

# Il modo indiretto di produrre il ferro in Italia dalla fine del Medioevo (XIII - XVI Secolo)

E. Baraldi

**F**onti statutarie e fonti private, prevalentemente notarili, hanno confermato l'esistenza di una siderurgia indiretta a partire dal XIII secolo sul lato Sud delle Alpi. Essa avveniva in un complesso composto da due impianti: il *furnus/forno* e la *fuxina/fucina*.

La riduzione del minerale di ferro con il modo indiretto fu praticata sul versante meridionale delle Alpi almeno dal XIII secolo<sup>(1)</sup>.

Non è un'affermazione originale. Era ad esempio la convinzione di Rolf Sprandel, nel suo *Das Eisengewerbe im mittelalter*, pubblicato nel 1968. Sprandel aveva basato le sue osservazioni prevalentemente su fonti di carattere economico e commerciale; mancava però delle necessarie conferme della sua ipotesi sul terreno della produzione: insediamenti e tecniche produttive. Le ricerche effettuate negli anni successivi hanno permesso di risolvere sia pure a grandi linee questa lacuna. Fonti statutarie e fonti private, prevalentemente notarili, hanno confermato l'esistenza di una siderurgia indiretta a partire dal XIII secolo sul lato Sud delle Alpi. Essa avveniva in un complesso composto da due impianti: il *furnus/forno* e la *fuxina/fucina*. La parola *forno* era usata per indicare sia tutto l'impianto incluso i mantici, sia la sola torre di riduzione detta dai bresciani *canecchio*. Minerale alternato a strati di carbone di legna era introdotto dall'alto nel forno, alla cui base si estraeva, più volte durante le 24 ore, *ferrum crudum/ferro crudo* ovvero ghisa liquida. Nella fucina, detta anche *fucina grossa*, la ghisa in pezzi era rifusa per essere ridotta in masselli di ferro. In entrambi i casi, la ventilazione necessaria per la combustione del carbone era prodotta, almeno fino alla seconda metà del Seicento, da mantici mossi da ruota idraulica.

Due questioni hanno fatto esitare gli studiosi di fronte alla conclusione che tale pratica esistesse in quest'area dal XIII secolo e che nel XIV fosse già solidamente affermata. La prima: all'epoca tecniche concorrenti e in particolare la produzione di ferro col modo diretto sono nell'area sconosciute. Poiché per molto tempo si pensò che la riduzione del minerale di ferro col modo diretto (minerale → ferro) dovesse per necessità precedere quella col modo indiretto (minerale → ghisa → ferro/acciaio/ghisa in getti) si esitava a prendere atto del secondo in assenza di tracce del primo ma, com'è evidente, si trattava di una conclusione arbitraria<sup>(2)</sup>.

La seconda questione deriva dal fatto che la diffusione della

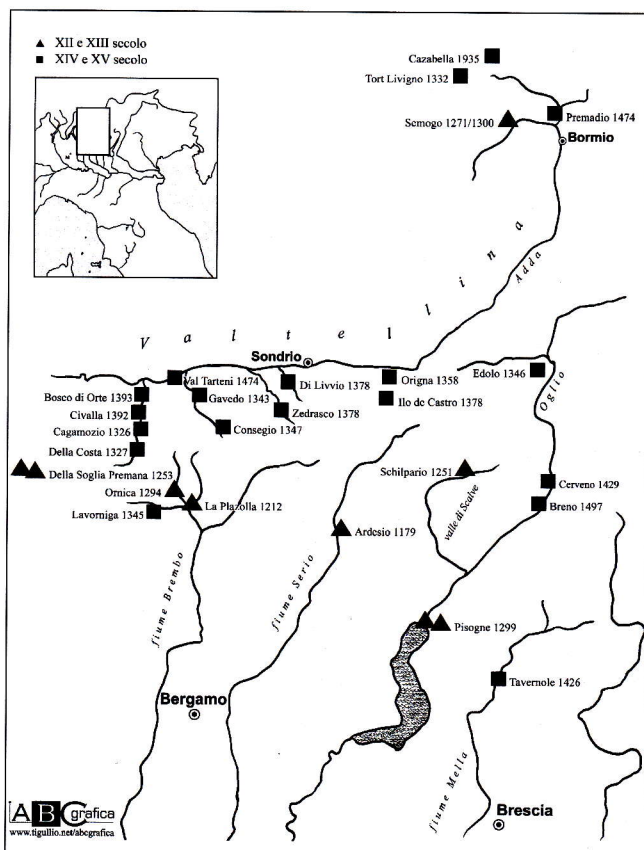


Fig.1 - I forni nelle Alpi lombarde tra XII e XV secolo.

