

Le miniere di ferro dell'Elba e i forni fusori etruschi, antenati dell'altoforno

A. Berveglieri, R. Valentini

Per migliaia di anni, sicuramente più di 4000, le miniere dell'Isola d'Elba sono state sfruttate per l'estrazione di metalli: per primo il rame ma, enormemente più importante, il ferro. Gli etruschi, un popolo per molti aspetti misterioso, iniziarono, circa 3000 anni fa, a lavorare il minerale ferrifero elbano in piccoli forni fusori a tino che, a differenza dei più antichi bassi fuochi, si protendevano verso l'alto, per cui ben si possono definire gli antenati del moderno altoforno. Nel presente articolo vengono brevemente descritte le varietà dei minerali ferriferi elbani ed espone alcune teorie relative ai forni fusori etruschi che, a partire dal IX sec. A.C., vennero accesi sull'isola d'Elba (la "fuliginosa") e successivamente trasferiti a Populonia, la capitale del ferro della Tuscia, l'antica Toscana. Vengono infine brevemente esaminate le ragioni della chiusura delle miniere elbane, avvenuta circa venti anni fa, non per il basso tenore in ferro del minerale, ma prevalentemente per l'elevato contenuto in impurezze.

Parole chiave: archeometallurgia

INTRODUZIONE

Come noto, la Società siderurgica ILVA (Gruppo Riva) prende il nome dall'isola d'Elba, che fu ribattezzata "insula Ilva" dai romani, quando se ne impossessarono nel III secolo a.C., sottraendola al secolare dominio degli etruschi. Il toponimo sembra che derivi da Ilvates (o Ilvantes), il nome delle popolazioni liguri che per primi la abitarono.

Per millenni l'isola fu contesa da etruschi, greci, romani e cartaginesi che erano attratti dalle ricchezze minerarie, in particolare dai minerali di ferro dai quali i nostri antenati avevano imparato ad estrarre il prezioso metallo con il quale venivano fabbricate soprattutto le armi necessarie alle guerre di conquista.

In particolare gli etruschi, che per molti secoli ne ebbero il controllo, svilupparono tecniche siderurgiche straordinarie, costruendo dei forni fusori che ben si possono ritenere gli antenati degli attuali moderni altiforni.

In queste brevi note si è cercato di approfondire appunto queste tecniche, che in pratica sono rimaste immutate per millenni, fino a circa trecento anni fa, quando, con la rivoluzione industriale, nascevano i primi altiforni a coke.

CENNI STORICI

Circa cinquemila anni avanti Cristo l'uomo fece un'importante scoperta: imparò ad ottenere i metalli fondendo i minerali, cioè le "pietre" in cui essi erano imprigionati. Si passò così dalla cosiddetta "età della pietra" all'età dei metalli, secondo uno stadio evolutivo diverso a seconda delle aree geografiche; in Italia, in particolare per la civiltà etrusca che allora era predominante, si ebbe probabilmente l'evoluzione mostrata in Fig. 1.

date	ETA'
sec. IX a. C.	ETA' DEL FERRO
1800 a.C.	ETA' DEL BRONZO
2800 a.C.	ENEOLITICO (CALCOLITICO)
5000 a.C.	NEOLITICO
7000 a.C.	MESOLITICO

Fig. 1 - Probabile evoluzione della metallurgia etrusca.

Fig. 1 - Probable evolution of the etruscan metallurgy.

Il primo metallo ad essere lavorato fu il rame, cui fece seguito il bronzo (lega fra rame e stagno) ed infine il ferro, il "minerale celeste" per gli egizi, "sideros" per i greci; infatti il ferro allora conosciuto veniva dal cielo, come dono divino, si trattava cioè del ferro contenuto nelle meteoriti. In effetti, nelle tombe di sovrani egizi risalenti al IV millennio a.C. sono stati ritrovati oggetti contenenti il 93 % di ferro ed il 7 % di nichel, il che comprova appunto l'origine meteorica.

Da non dimenticare anche l'oro e l'argento con i quali venivano fatti i monili.

Ma perché, nella storia della metallurgia, il ferro compare per ultimo, preceduto da tutti gli altri metalli, con il rame in testa?

A. Berveglieri
ILVA S.p.A. / Gruppo RIVA - Stabilimento di Genova Cornigliano

R. Valentini
Dipartimento di Ingegneria chimica, chimica industriale
e scienza dei materiali dell'Università di Pisa

Memoria pervenuta l'8 novembre 2000

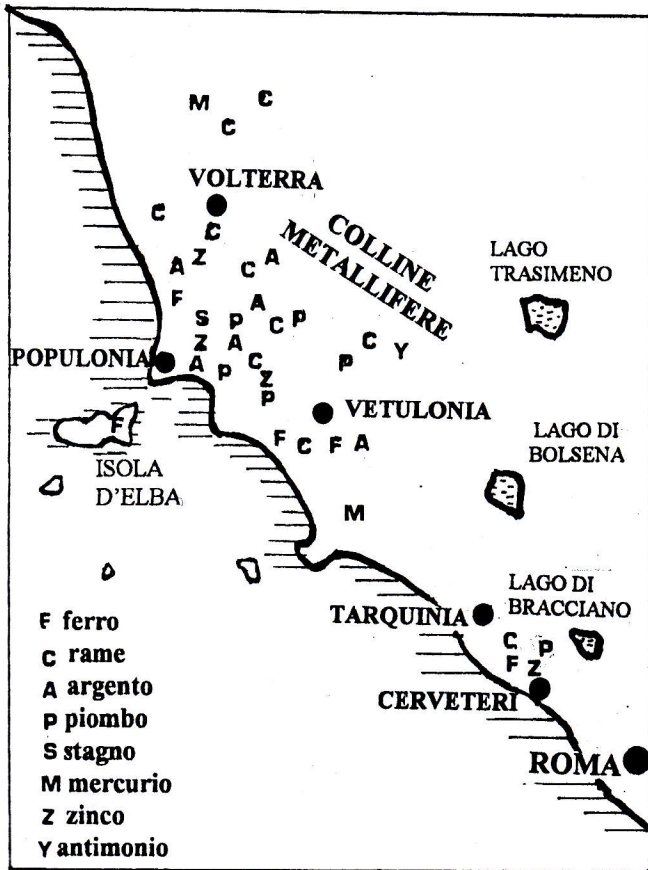


Fig. 3 - Le risorse minerarie dell'Etruria.

Fig. 3 - Mining resources of Etruria.

Tuscia ancor prima della fondazione di Populonia (in particolare nella vicina Vetulonia).

