



RICERCHE ARCHEOMETRICHE SULLE FORNACI ROMANE DI S. ANTONIO DI FORMIGINE (MODENA)

M. Bertolani*, D. Bertolani Marchetti⁺, G.F. Gasperi[#], T. Giliberti*,
N. Giordani[°], C. Gorgoni* e A. Mercuri⁺.

*Istituto di Mineralogia e Petrografia, Università di Modena

⁺Istituto e Orto Botanico, Università di Modena

[#]Istituto di Geologia, Università di Modena

[°]Soprintendenza Archeologica per l'Emilia-Romagna, Bologna

ABSTRACT

Recent investigations by the "Soprintendenza Archeologica" of the Emilia-Romagna Region along the territory of the former *Mutina* colony (the actual Modena Province, N Italy) allowed to identify a number of productive centers, which were active at the beginning of the Roman colonization. The first results of this investigations concerned an important complex in S. Antonio di Formigine. Here four kilns and a problematic structure, maybe another kiln, have been recognized and partially excavated, which are the object of the present multi-disciplinary study. This complex is located in the upper plain, about 4 Km from the Apennine border, and occupies the top of a slightly risen structure bordered towards W and NW by a small escarpment. It corresponds to an alluvial deposit of middle-Pleistocenic age which was originated by the activity of two small local creeks: the Fossa and the Grizzaga. The morphological situation had to be very favourable since, starting from the Neolithic period, this area wasn't affected by floods. Lithologically, a variably clayey silt predominates, at least up to a certain depth, which was deposited by the creeks mentioned before. Palinological studies along the archaeological levels evidentiate an anthropic environment with a mixed oak-grove and abundant hydric plants, both arboreal and herbaceous, plus some ruderal species. This is a typical riparian association, not far from areas affected by stamping. Along deeper levels, a more generalized vegetational situation can be recognized, even with the presence of older, secondary contributions. A petrographical study has been performed with the help of microscopical and diffractometric investigations and of thermal and chemical analyses on samples referring both to the structural elements of the kilns and to the different kinds of bricks produced. Samples of the local ground, taken at a different distance from the furnaces, were also considered. This investigation allowed to ascribe to the raw materials a local origin, the most important compositional differences referring almost solely to the carbonate content. According to the disappearance of the original minerals, such as smectite, caolinite, chlorite, mica and calcite, and to the formation of new minerals, such as diopside, gehlenite and anorthite, the production temperatures are estimated to be of the order of 700-800 °C for the bricks, up to 900 °C for the structural elements of the kilns.

Key words: Archaeometry, Roman, Kilns.

1. INDAGINE ARCHEOLOGICA

Recenti ricerche condotte dalla Soprintendenza Archeologica dell'Emilia-Romagna hanno consentito l'individuazione e la messa in luce di consistenti complessi produttivi, impiantati nel territorio di *Mutina* in concomitanza con le prime fasi di occupazione stabile da parte dei Romani.

Il dato conferma la presenza di importanti attività artigianali nel Modenese, già note attraverso le fonti storiche (Plinio, Nat. Hist. XXXV, 160-161) e da ritrovamenti ottocenteschi (Gualandi Genito, 1987; Parra, 1983a, 1983b), ne precisa le caratteristiche e la cronologia e apporta nuovi elementi per la definizione delle prime fasi della romanizzazione nella Cisalpina (Baldoni et al., 1987; Giordani, 1990a, 1990b).

Nell'ambito di tali scoperte, rivestono un particolare rilievo gli impianti produttivi recentemente individuati a Maranello (Modena), località Torre delle Oche, e a Formigine, località S. Antonio (Fig. 1, Tav. IV). L'area, ubicata nella media valle del Secchia, risulta interessata

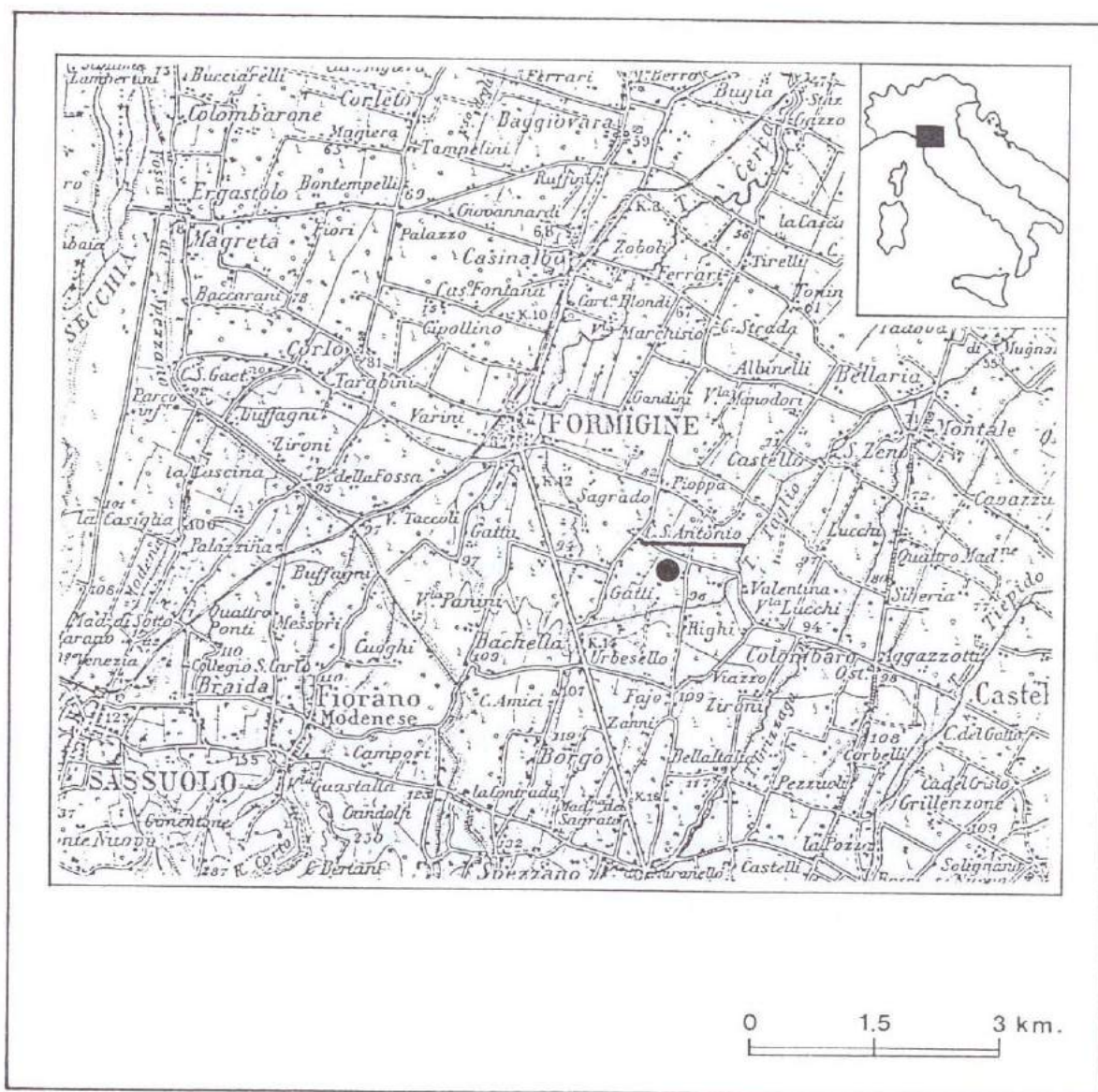


Fig. 1 - Formigine (MO), loc. Case S. Antonio. Ubicazione del sito archeologico.

a tramiti commerciali fin dalle fasi pre-protostoriche, come si sta definendo con maggior chiarezza a seguito di recenti ricerche (Bergonzi, 1989; Malnati, 1989; Giordani, 1990a, 1990b).

Un'intensa attività commerciale è, in particolare, documentata archeologicamente dalla fine del III secolo a. C., quando *mercatores* centro-italici, inizialmente a fianco delle popolazioni locali, diventeranno, soprattutto a partire dal secolo successivo, gli interlocutori privilegiati dei processi di scambio (Giordani, 1989).

Un contributo alla conoscenza dei modi di occupazione ed organizzazione del territorio da parte dei Romani viene fornito dai ritrovamenti di Maranello e Formigine. In questa sede verranno presentati i risultati di alcune analisi effettuate su argille e manufatti prelevati come campionatura durante le ricerche archeologiche condotte nel complesso artigianale di Formigine.

Il sito archeologico di specifico interesse si trova al di sopra di un leggero rilievo naturale, costituito da depositi alluvionali sui quali in età romana vennero edificati gli impianti produttivi (Fig. 2, Tav. IV). Alcune trincee e saggi estensivi hanno consentito l'individuazione di almeno quattro fornaci (F1-F4) di tipologia e cronologia diverse e di una vasca (S5), forse anch'essa

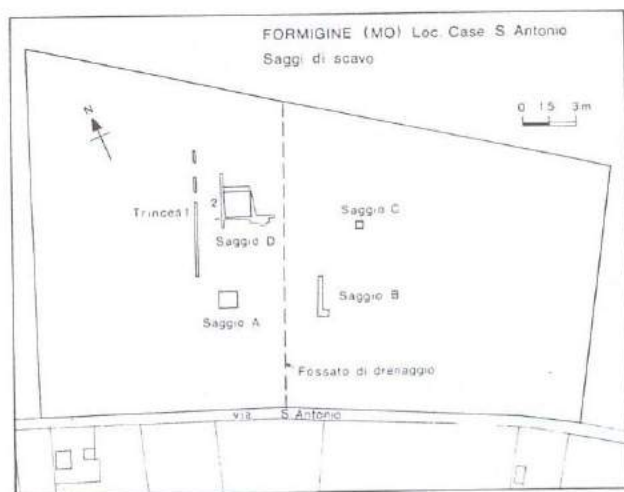


Fig. 2 - Ubicazione dei sondaggi e delle trincee di scavo

inizialmente utilizzata come fornace (Figg. 3-6) quattro. Il complesso produttivo, sulla base delle prime risultanze di scavo, fu attivo nel corso del II secolo a. C. e fino al termine del I secolo d. C. - inizi II secolo d. C. (Giordani, 1990b). L'interesse del rinvenimento ha portato all'elaborazione di un programma di ricerca interdisciplinare che vede interessati, oltre alla Soprintendenza Archeologica dell'Emilia-Romagna, gli Istituti di Geologia, Mineralogia e Petrografia e Botanica dell'Università degli Studi di Modena. Alle ricerche archeologiche condotte nel sito sono state quindi affiancate indagini geologiche, analisi petrografiche e analisi palino-logiche.

