei, delle mineralizzazioni che hanno subito una diversa paragenesi e quindi sono passibili di avere firme LIA differenti dalla mineralizzazione principale.
- E. Condivido il dubbio del Bellintani (2009-2012) circa la Sardegna: *"per quanto riguarda il BF, appare singolare l'assenza dei vetri ad alcali misti, tipici dell'Italia nord-orientale e presenti in molti contesti della penisola, a fronte della massiccia attestazione di ambre di tipologie di chiara derivazione peninsulare"*.
- F. Per quanto riguarda i rapporti fra l'Italia continentale e la Scandinavia non abbiamo indizi certi di uno scambio bidirezionale nel Bronzo Finale. Poco tempo dopo invece, le coppe villanoviane tipo *Stillfried-Hostomice*, vengono trovate nel sud della Svezia¹³¹.

¹²⁹ Non ho proprio capito lo Earle (2015). Cominciando dal rame della Sardegna indicato come risorsa esportata laddove mai è stato dimostrato che sia uscito dall'isola al contrario di quello dell'Etruria Mineraria nemmeno menzionato(!); il continuo ricorso alle ipotesi del Ling (2014) che in realtà non sono un punto di partenza, ma dovrebbero costituire quello che è da dimostrare.

¹³⁰ Cfr. Pernicka (2014) con le eccezioni citate di seguito dall'autore.

¹³¹ Cfr. A. Nijboer (2010)

Bibliografia¹³²

Geologia e Mineralogia

1. G. Targioni Tozzetti - "Relazioni d'alcuni viaggi Fatti in diverse Parti della Toscana, per osservare le Produzioni Naturali e gli Antichi Monumenti di essa" Tomo Sesto – Firenze: Stamperia Imperiale - 1754
2. A. D'Achiardi - "Mineralogia della Toscana" - 2 volumi – Pisa - 1875
3. G. Badii - "Le antiche miniere del massetano" - *Studi Etruschi*, v - 1931
4. G. Ferrara, S. Tonarini - "Radiometric geochronology in Tuscany. Results and problems" - Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia - Vol. 40 - 1985
5. A. Zifferero - "Miniere e metallurgia estrattiva in Etruria meridionale: per una lettura critica di alcuni dati archeologici e minerari" - Studi Etruschi LVII – 1991
6. AA.VV. - "Inventario del patrimonio Minerario e Mineralogico in Toscana - Aspetti naturalistici e storico archeologici" - Dipartimento Ambiente - Regione Toscana - 1991
7. AA.VV. - "Colline Metallifere: Inventario del patrimonio Minerario e Mineralogico - Aspetti naturalistici e storico archeologici" - Dipartimento Ambiente - Regione Toscana – 1995
8. P. Orlandi - "Siti di interesse minerario e mineralogico della Provincia di Pisa" in Piano territoriale di Coordinamento del 27 Luglio 2006 – Provincia di Pisa
9. C. Ciccarelli, S. Fenoaltea - "La produzione industriale delle regioni d'Italia, 1861-1913: una ricostruzione quantitativa 1. Le industrie non manifatturiere" - Banca d'Italia -2010
10. A. Da Mommio et alii - "Valorizzazione del geosito 'sezione Coquand', miniera del Temperino (parco Archeominerario San Silvestro- Campiglia Marittima)" - Atti Soc. tosc. Sci. nat., Mem., Serie A, 115 – 2010
11. AA. VV. - "Inventario dei siti minerari della regione Toscana" - Lamma-CNR- 2011
12. G. Vanagolli - "Miniere e ferro dell'isola d'Elba" - Le opere ed i giorni – 2012
13. L. Casagrande et alii - "Paesaggi minerari del Trentino" - SAP Società Archeologica - 2013
14. M. Benvenuti et alii - "Studying the Colline Metallifere mining area in Tuscany: an interdisciplinary approach" - in Research and Preservation of ancient mining areas – Yearbook of Institute of Europa Subterranea – 2014
15. A. Huska et alii - "Placer Tin Ores from Mt. Cer, West Serbia, and Their Potential Exploitation during the Bronze Age" - *Geoarchaeology: An International Journal* **29** (2014) - Copyright C 2014 Wiley Periodicals, Inc.