A Madonna della Fucinaia, ad esempio, lungo la strada per Campiglia Marittima, esistono i resti di tre antichissimi forni etruschi che, secondo alcuni autori, servivano per il trattamento della calcopirite argentifera, che prevedeva l'esecuzione, nello stesso impianto, sia del processo di arrostitimento del solfuro, sia di quelli successivi di fusione e scorificazione. I forni, alti circa due metri, sono del tipo a due camere, divise da un diaframma forato, secondo un modello che verrà descritto più oltre.

In realtà, secondo un'altra teoria, in questi forni veniva condotta solo la desolforazione della calcopirite, mediante la combustione di fascine di legna poste nella camera inferiore. Comunque tutta la zona che comprende i comuni di Massa Marittima, Monterotondo Marittimo, Zavorrano, Scarlino, Roccastrada, Follonica, Pontieri, in provincia di Grosseto, Suvereto, Campiglia Marittima e Piombino in provincia di Livorno, fu fortemente caratterizzata da rilevanti attività minerarie e metallurgiche operate dagli etruschi per l'estrazione di ferro, rame, piombo, zinco, stagno e argento.

E' chiaro che si è potuto capire quali metalli venivano prodotti nei vari siti solo attraverso l'analisi chimica e mineralogica delle scorie, rimaste per millenni nei luoghi ove erano stati impiantati i forni fusori.

Tornando invece a Populonia, la città venne organizzata in due parti: una alta, l'acropoli, protetta da potenti cinte murarie, ed una bassa, costituita dal porto e dagli impianti industriali, cioè dai forni fusori, in cui veniva estratto il ferro dai minerali elbani e trasportato via mare in tutto il Mediterraneo.

Il massimo splendore di Populonia si ebbe fra il VI e il III secolo a.C., come è testimoniato anche dalle grandiose tombe e dalla ricchezza dei corredi funebri rinvenuti nel golfo di Baratti.

All'inizio del III secolo a. C. cominciò un lento declino degli edifici industriali che furono progressivamente distrutti, e al loro posto vennero ad accumularsi le scorie che, con il passare del tempo, coprono anche le vicine necropoli. Oggi questa zona, estesa per circa 80 ettari, costituisce il Parco archeologico di Baratti e Populonia.

I MINERALI DI FERRO DELL'ISOLA D'ELBA

Prima di parlare dei forni fusori degli etruschi, esaminiamo brevemente la natura dei giacimenti ferriferi elbani.

L'origine dello sfruttamento dei minerali ferrosi dell'isola d'Elba si perde nella notte dei tempi ed è proseguito praticamente senza interruzioni fino al 1980. In più di 4000 anni generazioni di minatori hanno scavato per estrarre, nel periodo più antico, il rame e poi, soprattutto, il minerale di ferro.

Sul finire dell'800 il geologo Bernardino Lotti stese una dettagliata carta geologica dell'isola, che egli definiva "un grandioso museo mineralogico all'aperto".

La zona mineraria ferrifera è concentrata nella parte orientale dell'isola (Fig. 4), nel tratto che va dall'attuale paese di Cavo fino a Capo Calamita.

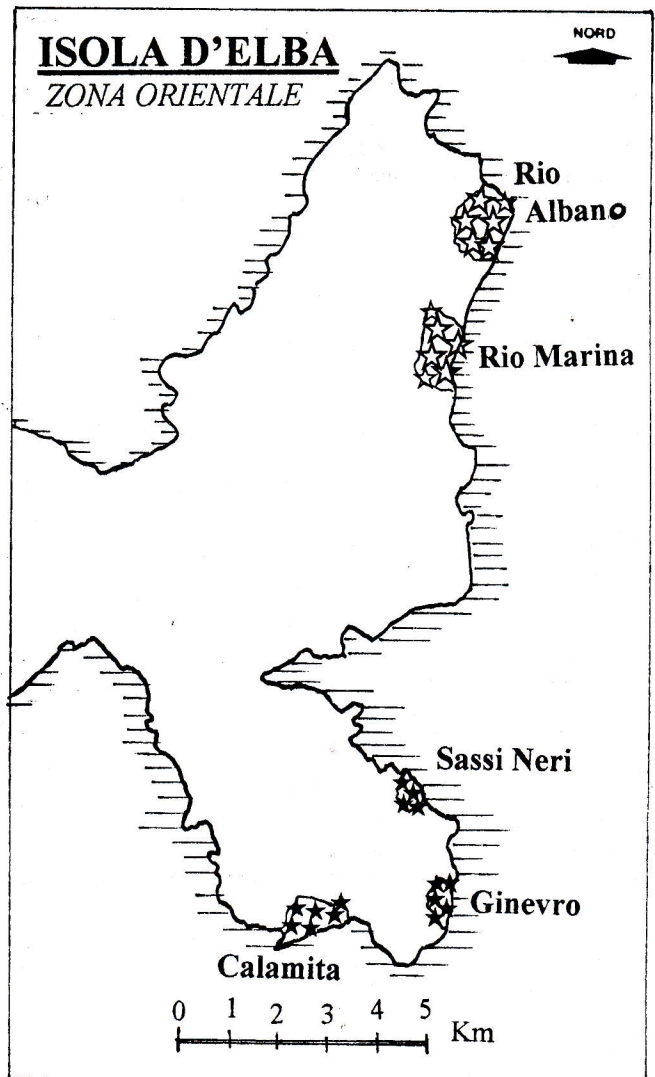


Fig. 4 - Le zone minerarie ferrifere dell'isola d'Elba.

Fig. 4 - Ferritic mining areas of Elba island.

- ☆☆☆ Mineralizzazione ematitica
Hematitic mineralization
- ☆☆☆☆☆ Mineralizzazione magnetitica
Magnetitic mineralization

MEMORIE

6/2001

La risposta è di tipo chimico-fisico, ed è legata ai diversi punti di fusione di questi metalli; in altre parole era molto più facile fondere i minerali di rame che quelli di ferro, che necessitavano di alte temperature. Il ferro puro infatti fonde a 1536 °C, temperatura molto superiore a quella degli altri metalli a forte diffusione: rame (1083), stagno (232), piombo (327), zinco (419); il punto di fusione del ferro cala però molto se si forma una lega col carbonio, quale è la ghisa; per ottenere una ghisa (con circa il 4 % di carbonio) allo stato di metallo liquido, bisogna comunque raggiungere temperature superiori a 1100 °C, cosa difficilissima da realizzare con i primitivi forni fusori in cui venivano trattati i minerali di rame.

Sembra comunque che gli inizi della estrazione del ferro dai minerali e della sua lavorazione, siano collocabili fra il 2500 e il 1800 a.C. A quest'epoca risale infatti un coltello in ferro fucinato trovato in un giunto in muratura della piramide di Cheops (2620-2597 a.C.) e un oggetto, simile al precedente, scoperto in una tomba egizia del 2500 a.C.. Le culle della siderurgia sono sparse un po' ovunque, dall'Africa (Nubia), all'Asia mesopotamica, alla Grecia ecc.