Tutti i campioni prelevati provengono dal settore D, ovvero dal saggio di scavo dove sono stati individuati gli impianti produttivi.

Per le indagini petrografiche su argille in posto, sono stati prelevati campioni (nn. 1 e 2) dalla sezione ovest della trincea 2 (sezione 1, Fig. 7). Si tratta di depositi argillosi sterili, riferibili alla fase precedente l'impianto del complesso artigianale. L'intento era quello di confrontare le caratteristiche di queste argille con quelle degli elementi strutturali delle fornaci e degli scarti di lavorazione.

Gli altri campioni esaminati appartengono a vari elementi costruttivi delle fornaci 1-4 (nn. 3-7 e 14-25, corrispondenti alle USS 5, 6, 12), ad elementi laterizi rinvenuti nel riempimento interno alla fornace 1 (nn. 7-10; US 15) e all'argilla rubefatta, per effetto della combustione, localizzata in prossimità della fornace 4 (n. 26; US 48).

I campioni prelevati per le analisi polliniche (nn. 1-16) appartengono sia alle argille naturali del sito (nn. 4-8, corrispondenti rispettivamente alle USS 44-45), sia ai depositi relativi alle fasi d'uso (nn. 1-3, 10-12, 15-16; USS 38, 40-41, 2, 100, 103, 67) e di abbandono del complesso artigianale (nn. 13-14; USS 94-95).

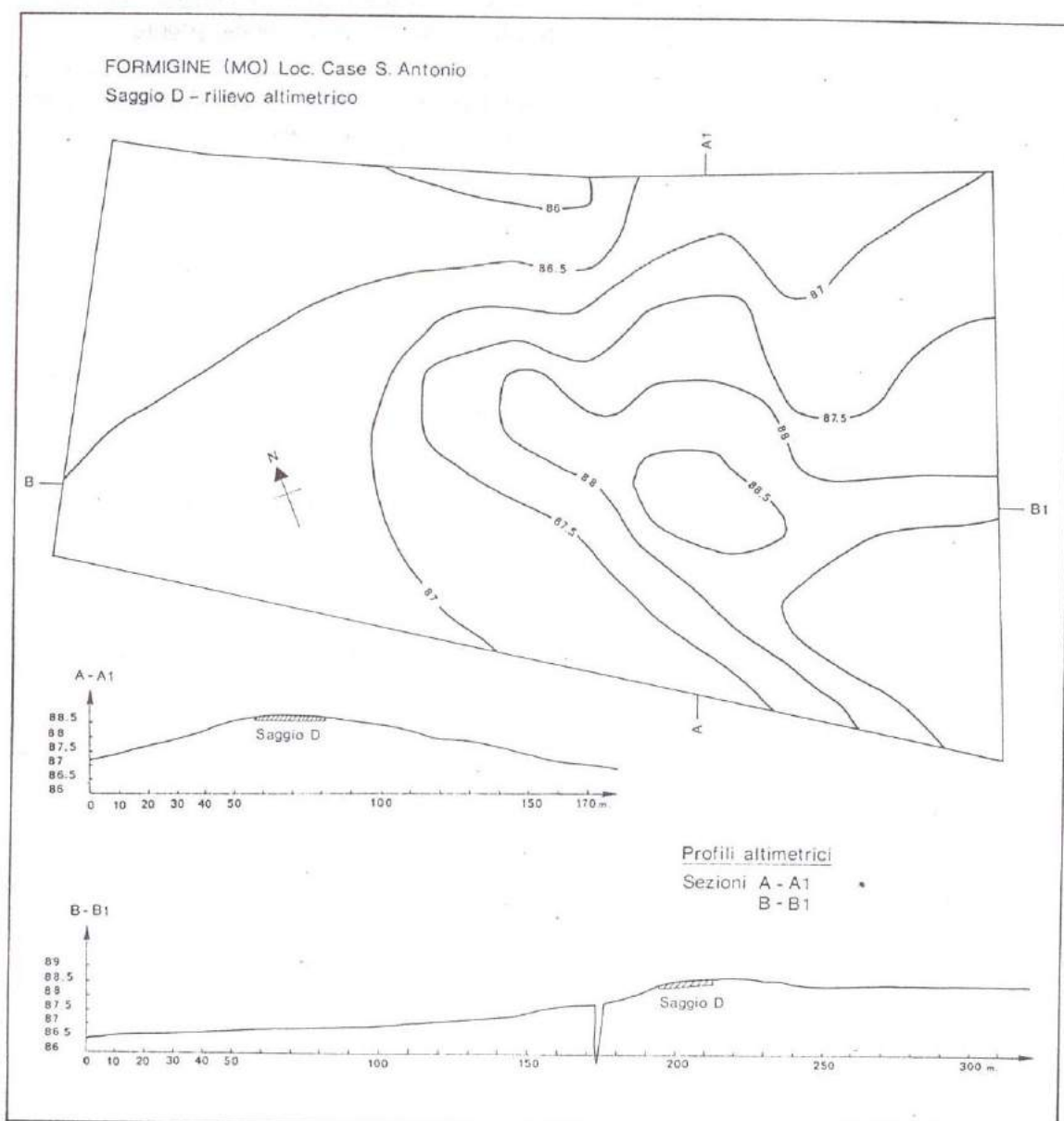


Fig. 3 - Restituzione altimetrica del sito archeologico

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area nella quale insiste la fornace è posta nell'alta pianura modenese, a circa 4 Km dal piede dell'Appennino; questa si presenta sub-pianeggiante, con lievi ondulazioni solo localmente accentuate, rappresentate da ampi dossi elevati di qualche metro separanti modeste vallecole dal fondo piatto.

La pianura è costituita dai depositi alluvionali di conoide pedemontana e di piana alluvionale dei fiumi e dei torrenti che scendono dalle vicine colline, accumulati a partire dal Pleistocene medio ai piedi della catena appenninica,

Gli apparati dei vari corsi d'acqua si sono sovrapposti gli uni agli altri in modo assai vario,

costruendo una fascia pressochè continua ai piedi dell'Appennino. La litologia è strettamente dipendente dalle specifiche condizioni dinamiche di alluvionamento; si hanno, infatti, corpi prevalentemente ghiaiosi, legati all'attività deposizionale dei torrenti maggiori, ricoperti da limi più o meno argillosi e sabbiosi dovuti a quelli minori. In superficie, tali depositi sono interessati in modo vario da fenomeni pedogenetici, quelli più antichi essendo profondamente alterati e rubefatti.

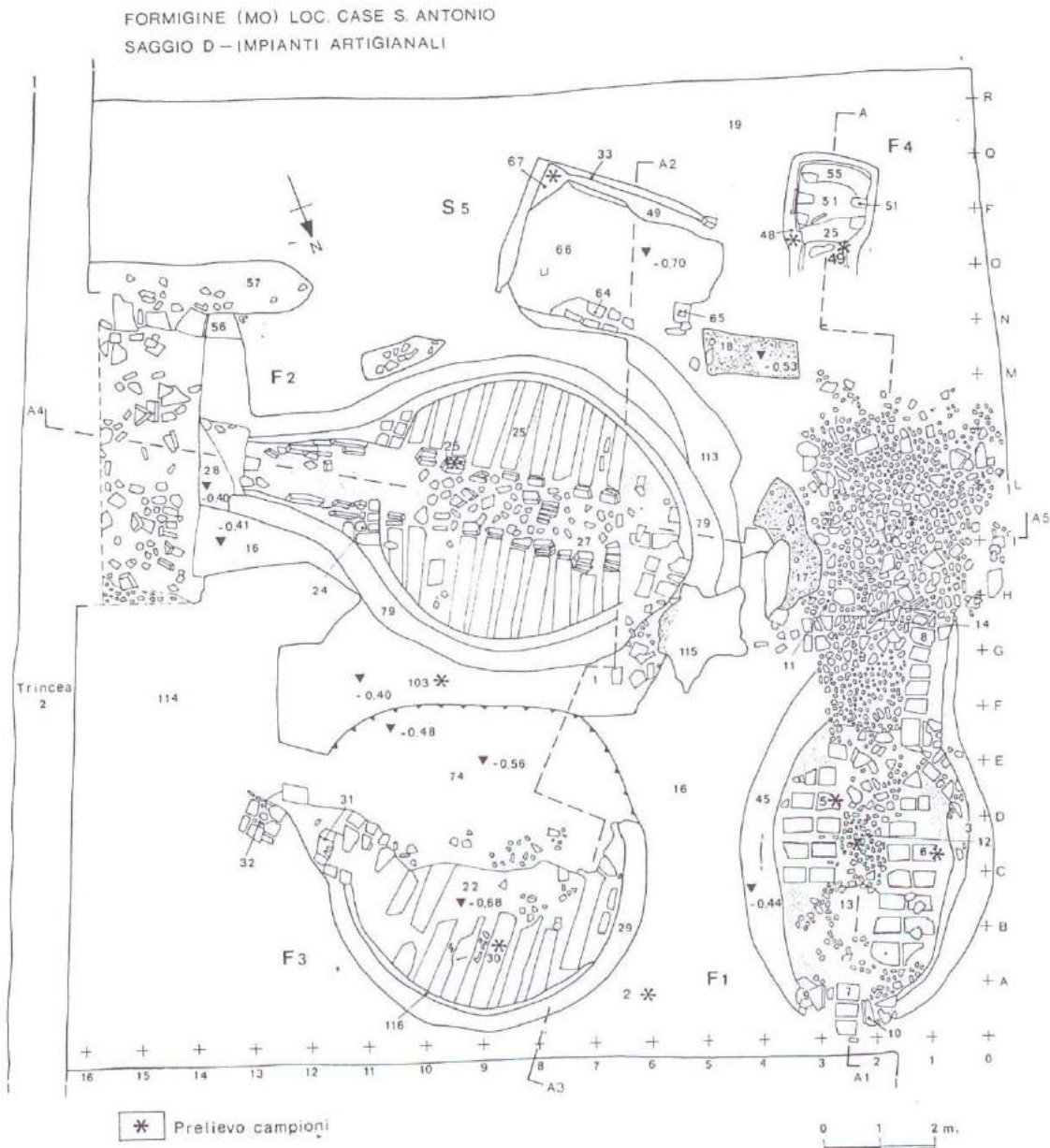


Fig. 4 - Restituzione planimetrica del complesso artigianale: fasi di abbandono.