Archeometria

16. N. Campana, Z. Stos-Gale et alii - «Miniere e metallurgia in Liguria fra IV millennio e IV secolo B.C.» - All'insegna del Giglio - Firenze - 1996
17. G. Cascone, A. Casini - «Pre-industrial Mining Techniques in the Mountains of Campiglia Marittima (Livorno)» - Craft Specialization: Operational Sequences and Beyond, Papers from EAA Third Annual Meeting at Ravenna 199, Volume IV, BAR International Series 720 - 1998
18. E. Pernicka - «Trace elements fingerprint of ancient Copper: A guide to Technology or Provenance?» in *Metals in Antiquity* - BAR International Series 792 - 1999
19. N. Benvenuti et alii - «Iron, copper and tin at Baratti (Populonia): smelting processes and metal provenances» - *Historical Metallurgy* - 2000
20. E. Niederschlag et alii - «Early Bronze Age tin and copper production in the Erzgebirge?» - 33rd International Symposium on Archeometry - 2002
21. L. Vigliotti et alii - «Etruscan archaeometallurgy record in sediments from the Northern Tyrrhenian Sea» - *Journal of Archaeological Science* - Vol. 30 - July 2003
22. E. Pernicka - «Archeometallurgy: Examples of the application of scientific methods to the provenance of archeological metal objects.» In: M. Martini, M. Milazzo, M. Piacentini (eds) *Physics methods in archaeometry*. SIF, Bologna and IOS Press - Oxford - 2004
23. M. J. Baxter, S. Porcinai et alii - «Clustering with KDEs: Art Historical and Archaeological applications» -

¹³² Mi scuseranno gli archeologi se ho usato un metodo per loro inusuale nell'elencare i riferimenti bibliografici. Questi, anziché in ordine alfabetico, sono prima suddivisi per area di pertinenza, quindi elencati in ordine temporale.

- Computer Applications in Archaeology proceedings (CAA99) - 2004
24. R. G. Valera, P. G. Valera, A. Rivoldini - «Sardinian ore deposits and metals in the Bronze Age» In: *Archaeometallurgy in Sardinia* (F. Lo Schiavo, A. Giunlia-Mair, R. Valera, U. Sanna eds.), Monographies Instrumentum 30 - Éditions Monique Mergoil - Montagnac - 2005
 25. N. H. Gale - «Lead Isotopes studies - Sardinia and the Mediterranean Provenance studies of artefacts found in Sardinia» in *Archaeometallurgy in Sardinia - Instrumentum 23* - 2006
 26. F. Colpani, G. Artioli et alii - «Il rapporto isotopico $^{63}\text{Cu}/^{65}\text{Cu}$ nelle mineralizzazioni cuprifere: applicabilità come tracciante del rame protostorico» - IV Congresso Nazionale di Archeometria -Pisa - Febbraio 2006
 27. N. Nefazati, E. Pernicka, M. Momenzadeh - «Ancient tin: Old question and a new answer» - *Antiquity* Vol 80 No 308 June 2006
 28. E. Buresta et alii - «Indagini archeometallurgiche su reperti preistorici della Val di Chiana: lo sfruttamento dei giacimenti toscani nelle prime fasi dell'età dei metalli» - *Rivista di Scienze preistoriche* - LVI - 2006
 29. F. Cattin et alii - «The Swiss Alps as a copper supply for Early Bronze Age Metallurgy? A Lead Isotope Analysis» - International Conference on archaeometallurgy in Europe - Ed.: Associazione Italiana di Metallurgia -2007
 30. Artioli, G., Angelini, I., Burger, D., Bougarit, E., & Colpani, F. - «Petrographic and chemical investigations of the earliest copper smelting slags in Italy: Towards a reconstruction of the beginning of copper metallurgy.» In *Archaeometallurgy in Europe* - 2007
 31. Bulgarelli, M. G., & Giunlia-Mair, A. . «Un anellino metallico dal sito Neo-Eneolitico di Poggio Olivastro (Canino, Viterbo)». In P. Petitti & F. Rossi (Eds.), *Aes: Metalli Preistorici dalla Tuscia* (pp. 12-13). Valentano: Museo della Preistoria della Tuscia. - 2008
 32. Zofia Stos-Gale, Noel Gale - «Metal provenancing using isotopes and the Oxford archaeological lead isotopes database (OXALID)» - *Archaeol Anthropol Sci* - 2009
 33. M. Marelli, G. Artioli et alii - «Improving the quality of $^{63}\text{Cu}/^{65}\text{Cu}$ ratio determination by ICP-QMS through a careful evaluation of instrumental performances» - *J. Anal. At. Spectrom.* - 2010 - 25
 34. M. Haustein, C. Gillis, E. Pernicka - «Tin-isotopy: a new method for solving old questions» - *Archaeometry*, 52 - 2010
 35. C. Giardino, D. Steiniger - «Evidenze di miniere preistoriche nell'Etruria meridionale» - *Archeometallurgia: dalla conoscenza alla fruizione* - Edipuglia - 2011
 36. I. Giunti - «Geochemical and Isotopic Tracers in Copper deposits and ancient artifacts: A Database for provenance» - tesi di dottorato della Scuola di Dottorato in Scienze della terra dell'Università di Padova - 2011
 37. F. Cattin et alii - «Provenance of Early Bronze Age Metal Artefacts in Western Switzerland Using Elemental and Lead Isotopic Compositions and their Possible Relation with Copper Minerals of the Nearby Valais» - *Journal of Archaeological Science* – 2011
 38. P. Petitti et alii - «Reperti metallici dalla necropoli della Selvicciola (Ischia di castro - VT)» - XLIII Riunione Scientifica - *L'età del rame in Italia* - Firenze - Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria - 2011
 39. A. A. Meharg et alii - «First comprehensive peat depositional records for tin, lead and copper associated with the antiquity of Europe's largest cassiterite deposits» - *Journal of Archaeological Science* 39 – 2012
 40. J. Ling et alii - «Moving metals or indigenous mining? Provenancing Scandinavian Bronze Age artefacts by lead isotopes and trace elements» - *Journal of Archaeological Science* - 2012
 41. D. Nickel et alii: «Identification of forgeries by measuring tin isotopes in corroded bronze objects» - *Archaeometry* vol. 54 - 2012
 42. A. Meharg - «Bogged down in history» - *Planet Earth* - Summer 2012
 43. L. Perrucchetti et alii - «Physical Barriers, Cultural Connections: Ancient Metallurgy Across the Alpine Region» - 40th International Symposium on Archaeometry - 2014
 44. L. Molofsky - «A novel approach to lead isotope provenance studies of tin and bronze: applications to South African, Botswanan and Romanian artefacts» - *Journal of Archaeological Science* - 2014
 45. M. Villa, F. Cattin et alii - «Elemental and Lead Isotopic Data of Copper Finds from the Singen Cemetery, Germany - a Methodological Approach to Investigate Early Bronze Age Trade Networks» - 40th International Symposium on Archaeometry - 2014
 46. G. Gruppe - «Transalpine mobility and culture transfer from the Urnfield Culture into Roman times: Isotopic mapping of a Central European Alpine passage» - 40th International Symposium on Archaeometry - 2014