In Italia questa cultura arriva più tardi, intorno al 2100 a.C., nel periodo cosiddetto "Villanoviano", e viene gradualmente assorbita dal popolo etrusco che proprio in questo periodo, inizia a delinearsi come entità politica e culturale.

Gli Etruschi, circa tremila anni fa, riuscirono ad estrarre il ferro, su scala che potremmo definire "industriale", utilizzando dei piccoli altiforni (che verranno meglio descritti in seguito), in cui essi caricavano, a strati alterni, il minerale elbano, accuratamente selezionato e spezzettato, e carbone di legna, ottenuto dal legname dei boschi.

L'isola d'Elba, in particolare la parte orientale, dove si trovavano le miniere, cominciò così, circa 1000 anni a.C., a pullulare di forni fusori, che ardevano giorno e notte, tanto da essere chiamata "l'isola dei Mille Fuochi".

I navigatori greci la incrociavano nelle acque dell'alto Tirreno durante i loro viaggi fra le colonie dell'Italia meridionale e Marsiglia; da essi l'isola fu invece chiamata Aithalia o Aethalia, cioè la *fumosa* o *fuliginosa* o *annerita dal fumo*, secondo alcuni per le fumanti fornaci e, secondo altri, da *aes* = metallo, perché ricca di metalli. Da tale toponimo, secondo alcuni autori, deriverebbe il nome *Italia*. Sembra inoltre che con lo stesso nome i Greci denominassero l'attuale isola di Lemno, nell'Egeo, dove risiedeva Efesto, il metallurgista dio del fuoco.

Anche il poeta Virgilio celebra l'Elba come "insula ineshautis Chalybum generosa metallis". Nell'Eneide inoltre si parla di trecento guerrieri elbani, con altri 600 di Populonia, che parteciparono alla guerra di Troia con armi forgiate sull'isola.

Intorno al VI - V secolo a.C., avvenne però un fatto simile alle nostre attuali "crisi petrolifere": gli etruschi si trovarono cioè senza il combustibile per i loro forni, in quanto avevano esaurito tutte le riserve boschive dell'isola, materia prima per fabbricare il carbone di legna.

Secondo un'altra teoria invece gli etruschi insediati sull'isola d'Elba avrebbero avuto uno spirito "ecologista", essi infatti eseguivano il taglio ventennale dei boschi proprio per preservarli; in ogni caso il risultato era lo stesso: mancava il combustibile.

Lentamente così si spensero molti dei forni fusori dell'isola e nacque un'idea che fu antesignana di quella che verrà sviluppata in Italia tremila anni dopo, cioè nel secondo dopoguerra. L'idea era questa: abbandonare la siderurgia a "bocca di miniera" e trasportare invece via nave (attraverso i dieci chilometri del canale di Piombino) i minerali dell'Elba sulla vicina costa toscana per trasformarli lì, dove il legname era abbondante.

Nasceva quindi quella che oggi è chiamata la "siderurgia costiera" e che ha permesso a paesi privi di materie prime, co-

quantità di acciaio.

Gli etruschi decisero quindi di trasferire i loro "stabilimenti siderurgici" in prossimità di un porto naturale nel Golfo di Baratti, dove fondarono la città di Populonia (nome romano), uno dei pochissimi insediamenti etruschi sul mare, posta sul promontorio a nord di Piombino (Fig. 2). L'antico nome etrusco era Pupluna (da iscrizioni sulle monete) o Fulfluna, derivante forse dal dio Fulfluns (Dioniso o Bacco).

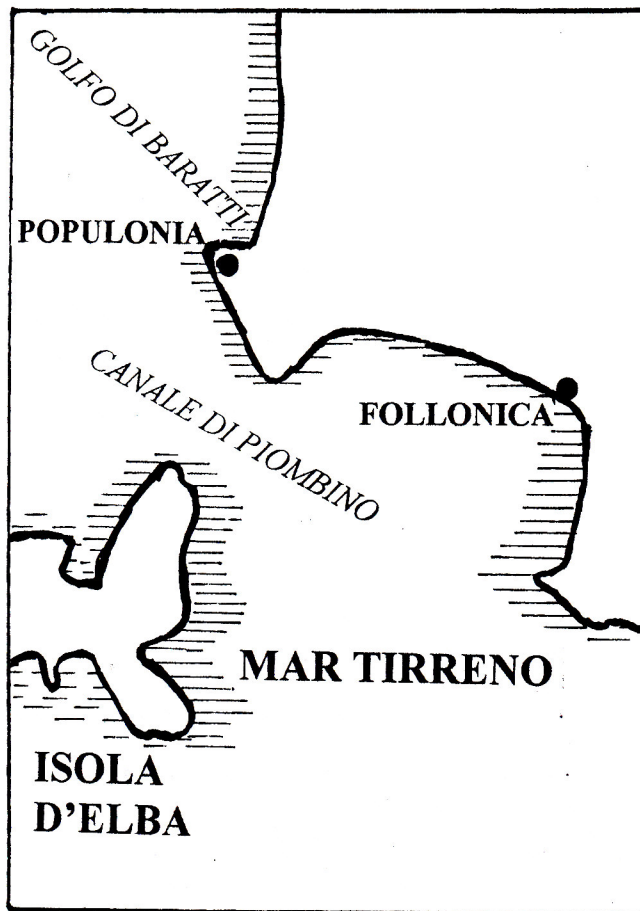


Fig. 2 - La posizione geografica di Populonia.

Fig. 2 - Geographical location of Populonia.

POPULONIA, LA CITTÀ DEL FERRO

Era così nato un grande baricentro siderurgico (fu definito la "Pittsburgh dell'antichità"), in proporzione paragonabile oggi, come potenza produttiva in Italia, a quello di Taranto.

La posizione geografica inoltre era molto felice in quanto punto di incontro fra le rotte tirreniche percorse da greci, cartaginesi e romani.

Si generò così un nuovo tipo di ricchezza, infatti dall'attività siderurgica gli etruschi trassero enormi profitti, trasformandosi da contadini e pastori in esperti metallurgisti e commercianti di ferro.

Anche in questo caso è forte l'analogia con quanto avvenuto in Italia dal 1950 in poi, quando lo sviluppo della siderurgia costiera fu fonte di occupazione e di rinnovamento, prima con il centro siderurgico "Oscar Sinigaglia" di Genova e poi con la creazione, nel 1965, dello stabilimento di Taranto.

A Populonia inoltre, accanto ai pregiati minerali elbani, potevano essere lavorati anche i minerali estratti dalle Colline metallifere toscane e, in particolare, dai giacimenti del Campiense, ricchi di calcopirite, galena argentifera, cassiterite ecc. (fig. 3).