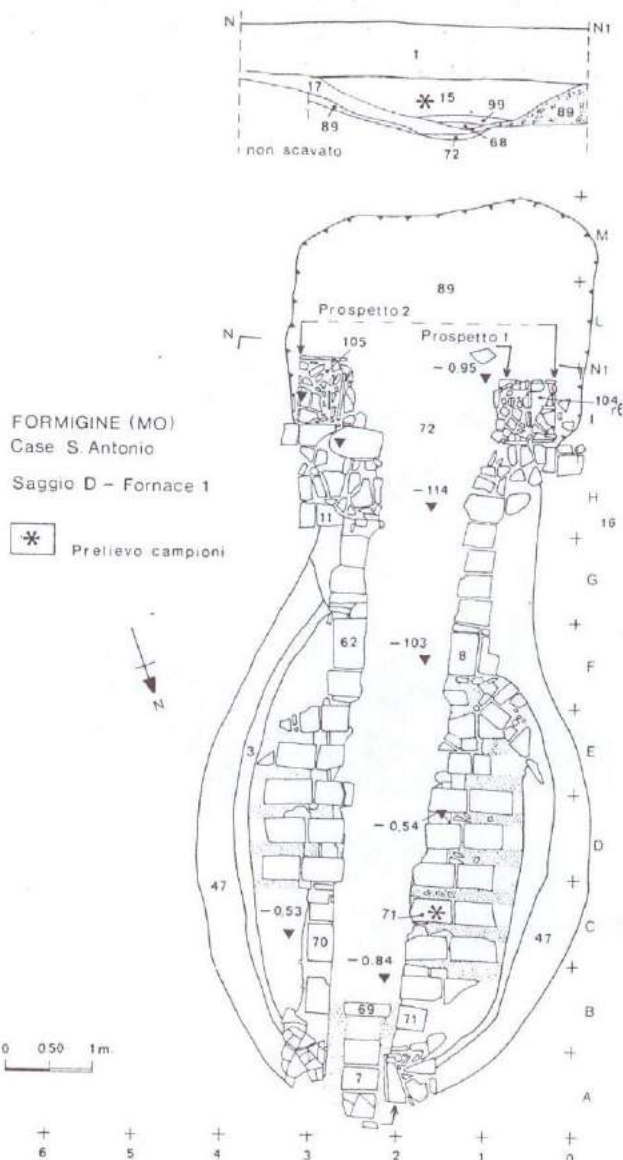


Fig. 5 - Restituzione planimetrica e sezione della fornace 1.

momento successivo non ben collocabile nel tempo un antico alveo del T. Grizzaga, il quale al suo sbocco in pianura deviava verso ovest anzichè verso est, come attualmente avviene.

3. RICERCHE PALINOLOGICHE

Dei campioni prelevati per l'analisi palinologica, quelli contrassegnati (dall'alto al basso) con i numeri da 1 a 9 fanno parte di una breve sequenza verticale relativa ad una trincea scavata in prossimità del complesso di fornaci (1-US38, 2-US40, 3-US41, 4-US44, 5-US44, 6-US45, 7-US45, 8-US45, 9-US46). Per contro, i campioni da 10 a 16 provengono da prelievi in senso orizzontale lungo il piano delle fornaci, rispettivamente intorno alla fornace 3 (10-US2, 11-

Il complesso produttivo oggetto di indagine si trova su un deposito dei torrenti Grizzaga e Fossa, di età pleistocenica media, prima eroso ad O e a NO da un antico corso del fiume Secchia e successivamente sepolto in parte da depositi più recenti dei due torrenti citati (Gasperi et al., 1989). In particolare, le fornaci occupano un'area relativamente rilevata, un dosso limitato a O e a NO da una breve scarpata, quindi una posizione stabile, non invasa dalle acque a partire dal Neolitico.

Durante lo scavo si è potuto verificare che l'immediato sottosuolo è costituito da limi variamente argillosi messi in posto durante i successivi episodi deposizionali dei due torrenti, i cui apparati vengono a sovrapporsi in modo alterno. Non è possibile escludere, peraltro, l'esistenza di apporti fini anche da parte del fiume Secchia.

La paleoidrografia dell'area, ricostruita in base a studi geologici (Gasperi et al., 1989; Cremaschi e Gasperi, 1988a, 1988b), evidenzia una rete che ha percorsi diversi da quelli attuali; in particolare, l'incisione posta immediatamente ad ovest del sito, già intagliata dal Secchia alla fine del Pleistocene, ha ospitato in un

US100), alla fornace 2 (12-US103, 13-US94, 14-US95) ed alla struttura 5 (15-US67, 16-US37). Solo nella parte più alta della sequenza (campioni della trincea da 1 a 3) e nel gruppo di campioni da 10 a 16 sono presenti resti archeologici; i livelli più profondi della sequenza (campioni della trincea da 4 a 9) sono invece sterili in questo senso.



Fig. 6 - Prefurnio e arco di accesso alla fornace 2.

L'interesse di tale tipo di ricerche in collegamento con l'archeologia è noto, in quanto i complessi pollinici permettono di effettuare ricostruzioni vegetazionali-ambientali minuziose. Per quanto riguarda l'impatto umano, questo si manifesta non solo con deforestazione e presenza di pollini di piante coltivate, ruderali ecc., ma con processi biologici che deteriorano in vari modi i granuli pollinici (Hall, 1981; Dimbleby, 1985; Pearsall, 1989). Tali difficoltà si sono presentate anche per il complesso produttivo di S. Antonio di Formigine, ed hanno reso necessario un certo approfondimento delle analisi per raggiungere dati statistici validi.

Per gli strati più ricchi in polline, si è proceduto a contare al microscopio ottico fino a circa 200 granuli, mentre in quelli scarsamente polliniferi si è cercato di non scendere sotto i 50. Si è inoltre tenuto conto della F.P.A. (Frequenza Pollinica Assoluta) in base al contenuto di granuli pollinici e spore per grammo di campione.

La preparazione dei campioni ha seguito i metodi di routine; in particolare, per l'arricchimento dei campioni più poveri è stato adottato il metodo di Girard e Miskowsky (1969), di semplice impiego. Alla miscela di acqua e glicerina in rapporto 1:1, nella quale i sedimenti erano conservati, si è aggiunta fucsina basica per un migliore evidenziamento dei pollini.

