



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

Dipartimento di Lettere e Filosofia

DOTTORATO DI RICERCA IN STUDI UMANISTICI

Indirizzo: Beni Culturali

Ciclo XXIX

Tesi di Dottorato

**STRUTTURE DI COMBUSTIONE A LUGO DI GREZZANA (VR).
*L'USO DELL'ARCHEOLOGIA SPERIMENTALE PER L'INTERPRETAZIONE
DI PROCESSI ARCHEOLOGICI***

Dottoranda: Annalisa Costa

Coordinatrice del Dottorato:

prof.ssa Elvira Migliario

Relatrice:

prof.ssa Annaluisa Pedrotti

Discussa a Trento il 20 dicembre 2018

A mio padre

Ringraziamenti

Seguire un percorso formativo come quello del dottorato è stata una grande occasione di crescita per la quale devo ringraziare prima di tutto il mio tutor, la prof.ssa Annaluisa Pedrotti, guida preziosa nel corso di questi anni, un modello, non solo a livello professionale, ma anche umano. Se oggi ho raggiunto questo obiettivo è grazie alla sua preparazione, alla sua pazienza e alla fiducia che ha sempre riposto in me. Farò tesoro dei suoi insegnamenti. Sono molto grata al prof. Carlo Lugliè e la prof. ssa Cecilia Conati Barbaro, i miei referees, per i consigli e la loro immensa disponibilità. Una parte di questo lavoro è stata svolta sul campo, e fondamentali sono stati la collaborazione, i consigli e il continuo confronto con il Dott. Fabio Cavulli che ringrazio per l'aiuto. L'esperienza di dottorato è stata motivo di arricchimento anche grazie alla possibilità di svolgere e apprendere tecniche di analisi sui materiali presso il Dipartimento di Ingegneria, dove sono stata seguita dal prof. Stefano Gialanella e i suoi collaboratori, in particolare la dott.ssa Angela Berloff. Li ringrazio moltissimo per avermi iniziata al mondo dell'archeometria e per i suggerimenti e le indicazioni nel corso del lavoro. Una presenza importante quella del prof. Diego Angelucci, sempre pronto a rispondere con entusiasmo a qualsiasi domanda e fonte di continui stimoli e quella della prof.ssa Migliario, coordinatrice della scuola al momento del mio arrivo. Grazie alla scuola ho avuto modo di partecipare a convegni e workshop che mi hanno dato modo di ampliare la mia rete di conoscenze. Porterò nel cuore l'incontro con Karen D. Vitelli, conosciuta durante il *Summer Course on Experimental Neolithic Pottery* seguito a Kiladha, per la disponibilità e l'apertura al confronto, che continua ancora oggi via email.

Sono molto grata al prof. Stefano Grimaldi e a Roeland Paardekooper per avermi sostenuta nella mia idea di portare il prossimo EAC (Experimental Archaeology Conference) a Trento. Grazie a loro, il prossimo anno, ci sarà una valida occasione di confronto per chi opera nel campo dell'archeologia sperimentale.

Grazie anche a Cosimo D'Oronzo, a Felix Tencariu per il confronto su argomenti comuni trattati nel corso delle nostre rispettive ricerche e a Vassiliki per avermi aiutata a tradurre dal greco.

Ringrazio anche tutti coloro che si sono prestati a testare diverse tecniche di foggatura dei vasi: Agatino Reitano, per aver messo da parte per un po' il suo amore per la ceramica siciliana, realizzando vasi neolitici del nord Italia e avermi accompagnata nei miei giri alla ricerca di argille, Giovanni Virruso per aver collaborato alla realizzazione di alcune forme con gli impasti di argilla raccolta a Lugo, non sempre facili da modellare, con ottimi risultati grazie alla sua fantastica manualità, tutti gli studenti del corso di Preistoria e Protostoria che hanno partecipato ai diversi laboratori sulle tecniche di foggatura. Molti inoltre tutti coloro che si sono lasciati incuriosire dal progetto e che hanno preso parte al lavoro sperimentale: gli studenti che hanno partecipato alle attività sul campo (Roberto, Martina, Sandra, Serena, Chiara), gli amici di Archeoland, Renato, Lionello, Amos, e la casa nel bosco in Valpantena. Un grande ringraziamento va al mio caro amico Lorenzo Stanzani per avere messo la sua professionalità al nostro servizio occupandosi della documentazione video.

Fondamentale il contributo del Sig. Giandomenico Scala, che ci ha autorizzati ad eseguire le repliche sul suo terreno in zona Campagne di Lugo e del Sig. Franco Bertoldi che ci ha offerto supporto logistico. Vorrei inoltre ringraziare l'Assessore ai Beni Culturali del Comune di Grezzana, Rosamaria Conti, per la disponibilità e l'interesse dimostrati verso il progetto e gli abitanti residenti nei dintorni dell'area di lavoro, in particolare il Sig. Gino, per averci offerto da bere durante le fredde e calde giornate sul campo di lavoro, per la sua gentilezza ed enorme disponibilità.

Vorrei ringraziare Monica, Assia, Serena e tutti gli altri ragazzi che hanno frequentato in questi anni il Laboratorio Bagolini, per l'amicizia dimostrata e la condivisione.

Non posso non ringraziare il Dr. Gasparrini, per avermi sostenuto non solo come medico, ma dandomi il conforto di un amico in un momento di difficili problemi di salute e tutte le persone che ho conosciuto a Trento e hanno fatto parte di questo percorso, Chiara e il corso di Yoga, Federica compagna di avventura, amica sin dal primo momento in cui abbiamo iniziato a parlarci durante l'attesa per il colloquio di ammissione al dottorato, e Federica mia splendida coinquilina che ha portato leggerezza negli anni finali di dottorato; Chiara S. per avermi aiutata a trovare la luce nei momenti bui; Laura per le scarpinate trentine e aver condiviso con me l'amore per il cinema d'autore; Ester, esempio di azione senza mezzi termini; Ramona per l'affetto e disponibilità.

Ringrazio mio padre, che nonostante la sua malattia, mi ha incoraggiato a continuare il mio lavoro. A lui dedico questo lavoro, per il tempo che non abbiamo potuto trascorrere assieme e al mio caro Enrico Procelli, amico, padre, maestro, venuto a mancare troppo presto. Grazie alla vita, che anche se mi ha tolto figure paterne importanti, me ne ha donate altre: il mio caro Cecil che mi ha accolto nella sua famiglia dimostrandomi sempre un profondo affetto. Tutti i miei amici più cari Umberto Sansoni, Danilo, Alessia, Oriana per aver sempre creduto in me. Gli amici della natura, Christian, i luoghi e le persone incontrate a Savio attraverso le quali ho ritrovato la gioia della condivisione. Il Bigio e la Mari per avere creato un rifugio sicuro. Giovanna, per aver fatto scattare in me la consapevolezza che ce l'avrei fatta. Ringrazio il mio Carlo, per le attenzioni di questi ultimi mesi e per avere sopportato tutti i miei momenti di sconforto e avermi sempre incoraggiata. Grazie alla mia famiglia e ai tanti che forse per stanchezza non ho ricordato. Infine ringrazio me stessa. Nonostante alcuni ostacoli ho tentato di fare del mio meglio.

STRUTTURE DI COMBUSTIONE A LUGO DI GREZZANA (VR):

L'USO DELL'ARCHEOLOGIA SPERIMENTALE PER L' INTERPRETAZIONE DEI PROCESSI ARCHEOLOGICI

INDICE

Introduzione	1
CAPITOLO 1. Lo studio delle strutture di combustione	
1.1. Storia delle ricerche	3
1.2. Terminologia e definizione tipologica	5
1.3. Processi ed effetti della combustione	13
1.3.1. Residui di combustione	
- Carboni e ceneri	
1.3.2. Alternazione termica	16
- Il concotto	
1.3.3. Interpretazione delle tracce	17
1.4. Il deposito archeologico	18
1.5. L'archeologia sperimentale come disciplina	19
1.5.1. L'archeologia sperimentale italiana in rapporto a quella europea	26
1.6. Strumenti e metodo	34
CAPITOLO 2: L'uso del fuoco durante il Neolitico: Forni, fornaci e strutture di combustione infossate	
2.1. Premessa	36
2.2. I più antichi forni. Evidenze oltre i confini della penisola italiana	42
2.2.1. Considerazioni sull'interpretazione delle strutture	72
2.3. Le strutture di combustione neolitiche. Evidenze nella penisola italiana	75
2.3.1. I forni	77
2.3.2. Le strutture di combustione in fossa	85
2.3.3. Le strutture di combustione in fossa con riempimento in pietra	88
2.3.4. Alcune considerazioni sulle strutture a confronto	95
CAPITOLO 3: Il caso studio: Le strutture di combustione in fossa nell'abitato neolitico di Lugo di Grezzana (VR)	
3.1. Inquadramento geografico	105
3.2. Inquadramento stratigrafico e culturale	107
3.2.1. La riproduzione ceramica	110
3.3. Le strutture di combustione in fossa: complessi strutturali	116
3.3.1. Indagini 2003/2004, Settore X	118
- Complesso strutturale struttura ES 473	
3.3.2. Indagini 2003/2004, Settore XVI	122

	- Complesso strutturale ES 635	
	- Complesso strutturale ES 554	
	- Complesso strutturale ES 541	
	- Complesso strutturale ES 543	
3.4.	Altre evidenze di strutture di combustione	130
3.5.	Analisi morfologica e dimensionale delle strutture in fossa	136
	- Osservazioni	
	- Tavole	144

CAPITOLO 4. Caratterizzazione archeometrica dei concotti archeologici

4.1.	Finalità dello studio archeometrico	169
4.2.	Le tecniche di analisi	170
4.2.1.	Microscopia elettronica a scansione (SEM) e spettroscopia X a dispersione di energia (EDXS)	170
4.2.2.	Spettroscopia a infrarosso con trasformata di Fourier	171
4.3.	I campioni	172
	- Catalogazione	
	- Preparazione	
4.4.	Risultati delle analisi	
4.4.1.	Caratterizzazione dei concotti (SEM-EDXS)	178
4.4.2.	Risultati della Spettroscopia FT-IR	194
4.5.	Considerazioni conclusive	206

CAPITOLO 5. L'uso dell'archeologia sperimentale per la verifica dei processi archeologici

5.1.	Organizzazione delle attività sperimentali	209
5.1.1.	Definizione del protocollo sperimentale	209
5.1.2.	Dati archeologici, formulazione delle ipotesi	210
5.1.3.	Luogo, metodologia e strumenti	215
5.2.	Realizzazione delle repliche sperimentali	223
5.2.1.	Prima serie di repliche sperimentali	227
	- Replica sperimentale Buca A, cottura 1	
	- Replica sperimentale Buca A, cottura 2	
	- Replica sperimentale Buca A, cottura 3	
	- Replica sperimentale Buca B, cottura 1	
	- Replica sperimentale Buca B, C2	
	- Replica sperimentale Buca C, cottura 1	
5.2.2.	Seconda serie di repliche sperimentali	278
	- Replica sperimentale Buca D, cottura 1	
	- Replica sperimentale Buca A, cottura 4	
	- Replica sperimentale Buca D, cottura 2	
	- Replica sperimentale Buca D, cottura 3	
	- Replica sperimentale Buca E, C1	
5.3.	Risultati delle sperimentazioni. Funzionalità delle strutture e analisi dei dati	354
5.3.1.	Definizione dei regimi termici	355
	- Tempi di raggiungimento dei picchi massimi e tempi di mantenimento	

- Differenze temperature massime	
5.3.2. Elementi strutturali e influenza sulla capacità termica	372
- Influenza delle travi sul fondo	
- Influenza della copertura	
- Influenza degli sfiati	
5.3.3. Analisi, analogia e interpretazione delle tracce	386
- Residui di combustione	
- Alterazione termica	
- Concotti sperimentali	
- Preservazione delle travi sul fondo	
- Fratture e Markers	
- Confronti e analogie	
5.3.4. Cicli d'uso e abbandono	431
5.3.5. Cotture in fossa ed effetti sulle ceramiche	434
- Valutazione delle variazioni cromatiche	
- Effetti della presenza di inclusi calcarei	
Appendice I Approvvigionamento, preparazione e foggatura di argille locali. Schede.	469
Appendice II Analisi sui pigmenti. Schede	489
CAPITOLO 6. Caratterizzazione archeometrica dei campioni sperimentali	
6.1. Finalità dello studio archeometrico	495
6.2. Risultati della spettroscopia FT-IR sui campioni sperimentali	495
- Osservazioni e analisi sui frammenti ceramici	
7. CONCLUSIONI	511
BIBLIOGRAFIA	527

INTRODUZIONE

Not having heard something is not as good as having heard it; having heard it is not as good as having seen it; having seen it is not as good as knowing it; knowing it is not as good as putting it into practice

Xun Kuang

Testimonianze di accensione del fuoco sono molto frequenti nei depositi archeologici e documentate da momenti molto antichi della preistoria umana. I suoi usi sono riferibili ad attività di vario genere, sia domestiche che artigianali: possono essere legati all'illuminazione, al riscaldamento, alla cottura del cibo, alla trasformazione di materie prime come osso, legno, corno, pietra o pigmenti (come l'ocra) e molti altri spesso difficili da individuare. Ciò che rimane sono le strutture di combustione impiegate che, a partire dal Neolitico, assumono un ruolo determinante anche in relazione a nuove attività produttive legate a modi di vita stanziali. La conoscenza dei processi di combustione applicata alla tecnologia di produzione ceramica, inoltre, permetterà di trasformare un materiale come l'argilla in maniera definitiva facendo della ceramica il materiale più abbondante nei contesti archeologici. Le sue caratteristiche possono avere un alto potenziale informativo su quelli che sono stati i processi di cottura di cui è stata oggetto.

Le tracce che permettono di identificare una struttura di combustione sono rappresentate da residui come carboni, cenere, concotti e dalla presenza di alterazione termica dei sedimenti frequenti nell'ambito dell'analisi delle strutture d'abitato.

Gli esiti della combustione sono simili per vari tipi di impianti pirotecnici. Al fine di una corretta interpretazione delle evidenze qui esaminate si è dunque resa necessaria una definizione terminologica e tipologica delle principali strutture, seguita da un'analisi della loro distribuzione nella penisola e oltre i confini che ha permesso di ampliare il quadro d'insieme sulle conoscenze pirotecnologiche durante il Neolitico.

Finalità principale del lavoro è quella che, attraverso l'analisi delle evidenze messe in luce nell'insediamento di Lugo di Grezzana (VR), datato tra la II metà del VI e l'inizio del V millennio a.C. cal., mira a fornire una loro interpretazione funzionale.

Le strutture di combustione in fossa rinvenute nel sito sono state descritte in dettaglio ed inquadrare nel loro contesto di provenienza. I dati sono stati poi oggetto di un'analisi morfologica e dimensionale volta ad attestare la presenza di eventuali differenze tipologiche all'interno del sito. I concotti disponibili sono stati oggetto di analisi archeometriche (spettroscopia a infrarossi con Trasformata di Fourier, FT-IR, microscopia elettronica a scansione, SEM) mirate alla loro caratterizzazione.

Le informazioni ricavate hanno permesso dunque di proporre un'ipotesi interpretativa sulla funzione di queste strutture che si è deciso di sottoporre a verifica tramite l'uso dell'archeologia sperimentale e la realizzazione di repliche sperimentali finalizzate alla cottura della ceramica.

Le attività sperimentali sul campo sono state svolte a distanza di un anno l'una dall'altra e attraverso diverse repliche di cotture in buca, effettuate in prossimità del sito originario, hanno permesso di indagare e chiarire diversi aspetti relativi ai processi di combustione. Un livello di indagine ha avuto come oggetto le modalità di formazione delle tracce residue lasciate nel corso del processo di cottura della ceramica e il loro confronto con le evidenze presenti nel registro archeologico; un altro ha permesso di definire il regime termico delle strutture e metterlo in relazione con i dati ottenuti dalle analisi archeometriche eseguite sia sui campioni di concotto archeologico che sperimentale. Inoltre, le temperature massime ottenute (700° C - 900° C) e i loro tempi di mantenimento permettono di non escludere l'uso legato alla cottura della ceramica e di considerare le buche potenzialmente adatte anche per la cottura di classi come le figuline.

I rapporti di causa-effetto connessi alla combustione e le relative ripercussioni sulla struttura impiegata, sono stati dunque oggetto di indagine e hanno permesso di rispondere ad una serie di interrogativi e confermare o meno le ipotesi di volta in volta formulate. È stato possibile comprendere meglio i processi legati all'alterazione termica dei sedimenti e alla preservazione di travi sul fondo, spesso attestata nelle strutture in esame, riconsiderando le ipotesi di partenza e proponendo una loro interpretazione funzionale.

I dati emersi sono stati integrati da quelli ricavabili da simili sperimentazioni archeologiche, condotte sia in ambito accademico che in quello divulgativo, permettendo così di ottenere una visione generale dei fenomeni legati al processo di combustione e in particolare della cottura ceramica.

Grazie all'osservazione di fenomeni "dinamici" l'archeologia sperimentale costituisce dunque un importantissimo strumento per la comprensione e ricostruzione di antichi processi e permette di ampliare la gamma delle interpretazioni disponibili.

CAPITOLO 1. Lo studio delle strutture di combustione

1.1. Storia delle ricerche

Lo studio delle strutture di combustione in Italia è relativamente recente e si manifesta in concomitanza con un maggiore interesse dimostrato verso le strutture d'abitato. Si può affermare che solo a partire dagli anni Settanta si hanno descrizioni più accurate, non rivolte soltanto allo studio di cicli di produzione ma che includono anche le tracce di utilizzo del fuoco (Manfredini 1970; Bagolini, Barfield, Broglio 1973; Cremonesi, Guilaine 1983; Tozzi 1993). Negli anni successivi aumenta il numero delle segnalazioni di strutture di combustione spesso riferite a quelle evidenze maggiormente articolate, come i *forni*, da contesti per lo più protostorici (Canever 1994-95; Miari 1995; Moffa C. 2002; Cazzella, Recchia 2008; Gaj et al. 2016).¹ Non esistono veri e propri lavori di sintesi. A. Pessina e V. Tinè (2008) nel loro manuale “Archeologia del Neolitico” hanno dedicato un paragrafo alle strutture di combustione dove vengono descritte le principali tipologie (§ 1.2.). Riferimenti a forni per la cottura della ceramica si trovano invece in opere di carattere generale sulle tecniche di produzione (Rye 1981; Rice 1987; Vidale 1992; Mannoni, Giannichedda 1996; Saracino 2005; Cuomo di Caprio 2007; Giannichedda, Volante 2007; Levi 2010). Una tipologia di forni per ceramica è stata proposta da N. Cuomo di Caprio (1971-72; 2007) ed è rivolta soprattutto agli impianti di età storica, tuttavia un breve spazio è riservato anche alle strutture pre-protostoriche. Il recente ritrovamento di forni nel sito di Portonovo ha rappresentato l'occasione per effettuare una serie di confronti con le evidenze attestata nella nostra penisola durante il Neolitico (Conati Barbaro 2014). Un simile studio è stato affrontato anche per l'età del Bronzo e riferito ai forni ad uso alimentare (Cattani et al. 2015), mentre per l'età del Ferro interessante appare lo studio di strutture non solo destinate alla cottura del cibo (Gaj et al. 2016) ma anche al riscaldamento di edifici (Pisoni 2008). Recenti contributi sull'uso di strutture di combustione in relazione alla manipolazione e conservazione delle risorse alimentari sono stati presentati alla 50a Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, tenutasi a Roma nel 2015, che ha avuto come tema la “Preistoria del cibo”.

Diversa la situazione fuori dai nostri confini dove alle strutture di combustione sono stati dedicati studi più di dettaglio e monografie già a partire dagli anni Settanta (Deshayes 1974). Di fondamentale importanza è l'opera di Leroi-Gourhan che nel 1973 dedica un seminario alle strutture pirotecniche e suggerisce nuove proposte metodologiche sulla base di approcci etnografici per una loro classificazione tipologica. Importanti contributi sono inoltre quelli di C. Perlès (1983) rivolti all'impiego del fuoco e alle diverse attestazioni durante la

¹ Nel volume di Moffa è dedicato ampio spazio allo studio di forni e fornelli dell'età del Bronzo rinvenuti prevalentemente in Italia meridionale.

preistoria e, negli anni successivi, dedicherà un volume allo studio dei più antichi *forni* individuati in contesti egei (2001). Una completa rassegna dei forni attestati in Europa centrale e sud-orientale è stata fatta da Petrasch (1986) che oltre ad indicare le principali tipologie tenta anche di proporre interpretazioni funzionali. Una tipologia di strutture relative all'ambito egeo e al sud dei Balcani è stata proposta anche da S. Prevost (1993; 2002). In occasione del 98o incontro annuale dell'*American Ceramic Society* è stato tenuto un simposio dedicato ai forni per ceramica preistorici e di età storica (Rice 1997). La descrizione di forni per ceramica è oggetto di un breve lavoro di sintesi riferito al Neolitico e al Calcolitico del Medio Oriente (Streily 2000). È recente un lavoro che fa riferimento alla distribuzione di strutture infossate e forni domestici nella penisola iberica (Mistret I Mestre 2016).

A partire dagli anni Novanta, nuovi sistemi di analisi più complessi hanno permesso di interpretare diversi tipi di strutture non più sulla sola base delle classificazioni tipologiche: analisi micromorfologiche, archeometriche, antracologiche consentono infatti di allargare il quadro di indagine volto a questo tipo di evidenze e di tentare una loro interpretazione funzionale. Un notevole contributo proviene dai confronti etnografici che, usati con le dovute cautele, forniscono nuovi mezzi di comprensione di vari processi. Recenti studi hanno addirittura finalizzato la ricerca all'approfondimento di specifiche funzioni. Per quanto riguarda le destinazioni d'uso a fini alimentari nel volume "*Pain, Four et Foyers*" (Aa.Vv. 2002) sono state indagate le tecniche di cottura legate ad un alimento in particolare, il pane. Analisi simili sono state oggetto di un volume curato da M. C. Frère-Sautot (2003) "*Les feu domestique et ses structures au Néolithique et aux Ages de Métaux*" nel quale sono riportati importantissimi contributi con proposte sia metodologiche e funzionali, sulla base di paralleli etnografici e di tentativi sperimentali (Orliac 1980; 2003) che tipologiche e terminologiche (Gasco 2003). L'analisi dei resti connessi all'uso del fuoco e l'ampio potenziale informativo ad essi legati sono oggetto di diversi volumi curati da D. Gheorghiu: "*Fire as instrument: The Archaeology of Pyrotechnology*" (2007) o "*The Archaeology of Fire*" (Gheorghiu, Nash 2007). Indagini più di dettaglio sui residui di combustione sono recentemente state oggetto di una tavola rotonda, svolta sempre in territorio francese, dal titolo "*Taphonomie des résidus organiques brûlés et des structures de combustion en contexte archéologique*" (Thery-Parisot et al. 2009)². In questa occasione molte delle analisi effettuate (organizzate in tre temi principali: strutture, resti antropologici, archeobotanici e archeozoologici) si sono avvalse dell'archeologia sperimentale per integrare le informazioni ottenute.

L'uso di repliche sperimentali inizia ad essere considerato un valido metodo per integrare le indagini sugli aspetti funzionali di diverse tipologie di strutture, come focolari (March 1992; D'Oronzo 2007; D'Oronzo et al. 2011), forni (Prevost 2003; Thèr 2004; Tencariu 2005; 2010; 2015; Duričić 2014; Cattani et al. 2015; Coulon 2015), piastre di cottura

² Gli atti sono disponibili on line su <http://www.palethnologie.org>

(D'Oronzo, Fiorentino 2008; Peinetti 2013) o le dinamiche di formazione e alterazione delle tracce (Soler Mayor 2003a; March et al. 2012; March 2013).

Negli ultimi anni dunque la conoscenza delle strutture di combustione è migliorata e si avvale di metodi di analisi multidisciplinari. In Italia aumentano le pubblicazioni riferite non solo al rinvenimento ma anche all'interpretazione e analisi delle strutture di combustione. Nonostante questo, trattandosi però di evidenze dalla stratigrafia complessa, l'impiego di un'accurata metodologia di indagine e di documentazione si rende ancora necessaria al fine di uniformare e favorire l'interpretazione dei dati a disposizione.

1.2. Terminologia e definizione tipologica

Le strutture di combustione, a seconda delle loro caratteristiche o delle analisi su di esse condotte sono state variamente interpretate e riferite a diverse sfere di utilizzo. La terminologia impiegata sia nella letteratura straniera che in quella italiana è molto varia e controversa e spesso oggetto di equivoci come dimostrato dall'impiego generalizzato di termini quali “focolare”, “forno”, “fornace”.

Nella letteratura archeologica le strutture di combustione sono state incluse nella categoria delle “sottostrutture” (Bagolini et al. 1993), in contrapposizione ad altre che implicano invece l'uso di un alzataio. Una recente proposta distingue le varie evidenze strutturali tipiche di contesti insediativi in “strutture infossate” e “strutture in positivo” e suggerisce di definire questi complessi come “aree a fuoco”, una classe strutturale che comprende sia i focolari sia i forni, e può essere definita come una:

“Porzione di superficie archeologica delimitata e distinguibile per un'alterazione termica del substrato. Può presentare carbone e cenere, preparazione specifica e/o degli apprestamenti particolari” (Cavulli 2008b, 320).

Una sorta di categoria intermedia tra focolare e forno è costituita invece dalle fosse di combustione, “*strutture ipogee con tracce di combustione intensa, prolungata e, probabilmente, ripetuta*” (Cavulli 2008b, 445).

La piastra di cottura può essere descritta come una “*stesura intenzionale di sedimento con la superficie superiore fortemente rubefatta, indurita e lisciata*” (Cavulli 2008b, 321).

I forni a terra, le fosse di combustione con e senza riempimento in pietra, le piastre di cottura rientrano tutti nella definizione di:

“... strutture complesse contraddistinte da caratteristiche ben definite, funzioni specifiche e impieghi probabilmente reiterati con tracce di combustione caratterizzate da marcata rubefazione o alterazione degli elementi di riempimento” (Cavulli 2008b, 321).

I **focolari** sono considerati: “...*strutture aperte, destinate al riscaldamento dell’ambiente o alla cottura per combustione diretta degli alimenti...*” (Pessina, Tinè 2008, 150). A livello archeologico è riconoscibile da una superficie alterata termicamente e dalla presenza di carbone e cenere. Possono avere pianta circolare o allungata, essere semplici (senza delimitazioni), costruiti con delimitazioni in pietra o in piccole depressioni (focolari in fossa).³ Si tratta di una categoria molto rappresentata nei contesti archeologici fin dal Paleolitico. Sono documentati sia nei siti all’aperto, che in grotta o all’interno di complessi strutturali come capanne. Sembrano assolvere prevalentemente alla funzione di illuminazione e riscaldamento, ma ciò non esclude un loro possibile utilizzo per altri scopi (cottura diretta del cibo o di piccoli vasi) anche se difficile da dimostrare.

I **forni** sono descritti come: “*strutture chiuse destinate alla cottura per combustione indiretta delle stesse produzioni*” o più semplicemente, nella definizione di Leroi-Gourhan (1973) come: “*un’area di combustione limitata con una copertura fissa*”.

Il termine **forno**, ampiamente utilizzato nella letteratura archeologica, è stato applicato a diverse categorie strutturali. Nonostante nella sua opera sulla tecnologia ceramica N. Cuomo di Caprio (2007, 502) sconsigli l’uso dei termini “forno” e “fornace” per le strutture pre-protostoriche, suggerendo come più adatti quelli di “focolare all’aperto”, “focolare in fossa” o “cottura in buca”, in questa sede si ritiene appropriato un loro utilizzo in presenza di strutture “costruite, fisse e riutilizzabili che presentino una piastra di cottura a terra e un alzata” (Cavulli 2008, 445). Il forno a camera unica (**Fig. 1a**), definito anche “forno per pane”, “forno in cotto”, “forno a volta di terra”, contraddistinto dalla caratteristica volta a cupola, impostato sul terreno o in leggere depressioni, è individuabile archeologicamente sulla base di alcuni indicatori quali: cumuli di concotto (a base concava, con o senza matrice vegetale, residui della volta di argilla lisciata con o senza impronte di incannucciati), cordoli che rappresentano la base della copertura, residui della piastra di cottura e/o concentrazioni di ciottoli e cocci, alterazioni termiche del terreno (Giannichedda 2006).

La maggior parte di queste evidenze è ampiamente documentata, a partire dal Neolitico, in Vicino oriente, Europa orientale⁴ e, in misura minore, in contesti dell’Italia meridionale dove il loro uso sistematico è meglio documentato a partire dall’età del Bronzo. Nella letteratura internazionale esiste una distinzione terminologica sulla base della destinazione d’uso degli impianti pirotecnici esaminati: ci si riferisce a *oven - foyer domestique* per quelli utilizzati in ambito domestico (come nel caso dei forni a camera unica⁵) e a *kiln - four de potier* per attività artigianali (solitamente localizzati all’esterno delle aree abitate e a più camere). Questa distinzione terminologica potrebbe equivalere ai corrispettivi *forno* e *fornace*, raramente applicati. Le evidenze più tarde, riferibili soprattutto all’età del Bronzo

³ Per una più ampia articolazione tipologica dei focolari si vedano Leroi-Gourhan (1973) e Gasco (1985).

⁴ Rientrano in questa tipologia i forni egei di Achilleion, Nea Nikomedeia (Perlès 2001) e Dikili Tash (Deshayes 1974; Prevost 1993; 2002; 2003).

⁵ Questa tipologia è ampiamente documentata nelle aree rurali dell’Italia meridionale e dell’Europa orientale.

e a strutture destinate alla cottura della ceramica⁶, rimandano ad impianti più articolati che prevedono la separazione tra camera di cottura e camera di combustione: “fornaci a camere separate” (Levi 2010, 114, 118), che sulla base del tiraggio, possono essere distinte in “fornaci orizzontali e verticali” (Giannichedda, Volante 2007, 15) (Figg. 1b, 1 c-d; 1 e-f).

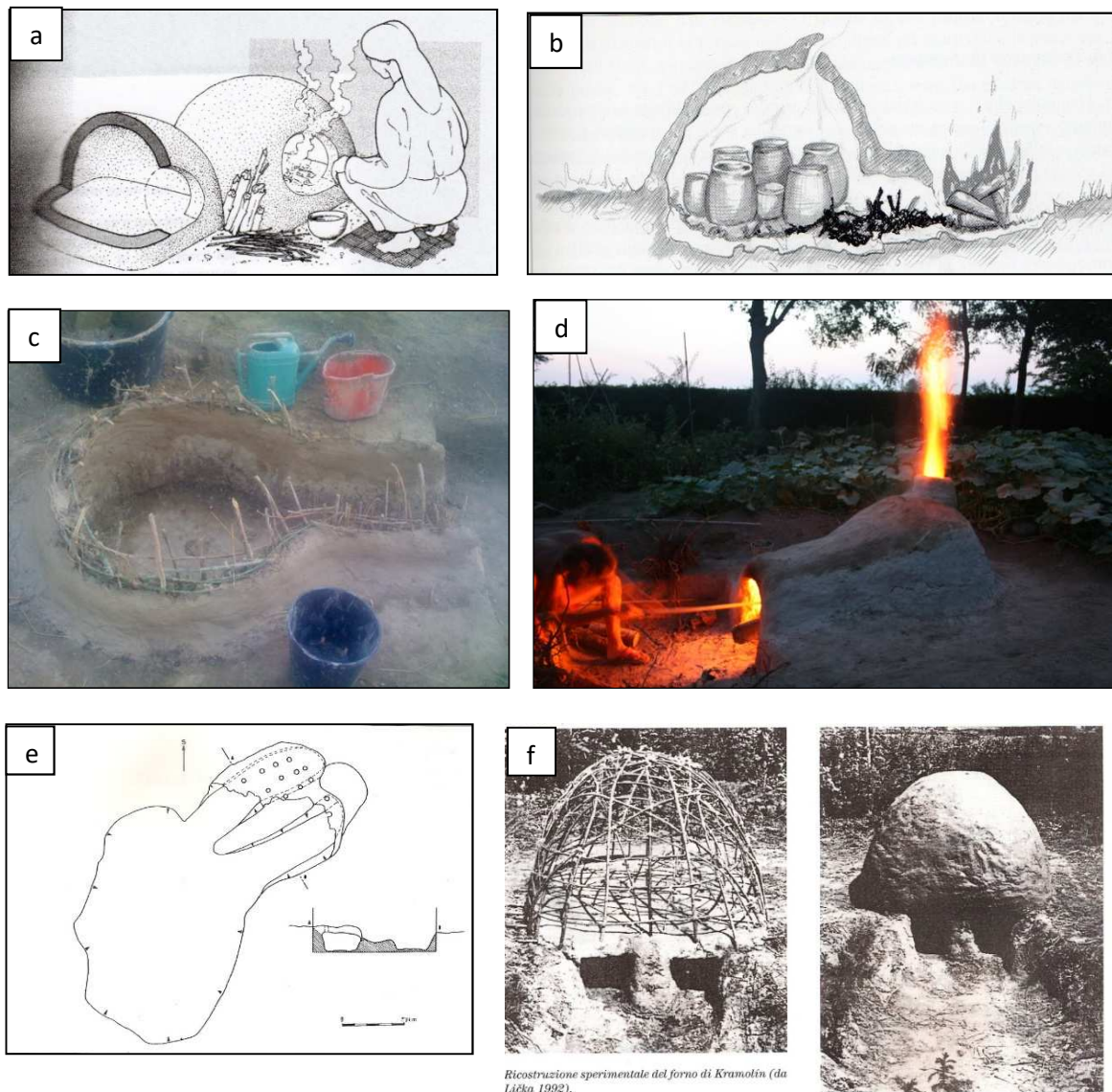


Figura 1: a) esempio di forno a camera unica (da Perlès 2001, 195, fig. 9.7); b) esempio di forno a struttura orizzontale (da Saracino 2005, 65, fig. 22); c-d) ricostruzione sperimentale di un forno a struttura orizzontale (inedita, effettuata da Luca Bedini, @Miluca); e) pianta del forno di Kramolin (da Kruta, Licka 2000); f) ricostruzione sperimentale del forno di Kramolin, a struttura verticale.

Nelle prime il tiraggio avviene in piano orizzontale (Fig. 2 a) mentre nelle seconde, attraverso i fori della volta seguendo un asse verticale, a fiamma dritta (Fig. 2 b) con il materiale da cuocere disposto su una piastra forata, la cui presenza rappresenta un ulteriore

⁶ I più antichi impianti per la cottura della ceramica sono documentati in Vicino Oriente e in Europa orientale.

elemento di differenziazione tra le due tipologie di strutture (Cuomo di Caprio 1971-72) (**Fig. 2 c**).

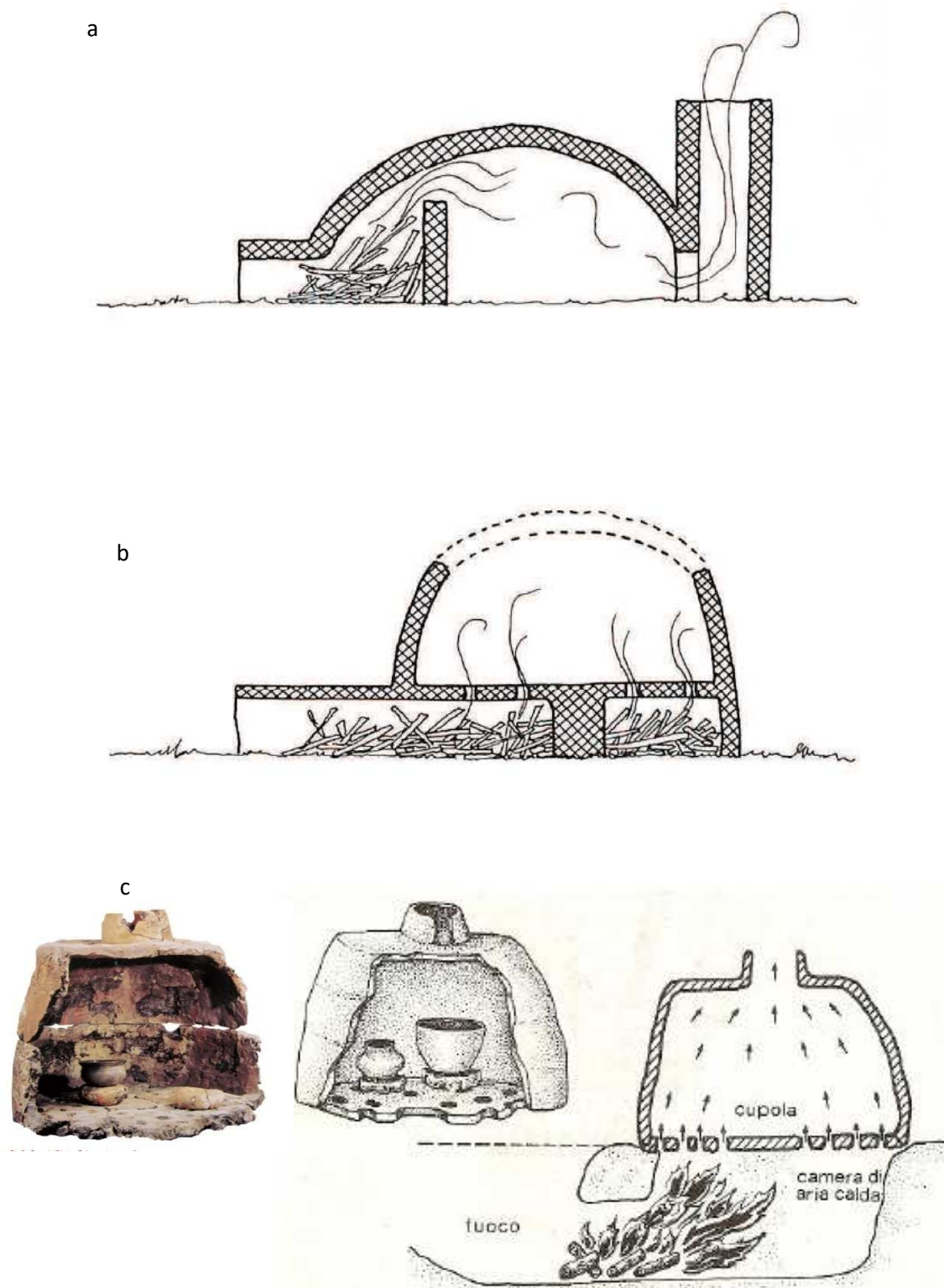


Figura 2: schematizzazione del sistema di tiraggio di una fornace orizzontale (a) e di una verticale (b) (da Cuomo di Caprio 1971-72, Tav. 1) con dettaglio del funzionamento e della piastra forata (c) (da Coulon 2015, fig 2 a-b).

Sempre in riferimento alle evidenze pertinenti a contesti pre-protostorici, la definizione “fornace orizzontale”, criticata dalla Cuomo di Caprio (2007, 503) andrebbe secondo lei sostituita con quella di “focolare in buca o focolare in fossa” o “fornace temporanea a fossa”.

In questa sede riteniamo che l’uso del termine “focolare” riferito a strutture per la cottura della ceramica sia improprio, così come lo è “temporaneo”. Ricostruzioni di forni a camera unica presenti in diversi parchi archeologici (citati nel paragrafo 1.5.1) non necessitano di una manutenzione frequente. Il fatto che rifacimenti e stuccature siano effettuati due volte all’anno non sembrerebbe conciliarsi con un carattere di temporaneità. Si ritiene che sia possibile definire questo tipo di evidenze “forni-fornaci” a struttura verticale o orizzontale o fornaci a due camere in quanto inquadrabili come installazioni fisse. L’uso del termine fornace è preferibile in presenza di una destinazione d’uso certa e in riferimento a installazioni che non comportano più il contatto diretto di quanto destinato alla cottura (ceramica) con il combustibile.

Diversi autori hanno ipotizzato un uso del forno a camera unica per la cottura degli alimenti, in particolare del pane: considerate le sue ridotte dimensioni, infatti, poco si presterebbero ad un uso per la cottura della ceramica (Miari 1995; Moffa 2002, 80). I forni a camere separate invece erano probabilmente usati per trattamenti finalizzati alla conservazione dei cibi (Aa.vv. 2002). Il termine fornace dunque appare improprio se collegato a tali potenziali utilizzi ma appare più adatto per contesti più tardi, come quelli protostorici.

Le **fosse di combustione**, usate per cuocere vivande, ceramiche o altro materiale, sono ampiamente documentate dal Neolitico antico fino al Neolitico recente (**Fig. 3a**). Esistono anche eccezioni che documentano una loro presenza in contesti più recenti. Gli elementi che consentono una loro identificazione sono costituiti da marcate rubefazioni del suolo, soprattutto in corrispondenza delle pareti, spesso associate a tracce di residui di combustione come carboni, spesso travetti di grossa pezzatura, ceneri e concotti. La conservazione di queste tracce è condizionata da variabili legate alla durata della combustione, alla quantità di combustibile impiegata, alle condizioni post-deposizionali.

Nel caso in cui, oltre agli elementi indicati, si rinvenissero ciottoli, sparsi o in piano, alterati dal calore e spezzati per termoclasti si è in presenza di strutture ad “*empierrements*”, a “*roches chauffées*” (conosciute anche come “forni polinesiani”), in questa sede denominate “strutture a fossa con riempimento in pietra”. Questa tipologia implica l’impiego di una metodologia di cottura, definita “*per solido interposto*” (Pessina, Tinè 2008, 150), di tipo indiretto che garantisce una combustione costante e prolungata, contrariamente alle fosse di combustione “semplici”, caratterizzate invece da una combustione diretta. Gli alimenti da cuocere potevano essere posti o direttamente sulle pietre riscaldate, o su “griglie”, o avvolti in foglie e poi ricoperti da terra (**Fig. 3b**).

Il termine “forno” è spesso esteso anche a queste categorie strutturali ma in questa sede, al fine di evitare equivoci, si preferisce limitare il suo uso a strutture che presentino le caratteristiche costruttive descritte precedentemente. In riferimento alle fosse con riempimento in pietra la definizione di “forni polinesiani”⁷ appare controversa in quanto riferita a contesti molto lontani dai nostri e che implicano processi di cottura complessi destinati a specifici alimenti, assenti in territorio europeo.

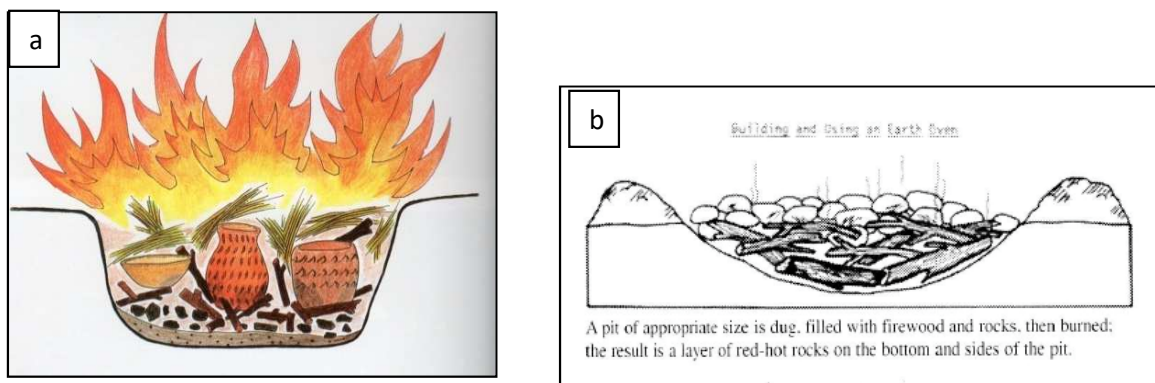


Figura 3: a) esempio di struttura di combustione in fossa (da Muntoni 2003) e fossa con “empierrements” (da Thoms 2003).

Le attestazioni relative alle fosse di combustione che non presentano riempimento in pietra sono meno frequenti. Questa carenza può essere attribuibile ad una diversa classificazione di tali evidenze dovuta all’uso di una diversa terminologia (focolari o siloi). Non vanno confuse con i focolari in fossa (i *foyer creusée* della documentazione francese) dai quali si distinguono per le dimensioni più grandi, solitamente superiori ai 0,60 cm e per l’accentuata rubefazione di pareti e fondo. I focolari domestici, utilizzati sia per il riscaldamento che, forse, per la cottura di cibi vengono alimentati usando carbone di varia pezzatura (non necessariamente ad alto rendimento calorico). I resti attribuibili a legna selezionata tra quella a maggior rendimento calorifico associata ad alterazioni del terreno, sembrano invece essere riferibili a “focolari” artigianali (Pallecchi 2008, 45). Molte sono le altre definizioni terminologiche date alle strutture in relazione al tipo di cottura praticata (soprattutto della ceramica): *forno all’aperto*, *fornace in fossa*, *forno a carbonaia*, *focolare a fossa*, *cottura in buca*, *cottura in fossa*, *cottura a catasta*, *firing pit*, *meule chapée*, ecc. ...

Il termine focolare adottato per la cottura della ceramica (si parla di “focolare in fossa” contrapposto al “focolare o fornace a cielo aperto”) si presta ad alcuni equivoci dovuti al fatto che esso ha già un suo specifico significato. In questo lavoro si preferisce seguire un criterio di distinzione già applicato ai focolari, suddivisi in base alla posizione della struttura rispetto al piano di calpestio (Leroi-Gourhan 1973; Gascò 1985) (focolari in piano, focolari in fossa).

⁷ Questa definizione è ampiamente utilizzata e nota in letteratura.

Le strutture di combustione, che potrebbero esser state destinate alla cottura della ceramica, sono state quindi distinte in relazione a due tipologie di cottura: “cottura al livello del suolo o in piano” (**Fig. 4,**) e “cottura in fossa” (profonda o poco profonda), con o senza copertura temporanea (**Figg. 5, 6**). Nonostante questa tipologia di struttura sia spesso considerata una delle prime utilizzate, non si vuole inserirla in una sequenza evolutiva per evitare di suggerire l’idea di una sua sostituzione nel tempo a favore di altre più complesse. In realtà il suo uso è documentato anche in associazione ad altre strutture rivelando dunque una differenziazione non solo morfologica ma anche funzionale.

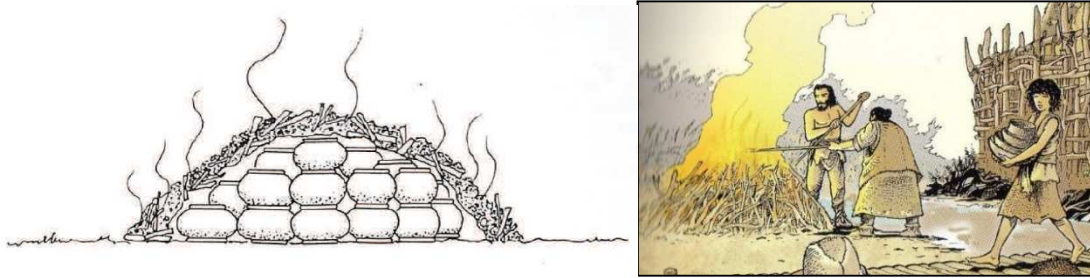


Figura 4: esempio di struttura di combustione in piano (“focolare a cielo aperto, da Cuomo di Caprio 1971-72, Tav 1 e Gallay 2006).



Figura 5: esempio di una cottura di ceramica in fossa dal momento della carica dei vasi fino al prelievo (da Aa.Vv. 1994, 54).

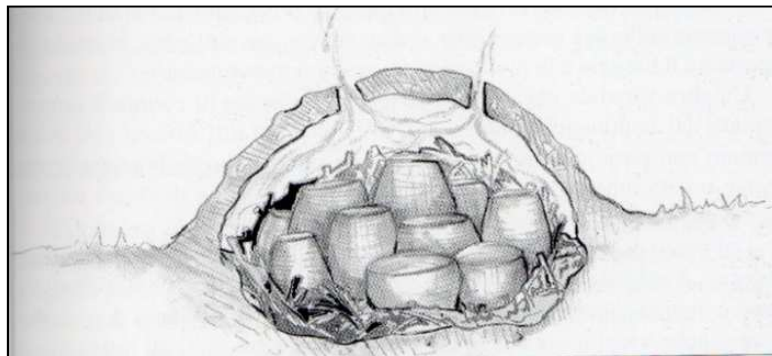


Figura 6: esempio di cottura in fossa con copertura provvisoria (da Saracino 2005).

Si può dunque riassumere che le caratteristiche che permettono di definire le diverse strutture sono costituite dal tipo di supporto in cui sono realizzate (in piano, in fossa, costruite con argilla), dalla separazione o meno tra combustibile e oggetto della combustione, dalla morfologia, dalla presenza o meno di delimitazioni e di una copertura (**Tab. 1**). Le coperture sono spesso realizzate con materiali organici (ramaglie, foglie secche, erba, sedimenti) che spesso non lasciano tracce se non quelle indirette che a un'attenta osservazione possono rappresentare degli indicatori della loro presenza. Per questa ragione si ritiene necessario approfondire la conoscenza delle dinamiche legate ai processi di combustione e agli effetti della loro azione sulla struttura impiegata.

Tipo di struttura	Morfologia	Delimitazioni	Modalità realizzazione	Contatto Combustibile	Copertura
Focolare	Circolare, quadrangolare, rettangolare, irregolare	No/Sì	Terreno Positivo	Diretto	Assente
Fosse di combustione	Circolare, subquadrangolare, sub-ovoidale	Sì	Terreno Infossate	Diretto	Assente/temporanea
Fosse di combustione con riempimento in pietra	Circolare, allungate, rettangolari	Sì	Terreno e ciottoli Infossate	Indiretto (solido interposto)	temporanea
Forno a cupola	Ellittica, rettangolare	Sì	Argilla, struttura ramaglie Positivo	Diretto	Presente
Fornace a struttura orizzontale	Circolare, ellittica,	Sì	Argilla Positivo	Indiretto	Presente
Fornace a struttura verticale	Quadrangolare, circolare, rettangolare	Sì	Argilla Positivo	Indiretto (piastra)	Presente

Tabella 1: caratteristiche morfologiche, costruttive delle strutture di combustione

1.3.Processi ed effetti della combustione

La combustione rappresenta una reazione chimica esotermica che consiste in un processo di ossidazione rapido di una sostanza combustibile (carbonio, idrogeno, ecc...) da parte di un'altra detta comburente (ossigeno). Una volta innescato porta i prodotti della reazione a elevata temperatura con sviluppo di fiamma e emissione di luce e calore. Si tratta di un processo complesso, regolato da principi della termodinamica e della termochimica, spesso con variazioni di volumi, gas, pressione e temperature non sempre prevedibili (Turns 1999).

Ogni processo di combustione comporta delle trasformazioni in seguito alla liberazione di energia termica (calore) che contribuiscono a formare le tracce identificative di una struttura, rappresentate da presenza di carboni, ceneri, concotti e da forti alterazioni termiche del suolo (rubefazione). Spesso nel deposito sono frequenti anche resti di manufatti, ceramici o litici, alterati termicamente o carporesti (semi, frutti), che possono rappresentare tracce di attività produttive svolte in prossimità della struttura o di manipolazione del cibo. La presenza di osso nelle strutture può esser dovuta all'uso come combustibile, sebbene richieda temperature di combustione più elevate o rappresentare residui di pasto o scarti di macellazione (Perlés 1983).

1.3.1. *Residui di combustione*

- *Carboni e cenere*

L'analisi delle tracce individuate nelle strutture rinvenute nel sito che rappresenta il caso studio oggetto di questo lavoro, sarà molto importante per comprendere le dinamiche di quei processi all'origine della loro formazione. Il ritrovamento di residui di combustione, rappresentati da cenere e carboni, è abbastanza frequente nei contesti archeologici. La cenere, rappresenta un prodotto incombustibile, residuo pulverulento della combustione del legno che costituisce circa il 2% della sua composizione, si forma se le condizioni di combustione sono complete, mentre, in condizioni incomplete si forma il carbone, che rappresenta il residuo solido della combustione di materiale vegetale. Tale trasformazione avviene in assenza di ossigeno e fiamme e si definisce carbonizzazione. La presenza di concentrazioni di carbone o di travi parzialmente carbonizzate può rappresentare dunque il risultato di una combustione parziale dovuta a determinate condizioni nell'ambiente di cottura. Il processo che conduce alla formazione di cenere, tipico di un'atmosfera con scarsa circolazione di ossigeno e in presenza di fiamma viene definito carbonificazione (Braadbaart, Poole 2008) (**Fig. 6**). La cenere si presenta come un accumulo in tessitura fine, di colore grigio chiaro e può assumere caratteristiche diverse a seconda del substrato caratterizzato da *parent material* carbonatico o no. In quest'ultimo caso la cenere tende a formare lenti interstratificate di colore grigio-nerastro e bruno-rossastro, mentre nel primo caso, si presenta in strati interdigitati o giustapposti di colore bianco-grigiastri o biancastri (Angelucci 2013-2014).

Le analisi antracologiche, attraverso la determinazione della specie vegetale, possono fornire informazioni sull'ambiente circostante e sulle scelte e le conoscenze operate in antico. Non sempre però i carboni sono rappresentativi di una selezione specifica, in quanto alcuni tipi di legna potrebbero deteriorarsi più facilmente di altri, incidendo sulla produzione di cenere.

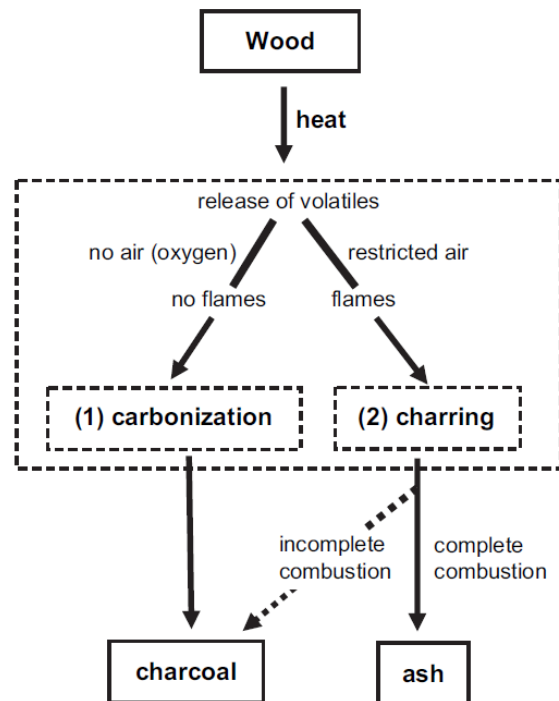


Figura 7: processi di trasformazione del legno in presenza o assenza di ossigeno e fiamme (da Braadbart Poole 2008, fig. 1).

Tre gli elementi indispensabili nella combustione vi sono l'ossigeno (presente nell'atmosfera), il carbonio e l'idrogeno (liberati dai combustibili). Dalla loro combinazione si ha una reazione esotermica che produce luce e calore. Altro elemento fondamentale per la buona riuscita di una cottura è il tiraggio. I fumi sono ottimi indicatori di questo processo: il fumo bianco segnala abbondanza di ossigeno tipica della fase di evaporazione, associato a un rendimento termico maggiore. Quello grigio, invece, è tipico di ambiente riducente determinato dalla presenza di idrogeno e ossido di carbonio, dominanti in condizioni di aria insufficiente, indizio che la fase della pirolisi è in atto. Le condizioni ossidanti o riducenti possono anche esser indotte da chi conduce la cottura usando diversi espedienti. Di solito all'accensione del fuoco la temperatura raggiunge subito i 200° C. Si tratta del momento in cui il calore viene assorbito dal combustibile che, essiccandosi, perde l'acqua al suo interno sotto forma di vapore. Nel caso di presenza di un carico ceramico (come quello che avremo modo di valutare attraverso la sperimentazione), queste temperature permettono anche ai

manufatti di eliminare l'acqua residua. Si tratta di un processo la cui durata varia in base all'umidità del legno e alla quantità di combustibile impiegata.

Nel momento in cui vengono raggiunti i 200° - 400° dal materiale vegetale cominciano a liberarsi gas combustibili che, a contatto con l'ossigeno, bruciano producendo fiamme e cedendo calore. Si ha la cosiddetta pirolisi, la massificazione del legno, e la conseguente carbonizzazione (combustione gassosa).

Quando le temperature sono comprese tra i 600° e gli 800°/900° C, i gas prodotti e il carbone di legna (pari a circa il 15% del peso iniziale) liberano energia e lasciano come residuo una quantità di cenere pari a circa l'1% del peso iniziale. Esaurita l'emissione e la combustione dei gas, il carbone rimasto brucia e le braci incandescenti raggiungono temperature superiori agli 800° C (<combustione solida) (Strehler 2000).

Spesso la specie vegetale è considerata una variabile significativa. Diversi i tipi di combustibile utilizzabili: legna, paglia, semi, ghiande, osso, sterco. La scelta di un combustibile piuttosto che un'altra non sembra essere legata solo alla sua disponibilità nel territorio ma anche a fattori culturali, come attestato a livello etnografico (Rye 1987; Gallay 2012).

Le diverse specie arboree sono classificate come “Dure” o “Dolci” per la loro diversa resa dal punto di vista calorifico. Il “potere calorifico” è espressione del valore energetico del legno, e rappresenta “la somma delle unità di energia termica che si liberano durante la combustione di un kg di legno” (Giordano 1951). I legni duri hanno un alto potere calorifico e sono caratterizzati da combustione lenta, mentre quelli teneri, appartenenti soprattutto alle conifere, dal tessuto fibroso poco compatto, hanno invece un potere calorifico medio e combustione rapida (Cuomo di Caprio 1971-72, 380). I legni resinosi sono considerati più adatti all'accensione, ma meno per combustioni di lunga durata in quanto producono meno carbone, mentre quelli duri, sembrano avere un maggior potere calorifico (questo argomento è approfondito nel paragrafo 5.1.3.). Sono utilizzabili per i fuochi da campo e per la legna di accensione, contrariamente a quelli duri utilizzati per la cottura dei cibi e per il riscaldamento (Mercanti 1984).⁸ Inoltre è possibile distinguere anche tra combustibile “pesante”, come quello rappresentato dalla legna di medio e grosso taglio, e “leggero” costituito invece da ramaglie, foglie secche, paglia o erba secca. Per quanto riguarda invece il combustibile leggero, le paglie, l'orzo e il grano danno fiamma corta e di poca consistenza, il lino fiamma lunga e di maggiore robustezza (Cuomo di Caprio 1971-72, 380).

Tuttavia studi specifici (D'Oronzo 2007) rivelano che il margine di variabilità nella produzione di energia termica da parte di diverse specie è molto basso. L'umidità invece può intervenire nel processo di pirolisi modificando la cinetica della combustione (Théry-Parisot 1998). Combustibili secchi potenziano le condizioni ossidanti, quelli umidi

⁸Molte suggestioni sono inaspettatamente arrivate dalla consultazione di questo manuale che, pur non avendo uno specifico taglio scientifico, fornisce utilissime informazioni di varia natura sulla realizzazione di fuochi e fornì provvisori.

favoriscono quelle riducenti (*a questo proposito si veda anche il capitolo 5, paragrafo 5.1.3.*) con incremento del tiraggio (e temperature più alte) nel primo caso e riduzione e diminuzione delle temperature nel secondo (Cuomo di Caprio 2007). Il contenuto idrico varia dunque a seconda che la legna sia stagionata o costituisca boschivo fresco.

Il rendimento finale della combustione è condizionato dalla quantità di acqua ancora presente nel legno. più la legna è umida, più lunga sarà la prima fase della combustione. Inoltre tale fattore sembra influire anche sulla durata e altezza della fiamma (Trabaud 1976).

Cenere e carboni, in assenza di un'alterazione termica dei sedimenti, potrebbero costituire soltanto i residui secondari di attività pirotecniche, per questo uno degli indicatori più importanti per l'identificazione di una struttura è rappresentato dall'alterazione termica.

Alterazione termica

La propagazione del calore può avvenire seguendo diverse modalità: per conduzione, convezione e irraggiamento. La prima è tipica dei solidi, che la trasmettono per contatto tra elementi materiali; la seconda invece ricorre tra i fluidi mentre la terza è quella che si trasmette sotto forma di radiazioni infrarosse. Le radiazioni termiche possono provocare trasformazioni significative su diversi materiali. La più evidente, a livello macroscopico, è definita “rubefazione” e si riferisce alla formazione di fasce rosse di colore rosso sul terreno dovuta all'alterazione di alcuni componenti minerali con liberazione di ioni di ferro e neoformazione di ossidi di Fe (soprattutto ematite) (Angelucci 2013-2014).

La morfologia dell'impianto contribuisce a riconoscere la tipologia, soprattutto in presenza di residui di coperture fisse, come quelle dei forni a volta. In assenza di resti della copertura, la loro identificazione può essere effettuata, oltre che per la presenza dei tipici residui di combustione, attraverso l'analisi dell'intensità e della distribuzione dell'alterazione termica, valido elemento indicatore in quanto rappresenta “l'unità stratigrafica di alterazione” (Giannichedda 2006) (**Fig. 7**).

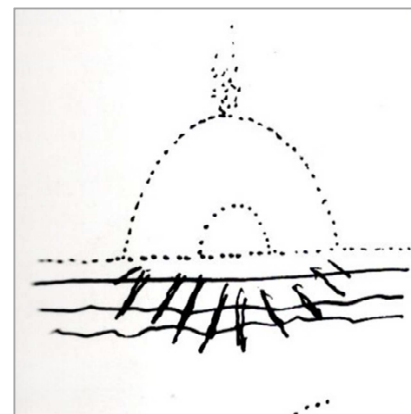


Figura 8: tracce di alterazione termica dei sedimenti in assenza della cupola originaria (da Giannichedda 2006).

Le condizioni che influenzano questo processo, determinandone diverse caratteristiche, sia dal punto di vista dell'intensità della variazione cromatica, della consistenza e della estensione sono state oggetto di diverse ricerche (Canever 1994-1995; Canti, Linford 2000; Aldeias et al. 2016) e saranno affrontate anche a livello sperimentale (capitolo 5). Oltre alla rubefazione dei supporti, tra gli indicatori di attività pirotecniche è frequente il concotto, costituito da impasti limo-argillosi, residui della struttura e/o risultato dell'alterazione termica dei sedimenti che vi erano all'interno.

- *Il concotto*

Il “concotto” (Milanese 1979, 225; Fusco 1977, 21-22; Tasca 1998, 86; Moffa 2002; Fronza 2003-2004) indicato come uno degli elementi identificativi delle strutture di combustione, descritte nei capitoli successivi, è per definizione assieme agli intonaci:

“... l’impasto con cui sono realizzati manufatti riferibili ad ambito edilizio o infrastrutturale o i frammenti d’impasto non riconducibili a destinazioni vascolari in senso stretto o ad altre categorie di fittili determinabili” e “...mostra gli esiti di una cottura più o meno intensa che ne ha permesso la conservazione fino ai giorni nostri” (Tasca 1998, 77).

Nello specifico si distingue tra: “Intonaco” per intendere “i resti di impasti riconducibili con una certa verosimiglianza alla funzione di rivestimento di strutture parietali a trama lignea o straminea” e “Concotto” per definire “gli impasti, in situ, in scarico o in giacitura secondaria, che hanno subito una cottura indotta dalla funzione o ad essa preliminare, e non riconducibili alla funzione di rivestimento” (Tasca 1998). Tasca tralascia però il caso di rivestimenti sottoposti a cottura accidentale. Si sottolinea inoltre il caso, come già esposto da Fronza, in cui la definizione concotto non implica necessariamente l’uso di un impasto, ma risultato di esposizione di sedimenti ad alte temperature. In un’altra definizione (Moffa 2002:19) indica:

“...quei frammenti in impasto limo-argilloso grossolano generalmente sottoposto a cottura, di dimensioni variabili dal centimetro alle diverse decine di centimetri, con impasto generalmente di un colore che va dal giallo-rosato al rosso, che può contenere vegetali triturati, più grossolano e solitamente cotto a temperature più basse rispetto al materiale ceramico”.

1.3.2. Interpretazione delle tracce

La struttura di combustione, come descritto in precedenza, è riconoscibile attraverso la presenza di specifiche tracce dovute all’impatto termico, alcune individuabili macroscopicamente, altre necessitano di indagini più approfondite.

Le tracce, assieme a indicatori come manufatti in giacitura primaria o secondaria, attraverso l’analisi del contesto permettono in alcuni casi di definirne la funzione. In altri la loro identificazione e interpretazione può apparire problematica. Spesso alcuni indicatori potrebbero essere assenti o quelli presenti fare riferimento a un riutilizzo della struttura non ricollegabile alla funzione principale. Una corretta interpretazione può fornire numerose informazioni in merito al contesto di utilizzo, domestico, artigianale, produttivo, sacrale. Spesso una funzione non esclude l’altra, una struttura oltre alle finalità produttive, può contemporaneamente assolvere a più funzioni o esser utilizzata in momenti separati in modo diverso. L’interpretazione funzionale fa solitamente riferimento all’ultima fase di utilizzo della struttura che potrebbe non esser stata quella prevalente. Oltre alle funzioni come riscaldamento, illuminazione, in ambito domestico sono diverse le tecniche connesse al

trattamento del cibo (preparazione, conservazione o cottura che a sua volta può variare in diretta o indiretta), e così in quello artigianale, dove l'utilizzo del fuoco può esser usato per la trasformazione di diverse materie prime (osso, corno, pietra, legno, argilla, resine, ocra,...) o trattamento di alcune materie prime. Non bisogna dimenticare che calore e fumo sono elementi fondamentali anche nella lavorazione delle pelli (*smoke and smudge fires*) (Henry et al. 2018) ed esempi etnografici sono molto utili per ampliare la gamma delle interpretazioni possibili (si veda a questo proposito il paragrafo 1.5) Pratiche attestate durante le fasi più antiche, erano sicuramente parte della sfera delle conoscenze dei popoli neolitici.

La sicura interpretazione di forni per ceramica è ancora difficile soprattutto per le evidenze preistoriche. Attraverso l'analisi delle tracce, eseguita anche grazie all'integrazione di nuovi metodi di indagine forniti dall'archeometria, è possibile tentare di identificare la struttura, risalire ai processi di combustione che ne hanno determinato la formazione e provare a ricostruirne il funzionamento sia attraverso lo studio di campioni di sedimenti alterati dal fuoco (Aldeias et al. 2016; Ballut et al. 2017) che attraverso l'analisi di campioni ceramici. La possibilità di risalire alle temperature correlate ai processi di combustione delle ceramiche rappresenta un approccio ampiamente utilizzato ma anche oggetto di numerose discussioni (Gosselain 1992; Vidale 2004; Maggetti et al. 2010; Rice 2015). La questione della determinazione delle temperature raggiungibili in una struttura è stata ampiamente dibattuta in letteratura e verrà approfondita nel capitolo 5 in un paragrafo dedicato alla definizione dei regimi termici delle strutture in fossa (5.3.1.) e integrato da analisi archeometriche dei concotti, sia archeologici (capitolo 4) che sperimentali (capitolo 6) e di alcuni frammenti ceramici.

1.4. Il deposito archeologico

La definizione di *record* archeologico è stata oggetto di dibattiti che l'hanno considerato sia come il risultato in chiave statica, di processi dinamici e diacronici caratteristici dei sistemi viventi che lo hanno prodotto (contesto sistemico) sia come esito di una serie variabile di eventi naturali e antropici (contesto archeologico). Quest'ultima posizione, sostenuta da diversi Autori (Reid 1985; Schiffer 1987), vede nel *record* archeologico un riflesso distorto di sistemi comportamentali antichi.

Le trasformazioni culturali (*C-transform*, nella definizione di Schiffer) vengono considerate come delle leggi da relazionare al sistema culturale dei comportamenti umani (es. uso, scarto, abbandono) mentre quelle naturali (*N-transform*) si riferiscono a processi, non culturali, di deposizione e decadimento (ad esempio la pioggia può comportare lo scivolamento dei materiali depositati su un piano, alterandone la posizione e l'associazione con gli altri materiali).

Le variabili considerate vanno analizzate tenendo conto del momento in cui si genera la formazione di un deposito (situazioni pre-deposizionali), quelle in cui essa si attua (fase deposizionale con distinzione tra contesti in deposizione primaria e secondarie) e condizioni

successive dovute a ulteriori interventi antropici (post-deposizionali) (Cazzella 1987, 165-166). Nel caso delle strutture di combustione, ad esempio, processi postdeposizionali possono comportare la trasformazione dei residui. Ad esempio, nel caso dei carboni, ristagni d'acqua, potrebbero determinarne la frammentazione, dispersione o formazione di accumuli secondari (Angelucci 2013-2014).

Ogni cosa possiede un suo ciclo di vita che ha inizio con la sua produzione e che termina con il suo abbandono. Un'attenta analisi dovrebbe dunque permettere di rinvenire delle regolarità in alcuni tipi di comportamento. In quest'ambito etnoarcheologia e archeologia sperimentale forniscono un utile contributo nella comprensione delle modalità di formazione e trasformazione del deposito archeologico.

Il *record* archeologico, diviene strumento per risalire al genere di organizzazione delle comunità del passato. Ogni comportamento umano produce infatti una particolare situazione archeologica e compito dell'archeologo è quello di procedere, attraverso l'analisi del deposito, ad una ricostruzione dei comportamenti e dei processi, naturali e antropici, che lo hanno prodotto. Come già esposto in precedenza le repliche sperimentali possono esser rivolte ad oggetti, comportamenti, processi e sistemi più o meno complessi. Lo spessore temporale di ogni ricerca è però notevolmente ristretto e preclude in un certo senso la possibilità di effettuare analisi più complesse che includerebbero, ad esempio, non solo le fasi di uso di una struttura, ma anche quelle successive (riuso, abbandono e tutto ciò che incide nella formazione del deposito archeologico).

Spesso durante gli scavi vengono applicate diverse metodologie di documentazione e raccolta delle evidenze osservate che si basano su criteri a volte soggettivi, che andrebbero invece integrate da adeguate strategie di campionamento.

Oltre alle analisi archeometriche, l'ausilio di discipline come l'archeologia sperimentale, l'etnografia e l'etnoarcheologia rappresenta un valido contributo per la conoscenza dei processi di combustione caratteristici di diverse tipologie di strutture che hanno contribuito a formare il deposito archeologico e il record di indagine. L'archeologia sperimentale permette di elaborare e migliorare la metodologia per la definizione di indicatori di determinate attività.

1.5. L'archeologia sperimentale come disciplina

I metodi attraverso i quali gli archeologi tentano di ricostruire il passato sono molteplici e l'archeologia sperimentale è uno di questi (Reeves, Paaerdekoooper 2014). L'interesse verso la sperimentazione in archeologia si è rivelato abbastanza precocemente se si pensa che si registra quasi in concomitanza con la nascita della paleontologia stessa come disciplina. A partire dagli inizi del XIX secolo le similitudini esistenti tra la tecnologia praticata dalle società tradizionali e quella delle più antiche popolazioni europee, furono oggetto di

osservazione da parte dei primi etnografi.⁹ Il primo e più famoso esempio di museo preistorico-etnografico, fu quello curato da Christian Jorgen Thomsen, l'ideatore del "sistema delle tre età" (pietra, bronzo e ferro)¹⁰ che ad un tipo di esposizione ancora di carattere classificatorio (ma con ordinamento per stadi tecnologici e culturali) applicò per la prima volta un metodo di studio comparativo utilizzando le analogie tra preistoria ed etnografia per spiegare la natura e la funzione di determinati manufatti esposti al Museo di Antichità del Nord di Copenaghen, inaugurato nel 1819. Alla comparazione con materiali specifici di altri paesi europei fu dedicata una specifica sezione del museo mentre i materiali etnografici furono utilizzati per il confronto con le antichità danesi (ad esempio alcune asce di popoli "primitivi" furono esposte accanto a quelle preistoriche). La sezione etnografica non solo raccoglieva manufatti provenienti dalla Groenlandia e dalle Americhe, ma mirava ad illustrare i modi di vita delle popolazioni autoctone di quelle aree, come documentato dalla presenza di una ricostruzione di capanna islandese curata nei minimi dettagli (Cardarelli, Pulini 1987: 77; 88). Dalla seconda metà del secolo, l'approccio comparativo, nel tempo proposto in maniera sempre più critica, venne adottato in numerosi musei europei (Inghilterra, Olanda, Germania, Norvegia, ...); tra questi ricordiamo il Museo Nazionale Preistorico Etnografico di Roma, istituito nel 1875 da Luigi Pigorini, che si ispira fedelmente al modello del museo di Copenaghen.

Personaggi come John Evans, John Lubbock e Augustus Pitt-Rivers, possono esser considerati i primi pionieri del metodo sperimentale. Sin da metà Ottocento infatti, assieme all'interesse per la paleontologia, si afferma anche la voglia di interpretare meglio le evidenze archeologiche e i dati forniti dalla ricerca etnografica, attraverso riproduzioni sperimentali di manufatti per comprenderne le tecniche di produzione e le modalità di funzionamento. A quegli anni risale, ad esempio, il primo tentativo di ricostruire una casa preistorica in legno utilizzando asce in pietra o di comprendere processi post-deposizionali legati a contesti protostorici (Giardino 2012, 10) anticipando così un settore di ricerca che verrà ripreso solo nella seconda metà del XX secolo.

La metodologia comparativa applicata al campo della ricerca preistorica rivelò presto i suoi limiti e questo contribuì ad un lento abbandono di questo sistema di analisi e ad un allontanamento tra le due discipline. Le discussioni riguardanti il ruolo delle analogie nell'interpretazione archeologica divennero particolarmente accese tra la fine degli anni Cinquanta e gli inizi degli anni Sessanta. Con la nascita della *New Archaeology*, la nozione di analogia comincia ad essere concettualizzata e l'osservazione etnografica da una prospettiva archeologica diventa una vera e propria disciplina sul campo.

Se alla fine del XIX secolo l'attenzione era dunque rivolta soprattutto agli oggetti, prevalentemente dell'industria litica, a partire dagli anni Sessanta, grazie ai nuovi fondamenti teorici dettati dalla *New Archaeology* (Binford 1972), si cominciò a rivolgere

⁹ Le prime manifestazioni di un interesse museografico verso determinati manufatti risalgono al XVI e XVII secolo.

¹⁰ Ledetraad til Nordisk Oldkyndighed, "Manuale di Antichità Nordiche"

l'interesse della ricerca anche verso altre industrie, attività e aspetti tecnologici della produzione (metallurgia, lavorazione dell'osso, caccia, agricoltura, lavorazione della ceramica, ecc...).

Binford, primo portavoce di questo movimento, volse la sua considerazione verso il comportamento in contrapposizione all'evento e alle sequenze da esso generate (Cazzella 1987, 46). La documentazione archeologica è statica mentre ciò che interessava a Binford erano gli aspetti dinamici che avevano generato quelle testimonianze. In merito all'uso dell'analogia, invitava ad usarla non solo per l'interpretazione del record archeologico ma anche per trovare nuove modalità di indagine del record archeologico stesso (Binford 1967).

Dalla necessità di comprendere come aspetti dinamici potessero produrre nuove testimonianze statiche derivò un rinnovato interesse per l'etnoarcheologia e l'archeologia sperimentale che diventavano, secondo Binford, le uniche possibilità per lo sviluppo e il perfezionamento della ricerca sui metodi produttivi del manufatto (Ascher 1961; Coles 1973; Binford 1978; Reynold 1979). A queste discipline, non considerate fino ad allora come vere e proprie branche dell'archeologia ma piuttosto come uno strumento di verifica delle ipotesi e dei modelli teorici, aveva attinto anche il grande paleontologo Leroy-Gourhan (Leroy-Gourhan 1943) proponendo una classificazione che mirava a spostare l'attenzione dal manufatto al gesto ed elaborando il concetto di “*chaîne-opératoire*”¹¹, fondamentale contributo per la comprensione delle attività umane.

John Coles (Coles 1967; 1973; 1981) fu il primo a tentare nel suo “Archeologia Sperimentale”, una definizione di questa disciplina individuandone i principali campi di indagine.

‘The term experimental archaeology is a convenient way of describing the collection of facts, theories and fictions that has been assembled though a century of interest in the reconstruction and function of ancient remains’ (Coles 1967, 1).

Nel suo manuale presenta una selezione dei più significativi esempi di esperimenti condotti a partire dagli inizi del XIX secolo con un'attenzione rivolta non solo alle repliche dei manufatti ma a tutto quello che concerne il comportamento umano e che può essere messo in relazione con i contesti archeologici. Gli studi di archeologia sperimentale sono molto vari, “vasti e disorganici” come scrive lo stesso Coles, e non possono offrire la certezza dell'interpretazione. Il metodo sperimentale, attinge dunque al metodo scientifico, sviluppandosi attraverso diverse fasi finalizzate alla verifica delle ipotesi di partenza: problema – idea – procedimento – risultato – valutazione. Si tratta di uno schema di riferimento che, riletto nel tempo da diversi autori (Ingersoll et al. 1977; Reynold 1979; Lammers Keijzers 2005; Outram 2008) porterà all'elaborazione del concetto di protocollo

¹¹ Il concetto di catena operativa è stato contestato perché non tiene conto delle variabili possibili (esisterebbero infatti diversi modi per fare una cosa). Spesso “gli operatori meno capaci diventano gli innovatori tecnici” (Vidale M. 2004).

sperimentale, un metodo che, attraverso la registrazione delle azioni e delle scelte operate, garantisce la replicabilità e verificabilità dell'esperimento (**Fig. 9**).

Successivamente l'attenzione sembrò concentrarsi non più sull'oggetto della produzione (con implicazioni riguardanti i concetti di imitazione, replica) ma a tutto quello che concerne gli aspetti sociali della produzione (Yellen 1977; Binford 1983) e altri modelli più complessi basati su principi epistemologici (Malina 1983).

Il concetto di analogia etnografica soccombe davanti ai nuovi propositi della *New Archaeology* che suggerisce nuovi e più complessi metodi di analisi dei processi. L'impiego di analogie con società di interesse etnografico per descrivere realtà archeologiche, che proprio in quegli anni iniziavano ad essere formalizzate sul piano culturale, finì per determinare un uso indiscriminato e poco critico di dati senza che questi presentassero un reale riscontro archeologico. Quanto riportato nei testi dagli etnografi, sebbene fonte preziosa di informazione per gli archeologi, affrontava in maniera secondaria, e a volte superficiale, la descrizione di manufatti e dei processi tecnologici che li avevano prodotti.

L'analogia etnografica può suggerire i passaggi di alcuni processi di produzione che potrebbero però non essere stati gli stessi seguiti in passato. Non si può inoltre escludere che esistessero altre pratiche lavorative delle quali nel tempo si è persa la conoscenza. La *New Archaeology* sottolinea la necessità di sviluppare "generalizzazioni intra-culturali", statisticamente verificabili, al fine di individuare le regolarità. L'abbandono dei vecchi metodi elaborati su basi empiriche permetterebbe dunque di attribuire finalmente all'archeologia una specifica connotazione scientifica.

Negli anni Ottanta nuove posizioni dei post-processualisti criticarono aspramente la *New Archaeology*, sottolineando i limiti del metodo scientifico. Il centro di tali dibattiti riguardava la natura della conoscenza del passato, soprattutto in relazione all'incidenza dei fattori materiali e ideologici nel processo del cambiamento sociale, investendo il concetto di analogia in merito alla differenza tra analogia formale e analogia relazionale (Yellen 1977; Hodder 1982; Cunningham 2003). I nuovi approcci di derivazione post-processuale non vanno alla ricerca di somiglianze formali ma di cause, effetti e relazioni che consentano di stabilire la reale importanza delle analogie osservate, sulla base di ricorrenze statistiche e probabilistiche di coerenza funzionale e simbolica accertabili. Viene sottolineata la necessità di comprendere le attività dinamiche. Il procedimento analogico viene quindi usato come base per far scaturire delle ipotesi da sottoporre a verifica al fine di determinare il modo in cui determinate attività si trasformano in resti archeologici e come questi possano essere modificati da successivi interventi umani o naturali (Trigger 2008). L'impiego di analogie estrapolate dall'osservazione etnografica va ricercato con le giuste cautele (Ravn 2011; Cazzella 2013) stabilendo una relazione, anche attraverso l'analisi delle differenze, tra la fonte dell'analogia e il contesto archeologico (Wiley 2002).

L'analogia etnografica dovrebbe essere limitata ai casi in cui esiste una continuità dimostrabile tra cultura archeologica e società moderna o limitarsi alle culture con un livello

di sussistenza e con un retroterra ecologico simile, mentre la definizione di un'analogia, in campo sperimentale, deve tenere conto del fatto che si sta agendo in un sistema isolato. La sinergia tra archeologia e antropologia è considerata la chiave necessaria per le corrette interpretazioni che devono avere come finalità principale quella rivolta alla comprensione del record archeologico (Madsen 1995).

'Archaeology is anthropology or it is nothing' (Binford 1962)

Dai dibattiti teorici sull'uso dell'analogia in archeologia degli ultimi anni emerge l'importanza di sottolineare quanto l'interpretazione archeologica sia condizionata da fattori legati al nostro presente e alla nostra società. Si è raggiunta la consapevolezza che la replica di azioni passate sarà sempre effettuata con limitazioni dovute al nostro vivere moderno, ma l'archeologia sperimentale è da considerarsi un processo diverso con diversi obiettivi che tenta di applicare un approccio oggettivo fissando specifiche domande per ottenere risultati che possono empiricamente esser compresi. Non andrebbe dunque considerata come una metodologia rigida ma come un insieme di tentativi di interpretazione che ricorrono a diversi metodi e approcci a seconda di specifici problemi (Porr 1999, 4). La simulazione sperimentale così come l'etnoarcheologia, si basano sull'analogia e non possono offrire certezze univoche nell'interpretazione delle tracce materiali antiche, ma consentono di escludere ipotesi fallaci e di verificare la maggiore o minore attendibilità di altre. Consentono anche di avere dati concreti, e non solo una vaga idea, di vari aspetti quantitativi, di tipo ad esempio cronometrico, volumetrico, energetico. Solo così si può scoprire che un focolare da cucina altera il suolo in cui si trova in modo ben diverso da una fornace per metalli (Mannoni, Giannichedda 2006).

Dagli anni Novanta è andata affermandosi l'idea di una disciplina pluralistica, volta sia agli aspetti teorici che a quelli metodologici e pratici. L'introduzione di nuovi metodi di indagine (come le tecniche archeometriche, le analisi dei residui, le analisi del DNA ecc...), ha permesso di riconsiderare l'importanza delle indagini scientifiche nel campo dell'archeologia, disciplina che si caratterizza dunque non solo per il suo metodo di approccio scientifico al record archeologico ma anche per il forte legame con le interpretazioni di carattere umanistico che tali ricerche permettono di trarre. La stessa duplicità caratterizza anche l'archeologia sperimentale, che attinge dunque sia alle consapevolezze maturate in entrambi i movimenti, processualista e post-processualista, valutandone meriti e debolezze e rispondendo con maggior obiettività alle problematiche archeologiche di volta in volta esaminate (Forrest 2008; Millson 2011).

Proprio per questo motivo è consigliabile utilizzare delle regole procedurali che uniformino la metodologia adottata come garantito dall'elaborazione di un protocollo sperimentale (Cattani 2017; Peinetti et al. 2017) allo scopo di assicurare, come specificato prima, la replicabilità dell'esperimento.

In più occasioni è stata evidenziata l'importanza del rapporto di interdisciplinarietà che intercorre tra l'archeologia sperimentale e l'etnoarcheologia al fine di interpretare i contesti

archeologici attraverso analogie. Risultati ottimali si hanno se l'archeologia sperimentale viene praticata in campo etnoarcheologico. In questo caso essa si trasforma in un potente strumento di indagine perdendo gran parte dei suoi limiti (Vidale 2004).

Nel Dizionario di Archeologia (Francovich, Manacorda 2007) con "Archeologia Sperimentale" si intende un:

"Campo di studi finalizzato alla verifica di ipotesi archeologiche mediante il ricorso a esperimenti replicativi. Se l'archeologia sperimentale condivide con l'etnoarcheologia il criterio della diretta osservazione della realtà dinamica, se ne differenzia in quanto la prima pianifica ed effettua degli esperimenti limitati, con un numero ridotto di fattori e variabili, mentre la seconda opera in un sistema culturale vivente, in contesti quindi molto più complessi e meno facilmente controllabili" (Vidale 2007).

L'etnoarcheologia viene definita come:

"L'osservazione diretta e lo studio sul campo della fabbricazione, distribuzione e uso di manufatti nel loro ambiente istituzionale e sociale tra popolazioni viventi, con il fine di costruire migliori modelli esplicativi che siano di aiuto a deduzioni di carattere archeologico" (Guidi 1988).

Le due discipline sono interrelate ma si differenziano per il fatto che una opera nell'ambito di quelli che sono definiti "sistemi aperti", tipici della società viventi e l'altra invece è tipica di "sistemi chiusi" (Bondioli et al. 1990). L'etnoarcheologia, nata per rimediare all'assenza nella documentazione etnografica di dati sugli esiti della produzione, permette di osservare dal vivo i processi mentre si compiono. Il controllo archeologico si inserisce in realtà dinamiche ampie che costituiscono "sistemi attivi" (Bondioli et al. 1990). L'osservazione etnografica e, in particolare, quella etnoarcheologica permettono di studiare come in società tradizionali un contesto sistemico può generare un contesto archeologico, aiutando a capire le relazioni tra comportamento umano e processi formativi della stratigrafia. L'archeologia sperimentale, rappresenta invece dei "sistemi chiusi" perché, attraverso la replica dei presunti processi di formazione, riproduce situazioni artificiali nelle quali il numero di variabili da considerare è limitato.

L'archeologia sperimentale non si propone soltanto di verificare problematiche legate alla tecnologia, alla sussistenza e alle proprietà fisiche dei materiali. Le sperimentazioni possono riguardare la replica di oggetti, comportamenti, processi e sistemi, sia semplici che complessi. Attraverso l'uso di diversi metodi, tecniche, analisi e approcci, l'archeologia sperimentale consente di generare analogie finalizzate all'interpretazione dei resti archeologici (Mathieu R. 2002). Le caratteristiche e finalità di questo campo di studi sono state ampiamente dibattute nella letteratura internazionale (Ascher 1961; Ingersoll et al. 1977; Lemmonier 1993; Longo 2003; Hurcombe 2004; Saraydar 2008; Schiffer, Skibo

2008; Yellen 1987)¹² e sono riassumibili in quattro punti principali. Innanzitutto, ogni ricerca dovrebbe garantire:

- 1) il controllo e la riproducibilità di ogni esperimento;
- 2) dovrebbe tenere presente che, trattandosi di repliche, simili esiti potrebbero non derivare da simili cause;
- 3) creare e testare specifiche ipotesi;
- 4) perseguire come obiettivo finale la determinazione di analogie che consentano di interpretare le tracce presenti nel record archeologico (Mathieu 2002,1).

È stata anche sottolineata l'importanza delle “anomalie” come metodo per scoprire cause, effetti e relazioni non individuabili nel record archeologico. Attraverso l'analisi delle differenze è possibile sollevare nuove domande e proporre nuove modalità di indagine. Questo metodo offre dunque un tipo di analisi sugli aspetti del comportamento “non-materiale” e, analizzando le divergenze significative esistenti tra i dati archeologici e la realtà contemporanea, “*permette di restringere il campo delle ipotesi e riconoscere stretti rapporti di causa-effetto*” (Gould 1980; Cavulli 2003; Vidale 2004).

Sebbene l'interesse per la sperimentazione si sia manifestato presto, l'archeologia sperimentale come disciplina ricopre ancora un ruolo marginale. Il suo riconoscimento come parte integrante della ricerca archeologica appare ancora difficile per la difficoltà a comprendere cosa sia, come vada usata e perché sia così importante per l'interpretazione delle evidenze archeologiche in quanto in grado di mediare tra discipline scientifiche e umanistiche, pratica e teoria (Millson 2011). La circolazione e condivisione dei dati e dei risultati a disposizione è ancora limitata nonostante si sottolinei da tempo la necessità di creare un corpus di materiali e gesti tecnici al fine di favorire standardizzazione e elaborazione di protocolli operativi che migliorino la ricerca (Giannichedda 2006; Outram 2008; Reeves, Paaerdekoooper 2014).

¹² Journal of Field Archaeology, Journal of Archaeological Science sono solo alcune delle riviste sulle quali sono stati pubblicati studi di archeologia sperimentale.

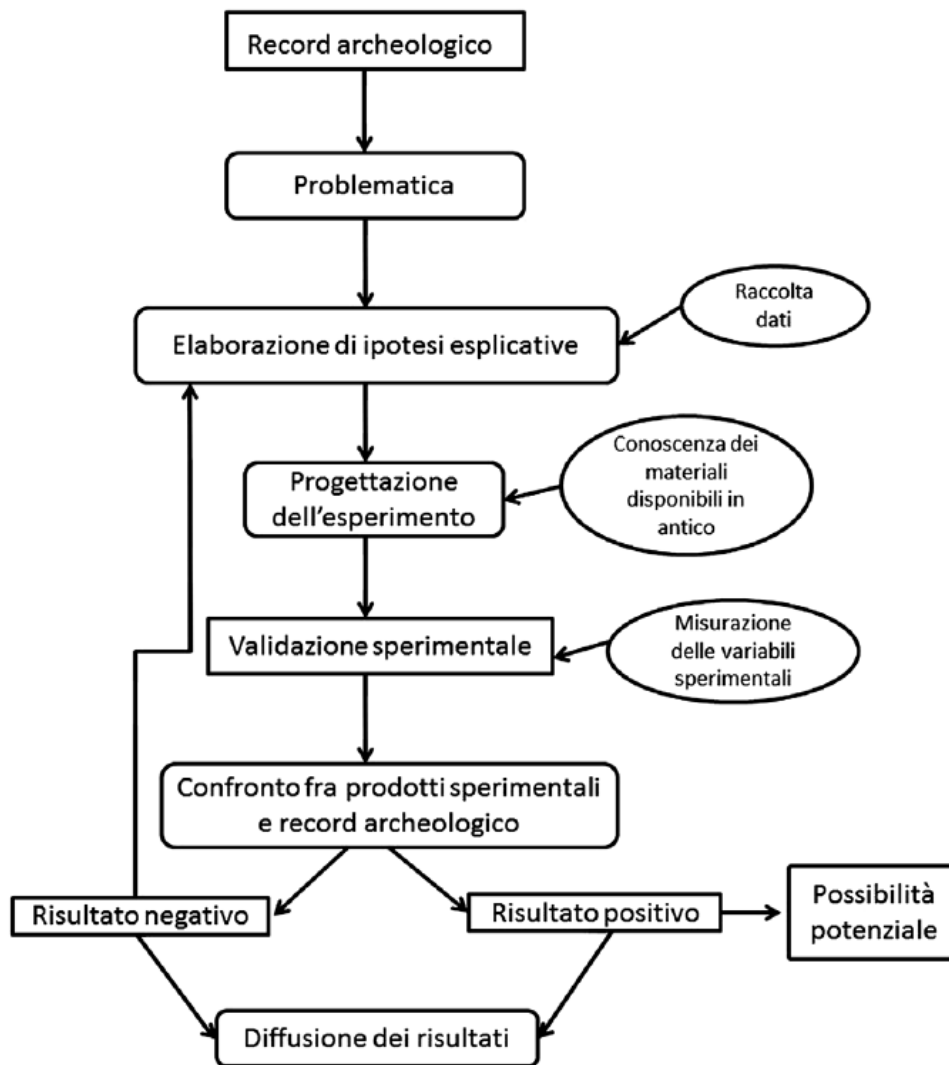


Figura 9: schema esemplificativo dell'esperimento archeologico (da Giardino 2012, Tab. 1).

1.5.1. L'archeologia sperimentale in Italia in rapporto a quella europea

In ambito europeo l'archeologia sperimentale è stata finalizzata non solo alla replica di oggetti, ma anche a quella di comportamenti, processi e sistemi più o meno complessi. È spesso praticata in open-air Museums, dove interi villaggi sono stati ricostruiti ispirandosi a diverse epoche e tentando di osservarne lo sviluppo nel tempo, al fine di superare così quei limiti che riguardano l'osservazione di trasformazioni a lungo termine, come ad esempio l'analisi di più fasi o fenomeni come il riuso e l'abbandono di strutture. I primi esempi di questo genere sono sorti nei paesi scandinavi, che vantano una consolidata esperienza nel settore. Il più antico esempio di Museo all'aperto, preso di ispirazione per gli quelli successivi, è stato lo Skansen Museum inaugurato nel 1891 a Stoccolma per

preservare le tradizioni e il ricordo della vita rurale nel paese prima che andasse perduto per l'affermarsi di modi di vita industrializzati. L' *Historical Archaeological Research Centre di Lejre*¹³ (Danimarca) rappresenta invece la più grande stazione di archeologia sperimentale in Europa (ricostruite antiche abitazioni dell'età del Ferro e Medievali) e che al punto 2 del suo statuto indica bene le finalità e gli obiettivi del centro di quella che deve esser la ricerca sperimentale: *"The Experimental Centre's purpose is to run a research center for the carrying out of ethnological, historical and archaeological experiments, execution of associated research task and dissemination of the results through scientific channels and through active communication and instruction"*. Tra i più famosi si annoverano anche la *Butser Ancient Farm*¹⁴ (Hampshire) in Inghilterra, inaugurata nel 1974, laboratorio di ricerca *open air* sull'agricoltura e le antiche tecniche di costruzione di epoca preistorica e romana. Ormai chiuso a causa di una diminuzione dei visitatori è l'*Archéodrome di Beaune* in Francia, nel quale erano state ricostruite capanne preistoriche, protostoriche e fortificazioni di età celtica.

Si tratta di centri che hanno perfettamente integrato ricerca, comunicazione e divulgazione contrariamente a quanto avviene purtroppo in Italia dove la finalità delle attività sembra essere prevalentemente di carattere didattico - divulgativo con maggiore attenzione verso la spettacolarizzazione dell'archeologia. Nel nostro paese infatti, nonostante il numero dei Musei *Open-Air* e dei parchi archeologici sia cresciuto negli ultimi anni¹⁵, le realtà paragonabili a quelle europee sono ancora poche e di diversa natura. Molte propongono esperimenti, ricostruzioni, attività di riproduzione di antichi manufatti, animazioni sperimentali eseguite senza il rispetto del rigore scientifico e non supportate da un valido protocollo sperimentale. Spesso infatti la replica ha come oggetto la realizzazione di manufatti fine a se stessa e poche sono le informazioni raccolte sui procedimenti seguiti. Difficilmente inoltre in questi luoghi ci si rivolge alla replica di comportamenti e processi sia formativi che tecnologici. Sperimentare non equivale a riprodurre semplicemente un oggetto antico come indicato, ad esempio, in questa definizione di archeologia sperimentale: *"disciplina sussidiaria della scienza archeologica tradizionale che studia – attraverso l'esperimento – i diversi processi che sottendono alla creazione e modificazione di un manufatto"* (Loi, Brizzi 2009).

Nello specifico, con riferimento ad esperienze che riguardano la cottura di ceramica, principale oggetto di questa ricerca, le attività documentabili nei vari parchi e centri italiani, presentano le stesse limitazioni. Il procedimento è nella maggior parte dei casi finalizzato alla produzione di vasellame e manca la registrazione degli effetti di tale processo sul record archeologico, poco esaustivo o del tutto assente è inoltre il protocollo sperimentale. Un'attenta registrazione dei dati, finalizzata a fornire risposte a precise domande e ipotesi,

¹³ <http://www.sagnlandet.dk/>

¹⁴ <http://www.butser.org.uk/>

¹⁵ Per una lista completa dei parchi archeologici italiani ed europei si veda "Guida ai musei archeologici all'aperto in Europa" a cura di Pelillo A.

seguita dalla condivisione potrebbe rappresentare un valido contributo per la comprensione di specifiche problematiche, ampliando la gamma delle interpretazioni.

Il successo di questo aspetto dell'archeologia sperimentale ha fatto nascere numerosi centri creando una confusione generale sugli obiettivi principali e sulla definizione stessa di archeologia sperimentale. Molte sono le perplessità in merito a questi metodi divulgativi che sfociano nell'"archeologia imitativa" e rischiano di diventare contro-producenti ai fini della conoscenza e fruizione di specifici contenuti. Bisognerebbe innanzitutto delineare bene gli ambiti di competenza: centri di simulazione di attività del passato e centri di ricerca con attività di archeologia sperimentale.

Negli ultimi anni inoltre è stata proposta una nuova figura professionale, quella dell'operatore didattico/divulgativo. A questa figura si affianca quella apparsa in ambito europeo, dell'archeotecnico, un operatore dotato di specifiche conoscenze preposto dagli archeologi a cercare soluzioni ai problemi che gli sono sottoposti (Guidi et al. 2003).

In un contributo del volume dedicato alle Archeologie Sperimentali (Zifferero 2003), è stata eseguita una suddivisione che permette di osservare diverse categorie di offerta correlabili a varie tipologie di strutture che operano in questo settore: parchi archeologici (come quello del Forcello, a Bagnolo S. Vito), siti archeologici con ricostruzioni sperimentali (come il Parco delle Terramare di Montale; il Museo delle Palafitte di Ledro; il Museo-Parco archeologico, Villaggio Neolitico di Travo), in parchi tematici (ad esempio l'Archeopark di Darfo; l'Asineria di Gombola), in Musei all'aperto (Parco archeologico didattico del Livelet) e, più raramente, in centri di ricerca (Lars di Siena; Antiquitates di Blera).

In questa panoramica le realtà che mostrano una maggiore interrelazione tra offerta divulgativa e ricerca sono quelle che si svolgono in quei parchi che sorgono in prossimità di un sito archeologico. Un esempio è rappresentato dal parco di Montale, presso Modena, che è diventato sede di molte sperimentazioni condotte da archeologi, recentemente oggetto di pubblicazioni (Cattani 1997; Levi 2010). Nel Parco, realizzato con la collaborazione della Soprintendenza ai Beni Archeologici dell'Emilia Romagna e con il sostegno di altri enti privati e pubblici, sono state ricostruite, come modelli dal vero, alcune abitazioni terramaricole utilizzando tecniche dell'archeologia sperimentale. L'analisi delle buche di palo rilevate negli scavi di questa ed altre terramare ad esempio, ha fornito alcuni spunti per la ricostruzione delle abitazioni. L'arredo delle case è dettagliato e frutto di uno studio appropriato. È stato inoltre ricostruito anche un tratto delle fortificazioni del villaggio, costituito da un terrapieno e da un fossato che circondavano la terramara.