In realtà tali minerali venivano lavorati in questa zona della

L'origine di questi giacimenti è ancora oggi piuttosto controversa, anche se secondo l'interpretazione più comune si tratterebbe di mineralizzazioni formate da soluzioni idrotermali residuali di un originario sistema magmatico.

In particolare, nella parte Nord (attuali Rio Albano e Rio Marina) il minerale di ferro, insieme a ganga silicea, è presente prevalentemente come ematite (Fe_2O_3), che deriva il suo nome dal latino *haematitès*, a sua volta derivante dal greco *haematitès (lithos)*, cioè "pietra sanguigna", in quanto la polvere del minerale ha appunto una colorazione rosso-sangue. La leggenda vuole che gli antichi ritenessero che la roccia derivasse infatti da un impasto di sangue rappreso, con virtù terapeutiche anti-emorragiche. L'ematite elbana viene anche chiamata **ferro oligisto**, cioè "*minerale povero di metallo*", in quando fu così (erroneamente) definito dal mineralogista R. J. Haüy.

Molto ricercati dai collezionisti sono i cristalli della varietà specularite (abito romboedrico appiattito) per le splendide iridescenze, come pure l'ematite micacea elbana, con i caratteristici cristalli a roselle. Da notare che Niccolò Stenone (Niels Stensen), nel XVII secolo, studiando proprio l'ematite ed il quarzo elbano, scoprì le leggi della moderna cristallografia, esposte nel suo famoso trattato "*De solido*" del 1668.

Frequentemente associata all'ematite si trova la pirite (FeS_2), che, pur presentandosi spesso in splendidi cristalli, è un inquinante del minerale di ferro in quanto, come noto, lo zolfo fa deteriorare le proprietà dell'acciaio.

Nella parte meridionale (Ginevro-Sassi Neri e Calamita), prevale invece la **magnetite** (Fe_3O_4), anche essa accompagnata da ganga silicea e spesso in associazione con minori quantità di ematite, come si può osservare nella microfotografia di Fig. 5. Secondo il mito la magnetite fu scoperta dal pastore greco Magnes, che osservò come questa roccia scura, dalle ben note proprietà magnetiche, attirava la punta in ferro della sua lancia.

Gli ossidi di ferro idrati (**limonite, goethite** ecc.), parenti

poveri di ematite e magnetite, da cui derivano per alterazione, compaiono frequentemente in tutte le zone minerarie, presentandosi anche in ammassi terrosi, noti come ocre gialle o rosse.

Da citare infine un minerale di ferro abbastanza raro e industrialmente meno interessante: l'**ilvaite**, silicato basico di calcio e ferro che fu riconosciuto come nuovo minerale nel 1803.

Vediamo ora, da un punto di vista più strettamente geologico, come si presentano le zone che furono interessate dall'attività estrattiva.

La mineralizzazione ematitica fa parte di un complesso che alla base è costituito da scisti quarzosi-sericitici con quantità variabili di biotite e feldspati, con frequenti intercalazioni di arenarie e conglomerati quarzosi. La serie continua con la formazione del "Verrucano" (conglomerati quarzosi, quarziti e filladi sericitico-cloritiche) di probabile età carnica. Al di sopra del Verrucano si trovano i depositi calcarei mesozoici ed infine le marne a "Posidonomia alpina" del Dogger. Il complesso magnetitico di Calamita è costituito da una potente formazione scistosa, spesso attraversata da filoni e vene di tipo granitico e aplitico su cui poggiano con discordanza alcuni lembi metamorfosati. La formazione scistosa può essere considerata come il prodotto di un metamorfismo termico medio o forte su rocce sedimentarie di tipo arenaceo o argilloso. Queste rocce termometamorfiche sono note nella letteratura geologica con il nome di "gneiss di Calamita".

Da un punto di vista chimico i minerali elbani hanno un contenuto in ferro variabile fra il 38 e il 45 %. Oggi tale tenore può essere considerato basso per l'impiego siderurgico, poiché sono disponibili, soprattutto in Brasile, Australia e Africa minerali con contenuto in ferro fino a quasi il 70 %.

Per etruschi, greci e romani invece il minerale elbano era il migliore conosciuto.

Della ganga e delle altre impurezze parleremo invece più avanti.

I FORNI FUSORI DEGLI ETRUSCHI

Come detto precedentemente gli etruschi impiantarono i loro primitivi altoforni dapprima a "bocca di miniera", cioè sull'isola d'Elba e successivamente si trasferirono sulla costa della Toscana (l'antica "Tuscia"); Populonia divenne il centro siderurgico principale, ma anche in altre località, come ad es. a Follonica, ferveva la lavorazione del ferro.

Fra il 3000 e il 1500 a.C. i forni primitivi utilizzati per la riduzione degli ossidi di ferro allo stato solido e pastoso erano i cosiddetti "bassi fuochi". Essenzialmente essi erano costituiti da buche praticate nel terreno, rivestite di argilla refrattaria, riempite con carbone di legna e minerale di ferro. Si accendeva il carbone e si manteneva la combustione attiva mediante aria che entrava da un'apertura praticata nella parte inferiore della fornace ed opportunamente orientata. Si raggiungevano in tal modo temperature relativamente basse (non superiori a 1000°C) e si otteneva, mediante processi di riduzione, non del metallo fuso, ma una mistura solida e spugnosa, detta "blumo", contenente ferro metallico insieme a carburo di ferro e a vari ossidi non ridotti, provenienti dalla ganga. Il ferro così ricavato veniva estratto sotto forma di un massello, che veniva forgiato per martellatura e riscaldamento successivi.

Gli etruschi invece adottarono una tecnica rivoluzionaria per l'epoca (siamo intorno al 1000 a.C.). Invece di fare buche nel terreno i forni si svilupparono in altezza, con una forma a tino (shaft furnace), per cui veramente possono essere considerati gli antenati del moderno altoforno.