47. G. Artioli et alii - «Prehistoric copper metallurgy in the Italian Eastern Alps: recent results» - *Historical Metallurgy* 47(1) -2014
48. J. Ling et alii - “Moving metals II: provenancing Scandinavian Bronze Age artefacts by lead isotope and elemental analyses”- *Journal of Archaeological Science* 41 - 2014
49. E. Pernicka - «A short History of Provenance Analysis of Archaeological Metal Objects» in B.W. Roberts, C. P. Thornton (eds.), *Archaeometallurgy in Global Perspective* - © Springer Science+Business Media NewYork - 2014
50. Milan Farský - «View of artefacts from the Bronze and iron Age in the Ore Mountains in areas where was panning tin ore from topographical and geological perspective. The problem of Mediterranean tin.» - www.academia.edu - 2014
51. L. Perrucchetti et alii - «Physical Barriers, Cultural Connections: Ancient Metallurgy Across the Alpine Region» - 40th International Symposium on Archaeometry - 2014
52. M. Villa, F. Cattin et alii - «Elemental and Lead Isotopic Data of Copper Finds from the Singen Cemetery, Germany - a Methodological Approach to Investigate Early Bronze Age Trade Networks» - 40th International Symposium on Archaeometry - 2014
53. G. Gruppe - «Transalpine mobility and culture transfer from the Urnfield Culture into Roman times: Isotopic mapping of a Central European Alpine passage» - 40th International Symposium on Archaeometry - 2014
54. K. A. Yener et alii - «New tin mines and production sites near Kultepe in Turkey: a third-millennium BC highland production model» - Antiquity Publications Ltd - 2015
55. A. Addis, G. Artioli et alii - «LBA copper smelting slags from Luserna (Trentino, Italy): Interpretation of the metallurgical Process»- *Archaeometry* - 2015
56. J. Garner - «Bronze Age tin mines in central Asia» - in *Archaeometallurgy in Europe III* - Bochum – 2015
57. T. Earle, J. Ling, Z. Stos-Gale et alii - «The Political Economy and Metal Trade in Bronze Age Europe: Understanding Regional Variability in Terms of Comparative Advantages and Articulations» - *European Journal of Archaeology* – 2015
58. E. Nielsen - «A Late Bronze-Age tin ingot from Sursee-Gammainseli (Kt. Luzern)» - *ARCHÄOLOGISCHES KORRESPONDENZBLATT* - NOVEMBER 2015
59. A. Dolfini, C. Giardino -«L'archeometallurgia preistorica nel Mediterraneo centrale. Bilanci e programmi agli inizi del XXI secolo» - *Studi di antichità* 13 - Congedo Editore - 2015
60. G. Artioli, I. Angelini, et alii - «Ceramiche tecniche, scorie, minerali e metalli: interpretazione del processo metallurgico». In Fedeli F, Galiberti A, editors. *Metalli e metallurghi della preistoria. L'insediamento eneolitico di San Carlo-Cava Solvay, Pontedera* - Tagete Edizioni - 2016
61. G. Bruggmann, D. Berger, E. Pernicka - «Determination of the Tin Stable Isotopic Composition in Tin-bearing Metals and Minerals by MC-ICP-MS» - *Geostandards and Geoanalytical Research* – 2017
62. G. Artioli, I. Angelini et alii - «Long-distance connections in the Copper Age: New evidence from the Alpine Iceman's copper axe» - *PLOS ONE* Published: July 5, 2017