Un altro sito archeologico divenuto Parco e luogo di attività sperimentali è quello di Bagnolo S. Vito, dove vengono promossi eventi rivolti al pubblico e sperimentazioni curate dall'Associazione Gesti Ritrovati¹⁶ che da diversi anni si occupa della realizzazione di fornaci, soprattutto protostoriche, per la cottura di ceramica.

¹⁶ <http://www.gestiritrovati.com>

I parchi sorti in prossimità di siti archeologici permettono dunque di far convergere diverse esigenze quali quella di garantire lo sviluppo della ricerca archeologica, la possibilità di svolgere attività formative e di promuovere la conoscenza del passato inserendolo in un circuito turistico (Zifferero A. 2003).

Sono numerose le associazioni che svolgono attività di archeologia sperimentale a scopo divulgativo. In questa sede non è possibile fare l'elenco di tutte quelle esistenti ma tra i più importanti si annoverano: il parco archeologico del Livelet¹⁷, il parco archeologico del Villaggio Neolitico di Travo, l'archeopark di Darfo Boario Terme¹⁸, l'archeoparc in Val Senales¹⁹ (per una panoramica generale si veda in bibliografia la sezione risorse web). Molti di essi sono sorti per rispondere alla forte richiesta di forme di divulgazione da parte di musei e parchi archeologici e molte sono quelle che si occupano prevalentemente di rievocazioni storiche (Popolo di Brig; Teuta Foionco...). Dal 2005, a La Spezia, presso il Castello di San Giorgio, si tiene ogni anno a maggio, il "Paleofestival"²⁰ che riunisce musei archeologici che svolgono attività didattiche, archeotecnici che eseguono dimostrazioni per il pubblico, singoli operatori che svolgono laboratori sperimentali e rievocatori. Dal 2016, una delle giornate è dedicata ad un incontro scientifico di studio sui problemi della divulgazione archeologica e la sperimentazione.

In Italia mancano vere e proprie istituzioni dalle finalità scientifiche che garantiscano un ampio dibattito e confronto sulle esperienze condotte. Nel nostro paese, dove questa disciplina è praticata da poco più di trent'anni, manca una consolidata tradizione in ambito sperimentale. Alcune eccezioni sono costituite da pochi centri che vanno menzionati per le significative esperienze effettuate nel campo della ricerca.

Uno di questi, l'IAS (Istituto Italiano per l'archeologia sperimentale)²¹ con sede a Genova è stato promotore di alcune ricerche e ricostruzioni. Nel 1989 è stato organizzato un Seminario sull' "Interpretazione funzionale dei fondi di capanna di età preistorica" che ha rappresentato un primo e importante momento di scambio di esperienze e verifiche in campo sperimentale. L'istituto ha effettuato due repliche: la ricostruzione di una unità abitativa del villaggio neolitico di Passo di Corvo (FG) e la ricostruzione sperimentale di una capanna del Neolitico antico padano di Vhò di Piacenza (CR). Si tratta di due sperimentazioni realizzate per perseguire due obiettivi differenti: la prima, costruita sulla base dei dati archeologici a disposizione, è nata dalla volontà di ricostruire un'unità abitativa visitabile per il pubblico del parco pugliese, mentre la seconda rientrava in un determinato protocollo sperimentale volto ad acquisire dati funzionali sulle modalità e funzionalità della struttura.

¹⁷ www.parcolivelet.it

¹⁸ www.archeopark.net

¹⁹ www.archeoparc.it

²⁰ www.paleofestival.it

²¹ <http://www.ias.it>

Il Cast di Torino²² realizza invece indagini in stretta collaborazione con ispettori della Soprintendenza Archeologica del Piemonte e ricercatori universitari di altri atenei. Le attività sembrano però essere limitate alla riproduzione sperimentale di oggetti o strutture finalizzate all'accertamento delle tecniche di realizzazione. Nell'aprile del 2000 il centro ha organizzato il primo Convegno Internazionale di Archeologia Sperimentale, e l'evento si è ripetuto arrivando alla V edizione, tenuta a Villadose (RO) nel 2003, con approfondimento di problematiche relative soprattutto all'età romana.

Un altro centro, il LIAST²³ (Laboratorio Italiano Archeologia Sperimentale), con sede a Moncalieri (TO), suddiviso in vari dipartimenti (Preistoria, Primitivi attuali, Storia antica, Medioevo, Rinascimento, Macchine della Prima Rivoluzione industriale) abbraccia ricerche sulle tecnologie usate dall'uomo dalla preistoria ai giorni nostri, e ricostruisce utensilerie, armi e armamenti, vasellame, metalli, colori, intreccio e tessitura, abitazioni, arte mobiliare, imbarcazioni, mezzi di trasporto, ecc...

Antiquitates²⁴, con sede a Blera (VT) concilia attività didattiche e ricerca archeologica sperimentale rivolta prevalentemente all'archeometallurgia. L'associazione si è fatta promotrice di un convegno di archeologia sperimentale, giunto alla V edizione, dedicato al suo fondatore.

In ambito accademico, le Università di Roma, Ferrara, Siena hanno sviluppato una tradizione di ricerca, soprattutto rivolta allo studio dell'industria litica, che portano avanti parallelamente all'attività accademica. Il Museo delle Origini, dell'Università di Roma La Sapienza ha esteso i suoi studi anche ad altri aspetti tecnologici, come nel caso delle sperimentazioni eseguite per verificare alcune ipotesi riguardanti la ceramica neolitica proveniente dal sito di Masseria Candelaro (FG) (Cassano et. al. 1995) e la riproduzione di alcuni forni sperimentali (come ad esempio quelli di Portonovo, AN ad opera della prof.ssa C. Conati Barbaro). Di recente, l'archeologia sperimentale è entrata a far parte di programmi didattici presso l'Università di Bologna, Dipartimento di Storia, Cultura e Civiltà (Cattani 2016), l'Università di Pisa²⁵, nell'ambito della sezione di Preistoria con la finalità di integrare le competenze teoriche con attività didattico-scientifiche pratiche (LASP, Laboratorio di archeologia sperimentale) e di Padova. A Pisa, il corso è tenuto dalla Dottoressa Cristiana Petrinelli mentre, a Padova, si svolge nell'ambito delle attività del Lasert (Laboratorio di Archeologia sperimentale e ricerche sulla tecnologia) del Dipartimento di Beni Culturali, sotto la direzione del prof. Massimo Vidale.

Altre attività sono dovute all'opera di singoli studiosi. Notevole è ad esempio l'esperienza condotta da A. M. Bietti Sestieri e P. Pulitani che hanno riprodotto alcuni processi legati

²² www.cast.torino.it

²³ <http://www.liast.it>

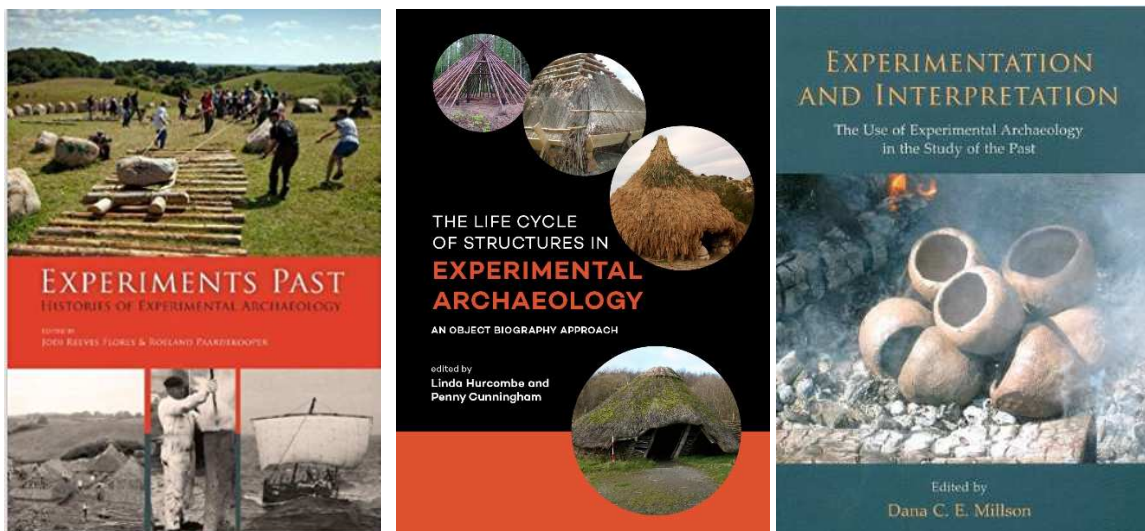
²⁴ www.antiquitates.it

²⁵ <https://www.cfs.unipi.it/dipartimento/laboratori/laboratorio-di-archeologia/preistoria-e-archeologia-sperimentale/>

alla produzione ceramica del complesso dell'età del Ferro di Osteria dell'Osa (Bietti Sestieri, Pulitani 1992) o il contributo di F. Cavulli alla comprensione dei processi formativi di sottostrutture (Cavulli 2009).

Molte esperienze sperimentali sono purtroppo ancora in gran parte inedite. Alcuni volumi ancora di riferimento rappresentano la pubblicazione di atti di convegni sul tema dell'archeologia sperimentale tenutisi a Torino (Aa.Vv. 1999), Comano Terme e Fivè (Aa.V.V. 2003). Un altro contributo raccoglie i contributi del convegno "Catene operative dell'arco preistorico: incontro di archeologia sperimentale" volume (Fivè - S. Lorenzo in Banale, Tn, 30 agosto - 1 settembre 2002) sull'antica arcieria preistorica europea e trentina (Bellintani, Cavulli 2006). I convegni si erano riproposti di sottolineare l'importanza metodologica di una disciplina come l'archeologia sperimentale sia nell'ambito della ricerca che della divulgazione.

Un volume pubblicato di recente (Reeves, Pardekooper 2014), ripercorre la storia della disciplina in diversi paesi europei, per evidenziare l'impatto avuto dal suo utilizzo nella ricerca storica. Non è un caso forse che tra i paesi indicati l'Italia non sia inclusa, forse perché la disciplina si pratica ancora in maniera troppo sporadica. L'archeologia sperimentale infatti in Italia ha una storia ancora recente con contributi spesso isolati in diversi volumi o riviste mentre, all'estero più frequenti sono i volumi dedicati a diverse sperimentazioni (Hurcombe, Cunningham 2016; Millson 2011).



La letteratura specifica è limitata e molti contributi importanti vanno ricercati nella documentazione internazionale (*Journal of Field Archaeology*, *Journal of Archaeological Science*, *Techniques et Cultures*, *Bullettin of Primitive Technology*) o tra gli atti di convegni, come ad esempio, il IV Convegno di Archeologia sperimentale organizzato a Burgos nel 2014, da *Experimenta* in collaborazione con l'Università autonoma di Madrid, il Museo de la Evolucion Humana e Exarc (Alonso et al. 2017).

EXARC²⁶ (European Exchange on Archaeological Research and Communication), un'organizzazione che ha come obiettivo quello di stabilire un dialogo tra ricerca scientifica e divulgazione tramite uno scambio di conoscenze e pubblicazioni tra gli associati, pubblica due volte all'anno una rivista, l'*Exarc Journal Digest*²⁷, dedicata all'archeologia sperimentale. Una rivista in open-access, online Journal, raccoglie circa una decina di articoli e viene pubblicata invece quattro volte l'anno²⁸.

È inoltre recente la creazione di un sito online realizzato da Roeland Paardeckooper e gestito dal Dr. Jodi Reeves Eyre, *Experimental Archaeology Online Collection*²⁹, che mira alla raccolta e condivisione di dati e risultati di ricerche legate all'archeologia sperimentale, costituito da un elenco bibliografico con oltre undicimila titoli.

Nata nel 2001, l'organizzazione conta oggi quasi 300 membri tra istituzioni pubbliche e private, da oltre 40 paesi (Fig. 10) inclusa l'Italia (Fig. 11).

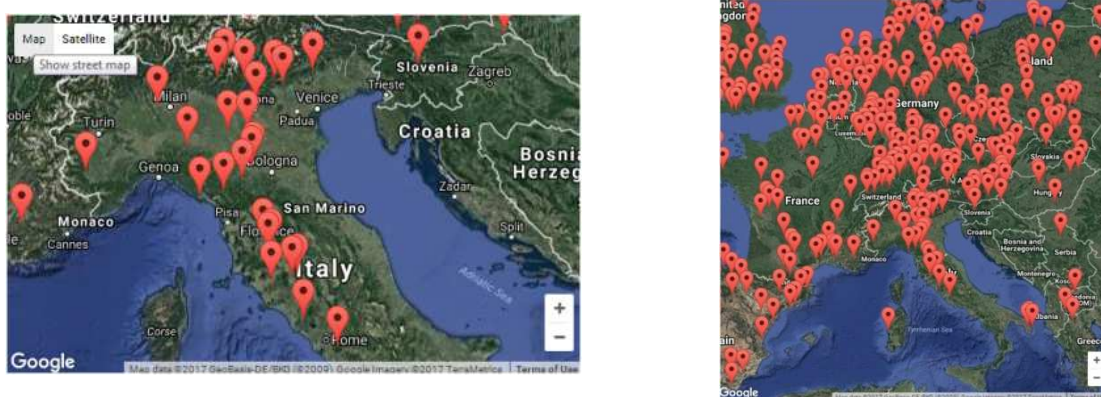


Figura 10: distribuzione dei membri Exarc in Italia e in Europa che operano nell'ambito dell'archeologia sperimentale (da <http://openarchaeology.info/venues>)

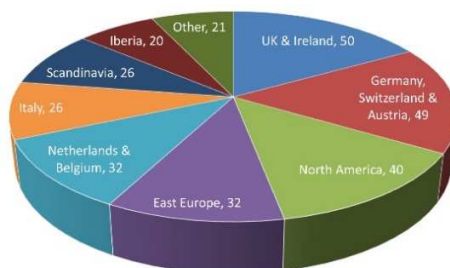


Figura 11: incidenza percentuale delle istituzioni e operatori che in Italia si occupano di archeologia sperimentale, iscritti a Exarc, in rapporto agli iscritti nel resto del mondo.

OpenArch è uno dei progetti finalizzato alla collaborazione tra Musei archeologici Open-Air al fine di migliorare le esperienze per il pubblico proposte nei musei integrandolo con uno scambio a livello europeo. Sebbene l'interpretazione attraverso la sperimentazione sia finalizzata all'esperienza da offrire al visitatore è interessante sottolineare la partecipazione

²⁶ <http://www.exarc.net>

²⁷ <https://exarc.net/journal/hardcopy-overview>

²⁸ <https://exarc.net/journal/issues-overview>

²⁹ <https://core.tdar.org/collection/60199/exarc-experimental-archaeology-collection>

e collaborazione del mondo scientifico a numerosi progetti (Comis 2010)³⁰. Molto attive risultano ad esempio essere l'Università di Exeter (Dr. Linda Hurcombe), una delle poche Università in Europa, assieme all'Università di Sheffield, che prevede un corso di laurea, MA, in Archeologia sperimentale³¹ e la UCD di Dublino, dove molti dei progetti sono condotti grazie al coordinamento del prof. Aidan O' Sullivan. In Irlanda l'insegnamento è proposto nell'ambito di diversi corsi di laurea che hanno la possibilità di approfondire metodologie presso il *Centre for Experimental Archaeology and Ancient Technology* in collaborazione anche con un centro esterno all'Università, *The Experimental Archaeological Guild* presso l'*Irish National Heritage Park*, a Ferrycarrig Co..L'Università Autonoma di Madrid (UAM), in Spagna, è stata la prima ad avere dedicato uno spazio all'archeologia sperimentale in Spagna, nell'ambito del corso di laurea di Studi storici; inoltre dal 1995 l'Università pubblica il *Bulletin of Experimental Archaeology* (BAEX), valido contributo per la condivisione delle esperienze svolte in questo campo.

Una conferenza internazionale tenutasi a Alersdorf nel 2013 ha condotto alla pubblicazione online di un volume dal titolo "Archaeology and Crafts - Experiences and Experiments on traditional skills and handicrafts in Archaeological Open Air Museum in Europe" che integra anche ricerche dell' OpenArch-Project sulle tecniche preistoriche di lavorazione della pietra durante l'età del bronzo e uso pratico degli strumenti preistorici.

Dal 2006, Exarc organizza (prima con cadenza annuale e dal 2009 ogni due anni), una conferenza internazionale dedicata all'archeologia sperimentale (EAC, *Experimental Archaeology Conference*). Dopo anni in cui le sedi selezionate sono sempre state estere



Figura 12: locandina della prossima EAC 11 che si svolgerà a Trento e sedi delle passate edizioni.

(Londra, Exeter, Edinburgo, Aberdeen, Reading, Yourk, Cardiff, Oxford, Dublino, Leiden) nel 2019 sarà l'Italia ad ospitare per la prima volta la prossima conferenza, giunta all'undicesima edizione (**Fig. 12**). Organizzata in collaborazione con l'Università di Trento, si svolgerà nella nostra sede dal 2 al 4 maggio, collaborazione con il Laboratorio B. Bagolini³². Si auspica di poter accogliere tutti coloro che si occupano di archeologia sperimentale in Italia, soprattutto in ambito accademico, al fine di migliorare il confronto e il dialogo tra

³⁰ <https://exarc.net/eu-projects/openarch-culture-project>

³¹ <http://humanities.exeter.ac.uk/archaeology/>

³² Organizzatori: Roeland Paardekooper, Magdalena Zielinska, Stefano Grimaldi, Annalisa Costa. Molti i docenti dell'Università membri del Comitato Scientifico Annaluisa Pedrotti, Fabio Cavulli, Stefano Grimaldi, Diego Angelucci, Emanuele Vaccaro, Elisa Possenti e i rappresentanti di diverse Istituzioni, Musei e Parchi archeologici coinvolti.

<https://exarc.net/meetings/eac11>

chi opera in questo settore e legittimare l'importante ruolo che tale disciplina ha nel favorire l'interpretazione dei dati archeologici.

1.6. Strumenti e metodo

The screenshot shows a database form for recording combustion structures. The form is divided into several sections:

- Sito:** Lugo di Grezzana
- Comune, Provincia, Stato:** Lugo di Grezzana, VR
- Fase:** ☒ NA ☐ NM ☐ NR
- Attribuzione culturale:** Fucine
- Analisi:** US 467 - C14 carbonio di legno
- Descrizione:** Fucine ad imboccatura circolare. Presenta tracce di cottura sulle superficie interna di cui si conservano tracce ben evidenti nelle pareti e buona parte del fondo. Appare svuotata in superficie a causa dell'erosione e del crollo della parete alta. Fondo scottato, dello spessore di cm 2,00. Riempiimento: contiene carboni cotti di cui appiattiti, orientati ovest-est, lunghe fino a cm 60 e larghe 6-7 cm e poco spesse che coprono il fondo scottato della fossa. Nel riempimento sono contenute anche ramaglie e piccoli carboncini e concottini lungo il perimetro interno. Scottatura lungo le pareti. Presenza di concotti lungo il perimetro interno. Nel riempimento di terra sono stati rinvenuti selci, ceramica e concotto.

La raccolta e la schedatura dei dati relativi alle strutture di combustione esaminate in questo lavoro è stata effettuata tramite l'uso di un database (*File Maker Pro 11.0*) che ha fornito un utile e rapido strumento di classificazione, consultazione e ricerca delle informazioni. Per ogni sito indicato, seguito da un campo relativo al *Comune e alla Provincia*, è stato utilizzato un numero identificativo univoco corrispondente a quelli riportati su eventuali carte di distribuzione o tabelle inserite nel testo. Nel caso di più schede relative allo stesso sito il numero identificativo è seguito da una lettera. Gli altri campi della scheda riportano le informazioni relative all'inquadramento culturale e cronologico del sito: *fase* (NA=Neolitico Antico, NM=Neolitico Medio, NR=Neolitico Recente), *orizzonte culturale*, *datazioni*

radiometriche, *analisi*. Un'altra parte è dedicata all'inserimento dei dati archeologici.

Nella strutturazione della scheda si è prestata attenzione sia agli *elementi indicatori* di attività di combustione (carboni, concotti, cenere, ramaglie, travi carbonizzate, ciottoli/*empierrements*, argilla/intonaco, cordoli riferibili ad una copertura) sia a quelli che indicano le caratteristiche strutturali dell'impianto (forma, pareti, fondo, profilo, presenza di rubefazione e sua localizzazione, dimensioni massime e minime, profondità e orientamento). Queste ultime informazioni seguono la voce *categoria* nella quale viene indicata la classe strutturale riconosciuta (fosse di combustione, fosse di combustione con riempimento in pietra/*f. con empierrements*, forni).

Sono state inoltre inserite le seguenti voci: *campo immagine*, *descrizione*, *note*. Per ogni sito esaminato la bibliografia di riferimento è stata indicata nella relativa scheda.

Solo una parte dell'analisi svolta si è basata su dati editi. Quella riguardante le fosse di combustione di Lugo di Grezzana si riferisce invece a complessi strutturali inediti, indagati nel corso di campagne di scavo condotte tra il 2003 e il 2005 dalla Soprintendenza ai Beni Archeologici del Veneto, coadiuvata dall'Università di Trento.

Lo svolgimento del lavoro qui condotto ha reso necessaria una consultazione preliminare della documentazione archeologica disponibile e di una sua successiva selezione. Le schede di unità stratigrafia (US) e di elemento strutturale (ES) sono state inserite nel database (elaborato dal Dott. Fabio Cavulli³³) che raccoglie i dati relativi alle evidenze strutturali e stratigrafiche registrate nel corso di anni di scavi a Lugo di Grezzana.

La documentazione grafica relativa alle strutture che saranno descritte è stata elaborata da Fabio Cavulli tramite l'impiego di una piattaforma informatica basata su sistemi CAD (*Computer-aided Design*) e GIS (*Geographic Information System*). I vantaggi di un tale sistema di archiviazione grafica sono innumerevoli: consente, ad esempio, di uniformare planimetrie riprodotte anche a scale metriche differenti e il conseguente assemblaggio di piante generali di fase. Nei rilievi GIS, l'immissione di dati relativi alle curve di livello (retinate con colore pieno), ha permesso anche di rappresentare la terza dimensione mentre la profondità è stata resa tramite l'impiego di diverse gradazioni di grigio. Tutti i dati provenienti dalla documentazione di scavo sono gestiti inoltre tramite un *database* che relazionato alle piante di fase favorisce studi su più livelli di analisi della distribuzione spaziale delle strutture, dei reperti e dei rapporti che intercorrono tra loro.

Tutti i rilievi riportano anche l'indicazione del nord magnetico che, nel sito di Lugo, si discosta di 30° dal nord di scavo (Cavulli 1999-2000, 35; Cavulli et al 2002, 92).








Per la descrizione dei caratteri morfologici delle strutture esaminate si è deciso di seguire la proposta terminologica, delineata qui di seguito, adottata da Fabio Cavulli nel volume "Abitare il Neolitico" (2008b, 33-35):




Le strutture di combustione indagate nel caso studio fanno parte della categoria delle strutture in fossa. Gli elementi strutturali relativi alle strutture in fossa sono stati suddivisi in:









- **imboccatura**, riferita all'apertura della buca nel terreno. Può essere distinta in: circolare (CI), subcircolare (SC), ellittica (E), subellittica (SE), sub quadrangolare (SQ), gemina o a "8" (G) e irregolare (I);
- **pareti**: inclinate, verticali, introflesse;
- **fondo**: a "V", concavo o piatto.
- **profilo**: è costituito dalla sezione verticale di pareti e fondo. Si distingue in: a "U", conico (o triangolare), troncoconico (o trapezoidale), cilindrico, concavo, scaliforme, irregolare. I piani scottati delle strutture di combustione vengono suddivisi sulla base del loro profilo verticale che può essere: biconvesso, piano-convesso, concavo-convesso. (**Fig. 13**).

³³ Laboratorio di Preistoria "B. Bagolini". Dipartimento di Filosofia, Storia e Beni Culturali. Università degli Studi di Trento.

Le metodologie usate per la selezione dei campioni archeologici di concotto e le relative analisi archeometriche sono state descritte nel capitolo dedicato alla loro caratterizzazione (Capitolo 4). L'approccio sperimentale utilizzato per le repliche sperimentali è oggetto di un'ampia descrizione nel capitolo dedicato alle sperimentazioni (capitolo 5), dove viene descritta anche la procedura di selezione dei campioni di concotto ottenuti sperimentalmente. Il materiale sperimentale prelevato dalle buche è stato catalogato con etichetta che riporta, la data, il tipo di materiale, la lettera che identifica la buca, il numero di cottura e il punto di raccolta (pareti, fondo o riempimento) e eventuali sigle riferiti ai punti cardinali (ad esempio, la sigla LG A 3, PN identifica campioni raccolti dalla buca A, terza cottura, Parete Nord). Le tabelle di riferimento con gli elenchi dei campioni sono inserite nello stesso capitolo.

Imboccatura (o pianta)	Definizione
	= circolare (CI)
	= subcircolare (SC)
	= ellittica (E)
	= subellittica (SE)
	= subquadrangolare (SQ)
	= gemina o a "8" (G)
	= irregolare (I)

Pareti	Definizione	Descrizione
	= inclinate	tra 5° e 85°
	= verticali	tra 85° e 95°
	= introflesse	> 95°

Profilo	Definizione	Descrizione
	= a "U" (U)	pareti distinte, fondo concavo
	= CONICO (o triangolare) (C)	pareti inclinate e fondo a 'v'
	= TRONCOCONICO (o trapezoidale) (TC)	pareti inclinate e fondo piatto
	= CILINDRICO (CIL)	pareti distinte, fondo piatto
	= CONCAVO (CN)	pareti poco distinte dal fondo (diametro > profondità)
 Simmetrico (SS)  Asimmetrico (SA)	= SCALIFORME (SS, SA)	largo scasso e approfondimento del palo
	= IRREGOLARE (I)	pareti e/o fondo non omogenei




Fondo	Definizione	Descrizione
	= "V"	Fondo puntiforme, costituito dalle pareti inclinate
	= concavo	Senza distinzione tra pareti e fondo
	= piatto	Fondo ben distinto dalle pareti

Figura 13: definizione della morfologia di imboccature, pareti, fondi e profili (tutte le immagini sono tratte da Cavulli F. 2008b: 33-35, Tab. 1.6-1.9).

CAPITOLO 2

L'uso del fuoco durante il Neolitico: forni, fornaci e strutture infossate

2.1. Premessa

Il concetto di “rivoluzione neolitica” fu elaborato per la prima volta nel 1934 da Vere Gordon Childe, che utilizzò questa definizione per sottolineare la rapidità di affermazione e l'aspetto innovativo del Neolitico, inteso non più soltanto come un periodo caratterizzato dalla presenza di materiali con precise caratteristiche tecniche e dalla presenza dell'agricoltura, ma come fase di grandi mutamenti che vedono il passaggio da un sistema economico basato sulla caccia e sulla raccolta ad uno basato sulla produzione di cibo (mediante la coltivazione di alcune specie di piante e l'addomesticamento di alcuni animali). Da allora, molti studiosi hanno proposto diverse teorie sulla nascita del Neolitico nella Mezzaluna Fertile sgettolando il modello che vede i caratteri ad esso associati ricorrere contemporaneamente. Suo grande merito resta quello di aver sottolineato l'importanza delle conseguenze sociali legate a questo passaggio: l'uomo, divenendo sedentario e produttore dei mezzi di sussistenza, cambiava drasticamente il suo stile di vita.

È in questo scenario che anche le conoscenze sull'uso del fuoco, acquisite nel tempo e legate ad un'innumerabile serie di attività, si inseriscono e vengono riadattate e migliorate, determinando nuove innovazioni che si generano in risposta a nuovi modi di vita e nuove esigenze. Tra tutte, la produzione della ceramica, connessa anche a nuove attività come la raccolta e il trasporto di materie prime, sarà alla base dello sviluppo di nuove tecniche sulla pirotecnologia.

L'introduzione della ceramica, la formazione di nuove conoscenze e “*savoir-faire*” connesse alla sua produzione, sono stati ricollegati a diversi fenomeni, quello della sedentarizzazione il più determinante, che hanno avuto origine nel Vicino Oriente.

In alcune ipotesi, l'affermarsi della tecnologia ceramica sembra andare di pari passo con l'applicazione di alcune tecniche costruttive che non prevedevano il processo di combustione ma usavano la terra cruda lasciandola essiccare (Vandiver 1987, 10). Secondo altre ipotesi, gli effetti dell'esposizione al calore dell'argilla sarebbero stati osservati utilizzandola con finalità culinarie, per coprire il cibo da cuocere o per rivestire alcuni pozzetti. Si tratta di una pratica attestata etnograficamente (Rice 1999).

Di certo l'affermarsi dell'uso della ceramica è associato al diffondersi di modi di vita stanziali e alla necessità di preservare, conservare e processare nuovi tipi di cibo, a cui saranno state associate anche nuove modalità di preparazione, utilizzando contenitori che non richiedevano più requisiti di trasportabilità come necessario ad esempio per gruppi nomadi. L'acquisizione della tecnologia di produzione ceramica deve aver avuto alle spalle un lungo periodo di sperimentazione che, molto probabilmente, faceva seguito ad

una tradizione di produzione di altri contenitori. Molte delle forme realizzate al momento della sua comparsa sembrano proprio richiamare contenitori in materiale deperibile.

Il processo di trasformazione dell'argilla in impasto che, grazie all'aggiunta di acqua e sottoposto a cottura, si trasforma attraverso il calore di un forno presuppone conoscenze empiriche sulla chimica degli elementi e può forse richiamare gli aspetti rituali di questo processo come documentato da diversi miti che ricorrono in molte civiltà, legati all'uso dell'argilla come materia prima dalla quale si origina la creazione. Oggetto di un simile processo di trasformazione è anche la farina, che attraverso l'aggiunta di acqua e, dopo un processo di manipolazione ed esposizione al calore, diventa pane. Assieme ai forni per ceramica in Vicino oriente e in contesti egei appaiono anche le prime evidenze di forni a cupola destinati alla preparazione del cibo e spesso denominati “forni per il pane”, potevano essere destinati a diverse attività, come la tostatura dei cereali (Aa.Vv. 2002).

Le caratteristiche della materia prima consentono numerose variazioni legate ai tipi di impasti ed alle forme ottenibili. Il processo di cottura trasforma il contenitore in modo definitivo conferendogli quei caratteri di ‘resistenza’ che contribuiscono a fare della ceramica il materiale più abbondante nei contesti archeologici. Le potenzialità legate alla sua manifattura sono dunque molto ampie: rappresenta infatti un elemento altamente significativo per le sue caratteristiche, tecnologiche e stilistiche, che consentono l'acquisizione di numerose informazioni sulle società che le hanno prodotte. Essa, infatti, non solo si preserva nel tempo, proprietà condivisa anche da altri manufatti (come quelli in pietra e osso), ma offrendo la possibilità di modificarne forma e decorazione costituisce un mezzo di espressione per diverse culture riflettendone i caratteri e le tradizioni. Sin dal momento della sua comparsa, grazie alle diverse espressioni stilistiche esistenti, sarà possibile individuare delle unità culturali e risalire a contatti di varia natura. Assieme ad altri elementi permette dunque di riconoscere diverse fasi di diffusione del Neolitico, e solo alla fine dell'ultima, la presenza del Neolitico è documentata anche in Europa sud-orientale.

La successione stratigrafica tra Neolitico Preceramico e Neolitico Ceramico in Vicino Oriente non è ancora ben definita e varia a seconda delle aree indagate. Alcuni siti presentano una continuità con il periodo precedente, altri no. La data di riferimento per l'introduzione della ceramica è quella del 7000 a.C.¹, nonostante l'esistenza di alcune eccezioni che ne testimoniano una comparsa assai precoce in una fase ancora per definizione ‘Preceramica’. I primi recipienti in argilla sono attestati in maniera sporadica già nel IX millennio a. C. a Mureybet (Siria) e in maniera più diffusa dal VII mill. a. C. in tutto il Levante e la Mesopotamia. La ceramica più antica sin ora rinvenuta, che presenta forme semplici ma che ha una qualità tecnica molto elevata sembra, infatti, essere quella rinvenuta nel sito di Tell Assuad (Siria), risalente al 7200 a. C. e che per via delle sue affinità, sembrerebbe essere all'origine non solo delle ceramiche che seguiranno nella

¹ Tutte le date a. C. indicate nel testo si intendono calibrate.

stessa regione (ceramica Hassuna e pre-Halaf) ma anche di quelle del litorale nord-siriano (*Dark Faced Burnished Ware*). Allo stesso periodo, ma proveniente dall'Anatolia centrale, risale un'altra ceramica "precocce": quella ritrovata nei livelli neolitici più antichi di Çatal Höyük. Si tratta di una ceramica chiara, monocroma con forme originali, diverse rispetto a quelle del Levante (Cauvin 1994, 209).

Dal 7000 a. C.² la presenza della ceramica appare molto più generalizzata su ampie aree: nella penisola anatolica la si ritrova nella regione del Tauro, in quella della Cilicia (in concomitanza con la presenza delle prime tracce di occupazione neolitica) e nella zona del litorale siriano. Con la comparsa della ceramica sarà inoltre possibile distinguere diverse aree regionali ognuna contraddistinta da una precisa produzione ceramica: tra queste l'area del Levante e della Cilicia, quella dell'Eufrate e quella di Hassuna, in Iraq (con più a Sud l'orizzonte di Samarra e a nord, Halaf).

Sebbene tra gli anni Settanta e Novanta si ricercarono le prove per contrastare le tesi diffusioniste, la presenza di culture neolitiche tra Turchia e Grecia (nel sito di Hoça Çesme.), sembra confermare che la neolitizzazione, dalla Turchia verso l'Europa, risalga alla fine del VII millennio a. C. (Gronenborn, Terberger 2014). Anche nella penisola greca (Peloponneso, Franchti), e nell'isola di Creta (Cnosso), sono attestate fasi aceriche cui seguirà l'introduzione della ceramica (Vitelli 1995).

Vari aspetti del Neolitico antico sono in parte coevi e culturalmente affini. Le prime ceramiche monocrome delle fasi più antiche richiamano quelle delle aree levantino-anatoliche. In Grecia nella sua fase iniziale viene designato come proto-Sesklo (metà VII, inizi VI mill. a. C.), e la sua denominazione varia a seconda delle aree in cui è stato riconosciuto: Karanovo I in Bulgaria, Starčevo Körös (dal sito di Starčevo presso Belgrado in Serbia e del fiume Körös in Ungheria inquadrabile tra fine VII e metà VI mill. a. C. circa), Vashtëmi-Podgorie in Albania, Criş in Romania (**Fig. 1**). Le fasi tipiche del Neolitico Medio sono caratterizzate dalla cultura di Sesklo in Grecia, parzialmente contemporaneo a Karanovo II e Starčevo, mentre quelle relative al neolitico recente coincidono con le culture di Tsangli-Larissa, Dikili Tash (I), Vinča (A, B successiva a Starčevo) e Karanovo (III, IV). La formazione di *tell* (*tepe* in Turchia, *mogilas* in Bulgaria, *magoula* in Tessaglia, *toumba* in Macedonia) ha garantito lo scavo di ampie serie stratigrafiche che hanno fornito una grande quantità di dati e informazioni sugli antichi abitati.

Dalla Grecia dunque si diramano altre vie di diffusione verso l'area del Mediterraneo (area della ceramica impressa cardiale) e verso nord e nord-ovest lungo il Danubio (con diverse caratteristiche a sud – ceramica dipinta – e a nord – ceramica lineare). L'Europa centrale, è caratterizzata dalla cultura di Starčevo -Loros/Cris (6000/5800 – 5500/5400 a. C.). Nell'area balcano-carpatica il Neolitico antico è attestato dalla Macedonia settentrionale all'Ungheria, mentre dal medio corso del Danubio e dal corso medio e superiore dell'Elba e del Reno si diffonde la cultura della ceramica lineare (LBK) in un arco cronologico che

² Data convenzionale diversificata a seconda delle regioni.

va dal 5600/5500 a.C. al 4500 a.C. circa, le cui origini sembrano probabilmente esser influenzate dalla cultura di Starčevo-Körös dei Balcani (Licka 2009).

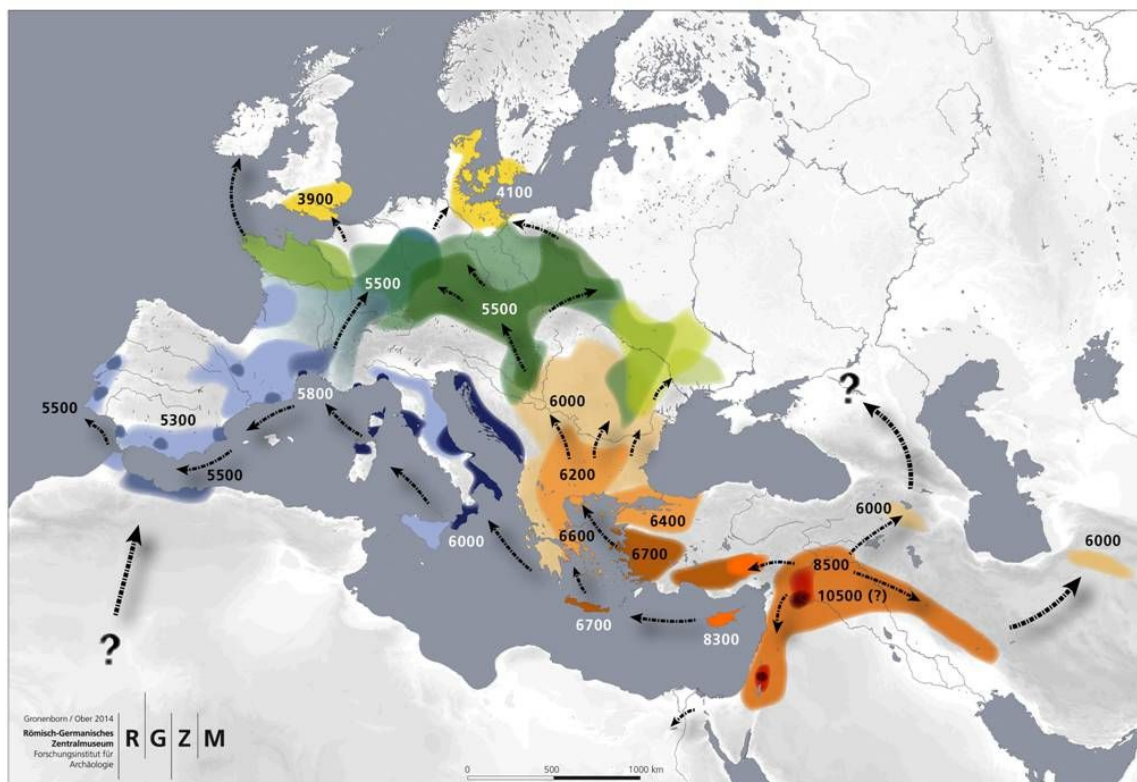


Figura 1: Fasi della neolitizzazione (da Gronenborn, Terberger 2014).

Durante il Neolitico la situazione in Europa è molto varia e indica che l'introduzione dell'agricoltura rappresenta un processo molto più complesso di quanto ritenuto in passato, nel quale le tradizioni mesolitiche hanno avuto un ruolo molto importante. Le nuove tecnologie che caratterizzano il Neolitico si inseriscono in un sostrato di conoscenze secondo modalità tipiche di ogni nuovo contatto tra gruppi, dove le due parti lasciano penetrare nuovi elementi ma decidono anche se abbandonare o meno, o rielaborare qualcosa della loro tradizione a favore di un'altra. Più che rivoluzione si trattò di un lento mutamento derivato dall'incontro tra due mondi, quello dei cacciatori-raccoglitori e quello dei primi agricoltori (Kruta et al. 2009). Non esistono modelli univoci e ogni area sembra presentare le sue peculiarità, mostrando tradizioni diverse anche nelle scelte legate all'ambito della coltivazione di alcune specie cerealicole, come attestato ad esempio in nord Italia dove due siti inquadrabili alla metà del VI millennio a. C. (Sammardenchia e Lugo di Romagna) praticano scelte diverse (si preferiscono frumenti vestiti nel primo sito -orzo, farro e piccolo farro – e frumenti nudi nel secondo). Anche Lugo di Grezzana si differenzia presentando una selezione mista: orzo, farro e frumenti nudi (Rottoli 2015).

La cottura rappresenta il momento finale del processo di produzione in quanto rivelatore della corretta esecuzione di ogni passaggio. Sebbene la ceramica sia il materiale più

abbondante negli scavi archeologici, i dati sulle strutture di combustione destinate alla loro produzione (forni o installazioni temporanee), soprattutto per la nostra penisola durante le prime fasi del Neolitico, sono esigui. Tuttavia, l'analisi delle evidenze note durante l'intero arco del Neolitico e l'esame della loro distribuzione può costituire un valido elemento per tentare di definirne le caratteristiche e individuarne le modalità di utilizzo nell'ambito di diverse tradizioni.

2.2. I più antichi forni. Evidenze oltre i confini della penisola italiana.

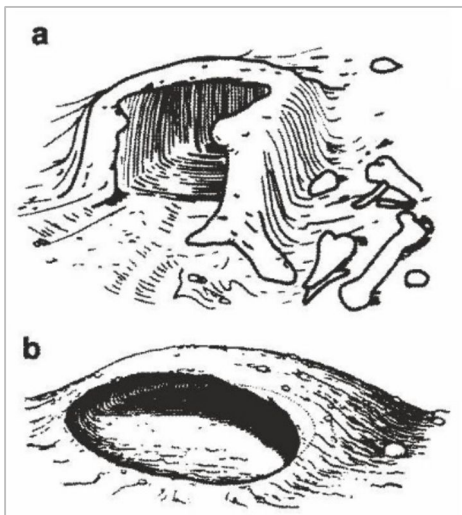


Figura 2: forno da Dolni Věstonice (da Vandiver et al. 1989).

Le caratteristiche dell'argilla e gli effetti di esposizione al calore erano sicuramente note sin dal Paleolitico superiore, come documentato ad esempio in un accampamento stagionale di cacciatori-raccoglitori a Dolni Věstonice (Moravia, Repubblica Ceca), dove sono state rinvenute statuine in terracotta, tra le quali la famosa Venere, associate a più forni con all'interno numerosissimi frammenti e oggetti in argilla cotta (Perlès 1983; Vandiver et al. 1989).

I forni destinati alla cottura della ceramica più

antichi sono attestati in Vicino e Medio Oriente a partire dal VII millennio a.C. in contesti riferibili a grandi villaggi. Presentano forme già articolate con combustione indiretta e due camere sovrapposte (Streily 2000). In riferimento a queste aree sono state effettuate alcune differenziazioni tipologiche basate sulle relazioni tra combustibile, tiraggio e vasi, e suddividendo strutture in piano (a camera unica o a camere separate) da strutture infossate (a camere separate) (Huot, Delcroix 1972). Moltissimi i forni attestati, in siti dell'area mesopotamica (Iran, Iraq e Siria) dal

VI al V mill. a. C. (Fig. 3). I più antichi sono stati rinvenuti nel sito di Yarimtepe,

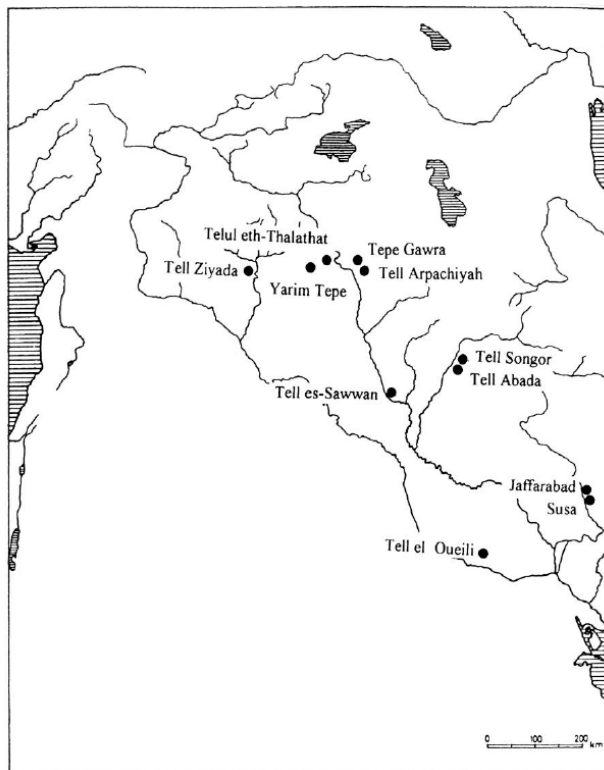


Figura 3: siti nell'area mesopotamica con presenza di forni (da Streily 2000).

inquadrabile nell'orizzonte culturale di Hassuna (metà VII, metà VI mill. a. C.), su una collina artificiale caratterizzata da numerosi livelli abitativi sovrapposti (12, il più recente a partire dal I livello). Si tratta di villaggi articolati in gruppi di case costruite in mattoni crudi, alternate ad ampi spazi aperti. Fornaci a doppia camera (di cui una infossata), a struttura verticale, con presenza di griglia forata, sono state rinvenute in diversi livelli del sito: una in uno dei livelli più antichi (X) (**Fig. 4**) e le altre, con caratteristiche simili anche, in livelli successivi (1 nel livello VII, 3 nel V, 13 nel IV). Rappresentata anche la tipologia a camera unica: oltre ai forni a struttura verticale, tra i tredici forni attestati nel livello IV, alcuni sembrano avere una sola camera di combustione. Presentano tutti imboccatura circolare e associazione con ceneri e carboni (Merpert, Munchaev, 1971, 11; 1973, 96-97, pl. 36). La concentrazione in un'area esterna all'abitato permette di interpretarli in maniera abbastanza certa come forni per ceramica nell'ambito di un'area a connotazione produttiva.



Figura 4: esempio di fornace a struttura verticale rinvenuta nel sito di Yarimtepe, dal livello X (da Oates, Oates 1976).

Sempre in aree esterne rispetto all'abitato si trovano le evidenze di alcuni forni rinvenuti nell'ambito della cultura di Samarra (inquadrabile in un periodo che va dalla metà del VI mill. agli inizi del V a. C.), nel livello III B dell'abitato di Tell-es Sawwan, dove sono attestati tre forni. Uno di questi, a camera unica e pianta circolare, presenta un muretto in mattoni crudi come recinzione, base in argilla e pareti in *pisè* (**Fig. 5**). Un forno a struttura verticale, con camere separate, è stato rinvenuto a Tell Songor A (**Fig. 6**). Presenta un diametro di circa 1 m. Presentano caratteristiche tipologiche simili ma quelli della cultura di Samarra hanno dimensioni più grandi rispetto a quelli della cultura di Hassuna e sembrano riflettere dunque una diversa organizzazione della produzione (Streily 2000, 73). Fornaci sia a camera unica che doppia (a struttura verticale) sono stati rinvenuti anche in territori di diffusione della cultura Halaf (6000-5300 B.C.) in siti come Tell Abada (Streily 2000, 73-74), dove è attestata anche una tipologia a pianta rettangolare del forno a camera singola (**Fig. 7**).

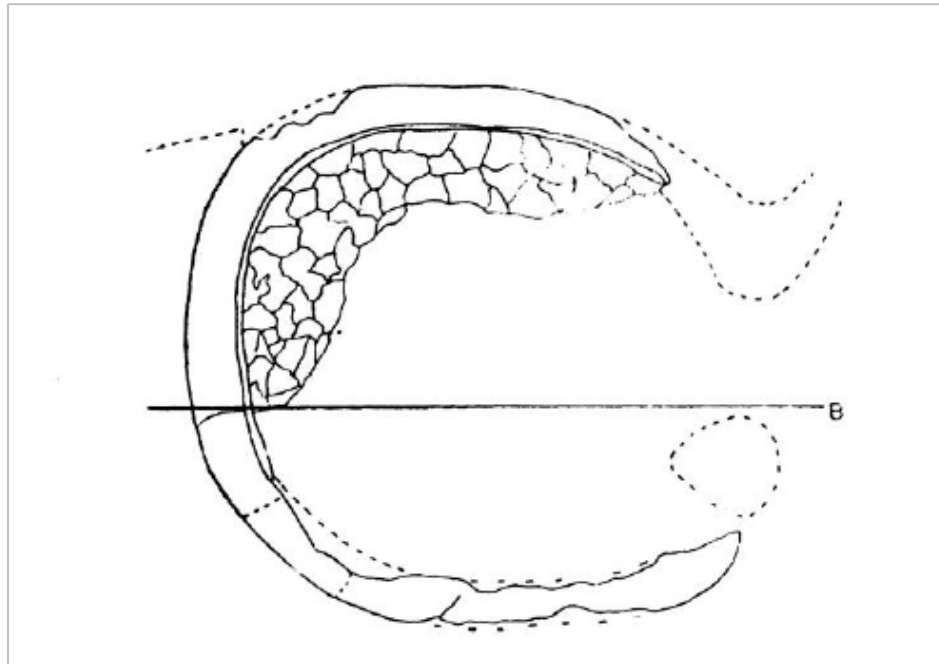


Figura 5: pianta del forno a camera unica rinvenuto (assieme ad altri due) nel sito di Tell es-Sawwan, livello III B (da Streily 2000, fig. 2).

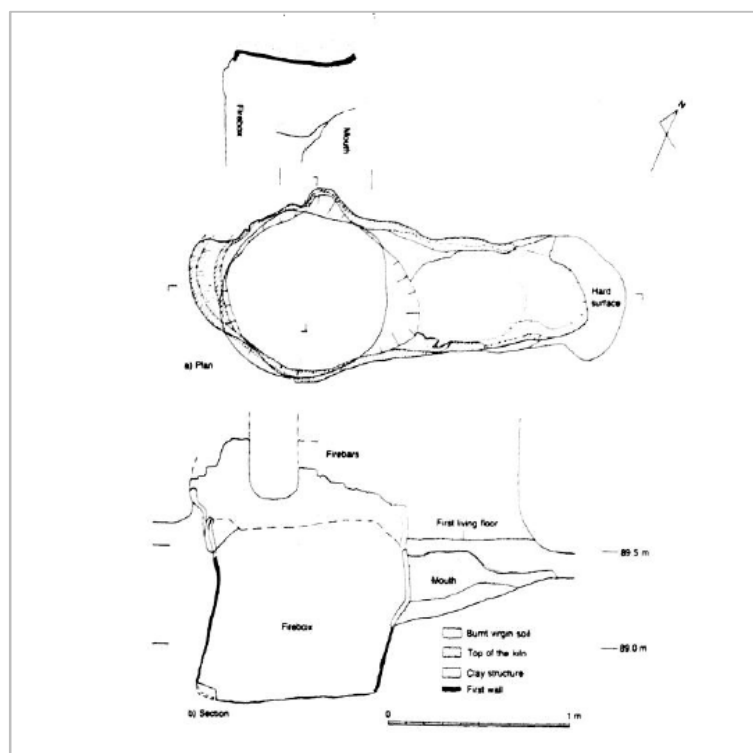


Figura 6: pianta del forno a struttura verticale, con camera di combustione scavata nel terreno, rinvenuto a Tell Songor (da Streily 2000, fig. 3).

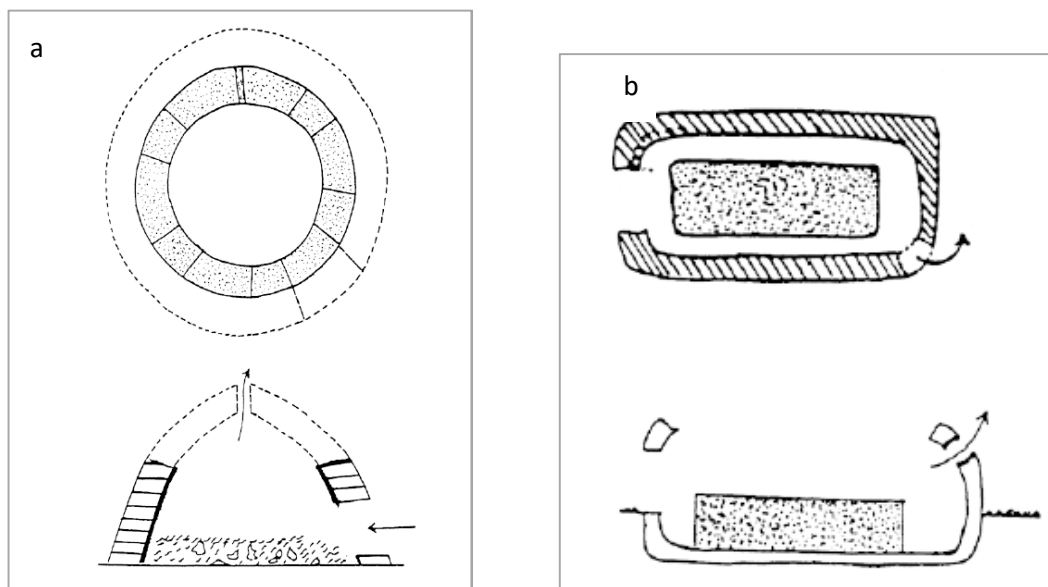


Figura 7: forno a camera singola dal livello II Tell Abada: a), forno a camera singola, a pianta circolare; b) forno a pianta rettangolare.

Si può affermare dunque che in Vicino oriente, la comparsa della ceramica, sembra esser subito associata ad una pirotecnologia complessa e articolata. I forni, hanno sempre tiraggio verticale, presentano pianta ovale o sub-circolare, e raramente rettangolare, possono essere sia a camera unica che separate e nel complesso non hanno dimensioni particolarmente grandi e garantiscono un buon controllo delle temperature. Si differenziano però perché in quelli a camera unica i vasi sono a diretto contatto con il combustibile contrariamente a quanto avviene invece nei forni a camere separate. Simili evidenze sono state documentate anche in Iran, dove il forno più antico è quello rinvenuto a Djaffarabad (Susiana A). Si conserva la parte della camera di combustione scavata nel terreno, mentre la cupola è assente, come attestato per la maggior parte di evidenze simili (Majidzadeh 1975). Tali evidenze nell'area mesopotamica, e nella penisola anatolica, sono inserite in contesti articolati in più abitazioni, con presenza di magazzini e sistemi di stoccaggio e sono associabili a produzioni che tendono a divenire specializzate. Nonostante le recenti ricerche l'Anatolia presenta dati ancora poco uniformi. La maggior parte proviene principalmente da quattro aree: la provincia di Urfa, quella di Konya, l'area del Lake District e la regione del mar di Marmara mentre per le altre aree si hanno a disposizione informazioni derivanti da scavi isolati.

Nella penisola anatolica le evidenze di fornaci destinate alla cottura della ceramica si fanno più rare, nonostante la presenza di grandi villaggi documentati in estensione. Le indagini in uno dei siti più famosi, Çatal Höyük, hanno permesso di documentare soprattutto la presenza di forni a camera unica, ad uso domestico, associati a focolari (**Fig 8**) all'interno delle abitazioni, mentre le testimonianze di fornaci si limitano ad un solo caso relativo ad una struttura a camere separate dove la copertura sembra esser stata distrutta per consentire il recupero dei vasi cotti all'interno (Mellaart 1967, 63).



Figura 8: evidenze di focolare (a sinistra) e base di forno a camera unica addossato alla parete, dall'edificio 56 (@Flickr photo: [20060617.jpg_004](https://www.flickr.com/photos/20060617/004/), CC: BY-NC-SA 2.0).

Interessanti evidenze emergono da indagini effettuate nella zona centro-occidentale della penisola anatolica. Ulucak Höyük (Çilingiroğlu 2012), presenta un'ampia sequenza insediativa su un arco cronologico che va dal 6800 al 5700 a. C. (il livello più antico, aceramico, è il VI; la ceramica è presente a partire dal livello Vf, datato al 6400/6200 a. C.). Focolari, forni, strutture di combustione in fossa con residui di ceneri e carboni sono frequenti all'interno di molti complessi strutturali nel sito, o in cortili coperti, in diversi livelli. Piccoli forni sono attestati in una fase antica, livello Va (6200- 6000 a. C.) all'interno delle abitazioni (Fig. 9).

Un'area particolarmente interessante è quella messa in luce nel livello IV c (datato tra 5840 al 6005 a. C.), nell'ambito di un articolato complesso strutturale (edifici 55 e 56), è stata messa in luce un'area, caratterizzata dalla presenza di due forni adiacenti con tracce di alterazione termica (Fig. 10) associati a numerosi manufatti in situ (oltre 15 macine, un mortaio e 3 pestelli in pietra) che è stata interpretata come prima evidenza di un'area di produzione. Interessante la presenza di pigmenti rossi (Fig. 11a), che potrebbero provenire da un'area a 5 km dal sito, all'interno di due ciotole e diversi grumi sparsi in altri settori. Sempre dall'area della struttura 55, provengono anche circa dodici panetti di argilla che, sulla base delle caratteristiche macroscopiche, sembrano appartenere a diversi tipi di argilla.

Ulteriori rinvenimenti che confermano l'importanza di quest'area, sono costituiti da un vaso incompleto che rappresenta però una testimonianza dell'uso del colombino come tecnica di foggatura e da basi piatte (spesso attestate etnograficamente) che potrebbero esser state usate come basi per facilitare la rotazione del vaso in fase di modellazione (Fig. 12). Gli strumenti in osso rinvenuti potrebbero anch'essi aver fatto parte dello strumentario del vasaio e usati durante la foggatura (Fig. 11b). All'interno di una delle ciotoline con residui di ocre, è stata ritrovata una punta in osso con tracce di pigmento rosso.

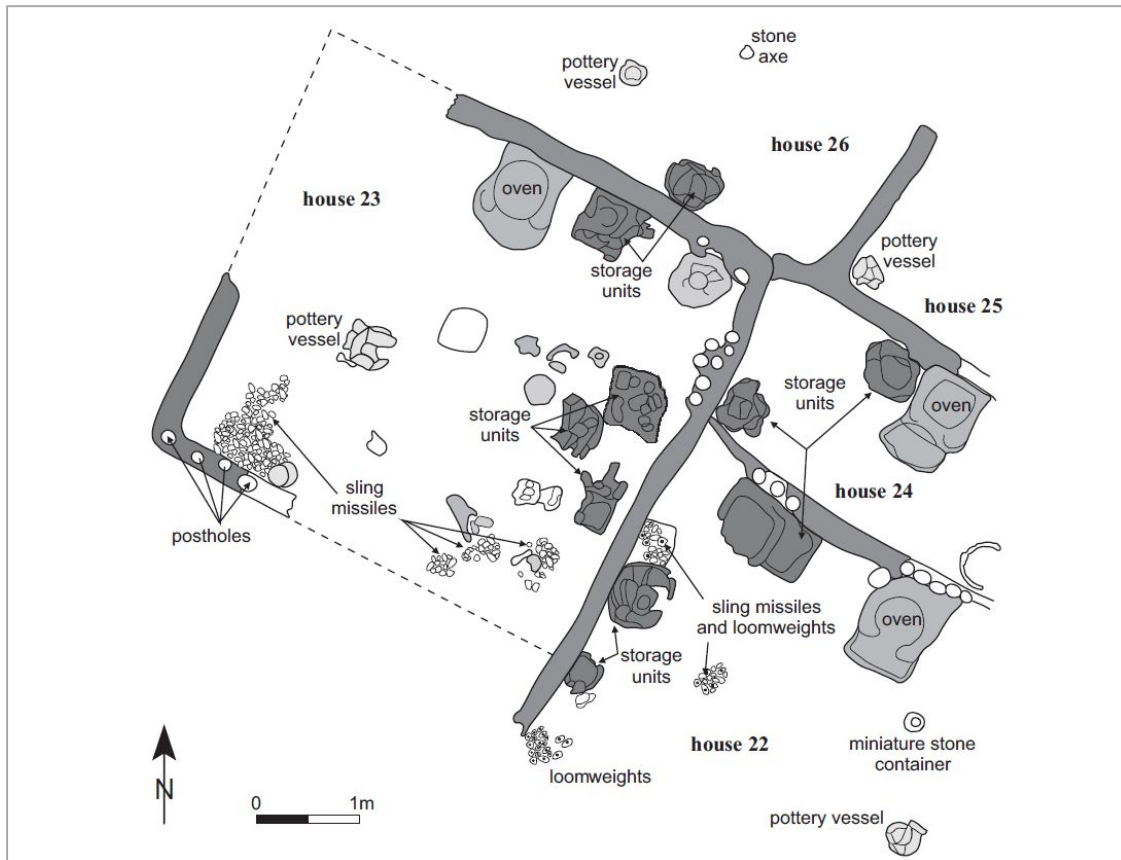


Figura 9: pianta di abitazioni del livello Va (6200-6000 a. C.) di Ulucak Höyük con presenza di forni a volta (da Çilingiroğlu 2012, 253, tav. 5).



Figura 10: a sinistra area degli edifici 55 e 56; a destra dettaglio dell' area produttiva con due forni dal sito di Ulucak Höyük (Turchia centro-occidentale), datato al 5840–6005 a. C (da <https://www.antiquity.ac.uk/projgall/cevik350>, Figg. 2-3).



Figura 11: in alto, panetti di argilla combusti trovati nell'area dei due forni e ciotole contenenti pigmenti rossi (da <https://www.antiquity.ac.uk/projgall/cevik350>, Fig. 4); b) strumenti in osso (che includono spatole e punte che potrebbero esser state usate durante la manifattura della ceramica, fig. 6)



Figura 12: sinistra, vaso incompleto con visibili i cordoli del colombino. A destra basi piatte in argilla. (da <https://www.antiquity.ac.uk/projgall/cevik350> Fig. 5).

Sempre nel Livello IV, nell'edificio 13, sono presenti un forno, addossato al muro con di fronte un focolare rialzato, entrambi posti di fronte all'ingresso principale. Il forno presenta una base e una copertura rettangolari (1.36 x 0.76 x 0.45 m) e bocca alta circa 0,35 m e larga 0,75-0,80 m (**Fig. 13**). Simili strutture sono presenti anche in altri settori, come ad esempio nell'edificio 8 (**Fig. 14**). La modalità di costruzione del forno e del focolare (*hearth-oven mechanism*) presenta degli elementi di originalità che trovano confronti nell'area del Lake District e con il sito di Hacilar e che sono considerati in diretta continuità con stili neolitici (Derin 2005).

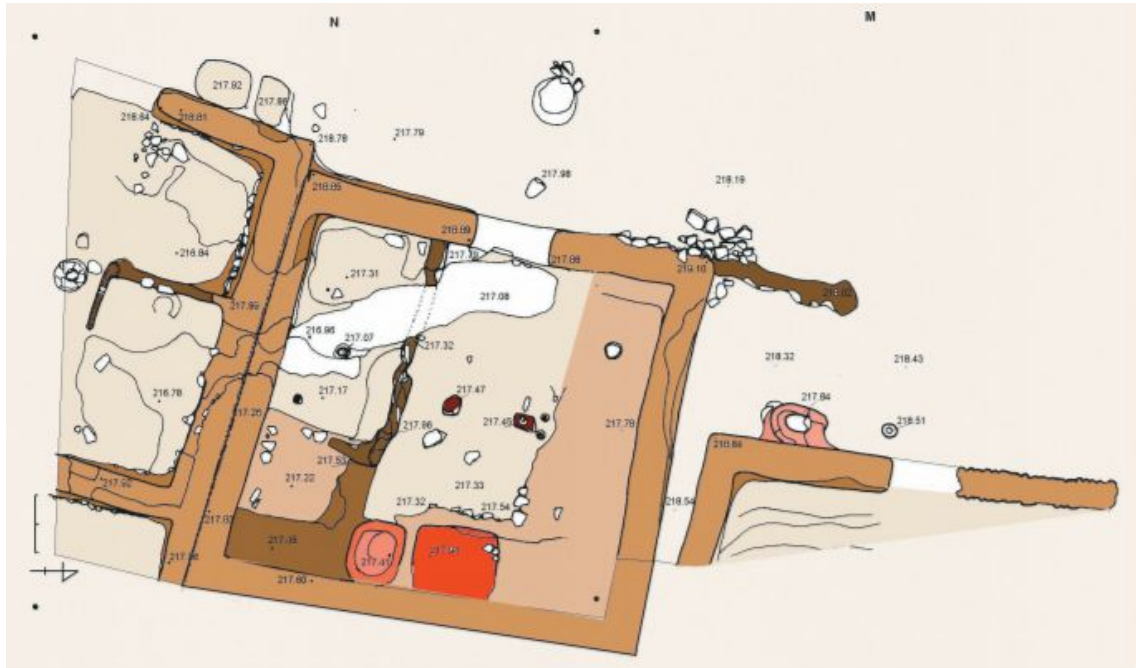


Figura 13: pianta dell'edificio 13, nel livello IV di Ulucak Höyük (da Derin 2005, fig. 4).



Figura 14: forno a base e tetto rettangolare, dall'edificio 8, livello IV, Ulucak Höyük (da Derin 2005, fig. 5).

A partire dalla seconda metà del VII millennio a. C., con l'affermarsi delle culture di Protosesklo e Sesklo, anche in molti siti della penisola greca si distinguono produzioni ceramiche differenziate. Sebbene numerose siano le evidenze di diverse tipologie di strutture di combustione come focolari, forni di piccole dimensioni, piastre di cottura, le evidenze di forni per ceramica sono meno frequenti che in Vicino oriente e spesso le ceramiche analizzate sono state considerate il risultato di cotture eseguite all'aperto in strutture temporanee. Le attività legate alla loro produzione sono state considerate pertinenti ad un ambito ancora domestico, mirato alla soddisfazione dei bisogni di piccoli gruppi familiari (Perlès 2001).

Tra gli insediamenti attestati in Tessaglia, Achilleion presenta una lunga continuità di occupazione che va dalla metà del VII millennio alla metà del VI millennio a. C. Le indagini condotte hanno documentato la presenza di diverse tipologie di strutture di combustione. Sin dai livelli più antichi l'abitato presenta un'ampia varietà di evidenze: sono stati messi in luce focolari, piccoli forni a volta, strutture di combustione in fossa, molti sono collocati all'esterno delle abitazioni. (Gimbutas et al. 1989; Perlès 2001, 196). Oltre ai forni domestici, in uno dei livelli più antichi (Ib, ca. 6300 a. C.) è documentata la presenza di una grande fossa di combustione, del diametro di oltre 4 m, con un riempimento caratterizzato da materiali combustibili ed interpretata come fossa per la cottura della ceramica (**Fig. 15**), probabilmente destinata a un uso condiviso. Attestata un'enorme varietà di strutture: forni a volta, con estensione esterna rettangolare rialzata che potrebbe aver rappresentato una base di lavoro (**Fig. 17**) associata a strumenti per la preparazione dei cibi, focolari, strutture in fossa con riempimento in pietra (**Fig. 18**). In un caso una struttura in fossa è stata protetta da una sorta di protezione a ferro di cavallo mobile (**Fig. 16**). L'analisi del sito ha rivelato una continuità di occupazione e di utilizzo, con la presenza di numerose aree di lavoro, sia in aree coperte che in altre esterne alle abitazioni (**Fig. 19**). Differenze strutturali, in questo caso sembrano corrispondere a differenze funzionali, tuttavia la multifunzionalità di alcune strutture non può essere esclusa.

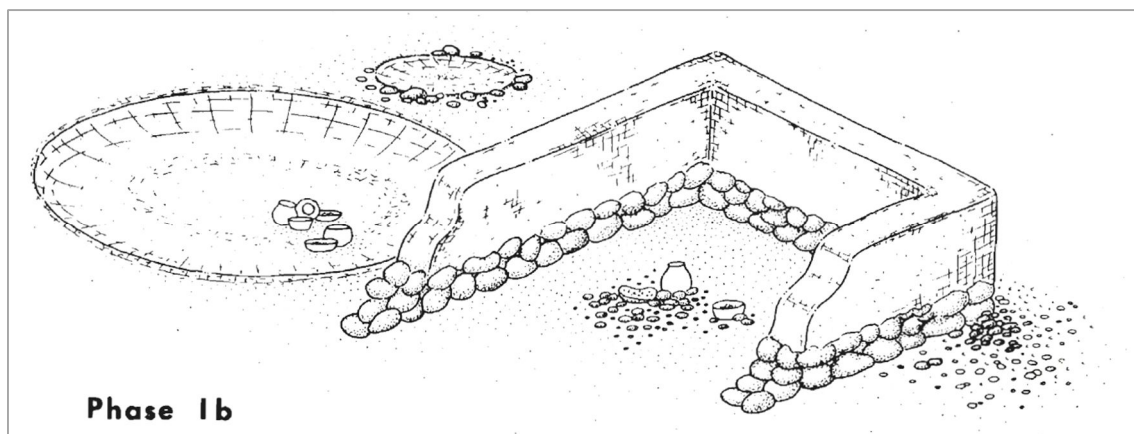


Figura 15: grande fossa di combustione circolare rinvenuta nel livello Ib di Achilleion (da Gimbutas et al. 1989, fig. 4.5.).

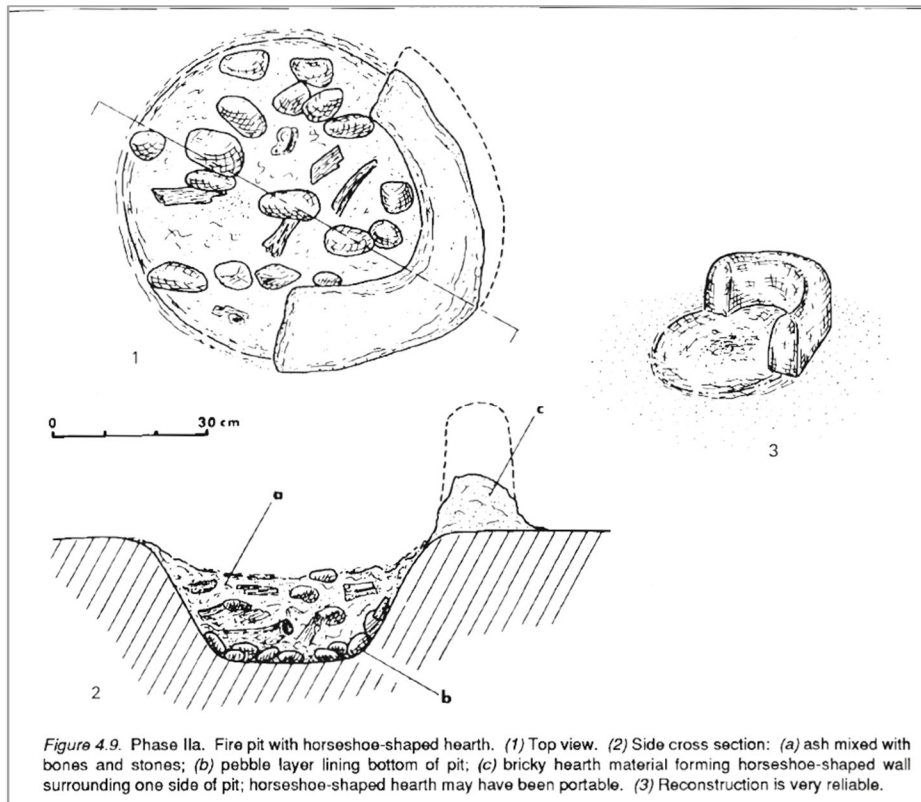


Figura 16: struttura di combustione in fossa con parete protettiva a ferro di cavallo (da Gimbutas et al. 1989, fig. 4.9).

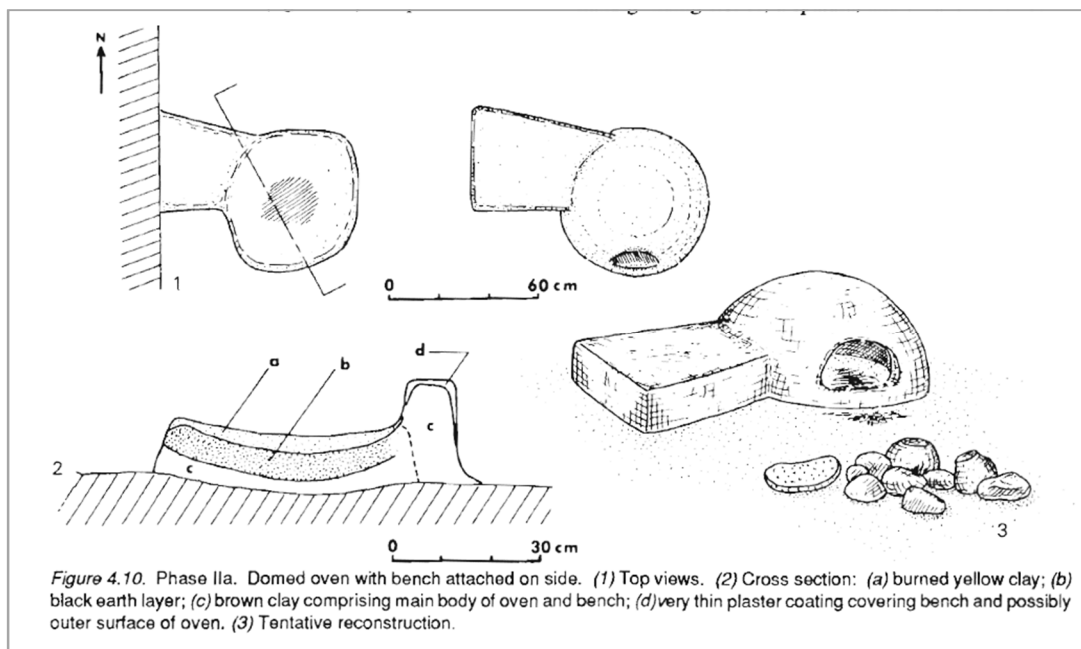


Figura 17: forno a terra, con volta e banchina rialzata in argilla da Gimbutas et al. 1989, fig. 4.10).

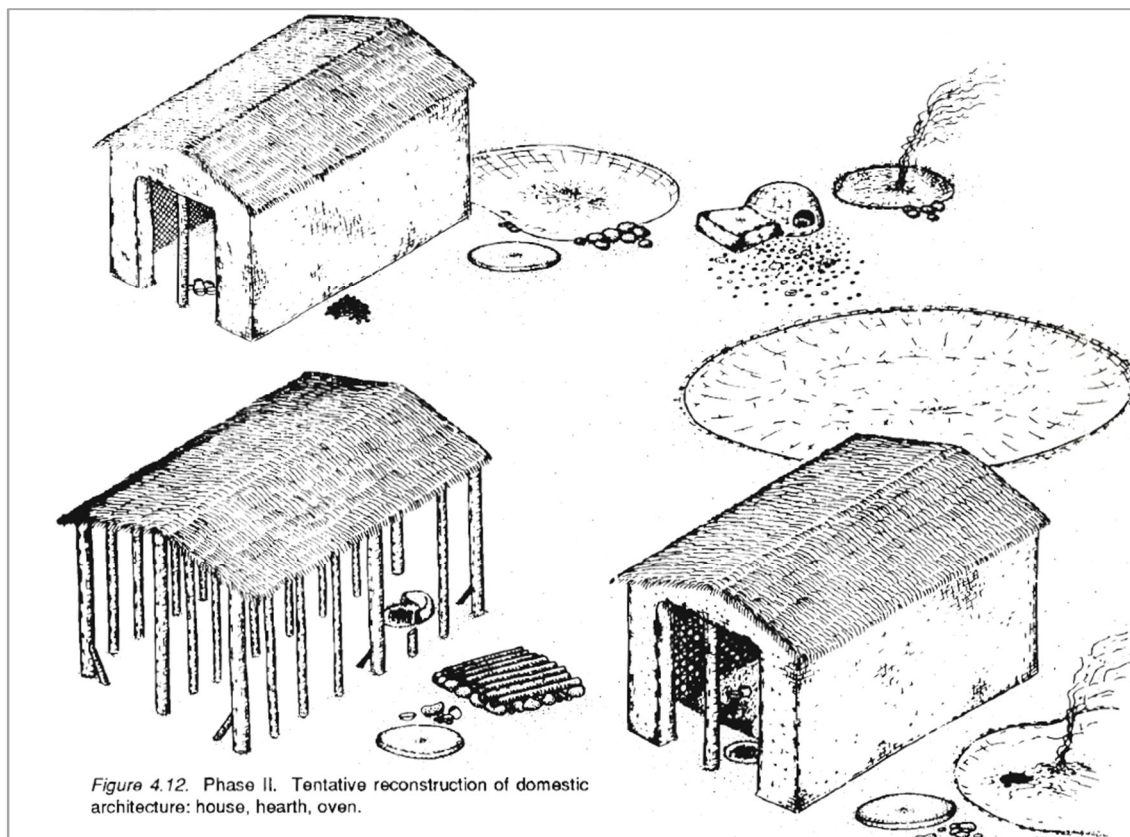


Figura 18: ipotesi ricostruttiva dell'area abitativa durante la fase II – 6200-6100 a. C. ca. (da Gimbutas et al. 1989, fig. 4.12).

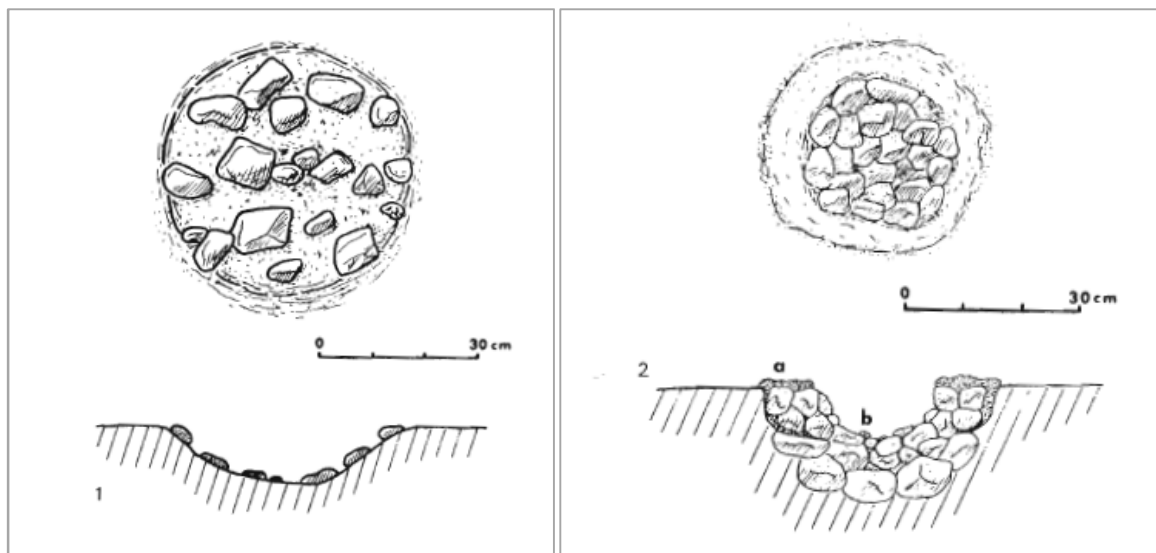


Figura 19: strutture di combustione in fossa di piccole dimensioni, con riempimento in pietra (livello IIIa – 6100-6000 a. C. ca.) (da Gimbutas et al. 1989, fig 4.30).

Achilleion rappresenta un esempio prezioso sull'uso dello spazio nei contesti abitativi e ogni fase presenta le sue peculiarità. Tutte le strutture sono interconnesse tra di loro e spesso possono essere riutilizzate e/o modificate nel tempo (Gimbutas et al. 1989). L'uso di forni a camera unica è documentato in numerosi altri siti dell'area greca.

Sempre in Tessaglia, una struttura circolare, destinata alla cottura della ceramica, è stata rinvenuta nel sito di Dimini, importante sito di riferimento per il Neolitico greco, occupato a partire dal V mill. a. C. Appare incassata nel terreno, con fondo delimitato da pietre. Non presentava resti di una copertura fissa (**Fig. 20**). Le ceramiche venivano disposte al centro e venivano ricoperte da combustibile e ramaglie che, a loro volta, erano rivestite di argilla. Sul margine esterno era delimitato, forse con finalità protettiva, da un muretto. Attorno alla struttura, in un raggio di circa 3-4 m, sono stati rinvenuti concotti, semi, cocci, cenere e materiali combustibili. La distribuzione degli scarti è stata considerata un valido indicatore dell'attività svolta. Alcune interpretazioni ritengono che tale attività fosse destinata a una produzione specializzata, e che non veniva svolta solo a livello domestico (Hourmouziades 1977, 207-11), ma non tutti sembrano concordare (Demoule and Perlès 1993: 377) ritenendo che altre evidenze sembrano indicare invece una produzione non elevata. La sola presenza di ceramica con decorazione dipinta, non è forse un indizio sufficiente per indicare attività ad alta specializzazione (Richardson 1999).

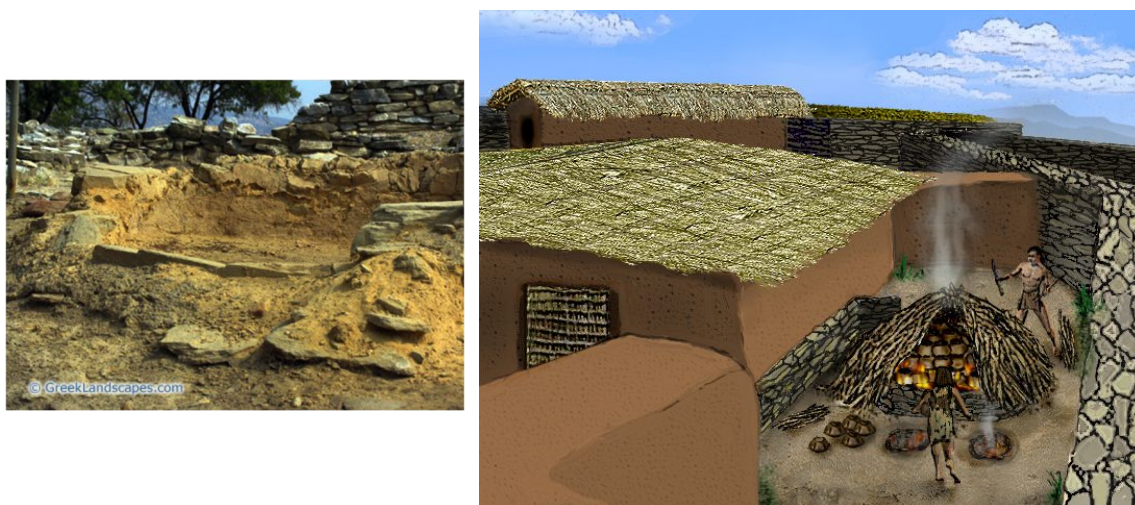


Figura 20: area del rinvenimento della struttura di combustione (da <http://greeklandscapes.com/image-slides/dimini/index.html>) e immagine ricostruttiva (da <http://www.ime.gr/chronos/01/en/vpoints/vp6.html>).

Alcune evidenze con presenza di sedimenti fortemente alterati dall'azione termica sono state messe in luce nel sito del Neolitico medio di Magoula Imvrou Pigadi (Kiyparissi 2012), nell'area sud-occidentale della Tessaglia, e interpretate come aree di attività per la cottura della ceramica. Il sito, è stato indagato su una superficie limitata ma nonostante questo le tracce sono state attribuite a più forni (**Fig. 21a**). Resti di numerosi frammenti di concotto con impronte di ramaglie sono state interpretate come parte della copertura. I forni dovevano avere base piatta e una copertura convessa, con probabilmente tre aperture (una frontale e due laterali) come suggerito da un modellino di forno rinvenuto, assieme

ad altri vasi, che non mostrano tracce di utilizzo, nel deposito indagato (**Fig. 21 b-c**). L'area è ancora oggetto di indagine e analisi e forse potrà rivelare altri dettagli in futuro.



Figura 21: area con presenza delle strutture interpretate come forni dal sito di Magoula Imvrou Pigadi. A destra, vasi e modellino di forno rinvenuti nel deposito (da Kyparissi 2012, figg 5-6-9).

In Macedonia, nel sito di Olinto, in un contesto inquadrabile nell'orizzonte culturale di Sesklo, è stata rinvenuta una struttura interpretata come forno per ceramica a struttura verticale con camera di combustione infossata a imboccatura subquadrangolare (0,75 m x 0,55 m di diametro e profondo circa 0,50 m) con tracce di rubefazione (**Fig. 22**). La camera di cottura è realizzata tramite la costruzione di una volta, non fissa, che poggia sul piano di calpestio. Una griglia con foro centrale (di circa 8 cm) rappresenta la base della camera di combustione ed è stata realizzata con travi e ramoscelli impastati con argilla (1 m x 0,7 m e un lato dritto). Sul fondo tracce di possibili sfiati (Mylonas 1929).

In prossimità della struttura è stata rinvenuta anche una fossa circolare, di circa 80 cm di diametro, interpretata come area di preparazione dell'argilla. L'autore a suo tempo lo aveva interpretato come il più antico forno per ceramica rinvenuto in Grecia. Analisi ceramiche nel sito permettono di inquadrarlo ad una fase del Neolitico recente (seconda metà VI mill. a. C.)³. Si tratta però di un'interpretazione che ha suscitato alcuni dubbi sia per l'assenza di frammenti diagnostici, sia sulla funzionalità della struttura stessa. L'assenza di una copertura fissa è stata spiegata con la necessità di distruggere la volta per il recupero dei vasi (Richardson 1999; Tencariu 2015).

³ Per l'inquadramento cronologico si è fatto riferimento a: Reingruber et al. 2017.

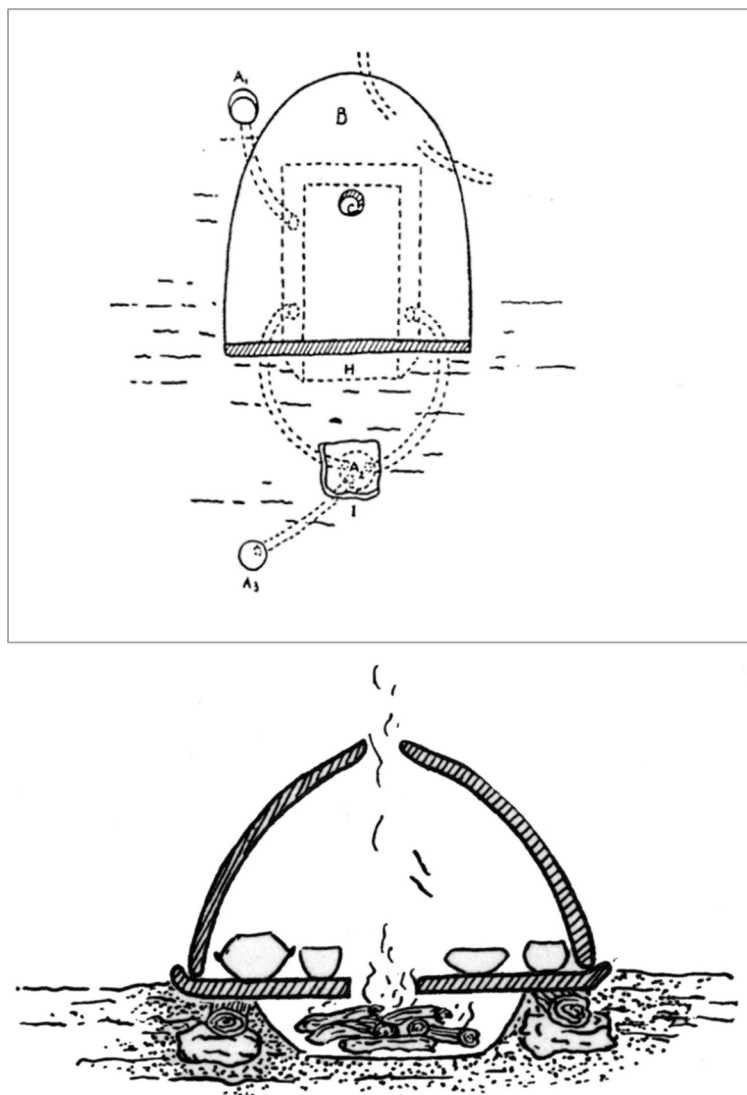


Figura 22: fornace per ceramica a doppia camera e proposta ricostruttiva (da Mylonas 1929, fig. 16).

A Dikili Tash (in Macedonia orientale) sono stati rinvenuti numerosi forni a volta. Tutti si trovano all'interno di abitazioni, mentre all'esterno sono stati rinvenuti solo i forni dediti alla produzione della ceramica. Si tratta di evidenze inquadrabili sia nel Neolitico medio che recente (Deshayes 1974). Una struttura (quadrato X30, datata al LN I, ca. 5000 a. C.) è stata interpretata come forno per ceramica per la presenza di vasi interi al suo interno tra abbondanti ceneri. Il forno aveva pianta subcircolare ed era profondo circa 40 centimetri, con alla base uno strato di pietre e cocci (*potsherds pavement*) e con volta a cupola, realizzata con pisè (**Fig. 23**). Pare che l'area sia stata oggetto di un incendio in quanto i vasi all'interno del forno appaiono deformati e frantumati (Séfériades 1983). Si tratta di un forno a camera unica, con contatto diretto tra combustibile e vasi. Rappresenta forse una delle testimonianze più antiche in Europa sud-orientale per questa categoria di struttura. Un confronto, molto più recente, è inquadrabile nella fase Karanovo VI (Gàlabovci) nell'area di Sofia: presenta la stessa struttura ma dimensioni più grandi (diametro di 2,50 x

1,60 m) e aveva all'interno una trentina di vasi (Petkov 1964 citato in S  f  riades 1983, 643). Anche questi dati sono per   da rivalutare alla luce di nuove evidenze in quanto la tipologia del forno sembra pi   assimilabile al tipo di strutture tipiche degli ambienti domestici, mentre la sovracottura dei vasi al suo interno potrebbe esser imputabile all'incendio che ha distrutto l'abitazione. La tecnica del *postsherd pavement*    utilizzata anche per i focolari e i forni a cupola trovati all'interno delle abitazioni. Presentano spesso base interrata, e alcuni hanno una sorta di sfiato. L'impasto utilizzato come materiale costruttivo    di solito ottenuta aggiungendo inclusi minerali o vegetali all'argilla. Osservazioni macroscopiche e analisi micromorfologiche condotte nel sito hanno permesso di riconoscere diverse modalit   di preparazione a seconda dell'utilizzo che ne veniva fatto (edifici o forni)⁴. La tecnica di realizzazione della volta poteva prevedere la modellazione di grossi colombini ma una delle evidenze del settore B, mostra buche di palo alle estremit   della base del forno, suggerendo forse la presenza di una struttura in legno sulla quale    stata modellata la volta (Fig. 22b). Sulla base della morfologia della pianta, nel sito sono state riconosciute tre diverse tipologie di forni: i tipi con pianta ovale o rettangolare (Fig. 24) sono attestati nei livelli pi   antichi (ma la seconda tipologia continua fino al Neolitico recente), mentre quelli a pianta quadrangolare sembrano apparire solo nelle fasi pi   tarde (S  f  riades 1983).

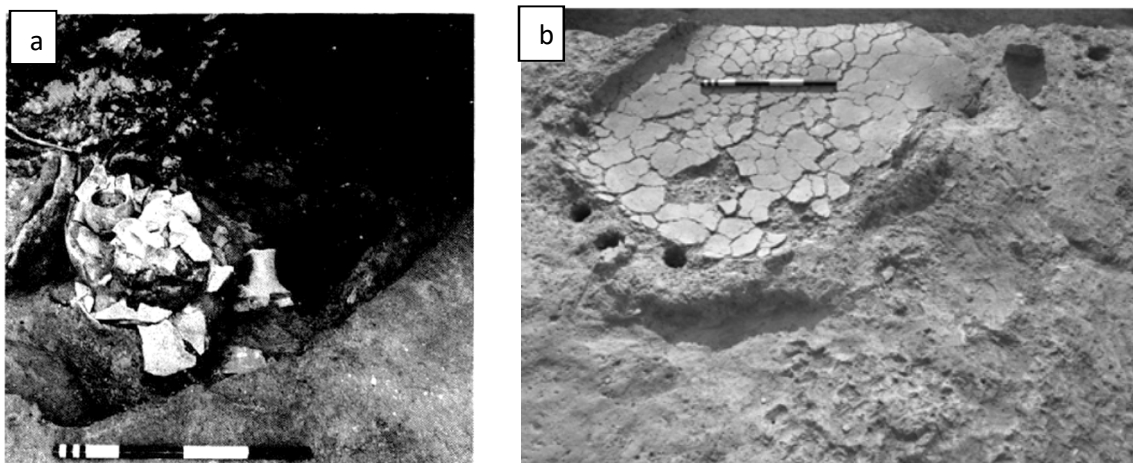


Figura 23: forno a camera unica con ceramica all'interno dall'area del quadrato X30 (da S  f  riades 1983, fig. 6); b) base di un forno con alle estremit   buche di palo che potrebbero suggerire la presenza di una struttura lignea per la costruzione della volta (da http://www.dikili-tash.fr/content_en/chronologie/neolithique/neo_maisons_combustion.htm).

⁴ http://www.dikili-tash.fr/content_en/chronologie/neolithique/neo_maisons_tab.htm

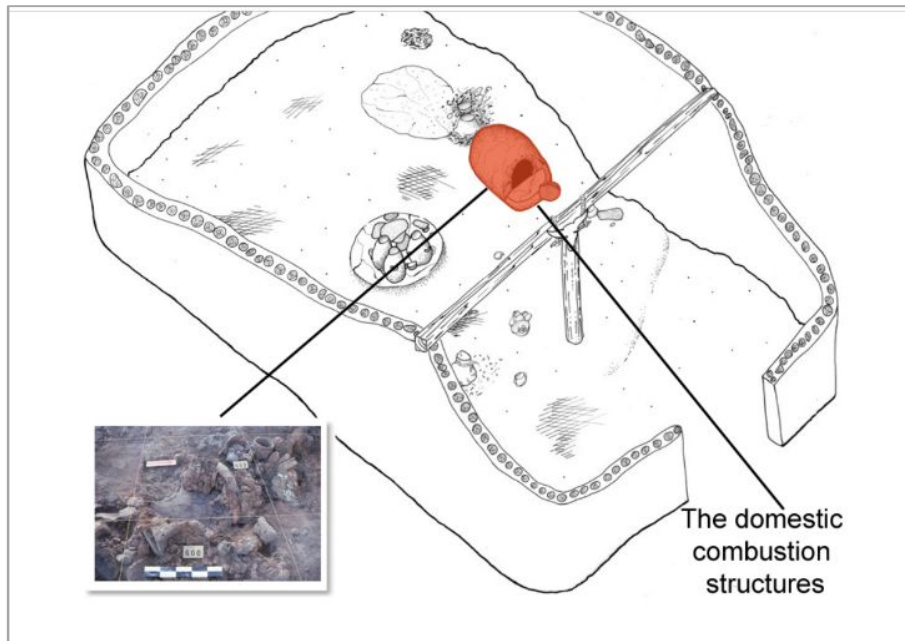


Figura 24: forno a volta all'interno di una abitazione. Dikili Tash dal Livello 3, settore V/W, Neolitico recente/tardo I (da http://www.dikili-tash.fr/content_en/chronologie/neolithique/neo_maisons.htm).

Avgi, in Macedonia, nella regione di Kastoria, ha restituito numerosi forni a volta, oltre 14 durante la fase più antica, del Neolitico medio (5700-5300 cal BC) e 11 per quella più tarda (c. 5300-4500/4300 cal BC). Sono state riconosciute due tipologie di strutture (**Fig. 25 a-b**): la prima con copertura fissa e bocca frontale, con una parte interrata a pianta subcircolare lunga circa 70 cm e larga 50 cm. L'impasto per la volta era realizzato mescolando correttivi minerali e vegetali come paglia. A volte i ciottoli sono usati anche per la preparazione del fondo. Simili evidenze sono state rinvenute anche nei siti di Serbia (Ridley et al. 2000, 93-94) (**Fig. 26**), Nea Nikomedeia (Wardle 1996). In quest'ultimo sito sono stati rinvenuti forni ellittici con evidenza di collassi di materiale di copertura al di sopra della superficie di cottura, in argilla cotta liscia con dimensioni complessive che non superano il metro di diametro. Il secondo tipo, molto simile, differisce per la presenza

di volte perforate. Si tratta di forni collegati all'uso domestico per la preparazione del cibo e permettono diverse modalità di cottura (Kalogiropoulou 2013; Stratouli 2007). Quelli rinvenuti nel sito di Servia si caratterizzano per la presenza di un piano di cottura liscio delimitato da un cordolo in argilla. Parte della copertura appare distrutta.

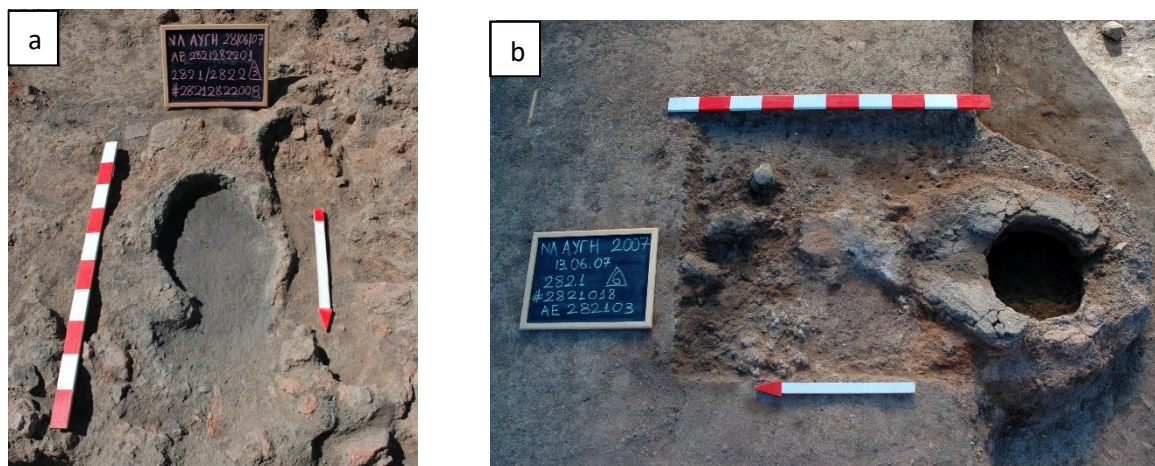


Figura 25: forni del tipo 1 (a) e 1 (b) da Avgi (da Kalogiropoulou 2013⁵).