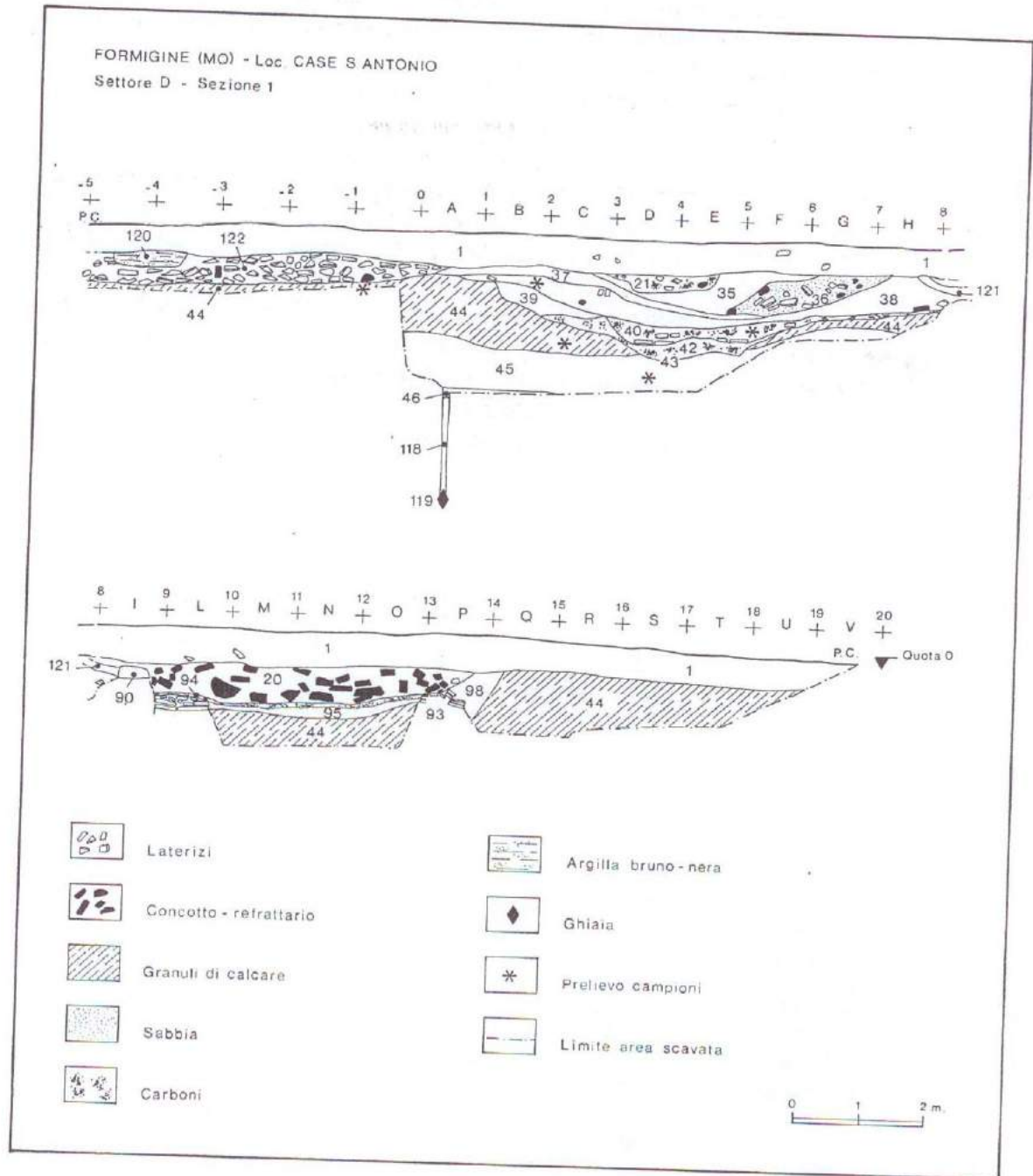


Fig. 7 - Sezione ovest della trincea 2.

3.1. ANALISI POLLINICHE

I risultati delle analisi polliniche figurano nelle tabelle I e II, nelle quali sono elencate, nell'ordine, prima le A (arboree più arbustive), poi le NA (non arbustive e spore). Vengono così evidenziati i valori di interesse: il numero totale di granuli contati e le F.P.A. su determinati intervalli numerici (* = < 1000 granuli/grammo; ** = 1000-2000 granuli/grammo; *** = 2000-5000 granuli/grammo). Queste ultime si mantengono entro i limiti solitamente descritti per gli

strati archeologici, cioè dell'ordine di poche centinaia (campioni da 4 a 10) o di poche migliaia (campioni da 1 a 3 e da 11 a 16) di granuli per grammo. A titolo indicativo, si è riportato anche il rapporto A/NA (Arboree/Non arboree).

Per evidenziare parametri utili all'interpretazione, si sono calcolate le sommatorie delle percentuali relative ai componenti del *Quercetum mixtum*, di *Alnus+Salix*, delle igro-idrofite non arboree e degli indicatori antropogenici. Seguono, fuori percentuale, i valori di granuli indeterminati, quelli di pollini in giacitura secondaria, delle Dinocisti e delle Concentricisti.

Gli indeterminati comprendono per lo più granuli cavitati o con corrosione perforante (Havinga, 1984), mentre solo una piccola parte è costituita da polline ripiegato, coperto da polveri o frammentato. I pollini in giacitura secondaria sono fortemente compressi e con un completo riarrangiamento dello sporoderma. Essi sono particolarmente abbondanti negli strati di trincea (>20% in 7 campioni) e sono presenti in maniera ubiquitaria, in accordo con la natura di deposito fluviale di quest'area; infatti, una tale provenienza da depositi più antichi si verifica spesso nei sedimenti di pianura (Bertolani Marchetti, 1983; Bertolani Marchetti e Lolli, 1983).

Si è redatto anche un diagramma (Fig. 8) per mettere in risalto i principali aspetti della

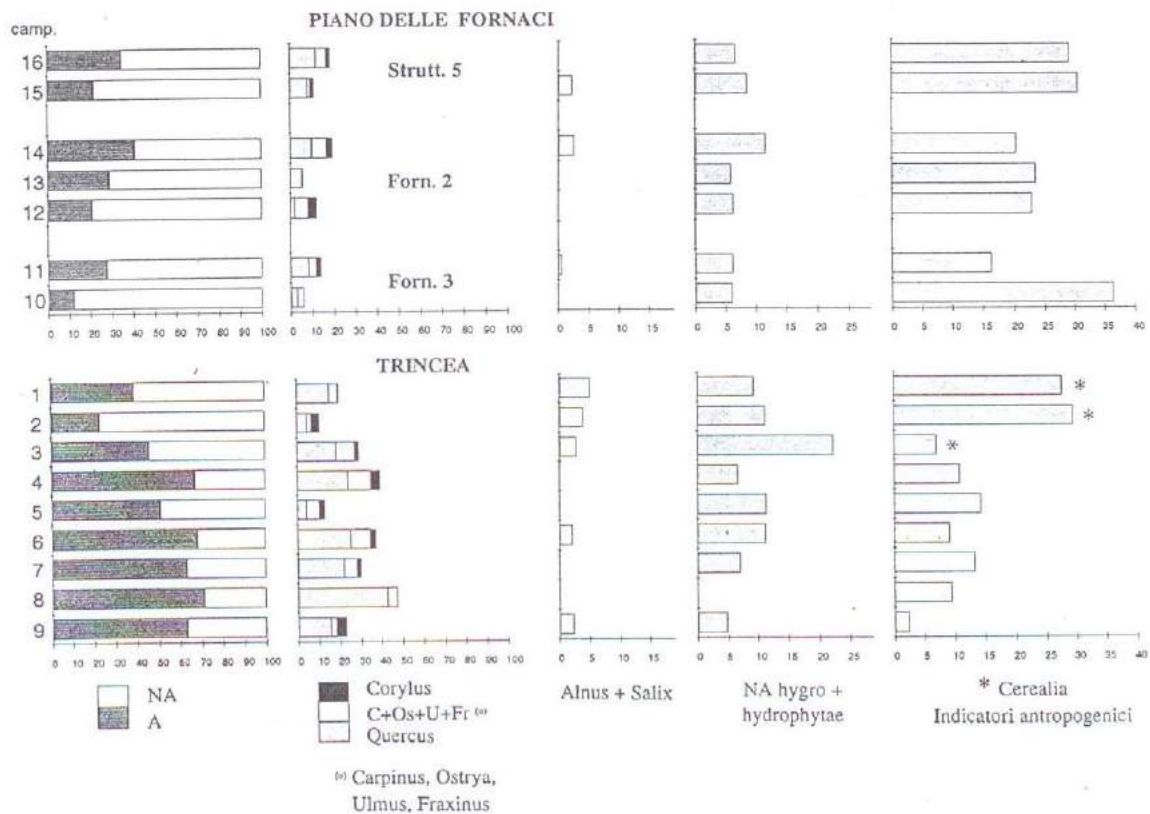


Fig. 8 - Istogrammi di frequenza pollinica relativi ai gruppi di interesse vegetazionale-ecologico del profilo della trincea e del piano delle fornaci. Sono indicati: il Querceto misto (Q.m.) con distinzione dei suoi componenti; la sommatoria di *Alnus+Salix* e delle idro-igrofite denotanti la presenza dell'acqua necessaria all'industria; gli indicatori della presenza dell'uomo, fra i quali i *Cerealia* (graminacee coltivate) testimoniano l'uso agricolo. Il rapporto A/NA indica la copertura boscosa, che regredisce in relazione all'attività antropica.

	FORNACE 3		FORNACE 2			STRUTTURA 5	
	10(US2)	11(US100)	12(US103)	13(US94)	14(US95)	15(US6)	16(US37)
A Pinus	3.0	1.7	6.3	9.8	1.6	2.9	3.0
Abies	3.0	9.0	4.2	5.9	5.8	0.6	6.1
Larix				2.0	0.5	1.1	0.6
Betula							0.6
Castanea		0.6		3.9	9.0		0.6
Corylus		2.3	4.2		2.6	1.7	1.8
Quercus t. cerris						1.2	0.6
Quercus t. pubescens		3.9		3.9	0.5	1.7	
Quercus sp.	3.0	4.5	2.1	1.9	9.5	5.2	11.5
Carpinus	3.0	1.1			3.1		1.2
Ostrya		1.7			1.6		1.2
Ulmus		0.6			1.0	1.1	1.8
Fraxinus t. ornus					1.0	0.6	0.6
Cornus t. mas		0.6		2.0		1.1	0.6
Juglans			2.1				
Alnus t. glutinosa							
Salix		0.6			1.6	1.7	
Cupressaceae		0.6	2.1		1.0	0.6	
Buxus					2.1	1.7	3.6
Rhamnaceae						1.1	
Calluna		1.1			0.5		0.6
NA Hordeum t.	3.0	0.6			2.6	2.3	1.2
Avena/Triticum t.	12.1	1.1		5.9	0.5	11.5	2.4
A. Gramineae (ex. Glyc. t.)	27.3	37.3	45.8	37.3	27.8	25.9	21.8
Urticaceae	3.0	5.1	2.1	11.8	4.2	2.9	10.9
Plantago	6.1	2.8			0.5	1.1	3.0
Plantago t. lanceolata		0.6					
Cheno/Amaranthaceae	3.0		12.5		1.0	0.6	5.5
Cichorioideae	9.1	4.5	6.3	2.0	2.1	10.9	4.8
Matricaria t.							0.6
Centaurea		0.6					
Artemisia					0.5		
Ambrosia		0.6					
A. Asteroideae		0.6	2.1		0.5	1.1	0.6
Caryophyllaceae	3.0	1.7			1.6	0.6	
Leguminosae						0.6	
Labiatae					0.5		
A. Umbelliferae						6.9	0.6
Asphodelus						0.6	
A. Liliaceae			2.1			1.1	0.6
Lythrum t. salicaria			2.1				
Glyceria t.		1.7	2.1		1.6	1.1	
Typha/Sparganium		1.1		2.0	2.1	4.0	1.8
Lemna						1.1	0.6
Cyperaceae	6.1	3.4	2.1	3.9	7.9	2.3	4.2
Lycopodium	6.1	6.2		2.0	1.6		1.8
A. spore monolete	6.1	4.0	2.1	5.9	3.7	2.3	4.8
Spore trilete	3.0					0.6	
Indeterminati (f%)	51.5	14.1	6.3	21.6	14.7	14.9	24.2
Tot. conta polline+spore	50	202	51	62	219	200	205
F.P.A.	*	**	**	**	**	***	***
A /NA	12/88	28/72	21/79	29/71	41/59	22/78	35/65
Quercetum mixtum	6.1	11.8	2.1	5.8	16.8	9.8	16.9
+ Alnus+Salix		0.6			2.6	2.3	
++ NA hygro+hydrophita	6.1	6.2	6.3	5.9	11.6	8.6	6.7
+++ Indicatori Antropog.	36.4	16.4	22.9	23.5	20.4	30.5	29.1
Giaciture secondarie (f%)	12.1	0.6	6.3	2.0	16.2	8.6	5.5
Dinocisti (f%)	3.0					1.1	1.8
Concentricisti (f%)	3.0	0.6			0.5	1.7	1.8

Tab. I Spettri pollinici del piano delle fornaci (vedi testo).