pratica avvenne massicciamente a partire dalla seconda metà del XV secolo e specialmente dal XVI secolo nell'Europa Occidentale. Appariva quindi improbabile che in altre regioni europee il modo indiretto avesse raggiunto da oltre 150 anni caratteristiche economico tecniche (standard produttivi

Enzo Baraldi,  
Centro di studio sulla storia della tecnica  
Consiglio Nazionale delle Ricerche presso Università degli Studi,  
Dipartimento di Storia Moderna, Genova

Memoria presentata all'*Europäische Eisenstrasse - Internationale Tagung: Sonntagberg - Hospitz, 16-20 Settembre 1998* (E. Baraldi, *Indirect approaches to iron production in the late Middle Ages - XIII-XVI century*). Si riproduce qui il testo in lingua italiana con modifiche alla parte iconografica e l'aggiunta di alcune considerazioni sul dibattito svolto.

<sup>(1)</sup> I riferimenti principali della comunicazione in: E. Baraldi / M. Calegari, *Pratica e diffusione della siderurgia "indiretta" in area italiana (sec. XIII-XVI)* e E. Baraldi, *Ordigni e parole dei maestri da forno; lessico della siderurgia indiretta nelle valli lombarde fra XII e XVII secolo*. Entrambi in corso di pubblicazione nella *Collection de l'Ecole française de Rome* nel volume: *La sidérurgie dans les Alpes italiennes, XIIIe-XVIe siècle*.

<sup>(2)</sup> Intendiamo con modo diretto quello praticato nell'area appenninica in ferriere o fabbriche, i cosiddetti bassi fuochi, che ottenevano direttamente dal minerale un massello di ferro; altra cosa sono gli impianti (le maniche degli Etruschi o di epoca romana, i forni a cupola ecc.) che sembrano precedere l'uso della forza idraulica applicata alle soffiérie, e che con scarsissima resa producevano una spugna di ferro mista a scoria, carbone, minerale e che necessitava di una ulteriore riduzione per essere trasformata in massello finito. È casomai questo secondo tipo di impianto che può considerarsi l'antesignano del forno da ghisa.

ecc.) tali da renderlo perfettamente controllabile ed esportabile. Di fronte alle indiscutibili prove che il procedimento indiretto a Sud delle Alpi era noto e operante, si preferì pensare che si trattasse di un sistema tecnico con capacità produttive ridotte. Un sistema cioè di limitata incidenza economica destinato alle produzioni speciali, in particolare d'acciaio. In conclusione si affermava che, se pure il modo indiretto era stato praticato in area alpina, ciò era avvenuto in particolari e limitati settori della produzione siderurgica.

Anche in questo caso si trattava di una posizione storicamente ingiustificata. La tarda diffusione del modo indiretto in Europa non esclude che in area alpina già da epoca molto precedente lo stesso fosse operante con successo e avesse già vissuto un'importante e lunga fase diffusiva verso regioni vicine.

Nella Fig.1 sono localizzate con un simbolo a triangolo le prime sedi (XII - XIII secolo) in cui è documentata la produzione del ferro col modo indiretto. Come si può osservare gli impianti sono tutti ubicati, ad eccezione di quello posto in prossimità di Bormio, sulla sinistra orografica della Valtellina, attorno ai suoi massicci minerari delle Valli Gerola, Brembana, Seriana e di Scalve. Qui il *forno* corrispose ad una fase storica dell'organizzazione comunitaria. Esso poteva essere proprietà della comunità o di una società di privati, *compagnia*, ma in entrambi i casi serviva a valorizzare risorse minerarie locali di cui i privati erano titolari. La sua gestione prevedeva che il tempo di funzionamento fosse ripartito in quote divise tra coloro che per l'inizio della campagna avessero approntato il minerale da fondere e il carbone necessario. Ne forniscono ampia prova gli Statuti d'alcune valli alpine del XV secolo e atti notarili a partire dal XIII secolo.

