

Ministero dei Beni e delle Attività
Culturali



SOPRINTENDENZA ARCHEOLOGIA BELLE ARTI E
PAESAGGIO PER LE PROVINCE DI PARMA E PIACENZA

 **archivio di
Stato
di Piacenza**

FORNACI DA CALCE

STORIA, CONSERVAZIONE, VALORIZZAZIONE

4 giugno 2019



A cura di

Benito Dodi, Valentina Cinieri

Impaginazione grafica e coordinamento editoriale di

Benito Dodi, Matilde Pinotti

Con il contributo di www.mandellicolori.com
mandelli
COLORIM



ISBN-13: 978-88-99026-52-3

PRODUZIONE DELLA CALCE NEL TERRITORIO PIACENTINO TRA XIX E INIZIO XX SECOLO	
Valentina Cinieri	p. 8
ARCHEOLOGIA E PAESAGGI INDUSTRIALI. CONOSCENZA, TUTELA E VALORIZZAZIONE	
Cristian Prati	p. 14
DALLA STORIA LA TECNOLOGIA SOSTENIBILE	
Fulvio Resta	p. 24
LE CALCARE. FORNACI PER LA PRODUZIONE DELLA CALCE	
Emanuele Zamperini	p. 30
UNA CALCE DAL COLORE BIANCHISSIMO. PRODUZIONE E IMPIEGO DELLA CALCE NEI CANTIERI LIGURI DI ETÀ MODERNA	
Rita Vecchiattini	p. 46
I GIACIMENTI DI CALCARI E MARNE DA CALCE NEL TERRITORIO PIACENTINO	
Giorgio Neri	p. 58
FORNACI DA CALCE DI ETÀ ROMANA A PIACENZA: CONSIDERAZIONI GENERALI E CONTESTI ARCHEOLOGICI	
Marco Podini	p. 66
RESTAURO E VALORIZZAZIONE DELLA FORNACE BIANCHI DI COGOLETO	
Daniela Pittaluga	p. 78
CALCHERE TRADIZIONALI NELLE ALPI. NUOVE PROPOSTE PER UN FORNO DIDATTICO IN VALLE CAMONICA	
Stefano Damiola, Pietro Castelnovi	p. 90
PARMA L'EX FORNACE MARCHINO: LA VALORIZZAZIONE ATTRAVERSO L'AUTORECUPERO E LA PARTECIPAZIONE	
Francesco Fulvi	p. 102
LE FORNACI EX CEMENTIROSSI DI PONTE DELL'OLIO <i>Contesto storico e Restauro</i>	
Fiorenzo Barbieri	p. 112
LA FORNACE BAGNALASTA A TREVOSO (PIACENZA)	
Franco Albertini, Lara Braga	p. 120
FORNACI DA CALCE E ALTRI LUOGHI DI LAVORO NEI BORGHI ABBANDONATI	
Luca Bertinotti	p. 130
LA CALCE OGGI	
Franco Mandelli	p. 140

FORNACI PER LA PRODUZIONE DELLA CALCE NELLA LETTERATURA TECNICA

Emanuele Zamperini

DICAr - Università di Pavia; DASTU - Politecnico di Milano

La calce ha costituito per secoli il principale legante impiegato nella costruzione, gli impianti per la sua produzione – detti calcare o calchere – costituivano quindi un insieme di manufatti edilizi di fondamentale importanza, presenti in numero significativo in tutto il territorio antropizzato, in particolare in prossimità dei siti in cui era disponibile in maggiore quantità e con maggiore accessibilità la materia prima necessaria alla sua produzione. Con la progressiva perdita di rilevanza della calce nel settore edilizio e con l'elaborazione di nuovi sistemi di produzione, le calcare storiche sono gradualmente cadute in disuso, in seguito sono state demolite o si trovano ora in stato di abbandono o di rudere.

Questi manufatti costituiscono quindi una interessante testimonianza dell'architettura produttiva che merita la riscoperta, la conservazione e la valorizzazione. Tale processo non può prescindere dalla comprensione del loro funzionamento e – di conseguenza – delle loro caratteristiche tipologiche e tecnologiche; il presente articolo intende dare quindi un contributo a questo percorso di riacquisizione di una conoscenza perduta attraverso lo studio della letteratura tecnica. Pur essendo consapevoli che spesso i casi reali sfuggono alle tipizzazioni presenti nella manualistica, verrà proposta anche una classificazione tipologica degli impianti – in funzione della loro morfologia generale e dei loro principi di funzionamento – che può servire come guida per comprendere il

funzionamento anche degli impianti meno canonici.

Il funzionamento degli impianti

Hassenfratz afferma che si possono definire tre differenti tipi di fornace per la produzione della calce: quelle in cui si cuoce solo la pietra calcarea; quelle in cui si cuociono differenti materiali (ad esempio pietra calcarea e laterizi); quelle in cui il calcare è calcinato utilizzando il calore proveniente da fornaci usate per altri scopi¹. In questo articolo tratteremo quasi esclusivamente le fornaci di primo tipo, in quanto sono quelle che nel corso del tempo sono state più diffusamente utilizzate in Italia.

Una prima schematica classificazione delle calcare si può basare su due parametri²:

- La continuità o intermittenza della produzione;
- La separazione o il mescolamento del combustibile alla pietra calcarea.

Continuità o intermittenza della produzione

Il funzionamento a fuoco discontinuo risulta quello di più semplice attuazione e pertanto era l'unico adottato dall'antichità fino all'epoca moderna e le calcare con questo tipo di funzionamento risultavano ancora le più diffuse in Italia attorno al 1870³. Nelle fornaci a funzionamento discontinuo la produzione della calce viva passava attraverso una sequenza di fasi successive, che iniziava con il carico della pietra calcarea e del combustibile, passava attraverso l'accensione e la cottura e

terminava con lo scarico del materiale cotto. Queste calcare potevano calcinare quindi solo la quantità di pietra che era stata caricata al loro interno e richiedevano che – terminata la cottura – si aspettasse il raffreddamento della calce e della fornace stessa per poter estrarre il prodotto⁴.

Il funzionamento discontinuo era peraltro coerente con le esigenze dell'attività edilizia tradizionale che in genere non richiedeva grandissimi quantitativi di materiali⁵, né prevedeva una attività continua all'interno dei cantieri. La calce era abitualmente prodotta non durante tutto l'anno, ma in specifici periodi, nei quali la manodopera non specializzata e gli animali per il trasporto erano più economici in quanto il settore agricolo risultava inattivo⁶.

Gli impianti a fuoco continuo prevedevano invece che: la fornace non fosse spenta per periodi di tempo molto lunghi⁷ il calcare venisse caricato dall'alto della fornace e – scendendo gradualmente dalla bocca superiore verso la parte mediana in cui la temperatura era più alta – si trasformasse gradualmente in calce viva; la calce venisse raccolta al fondo della fornace. La capacità produttiva di questi impianti era maggiore⁸ dal momento che non si avevano i tempi morti dovuti al carico, al raffreddamento e allo scarico, inoltre si ottenevano risparmi economici connessi a un migliore sfruttamento del calore prodotto dai combustibili, in quanto l'aria fredda che entrava dalla base della fornace si preriscaldava a contatto delle pietre ormai calcinate che erano prossime alla estrazione e – dopo aver alimentato la combustione ed essersi riscaldata – risalendo all'interno della fornace cedeva parte del proprio calore ai materiali che man mano venivano introdotti dall'alto⁹, inoltre non si doveva riscaldare ad ogni carica tutta la massa della calcarea stessa¹⁰. Fra i difetti che erano attribuiti alle fornaci di questo tipo vi era invece la

dimensione ridotta delle zolle di calce ottenute, che tendevano a frantumarsi nella loro graduale discesa all'interno del forno durante la cottura¹¹.