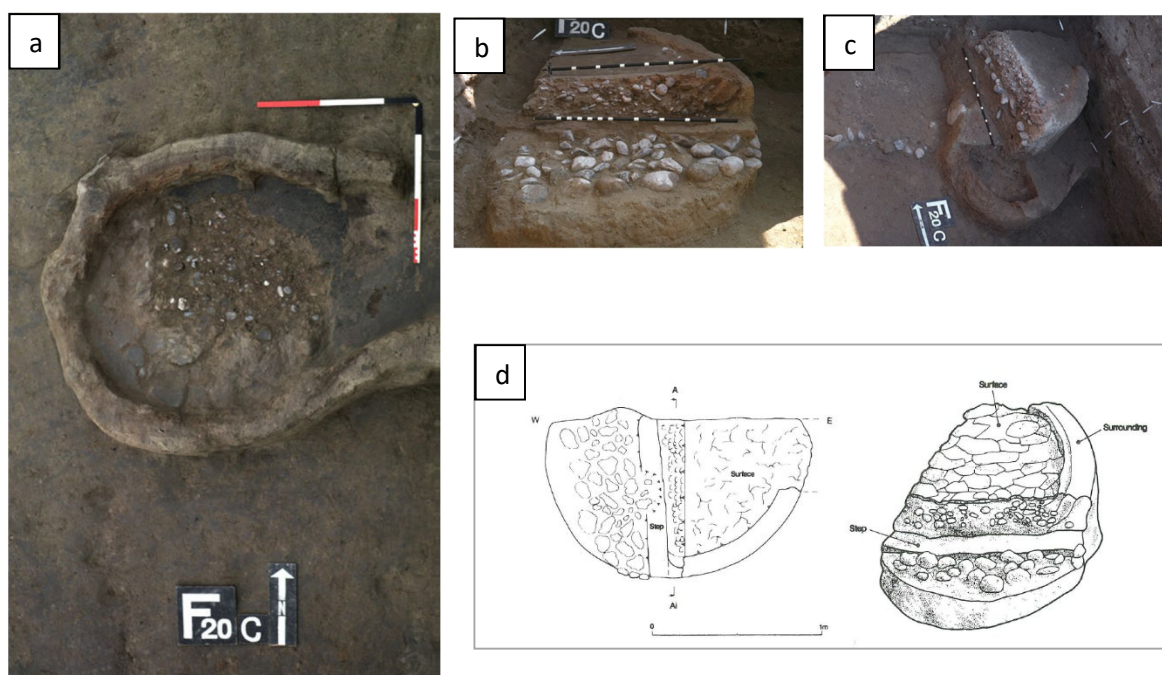


Figura 26: Forno dal cortile esterno, Servia, Fase 3. (a) Pianta a ferro di cavallo (da Ridley et al. 2000, Tav. 12); b-c) Fasi 3-4 (sezione con visibile la tecnica di realizzazione della base con ciottoli e i successivi rifacimenti) (Tav13-14) e forno dalla fase 4 con evidenziata la tecnica costruttiva (da Ridley et al. 2000, fig. 3.12).

⁵ http://www.neolithicavgig.gr/?page_id=1218&langswitch_lang=en

In letteratura a volte si trovano solo brevi accenni a strutture di combustione in fossa, indiziate dalla presenza di pareti e fondi rubefatti ma difficili da ricondurre a una precisa tipologia. È il caso delle segnalazioni effettuate ad esempio per il sito di Nea Nikomedeia (Wardle 1996, 69), inquadrato nelle fasi iniziali del Neolitico e Palaiokastania (Χονδρογιάννη-Μετόκη 2012, 542) e Makrigialos in Pieria (Μπέσιος, Παππά 1998), attribuiti invece al Neolitico recente. In ques'ultimo sito, in Macedonia, è stata rinvenuta una struttura in fossa, di forma subcircolare, dal diametro di circa 80 cm, con tracce di attività pirotecniche. Sui lati sud, est e nord-est è delimitata da un muretto alto circa 30 cm e spesso 8 cm che presenta tracce di bruciato, mentre sul lato nord è delimitata dallo strato naturale. Presenta un fondo alterato per effetto dell'azione termica, di colore giallastro. Ai lati ovest e nord della buca e sulla roccia all'esterno sono state trovate grandi quantità di frammenti ceramici con inclusi vegetali (spessi 1-3 cm). Presentano un colore non uniforme e segni di fiammature considerate indizi di una cottura eseguita a basse temperature e con scarso controllo dell'ossigeno. All'interno della struttura, nella parte a nord, sono state rinvenute anche alcune pietre di medie e grandi dimensioni.

Le evidenze di cotture a cielo aperto si preservano con maggiore difficoltà e non sono a volte facilmente riconoscibili. Diversi livelli sovrapposti, dello spessore di 2-7 centimetri, con tracce di evidente alterazione termica sono però stati individuati nel sito di Kouphovouno, Laconia (la fase di occupazione più antica risale al Neolitico medio) e sono stati ricondotti ad accensioni di fuochi a cielo aperto, con probabili coperture temporanee (*clamp*) per la cottura della ceramica in aree esterne alle abitazioni (**Fig. 27**). Non è stato escluso che queste strutture fossero usate anche per cuocere la ceramica tipica del sito, caratterizzata sia da superfici monocrome che dipinte. I diversi strati non sarebbero il risultato di ogni singola accensione ma sono stati messi in relazione alla presenza di residui rubefatti delle coperture temporanee che di volta in volta sono stati inglobati nella preparazione dei nuovi livelli relativi al piano pavimentale (Ballut et al. 2017).

Durante il Neolitico greco i forni di piccole dimensioni, legati all'ambito domestico, presenti all'interno delle case sono ampiamente documentati in contesti abitativi articolati. Gli esempi citati sono solo alcuni esempi di evidenze molto più numerose. Evidenze di strutture infossate o tracce legate ad attività pirotecniche per la cottura della ceramica, sebbene non numerose, sono attestate in tutte le fasi del Neolitico (**Fig. 28**). Dall'area della Tessaglia, Macedonia e Tracia la produzione di ceramica dipinta sembra diffondersi anche nell'area dei Balcani (Bulgaria, Romania, Serbia, Ungheria Croazia, ...) e nell'area mediterranea. Nonostante questo, durante le fasi più antiche del Neolitico, anche dai Balcani all'Europa centrale, le evidenze relative a forni per ceramica continuano a non essere numerose, ma appaiono tipologie di strutture insolite. Come già sottolineato in precedenza, le evidenze di cotture in piano, o in fossa sono meno documentate ma potrebbero aver rappresentato una valida alternativa, come documentato da alcune evidenze note in Romania. Le installazioni fisse, con struttura verticale, sono documentate solo nelle fasi più tarde, tra la fine del Neolitico e gli inizi del Calcolitico.



Figura 27: aree con livelli sovrapposti con marcata evidenza di alterazione termica dei sedimenti (da Ballut et al. 2017, fig. 4).

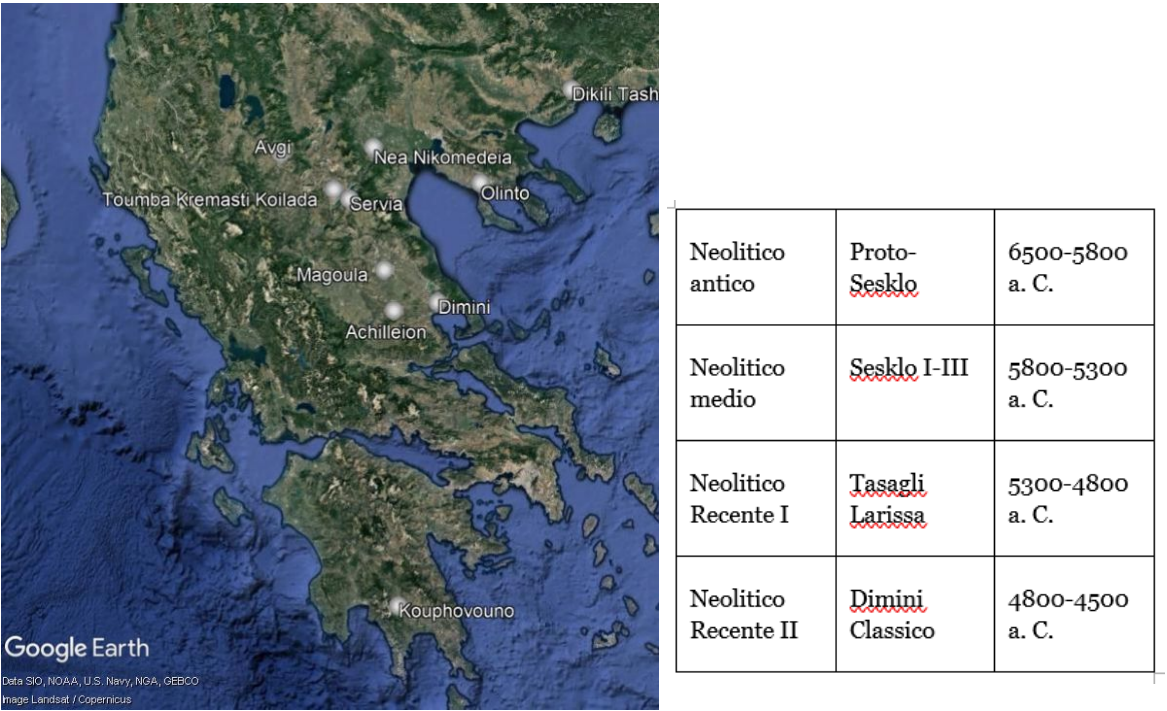


Figura 28: Localizzazione dei siti descritti in area greca con evidenze di strutture di combustione e tabella con cronologia di riferimento per il Neolitico (Dimitriou cds).

A Stara Zagora, in Bulgaria, un esteso villaggio rinvenuto su una collinetta artificiale e inquadrabile in un arco cronologico che va dalla fine del VII millennio agli inizi del VI



millennio a. C., presenta complesse evidenze strutturali con abitazioni a due piani destinate a più famiglie. I forni, all'interno delle abitazioni, hanno un lato addossato alla parete, e sono stati messi in relazione alle attività domestiche, come dimostrato anche dalla presenza di numerose macine e contenitori destinati alla conservazione di cereali, in loro prossimità (**Fig. 29**).

Figura 29: sito di Stara Zagora (Bulgaria). Visibili resti di un forno che potrebbe esser crollato da piano superiore, associato a numerose macine (da http://bulgariatravel.org/en/object/123/Neolitni_jilishta_Stara_Zagora).

Durante le fasi Starčevo-Criș e Vinca (VI-V mill. a. C.) evidenze di forni per ceramica nelle aree della Romania e Moldavia sono rare e poco documentate. Tuttavia sono attestate alcune evidenze sia di strutture di combustione in fossa, come ad esempio nei siti di Ceptura (Starčevo-Criș) e Căpleni (Neolitico antico) (**Fig. 31, 1-2**) che di forni per ceramica, nei siti di Cârcea e Leu (cultura Vinča). Il forno rientra in una tipologia, tipica dell'area, con struttura infossata con sfiato laterale e foro sommitale (**Fig. 31, 3**); mentre quello rinvenuto a Leu rientra nella varietà con doppia camera di cottura comunicanti (**Fig. 31, 4**) (Tencariu 2010, 123). Altre evidenze di strutture di combustione in fossa, di fase tarda (Vinca B), sono state rinvenute di recente nel sito di Damianitsa (Bulgaria) ma sono ancora in fase di pubblicazione (**Fig. 30**)⁶.



Figura 30: Struttura di combustione in fossa da Damianitsa (nota 5).

Un primo modello di fornace a camera unica con foro centrale sommitale nella volta (per la carica dei vasi), e i resti di una fornace con all'interno i vasi, sono stati rinvenuti in Romania (Transilvania) nel sito di Ariușd (Cucuteni fase A, inizi V millennio a. C.) (**Fig. 32**). Panetti di argilla e strumenti per la decorazione sono stati trovati all'interno delle abitazioni lasciando ipotizzare che queste attività potessero svolgersi anche al coperto (Childe 1934).

⁶ Lo scavo è in corso sotto la direzione di Ivan Vajsov, Bulgarian Academy of Science. Archaeological research of the prehistoric settlement damyanitsa 2017, stage 1 (bg presentation 2018).

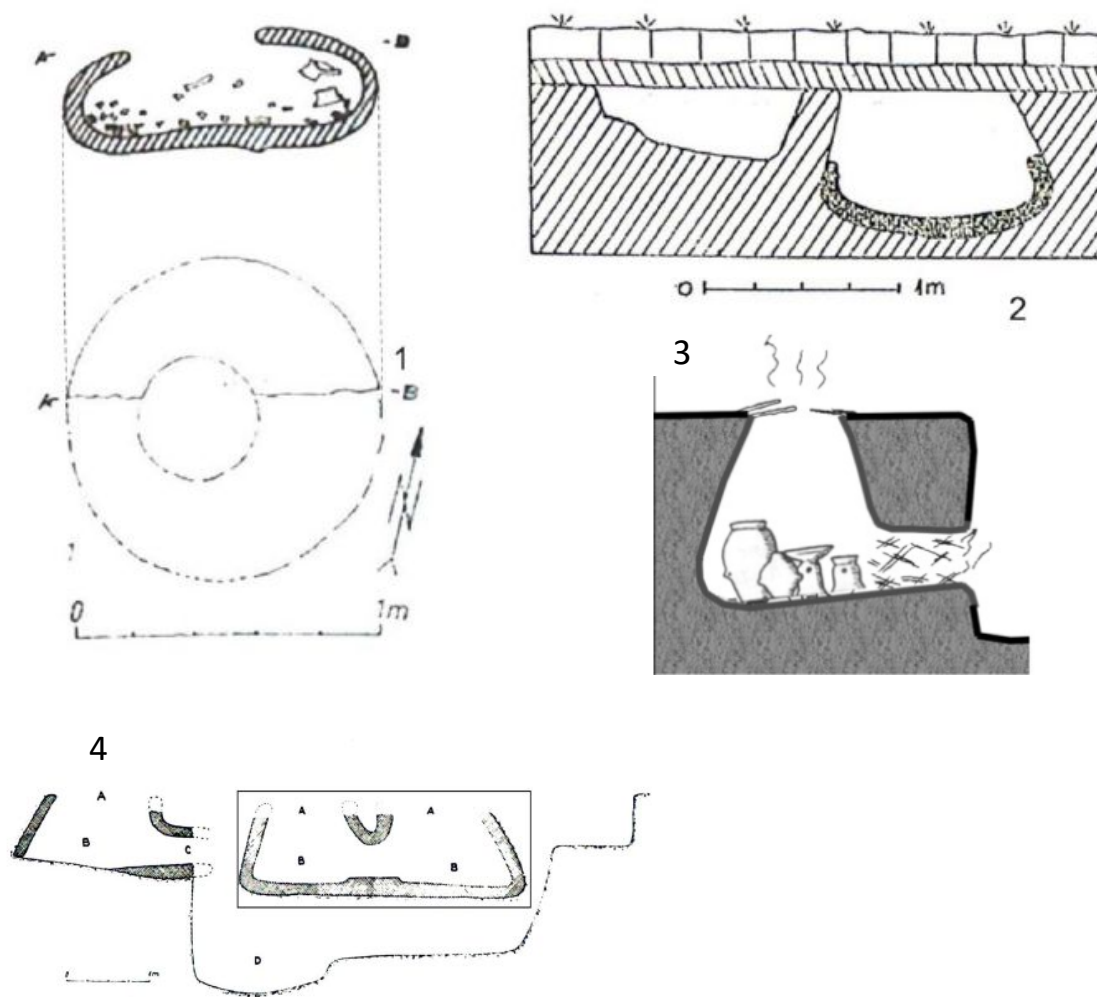


Figura 31: strutture di combustione in fossa dai siti di Ceptura (1) e Capleni (2) in Romania (da Tencariu 2010, fig. 2); 3) esempio di struttura infossata con sfiato laterale e foro di accesso sommitale, 4) esempio di struttura infossata con doppia camera comunicante (da Tencariu 2015, fig. 27; fig. 54).

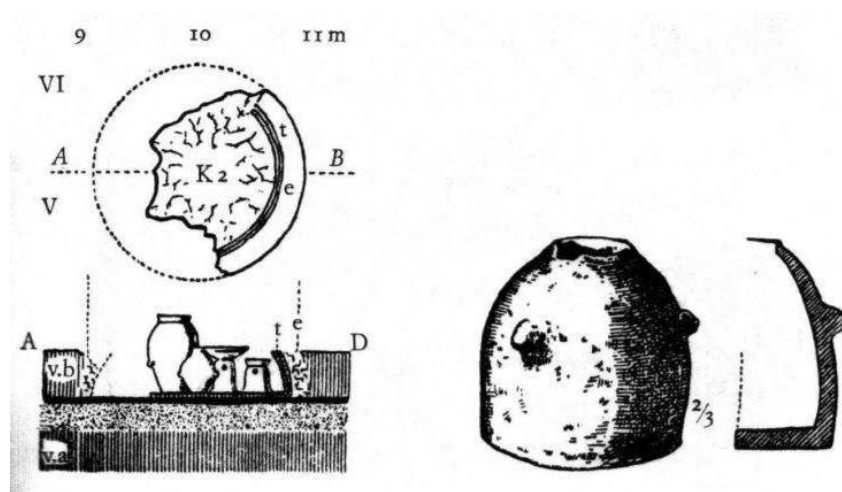


Figura 32: Forno da vasaio e modellino da Ariuşd (da Childe 1934, fig. 74).

Attestazioni di forni a struttura verticale diventeranno più frequenti col diffondersi della cultura Cucuteni-Trypillia (**Fig. 33**), a partire dalla fase Cucuteni tardo, nella prima metà del IV mill. a. C. (per un approfondimento si veda: Tencariu 2010; Tencariu 2015, 98; Aleksey et al. 2016). Griglie forate sembrano esser parte di un forno verticale nel sito di Hăbășești, in Moldavia (inquadrabili in una fase tarda Trypillia).

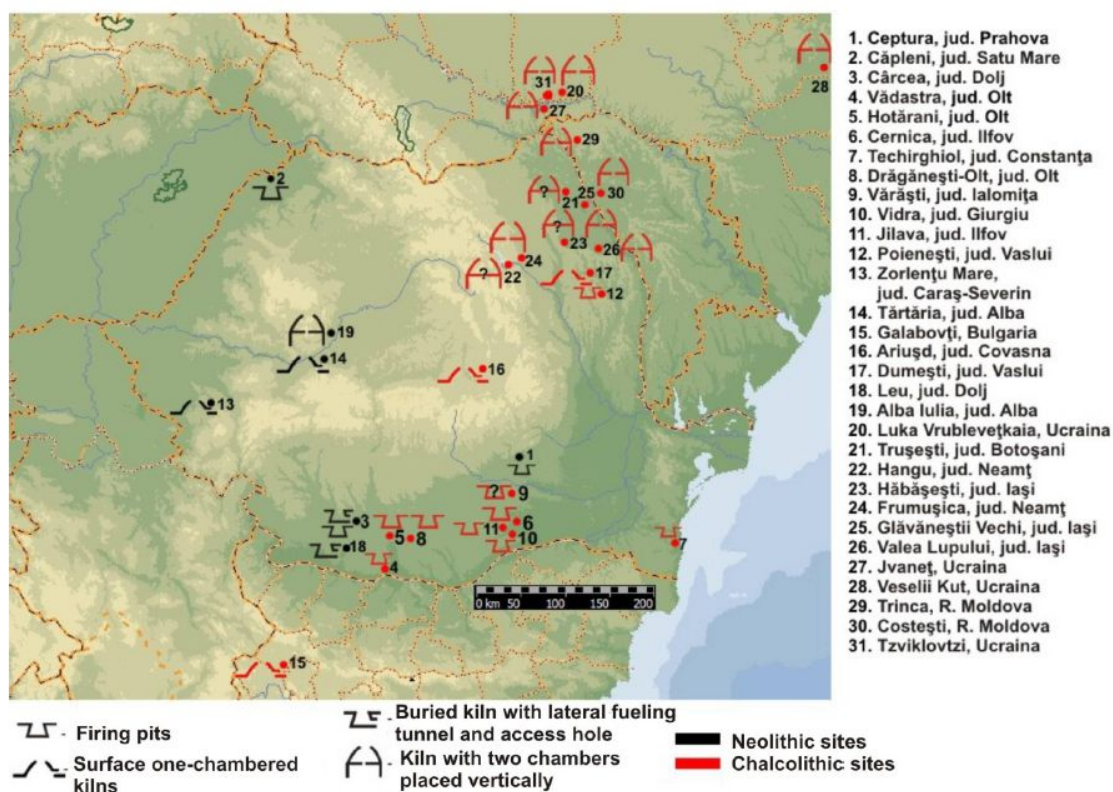


Figura 33: distribuzione delle strutture di combustione interpretate come forni per ceramica durante il Neolitico e il Calcolitico in Romania (da Tencariu 2010, fig. 6).

In Europa il forno maggiormente conosciuto destinato alla cottura della ceramica è tipico di una fase tarda, riferibile alla cultura di Lengyel, a Kramolín, in Moravia sud-occidentale, inquadrabile tra Neolitico ed Eneolitico (4500±1000 a. C.)⁷ (Kruta, Licka 2000, 113; capitolo 1, Fig. 1e-f). Il forno era costituito da due fosse poco profonde, su una delle quali poggiava una piastra forata dello spessore di 10 cm, e doveva avere una volta a cupola con foro sommitale. Trova confronti con esemplari vicino orientali ed egei più evoluti, ma rimane un caso isolato (Licka 2009).

⁷ Datazione effettuata con il metodo della termoluminescenza.

Interessanti strutture sono state trovate in siti inquadrabili nella cultura di Starčevo-Criș, come quelle rinvenute ad esempio in Croazia, nei siti di Vinkovci, Zadubravlje and Slavonski Brod, dove sono presenti strutture interpretate come forni per ceramica (Minichreiter 2001). In assenza di coperture fisse la ceramica poteva esser cotta, oltre che in strutture in piano, anche in altre infossate. Un'area di lavoro, parte di un più ampio insieme di complessi strutturali, destinata alla produzione della ceramica, è documentata nel sito di Zadubravlje nel quale è visibile una grande struttura di forma ellissoidale, infossata (4,5 x 6,5 m e profonda circa 60 cm) con diverse strutture e forni al suo interno. Due forni per la cottura del pane, con volte emisferiche e due forni cilindrici per la cottura della ceramica (**Fig. 34**). Nella estremità opposta due buche, una all'interno della grande buca e una all'esterno sono state interpretate come strutture utilizzate durante la produzione ceramica, forse per l'estrazione e la lavorazione dell'argilla. La struttura è stata datata al 5720–5530 BC. Nel sito sono state rinvenute altre strutture infossate contenenti solo ceneri e carboni, forse residui di attività svolta in altre strutture. Poco distante è stata trovata una struttura simile ma inquadrabile in una fase più tarda (5370–5040).

Nel sito di Slavonski Brod sono stati rinvenuti invece forni a camera unica, all'interno di grandi fosse (**Fig. 35**). Inoltre, all'interno di una complessa area residenziale, sono state riconosciute aree di lavoro simili a quelle descritte per il sito di Zadubravlje con attestati sia forni da pane che forni per ceramica. Una palizzata lignea a forma di ferro di cavallo sembra delimitare un'area a connotazione rituale nella quale sono state individuate diverse sepolture. Insolita la presenza di forni, parzialmente infossati, definiti “*Cigar kiln*” per le caratteristiche della cupola che presenta una sorta di sfiato/caminetto. L'interpretazione di questi forni è incerta anche se è stato ipotizzato fossero usati a fini rituali. In loro prossimità, infatti, in strutture infossate, sono state trovate diverse sepolture (Minichreiter. Botic 2010). A circa mezzo metro dal forno 30, è presente la sepoltura di un individuo in posizione contratta, ricoperto da sedimento di colore scuro e frammenti di ceramica e selce (**Fig. 36**). Non si tratta della sola evidenza, ma altri forni ricorrono in associazione ad altre sepolture individuate nell'area (Minichreiter, Botic 2010, figg. 6, 9, 10).

In Serbia, la presenza di forni è stata attestata in una fase successiva a Starčevo in orizzonti riferibili al Vinča. Tracce di aree con alte concentrazioni di concotto, sia in giacitura primaria che secondaria, sono state rinvenute nel sito di Opovac. Frammisti ai cumuli di concotto sono stati rinvenuti numerosi manufatti (ceramica, pesi da telaio, statuine, macine, strumenti in pietra e in osso. Un forno di circa 70 cm, è stato rinvenuto all'interno di una struttura, addossato a una delle pareti dell'edificio, presenta il crollo della volta ed è stato interpretato come forno a uso domestico (Tringham et al. 1985, 432, fig 7). Evidenze di forni utilizzati in contesti domestici per la produzione di cibo sono attestate anche nei siti di Selevac (Tringham 1990) e Divostin (Bogdanovic 1988).

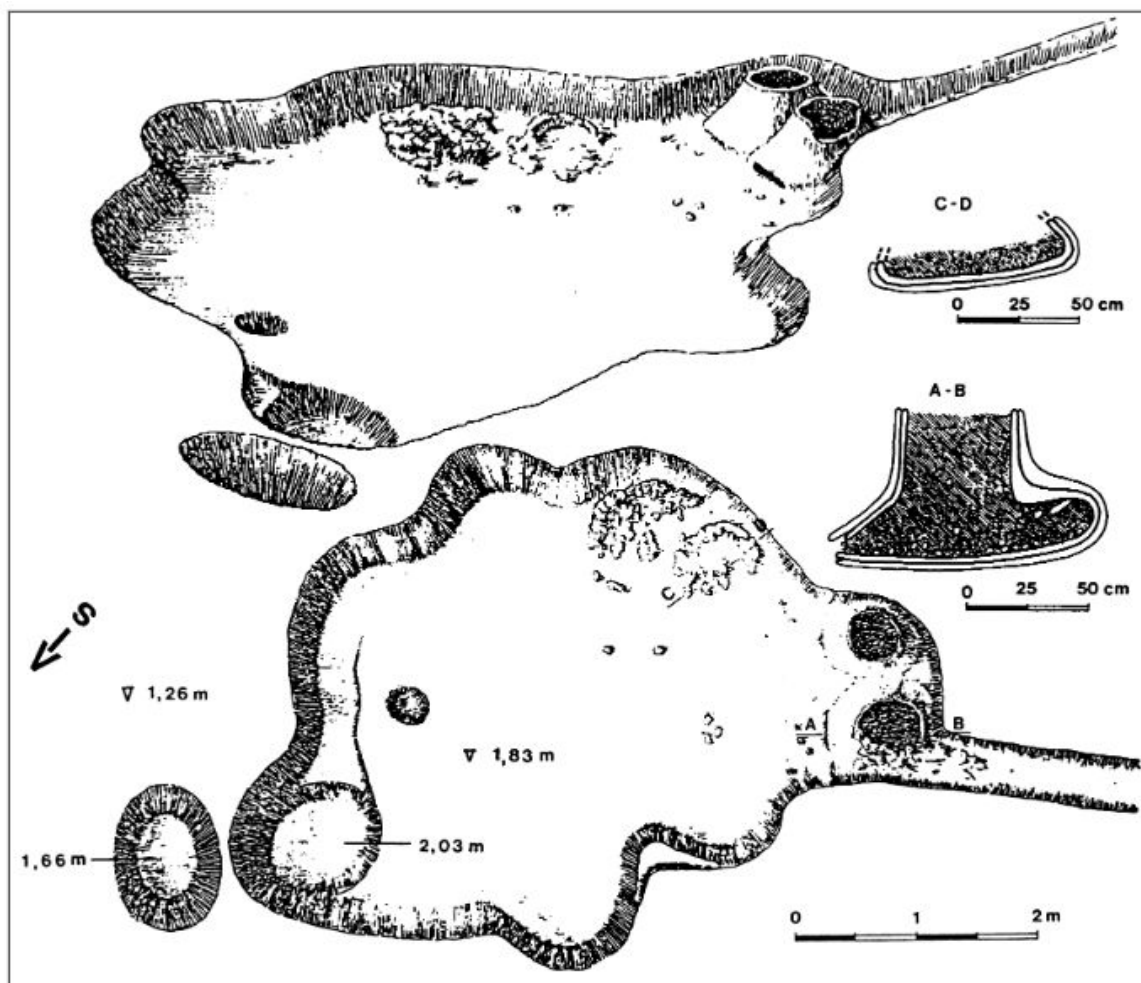


Figura 34: area di lavoro per la ceramica con struttura infossata con “caminetti” dal sito di Zadubravlje, Croazia (da Minichreiter 2001, fig. 5).



Figura 35: forni rinvenuti nel sito di Slavonski Brod (Croazia).

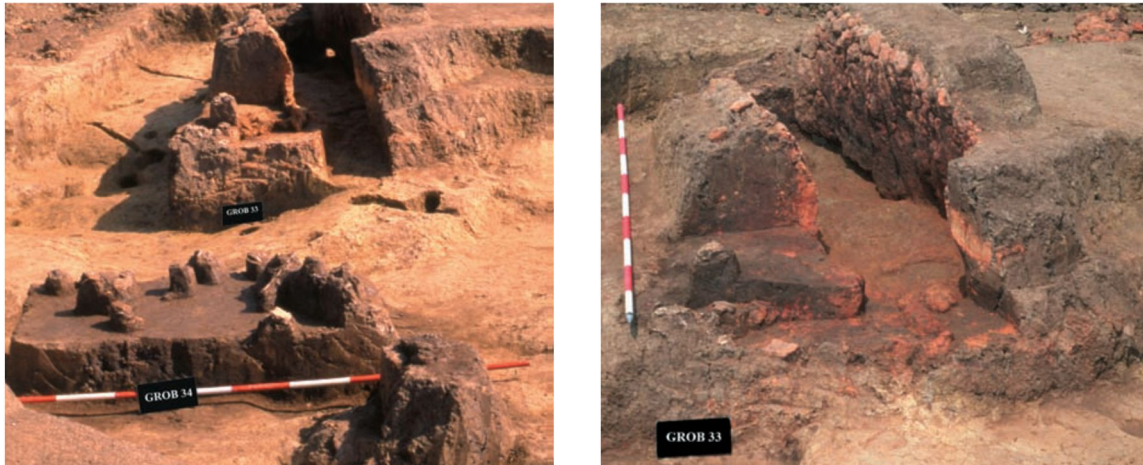


Figura 36: Forno 30 e sepolture 33-34 dal sito di Slavonski Brod (da Minichreiter. Botic 2010, fig. 5).

Sempre riferibile alle fasi iniziali di Starčevo-Criș è il sito di Endrőd in Ungheria, dove è stato trovato un forno, in parte infossato, con due camere comunicanti e presenza di due sfiati cilindrici nella parte sommitale (Tencariu 2015). Si tratta di un'altra tipologia poco frequente che sembra confermare la peculiarità delle rielaborazioni locali (**Fig.37**). L'interpretazione è spesso dubbia sebbene simili strutture possano prestarsi alla cottura della ceramica. Sempre in riferimento a questa cultura, forni a volta, presenti in aree di lavoro per la preparazione del cibo, associati ad altre strutture, sono attestati anche in altri siti ungheresi inquadrabili nella cultura della ceramica lineare, a Mosonszentmiklós–Egyéni Földek (Ergy 2003).

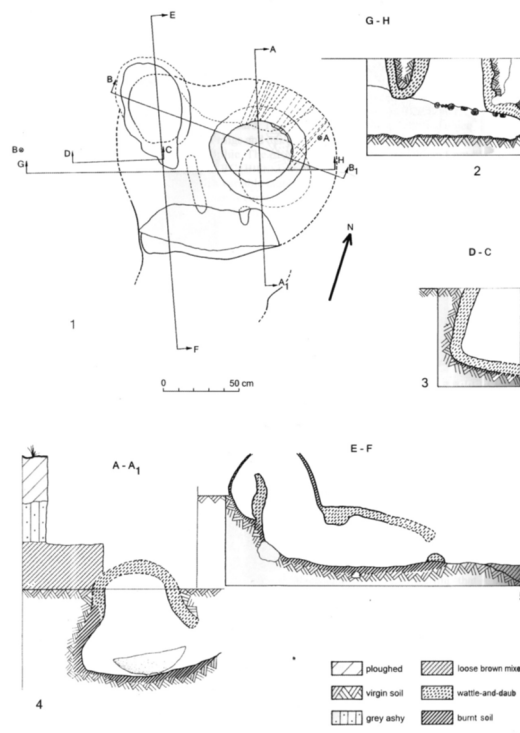


Figura 37: Forni infossati con volta a due sfiati dal sito di Endrőd (da Tencariu 2015, fig. 12).

Sempre in Ungheria, per la fase antica del Neolitico, il sito Alsónyék-Bátaszék riveste particolare importanza per l'alto numero di forni rinvenuti. Oltre 60 sono infatti le strutture, presenti nel sito. Raramente isolate, sono spesso in gruppo, e possono trovarsi all'interno di una buca (**Fig. 38**). Alcuni forni presentano due sfiati sul tetto e ricordano una tipologia documentata nel sito di Endrőd (**Fig. 39a**). Hanno prevalentemente pianta ovale ma ne sono attestati anche altri con forma allungata (**Fig. 39b**). Il fondo è fortemente rubefatto, mentre la copertura difficilmente appare totalmente indurita. La presenza di rifacimenti indica una continuità d'uso nel tempo. L'associazione rituale tra forno e sepoltura è nuovamente attestata e sembra esser riconducibile ad una pratica ricorrente (**Fig. 39c**), come già riscontrato nel sito di Slavonski Brod, in Croazia (Bànffy et al. 2010).



Figura 38: forni dal sito di Alsónyék-Bátaszék (da Banffy et al. 2010, fig. 6).

La tipologia di forni scavati nel loess (deposito eolico di materiale sedimentario) appare frequente nelle aree dell'Europa centrale, dove questa formazione è ricorrente. Si tratta di un uso che continua fino al Medioevo, associato alla preparazione del cibo (pane). Alcune evidenze sono state rinvenute nel sito di Borovce, in Slovacchia, inquadrabile nell'orizzonte culturale della ceramica Lineare (Staššíková-štukovská 2002). Dei tre forni rinvenuti, il nr. 1 è quello che si preserva meglio: presenta dimensioni di 120 x 135 cm, caratterizzato da spesse pareti rubefatte e una volta preservatasi solo parzialmente (**Fig.**

40a). Il forno è stato ricavato scavando un'ampia buca nell'argilla. Al suo interno erano presenti frammenti di ceramica attribuita alla cultura della ceramica lineare. Evidenze simili vengono anche dal sito di Lefantovce (Bánesz 1962) dove sono stati rinvenuti 13 forni con evidenti tracce di alterazione termica sia del fondo che della volta e grandi quantità di cenere in prossimità dell'apertura (Fig. 40b)



Figura 39: forni da Alsónyék-Bátaszék. Tipologie con doppio sfiato sulla cupola (a) o a forma allungata (b); c) forni riutilizzati come sepolture (da Bánffy et al. 2010, figg. 7, 8, 10).

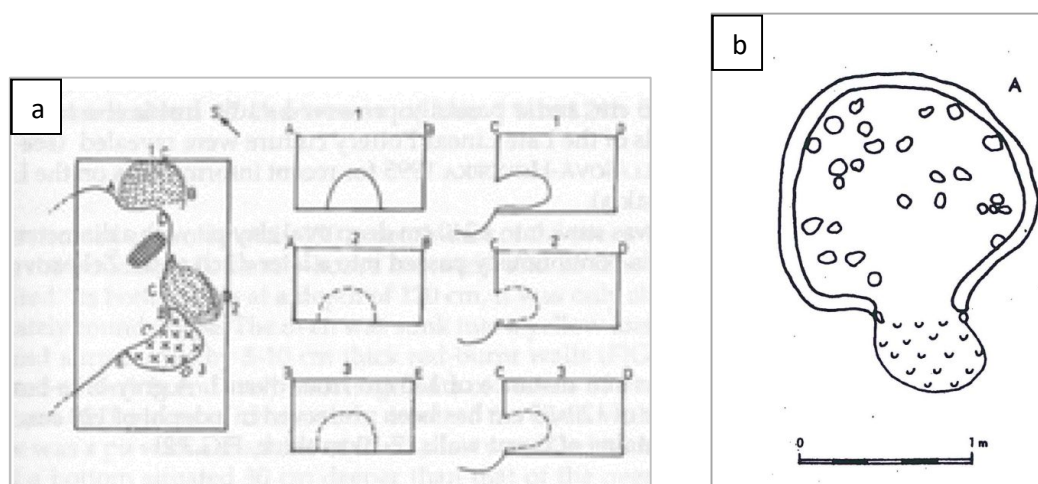


Figura 40: Forni 1, 2, 3 dal sito di Borovce (Slovacchia), visione frontale e profilo (da Staššíková-Štukovská 2002, fig. 3). A destra, forno 1 da Lefantovce (da Bánesz 1962, fig. 13).

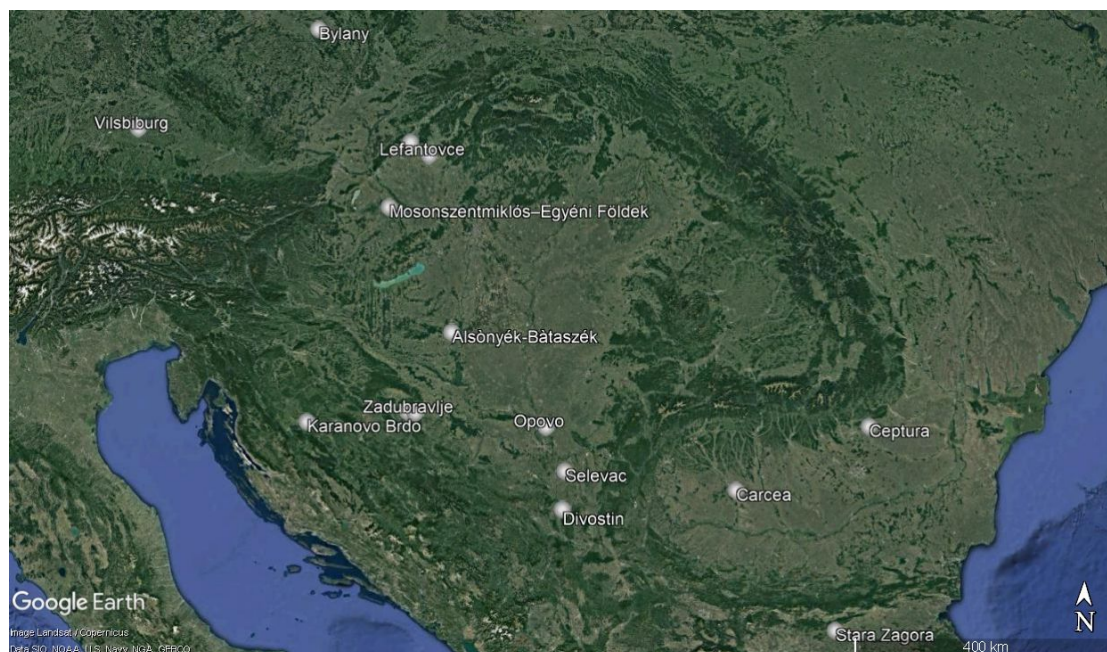


Figura 41: siti con presenza di forni durante le fasi iniziali del Neolitico, nell'area balcanico-danubiana.

Early Neolithic Koros Starčevo Cris	6000 – 5500/5400 B. C.
Middle Neolithic Cultura della ceramica lineare	5500/5400 – 5000/4900 B. C.
Late Neolithic Lengyel Vinca	5000/4900 – 4500/4400 B. C.

Le tipologie che durante le fasi iniziali Neolitico sono attestate nell'area balcanico-danubiana sono dunque molto varie. Oltre ai tipici forni “da pane” attestati prevalentemente all'interno di strutture d'abitato o in aree di lavoro esterne, ne sono state riconosciute anche altre (Fig. 41). Le strutture di combustione in fossa e quelle scavate sembrano frequenti, e una loro rielaborazione sembra essere all'origine di tipologie tipiche di questa area, con tunnel laterale e foro sommitale (singolo o doppio) riconducibili ad attività come la cottura della ceramica. Strutture come quelle di Alsónyék-Bátaszék, nell'area ungherese, scavate nel loess e interpretate come forni per la cottura del pane e di altri alimenti, hanno diversi riscontri in altri siti europei. Forni simili, circa quaranta, scavati nel pendio con basse volte, spesso ricorrenti in gruppo, sono stati rinvenuti anche in Boemia (Repubblica Ceca) nel sito di Bylany (Sousdsky 1962). In Europa centrale, simili evidenze sono attestate anche in Germania, nei siti di Vilsbiburg (Petrasch 1986) e Aldenhoven (Lüning 1981), in aree di diffusione della LBK (Lüning 2004), mentre in

Francia, nel sito di Rosheim (Jeunesse, Lefranc 1999; Villes 2003) sono stati rinvenuti due forni scavati lateralmente nella parete, con evidenti tracce di rubefazione del fondo e residui di combustione (**Fig. 42a**). Simili evidenze sono state rinvenute anche a Reichstett (Villes 2003) (**Fig. 42b**) e Hébécrevon (Dron et al. 2003) e un caso isolato è presente anche in Italia centrale, nel sito di Portonovo (Conati Barbaro 2013, 2014; Conati Barbaro et al. 2013, 2015), dove è documentato il riutilizzo di due strutture come sepolture. Questa tipologia di forni è stata associata all'uso per la preparazione o cottura di alimenti ma c'è chi non esclude potessero servire anche per la cottura della ceramica (**Fig. 42b**) (Villes 2003, 448).

Frequenti durante il Neolitico antico francese anche i forni a cupola. Confronti tra forni di diverse tipologie su un arco cronologico più esteso sono forniti in dettaglio da Petrasch (1986) che distingue quelli con volta scavata nei sedimenti – *Grubenöfen* – da quelli a cupola costruita – *kuppelöfen*. A volte però la forte erosione non permette di distinguere le due diverse tipologie. In italiano di solito si usa il riferimento generico a forni per indicare diverse categorie di strutture e della necessità di applicare una corretta terminologia si è discusso nel capitolo precedente (capitolo 1, 1.2). Un forno a cupola, documentato a Vinneufe, era costruito su due livelli, il più basso infossato, forse destinato a camera di combustione, e il superiore ricoperto da volta in argilla, realizzata su una struttura di canniccio. Interessante la presenza di una suola non forata e due aperture laterali che garantivano il tiraggio. Un altro relativo forse ad ambiente domestico è stato rinvenuto invece nel sito di Chambly (Villes 2003). Un forno per la ceramica potrebbe essere quello rinvenuto a Dachstein, (Rubané recent, VI mill. a. C.), installato su una fossetta circolare (2x1 m), presenza di loess indurito per esposizione al calore e di possibili sfiati.

L'interpretazione funzionale per le evidenze esaminate, sebbene tenda in massima parte a vedere nei forni strutture destinate alla preparazione degli alimenti, in alcuni casi specifici, è ancora oggetto di discussione e verifiche e potrebbe essere rivista alla luce di nuovi dati provenienti sia da analisi archeometriche che da repliche sperimentali. Forni complessi, a struttura verticale, simili a quelli attestati in Vicino Oriente, faranno la loro comparsa in Europa sud-orientale solo a partire dalla metà del V millennio a. C. e diverranno molto più frequenti durante le fasi Calcolitiche. Nella nostra penisola invece evidenze di installazioni fisse, a camera unica o doppia, per la cottura della ceramica si avranno, sempre in maniera sporadica, a partire dal Bronzo medio (come attestato ad esempio per la fornace di Porto Perone) (Levi 2010, 115) e recente (come documentato dalla fornace rinvenuta nel sito di Basilicanova (PR) (Cattani 1997) e diverranno più frequenti durante l'età del Ferro (Montedoro di Scapezzano, Savignano sul Rubicone, Crosare di Bovolone, Ponte San Marco, Satricum) (Levi 2010, 117).

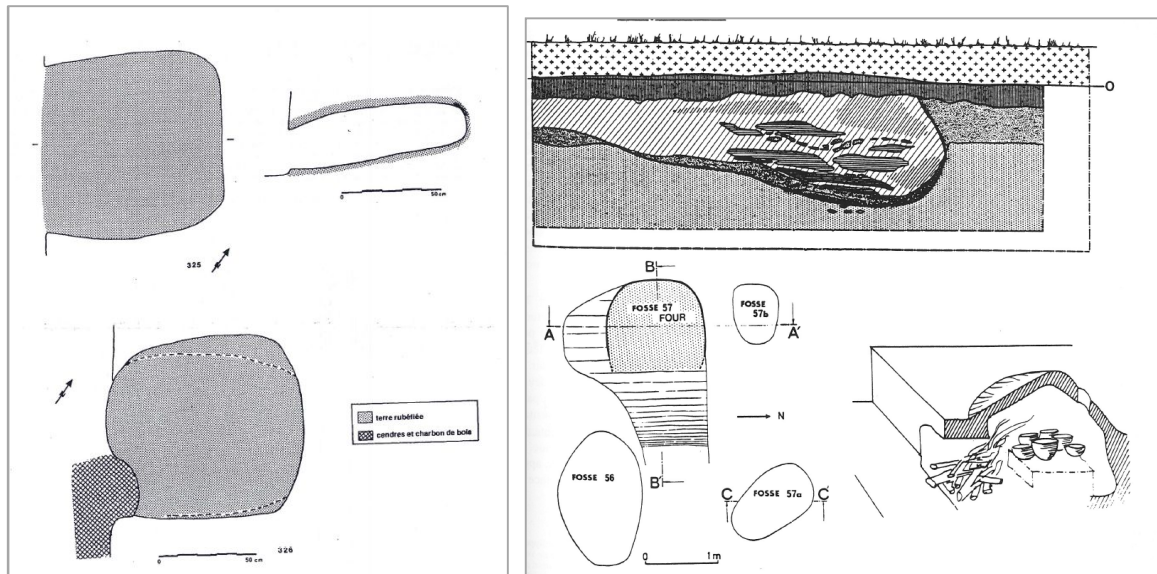


Figura 42: a sinistra, forni dal sito di Rosheim, Francia (da Villes 2003); a destra, forno dal sito di Reichstett "Schamli", Bas-Rhein e proposta interpretativa (da Villes 2003, fig. 1).

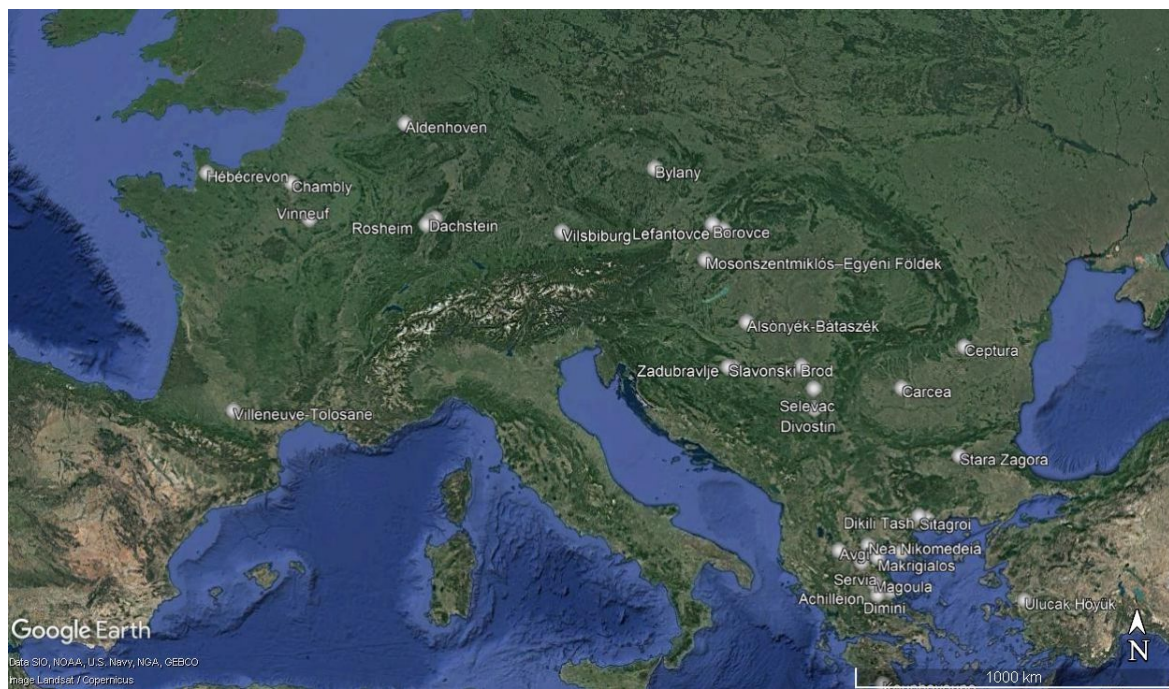


Figura 43: localizzazione siti trattati nel testo.

2.2.1. *Considerazioni sull'interpretazione delle strutture*

Le tre grandi aree coinvolte nel processo di neolitizzazione sembrano presentare evidenze molto diverse in relazione alle modalità di cottura della ceramica. Mentre in Vicino oriente si sviluppano strutture complesse, a struttura verticale, che in alcune aree sembrano rispondere ad un tipo di organizzazione specializzata della produzione, nell'area greca invece tali evidenze sono meno frequenti e quando riconosciute, sembrano essere riferibili a strutture meno articolate (Dimini, Olinto, Achilleion). L'assenza di installazioni fisse ha fatto emergere diverse riflessioni sulle modalità di cottura di ceramiche di buona qualità per le quali si ritiene siano necessarie alte temperature e controllo della cottura, come ad esempio, quelle dipinte e figuline (Vitelli 1984; 1995; Spataro 2009, 70). Durante il Neolitico le soluzioni adottate per la cottura della ceramica potrebbero esser state molteplici. Nel caso di utilizzo di cotture a cielo aperto, le tracce si conservano difficilmente. Più frequenti, le evidenze relative alle strutture infossate. Purtroppo però, soprattutto in riferimento a scavi condotti in passato, le descrizioni a volte possono non essere esaustive. Gli impianti tecnici destinati alla cottura della ceramica sono di difficile identificazione in assenza di reperti significativi ad essi associati. Inoltre la stessa struttura può anche essere utilizzata per scopi differenti e l'analisi delle tracce e degli indicatori potrebbe riferirsi al suo ultimo utilizzo. A patire da fasi più tarde, il riconoscimento di forni per ceramica può essere facilitato dall'individuazione di elementi strutturali tipici, come piastre forate o residui della volta (Rice 1997; Moffa 2002). Con l'affermarsi di strutture fisse, a struttura orizzontale (caratterizzata da due fosse seminterrate) o verticale (con piastra forata come elemento indicatore) con tendenza a separare la camera di cottura da quella di combustione (Cattani 1997), l'identificazione tra tipologia e funzione diventerà più marcata, semplificando il lavoro di riconoscimento.

La presenza di forni a cupola all'interno delle abitazioni è spesso riferita alla sfera domestica, mentre la loro presenza in aree esterne potrebbe presentare caratteristiche multifunzionali. È stato osservato come in alcuni siti le aree destinate alla cottura della ceramica siano sempre collocate all'esterno di quelle abitative, rispondendo molto probabilmente anche alla necessità di evitare rischi derivanti dall'uso del fuoco.

Differenze funzionali sono osservabili in alcuni dei siti archeologici esaminati, come ad esempio nel sito di Achilleion, dove sono attestate sia strutture di combustione in fossa che forni per ceramica con copertura fissa (Perlès 2001, 196) in aree di lavoro esterne alle abitazioni. Differenze strutturali potrebbero corrispondere a differenze funzionali, ma allo stesso tempo una simile categoria strutturale potrebbe avere un utilizzo riconducibile a due sfere produttive completamente diverse (come ipotizzato per i forni di piccole dimensioni a camera unica che si pensa possano essere utilizzati sia per la cottura del pane sia per quella di piccoli vasi). Per alcune strutture è stata valutata in maniera approfondita la funzione legata alla preparazione dei vegetali (**Fig. 44**) (Gasco 1992).

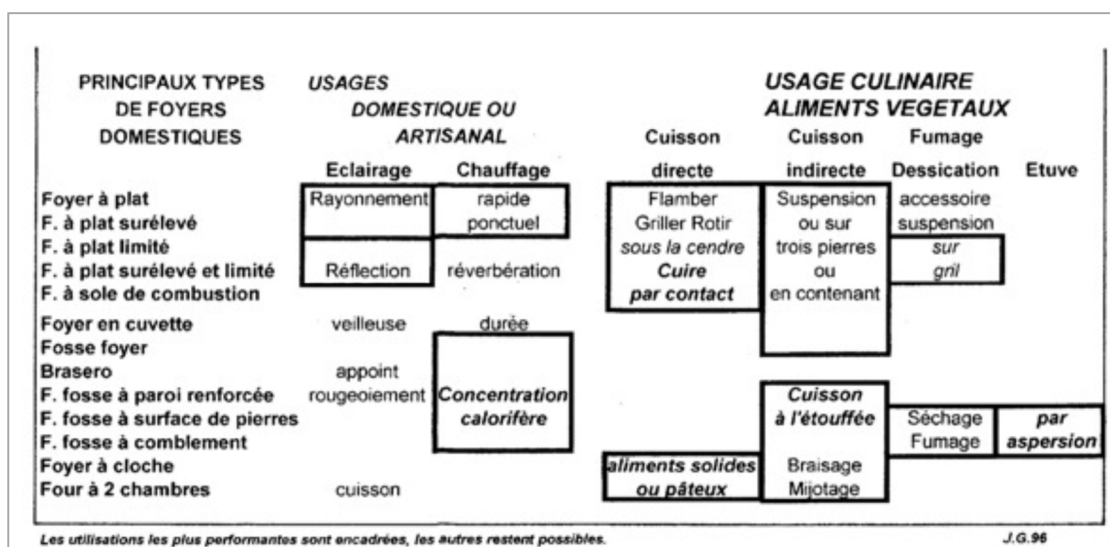


Figura 44: proposta interpretativa delle possibili funzioni di diverse strutture di combustione legate alla preparazione dei vegetali e del pane (da Gasco 1992, fig. 1).

Le implicazioni rituali dell'uso del fuoco, per le fasi preistoriche, sono difficili da cogliere, sebbene molti miti affondino la loro origine in tempi remoti legati al controllo e alla sua produzione (Frazer 1930); diventeranno più evidenti durante le fasi successive, come evidenziato ad esempio dal fiorire di divinità associate alla comparsa di specifiche tecniche legate alla trasformazione della materia prima. Come documentato anche a livello etnografico, tali pratiche erano sempre legate ad una percezione sacrale della realtà e accompagnate da riti ben precisi (Levi-Strauss 1987). Ciascuna procedura non può esser considerata neutra e senza riferimenti specifici al mondo mitico come documentato ad esempio nel caso della metallurgia sentita come “*aspetto di un complesso sistema mitico*” alla stregua di una pratica magica (Buttitta 1965, 28). Il ceramista trasforma la materia prima, creando qualcosa di diverso da quello che era disponibile in natura, domina il fuoco che ha potere creativo e distruttivo al tempo stesso.

Il fuoco domestico simboleggia anche la casa. Numerosi durante il Neolitico i modellini di case e forni miniaturistici che riflettono sicuramente un'importanza simbolica che dura fino all'età del Bronzo e a noi poco chiara e che potrebbe anche spiegare la valenza dei rituali funerari descritti ad esempio per i siti ungheresi. Tra i più antichi, quello rinvenuto in contesti del tardo Neolitico egeo, a Platia Madoula, (**Fig. 45a**) datato tra 5300-4800 a. C., che rappresenta una casa rettangolare con all'interno un forno a volta e alcune figurine mobili; rinvenuto al di sotto del piano pavimentale di un'abitazione, potrebbe forse rappresentare un'offerta per propiziare il benessere della famiglia che abitava quella casa (Gallis 1985). Si annoverano anche alcuni modellini antropomorfi come quello attestato Smedereska Palanka (Serbia) datato al 5000-4500 a. C. (Gimbutas 1989, fig. 289). Si tratta di evidenze che continuano anche in fasi successive nell'area di diffusione della cultura Cucuteni-Trypillian (Neolitico-eneolitico tra Romania e Ucraina), come il modellino di casa con rappresentazione di forno a volta (**Fig. 45b**) o singoli modellini di forni (**Fig. 45c**), come quello ritrovato nel sito di Popudnia (Ucraina occidentale) in

associazione a statuine di donne intende a macinare il grano o preparare l'impasto (Gimbutas 1989). Il rinvenimento di simili modellini è documentato in tutta l'area dei Balcani, anche in orizzonti culturali Karanovo VI⁸, fino all'età del Bronzo in Albania (Bulatovic 2013) (**Fig. 45d**).



Figura 45: a) modellini di abitazioni con forno da Platia Magoula, Tessaglia (da Gallis 1985); b) modellino di abitazione con forno, dall'orizzonte culturale Cucuteni-Trypillian; c) Modellini di forno per il pane da Popudnia (Ukraine) (da Gimbutas 1989, fig. 228); d) modellino da Targovishte (da Bulgarian Heritage, nr. Inv. 1460); e) modello da Maliq (Albania).

In molti contesti etnografici, è ben documentato l'utilizzo di più strutture per la cottura della ceramica. Ad esempio, in Marocco, nell'area di Tétouan (Tangeri) si ricorre sia a cotture a cielo aperto, che in buca, che in forno (**Fig. 46**). Non solo, gli stessi forni da pane sono anche utilizzati per la cottura della ceramica (Desbat 1989). Si tratta solo di un esempio che dovrebbe contrastare l'idea di un'evoluzione nell'ambito dell'uso di diverse strutture ma, confermare la possibilità del persistere nel tempo anche di quelle considerate meno articolate. L'uso di strutture di combustione in fossa ad esempio è documentato è anche in epoca medievale, ma la loro documentazione ha forse rivestito un'importanza marginale. Allo stesso tempo, questo esempio, prova che l'uso di una stessa tipologia strutturale può non essere necessariamente legato ad una sola funzione.

⁸ Molti modellini sono inseriti in un archivio visionabile online:
<http://bulgarianheritage.bulgariana.eu/jspui/handle/pub/218>



Figura 46: forni per il pane utilizzati per la cottura della ceramica, Marocco, area di Tétouan (da Desbat 1989, fig. 11).

2.2. Le strutture di combustione neolitiche: evidenze nella penisola italiana

Le attestazioni relative a strutture di combustione presenti nella nostra penisola durante il Neolitico sono poco numerose e fino a qualche decennio fa erano poco documentate. Questa lacuna potrebbe esser attribuibile a processi post-deposizionali che ne hanno alterato le condizioni di conservazione che non ha permesso di individuarle. L'uso, ad esempio, di strutture di combustione in piano (i cosiddetti focolari a catasta, o "*bonfire*") è difficile da rilevare archeologicamente. Spesso anche fenomeni di erosione compromettono lo stato di conservazione della struttura.

Molte di esse sono riferibili a contesti abitativi indagati negli ultimi venti anni. Se paragonate alla quantità di siti individuati, il loro numero è ancora da considerarsi poco rappresentativo (**Fig. 47**). Nella documentazione archeologica passata si trovava solo un semplice riferimento alla presenza dei tipici residui di combustione e alla rubefazione dei sedimenti, e mancavano descrizioni o immagini più accurate e alcune strutture potrebbero essere state erroneamente interpretate. Negli ultimi anni inoltre sono cambiati i parametri di riferimento nell'identificazione di questa categoria strutturale e il livello di descrizione e approfondimento sembra migliorato.

In Italia settentrionale, durante la prima fase del Neolitico, la scarsa presenza di strutture di combustione pone una serie di interrogativi su quali fossero quelle utilizzate per la cottura della ceramica. Si esaminano qui di seguito le evidenze note nell'intera penisola,

dal Neolitico antico a quello recente, al fine di riconoscere le diverse tipologie attestate (**Fig. 48**). I più antichi insediamenti attribuibili al Neolitico nella nostra penisola si trovano nelle regioni sud-orientali e presentano elementi di affinità che sembrano confermarne la loro derivazione da gruppi presenti nell'area greca e sulla costa albanese (Pessina, Tinè 2008, 28). Le diverse tappe della neolitizzazione condurranno ad una diffusione dei tratti tipici dei nuovi modi di vita stanziali ma con peculiarità derivanti da diverse influenze che contraddistinguono diverse tradizioni dal sud fino all'estremità nord della penisola.

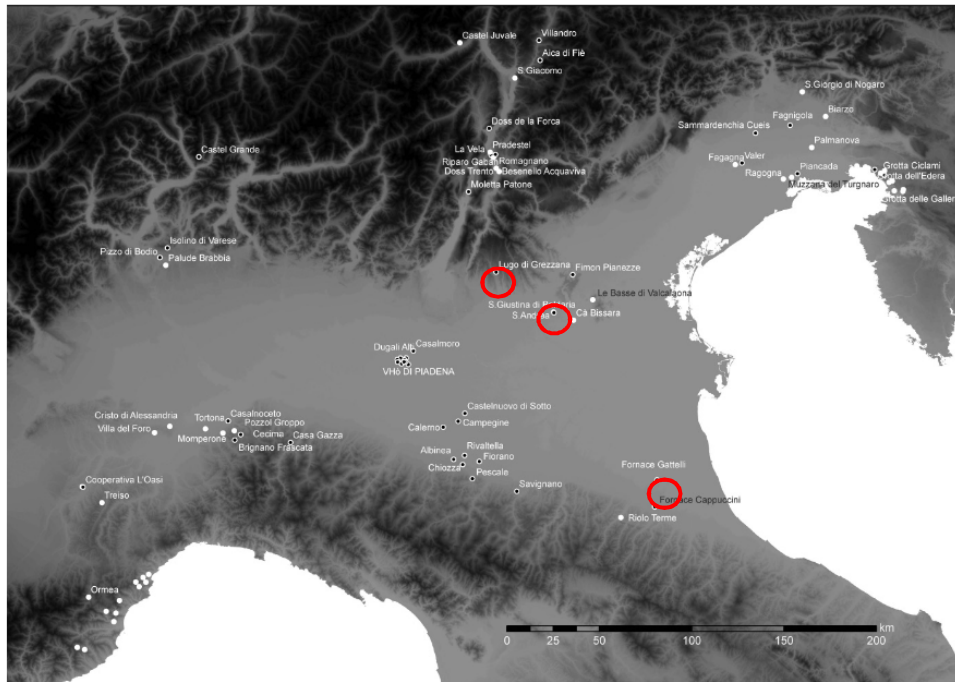


Figura 47: distribuzione dei siti durante il Neolitico antico e in rosso quelli con evidenze di strutture di combustione (modificato da Cavulli 2008b).



Figura 48: siti neolitici con attestazione di strutture di combustione. Il cerchietto indica le strutture di combustione in fossa, il triangolo i forni a cupola e il quadratino le strutture infossate con riempimento in pietra (vedi elenco dei siti in Tabella I). Il numeretto coincide con quello identificativo usato in tabella I e nel database.

2.3.1. *I forni*

Nel sud-est della penisola, sono stati documentati diversi ritrovamenti di strutture di combustione caratterizzate dalla presenza di una piastra con copertura a volta o cupola.

Nel villaggio di Ripa Tetta (FG) (Tozzi 1985; 2001; 2002; Tozzi, Tasca 1989), caratterizzato da numerose strutture di abitato riferibili ad una fase antica del Neolitico, è stato rinvenuto un forno di cui si è conservata solo la base di forma circolare. Il piano di cottura appare ben liscio, dello spessore di cm 2-3 e poggia su una base formata da blocchi di intonaco (**Fig. 49a**). Frammenti di argilla cotta sono riferibili al residuo della volta crollata. Una parte dei frammenti reca l'impronta di materiali di sostegno (canne o rami sottili) (Scheda 17). Nello stesso territorio, presso il Villaggio Olivento, è stata messa in luce una vera e propria fornace costruita: si tratta di una struttura ovale con doppia intercapedine sul fondo e supporto per cottura in pietra all'interno, munita di un lastricato di ciottoli presso l'imboccatura (Bianco Cipolloni Sampò 1987; Pessina, Tinè 2008) che potrebbe esser stata usata per la cottura della ceramica.

Simili evidenze a quelle individuate nel sito di Ripa Tetta si hanno anche a Trasano (MT) (Cremonesi, Guilaine 1983; 1987; Guilaine et al. 1990) (**Fig. 49b**) e a Favella (CS) (Tinè 2010). Il forno 1 rinvenuto a Trasano è caratterizzato dalla presenza di una fossa poco profonda, di forma ovoidale (90 x 70 cm) con imboccatura d'accesso, delimitata da un cordolo in concotto alto 18 cm. Tali evidenze sono state messe in relazione con la presenza di una cupola; un secondo forno presenta caratteristiche simili e all'interno della camera di combustione sono stati rinvenuti frammenti di concotto interpretati come parte della volta (**Fig. 49 b-c**).

A Favella la struttura F indagata nel corso di ricerche condotte nel 1998 in un'area con alte concentrazioni di concotto ha una pianta subellittica (**Fig. 49d, 50a**). Si trova all'esterno delle capanne ed è stata interpretata come residuo superficiale, alterato da arature, di un piccolo forno semicircolare con piastra di combustione a contatto con il suolo. L'assenza di grandi concentrazioni di carboni alla base del forno ha fatto pensare che questa struttura fosse impiegata per usi alimentari: anche in questo caso la struttura viene messa in relazione alla cottura del pane nonostante non possa essere escluso un suo utilizzo complementare come forno per ceramiche di classe fine (Scheda 25). Frammenti di concotto con impronte vegetali sono stati interpretati come residui della copertura (**Fig. 50b**). La presenza della piastra esterna rimanda alle aree di lavoro già osservate nel sito di Achilleion (**Fig. 50 c**) e tipologicamente ricorda alcuni dei forni presenti a Dikili Tash (§ 2.2). Si tratta di strutture messe in relazione con la preparazione del cibo o essiccatoi per il grano (Mastrantuono 2009).

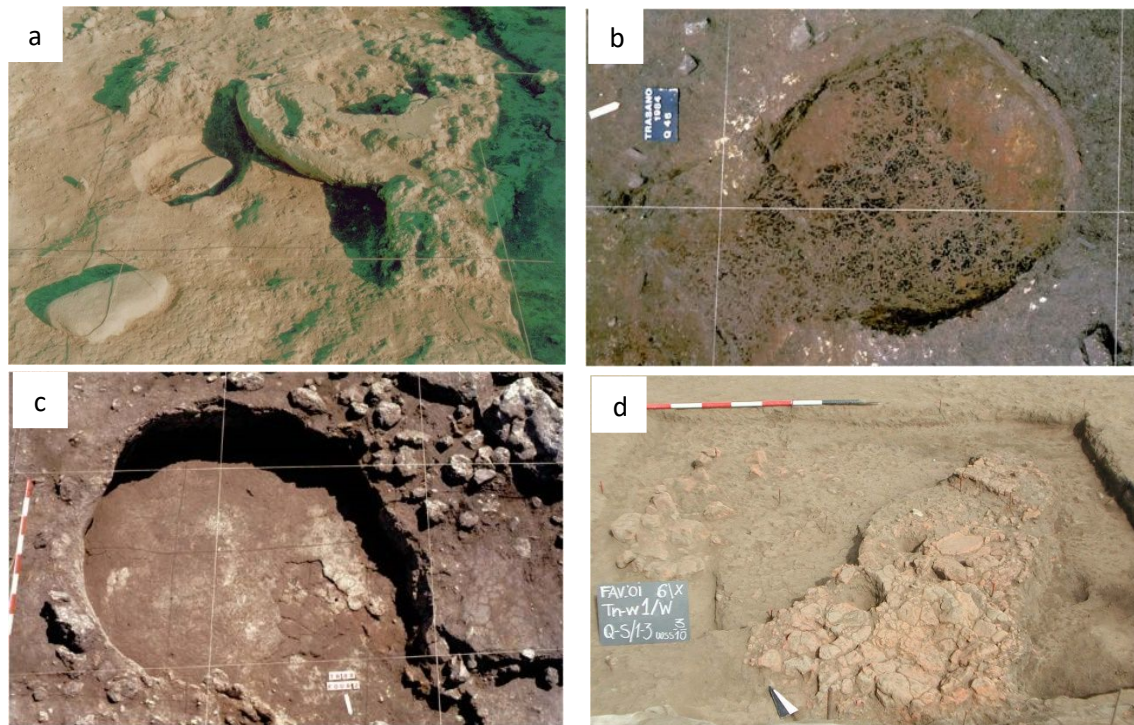


Figura 49: a) forno da Ripa Tetta; b-c) forno rinvenuto a Trasano; d) forno da Favella (da Pessina, Tinè 2008, dvd).

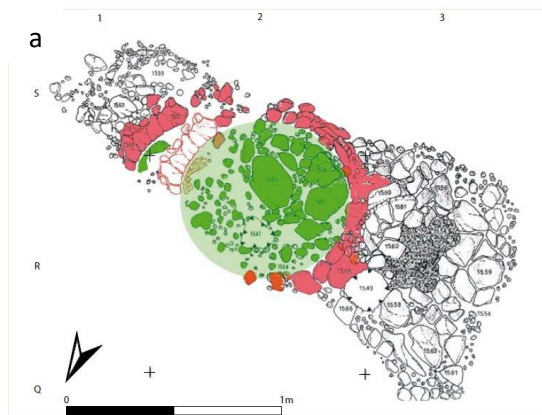


Figura 10 - Struttura F. Planimetria ricostruttiva della fase residuale precedente l'impianto agrario moderno.

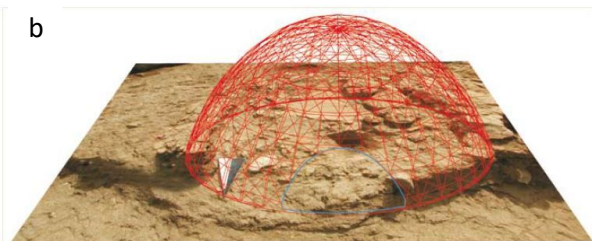


Figura 14 - Struttura F. Ipotesi di ricostruzione della copertura.

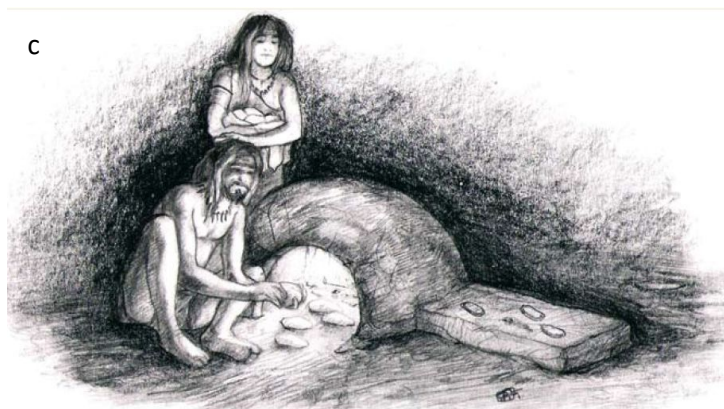


Figura 50: a) b) ipotesi ricostruttiva della volta della struttura F (da Mastrantuono 2009, figg. 10, 14, 16)

Diverse tipologie sono state rinvenute in recenti scavi eseguiti sempre nel territorio foggiano: a Masseria Pedone (Lucera) e Serra di Cristo (Biccari) nell'ambito di contesti abitativi che riflettono un'organizzazione articolata con diverse aree e strutture funzionali (Tunzi 2015; Tunzi et al. 2017). Nel primo sito sono state trovate due strutture di forma circolare a camera unica: una, denominata struttura A, con diametro di 80 cm e l'altra, struttura B, più grande, larga 2,20 m. Parte della copertura, realizzata con argilla e rami, sembra essersi preservata ed ha permesso di interpretare le strutture come forni. La volta del forno B presenta foro centrale per il tiraggio, entrambe hanno imboccatura frontale chiusa da una pietra. Al di sotto della volta è stata individuata una piastra che poggiava su un livello con pietre di piccole dimensioni (**Fig. 51 a, b**). Un'altra struttura a pianta circolare è stata rinvenuta a breve distanza da quest'ultima descritta. Presenta pareti rubefatte e residui carboniosi e un fornello in concotto al suo interno (**Fig. 51 c**). Ulteriori tre forni di forma sub-circolare sono stati scavati nella stessa area, presentano copertura a cupola (Tunzi 2015).

Nello stesso sito è stata rinvenuta un'altra struttura, scavata nella bancata calcarea, costituita da due fosse di forma subellittica, con asse massimo di ca. 2,60 ciascuna e minimo di 0,76 m (**Fig. 51 d**). Presentano abbondanti residui carboniosi in corrispondenza di una sorta di gradino d'accesso alla camera di combustione. Interessante il ritrovamento, anche in questo caso di frammenti di concotti a sezione ricurva con impronte di possibili strutture di sostegno, probabilmente costituite da canne e rami. Presente anche il resto di un cordolo all'esterno della buca, parte della base della volta. Frammenti di ceramica grossolana sono stati rinvenuti all'interno della struttura. Sul fondo della camera di cottura era presente una piastra con superficie compatta e liscia. Le ceramiche a impressioni e quelle dipinte rinvenute nel sito hanno permesso di inquadrarlo in una fase avanzata del Neolitico antico (stile Guadone – Lagnano da Piede, prima metà VI mill.a. C).

Le strutture appena descritte sono localizzate in un'area forse destinata ad attività di lavoro, dove non sono state rinvenute strutture abitative. La loro funzione è stata legata sia ad attività come la preparazione di alimenti, o l'essiccazione del grano, ma non si esclude un utilizzo per la cottura della ceramica (Tunzi et al. 2017, 223).

Altre evidenze di strutture di combustione, circa sei, vengono dal sito di Serra di Cristo, presso Biccari, sempre nel foggiano dove, nell'ambito di un insediamento, sono emerse evidenze strutturali complesse e articolate che sembrano poter far distinguere, con maggior certezza, la presenza di aree di lavoro separate da quelle abitative. Una fossa di combustione presenta pianta ovale, quattro fornaci presentano pianta bilobata e cordolo centrale e una fornace a fossa semplice (**Fig. 52**) (Tunzi, 2015, 221-222). L'interpretazione funzionale lascia spazio a varie possibilità ritenendo si tratti di strutture potenzialmente adatte sia alla preparazione degli alimenti che alla cottura di vasi.

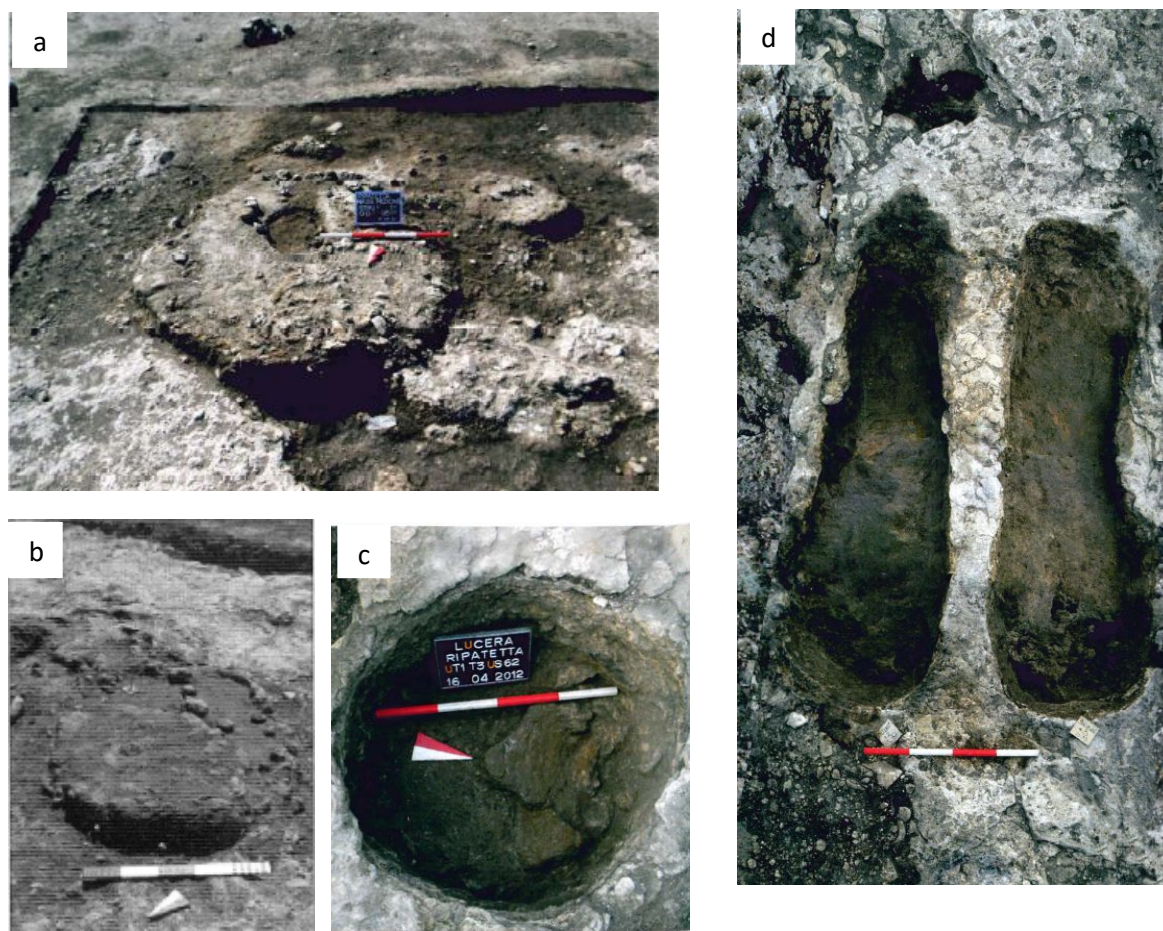


Figura 51: Masseria Pedone: a) resti della copertura del forno B; b) forno A; c) struttura in fossa con resti di fornello/piastra all'interno; d) strutture di combustione con fosse parallele sub-ellittiche (da Tunzi 2015, .



Figura 52: fornaci bilobate da Serra di Cristo e ortofoto dell'area di rinvenimento (da Tunzi 2015).

Resti di strutture di combustione con caratteristiche totalmente diverse, che rimandano alle evidenze descritte per l'area ungherese, sono quelli rinvenuti presso Portonovo (AN). Si tratta di un complesso di circa 23 forni a pianta subcircolare, con diametri variabili fino a un massimo di 2 metri, caratterizzati da una bassa volta con marcate tracce di rubefazione del fondo e della copertura. Dimensioni, imboccatura e orientamento rispettano una certa regolarità (Scheda 13).

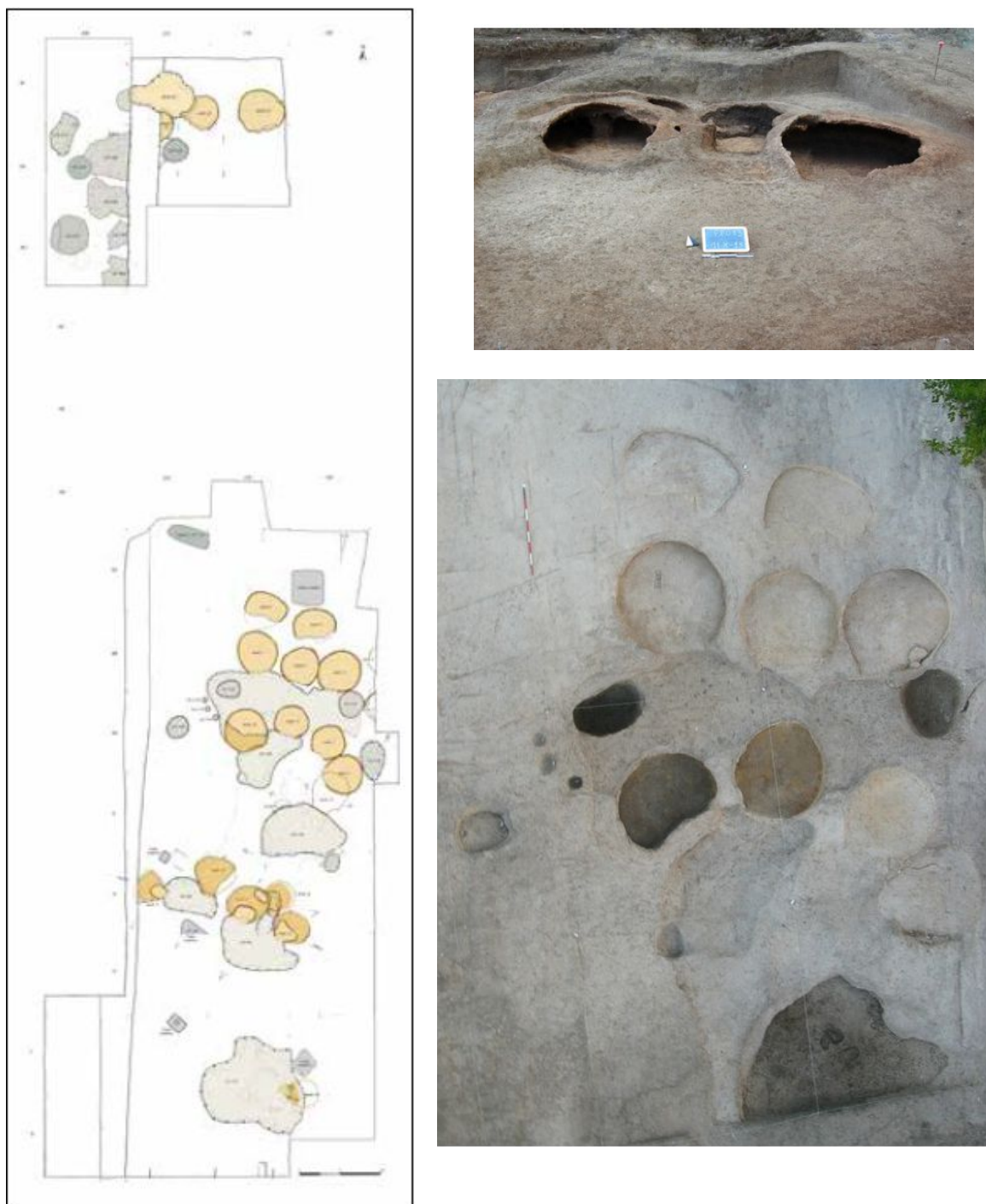


Figura 53: Portonovo, a) distribuzione dei forni nel sito (da Conati Barbaro 2017, fig. 1); b, dettagli dei forni; c) foto area dell'area (da Conati Barbaro 2014, fig. 1-2)

Le strutture sono state rinvenute in due aree e presentano un diverso stato di conservazione per via della maggior erosione presente nell'area più a monte. Le strutture sono state scavate in un pendio caratterizzato da un deposito colluviale. Analisi PXRD eseguite sul materiale alterato dall'esposizione al calore, indicano temperature non superiori ai 500° C. Questo dato, assieme alla presenza di cariossidi di cereali e orzo in alcune delle strutture, ha fatto propendere un'interpretazione a favore di un loro uso per la preparazione degli alimenti. Interessante anche in questo caso, il riutilizzo di alcune strutture come sepolture. Le datazioni effettuate permettono di collocare il sito nella prima metà del VI mill. a. C. (Conati Barbaro 2013; 2014; 2017; Conati Barbaro et al. 2013; 2015). Alcune repliche sperimentali sono state effettuate per verificare non solo l'interpretazione funzionale delle strutture, ma anche le modalità di realizzazione attraverso lo scavo nel sedimento colluviale (Fig. 54). Il forno è stato utilizzato per eseguire delle cotture e si attendono i risultati per un interessante confronto con le sperimentazioni condotte anche in questa sede. Repliche sperimentali riferiti alla stessa tipologia di struttura sono state eseguite anche in contesti di diffusione della LBK (Pfaffinger, Pleyer 1990; Lüning 2004) (Fig. 54).

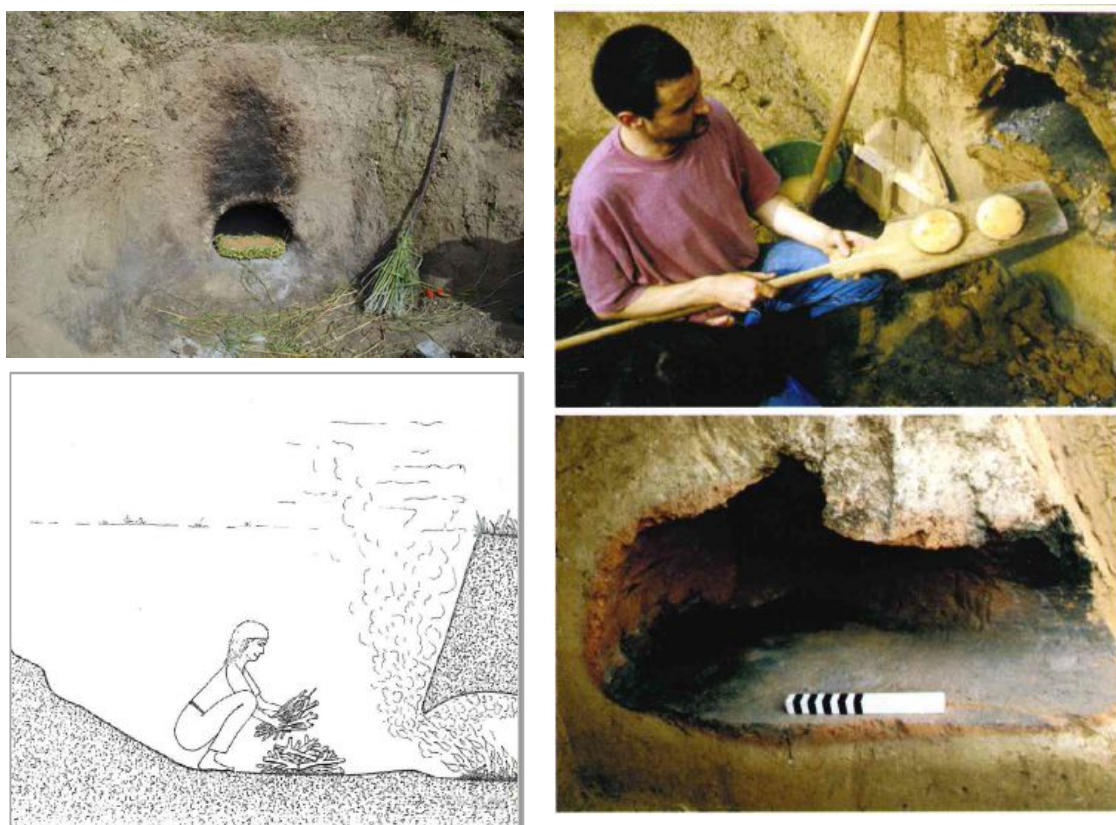


Figura 54: Replica sperimentale di uno dei forni di Portonovo (da Conati Barbaro 2017, fig. 3). Ipotesi ricostruttiva del funzionamento e replica sperimentale (da Lüning 2004, Figg. 196, 200, 201)

Una grande struttura (8 x 10 m) che, per la presenza di residui carboniosi e rubefazione delle pareti e della volta, è stata interpretata come forno per la cottura dei cibi, è stata segnalata anche a Ripabianca (immagine qui a destra), ma la scarsa documentazione disponibile ne rende dubbia l'attribuzione (Lollini 1991; Pignocchi, Silvestrini 2002).



Forni a camera unica con elementi che lasciano ipotizzare la presenza di una copertura a volta sono stati ritrovati in pochi contesti dell'Italia meridionale. Una delle evidenze certe per l'Italia settentrionale arriva da Lugo di Romagna (RA). (De Gasperi et al. 1991-1992; 1996; 1998).

Lugo di Romagna è un sito individuato in seguito ad opere di estrazione di argilla che presenta eccezionali condizioni di conservazione. Il deposito ha restituito livelli archeologici, attribuibili alla cultura di Fiorano, di notevole importanza per la comprensione delle strutture d'abitato di questa fase.

Il forno, rinvenuto all'interno di una capanna, è collocato in prossimità della sua parete nord e presenta un piano di combustione rettangolare, angoli arrotondati e copertura a botte. Ha pianta subrettangolare e l'asse maggiore misura 125 cm. L'impasto per la copertura contiene impronte di canniccio dell'intelaiatura. Per morfologia e collocazione si ritiene probabile che questi forni fossero utilizzati per la cottura del pane (**Fig. 55**) e sono simili ai forni dell'area egea (scheda 10).

Tipologicamente diverse sembrano invece le strutture ritrovate a Rivalentella (RE) (Tirabassi 1987a; 1987b; 1998) e Serra d'Alto (MA) (Lo Porto 1989), entrambe inquadrabili in una fase successiva (NM). Rivalentella è un sito di facies VBQ 1 arcaico nel quale sono state indagate due strutture infoosate e affiancate associate a scarti di ceramica figulina acroma e di impasto (**Fig 56**). Diverse tipologicamente dai forni a camera unica ricordano per la loro forma il forno di Kramolìn descritto precedentemente e potrebbero aver implicato l'uso di una suola o di un supporto che garantisse la cottura in una seconda camera sopraelevata (Scheda 9).

La struttura rinvenuta a Serra d'Alto è costituita da due profonde fosse comunicanti, con pareti rubefatte e residui di cenere e carbone nel riempimento (Lo Porto 1989). Questo accorgimento sembrerebbe funzionale ad una separazione tra combustibile (fossa grande) e vasi (fossa piccola) per la cottura controllata della ceramica figulina. La presenza di una grande fossa con segni di rubefazione alle pareti è stata considerata la prova della presenza di due strutture funzionalmente diverse: la prima destinata alla cottura di ceramica fine, la seconda a quella di ceramiche grossolane (**Fig 57**). (Scheda 21)

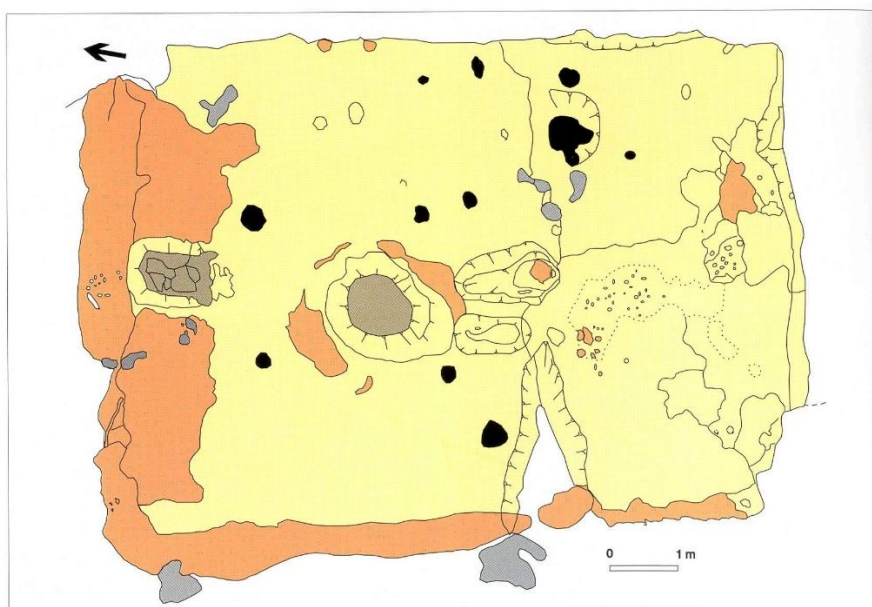


Figura 55: forno a pianta subrettangolare e cupola da Lugo di Romagna (da De Gasperi et al. 1998)

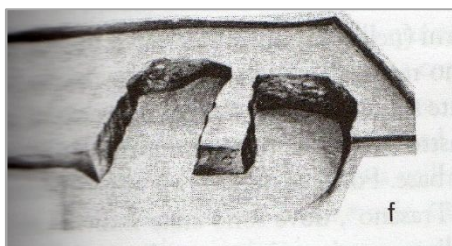


Figura 56: forno a due fosse di Rivalentella (da Tirabassi 1987a, fig. 3.15 e pianta del forno di Kramolin (§ 2.1.)

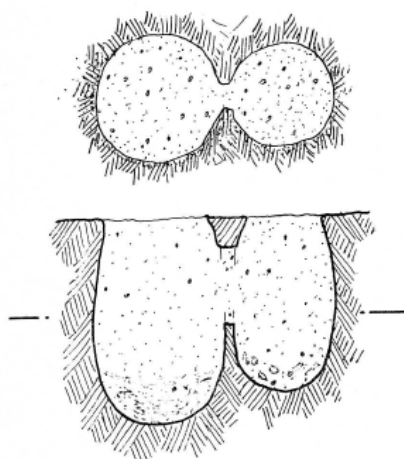
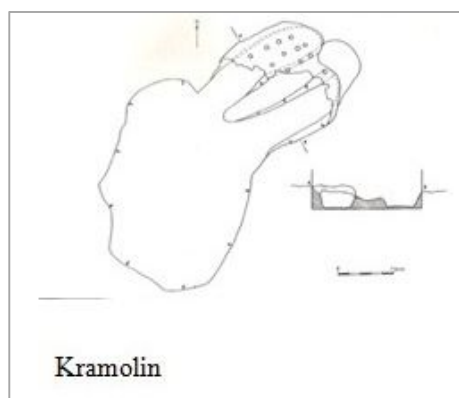


Figura 57: struttura di combustione con due buche comunicanti da Serra d'Alto (da Lo Porto)

2.3.2. Fosse di combustione

Le fosse di combustione che non presentano un riempimento di pietra sono poco frequenti. Sono state documentate nel corso di numerose campagne di scavo condotte a Lugo di Grezzana (Cavulli 1999-2000; 2002; 2008b; Cavulli, Pedrotti 2002; Cavulli et al 2002; Cavulli et al. 2005; Pedrotti et al. 2008; Pedrotti, Salzani 2010; Pedrotti et al. 2015) e saranno descritte in dettaglio nel capitolo successivo. Sono caratterizzate da residui di combustione e alterazione termica dei sedimenti.

Un riesame delle evidenze archeologiche documentate nel sito neolitico di Santa Giustina di Baldaria (VR) (Salzani 1986; 1990) ha permesso di riconsiderare l'interpretazione di due strutture. Nel corso di sondaggi condotti nel 1985 e nel 1989, erano state messe in luce oltre dodici strutture di varie dimensioni (**Fig. 58**). Due di esse (P12, P13), rinvenute nel settore B, descritte come strutture di stoccaggio, sono state identificate poi come strutture di combustione (Cavulli 2008b, 322). (Scheda 3).



Figura 58: fosse di combustione in fossa da S. Giustina di Baldaria (da Cavulli F. 2008:322, fig. 7.39).

Per trovare altre strutture in fossa di piccole e medie dimensioni con tipici elementi caratterizzanti è necessario ricercare confronti più ampi a livello geografico e cronologico. A Serra d'Alto (Lo Porto 1989), sito ascrivibile al Neolitico medio, è stata rinvenuta una fossa ad imboccatura circolare, del diametro di 1,40 m e profonda circa 50 cm, con pareti inclinate, fondo concavo e forti segni di rubefazione alle pareti e al fondo (**Fig. 59**). (Scheda 21 a).

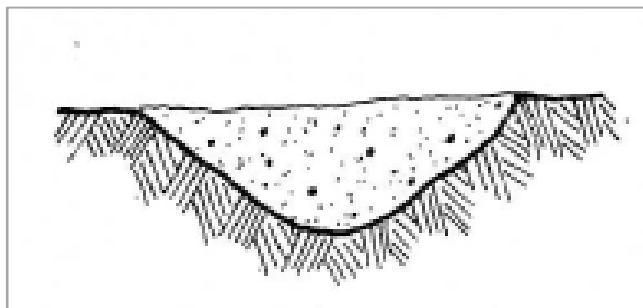


Figura 59: struttura in fossa da Serra d'Alto (da Lo Porto 1989 fig. 8)

La Vallona di Ostiglia (MN) (De Marinis 1990), ubicato in località Boaria Vallona è inquadrabile invece in una fase recente del Neolitico. Sono state messe in luce varie strutture infossate di cui due (1079 e 1088) interpretabili come fosse di combustione. Hanno entrambe un diametro di circa un metro e imboccatura circolare. La prima di esse è profonda cm 65 ed ha il fondo concavo mentre la seconda, profonda 70 cm, ha fondo piatto. Sul fondo era presente uno strato carbonioso nero spesso 30 cm e forte rubefazione delle pareti. (Scheda 3, 3a).

Strutture simili, di dimensioni maggiori, sono state individuate a Casale del Dolce (FR). Nel sito ne sono state trovate numerose, soprattutto con riempimento in pietra, che occupano specifiche aree di concentrazione. Di queste solo due sono confrontabili con le fosse qui esaminate (denominate “Forni” dagli Autori: la prima ha imboccatura subquadrangolare e misura 2,60 m x 1,60 m, presenta alterazione termica del fondo e dei riempimenti caratterizzati da carboni e concotti nella parte inferiore e centrale e da travi carbonizzate di grandi dimensioni in quella superiore; la seconda, più piccola, ha un diametro di 1,20 m e caratteristiche del riempimento analoghe. (Scheda 15, 15a). (**Fig. 60**). Una profonda fossa interrata, dalle grandi dimensioni (2,80 x 3,20) con caratteristici residui carboniosi e alterazione termica delle pareti, è stata rinvenuta anche a Colle Cera (Colombo 2014).

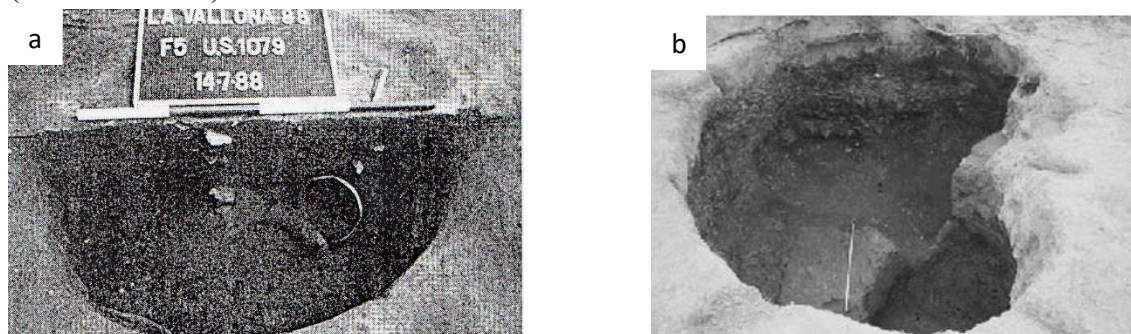


Figura 60: a) struttura in fossa da La Vallona di Ostiglia (da De Marinis 1990), b) struttura in fossa da Colle Cera (da Colombo 2014).