Questi forni, detti anche "a cumulo", (Fig. 6) fatti interamente d'argilla, erano alti alcuni metri e, secondo alcune fonti, venivano caricati, come avviene oggi, dalla "bocca",

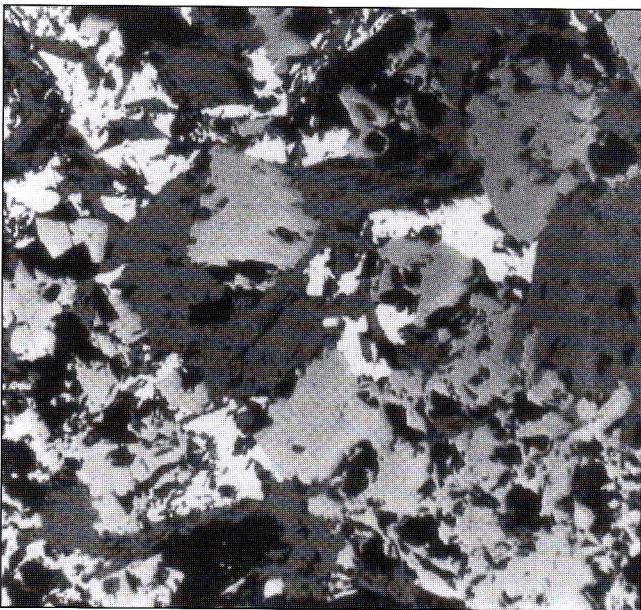


Fig. 5 - Minerale magnetitico della miniera di ferro del Ginevro (Isola d'Elba). Grani di magnetite compatta (grigio chiaro), con ematite (bianco), cementati tra loro e ganga quarzosa (grigio scuro). Porosità media (nero). Osservazione al microscopio ottico in luce riflessa (100 x).

Fig. 5 - Magnetitic mineral from iron mine of Ginevro (Elba island). Compact magnetite grains (light grey), with hematite (white), bonded between them and quartzitic gangue (dark grey). Medium porosity (black). Observation by optical microscope in reflected light (100 x).



Fig. 6 – Forno etrusco (ricostruzione).

Fig. 6 – Etruscan furnace (reconstruction).

cioè dall'alto, con strati alternati di carbone di legna e minerale di ferro.

Secondo un'altra teoria, il forno non era costruito in precedenza, ma sorgeva mano a mano che si accatastavano, in strati alterni, il minerale e il combustibile ridotti in piccoli pezzi. Veniva così formato un cumulo tronco-conico che era poi ricoperto di argilla impastata con acqua ed erba palustre o piccoli rami.

Questo rivestimento aveva lo scopo di consentire una maggiore concentrazione del calore e nello stesso tempo proteggeva il cumulo dagli agenti atmosferici.

Il forno era aperto verso l'alto: alla base vi erano alcuni fori per il tiraggio dell'aria ed una apertura che serviva per l'accensione. Avvenuta questa si chiudeva l'apertura e aveva così inizio l'operazione di riduzione che progrediva dal basso verso l'alto come è dimostrato dal fatto che il minerale non ridotto si trova solo nella parte superiore dei forni.

D'altra parte è ciò che accade anche nel moderno altoforno. Una volta accesi e ben caldi i forni venivano alimentati, dall'alto secondo alcune fonti, ogni mezz'ora.

Come era possibile raggiungere alte temperature?.

Anche in questo caso i pareri sono discordi.

Secondo una teoria si manteneva quello che oggi si definisce un "alto regime termico" ravvivando costantemente il

fuoco con grossi mantici, capaci di erogare molti metri cubi d'aria e ovviamente azionati dalla forza muscolare (solo molti secoli dopo sarà introdotto l'uso dell'energia idraulica). Il gruppo Archeologico naturalistico elbano ha condotto interessanti esperimenti con forni di riduzione in cui sono stati utilizzati dei mantici particolari, forse dello stesso tipo utilizzato dagli etruschi, comprendenti due camere, in modo da insufflare aria in forno in maniera continua.

L'introduzione dell'aria in pressione, il "vento" (da cui deriva l'inglese blast furnace) fu comunque un perfezionamento essenziale per l'ottenimento di alte temperature.

Secondo altre fonti invece sembra da escludere che gli etruschi soffiassero nell'interno dei forni con mantici o altri dispositivi: il tiraggio veniva agevolato solo orientando opportunamente i fori verso i venti predominanti.

E' stato inoltre ipotizzato che gli etruschi, ricollegandosi alla fabbricazione del carbone di legna, dove l'eccesso d'aria è dannoso, abbiano avuto anche per i forni da ferro lo stesso timore; da ciò la soppressione di mantici o soffiotti, che comunque vennero poi introdotti in epoche successive (Follonica deriverebbe infatti il suo nome dal latino "follis", cioè mantice).

A quale temperatura riuscivano ad arrivare i forni etruschi? Su alcuni testi si parla addirittura di 1800°C, ma il dato appare piuttosto inverosimile; probabilmente il ferro veniva ottenuto con temperature dell'ordine di 1100-1300 °C.

Ma era metallo allo stato liquido? La probabilità non è da scartare tant'è vero che Plinio nella sua *Naturalis Historia*, XXXIV, 41, nota come cosa mirabile il fatto che il ferro possa, durante la fusione della vena, diventare fluido come l'acqua: "*Mirumque, quon excoquatur vena, aquae modo liquari ferrum*".

Partendo da questo presupposto è stata ipotizzata una ricostruzione del processo fusorio etrusco come quella mostrata in Fig. 7 (di cui abbiamo già parlato a proposito dei forni della Val Fucinaia).

Secondo questa teoria, nella parte bassa del forno, (quello che oggi è il "crogiuolo" dell'altoforno) esisteva un supporto refrattario circolare, sostenuto da una colonnetta di porfido, su cui appoggiava la carica. Tale supporto era dotato di fori attraverso i quali colava il materiale fuso, che si andava a raccogliere nella camera inferiore di raccolta, rivestita da mattonelle refrattarie. Poi, come avviene in altoforno, la scoria, cioè la loppa, di minore peso specifico, galleggiava sulla ghisa e veniva fatta defluire in mare tramite una "rigola" (a Populonia infatti i forni erano eretti in riva al mare). Quando la camera di raccolta era piena il forno veniva fatto raffreddare e poi distrutto, per recuperare la "ciambella" di ferro che si era formata. In altre parole erano forni del tipo "usa e getta".

Secondo molti autori comunque questa ricostruzione appare piuttosto fantasiosa; in realtà cioè, come già accennato, questi forni a "doppia camera" servivano solo per processi di desolfurazione. La vera riduzione del minerale di ferro avveniva in forni più piccoli, alti circa un metro, con un diametro sui cinquanta centimetri e privi del setto forato. In questi forni non si raggiungeva lo stadio liquido e la massa metallica, più o meno depurata dalle scorie, raggiungeva per gravità la parte inferiore del forno sotto forma spugnosa; si otteneva cioè il blumo o massello di cui si è parlato a proposito dei bassi fuochi.

Ma quale era la percentuale di ferro contenuta nella "ciambella", o nel blumo ottenuto? Secondo alcuni autori si arrivava fino al 90 %, (con circa il 10 % di impurezze e un contenuto in carbonio dello 0.06 %) ma questo dato sembra eccessivo, considerando che la ghisa d'altoforno attuale contiene circa il 95 % di ferro.