Per l'età successiva, XIV e XV secolo (in fig.1 le località d'ubicazione dei forni indicate con un quadrato), è disponibile un maggior numero d'informazioni. Siamo di fronte ad una conferma delle vocazioni dell'area già considerata ed anche ad un aumento degli insediamenti produttivi. Disponibilità d'acqua, di boschi e di miniere sono fattori che accompagnano la presenza del forno e della o delle fucine ad esso asservite. I proprietari o i titolari di quote di miniera e di boschi sono i protagonisti sociali ed economici dell'impresa. A partire almeno dal XV secolo è documentata la diffusione delle pratiche esistenti nelle valli citate verso altre regioni. Ciò avvenne con migrazioni, in genere temporanee, di pratici provenienti dalle stesse e grazie all'interesse, prevalentemente politico/militare, di Principi e mercanti dell'epoca. Proprio gli sviluppi militari della produzione, palle di ghisa per artiglierie e acciai, furono occasione del transfer tecnico, e alla base d'alcune modifiche dei modi di fare rispetto alla terra d'origine.

Nella fig.2 ho localizzato alcune delle sedi di queste migrazioni; luoghi dove uomini, pratici provenienti dalle valli alpine portano il loro modo di fare il ferro. Verso Est le valli minerarie affluenti la Val di Sole (fine XIV secolo) e l'Agordino a nord di Belluno (inizio XV secolo). In direzione Sud, fra il 1463 e il 1545, nell'Appennino alle spalle di Genova, in prossimità di Piacenza, nell'area Apuana, nel Pistoiese, nel Senese e a Nord di Piombino. A partire dalla seconda metà del XVI secolo la direzione è l'area Apuana, maremmana, laziale, calabrese, siciliana e il Piemonte, nella bassa valle del Sesia a Postua. Da notare che nell'area bresciana e bergamasca nel 1565 era accertata l'attività di "forni fabbricati per fare il ferro crudo che ascendono alla somma di 50 in su"<sup>(3)</sup>.

Tra i primi del XV secolo e la prima metà del XVI, ma anche in seguito, l'area storica della produzione del ferro col modo indiretto e quella delle migrazioni, dove la tecnica era

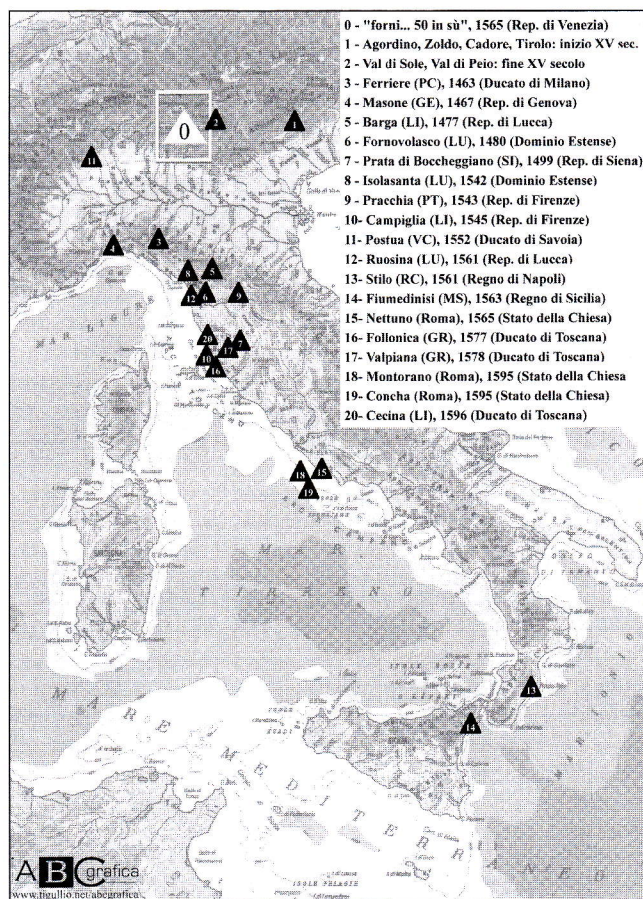


Fig. 2 - Diffusione del processo indiretto "more brixiano" in Italia fra XV e XVI secolo.