	9 (US46)	8 (US45)	7 (US45)	6 (US45)	5 (US45)	4 (US45)	3 (US45)	2 (US45)	1 (US45)
A									
Pinus	19.5	23.8	13.3	14.9	28.6	4.5	0.5	1.0	1.7
Abies	14.6		12.4	7.8	2.9	11.0	6.6	3.9	6.6
Picea			0.9		2.9			0.5	
Larix									0.6
Betula			3.5	1.4					
Fagus			0.9	2.8			2.8		
Castanea									0.6
Corylus	4.9		1.8	2.8	2.9	4.5	2.4	3.9	0.6
Quercus t. cerris			5.3	3.6	2.9	2.2	6.6	0.5	1.1
Quercus t. pubescens			5.3	10.6		8.9	10.0	2.9	
Quercus sp.	19.5	42.9	11.5	11.3	2.9	13.1	1.9	1.4	14.4
Carpinus			2.7	2.8	2.9		6.2	1.5	0.6
Ostrya	2.4			0.7	2.9	2.2	2.4		0.6
Ulmus		4.8	3.5	4.3		8.9	0.5		1.1
Fraxinus t. ornus				0.7				0.5	1.7
cfr. Tilia					2.9				
cfr. Acer				0.7					
Moraceae			0.9						
Juglans			0.9	0.7		2.2	0.5	0.5	
Prunus						2.2	0.5		0.6
Alnus t. glutinosa	2.4			2.1			2.4	2.9	2.8
Salix							0.5	1.0	2.2
Populus								0.5	1.1
Sambucus								0.5	0.6
Cupressaceae						5.1	0.5	1.0	1.5
Buxus									0.6
Ilex							0.5		
Rhamnaceae									
cfr. Daphne							0.5		
Calluna				0.7			0.5		
cfr. Erica						2.2			
NA									
Hordeum t.							0.5	5.4	2.2
Avena/Triticum t.								3.4	0.6
A. Graminae (ex. Glyc. t.)	9.8	14.3	13.3	9.2	5.7	15.2	19.4	26.5	17.1
Urticaceae			3.5	0.7			0.9		1.1
Plantago		4.8	1.8	2.8			1.9	8.8	1.7
Plantago t. lanceolata								2.9	0.6
Cheno/Amaranthaceae							0.9	2.0	2.8
Cichorioideae	2.4	4.8	7.1	5.0	14.3	6.5	1.9	5.9	17.1
Matricaria t.								0.5	
A. Asteroideae	2.4		0.9		2.9		0.5		1.7
Euphorbiaceae							0.5		
Caryophyllaceae	2.4							2.0	0.6
Convolvulus							0.9		
Leguminosae								0.5	
Labiatae								1.0	
Potentilla t.				0.7					
Daucus								0.5	
A. Umbelliferae					2.9		0.5		1.1
cfr. Alismataceae								0.5	
Asphodelus								0.5	
A. Liliaceae					2.9		0.5	1.5	1.7
Glyceria t.				0.7			5.7	5.9	
Typha/Sparganium						4.5	2.8	0.5	0.6
Cyperaceae	4.9		5.3	8.5	8.6	2.2	13.3	3.9	8.8
Potamogeton								0.5	
Lemna							0.5		
Nuphar			1.8	2.1	2.9				
Nymphaea t. alba								0.5	
Lycopodium					5.7			1.0	1.1
A. spore monolete	9.8	4.8	3.5		2.9	4.5	3.3	3.4	2.2
Spore trilete	4.9			2.1			0.5		0.6
Indeterminati (f%)	22.0	138.1	28.3	46.1	42.9	28.3	11.8	5.4	11.6
Tot. conta polline+spore	50	50	145	206	50	59	236	215	202
F.P.A.	*	*	*	*	*	*	***	***	**
A /NA	63/37	71/29	63/37	68/32	51/49	67/33	46/54	23/77	39/61
Quercetum mixtum	22.0	47.6	28.3	34.7	14.4	35.3	27.5	6.8	19.4
+ Alnus+Salix	2.4			2.1			2.8	3.9	5.0
++ NA hyg+hydrophyta	4.9		7.1	11.3	11.5	6.7	22.3	11.3	9.4
+++ Indicatori Antropog.	2.4	9.5	13.3	9.2	14.3	10.9	7.1	29.4	27.6
Giaciture secondarie (f%)	41.5	100.0	28.3	30.5	57.1	45.7	11.4	2.0	23.8
Dinocisti (f%)	4.9	38.1	2.7	16.3		4.3			
Concentricisti (f%)			0.9		11.4		0.9		1.7

Tab. II. Spettri pollinici del profilo della trincea (vedi testo).

vegetazione; in questo, con un asterisco si è segnalata la presenza di *Cerealia* legate all'attività umana.

A cura del Prof. D. Corradini dell'Istituto di Paleontologia dell'Università di Modena, sono stati esaminati i Dinoflagellati allo scopo di evidenziarne una eventuale appartenenza a forme di acqua dolce, che potrebbe indicare una concomitante deposizione con i sedimenti continentali studiati. Si tratta invece di forme marine, provenienti da rocce sedimentarie di età da cretacea ad oligomiocenica (*Gonyaulacista*, *Oligosphaeridium*, *Spiniferites*, *Homothyrium*), che non hanno quindi alcun significato nei nostri spettri.

Fra le A è presente il pino, che dovrebbe essere *Pinus sylvestris* L.; in effetti, in qualche caso questa entità spiccatamente apocritica è stata con sicurezza riconosciuta. La roverella (*Quercus pubescens* Willd) è il motivo dominante del querceto termofilo collinare (Bertolani Marchetti, 1980), insieme ad altre legnose il cui polline è pure presente negli spettri (*Carpinus*, *Ostrya*, *Fraxinus t. ornus*, *Ulmus*, *Corylus*, *Tilia*, *Castanea*, *Juniperus*).

Suoli argillosi possono ospitare il cerro (*Quercus cerris* L.), del quale si è potuto effettuare qualche riconoscimento pollinico. I morfotipi delle due querce sono stati distinti nelle tabelle, mentre si sono segnate con *Quercus* sp. i reperti la cui attribuzione non poteva essere ulteriormente definita.

Ad apporti provenienti dalla fascia montana sono legati il frequente polline di *Abies* ed il più raro di *Fagus*.

Le analisi polliniche delineano i seguenti aspetti dei due gruppi di prelievi:

TRINCEA

A causa della natura della sedimentazione nell'area, i campioni della trincea non rappresentano una sequenza indisturbata. Qualche significativa variazione si può osservare dagli strati più profondi (relativi ai campioni da 9 a 4 e sterili da un punto di vista archeologico) a quelli più superficiali (relativi ai campioni da 3 ad 1 ed antropizzati). Infatti, nei campioni più profondi, inferiori al 4, il tasso delle A è sempre maggiore di quello delle NA. Sembra pertanto ragionevole supporre che in questi livelli sia rappresentata una copertura arborea, locale o prossima, più cospicua.

La percentuale del querceto misto è manifestamente sensibile in questi campioni, mentre la presenza di cereali solo nei campioni superiori, da 3 a 1, porterebbe l'ipotesi di un degrado del bosco operato per instaurare colture. In particolare, nel campione 2 si trovano il valore minimo di querceto misto e quello massimo di indicatori antropogenici (principalmente cereali, piantaggine e composite).

PIANO DELLE FORNACI

Nei campioni da 10 a 16 gli spettri pollinici presentano un impoverimento di entità, rispetto a quelli di trincea, strettamente legato all'impatto umano con tutte le sue manifestazioni. Ad esempio, il rapporto A/NA è decisamente a favore delle erbacee. Si delinea quindi, come negli strati alti della sequenza di trincea, un paesaggio aperto in cui la copertura arborea occupa una posizione periferica rispetto al sito, in accordo con i valori bassi di querceto misto.

Anche qui la presenza costante, quantunque non alta, di piante palustri e acquatiche indica l'esistenza di corsi e specchi d'acqua non troppo distanti, mentre il polline di *Cerealia* testimonia quella di aree coltivate. Alti i valori anche degli altri indicatori antropogenici, che sono costituiti sia da erbacee ruderali e di luoghi calpestati, sia da arboree coltivate e/o coltivabili, in particolare *Castanea* nel campione 14.

In conclusione, la storia della vegetazione mostra una evoluzione che parte dalla prevalenza di una copertura boscosa data dal querceto collinare, con tutte le caratteristiche che esso presenta anche attualmente. L'impatto dell'uomo si manifesta con testimonianze della sua presenza stabile, rappresentate da pollini di *Cerealia* e da complessi di entità ruderali e di luoghi calpestati. L'industria dei laterizi, basata sullo sfruttamento dell'argilla, necessitava anche, evidentemente, di una presenza prossima dell'acqua, che troviamo infatti indicata dai campioni dei pollini di igro-idrofite.