Secondo altre fonti invece il contenuto in ferro del blumo era molto inferiore, considerando che il minerale originario aveva un contenuto massimo in ferro del 60 % e che le sco-

rie ritrovate ne contengono fino al 50 %. In effetti buona parte del ferro non ridotto rimaneva nelle scorie (di cui si parlerà oltre), come magnetite (Fe_3O_4), wustite o ossido ferroso (FeO), fayalite (Fe_2SiO_4), e silicati vari.

In ogni caso il prodotto ottenuto dagli etruschi era "ad alto valore aggiunto" e veniva esportato in tutto il mediterraneo con le navi che partivano dal porto di Populonia (un po' come i "coils", cioè i nastri laminati a caldo che partono via mare dallo stabilimento ILVA di Taranto per alimentare i grandi centri di laminazione a freddo del nord o per l'esportazione).

Importante era anche il trasporto via terra, che evitava il pericolo dei pirati; attraverso la "via del ferro" che passava per Cerveteri, Roma, Capua e Posidonia il prezioso metallo arrivava al porto ionico di Sibari, dove veniva imbarcato per l'Asia minore, la Grecia, l'Egitto o Cartagine.

Abili fabbri, soprattutto romani, provvedevano, attraverso lunghe operazioni di fucinatura, forgia e martellatura, alla "carburazione", cioè alla trasformazione del ferro dolce del blumo in acciaio. Con questa tecnica artigianale venivano così fabbricati utensili, ma soprattutto armi capaci di incidere il bronzo ed il ferro dolce. Ed ecco così nascere il famoso "gladio", la corta spada della fanteria romana, che contribuì non poco alla conquista dell'impero romano. Andrea Bedetti, a tale proposito scrive: «... i legionari romani si erano fatti strada tra le schiere nemiche con il corto ma penetrante gladio di duro ferro, temperato nei magistrali forni etruschi dell'Elba ... i galli disponevano invece di spadoni dalla punta ottusa di ferro dolce, che si piegavano al primo fendente. I romani li trafiggevano mentre erano intenti a rad-drizzare col piede la loro ingombrante daga ...».

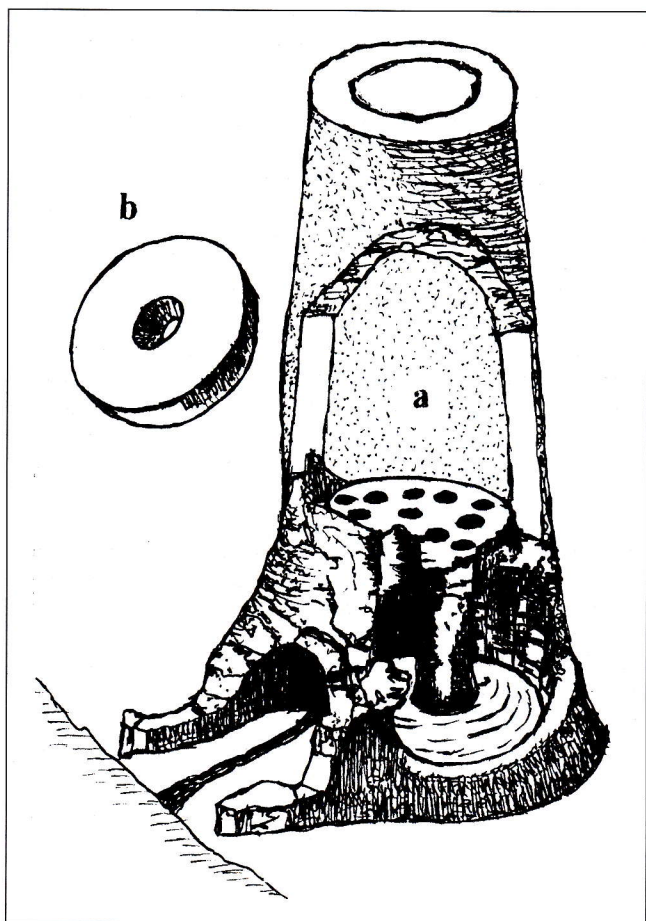


Fig. 7a - Forno etrusco a doppia camera con setto forato.

Fig. 7b - "Ciambella" di ferro ottenuta.

Fig. 7a - Double chamber etruscan furnace with perforated plate.

Fig. 7b - Iron "ring" obtained.

LE SCORIE ETRUSCHE

I forni etruschi, seppure di tecnologia avanzata per l'epoca, non riuscivano comunque a compiere la separazione, anche se non totale almeno abbastanza spinta, della ganga dal ferro metallico. Ecco perché le scorie, cioè il rifiuto della lavorazione che veniva abbandonato, contenevano ancora in prevalenza dei pezzi di materiale aventi intorno al 50 % di ferro. Nelle scorie prodotte da un altoforno attuale tale valore è bassissimo, pari a circa 0.2 % di ossido ferroso, cioè di ferro non ridotto che è "sfuggito" alla ghisa.

Durante i secoli di attività siderurgica gli etruschi accumularono quindi enormi depositi di scorie, in particolare a Baratti, ma anche all'isola d'Elba, a Follonica, a Massa Marittima ecc.

Fino agli inizi del '900 la valle di Baratti rimase sepolta da uno strato di circa sette metri di scorie ferrifere. Il volume di queste scorie nella zona di Populonia fu stimato per difetto in circa due milioni di tonnellate. Esse si estendevano su un'area di quasi 200 ettari, formando delle collinette sulle quali era anche impossibile la coltivazione.

Verso la fine dell'800 cominciarono a verificarsi in questa zona delle importanti scoperte archeologiche, in particolare lo studioso Isidoro Falchi individuò, nel 1897, la necropoli di San Cerbone e la tomba dei Letti Funebri. Pochi anni dopo, con la necessità di ferro per gli armamenti della prima guerra mondiale, iniziò lo sfruttamento per uso siderurgico delle scorie etrusche. Per decine di anni, fino al 1960 circa, queste scorie alimentarono gli altiforni dell'ILVA, in particolare quello, più vicino, di Piombino. Man mano che procedevano gli scavi vennero alla luce molte famose necropoli etrusche, come quella già citata di San Cerbone, del Poggio della Porcareccia e del Poggio del Conchino. Ovviamente i lavori di escavazione, eseguiti su scala industriale, produssero anche danni, distruggendo parte del patrimonio archeologico, ma vennero così alla luce, oltre alle necropoli, una gran quantità di reperti che testimoniavano dell'abilità degli etruschi nella lavorazione dei metalli: armi, elmi, gioielli, specchi di bronzo e monete di bronzo, d'argento e anche d'oro. Famosissima quella, raffigurante una tenaglia ed un martello, che fu poi riprodotta come simbolo della Società Italsider (Fig. 8).



Fig. 8 - Antica moneta di Populonia (riproduzione).

Fig. 8 - Ancient Populonia coin (reproduction).