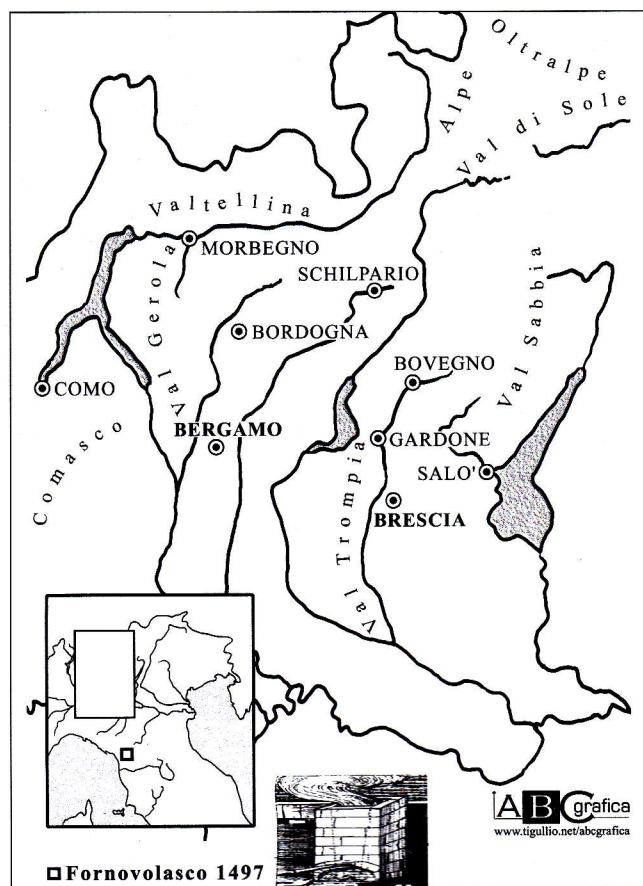


Fig. 3: Provenienze di pratici ed esperti impegnati nella costruzione e gestione di *forno* e *fabricha* a Fornovolasco (1497-1500).

<sup>(3)</sup> Proposta di tassazione fatta da Battista Foi da Bagolino ai Rettori di Brescia; R. Putelli, Vita, storia e arte bresciana nei secoli XIII - XVIII, "Industrie" vol. IV, Breno 1937, p. 52.

stata esportata, vissero in continuità. Tra esse c'era uno stabile scambio di uomini, pratici e mercanti e conoscenze che interessò decine di comunità.

La Fig. 3 si riferisce alla costruzione e al funzionamento del forno e della *fabricha che ha fusine tre* a Fornovolasco (1497-1500). Il maestro reclutava i propri uomini - non soltanto maestri da forno e da fucina, ma anche minatori e carbonai - in tutte le valli alpine delle attuali provincie di Brescia e di Bergamo. A ciò si deve la definizione di bresciani e bergamaschi con cui le fonti dell'epoca indicano i pratici provenienti da quelle valli e che trasferirono il modo indiretto dalle terre d'origine ai luoghi dell'emigrazione.

Quali sono le caratteristiche tecniche del processo indiretto di cui ho parlato finora? Ci sono elementi che suggeriscono che tale processo abbia avuto nel corso del tempo, quindi per quel che ci riguarda fra XIII e XVI secolo, modifiche anche importanti. Esse però non furono significative dal punto di vista qualitativo, essendo la caratteristica fondamentale del processo stesso la produzione di ghisa allo stato liquido.

I forni erano a forma di torre o manica, con un profilo interno a base quadrangolare fortemente rastremato verso il basso, che si conservò fino alla prima metà del XIX secolo. Erano aperti alla sommità da dove erano caricati. Nella faccia anteriore si introduceva l'aria e dalla stessa si estraeva la scoria e zampillava la ghisa. Erano impianti superiori a quelli noti e utilizzati per la riduzione di altri minerali. La loro altezza era determinata dalla potenza delle soffierie che dovevano permettere di raggiungere le temperature necessarie a separare il ferro dai suoi ossidi e a legarlo col carbonio per produrre ghisa. Nel 1463 a Ferriere di Val Nure vicino Piacenza, l'altezza del forno era di circa 4,5 metri, i palchi dei mantici avevano una lunghezza di 3,5 metri. Pochi anni dopo nel 1497 a Fornovolasco, nelle Apuane, il canecchio sfiorava i sei metri in altezza per una pari larghezza in facciata con i due lati paralleli ad essa ortogonali di circa 3,5 metri, mentre i mantici misuravano 4,6 metri. Nel 1710 a Stifone, provincia di Terni, ad un'altezza del forno di quasi sette metri corrispondevano mantici lunghi 5,6 metri.