In Sicilia, nel territorio etneo, nel sito di Balze Soprane presso Bronte, sono state rinvenute due strutture in fossa, scavate nel banco argilloso, che per morfologia ricordano quelle di Serra di Cristo (**Fig. 61**). Non presentano però tracce di rubefazione, né sono stati individuati resti attribuibili alla presenza di una copertura. Per questa ragione si è deciso di inserire tali evidenze nella categoria delle strutture in fossa, piuttosto che tra i forni. L'interpretazione come struttura di combustione resta dubbia, nonostante la presenza nel riempimento di uno strato a matrice argillosa, di colore nerastro, caratterizzato in superficie da chiazze di bruciato e contenente numerosi frustoli di carbone e ossa animali parzialmente combuste. In assenza di tracce di marcata alterazione termica potrebbe trattarsi di residui secondari. Al loro interno sono state trovate ossa animali, materiale ceramico e litico. Inquadrabili nel Neolitico tardo finale, cultura di Diana (Palio et al. 2017).

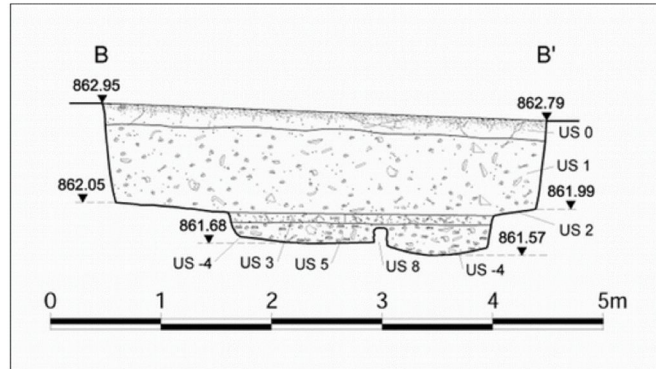


Figura 61: strutture a fossa doppia e sezione, Balze Soprane, Bronte (da Palio et al. 2017, fig. 2-3)

- *Strutture di combustione in piano*

Alcune tracce riconducibili a cotture all'aperto sono state riconosciute durante le indagini stratigrafiche svolte nel riparo di Pian del Ciliegio, nei pressi di Finale Ligure. Il saggio condotto nel settore N del riparo ha permesso di indagare un'estesa area nella quale sono state individuati accumuli di cenere di spessore decimetrico (US 6, 8, 10, 50, 12) caratterizzati dalla presenza di frammenti ceramici interpretati come indicatori di attività di cottura dei vasi (US 107=129; US 140) (**Fig. 61**). Le analisi micromorfologiche hanno rivelato che i carboni rappresentavano residui sia della combustione di legna che di combustibili leggeri, come ad esempio erba e ramaglie. Presenti anche coproliti di capriovini e frammenti ceramici arrotondati. Le datazioni eseguite su alcuni campioni di carbone di legna hanno fornito delle date che vanno dalla prima fase VBQ (inizi V mill.a. C) e posto la fase finale della frequentazione del riparo tra il 4600-4300 B. C. (Del Lucchese 2009).



Figura 62: Pian del Ciliegio, saggio N, strato di cenere contenente markers ceramici (da Del Lucchese 2009, fig. 11).

2.3.3. Fosse di combustione con riempimento in pietra

Le evidenze relative a questa categoria strutturale coprono un arco cronologico che va dal Neolitico antico al Neolitico finale.

In occasione di scavi di emergenza condotti tra il 1996 e il 1998 a Lovere (BG) (Poggiani Keller 1999), sul lago di Iseo, sono stati messi in luce i resti di un deposito archeologico pluristratificato con livelli attribuibili al Neolitico antico.



Figura 63: fossa con riempimento in pietra da Lovere (da Poggiani Keller 1999).

Nel corso dello scavo è stata rinvenuta una fossa di combustione con imboccatura subcircolare dal diametro di circa 1,20 m e profonda 40 cm. Presentava evidenti segni di rubefazione alle pareti e resti di legna carbonizzata sul fondo per uno spessore di 10 cm. Al di sopra vi era un piano di ciottoli e pietre di piccole e medie dimensioni (Scheda 5).

Riferimenti a strutture di combustione in fossa sono stati fatti recentemente all'ultima Riunione Scientifica dell'IIPP (LIII Preistoria e Protostoria della Liguria) in riferimento ai

siti di San Nicolao in Pietra Colice⁹ (segnalata una fossa di combustione datata all'ultimo quarto del VI millennio BC, con tracce di quercia e faggio e frammenti ceramici e litici) e alle Arene Candide¹⁰. In quest'ultimo sito, le indagini condotte nel 2012 hanno permesso di mettere in luce due strutture di combustione in fossa di piccole dimensioni, di forma subcircolare, costituite da un letto di grossi rami carbonizzati e ricoperte da pietre calcaree di medie dimensioni con evidenti tracce di alterazioni e fratture come effetto di esposizione al calore. Il contesto di ritrovamento è attribuibile all'aspetto cardiale (le analisi hanno fornito date tra il 5400 e il 5200 BC).

Attestazioni relative alla stessa fase si hanno ad Alba (CN) (Venturino Gambari 1987; 1995; Venturino Gambari et al. 2002) in località Borgo Moretta. Il sito è stato indagato nel corso di scavi condotti tra il 1986 e il 1988 in occasione della realizzazione di un edificio commerciale.

La stratigrafia appariva caratterizzata da depositi e strutture relative a varie fasi (Neolitico, Eneolitico ed Età del Bronzo recente).

La struttura qui in esame, parzialmente coperta da un acciottolato, presentava un'imboccatura circolare, pareti verticali e fondo leggermente concavo. Tracce di arrossamento sono presenti solo nella parte superiore delle pareti al di sopra del riempimento carbonioso e delle travi che ci sono sul fondo della fossa. Le travi carbonizzate rinvenute nel riempimento (le determinazioni hanno rivelato che si tratta di legno di quercia) si alternano a ciottoli quarzitici ed arenarei. La disposizione dei livelli ha fatto ipotizzare un uso ripetuto della struttura nel tempo, con intervalli di abbandono e parziali svuotamenti prima dei successivi riutilizzi. Questi ultimi sarebbero attestati dalla distribuzione sparsa di ciottoli e travi. Il disuso definitivo della struttura è indicato da riempimenti argillosi di colore chiaro dovuti all'alterazione e al crollo delle pareti e da un livello non antropizzato che indica uno stato di abbandono. Interessante osservare, ai margini esterni della struttura, la presenza di tre buche di palo del diametro di circa 20 cm, interpretate come un sostegno per l'appoggio di combustibile (Scheda 6).

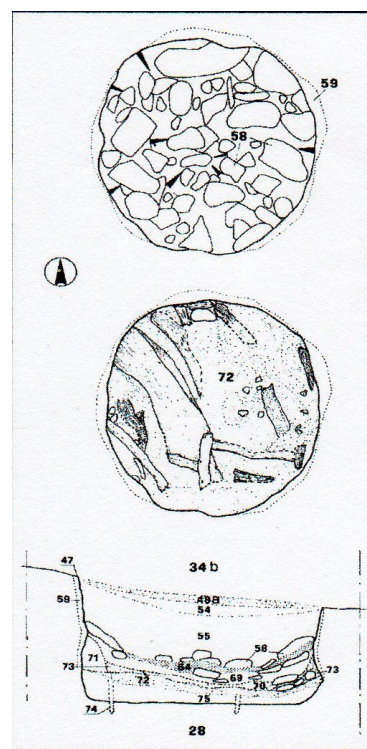


Figura 64: struttura di combustione con riempimento in pietra da Alba (da Venturino Gambari 1987).

⁹ Campana, Manfredi, Martino, Chella, Chiarenza, Nisbet, Panelli, Rellini, Rossi, Indagini archeologiche a San Nicolao di Pietra Colice (Castiglione Chiavarese - GE). L'insediamento preistorico.

¹⁰ Rossi, Panelli, Maggi, Arobba, Rowley-Conwy, Due strutture di combustione rinvenute in un livello cardiale della cava delle Arene Candide.

Le strutture rinvenute a Mileto (FI) (Sarti et al. 1991a) sono varie per morfologia e dimensioni. La più piccola, a imboccatura subquadrangolare, ha pareti verticali e fondo piatto misura 1,20 m x 0,80 m ed è poco profonda. Le caratteristiche del riempimento, formato da pietrame misto a terreno carbonioso, concotti e cenere, sono tipiche di questo tipo di struttura. Grandi travi di legno carbonizzato si trovano sul fondo il quale presenta tracce di alterazione da fuoco così come le pareti. La seconda fossa, ha un diametro maggiore della precedente. Misura infatti 2,10 m x 0,92 m è di forma subquadrangolare allungata e con lo stesso tipo di riempimento della precedente. Le travi parzialmente combuste hanno fatto pensare ad una combustione avvenuta in un ambiente con scarsa circolazione di ossigeno. Le pietre in calcare alberese e arenaria mostrano fratture per termoclasti. Questi elementi hanno ispirato una sperimentazione al fine di verificare quali fossero le temperature raggiungibili usando strutture simili per cotture ceramiche. L'alterazione dei ciottoli si è ottenuta a 750°-900° e tale dato sembrerebbe aver confermato l'interpretazione funzionale ipotizzata. Tuttavia, l'assenza di marker ceramici ha sollevato dei dubbi (Cavanna 2001-2002). Stranamente però la più grande delle strutture rinvenute nel sito lunga 4,10 m e larga 1,20 si differenzia dalle altre non solo per le dimensioni ma anche per l'assenza dal riempimento di travi di grossa pezzatura. Segni evidenti di alterazioni termiche sono presenti sulle pareti e sul fondo. Uno spesso strato di argilla concotta caratterizza i bordi ed è spesso quasi 15 cm. (Scheda 11, a-c).

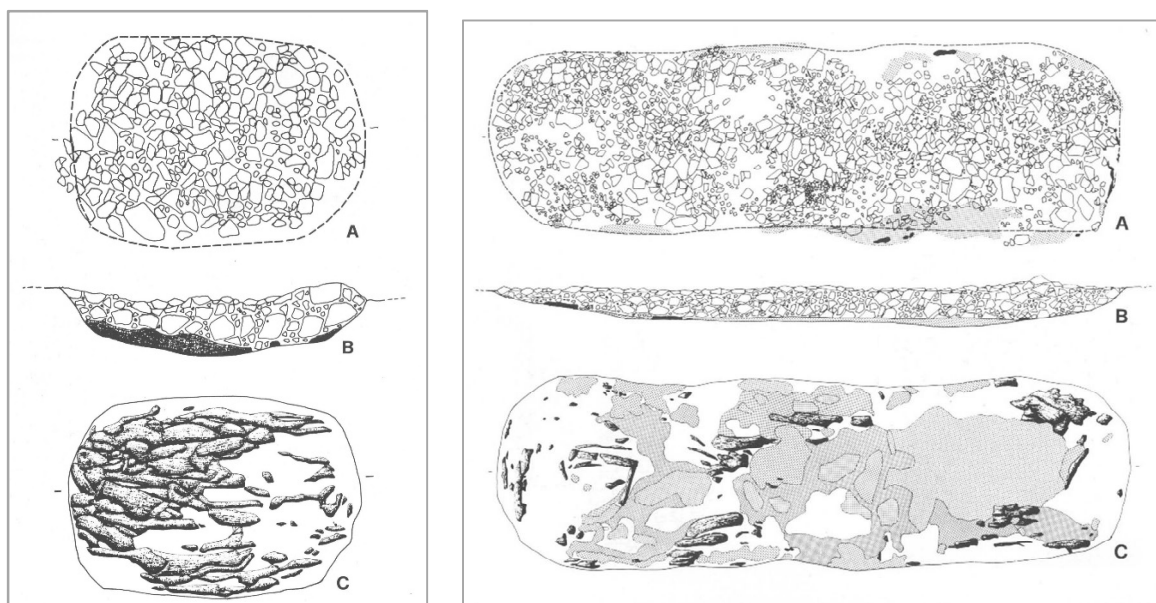


Figura 65: Mileto, a sinistra fossa 2 con in evidenza legname combusto sul fondo e riempimento in pietrame; a destra grande fossa longitudinale con in evidenza il concotto arrossato sul fondo, le travi combuste e la massicciata di riempimento (da Sarti et al. 1991a, figg. 2-3).

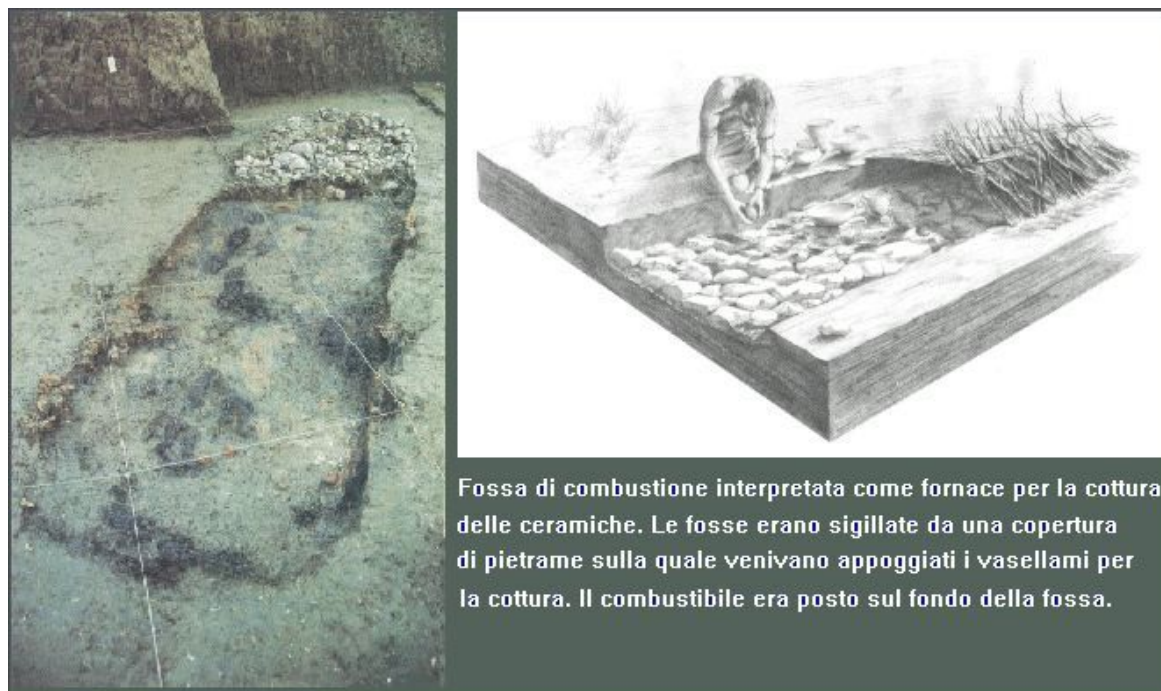


Figura 66: struttura di combustione con riempimento in pietra e ipotesi ricostruttiva del processo di cottura (da Sarti, Martini 1993).

Altre strutture riferibili a questa fase sono localizzate nei siti dell'Italia meridionale Trasano (MA) e Torre Sabea (LE).

A Trasano (MA) (Cremonesi, Guilaine 1983; 1987; Guilaine et al. 1990), dove è presente anche il forno a cupola descritto precedentemente, sono state rinvenute strutture di combustione a fossa colma di pietre sottoposte a riscaldamento con ceneri e carboni, misti a frammenti ceramici e pezzi di intonaco. Una delle fosse era caratterizzata da un suolo con sedimenti arrossati al di sopra del quale vi era un letto di pietre, ciottoli e cocci di cui alcuni alterati dal calore. (Scheda 20b).

Torre Sabea (LE) (Guilaine, Cremonesi 2003) invece ha restituito circa 13 fosse, dai caratteri simili alle precedenti, che si trovavano in un'area delimitata da palizzate che sembrerebbe esser stata destinata ad attività produttive. Si tratta di strutture con riempimento in pietra di piccole dimensioni, di forma subcircolare dalle dimensioni comprese tra 0,70 e 1,00 m e profonde da 15 a 40 cm. (Scheda 23).

Stessa tipologia di struttura è documentata anche nell'isola di Pianosa, a Cala Giovanna. Al margine dell'abitato è stato individuato un gruppo di 5 strutture morfologicamente simili. Sono formate da una fossa circolare di circa un metro di diametro e profonda circa 35-40 cm, riempita di terriccio carbonioso e di frammenti calcinati di roccia calcarea. Alcuni carboni raccolti alla base della fossa hanno fornito una data non calibrata di 6090 ± 40 anni da oggi (Beta-181546), che corrisponde a una età calibrata che permette di inquadrare il sito all'inizio del V millennio a. C. (Ducci, Perazzi 1998) (Scheda 12).

Strutture con riempimento in pietra, di diametro variabile tra i 45 e i 130 cm e profonde tra gli 8 e i 35 cm, sono state rinvenute anche a Grotta San Michele, in Calabria. Come negli

altri casi osservati, il livello inferiore è costituito da carboni e quello superiore da pietre, e il fondo e le pareti possono presentare effetti dell'alterazione termica (**Fig. 67**).

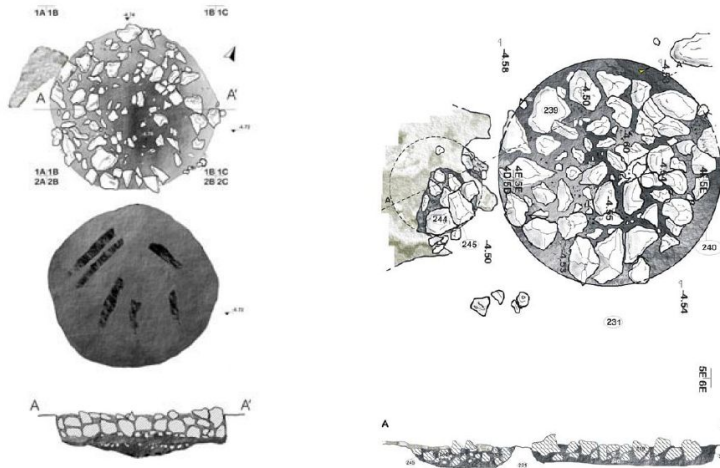


Figura 67: strutture di combustione con carboni e riempimento in pietra rinvenute a Grotta San Michele (da Tinè, Natali 2008, fig. 3).

Strutture con riempimento di piccole dimensioni sono state documentate anche in Sicilia, nel sito di Grangiarà (ME). Una fossetta (A) di forma ellittica, profilo conico, pareti inclinate, fondo concavo, presenta pareti caratterizzate da un rivestimento di argilla dello spessore di 0,11 m di colore giallastro, colorazione dovuta probabilmente all'alterazione termica. Il riempimento è costituito da un fitto cumulo di pietrame e ciottoli di varie dimensioni. Frammenti ceramici provengono dai livelli superficiali assieme a numerosi gusci di conchiglie e molluschi marini bivalvi, schegge e piccole lame di ossidiana, frustoli di carbone. Sul fondo macroresti vegetali carbonizzati: piccoli tronchi disposti trasversalmente e appoggiati verticalmente alla parete e altri grossi frammenti sul fondo, misti a poche pietre di piccole dimensioni. La seconda fossetta è stata rinvenuta a breve distanza dalla prima. Presenta profilo troncoconico e pareti inclinate. Il fondo è piatto. Si nota il rivestimento alle pareti che fa pensare all'applicazione di una sorta di camicia, di colore giallastro e spesso circa 10 cm, con tracce di alterazione termica. Le pietre sono concentrate nella parte mediana del riempimento e sono miste a frustoli di carbone e frammenti ceramici di impasto grossolano e figulina con decorazione dipinta. Presenti anche conchiglie, schegge di ossidiana. Nella parte inferiore della fossetta le pareti presentavano tracce di rubefazione (**Fig. 68**). Sul fondo sono stati rinvenuti grossi frammenti di carboni misti a terreno di colore scuro e cenere (Cannizzaro 2008-2009; Cannizzaro et al 2017).



Figura 68: fosse con riempimento in pietra rinvenute a Grangiarà. Dettaglio del rivestimento in argilla presente alle pareti (da Cannizzaro et al. 2017, figg. 2-3).

Tra il Neolitico medio e quello recente il numero di strutture con riempimento in pietra di grandi dimensioni è attestato in un numero maggiore di siti. A Catignano (PE) (Tozzi 2001; Tozzi, Zamagni 2003a, 2003b) sono state individuate numerose strutture dall'imboccatura subrettangolare, in rari casi subcircolare, con acciottolati e pareti concotte, le cui dimensioni variano da 1,80 m, (le più piccole), ad addirittura 10 m (descritte in Scheda 13 a-q). Si tratta di depressioni poco profonde, al massimo 30 cm (**Fig. 69**). Nel complesso dunque esse presentano caratteristiche comuni ad altre strutture italiane. Sono confrontabili ad esempio in Italia settentrionale con quelle di Mileto, Sant'Andrea di Travo (**Fig. 70**) (Beeching et al. Cds; Pescio et al. 2016)(scheda 8 a-e), Le Mose (Scheda 7 a-c), e in Italia centrale e meridionale Casale del Dolce (Manfredini, Muntoni 2003; Muntoni 2007; Zarattini et al. 2007) (Scheda 16 a-g) e Settefonti (**Fig. 71**) (Radi 1986; 1999; Radi, Danese 2003) (scheda 15). Quest'ultimo è però l'unico sito, in Italia, in cui sono documentate strutture di grandi dimensioni che possono raggiungere anche i 9 metri di diametro.

Confronti oltralpe spesso citati per questo tipo di strutture sono quelli con Villeneuve Tolosane e Saint Michel du Touch (Vaquer 1981), siti inquadrabili nella cultura di Chassey nella valle della Garonna, in Francia. È stato osservato che mentre a Catignano e Sant'Andrea di Travo (Bernabò Brea et al. 1998-1999; 2000; Beeching et al. cds) le strutture di combustione sono poste ad una certa distanza dall'abitato, nei siti francesi sono localizzate al centro del villaggio. Questa organizzazione dello spazio sembra fare riferimento ad una precisa pratica collettiva ben codificata legata all'uso di queste strutture come forni. Le caratteristiche delle pietre che una volta riscaldate non potevano più essere utilizzate è stata messa in relazione con l'abbandono di queste strutture (Tozzi, Zamagni 2003a; Vaquer 1990).



Figura 69: strutture con riempimento in pietra da Catignano, a sinistra Forno 2, e a sinistra ES 10 (da Tozzi, Zamagni 2003a)

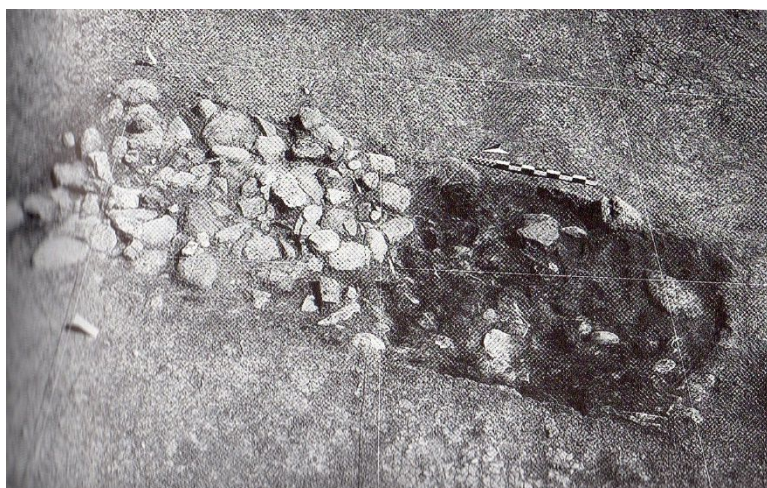


Figura 70: struttura di combustione da Sant'Andrea di Travo (da Bernabò Brea et al 1998)

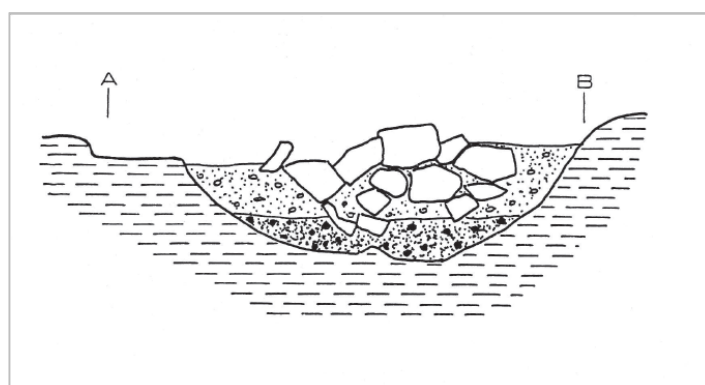


Figura 71: struttura di combustione in fossa da Settefonti. Struttura 9. Strato di cenere e carboni alla base e riempimento con pietre alterate termicamente (da

1.4. Alcune considerazioni sulle strutture a confronto

Nonostante la finalità dell'esame delle evidenze note non fosse rivolta ad un'analisi di tipo crono-tipologico, l'osservazione della distribuzione delle evidenze considerate ha permesso di ricondurre alcune categorie a determinati ambiti sia territoriali sia cronologici. Sulla base dei dati esaminati è possibile fare alcune considerazioni. È emerso ad esempio che la distribuzione delle strutture non è uniforme. Si osserva ad esempio che durante il Neolitico antico le fosse di combustione sembrano essere documentate in Italia settentrionale nei siti di Lugo di Grezzana e Santa Giustina di Baldaria (Salzani 1986; 1990) e sporadicamente in Italia meridionale (Serra di Cristo) (Tunzi et al. 2017). Durante la stessa fase, la categoria dei forni a camera unica è presente in un solo sito dell'Italia settentrionale mentre sono più frequenti nei siti dell'Italia meridionale. I forni a cupola non sembrano essere attestati durante le fasi più tarde del Neolitico.

Una categoria a metà tra i forni e le strutture in fossa è quella dei forni interrati, scavati nel sedimento, che presentano indurimento di fondi e pareti per effetto dell'azione termica del fuoco, come quelli attestati ad esempio a Portonovo.

Le fosse con riempimento in pietra invece sono documentate su tutto il territorio per un arco cronologico abbastanza ampio: nella fase iniziale del Neolitico sono quasi sempre di piccole e medie dimensioni,¹¹ e durante le fasi successive si osserva una loro variazione morfologica e dimensionale, come documentato nei siti di Catignano e S.Andrea di Travo. Rare le attestazioni di strutture in fossa senza riempimento nelle fasi più avanzate: un esempio è documentato a Serra d'Alto durante il Neolitico medio e uno nell'area del mantovano durante quello recente. A Serra d'Alto (Lo Porto 1987), oltre alla fossa di combustione, è presente anche una struttura complessa, un forno a due fosse, che al momento non sembra avere confronti. Tuttavia un forno a due camere è presente a Rivaltella (Tirabassi 1987) ed è interessante osservare che, nonostante le differenze strutturali, entrambe le strutture siano state messe in relazione ad impianti di produzione per ceramica figulina.

Poter dare un'interpretazione funzionale delle strutture appena descritte non è sempre facile sulla base dei dati e delle evidenze disponibili. I forni, di piccole dimensioni, e quelli interrati, sono spesso ricondotti alla preparazione degli alimenti, come il pane, o all'essiccazione di cereali e attività connesse al loro uso, mentre le strutture di combustione, solitamente rinvenute all'esterno delle strutture domestiche, sono state variamente interpretate.

Una destinazione d'uso per la cottura della ceramica è stata proposta anche per le fosse con "*empierrements*" in seguito ad analisi sperimentali condotte sulle strutture attestata a Mileto (Sarti et al. 1991; Cavanna 2001-2002). Nel corso della replica, i ciottoli presenti

¹¹ Sono state considerate di piccole dimensioni le strutture che hanno un diametro inferiore ad 1,50 m; medie quelle comprese tra 1,50 e 3,00; grandi quelle che superano queste misure.

nel riempimento, hanno subito un grado di fessurazione simile a quello delle rocce presenti nelle strutture originarie a temperature comprese tra i 750° e i 900°, confrontabili con quelle raggiunte dalla cottura della ceramica. Si tratta però di un dato raramente confermato dai confronti etnografici che, al contrario, rivelano un uso di questa tipologia di struttura finalizzato alla cottura di alimenti (Soler Mayor 2003; Thoms 2003). Un'interpretazione di questo tipo è quella maggiormente diffusa per le strutture attestate in territorio francese, per le quali è stato proposto un utilizzo per la cottura o essiccazione di alimenti di vario genere (Vaquer 1981; 1990). La diversità morfologica e dimensionale rifletterebbe anche la grande varietà di alimenti che vi erano cotti (Orliac 2003).¹² L'unico elemento comune può essere costituito dal tipo di cottura che queste strutture garantivano: una cottura a vapore risultante dalla chiusura "ermetica" delle fosse. Le caratteristiche strutturali sono dunque considerate strettamente connesse alla funzionalità di queste strutture, la cui finalità è implicita in uno dei termini usati per definirle: *four culinaire à pierre chauffant* (Dron et al. 2003, 381).

Recenti analisi (GC-MS) sulle strutture di combustione con riempimento in pietra di S. Andrea di Travo, presentate nel corso della XLV Riunione Scientifica dell'IIPP tenutasi a Modena (Basso et al. 2000; Pescio et al. 2016), hanno rilevato la presenza di fosfati, acidi grassi e residui proteici conferendo alle strutture esaminate una funzione inequivocabile che sembra dunque confermare le interpretazioni date a questo tipo di evidenze in ambiente francese. Anche per i forni interrati di Portonovo, la presenza di residui cenerosi e la presenza di cariossidi di cereali e orzo è stata proposta un'interpretazione funzionale volta alla preparazione di alimenti (Conati Barbaro 2017).

Come già sottolineato in precedenza (§ 2.2.1) differenze strutturali potrebbero corrispondere a differenze funzionali ma potrebbe esservi casi di multifunzionalità delle strutture (Prevost 2002, 10).

Gli unici forni ricollegabili con maggior certezza ad un uso per la produzione di ceramica sono quelli di Rivalentella e Serra d'Alto che, sebbene tipologicamente diversi sfruttano lo stesso processo di combustione, quella indiretta, garantita tramite l'uso di due camere separate: una per il combustibile, l'altra per la ceramica. Sulla base degli scarti rinvenuti al loro interno sono state messe in relazione alla produzione di ceramica figulina. La presenza a Serra d'Alto di una struttura di combustione in fossa ha fatto ipotizzare una differenziazione funzionale tra queste due categorie attestate: una sarebbe stata destinata alla ceramica d'impasto grossolano e l'altro alla ceramica fine.

Ancora da approfondire resta invece l'interpretazione dei recenti ritrovamenti di alcune strutture nell'area del foggiano (Masseria Pedone e Serra di Cristo), caratterizzate da doppia fossa, che potrebbe alludere a modalità di cottura con separazione della camera di cottura da quella di combustione e rappresenterebbe un'interessante eccezione a quanto

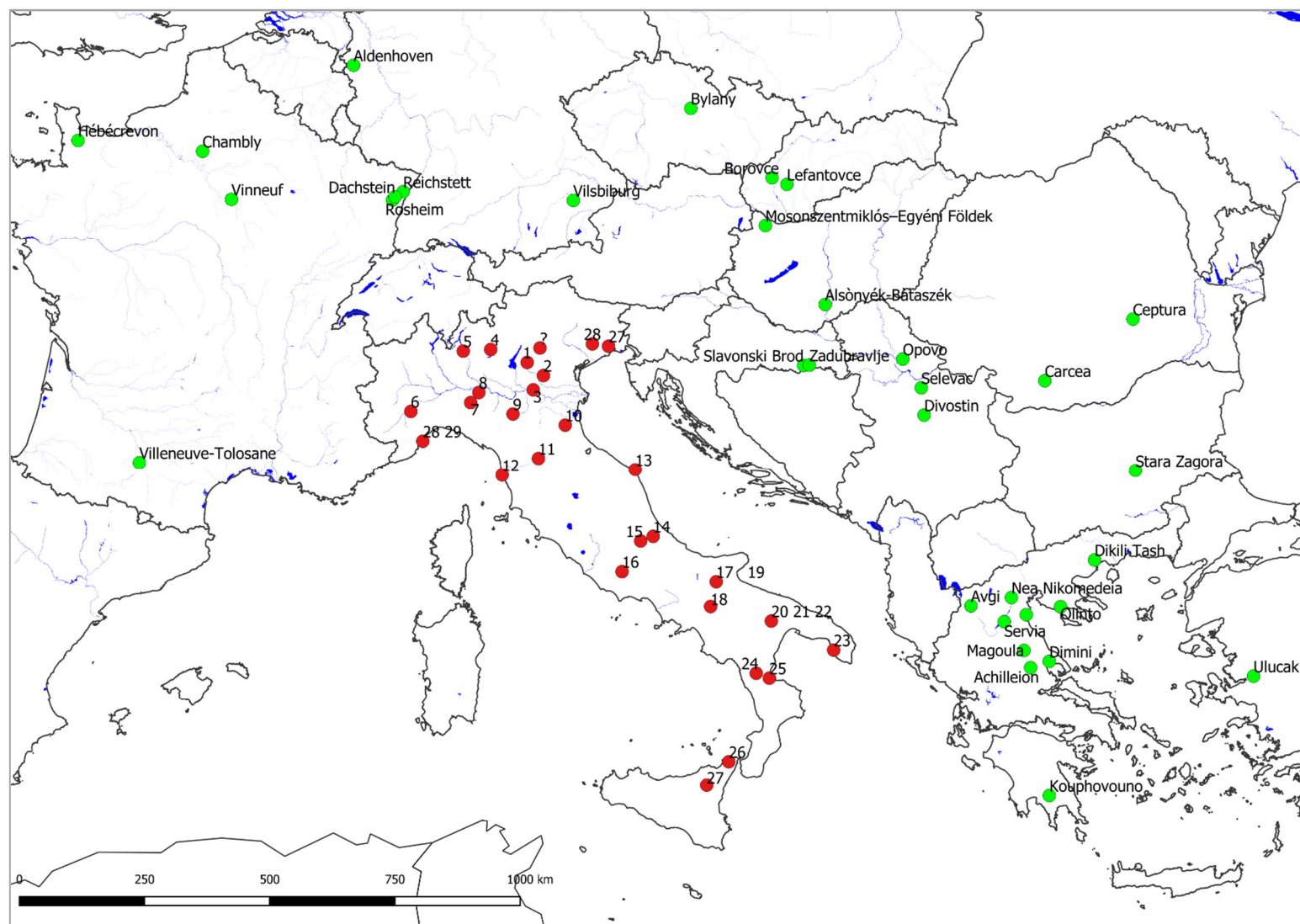
¹² Dai dati etnografici emerge che queste fosse erano usate per specifici alimenti, assenti in territorio europeo.

osservato nella nostra penisola durante il Neolitico antico. Il possibile uso di strutture in fossa semplice per la cottura della ceramica non può essere escluso.

L'esame delle evidenze relative alle strutture di combustione in fossa rinvenute a Lugo di Grezzana permetterà di approfondire quanto conosciuto su questa categoria e valutare, attraverso l'uso dell'archeologia sperimentale, tale ipotesi interpretativa (Capitolo 3).

<i>SITI</i>	Strutture all'aperto in piano	Fosse di combustione	Forni a camera unica	Forni interrati	F. con riempimento con ciottoli/pietre piccoli	F. con riempimento con ciottoli/pietre grandi	Forni a camere separate
<i>Pian del Ciliegio</i>	x						
<i>Lugo di Grezzana</i>		x	?				
<i>Santa Giustina</i>		x					
<i>Colle Cera</i>		x					
<i>Serra di Cristo</i>		x	x				
<i>Masseria Pedone</i>		x	x				x
<i>Ripabianca</i>		x?					
<i>Balze Soprane</i>		x					
<i>Arene Candide</i>					x		
<i>Lugo di Romagna</i>			x				
<i>Ripa Tetta</i>			x				
<i>Favella</i>			x				
<i>Villaggio Olivento</i>			x		x		
<i>Portonovo</i>				x			
<i>Lovere</i>					x		
<i>Alba</i>					x		
<i>Trasano</i>			x		x		
<i>Torre Sabea</i>					x		
<i>Cala Giovanna</i>					x		
<i>Mileto</i>						x	
<i>Le Mose</i>					x		
<i>Ello</i>					x		
<i>Catignano</i>					x	x	
<i>Grotta di S.Michele</i>					x		
<i>Grangiara</i>					x		
<i>Rivaltella</i>							x
<i>Serra d'Alto</i>		x					x
<i>Vallone di Ostiglia</i>		x					
<i>Casale del Dolce</i>		x			x		
<i>Sant'Andrea di Travo</i>					x	x	
<i>Settefonti</i>						x	
<i>Carife</i>						x	
<i>Ripoli</i>			?				
<i>Razza</i>			?				

SITO	Strutture all'aperto	Fosse di combustione	Forni a camera unica	Forni interrati	F. con riempimento con ciottoli/pietre piccoli	F. con riempimento con ciottoli/pietre grandi	Forni a camere separate
<i>Yarimtepe (Iraq)</i>							x
<i>Tell es Sawwan (Iraq)</i>							x
<i>Tell Songor A (Iraq)</i>							x
<i>Ulucak Hoyouk (Turchia)</i>			x				
<i>Achilleion (Grecia)</i>		x	x				
<i>Magoula (Grecia)</i>			x				
<i>Avgi, Kastoria (Grecia)</i>			x				
<i>Nea Nikomedia (Grecia)</i>			x				
<i>Servia (Macedonia)</i>			x				
<i>Kouphovouno, Laconia</i>	x						
<i>Olinto (Grecia)</i>							x
<i>Makrigialos (Grecia)</i>		x					
<i>Palaiokastania</i>							
<i>Dikili Tash (Grecia)</i>			x				
<i>Stara Zagora (Bulgaria)</i>			x				
<i>Ceptura (Romania)</i>		x					
<i>Carcea, Capleni (Romania)</i>				x			
<i>Ariușd (Romania)</i>			x				
<i>Kramolin</i>							x
<i>Damanitsa (Bulgaria)</i>		x					
<i>Mosonzetmıklòs-Egyéni Foldek</i>			x				
<i>Slavonski Brod (Croazia)</i>			x	x			
<i>Zadubravljje (Croazia)</i>				x			
<i>Opovo (Serbia)</i>			x				
<i>Selevac (Serbia)</i>			x				
<i>Divostin (Serbia)</i>			x				
<i>Endrőd (Ungheria)</i>				x			
<i>Alsónyék-Bátaszék (Ungheria)</i>				x			
<i>Borovce (Slovacchia)</i>				x			
<i>Lefantovce (Slovacchia)</i>				x			
<i>Bylani (Rep. Ceca)</i>				x			
<i>Vilsbiburg (Germania)</i>				x			
<i>Aldenohoven (Germania)</i>				x			
<i>Rosheim (Francia)</i>				x			
<i>Reichstett (Francia)</i>				x			
<i>Hébécrevon (Francia)</i>				x			
<i>Vinneufe (Francia)</i>							x
<i>Chambly</i>			x				
<i>Dachstein</i>	x						



Carta di distribuzione dei siti. Il loro numero identificativo corrisponde a quello riportato nella Tab I e nelle schede in database.

Scheda	Sito	Categoria	Forma	Dimensioni...	Min	Profo...	Pareti	Fondo	Attribuzione culturale	Bibliografia
1a	Lugo di Grezzana	Fosse di combustione	subcircolare	m 1,45	1,27	53	verticali	piatto	Fiorano	Cavulli F. 2008b.
1b	Lugo di Grezzana	Fosse di combustione	subquadrangolare	m 1,70	1,50	28	verticali	piatto	Fiorano	Inedita
1c	Lugo di Grezzana	Fosse di combustione	subquadrangolare	m 2,10	1,55	25	verticali	piatto	Fiorano	Inedita
1d	Lugo di Grezzana	Fosse di combustione	subcircolare	m 0,85		25	verticali	concavo	Fiorano	Inedita
1e	Lugo di Grezzana	Fosse di combustione	circolare	m 1,28	1,15	27	verticali	concavo	Fiorano	Inedita
1	Lugo di Grezzana	Fosse di combustione	subquadrangolare	m 2,80		27	subverticali	concavo	Fiorano	Pedrotti, Salzani 2010 (fig. 4); Cavulli 2008b:223).
1f	Lugo di Grezzana	Forno?							Fiorano	Cavulli F. 1999-2000:257.
2a	Santa Giustina di Baldaria	Fosse di combustione	subcircolare	m 1,24	1,14	0,34		concavo	Cultura di Fiorano	Salzani 1986; 1990. Pangrazzi 2001-2002.
2b	Santa Giustina di Baldaria	Fosse di combustione	subcircolare	m 1,11	0,97	0,25	inclinate	concavo	Cultura di Fiorano	Salzani 1986; 1990. Pangrazzi 2001-2002.
3	Vallone di Ostiglia	Fosse di combustione	circolare	m 1,00	1,00	cm 65		concavo	cultura di Lagozza con	De Marinis 1990; Cavulli F. 2000; Pessina A., Tinè
3a	Vallone di Ostiglia	Fosse di combustione	circolare	m 1,05		cm 70		piatto	cultura di Lagozza con	De Marinis 1990; Cavulli F. 2000; Pessina A., Tinè
4	Ello	F. con "Empierrements"	subquadrangolare	m 3,00	2,00				vbq I	Lorenzi J. 1990
5	Lovere	F. con "Empierrements"	subcircolare	m 1,20		cm 40			Gruppo del Vhò	Poggiani Keller R. 1999.
6	Alba, Loc. Borgo Moretta	F. con "Empierrements"	circolare	m 1,00		cm 60	verticali	concavo	Gruppo del Vhò/Ceramica	Venturino Gambari 1995:70; Venturino Gambari et
7	Le Mose	Forni	subcircolare						VBQ II	Bernabò Brea, Carini 2003; Bernabò Brea et al.
7a	Le Mose	F. con "Empierrements"							VBQII	Maffi M., Frasca A. 2009
7b	Le Mose	F. con "Empierrements"		m 2,4	1,2				VBQ II	Maffi M., Frasca A. 2009
7c	Le Mose	F. con "Empierrements"	subcircolare				verticali		VBQ I	Maffi M., Frasca A. 2009
8	Sant'Andrea di Travo	F. con "Empierrements"		1,50	0,80				CHASSEY-LAGOZZA	Bernabò Brea, Castagna, Occhi 1998-99; 2000.
8a	Sant'Andrea di Travo	F. con "Empierrements"	subcircolare	m 1,00	0,70	cm 10			CHASSEY-LAGOZZA	Bernabò Brea et al. 1998-1999.
8b	Sant'Andrea di Travo	F. con "Empierrements"	subcircolare	m 1,30		cm 20			CHASSEY-LAGOZZA	Bernabò Brea et al. 1998-1999.
8c	Sant'Andrea di Travo	F. con "Empierrements"	subcircolare	m 0,75	0,60	cm 20			CHASSEY-LAGOZZA	Bernabò Brea et al. 1998-1999.
8d	Sant'Andrea di Travo	F. con "Empierrements"	subrettangolare	1,10	0,70	10	verticali		CHASSEY-LAGOZZA	Bernabò Brea et al. 1998-1999.
8e	Sant'Andrea di Travo	F. con "Empierrements"							Chassey - Lagozza	Trombino L., Pescio S., Beeching A., Bernabò
9	Rivaltella	Forni	?						VBQ I	Chierici 1874 (fig. 2); Tirabassi 1987;Pessina A.,
10	Fornace Gattelli	Forni	subrettangolare	m 1,25	1,10				Cultura di Fiorano	Degasperi et al. 1991-92; 1996; Degasperi, Ferrari,
11	Mileto	F. con "Empierrements"	subquadrangolare	m 2,10	0,92	cm 35	Verticali	piatto		Sarti L., Martini F., Pallecchi P. 1991b.
11a	Mileto	F. con "Empierrements"	subquadrangolare	m 1,20	0,80	cm 30	verticali	piatto		Sarti L., Martini F., Pallecchi P. 1991b. (fig. 2)
11b	Mileto	F. con "Empierrements"	subquadrangolare	m 4,10	1,20	cm 20	verticali	piatto		Sarti L., Martini F., Pallecchi P. 1991b (fig. 3).
12	Cala Giovanna	F. con "Empierrements"	circolare	m 1,00		35-40			ceramica a linee incise e	Ducci S., Perazzi P. (1998), Una testimonianza del

Scheda	Sito	Categoria	Forma	Dimension...	Min	Profo...	Pareti	Fondo	Attribuzione culturale	Bibliografia
13	Portonovo	Forni	ovale - subcircolare						Cultura delle ceramiche	Conati Barbaro 2013, 2014
14a	Catignano	F. con "Empierrements"	subquadrangolare						Ceramica Impressa e lineare	Tozzi - Zamagni 2003 (fig. 53)
14i	Catignano	F. con "Empierrements"	subquadrangolare	m10,00	2,50				Ceramica Impressa e lineare	Tozzi - Zamagni 2003 (Tav. VI b)
14c	Catignano	F. con "Empierrements"	subquadrangolare	m 5,50	2,00	cm 60		piatto	Ceramica Impressa e lineare	Tozzi - Zamagni 2003 (figg. 44-45)
14e	Catignano	F. con "Empierrements"	subquadrangolare	m 4,00	2,00	cm 50		piatto	Ceramica Impressa e lineare	Tozzi - Zamagni 2003 (fig. 42)
14f?	Catignano	F. con "Empierrements"	subrettangolare						Ceramica Impressa e lineare	Tozzi - Zamagni 2003b (fig. 3).
14g	Catignano	F. con "Empierrements"	quadrangolare	m1,80	1,70	cm 30			Ceramica Impressa e lineare	Tozzi - Zamagni 2003 (fig. 4)
14h	Catignano	F. con "Empierrements"	subrettangolare						Ceramica Impressa e lineare	Tozzi - Zamagni 2003 (figg. 49-50; Tav. VI)
14l	Catignano	F. con "Empierrements"	subquadrangolare	m 2,50	1,60	cm 30		piatto	Ceramica Impressa e lineare	Tozzi - Zamagni 2003 (figg. 46-47)
14m	Catignano	F. con "Empierrements"	subquadrangolare	m 2,50	1,60	cm 20		piatto	Ceramica Impressa e lineare	Tozzi - Zamagni 2003 (figg. 46-47)
14n	Catignano	F. con "Empierrements"	ovale	m 2,00	1,20	max cm				Tozzi - Zamagni 2003 (fig. 48)
14o	Catignano	F. con "Empierrements"	ovoidale	m 2,00	1,50	cm 15				Tozzi - Zamagni 2003 (fig. 21)
14p	Catignano	F. con "Empierrements"	subquadrangolare	m 6,00	2,50	cm 20				Tozzi - Zamagni 2003 (fig. 51) (figg 7, 9, 13c, 51.
14q	Catignano	F. con "Empierrements"		m2,20	0,90	pochi cm				Tozzi - Zamagni 2003 (fig. 52)
14d	Catignano	F. con "Empierrements"		m 5,50	1,50					Tozzi - Zamagni 2003
14b	Catignano	F. con "Empierrements"		m3,60	1,00					Tozzi - Zamagni 2003
14a	Settefonti	F. con "Empierrements"	subrettangolare	m 7,00	1,10	30			Ripoli	Radi 1986-1987.
14a	Settefonti	F. con "Empierrements"	rettangolare	m 8,00	80	40	incline		Ripoli	Radi 1986-1987.
15	Casale del Dolce	Fosse di combustione	rettangolare	2,60	1,60	30			Ripoli Tardo (V-inizi IV) e	Manfredini, Muntoni 2003; Muntoni2007.
15	Settefonti	F. con "Empierrements"	subrettangolare	m 9,00	1,30	30			Ripoli	Radi 1986-1987.
16a	Casale del Dolce	Fosse di combustione	rettangolare	1,20					Ripoli Tardo (V-inizi IV) e	Manfredini, Muntoni 2003; Muntoni2007.
16b	Casale del Dolce	F. con "Empierrements"	ellittica	1,70	1,20		verticali		Ripoli Tardo (V-inizi IV) e	Manfredini, Muntoni 2003; Muntoni2007.
16c	Casale del Dolce	F. con "Empierrements"	ellittica	2,05	1,60		verticali		Ripoli Tardo (V-inizi IV) e	Manfredini, Muntoni 2003; Muntoni2007.
16d	Casale del Dolce	F. con "Empierrements"	subquadrangolare	2,60	1,50		verticali		Ripoli Tardo (V-inizi IV) e	Manfredini, Muntoni 2003; Muntoni2007.
16e	Casale del Dolce	F. con "Empierrements"	ellittica	1,60	1,30		verticali		Ripoli Tardo (V-inizi IV) e	Manfredini, Muntoni 2003; Muntoni2007.
16f	Casale del Dolce	F. con "Empierrements"	ellittica	1,50			verticali		Ripoli Tardo (V-inizi IV) e	Manfredini, Muntoni 2003; Muntoni2007.
16g	Casale del Dolce	F. con "Empierrements"	subrettangolare	2,60	2,30		verticali		Ripoli Tardo (V-inizi IV) e	Manfredini, Muntoni 2003; Muntoni2007.
17	Ripa Tetta	Forni a volta di terra	circolare	m 1,00				convesso	Cultura della ceramica	Tozzi 1985; 2001. 2003; Tozzi, Tasca 1989;
17a	Serra di Cristo	Forni, fosse bilobate	sub circolari						Guadone	Tunzi 2015
17b	Masseria Pedone	Forni, fosse allungate	subellittica	2,60 x 0, 76					Guadone	Tunzi et al. 2017
17 c	Masseria Pedone	Forni, fosse allungate	subellittica	2,76x0,80					Guadone	Tunzi et al. 2017

17d	Masseria Pedone	Forni	circolare	0,80					Guadone	Tunzi et al. 2017
17e	Masseria Pedone	Forni	circolare	2,20					Guadone	Tunzi et al. 2017
17f	Masseria Pedone	Forni, piastra/fornello?	circolare	0,90					Guadone	Tunzi et al. 2017
18	Carife	F. con "Empierrements"	subrettangolare						cultura di Diana	Tozzi - Motella De Carlo
20a	Trasano	Forni	Circolare	m 1	1			piano	ceramica impressa e dipinta	Guilaine et al. 1990
20b	Trasano	F. con "Empierrements"							ceramica impressa e dipinta	Cremonesi G., Guilaine J. 1983; 1987 (fig.1);
21	Serra d'Alto	Forni (a camere separate)		m 1,10		1,80		concavo		Lo Porto 1989; Pessina A., Tinè V. 2008.
21a	Serra d'Alto	Fosse di combustione	circolare	m 1,40		50	Inclinate	concavo		Lo Porto 1989; Pessina A., Tinè V. 2008.
22	Villaggio Olivento	Forni	circolare							Bianco, Cipolloni Sampò 1987. Pessina A., Tinè V.
22a	Villaggio Olivento	F. con "Empierrements"								Bianco, Cipolloni Sampò 1987. Pessina A., Tinè V.
23	Torre Sabea	F. con "Empierrements"	subcircolare	m 1,00	0,70	20				Guilaine, Cremonesi 2003; Pessina A., Tinè V.
24	Grotta di San Michele	Fosse di combustione	subcircolare				verticali	concavo	Serra d'Alto	Pessina A., Tinè V. 2008. Tinè V., Natali E., 2008,
25	Favella	Forni a volta di terra	subellittica						Ceramica impressa	Tinè V. 2010.
26	Grangiara	Fosse di combustione	ellittica	m 1,10	0,90	cm 68	inclinate	concavo		Cannizzaro F., tesi inedita.
26a	Grangiara	Fosse di combustione	subcircolare	m 1,17	0,95	cm 70				Cannizzaro Francesca, tesi inedita.
26b	Grangiara	F. con "Empierrements"	subcircolare	m 0,70	0,45	cm 20				Cannizzaro F., tesi inedita.
27	Bronte	Forni	fossa bilobata						cultura di Diana	Palio et al. 2017
28	Pian del Ciliegio	struttura a cielo aperto							VBQ .1, 2	Dal Lucchese 2009
29	Arene Candide	F. con "Empierrements"							aspetto cardiale	Rossi et al.cds
30	Colle Cera	Fossa di combustione		2,80	2,20	3,20				Colombo 2014
31	Ripabianca	Fossa di combustione		10	8					Lollini 1991
32	Razza?	Forni								Tirabassi 1987
33	Ripoli?	Forni								Grifoni Cremonesi 1990

Tabella 1: Elenco siti con caratteri morfologici e dimensionali e bibliografia di riferimento.

Sito	Regione	Tipo struttura	N.	Datazione	Bibliografia
Catignano	Abruzzo	fosse combustione	24	Str. 7a 6480±70 BP, 5560-5310 a.C. cal 2 σ; 6410±70 BP, 5490-5220 a.C. cal 2 σ; Str. 3 6330±70 BP, 5480-5200 a.C. cal 2 σ; Str. 1 6120±70 BP, 5230-4840 a.C. cal 2 σ; area D 6290±40 BP, 5370-5200 a.C. cal 2 σ	Tozzi, Zamagni 2003a, 2003b
Settefonti	Abruzzo	fosse combustione	3	struttura 6: Rome 401 5470±75 BP, 4460-4220 a.C. cal 2 σ; struttura A: Rome 402 5350±75 BP, 4340-4030 a.C. cal 2 σ	Radi, Danese 2003
Fonti San Callisto	Abruzzo	fosse di combustione	4	5490±70BP, 4500-4220 a.C. cal 2 σ	Radi 1986-1987
Colle Cera	Abruzzo	fossa combustione profonda	1	Str.11-P111- Tg 2 LTL5000A 6149±45BP, 5220 -4960 a.C. cal 2 σ; Str.11-O109-Tg 23 LTL 5901A 6158±55BP, 5230-4940 a.C. cal 2 σ	Colombo 2014
Trasano	Basilicata	forni in argilla, fosse combustione	2 + 2	couches 2 infer. TAN 88067 6950±130, 6060-5620 a.C. cal 2 σ; TAN 88313 6790±120, 5910-5480 a.C. cal 2 σ; 6830±190, 6100-5350 a.C. cal 2 σ	Grifoni 1996; Radi 2002, Guilaine, Cremonesi 1992
Rendina	Basilicata	forno, focolari	1	fase Rendina III	Cipolloni Sampo 1977-1982
Olivento	Basilicata	forno in argilla	1	fase avanzata ceramica impressa	Cipolloni 1995
Favella	Calabria	forno in argilla	1	varie strutture datate tra 7003±55 (5990-5750 a.C. cal 2 σ) e 6793±40 (5740-5620 a.C. cal 2 σ)	Tiné 2009; Mastrantuono 2009
Aia di Cappelletta	Campania	fosse di combustione	7	str. C/4 US0140 Rome 5910±70 BP, 4980-4600 a.C. cal 2 σ; str. a/6 uS130 Rome 626 5895±70 BP, 4950-4580 a.C. cal 2 σ; str. C/3 US140 Rome 622 5850±70 BP, 4900-4530 a.C. cal 2 σ; str. A/2 US0130 Rome 625 5800±70 BP, 4800-4480 a.C. cal 2 σ; str. 4 US3 Rome 547 5785±70 BP, 4790-4460 a.C. cal 2 σ; str. B/5 US0120 Rome 623 5700±70 BP, 4710-4440 a.C. cal 2 σ; str. 4 US3 Rome 546 5660±70 BP, 4690-4350 a.C. cal 2 σ; str. B/7 US1020 Rome 624 5635±70 BP, 4620-4340 a.C. cal 2 σ	Tozzi, Motella De Carlo 2005
Lugo di Romagna Fornace Gattelli	Emilia Romagna	forno in argilla, focolare	1+1	Bln 3370 6.170±50BP, 5230-4980 a.C. cal 2 σ; R2746 6.161±39BP, 5220-5000 a.C. cal 2 σ; R2747 6.626±110BP, 5730-5360 a.C. cal 2 σ; R2748 6.585±87BP, 5670-5370 a.C. cal 2 σ	Degasperi <i>et al.</i> 1996, 1998
S. Andrea di Travo Rivalentella Cà Romen- sini	Emilia Romagna	fosse combustione, focolari	19 + 5	Hd-23016 5305±26 BP, 4240-4040 a.C. cal 2 σ; Hd-23013 5274±25 BP, 4190-3990 a.C. cal 2 σ; US 84: Hd-23015 5126±25 BP, 3880-3800 a.C. cal 2 σ	Bernabò Brea <i>et al.</i> 1998-99, Visentini <i>et al.</i> 2004
	Emilia Romagna	fornaci	2	I-12519 6070 ± 110 BP, 5300-4700 a.C. cal 2 σ	Tirabassi 1987, 1998
Casale del Dolce	Lazio	fosse di combustione, focolari	19+2	Area A focolare vicino alla capanna A, Beta 95263 6810±130BP, 5930-5490 a.C. cal 2 σ; Area A struttura B fossa combustione 6270±70 BP, 5380-5030 a.C. cal 2 σ; Area G US1 struttura di combustione 6010±70 BP, 5070-4720 a.C. cal 2 σ	Zarattini, Pettrassi 1997, Muntoni 2007; Zarattini <i>et al.</i> 2007, Lugli 2007
Vallona di Ostiglia	Lombardia	fosse combustione (forni interrati?)	2	Neolitico tardo - Lagozza	De Marinis 1989
Portonovo	Marche	forni interrati	18	forno 5 6500 ±50 BP, 5560-5350 cal. a.C. 2σ; forno 5-sepolura 6418±50 BP, 5480-5310 a.C. cal 2 σ; forno 14 6555±45 BP, 5620-5460 a.C. cal 2 σ	Conati Barbaro 2013, Conati Barbaro <i>et al.</i> 2013
Ripabianca	Marche	forno interrato	1	R-598 6210±75 BP, 5330-4960 cal. a.C. 2σ; R-598a 6140±70 BP 5230-4900 cal. a.C. 2σ; R-599a 6260±85 BP 5390-4990 cal. a.C. 2σ.	Lollini 1991
Ello	Piemonte	fossa combustione, focolare	1+1	Fase VBQ I	Lorenzi 1990, 2002
Alba	Piemonte	fossa combustione, focolare	1+1	Fossa: GX 20845 6030±80 BP, 5080-4720 cal. a.C. 2σ, GX 20652 5880±100, 5000-4500 cal. a.C. 2σ. Focolare: GX 20844 5110±75 BP, 4050-3700 cal. a.C. 2σ; GX 20651 4785±90 BP, 3720-3360 cal. a.C. 2σ	Venturino Gambari, Davite 1995
Ripa Tetta	Puglia	forni in argilla, fosse combustione	2	6890±60 BP, 5910-5660 cal. a.C. 2σ	Tozzi 2002
Torre Sabea	Puglia	fosse combustione	13	6960±130 BP, 6070-5620 cal. a.C. 2σ	Guilaine, Cremonesi 2003
Mileto	Toscana	fosse combustione	3	Beta 44114 6180±80 BP, 5320-4930 cal. a.C. 2σ; Beta 44115 6100±80 BP, 5230-4790 cal. a.C. 2σ	Sarti <i>et al.</i> 1991; Sarti, Martini 1993
La Scola-Pianosa	Toscana	forni interrati?	?	neolitico?	Ducci, Perazzi 2002
Cala Giovanna-Pianosa	Toscana	fosse combustione focolare	5+1	LTL 1153A: 6200 ± 70 BP; 5320-4980 cal. a.C. 2σ struttura di combustione quadrati O/P 20/21; Beta 181546: 6090 ± 40 BP; 5210-4980 cal. a.C. 2σ struttura di combustione esterna; LTL 1778A: 5877 ± 55 BP; 4900-4590 cal. a.C. 2σ struttura di combustione quadrati M/N 22/23.	Colombo, Tozzi 2007

Tabella 2: datazioni calibrate riferite ai principali siti esaminati (da Conati Barbaro 2014, fig. 3).

CAPITOLO 3

Il caso studio: le strutture di combustione in fossa nell'abitato neolitico di Lugo di Grezzana (VR)

3.1. Inquadramento geografico

Il sito è ubicato in località Campagne di Lugo, a nord dell'abitato di Grezzana (VR), nella media Valpantena, in una valle di origine alluvionale orientata N-S, nel punto in cui questa si biforca dando luogo al Vajo dell'Anguilla e al Vajo dei Falconi (**Fig. 1**).

Situato su un terrazzo fluviale del Torrente Prognò, a ca. 300 m s.l.m., ai piedi dei Monti Lessini, importante area di approvvigionamento della selce, in un territorio caratterizzato da dorsali collinari che, staccandosi dal vasto e articolato altopiano centrale, si immergono nei depositi alluvionali di pianura. Il sito si trova dunque in prossimità di zone boschive (il toponimo Lugo deriva infatti dal latino *Lucus* – bosco) che ricoprono i versanti della vallata; a sud presenta un facile accesso alle pianure di fondovalle e dispone, sui versanti più elevati, di grandi superfici prative e da pascolo.

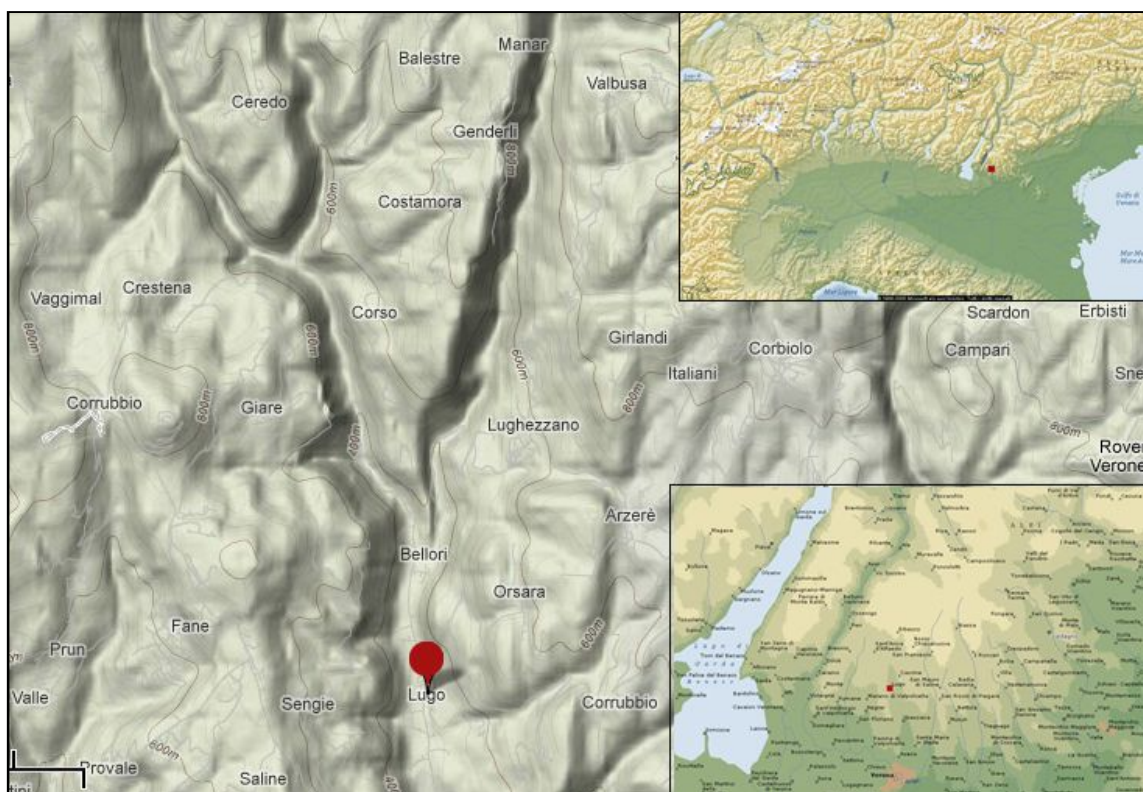


Figura 1: Localizzazione di Lugo di Grezzana ©Google Maps

Il territorio rientra nella fascia prealpina veronese, in una zona di raccordo tra pianura padana e catena alpina e presenta dunque specifiche differenziazioni climatiche e ambientali che variano a seconda dell'altitudine e sono raggruppabili in tre fasce principali: quella dell'ambiente alto montano degli alti pascoli (Lessinia propriamente detta), caratterizzata da clima temperato-freddo, precipitazioni massime di 2000 mm annui, boschi misti di abete rosso, faggio e abete bianco, larice, con fauna varia; quella delle fasce pedemontane e le valli più strette, caratterizzata da un clima temperato umido, una copertura vegetale dominata da orno-ostrieti (orniello e carpino nero), acero-frassineti e da boschi ripariali lungo i corsi d'acqua; quella che comprende il fondovalle e le fasce collinari, con clima sub-oceanico con influssi mediterranei, con aree di coltivi alternate a boschi di castagneti e querceti (tra i 200 m e gli 800 m di quota). Più della metà della copertura arborea dell'area veronese dei Lessini è costituita da boschi di orniello e carpino nero, piante sfruttate per l'alto rendimento calorifico che costituiscono le specie maggiormente rappresentate anche nel sito di Grezzana (**Tab. 1**).

categorie forestali	ha	%
Aceri-frassineti e aceri-tiglieti	10,3	0,0
Arbusteti	418,6	1,7
Betuleti	12,4	0,0
Castagneti e rovereti	1800,0	7,2
Faggete	5723,4	22,9
Formazioni antropogene	2653,8	10,6
Lariceti e larici-cembreti	3,6	0,0
Mughete	118,0	0,5
Orno-ostrieti e ostrio-querceti	14008,0	56,1
Peccete	185,3	0,7
Querceto-carpineti e carpineti	7,4	0,0
Saliceti e altre formazioni riparie	43,1	0,2
tot.	24983,9	100,00

categorie	Grezzana	
	ha	%
Aceri-frassineti e aceri-tiglieti	0,00	0,00
Arbusteti	38,17	0,77
Betuleti	0,00	0,00
Castagneti e rovereti	97,27	1,96
Faggete	0,31	0,01
Formazioni antropogene	154,46	3,12
Lariceti e larici-cembreti	0,00	0,00
Mughete	0,00	0,00
Orno-ostrieti e ostrio-querceti	1995,13	40,27
Peccete	0,00	0,00
Querceto-carpineti e carpineti	0,00	0,00
Saliceti e altre formazioni riparie	1,21	0,02
tot.	2286,54	46,15

Tabella 1: Copertura arborea nei Lessini veronesi e a Grezzana espressa in ha (tratto dal Piano di gestione ZPS IT 3210006 –Regione Veneto)

Sebbene la componente faunistica sia compromessa da fattori di natura antropica che hanno anche modificato le caratteristiche morfologiche del territorio, nelle zone di margine boschivo sono ancora presenti ungulati come il capriolo e il cervo mentre il camoscio è presente a quote più alte.¹

Il territorio, molto diversificato dal punto di vista vegetazionale e climatico, offriva sicuramente un ottimo potenziale e rappresentava verosimilmente, l'*habitat* ideale per un numero di specie più vario, molte delle quali dovettero probabilmente suscitare l'interesse venatorio delle antiche comunità che abitavano il territorio.

¹ PAT (Piano di Assetto del Territorio), Comune di Grezzana. Piano di sviluppo 2007-2011 - Comunità montana della Lessinia.

Per quanto riguarda la piovosità, la zona in esame è interessata da precipitazioni, che variano a seconda dell'altitudine e oscillano tra gli 800 mm ai 2000 mm annui. Le temperature medie annuali nell'area di Lugo di Grezzana sono invece di circa 12-13 gradi e la piovosità registrata di 865 m.²

Il sistema idrografico dei Monti Lessini appare profondamente interessato da fenomeni carsici che non sembrano però avere ripercussioni sulla morfologia del territorio, condizionata dall'assetto tettonico e dalle caratteristiche litologiche delle formazioni rocciose. Tale fenomeno è dovuto alla presenza di fratture e faglie che drenano l'acqua verso le porzioni più profonde del massiccio lessineo, la quale riaffiora in corrispondenza di strati caratterizzati da una minore permeabilità.

Un fenomeno di questo tipo interessa anche il torrente Valpantena che appare contraddistinto per la maggior parte dell'anno da una modesta portata.

Tutto il territorio derivante da terreni alluvionali si presenta però ricco di falde acquifere mentre nelle zone di contatto tra terreni a diversa permeabilità si localizzano le sorgenti più importanti.³

Nel complesso dunque il territorio, sebbene in passato dovesse avere caratteristiche diverse, deve aver esercitato una notevole attrattiva sui gruppi che, sin dal Neolitico, decisero di stanziarvisi, sia per le favorevoli condizioni climatiche, sia per le caratteristiche ambientali ed economiche ma soprattutto per la posizione in corrispondenza di importanti vie d'accesso verso le zone di approvvigionamento di materie prime come la selce.

3.2. Inquadramento stratigrafico e culturale

A partire dagli anni Novanta il sito, individuato in seguito ad opere di sbancamento effettuate dalla Lessinia Graniti e dal Consorzio Marmisti, è stato oggetto di ricerche sistematiche condotte dalla Soprintendenza per i Beni Archeologici del Veneto che hanno permesso di mettere in luce un vasto abitato del Neolitico antico, attribuibile alla cultura di Fiorano (Salzani 1993; Moser 1994-95; 2000; Pedrotti 2015).

Come evidenziato dalle datazioni al radiocarbonio e dallo studio dei reperti ceramici l'insediamento sembra esser stato interessato da una lunga occupazione che si estende su un arco cronologico che va dalla metà del VI millennio agli inizi del V millennio a. C. cal. (Improta, Pessina 1998; Pedrotti 2015).

Le indagini condotte nel sito, compromesso dalle opere di sbancamento di cui è stato oggetto, sono state limitate, fino al 1996, a piccoli sondaggi (settori I-IX).

² I dati pluviometrici si riferiscono a rilevazioni effettuate dal 1992 al 2007 (Piano di gestione ZPS IT 3210006 – Regione Veneto).

³ Dati tratti dal piano di gestione sopra indicato.

Dal 1996 la Soprintendenza per i Beni Archeologici del Veneto è stata affiancata nelle ricerche dal Dipartimento di Scienze Filologiche e Storiche dell'Università degli Studi di Trento, sotto la direzione del dott. Luciano Salzani e della Prof.ssa Annalisa Pedrotti.

Dal 1998 è stata aperta ed indagata, con campagne di scavo annuali, una vasta area di ca. 500 m², corrispondente alla parte centrale del deposito (settore X).

Nel corso del 1999, le indagini condotte nell'area centrale superiore della conoide hanno messo in luce diverse strutture abitative. Tra queste di notevole rilevanza è la trincea di fondazione per la posa di una palizzata lignea, indagata per circa 29 m di lunghezza, profonda circa 1 m e alla quale sembrano associati riti di fondazione (Cavulli, Pedrotti 2002).

Altre evidenze di notevole importanza per lo studio delle strutture abitative del Neolitico antico in Italia settentrionale (Cavulli, Pedrotti 2003; Cavulli 2008) sono pertinenti a una capanna, focolari, strutture di combustione infossate e concentrazioni di buche di palo. Sono state inoltre identificate aree di scheggiatura e lavorazione della selce che hanno fatto propendere per un'interpretazione che vede in questo insediamento, un sito di lavorazione in prossimità della maggiore fonte di approvvigionamento dell'area (Battisti 2000-2001; Moser 1995/96).

Nel corso del 2002 è stato indagato il settore XII, mentre, ulteriori ricerche condotte tra l'autunno del 2003 e l'inverno del 2005, hanno permesso di ultimare l'indagine del deposito, estesa anche ai settori XIII e XVI, e di approfondire la conoscenza della sequenza stratigrafica di Lugo (**Fig. 2**).⁴

Dall'inizio delle ricerche il panorama delle conoscenze su Lugo di Grezzana si è notevolmente arricchito, grazie a un'intensa attività di scavo e di studio non solo di materiali ceramici, industria litica, materiale concotto ma anche delle evidenze stratigrafiche (Angelucci 2002-2003; Battisti 2000-2001; Cavulli 1999-2000; 2003; 2008; Cavulli Pedrotti 2002; Fronza 2003-2004; Pedrotti et al. 2000; 2010; Miorelli 1998-99; Moser 1994-95, 2000; Zanoni 2003-2004.).

Specifiche analisi effettuate da Diego Angelucci forniscono nuovi dati sulla successione stratigrafica e sul deposito archeologico di Lugo di Grezzana dal punto di vista geologico, pedologico e geomorfologico (Cavulli et al. 2002; Angelucci 2003;).

L'area è definibile morfologicamente e stratigraficamente come una conoide di deiezione: suddividibile in settore prossimale, mediano e distale che insiste su un terrazzo di origine alluvionale (Cavulli 1999-2000: 17).

⁴ I dati di scavo acquisiti nel corso delle campagne condotte dal 1991 al 2004 sono stati analizzati ed elaborati nella tesi di Cavulli F. (1999-2000) e nel suo volume "Abitare il Neolitico" (2008b) mentre, quelli relativi ai settori XII-XVI sono ancora in corso di elaborazione.

La parte della conoide che ha maggiormente preservato i resti dell'abitato corrisponde a quella mediana: i margini del deposito, infatti, sia a monte che a valle, appaiono fortemente erosi.

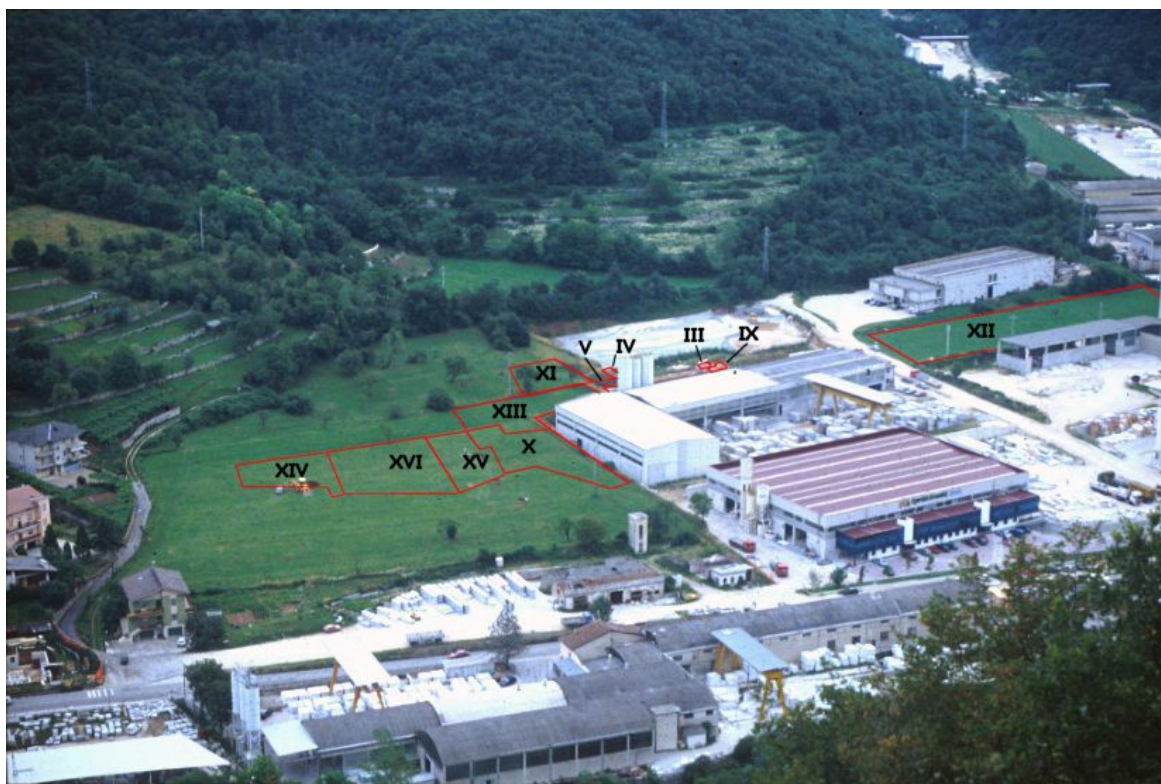


Figura 2: abitato di Lugo e settori di indagine (da Pedrotti et al. 2015).

La forte erosione dei suoli è stata attribuita da Cremaschi ad un declino delle condizioni climatiche che avrebbe caratterizzato la fase più recente dell'Olocene (Subboreale) (Cremaschi 1996:224). L'innescarsi di fenomeni simili durante l'occupazione neolitica del sito potrebbe essere attribuibile, oltre che a fattori climatici, anche a fattori antropici da mettere in relazione con una deforestazione dei versanti su vasta scala (Cavulli 1999-2000:6; Cavulli et al. 2002:104) che potrebbe esser stata forse effettuata per ricavare spazi più adatti ad un'economia agricola (Pedrotti, Salzani 2010:93).

Sono stati riconosciuti tre complessi colluviali postinsediativi da cui provengono materiali attribuibili al pieno Neolitico, al post-Neolitico e a fasi più tarde (epoca romana e medievale) (Cavulli 2008b:209).⁵

Sulla base delle evidenze archeologiche analizzate nei settori I-XI, nel sito sono state individuate tre fasi insediative (Cavulli 2008b: 249). La prima occupa la fascia mediana

⁵ Per un'analisi stratigrafica approfondita si veda Cavulli et al. 2002.

della conoide ed ha restituito diverse strutture ed è stata attribuita alla cultura di Fiorano (metà del VI mill. a.C.).⁶

Un numero più esiguo di strutture è stato invece attribuito alla II fase, inquadrabile in un orizzonte Fiorano, con presenza di ceramiche della cultura del Vhò e di ceramica a decorazione graffita (5300-5200 a. C.) (Bagolini, Pedrotti 1998)

Importanti opere quali la palizzata lignea, il fossato e la capanna, cui si è fatto riferimento in precedenza, si riferiscono invece alla III fase che, sulla base di associazioni con frammenti ceramici di vasi a bocca quadrata, è stata attribuita ad un arco cronologico che va dal 5000 al 4800 a. C. Questi dati documenterebbero dunque una parziale contemporaneità degli ultimi aspetti della cultura Fiorano con la prima fase VBQ.

Non è ancora possibile delineare con esattezza le varie fasi di occupazione delle diverse aree. Nel settore XA è stata documentata una parziale sovrapposizione della I e della III fase, mentre nel settore IX sembrerebbe attestata una sovrapposizione tra fase I e II (Cavulli 2008b, 249).

Nuove interpretazioni effettuate sulla base di datazioni radiometriche e sullo studio dei materiali ceramici, collocherebbero il momento di massimo sviluppo dell'abitato tra il 5300 e il 4900 A.C. Una conferma a questo dato può derivare dal fatto che la diffusione di selce proveniente dall'area dei Lessini sembrerebbe avvenire in concomitanza con questa fase dell'abitato di Lugo. L'ultima fase di frequentazione neolitica del sito, a carattere sporadico e attestata dalla presenza di pochi focolari e aree di scheggiatura, risalirebbe invece all'ultima fase del V millennio a. C. (Pedrotti, Salzani 2010, 100).

Nuove considerazioni sulle diverse fasi di occupazione del sito e sulla sua organizzazione spaziale potranno essere fatte solo alla luce dei nuovi dati stratigrafici.

2.2.1. La produzione ceramica

La ceramica rinvenuta nel sito di Lugo di Grezzana, oggetto di diversi studi (Miorelli 1998-99; Moser 1994-95; 2000; Moser., Pedrotti 1996; Zanoni 2003-2004; Carotta 2013-2014; Sartori 2014/2015), ha permesso di attribuire l'insediamento all'orizzonte culturale di Fiorano.

La ceramica del primo Neolitico, solitamente, non presenta un buono stato di conservazione. La giacitura in suoli acidi infatti ne altera spesso le superfici rendendo difficile il riconoscimento delle decorazioni (Moser 2000).

Le forme attestate a Lugo di Grezzana sono riferibili a boccali carenati con fondo convesso e ansa con tubercolo, bicchieri troncoconici, scodelle troncoconiche, grandi recipienti

⁶ La cultura di Fiorano è stata definita per la prima volta da Malavolti F. (1956) e inquadrata nel Neolitico antico da Bagolini, Biagi (1977). Aggiornamenti si trovano in Bagolini, Pedrotti 1998; Pessina, Tinè 2008 e da ultimo il volume degli Studi di Preistoria e Protostoria dedicati al Veneto (2015) e all'Emilia Romagna (2017).

decorati con cordoni plastici, vasi semiovoidali monoansati, spesso decorati a impressioni o incisioni, tutte forme che trovano ampio riscontro nel repertorio vascolare della cultura di Fiorano (**Fig. 3**). Altre invece sono riconducibili ad ambiente Vhò, come ad esempio i vasi biancati a parete troncoconica con fondo a tacco e i vasi su peduccio (Pedrotti et al. 2015). Sono presenti anche boccali carenati in ceramica figulina, per i quali è stata dimostrata una produzione locale (Zanoni 2003-2004, 252; Bouvet et al. 2010).⁷ La presenza di frammenti con decorazione a unghiate e vasi a fiasco con anse a listello sembrano attestare contatti con l'ambiente peninsulare della Ceramica Impressa adriatica. Accanto a forme Fiorano sono anche documentate ceramiche decorate a graffito, importanti per delineare il quadro dei rapporti tra Fiorano e la cultura dei Vasi a Bocca Quadrata (Pedrotti et al. 2000).

Alle strutture di combustione individuate nel sito, descritte nel paragrafo successivo, è stata proposta un'interpretazione che propende verso un loro impiego finalizzato alla cottura della ceramica (Cavulli 2008a, 88). La verifica di questa ipotesi, unita ad un'analisi del comportamento termico di queste strutture, sarà affrontata nel capitolo successivo.

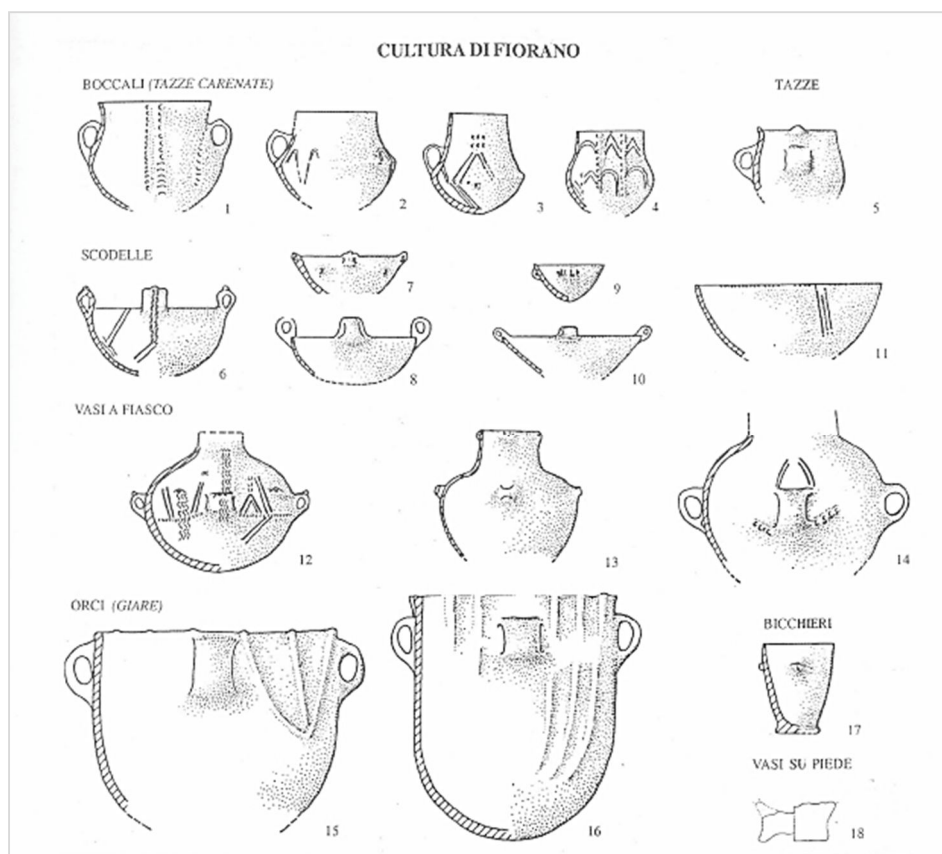


Figura 3: Principali forme della cultura di Fiorano (tratta da Banchieri D. et al. 1999:53).

⁷Analisi sulla figulina di Lugo di Grezzana, Alba e S. Giustina di Baldaria non hanno confermato un'origine comune per questa classe di impasto. Analisi diffrattometriche, confermate da quelle chimiche rivelano che gli impasti delle ceramiche dei due siti sopra menzionati avevano una composizione diversa da quella di Lugo.

Le caratteristiche tecniche di una produzione ceramica possono fornire diverse informazioni sui processi di cottura di cui è stata oggetto. Il colore, ad esempio, può indicare se la cottura è avvenuta in ambiente ossidante o riducente.

Appare necessario dunque procedere ad una descrizione delle principali caratteristiche legate a questa produzione al fine di comprendere quali sono i fattori strettamente connessi al processo di cottura al fine di poter verificare, in un secondo momento, se le fosse di combustione di Lugo potevano garantire certe condizioni.

Sulla base della frequenza e della dimensione degli inclusi, gli impasti della ceramica di Lugo di Grezzana sono stati suddivisi in quattro categorie: fine (4-7,5 mm), medio-semifine (6-8 mm), grossolano (8-13 mm), alveolare (12 mm). Quest'ultimo tipo di impasto è caratterizzato dalla presenza di impronte vuote, traccia della combustione di sostanze organiche che in esso erano contenute (Moser, Pedrotti 1996, 27).

Gli inclusi sono prevalentemente rappresentati da mica, selce e chamotte, rari quelli costituiti da carbonato di calcio. Se pur rara, la presenza di calcio risulta essere di un certo interesse: attraverso i suoi processi di trasformazione, infatti, può essere possibile risalire alle temperature di cottura.

I fenomeni legati al processo di cottura possono essere così riassunti:

- 100-300° evaporazione dell'acqua ancora trattenuta dall'argilla. Si ha una parziale contrazione del manufatto. Un'essiccazione non completa o un'eliminazione dell'acqua troppo rapida può provocare fratture o esplosioni.
- Tra i 300° e i 600° si osserva la combustione del materiale organico. Fase ossidante. Viene liberata l'acqua legata chimicamente all'argilla. A partire dai 500° l'oggetto si contrae ulteriormente e si hanno delle modifiche del reticolo cristallino che, distruggendosi, conferisce un aspetto di maggior durezza all'argilla.
- Oltre i 600°, l'acqua si riduce e scompare, i minerali delle argille iniziano a trasformarsi. Inizia l'allontanamento del carbonato di calcio e l'ossidazione del ferro.
- Il materiale organico comincia a carbonizzarsi sopra i 100° e scompare del tutto solo quando si raggiungono i 700-750°.
- Tra i 750° e 900° la calcite si decompone formando calce. Le particelle assorbono umidità aumentando di volume e indebolendo il corpo del vaso.
- Dai 900° e oltre i 1000° la struttura cristallina collassa e si formano nuovi silicati (*minerali di alta temperatura*) mentre altri composti (ossidi di sodio e potassio, ferro e miche) abbassano le temperature di fusione e facilitano la formazione di fasi vetrose prive di struttura cristallina che incrementa i fenomeni di ritiro. Fase di vetrificazione.

Il quarzo è un buon refrattario, resiste al calore intenso, ma con la cottura subisce 3 radicali trasformazioni: a 573°, a 870° e a 1250° (Saracino 2005, 63; Vidale 2004, 17-18).

La cottura rappresenta il momento più delicato dell'intero processo di produzione della ceramica (**Fig. 4**). La non riuscita riflette ogni errore commesso nelle fasi precedenti. Bisogna tenere conto anche dell'insieme di caratteristiche legate alla manifattura del vaso. Il ceramista, in funzione delle sue esigenze e della destinazione d'uso del vaso, elaborerà un impasto che presenti determinate caratteristiche e si presti ad uno specifico tipo di cottura.

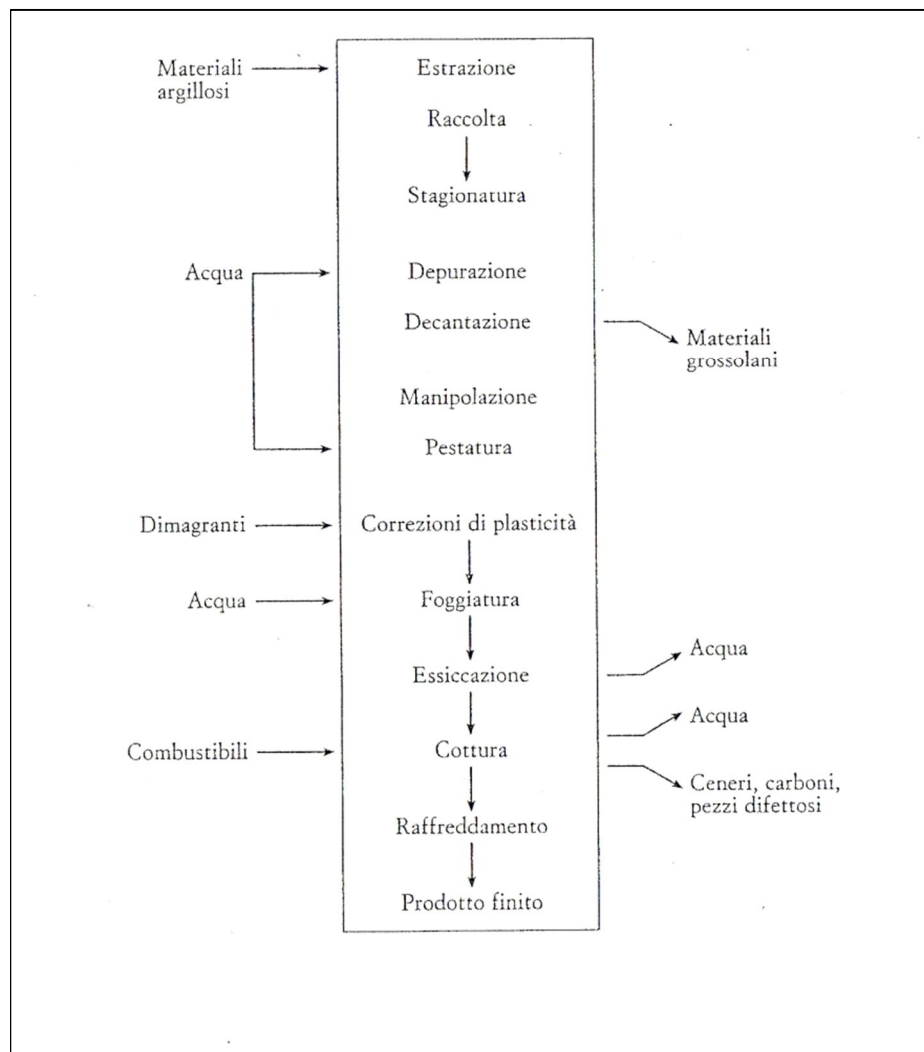


Figura 4: ciclo produttivo della ceramica (da Mannoni – Giannichedda 1996)

I risultati di analisi diffrattometriche su campioni di varie categorie di impasto⁸ presenti nel sito di Lugo di Grezzana mostrano fasi cristalline “residuali” con presenza di muscovite (derivante dall'argilla illitica) e quarzo che attesterebbero il non superamento di determinate temperature. Questo dato appare confermato da analisi termo-gravimetriche che hanno permesso di evidenziare una perdita di massa del campione, attribuendola alla eliminazione sia dell'acqua libera sia di quella legata, derivante dal raggiungimento di temperature di ca. 600°.⁹ Una revisione dei dati ha fornito intervalli di temperature poco differenziati tra ceramiche medio-grossolane e figuline, inclusi nell'intervallo di 700-800° C. (Bouvet et al. 2010; Fermo et al. 2013). Il grado di consolidamento dell'impasto argilloso è desumibile dunque dalla tessitura dei corpi ceramici che non riflette reazioni indicative di medie e alte temperature.

I carbonati hanno una importantissima influenza sull'andamento dilatometrico dei materiali. La trasformazione della calcite produce un forte ritiro che inizia prima degli 800° e termina poco oltre i 900° (Si veda a questo proposito il paragrafo 5.3.5 del capitolo 5).¹⁰ La temperatura come mezzo per arrivare a distinzioni tecnologiche è stata messa in discussione. Questo aspetto verrà discusso in maniera più approfondita nel capitolo 5.

Il colore della superficie della ceramica di Lugo presenta uno scolorimento a chiazze molto diffuso (**Fig. 5**) Questo effetto è solitamente attribuito a condizioni di cottura, poco uniformi, che prevedono un alternarsi delle condizioni ossidanti e riducenti. Determinate colorazioni potrebbero derivare da una specifica disposizione dei vasi al momento della cottura. La colorazione della superficie oltre che dipendere dal tipo di atmosfera di cottura (ossidante o riducente) è stata messa in relazione anche al tipo di minerali contenuti nell'impasto argilloso.

La colorazione rossa o bruno-rossastra della superficie è in relazione con la presenza di idrossidi e ossidi di ferro che, se ampiamente diffusi e completamente ossidati, hanno un effetto schiarente. A questo risultato contribuisce anche la calcite se presente in alte quantità. La sua assenza come documentato nella ceramica di Lugo (Zanoni 2004-2004), comporta invece uno scurimento del manufatto.

La colorazione rossa o bruno-rossastra della superficie è in relazione con la presenza di idrossidi e ossidi di ferro che, se ampiamente diffusi e completamente ossidati, hanno un effetto schiarente. A questo risultato contribuisce anche la calcite se presente in alte quantità. La sua assenza come documentato nella ceramica di Lugo (Zanoni 2004-2004), comporta invece uno scurimento del manufatto.

⁸Le analisi condotte da Zanoni E. (2003-2004) hanno permesso di riconoscere tre classi di impasto: fine (pseudo-figulino, fine e medio-fine); medio e medio-grossolano.

⁹I dati esposti sono i risultati delle analisi condotte da Zanoni E. nella sua tesi sui materiali ceramici del settore X Lugo di Grezzana (Zanoni E. 2003-2004).

¹⁰Tra i 600° e gli 800° si ha un basso livello di *sinterizzazione* (consolidamento dell'impasto). Si conservano: calcite, illite mentre sono assenti minerali argillosi come la clorite. Il superamento di tali temperature è invece indicato dai cosiddetti “minerali di alta temperatura” come gehlenite o diopside (Cuomo di Caprio N.:548).



Figura 5: Ceramica di Lugo di Grezzana (da Pedrotti A., Salzani P. 2010:89, fig.2).

Le sostanze organiche invece influenzano la colorazione della superficie ceramica solo nel caso in cui non completino il loro processo di combustione. In questo caso, infatti, potrebbero assumere la consistenza di particelle carboniose e conferire un colore scuro e zone nere nello spessore interno della parete (Cuomo di Caprio 2008, 124; Rice 1987, 333). La presenza del cosiddetto “cuore nero” è stata osservata anche nella ceramica di Lugo ed attribuita ad un’insufficiente ossidazione durante la cottura (Zanoni 2003-2004, 248; Sartori 2014-2015). Questo fenomeno secondo altri è provocato da un rapido aumento della temperatura durante la fase ossidante (Rice 1987, 82) ma le dinamiche di formazione saranno approfondite nel capitolo sulle sperimentazioni.

I risultati della cottura sono determinati da una serie di variabili. I vari passaggi sono concatenati e agiscono su altri fattori che condizionano la temperatura massima raggiungibile e i relativi tempi di mantenimento, la sua velocità e regolarità di crescita ed infine la durata del raffreddamento. Si tratta di fenomeni connessi alla funzionalità delle strutture che provocano una serie di alterazioni termiche e di tracce spesso non tutte riconoscibili. La ricerca di tali tracce ed alterazioni (derivanti sia dalla cottura ceramica, che dalla combustione) sarà uno degli intenti perseguiti nell’analisi di tipo sperimentale (capitolo 5) al fine di tentare, attraverso il confronto con i dati archeologici, una corretta interpretazione delle strutture in esame.

Spesso “...la soluzione ad un caso particolare si può acquisire solo con la pratica del lavoro”. (Giannichedda, Mannoni 2003, 35).

Informazioni interessanti provengono anche dalla ceramica pseudo-figulina di Lugo. Sembrerebbe infatti trattarsi di una produzione locale. I dati delle analisi XRD e DTA-TGA

rivelano temperature di 800-900° (Bouvet et al.2010) ¹¹. Le differenze di questa classe rispetto alle altre sarebbero il risultato di diverse scelte riferite agli impasti selezionati.

2. 3. Strutture di combustione in fossa: complessi strutturali

Le strutture di combustione oggetto di questo lavoro sono state indagate nel corso delle campagne di scavo condotte tra l'autunno 2003 e l'inverno 2005 nei settori X e XVI di Campagne di Lugo di Grezzana (**Fig. 6**). I diversi settori, scavati stratigraficamente e in estensione, sono stati denominati in base alla successione degli interventi. Nel settore XVI è stata osservata la maggiore concentrazione di strutture in fossa, simili per morfologia ma diverse a livello dimensionale.