Separazione del combustibile dalla pietra calcarea o loro mescolamento

A seconda del tipo di fornace il combustibile poteva trovare posto in un apposita parte dell'impianto (focolare o camera del fuoco) ed essere separato dalla pietra calcarea, oppure essere mischiato (in genere posto a strati alternati) alla pietra stessa.

Con riferimento alle fornaci con combustibile separato dalla pietra calcarea, Scamozzi lamentava la disomogeneità di cottura, dipendente dal maggior calore della fiamma nella parte bassa della fornace, che quindi rendeva troppo cotte le pietre immediatamente sopra di esse, mentre quelle della parte più alta della carica risultavano «acerbe»¹². Disponendo nei pressi del focolare pietre più grandi e nelle parti più esterne del forno pietre più piccole, si riusciva ad ottenere una cottura più uniforme¹³; questo procedimento richiedeva però una attenta disposizione delle pietre ed era quindi necessaria una manodopera specializzata.

Per quanto riguarda le fornaci con combustibile mischiato alla pietra calcarea, invece, si apprezzava un significativo risparmio di combustibile, derivante da una più omogenea distribuzione del fuoco, ma al tempo stesso si lamentava che il principale problema era quello della scarsa purezza della calce estratta, dal momento che tendeva a mischiarsi con le ceneri del combustibile, che ne potevano alterare le caratteristiche¹⁴.

I tipi di fornace

Dal punto di vista morfologico possono essere individuati vari tipi di fornace per la cottura della calce, ciascuno dei quali presenta molteplici varianti

che possono in certi casi dare origine a veri e propri tipi intermedi¹⁵:

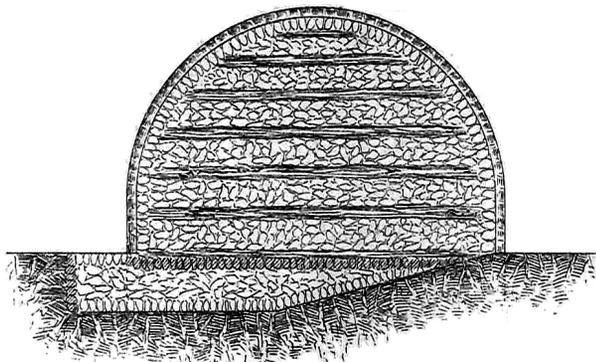
- Fornaci a cumulo;
- Fornaci a fossa;
- Fornaci a pozzo;
- Fornaci in elevato.

Ad essi si aggiungono le fornaci Hoffmann, che fu originariamente inventata per la cottura dei laterizi e con tale destinazione ebbe una grande diffusione; le fornaci Hoffmann – così come altri tipi più o meno simili e con funzionamento analogo – furono impiegate anche per la cottura della calce, tanto in impianti di tipo promiscuo, quanto in impianti appositamente progettati a questo fine. Per la significativa diversità rispetto agli altri tipi, le fornaci Hoffmann richiederanno una trattazione autonoma.

Fornaci a cumulo

Le fornaci a cumulo [Fig. 1] erano realizzate con una semplice sovrapposizione di pietre calcaree alternate a combustibile in modo da formare un cumulo rotondeggiante di 3÷6 m di diametro alto fino a 4÷5 m; alla base del cumulo era scavata nel terreno una sorta di trincea che andava dal centro

Figura 1 – Fornace a cumulo con combustibile inframezzato alla pietra calcarea (da Lenti, s.d.)



del cumulo verso la periferia per favorire l'ingresso dell'aria¹⁶; il cumulo era poi ricoperto da uno strato di argilla e frasche o zolle di terra erbosa, al fine di limitare la dispersione del calore¹⁷. Il funzionamento era elementare: attraverso il canale scavato nel terreno entrava l'aria che si diffondeva lentamente all'interno del cumulo, in cui portava l'ossigeno necessario alla combustione del carbone e quindi alla calcinazione della pietra. Completata la calcinazione, si aspettava il raffreddamento del materiale e poi si smontava il ricoprimento e si prelevava la calce in zolle, separandola dalle ceneri del combustibile.

Questo tipo di fornace non richiedeva un impianto fisso e ne era quindi particolarmente economica la realizzazione; stante le contenute dimensioni del cumulo, però, la quantità di calce prodotta era limitata e le dispersioni termiche piuttosto elevate, con conseguente aumento del combustibile necessario¹⁸. Si trattava quindi di un tipo di fornace conveniente nel caso in cui si volesse produrre rapidamente o in un luogo isolato un modesto quantitativo di calce¹⁹ e si avesse a disposizione combustibile a buon prezzo²⁰; la calcinazione della pietra calcarea con le fornaci a cumulo avveniva in genere all'interno del cantiere in cui la calce doveva essere impiegata o ai margini del centro abitato.

Fornaci a fossa

Le fornaci a fossa erano impianti produttivi leggermente più complessi, ma comunque caratterizzati da una estrema semplicità. L'impianto consisteva in una fossa (in genere a pianta circolare) scavata nel terreno²¹, preceduta da una breve trincea che consentiva l'introduzione dell'aria contenente l'ossigeno comburente.

Rispetto al tipo a cumulo, le dimensioni delle fornaci a fossa – e quindi il quantitativo di calce

prodotta – erano in genere minori, mentre maggiore era l'isolamento termico grazie al terreno che circondava la camera di cottura. Siccome anche questo tipo di fornace era idoneo a produrre solo piccoli quantitativi di calce, era spesso realizzato all'interno del cantiere o nei pressi dell'abitato in cui il materiale doveva essere impiegato²². La necessità di fare lo scavo di un certo volume di terreno e di realizzare delle strutture fisse (il rivestimento della fossa) richiedeva un certo investimento, ma consentiva un risparmio di combustibile e l'impianto poteva essere utilizzato alcune volte con minime operazioni di manutenzione. Le fornaci a fossa potevano essere di due tipi:

– Nel primo tipo [Fig. 2 in alto] il combustibile e la pietra calcarea erano mescolati fra loro – all'interno

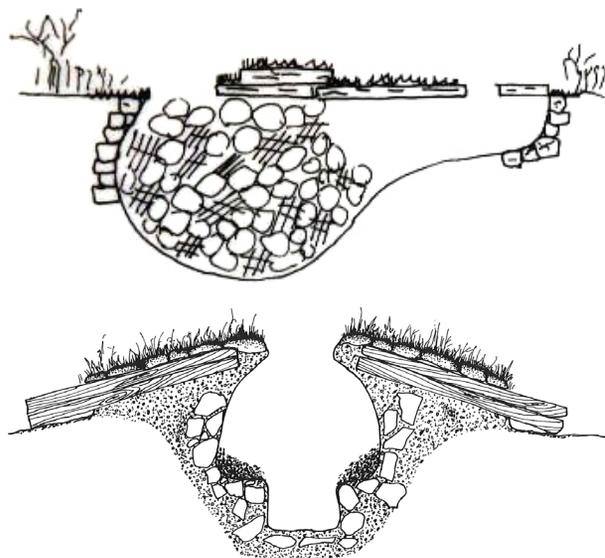


Figura 2 – In alto: fornace a fossa con combustibile mischiato alla pietra calcarea (da Davico, 1994-95).

In basso: fornace a fossa con focolare inferiore e combustibile separato dalla pietra calcarea (da Montagni, 1990).