La qualità del minerale, fusibilità e percentuale di ferro in esso contenuto, fu la variabile che condizionò sempre il buon funzionamento dei forni. Sembra - da testimonianze della metà del XVI secolo - che in epoca precedente, ma non è chiaro fino a quando, i forni del versante sud delle Alpi riducessero soltanto i minerali ricchi e facilmente fusibili. L'uso di fondenti, che abbassavano il punto di fusione della scoria, è documentato almeno dalla metà del Quattrocento (Statuti di Lecco e i "classici" a cominciare da Francesco Di Giorgio Martini). La torrefazione del minerale, con lo scopo di ottenerne una parziale riduzione, è documentata invece già dalla fine del XIII secolo (fornaci d'arrostimento a Semogo). Quando nel XV secolo i forni, intesi come soggetti del modo indiretto e etichettati come bresciani, viaggiarono con i loro artefici, inclusi carbonai e minatori, verso altre regioni, furono soprattutto impiegati per ridurre vene difficili, *salvatiche*. Proprio nell'Appennino *bresciani* e *bergamaschi* operarono probabilmente le migliorie necessarie per fondere vene diversamente non riducibili. E' ragionevole pensare che ciò abbia corrisposto a un incremento delle dimensioni dei forni. Nella sua *Pirotechnia*, pubblicata nel 1540, Biringucci osservava che era possibile fondere vene difficili perché si poteva disporre di forni bresciani molto grandi in cui agivano *galiardi e possenti fuochi* grazie all'uso di *grandi mantici*.

All'inizio del processo il forno era riscaldato con sola legna, poi seguiva una fase di riscaldamento più intenso con soli carboni di legna e soltanto dopo otto o dieci giorni si avviava la grande ruota che azionava i mantici mentre strati di minerale erano alternati a strati di carbone nel *canecchio*. Da questo momento il forno iniziava la sua attività a regime, che proseguiva senza soluzione di continuità per le settema-

ne o i mesi programmati. Il suo spegnimento corrispondeva, salvo fatto traumatico, al suo calo di rendimento dovuto al deterioramento della camera di colata. Fatte le necessarie riparazioni il forno poteva essere riavviato. A Fornovolasco le campagne si svolsero durante l'estate e durarono 67 giorni nel 1497, altrettanti nel 1498 e soltanto 40 giorni nel 1500 a causa della cattiva qualità della vena.

A Isolasanta tra il 1542 e il 1556 le campagne duravano circa tre mesi.

Al forno di Isolasanta nel 1545 un maestro con la collaborazione di alcuni aiutanti, da quattro a sei, governava il forno e sovrintendeva alla qualità delle forniture di minerale e carbone.

Ogni ora, a volte anche più spesso, il forno era alimentato con quantità costanti di carbone, vena e, se necessario, di fondenti. Queste ultime due erano le variabili sulle quali agiva il maestro in base alla propria esperienza (colore e consistenza della scoria). Quando la scoria raggiungeva un determinato livello al di sotto dell'ugello essa era estratta con appositi attrezzi e ogni tre o quattro ore si forava il forno alla sua base per farne zampillare la ghisa che si raccoglieva in una forma approssimativa ricavata nella sabbia. A Fornovolasco, nel 1497, le colate variavano fra il quintale e il quintale e mezzo, per un totale giornaliero compreso fra i sette e i dieci quintali. Nel 1545 a Isolasanta le colate erano, regolarmente, attorno al quintale e mezzo e la produzione giornaliera di circa 15 quintali, ma in questo caso si fondeva vena elbana, cioè di gran resa e fusibilità; i consumi di vena erano invece mediamente identici per entrambi gli impianti (30 quintali circa al dì).

Nella Fig. 4 sono riprodotti tutti gli utensili di ferro che il maestro bresciano Tachettino, proveniente dalla Val Gerola, aveva fatto fare nella *fabricha* di Fornovolasco per lavorare al forno da lui stesso progettato<sup>(4)</sup>. La scala, anche se intuitiva, è stata ricavata esattamente tenendo conto del peso dei singoli oggetti disegnati. Si tratta di un corredo ricco che nelle linee essenziali corrisponde all'inventario di utensili noto per il forno di Semogo del 1282. In particolare richiamo l'attenzione sugli utensili utilizzati per estrarre la scoria dall'interno del forno e quelli per forarlo e far zampillare la ghisa. E' la prova che anche a Semogo si cavava soltanto ghisa liquida.

Le indagini condotte sinora fanno pensare che la siderurgia indiretta del versante Sud delle Alpi faccia parte di un tessuto tecnico e produttivo più vasto. E' quello del mondo alpino dove a partire dal XIII secolo è ben documentata la circolazione di minatori - specie per le vene pregiate - e di informazioni minerarie e metallurgiche. Nel settore siderurgico le tavole prodotte agli inizi del XVI secolo da Blasius Weffring per conto di Agricola, documentano un sistema tecnicamente molto evoluto. Anche se esso presenta, rispetto a quello descritto qui, alcune differenze interessanti, ne appare per altri aspetti il completamento. In ogni caso c'impugna ad una comparazione, ora che i risultati delle ricerche sul versante Sud delle Alpi rendono tale comparazione possibile e produttiva.