Archeologia

63. B. M. Aranguren, P. Perazzi, P. Rendini, “Isola del Giglio: testimonianze dal Castellare del Campese”, *Rassegna di Archeologia* 10 (1991-92)
64. F. Fedeli - “Scavo di un insediamento eneolitico nel distretto minerario del Campigliese” - *Preistoria e Protostoria in Etruria*. In *Atti del II Incontro di Studi* - Centro Studi di Preistoria e Archeologia - Milano - 1995
65. A. Zanini - “Rapporti tra Veneto ed area medio-tirrenica nel bronzo finale. Nuovi contributi per la definizione del problema” - *Atti del XX convegno di studi etruschi ed italici* - ed. Istituti Editoriali e Poligrafici Internazionali - Pisa, Roma - 1999
66. A. J. Nijboer, J. van der Plicht, A. M. Bietti Sestieri and A. De Santis - "A High Chronology for the Early Iron Age in Central Italy," - *Palaeohistoria* 41/42 - 1999/2000
67. D. Ridgway, F. R. Serra Ridgway, M. Pearce, E. Herring, R. D. Whitehouse, J. B. Wilkins - “Ancient Italy in its Mediterranean setting: Studies in honour of Ellen Macnamara” - London – 2000
68. A. B. Knapp - “Archaeology, Science-based archaeology and the Mediterranean Bronze Age Metal Trade” - *European Journal of Archaeology* Vol. 3 – 2000
69. N. Negroni Catacchio - “Contatti e scambi nell'Etruria Pre e Proto-storica” - in *L'Etruria tra Italia, Europa e*