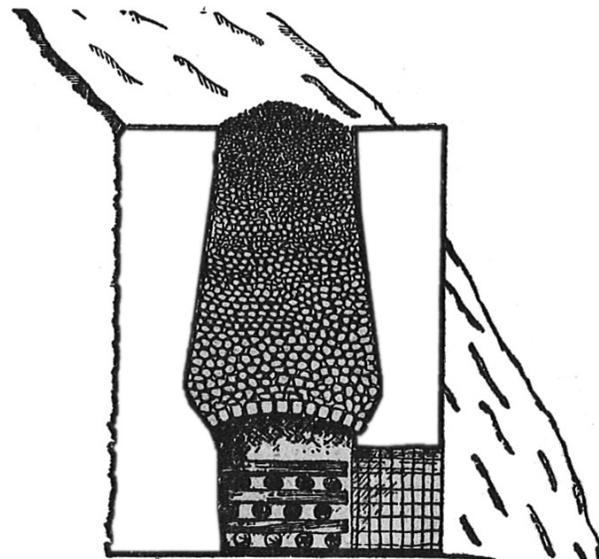
della camera di cottura che occupava tutta la fossa – e poi coperti da uno spesso strato di terra argillosa o erba²³;

– Nel secondo [Fig. 2 in basso], invece, la fossa era suddivisa in due parti: quella inferiore aveva diametro leggermente minore e costituiva la camera del fuoco, sulla risega tra le due parti veniva impostata una volta²⁴ realizzata con conci di pietra calcarea, destinata a sostenere tutto il resto del materiale che doveva essere cotto, il quale veniva collocato a riempire la parte superiore della fossa (camera di cottura).

Se nel primo caso la qualità della calce prodotta era analoga a quella ottenuta con le fornaci a cumulo, nel secondo, invece, la separazione tra combustibile e pietra calcarea consentiva di ottenere calce di maggiore purezza, reputata di migliore qualità.

La maggior purezza della calce ottenuta richiedeva

Figura 3 – Fornace a pozzo con combustibile separato dalla pietra calcarea (da Corsetti, 1945, modificata).



però una struttura interrata leggermente più complessa, e soprattutto una molto maggiore attenzione nella disposizione del materiale, in particolare per la realizzazione della volta.

Fornaci a pozzo

Le fornaci a pozzo [Fig. 3] sono strutture poste sul fianco di un rilievo²⁵ che per la realizzazione dell'impianto doveva essere scavato²⁶, realizzando poi un rivestimento interno della camera di combustione in pietra refrattaria o in mattoni crudi con malta di argilla²⁷; più raramente e limitatamente a impianti minori si faceva uso di pietra calcarea rivestita di un intonaco di argilla²⁸. Alla base della calcara era realizzata una apertura che consentiva l'accesso all'aria.

Il posizionamento della fornace sul fianco di una collina o di una montagna aveva una duplice funzione: da un lato consentiva di sfruttare la massa rocciosa o terrosa per garantire un notevole isolamento termico alla fornace²⁹, dall'altro consentiva di avere accesso dall'alto alla bocca superiore della stessa, favorendo le operazioni di carico della pietra calcarea³⁰. Questi due fattori

– uniti all'ingente spesa per la realizzazione dell'impianto produttivo – facevano sì che questo tipo di calcara fosse realizzato in prossimità di siti di estrazione della pietra destinati a servire un ampio territorio e poté quindi diffondersi solo in ambiti geografici e periodi storici caratterizzati da una facilità ed economicità dei trasporti.

Le fornaci a pozzo potevano essere utilizzate sia con il combustibile mischiato alle pietre calcaree, sia – come avveniva più spesso – con il combustibile posto solo alla base all'interno di una camera di combustione che era posta in comunicazione con l'esterno mediante un'apertura dalla quale si poteva monitorare l'andamento della combustione e in alcuni casi anche aggiungere man mano il combustibile.

Anche nelle fornaci a pozzo, come in quelle a fossa, la separazione del combustibile dalla pietra calcarea poteva avvenire solo grazie alla realizzazione di una volta richiedendo così mano d'opera specializzata.

La realizzazione di una volta a sostegno dell'intera carica della calcara comportava rischi significativi sia in fase di esecuzione, sia in fase di cottura.

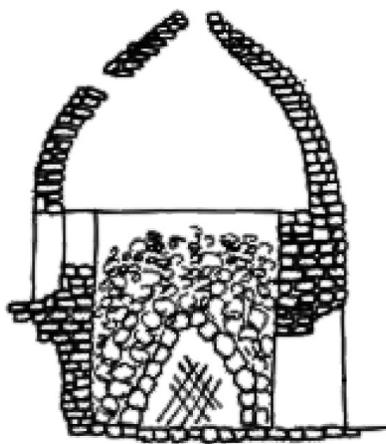


Figura 4 – Fornace in elevato con copertura a cupola (da Davico, 1994-95).

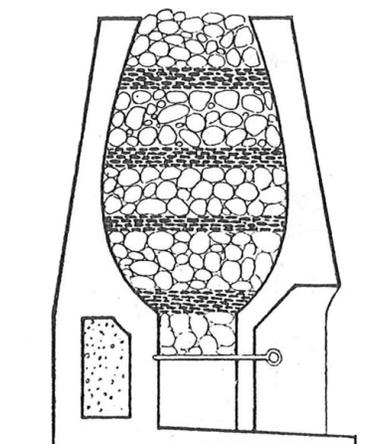


Figura 5 – Fornace in elevato con combustibile mischiato alla pietra calcarea (da Ormea, 1952).

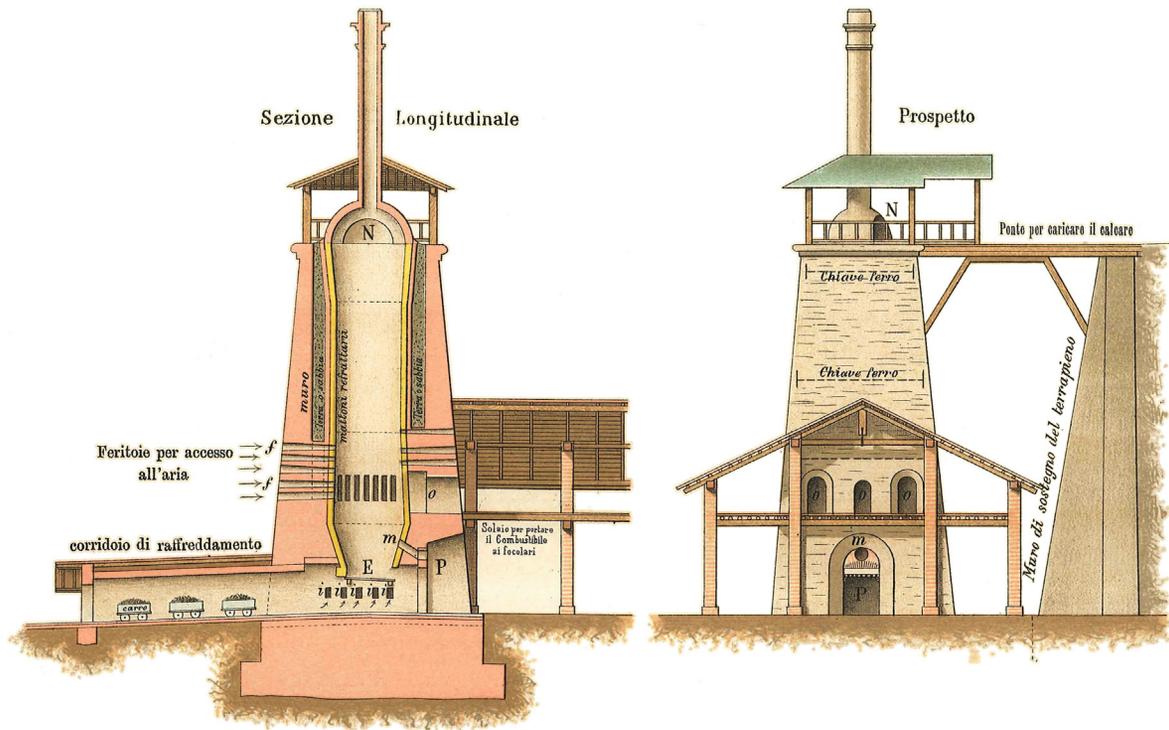
Tenuto conto delle notevoli dimensioni che aveva in genere la camera di cottura di questo tipo di impianto – nel caso in cui non si fosse realizzata la centina provvisoria – non era trascurabile la probabilità di crollo della volta durante la realizzazione, con conseguente rischio di morte o di gravi infortuni per gli operatori presenti all'interno della calcara. In fase di cottura – specialmente se la volta fosse stata costruita con una centina lignea non rimossa, ma destinata a fungere da combustibile – le prime fasi della cottura dovevano essere condotte con estrema attenzione, in modo da non far aumentare troppo bruscamente la temperatura affinché gli sbalzi termici e l'assestamento delle pietre che

gradualmente diminuivano di massa e resistenza non causassero il collasso della volta³² che cadendo sul combustibile poteva causare un ritorno di fiamma verso l'esterno dove si trovavano gli operatori e in ogni caso lo spegnimento del fuoco con conseguente necessità di buttare il materiale la cui cottura interrotta difficilmente poteva essere efficacemente ripresa.