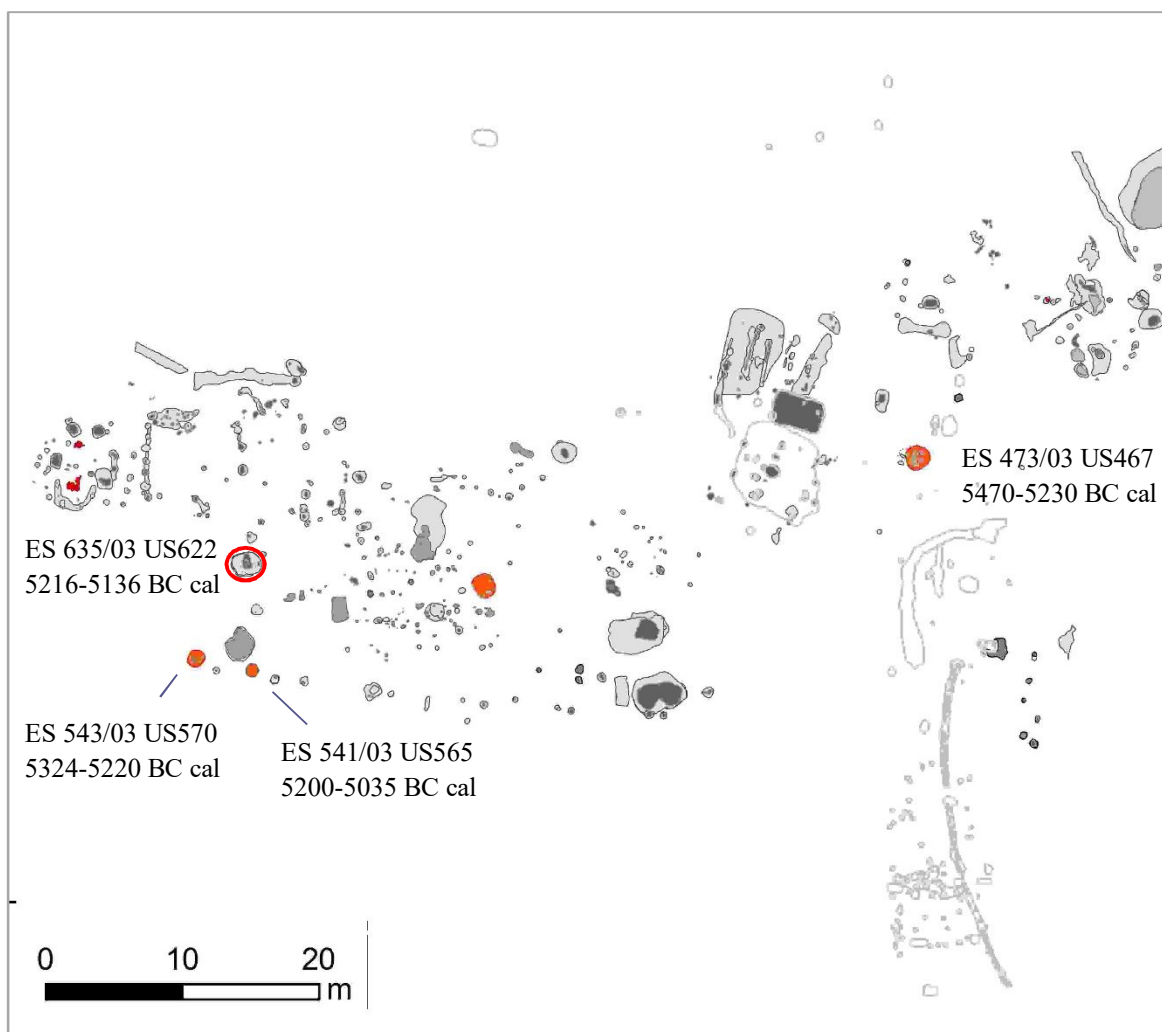


Figura 6: dettaglio dell'area con ritrovamento delle strutture (elaborazione grafica F. Cavulli, modificato da A. Costa).

¹¹ È interessante osservare che analisi simili effettuate sulla ceramica di Ripoli e Catignano, caratterizzate da una diversa composizione, documentano il raggiungimento di simili temperature.

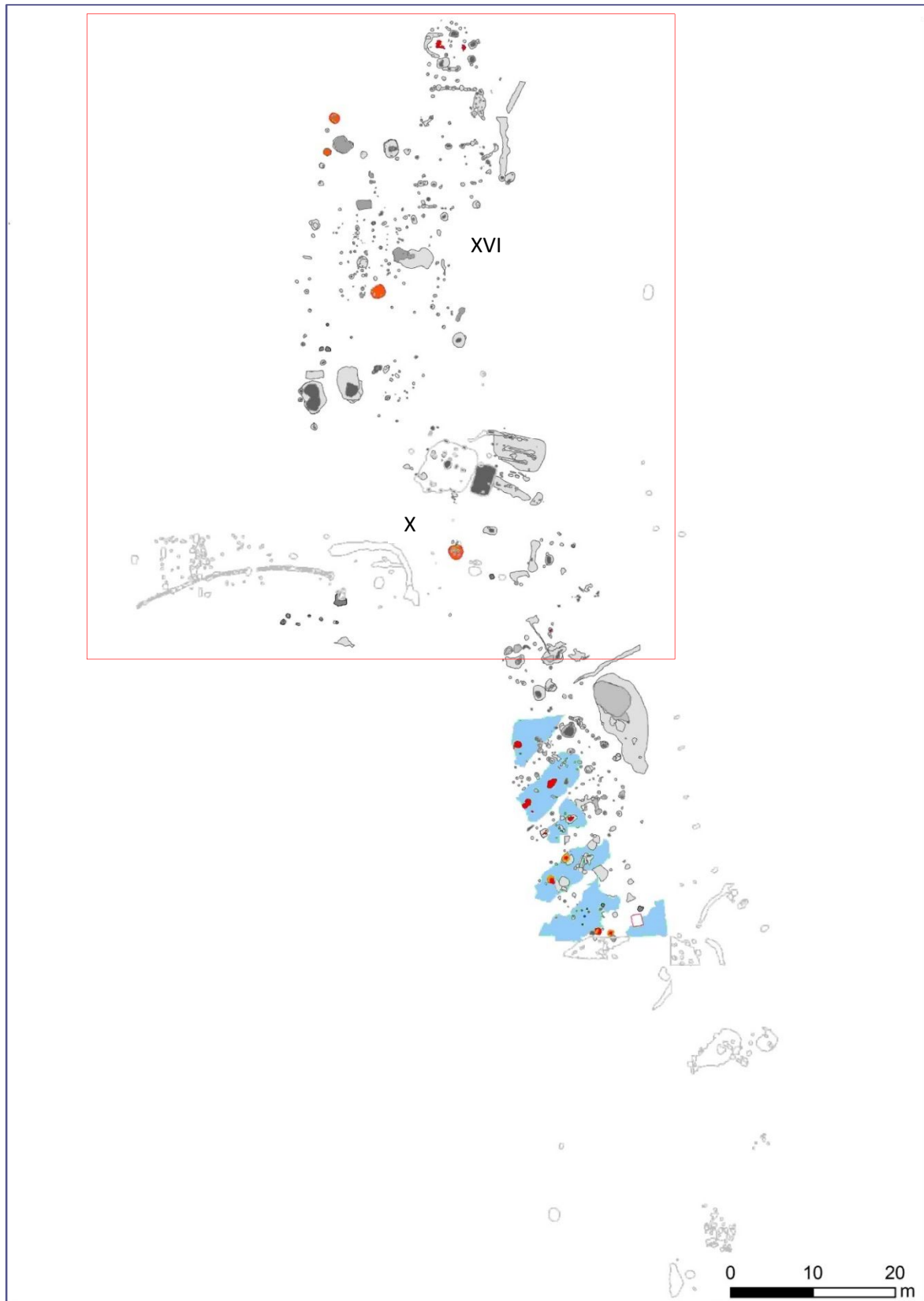


Figura 7: Planimetria del sito di Lugo di Grezzana. Le strutture in esame si trovano nei settori X e XVI evidenziati nel riquadro rosso. (Elaborazione grafica F. Cavulli).

2.3.1. Indagini 2003/2004 - Settore X

Il settore X occupa la parte mediana e distale della conoide (**Figg. 6-7**). È stato oggetto di sondaggi nel 1996 e 1997. A partire dal 1998 quest'area è stata coinvolta da scavi estensivi che hanno migliorato la conoscenza delle strutture indagate. L'area è stata splataata asportando la coltre colluviale superiore e in seguito ripulita intervenendo sulla coltre superficiale. Il livello di impianto delle strutture non è sempre ben definibile a causa della pedogenesi che ha modificato in parte il profilo stratigrafico (Cavulli 2008b).

Alla fine del 2000 l'area indagata copriva 160 m² di superficie. A partire dall'autunno del 2003 nuove indagini hanno permesso di ultimare la documentazione sulla stratigrafia relativa a diverse strutture, tra cui la ES 473 qui esaminata.¹²

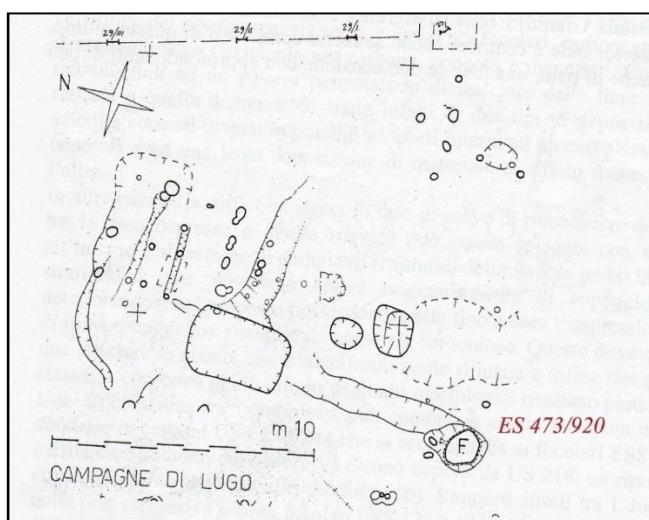


Figura 8: Planimetria settore X e posizione della struttura ES 473/920 (da Pedrotti A., Cavulli F., Zardini A. 2008, 10).

- *Complesso strutturale caratterizzato dalla Struttura ES 473=920*

Complesso strutturale caratterizzato dalla struttura ES 473=920 (**Fig. 9**). Presenta delle caratteristiche che permettono di connotarlo in modo inequivocabile: rubefazione delle pareti, evidenti tracce di combustione, presenza sul fondo di travi di grandi dimensioni e residui di ramaglie, frustoli di carbone e piccoli concotti (provenienti probabilmente dal degrado delle pareti scottate). Ha un imboccatura circolare, ha dimensioni di m 1,45 x 1,27 ed è profonda m 0,53, presenta pareti completamente rubefatte, il fondo invece, appare alterato dal fuoco solo localmente. I riempimenti superiori contengono manufatti e carboni. Le grosse travi carbonizzate presenti sul fondo sono riferibili all'uso primario della struttura, mentre i reperti in selce e in ceramica nel riempimento superiore appartenevano alla chiusura definitiva della buca (Cavulli 2008b, 233).

¹² La struttura corrisponde alla ES 920.

Piccoli concotti di dilavamento coprono lo strato carbonizzato, il riempimento superiore contiene anche alcune travi oblique e lo stesso strato fuoriusciva dalla fossa andando a ricoprire l'area a nord occupata da due “buche di palo”, così definite al momento dello scavo, ma più probabilmente sfiatatoi per la struttura alla quale sembrano essere collegate (Cavulli 2008b).

A questa struttura si è fatto riferimento per la realizzazione delle prove sperimentali che saranno descritte in dettaglio nel capitolo sulla sperimentazione (Capitolo 5).

La struttura ES 473=920 taglia la US 499 costituita da uno strato geologico colluviale quasi privo di inclusi, uguale a US 398. Si presenta omogeneo nella gran parte del settore (X) e presenta un aumento di zolle più argillose e rossicce chiare verso sud dove, all'angolo S-E del settore X, assume il numero US 514.

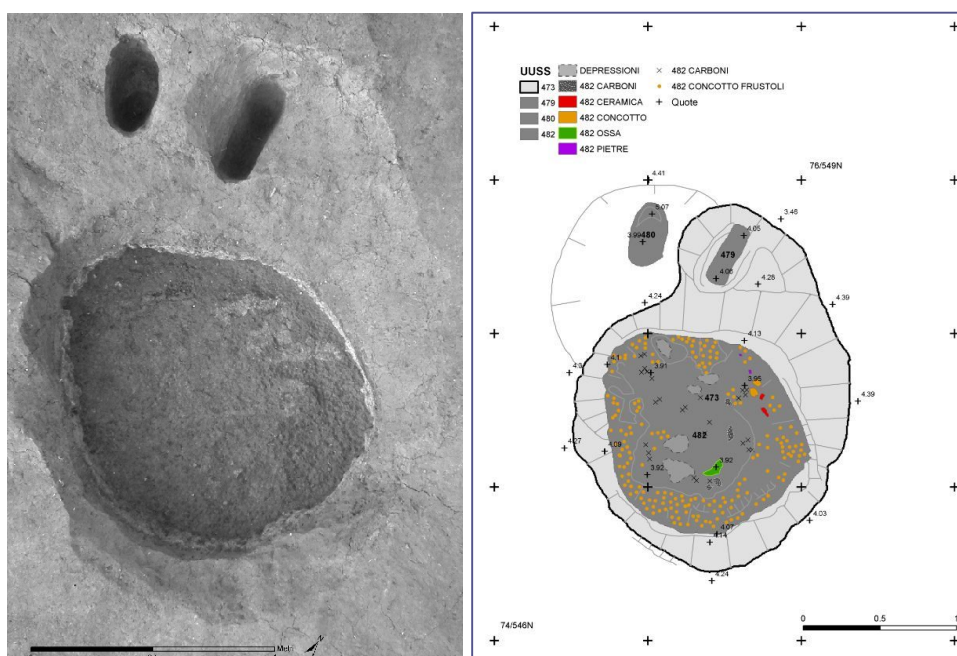


Figura 9: Ortofoto Struttura ES 473/03=920 (da Cavulli 2008b) e pianta (elaborazione grafica F. Cavulli).

Struttura di combustione in fossa – ES 473=ES 920

ES 473 (Fig. 10) è costituita da una fossa ad imboccatura circolare, misura m 1,45 di lunghezza, m 1,27 di larghezza e m 0,28 di profondità. Presenta pareti verticali e fondo piatto. Tracce di cottura sulla superficie interna di cui si conservano tracce ben evidenti nelle pareti e buona parte del fondo. Appare svasata in superficie a causa dell'erosione e dal crollo della porzione superiore della parete. Si riconoscono nell'argilla tagliata (US 499) alcune tracce dello strumento di scavo: probabilmente un picconcino con taglio largo 3-4 cm. Riempita da US 494, US 467, US 483, US 482, US 456, taglia US 499. (Plan 52-54a; Sezione 26. **Tav. I-II**).

Il fondo scottato della fossa ES 473 (US 494) ha uno spessore di cm 2,00. Presenta chiazze di colore verdognolo-grigio. La scottatura permette la conservazione delle tracce di scavo della fossa. Coperto da US 483 (Plan 54 A, Sezione 26. **Tav. III**).

US 483 costituita da uno strato a matrice limo-sabbiosa dalla consistenza compatta e di colore marrone nerastro. Contiene carboni costituiti da assi appiattite, orientate W-E, lunghe fino a cm 60 e larghe cm 6-7 e poco spesse che coprono il fondo scottato della struttura ES 473. Nel riempimento sono contenute anche ramaglie e piccoli carboncini e concottini (US 482) lungo il perimetro interno. La matrice di argilla (limo-sabbiosa), di colore marroncino scuro, presenta disturbi di radici. Lo strato è stato interpretato come il residuo di travetti/ramaglie bruciate dall'utilizzo della struttura 473. Altri travetti carbonizzati si trovano a livello superiore in caduta dal bordo est della fossa e sembrano essere successivi al crollo della parete scottata. Coperto da US 482, taglia US 473 (Plan. 53. **Tav. IV**).

US 495 costituisce le pareti di ES 473, presenta una scottatura arancio chiaro superficiale di 1 cm che sfuma diventando di colore marrone scuro con un ulteriore cm di spessore. Appare solcata verticalmente da tracce di "piccone". La scottatura coinvolge la base per circa 8-25 cm. Coperta dall' US 482, caratterizzata da **concottini** arancio a consistenza compatta e di colore marrone-rossastro; più spessi e fitti lungo il perimetro interno della ES 473, hanno matrice uguale alla US tagliata dalla fossa. Copre US 483, costituita dal resto dei carboni residui dopo l'utilizzo della struttura. Profondità minima di cm 4,00. (**Plan. 52. Tav.V**).

US 467 Parte del riempimento della fossa ES 473 presenta una consistenza compatta e colore marrone, spesso cm 50. E' suddiviso in due livelli: quello superiore più ampio, a matrice argillo-sabbiosa di colore marrone grigio-scuro, comprende anche l'area delle "buche di palo" (US 479, US 480), spesso cm 20-25, omogeneo con carboni, concotti e con concentrazione di grossi carboni. Presenza di un travetto, N-S, di 50 cm, largo 6m e poco spesso in caduta dal bordo est della fossa 473. Il secondo livello presenta la medesima composizione e contiene un travetto carbonizzato, con orientamento EW, lungo 80 cm, largo 10 cm, poco spesso e obliquo, in caduta da est. A questo livello affiora il perimetro scottato della struttura. Contiene selci, ceramica e alcuni piccoli inclusi. Coperto da US 456, copre US 482. (I livello, Plan. 50; II livello, Plan 51; Sez. 26. **Tav. VI**).

US 456 Riempimento superiore della ES 473. Costituito da argille scure derivanti da materiale organico e combustioni, contiene concottini, carboni e alcune selci. Profondo cm 44 a nord, cm 8 a sud. Coperto da US 452 (strato planare che ricopre l'intero settore), copre US 467. (Plan 46 A. Tav. **VII**).

Buche US 480 e US 479 Due fori di forma subcircolare sono stati rinvenuti a pochi centimetri dai margini della struttura ES 473 sembrerebbero in stretta relazione con essa. Una buca (US 480) presenta a pianta ovale che si restringe a cono. Misura cm 40 N-S per cm 23 W-E, restringe a sud in forma circolare con diametro di 25 cm. È caratterizzata da riempimento di argilla marrone chiaro poco distinto dallo strato geologico tagliato. Contiene

concottini informi. La profondità complessiva è di cm 42. Coperta da US 456, taglia US 499 (**Tav. V**). L'altra buca (US 479) ha pianta ovale allungata N-S, pareti verticali, fondo degradante da nord a sud, lunga cm 50, larga cm 30, profonda 40 cm. Posta al bordo (N) della struttura ES 473, presenta un'area smussata abbastanza ampia (forse causata dallo smottamento della parete del *forno*). Riempimento in argilla di colore marroncino, rossiccio scuro con carboncini e pochi concotti. All'interno è stato trovato un pestello in pietra verde. Coperto da US 456, taglia US 499 (**Tav. V**).

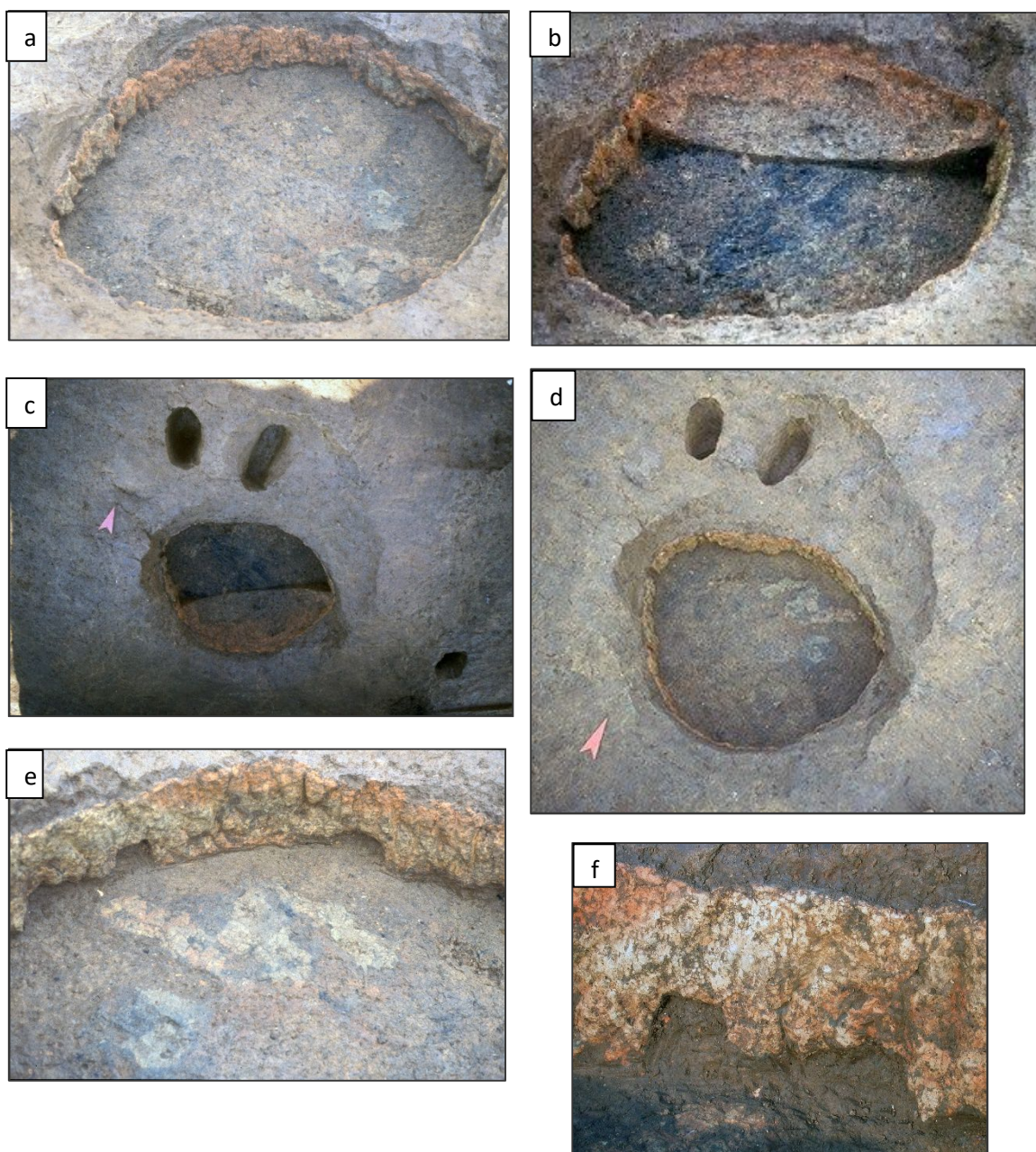


Figura 10: Taglio e riempimenti della struttura ES 473/03=920. a) US 467; b) US 482/483; c) sezione US 482; d) ES 473; e-f) dettaglio parete ES 495.

3.3.2. Settore XVI – Indagini 2003/2004

Gran parte dell'area centrale del settore XVI è occupata da un'alta concentrazione di concotti che sono stati messi in relazione con diverse strutture di combustione.

Due leggeri avvallamenti riempiti da frustoli di concotto (US 588) hanno origine dalla fossa ES 635 (**Fig. 11**) e si dirigono verso N e verso NW. Questa concentrazione ha varie ramificazioni e tutta l'area è caratterizzata da concotti sparsi su un diametro di circa 10 m. Intorno alla fossa ES 635 si trovano frustoli di carbone (ES 612) che si espandono a N descrivendo un arco di cerchio (US 571) che separa le depressioni irregolari poste sul lato E del settore dall'area di concotto. Queste depressioni (ES 599) non hanno forma precisa né in pianta né in profilo e sembrano il risultato dell'estrazione di sedimento, forse collegate alle strutture di combustione stesse o al grande complesso strutturale posto a N (settore XVI N – XVI

B). Le buche da palo in questo settore sono frequenti ma non sembrano in relazione con le fosse di combustione o le evidenze sopra descritte (Pedrotti 2008).¹³

- *Complesso strutturale caratterizzato dalla struttura ES 635*

La struttura ES 635 (**Fig. 12**) taglia la US 398 costituita da uno strato esteso di argilla color marrone-rossastro con scarso contenuto limo-sabbioso, di consistenza compatta, spesso ca. cm 40. Contiene materiali ceramici, selci, carboncini e concotti in quantità molto scarsa, dispersi su tutto il settore. Geologico di base. Coperto da US 673, Copre US 674. (Plan. 33, Sezione 17). L'US 674 costituisce lo strato superficiale del deposito neolitico. Rappresenta i colluvi inferiori. Coperto da US 673, Copre US 33 (Sezione 29). A nord nella parte alta del taglio, due grossi concotti (50 cm) distanziati tra loro di 25-30 cm, su cui convergono esternamente due avvallamenti allungati risultanti dallo scavo di concentrazioni di frustoli di concotto (US 588).

Intorno alla fossa ES 635 è stata osservata una concentrazione di piccoli carboni (US 612). Lo strato argilloso è di colore marrone-rossastro. Rimangono risparmiate le aree a sud e un piccolo tratto a nord. La fascia di piccoli carboni sul lato est della fossa si ricongiunge, in modo non evidente ai carboni dell'US 571 al limite est di 588. Le dimensioni massime dei frustoli carboniosi sono di pochi centimetri. Coperto da US 673, copre US 398.

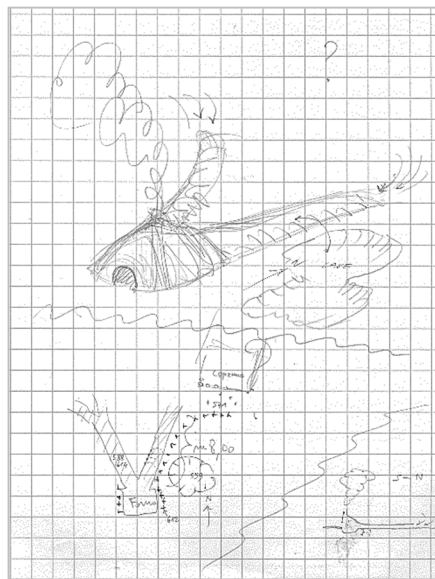


Figura 11: schizzo da Scheda US, con ipotesi ricostruttiva della struttura ES 635 (redatta da Zardini, Laboratorio Bagolini).

¹³ Relazione del progetto cofinanziato dalla Regione Veneto per l'attività di rilievo e scavo archeologico.

US 588, strato a matrice argillo-sabbiosa, di consistenza sciolta e colore marrone-rossastro è ricco di concotti di varie dimensioni: da 1-2 cm a 10 cm, privi di superfici piane e tracce di incannucciati. Contiene selci, pochi cocci, inclusi calcarei e selciferi. La concentrazione principale di concotti, fitta o fittissima, converge in due fasce che vanno da NE a NW in direzione della struttura ES 635. Parte dell'US 614. Coperto da US 673, copre US 398. (Plan 37 A, Sez 37 C).

Struttura di combustione in fossa, ES 635

ES 635 Fossa di forma sub rettangolare, presenta dimensioni di m 1,70 di lunghezza, m 1,50 di larghezza e 28 cm di profondità ha pareti verticali e fondo rubefatti. Ha sul fondo carboni e ramaglie (US 646) che rivestono il fondo della fossa residuo del fuoco di utilizzo della struttura. Sono assenti tracce strutturali di un'eventuale copertura anche se la quantità di concotto nel riempimento (US 622), in estensione a "V" verso nord per 7-8 metri (US 588), fa supporre un insieme di prese d'aria e camera di combustione coperti, forse su impalcato di ramaglie poco infisse nel suolo (US 398). Sono presenti inoltre tracce di paletti sul fondo di US 588. Al momento del rinvenimento è stata proposta una destinazione d'uso della strutturata destinata alla cottura della ceramica. Coperta da US 613, 622, 646. Taglia US 398. (Plan 43 C, Sezione 24. **Tav. VIII-IX**).

US 646 Costituita da uno strato a componente argillo-limo-sabbiosa, di consistenza compatta e di colore marrone, spesso circa cm 3-8. Costituito da una fitta concentrazione di travetti e da una ramaglia carbonizzata sul letto della struttura ES 635 che riempie completamente la superficie interna della fossa. Esternamente, ad est e ad ovest, sono presenti piccoli carboncini (US 612) mentre, a nord, vi sono dei concotti. La matrice tra i carboni risente della colorazione del carbone e del calore che sembra aver causato aloni rossicci di forma circolare (forse dovuti a radice) come evidente nello strato ES 622. L'interpretazione preliminare che ne è stata data vede nell'unità il residuo del fuoco di combustione. Coperto da US 622, copre ES 635. (Planimetria 39, Sezione 24, **Tav. X**).

US 622 Riempimento a matrice argillo-sabbiosa, di consistenza compatta e colore marrone, spesso circa cm 25-30. Ricco di zolle di argilla rossiccia (forse causate dall'intrusione di radici?) di circa cm 15. Contiene concottini e piccoli carboni. Al limite settentrionale del riempimento (a ridosso del bordo della fossa ES 635) sono stati rilevati alcuni pani di concotto piatti, disposti su due file, orientate N-S distanti tra loro 25-30 cm, per una lunghezza di cm 50. Nello stesso punto convergono le due fasce di concottini, disponendosi a "V" nella parte a N della struttura (parte di US 588). Contiene inoltre alcune selci cotte. Tale riempimento è stato interpretato come residuo della copertura della struttura ES 635. Coperto da US 613, copre US 646. (Plan 38, Sezione 24. **Tav. XI**).

US 613 Riempimento superiore, ha matrice argillosa, compatta e di colore marrone-rossastro, spesso ca. cm 8. Lo strato è molto omogeneo e sigilla la fossa 635. Contiene poco materiale, presenta venature verdognole verticali e inclusi calcarei. Coperto da US 673, copre US 622. (Plan 37 C, Sezione 24. **Tav. XII**).



Figura 12: Taglio e riempimenti della struttura ES 635. A) US 646/622; b) US 646; c) ES 635, US 646; d) ES 635, fondo.

II.3.2.2. *Complesso strutturale caratterizzato dalla struttura ES 554*

Presenza di una fossa di forma subrettangolare di medi dimensioni. Si notano buche da palo sul fondo e ai margini. (**Fig. 13**).

Struttura di combustione in fossa, ES 554

ES 554 Fossa ad imboccatura subrettangolare/ovale. Misura 2,10 x 1,55 profonda cm 25. Si distingue per il suo profilo concavo con pareti poco nette nella parte W e rubefatte solo in quella E. Sul fondo piatto è presente un approfondimento che sembrerebbe ricollegabile a una buca per palo precedente e topograficamente coincidente. La superficie, coperta dai carboni (US 553) è cotta a chiazze nella metà meridionale e sulla sponda sud della buca. Presente un'ulteriore buca al lato sud profonda 23 cm. Coperta da US 645, 548, 553. Taglia US 398. (Planimetria di riferimento 45 –uso; 43 A – forma iniziale; sezione 25. **Tav. XIII-XIV**).

US 645 Riempimento sommitale della struttura ES 554: spesso circa 60 cm, omogeneo e povero di materiali, presenta superficie, sul fondo, cotta (a chiazze). Il riempimento sigilla la morfologia originaria della fossa caratterizzata da una grossa buca centrale (di palo?) ed una affiancata, meno profonda, in prossimità del lato sud; inoltre, è presente una terza buca, US 620, esterna allo stesso lato. L'assestamento superficiale al riempimento lascia intravedere la sagoma della buca centrale. Contiene in alto frustoli carboniosi. Coperto da US 553 e US 548, copre US 554. (Plan 45; Sez. 25. **Tav. XV**).

US 553 Superficie rivestita da piccoli travetti (appiattiti) carbonizzati, generalmente disposti S-N. La superficie sottostante è scottata nell'area meridionale della fossa 554. A nord e ovest i carboni si avvicinano alla quota superficiale mentre degradano a est e sud: pendenza dovuta probabilmente all'assestamento del riempimento sulla buca al fondo della fossa 554. Coperta da US 548, copre US 645.

US 548 Riempimento sommitale del "forno" 554. Argilla di colore poco più scuro rispetto lo strato tagliato dalla fossa US 398. Omogeneo, contiene piccoli concotti e pochi carboncini. Sezione lenticolare più spessa a est. Colore marrone-scuro. Coperto da US 2, copre US 553. (Plan. 37 A, Sez. 25 **Tav. XVI**).

Buca per palo – US 620

US 620 Buca di palo con profilo a cono, ha un diametro di 40 cm e una profondità 42 cm. Il riempimento di argilla, colore marroncino di consistenza compatta, contiene radi carboni e concottini. Si trova 15 cm a sud della struttura ES 554. Coperta da US 673 e US 672, taglia US 398. (Plan 43 C. **Tav. IX**).

US 673 Strato colluviale di argille rosse con piccoli inclusi, solcato da episodi torrentizi; sigilla la superficie dell'insediamento neolitico. Documentato al limite scavo, in colonne

stratigrafiche, dal settore XIII settentrionale verso nord; asportato con escavatore. Corrisponde, nelle sezioni dell' Università di Trento, ai "colluvi inferiori" (Sez. 29). Coperto da US 672, copre US 674 (?).

US 672 Sedimento argilloso, presenta una leggera colorazione organica nella parte sommitale dei colluvi argillosi inferiori (US 673). Generalmente asportato in apertura scavo con escavatore; si documentano alcune sezioni al limite est di scavo. Posizione stratigrafica coincidente all'interfaccia o allo spessore sommitale dei colluvi detti "inferiori" nella sezione 19/scavi università di Trento.



Figura 13: ES 554.

- *Complesso strutturale caratterizzato dalla struttura 541*

La struttura ES 541 (**Fig. 14**) si contraddistingue per dimensioni più ridotte rispetto alla precedente. Al suo interno vi sono scarsi riempimenti carboniosi, costituiti in prevalenza da un ammasso di ossa.

Le analisi sulla fauna presente nell'US 540, condotte da Angela Maccarinelli (2009-2010), hanno consentito di desumere che la maggior parte delle ossa è attribuibile a *Bos taurus*. E' inoltre interessante osservare che tutto il materiale osteologico appare combusto e parzialmente calcinato. Diversi effetti sulla superficie ossea permettono di risalire a diversi gradi di combustione.¹⁴ La maggior parte dei reperti attesterebbe il raggiungimento di temperature inferiori ai 500° C. I resti potrebbero essere residui di pasti o testimoniare il loro uso come combustibile. La presenza di possibili ossa umane lascia però aperta la

¹⁴ Le ossa assumono una colorazione diversa a seconda delle temperature raggiunte.

possibilità di una diversa caratterizzazione di questa struttura, forse riconducibile ad un rito di cremazione (Maccarinelli 2009-2010)¹⁵.

Struttura di combustione in fossa ES 541

ES 541 Fossa ad imboccatura circolare, pianta leggermente ovale, pareti verticali scottate (di colore arancio) fino a mezza altezza lungo tutto il perimetro. Misura m 1,28 x 1,15 ed è profonda cm 27. Ha fondo piatto con alcune tracce (lunghe 10 cm) dello strumento di scavo. Il riempimento contiene residui di carboni alla base (pochi rispetto ad altri) ed è coperto da una notevole quantità di ossa bruciate, probabilmente buttate all'interno in un momento successivo all'utilizzo della struttura. Coperta da US 539, US 540, US 565, US 2. Taglia US 398. (Plan. 43 B, Sez. 22. **Tav. XVII-XVIII**).

US 565 Riempimento, spesso circa cm 6, della struttura ES 541, a matrice argillosa, compatta di colore marrone-rossastro. Ricco di frustoli di carbone e pezzetti di pochi cm di calcare cotti e alcune ossa bruciate. Tracce di radici. Coperta da US 540, copre US 541. (Plan 41, Sez. 22. **Tav. XIX**).

US 540 Riempimento centrale della struttura ES 541. Caratterizzato da matrice argillosa, dalla consistenza compatta, spesso cm 40, di colore marrone rossastro. Contiene una grande quantità di ossa animali bruciate. Nella parte superficiale del riempimento le ossa sono di piccole e medie dimensioni, molte appaiono sminuzzate. Alla base invece, sono accompagnate a frammenti di pietra calcarea cotta. Sono presenti anche alcuni frammenti di selce e frustoli di carbone. Coperto da US 539, copre US 565. (Plan. 40, Sez. 22. **Tav. XX**).

US 539 Riempimento sommitale della struttura ES 541, a matrice argillosa e consistenza compatta. Di colore marroncino scuro, è spesso 12 cm. Appare omogeneo, leggermente limo-sabbioso, e contiene concottini. Sono stati rinvenuti frammenti ceramici (un orlo, un fondo di piede) e litici (schegge di selce grigio-biancastra e grosse selci grezze sbiancate). Coperto da US 2, copre US 540. (Plan. 37 B, Sez. 22).

¹⁵ La determinazione è ancora in corso.

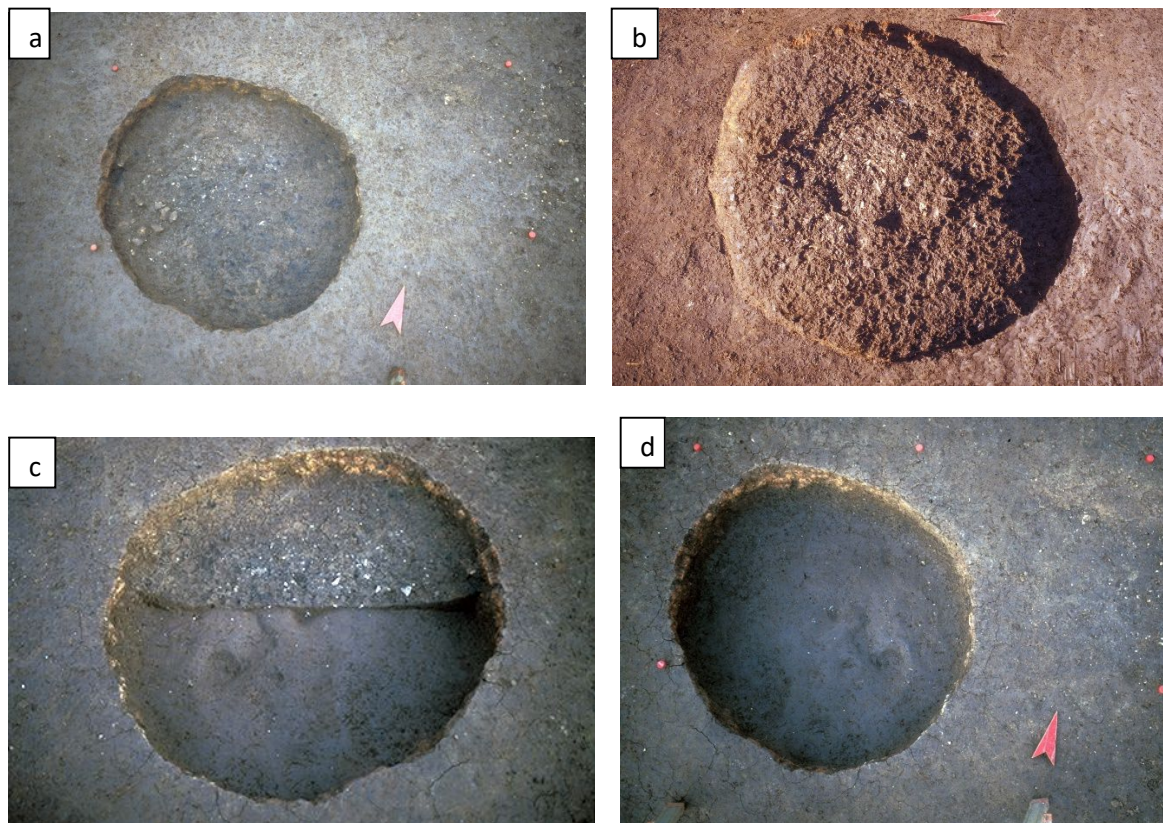


Figura 14: Riempimenti e tagli della struttura ES 541. a) US 540; b) US 565; c) ES 541, US 565; d) ES 541.

Struttura ES 543

La struttura ES 543 è, come la precedente, di dimensioni più ridotte rispetto alle altre. Nella sua parte più bassa ha circa un metro di diametro che si riduce a 0,85 all'imboccatura. Presenta pareti introflesse e profilo a bottiglia (**Fig. 15**).

Struttura di combustione in fossa, ES 543

ES 543 Struttura a pianta circolare, ha diametro di 0,85 m all'imboccatura ed è profonda cm 25. Sezione a *silos* (si allarga di cm 15 sul fondo: il diametro è più ampio nella parte bassa e raggiunge il metro di larghezza). Fondo leggermente concavo. Tracce di rubefazione sono presenti lungo tutto il perimetro della parete mentre sono assenti sul fondo, nonostante la presenza di numerosi carboni. Parte della parete scottata appare crollata. La si ritrova nei riempimenti US 564 e US 542. Coperto da US 576, US 564, US 542, US 570, taglia US 392. (Plan. 43 B, Sez. 23. **Tav. XXI- XXII**).

US 570 Strato relativo al fondo della struttura ES 543, a matrice argillosa, spesso cm 3. Costituito da un sottile strato di carboni di piccole dimensioni. Fanno eccezione alcuni pezzi di travetto appiattito. Superficie pianeggiante, spessore regolare. Coperto da US 564, copre ES 543. (Plan. 43 B, Sez. 23. **Tav. XXII**).

US 564 Riempimento della fossa 543, a matrice argillo-sabbiosa, di colore marroncino-verdognolo. Spessore massimo lungo le sponde da cui degrada nettamente sul fondo pianeggiante. Contiene numerosi concotti informi e pochi carboncini e alcuni cocci. Coperto da US 542, copre US 570. (Plan. 42, Sez. 23. **Tav. XXIII**).

US 542 Riempimento superiore della struttura ES 543, spesso 20 cm, a matrice argillosa omogenea e compatta, con una concentrazione di piccoli concottini in caduta da ovest che si disperdono al centro del riempimento. Contiene pochi carboncini, alcune selci (soprattutto in superficie e probabilmente facenti parte della superficie esterna con selci US 544). Coperto da US 2, copre US 564. (Plan. 37 B, Sez. 23. **Tav. XXIV**).

Nell'area limitrofa alla struttura sono presenti delle buche da palo e una superficie di selci (US 544, qui a destra) che contiene schegge a matrice grigia e un bulino. Occupa l'area a Sud e Est della struttura ES 543. Probabilmente alcune selci rinvenute nel riempimento sommitale (US 542) della struttura, facevano parte di questa superficie. Coperto da US 2, copre US 398. (Plan. 37 B).



US 576 Taglio di buca di palo, dal diametro di cm 22, e profonda cm 24. Forma ovale. Il riempimento è costituito da argilla di colore marroncino-rossiccio e contiene concotti e carboni. Coperto da US 552, taglia US 398. (Plan. 43 A. **Tav. XXV**). La buca non è attribuibile con sicurezza alla ES 543.

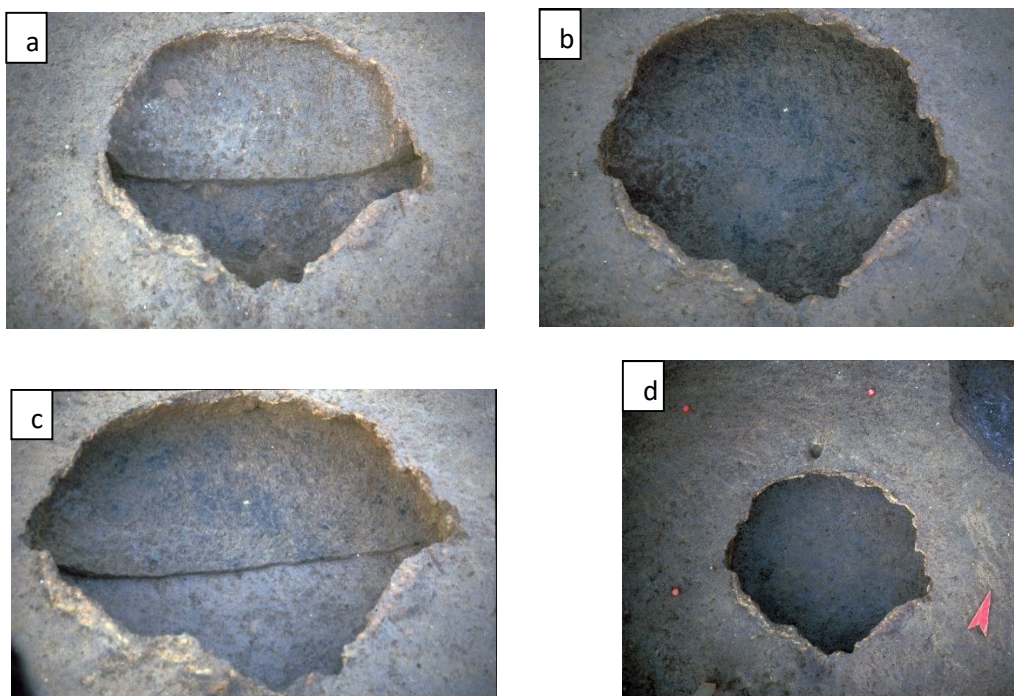


Figura 15: riempimenti e taglio della struttura ES 543. A) US 564; b) US 570; c) sezione US 570; d) ES 543.

3.4. Altre evidenze di strutture di combustione

Nel corso degli scavi condotti nel 1999, nel settore X, sono state messe in luce delle strutture di combustione caratterizzate dalla concentrazione di grossi frammenti di concotto. Sullo strato si sviluppano diverse strutture (506, 508, 281) (**Figg. 16-17**) in corrispondenza delle quali la densità di materiale archeologico è stato completamente asportato dall'erosione ES266 lungo la fascia occidentale del sett. X (zona sud).



La struttura ES 508, interpretata come focolare al momento dello scavo, messa in luce nel corso degli scavi del 1999, nel settore X è costituita da una lente di forma irregolare, subellittica, forse composta da un'unica spalmatura di argilla frammentata in situ. Occupa una leggera depressione; il piano superiore presenta una leggera inclinazione verso ovest, è a faccia piana e presenta vari gradi di ossidazione: nella parte centrale superiore è giallastro, mentre nella parte inferiore e ai margini assume toni rossastri. È molto probabile che vi sia una relazione con la buca 525, riempita con concotti e solo parzialmente coperta da 508. Potrebbe essere in relazione ("forse") con ES 281 e 506. Dimensioni: lunghezza max 1m; spessore max 0.08 cm. Ha diametro maggiore di 100 cm e minore di 40 cm. Questa struttura va messa in relazione con le ES 281 e 506 e documenta una complessa attività domestica o artigianale. Il

focolare è coperto da US 267 e copre US 289. Dall'ES 508 provengono 655 frammenti di concotto per un peso totale di 4.683 kg. Tutti i frammenti sono stati interpretati come frammenti di un piano di focolare: in 11 casi è stata la morfologia del reperto stesso a fornire questa indicazione, negli altri 5 ci si è rifatti al contesto stratigrafico di ritrovamento. L'impasto è risultato coerente e compatto in prossimità della superficie esposta direttamente al fuoco (generalmente una faccia piana), incoerente e friabile allontanandosi da questa. In 5 casi si segnala la presenza di scheletro della materia prima nell'impasto del concotto (Fronza 2003-2004). Alla luce delle evidenze esaminate in contesti greci, tale focolare potrebbe anche essere riferibile alla produzione di ceramica all'aperto.

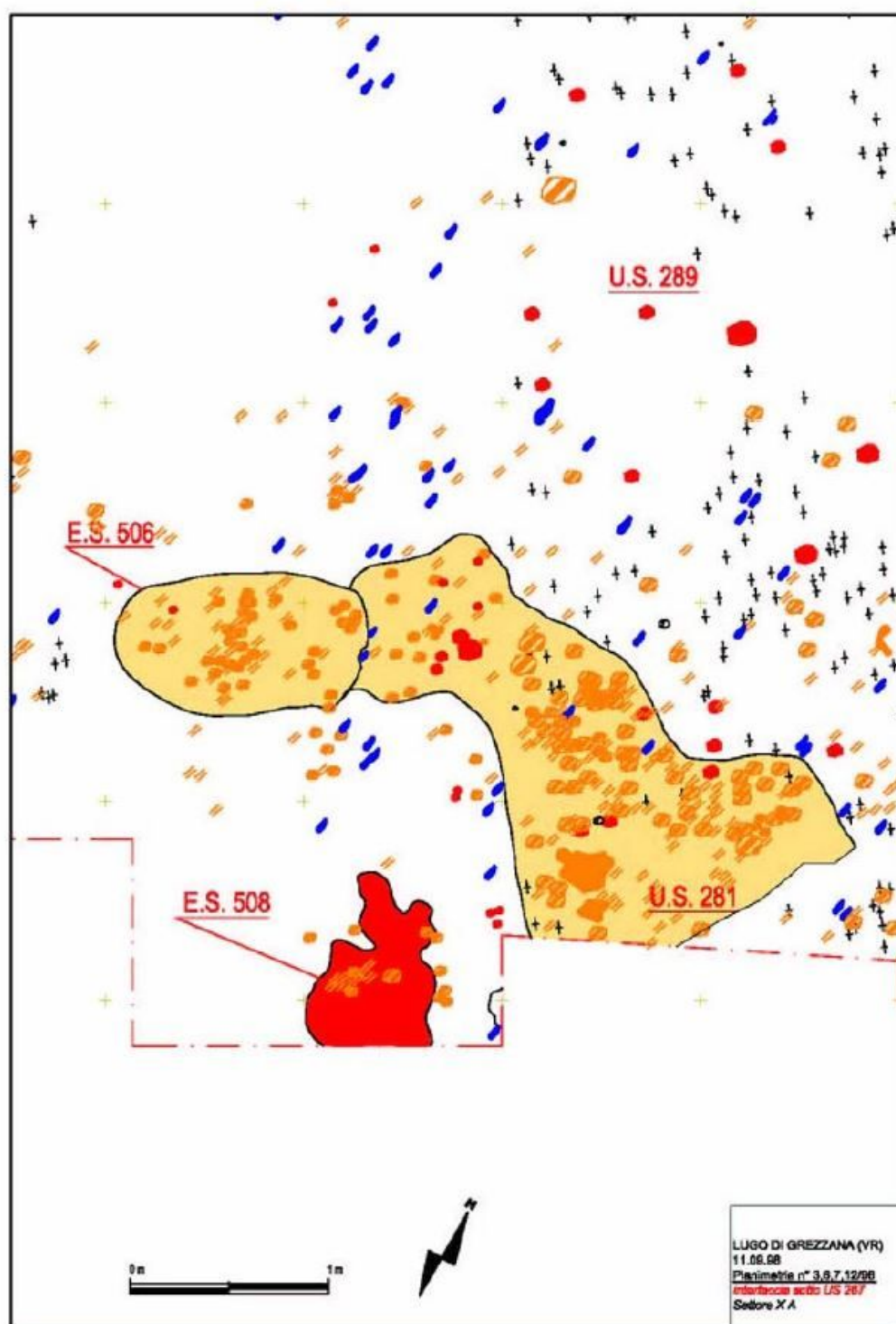


Figura 16: Pianta 3, 6, 12/96 con in evidenza le ES 508, ES 506 e US 281 (Laboratorio Bagolini, documentazione di scavo).

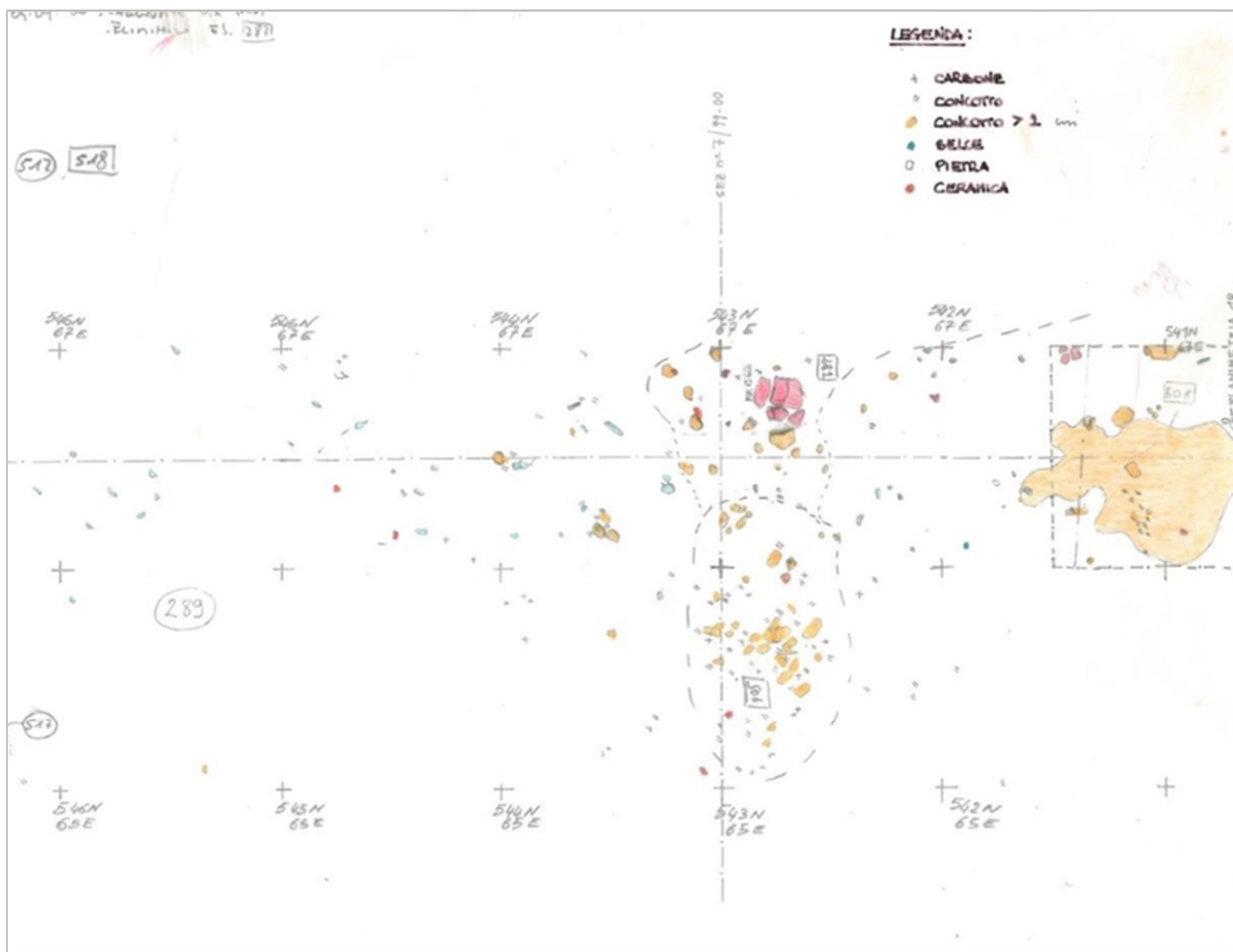


Figura 17: pianta con in evidenza il complesso ES 506/ES 281 e l'area del focolare ES 508 (Laboratorio Bagolini).

Le strutture ES 506 e ES 281 sono invece state interpretate come forni. Hanno restituito oltre 182 concotti. Si trovano a breve distanza dall'ES 508, nel settore XA. La ES 506 (Fig 18), presentava concotti disposti prevalentemente in modo arcuato, embricati tra loro. Ad est l'unità sembra collegarsi con ES 281 (Fig. 19). La struttura è stata interpretata come lo scarico del materiale concotto residuo di una copertura a volta. Mentre la ES 281 è stata considerata come la dispersione del materiale della struttura adiacente, come effetto della risistemazione del piano di calpestio (questa ipotesi ricorda quanto osservato per il sito di Kouphonovo, in Grecia, capitolo 2.2.). Tra i frammenti di concotto studiati da Fronza (2003-2004) alcuni sono caratterizzati da due facce parallele e presentano una sezione concavo – convessa che potrebbe esser riconducibile a una volta. Alcuni frammenti sono presentano una forma di tipo cilindrico con un bordo lineare e sono stati considerati come elementi basali della struttura di combustione. 14 frammenti riportano impronte di canniccio o di asse che potevano essere stata l'intelaiatura della volta del forno. Un solo reperto è caratterizzato dalla presenza di un'impronta di asse associata ad incannucciato. Il numero ridotto di impronte ha fatto dedurre che l'intelaiatura dovesse esser semplice. Il materiale potrebbe anche esser riferito a più strutture. Altri frammenti hanno consistenza più porosa e non presentano tracce di degrassante.



Fig. AI-11: frammento di forno LGeo583, ES 506

Fig. AI-12: frammento di forno LGeo603, ES 506

Figura 18: materiale concotto dalla ES 506 (da Fronza 2003-2004).

Frammenti di forno



Fig. AI-3: frammento di forno LGeo1090, ES 506



Fig. AI-4: frammento di forno LGeo101, ES 281



Fig. AI-5: frammento di forno LGeo109, ES 281



Fig. AI-6: frammento di forno LGeo114, ES 281

Figura 19: frammenti di concotto dalla ES 506.

Nel settore XIII invece, nel corso degli scavi 2003, è stata messa in luce una struttura, la ES 138/03 anche essa messa in relazione con l'uso del fuoco per la presenza di piccoli concotti rosso-arancio, privi di facce particolari. US 139 è stata interpretata come focolare. (Coperta da US 43, Copre US 151, 139, 146). Le evidenze potrebbero fare riferimento ad un unico complesso strutturale, caratterizzato anche dalla presenza di una sorta di sfiato (US 151). Se alcuni frammenti fossero riconducibili alla copertura, il focolare US 139 potrebbe rappresentare la piastra sottostante.

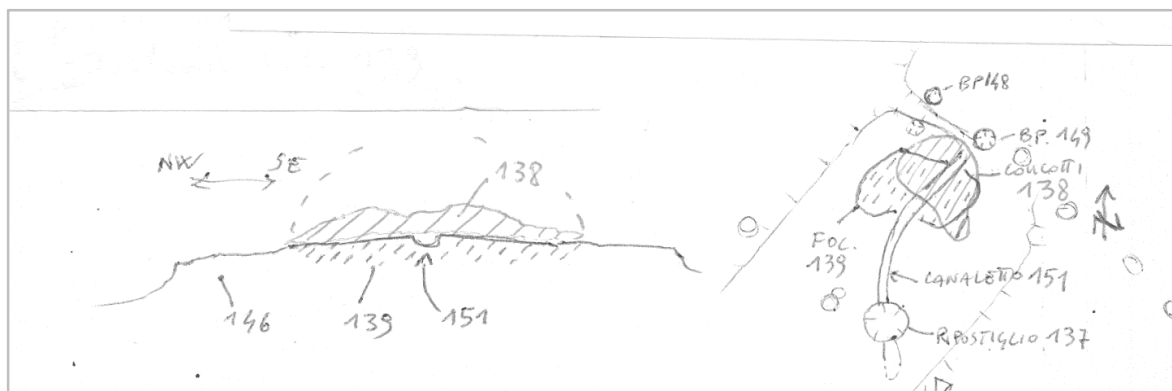


Figura 20: Schizzo con in evidenza la ES 138 (tratto da scheda US, redatta da Zardini, Laboratorio Bagolini).

US 139 Focolare di argilla a pianta irregolare-ovoidale WE. Misura m 1, 68 di lunghezza x 1 m di larghezza; conserva nella zona centrale, di circa 90 cm di diametro, una colorazione rosso vivo. È posta in prossimità dell'apparente limite nord est della capanna US 146.

US 151 Canalino SN nel tratto meridionale che poi attraversa in direzione SW-NE il focolare 139 e gira verso nord fino alla depressione riempita da carboni, esterna alla prima fase della capanna n.27. Profondo cm 4 nella zona focolare ed un po' più inciso a N e a S. A sud è riempito principalmente di concottini derivati dallo strato coprente US 138. Dal focolare verso N si rilevano carboni fitti. Collega il lato S col lato N della capanna 27 fase II, attraversando il focolare 139. Taglia 139 – 146

US 146 Strato di argilla molto simile a US 26 e, tranne i casi in cui troviamo nuovi focolari o carboni, di difficile distinzione. Corrisponde al livello base, iniziale, della capanna 27. In fase con i focolari US 139, 145.

US 137 Ripostiglio interno alla struttura 146-139-145. Ha pianta sub-circolare con diametro di 55 cm medi, pareti oblique e fondo pianeggiante largo cm 22 SN x 34 WE. Contiene due asce in pietra verde: la n. RR 23 molto usurata, reimpiegata forse per levigare la n. RR 24. Riempimento argilloso con carboncini, pochi carboni medi, pochi concottini, un coccio e alcune selci.

Nel settore XIV, che rappresenta l'area più settentrionale dello scavo, è stata messa in evidenza un'area con grande concentrazione circolare caratterizzata dalla presenza di frustoli di concotto. Distribuiti su una superficie di 3 metri di diametro sembrano parte del

degrado di una parete circolare, con traccia dei pali, uniti da una canaletta. Il complesso ha una forma a ferro di cavallo e ha al suo interno due focolari sovrapposti con pianta irregolare. A circa 2 metri dalle altre, si trova un'altra area a fuoco. In relazione con il complesso anche 4 depressioni di forma quadrangolare e buche di palo. Tali evidenze sono state interpretate nel loro insieme come forno a terra inserito in quella che poteva essere un'area di lavoro coperta (Cavulli et al. 2015).

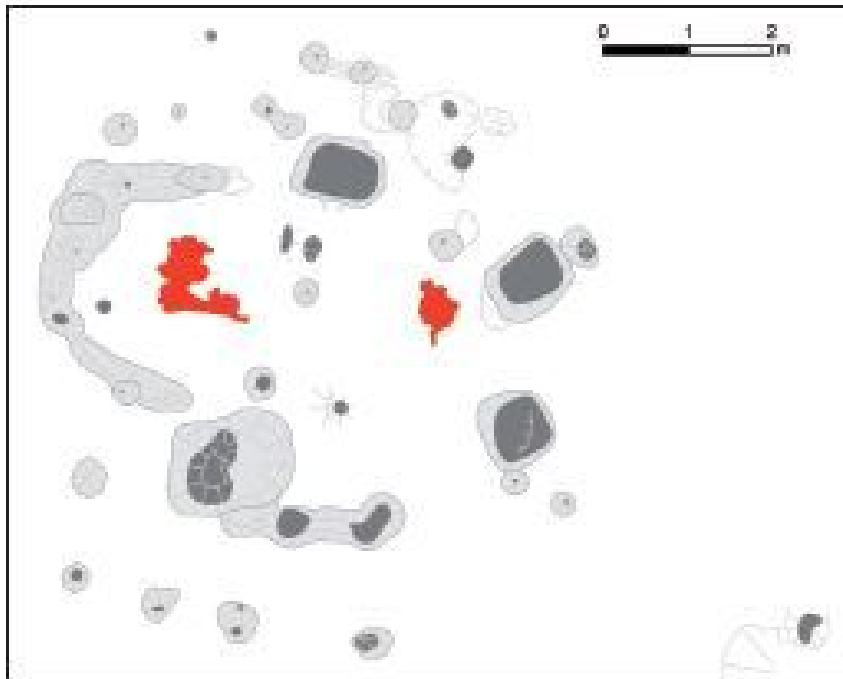


Figura 21: Forno a terra (da Cavulli 2015 et al. Fig. 4).

3. 4. Analisi morfologica e dimensionale delle strutture in fossa

Le strutture presenti a Lugo mostrano una certa varietà dal punto di vista morfologico: imboccature subcircolari o subquadrangolari, variamente associate a pareti verticali e fondo, quasi sempre, piatto (**Tab 2.**).

Tale varietà è confermata anche a livello dimensionale: la struttura più piccola, ha un diametro di m 0,85 mentre, la più grande ha una lunghezza massima di m 2,10.

Dal confronto tra le dimensioni del diametro massimo e quelle del diametro minimo emerge che il rapporto tra i due assi appare proporzionale e varia con il variare delle dimensioni contrariamente a quanto riscontrato per la profondità che invece è costante. Quest'ultimo

dato va però messo in relazione al fatto che la profondità conservatasi potrebbe non essere quella originale.¹⁶

Le fosse di combustione con un diametro compreso tra m 0,85 e m 1,45 hanno imboccatura subcircolare o ovale; quelle con diametro maggiore presentano invece un'imboccatura subquadrangolare. Le due fosse più grandi sono inoltre quelle che hanno restituito un minor numero e una minore varietà di materiali mentre, frammenti ceramici e litici sono presenti nelle altre tre (Fig. 22).

In alcuni casi (ES 554, ES 543) in prossimità delle fosse di combustione sono state individuate delle strutture interpretate come “buche da palo”, non in relazione certa con le strutture esaminate. La struttura ES 554, la più grande, ha una buca 15 cm a sud, e i resti di un'altra sul fondo, ritenuta però anteriore all'impianto della fossa. Anche la struttura ES 235 (Pedrotti, Salzani 2010) presenta tracce buche da palo sia in prossimità dei margini che sul fondo. Buche di palo sul fondo sono state rilevante nella struttura ES 635. Non è possibile affermare se queste evidenze siano riconducibili alla presenza di possibili coperture, come attestato anche nel caso del forno a terra del settore XIV.

Nonostante alcuni dei frammenti litici rinvenuti nelle fosse presentino tracce di combustione, essi non sono ricollegabili all'uso primario delle strutture, come attestato, nella maggior parte dei casi, dalla loro presenza nelle parti sommitali dei riempimenti.

La stessa considerazione può essere fatta per i frammenti ceramici rinvenuti in alcune delle strutture (Sartori 2014-2015) e le ossa combuste rinvenute in grande quantità nella struttura ES 541, al momento in corso di studio¹⁷.

Struttura	Ceramica	litica	Ossa
ES 541	X	X	X
ES 473	?	X	
ES 543	X	X	
ES 635		X	
ES 554	X		

Figura 22: associazione strutture e materiali

¹⁶ A causa di diverse variabili che potrebbero comportare delle modifiche non prevedibili (Cavulli F. 2008b:35).

¹⁷ Lo studio è ancora in corso ad opera di Omar Larentis.

Le fosse di combustione esaminate presentano tutte quelle tracce considerate identificative di processi di combustione (alterazioni termiche del suolo, presenza di carboni, ceneri, concotti e travi carbonizzate); difficile però comprenderne la destinazione d'uso, se a scopi alimentari o artigianali.

La presenza di scarti ceramici viene chiamata in causa per avvalorare l'interpretazione che le considera strutture per la cottura della ceramica. La loro presenza potrebbe però essere pertinente a fasi di abbandono della struttura o a depositi secondari (Cavulli 2008). Inoltre in caso di una pulizia periodica della fossa (come documentato in diversi studi etnografici) (Krause 1985) essi potrebbero non conservarsi o provenire dal piano di calpestio attorno alla struttura.

La presenza di travi parzialmente carbonizzate può essere riferita all'ambiente in cui si è svolta la cottura. Questo tipo di evidenza è il risultato di cotture in atmosfera riducente, con scarsa circolazione di ossigeno.

Per lo studio delle strutture un ruolo significativo è svolto dalle analisi micromorfologiche e termometriche che permetterebbero ad esempio di confrontare le temperature raggiunte dalla struttura con quelle raggiunte dalla ceramica, da analisi antracologiche per la determinazione delle specie vegetali usate per la combustione e altri tipi di analisi che, assieme allo studio dei materiali ceramici e della stratigrafia, rappresentano un utile contributo per comprendere se le differenze dimensionali corrispondano a differenze funzionali e cronologiche.

I campioni prelevati dalla struttura ES 473/03 sono stati descritti e analizzati nel capitolo successivo (Capitolo 4). Sottoposti ad analisi archeometriche hanno fornito dei risultati che saranno esaminati alla luce delle repliche sperimentali. L'archeologia sperimentale rappresenta infatti un valido metodo per risalire ai processi che possono avere determinato le tracce presenti nel record archeologico e per tentare di comprendere le differenze funzionali. A questo tipo di considerazioni ampio spazio sarà dato nel capitolo 5 (Costa et al. 2017a; 2017b).

Le attestazioni relative a strutture di combustione presenti nella nostra penisola durante il Neolitico sono variamente documentate. Se paragonate alla quantità di siti individuati, il loro numero è ancora da ritenersi poco rappresentativo. Mentre più frequenti sono i casi di "strutture in fossa con riempimento in pietra" (conosciute anche come strutture ad "empierrements" o "forni polinesiani") e di forni con copertura a volta, il tipo di struttura documentato a Lugo di Grezzana, in fossa semplice e senza riempimento in pietra, è invece poco frequente: in Italia settentrionale è attestato, durante il Neolitico antico, a Santa Giustina di Baldaria (VR) e, in una fase più tarda, a La Vallona di Ostiglia (MN) (**Tab 3**).

LUGO DI GREZZANA (VR)					
Struttura	ES 473=920	ES 635	ES 554	ES 543	ES 541
Imboccatura	subcircolare	subquadrangolare	subquadrangolare	subcircolare	circolare
Pareti	Inclinate/ verticali	subverticali	Verticale (E), Inclinata (O)	introflesse	verticali
Rubefazione pareti	intensa	intensa	intensa (E)	intensa	si
Fondo	piatto	piatto	piatto	concavo	piatto
Rubefazione fondo	Leggera	Leggera	Leggera	no	no
Dimensioni - diametro max	1,45	1,7	2,1	0,85	1,28
Dimensioni - diametro min.	1,27	1,5	1,55	0,85	1,15
Profondità	0,53	0,28	0,25	0,25	0,27
Profilo	Troncoconico	Cilindrico	Scaliforme asimmetrico	A bocca ristretta	Cilindrico

Tabella 2: caratteri morfologici e dimensionali delle strutture di combustione in fossa rinvenute a Lugo di Grezzana.

	Santa Giustina di Baldaria (VR)	Santa Giustina di Baldaria (VR)	La Vallona di Ostiglia (MN)	La Vallona di Ostiglia (MN)
Struttura	P12	P13	ES 1079	ES 1088
Forma	subcircolare	subcircolare	circolare	circolare
Pareti	-	inclinate	verticali	verticali
Rubefazione pareti	sì	sì	sì	sì
Fondo	concavo	concavo	concavo	piatto
Rubefazione fondo	no	no	no	no
Dimensioni - diametro max	1,24 m	1, 11 m	1,00 m	1,05 m
Dimensioni - diametro min.	1,14 m	0,97 m	1,00 m	-
Profondità	0.34 m	0,25	0,65 m	0,70 m
Bibliografia	Salzani L. 1986; Pangrazzi C. 2001-2002.	Salzani L. 1986; Pangrazzi C. 2001-2002.	De Marinis R. C. 1990	De Marinis R. C. 1990

Tabella 3: confronto con altre strutture di combustione in fossa simili per morfologia a quelle di Lugo

- *Ricerca campioni magazzino*

La ricerca dei campioni è stata l'occasione per effettuare un riordino del materiale conservato in magazzino che ha previsto un inserimento in elenco Excel di quanto relativo agli anni di scavo 2003-2005 (concotto, campioni di terra, campioni di carboni, materiale ceramico e industria litica) la creazione di nuove etichette che rendesse più semplice la ricerca.¹⁸

L'indicazione della presenza nelle schede US di materiali come concotti, carboni, travi parzialmente carbonizzate, individuati durante lo scavo nei riempimenti delle strutture indagate, non è stata accompagnata da un'adeguata campionatura come dimostrato dall'assenza di questa categoria di evidenze dai campioni in magazzino. Nella tabella 5, accanto alla descrizione dei materiali è indicata la presenza o meno di concotto, campioni di terra, campioni di carboni, ceramica, litica e ossa, nelle cassette di magazzino.

Impossibile dunque effettuare analisi dei concotti di tutte le strutture, fatta eccezione per la ES 473/03, perché non oggetto di una campionatura omogenea nel corso dello scavo; lo stesso può dirsi per le analisi su campioni di suolo finalizzati alla ricerca di markers o residui grassi, materiali presenti nei riempimenti secondari.

Diversi campioni di carbone sono stati però sottoposti alle analisi 14C, e hanno fornito date di riferimento per le strutture indagate (**Tab. 4**).

ES 473: non presenti campioni di terra. Carboni analizzati per analisi 14C (US 483). Us. 467 (fr. litici). Disponibili risultati 14C e sui pochi concotti prelevati. Hanno restituito queste date (carbone di legna, tronco): 5465-5230 B.C. (campione DSA 737)

ES 541: campioni di terra del riempimento sommitale, poco significativo. Carboni analizzati per analisi c14 (US 565). 5209-5007 B.C. (DSH6739_C). Materiale non determinabile.

ES 543: si ha un campione di terra per riempimenti centrale e sommitale (US 564 e 542), poco significativi. Carboni analizzati per analisi 14C (US 570). 5324-5220 B.C. (DSH 6735_C). Materiale non determinabile.

ES 554: terre e carboni solo per il livello di riempimento sommitale (US 548) da cui provengono anche alcuni frammenti ceramici e litici.

ES 635: non presenti campioni di terra. Carboni analizzati per analisi 14C (US centrale 622). Disponibili concotti, terra e carboni in riferimento all'US 588, corrispondente ad un'area di dispersione di concotti. Datazione 5216-5079 B.C.

¹⁸ Lavoro svolto in collaborazione con la dottoranda Monica Bersani e alcuni tirocinanti del corso triennale 2014-2015 sotto la supervisione del Dott. Fabio Cavulli.

Numero di laboratorio	Contesto	Settore	Materiale	Tecnica di datazione	Età 14C BP	$\Delta 13$	BC1 σ	%	BC 2 σ	%	
DSH 299	US 467 ES 473	X	Carbone di legna (tronco?)	AMS	6356 \pm 26		5365-5313		5465-5441 5424-5406 5382-5298 5250-5230		Pedrotti et al. 2015
DSH6735_SE	US570 ES 543	XVI	Carbone di legna non identificato	AMS	6307 \pm 24	(-20 \pm 1) ‰	5317-5292 5263-5229	51.7 48.3	5324-5220	100	inedita
DSH6737_C	US622 ES 635	XVI	Carbone di legna non identificato	AMS	6257 \pm 33	(-27 \pm 1) ‰	5297-5242 5234-5217	76.4 23.6	5216-5206 5163-5136 5131-5119 5108-5079	91.8 3.3 1.4 3.5	inedita
DSH6739_C	US565 ES541	XVI	Carbone di legna non identificato	AMS	6147 \pm 31	(-22 \pm 1) ‰	5206-5160 5152-5150 5137-5128 5120-5094 5080-5035	39.1 1.2 5.8 17.1 36.8	5209-5007	100	inedita

Tabella 4: datazioni 14C dalle strutture di combustione di Lugo di Grezzana (Laboratorio Bagolini).

Sett	ES	US	Descrizione scheda US	CONCOTTO	CAMPIONI TERRA	CARBONI	Ceramica	Litica	Ossa
X	473	fondo scottato	494						
X	473	pareti rubefatte	495	frr.parete e concotti	x				
X	473	fondo	483	TRAVI e concotti da 482					
X	473	riempimento	482	concotti nel riempimento	x				
X	473	riempimento	467	riempimento con concotti e carboni, travetto				x	
X	473	tetto	456	riempimento testa: concotti, carboni e alcune selci				x	
X	473	buche/sfiati	480	concottini informi				x	
X	473	buche/sfiati	479	carbonicini e pochi concotti				x	
XVI	635	fondo	646	fitta concentrazione di travetti, carboncini, concotti					
XVI	635	riempimento	622	concotto nel riempimento a V, concotti e carboni	x		x	x	
XVI	635	riempimento	613	assenti				x	
XVI			588	Area di dispersione dei concotti	x	x		x	x
XVI	554	fondo	645	riempimento con pochi frustoli di carbone				x	x
XVI	554	riempimento	553	sup. con piccoli travetti carbonizzati				x	
XVI	554	riempimento	548	piccoli concotti		x	x	x	x
XVI	554	buche palo	620	concottini e radi carboni		x			
XVI	554	buche palo	673						
XVI	541	fondo	565	riempimento con frustoi di carbone, calcari cotti e ossa bruciate		x	x		x
XVI	541	centrale	540	grande quantità di ossa bruciate, pietra calcarea cotta, frr selce e frustoli di carbone				x	x
XVI	541	sommitale	539	concottini e ceramica	x	x	x	x	x
XVI	543	fondo non rubefatto	570	travetto appiattito, carboni di piccole dimensioni.			x		
XVI	543	riempimento	564	numerosi concotti informi e pochi carboncini, alcuni cocci.		x		x	x
XVI	543	riempimento alto	542	piccoli concotti in caduta da ovest, pochi carbonicini e selci (sup .esterna 544).		x		x	x
XVI	543	buca di palo	576	concottini e carboni		x		x	x

Tabella 5: Elenco campioni per ogni struttura, presenti in magazzino.

TAVOLE

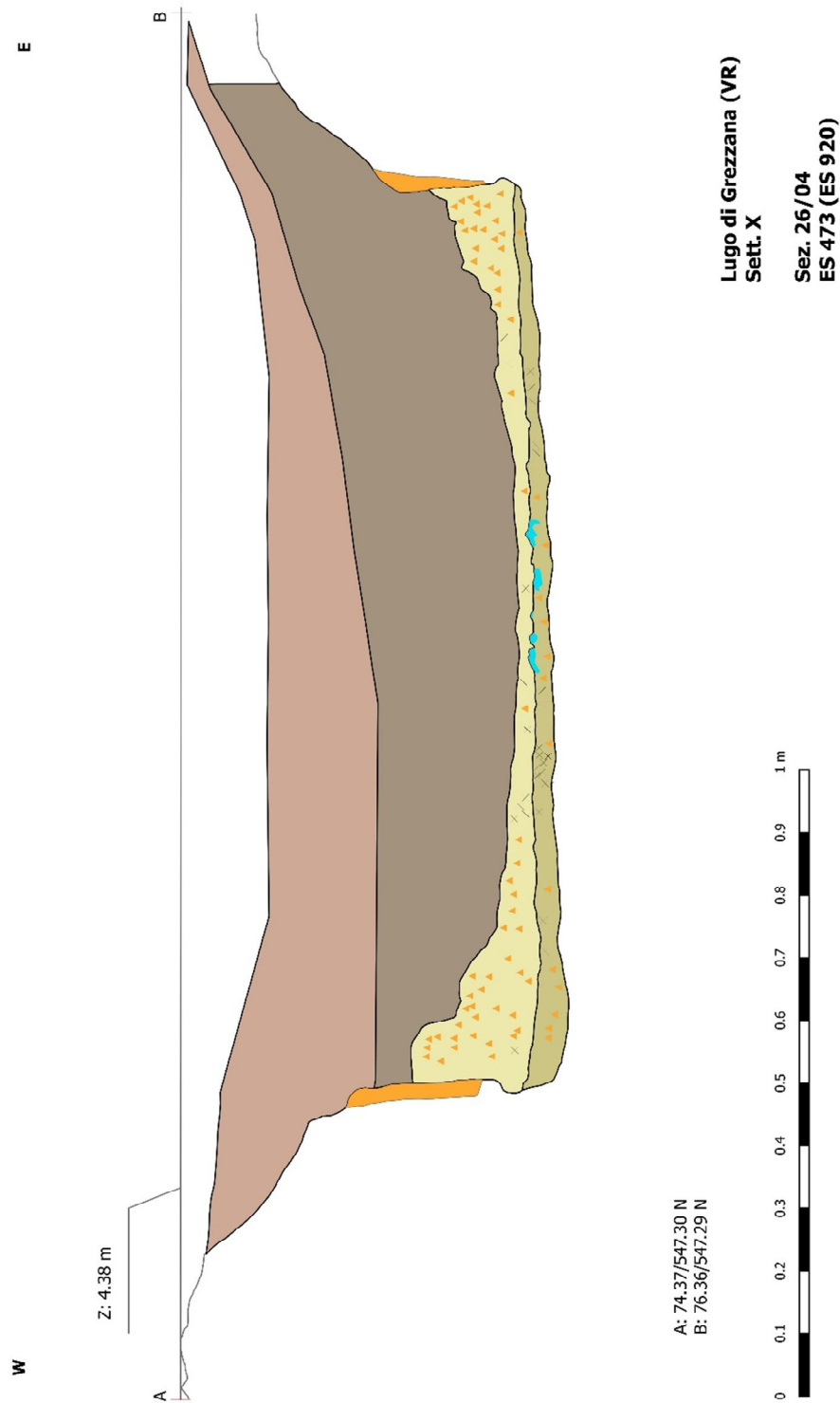


Tavola I: Sezione 26 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

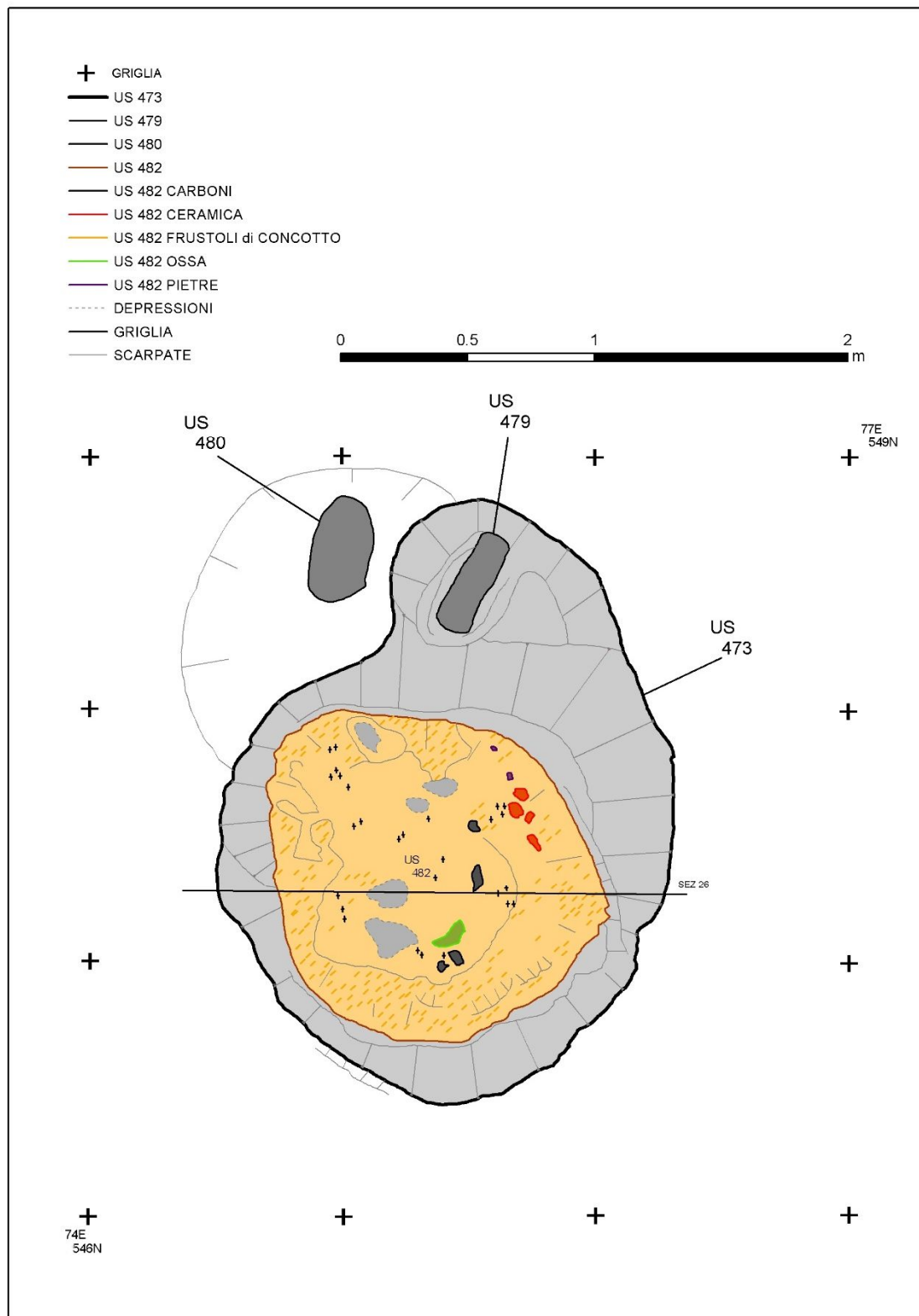


Tavola II: Struttura ES 473 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

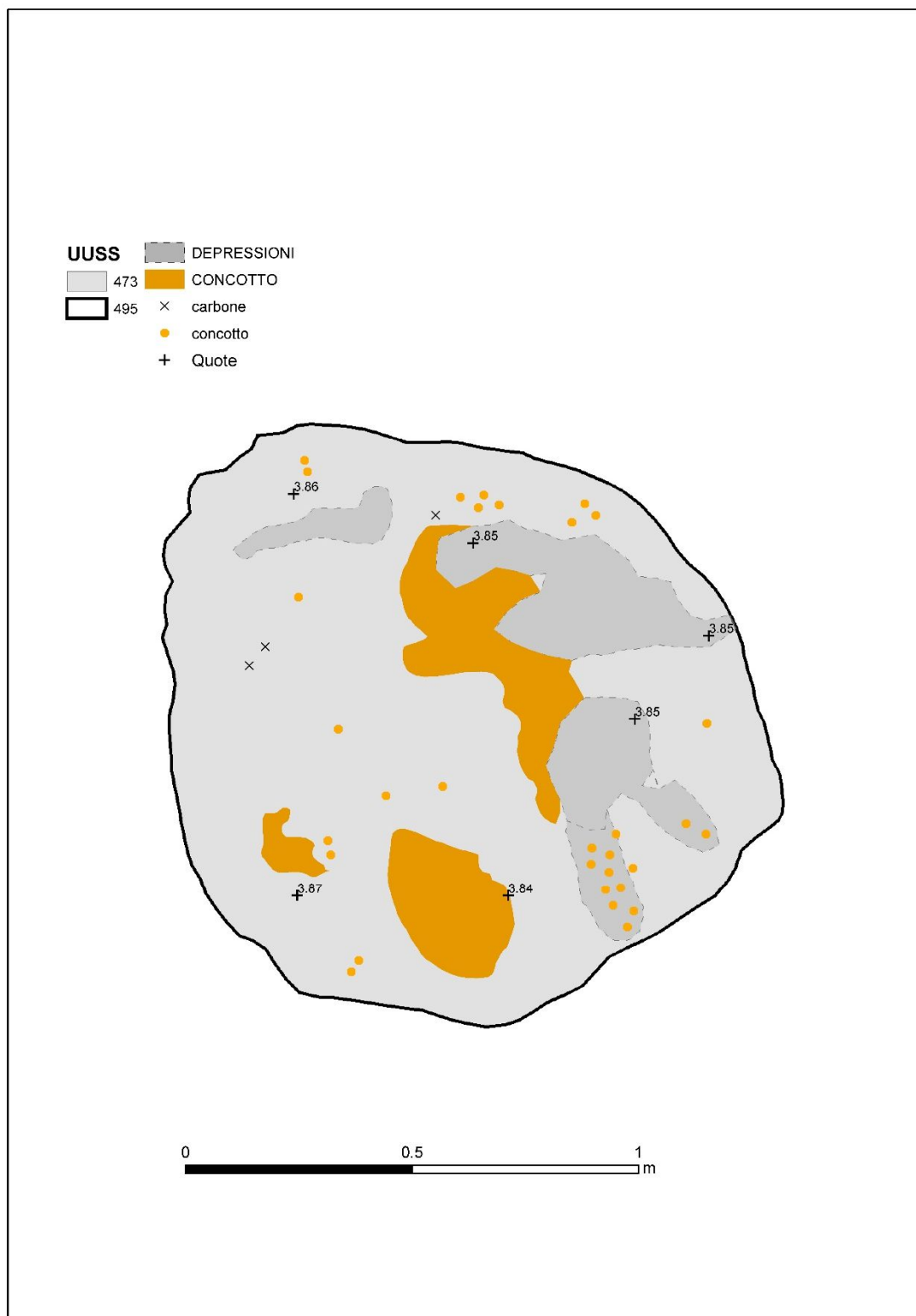


Tavola III: ES 473, US 494 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

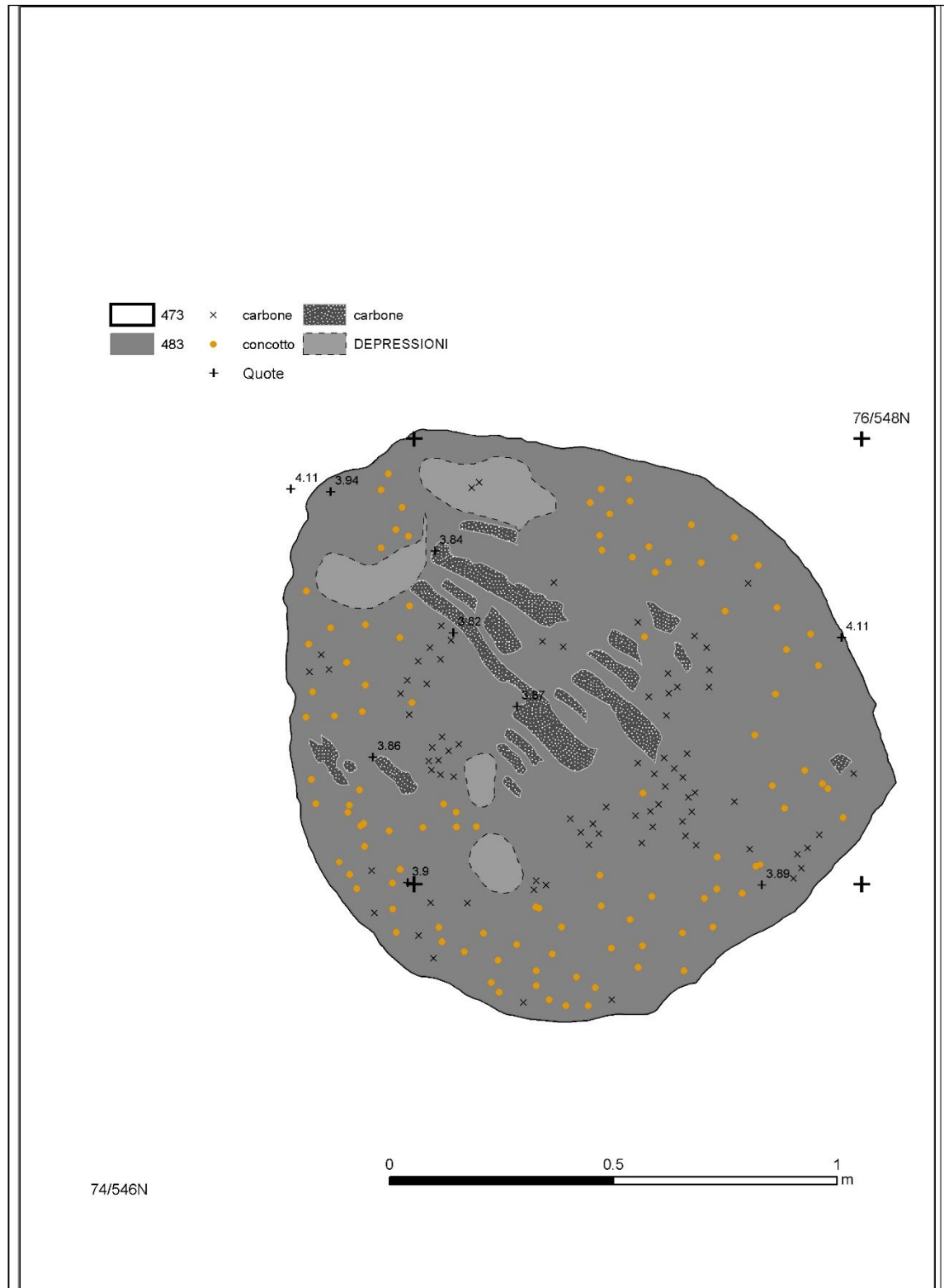


Tavola IV: ES 473. US 483 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

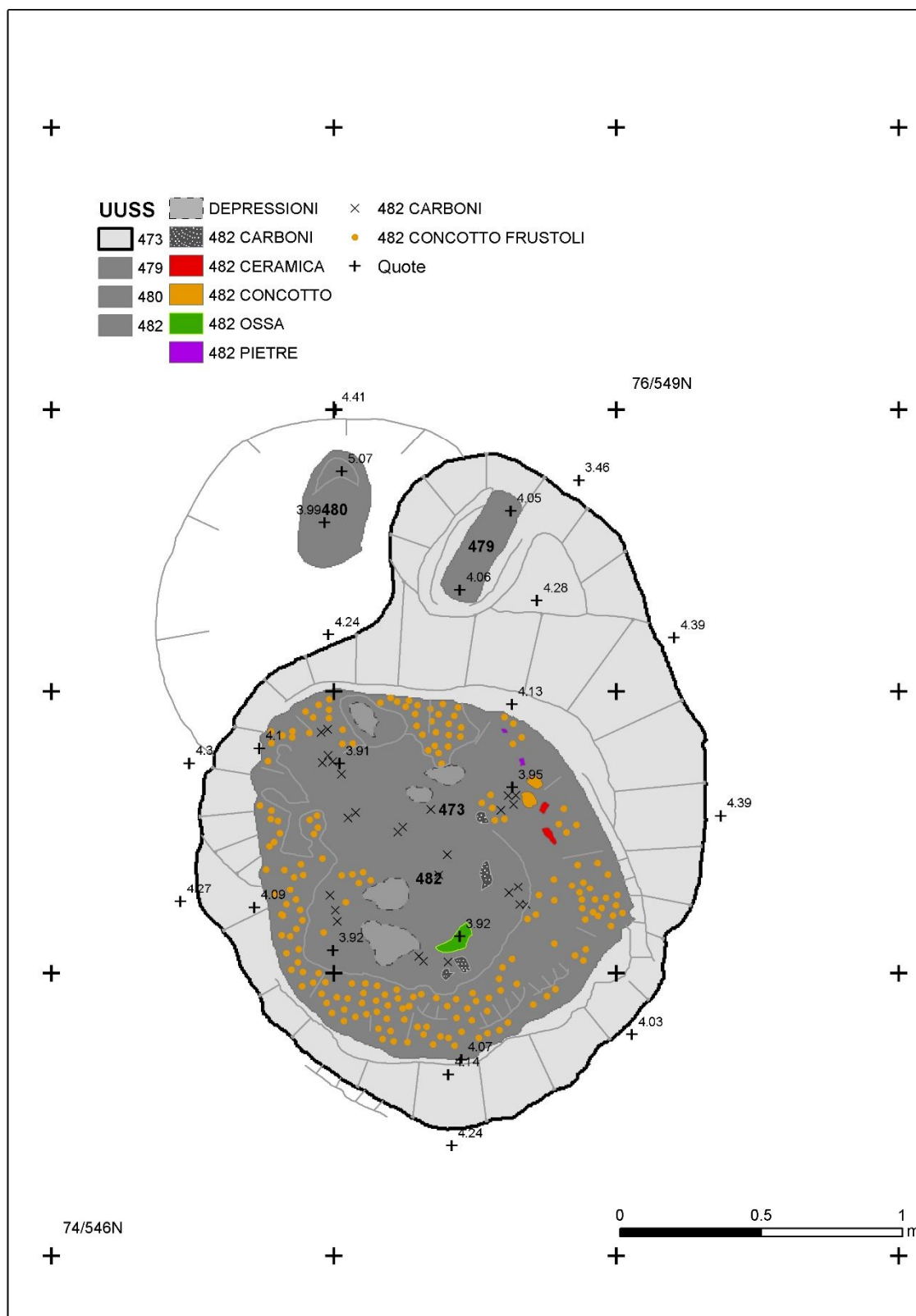


Tavola V: ES 473. US 482 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

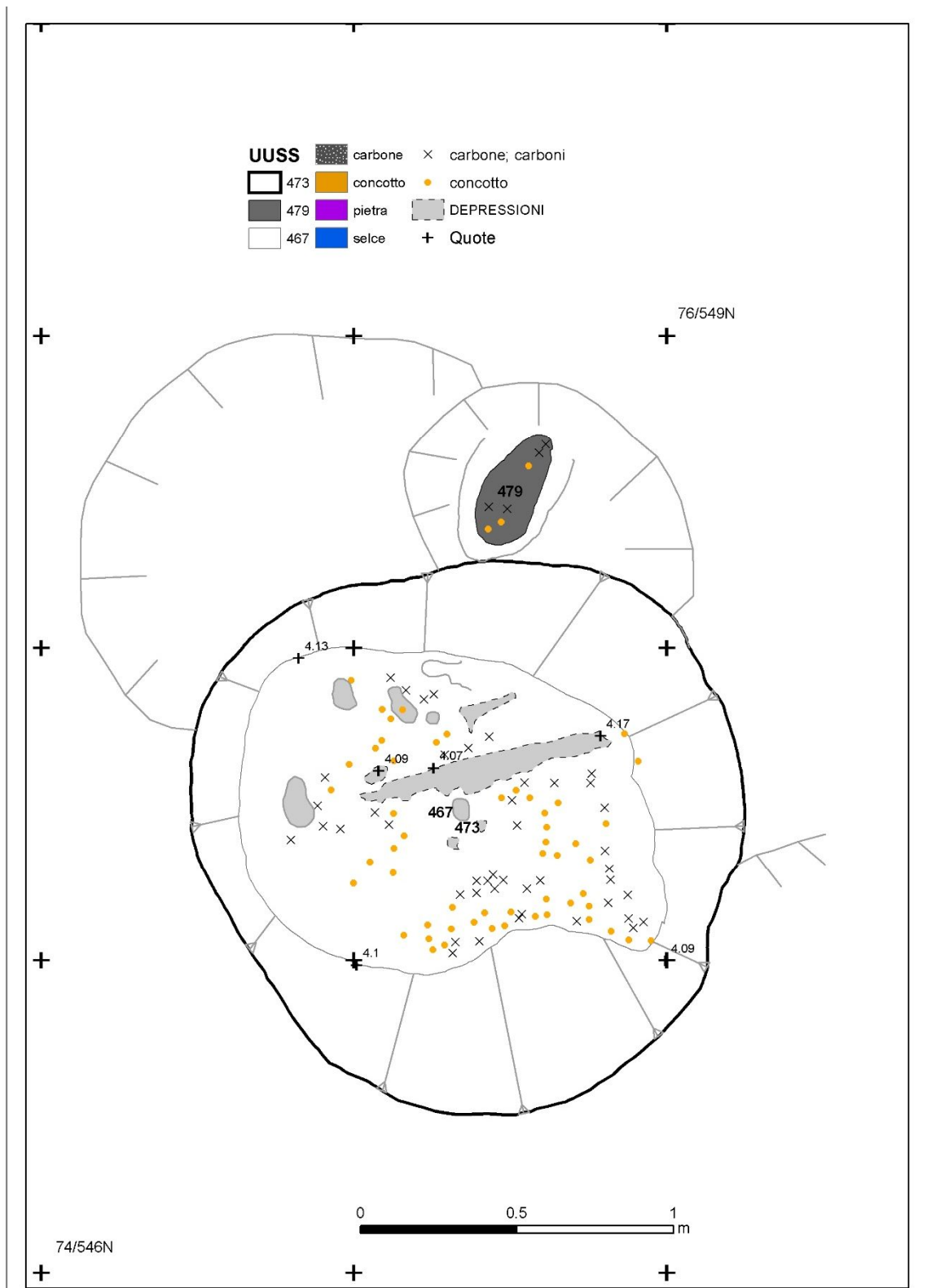


Tavola VI: ES 473. US 467(elaborazione grafica di F. Cavulli).