- mondo Mediterraneo* - Centro Studi di Preistoria e Archeologia – 2000a
70. N. Negroni Catacchio - "L'Etruria e le vie dell'ambra nel Bronzo Finale" - in *L'Etruria tra Italia, Europa e mondo Mediterraneo* - Centro Studi di Preistoria e Archeologia – 2000b
 71. B. M. Aranguren, P. Perazzi - "Un approdo sulle rotte del Tirreno centrale: l'Isola del Giglio" in *Atti del IV Incontro di Studi di Preistoria e Protostoria in Etruria* - Centro Studi di Preistoria e Archeologia - Milano 2000
 72. R. Grifoni Cremonesi - "Le Néolithique ancien de Toscane et de l'Archipel toscan" - Bulletin de la Société Préhistorique française - 2001
 73. M. Pacciarelli - "Dal villaggio alla città. La svolta protourbana del 1000 a.C. nell'Italia Tirrenica" - Ed. All'Insegna del Giglio - 2001
 74. E. Van Rossum - "Discorsi coll'età del bronzo/Making conversation with the Bronze Age" - University of Sheffield Journal Of Archaeology - 2001
 75. Lanting, Van Der Plicht - "De ¹⁴C-chronologie van de nederlandse pre- en protohistorie IV: bronstijd en vroege ijzertijd" - Paleohistoria - 2002
 76. D. Cocchi Genick - "Grotta Nuova: la prima unità culturale attorno all'Etruria protostorica" - Viareggio Ed. Baroni - 2002
 77. P. Bellintani et alii - *Progetto "I materiali vetrosi nella protostoria dell'Italia del nord". Archeologia, archeometria, etnoarcheologia e approccio sperimentale*, in: Atti del Convegno: "Archeologie sperimentali. Metodologie ed esperienze fra verifica, riproduzione, comunicazione e simulazione" - 2003
 78. B. M. Aranguren, M. Sozzi - "New data on mining and smelting activities during the Bronze Age in the Massa Marittima area (southern Tuscany)" - BAR International - 2005
 79. A. M. Bietti Sestieri - "A Reconstruction of Historical Processes in Bronze and Early Iron Age Italy Based on Recent Archaeological Research" - in: P. Attema, A. Nijboer, A. Zifferero (eds.), *Papers in Italian Archaeology VI. Communities and Settlements from the Neolithic to the Early Medieval Period*. - Proceedings of the Sixth Conference of Italian Archaeology - Groningen University Institute of Archaeology, 15-17 April 2003 - Published Oxford 2005
 80. P. Bellintani, I. Angelini - "Archaeological ambers from norther Italy; An FTIR-drift study of Provenance by comparison with the Geological Amber Database" - *Archaeometry* **47**, 2 - 2005
 81. R. De Marinis - "Aspetti della metallurgia dell'età del Rame e dell'antica età del Bronzo in Toscana" - *Rivista di Scienze Preistoriche*, 56 - 2006
 82. C. Broodbank - "The origin and the development of Mediterranean Maritime activity" - UCL - Journal of Mediterranean Archaeology - 2006
 83. AA. VV. - "Gli etruschi e il Mediterraneo: commerci e politica: atti del XIII Convegno internazionale di studi sulla storia e l'archeologia dell'Etruria" - Volume 13 degli annali della Fondazione per il Museo Claudio Faina - 2006
 84. F. Martini, L. Sarti - "I gruppi di cacciatori-raccoglitori e la preistoria olocenica nella piana fiorentina" - Pianeta Galileo - 2006
 85. R. Grifoni Cremonesi - "Il neolitico e l'età dei metalli in Toscana: sviluppi culturali e strategie insediative" - Pianeta Galileo - 2006
 86. B. M. Aranguren, M. Sozzi - "Studio preliminare sul ripostiglio dell'Età del Bronzo Antico rinvenuto in località La Speziala, nei pressi di Massa Matittima" - *Rassegna di Archeologia* 22A - 2006
 87. A. M. Bietti Sestieri - "Fattori di collegamento interregionale nella Prima Età del Ferro: indizi di un'ideologia condivisa, legata alle armi, dal Lazio meridionale alla Puglia" - *Rivista di Scienze Preistoriche* - LVI - 2006
 88. R. Jung - "CHRONOLOGIA COMPARATA. Vergleichende Chronologie von Südgriechenland und Süditalien von ca. 1700/1600 bis 1000 v.u.Z." - Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften - Wien - 2006
 89. A. M. Bietti Sestieri, E. McNamara, D. Hook - "Prehistoric Metal Artefacts from Italy (3500-720 BC) in the British Museum" - British Museum Press - December 2007
 90. M. R. Jones - "Oxhide ingots, copper production and the mediterranean trade in copper and other metals in Bronze Age" - Texas A&M University – 2007
 91. A.P. Anzidei, C. Aurisicchio, G. Carboni - "Manufatti in argento dalle tombe a grotticella della facies di Rinaldone