Fornaci in elevato

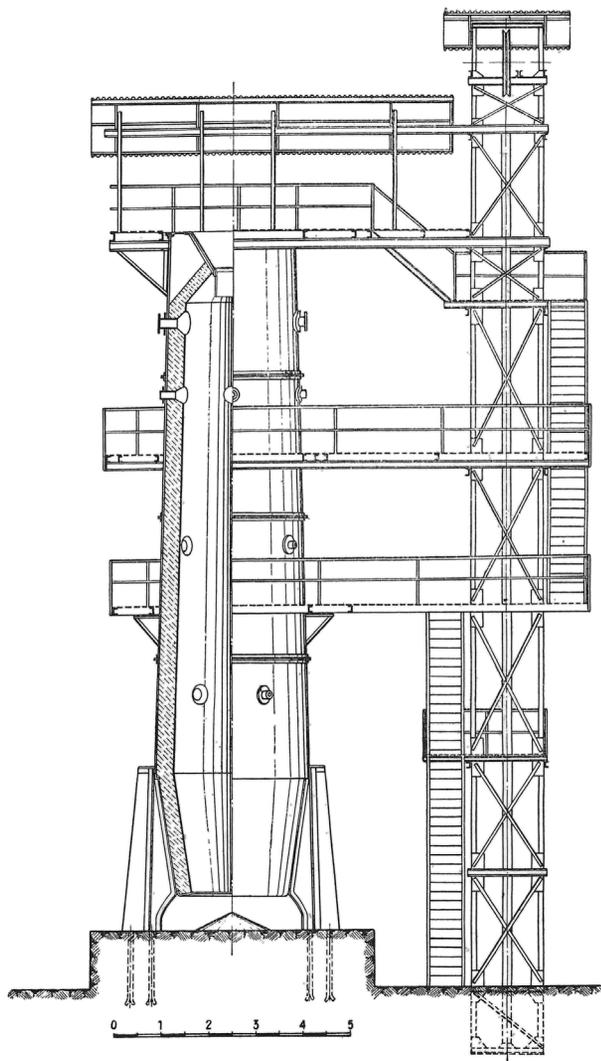
Le fornaci in elevato si distinguono dalle precedenti perché – anche quando erano realizzate in prossimità del fianco di un rilievo³³ – si configuravano come strutture più o meno completamente isolate, quasi

Figura 6 – Fornace in elevato con combustibile separato dalla pietra calcarea (da Musso, Copperi, 1889).



sempre dotate di una copertura superiore a tetto o a cupola³⁵ [Fig. 4] che consentiva: di poter effettuare le operazioni di carico in condizioni protette, una

Figura 7 – Fornace in elevato con combustibile mischiato alla pietra calcarea (da Salerno, 1944).



minore dispersion del calore per effetto del vento e la protezione del materiale dalla pioggia durante la cottura.

Le fornaci in elevato che si diffusero maggiormente a partire dall'Ottocento erano in genere del tipo "a manica" o "a tino" [Fig. 5-7], cioè avevano in genere l'aspetto di torri più o meno alte³⁶ (in genere fino a 18÷25 m) a tronco di cono (a base circolare o ellittica) o tronco di piramide (a base quadrata, più raramente poligonale) scarsamente rastremati, con dimensione trasversale alla base pari a 7÷10 m. La forma della cavità interna poteva essere ellissoidica (nei casi di forni meno alti) o formata dalla sovrapposizione di un tronco di cono inferiore che si rastrema verso il basso "a imbuto" e un tronco di cono superiore, che tendeva a rastremarsi verso l'alto, talvolta separati da un basso tratto cilindrico. Le fornaci in elevato potevano essere realizzate sia a fuoco intermittente sia a fuoco continuo. Quelle a fuoco intermittente avevano in genere caratteristiche e funzionamento simili alle fornaci a pozzo, anche se avevano quasi sempre maggiori dimensioni.

Quelle a fuoco continuo avevano una struttura e un funzionamento differenti. La pietra calcarea era periodicamente inserita all'interno della fornace dalla bocca superiore; man mano che il materiale – ormai calcinato – raggiungeva la base della camera di cottura, andava ad adagiarsi su una griglia metallica – nella quale alcune delle barre potevano essere mosse o sfilate per favorire la caduta del materiale³⁷ – al di sotto della quale era presente una camera o una galleria per il passaggio dei carrelli nei quali si raccoglieva la calce viva³⁸.

In origine le fornaci a fuoco continuo erano tutte del tipo con combustibile mischiato alla pietra calcarea³⁹ [Fig. 5]; pertanto man mano che dalla bocca superiore della fornace si introduceva la

pietra calcarea, si doveva introdurre anche il combustibile.

Già attorno all'inizio dell'Ottocento, però, furono inventate fornaci a fuoco continuo con combustibile separato dalla pietra calcarea⁴⁰ [Fig. 6]. All'altezza corrispondente alla massima larghezza della cavità interna – il cosiddetto “ventre” – questo tipo di fornace presentava una serie di focolari (in genere da 2 a 4) ricavati nello spessore della parete e una serie di condotti per favorire l'ingresso dell'aria. In questo caso le fornaci presentavano una struttura accessoria formata da un porticato con un piano posto all'altezza dei focolari e una copertura superiore, che serviva alla conservazione e al caricamento del combustibile⁴¹.

Tra la seconda metà dell'Ottocento e la prima del Novecento questo tipo di fornace si afferma e diffonde soprattutto in zona pedemontana o nelle valli a ridosso della pianura – dove sono disponibili le materie prime e facili i contatti commerciali con i grandi centri urbani – e assume caratteristiche tecnologiche piuttosto definite⁴². Nella parte bassa la struttura della fornace era in genere costituita da una massiccia muratura di pietrame, di laterizio o mista interrotta solo dai locali o dalle gallerie per i carrelli e dal fondo aperto della camera di cottura. Al di sopra di questo basamento – a partire dal ventre della cavità interna – la struttura era differente e formata da: una muratura esterna ancora in pietrame o laterizio; un rivestimento interno della camera di cottura formata in laterizi o – più raramente – pietre refrattari allettati con malta di cemento refrattario⁴³ o di terra anch'essa refrattaria⁴⁴; un riempimento intermedio in materiali coibenti e resistenti alle alte temperature, come terra o sabbia. Questa parte della fornace era sempre consolidata con robuste cerchiature metalliche. Al di sopra della bocca superiore della camera di cottura era