<sup>(4)</sup> La pubblicazione dei disegni è stata autorizzata dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali dell'Archivio di Stato di Modena (9/3/199, Prot. n. 406/V.9), che ringrazio.

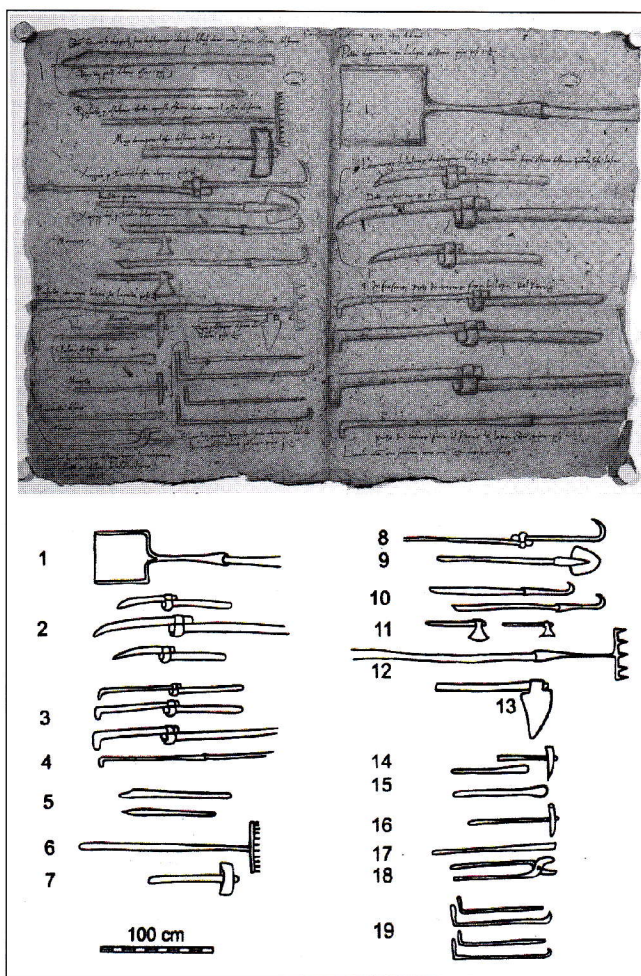


Fig. 4: Massariciae per el forno, adi ij de lujo 1497. (Maestro Jacopo Tachetto da Giarola; cm 43 x 32; matita rossa su carta straccia grigio azzurra.

ASM, Archivio per Materie, Miniere 4, fasc. 1498-1543.

- 1 - Palla da portare via la lopa del forno, pesa pesi 1<sup>1/2</sup>
- 2 - Le tre verge infrascrite da distropare li busi per fare venire fuori el ferro del forno quando se fa la sia. Debe pesar tutti tria pesi 5<sup>1/2</sup>
- 3 - Quattro infrascritti pichi da tirare fora la lupa dal forno
- 4 - Picho da tirare fora del forno la lopa debe pesare pesi 2<sup>1/2</sup>. Li vuole etiam una stadiera como una caza da pesare el ferro
- 5 - Badille quatro
- 6 - Questi due palli sono da distropare a le volte le busi dove vene fuori el ferro del forno. Diti due palli debeno essere pesi 3
- 7 - Rastello per el sabiono che sta apresso el forno dove coce la sia del ferro
- 8 - Mazo da rompere la sia del ferro de pesi 1
- 9 - Anzino per tirare la sia a laqua peso 1<sup>1/2</sup>
- 10 - Anzini dui per tirare le lope a laqua
- 11 - Manaretti
- 12 - Rastello che carga la lopa su la palla peso 1<sup>1/2</sup>
- 13 - Zapa per discopre el ferro de laqua peso 1<sup>1/2</sup>
- 14 - Martello
- 15 - Paleti de legno doe
- 16 - Queste quatro verzelle sono da curare l'usello. Dete verzelle debeno pesare pexo 1<sup>1/2</sup>
- 17 - Martello
- 18 - Levarolla di ferro
- 19 - Tenaie

Questi sie o ferri qui di sopra legati se adoperano tutti a fare et disfare l'usello del forno. Debeno pesare pexi 1<sup>1/2</sup>.