- del territorio di Roma” in *Atti XL Riun. Sc. IIPP, II* - 2007
92. M. Pearce - “Bright Blades and Red Metals. Essays on North Italian Prehistoric Metal work” - London – 2007
 93. B. M. Aranguren, L. Dallai et alii - “Serrabottini (Massa Marittima, GR): indagini archeologiche su un antico campo minerario” - *Archeologia Medievale XXXIV* - 2007
 94. C. Giardino - “Paesaggi minerari dell'Etruria pre-protostorica” - in *Preistoria e protostoria dell'Etruria* - Centro Studi di Preistoria e Protostoria - 2008
 95. A. Nijboer, H. van der Plicht - “The Iron Age in the Mediterranean: Recent Radiocarbon Research at the University of Groningen” - *A new dawn for the Dark Age* - Archeopress - 2008
 96. A. M. Bietti Sestieri, A. De Sanctis - “Relative and Absolute Chronology of Latium Vetus from the Late Bronze Age to the transition to the Orientalizing period” - *A new dawn for the Dark Age* - Archeopress – 2008
 97. V. Kassianidou, B. Knapp - “Archaeometallurgy in the Mediterranean: The Social Context of Mining, Technology, and Trade” in *The Archaeology of Mediterranean Prehistory* – Blackwell Publishing - 2008
 98. A. M. Bietti Sestieri - “L'età del Bronzo finale in Italia” - *Bollettino del Centro Polesano di Studi Storici, Archeologici ed Etnografici* - F. Serra Editore - 2008
 99. R. Jung, M. Mehofer - “A sword of Naue Type II from Ugarit and the Historical Significance of Italian Type Weaponry In the Eastern Mediterranean” - *Aegean Archaeology* 8 - 2008
 100. P. Bellintani, L. Stefan - “Nuovi dati sul primo vetro europeo: il caso di Frattesima” in: *Atti del Primo Convegno Interdisciplinare sul Vetro nei Beni Culturali e nell'Arte di Ieri e di Oggi, Parma, 27-28 novembre 2008* - Tipocrom - 2009
 101. B. Weininger, R. Jung - “Absolute chronology of the end of Aegean Bronze Age” - *OAW* - Wien - 2009
 102. R. Jung - “Pirates of the Aegean: Italy, the East Aegean, Cyprus at the end of the Second Millennium BC” - in *Cyprus and the East Aegean* - Nicosia - 2009
 103. J. Van der Plicht - “The Iron Age around Mediterranean: A High Chronology perspective from the Groningen Radiocarbon DataBase” - *Radiocarbon* Vol. 51 - 2009
 104. E. La Pilusa, A. Zanini - “La Romagna tra fine del mondo terramaricolo e nuovi assetti medio-tirrenici. Il sito di Ripa Calbana” - *Ipotesi di Preistoria* - Vol. 2 - 2009
 105. M. Pacciarelli - “Verso i centri protourbani. Situazioni a confronto da Etruria meridionale, Campania e Calabria” - *Scienze dell'Antichità* n° 15 - Edizioni Quasar - 2010
 104. Dolfini, A. “The origins of metallurgy in central Italy: New radiometric evidence.” *Antiquity*, 84, 707–723. - 2010
 105. A. J. Nijboer - “Italy: its interconnections and cultural shifts during the Iron Age” - *Bollettino di Archeologia online* I - 2010
 106. D. Cocchi Genik - “L'età dei metalli in Italia: i principali processi storici ed i collegamenti con l'area egeo-anatolica” - *Systema Naturae* vol. 10 - 2010
 107. P. Bellintani - “Ambra. Una materia prima dal nord (ma non solo)” in Cazzella A., Recchia G. (a cura di) *Ambra per Agamennone. Indigeni e Micenei tra Egeo, Ionio e Adriatico nel II millennio a.C.* Cat. Mostra Bari - Palazzo Simi e Museo Civico Storico - aprile 2010
 108. A. M. Bietti Sestieri - “L'Italia nell'età del bronzo e del ferro” - Carocci - Giugno 2010
 109. C. Giardino, R. Poggiani Keller - “Le produzioni metallurgiche del Bronzo Tardo in Maremma: nuove evidenze da Scarceta” - *X Incontro di studi Preistoria e Protostoria in Etruria* - Settembre 2010
 110. A. Fantalkin et alii - “Iron Age Mediterranean Chronology: A Rejoinder” - *Radiocarbon* Vol. 53 - 2011
 111. H. J. Bruins, A. J. Nijboer, J. Van der Plicht: “Iron Age Mediterranean Chronology: A Reply” - *Radiocarbon* vol. 53 - 2011 (rif. 2011^a)
 112. M. Pearce - “The spread of early copper mining and metallurgy in Europe: an assessment of the diffusionist model” - *Archaeometallurgy in Europe III – Proceedings of the 3rd International Conference, Deutsches Bergbau-Museum Bochum, June 29 – July 1, 2011*
 113. A. Dolfini et alii - “La prima metallurgia in Italia centrale alla luce di nuove date radiometriche” - *Atti della 43^a Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria* - Florence – 2011
 114. R. Jung, M. Mehofer, E. Pernicka - “Metal exchange in Italy from the Middle to the Final Bronze Age (14th - 11th cent. B.C.E.)” - in *Metallurgy: Understanding How, Learning Why* - Prehistoric Monographs - 2011
 115. A. Nijboer - “Teleology and colonization in antiquity and in recent times” - *AWE* 10 - 2011 (rif. 2011b)