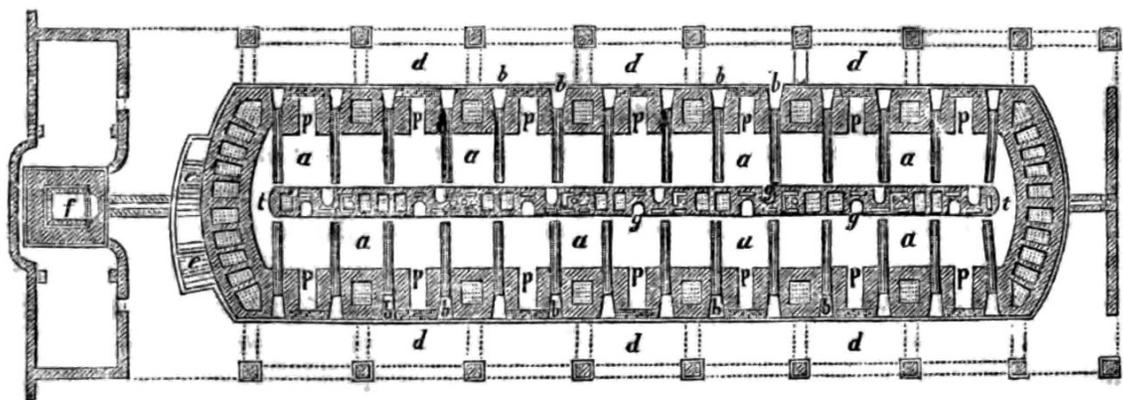
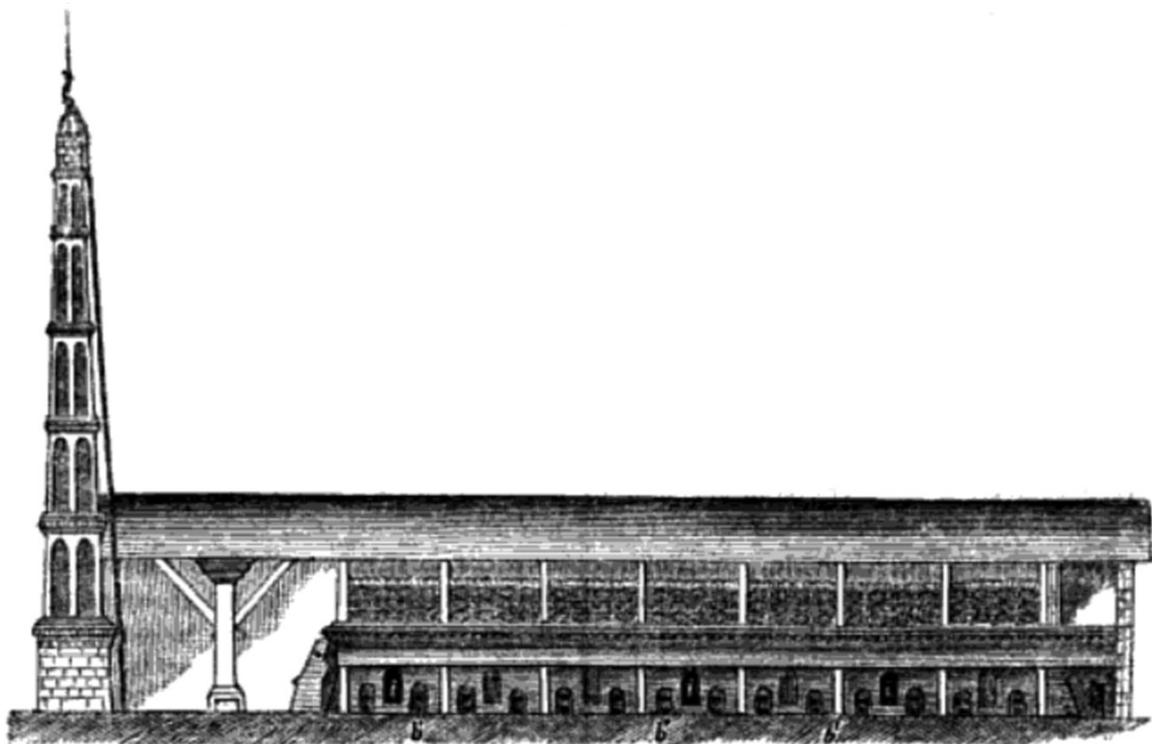
presente una copertura a tetto e talvolta anche una cupola sormontata da un comignolo che favoriva l'allontanamento dei fumi – necessario soprattutto con alcuni tipi di combustibile – al di sopra della copertura⁴⁵. Prima della metà del Novecento iniziarono a diffondersi anche sistemi costruttivi differenti che prevedevano la realizzazione della fornace non più in muratura, ma con struttura metallica (più raramente in calcestruzzo armato) rivestita internamente da una spessa muratura di mattoni refrattari [Fig. 7], che però in questo caso non assumeva funzione portante⁴⁶.

Fornaci Hoffmann

Come già scritto, la fornace Hoffmann merita una trattazione a parte a causa delle notevoli differenze – tanto nel funzionamento, quanto nella costruzione – rispetto agli altri tipi di fornace.

La fornace Hoffmann fu inventata da Friedrich Eduard Hoffmann attorno al 1856 e brevettata in Germania e altri paesi nel 1858, in Italia nel 1860; si trattava però dell'evoluzione di forni industriali già da più di dieci anni in sperimentazione o uso⁴⁷, successive modifiche furono apportate da altri tecnici⁴⁸ [Fig. 8]. Il principio generale della fornace Hoffmann e dei tipi analoghi è di avere un funzionamento continuo nel quale non si aveva un movimento del materiale in cottura, ma lo spostamento del punto di massima temperatura, mantenendo fisso il materiale. Ciò era ottenuto mediante forni a galleria anulare⁴⁹, sviluppata nel piano orizzontale, formata da una serie di comparti⁵⁰ separabili fra di loro mediante apposite paratoie mobili. Seguendo il percorso che veniva effettuato dell'aria, si può vedere che nei primi comparti i materiali già cotti erano lambiti dall'aria in ingresso nella galleria, a cui cedevano il proprio calore preriscaldandola, dopo alcuni comparti si raggiungeva il punto in

Figura 8 – Fornace Chinaglia, di tipo anulare per la cottura della pietra calcarea o dei materiali ceramici (da Anonimo, 1873).



cui si aveva la massima temperatura e in cui avveniva la cottura⁵¹, nei compartimenti successivi l'aria calda incontrava materiali non ancora cotti – a temperatura gradualmente più bassa – ai quali cedeva il proprio calore prima di entrare nel camino ed essere allontanata⁵². Nei compartimenti precedenti quelli di ingresso dell'aria si trovava il materiale già raffreddato che poteva essere estratto, mentre in quelli successivi all'ingresso dell'aria nel camino avveniva il carico dei materiali crudi. Dopo un periodo di tempo adeguato a garantire la cottura del materiale, si spostavano le paratie e si faceva in modo che il punto di massima temperatura si spostasse analogamente⁵³. Questo tipo di fornace era particolarmente vantaggioso per la cottura dei materiali ceramici, e trovò subito grandissima diffusione⁵⁴. Ai tempi non era infatti possibile eseguire in altro modo la cottura continua, sistema che – come già sottolineato – consente di ridurre notevolmente lo spreco di calore e di conseguenza i costi del combustibile⁵⁵. In molti casi il sistema fu applicato anche alla cottura della pietra calcarea, tuttavia si dimostrò sempre economicamente poco conveniente⁵⁶, sia che si trattasse di impianti per la cottura contemporanea della pietra da calce e del laterizio, sia che si fossero realizzati impianti per la sola produzione di calce. Nel primo caso, infatti, le

differenti temperature necessarie portavano quasi sempre a una cottura imperfetta di uno dei due prodotti⁵⁷; ; nel secondo, invece, il notevole costo di costruzione della fornace – superiore a quella dei forni continui a manica – rendeva non conveniente l'impianto⁵⁸.

Conclusioni

Le calcare hanno spesso in passato rappresentato una parte significativa dell'economia di un luogo, influenzandone lo sviluppo sociale e caratterizzandone il paesaggio con la loro mole, collocata spesso ai margini del costruito e in stretta relazione con il territorio. Questi impianti produttivi dismessi costituiscono oggi importanti esempi di archeologia industriale, la cui comprensione costituisce il primo, indispensabile, passo per la tutela.