1) La proposta venuta da alcuni nel corso del Congresso di Sonntagberg di invitare gli studiosi di storia della siderurgia ad unificare i termini tecnici usati per indicare gli impianti e i prodotti del processo indiretto, può dare luogo a risultati opposti a quelli auspicati. A Georg Bauer mancavano non soltanto le parole latine, ma spesso anche le parole tedesche per descrivere le "nuove" tecniche metallurgiche e minerarie che voleva divulgare (penso ad esempio alla perifrasi *ein ofen gleich dem darinen man die rohe schicht arbeit/doch vil weiter un hoer* - contenuta nel dizionario tedesco/latino in appendice al De Re Metallica - che traduce con il generico fornax); ma la sua era appunto un'opera colta di divulgazione e traduzione che non teneva conto del linguaggio dei pratici. Lo studioso d'oggi deve invece procedere nella direzione opposta, attento a che la varietà, l'originalità e l'originarietà dei termini tecnici vada conservata nel tempo e nello spazio utilizzando ciascun inventario o documento od oggetto riferibili ad una pratica come un *unicuum*. Com'è possibile avvicinarci alla comprensione di una tecnica se non se ne utilizza la sua traccia più consistente e cioè il suo lessico originale in tutte le sue varianti? Altrimenti rischia di spezzarsi quel filo che certamente lega le numerose lingue - dei segni, delle parole, delle cose - dei pratici, dei notai, degli amministratori, dei letterati e dei loro traduttori, con riguardo alla regione d'appartenenza. E. Landsteiner (relazione dal titolo "Der Stahllexport aus Steyr und die Nürnberger Rüstungsindustrie um 1600", L'industria dell'acciaio della Stiria e quella dell'armamento di Norimberga fino al 1600) ha osservato che nei libri contabili riferibili ai secoli XVI e XVII l'impianto che produceva ferro crudo era detto *radwerke*. E' possibile che i pratici fonditori usassero un altro termine, ad esempio *hochofen* ed oggi si potrebbe discutere se si trattasse di *massofen*, *stuckofen*, *blasofen* o *flossofen*; credo che soltanto non traducendo la parola (*radwerke*) sia possibile conservare un termine di confronto, non perdendo preziose informazioni come, nel caso, il riferimento all'energia utilizzata. Per ciò che riguarda l'Italia l'impianto di riduzione nelle fonti notarili era definito *furnus/forno* (Ardesio, 1179), già caratterizzato nel 1276 a Semogo dalla torre di riduzione detta *canicho/cannecchio*: se *furnus* poteva indicare sia tutto l'impianto inclusi i mantici, sia la torre di riduzione, il *canicho*, parola bresciana, identificava esclusivamente quest'ultima. Ma questo stesso tipo di fonte (notarile) poteva essere più o meno specifica secondo la situazione in cui era stata prodotta (ad esempio per quali finalità) o della lingua usata (latino o volgare o entrambi), ma soprattutto era caratteristica del tempo e del luogo in cui era espressa. Ne sono un esempio i numerosi sinonimi con cui in Italia era chiamato il prodotto del forno "more brixiano": *ferro crudo*, *ferro grosso*, *ferro grezzo*, *ferro purgato*, *sia*, *ferraccio*... tutti sinonimi di ghisa, ma che esprimono un diverso modo di classificarla forse anche in funzione del minerale utilizzato o di piccole modifiche al processo di fusione o, infine, del lessico del maestro.

2) Gli Statuti di Lecco (XIV-XV sec.) stabilivano che: *et intelligatur esse fucina grossa si mantessi eiusdem fucine ducantur cum rota et arbore ad aquam et si in focho fucine fit vel colatur aut laboratur ferum de scalia, vena rotura, vel fero crudo*. La sua descrizione, che stabilisce un nesso prezioso tra la fonte d'energia e la materia prima lavorata, è stata letta come una prova che la *fucina grossa* potesse effettuare la produzione di ferro sia attraverso la riduzione di *ferro crudo* sia direttamente dal minerale. Ciò era senz'altro possibile ma non risponde alla descrizione contenuta nello Statuto. Qui, infatti, *scalia* e *vena rotura* erano usate come fondenti del *ferro crudo*, appartenevano cioè ad una miscela. Diversamente si dovrebbe intendere che se poteva funziona-

re con la sola *vena rotura*, la fucina avrebbe dovuto anche servirsi del solo *ferrum de scalia*, pratica non documentata in alcun'occasione. La fucina di Sarnico, le fucine del Lecchese e tutte le altre sottoposte all'autorità dei *conductores* riducevano (*coquere*) *ferrum grossum* e non minerale se non in quantità modesta e in una pezzatura caratteristica con la sola funzione di fondente.