116. B. Aranguren, L. Cappuccini, M. Cygielman, P. Pallecchi - "Castiglione della Pescaia - Punta Ala loc. Capo Sparviero: un sito metallurgico dell'Età del Bronzo" - Notiziario della Soprintendenza per i Beni Archeologici della Toscana, 6/2010, Firenze 2011
117. F. Cattin et alii - "Provenance of Early Bronze Age Metal Artefacts in Western Switzerland Using Elemental and Lead Isotopic Compositions and their Possible Relation with Copper Minerals of the Nearby Valais" - Journal of Archaeological Science - 2011
118. N. Negroni Catacchio - "Rituali funerari ed aspetti simbolici della 'cultura' del Rinaldone" - XLIII Riunione Scientifica IPPP - *L'età del rame in Italia* - 2011
119. G. Sassatelli - "I rapporti tra Mediterraneo ed Europa e il ruolo degli etruschi" - *Le grandi vie della civiltà* - Trento - Castello del Buonconsiglio - 2011
120. M. Modlinger - "Ritual objects or powerful weapons - The usage of central Europe Bronze Age swords" - BAR International series 2255 - Archeopress - 2011
121. P. Bellintani - "Progetto *Materiali vetrosi della protostoria italiana*. Aggiornamenti e stato della ricerca." - *Rivista di Scienze Preistoriche* - LXI - 2011
122. A. J. Nijboer - "Reading Ancient Greek Colonisation in the 20th and in the 21th century AD" - IX Giornata Archeologica Francavillese - 27 Novembre 2011 (rif. 2011c)
123. A. De Guio - "Interfacce di bronzo per una vita da pecora. Il fenomeno della pastorizia nell'area pre-alpina veneto-trentina in età pre-romana: archeologia ed etnoarcheologia" - in "La lana nella cisalpina romana" - Padova University Press - 2012
124. A. M. Bietti Sestieri - "Il Villanoviano: un problema archeologico di storia mediterranea" - in *Le origini degli Etruschi - Storia, Archeologia, Antropologia* - L'Erma di Bretschneider - 2012
125. M. Bettelli et alii - "Etruria meridionale e Mediterraneo nella tarda età del bronzo" - in *Le origini degli Etruschi - Storia, Archeologia, Antropologia* - L'Erma di Bretschneider - 2012
126. A. Zanini - "Le Origini etrusche. Il quadro di riferimento della protostoria" - in *Le origini degli Etruschi - Storia, Archeologia, Antropologia* - L'Erma di Bretschneider - 2012
127. N. Negroni Catacchio - "L'Etruria dal Paleolitico al Primo Ferro: alcuni spunti di riflessione e ricerca" in *L'Etruria dal Paleolitico al Primo Ferro: Lo stato delle ricerche* - Centro Studi di Preistoria ed Archeologia - 2012
128. A. J. Nijboer - "Is the tangling of events in the Mediterranean around 770-760 BC in the Conventional Absolute Chronology (CAC) a reality or a construct?" in *Contextualizing early Colonization: Archaeology, Sources, Chronology and interpretative models between Italy and Mediterranean* - CeC 2012 - Roma
129. P. Bellintani - "Long-Distance Trade Routes Linked to Wetland Settlements" in *The Oxford Handbook of Wetland Archaeology* - Oxford Handbooks - Dec. 2012
130. I. M. B. Wiman - "Etruscan Environments" in *The Etruscan World* a cura di J. MacIntosh Turfa - Routledge - 2013
131. F. Iacono - "Westernizing Aegean of LH IIIC" - in *Exchange Networks and Local Transformations*. A cura di M. E. Alberti e S. Sabatini - Oxbow Books - 2013
132. A. Dolfini - "The emergence of metallurgy in the central Mediterranean region: A New Model" - *European Journal of Archaeology* - 16(1) - 2013
133. G. Ciampoltrini - "Da Fossa Nera di Porcari a Monte Formino di Palaia - La 'crisi del 1.200 a.C.' fra valle dell'Auser e Valdarno" - Ed. I Segni dell'Auser - Giugno 2013
134. N. Negroni Catacchio - "L'alba dell'Etruria nel territorio di Vulci" - ACME 134 - 2013
135. A. Vanzetti - "The rise of the Terramara system (Northern Italy)" - in *Cultural change in the shadow of Thera-Eruption?* - 2013
136. A. J. Nijboer - "An interpretation of the radiocarbon dates from the Warrior Tomb at Tarquinia" in *La Tomba del Guerriero a Tarquinia* a cura di A. Babbi e U. Peltz - Mainz 2013 (rif. 2013a)
137. A. J. Nijboer - "Banquet, *Marzēah*, *Symposion* and *Symposium* during the Iron Age: Disparity and Mimicry" in *Regionalism and Globalism in Antiquity* - Ed. By Franco de Angelis - Peeters 2013 (rif. 2013b)
138. R. Jung, M. Mehofer - "Mycenaean Greece and Bronze Age Italy: Cooperation, Trade or War?" - AK Römisch-Germanischen Zentralmuseums - Grafisches Zentrum Mainz Bödige GmbH, Mainz - 2013
139. E. Borgna - "Di periferia in periferia. Italia, Egeo e Mediterraneo orientale ai tempi della koinè metallurgica: una proposta di lettura diacronica" - *Rivista di Scienze Preistoriche* - LXIII - 2013