Attraverso una pur rapida analisi dei tipi e delle tecniche costruttive impiegate per la realizzazione delle fornaci per la cottura della calce – nel corso del tempo e in differenti contesti storici e produttivi – si crede che il presente articolo possa portare un pur modesto contributo alla comprensione sistematica dei caratteri tipologici e tecnologici di questi complessi produttivi, mostrandone chiaramente la varietà e in certi casi la complessità.

Note

¹ Hassenfratz (1825), p. 37. Si veda anche la descrizione che delle «fornaci a doppio effetto» (cioè per cuocere calce e laterizi) fa Gabba (1870, pp. 96-97).

² Fourcroy de Ramecourt identifica sostanzialmente i due parametri e propone una classificazione più semplificata, distinguendo in: fornaci a grande fiamma (*fours à grande flamme*), nelle quali il combustibile era separato dalla pietra, concentrato in un'unica zona del forno – e quindi si realizzava un focolare molto ampio dal quale le fiamme dovevano

raggiungere tutte le parti della fornace – che avevano funzionamento discontinuo (Fourcroy de Ramecourt, 1766, pp. 8-9); fornaci a piccolo fuoco (*fours à petit feu*), nelle quali il combustibile era alternato alla pietra calcarea – e quindi diffuso in tutta la fornace dando vita a fiamme di minore dimensione – che avevano funzionamento continuo (ivi, p. 30). Già Hassenfratz ricorda però che dopo che Fourcroy de Ramecourt aveva scritto la sua opera, erano state inventate fornaci continue con combustibile separato dalla pietra (Hassenfratz, 1825, p. 38).

³ Gabba (1870), p. 97.

⁴ Hassenfratz (1825), p. 38.

⁵ Laddove era presente una generale difficoltà del trasporto della calce viva la produzione doveva avvenire a distanza relativamente breve dal luogo di impiego del materiale e non era quindi possibile l'organizzazione di grandi impianti produttivi a servizio di una ampia porzione di territorio. Ancora dopo la metà dell'Ottocento, Curioni (1864, p. 69) afferma infatti che «Le fornaci a fuoco intermittente tornano vantaggiose in quei siti in cui, a motivo del tenue consumo di calcina, non è economico l'intraprendere la costruzione di dispendiosi apparecchi».

⁶ Afferma Scamozzi (1615) «Le calcine ordinariamente si fanno il mese di Marzo, & Aprile, essendo che allhora s'incomincia gagliardamente à fabricare, e gli huomini, & i bestiami sono liberi da gli affari delle campagne per condurle quà, e là; si come altre se ne fanno dopò alle vendemie» p. 227.

⁷ Gabba (1870, p. 98) afferma che «l'operazione [di carico di nuovo calcare e nuovo carbone] continua fin quando vi è materiale disponibile, oppure la fornace ha bisogno di riparazione».

⁸ Curioni (1864, p. 69) afferma che le fornaci «a fuoco continuo [...], allorquando sono ben costrutte, si prestano ad un'abbondantissima produzione di calcina», da ciò trae la conclusione che «il loro stabilimento torna generalmente vantaggioso in vicinanza dei centri di numerosa popolazione e dove si devono elevare numerose e grandi costruzioni». È importante ricordare che l'impianto di una fornace a fuoco continuo era una iniziativa imprenditoriale molto significativa sia per chi la promuoveva, sia per il territorio in cui era destinata a sorgere, infatti con riferimento al pensiero del noto chimico industriale Ascanio Sobrero, l'anonimo redattore di una voce enciclopedica “fornaci da calce” sottolineava come «per le fornaci di lavoro non intermittente, edificate con dimensioni che si potrebbero chiamare gigantesche, occorra uno smercio sicuro e continuo, proporzionato alla quantità di calce che producono, perché accadrebbe, in caso contrario, di dover intralasciare le cotture di tempo in tempo, cioè quando i magazzini fossero ricolmi, ed in tal caso ne verrebbe un consumo considerevole di combustibile a riscaldarlo di nuovo, ed i replicati raffreddamenti e riscaldamenti contribuirebbero a danneggiare la solidità delle pareti. Si aggiunga che si dovrebbero richiedere gli operai a sbalzi e tenerli nell'incerto, quindi si finirebbe per non trovarne, dacché nessuno di loro vorrebbe piegarsi ad intervalli più o meno protratti d'inazione, cioè di mancato guadagno pel loro sostentamento» (Anonimo 1871, p. 160).

⁹ Come afferma Gabba (1870, p. 99), infatti, nelle fornaci a funzionamento continuo più progredite, «Il modo di funzionare [...] corrisponde alle condizioni tutte di un ragionato impiego del calore svolto nella combustione. La bocca superiore del forno si mantiene fredda, e la calce cotta esce pur fredda dalla parte inferiore: ciò che prova che il calore prodotto vien tutto utilizzato». Levi (1911, p. 107) illustra in maniera chiara tutte le fasi della cottura: «il calcare che sta nel tratto inferiore è cotto ed in via di raffreddamento, quello che è nella zona dei focolari si avvia alla calcinazione completa, e quello situato superiormente è in processo di calcinazione e di arroventamento; gli strati di calcare sono meno caldi man mano che si procede dai focolari verso l'alto, sinché presso la bocca si ha la pietra appena introdotta, cruda e fredda. Si ha così la massima utilizzazione del calore, uniformità di cottura in tutta la massa, e continuità di

produzione».

¹⁰ Lenti (s.d., p. 65) afferma infatti che «Colle fornaci a fuoco discontinuo si considera una considerevole quantità di combustibile [...] non venendo menomamente utilizzato tutto il calore assorbito dalla fornace e dalle pietre che devono essere lasciate raffreddare per poter fare lo scarico. Quindi, allorché la produzione non deve essere limitata, si dà preferenza alla calcinazione a fuoco continuo, perché la fornace essendo sempre in azione, può ottenersi una sensibile economia di combustibile». Ti tenore simile sono le affermazioni di Gabba (1870, p. 97): «Il combustibile che si consuma colla cottura intermittente è enorme, cioè quasi di 100 chilogr. di fascine per 100 chilogr. di calce cotta, non venendo menomamente utilizzato tutto il calore assorbito dalle pietre e dalla fornace stessa, che debbono esser lasciate raffreddare per farne lo scaricamento». Si veda anche Gabri (s.d.). p. 95.

¹¹ Afferma Pellacini (1925, p. 242) che «adottando tale sistema, nel quale la cottura avviene nell'alto del forno invece che in basso, pel movimento discendente che subisce la calce cotta per portarsi alla bocca d'uscita, una certa parte del materiale cotto, si frantuma». Tale fatto era considerato particolarmente negativo per la calce aerea, perché disgregandosi in elementi più piccoli o polveri era più esposta all'azione dell'aria che la poteva degradare, al contrario non per la calce idraulica che doveva poi essere macinata.

¹² Scamozzi (1615), p. 228.

¹³ Sempre Scamozzi afferma che «nelle fornaci, ò calcare s'incomincia cō ordine à metter prima le pietre più grosse [...] e tutto oltre si faccino le volte à Piramide [...] e di mano in mano riempiendo di pietre mezane; ma però non tanto serrate, che il foco non possi entrare, e salire ad alto, & alla fine si mettino di sopravia le minute ammontate nel mezzo: perché a questo modo si cocerano egualmente»; si veda anche Hassenfratz (1825, p. 53-4).