4. RICERCHE PETROGRAFICHE

4.1. PREMESSA

Il materiale campionato è stato sottoposto ad esame diffrattometrico, esame microscopico in sezione sottile, analisi termica e analisi chimica.

I campioni riguardano: argille naturali dell'area di scavo, argille influenzate dal calore del focolare, strutture dei forni, intonaci, mattoni, coppi, tegole e refrattari.

Le sigle che contraddistinguono tali campioni si riferiscono, rispettivamente, alla numerazione progressiva data ai singoli campioni ed alle unità stratigrafiche di provenienza (US); sono inoltre elencate di seguito le referenze di scavo:

1. US 44. Trincea 2. Strato di argilla sterile dei livelli sui quali si impiantò il complesso artigianale.
2. US 45. Idem.
3. US 5/6. Fornace 1. Camera di combustione: elemento di imposta di volta del corridoio centrale.
- 4-5. US 6. Fornace 1. Camera di combustione: pilastro di sostegno del piano forato.
6. US 71. Fornace 1. Camera di combustione: elemento del muro perimetrale ovest del corridoio centrale.
7. (a-b). US 12. Fornace 1. Strato di crollo all'interno del corridoio centrale: mattoni refrattari.
8. (a-f). US 15. Fornace 1. Strato di crollo all'interno del corridoio centrale: mattoni.
9. (a-c). US 15. Fornace 1. Strato di crollo all'interno del corridoio centrale: coppi.
- 10-(a-g). US 15. Fornace 1. Strato di crollo all'interno del corridoio centrale: tegole.
14. US 25. Fornace 2. Camera di combustione: intonaco sul pilastro di sostegno del piano forato.
- 18 (a-b). US 28. Fornace 2. Camera di combustione: intonaco del *praefurnium*.
20. US 25. Fornace 2. Camera di combustione: intonaco della camera di combustione.
21. US 30. Fornace 3. Camera di combustione: elemento del muro di sostegno del piano forato.
23. US 49. Fornace 4. Argilla combusta all'imboccatura del *praefurnium*.
26. US 48. Fornace 4. Argilla rubefatta ai margini del *praefurnium*.

Inoltre, partendo dal focolare e con prelevamento ogni 10 centimetri, nella fornace 2 sono stati presi campioni di terra influenzata dal calore della camera di combustione; detti campioni sono stati sottoposti allo stesso tipo di studio. Infine, con l'argilla dell'area della fornace sono stati confezionati, a mano, dei provini, successivamente cotti in forno a gradienti da 600 a 900 °C.

4.2. OSSERVAZIONE MICROSCOPICA

È stata eseguita sui campioni da cui è stato possibile preparare una sezione sottile. I risultati figurano nella tabella III, nella quale si osserva che la calcite è sempre presente anche in campioni che, come si vedrà, sono stati cotti a temperature relativamente elevate, non compatibili con la presenza di carbonati. Il microscopio, però, consente di accertare se tale calcite è primaria o secondaria. Infatti, è possibile che in campioni in cui la cottura ha eliminato la calcite primaria e formato silicati di calcio, si sia formata nuova calcite, durante il seppellimento, per la presenza di acque ricche di ioni calcio derivanti dalla decalcificazione del terreno sovrastante (Fig. 9).

Molti campioni mostrano la presenza, anche abbondante, di mica, sia muscovite, sia biotite, che i raggi X non possono però mettere in evidenza in quanto la struttura cristallina, per azioni termiche, è stata distrutta o profondamente modificata. Si tratta spesso di pseudomorfo di aggregati di minerali di neoformazione su mica.

Il diopside è malamente visibile, essendo mascherato dalle colorazioni del ferro ossidato; pertanto, la sua presenza è sicuramente accertabile solo con determinazioni diffrattometriche.

L'impasto è formato da argilla senza aggiunte di smagrante per quanto riguarda i coppi, i mattoni, una piccola parte delle tegole e il pilastro. Si evidenziano invece aggiunte di sabbia nel refrattario, nelle strutture delle fornaci ed in parte delle tegole. La chamotte compare solo nel campione US 15 10 f (tegola, Fig. 10).

La pasta di fondo è, di norma, otticamente isotropa, ossia si è avvicinata alla greificazione.

	Quarzo	Plagioc.	K-Felds.	Muscov.	Biotite	Calcite	Roccia	Fe-Oxid	Impasto
7a.US 12	+++	+++	+++	+	+	+ ps			
7b.US 12	+++	+++	+++	+	+++	s	+	++	Isotropo
21.US 30	+++	++				++ s			Isotropo
3.US 5/6	+++	+++	+++	+		++ s		+	Isotropo
4.US 6	++	++	++	++	+	++ s	+	+	Prev.Isotr.
10f.US 15	+++	+++	+++	++	+	++ ps		++	Isotropo
10e.US 15	+++	+++	+++	+	+	+++ ps	+	+	Isotropo#
10c.US 15	+	x	+++	+++	+	p	+++		Anisotropo
9b.US 15	++	++	++	++	++	+	p	+++	Anisotropo
9a.US 15	+	+	+	++	++	+	ps	+++	Isotropo
8f.US 15	+	x	+++	+++	+++	p	++	++	Parz.Isotr.
8c.US 15	+	+	+			++	ps	+	Isotropo
8b.US 15	++	++			+	++	s		Isotropo
	+++ Abbondante			++ Medio			+ Scarso		
	p=Calcite solo primaria			ps=Calcite primaria e secondaria				s=Calcite solo secondaria	
	# Presenza di anfibolo		x Feldspati non identificabili						

Tab. III. Composizione mineralogica desunta dall'esame microscopico.

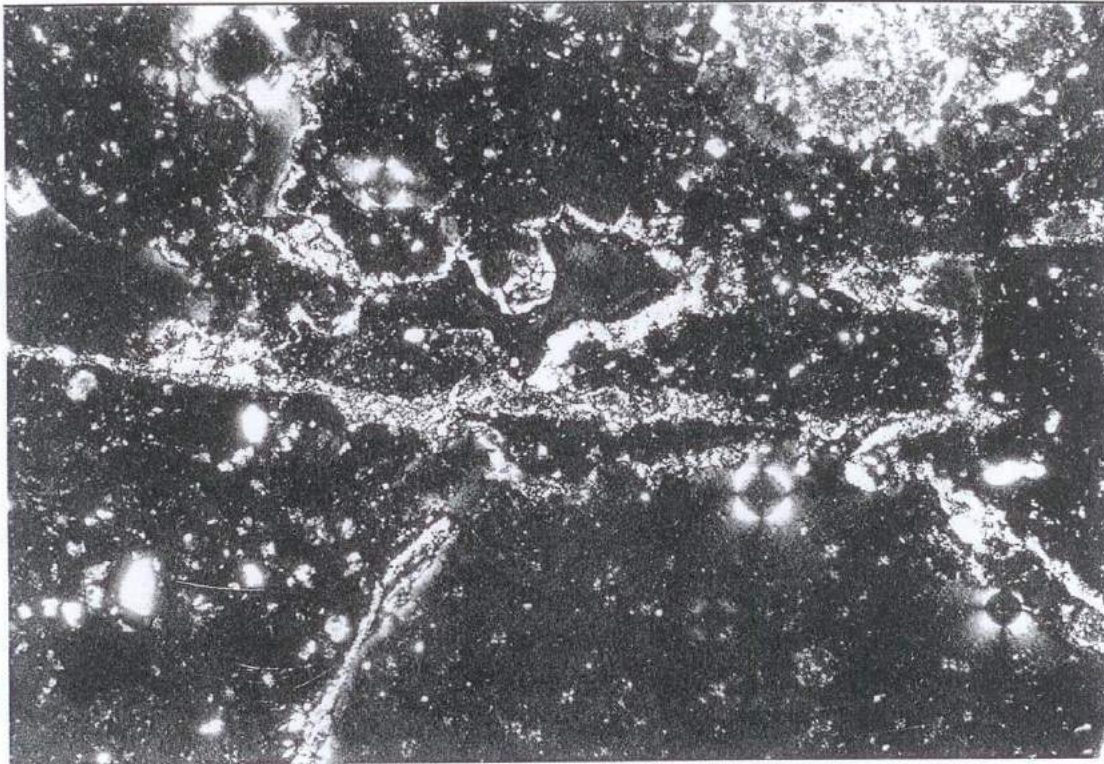


Fig. 9 - Microfotografia in sezione sottile del campione 21 US 30 (muro della camera di combustione). Calcite secondaria in vene e incrostante piccole cavità. Nicols incr.

Ciò è avvenuto sempre nelle strutture della fornace a contatto col fuoco, non sempre nei manufatti (tegole, coppi e mattoni), dove sono rimasti feldspati e minerali micacei solo in parte legati da vetro.

4.3. ESAMI DIFFRATTOMETRICI

Questi sono stati eseguiti su tutti i campioni (laterizi, argille crude e terra parzialmente cotta a ridosso delle fornaci) e danno indicazioni molto più complete, che integrano quelle dell'osservazione microscopica. I risultati sono raccolti in tabella IV.

Nei campioni cotti, si osserva la comparsa dei minerali caratteristici di argille marnose sottoposte a cottura (Palmonari e Cini, 1964; Emiliani e Vincenzini, 1974; Maggetti, 1982; Bertolani et al., 1985; Capel et al., 1985). Fra questi il diopside, frequente e talvolta abbondante, che si forma, a spese del quarzo e di alcuni silicati come clorite e mica, per reazione col carbonato di calcio ad una temperatura uguale o anche superiore agli 850-900 °C. L'incremento del diopside procede di pari passo con la diminuzione del quarzo e la formazione di anortite.

A circa 800 °C si forma gehlenite contemporaneamente alla dissociazione delle miche, ma, a temperature superiori, questa scompare e lascia il posto al diopside.