140. A. M. Bietti Sestieri, P. Bellintani, L. Salzani, C. Giardino et alii - "Frattesina: un centro internazionale di produzione e di scambio nell'Età del bronzo del Veneto" - XLVIII Riunione scientifica *Preistoria e Protostoria del Veneto* - Padova 5-9 Novembre 2013
141. G. Leonardi, G. Tasca, D. Vincenzutto - "Pani a piccone, palette a cannone e asce tipo Ponte S. Giovanni: quale ruolo nelle direttrici della metallurgia del Bronzo finale?" - XLVIII Riunione scientifica *Preistoria e Protostoria del Veneto* - Padova 5-9 Novembre 2013
142. A. Dolfini - "Early Metallurgy in the Central Mediterranean" in B. W. Roberts, C. Thornton *Archaeometallurgy in Global Perspective: Methods and Syntheses* - Springer Science - New York - 2014
143. P. Bellintani et alii - "Evidence of mining without mines: smelting activity during Bronze Age in Trentino" in *Research and Preservation of ancient mining areas - Yearbook of Institute of Europa Subterranea* - 2014a
144. M. Barbieri, C. Cavazzuti - "Stone Moulds from Terramare (Northern Italy): Analytical Approach and Experimental Reproduction", in *Proceedings of the 7th UK Experimental Archaeology Conference, Cardiff, January 10-11 2013*, published on *EXARC Online Journal*, 2014 (1).
145. A. Dolfini - "The Neolithic beginnings of metallurgy in the central Mediterranean region" - *Accordia Research Papers* 13. - 2014
146. P. Bellintani - "Baltic amber, Alpine copper and glass beads from the Po plain, Amber Trade at the time of Campestrin and Frattesina" - *Padvsa* 2014b
147. J. Ling et alii - "Moving metals II: provenancing Scandinavian Bronze Age artefacts by lead isotope and elemental analyses"- *Journal of Archaeological Science* 41 – 2014
148. N. Negrone Catacchio - "I vaghi tipo Tirinto e Allumiere come indicatori di status. Nuovi dati su cronologia e diffusione" in *Amore per l'antico – Scienze e Lettere* - 2014
149. T. Earle, J. Ling, Z. Stos-Gale et alii - "The Political Economy and Metal Trade in Bronze Age Europe: Understanding Regional Variability in Terms of Comparative Advantages and Articulations" - *European Journal of Archaeology* – 2015
150. K. Rosinka- Balik et alii - "Copper and Trade in the South–Eastern Mediterranean" - *BAR International Series* – 2015
151. A. Dolfini - "Neolithic and Copper Age Mortuary Practices in the Italian Peninsula: Change of Meaning or change of medium?" in *Death and Changing Rituals* – *Oxbow Books* – 2015
152. T. Stollner - "Mineral Resources and Connectivity in the Mediterranean and its Hinterland" - in *Multiple Mediterranean Realities* - © 2015 Ferdinand Schöningh, Paderborn
153. M. Renzi, S. Rovira - "LAS METALURGIAS FENICIAS EN EL MEDITERRÁNEO" - in *III Encuentros Internacionales del Mediterráneo. Minería y metalurgia en el Mediterráneo y su periferia oceánica.* - 2015