LA FINE DI POPULONIA

A partire dal III secolo a.C. la potenza etrusca comincia a declinare, sotto la spinta dei greci, dei celti e, soprattutto, con l'avanzata dei romani.

Probabilmente Roma costrinse Populonia a produrre il ferro per le sue legioni, come avvenne nel 205 a.C., per le armate di Scipione l'Africano.

Nell'80 a.C. Populonia viene saccheggiata e semi distrutta

dalle armate di Silla, come punizione poiché la città era stata alleata di Mario. L'agonia della "capitale del ferro" si protrae ancora per circa un secolo fino a quando, in età augustea, essa viene quasi completamente abbandonata, come riferisce lo storico Strabone, che la visitò nel I secolo d.C.

Oggi, visitando la solitaria insenatura di Baratti, dove sorgevano gli "antichi altiforni" degli etruschi, tutto tace e sembra impossibile che qui, 500 anni a.C., ci fosse uno stabilimento industriale, con un grande porto commerciale in cui arrivavano navi da tutto il mediterraneo. Le uniche mute testimonianze rimaste sono le tombe della necropoli, sepolte per secoli sotto le scorie create dall'attività frenetica degli etruschi.

LA CHIUSURA DELLE MINIERE DELL'ELBA

La fine di Populonia determinò una forte diminuzione dello sfruttamento delle miniere dell'Elba e forse fu totalmente interrotto in seguito al "Senatus Consultus Patrum Interdictum" che fu emanato all'inizio dell'Impero Romano per proteggere le foreste della Toscana e del Lazio costiero, gravemente depauperate dalle necessità metallurgiche.

Le miniere vennero nuovamente lavorate verso il 1100 da parte della Repubblica di Pisa, poi passarono allo stato di Piombino e da questo, dopo il congresso di Vienna del 1815, al Granducato di Toscana.

Nel 1814 Napoleone, esule all'Elba, si interessò personalmente, come è dimostrato da alcune lettere, alla creazione di altoforni sull'isola.

La storia più recente delle miniere elbane inizia però sul finire dell'800, quando nasce in Italia l'idea dello sviluppo di una moderna siderurgia basata sull'altoforno, che già si era sviluppata, a partire dalla rivoluzione industriale, particolarmente in Inghilterra e in Germania. Nascono così i primi altiforni italiani che utilizzano i minerali elbani, grazie anche all'iniziativa dell'On. Pilade Del Buono. Il 19 luglio 1899 viene costituita a Genova la "Elba Società Anonima di Miniere e Alti Forni", che, nel giro di tre anni costruisce a Portoferraio il primo altoforno a coke italiano, che viene messo in marcia il 2 agosto 1902, con una potenzialità di 150 t di ghisa/giorno. Il 20 ottobre 1903 entra in funzione il secondo altoforno a Portoferraio, seguito nel 1905 da quello di Piombino e, nel 1909, da quelli di Bagnoli. Conseguentemente cresce l'estrazione del minerale elbano che, nel 1913, è di 550 000 t. Nel 1924 alla S.p.A. Elba succede la Società Concessionaria delle Miniere dell'Elba, assorbita nel 1931 dall'ILVA. Nel 1939 l'appalto passa alla Ferromin che lo mantiene fino al 1970.

Siamo ormai negli anni del secondo dopoguerra, che vedono la nascita del centro siderurgico di Genova (1951) ed infine (1965) di quello di Taranto.

Ma proprio nel dopoguerra avviene, nel campo cantieristico navale una rivoluzione tale da permettere il trasporto via nave, a bassi costi, di ingenti quantità di materiali. Ci si rende conto che è assai più conveniente utilizzare minerale ricco di ferro d'oltre oceano anziché il minerale povero estratto in regioni vicine agli altiforni. È l'inizio della già accennata "siderurgia costiera", che porterà inevitabilmente al soccombere delle miniere elbane.

Dal 1970 al 1980 la gestione delle miniere dell'Elba passa all'Italsider, che utilizza modeste quantità di minerali elbani nei propri stabilimenti di Genova, Piombino e Bagnoli. La produzione delle miniere, che era nel 1971 di 428 000 t, si riduce, nel 1979, a 285 000 t, pari a circa l'1.6 % del consumo siderurgico di minerali di ferro. I minerali prodotti dai cantieri dell'Elba vengono impiegati in pezzatura in altoforno (grana Rio, grana Calamita) o negli impianti di agglomerazione (fini Rio, fini Calamita).

Fu anche costituito un "Comitato tecnico per l'utilizzo dei minerali feriferi elbani", che però giunse alla conclusione

che la cessazione dell'utilizzo di tali minerali derivava non tanto dal basso contenuto in ferro (38-44 %), né dalla abbondante ganga silicea (20-24 %), bensì dalle impurezze presenti in percentuali elevate ed in particolare:

- alcali (Na₂O + K₂O) = 0.65 - 1.90 %
- zolfo (S = 1.0 - 2.0 %)
- zinco (ZnO = 0.035 - 0.042 %)
- rame (Cu = 0.050 - 0.150 %)
- arsenico (As = 0.020 - 0.025 %)

In effetti tali elementi, presenti in forte misura nella carica ferriera determinano anomalie nella condotta dell'altoforno, mentre, in particolare arsenico e zolfo, possono dar luogo ad inquinamento dell'ambiente.

Ovviamente si scatenarono forti polemiche, anche perché venivano persi centinaia di posti di lavoro (Fig. 9), ma alla fine, nel 1981, vennero chiusi definitivamente i cantieri delle miniere dell'Elba e cessò così un'attività mineraria che era durata oltre 4000 anni. Ciò malgrado che le riserve di minerali di ferro accertate, nei soli giacimenti esplorati, fossero di circa 16 milioni di tonnellate.

Un proseguimento dell'attività estrattiva si ebbe comunque, fra il 1980 e il 1992, nel cantiere di Santa Filomena, a Rio Marina, dove era attiva, per conto della Nuova Italsider, una

Domenica 2 novembre 1980

1/LA NAZIONE

CRONACHE DELL'ELBA

Porta inquinamento il minerale elbano

Vivace reazione negli ambienti economici e politici - Una notizia completamente distorta

La notizia che il minerale elbano è in siderurgia portatore di un carico inquinante considerevole in funzione soprattutto delle impurezze in alcali, zinco, rame, zolfo e arsenico ha trovato ieri vivace reazione negli ambienti economici e politici elbani. Anche perché le conclusioni del comitato di studi erano state già a suo tempo rese note e la notizia così pervenuta, sembra da certi ambienti romani, è completamente distorta.