¹⁴ Nonnis-Marzano (1882, p. 34) afferma che «questo metodo, porta seco parecchi inconvenienti, fra i quali è massimo l'alterazione della calce, causa le ceneri che ad essa s'uniscono in tanta maggior quantità quanto più è ricco il combustibile di materia terrosa». Con riferimento a questo tipo di fornaci, Gabba ricordava che per ottenere «calci cotte purissime» era in genere preferibile utilizzare combustibile la legna, infatti «il carbon fossile contenendo quasi sempre piriti sulfuree od arsenicali, ne viene che non sempre i prodotti della fornace continua a carbon fossile sono di qualità soddisfacenti all'uso cui soglionsi destinare; infatti i solfuri si trasformano in solfati per ossidazione dovuta al calore ed all'azione dell'aria che alimenta la combustione; e le calci contenenti solfati di ferro o di calce o di magnesia non reggono all'azione dell'umidità, perché que' sali sono solubili nell'acqua». Vedi anche Curioni (1864, p. 74), Lenti (s.d., p. 67) e Corsetti (1945, p. 22).

¹⁵ Questa schematizzazione è in parte dedotta da Davico (1994-95), pp. 18 e seguenti.

¹⁶ Lenti (s.d.), p. 64.

¹⁷ Gabba (1870), p. 95.

¹⁸ Musso, Copperi (1889), pp. 162-163.

¹⁹ Lenti (s.d.), p. 64.

²⁰ Hassenfratz (1825), p. 40, Curioni (1864), p. 68, Nonnis-Marzano (1882), pp. 32-33.

²¹ La fossa poteva essere rivestita internamente di pietra refrattaria o in pietra calcarea ricoperta di argilla, o essere nuda.

²² Montagni (1990), pp. 88-89.

²³ Hassenfratz (1825), p. 54.

²⁴ La volta poteva essere autoportante o sostenuta da una centina o un supporto lignei che potevano essere rimossi una volta posto il concio di chiave (Hassenfratz, 1825, p. 53), o destinati a bruciare durante la cottura (Savi Scarponi, 2013, pp. 3-4).

²⁵ Scamozzi (1615, p. 227) afferma che «Le calcare si deono collocare al piede di qualche colle, ò altro luogo rilevato, ò essendo al piano si terrapieni molto bene intorno via». Di fatto, quindi, nella sua trattazione Scamozzi considera solo calcare di tipo a pozzo, che pertanto dovevano essere il tipo più diffuso alla sua epoca.

²⁶ Corsetti (1945), p. 21.

²⁷ Trattando delle fornaci a pianta circolare Scamozzi (1615, p. 227-8) afferma che non si doveva far ricorso a «mura di quadrelli crudi, ò di pietre, che sprezzino il foco», mentre per quelle a pianta quadrata – costruite «per servirsene lungo tempo» – sostiene che «deono esser murate di quadrelli crudi, e messi con malta di terreno cretoso».

²⁸ Curioni (1864, p. 71) sottolinea però che a causa di tali tecniche costruttive, i forni di questo tipo erano «con facilità soggetti a dissestarsi nelle loro pareti costituite da pietre non cementate».

²⁹ Musso, Copperi (1889), p. 163.

³⁰ Curioni (1864, p. 69) ricorda infatti che questo tipo di impianto era realizzato «per lo più nel pendio stesso della collina da cui si estraggono le pietre calcari».

³¹ Curioni (1864, p. 71) afferma che le dimensioni potevano giungere (difficilmente superare) i 6 m di altezza e 4 m di diametro massimo.

³² Il crollo della volta era un evento particolarmente temuto e pertanto praticamente tutti i testi consultati riportano specifiche avvertenze. Si veda ad esempio quanto affermano Curioni (1864, pp. 70-71), Gabba (1870, p. 97), Nonnis-Marzano (1882, p. 33), Gabri (s.d., p. 93) e Montagni (1990, p. 91).

³³ Levi (1911, p. 107) afferma che «possibilmente si impianta la fornace addossata o prossima alla falda da cui si deve cavare, in guisa che direttamente con veicoli, ovvero con brevi trasmissioni funicolari, si possa portare il materiale da cuocere alla piattaforma di caricamento; se ciò non è possibile, si impianta su detta piattaforma un verricello, od altro adatto apparecchio, con cui si solleva il materiale accumulato al piede della fornace».

³⁴ Curioni (1864, p. 69) sottolinea come la copertura con un tetto sia un prerequisito di tutti i tipi di fornace.

³⁵ Si vedano ad esempio Hassenfratz (1825, p. 55) e i casi presentati in Davico (1994-95, pp. 30-31) e Vecchiattini (2008, passim).

³⁶ Le dimensioni delle fornaci varia nel tempo, Curioni (1864, passim) afferma che non se ne fanno mai di più basse di 3 m e riporta vari esempi con altezze comprese fra i 6 m e i 12 m; circa cinquant'anni dopo, invece, Levi (1911, p. 107) afferma che le fornaci sono alte ordinariamente 15÷18 m.

³⁷ Si vedano Levi (1911, p. 107), Corsetti (1945, p. 22) e Gabri (s.d., p. 95).

³⁸ Levi (1911), p. 106.

³⁹ Tanto che – come già detto – Fourcroy de Ramecourt (1766, p. 30) identifica le fornaci a piccolo fuoco – ovvero quelle nelle quali il combustibile era alternato alla pietra calcarea – con le fornaci a fuoco continuo.

⁴⁰ Hassenfratz (1825), p. 38.

⁴¹ Musso, Copperi (1889), p. 164.

⁴² Descrizioni dettagliate di questo tipo di impianto sono presenti in vari testi a carattere manualistico: Lenti (s.d., pp. 66-67); Musso, Copperi (1889, pp. 164-166), Pellacini (1925, passim), Gabri (s.d, pp. 94-99).

⁴³ Gabri (s.d.), p. 96.

⁴⁴ Pellacini (1925), p. 254.

⁴⁵ Curioni (1864), pp. 79-80.

⁴⁶ Salerno (1944), pp. 162-163.

⁴⁷ Nel 1847 Tijou-Geslin brevettò un primo “forno canale” per la cottura dei laterizi all’interno del quale il calore dei fumi era recuperato cedendolo ai laterizi crudi garantendone il pre-riscaldamento (Anonimo 1873, p. 370, Barral 1856, pp. 298-400), ritenuto il capostipite dei tipi successivi.

⁴⁸ Per limitarsi al contesto italiano si ricordano i brevetti di Cesare Novi e Hermann Goebler di Milano del 1868 (*Bollettino* 1868, p. 265) e Marcello Chinaglia di Torino del 1870, perfezionato già nel 1871 (*Bollettino* 1871, pp. 69-71). Tali modifiche erano finalizzate a miglioramenti anche sostanziali del rendimento e all’affrancamento dalla corresponsione dei diritti di privativa ad Hoffmann, dando origine in Italia a una lunga controversia legale (Anonimo 1873, p. 369).

⁴⁹ Nei primi tipi la galleria era a sviluppo circolare, successivamente si ritenne più conveniente adottare gallerie a pianta rettangolare (come nel forno Chinaglia) o altre nelle quali ai lati minori si fossero sostituiti delle semicirconferenze di diametro pari alla lunghezza del lato stesso.

⁵⁰ Il numero di comparti era variabile a seconda delle dimensioni dell’impianto, Ferrini (1871, pp. 98-99) proponeva come limiti superiore e inferiore 8 e 18 comparti, mentre Pellacini (1925, p. 213) afferma che i comparti potevano essere 12, 14 o 16, ma che in ogni caso la fornace dovesse avere «una percorrenza di galleria non inferiore ai m. 72».

⁵¹ Nei primi tipi lo sviluppo di calore avveniva attraverso la combustione di combustibili calati dall’alto – che quindi si mischiavano al materiale in cottura – all’interno della galleria, mentre nei successivi e più perfezionati il calore era fornito da bruciatori posizionati al di sopra della galleria che facevano scendere dall’alto fiamme oppure immettendo gas combustibile da fori realizzati nella pavimentazione della galleria (Ferrini, 1871, pp. 99-100 e 102-104).