In conclusione: le fonti bresciane e bergamasche note non fanno mai riferimento al modo diretto (da minerale a ferro in un unico passaggio) e ciò vale anche per la vicina area lecchese. L'impressione che si riceve dalle norme pubblicate nello "Statuto" del 1353 e da quelle precedenti è inequivoca: esse si riferiscono ad un sistema caratterizzato dalla produzione di *ferrum crudo* in *forni* e dalla sua ulteriore riduzione in fusine le cui caratteristiche sono precisamente quelle viste a Fornovolasco (Lu) nel 1497; qui, a differenza delle fonti lombarde, la *fusina* era indicata col termine *fabrica* o *ferreria*, utilizzata indifferentemente per fondere ghisa o minerale, mentre col termine *fusina* s'indicava il fuoco ove si lavorava. Ma le differenze si fermano qui.

3) La produzione in Val Gerola del *forno* di *Cagamozio*, nel 1328, in una zona dove la stessa fonte documentava la presenza di altri *forni* che davano un analogo prodotto, consisteva in *ferrum grossum, menutum et massas*. Parte di esso, di proprietà di uno dei *participes*, era lavorato in una *fusina* posta nella stessa Val Gerola, a Vedrano.

Si trattava di una *fluxina pro coquendo et laborando* dove il

citato *ferrum grossum, menutum et massas* erano trasformati in *regones vel verzellas*. Mentre il ferro grosso (ghisa) e il ferro minuto (ghisa estratta dalle loppe) erano consegnati frantumati al maestro della fucina che provvedeva al trasporto nel suo impianto, le masse erano lasciate integre e lo stesso maestro poteva usare il forno per rompere quelle più grosse, superiori a circa 100 kg. L'informazione è stata letta come la prova che il forno fosse una sorta di *stuckofen*. Se ciò fosse vero non si capisce perché, cavata la massa rovente dal forno non si procedesse subito al suo frazionamento, come era nella normalità di questo procedimento (nella *Pratica minerale* Della Fratta descrive i due procedimenti e nel caso dei forni che producono masse di ferro grezzo avverte che esse non debbono essere cavate fredde dal forno altrimenti non possono essere ridotte in pezzi con le mazze). I forni della Val Gerola a fine campagna, potevano anche essere utilizzati, aperti, come una sorta di fucina, anche se non esiste una documentazione relativa a tale loro destinazione. Aperto il forno per cavare la massa anomala che poteva averne causato l'arresto o che in ogni modo segnava la fine di una campagna fusoria esso, prima di essere riparato, sarebbe potuto servire per riscaldare una o più masse per poterle poi rompere e permetterne il trasporto. Nel 1497 a Fornovolasco, furono prodotte in due mesi di funzionamento solo quattro masse delle quali l'ultima coincise con l'arresto del forno. Nel 1498 le masse furono ugualmente quattro, ma l'ultima provocò il crollo del forno stesso; quindi produzione casuale, non voluta e temuta.

— A B S T R A C T —

*The reduction of the iron ore using the indirect process was practised to the south of the Alps since at least the XIII century.*

*It took place in a complex made up of two plants - the blast furnace (furnus/forno) and the bloomery or forge (fluxina/fucina/ferreria/fabricha).*

*The word furnus/forno (blast furnace) was used to indicate the whole plant, including the bellows, and just the reduction tower (shaft) called canecchio by the Brescians. The iron ore, alternated with layers of charcoal, was introduced into the blast furnace from the top; the liquid pig iron was extracted from the base of the blast furnace various times over a 24-hour period. The pig iron pieces were melted down again to be reduced into iron ingots in the bloomery/forge, also known as fluxina grossa/fucina grossa. In both cases the ventilation needed to fire the charcoal was*

*produced, at least until the middle of the XVII century, by large bellows moved by a water wheel.*

*Studies carried out up till now make us think that indirect iron metallurgy production to the south of the Alps was part of a wider technical and manufacturing web. It is that of the Alpine world where from the XIII century the circulation of miners - especially for the valuable ores - and mining and metallurgical information is well documented. In the iron and steel industry, the tables produced at the beginning of the XVI century by Blasius Weffring for Agricola document a system, which is technically very advanced. Even though it presents some interesting differences compared to the one described here, it is the completion from other points of view. In any case a comparison is necessary, now that the results of research to the south of the Alps make such a comparison possible and productive.*