A parte il fatto che non esiste minerale privo di impurezze che non abbiano bisogno di un pretrattamento e che quello scavato e importato dall'estero contiene le stesse impurezze rilevate in quello dell'Elba, gli studi dello stesso comitato hanno dimostrato che nei grezzi elbani possono essere agevolmente eliminate tali impurezze con l'ottenimento di concentrati di caratteristiche identiche a quelle dei minerali approvvigionati altrove. I cinque miliardi cui accenna la notizia non occorrono precipuamente per gli studi atti ad identificare l'uso cui destinare il minerale elbano al di fuori della siderurgia, ma bensì per attuare un programma che costituisca la base di avvio per una ricerca rivolta alla conoscenza della natura e dell'aspetto del materiale giacente e da escavare.

Tra l'altro, le conclusioni del comitato di studi hanno pressoché concordato con le tesi sostenute dalle maestranze delle miniere elbane e delle forze sindacali: il minerale dell'Elba c'è ed è idoneo. È necessaria semmai la volontà di migliorare ed aggiornare gli impianti (piazzali, capannoni, impianti di carico, moli attrezzati) e consentire percorsi più veloci ai mezzi di trasporto. Ed è proprio questa volontà che gli elbani vogliono veder dimostrata.

Fig. 9 - Le proteste degli elbani contro la chiusura delle miniere di ferro nel giornale "LA NAZIONE" del 2 novembre 1980.

Fig. 9 - Complaints of Elba people against the shut down of iron ore mines, in the newspaper "LA NAZIONE" dated November 2nd, 1980.

cava di silicati di magnesio nella formazione della Serpentina "Antica", a tetto degli scisti lucenti del Mesozoico metamorfico.

Le serpentiniti, come anche le duniti e le oliviniti, vengono impiegate in altoforno come fondenti acidi, apportatori cioè di silice, per garantire la formazione di un consistente strato di loppa desolforante, e di magnesio, come fluidificante della loppa stessa.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In questo lavoro, molto modesto, sicuramente non si dice nulla di più di quanto già era noto.

Nonostante ciò può essere di qualche utilità l'aver mostrato come la storia delle miniere di ferro dell'Elba abbia accompagnato per migliaia di anni l'evoluzione della siderurgia italiana, dagli antichi forni fusori etruschi fino al moderno altoforno.

Con un po' di retorica riportiamo una frase tratta dall'introduzione del volume (1947) *Ilva altiforni e acciaierie d'Italia*: "...sono piccoli fuochi che si accendono solitari sotto la volta del cielo dell'Elba, i primi forni fusori che rosseggiavano sull'orizzonte estremo dell'antichità segnando quasi, nel loro lento avanzare attraverso i secoli, una via ideale di progresso e civiltà...".

BIBLIOGRAFIA

A.A.V.V. (1979): Qualità e utilizzazione dei minerali elbani. Atti del Convegno al Palazzo Granducale, Provincia di Livorno, 7 dic. 1978.

A.A.V.V. (1948): *Ilva alti forni e acciaierie d'Italia 1897 -*

1947. Istituto italiano d'arti grafiche di Bergamo, pp. 369.

A.A.V.V. (1999): L'epistolario elbano di Napoleone. Lo scoglio, Elba ieri, oggi, domani, n. 55, anno XVI, I quadrimestre 1999.

BERVEGLIERI A. (1972): Studio sulle possibilità di impiego di duniti in altoforno. Tesi di laurea in Scienze Geologiche. Istituto di Petrografia, Università di Genova, Anno Acc. 1972-1973.

BERVEGLIERI A. (1985): La siderurgia a ciclo integrale. Sviluppo tecnologico, materie prime e localizzazioni industriali. Tesi di laurea in Geografia. Istituto di Geografia, Università di Genova, Anno Acc. 1985-1986.

BRAMBILLA G. (1993): Elban low bloomery. Atti del Simposio internacional sobre la Farga Catalana, Barcellona, 1993.

GIARDINO C. (1998): I metalli nel mondo antico. Introduzione all'archeometallurgia. Ed. Laterza, Bari, pp. 277.

MUZIO, MICHELANGELI, GALDELLI, NESI, DE MURTAS, SAIA (1999): Istituzione del Parco di archeologia mineraria e metallurgica della regione Toscana. Proposta di legge n. 5731, presentata alla Camera dei Deputati il 24 febbraio 1999.

SALAMONI E. (1983): Dal ferro all'acciaio. Editori Riuniti, Roma, pp. 157.

TANELLI G., BENVENUTI M. (1998): Guida ai minerali dell'Isola d'Elba e del Campigliese. Il Libraio, Portoferraio - Isola d'Elba, luglio 1998, pp. 164.

TESTAFERRATA L. (1993): Nell'Aldilà degli Etruschi. Bell'Italia, Editoriale Giorgio Mondadori, Anno VIII, n. 85, maggio 1993, pp. 12.

VIOLI G. (1972): Processi siderurgici. ETAS KOMPASS, Milano, pp. 678.

A B S T R A C T

ELBA'S IRON MINES AND ETRUSCAN SMELTING FURNACES, BLAST FURNACE'S ANCESTORS

For thousands of years, certainly more than 4000, the mines of Elba island were exploited for metals extraction; firstly the copper and then, more and more important, the iron. The Etruscans, this mysterious population, began to work the Elba iron ore in little shaft furnaces that, differently from the more ancient low-fires, started to go upwards, so that they can well be defined the ancestors of the modern blast furnace. Initially (IX century B.C.) the furnaces were installed near the mines, in Elba island, named by Greek people "the island of thousand fires"; successively (V century B.C.) when the wood of the island, necessary for the charcoal production, was finished, the Etruscans decided to transfer the iron production in the Baratti gulf, in the Tuscia, the ancient Toscana, not more than ten kilometres far from Elba island. Here they founded the town of Populonia, that became the most important siderurgical place of the "iron period". Populonia produced and "commercialized" his iron manufactures all over the Mediterranean sea and was one of the first

etruscan cities to strike money. In this article we deal with Elba iron ores varieties and with the etruscan techniques to obtain iron from Elba iron ore. Did they use bellows or not? What was the maximum temperature reached during the process? A lot of these questions are, yet today, unexplained. We know that more than two million tons of slags were accumulated in the Baratti gulf, in a layer seven meters high, evidence of the etruscan siderurgical activity in several centuries. These slags, countering up to 50 % of iron, were used by italian iron metallurgy between 1915 and 1960. During the excavation were discovered the etruscan necropolis, buried under the slags for almost three thousand years. Populonia siderurgical activity stopped at the beginning of Christian era. The mining operations of Elba iron ore mines restarted strongly only with the beginning of 1900, when in Portoferraio (Elba island) was installed the first italian coke blast furnace. The Elba iron ore exploitation has been continued until 1981, when, after more than 4000 years, the mines were closed. The reason was not the low iron content of the ore, but the high concentrations of impurities, as sulphur, alkalis, copper, zinc and arsenic.