⁵² In estrema sintesi – come nelle altre fornaci a fuoco continuo – l’obiettivo perseguito nelle fornaci Hoffmann è di utilizzare al massimo il calore prodotto dai combustibili impiegati «costringendo l’aria che alimenta la combustione a filtrare traverso la massa dei materiali cotti, per spogliarli del loro calore, e i prodotti della combustione a traversare, prima di arrivare al camino, la massa di quelli da cuocere, essiccandoli e scaldandoli gradatamente fino ad elevata temperatura» (Ferrini, 1876, p. 307).

⁵³ Nei tipi più antichi lo spostamento del punto di massima temperatura avveniva calando il combustibile in un nuovo scomparto, mentre in quelli più evoluti spostando avanti agli altri il bruciatore più arretrato.

⁵⁴ Axerio (1873), p. 73, Lenti (s.d.) p. 66.

⁵⁵ Gabba (1870, p. 90) dimostra la convenienza di questo sistema semplicemente evidenziando che nei forni comuni i fumi venivano emessi nell’aria a una temperatura di 600°, mentre in quelli Hoffmann a 300°; inoltre rispetto ai forni a fuoco discontinuo si recuperava anche quasi interamente il calore fornito ai materiali cotti, che venivano estratti a una temperatura di circa 20°.

⁵⁶ Axerio, 1873, p. 73, Lenti.

⁵⁷ Pellacini (1925, p. 240) sottolinea infatti che «volendo cuocere perfettamente la calce, occorre in detti forni aumentare la temperatura, a tutto danno del laterizio che potrebbe abbruciare e fondere. Inoltre continuando a cuocere calcare fra i mattoni, se non si avrà la precauzione di rivestire i forni in materiale refrattario, i muri di materiale laterizio, finiranno per avariarsi fortemente a causa dell’elevata temperatura».

⁵⁸ Pellacini (1925, p. 240) ricorda infatti che «Si costrussero anche forni Hoffmann per solo uso della cottura della calce: forni con galleria di fuoco, di dimensioni molto ridotte e completamente rivestiti di mattoni refrattari, ma furono quasi tutti abbandonati, sia per il loro costo elevato, e per la poca produzione in rapporto a detto costo ed in rapporto ad altri sistemi di forni, sia anche per il maggiore consumo di combustibile necessario [...] ed infine per la mano d'opera molto più costosa per l'esercizio di detti forni». Oltre all'elevato costo dell'impianto, dovuto in particolare al suo integrale rivestimento interno in mattoni refrattari, Lenti (s.d., p. 66) riporta come difetto il mescolamento della calce alle ceneri, tipico dei forni senza separazione tra pietra calcarea e combustibile.

Bibliografia

Vincenzo Scamozzi, *L'idea di architettura universale. Parte seconda*, Venezia, 1615.

Charles-René Fourcroy de Ramecourt, *Art du chauffournier*, fa parte di *Descriptions des arts et métiers par l'Académie royale des sciences*, Saillant et Nyon, Paris, 1766.

Jean Henri Hassenfratz, *Traité théorique et pratique de l'art de calciner la pierre calcaire*, Carilian-Goeuy - Huzard, Paris, 1825.

Jean-Augustin Barral, *Drainage des terres arables. Tome premier*, Paris, Libraire Agricole de la Maison Rustique, 1856.

Giovanni Curioni, *Calcine*, in Id., *L'arte del fabbricare. Materiali da costruzione*, Torino, Negro, 1864, pp. 67-98.

Bollettino industriale del Regno d'Italia. Vol. II, Roma, Ministero d'agricoltura, industria e commercio, 1868.

Alberto Gabba, *Componenti delle malte*, in Id., *Corso di costruzioni civili e militari. Vol. 1*, Torino, Stamperia dell'Unione Tipografico-Editrice, 1870, pp. 91-120.

Rinaldo Ferrini, *Le fornaci Hoffmann per la cottura dei laterizi, della calce e dei cementi, e una recente loro modificazione*, in *Annuario scientifico e industriale. Anno VII - 1870*, Milano, Treves, 1871, pp. 96-104.

Anonimo, *Calce (fornaci da)*, in *Supplemento perenne alla Nuova Enciclopedia Popolare Italiana*, Torino, Unione Tipografico-Editrice Torinese, 1871, pp. 155-160.

Bollettino industriale del Regno d'Italia. Vol. V, Roma, Ministero d'agricoltura, industria e commercio, 1871.

Giulio Axerio, *Industria mineraria in Italia, in Relazioni dei giurati italiani sulla Esposizione Universale di Vienna del 1873. Fasciolo VIII*, Milano, Regia Stamperia, 1873.

Anonimo, *Fornaci continue*, in *Supplemento perenne alla Nuova Enciclopedia Popolare Italiana*, Torino, Unione Tipografico-Editrice Torinese, 1873, pp. 369-375.

Rinaldo Ferrini, *Fornace Hoffmann*, in Id., *Tecnologia del calore. Apparecchi di combustione, camini, fornaci*, Milano, Hoepli, 1876, pp. 307-314.

Francesco Nonnis-Marzano, *Calce e sue differenti specie*, in Id., *Trattato di costruzione civile, rurale, stradale ed idrau-*

lica. Parte prima, Negro, Torino, 1882, pp. 29-37.

Achille Lenti, *Malte*, in Id., *Corso di costruzioni. Vol. 1*, Tipografia e litografia Chiari e Filippa, Alessandria, [post 1884], pp. 61-106.

G. Musso, G. Copperi, *Particolari di costruzioni murali e finimenti di fabbricati. Parte seconda. Opere di finimento ed affini*, Paravia, Torino, 1889.

Luigi Mazzocchi, *Calci e cementi*, Hoepli, Milano 1895.

Carlo Levi, *Trattato teorico-pratico di costruzioni civili, rurali, stradali ed idrauliche*, Hoepli, Milano, 1911.

Alberto Pellacini, *Fornaci verticali da calce con cottura a strati*, in Id., *Manuale pratico dell'industria laterizia*, Hoepli, Milano, 1925, pp. 239-259.

Franco Federico Salerno, *Gli agglomeranti*, in Id., *Elementi tecnologici su pietre e agglomeranti*, Edizioni CEA, Milano, 1944, pp. 159-219.

Mario Corsetti, *Materiali da costruzione*, in: Id., *Teoria e pratica delle costruzioni. Vol. 1*, Paravia, Torino, 1945, pp. 1-98.

Carlo Gabri, *Le moderne industrie del gesso, calce, cemento*, Lavagnolo, Torino, s.d. (ma post 1951).

Giovanni Battista Ormea, *Materiali da costruzione*, in: Id., *La teoria e la pratica nelle costruzioni. Vol. 2*, Hoepli, Milano, 1952, pp. 3-62.

Maria Angela Davico, *Archeologia della produzione: le fornaci da calce in Liguria. Cogoleto*, Tesi di Laurea, Università di Genova, 1994-5.

Claudio Montagni, *Le calci*, in Id., *Costruire in Liguria*, SAGEP, Genova, 1990, pp. 87-101.

Claudio Varagnoli, *La materia degli antichi edifici*, in Giovanni Carbonara (diretto da), *Trattato di restauro architettonico. Vol. 1*, UTET, Torino, 1996, pp. 301-470.

Laura Fieni, *Tecnologia della produzione*, in Id., *Calci lombarde. Produzione e mercati dal 1641 al 1805*, All'insegna del Giglio, Firenze, 2000, pp. 79-83.

Jean Pierre Adam, *L'arte di costruire presso i Romani*, Longanesi, Milano, 2008.

Giovanna Petrella, *De calcariis faciendi. Una proposta metodologica per lo studio delle fornaci da calce e per il riconoscimento degli indicatori di produzione*, in "Archeologia dell'Architettura", n. XIII, 2008, pp. 29-44.

Rita Vecchiattini, *La civiltà della calce. Storia, scienza e restauro*, De Ferrari, Genova, 2009.

Alessia Savi Scarponi, *Fornaci da calce di epoca romana e medievale in territorio capenate*, "FOLD&R Italy", n. 301, 2013.