Nei campioni cotti esaminati molti minerali sono già scomparsi; mancano, infatti, montmorillonite, caolinite e clorite, mentre le miche sono molto scarse probabilmente perchè già ini-

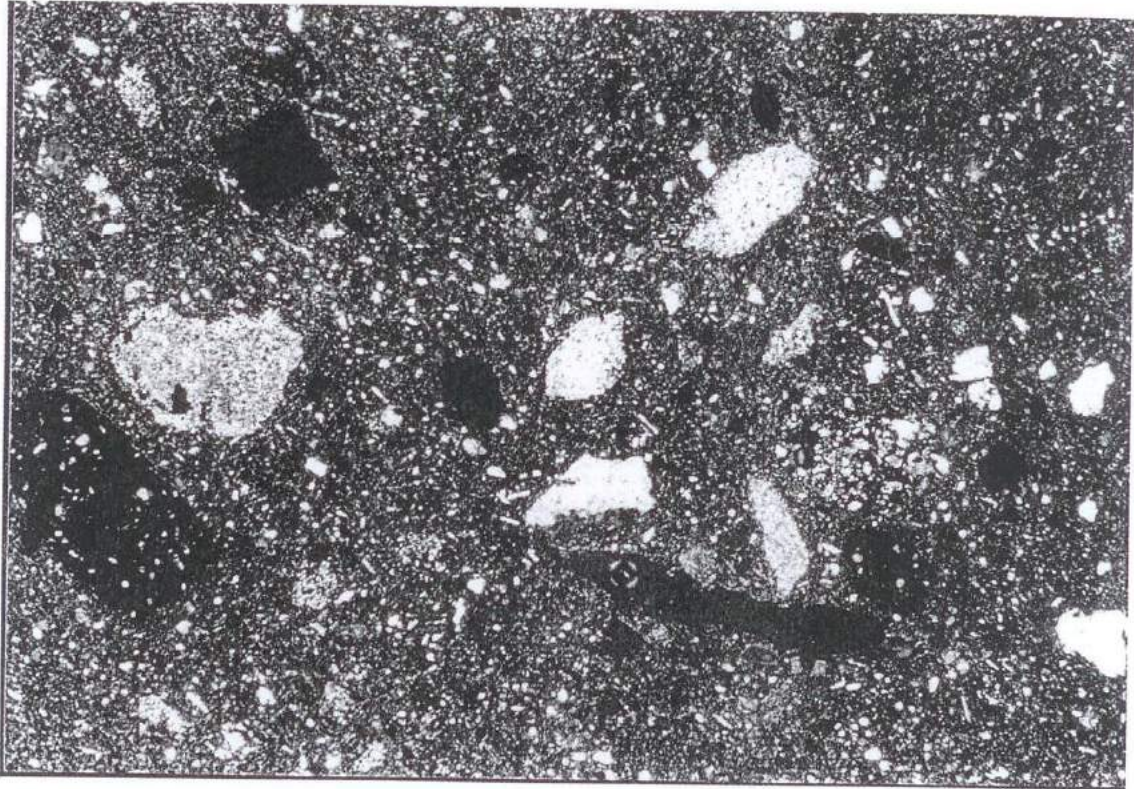


Fig. 10 - Microfotografia in sezione sottile del campione US 15-10 f (tegola). Impasto smagrito con sabbia e poca chamotte. Nicols incr.

ziato un processo di trasformazione termica, come accennato in precedenza.

I campioni di argilla cruda risultano costituiti da argille marnose contenenti, oltre a quarzo e feldspato, calcite, dolomite, montmorillonite, mica e clorite.

4.4. ANALISI CHIMICA

Nove campioni riferibili a tutti i tipi di materiali sono stati analizzati per spettrometria di fluorescenza-X, utilizzando una apparecchiatura Philips mod. PW 1480; i risultati delle analisi chimiche sono riportati nella tabella V. Oltre ai vari elementi maggiori e minori, espressi come ossidi, è stato determinato anche un elemento in traccia, lo stronzio, con funzione di elemento di confronto tra gli impasti cotti e le argille crude.

Alcuni costituenti come Al, Ti, Mn, Fe, P ed Mg risultano quantitativamente analoghi sia nell'argilla cruda del posto, sia nei materiali cotti; altri, come Na e K, subiscono modeste variazioni. Più incostante è la silice, ma soprattutto il calcio, che presenta forti variazioni. In particolare, abbastanza sensibile è la diminuzione di questo elemento nel campione 70-80, preso vicino al focolare della fornace 2. Analogo comportamento è mostrato dallo stronzio, come facilmente ipotizzabile in considerazione della stretta affinità geochimica fra questi due elementi

Complessivamente, si può affermare che le argille crude, quelle dei manufatti e quelle usate nella struttura della fornace, a parte il campione 70-80, sono analoghe, tenendo altresì presente

	Quarzo	Felds.	Calcite	Dolom.	Mica	Clorite	Ematite	Magnet.	Diops.	Gehlen.	Smect.	
3	+++	++	++				+		+	+		
5.US 6	+++	++	+				++		+			
4.US 6	+	+	+++						++			
21.30	++	++	+				+		++			
20	+	++	+				+		+			
14	+++	++	++				++		++			
18a	++	++	+					+	++			
18b	++	++	+				+		+			
15.8a	++	++	++				+		+	+		
15.8b	++	++	++				+		++	+		
15.8c	+++	++	+				++		++			
15.8d	+++	++	++				+		++	+		
15.8f	+++	+	++		+		+			++		
15.9a	+++	++	++	+	+		+					
15.9b	+++	+	++		+							
15.9c	+++	++	+				++		+			
15.10a	+++	++	++	+			+		++	+		
15.10b	+++	+	++		+							
15.10c	+++	+	++		+							
15.10d	+++	+	+++		+		+					
15.10e	++	++	+				+					
15.10f	+++	++	+				++		+			
15.10g	+++	++	+				+					
US 127a	+++	++	+				++		+			
US 127b	+++	++	++						++			
US 44	++	+	++	+	+	+					+	
US 45	+++	++	+	+	+	+					+	
US 48.26	+++	+	+++	+	+						+	
US 49.23	+++	+	++		+	+						
	+++ Abbondante			++ Medio			+ Scarso					

Tab. IV. Composizione mineralogica desunta dall'esame diffrattometrico.

	US 44	US 45	70-80	US 12-7a	US 15-8c	US 15-9a	US 15-10e	18a	3
SiO ₂ %	46.64	43.24	58.25	64.45	53.79	51.23	56.48	60.82	63.99
TiO ₂ %	0.58	0.60	0.80	0.75	0.65	0.62	0.64	0.77	0.64
Al ₂ O ₃ %	12.31	11.15	15.78	14.01	13.59	12.21	13.15	14.70	13.12
Fe ₂ O ₃ %	5.28	5.48	6.78	5.83	6.04	6.02	5.59	6.85	6.25
MnO %	0.16	0.15	0.14	0.16	0.14	0.17	0.16	0.18	0.20
CaO %	12.76	14.87	3.00	5.86	11.10	13.63	11.45	7.26	5.55
MgO %	2.81	2.54	2.48	2.57	2.75	3.00	2.90	2.66	1.88
Na ₂ O %	0.58	0.47	0.57	1.40	0.92	0.73	1.25	1.00	1.14
K ₂ O %	1.97	2.01	2.40	2.25	2.75	1.83	2.08	3.15	2.44
P ₂ O ₅ %	0.17	0.17	0.10	0.22	0.17	0.16	0.21	0.40	0.22
CO ₂ %	10.56	15.14	2.55	1.58	3.30	8.48	4.84	1.10	2.33
H ₂ O %	6.19	4.18	7.15	0.92	4.80	1.92	1.26	1.10	2.22
Sr ppm	336	332	182	253	305	300	339	228	238
CaCO ₃ %	24.00	34.40	5.80	3.60	7.50	19.20	11.00	2.50	5.30

Tab. V. Composizione chimica di campioni rappresentativi dei vari manufatti e delle argille locali.

che le variazioni di concentrazione osservate per il calcio possono derivare da apporto o dissoluzione secondari e che l'acqua di combinazione, quasi sempre presente in apprezzabili quantità anche nei materiali cotti, deriva certamente da un'idratazione secondaria dei minerali.

4.5. ANALISI TERMICHE

Sono state eseguite su 12 campioni, per la maggior parte coincidenti con quelli sottoposti ad analisi chimiche. In linea teorica, l'analisi termica differenziale dovrebbe presentare solo quelle reazioni che si verificano al di sopra della temperatura di cottura dei materiali, consentendo perciò di identificarne il valore. Nel nostro caso, però, la lunga permanenza nel terreno ha rigenerato minerali per apporto di sali o per trasformazione secondaria. Ne conseguono curve di analisi termica ricche di reazioni anche al di sotto delle temperature di cottura.

In dette curve, in particolare, si osservano modeste differenze fra i prodotti cotti e le materie prime crude, a parte il minimo della smectite, ben presente nelle argille crude e mancante in quelle cotte, e una maggiore incisività del minimo della calcite nelle materie prime crude.

In molti prodotti cotti si manifesta un massimo esotermico a temperature non molto superiori a 300 °C, che normalmente si attribuisce a sostanza organica, la quale non dovrebbe però resistere ad una temperatura di cottura dei manufatti certamente superiore a 600-700 °C. È da ritenere perciò che, anche in questo caso, la sostanza organica derivi da un apporto secondario, da parte di soluzioni circolanti nel terreno, durante il lungo seppellimento.

4.6. RISULTATI DEGLI ESAMI DELLA TERRA INFLUENZATA DAL CALORE DELLA CAMERA DI COMBUSTIONE

Come si è detto, sono stati prelevati otto campioni, ogni 10 cm, a partire dalla camera di combustione della fornace 2, procedendo verso est. Esaminati al diffrattometro questi campioni hanno presentato un'associazione: quarzo, feldspato, calcite, mica e clorite. Solo il campione ad immediato contatto con la camera di combustione è risultato privo di calcite e clorite, mostrando di aver superato i 700 °C. Gli altri, essendo presente la clorite, non hanno raggiunto la temperatura di 600 °C.