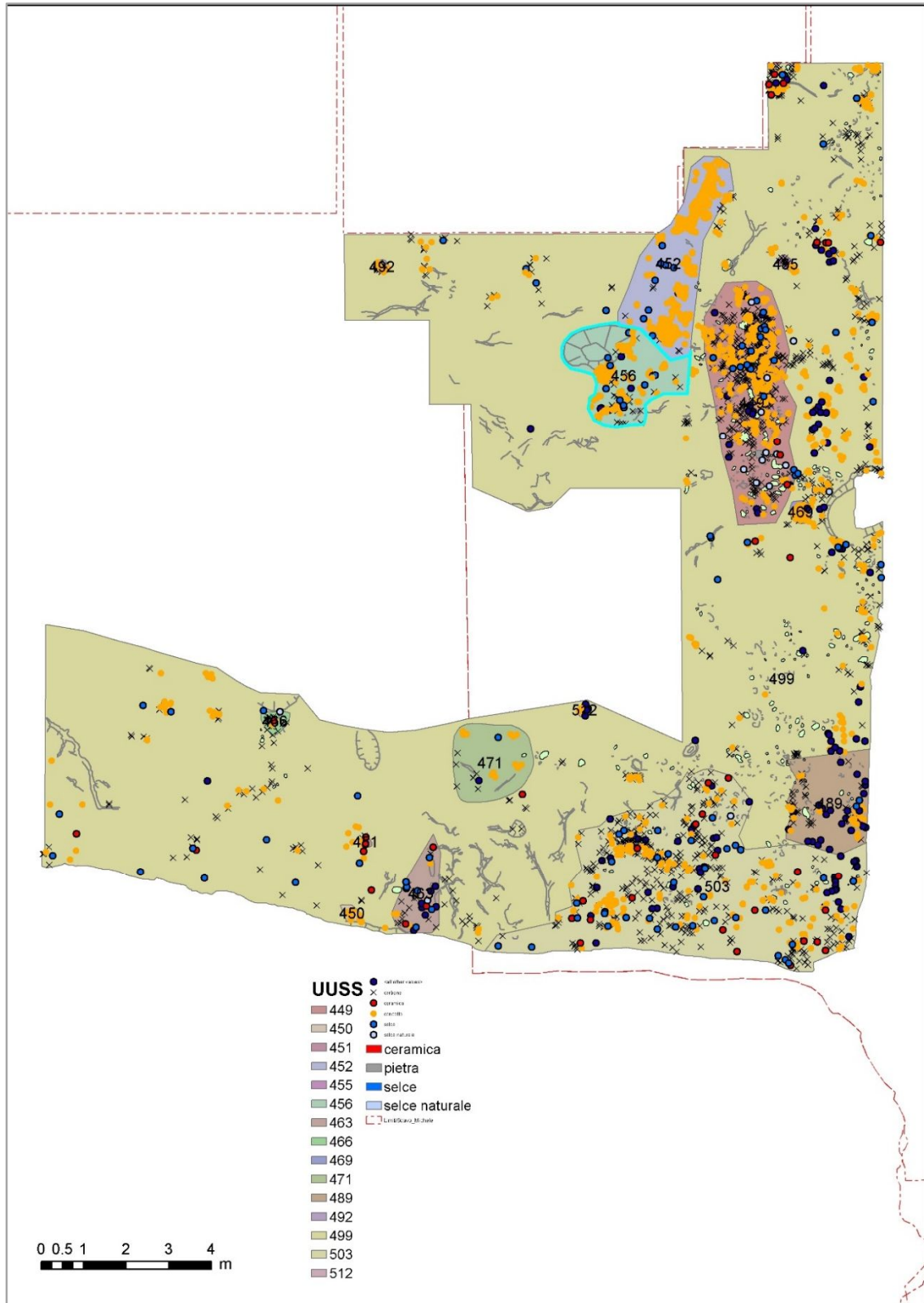


Tavola VII, strato planare US 456 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

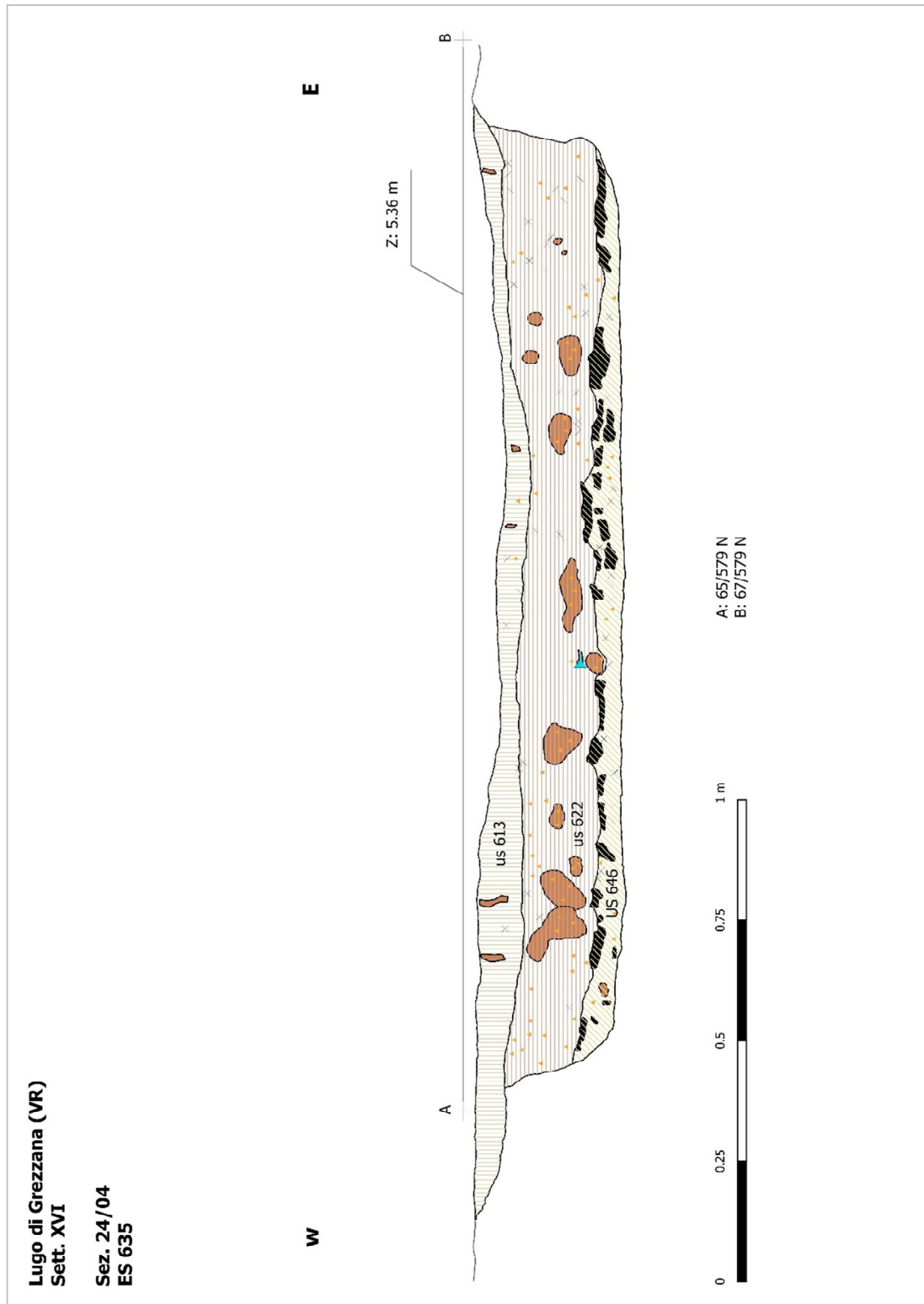


Tavola VIII: ES 635. Sezione 24 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

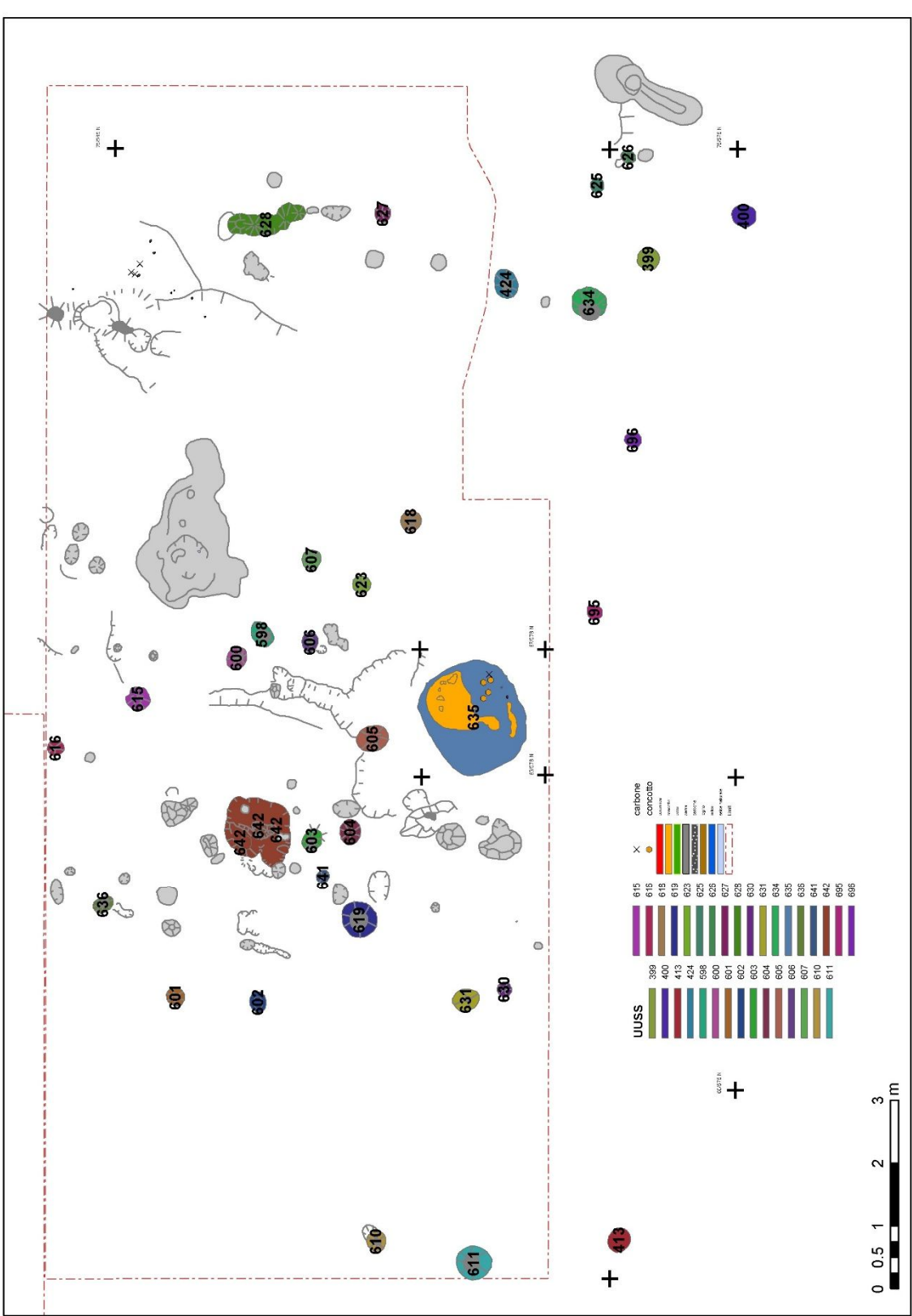
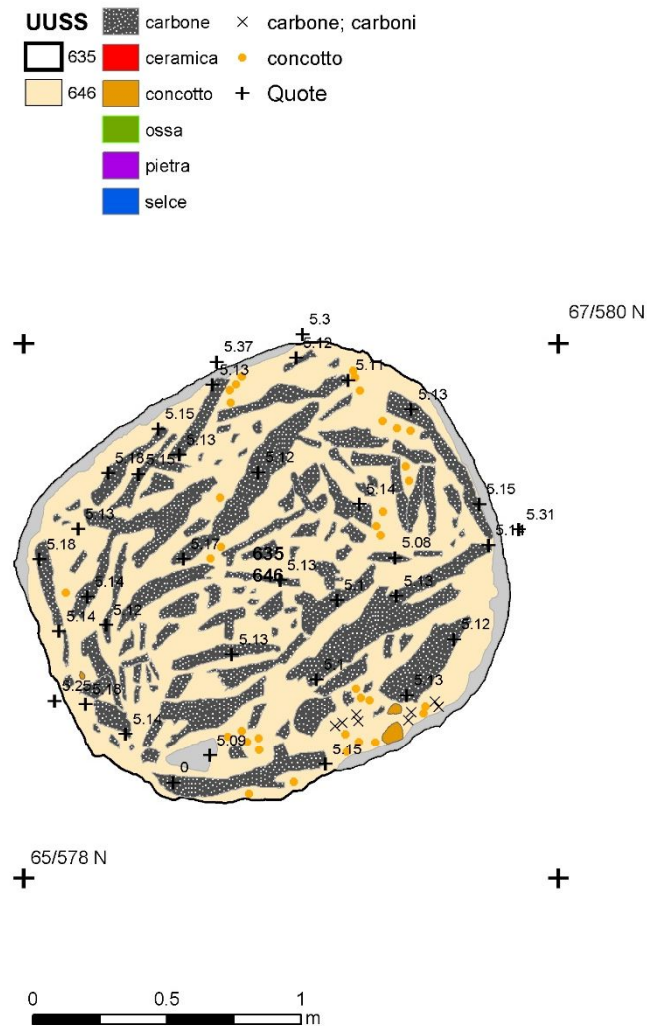


Tavola IX: ES 635 (elaborazione grafica di F. Cavulli).



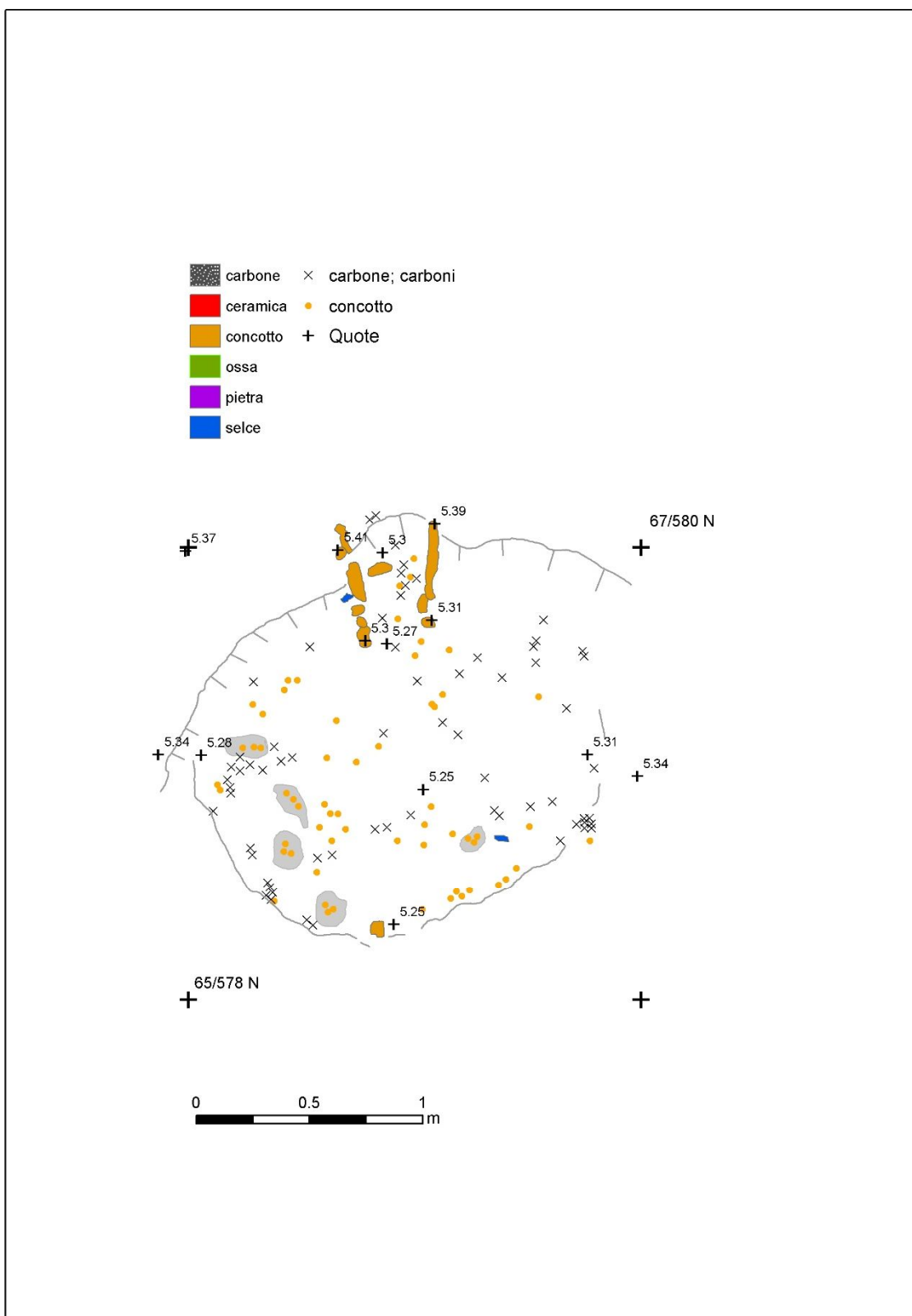


Tavola XI: ES 635. US 622 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

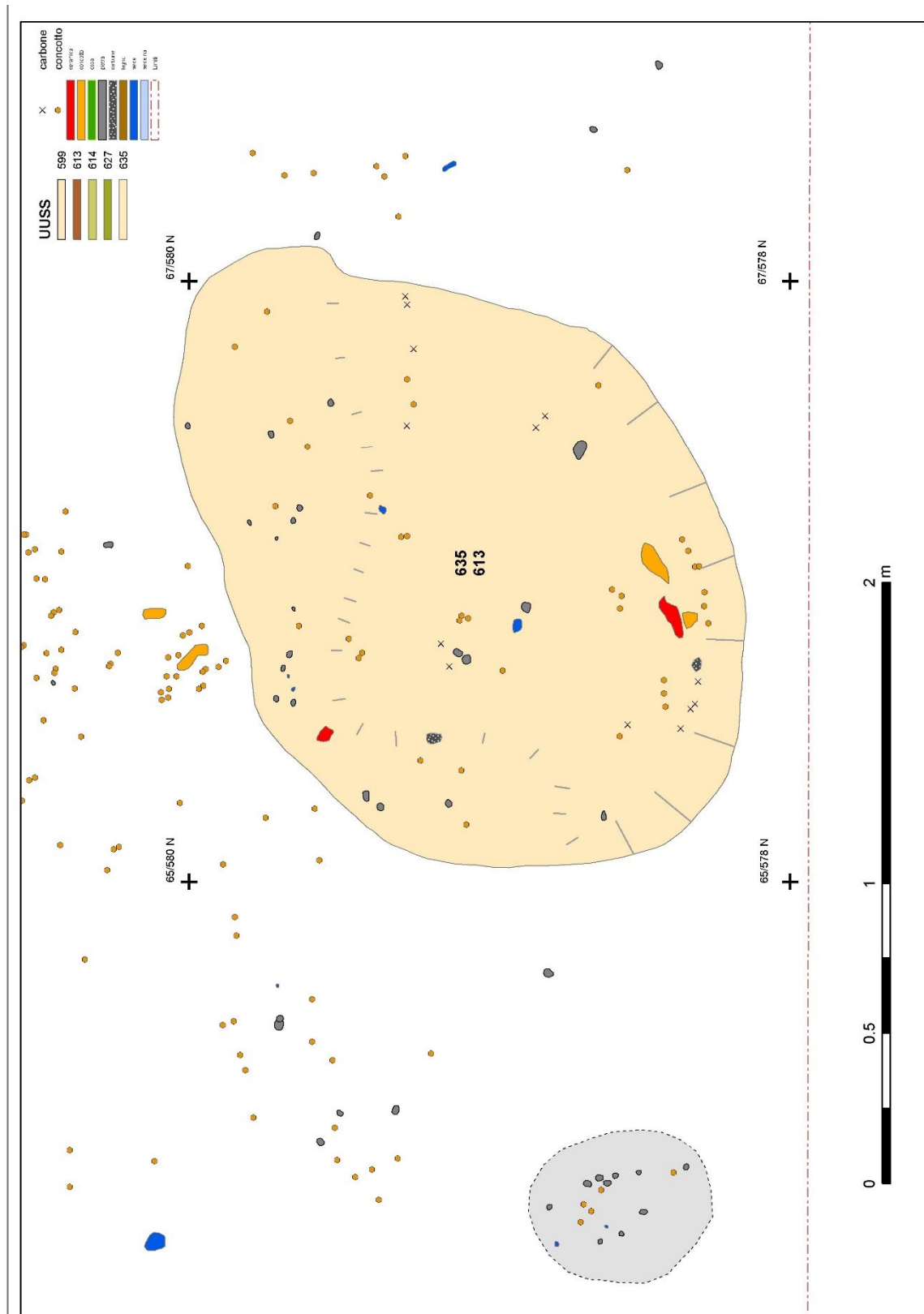


Tavola XII: ES 635. US 613 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

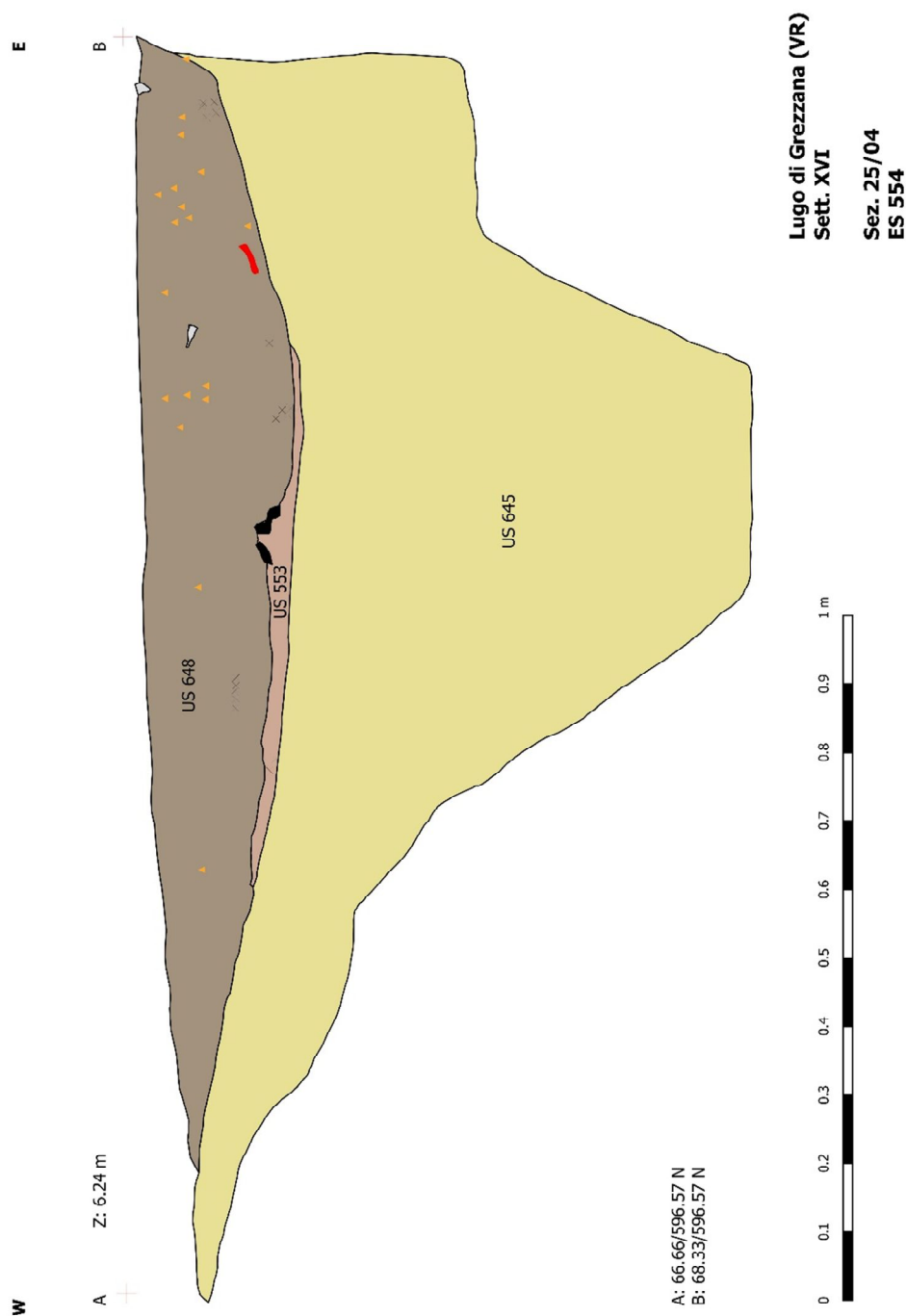
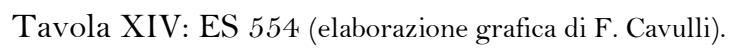


Tavola XIII: ES 554. Sezione 25 (elaborazione grafica di F. Cavulli).



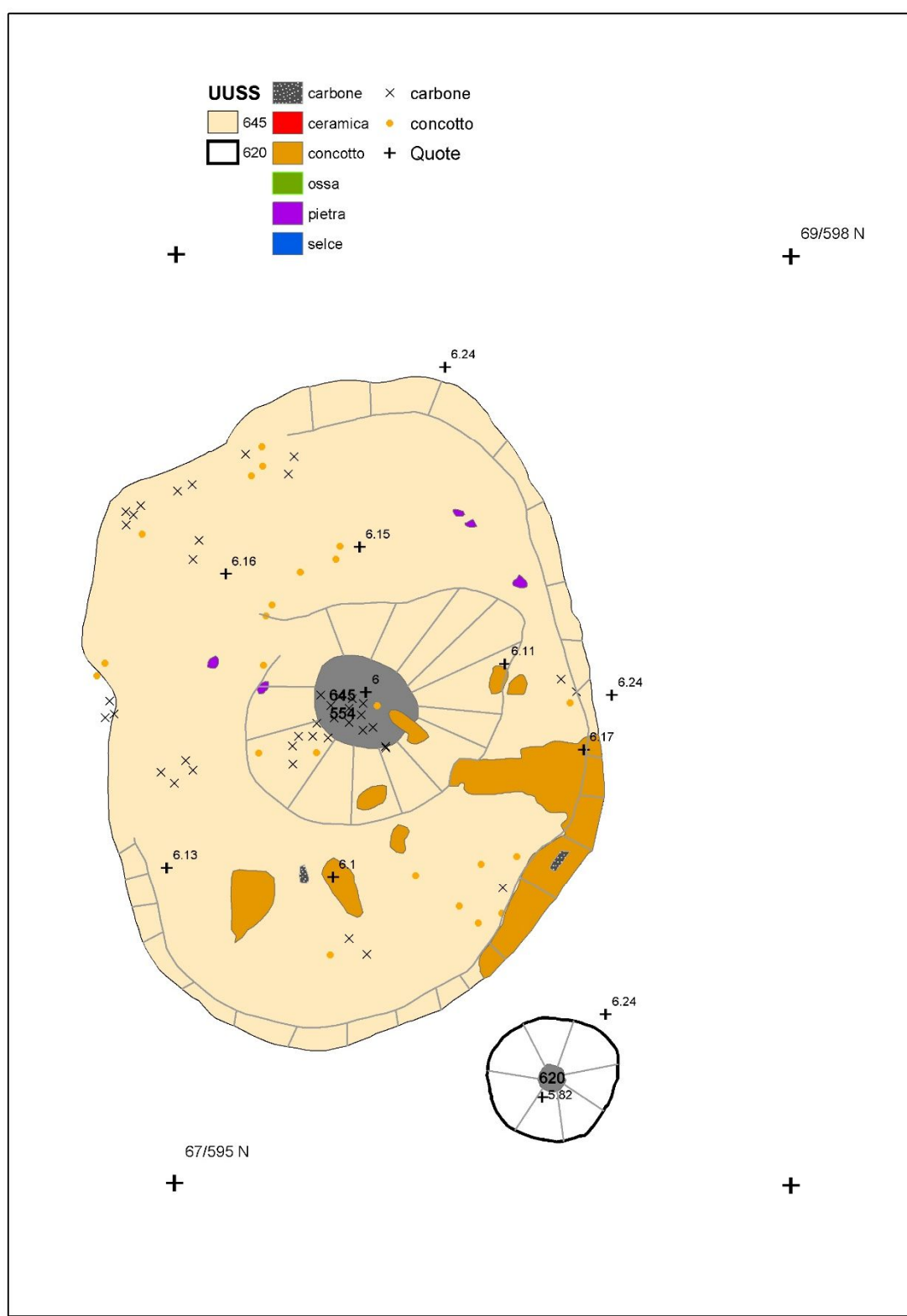


Tavola XV: ES 554. US645 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

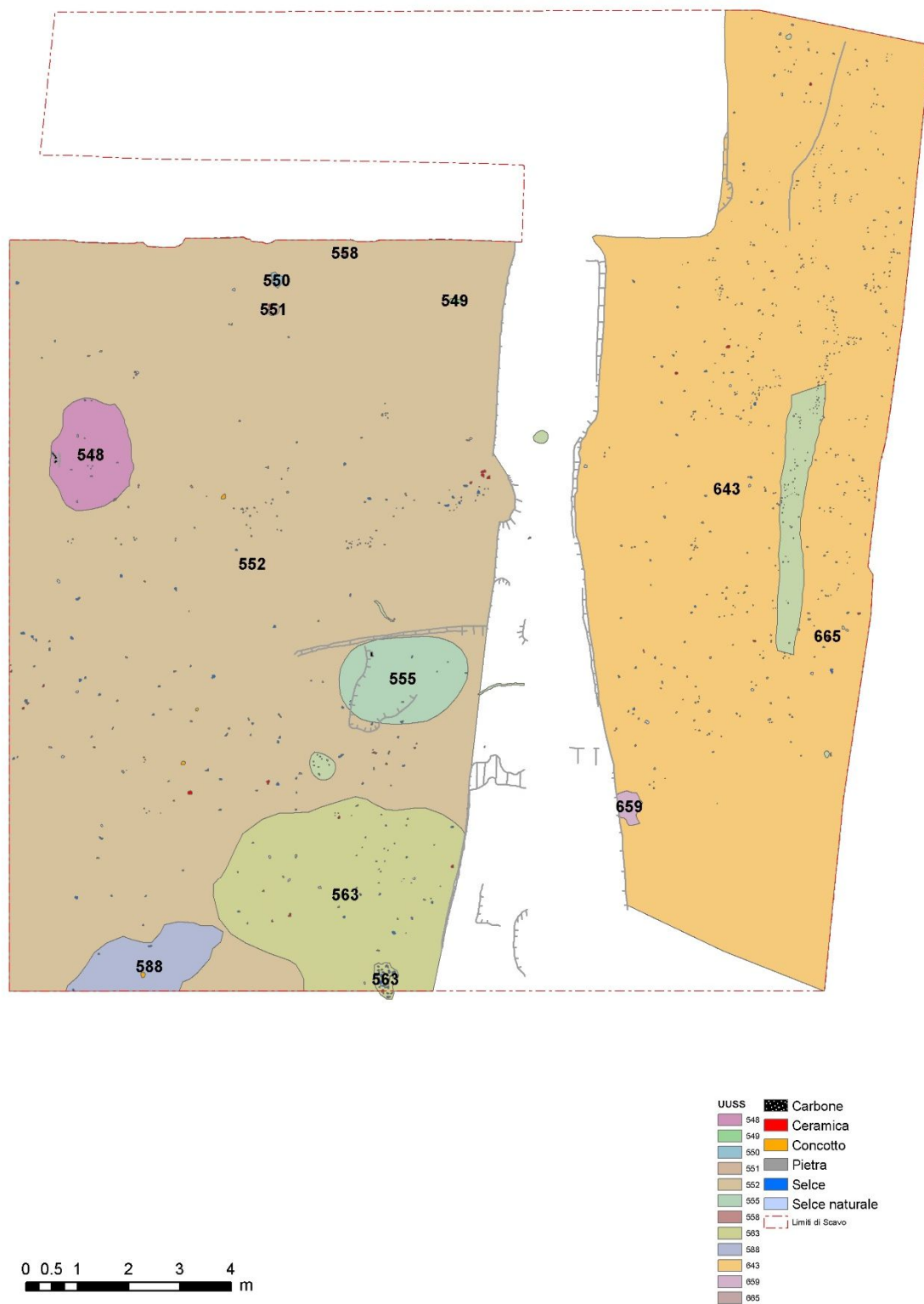


Tavola XVI: US 548 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

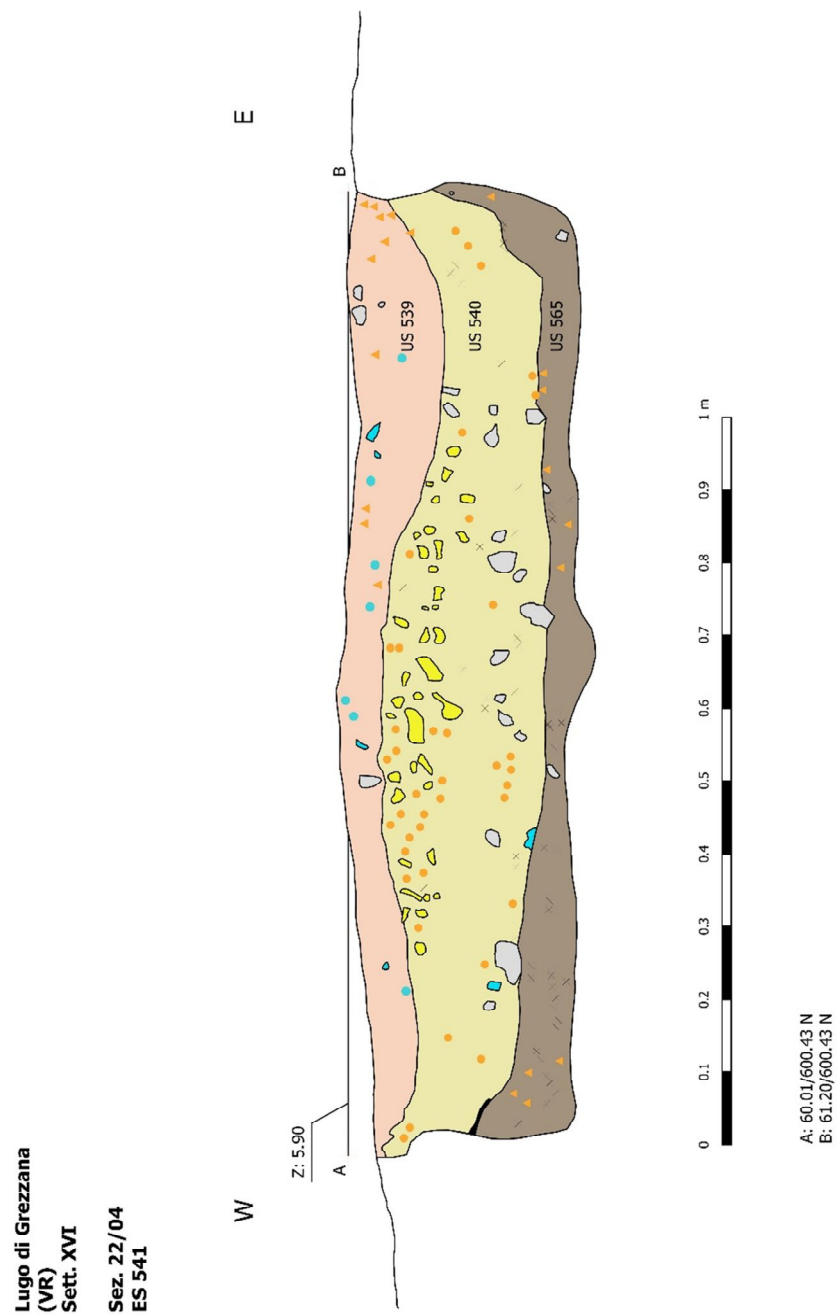


Tavola XVII: ES 541. Sezione 22 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

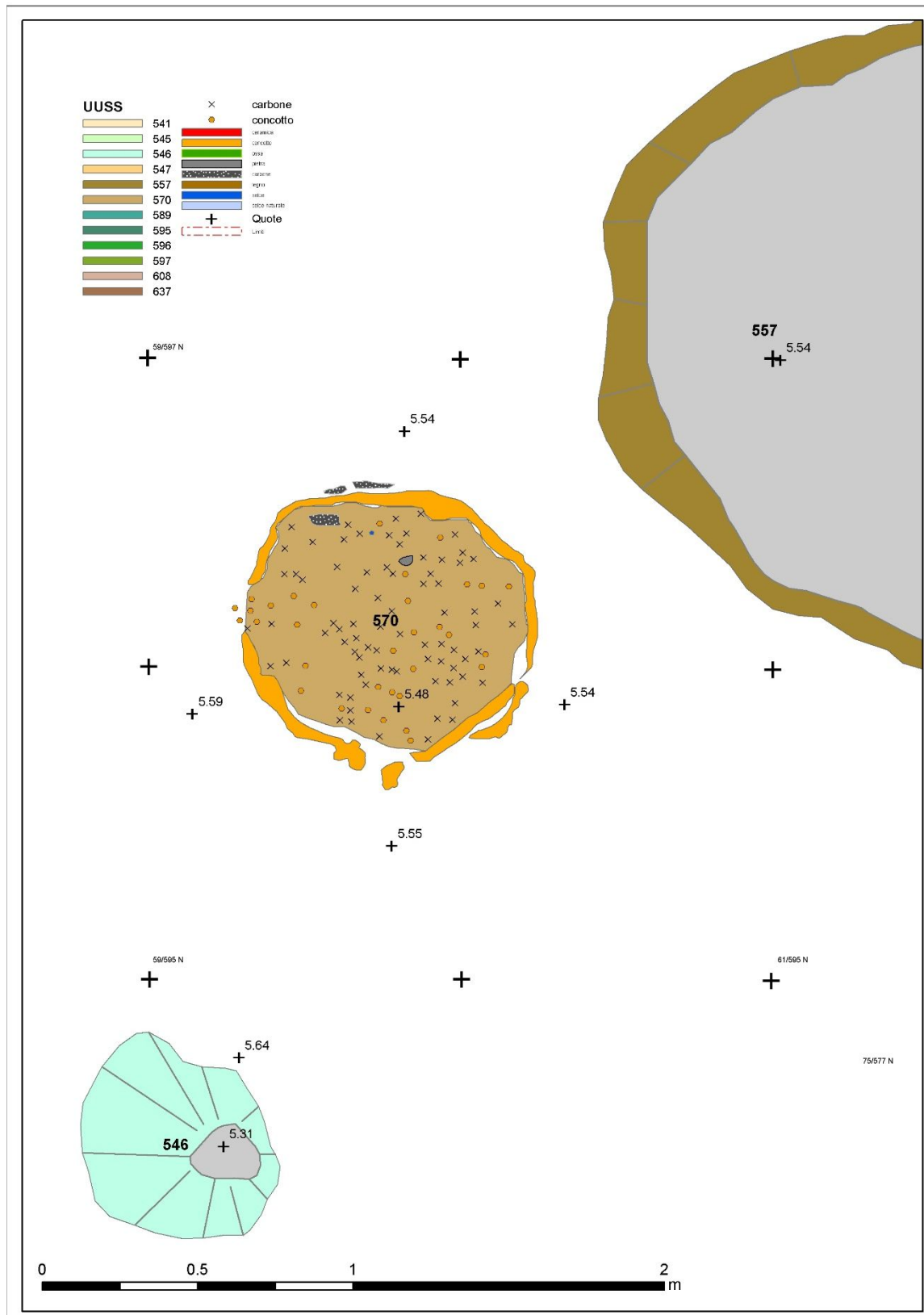


Tavola XVIII: ES 541 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

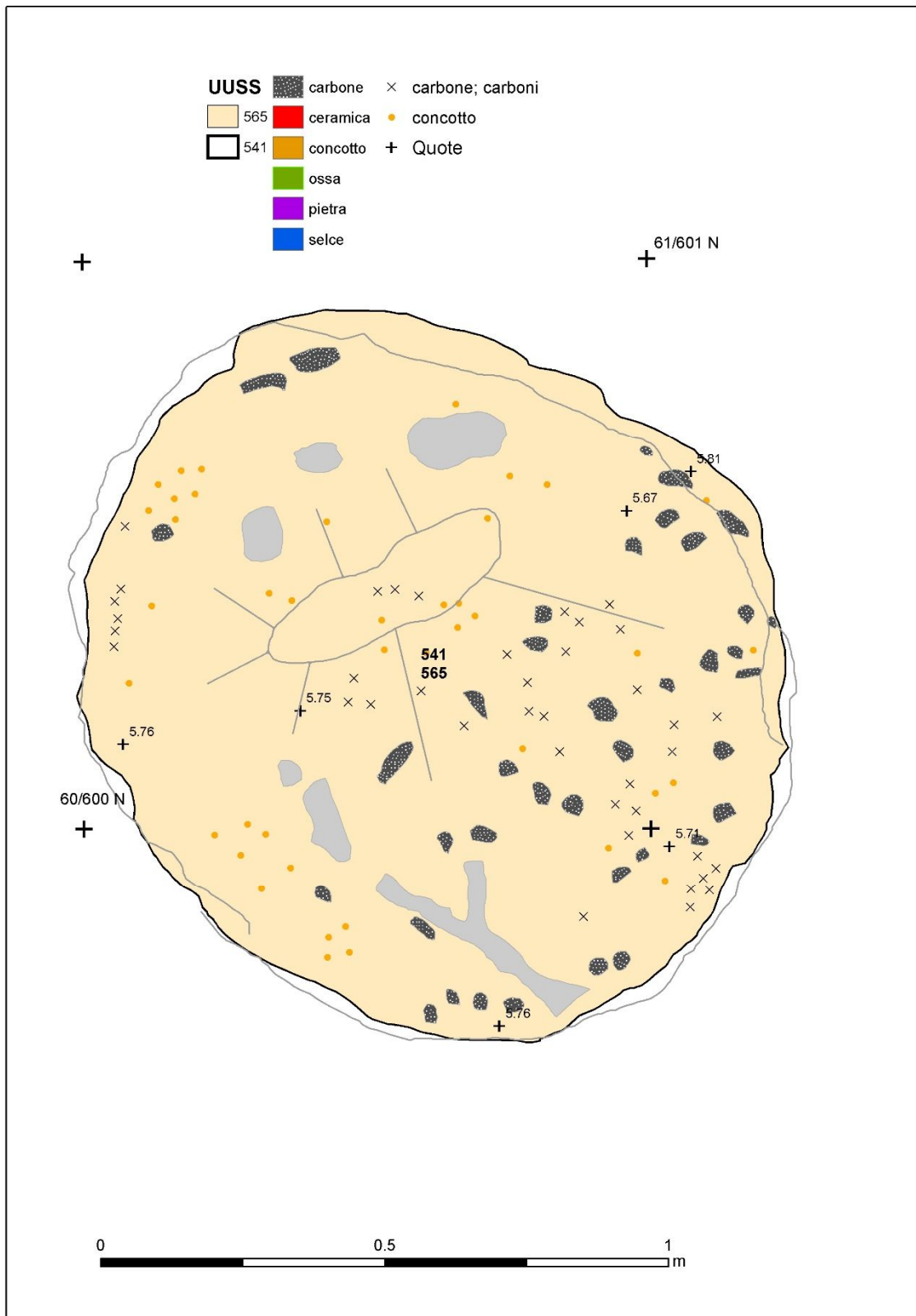


Tavola XIX: ES 541. US 565 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

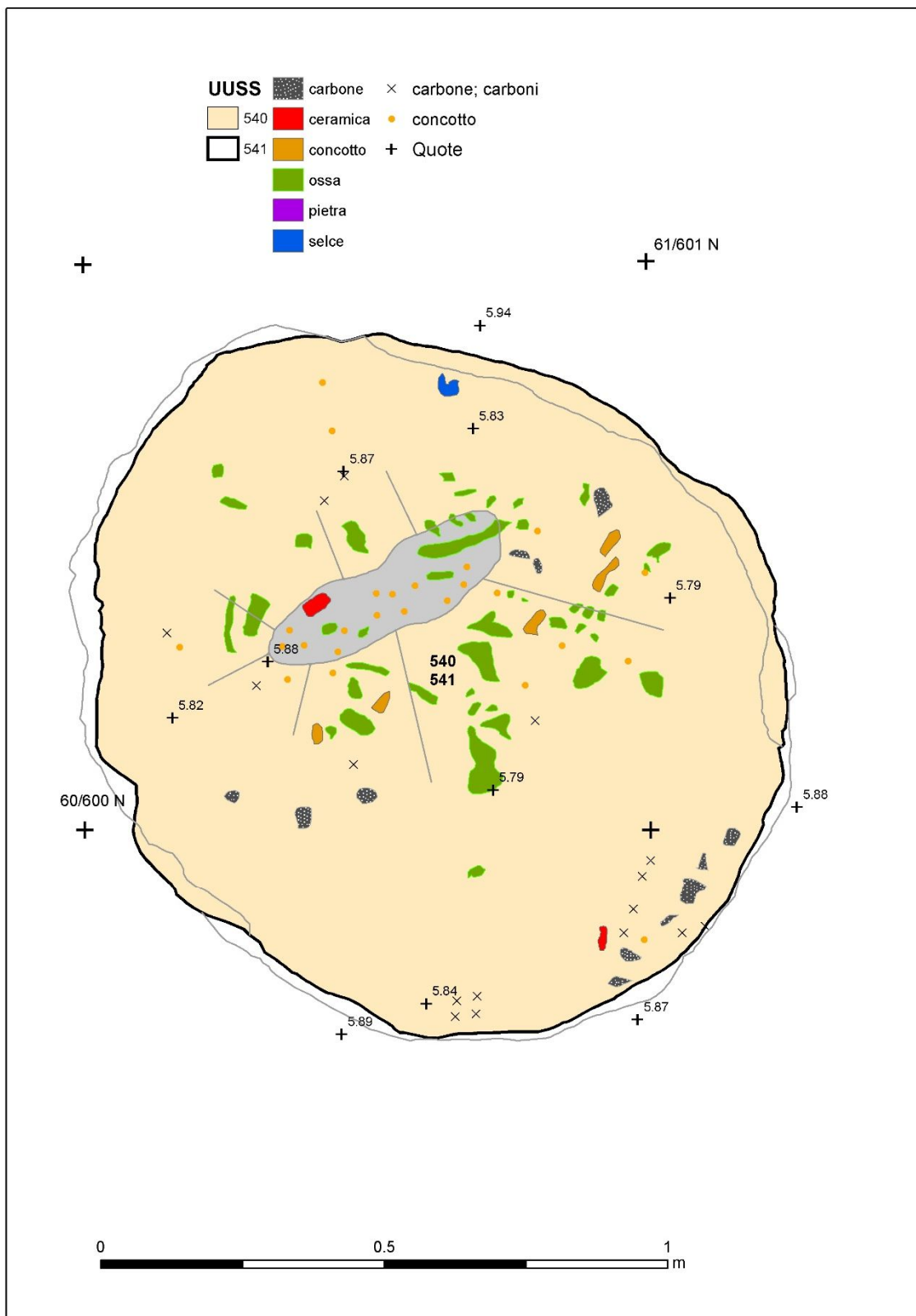


Tavola XX: ES 541. US 540 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

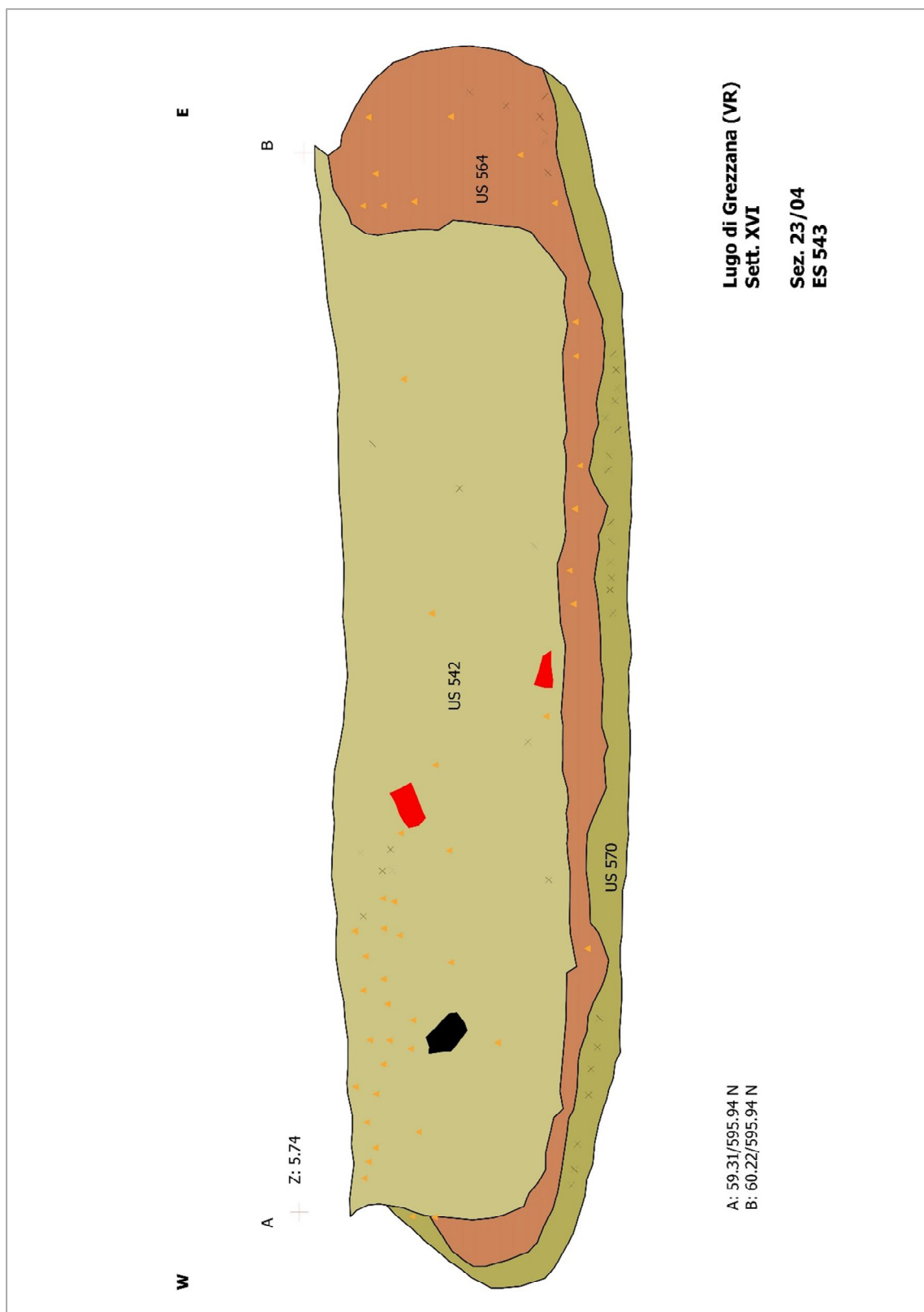


Tavola XXI: ES 543 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

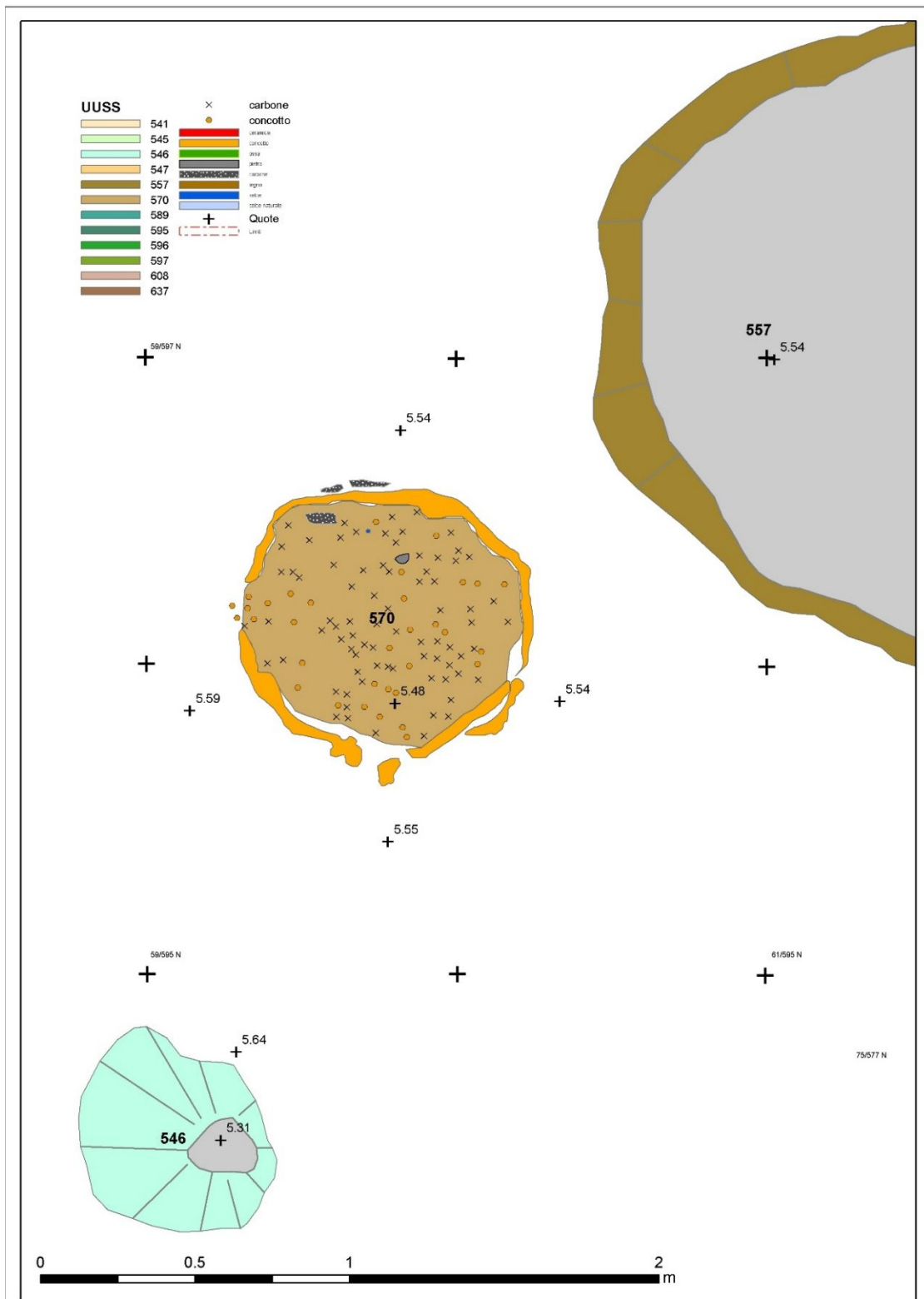


Tavola XXII: ES 543. US 570 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

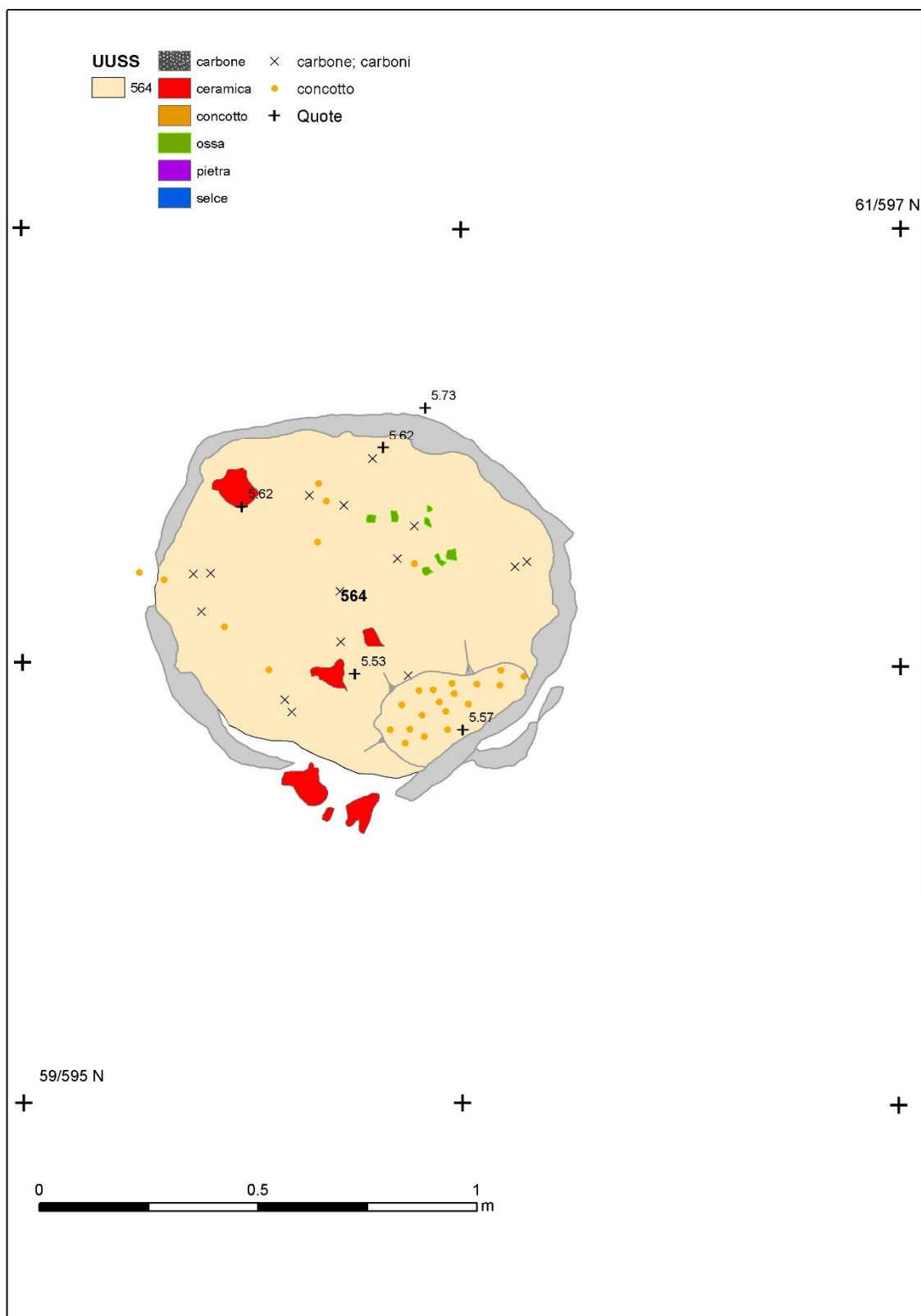
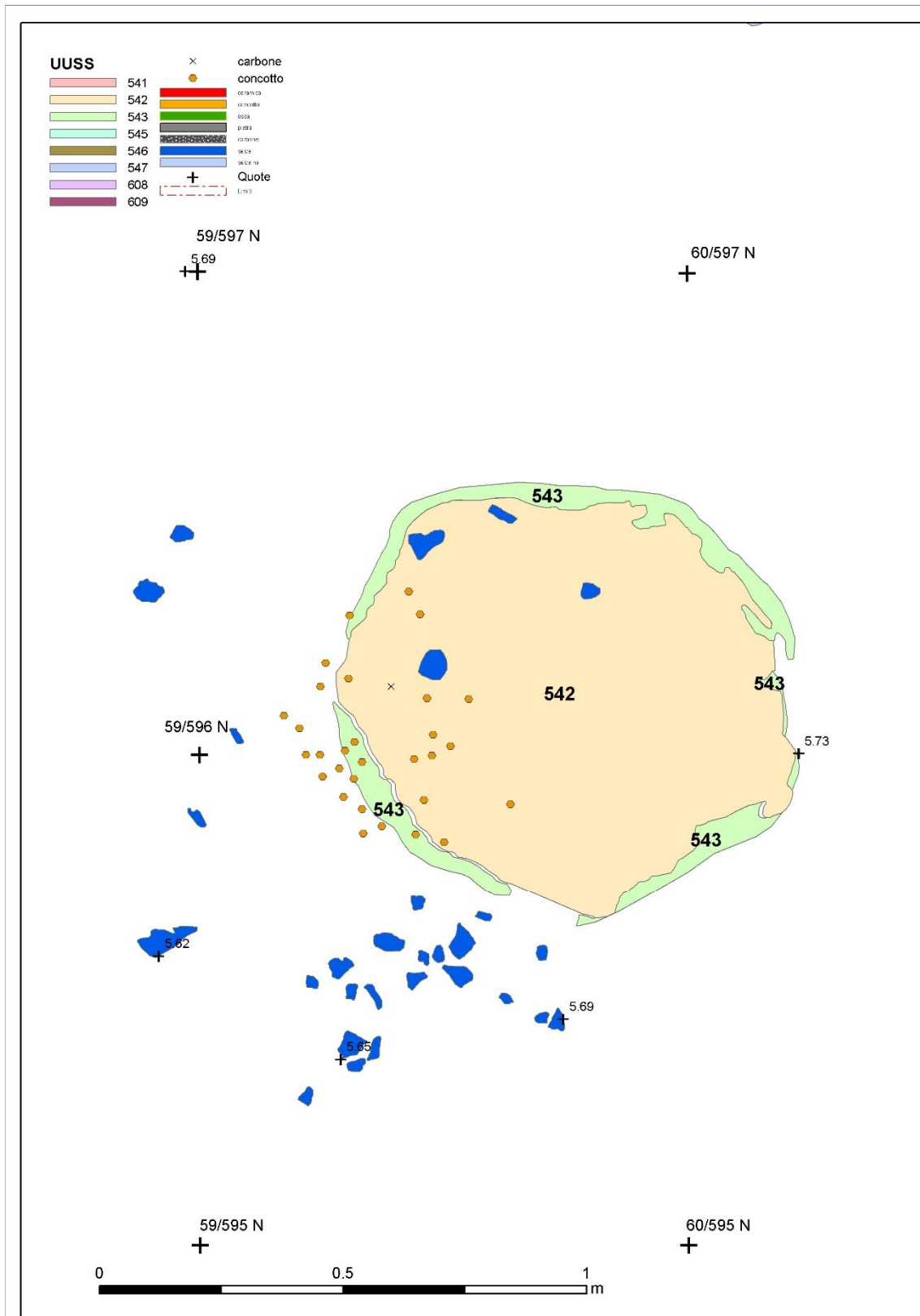


Tavola XXIII: ES 543. US 564 (elaborazione grafica di F. Cavulli).



Tav. XXIV: ES 543. US 542 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

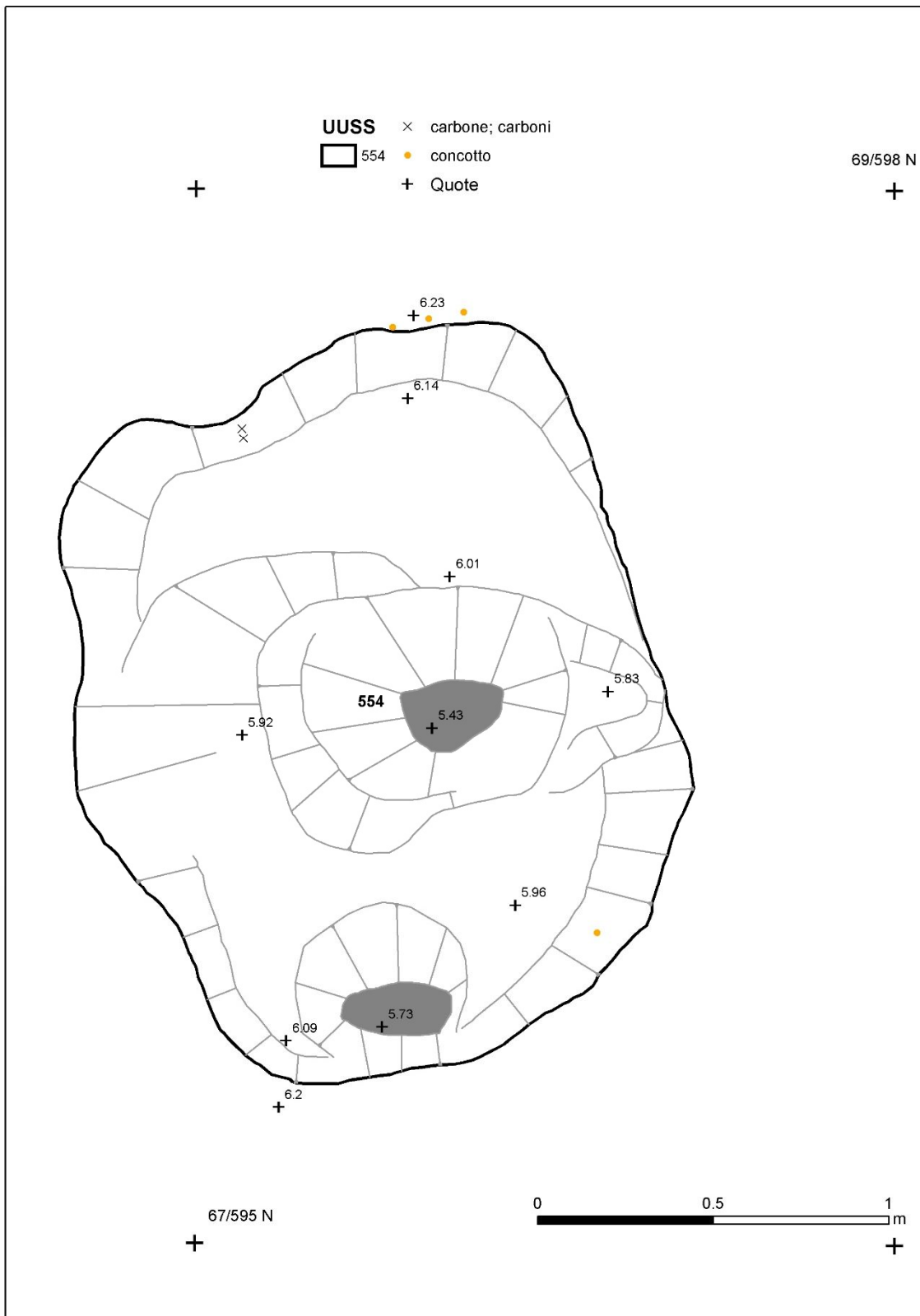


Tavola XXV: US 576 (elaborazione grafica di F. Cavulli).

CAPITOLO 4. Caratterizzazione archeometrica dei concotti

4.1. Finalità dello studio archeometrico

Il concotto, in associazione a elementi come carboni, travi carbonizzate e con alterazione termica, rappresenta un importante elemento indicatore di attività pirotecniche (come già descritto nel Capitolo 1, al paragrafo 1.3).

La ricerca archeometrica consente di usare metodiche che possono contribuire a favorire l'interpretazione funzionale della struttura. Le analisi dei concotti provenienti dalla struttura ES 473/03 sono state effettuate per valutare il grado di riscaldamento, indotto dalla funzione stessa della struttura o a essa preliminare, dei campioni selezionati. Spesso, infatti, i sedimenti mostrano alterazioni strutturali (trasformazioni dei componenti minerali dell'argilla) come risultato di esposizione a determinate temperature.

Il concotto che costituiva le pareti della struttura ES 473/03 solleva alcuni dubbi sulle modalità di formazione: potrebbe essere sia il risultato dell'alterazione termica dei sedimenti o di una preparazione (camicia), depurata e spalmata sulla superficie delle pareti della buca. A una prima osservazione macroscopica il materiale prelevato dalle pareti sembra differenziarsi, per morfologia e dimensioni, da quelli presenti invece nei riempimenti. Può trattarsi del risultato dello stesso materiale sottoposto a diverse temperature? Analisi archeometriche effettuate nel corso di un precedente lavoro hanno evidenziato l'assenza di tracce di impasto in alcuni campioni pertinenti a un piano di focolare, e rilevato dunque che si sono originati in seguito alla cottura della paleosuperficie (Fronza 2003-2004: 8).

Alcune tecniche di indagine per identificare sedimenti locali che sono stati alterati da differenti attività pirotecniche e utili a definire quali processi siano all'origine di esposizione al calore sono state esplorate in letteratura e applicate per lo studio di altri siti (Berna et al. 2007). Tali analisi rappresentano un ottimo mezzo finalizzato all'identificazione delle attività associate all'uso del fuoco, anche quando la struttura non si è preservata e non è stata identificata durante lo scavo.

Attraverso l'applicazione di alcune tecniche di analisi si tenterà dunque di definire un approccio metodologico al fine di valutare se e quali campioni siano stati oggetto di esposizione termica e definirne le caratteristiche anche attraverso indagini microscopiche e analitiche per una più completa caratterizzazione.

Tra le analisi archeometriche a disposizione si è dunque scelto di utilizzare la microscopia elettronica a scansione in abbinamento con la spettroscopia X a dispersione di energia (SEM-EDXS) e la spettroscopia a infrarosso con trasformata di Fourier (FT-IR). Le prime consentono di eseguire una caratterizzazione morfologica della superficie dei campioni e

integrarla con analisi composizionali. La seconda invece è finalizzata all'analisi, qualitativa, dei legami prevalentemente molecolari che caratterizzano un determinato materiale. Le analisi sono state eseguite presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale di Povo (TN).

4.2. Le tecniche di analisi

4.2.1. Microscopia elettronica a scansione (SEM) e spettroscopia X a dispersione di energia (EDXS)

La microscopia elettronica a scansione in accoppiamento con la microanalisi a dispersione di energia a raggi X (**Fig. 1**), consente di osservare immagini con forte ingrandimento ad alta risoluzione della superficie dei campioni ed effettuare analisi chimiche che permettono di ottenere un'ampia gamma di informazioni sia sulle materie prime utilizzate, sulla composizione degli impasti ed eventuali trattamenti della superficie, come ingobbi o pigmenti, sia sui processi di cottura (Tite 1995). Ampiamente utilizzata anche negli studi di caratterizzazione della ceramica (Tite et al. 1982; De Benedetto et al. 2002) in questa sede viene usata per una valutazione di tipo morfologico, strutturale e chimico del materiale concotto e, integrata alla spettroscopia a infrarossi FT-IR¹.

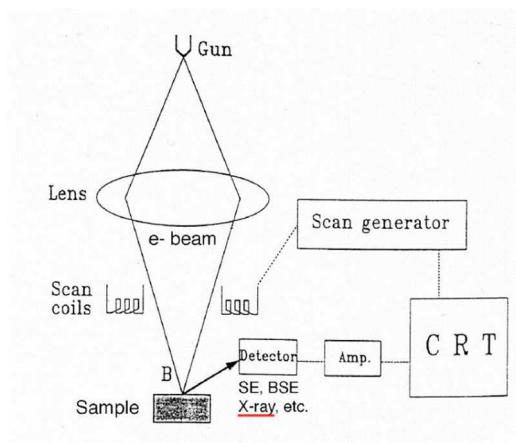
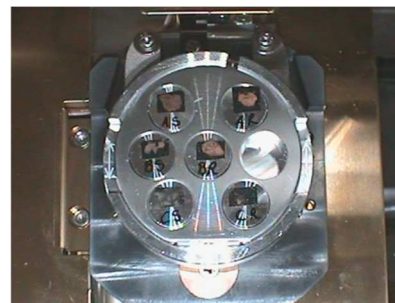


Figura 1: Apparecchiatura SEM del dipartimento di Ingegneria Industriale di Povo (TN). A destra diagramma con indicazione del funzionamento di un SEM (da Gialanella, Appunti di Archeometria).

Le immagini sono state acquisite, tramite un microscopio elettronico a scansione Low-Vacuum (SEM) utilizzando la tecnica BSE (Elettroni retrodiffusi) che attraverso una restituzione in tonalità di grigio permette di ottenere informazioni sul numero atomico degli elementi (più elevato nelle aree con maggiore luminosità). Le aree considerate sono state esaminate con ingrandimento 500x.



¹ Per una descrizione dettagliata delle modalità di funzionamento si veda: Lo Russo, Schippa 2001; Cuomo di Caprio 2007 e Gialanella 2017-2018.

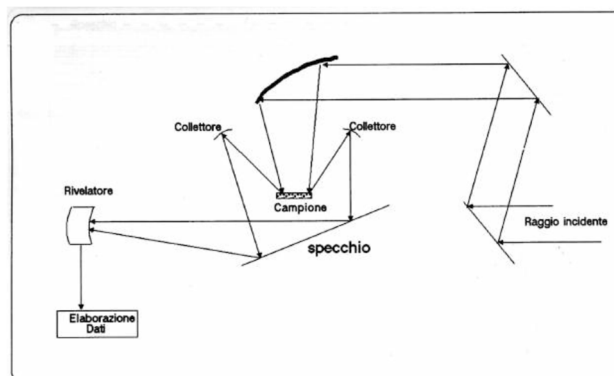
4.2.2. Spettroscopia a infrarosso con trasformata di Fourier

Per lo studio dei concotti ci si è avvalsi anche della Spettroscopia FT-IR (*Fourier transform infrared spectroscopy*). La metodologia a infrarossi prevede l'uso di radiazioni infrarosse che interagendo con il materiale esaminato ne misurano lo spettro di assorbimento. Gli spettri ottenuti indicano picchi di assorbimento che, confrontati con altri di riferimento, permettono di definire la composizione chimica e mineralogica, e i legami molecolari presenti nel campione archeologico analizzato. L'analisi fornisce informazioni qualitative e quantitative dei composti organici e delle specie minerali attraverso rispettivi spettri IR. I risultati dei singoli spettri sono stati indicati in cm^{-1} (rappresentano la quantità di onde per centimetro ed elaborati con il software *Resolution pro-Varian*). Si tratta di un'analisi distruttiva in quanto prevede l'uso di alcuni milligrammi di campione, ampiamente applicata allo studio dei materiali ceramici e in questa sede estesa ai concotti (Madejovà 2003; Shoval 2003; Barone et al. 2011).

Le indagini sono state svolte presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale di Povo, Laboratorio di Beni Culturali (**Fig. 2**). Lo strumento utilizzato è il *Varian 4100 FT-IR*, Excalibur Series ATR in diamante Golden Gate. Lo spettrometro è stato usato sia in riflessione che in trasmissione.



Figura 2: Spettrometro a Infrarossi a Trasformata di Fourier (FT-IR)



Tra le metodologie adottate per la stessa tipologia di materiale si è vista l'applicazione della diffrattometria raggi X di polveri (Muntoni, Ruggiero 2013) ma in questa sede si è deciso di ricorrere alla spettroscopia FT-IR con la trasformata di Fourier in quanto si ritiene sia più sensibile alle variazioni legate alle trasformazioni dell'acqua strutturale contenuta nei campioni². Per l'interpretazione degli spettri sono stati presi come riferimento i criteri adottati in Berna et al. (Berna et al. 2007).

² Per la scelta delle analisi mi sono affidata al prof. S. Gialanella del Dipartimento di Ingegneria Industriale dell'Università degli Studi di Trento.

4.3. I campioni

Tra i concotti rinvenuti nel sito di Lugo di Grezzana, quelli finora studiati fanno riferimento alle campagne di scavo condotte dal 1998 al 2002 nei settori XA e XB (Fronza 2003-2004; Fronza et. al. 2013). Il materiale concotto relativo alle strutture di combustione qui esaminato è riferibile a strutture indagate nel corso degli scavi condotti nel 2003/2004 e proviene dal settore X. Molti campioni sono stati raccolti sotto forma di frustoli di piccole dimensioni pertinenti ai riempimenti delle strutture (ES 541/03, US 539) o ad aree di dispersione esterne a esse (ES 635/03, US 622). I pochi concotti prelevati in grossi frammenti³ sono relativi ad una sola struttura, la ES 473/03 e sono riferibili solo ad alcune US (495/03 e 482/03) della struttura che corrispondono rispettivamente alle pareti e ai livelli di riempimento basali (**Fig. 3**).

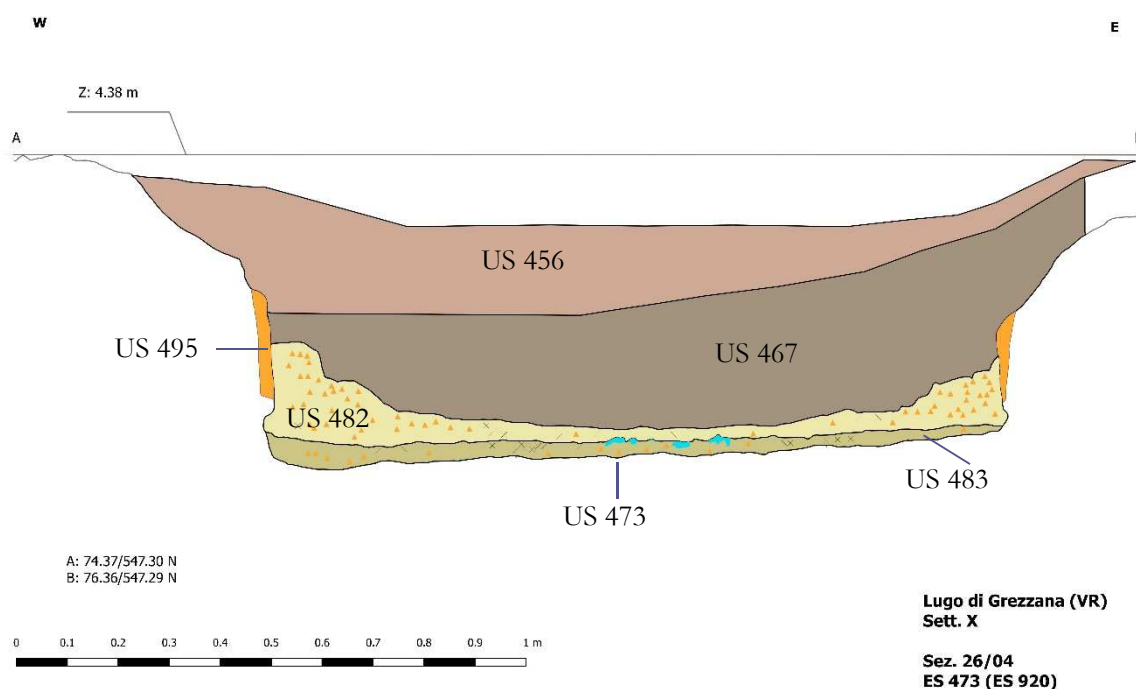


Figura 3: struttura ES 473/03 e indicazione US 495 e US 482 (elaborazione grafica F. Cavulli).

³ Prelevati da Fabio Cavulli nel corso di un suo sopralluogo sullo scavo. Purtroppo nel corso degli scavi condotti nel sito dal 2003 al 2005 l'impossibilità di effettuare una campionatura esaustiva è stata attribuita al fatto che la rubefazione delle pareti appariva spesso superficiale e si presentava come sedimento alterato dal fuoco dallo spessore di pochi centimetri (comunicazione di A. Zardini a F. Cavulli). Purtroppo altri sono andati perduti.

I primi presentano una consistenza compatta e hanno lasciato presupporre possa trattarsi di un impasto argilloso, parzialmente depurato e applicato sulle pareti della struttura esaminata. I concotti rinvenuti nella US 482/03, più numerosi, si presentano invece come frammenti di piccole e medie dimensioni, di forma irregolare, meno compatti e più porosi. Da questi, ai fini di confrontarli tra loro e sottoporli ad analisi sperimentale, sono stati selezionati alcuni campioni che a livello macroscopico sembravano diversi (**Figg. 4-5, Tab I**).

Catalogazione

Ai fini della catalogazione ci si è avvalsi della proposta elaborata e usata in un precedente lavoro (Fronza 2003-2004) che ha preso spunto a sua volta da un'articolata analisi sui concotti (Tasca 1986, 1987).

I dati relativi ai campioni sono stati inseriti in una scheda indicando una sigla per il sito (LG) e una riferita alla natura del materiale esaminato (co). Il numero di reperto (come indicato nel database di Lugo) è preceduto invece dalla sigla nRR.

I campioni selezionati, in tutto sei, sono stati denominati usando la sigla “LGco” (LG= Lugo di Grezzana, co=concotto) seguita da un numero progressivo di nRR che inizia da 2963/03.

A livello macroscopico i concotti selezionati presentano sedimenti composti da argilla e limo con lieve incidenza della componente sabbiosa. La coesione sembra elevata nei frammenti di parete. Quelli provenienti dal riempimento hanno invece un aspetto poroso. Sono state dunque indicate le dimensioni dei frammenti esaminati (asse maggiore, asse minore, altezza/spessore), il peso, i dati relativi all'aspetto (colore esterno e colore interno intendendo rispettivamente quello delle facce originali e quello del cuore del reperto e riferendosi a colori tipici come nero, grigio, marrone, beige, rosso, arancione, verdastro), quelli sulla sezione (rettangolare, triangolare, piano-concava, piano-convessa, piano-irregolare, biconcava, biconvessa, concavo-convessa, circolare, informe). Vengono indicate anche il numero delle facce originali che per definizione sono “tutte quelle facce che non si sono formate a causa di fratture e/o che recano impronte d palo o assi” e la relazione tra esse (parallele, sub-parallele, contigue a meno, uguale o più di 90°). Si indica inoltre la presenza di inclusi (clasti, selce o altro) se presenti (**Tab I**).

Preparazione

Il materiale selezionato è stato sottoposto a pulitura a secco con spazzolino o strumenti di legno. Sono stati evitati i bisturi di acciaio, tecnica considerata poco adeguata in quanto la rimozione della terra depositata sul concotto causava il distacco di frammenti del reperto stesso. Si è anche scelto di non lavare i concotti in quanto molto fragili perché il tentativo effettuato su LGco 1100 (nRR_2963/03) ne comprometteva lo stato di conservazione.

Dati relativi ai campioni					
Sigla	LGco1100 nRR 2963/03	LGco1102 nRR 2965/03	LGco 1103 nRR 2966/03	LGco 1104 nRR 2967/03	LGco 1105 nRR 2968/03
Descrizione	Frammento con due facce piane. Parete	Fr. con facce con superficie irregolare. Parete	Fr. con facce con superficie irregolare. Riempimento	Fr. con 2 facce contigue. Riempimento	Fr. con 2 facce contigue. Riempimento
Asse > cm	6,4	4,7	3,9	3,4	4,1
Asse < cm	2,6	4,3	2,9		2,7
Altezza	9,4	6,5	4,9	4,5	4,1
Peso gr	105,7	43,1	33,8	37,5	33,7
Colore esterno	Beige Reddish/ yellow	Beige Reddish/ yellow	Marrone - Rossiccio Reddish yellow	Grigio-verde Light yellowish brown	Arancio
Munsell	7.5 YR6/6	7.5 YR6/6	5YR 6/8	2.5 YR 6/3	5YR 6/8
estremità	5YR 6/8 reddish yellow				
Colore interno	Marrone scuro Strong Brown	Marrone brown	Marrone - rossiccio	Grigio-verde Light yellowish brown	brown
Munsell	7.5 YR4/6	7.5 YR 5/4	5YR 6/8	2.5 YR 6/3	7.5 YR 5/4
Sezione	Concava	Concava	Irregolare	Irregolare	Irregolare
Inclusi	Selce				
Consistenza	Compatto	Compatto	Friabile	Friabile	Friabile
Stato	Buono	Buono	Buono	Buono	Buono

Tabella 1: caratteristiche dei concotti selezionati.

Nonostante siano individuabili degli attacchi si è scelto di non consolidarli per evitare contaminazioni.

La faccia con superficie regolare, piana, con molta probabilità rappresenta quella esterna, rivolta verso l'ambiente di cottura (faccia esterna). L'altra è quella addossata alla parete della struttura (faccia interna). Non sono state riconosciute impronte vegetali. I campioni sono stati oggetto di microprelievi effettuati sia sulla faccia esterna che interna dei reperti con 2 facce individuabili e su una in quelli con superficie irregolare, in corrispondenza sia di aree scure sia arrossate. Il campione 1104 (nRR_2967/03) che per la sua colorazione grigio-verdognola, sembrerebbe non esser stato soggetto a esposizione termica (non appare ossidato), è stato suddiviso in tre frammenti per ottenere 3 provini da sottoporre a trattamento termico differenziato (in forno per 1 ora a 300° C, 400° C e 500° C).

Codice Identificativo	SETTORE	ES	US di provenienza	Analisi effettuata
LGco nRR_2963/03=1100	X	473/03=920	495/03	FT-IR
LGco nRR_2964/03=1101	X	473/03=920	495/03	FT-IR
LGco nRR_2965/03=1102	X	473/03=920	495/03	SEM-EDXS FT-IR
LGco nRR_2966/03=1103	X	473/03=920	482/03	SEM-EDXS FT-IR
LGco nRR_2967/03=1104	X	473/03=920	482/03	SEM-EDXS FT-IR
LGco nRR_2967/03a, b, c = 1104a, b, c.	X	473/03=920	482/03	FT-IR
LGco nRR_2968/03=1105	X	473/03=920	482/03	SEM-EDXS FT-IR

Tabella 2: elenco campioni, relative US e indicazione delle analisi alle quali sono stati sottoposti.

ELENCO CAMPIONI DI CONCOTTO

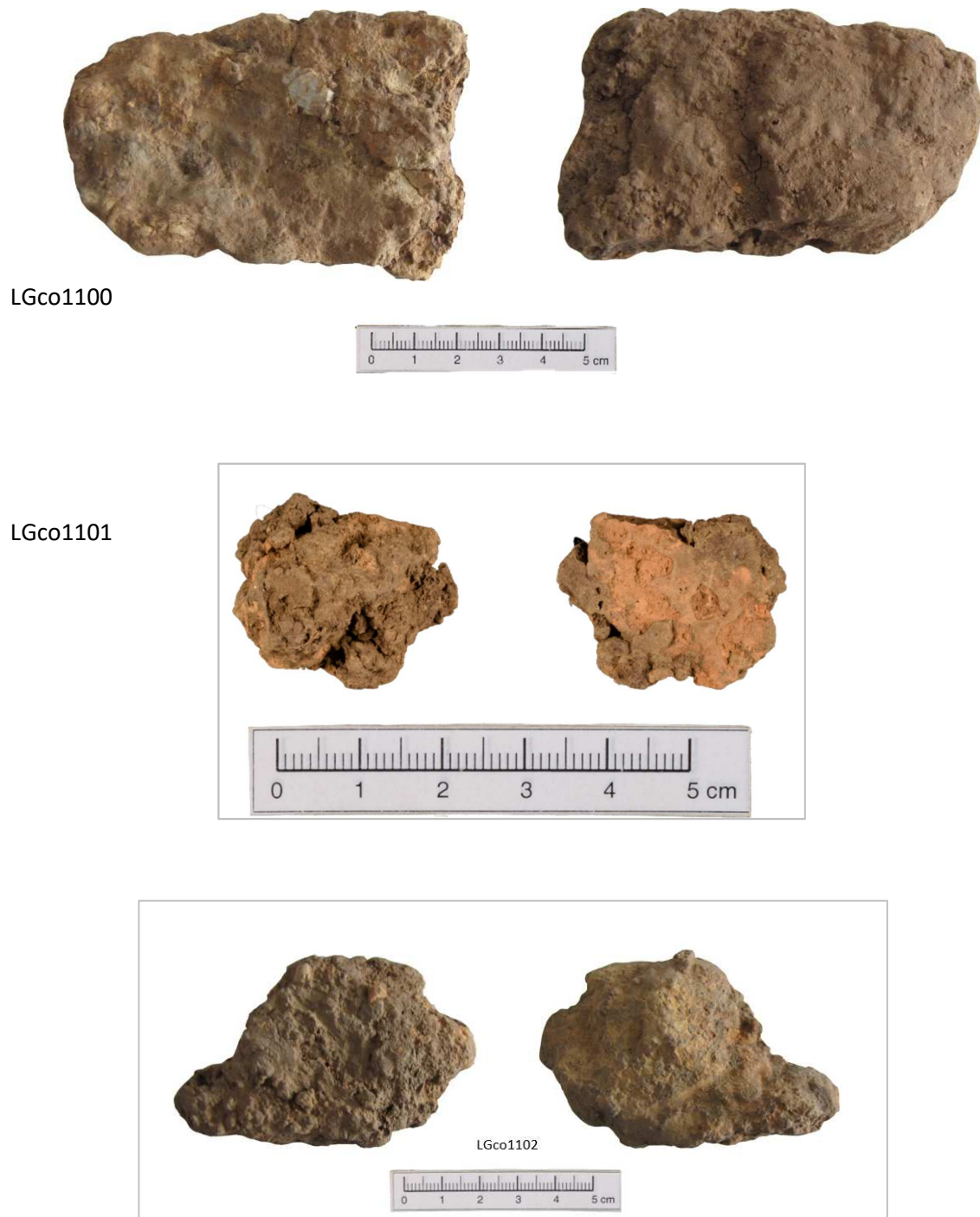


Figura 4: campioni selezionati dall' US 495/03. Foto eseguite presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale (A. Berloff).

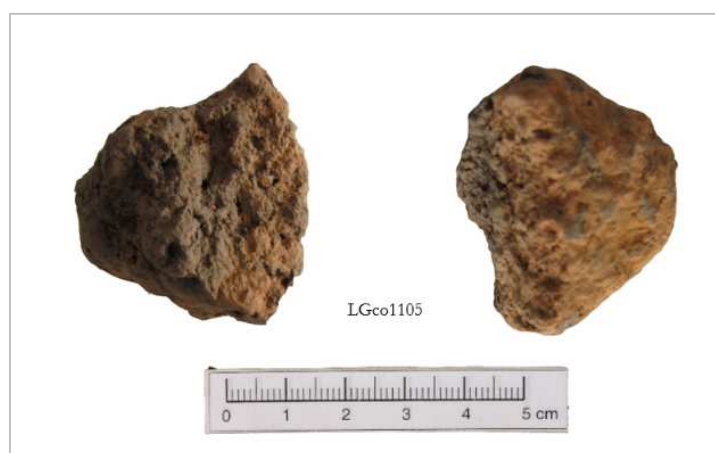


Figura 5: campioni selezionati dalla US 482/03 da sottoporre alle analisi. Foto eseguite presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale (A. Berloffa).

4.4. Risultati delle analisi

4.4.1. Caratterizzazione dei concotti (SEM-EDXS)

I risultati delle analisi SEM-EDXS hanno permesso di valutare con maggiore dettaglio le caratteristiche non solo morfologiche ma anche mineralogiche di alcuni dei campioni considerati. I campioni sottoposti ad analisi sono stati selezionati per diverse caratteristiche: il primo (LGco 1103) rappresentativo della US 495/03, prelevato dalle pareti della struttura ES 473/03, il secondo (LGco 1105) proviene dal riempimento dell'US 482/03 e il terzo (LGco 1104) rappresenta il campione che non sembra esser stato oggetto di esposizione termica.

- *Campione LGco 1102 (US 495/03)*

Le immagini qui riportate, relative al campione LGco 1102 (**Fig. 6**), sono state acquisite esaminando sia la superficie della faccia interna che quella esterna, in corrispondenza di specifiche zone caratterizzate sia da colorazione rossa che scura, con ingrandimento nominale pari a 500x.

Il confronto delle immagini acquisite sembra rivelare una granulometria più irregolare per le aree rosse e più omogenea per quelle scure.

L'analisi EDXS rivela nell'area rossa (**Fig. 7.1-2-3; Fig. 8**) una composizione tipica delle argille, con predominanza di silicio (Si) e alluminio (Al), associate in misura minore ad altri elementi come ferro, carbonio, calcio, potassio, magnesio (Fe, C, Ca, K, Mg) e titanio, sodio, fosforo e manganese (Ti, Na, P, Mn). Gli stessi elementi, con aggiunta di zolfo in minima percentuale (S), sono stati rilevati in simili concentrazioni anche nella zona scura (**Fig. 7.4-5-6; Fig. 9**), con prevalenza di silicio (Si, Al). Nelle due aree le percentuali di ossidi di ferro sono simili. La morfologia della superficie osservata non sembra aver subito trasformazioni che possano far pensare ad esposizione a temperature superiori ai 400-450° C.

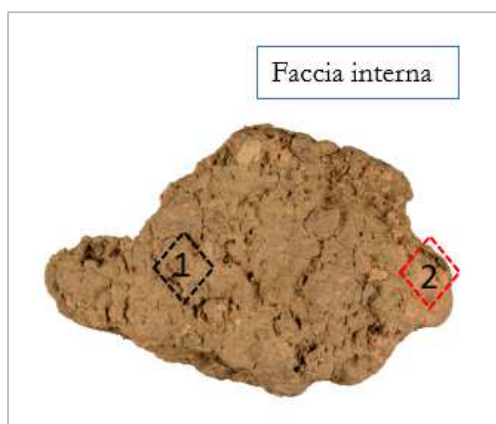


Figura 6: LG 1102 con indicazione delle aree di microprelievo.

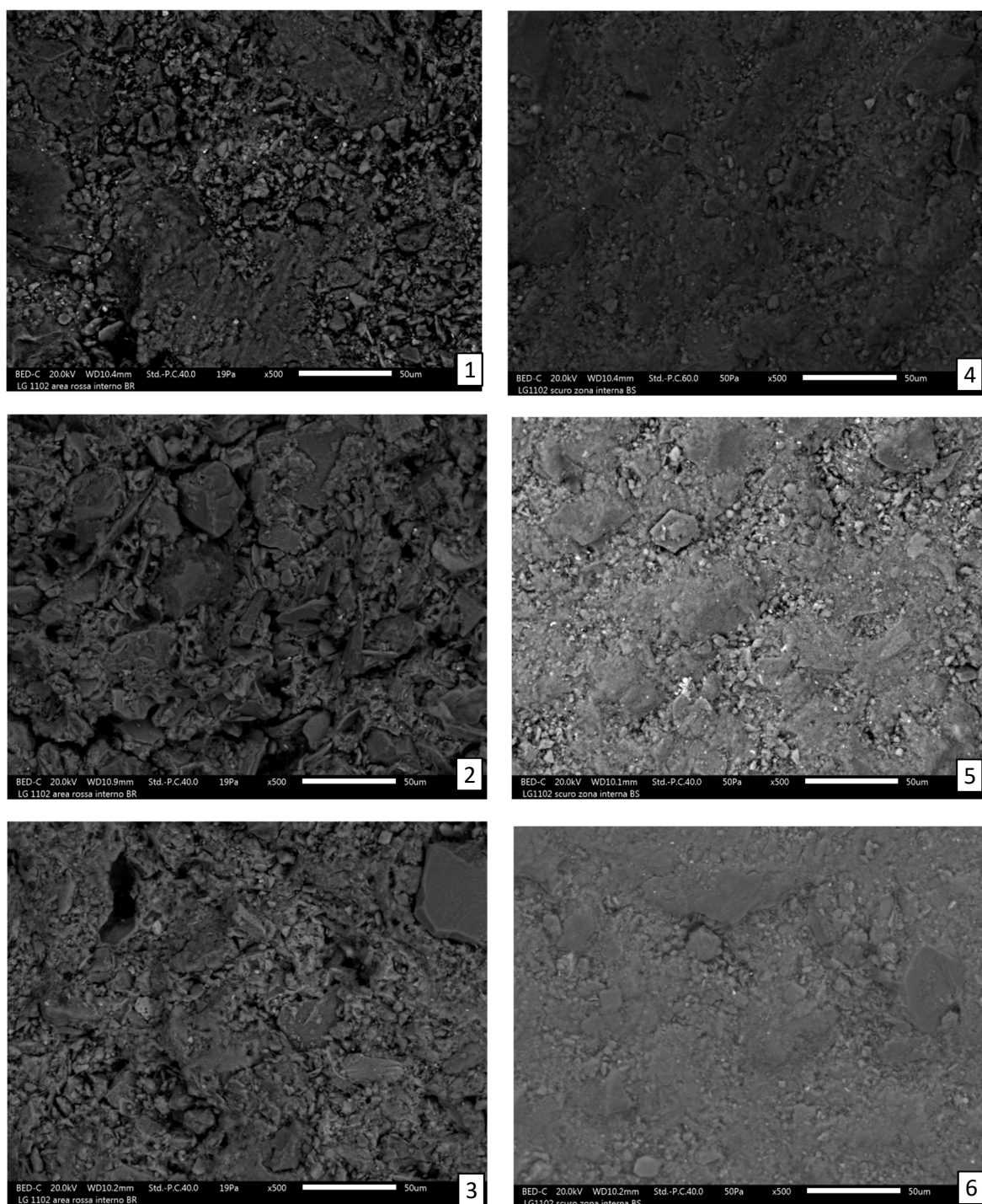
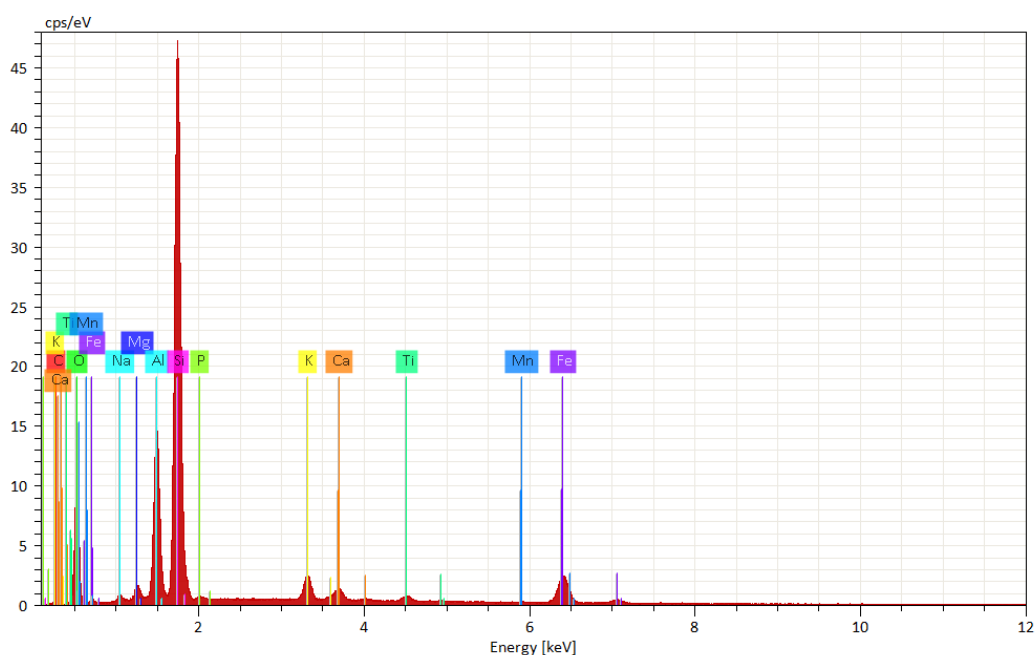


Figura 7: Campione 1102. Faccia interna: aree rosse (1-2-3) e aree scure (4-5-6).



Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	Comp.	Sto. [%]	Sto. Norm. [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Oxygen	8	35732	46.74	45.55	57.63		0.00	0.00	5.69	12.17
Silicon	14	216627	28.51	27.78	20.03	SiO2	60.99	59.44	1.24	4.35
Aluminium	13	61455	10.60	10.33	7.75	Al2O3	20.02	19.51	0.53	5.04
Carbon	6	1616	5.65	5.50	9.28		5.65	5.50	1.15	20.39
Iron	26	19991	5.60	5.46	1.98	Fe2O3	8.01	7.80	0.18	3.21
Potassium	19	13262	1.79	1.75	0.91	K2O	2.16	2.11	0.08	4.60
Magnesium	12	4409	1.04	1.01	0.84	MgO	1.72	1.68	0.09	8.37
Calcium	20	6524	1.01	0.98	0.50	CaO	1.41	1.38	0.06	5.74
Sodium	11	2079	0.81	0.79	0.70	Na2O	1.09	1.07	0.09	10.48
Titanium	22	3238	0.63	0.62	0.26	TiO2	1.06	1.03	0.05	7.37
Phosphorus	15	1102	0.20	0.19	0.12	P2O5	0.45	0.44	0.04	18.22
Manganese	25	139	0.03	0.03	0.01	MnO	0.04	0.04	0.00	9.37
		Sum	102.61	100.00	100.00		102.61	100.00		

Figura 8: Spettro e tabella di concentrazione degli elementi chimici presenti nel campione LGco 1102 e relativi alla Figura 7.2 (area rossa).

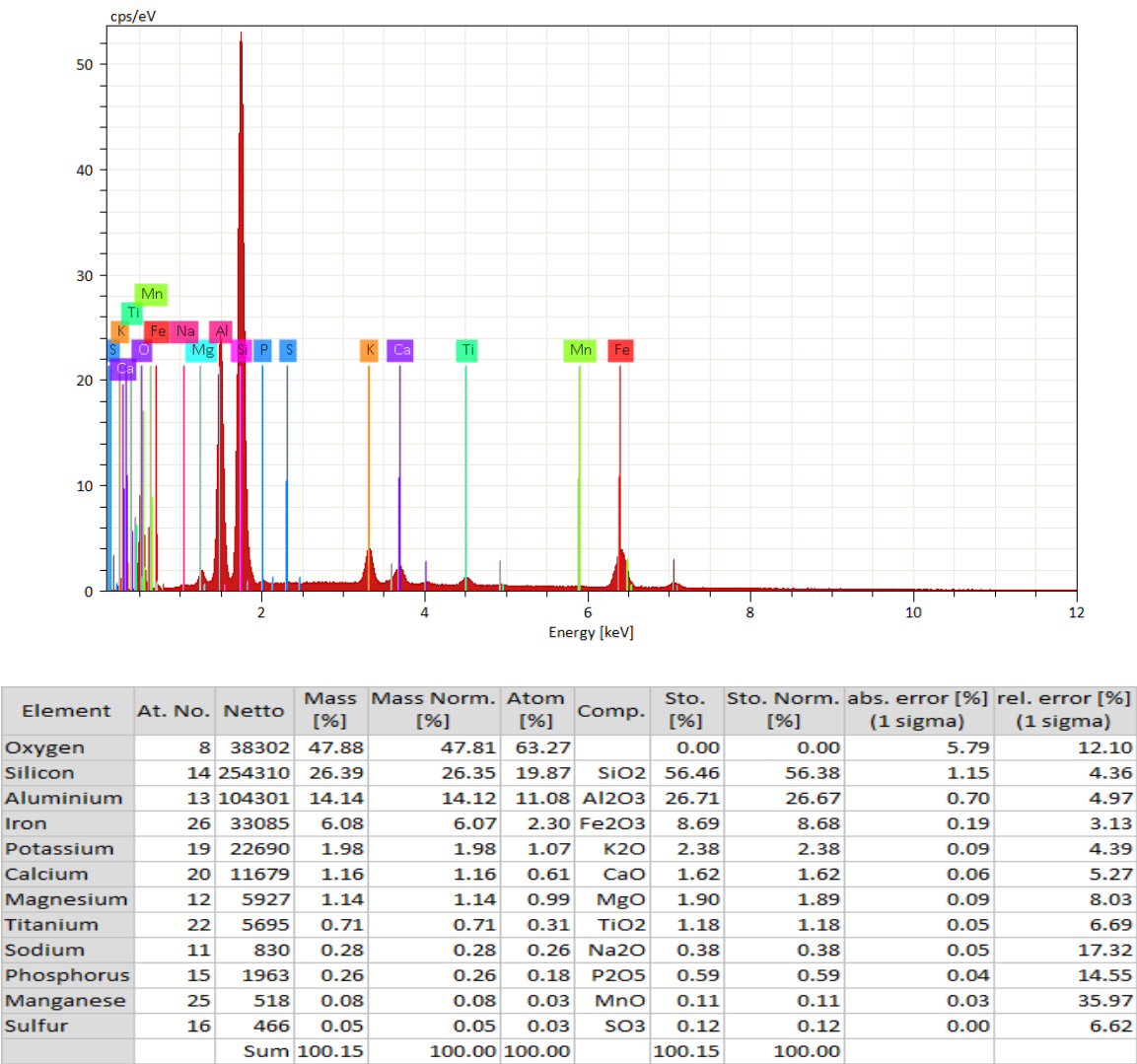


Figura 9: Spettro e tabella di concentrazione degli elementi chimici presenti nel campione LGco 1102 e relativi alla Figura 7.5 (area scura).

- *Campione LGco 1105 (US 482/03)*

Anche per il campione LGco 1105 i microprelievi sono stati eseguiti sia sulle zone scure che sulle zone rosse (**Fig. 10**). L'immagine SEM acquisita a ingrandimento 500x per l'area rossa (**Fig.11.1**) rivela una struttura irregolare, simile a quella già osservata per il campione LGco 1102. La zona scura, invece, ingrandita a 250x, mostra una granulometria più omogenea (**Fig. 11.2**), forse attribuibile alla presenza di residui terrosi sulla superficie. I dati quantitativi indicano elevatissime concentrazioni di Fe, con una percentuale del 61,50%. Gli elementi chimici caratterizzanti individuati nello spettro EDXS sono gli stessi già identificati nel campione LGco 1102. Gli elementi presenti in concentrazioni maggiori nella zona 2, rossa, sono: silicio (Si), alluminio (Al) e ferro (Fe), quelli minoritari sono invece carbonio, potassio, calcio, titanio, fosforo, manganese e sodio (**Fig.12**).

Immagini della zona scura, acquisite a maggiori ingrandimenti (1000x e 1500x), rivelano una struttura con formazioni sferoidali, che sono riconducibili a processi di dissoluzione e riprecipitazione da soluzione acquosa di sali e sostanze presenti nel concotto. (**Fig. 13.3-4; Figg. 14-15**). La forma sferica e cava come visibile dall'immagine di dettaglio, con ingrandimento 1500 x (**Fig. 13.2**), indica la superficie sulla quale è iniziata la precipitazione.

Tali fenomeni potrebbero esser avvenuti anche nel terreno di giacitura, ed esser dunque attribuibili a processi post-deposizionali. Le caratteristiche descritte dunque non possono essere considerate identificative di trasformazioni attribuibili a processi termici, per questo poco significative ai fini interpretativi.

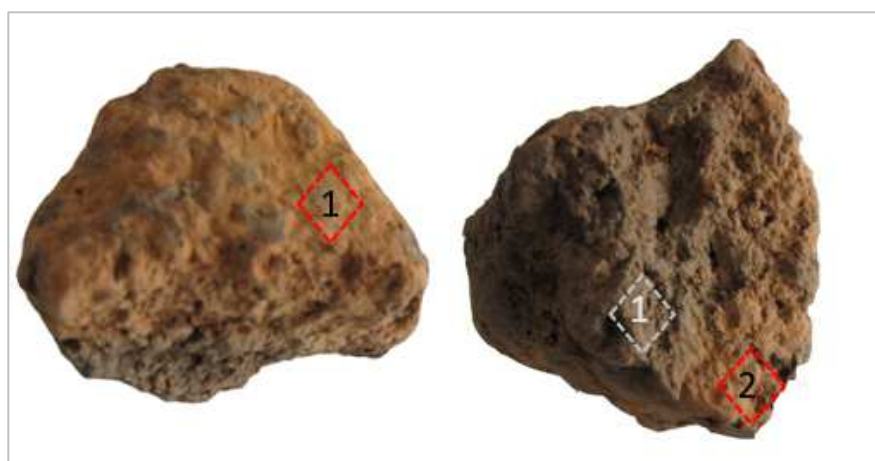


Figura 10: Campione LGco 1105. Indicazione dei punti di microprelievo: zona scura e zona rossa.

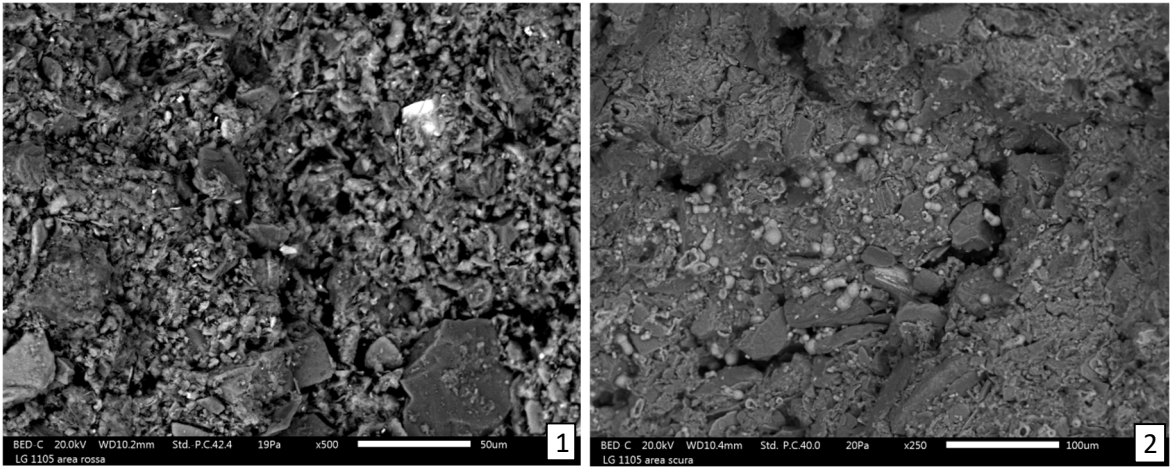


Figura 11: Campione 1105. Area rossa (1) e area scura (2).

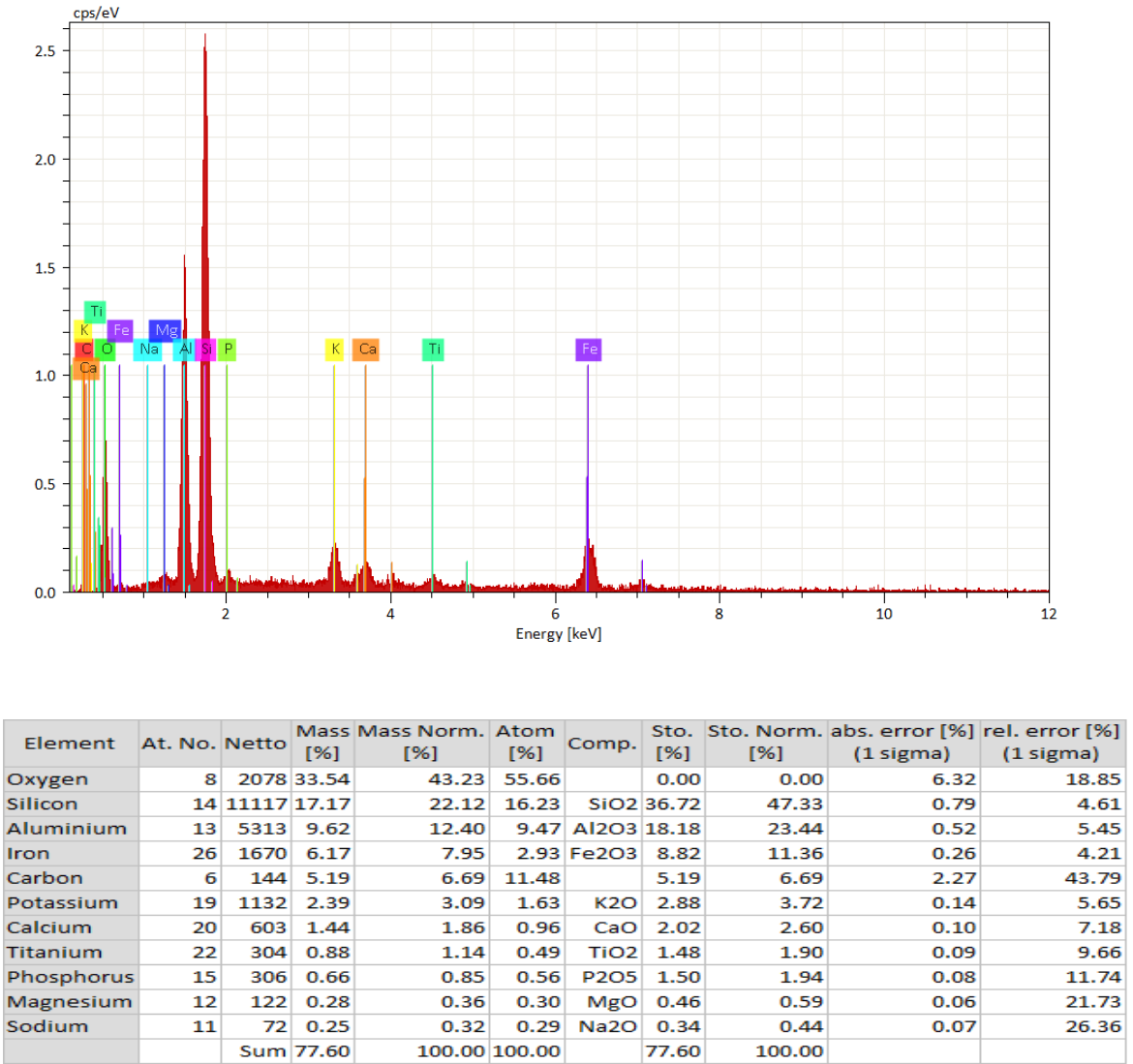


Figura 12: Spettro e tabella di concentrazione degli elementi chimici presenti nel campione LGco 1105 e relativi alla Figura 11.1 (area rossa).

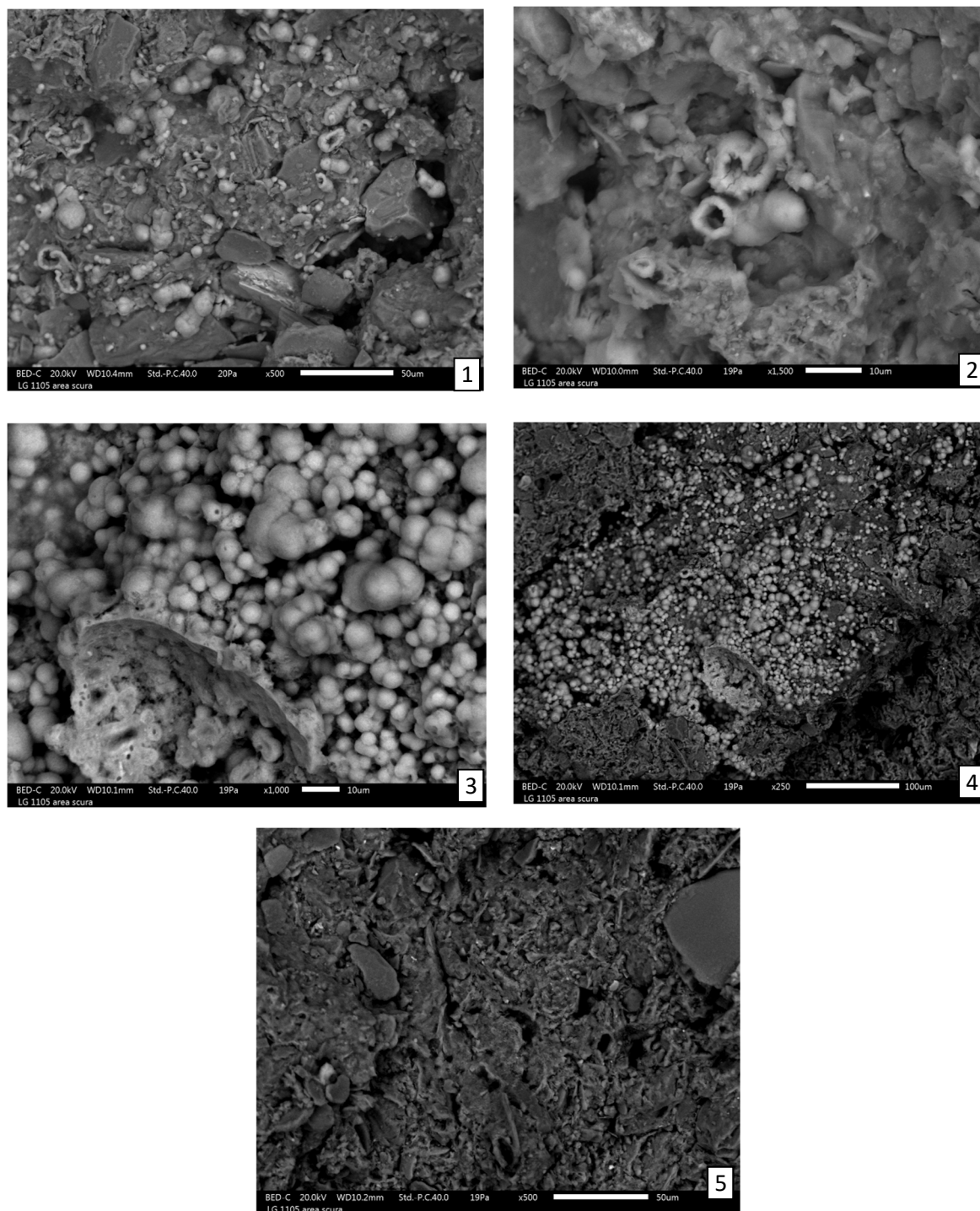
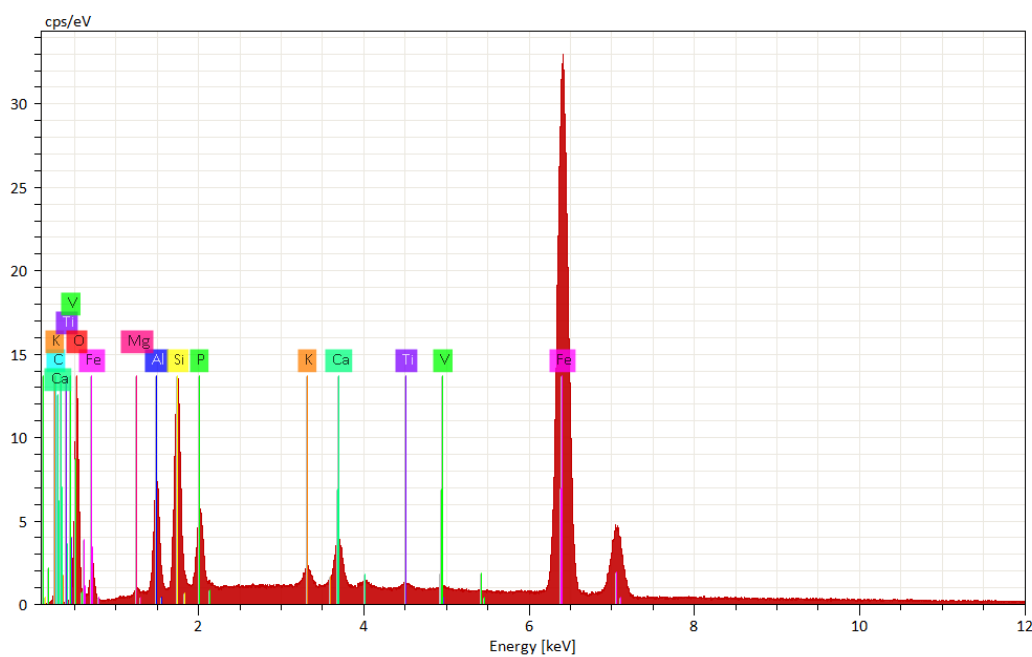
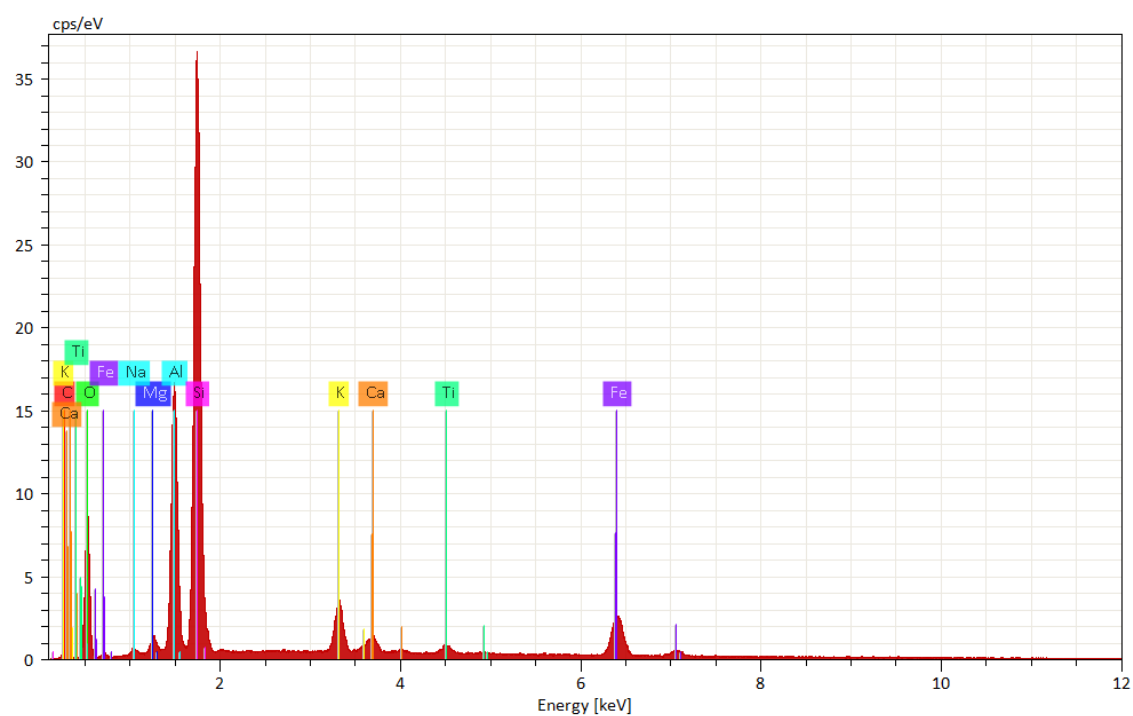


Figura 13: Campione 1105, area scura con diversi dettagli e ingrandimenti.



Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	Comp.	Sto. [%]	Sto. Norm. [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Iron	26	299587	38.45	43.01	19.91	Fe2O3	54.97	61.50	1.04	2.72
Oxygen	8	41037	32.13	35.95	58.07		0.00	0.00	3.87	12.05
Silicon	14	63422	6.25	7.00	6.44	SiO2	13.38	14.97	0.29	4.69
Aluminium	13	29839	4.45	4.98	4.77	Al2O3	8.40	9.40	0.24	5.41
Phosphorus	15	25009	2.61	2.92	2.43	P2O5	5.97	6.68	0.13	4.92
Carbon	6	3125	2.56	2.87	6.17		2.56	2.87	0.46	18.13
Calcium	20	21364	1.70	1.90	1.23	CaO	2.38	2.66	0.08	4.50
Potassium	19	8060	0.59	0.66	0.44	K2O	0.71	0.80	0.04	7.53
Magnesium	12	1303	0.29	0.32	0.34	MgO	0.47	0.53	0.04	15.61
Titanium	22	2864	0.26	0.29	0.16	TiO2	0.43	0.48	0.03	13.18
Vanadium	23	1171	0.10	0.11	0.06		0.10	0.11	0.03	29.66
		Sum	89.38	100.00	100.00		89.38	100.00		

Figura 14: Spettro e tabella di concentrazione degli elementi chimici presenti nel campione LGco 1105 e relativi alla Figura 13.3 (area scura). Si noti l’altissima percentuale riferibile agli ossidi di Ferro.



Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	Comp.	Sto. [%]	Sto. Norm. [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Oxygen	8	28556	48.60	45.43	57.90		0.00	0.00	6.04	12.42
Silicon	14	168090	27.07	25.30	18.37	SiO2	57.91	54.13	1.18	4.36
Aluminium	13	68337	14.64	13.68	10.34	Al2O3	27.66	25.86	0.73	4.97
Iron	26	21594	5.61	5.24	1.91	Fe2O3	8.02	7.50	0.18	3.20
Carbon	6	1337	5.08	4.75	8.06		5.08	4.75	1.09	21.43
Potassium	19	19859	2.68	2.51	1.31	K2O	3.23	3.02	0.11	4.08
Magnesium	12	4009	1.25	1.16	0.98	MgO	2.07	1.93	0.10	8.02
Calcium	20	6037	0.90	0.84	0.43	CaO	1.25	1.17	0.05	6.08
Titanium	22	3493	0.60	0.56	0.24	TiO2	1.01	0.94	0.05	7.53
Sodium	11	1328	0.56	0.53	0.47	Na2O	0.76	0.71	0.07	12.26
		Sum	106.99	100.00	100.00		106.99	100.00		

Figura 15: spettro e tabella EDSX relativa all'immagine SEM in figura 13.4.

- *Campione LGco 1104*

Il campione LGco 1104 (**Fig. 16**), che sembra non esser stato esposto a calore, può rappresentare un valido confronto per gli altri appena analizzati. Le immagini ottenute al SEM non mostrano differenze tra le aree rosse e quelle scure (**Fig. 17 e Fig. 18**). Sembrano entrambe caratterizzate da un aspetto poco omogeneo. Le analisi EDXS, come negli altri casi, rivelano la presenza, in concentrazioni maggiori, di elementi chimici caratteristici delle argille (Si, Al) seguite da componenti minoritarie, sia nelle aree rosse (Fe, N, Ca, Mg, Ti) (**Figg. 19-20**) che in quelle scure (Fe, P, Ti, Mg, Na, Ca) in concentrazioni diverse (Fe, Na, Ca, Mg, P, Ti) (**Figg. 21-22**). Se si mettono a confronto i dati quantitativi riferiti alle percentuali di Fe rilevate, si osserva che quelle più alte sono presenti più nelle aree scure che in quelle chiare.



Figura 16: indicazioni punti di prelievo sia dalle zone rosse che da quelle scure.

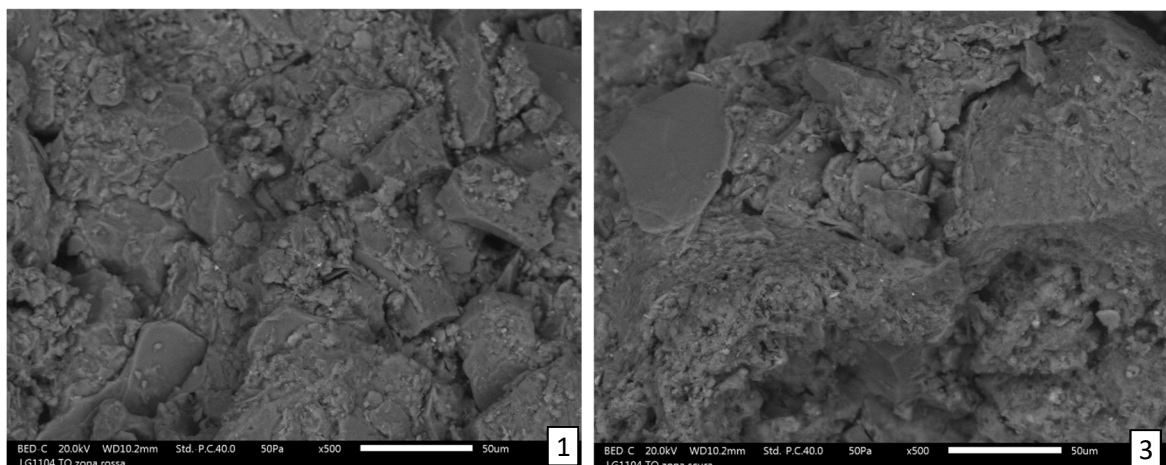


Figura 17: immagini SEM del campione LGco 1104, area rossa (1) e area scura (3).

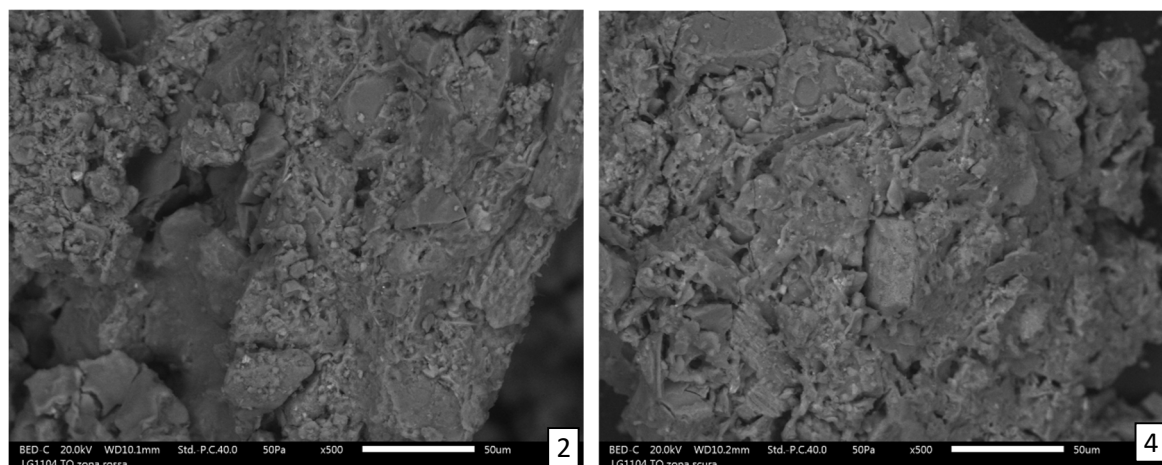
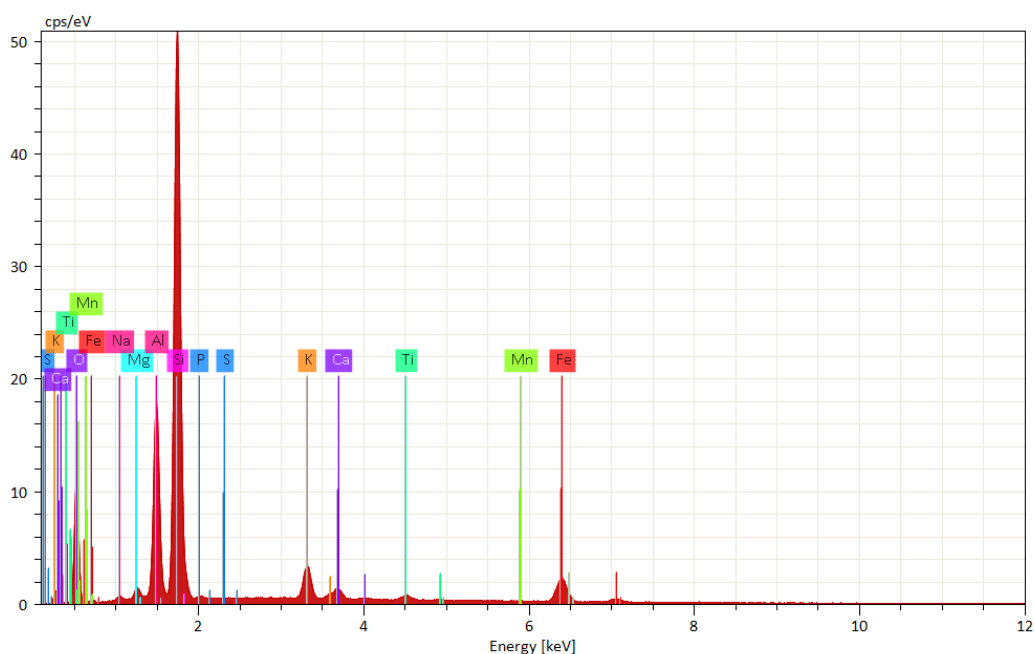


Figura 18: immagini SEM del campione LGco 1104, area rossa (2) e area scura (4).



Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	Comp.	Sto. [%]	Sto. Norm. [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Oxygen	8	35955	44.42	48.49	63.67		0.00	0.00	5.40	12.17
Silicon	14	240358	27.31	29.81	22.30	SiO2	58.41	63.77	1.19	4.36
Aluminium	13	75294	10.64	11.62	9.05	Al2O3	20.11	21.95	0.54	5.04
Iron	26	18605	4.46	4.87	1.83	Fe2O3	6.37	6.96	0.15	3.33
Potassium	19	18900	2.19	2.39	1.28	K2O	2.64	2.88	0.09	4.29
Calcium	20	5946	0.78	0.85	0.45	CaO	1.10	1.20	0.05	6.49
Magnesium	12	3631	0.68	0.74	0.64	MgO	1.12	1.23	0.07	9.76
Titanium	22	3258	0.53	0.58	0.26	TiO2	0.89	0.97	0.04	8.11
Sodium	11	1313	0.39	0.43	0.39	Na2O	0.53	0.58	0.06	14.21
Phosphorus	15	1016	0.16	0.18	0.12	P2O5	0.37	0.41	0.03	20.89
Manganese	25	174	0.04	0.04	0.01	MnO	0.05	0.05	0.00	8.49
Sulfur	16	46	0.01	0.01	0.00	SO3	0.02	0.02	0.00	16.44
		Sum	91.60	100.00	100.00		91.60	100.00		

Figura 19: Spettro e tabella di concentrazione degli elementi chimici presenti nel campione LGco 1104 (zona rossa) e relativi alla Figura 17.1.

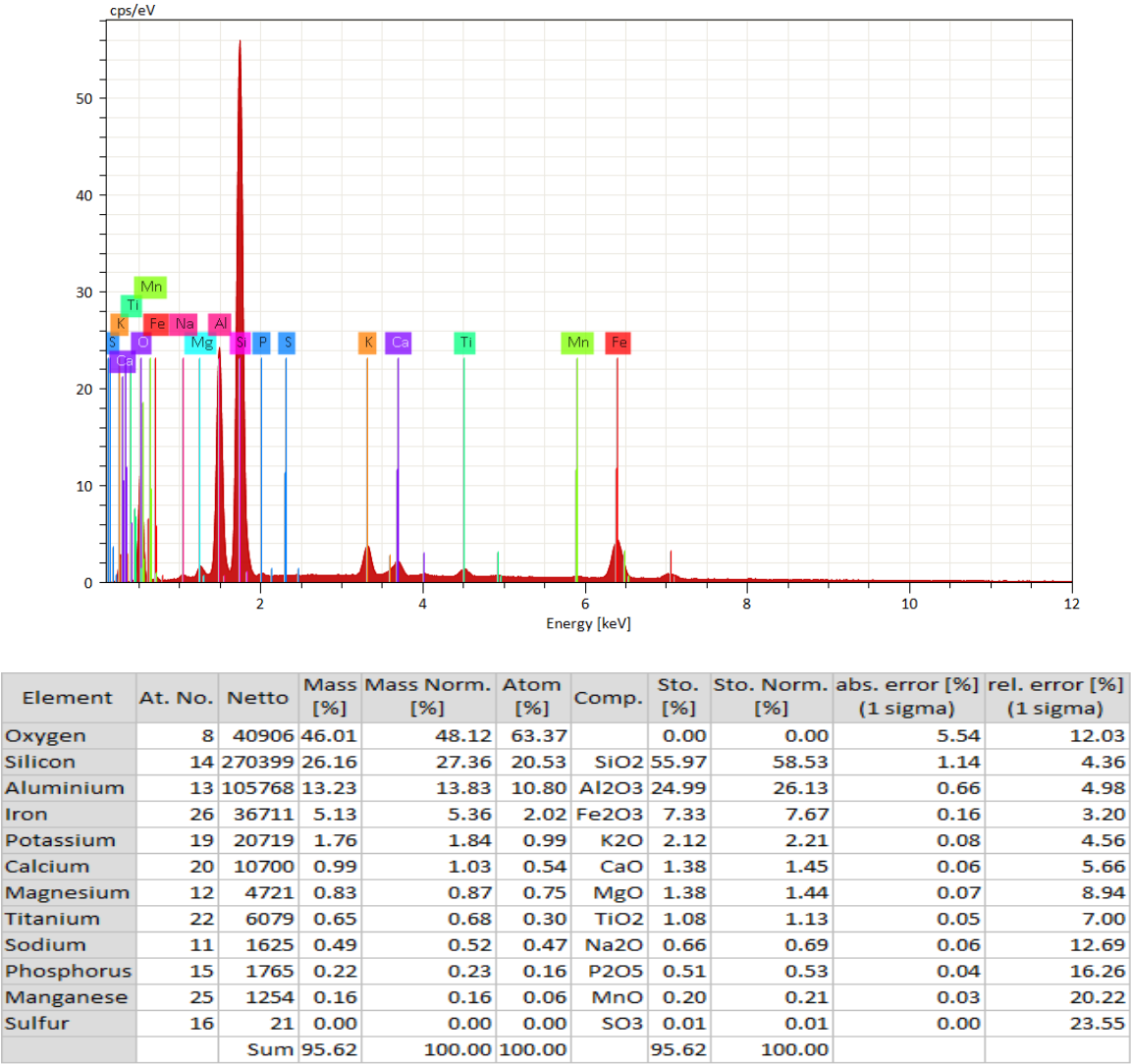
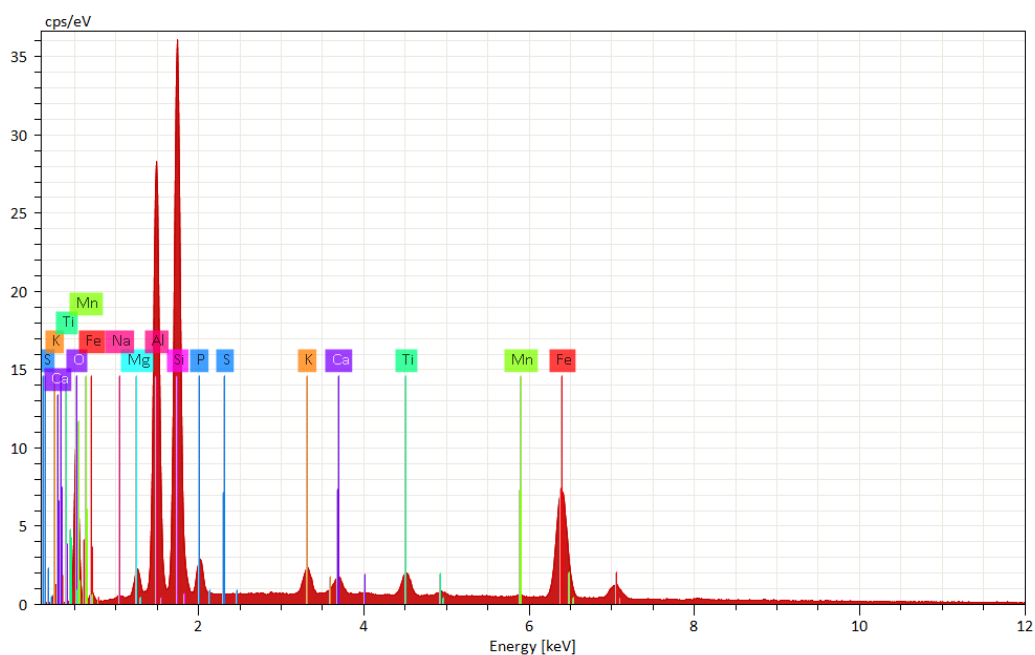


Figura 20: Spettro e tabella di concentrazione degli elementi chimici presenti nel campione LGco 1104 (zona rossa) e relativi alla Figura 17.2.



Element	At. No.	Netto	Mass [%]	Mass Norm. [%]	Atom [%]	Comp.	Sto. [%]	Sto. Norm. [%]	abs. error [%] (1 sigma)	rel. error [%] (1 sigma)
Oxygen	8	35734	44.89	46.56	62.94		0.00	0.00	5.46	12.17
Silicon	14	169787	18.90	19.61	15.10	SiO2	40.44	41.95	0.83	4.40
Aluminium	13	122662	16.59	17.21	13.79	Al2O3	31.34	32.52	0.82	4.94
Iron	26	63997	9.52	9.88	3.83	Fe2O3	13.62	14.13	0.28	2.94
Phosphorus	15	11934	1.63	1.69	1.18	P2O5	3.74	3.87	0.09	5.60
Titanium	22	11210	1.33	1.38	0.62	TiO2	2.22	2.30	0.06	4.85
Magnesium	12	7060	1.28	1.33	1.18	MgO	2.13	2.21	0.10	7.74
Potassium	19	11205	1.07	1.11	0.61	K2O	1.29	1.34	0.06	5.57
Calcium	20	7849	0.81	0.84	0.45	CaO	1.13	1.18	0.05	6.29
Sodium	11	796	0.24	0.25	0.23	Na2O	0.32	0.33	0.05	18.94
Manganese	25	1064	0.14	0.14	0.06	MnO	0.17	0.18	0.03	22.76
Sulfur	16	0	0.00	0.00	0.00	SO3	0.00	0.00	0.00	1.57
		Sum	96.40	100.00	100.00		96.40	100.00		

Figura 21: Spettro e tabella di concentrazione degli elementi chimici presenti nel campione LGco 1104 (zona scura) e relativi alla Figura 17.3.

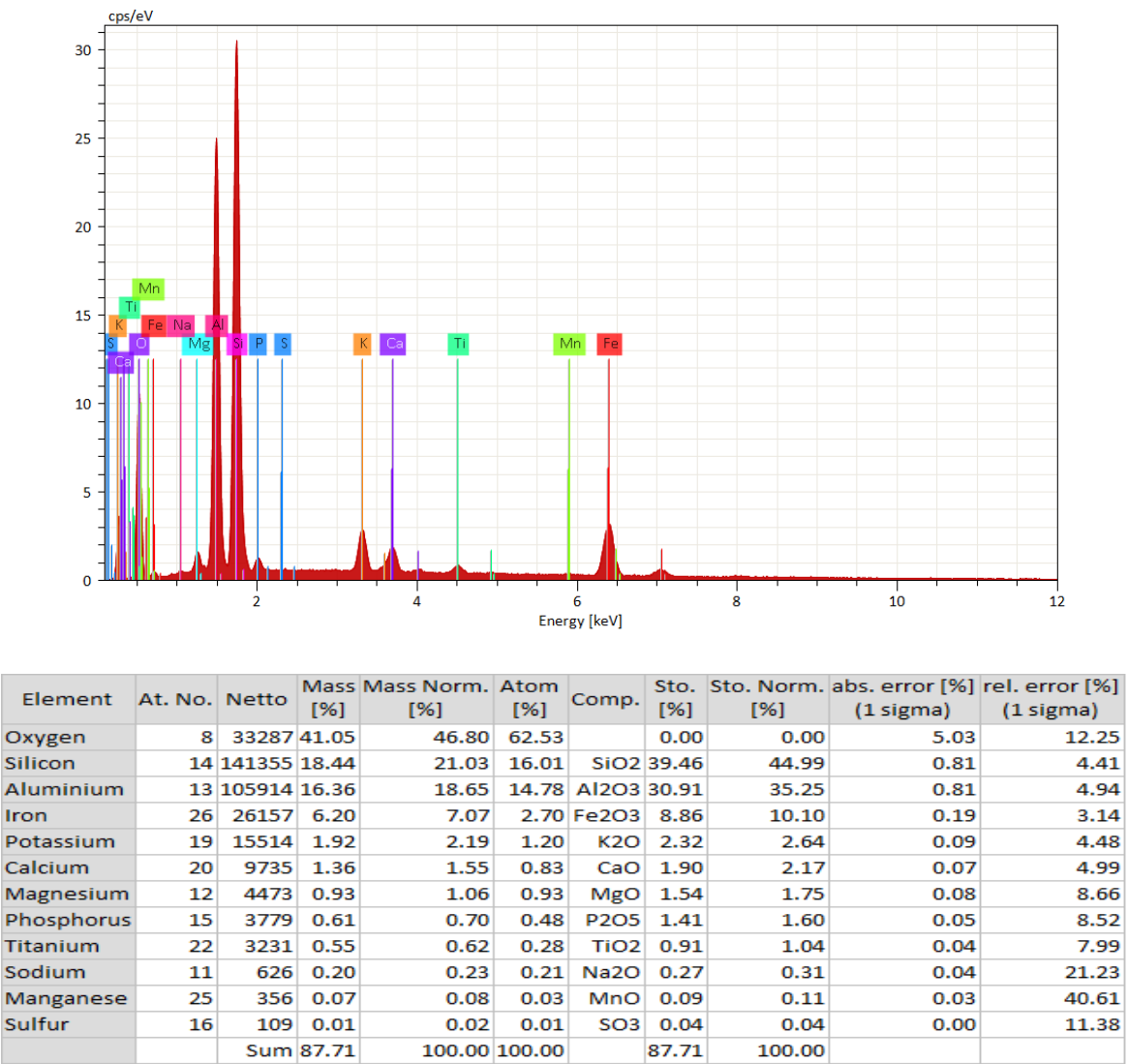


Figura 22: Spettro e tabella di concentrazione degli elementi chimici presenti nel campione LGCo 1104 (zona scura) e relativi alla Figura 17.4.

• Considerazioni sui risultati ottenuti

I dati appena esaminati riflettono la natura prevalentemente argillosa (silico-alluminati) dei campioni considerati. Gli elementi che in media ricorrono in maggior concentrazione, riferiti ai loro ossidi, sono Si, Al, Fe, seguiti da percentuali variabili di C, K₂O, CaO, Mg, Ti, Na (**Tab. 3**).

Le percentuali di ossidi di Fe, sono generalmente incluse in un intervallo che va da una minima di circa il 6% a una massima del 18% circa con un'eccezione (LgCo 1105) in cui la percentuale supera il 50%, che potrebbe esser legata, oltre alla natura del sedimento, alle trasformazioni indotte dall'esposizione termica. Si tratta di un risultato da rivalutare

alla luce delle analisi FT-IR. Interessante osservare che in alcuni casi (LGco 1104), la percentuale maggiore di Fe si riscontra nelle aree scure piuttosto che in quelle rosse (solitamente considerate risultato di condizioni ossidanti)⁴. Il campione LGco 1105 oltre che per l'alta percentuale di ferro si distingue dagli altri per alte percentuali di Carbonio e Fosforo. Il primo (C) è totalmente assente in LGco 1104 e questo dato potrebbe confermare il fatto che non sia stato esposto a calore, mentre il secondo (P_2O_5), seppur presente in questo campione, ricorre in percentuali inferiori (**Tab. 4**).

La granulometria delle superfici osservate rivela una leggera differenza tra aree rosse, che rivelano una struttura più irregolare, e aree scure. La omogeneità delle zone scure in alcuni casi potrebbe esser riconducibile alla presenza di sedimento residuale sulla superficie del concotto. Dal confronto tra il campione LGco 1104, non sottoposto a riscaldamento, e gli altri osservati non emergono differenze nella granulometria della superficie che possano indicare trasformazioni da alte temperature. Quelle raggiunte sembrano non aver superato i 400-450° C). Si tratta di un primo risultato che potrà essere confermato dopo il riscontro la spettroscopia FT-IR.

Composizione	US 495/03		US 482/03			
	LgCo 1102		LG 1104		LG1105	
	rossa	grigia	rossa	grigia	rossa	scura
SiO₂	51,25	55,30	51,55	39,16	52,59	29,13
Al₂O₃	20,88	27,78	15,41	30,44	21,34	10,10
Fe₂O₃	9,02	8,62	7,41	11,71	9,11	28,97
K₂O	2,27	2,59	2,15	1,62	2,50	2,17
C	5,27				5,26	3,35
CaO	1,49	1,55	1,24	1,53	1,59	1,69
MgO	1,50	1,95	1,13	1,94	1,00	0,64
TiO₂	1,22	1,14	0,95	1,63	1,36	1,20
Na₂O	0,59	0,60	0,51	0,36	0,73	0,83
P₂O₅	0,56	0,51	0,50	3,01	1,20	1,28
MnO	0,22	0,13	0,10	0,12		
SO₃		0,07	0,07	0,11		

Tabella 3: Tabella riassuntiva con indicazione dei valori medi degli elementi chimici presenti nei campioni sperimentali.

⁴ Calcolare le percentuali di ossidi di Fe presenti in diversi tipi di argille locali potrebbe rappresentare uno spunto per futuri confronti. I dati relativi al materiale concotto riflettono percentuali ricorrenti anche nei frammenti ceramici rinvenuti a Lugo e potrebbe esser utile approfondire questa linea di indagine per comprendere meglio, ad esempio, le caratteristiche di colorazioni rossastre assunte dalle ceramiche cotte in ambienti ossidanti e distinguerle dall'applicazione intenzionale di pigmenti. Per questa tematica si veda capitolo 5, paragrafo 5.3.5)

PARETI STRUTTURA					Crudo (Riempimento)						RIEMPIMENTO							
Compos izione	LgCo 1102		LgCo 1102		LgCo 1102		LgCo1104		LgCo1104		LgCo1104		LgCo1105		LgCo1105		LgCo1105	
	Area Rossa, Fig. 7.1.	Area Scura Fig. 7.4	Area Rossa, Fig. 7.2.	Area Scura Fig. 7.5	Area Rossa, Fig. 7.3.	Area Scura Fig. 7.6	Rossa Fig. 17.1	Scura Fig. 17.3	Rossa2	Scura2	Rossa3 Fig. 17.2	Scura Fig. 17.4	Rossa Fig. 11.1.	Scura	Rossa	Scura	Rossa	Scura Fig. 13.3
SiO2	40,77	55,82	60,99	56,46	51,98	53,62	58,41	40,44	40,26	39,46	55,97	37,58	36,72	25,8	59,04	48,19	62,01	13,38
Al2O3	20,42	28,97	20,02	26,71	22,2	27,65	20,11	31,34	1,12	30,91	24,99	29,05	18,18	10,67	23,47	19,62	22,35	8.40
Fe2O3	8,83	8,48	8,01	8,69	10,2	8,69	6,37	13,62	8,51	8,86	7,33	12,63	8,82	18,02	10,79	13,92	7,71	54,97
K2O	2,38	2,75	2,16	2,38	2,25	2,62	2,64	1,29	1,69	2,32	2,12	1,24	2,88	2,95	2,34	2,84	2,27	0,71
CaO	1,42	1,6	1,41	1,62	1,64	1,43	1,1	1,13		1,9	1,38	1,55	2,02	1,13	1,39	1,56	1,36	2,38
C	4,81		5,65		5,33								5,19		5,22	4,14	5,35	2,56
MgO	1,43	2,32	1,72	1,9	1,33	1,61	1,12	2,13	0,81	1,54	1,44	2,14	0,46	0,52	1,2	0,91	1,32	0,47
TiO2	1,32	1,12	1,06	1,18	1,27	1,12	0,89	2,22	0,86	0,91	1,08	1,71	1,48	1,6	1,36	1,56	1,22	0,43
Na2O	0,28	1	1,09	0,38	0,38	0,41	0,53	0,32	0,33	0,27	0,66	0,49	0,34	0,58	0,73	1,08	1,12	
P2O5	0,68	0,48	0,45	0,59	0,53	0,46	0,41	3,74	0,58	1,41	0,51	3,86	1,5		0,85	1,28	1,23	5,97
MnO	0,33	0,21	0,04	0,11	0,27	0,06	0,05	0,17	0,05	0,09	0,2	0,08						
So3		0,01		0,12			0,02		0,11	0,04								
vanadiu m?																		0,1

Tabella 4: Tabella con percentuali elementi chimici a confronto tra campioni sperimentali. In grassetto indicati i valori massimi e minimi. In evidenza valori massimi insoliti e caratteristici del campione. I dati sono stati estrapolati da tutti gli spettri disponibili per i campioni esaminati (non tutti inseriti in questo capitolo).

4.4.2 Risultati della Spettroscopia FT-IR

I campioni di concotto selezionati sono stati sottoposti ad analisi FT-IR. I dati sono relativi alle diverse superfici (facce) - dei frammenti: quella che si considera possa esser stata esposta al calore – esterna - e quella interna – non esposta. A volte l'irregolarità del campione non ha permesso di identificare una superficie principale, in questo caso viene indicata la zona di microprelievo, effettuata, come nei casi precedenti, sulla base del colore delle aree da caratterizzare (rosso e grigio).

Uno dei campioni, per le sue caratteristiche, sembrava non esser stato oggetto di trattamenti termici ed è stato usato per alcuni test. Tre provini sono stati sottoposti a trattamenti termici controllati (della durata di un'ora a temperature differenziate di 300° C, 400° C e 500° C in forno a muffola), al fine di fornire parametri di confronto con i risultati ottenuti anche dagli altri campioni archeologici (**Fig. 23**).

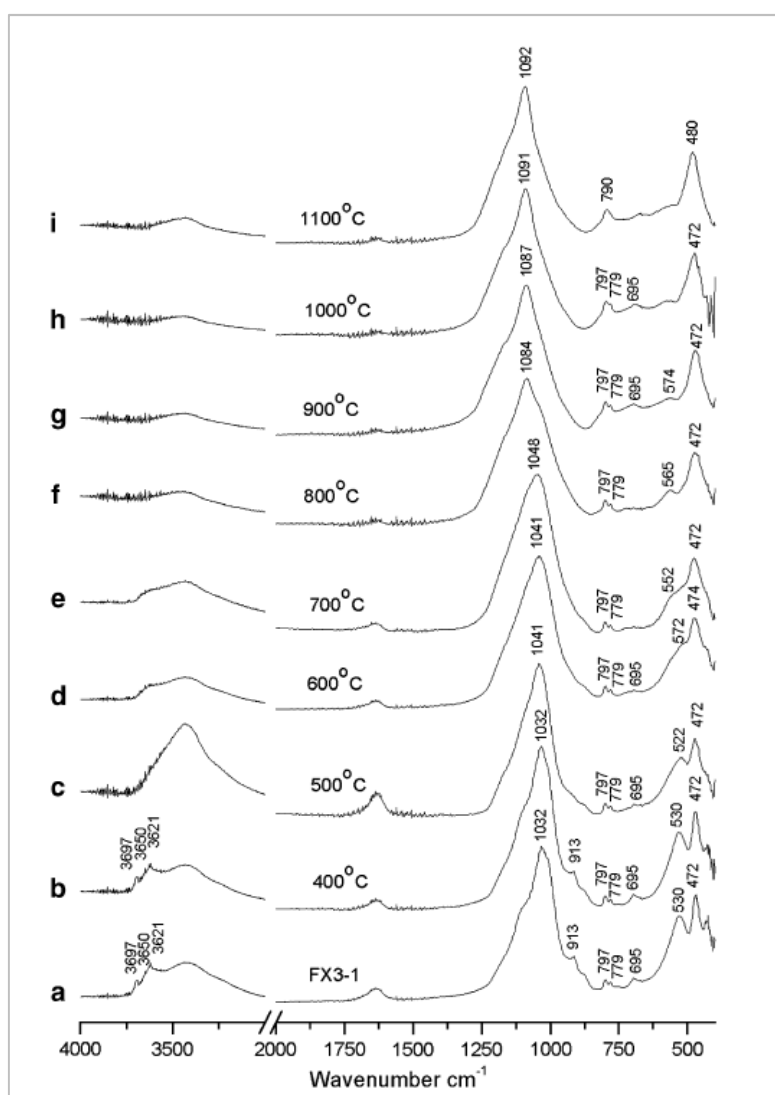


Figura 23: Spettri relativi a campioni di sedimento sottoposti a trattamento termico controllato a diverse temperature (da Berna et al. 2007, fig. 5)

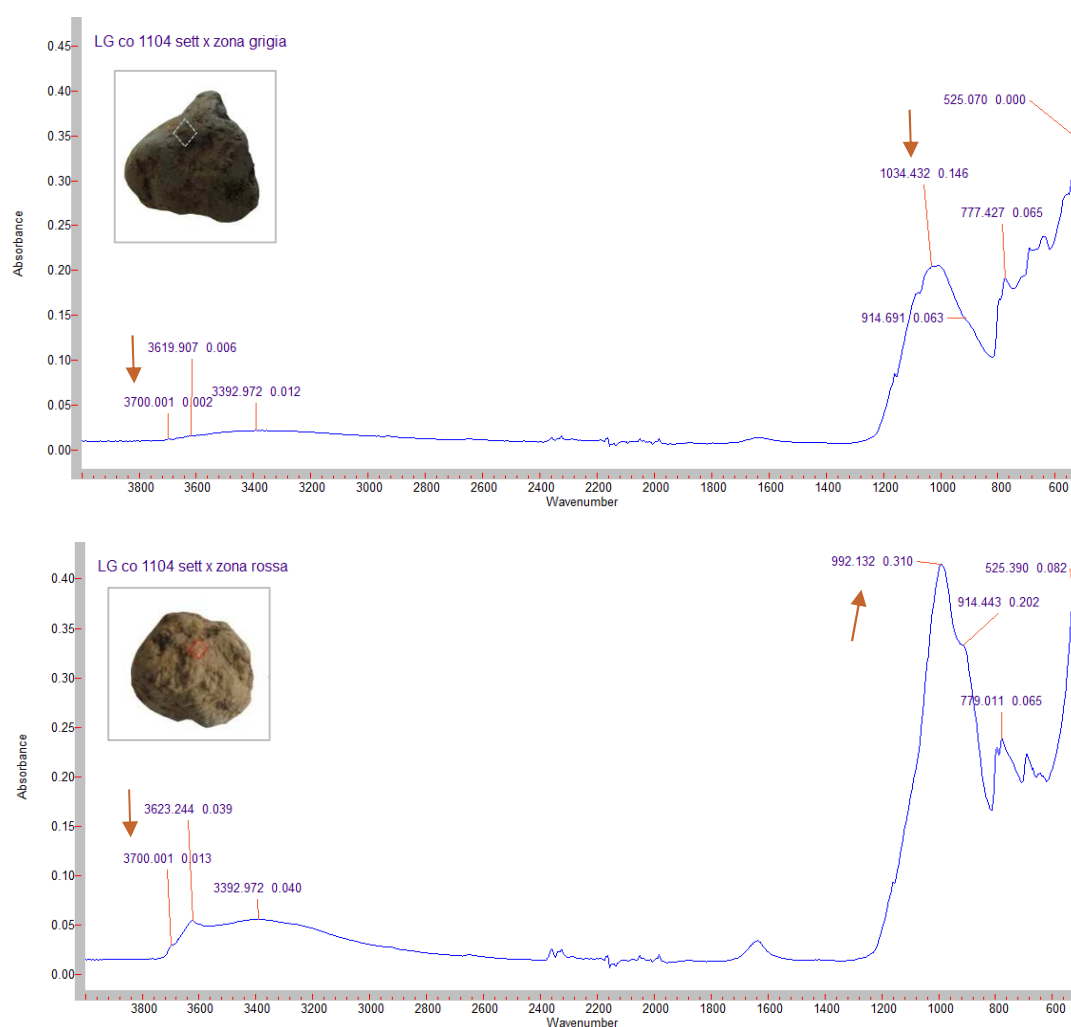
Gli standard interpretativi di riferimento usati per il confronto degli spettri ottenuti sono quelli indicati in Berna et al (2007), risultato della cottura, di sedimenti argillosi campionati nel sito di riferimento, a diverse temperature comprese in un intervallo incluso tra i 300 e i 1300° C, per una durata di 4 ore in forno a muffola e in atmosfera ossidante. Gli spettri ottenuti dall'analisi FT-IR, mostrano variazioni nei segnali nell'intervallo relativo all'acqua (con picchi tra i 3000 e 3800 cm⁻¹). Per ogni intervallo di temperatura, riportano nella linea delle ascisse i valori con l'indicazione della lunghezza d'onda e in quella delle ordinate i valori dell'assorbanza (**Fig. 23**).

Gli infrarossi permettono di evidenziare eventuali trasformazioni strutturali subite dal materiale a seguito di trattamenti termici. Viste le temperature realisticamente impiegate in antico, ipotizzate anche sulla base delle osservazioni micromorfologiche, un importante indicatore di eventuali riscaldamenti subiti dal concotto attiene alle linee relative ai legami OH: acqua assorbita e adsorbita dall'argilla, acqua strutturale. Tali linee sono ritenute uno dei marcatori significativi per valutare se il campione è stato sottoposto a riscaldamento o meno. Gli spettri ottenuti dall'analisi FT-IR dei campioni di concotto, presentano picchi nella regione riferibili alla caolinite che mostra lunghezze d'onda di 3700 cm⁻¹, 3620 cm⁻¹ e 3393 cm⁻¹ e 4 bande di assorbimento nell'area dei gruppi OH (Si, O, Si – Al, O, H – Si, O – Si, O, Al) (Madejovà 2003, 3-4). Dagli spettri ottenuti da Berna (Fig. 23) è possibile osservare che sedimenti riscaldati a 400° C, nonostante subiscano una variazione cromatica e il tipico arrossamento dovuto ad alterazione termica, non rivelano trasformazioni osservabili nel relativo spettro. Solo a partire dai 500° C gli spettri rivelano cambiamenti nei picchi di assorbimento del gruppo della caolinite (indicati nella regione dei 3500 cm⁻¹) e dei gruppi OH associati (che hanno invece le seguenti bande di riferimento: Si, O, Al 525 cm⁻¹; Al, O, H 915 cm⁻¹; Si, O, Si 995 cm⁻¹; Si, O 780 cm⁻¹). Il gruppo Al-O-H sembra sparire e Si-O-Al rimane debole, mentre si nota un salto nel picco del gruppo Si-O-Si. Più le temperature sono alte più il picco del gruppo Si-O-Si aumenta. Il trattamento termico riduce, fino a farlo scomparire del tutto, il segnale dell'acqua assorbita in maniera indifferenziata dal materiale argilloso e non sembra invece influenzare la linea associata ai gruppi ossidrilici (Gialanella 2017-2018). La presenza di assorbimento nei range assegnati ai diversi gruppi funzionali indica la presenza di tali gruppi nella molecola.

Qui di seguito vengono elencati gli spettri ottenuti dalle analisi FT-IR eseguite sui concotti archeologici. Attraverso la comparazione con gli spettri di Berna e con quelli di ottenuti in laboratorio su sedimenti locali sottoposti a trattamento termico controllato, si tenterà di ottenere informazioni sul tipo di esposizione al calore subito dai campioni. Le analisi condotte in laboratorio mostrano simili comportamenti (si vedano gli spettri dei *tester* sottoposti a trattamento termico controllato).

- *Campione LGco 1104*

Il campione di colore grigio-verde, si presenta come un grumo di argilla crudo, non esposto a calore. L'analisi al SEM ne ha confermato la natura argillosa e gli spettri sottolineavano assenza di C rispetto agli altri campioni e alte percentuali di fosforo. I risultati FT-IR rivelano le linee tipiche della caolinite su entrambe le facce. Picchi caratteristici su 3700 cm^{-1} e bande da 1630 cm^{-1} indicativi della presenza di acqua strutturale sono visibili in corrispondenza dell'area rossa. Si osserva infatti la presenza dei gruppi OH, Si-O-Si – Si-O – Si-O-Al, su entrambe le superfici. Nell'area scura invece, il picco 1034 cm^{-1} (Si-O-Si) e quello di 914 cm^{-1} (Al, O, H), associati a leggere variazioni nell'intervallo relativo all'acqua sembrano indicare la sua riduzione, ma non l'assenza totale. Il Si tratta dunque di un risultato dubbio. Tuttavia non si notano trasformazioni significative ed è dunque possibile ipotizzare che il campione LGco 1104 non sia stato esposto a calore. Sulla base del confronto con i dati indicati da Berna, tali valori non indicano esposizione a temperature più alte dei 400°C (si vedano gli spettri riportati in **Fig. 24**) come sembra esser indicato dal picco del gruppo Si-O-Si di 1034 cm^{-1} .



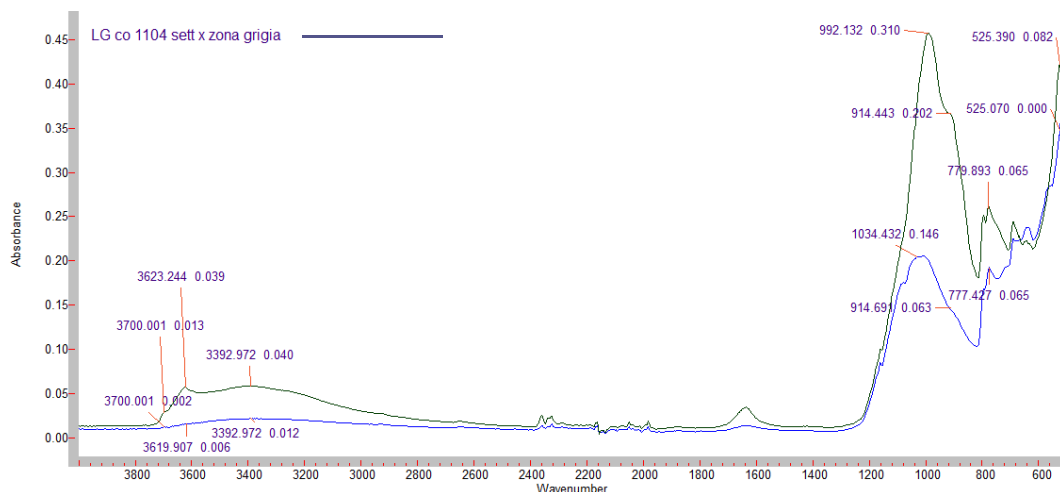


Figura 24: Dall'alto verso il basso vengono indicati gli spettri relativi alle diverse aree di prelievo del campione da sottoporre ad analisi FT-IR dal concotto LGco 1104. L'ultimo confronta gli spettri ottenuti dalle due aree (una rossa e una grigia) del campione. Si noti la presenza di H₂O indicata dai picchi sui $3300\text{--}3700\text{ cm}^{-1}$ e bande da 1630 cm^{-1} e tipiche lunghezze d'onda dei gruppi OH, Si-O-Si – Al-O-H – Si-O – Si-O-Al, su entrambe le superfici con leggera variazione nella zona rossa.

Il campione LGco 1104 (nRR_2967/03), è stato frammentato per ottenere tre *tester* da sottoporre a cotture differenziate, in forno a muffola, rientranti in diversi intervalli di temperature: 300°C , 400°C , 500°C (**Fig. 25**). Dai campioni sono stati effettuati dei microprelievi analizzati con spettroscopia FT-IR, al fine di individuare caratteristiche peculiari che ci permettessero di confrontarli sia con gli altri concotti sia con parti dello stesso campione.



Figura 25: frammenti del campione LGco 1104 dopo trattamento termico a temperature differenziate: 500°C , 400°C e 300°C con indicazione dei punti di microprelievo.

- Combustione a 300°C

Livelli tipici della caolinite sono stati riconosciuti su entrambe le facce con prevalenza nell'area rossa con presenza dei gruppi OH che non riflettono trasformazioni indicative di esposizione al calore (**Fig. 26**). Il materiale riscaldato a 300°C non mostra cambiamenti

significativi rispetto a quanto osservato nello spettro del materiale non trattato (LGco 1104).

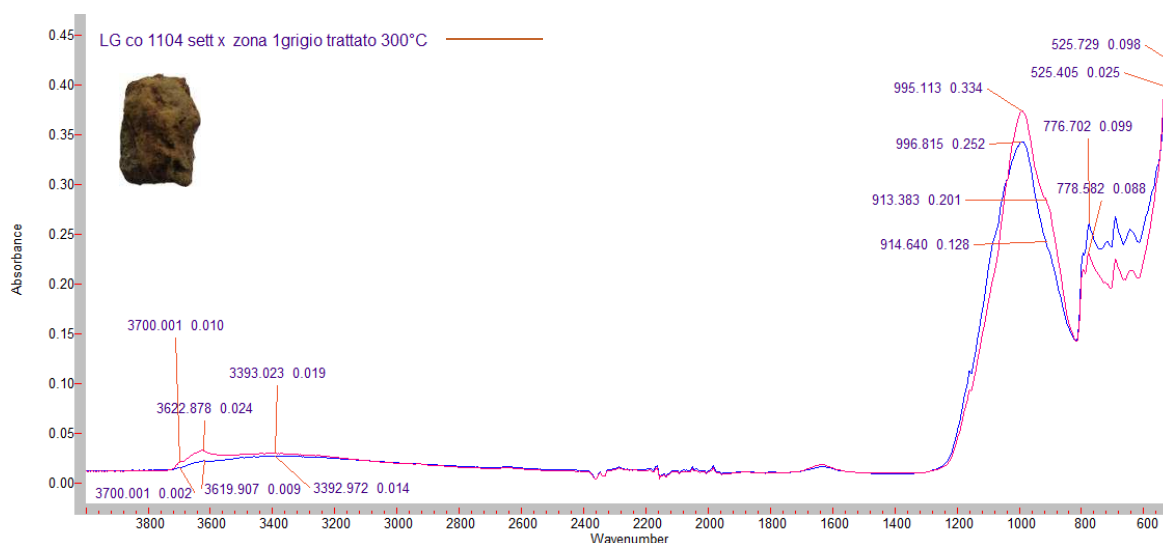


Figura 26: spettro relativo al provino sottoposto a trattamento termico controllato a 300° C. I picchi di assorbimento non mostrano trasformazioni significative né nell'area rossa (linea spettro rossa), né in quella più scura (linea spettro blu).

- Combustione a 400° C

Anche in questo caso si possono effettuare le stesse considerazioni formulate per il campione sottoposto a trattamento a 300° C. I picchi di assorbimento indicano presenza dei gruppi OH senza riflettere trasformazioni che possano indicare esposizione al calore confermando quanto osservato per questo intervallo di temperature anche negli spettri di riferimento di Berna (Fig. 27).

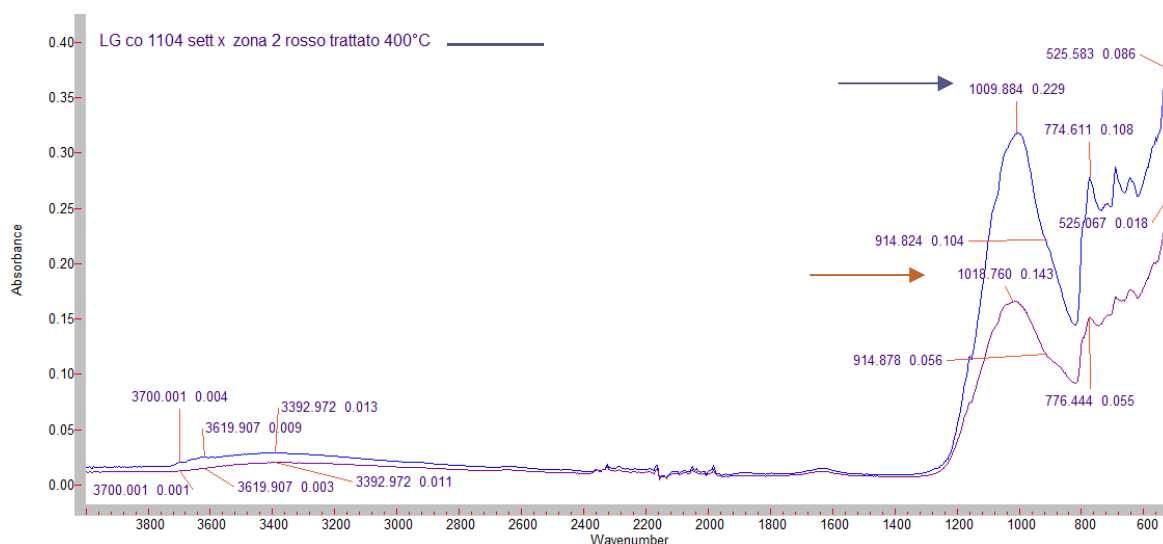


Figura 27: spettro relativo al provino sottoposto a trattamento termico controllato a 400° C. I picchi di assorbimento mostrano leggere trasformazioni nella regione dei gruppi OH: si noti uno shift relativo al gruppo Si-O-Si a 1009 cm⁻¹ nell'area rossa (linea spettro blu) e a 1018 cm⁻¹ in quella grigia (linea spettro rossa).

- Combustione a 500° C

I risultati della spettroscopia FT-IR mostrano spettri con leggere variazioni tra aree rosse e aree scure relative ai picchi dei gruppi OH. Si osserva la scomparsa di acqua strutturale nello spettro relativo all'area grigia, come visibile dalla riduzione della larghezza d'onda nell'area 3500 cm^{-1} , che mostra le trasformazioni in seguito ad esposizione al calore con in evidenza, in corrispondenza del gruppo OH Si-O-Si, un picco a 1045 cm^{-1} (**Fig. 28**). Questo *tester* dunque sembra confermare quanto riscontrato negli spettri di riferimento pubblicati da Berna. Rimane invece problematica l'interpretazione del risultato relativo alla faccia rossa, che nonostante il riscaldamento rileva uno shift inferiore a 1004 del gruppo Si-O-Si e presenza di acqua strutturale (**Fig. 29-30**).

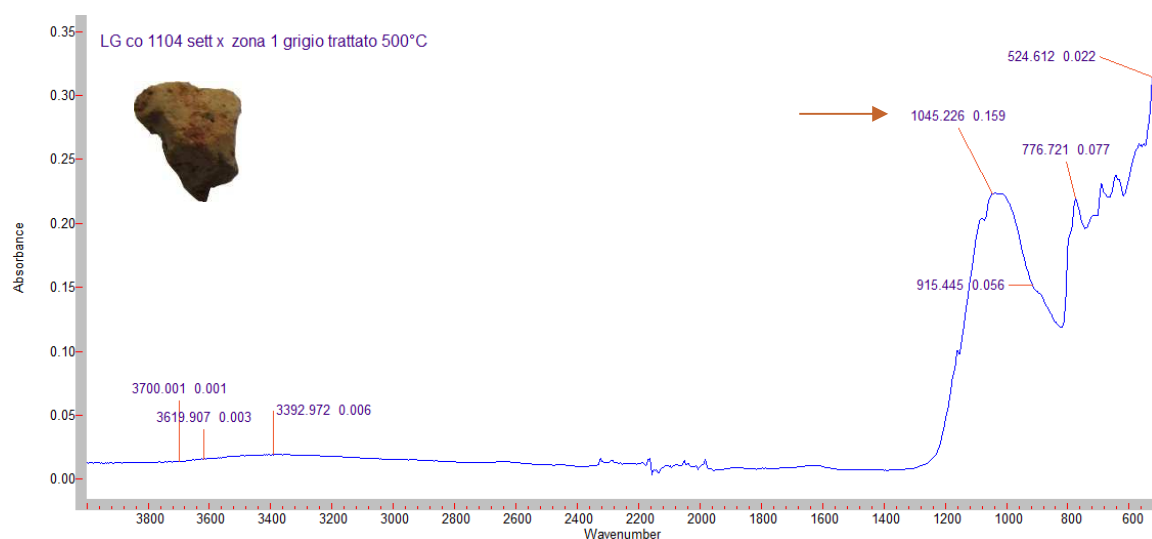


Figura 28: spettro relativo al provino del campione LGco 1104 trattato termicamente a 500° C. Indicato dalla freccia, il picco in corrispondenza del gruppo Si-O-Si a 1045 cm^{-1} che subisce uno shift significativo per la definizione della temperatura raggiunta. In corrispondenza della regione 3500 cm^{-1} si nota invece una riduzione della linea indicativa delle fasi idrate.

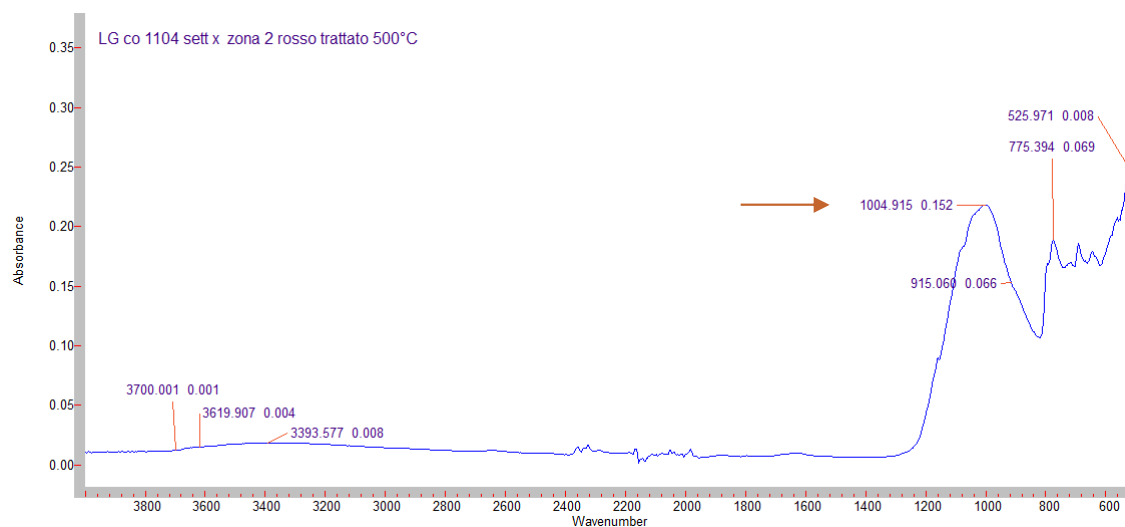


Figura 29: spettro relativo all'area rossa del provino trattato termicamente a 500° C.

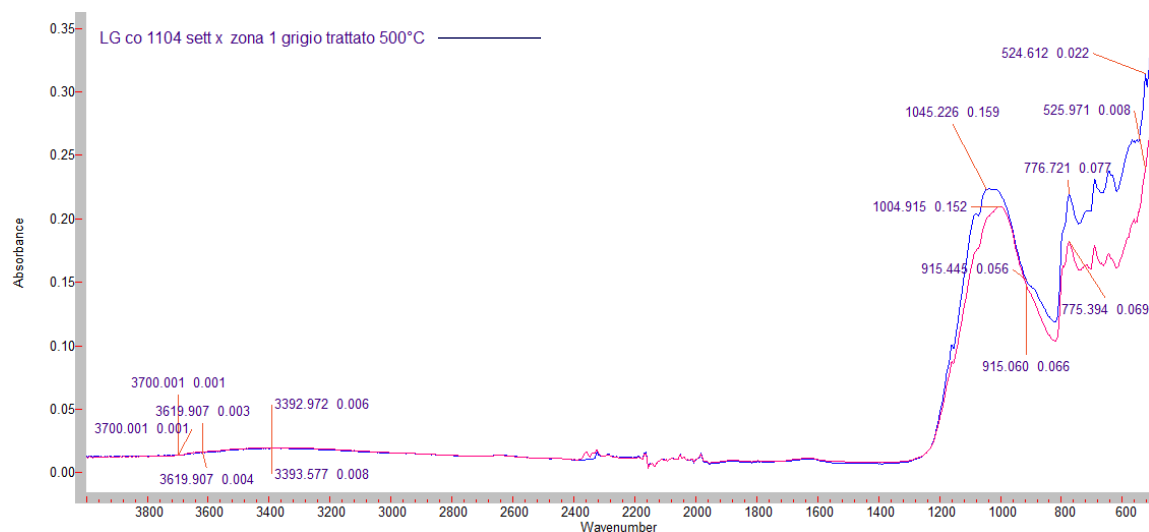


Figura 30: spettri a confronto tra area scura e area rossa del campione trattato termicamente a 500° C.

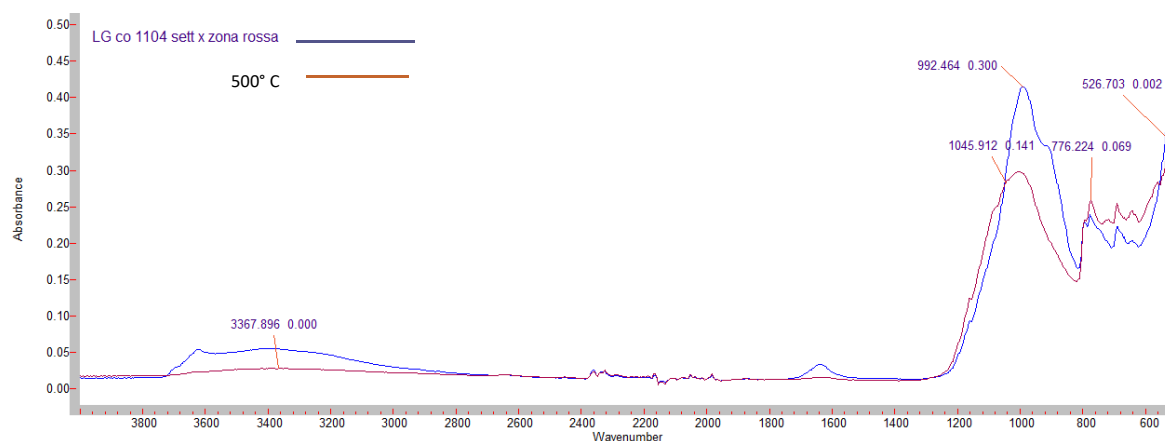


Figura 31: Spettri di confronto tra analisi condotte su campione LG1104 non sottoposto a riscaldamento e provino sottoposto a trattamento termico di 500° C.

Quanto rilevato in figura 28 è ancora più evidente confrontando lo spettro del campione sottoposto a 500° C (zona grigia) con quello del campione non sottoposto a trattamento termico (**Fig. 32**) e dal confronto con gli spettri ottenuti nel corso dei trattamenti termici a 300° C e 400° C con evidenziati i diversi shift del gruppo Si-O-Si con picco di riferimento a 995 cm^{-1} nel caso di esposizione a 300° C, a 1007 cm^{-1} se trattato a 400° C e 1045 cm^{-1} con trattamento a 500° C (**Fig. 33**). Lievi modifiche da un campione all'altro sono visibili anche in corrispondenza della linea che indica le fasi idrate, con progressiva riduzione dell'acqua strutturale con l'aumentare della temperatura.

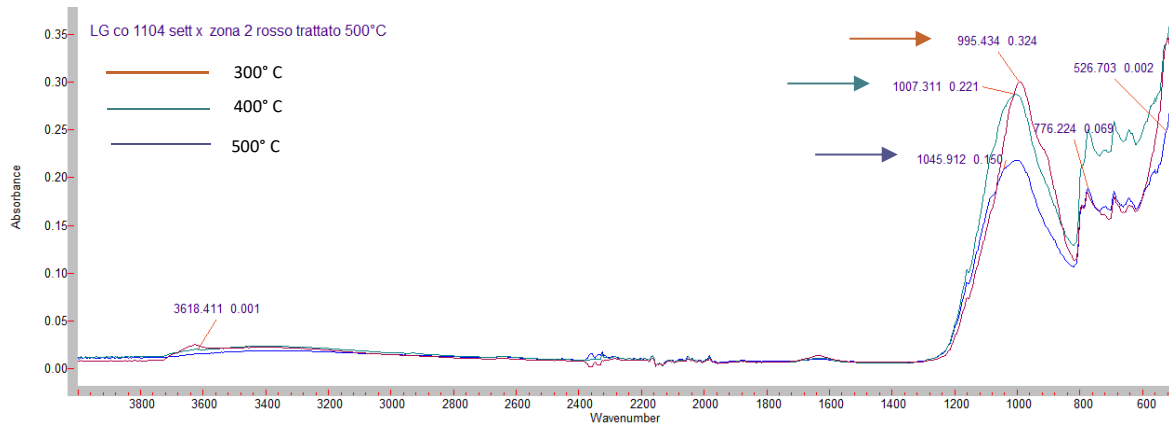


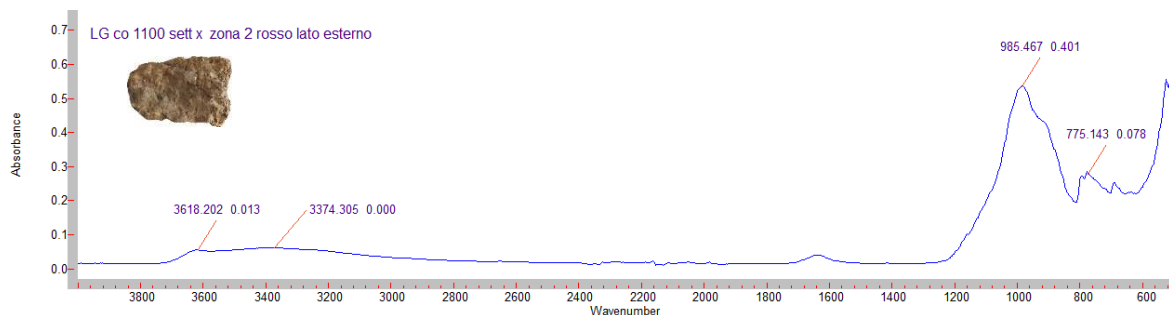
Figura 32: spettri delle analisi FT-IR condotte sui 3 provini del campione LG 1104 sottoposti a trattamento termico.

- *Campione LGco 1100*

L'analisi degli spettri FT-IR ottenuti da diverse aree della superficie e su entrambe le facce del campione (**Fig. 33-35**), rilevano la presenza di acqua strutturale (**Fig. 34**). Gli spettri ottenuti dall'analisi della zona 2 (rossa), sulla faccia esterna, mostrano livelli di fasi idrate nell'area 3500 cm^{-1} e presenza di gruppi OH con picchi che, confrontati con gli spettri del campione del provino LGco 1104 sottoposto a trattamento termico di 500°C , indicano picchi tipici di temperature inferiori ai 500°C .



Figura 33: indicazione punti di microprelievo sulla faccia esterna del campione LGco 1100 e dettagli. Relativi spettri. In basso, indicazione dei punti di prelievo dalla faccia interna e spettro zona scura.



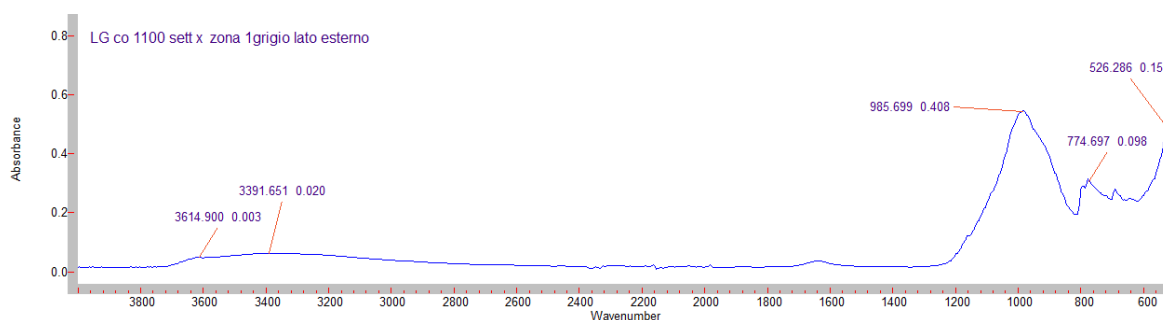


Figura 34: in alto, spettro FT-IR del campione LG 1100, faccia esterna, zona rossa. Visibili i livelli di fasi idrate nell'area 3500 cm^{-1} e picchi OH che indicano esposizione a basse temperature (300°C). In basso spettro relativo all'area grigia che indica valori simili al precedente.

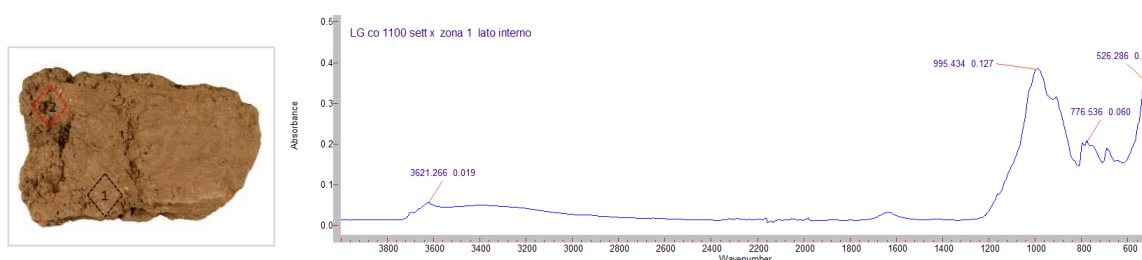


Figura 35: faccia interna del campione LGco1100 con indicazione dei punti di microprelievo e relativo spettro con visibili linee tipiche delle fasi idrate.

- *Campione LGco 1101*

L'analisi del campione mostra risultati simili a quelli osservati nel campione precedente con una leggera variazione tra area rossa e aria scura. Si osserva presenza di acqua strutturale nell'area $3000\text{--}3800\text{ cm}^{-1}$ e la presenza di tutti i 4 i gruppi OH con variazioni che sembrano indicare temperature di esposizione al calore non superiori ai 300°C (area rossa) o 400°C (area scura). (Figg. 36-37)

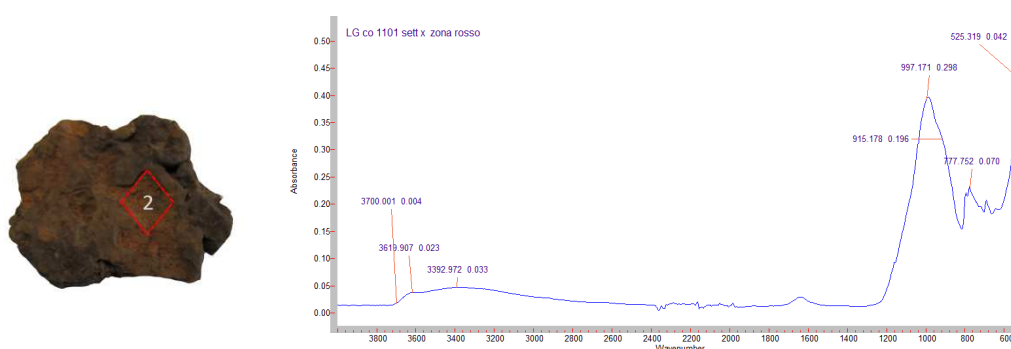


Figura 36: risultato analisi FT-IR del campione LG1101 in corrispondenza dell'area rossa. Non sono visibili trasformazioni significative come indicato da linee caratteristiche di H_2O strutturale (3700 cm^{-1}) e del gruppo Al-Al-OH (915 cm^{-1}).

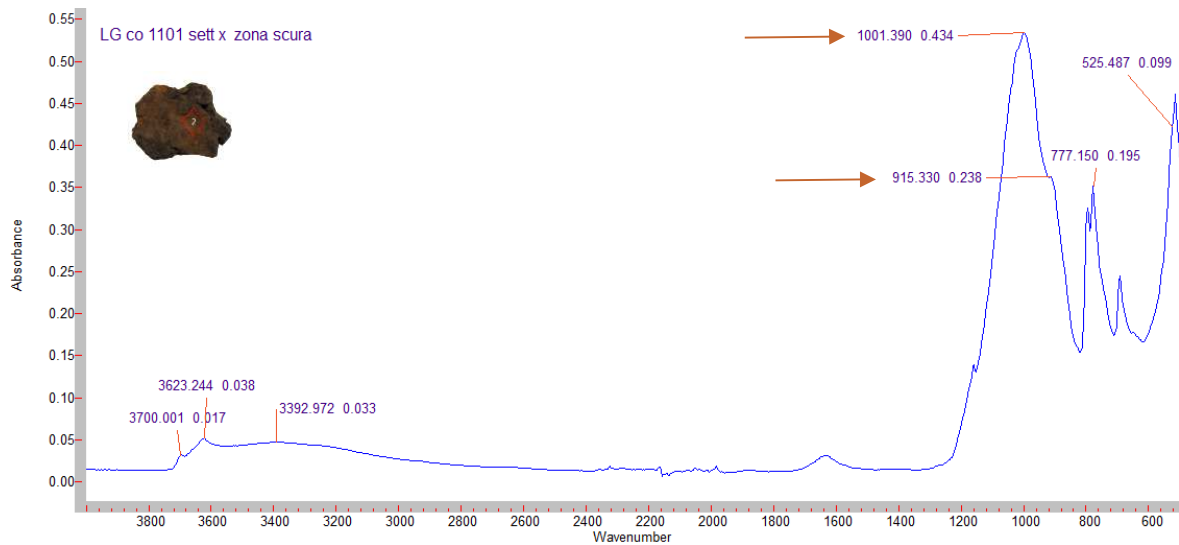
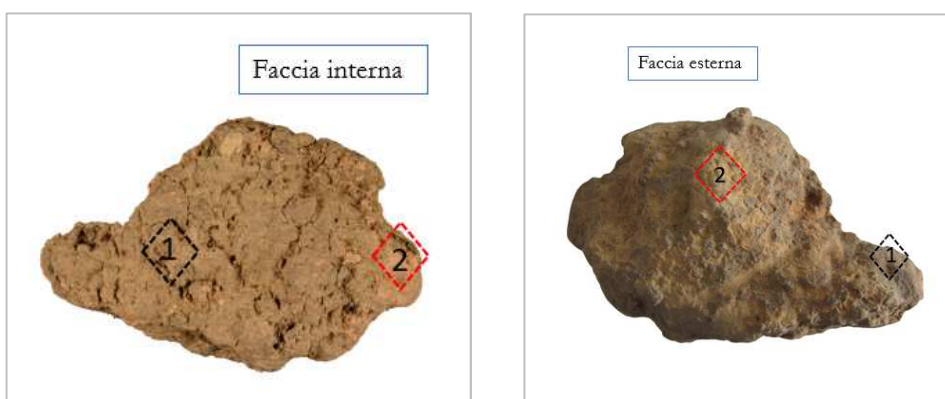


Figura 37: risultato analisi FT-IR del campione LG1101 in corrispondenza dell'area scura. Visibili linee tipiche riferite alla presenza di acqua strutturale e del gruppo Al-Al-OH (915 cm⁻¹). Si osserva uno shift nel gruppo Si-O-Si.

- *Campione LGco 1102*

L'analisi degli spettri rivela un dato non uniforme in quanto rileva la presenza di acqua strutturale sulla faccia interna del campione, indicata da picchi e linee simili sia nell'area scura che in quella chiara (**Fig. 38**) mentre, è assente nella faccia esterna in corrispondenza della zona rossa (**Fig. 39**), come indicato dalla riduzione della banda relativa e dalla scomparsa del gruppo OH Al-O-H. Si tratta di un dato compatibile con l'ipotesi di maggiore esposizione al calore della faccia esterna rispetto a quella interna (meno esposta). Rimane da valutare però il perché il picco Si-O-Si resti basso.



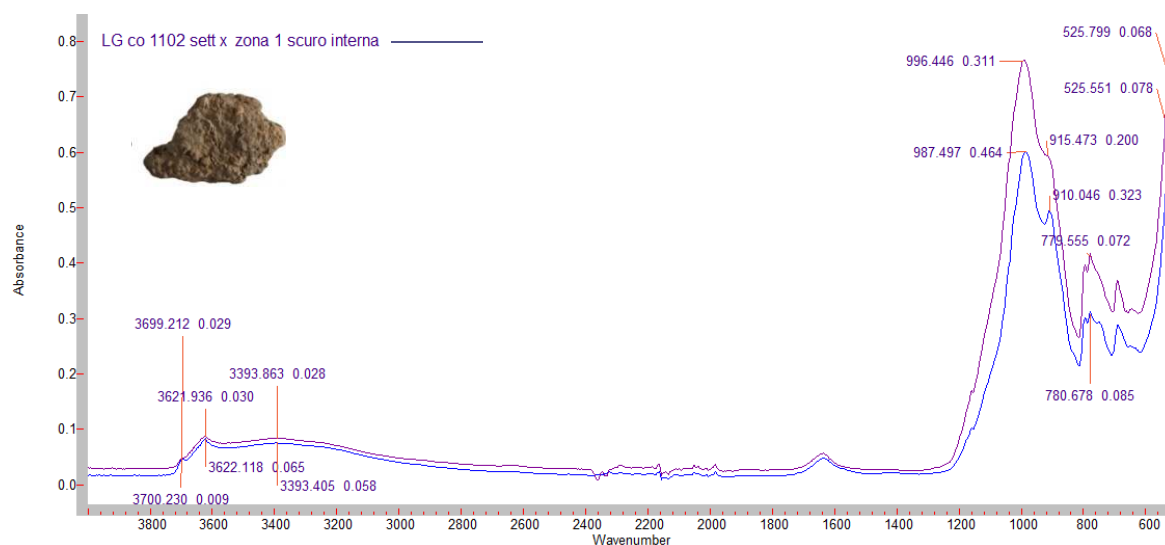


Figura 38: risultati delle analisi FT-IR tra l'area rossa e quella scura della faccia interna del campione LG 1102. I risultati mostrano valori simili che indicano presenza di acqua strutturale e esposizione a basse temperature.

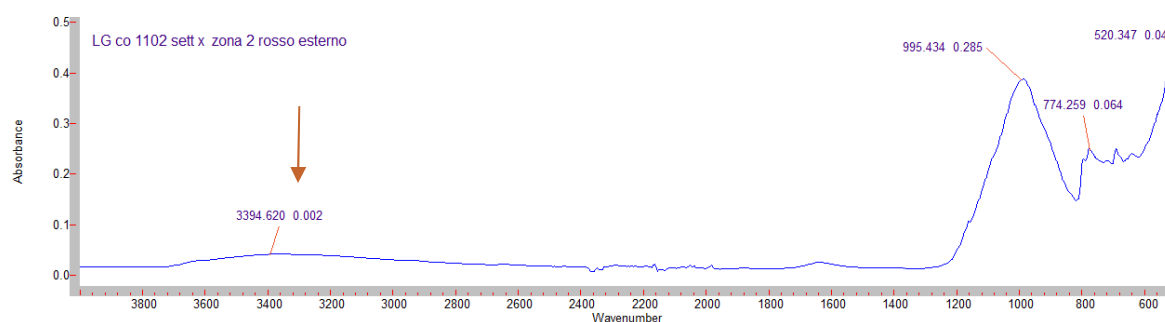


Figura 39: spettro relativo alle analisi FT-IR eseguite sulla faccia esterna del campione, in corrispondenza dell'area rossa. Si osservano un restringersi della banda relativa alle fasi idrate che denota riduzione dell'acqua strutturale, e la scomparsa del gruppo OH Al-O-H.