4.7. PROVE DI COTTURA DI IMPASTI ARGILLOSI

Come già accennato, partendo dal presupposto che le fornaci romane utilizzassero l'argilla del vicino banco, da cui provengono i campioni 1-2 (US 44-US 45), con tale materiale sono stati preparati a mano, entro stampi, alcuni provini che sono stati cotti in forno a gradienti. Dopo cottura alle varie temperature, questi sono stati esaminati al diffrattometro, ottenendo i risultati di tabella VI. Da essa si ricava che, analogamente a quanto osservato nei laterizi romani, si è avuta prima l'eliminazione della smectite, poi quella della dolomite. Successivamente, scompaiono clorite e calcite ed infine, verso 850-900 °C, si formano prima gehlenite e poi diopside.

4.8. CONSIDERAZIONI FINALI

Gli esami effettuati indicano che la materia prima usata per i prodotti delle fornaci di S. Antonio può essere rappresentata dal banco di argilla raggiunta dallo scavo archeologico. È principalmente la composizione chimica che porta a questa convinzione, ciò in particolare per

	T	Quarzo	Feldspato	Calcite	Dolomite	Mica	Clorite	Ematite	Diopside	Gehlenite
44	900	++	+					+	+	++
	750	+++	+			+				
	650	+++	+	+		++	+			
	600	+++	+	++	+	++	+			
	550	+++	+	+++	++	++	+			
45	650	+++	+	+	tr.	++	+			
	600	+++	+	++	+	++	+			
		+++ Abbondante			++ Medio			+ Scarso		

Tab. VI. Risultati degli esami diffrattometrici su provini, ricavati da argille locali, cotti in forno a gradienti.

quanto riguarda le concentrazioni di calcio e stronzio. Composizione diversa ha invece l'argilla che contorna le fornaci, come indica l'analisi chimica del campione 70-80, povero in calcio e, conseguentemente, in stronzio.

La materia prima usata nelle strutture delle fornaci, compreso intonaco e refrattario, è invece leggermente diversa da quella dei manufatti, essendo più ricca in silice e più povera in calcio, quindi in definitiva più refrattaria.

La granulometria è più grossolana nelle strutture delle fornaci, per aggiunta di sabbia. Sabbia è stata aggiunta, ma non sempre, anche nelle tegole piane, mentre per i coppi ed i mattoni è stata usata argilla naturale, generalmente abbondantemente micacea.

La temperatura di cottura dei prodotti è differenziata: tra 800 e 900 °C nei mattoni e sui 700 °C nei coppi, con un'eccezione di 900 °C nel campione US 15. Le tegole piane presentano temperatura variabile tra 700 e 900 °C, ma con prevalenza dei 700 °C. Le strutture delle fornaci, sottoposte per lungo tempo all'azione del calore, manifestano temperature elevate, uguali o superiori a 900 °C.

L'argilla in posto che contorna la camera di combustione della fornace 2, non idonea per laterizio, presenta variazioni composizionali, per cause termiche, solo nel campione ad immediato contatto col focolare. Infatti, le evidenze mineralogiche dimostrano che già il campione a 10 centimetri di distanza non ha superato i 600 °C.

Le prove di preparazione e cottura fino a 900 °C di campioni di argilla del banco vicino alle fornaci hanno indicato che si ottengono le stesse paragenesi dei laterizi romani, convalidando l'ipotesi che la materia prima fosse quella esistente in posto.

NOTE E RINGRAZIAMENTI

Lo scavo, diretto da Nicoletta Giordani, è stato condotto dalla Cooperativa AR/S Archeosistemi. Hanno partecipato alle indagini: Silvia Barbieri, Augusto Gianferrari, Louta Ligeri, Donato e Paolo Labate, Anna Losi e numerosi volontari, che si ringraziano per la collaborazione prestata. Gli interventi di consolidamento dei manufatti ed il restauro dei reperti ceramici sono stati effettuati da Silvia Barbieri e Roberto Monaco, operatore del Laboratorio di Restauro della Soprintendenza Archeologica dell'Emilia-Romagna. I campioni per le analisi palinologiche e petrografiche sono stati prelevati da Donato Labate su indicazione dei rispettivi responsabili. Gli elaborati grafici si devono ad Agnese Mignani e Vanna Politi, disegnatrici presso la Soprintendenza Archeologica; la documentazione fotografica è conservata presso gli archivi della medesima Soprintendenza.

Lavoro parzialmente finanziato dal C.N.R. nell'ambito di un programma di ricerche geochimiche su materiali di interesse storico-archeologico.

BIBLIOGRAFIA

PARTE ARCHEOLOGICA

- Baldoni D., Giordani N., Malnati L. and Ortalli J., (1987) Alcune osservazioni sulla romanizzazione della Valle Padana, in: Celti ed Etruschi dell'Italia centro-settentrionale dal V sec. a.C. alla romanizzazione, Vitali ed., Imola, 397-404.
- Bergonzi G., (1989) I Celti nel Modenese, in: Modena dalle origini all'anno Mille. Studi di Archeologia e Storia, Panini ed., Modena, 153-167.
- Giordani N., (1989) Il territorio di *Mutina* in età romana: analisi tipologica e cronologia dell'insediamento rurale, in: Modena dalle origini all'anno Mille. Studi di Archeologia e Storia, Panini ed., Modena, 469-482.
- Giordani N., (1990a) Documenti sull'attività di produzione e di scambio nelle prime fasi della romanizzazione dell'*ager mutinensis*. *Etudes Celtiques* XXVII, 131-162.
- Giordani N., (1990b) Nuovi dati per lo studio degli impianti produttivi nell'*ager mutinensis*. Studi e Documenti di Archeologia VI, 59-63.
- Gualandini M.C., (1983) Cultura materiale dell'Emilia-Romagna: un'indagine interpretativa sulla presenza di fornaci ed officine ceramiche di età romana, in: Studi sulla città antica, Roma, 443-467.
- Malnati L., (1989) L'affermazione etrusca nel Modenese e l'organizzazione del territorio, in: Modena dalle origini all'anno Mille. Studi di Archeologia e Storia, Panini ed., Modena, 148-152.
- Parra M.C., (1983a) La fornace di Magreta, in: Misurare la terra: centuriazione e coloni nel mondo romano. Il caso modenese, Panini ed., Modena, 89-102.
- Parra M.C., (1983b) La fornace di Savignano sul Panaro, in: Misurare la terra: centuriazione e coloni nel mondo romano. Il caso modenese, Panini ed., Modena, 103-108.

PARTE GEOLOGICA

- Crevaschi M. e Gasperi G., (1988a) Il sottosuolo della città di Modena. Caratteri sedimentologici, geopedologici, stratigrafici e significato paleoambientale, in: Modena dalle origini all'anno Mille. Studi di Archeologia e Storia, Panini ed., Modena, 285-303.
- Crevaschi M. e Gasperi G., (1988b) Geologia del territorio modenese e delle aree limitrofe, in: Modena dalle origini all'anno Mille. Studi di Archeologia e Storia, Panini ed., Modena, 63-68.
- Gasperi G., Crevaschi M., Mantovani Uguzzoni M.P., Cardarelli A., Cattani M. e Labate D., (1989) Evoluzione plio-quadernaria del margine appenninico modenese e dell'antistante pianura. Note illustrative alla Carta Geologica. Mem. Soc. Geol. It., 39, 375-431.

PARTE PALINOLOGICA

- Bertolani Marchetti D., (1980) Alla ricerca del passato, in: AA.VV., Flora e Vegetazione dell'Emilia-Romagna, Regione Emilia-Romagna, 141-162.
- Bertolani Marchetti D., (1983) Fiorano e la sua vegetazione, Comune di Fiorano Modenese.

- Bertolani Marchetti D. e Lolli F., (1983) Palinologia di una cava nell'Alta Pianura Modenese in relazione a vicende ambientali coeve alla sedimentazione e agli apporti pollinici secondari di formazioni plioceniche. *Public. del Progetto Finalizzato Geodinamica, Sottoprogetto Neotettonica, CNR*, 48-55.
- Dimbey G.W., (1985) *The palinology of archaeological sites*. Academic Press, London.
- Girard M. e Renault-Miskovsky J., (1969) Nouvelles techniques de preparation en palynologie appliquees à trois sediments du quaternaire final de l'Abri Cornille (Istres-Bouches-du-Rhone). *Bull. Assoc. Franc. Quatern.*, 4, 275-278.
- Hall S.A., (1981) Deteriorated pollen grains and the interpretation of quaternary pollen diagrams. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 32, 193-206.
- Havinga A.J., (1984) A 20-year experimental investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores in various soil types. *Pollen et Spores*, XXVI (3-4), 541-558.
- Pearsall D.M., (1989) *Palaeoethnobotany. A handbook of procedures*. Academic Press, San Diego.

PARTE PETROGRAFICA

- Bertolani M., Bertolini M. e Loschi Ghittoni A.G., (1985) Il lapillo nell'industria ceramica. Suo comportamento nel processo di cottura delle piastrelle. *Ceramica Inf.*, 227, 71-75.
- Capel J., Huertas F e Linares J., (1985) High temperature reactions and use of Bronze Age pottery from La Mancha, Central Spain. *Min. Petr. Acta*, 29A, 563-575.
- Emiliani T. e Vincenzini P., (1974) Trasformazioni indotte dai trattamenti termici in argille italiane destinate a produzioni industriali di materiali per l'edilizia. *La Ceramica*, 27, 19-29.
- Maggetti M., (1982) Phases analysis and its significance for technology and origin, in: *Archaeological Ceramics*, J.S.Olin and A.D. Franklin ed., Smithsonian Institution Press, Washington, D.C., 121-133.
- Palmonari C. e Cini L., (1964) Composizione mineralogica e comportamento termico di un'argilla silico-calcareo. *La Ceramica*, 17, 73-77.