- *Campione LGco 1103*

Gli spettri ottenuti nelle due aree di osservazione sono abbastanza simili. Indicano le linee tipiche delle fasi idrate in corrispondenza della regione 3500 cm^{-1} e la presenza di tutti i quattro gruppi OH associati con nessuna trasformazione rilevante (**Fig. 40**).



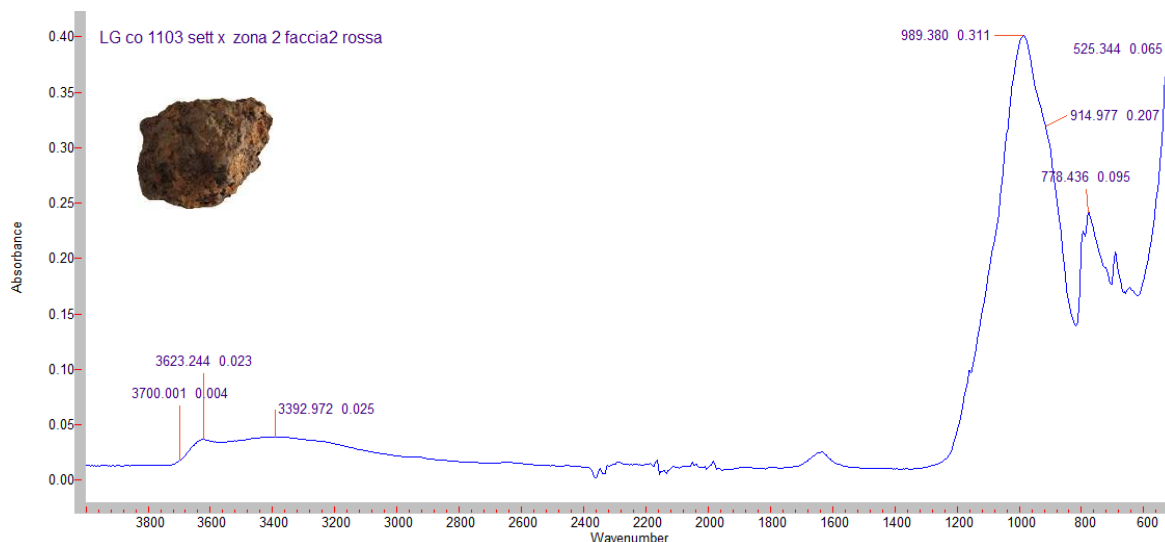
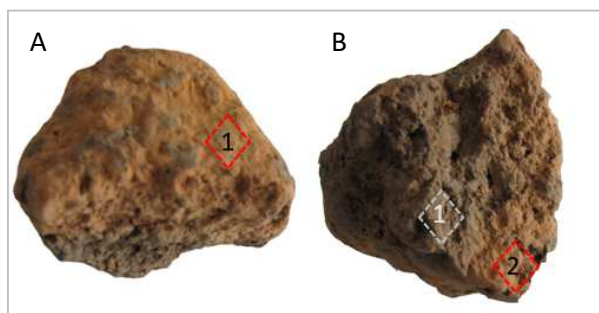


Figura 40: risultato analisi FT-IR del campione LG1103 in corrispondenza dell'area rossa. Visibili la linea tipica dell'acqua strutturale e i 4 gruppi OH.

- *Campione LGco 1105*

Il campione qui esaminato, all'analisi SEM aveva rivelato un'altra componente di Fe_2O_3 nella zona più scura. Inoltre, immagini ingrandite, hanno mostrato una struttura sferoidale che potrebbe esser stata determinata da alterazioni dovute a fenomeni post-deposizionali mentre l'area rossa appariva più irregolare (A, 1). I risultati dell'analisi eseguiti in corrispondenza della faccia A (1) mostrano larghe bande nella zona 3000-3800 cm^{-1} , caratteristiche di fasi idrate dei gruppi OH associati (**Fig. 41**). Si osservano risultati simili anche per i campioni prelevati sulla faccia opposta, sia nell'area scura (B, 1) che in quella rossa (B, 2) confermando quanto riscontrato nei campioni precedenti e facendo escludere dunque che questo campione sia stato sottoposto a riscaldamento a temperature superiori ai 400° C (**Fig. 42**).



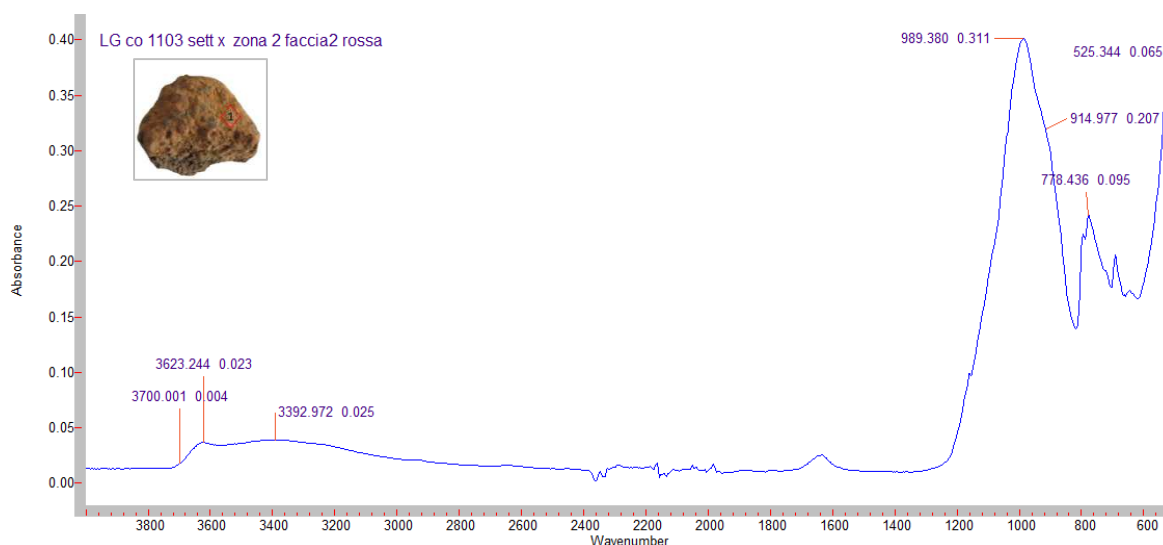


Figura 41: spettro relativo alla zona rossa 1 della faccia A del campione LGco 1103 che mostra presenza di acqua strutturale e gruppi OH costituzionali.

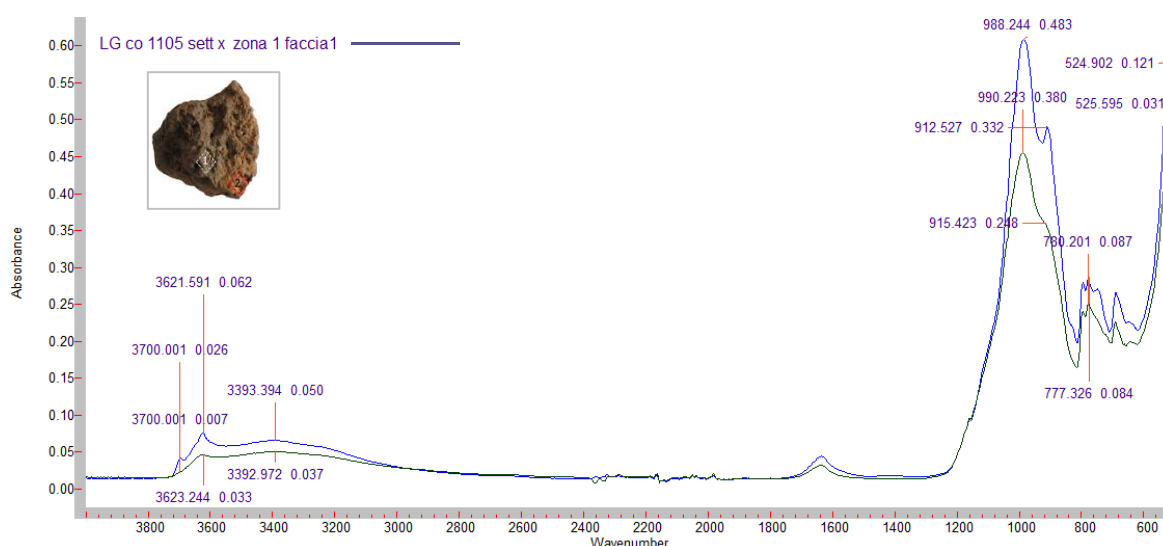


Figura 42: spettri a confronto relativi ai risultati dell'analisi FT-IR relativi a microprelievi effettuati sulla faccia 1 del campione LGco 1105. Si notino i tipici picchi delle fasi idrate nell'intervallo tra 3000-3800 cm^{-1} e la presenza nell'area OH dei 4 gruppi costituzionali.

4.5. Considerazioni conclusive

I risultati delle analisi SEM hanno consentito di confermare la natura argillosa (silico-alluminati) dei campioni esaminati e di definirne la composizione che vede la presenza di ossidi di Si, Al e Fe tra gli elementi che ricorrono con maggior incidenza percentuale, seguiti da altri minoritari. La superficie dei campioni è caratterizzata da una granulometria che, nonostante alcune variazioni tra aree rosse e scure, non sembra riflettere trasformazioni significative da esposizione al calore e sembrano caratteristiche di

esposizione a temperature non superiori ai 400-450° C. Le analisi FT-IR hanno confermato questo risultato attraverso il confronto con spettri di riferimento (Berna et al. 2007) e campioni di laboratorio oggetto di trattamenti termici differenziati, che hanno consentito di identificare eventuali trasformazioni strutturali subite dal materiale in seguito a esposizione al calore. La presenza o meno di acqua strutturale, considerato un marcatore di riferimento, è stata considerata come indice di esposizione a intervalli di temperatura inferiori o superiori ai 500° C.

I risultati relativi ai campioni di concotto prelevati dalla parete della struttura ES 473/03 (LGco 1100, 1101, 1102) hanno permesso di individuare tracce di fasi idrate con alcune particolarità: nei primi due casi la presenza di acqua strutturale in associazione a picchi di riferimento dei gruppi OH tipici della caolinite, non sembrano riflettere trasformazioni riconducibili ad esposizione a temperature superiori ai 300°- 400° C. Quelli relativi al frammento LGco 1102 invece rilevano presenza di acqua strutturale solo sulla faccia interna ma non su quella esterna, come indicato dalla riduzione della banda relativa alla linea dell'acqua e dalla scomparsa del gruppo OH Al-O-H. Contrariamente a quanto però osservato negli spettri di Berna, che per campioni esposti a temperature di 500° C danno risultati simili, la banda del gruppo Si-O-Si mantiene un picco basso (non vi è presenza del tipico *shift*). L'assenza di acqua strutturale sulla faccia esterna del campione LGco 1102 è stata inizialmente considerata compatibile con l'ipotesi di maggiore esposizione al calore della faccia esterna rispetto a quella interna (meno esposta). Questa interpretazione è stata riconsiderata alla luce dei dati osservati anche in un altro campione.

Anche i campioni prelevati dal riempimento della struttura (LGco 1103, 1105) presentano tracce di acqua strutturale e in un caso (LGco 1104) alcune trasformazioni che potrebbero indicare l'esposizione al calore.

Il provino ottenuto dal campione LGco1104 (che possiamo considerare rappresentativo di sedimenti locali in quanto rinvenuto all'interno del riempimento della buca ES 474/03 di Lugo⁵), trattato a 500° C in laboratorio, contrariamente a quanto osservato per il campione precedente, presenta invece uno *shift* nell'area del gruppo Si-O-Si (con picco 1034 cm⁻¹), si nota anche che il gruppo Al-O- H non scompare come invece avviene negli spettri di riferimento indicati da Berna.

Simili “difformità” sono state riscontrate anche nel campione dal quale sono stati estratti i provini che, per la sua colorazione e le sue caratteristiche è stato considerato “crudo”. Sottoposto ad analisi FT-IR ha mostrato dei valori relativi ad una riduzione dell'acqua

⁵ Gli spettri usati per i confronti fanno riferimento a sedimenti argillosi con le seguenti componenti: montmorillonite, caolinite, illite e in misura minore quarzo e calcite. L'autore ha sottoposto a riscaldamento anche diversi altri tipi di minerali argillosi confrontandone gli spettri che rivelano però alcune differenze. Per questo motivo consiglia di considerare questi dati come modello di riferimento da calibrare con i dati dei sedimenti locali del sito indagato. Sarebbe interessante eseguire, in futuri lavori, trattamenti termici differenziati su diverse tipologie di sedimenti argillosi campionati a Lugo (Capitolo 5, Appendice I).

strutturale in associazione picchi dei gruppi OH contenuti. Anche in questo caso dunque, nonostante l'osservazione della linea relativa all'acqua strutturale indichi una sua riduzione, gli altri valori non sono confrontabili con gli spettri di riferimento.

Riferimenti deboli in corrispondenza delle linee IR relative all'acqua strutturale potrebbero dipendere anche da minerali poco presenti nei campioni esaminati ma sia le analisi al SEM, che hanno confermato la natura argillosa dei campioni, sia il provino trattato a 500° C in laboratorio che rivela trasformazioni nell'area OH relativa al gruppo Si-O-S e la scomparsa di acqua strutturale perfettamente confrontabile con gli spettri di Berna, permettono di escludere questa possibilità. In quest'ultimo esempio resta da verificare il motivo della presenza del gruppo Al-O-H nonostante il raggiungimento dei 500° C. Le difformità riscontrate, come quella osservata nel caso del campione LGco1102 (perdita di acqua strutturale ma assenza di shift significativi nel gruppo OH Si-O-Si) e di LGco 1104 (riduzione acqua strutturale, ma leggero shift del gruppo Si-O-Si da 995 a 1034 e, anche in questo caso, presenza di assorbimento in corrispondenza del gruppo Al-O-H) sembrano forse da interpretare come risultato di riscaldamento a basse temperature e per breve durata che hanno contribuito a determinare la parziale perdita d'acqua strutturale ma non sufficienti a garantire le trasformazioni dei gruppi ossidrilici.

Nessuno dei campioni di concotto sembra dunque aver subito trasformazioni rilevanti attribuibili all'azione termica da poter indicare temperature di cottura superiori ai 400° C. Si tratta di un dato spesso utilizzato per risalire alla funzione della struttura ma che potrà essere riconsiderato grazie alle repliche sperimentali in buca (per la descrizione dettagliata si veda il capitolo 5). Attraverso il monitoraggio di temperature nuovi campioni saranno prelevati e sottoposti ad analisi, per fornire un ulteriore metodo di verifica e riscontro alle osservazioni appena eseguite.

5. L'USO DELL'ARCHEOLOGIA SPERIMENTALE PER LA VERIFICA DEI PROCESSI ARCHEOLOGICI

5.1. Organizzazione delle attività sperimentali

5.1.1. Definizione del protocollo sperimentale

Ogni esperimento archeologico, affinché sia valido, deve poter essere riproducibile e ripetibile in condizioni analoghe. Per garantire queste condizioni è necessaria una documentazione dettagliata che preveda la registrazione delle operazioni eseguite, la definizione degli obiettivi che ci si prefigge e la formulazione delle ipotesi che si vogliono verificare, al fine di sviluppare per analogia dei modelli teorici di comprensione. In campo sperimentale, la replica del processo che si pensa possa avere originato le evidenze archeologiche esaminate, assieme alla registrazione dei suoi effetti materiali e il confronto tra dati di partenza e risultati ottenuti, fornisce dunque specifiche risposte per confermare o smentire le ipotesi sulla sua formazione.

I punti fondamentali di un protocollo sperimentale implicano quindi i seguenti passaggi (Lammers, Keijmers 2005; **Fig. 1**):

- 1- controllata e riproducibile natura dell'esperimento;
 - 2- formulazione di un'ipotesi che si basi sui dati archeologici;
 - 3- organizzazione dell'esperimento: materiali impiegati e metodologia seguita;
 - 4- raccolta dei dati;
 - 5- risultati;
 - 6- verifica dell'ipotesi di partenza e formulazione di analogie da utilizzare nell'interpretazione delle tracce indagate; nel caso in cui l'ipotesi di partenza non venga confermata se ne formula un'altra e si ripete il procedimento (**Fig. 2**).
- A questi punti si è ritenuto opportuno aggiungerne anche un settimo, che preveda confronti con casi simili sia a livello etnoarcheologico che sperimentale:
- 7- discussione e osservazioni conclusive, confronti archeologici, etnoarcheologici e con altri risultati sperimentali.

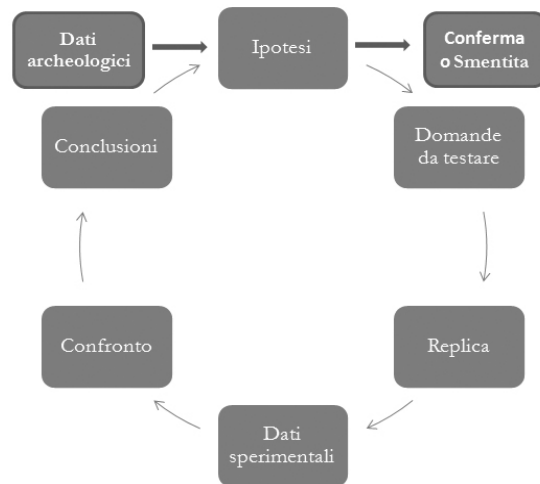


Figura 1: punti fondamentali di un protocollo sperimentale (da Lammers, Keijmers 2005, modificato)

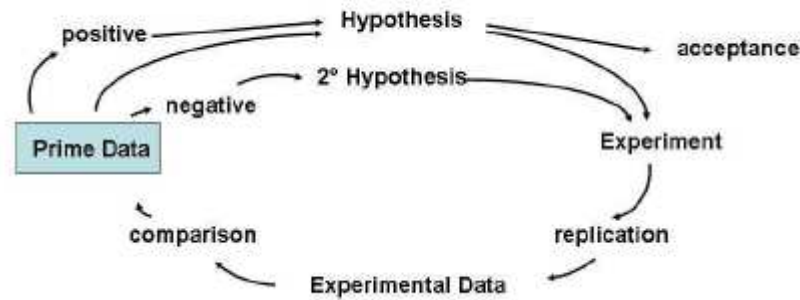


Figura 2: ciclo di sperimentazione (da Reynolds 1979, 20.)

Quanto appena affermato si basa sull'assunto che tutti i processi siano replicabili e che ogni causa avrà sempre la stessa conseguenza. Bisogna però che sia chiara la consapevolezza che repliche e risultati simili potrebbero non derivare necessariamente da comportamenti analoghi a quelli adottati in passato dalle comunità antiche. Allo stesso modo molte variabili potrebbero comportare delle differenze nei risultati nonostante l'uso di procedimenti simili (Mathieu 2002; Schiffer, Skibo 1987).

La replica più che una certezza sul tipo di tecnologia adottata e sull'interpretazione diviene un metodo per considerare difformità e problematiche che sarebbe difficile prevedere a priori (Mathieu 2002). In un certo senso la definizione "*Exploratory experimental archaeology*" (Amick et al. 1989) esprime bene questo concetto, sottolineando ad esempio l'utilità di effettuare in questo campo anche studi informali. Essi consentirebbero infatti di esplorare le possibili alternative legate ai processi di produzione (di materie prime o comportamenti): in quanto "*Solo giocare coi processi di produzione aiuta gli archeologi ad adottare la prospettiva del produttore piuttosto che quella dell'osservatore dell'oggetto*" (Miller 2007).

Per questo motivo, il lavoro sperimentale è stato condotto senza attingere a collaboratori esterni con esperienza già acquisita, mirando a svilupparla in prima persona con il tempo e soprattutto con il "fare". Del resto, la possibilità di rivolgerci a specialisti del settore (come ceramisti, archeoceramisti, operatori sperimentali, ...), avrebbe in qualche modo diretto e condizionato le attività da svolgere, influenzate da chi possiede un bagaglio di conoscenze già acquisite. Si è preferito dunque, procedere seguendo un approccio mirato all'acquisizione di un'esperienza formativa. Nonostante questo, il confronto con chi opera nel settore da più anni non è stato totalmente escluso, ma sarà contemplato in fase inoltrata (o a conclusione lavori) con finalità di confronto e approfondimento.

5.1.2. Dati archeologici, formulazione delle ipotesi

I dati archeologici relativi alle strutture di combustione rinvenute a Lugo di Grezzana (cap. 3) mostrano tutte quelle tracce considerate identificative di processi di combustione: alterazioni termiche dei sedimenti, di manufatti ed ecofatti, presenza di carboni, ceneri, concotti e travi carbonizzate nelle strutture infossate. Il fondo mostra una rubefazione meno

marcata e omogenea di quella riscontrata sulle pareti che è molto più accentuata. Nel record archeologico è del tutto assente inoltre qualsiasi traccia attribuibile ad una copertura.

L'osservazione dei dati ha da subito fatto scaturire una serie di domande sulle modalità di formazione di tali tracce e sulla funzionalità legata a questo tipo di strutture. Oggetto, finalità e tecnologia riferibili a tali processi sono infatti difficili da definire. Incerta appare infatti al momento l'interpretazione delle strutture più piccole individuate a Lugo di Grezzana (ES 541/03, 543/03) che si differenziano dalle altre, oltre che per le dimensioni, anche per la presenza di ossa combuste nel loro riempimento; il fondo concavo, inoltre, con assenza di tracce di rubefazione potrebbe far pensare ad una pulizia periodica della struttura. Per le strutture più grandi (ES 473/03=920, ES 554/03, ES 635/03) la dimensione, la loro profondità e la consistente rubefazione delle pareti ha fatto supporre cotture prolungate e/o reiterate quali potrebbero essere state quelle per la produzione della ceramica. Tuttavia non si escludono altre funzioni. Non vi sono materiali nei riempimenti collegabili con sicurezza all'uso primario della struttura (Cavulli 2008a; Costa et al. 2015; Costa et al. 2017; Costa et alii cds a). La quantità dei frammenti ceramici rinvenuti nel riempimento è esigua e proviene prevalentemente dalla parte superiore (es. US 467/03, ES 473/03=920, cfr. capitolo 3). La loro presenza, come *markers*, spesso chiamata in causa per avvalorare l'interpretazione che vede nella struttura un possibile "forno" per ceramica potrebbe non esser rilevabile nel caso di una pulizia della struttura dopo l'uso (Sarti et al. 1991).

L'assenza nel sito di impianti "complessi" che garantissero il raggiungimento degli 850° C ritenuti necessari per la cottura di ceramiche figuline (Cassano et alii 1997; Spataro 2009) ha sollevato degli interrogativi che riguardano la cottura delle ceramiche pseudo-figuline presenti nel sito. Se differenze tipologico-strutturali potrebbero dunque corrispondere a differenze funzionali (come nel caso della presenza in uno stesso sito di diverse categorie di strutture a volte associate o a cotture di diverse classi ceramiche o a usi totalmente differenziati, come descritto nel capitolo 2, paragrafo 2.2.1.) e/o cronologiche, in alcuni casi, potremmo essere in presenza di strutture multifunzionali.

La possibilità che le strutture rinvenute a Lugo di Grezzana possano essere messe in relazione non solo alla cottura di diverse categorie ceramiche (ceramica comune ma anche della ceramica figulina), nonostante non si tratti di strutture complesse, dovrà esser confermata da ulteriori analisi archeometriche e sperimentali. Attualmente i dati ricavati da analisi XRD e DTA-TGA effettuate su alcuni campioni di ceramica figulina provenienti dal sito in esame indicano il raggiungimento di temperature massime variabili, comprese tra i 700° e i 900° C. ° (Bouvet et al. 2010; Fermo et al. 2013).

I dati archeologici ai quali si è fatto riferimento per le repliche sperimentali sono quelli relativi alla struttura ES 473/03=920 (**Fig. 3**) ampiamente descritta nel capitolo sulle strutture (capitolo 3).

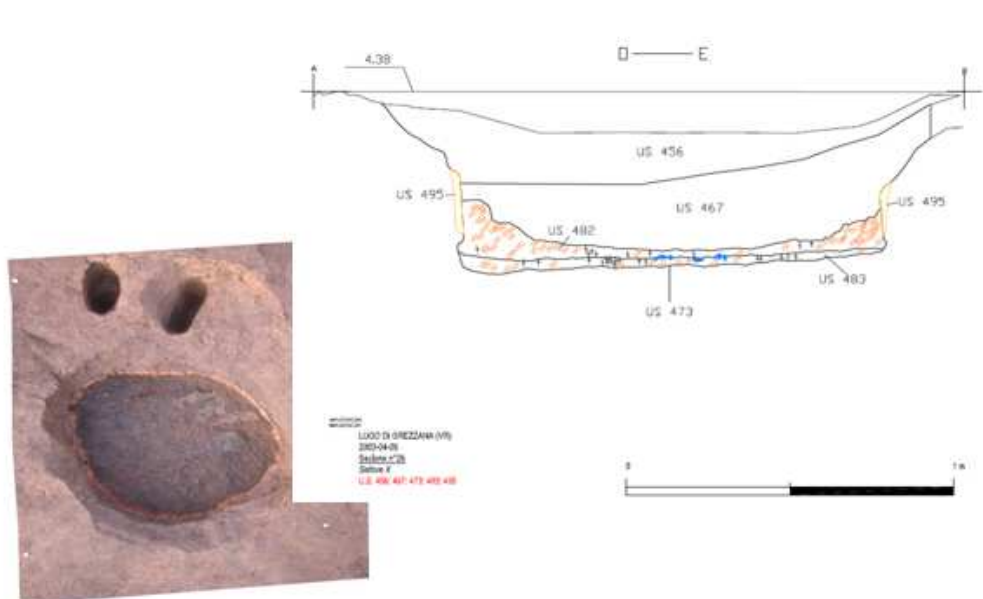


Figura 3: pianta e sezione della struttura ES 573/03=920

Struttura	ES	473/03=920
Imboccatura		Subcircolare
Pareti		Inclinate/ verticali
Rubefazione pareti		Intensa
Fondo		Piatto
Rubefazione fondo		Leggera
Dimensioni - diametro max		1,45
Dimensioni - diametro min.		1,27
Profondità		0,53
Profilo		Troncoconico

Per tentare di risalire a quei processi che sono all'origine delle tracce riscontrate archeologicamente sono state formulate alcune ipotesi di lavoro che hanno dato via ad una serie di attività di archeologia sperimentale che, attraverso la ricostruzione di strutture simili, mirano a migliorar la conoscenza dei processi di combustione che le hanno interessate e a proporre un'interpretazione funzionale.

Una serie di sperimentazioni, considerate pilota, testate nel corso di un precedente lavoro (Costa 2009-2010; Costa et al. *cds a*), aveva permesso di verificare l'ipotesi che le

strutture in fossa rinvenute nel sito potessero aver avuto una funzione legata alla cottura di ceramica. In quell'occasione erano state eseguite due sperimentazioni in buca, con copertura in materiale organico, che avevano permesso di confermare che le temperature raggiunte in una struttura in fossa sono sufficienti a garantire le trasformazioni necessarie per effettuare delle cotture ceramiche. Si era raggiunta infatti la temperatura massima di 750°C. Le sperimentazioni e il protocollo seguito sono parte di un articolo in corso di pubblicazione (Costa et al. *cds a*). In presenza di una copertura è stato possibile ottenere sperimentalmente solo alcune delle tracce riscontrate archeologicamente; si erano ottenute inoltre le tipiche ceramiche dalla superficie scura risultato di una cottura in ambiente riducente. Le evidenze

lasciate dalle repliche sperimentali, confrontabili solo parzialmente con quelle presenti nel record archeologico, avevano lasciato aperte molte questioni legate alla formazione delle tracce archeologiche individuate nel sito durante lo scavo delle strutture. Nello specifico non avevamo avuto significativa formazione di concotto, né tracce di rubefazione sulle pareti. Era stata segnalata la presenza di carboni e ceneri e alcune travi si erano parzialmente preservate ma non totalmente e senza la disposizione riscontrata nel record archeologico. Le sperimentazioni erano state svolte in provincia di Brescia in un'area prima occupata da un'ex fornace, in un'area oggi a destinazione industriale. Restavano aperte tutte le questioni legate alla formazione del concotto, dei processi connessi con l'alterazione termica dei sedimenti e al preservarsi delle travi sul fondo.

In occasione del progetto di ricerca oggetto di questo lavoro si è deciso di svolgere un nuovo ciclo di sperimentazioni, stavolta nelle immediate vicinanze del sito studiato perché la composizione del terreno rappresenta una variabile importante nella determinazione di specifici effetti come la rubefazione (Canever 1994-1995)¹. Le risposte che erano state date ad alcune domande, non solo sulla base delle sperimentazioni effettuate ma anche di dati desunti in letteratura da risultati riguardanti altre sperimentazioni, andranno quindi riconsiderate alla luce dei risultati ottenuti con le nuove sperimentazioni.

Il tipo di tracce che si cerca di ricreare sono dunque principalmente due: la rubefazione alle pareti e la preservazione delle travi sul fondo.

La presenza di forti alterazioni termiche potrebbe essere riconducibile a diverse cause: un uso reiterato della struttura, il raggiungimento di alte temperature, la natura del sedimento o una combustione in atmosfera ossidante. La conservazione di travi di grandi dimensioni e parzialmente carbonizzate potrebbe esser stata determinata da processi di combustione in ambiente riducente con scarsa circolazione di ossigeno o esser legata agli effetti secondari di cause da determinare. La presenza di fori in prossimità della ES 473/03=920, potrebbe esser messa in relazione all'uso di possibili sfiatoi che, regolando l'immissione di aria dall'esterno verso l'interno, potrebbero in qualche modo aver contribuito ad ottenere un'alternanza di condizioni ossido/riducenti in una buca.

Gli obiettivi principali delle attività sperimentali e le relative domande da approfondire sono indicati qui di seguito:

- ☞ Analisi e lo studio delle strutture di combustione rinvenute nel sito di Lugo al fine di fornire una loro interpretazione funzionale.
- Quali elementi permettono di definire la funzione, verifica della presenza dei cosiddetti marker ceramici dopo la cottura.

¹ Il terreno nel quale si sono svolte le attività è di proprietà del sig. Giandomenico Scala che ringrazio per la concessione. Inoltre preziosa è stata la disponibilità del sig. Franco Bertoldi che ci ha offerto supporto logistico.

- Considerando l'ipotesi della funzione delle buche come forni per la cottura della ceramica si aspira ad ampliare le conoscenze relative alle diverse modalità ricollegabili al processo di cottura.
 - Ad esempio, quali sono le tempistiche da seguire, quali sono i quantitativi e il tipo di combustibile da impiegare, in che momento caricare i vasi, come disporli nella buca, per quanto tempo continuare a caricare combustibile e così via...
- Osservazione dei processi che sono alla base della formazione di tracce legate all'uso del fuoco e identificate archeologicamente: concotto nei riempimenti, cenere, carbone, alterazione termica del sedimento nella struttura (fondo e pareti), travi parzialmente carbonizzate.
 - come specifiche variabili (sedimenti, temperature, tipo di atmosfera, riducente o ossidante, presenza di sfiati, riutilizzi della struttura) influenzano l'alterazione termica del suolo e l'ispessimento delle pareti;
 - quei processi che consentono il preservarsi di travi carbonizzate (contatto con il fondo umido, presenza di una copertura, scarsa circolazione di ossigeno?). Le travi avevano una particolare funzione?
- Definizione del regime termico delle strutture e approfondimenti e confronti di verifica tramite l'uso di analisi archeometriche (Spettroscopia FTIR).
 - Quali sono le temperature massime che una struttura in fossa permette di raggiungere? Per quanto tempo è possibile mantenerle a parità di carica di combustibile? *Come questi risultati sono influenzati dal tipo e dalla quantità di combustibile?*
 - usi ed effetti dell'introduzione di ossigeno attraverso gli sfiati. Può questa soluzione aver contribuito ad aumentare le temperature all'interno della camera di combustione consentendo di raggiungere le temperature necessarie per la cottura di una classe ceramica come la figulina?

Di seguito vengono effettuati alcuni esempi di aspetti da indagare e variabili che possono influire nella loro formazione (**Fig. 4**):

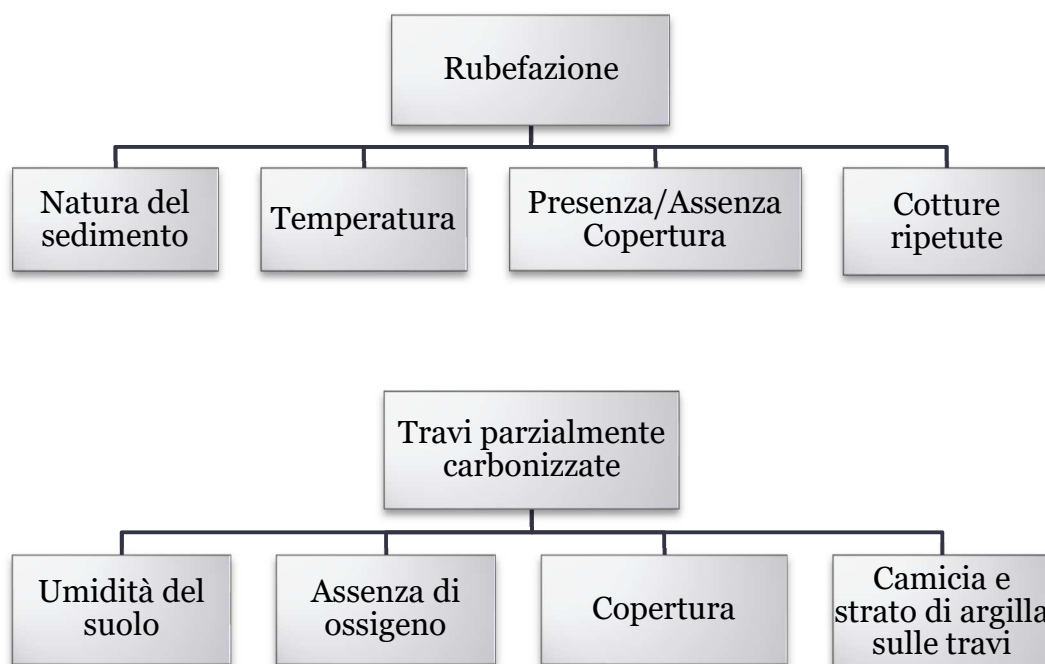


Figura 4: indicazione delle tracce da indagare e delle variabili che possono condizionarne le dinamiche di formazione.

Al fine di trovare delle risposte a queste domande saranno effettuate diverse cotture di ceramica in più buche. Alcune saranno cotture isolate e altre multiple. Alcune saranno effettuate in buca a cielo aperto, altre con la realizzazione di una copertura in materiale organico.

La formulazione di nuove ipotesi di lavoro, dunque, ha dato vita ad una nuova serie di attività di archeologia sperimentale, oggetto di questo progetto che, attraverso la ricostruzione di strutture simili a quelle documentate archeologicamente, mirano a migliorare le conoscenze sui processi di combustione e definire come essi conducano alla formazione di specifiche tracce non facilmente interpretabili attraverso l'analisi stratigrafica. L'obiettivo principale è quello di ottenere tutte le tracce presenti nel record archeologico attraverso la valutazione dell'ipotesi che le vede come strutture per la cottura della ceramica.

5.1.3. Luogo, metodologia e strumenti

- Il luogo

Le attività di sperimentazione sono state effettuate in provincia di Verona, in località Campagne di Lugo, presso il comune di Grezzana, in prossimità del sito originario, tra Lugo e Stallavena². L'area scelta si pone a Nord di quella scavata in passato, delimitata a N da

² Le attività sono state svolte in collaborazione e sotto la direzione scientifica del dott. Fabio Cavulli, della prof.ssa Annalisa Pedrotti e dello scrivente. Le campagne 2016 e 2017 sono state configurate come attività formative e di tirocinio per studenti offerte dal Laboratorio "B. Bagolini".

via dei Golgi, ad E dal moderno capannone che ospita l'Elettroimpianti del Sig. Franco Bertoldi e a Nord della Lessinia Graniti, in un terreno di proprietà del Sig. Giandomenico Scala che ne ha gentilmente consentito l'uso (**Fig. 5**).

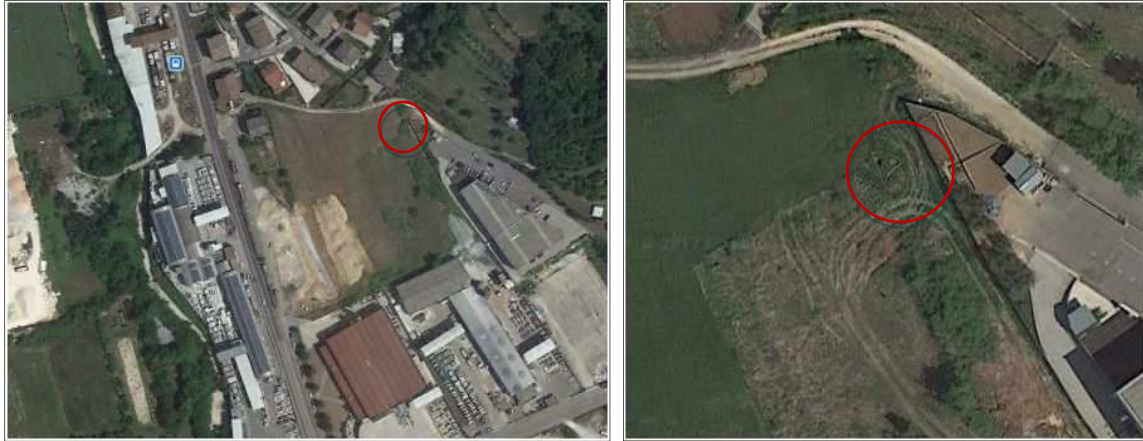


Figura 5: Localizzazione dell'area scelta per effettuare le sperimentazioni. Nella foto a destra sono visibili le buche scavate durante la prima serie di attività, la strada visibile a N è via dei Golgi). ©Google Maps.

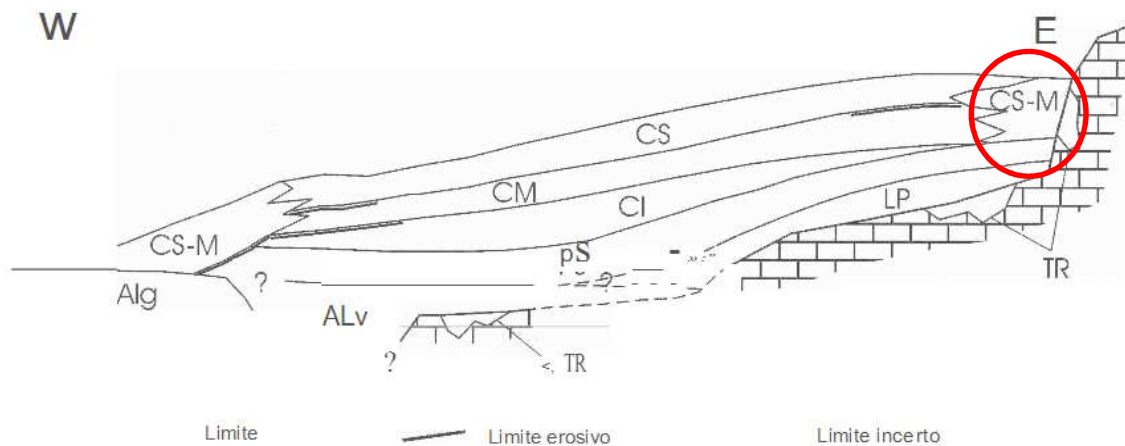


Fig. 13 - Lugo di Grezzana. Schema semplificato dei rapporti stratigrafici lungo il conoide.

Figura 6: Successione stratigrafica nel sito e indicazione area sperimentazioni (da Cavulli, Angelucci, Pedrotti 2002, p. 100).

Il sito, un deposito caratterizzato da formazioni di origine alluvionale e altre attribuibili a processi di versante con matrice prevalentemente argillosa, è definibile morfologicamente e stratigraficamente come una conoide di deiezione suddividibile in un settore prossimale, mediano e distale che insiste su un terrazzo di origine alluvionale (Cavulli 1999-2000; Angelucci 2002). La parte della conoide che ha maggiormente preservato i resti dell'abitato corrispondeva a quella mediana: i margini del deposito, invece, sia a monte che a valle, apparivano fortemente erosi.

La scelta di effettuare le repliche in prossimità del sito originario ha permesso di rispettare in gran parte i criteri concernenti le caratteristiche ambientali e sedimentologiche che lo caratterizzavano. Il chiarimento di alcune problematiche, nel corso delle prime repliche, è stato importante per ampliare, grazie alle nuove esperienze acquisite, la gamma delle ipotesi riguardanti i processi di cottura e hanno consentito di acquisire nuovi dati.

La successione stratigrafica del sito è caratterizzata da due gruppi di sedimenti pedogenizzati che rivestono il substrato prequaternario. Il primo è composto da: *“sequenze di sedimenti limosi, di colore generalmente bruno, contenenti suoli sepolti, la cui geometria concorda con la morfologia del conoide; al di sotto di questi si individua un gruppo inferiore formato da un paleosuolo evoluto a partire da depositi limo-argillosi, organici, poggianti su uno spesso corpo ghiaioso. Al tetto del substrato roccioso si individuano localmente terre rosse”* (Cavulli, Angelucci, Pedrotti 2002, p. 98). L'area nella quale sono state svolte le attività sperimentali corrisponde ai complessi denominati CS-M, colluvi indifferenziati nella parte prossimale e distale della conoide che a causa del loro scarso spessore e della pedogenesi di cui sono stati oggetto non è possibile distinguere dai complessi CS e CM. I primi (colluvi superiori) si compongono di un terreno franco limoso e i secondi (denominati colluvi medi), molto simili ai precedenti, se ne differenziano per una minore quantità della frazione grossolana priva di frammenti calcarei e sono caratterizzati anche essi da una tessitura franco limosa ma con arricchimento pedogenetico di argilla (**Fig. 6**); rappresentano entrambi un deposito di versante derivante dal rimaneggiamento di sedimenti tipo loess già pedogenizzati. Sotto tali complessi (CM e CS-M) affiora un deposito costituito dai colluvi inferiori (CI) che rappresenta parte della stratificazione post-neolitica a tessitura prevalentemente limosa con buona componente di mica, assente nella parte prossimale della conoide e eroso in quella distale.

I depositi archeologici preistorici includono un gruppo di sedimenti e suoli composto da unità che alla terza fase insediativa del sito si trovano nel complesso CI, quelli riferibili alla seconda fase sono nella parte bassa dello stesso complesso mentre i depositi e le strutture attribuibili alla prima fase di frequentazione del sito si collocano al limite tra CI e PS (paleosuolo nero, evolutosi a partire dalle alluvioni (ALv) e dai depositi di versante (LP) (Cavulli, Angelucci, Pedrotti 2002). Il complesso CS, formato da *soilsediment* derivanti dalla rideposizione di suoli evoluti a partire sia dal substrato calcareo sia da coperture loessiche preesistenti, in base all'evidenza micromorfologica, è affine dunque come interpretazione anche ai complessi sottostanti CM, CI e in parte PS (Angelucci 2002, p. 119).

- Osservazione e registrazione dei dati

Il tipo di attività svolta ha richiesto un alto livello di attenzione nel rispettare quella che è la procedura, che richiede una buona organizzazione del lavoro e intensi ritmi richiesti nella fase di preparazione della cottura e la contemporanea registrazione dei dati. Quest'ultima è fondamentale per garantire il rispetto di uno dei requisiti del protocollo sperimentale: la riproducibilità dell'esperimento. Nel corso delle attività le diverse operazioni seguite sono state appuntate su un diario. Le diverse fasi dell'esperimento sono state documentate con

foto, annotazioni, misurazioni varie relative ai diversi parametri contemplati. Tutte le informazioni sono in seguito state riportate in una tabella.

Il protocollo che si è tentato di elaborare tiene conto di una serie di elementi ben precisi: la forma e le dimensioni della struttura, le tipologie di cottura da svolgere, il tipo e il quantitativo di combustibile da utilizzare, le tempistiche seguite, la modalità di registrazione dei dati e gli strumenti usati per monitorare alcuni parametri (come temperatura, umidità, velocità del vento, ...). Tutti questi elencati rappresentano parametri importanti perché ognuno di essi può influire sui risultati del fenomeno osservato.

Le temperature massime raggiunte e la durata di esposizione a specifiche temperature sono influenzano i fenomeni esaminati e gli effetti della combustione.

Le prime attività hanno avuto carattere esplorativo. Le repliche sperimentali hanno permesso dunque non solo di verificare l'attendibilità di un'ipotesi ma, attraverso l'uso del confronto tra dati archeologici e nuovi dati sperimentali, di confutarla riducendo progressivamente il numero di variabili in campo.

- Monitoraggio temperature

Le temperature sono state registrate ogni 5 minuti utilizzando un termometro digitale e un paio di termocoppie per ogni buca collegate ad un termometro multicanale (Termometro-logger digitale portatile modello TM 947 SD e termocoppie Chromel/Alumel (K) tipo MTS-40603-K-1000-2000+H)³. Di solito durante le cotture ne sono state utilizzate due posizionate in punti diversi della struttura, una in corrispondenza della fiamma e l'altra in prossimità di una parete.

Nel corso della seconda serie di sperimentazioni oltre alle temperature di cottura, sono stati misurati alcuni valori atmosferici come la temperatura atmosferica, l'umidità, la velocità e la direzione del vento, mediante una stazione meteo della Bresser⁴ che consente di rilevare 4 punti di misura e un anemometro digitale Proster (Fig. 7).

Ogni sensore è stato rivolto verso il terreno e ha rilevato temperatura in gradi centigradi e la percentuale di umidità. Le misurazioni sono state registrate a intervalli di 5 minuti per la prima cottura eseguita nella buca D, e ogni 20 minuti per le altre. Le oscillazioni in un arco di tempo così ravvicinato erano minime e l'intervallo più ampio è sembrato dunque più appropriato da applicare.

³ Campo di misura: con sensore tipo K: -100...1300 °C (Ris. Fino a 999,9 : 0,1°C oltre 1°C ; accuratezza: 0,5% della lettura). Termocoppie tipo K Chromel (Ni-Cr) (+)/Alumel (Ni-Al) (-). Il loro campo di lavoro varia da -220 a +1260°C. Il potere termoelettrico è di circa 41 uV/°C.

⁴ Bresser 7000020CM3000 Temeo Hygro Quadro Termometro e Igrometro per 4 Punti di Misura, Nero , modello B01JS4I17M.



Figura 7: termometro digitale per la registrazione delle temperature; igrometro e sensori per la misurazione dell'umidità e anemometro per la rilevazione della velocità e della direzione del vento.

▪ Il combustibile

Il cattivo stato di conservazione dei campioni delle travi provenienti dalla struttura ES 473/03=920 non ha permesso purtroppo di effettuare analisi antracologiche per la determinazione della specie. Il tipo di combustibile scelto per le sperimentazioni rientra nella categoria dei legni duri. Tale scelta si basa sui dati provenienti da altre strutture individuate a Lugo di Grezzana e da siti come Mileto, Alba (Capitolo 2): la trincea di fondazione per la palizzata lignea (EES 555, 512, 516), il fossato (ES 287), un silos (ES 540) nel settore XA e un complesso riferibile alla presenza di una capanna e buche di palo di dimensioni medio-piccole (ESS 810, 812, 826, 845, 825, 828, 805, 850), una struttura definita vasca (ES 851) nel settore XB nelle quali la specie più rappresentata è la *Quercus robur*, il rovere, seguita dal *Fraxinus* e da altre latifoglie in generale; risultano rappresentate, anche se in misura minore, le pmoidee e l'acero (Cavulli 2008; Schivo 2003-2004). Si tratta di un dato che trova riscontro in molti altri siti neolitici, soprattutto quelli di pianura e alcuni collinari dell'Italia settentrionale e che rispecchia quella che doveva essere la copertura forestale più diffusa caratterizzata proprio dall'associazione quercia-frassino. La scarsa incidenza percentuale delle pmoidee fa pensare che non fossero ancora usate come alberi da frutto. Nonostante i tipi maggiormente rappresentati siano da mettere in riferimento con la costruzione di specifiche strutture è anche vero che l'alta presenza di quercia e frassino possa essere collegabile anche alle loro proprietà combustibili, trattandosi di specie dall'alto potere calorifico (**Tab. I**). In strutture di combustione come quelle rinvenute ad Alba e Mileto (Capitolo 2.3.3.) le analisi antracologiche hanno permesso di determinare più o meno specie simili a quelle rinvenute nel sito di Lugo: quercia, frassino, biancospino, pioppo, carpino, pruno (Rottoli et al. 2015). Le analisi condotte a Portonovo sono coerenti con i dati precedentemente esposti, hanno dato come risultato prevalente *Quercus ilex* (leccio, sempre della famiglia delle querce) e *Ostrya Carpinifolia* (carpino nero). (Conati Barbaro 2013), specie che sembrano esser state selezionate per il loro potere calorifico.

Specie arborea	Massa volumica in Kg/m ³ (umidità residua 15 %)	Potere Calorifico superiore in Kj/Kg del legno secco
Legni Duri: Latifoglie		
<i>Acer</i> Acero	740	19285 Alto
<i>Alnus</i> Ontano	540	18209 Medio
<i>Betula</i> Betulla	650	20796 Alto
<i>Carpinus</i> Carpino o faggio bianco	820	19423 Alto
<i>Castanea</i> Castagno	580	19251 Medio
<i>Fagus</i> Faggio	750	19327 Alto
<i>Fraxinus</i> Frassino	720	22395 Alto
<i>Platanus</i> Platano		Alto
<i>Populus</i> Pioppo Nero	500	17288 Basso
<i>Prunus</i> Ciliegio		Medio
<i>Salix</i> Salice		Medio
<i>Quercus</i> Quercia		Alto
<i>Quercus Pubescens</i> Roverella	880	19385 Alto
Legni Dolci: Conifere		
<i>Abies</i> Abete rosso	450	19465 - Basso
<i>Pinus</i> Pino		Basso
<i>Cupressus</i> Cipresso	620	24781 - Basso
<i>Larix</i> Larice	660	16953 - Medio
<i>Tilia</i> Tiglio		Medio

Tabella I: Massa volumica e potere calorifico superiore per alcune specie arboree.

Per questo motivo la scelta del combustibile da impiegare durante le sperimentazioni si è orientata verso rovere, faggio e carpino. Il faggio, nonostante sia poco attestato, rappresenta comunque una valida alternativa per via delle sue caratteristiche che permettono di assimilarlo a combustibili come la quercia. Presentano buone caratteristiche combustibili anche le pmoidee (legno di melo, pero e biancospino) sebbene si tratti però di legname piccolo, ottenuto da tagli intenzionali. In assenza di altre valide alternative potrebbe esser considerato un buon combustibile anche il nocciolo⁵. I rivenditori di legna da ardere, propongono spesso la robinia, oggi molto apprezzata per il suo alto potere calorifico ma che

⁵ Comunicazione personale Mauro Rottoli.

si è deciso di escludere dalla gamma dei combustibili da utilizzare perchè di origine alloctona e introdotta in Europa dall'America.

Le dimensioni della buca e la durata totale della prima cottura hanno richiesto un quantitativo abbastanza elevato di combustibile: 91,25 Kg. Dopo i primi esperimenti, considerati esplorativi, durante i quali è stato usato legname misto (rovere, faggio e carpino) ci si è orientati verso l'uso esclusivo di rovere che, ha mostrato un potere calorifico più elevato e una maggior durata a parità di quantitativi utilizzati. Il combustibile utilizzato è stato stagionato per una estate e si presentava dunque abbastanza secco, nonostante una certa percentuale di umidità sia sempre da tenere in considerazione. In questi casi il contenuto idrico è di circa 25-35%; nel caso di boschivo fresco è del 50-60% (con potere calorifico indicativo di 2,0 kWh/kg) mentre un legname stagionato per più anni ha un contenuto idrico ridotto del 15-25%. L'aumento del contenuto idrico (w) dell'1% comporta una diminuzione del potere calorifico di 0,0583 kWh/kg.

Per la prima serie di attività sono stati utilizzati 6 quintali di legname, uno misto (rovere, faggio e carpino) e gli altri cinque di solo rovere. Per la seconda serie di attività 5,400 quintali di rovere e di combustibile misto per le coperture delle due ultime repliche (fico, ulivo e pero).

▪ Fasi e durata della cottura ceramica

Ogni ciclo di cottura ceramica si svolge e completa attraverso tre fasi (preriscaldamento dei vasi, cottura e raffreddamento. (**Fig. 8**). Una quarta fase, che consiste nel momento di spargimento delle braci e carica dei vasi, è stata inserita nella definizione del ciclo, come fase 2 e indica solitamente un calo delle temperature.

È stata elaborata una procedura di riferimento che tiene conto del quantitativo di combustibile da utilizzare e delle tempistiche da seguire nel corso delle quattro fasi tipiche che caratterizzano un ciclo di cottura della ceramica. La durata della cottura inserita nella procedura è di circa 7 ore (**Tab II**) ma la durata del ciclo di cottura (dal momento dell'accensione al momento in cui tutto il combustibile si è trasformato in cenere) può variare e limitarsi alle 5 o protrarsi anche oltre le 7 ore. Ogni difformità rispetto alle linee generali indicate viene riportata nella scheda di descrizione dei risultati di ogni singola cottura. Si è tentato di usare dunque sempre lo stesso quantitativo di combustibile e mantenendo la stessa durata nel corso di quattro momenti principali che caratterizzano il processo di cottura:

- 1) preriscaldamento della fossa; i vasi si dispongono attorno al fuoco, dopo mezz'ora circa si ruotano per uniformarne l'esposizione al calore; l'attività copre di solito 2 ore e mezza circa; utilizzo di 30 kg di combustibile circa a intervalli regolari.
- 2) carica dei vasi; i vasi si dispongono nella buca: sono stati effettuati diversi tentativi: a volte direttamente sulle braci, altre su assi per evitare escursioni termiche troppo alte, altre ancora su assi e foglie o erba umida;

- 3) cottura; utilizzo di quasi 60 Kg di combustibile a intervalli regolari o come unica carica nel caso di cotture con copertura; il processo richiede solitamente 3 o 4 ore in totale;
- 4) raffreddamento. Questa fase è stata identificata con il momento in cui le temperature iniziano a calare e il momento di prelevamento dei vasi.



Figura 8: Rappresentazione delle diverse fasi della cottura

TIME	PROCEDURA	
	ATTIVITA'	KG
0.00	Accensione	7,5
0.15	Aggiunta combustibile	7,5
1.05	Aggiunta combustibile	8,5
1.20	Aggiunta combustibile	7,5
1.30	Si sparge combustibile sul fondo	
1.35	Carica dei Vasi	
1.36	Aggiunta combustibile	22
2.45	Aggiunta combustibile	22
2.55	Ultima carica combustibile	16,25
3.00	Si attende raffreddamento	
06:00/07:00	Si prelevano i vasi	
		91,25

Tabella II: Procedura di riferimento con indicazione di tempi e quantitativi di carica del combustibile

Il repertorio vascolare è stato preparato nel corso di diversi laboratori sulle tecniche di foggatura della ceramica organizzati presso il Laboratorio “B. Bagolini” per gli studenti della triennale che seguivano il corso di Preistoria (sotto la direzione scientifica della sottoscritta e della prof.ssa Annaluisa Pedrotti)⁶, e da collaboratori esterni che hanno permesso di valutare anche come diverse esperienze e abilità influiscano nella foggatura⁷. Le forme e i tipi di impasti utilizzati saranno descritti nei paragrafi successivi (si vedano le schede ceramiche del paragrafo 5.3.5). Alcune schede di approfondimento saranno dedicate ad alcune modalità di preparazione di argille locali raccolte in prossimità del sito e testate per valutarne la resa (*Appendice I*).

5.2. Realizzazione delle repliche sperimentali

Riprendendo dunque l'ipotesi di partenza, che vede nelle fosse esaminate delle strutture potenzialmente valide per la cottura della ceramica, ci si è prefissati di realizzare buche simili, per morfologia e dimensioni, alla ES 473=920 indagata nel settore X durante gli scavi del 2003-2005, al fine di effettuare diverse serie di cotture sperimentali. Due serie di sperimentazioni sono state svolte nell'autunno del 2016 (nella settimana dal 7 all'11 novembre) e nel mese di settembre 2017 (dal 25 al 29)⁸. Nel corso della prima serie di attività sono state scavate tre buche che sono state denominate “Buca A”, “Buca B” e “Buca C”. A queste si sono aggiunte, nel corso della seconda serie di attività, la “Buca D” e la “Buca E”.

La realizzazione delle repliche sperimentali è stata abbastanza impegnativa, ha richiesto risorse ed energie sia per lo scavo delle buche che per le cotture vere e proprie, spesso condotte due alla volta. Lo scavo della buca A, iniziato nel mese di novembre 2016, ha richiesto, durante il primo giorno, quattro ore di lavoro, iniziato alle 11.30 circa, svolto da 4 persone; una volta completato, attorno alle 17.00, due persone hanno iniziato a lavorare alla seconda buca, rimuovendo le zolle per preparare lo scavo della buca B, completato l'indomani. Sempre due persone si sono dedicate allo scavo della buca C che è avvenuto invece il terzo giorno. Nel corso della seconda serie di attività, svolta invece l'anno successivo, nel mese di settembre, è stata scavata la buca D. Lo scavo ha richiesto quattro ore di lavoro da parte di quattro persone che si alternavano alla pala e al badile. Stesse tempistiche sono state osservate anche giorni dopo per lo scavo della buca E (**Tab III**).

⁶ I laboratori sono stati organizzati in diversi periodi a partire dal mese di maggio 2014 e sono stati ripetuti periodicamente per gli studenti di Preistoria della triennale fino al mese di giugno 2017.

⁷ Diversi i collaboratori esterni coinvolti: nel 2014 le ceramiste Giuliana Geronazzo e Marina Casari di Brescia; nel 2016 Giovanni Virruso (Muse, PastActivity) e John Martin (ceramista, Belfast); nel 2017 alcune forme sono state realizzate da Renato Fasolo (Archeoland) e Agatino Reitano (Etnattiva).

⁸ Le attività sono state svolte in collaborazione con il Laboratorio B. Bagolini sotto la responsabilità scientifica della sottoscritta, del dott. Fabio Cavulli e della prof. Annaluisa Pedrotti. Prezioso il contributo del dott. Cavulli nell'organizzazione del gruppo di lavoro costituito da un gruppo di studenti dell'Università di Trento e della magistrale della rete interateneo Quaternario, Preistoria e Archeologia, una partecipante esterna dell'Università di Padova e membri di Archeoland. Preziosa la collaborazione di Lorenzo Stanzani che si è occupato della documentazione video. Ringraziamo l'Assessore Conti ai Beni Culturali del Comune di Grezzana per la disponibilità e l'interesse dimostrati e gli abitanti residenti nei dintorni dell'area di lavoro, in particolare il Sig. Gino, per averci offerto da bere durante le fredde e calde giornate sul campo di lavoro.

Tabella III: modalità e tempistiche di scavo delle buche sperimentali

BUCA A	7 novembre 2017. Lo scavo della buca inizia la mattina e finisce nel primo pomeriggio, attorno alle ore 17. I cottura: 8 novembre mattina.	Numero persone: 4 Attrezzi utilizzati: piccone, badile. Totale ore: 4 h 30'
BUCA B	7 novembre 2017 Si inizia nel tardo pomeriggio e si completa il giorno successivo, 8 novembre 2017. I cottura 9 novembre mattina	Numero persone: 2 Attrezzi utilizzati: piccone, badile. Tot. Tempo richiesto: 6 ore.
BUCA C	9 novembre 2017. Lo scavo, anche in questo caso, richiede quasi un'intera giornata di lavoro. Solo nel pomeriggio si prepara la buca, rivestendo le pareti con un impasto ottenuto dalla setacciatura dello stesso terreno proveniente dalla buca, e con aggiunta di acqua.	Numero persone: 3 Attrezzi utilizzati: piccone, badile. Totale ore: 6
BUCA D	25 settembre 2017. In tarda mattinata iniziamo lo scavo della buca e finiamo verso le ore 17. I cottura: 26 settembre mattina. Seconda cottura il 27 e terza il 28 settembre.	Numero persone 4 persone. Una al piccone, 3 con il badile. Totale ore: 4 h
BUCA E	28 settembre 2017. Si scava la buca E nel corso della mattina. I cottura, lo stesso giorno, di pomeriggio	3 persone. Una al piccone e 2 al badile. Totale ore: 4 h



Il sedimento osservato durante i diversi scavi è sempre il colluvio indifferenziato superiore e medio (CS-M), a matrice argillosa, con scheletro caratterizzato da molte pietre calcaree e selce, sia antropica che naturale. Si è osservata anche la presenza di pochi concotti e alcuni frammenti di ceramica. Presenta delle caratteristiche molto simili a quelle del paleosuolo nero che si trovava al di sopra del complesso per il tipo di matrice mentre se ne differenzia per quanto riguarda lo scheletro.

La buca A, ha le stesse misure della struttura sia nell'asse massimo in direzione Est-Ovest, che nell'asse minimo in quella Nord-Sud, è profonda a E cm 60, mentre a SO misura 47 cm; tale differenza è dovuta all'irregolarità della superficie del prato. La buca è subcircolare, presenta fondo piatto e pareti subverticali. La buca B presenta le stesse misure ed è profonda 50 cm. La buca C ha assi di 143x115 cm ed è profonda 43 cm a SE e 52 a N; ha dimensioni leggermente più piccole rispetto alle buche A e B. Le buche sono state scavate a poca

distanza l'una dall'altra, la "A" è quella più a Sud, con la "B" poco più a Nord-Ovest e la "C" a Nord-Est rispetto ad essa (**Fig. 9**).

Anche per lo scavo delle buche D ed E vengono rispettate le stesse dimensioni della struttura ES 473/03=920 (**Tab IV**). La buca D è stata realizzata poco più ad Ovest della buca A, mentre la buca E poco più a N della buca D.

BUCHE SPERIMENTALI	I SERIE DI ATTIVITÀ NOVEMBRE 2016			II SERIE DI ATTIVITÀ SETTEMBRE 2017	
	BUCA A	BUCA B	BUCA C	BUCA D	BUCA E
Struttura					
Imboccatura	subcircolare	subcircolare	subcircolare	subcircolare	subcircolare
Pareti	subverticali	subverticali	subverticali	subverticali	subverticali
Fondo	piatto	piatto	piatto	piatto	piatto
Dimensioni asse maggiore m	1,45	1,45	1,43	1,45	1,45
Dimensioni asse minore m	1,27	1,27	1,15	1,27	1,27
Profondità m	E 0,60 – SO 0,47	0,50	N 0,52 - SE 0,43	0,50	0,50
Profilo	Troncoconico	Troncoconico	Troncoconico	Troncoconico	Troncoconico

Tabella IV: caratteristiche morfologiche e dimensionali delle buche sperimentali



Figura 9: Scavo della buca A



Buche A, B e C a fine sperimentazione

Le cotture sperimentali effettuate durante la prima serie di attività sono state in tutto sei: tre nella buca A, due nella B, e una nella C. Quelle fatte nel corso della seconda serie di sperimentazioni sono state invece cinque: tre nella buca D, una nella buca A (la quarta) e una nella buca E. Sono state replicate due tipologie di cottura: in buca a cielo aperto (tutte

quelle effettuate nella buca A, nella buca B cottura 1, C cottura 1) e in buca con copertura in materiale organico (tutte le cotture della buca D, e la cottura effettuata nella buca E). In quest'ultimo caso i quantitativi e le modalità di carica hanno subito delle variazioni, indicate e registrate sul diario delle attività e poi riportate nella descrizione. Le diverse buche sono state alcune oggetto di cotture singole, altre ripetute. Le repliche, come più volte descritto, hanno contribuito ad accrescere il bagaglio di esperienza sui processi di combustione e cottura. Si è cercato di rispettare le linee guide ma la stessa condizione di sperimentatori ha spesso comportato delle modifiche alla procedura seguita. Nel corso delle attività, la maggior esperienza acquisita gradualmente ha indirizzato le nuove sperimentazioni verso nuove modalità di attuazione. La realizzazione delle prime cotture, che possiamo dunque considerare parte di esperimenti esplorativi, ha poi permesso di delineare meglio la procedura da seguire in quello che definiamo "Protocollo sperimentale". Inizialmente si è partito da un protocollo di riferimento e delle linee guide che in linea di massima sono state attuate per quasi tutte le sperimentazioni (**Tab. V**).

<i>Struttura di combustione in fossa.</i>	
Buca	Buca infossata.
Fasi di cottura	Singole o multiple
Combustibile	Legname secco: rovere. Misto in alcune cotture (rovere, faggio e carpino). Abete per accensione. Peso totale in base alle diverse procedure: da 53 Kg a 91,25 Kg.
Tempi e quantità di ricarica	Preriscaldamento: circa 30 Kg, in 1h 30'. Cottura - <i>a cielo aperto</i> : 60 Kg: 22 al momento della carica dei vasi, 22 Kg dopo 1, 10' e 16,25 Kg dopo 1, 20' dalla carica dei vasi. Cottura - <i>con copertura</i> : 60 Kg subito dopo la carica dei vasi.
Parametri	Temperatura al centro, fiamma viva e/o sotto travi sul fondo. Temperatura del fondo in prossimità della parete o a metà parete.
Tempi di registrazione	Temperature TC ogni 5 minuti Temperature Igrometro: ogni 5 minuti e poi ogni 20 minuti (II serie sperimentazioni)
Ciclo di cottura	Accensione, pre-riscaldamento, ricariche di combustibile. Monitoraggio temperature per 5-6 ore. Raffreddamento. Prelevamento vasi. Osservazione tracce.
Variabili	Travi sul fondo Travi sul fondo ricoperte da sedimento Copertura in materiale organico Assi su cui poggiare i vasi Quantitativo combustibile.

Tabella V: Protocollo di riferimento

Ogni cottura ha valutato e indagato le modalità per ottenere specifiche tracce e di volta in volta sono state considerate diverse variabili. Gli aspetti che sono stati prevalentemente

indagati durante il primo ciclo di sperimentazioni e approfonditi nel corso del secondo, sono stati (**Fig. 10**):

- a) *l'effetto di combustioni singole e ripetute*; attraverso diverse cotture si è cercato di capire quali fattori come le temperature, il tipo di sedimento, la distribuzione del calore e/o l'uso reiterato della struttura influenzano l'alterazione termica del sedimento.
- b) *le modalità in cui travi carbonizzate si preservano sul fondo della buca*; in questo caso una delle ipotesi per prime considerate è stata quella che metteva tali evidenze in diretta relazione con una cottura in ambiente riducente. Si è inoltre valutata anche la possibilità che le travi si preservassero a causa dell'umidità del terreno e che la loro funzione fosse proprio quella di isolamento. Un'ultima ipotesi ha tenuto conto della possibilità che esse costituissero un vero e proprio piano isolato da uno strato di sedimento argilloso, ipotesi che non è collegabile ad una specifica funzione e che al momento non ha evidenti riscontri a livello archeologico in quanto non si hanno tracce del battuto che ricopriva le travi.
- c) *la possibilità di una cottura in ambiente riducente grazie alla presenza di una copertura straminea e di cotica erbosa*; questa variabile mira a considerare gli effetti di una cottura in ambiente riducente, sulla formazione di rubefazione e sulla conservazione delle travi sul fondo. Una cottura in ambiente riducente è quella che inoltre consentirebbe di ottenere vasi dalla superficie scuro-nerastra, così come documentato per alcune forme ceramiche rinvenute nel sito.

A fine attività, la conferma o smentita alle specifiche domande ha permesso di indirizzare le successive e definire le procedure da seguire fino ad avvicinarsi a risposte che permettessero di ridurre le variabili considerate e definire in maniera più puntuale il protocollo da seguire.

Le attività sperimentali effettuate sono state integrate con analisi archeometriche al fine di migliorare la comprensione di quei processi all'origine delle evidenze archeologiche rinvenute nel sito e per confrontare i campioni sperimentali con quelli archeologici (§ Cap. 6)⁹.

5.2.1. Prima serie di repliche sperimentali

La prima serie di repliche sperimentali è stata articolata come rappresentato in figura 9 e ha permesso di indagare i fenomeni legati all'alterazione termica, alla preservazione delle travi sul fondo e di determinare la capacità termica di una struttura di combustione in fossa. La formazione di rubefazione è stata valutata sulla base della variazione cromatica e sull'intensità (spessore) e consistenza da essa raggiunta. Il preservarsi delle travi invece è

⁹ Le analisi sono state condotte presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale a Povo (TN) grazie al prof. Stefano Gialanella e la dott.ssa Angela Berloff.

stato valutato sulla base del livello di degradazione del combustibile e l'osservazione macroscopica dei resti.

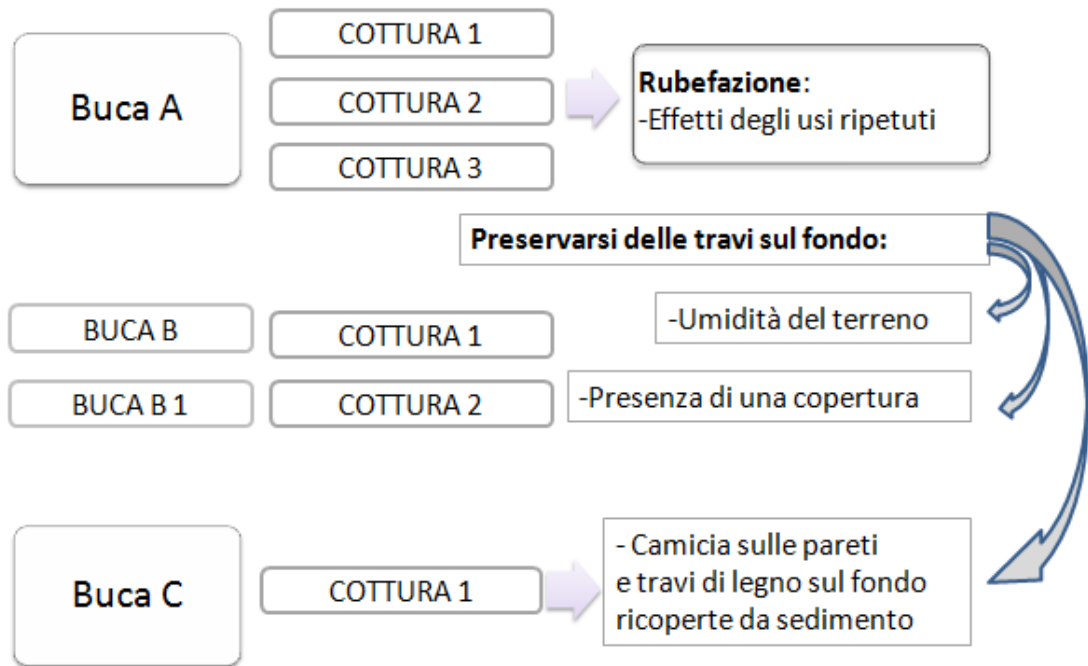


Figura 10: Schema delle cotture effettuate nel mese di novembre 2016.

La prima replica è stata eseguita martedì 8 novembre nella buca A, mentre due persone continuavano a scavare la buca B; mercoledì 9 novembre è stato possibile eseguire due cotture contemporaneamente, la prima della buca B (ore 9.17), la seconda della buca A (iniziata alle ore 11) mentre nel tardo pomeriggio si completava la preparazione della buca C; giovedì, in prima mattinata si è iniziata la cottura nella buca C (ore 10.00) con impiego di due termocoppie (T1 e T2); due persone si sono occupate di seguire la terza cottura della buca A (ore 12.00) con impiego di T3 e T4; mentre in tarda mattinata (ore 13:30) abbiamo iniziato la cottura nella buca denominata B1 con la finalità di realizzare una copertura (dalle 14.00 in poi sono state rimosse le TC T3 e T4 dalla buca A e posizionate nella buca B1). (**Tab. VI**)

La settimana in cui sono state effettuate le repliche ha registrato delle condizioni meteo abbastanza stabili, con massime di 14°C in alcune delle giornate e minime di 1° C la notte, le precipitazioni scarse avvenute solo la mattina del mercoledì. L'umidità era abbastanza elevata. Inoltre il fine-settimana che precedeva l'inizio del campo sperimentale è stato abbastanza piovoso (**Fig. 11**).

7/11 lunedì	11:00 Scavo buca A 17:00 Inizio scavo buca B
8/11 martedì	I cottura, Buca A. Ore 10.00
9/11 mercoledì	9.17. Buca B, Cottura 1. 11.00. Buca A, Cottura 2 16:00 Preparazione Buca C
10/11 giovedì	10:00 Buca C, Cottura 1 12:00 Buca A, Cottura 3 13.30. Buca B1, Cottura 2.
11/11 venerdì	Recupero vasi buca B. Protezione area.

Tabella VI

Stallavena - Nov 2016

www.3bmeteo.com - 25/10/2017

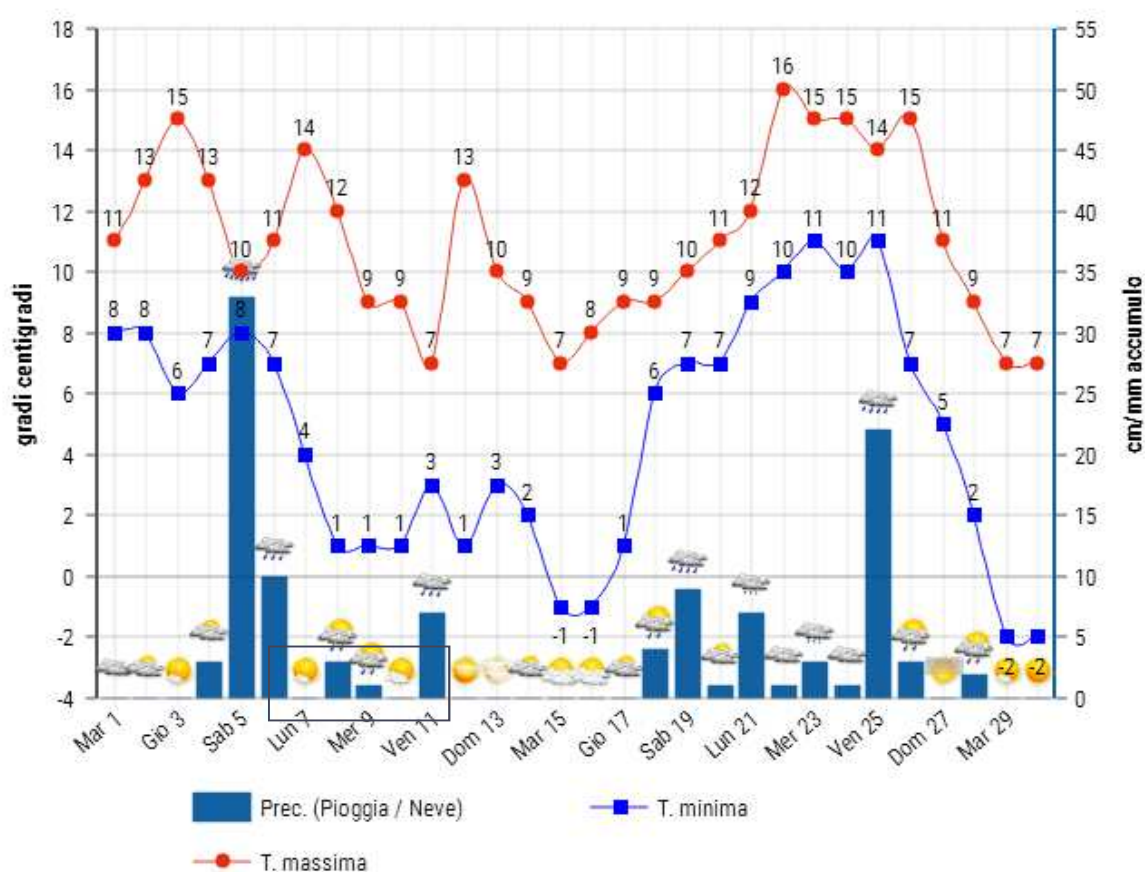


Figura 11

▪ **REPLICA SPERIMENTALE. BUCA A, COTTURA 1**

La prima cottura effettuata nella buca A ha permesso di osservare gli effetti dell'uso del fuoco, alimentato per diverse ore con una considerevole quantità di combustibile, all'interno di una struttura che conteneva circa dodici vasi. Come prima esperienza, questa replica ha permesso di orientare le scelte riguardanti la definizione della procedura da seguire per le cotture successive. Sia la durata abbastanza lunga della cottura che le dimensioni della buca hanno richiesto infatti un uso di circa 90 kg di combustibile, caricato a intervalli leggermente diversi da quelli indicati nella Tabella II. Per questa prima replica si è deciso di utilizzare più tipi di combustibile: rovere, faggio e carpino. Si tratta di legname duro, dall'alto potere calorifico (la cui presenza è attestata archeologicamente in molti siti di riferimento). L'abete è stato usato in piccole quantità solo durante la fase di accensione. I diversi passaggi e i quantitativi utilizzati sono stati annotati e registrati su un diario giornaliero trascritto nella scheda riportata qui di seguito. La cottura è stata monitorata tramite l'uso di due termocoppie, la T1 e la T2, posizionate rispettivamente al centro della buca, in corrispondenza della fiamma viva e, in prossimità della parete, sul fondo (**Fig. 12**).

T1	Posizionata al centro, in mezzo al combustibile
T2	Addossata in corrispondenza della parete NE, sul fondo.



Figura 12: Posizionamento termocoppie nella buca A, durante la cottura 1.

All'accensione con piccoli legnetti in abete è seguita l'aggiunta dei diversi carichi di combustibile per la fase di pre-riscaldamento, carica e cottura dei vasi (**Fig. 13**). Sono stati utilizzati piccoli listelli larghi 2cm, lunghi 25 cm, tronchetti del diametro di 15, spaccati longitudinalmente in due. Questo ha permesso di determinare l'andamento delle temperature e tentare di definire la capacità termica della struttura. Per ampliare la gamma delle osservazioni e dei campioni disponibili, alla fine di ciascuna delle cotture nella Buca A, è stata effettuata una pulizia parziale della struttura per osservare gli effetti del calore su diverse parti del fondo sulla base della presenza o meno di residui come ceneri e carboni che possono aver svolto una funzione isolante.



Figura 13: a) accensione, b) preriscaldamento, c) cottura, d) fase finale con presenza di carboni, e) raffreddamento, combustibile degradato (cenere).

Diario campo sperimentale.
08/11/2016.

Tipo di combustibile usato: rovere, faggio, carpino. Piccoli pezzi di legnetti in abete per l'accensione.

Fase 1. Ore 10.00: La replica inizia con l'accensione del fuoco con impiego di 5 piccoli pezzi di legnetti in abete e una prima carica di combustibile composta da legname misto di rovere, faggio e carpino (8 tronchetti di medie dimensioni per un peso di 7,5 Kg).
 10.15 Aggiunti altri 8 tronchetti di medie dimensioni per un peso di 7,5 Kg.

11.15 Si dispongono 12 vasi attorno alla buca per il pre-riscaldamento.

11.15 Un'ora dopo dall'accensione si caricano ancora 8,750 Kg di legna.

11.25. Vengono aggiunti anche 7,5 Kg di legna. Si osserva formazione di carbone sul fondo.

Fase 2. 11.55. Si spargono le braci sul fondo.

Fase 3. Ore 12.00. Carica dei vasi. Le varie forme vengono disposte sulle braci. Nel momento in cui dall'area attorno al fuoco si spostano verso il centro uno di loro esplode.

Si iniziano a registrare le temperature, ogni 300 secondi (5 minuti) usando 2 termocoppie. Si caricano 22 Kg di combustibile formato da tronchi di medie dimensioni. La prima termocoppia T1 viene posizionata al centro della buca, rileva 389°C; la seconda T2 viene invece posizionata sul fondo, addossata alla parete e rileva 35°C. Dopo la carica di combustibile le

misure iniziano a crescere. La T1 segna infatti 788° C, mentre la T2 ne segna 46,5° C.

Fase 3. Ore 12.13. Viene aggiunto combustibile per un peso di 15kg (tronchetti di medie dimensioni in prevalenza). Le temperature rilevate dalle termocoppie sono: T1. 795° C e T2. 52,2° C.

12.17 Aggiunti 7 Kg di combustibile (4 tronchetti di medie dimensioni e uno grande). Si osserva un leggero e tipico abbassamento delle temperature in T1. (T1: 766° C; T2. 53° C)

12.20. Raggiunti gli 800° C. in T1. T2 segna 62° C.

Si lascia continuare la combustione.

12.24: T1, 856° C. T2. 81° C.

12.30: T1, 923°C – T2: 105° C

12.31: Ultima carica. Aggiunti 16,250. Temperature in T1: 748° C – T2: 240,7° C.

13.00. Temperature alte: T1. 749° C. T2. 569° C.

Fase 4. 13.46 Temperature in calo. T1: 683°C – T2: 330° C. Inizio della fase di raffreddamento. Si formano molte ceneri nella buca. Le travi che si preservano sono solo quelle distanti dal centro, in prossimità delle pareti.

14.01 Il colore dei vasi, che durante la cottura non sembrava molto immutato, cambia ed è di fatto più rossiccio. T1: 610° C. – T2: 272° C.

ore 16.00. T1: 294° C – T2 47,4° C. Presenza di molta cenere sul fondo. Totale combustibile usato 91,25 Kg

Risultati

Al concludersi del primo ciclo di cottura realizzato nella buca A è stato possibile formulare una prima serie di considerazioni. I residui della combustione sono rappresentati da una lente di cenere con carboni concentrati nella zona centrale, frammenti di carboni e un tronchetto, in prossimità della parete NO, che si preserva sebbene carbonizzato. I frammenti di carbone preservatisi sono di piccole dimensioni (1-2 cm i più piccoli e 3-4 cm i più grandi). Si osservano sul fondo frammenti di ceramica (attribuibili al vaso esploso durante la carica e ad altri fratturatisi durante la cottura vera e propria).

Gli effetti del calore sul terreno sono evidenti ed è possibile osservare una totale alterazione termica del fondo che si distingue per la superficie piana ma irregolare e con variazioni cromatiche rispetto a quelle che contraddistinguevano il sedimento prima che fosse esposto al calore. Tale evidenza è determinata dal contatto con il combustibile, un effetto che pare propagarsi dall'area centrale della buca, dove esso era disposto, verso le pareti che si presentano leggermente annerite da nerofumo e indurite dal calore. Nonostante questo la consistenza è friabile (durante il prelevamento di un campione si sono infatti disgregate in piccoli pezzi). Il colore è leggermente arrossato, simile al colore del sedimento ma leggermente più chiaro (Munsell: parte esterna, 5YR 2,5/1; parte interna 5 YR 5/6 bright reddish). Anche il fondo appare simile, rubefatto per uno spessore di circa un centimetro, e si scaglia in pezzetti di concotto che non hanno faccia piana ma grumosa. Si osserva infatti che l'argilla sottoposta a calore tende a formare delle piastrine. La parte con maggiori tracce di alterazione termica è quella centrale mentre il fondo in prossimità delle pareti appare rossiccio ma non mostra segni di indurimento (**Fig. 14**). Alla fine della Cottura 1 è stata ripulita solo la parte Est del fondo (prima con cazzuola e poi con spazzola), la cenere e i carboni residui sono stati accumulati nella parte Ovest; tale procedura è stata seguita al fine di osservare gli effetti della cottura successiva in una buca sia nel caso non fosse stata soggetta a pulizia (parte occidentale della buca, nella quale è stato ricreato una sorta di effetto isolante), che nel caso relativo invece ad una condizione di riutilizzo che segue ad una pulizia del fondo e che implica dunque una esposizione diretta al calore (parte orientale della buca – **Fig. 15**).

Rubefazione: La replica ha dato risultati discreti per quanto riguarda la formazione di rubefazione presente con spessori attorno al centimetro su tutto il fondo e con variazione cromatica tendente al rossiccio. Si è deciso dunque di reiterare le cotture al fine di osservare gli effetti di più usi della struttura.

Travi sul fondo: il combustibile appare totalmente degradato. Si preserva un tronchetto poco combusto ai lati della buca.

Ceramica: Dei dodici vasi caricati nella struttura solo cinque vengono recuperati integri (**Fig. 16**). Un boccale presenta uno stacco in corrispondenza del ventre. La rottura dei vasi è stata attribuita ad un possibile fenomeno di reidratazione dovuto all'umidità del terreno sul quale sono stati poggiati. Inoltre il posizionamento in corrispondenza della fiamma viva

può aver contribuito a creare uno shock termico troppo violento. Tutte le forme, realizzate due anni prima, erano state sottoposte ad un lungo processo di essiccamento. Il colore della superficie appare omogeneo, si rilevano alcune chiazze scure dovute alla vicinanza ai carboni, ma il colore è rossiccio, tipico della cottura in ambiente ossidante (**Fig. 16**). I frammenti sul fondo sono facilmente individuabili e vengono prelevati come campioni.



Figura 14: a) annerimento delle pareti durante la fase di pre-riscaldamento; b) dettaglio delle pareti; c) effetti del calore sulle pareti dopo la I cottura; d) effetti su fondo e pareti; e) alterazione termica del fondo; f) frammento di concotto. La parte esterna appare annerita e quella interna indurita di colore marrone chiaro.



Figura 15: ad Ovest il cumulo di ceneri e carboni e ad Est il fondo rubefatto ripulito dai residui della combustione.



Figura 16: vasi cotti nel corso della cottura 1

Difformità procedurale: rispetto a quanto indicato nella procedura di riferimento (Tab II), il combustibile caricato durante la fase di cottura ha seguito tempistiche leggermente diverse.

Difformità e problematiche: Nonostante la cottura abbia permesso di confermare che il tipo di sedimento mostra gli effetti tipici della esposizione al calore, la variazione cromatica ottenuta e gli spessori sono diversi da quelli documentati nel record archeologico. L'intensità e il colore dell'alterazione termica potrebbero esser determinate dalle temperature raggiunte, dalla durata di esposizione al calore e dalla reiterazione della combustione. Al fine di ottenere un'alterazione termica più marcata e con colorazioni più rossicce si decide di riutilizzare la struttura per più cotture al fine di osservare gli effetti di un uso reiterato. La rubefazione si ha in maniera molto evidente sul fondo e meno sulle pareti. Risultati che non trovano riscontro con il dato archeologico che mostra invece evidenze opposte: marcata rubefazione delle pareti, di colore arancio e leggera rubefazione del fondo. Non si ha la rubefazione delle pareti che speravamo di ottenere. Questa risposta negativa può esser collegabile alla modalità di disposizione del combustibile che sembra produrre evidenti alterazioni quando in contatto con il sedimento. Per indagare meglio gli effetti della distribuzione del calore (pareti/fondo) si rende necessario l'inserimento di una variabile che comporterà una diversa disposizione del combustibile nella struttura.

Campioni: dalla struttura sono stati prelevati 2 campioni di concotto: uno dal fondo e l'altro nella parte bassa della parete N (in corrispondenza del punto in cui era posizionata la TC 2). Al fine di determinare se le temperature monitorate durante la cottura in prossimità della parete sono evidenziabili dall'analisi del campione sperimentale sono state effettuate delle analisi spettroscopiche i cui risultati saranno esposti qui di seguito.

Andamento delle temperature e capacità termica: la misurazione delle temperature effettuata grazie all'uso di due termocoppie ha permesso di osservare alcuni comportamenti legati al processo di combustione della legna e della cottura della ceramica (**Diagramma 1; Figura 17**). La registrazione è iniziata al momento della carica dei vasi. Nella fase di preriscaldamento si è osservato un aumento graduale. Al momento della carica dei vasi la temperatura rilevata al centro della buca era di 497,4° C ma dopo la carica dei 22 Kg di combustibile registra un calo, con 389° C, evidenziando un comportamento termico che si

rivelerà tipico anche per le cotture successive. Si osserva infatti un calo di temperature durante il momento di carica del combustibile seguito da un repentino aumento subito dopo. Si tratta di variazioni che avvengono nell'arco di pochi minuti, spesso non registrate nel range dei 5 minuti previsto nelle impostazioni di misurazione delle termocoppie. I valori osservati e registrati manualmente sono riportati in blu e grassetto, con indicazione degli orari in corsivo, nella tabella di seguito (**Tab. VII**) e permettono di rilevare mglio tale "comportamento".

Quello che è stato possibile evidenziare, subito dopo la carica dei vasi, sono temperature che raggiungono velocemente i 700 gradi e che dopo una ventina di minuti dalla carica più importante di combustibile raggiungono e gravitano sugli 800° C mantenendoli per circa un quarto d'ora e raggiungendo un picco di 902,8° C (la registrazione manuale ne osserva uno di addirittura 923° C), l'ultima carica di 36,25 Kg fa rilevare il tipico calo di temperature, che oscillano dai 770° C per altri dieci minuti per poi superare agli 800° C per ancora dieci minuti. Si può concludere che, dopo una decina di minuti dalla carica dei vasi e del combustibile previsto per la fase di cottura, per un'ora e venti minuti le temperature non sono scese al di sotto dei 700° C, toccando anche picchi superiori agli 800°C. Nel momento in cui si registra un calo, restano comunque ancora sui 600° C per una ventina di minuti dopodichè può dirsi iniziata la fase di raffreddamento dopo quasi due ore dalla carica dei vasi e quattro dall'accensione. Si è osservato uno strano sbalzo con inatteso incremento delle temperature verso le 16.28 che vede le temperature che erano scese a 235° C, di nuovo oltre i 500° C per oltre un'ora. Le temperature monitorate con la TC 2, in corrispondenza della parete, mostrano anche esse un picco molto alto che tocca i 659,9° C a un'ora dalla carica dei vasi mantenendo temperature abbastanza alte (tra i 500° C e i 600° C). Le temperature si mantengono in un range di 600° C per circa venti minuti. Si tratta di un dato importante da confrontare con i dati ottenuti dalle analisi dei concotti prelevati dalla parete della struttura ES 473/03 (capitolo 4) sebbene sia necessario sottolineare che in questa occasione è stato difficile posizionare la TC2 in una parte della parete a metà altezza dal fondo.

Osservazioni: la prima replica permette di confermare una delle domande di partenza che vede nel tipo di sedimento presente a Lugo un elemento che influisce, per le sue caratteristiche, nel determinare specifici effetti legati all'esposizione al calore. Sono stati anche osservati gli effetti e le caratteristiche delle alterazioni termiche subite dalla struttura, soprattutto in corrispondenza del fondo e delle pareti in assenza di copertura, e ne è stata indagata l'entità. L'uso di una struttura infossata sembra favorire una più controllata propagazione del calore anche in caso di vento. La struttura rivela una capacità termica abbastanza alta, appare importante non solo il dato relativo al picco massimo raggiunto ma soprattutto quello relativo ai tempi di mantenimento delle temperature massime.

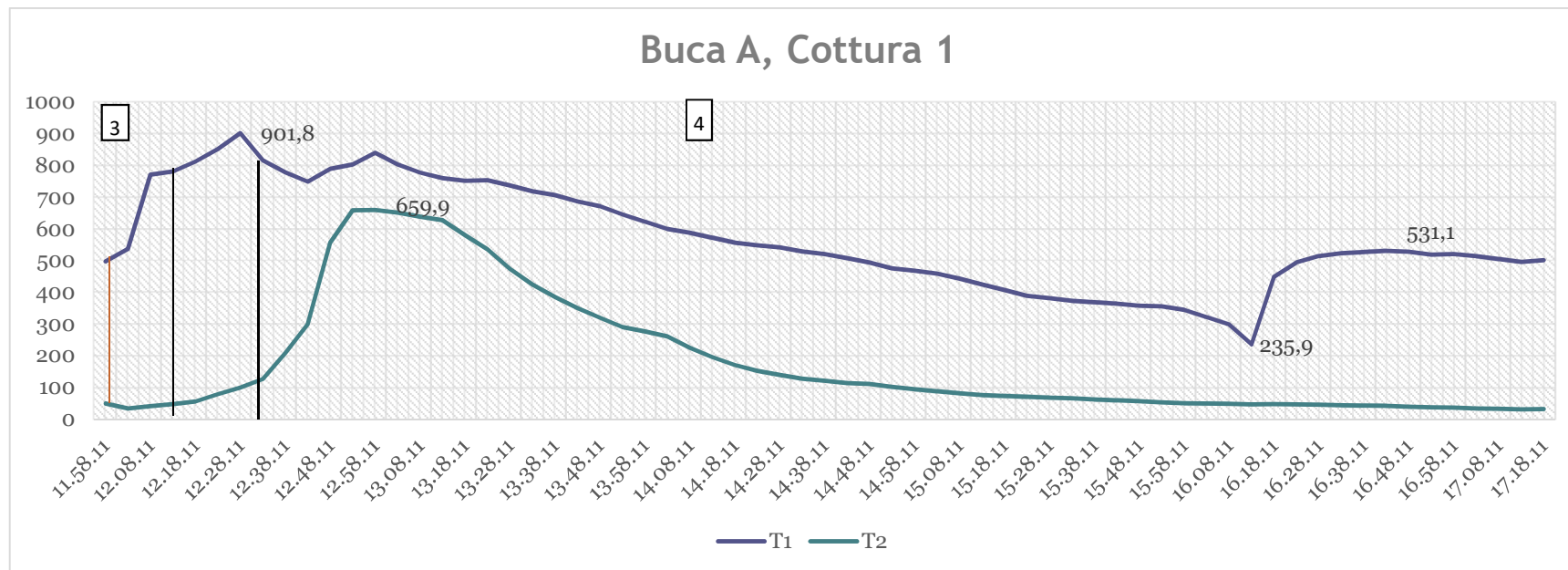


Diagramma 1: andamento delle temperature registrate dalle termocoppie durante la cottura 4 ad intervalli di 50 minuti. La linea rossa indica il momento della carica dei vasi. Le linee nere, indicano invece i momenti in cui sono state effettuate la seconda carica da 22 Kg e l'ultima carica da 16,250.



Figura 17: fasi del ciclo di cottura, a) preparazione della buca; b) riscaldamento; c) cottura; d) raffreddamento.

Time	T1	T2	Azioni
A, C1	Centro	Parete	
10:00			Accensione
11.58.11	497,4	49,7	
12.00.00			Carica vasi
12.02.00	389	35	+ 22 Kg
12.03.11	537,7	33,5	
12.08.11	771,2	40,8	
12.13.00	795	52,2	+ 15 Kg
12.13.11	781	47,8	
12.17.00			+ 7 Kg
12.18.00	766	53	
12.18.11	812,6	55,8	
12.20.00	800	62	
12.23.11	852,3	78,6	
12.24.00	856	81	
12.28.11	901,8	99,2	
12.30.00	923	105	
12.31.00			+ 16,25 Kg
12.32.00	748	240	
12.33.11	816,6	126,6	
12.38.11	778	208,8	
12.43.11	748,9	299,9	
12.48.11	789,1	557	
12.53.11	803,4	658,5	
12.58.11	839,7	659,9	
13.03.11	803,6	651,3	
13.08.11	777,8	638,7	
13.13.11	759,7	627,1	
13.18.11	751,3	580,9	
13.23.11	753,5	535,7	
13.28.11	736,8	473,9	
13.33.11	718,5	424,2	
13.38.11	706,4	385,1	
13.43.11	686,8	350,2	
13.48.11	671,4	319,8	
13.53.11	645,9	290,7	
13.58.11	622,5	276,5	
14.03.11	600	261,2	
14.08.11	587,5	225,4	
14.13.11	571,8	195,9	

14.18.11	556,9	170,5	
14.23.11	548,3	152,1	
14.28.11	541,9	139,6	
14.33.11	529	127,6	
14.38.11	520,3	120,9	
14.43.11	508,1	114,2	
14.48.11	493,7	110,9	
14.53.11	475,5	102,1	
14.58.11	468,5	94,3	
15.03.11	458,7	87,7	
15.08.11	443,5	81,8	
15.13.11	425,3	76	
15.18.11	407,9	73,1	
15.23.11	389,2	70,8	
15.28.11	381,8	67,5	
15.33.11	373,4	66,4	
15.38.11	369,1	62,5	
15.43.11	364,1	59,3	
15.48.11	357,6	56,8	
15.53.11	355,8	53,3	
15.58.11	344,9	50,8	
16.03.11	322,3	49,1	
16.08.11	299,1	48,9	
16.13.11	235,9	46,6	
16.18.11	448,8	47,6	
16.23.11	493,9	47	
16.28.11	513,8	46,1	
16.33.11	523,5	44	
16.38.11	526,7	42,8	
16.43.11	531,1	41,8	
16.48.11	527,7	39,3	
16.53.11	519,1	37,1	
16.58.11	520,9	36,4	
17.03.11	514,3	34,2	
17.08.11	505,4	33,2	
17.13.11	496,1	30,8	
17.18.11	501,8	32,3	

Tabella VII: Indicazione delle temperature registrate dalle termocoppie ad intervalli di 5 minuti con integrate quelle rilevate manualmente (indicate in blu e grassetto, orario in corsivo) al momento della carica del combustibile.

▪ **REPLICA SPERIMENTALE, BUCA A, COTTURA 2**

La seconda replica sperimentale ha avuto come finalità la verifica degli effetti di un uso reiterato della struttura. I quantitativi di combustibile utilizzati sono stati gli stessi della cottura 1 mentre le tempistiche, che variano di poco dalla cottura precedente, sono quelle che hanno definito la procedura di riferimento usata anche per le cotture successive e indicata in figura 9.

La termocoppia posizionata in corrispondenza della fiamma viva è la T3 mentre la T4 viene posizionata sempre sul fondo addossata alla parete Nord (**Fig. 18**). La T1 e la T2 sono impegnate nella cottura che si sta svolgendo contemporaneamente nella buca B (**fig. 19 a**). Questa volta come combustibile è stato impiegato solo rovere. I vasi da cuocere erano 6 e sono stati anch'essi modellati nel corso del laboratorio con gli studenti della triennale nel 2014 (**fig. 19e**). I cicli di cottura seguono la procedura già indicata in precedenza (**fig. 19 a – d**).

T3	Posizionata al centro, in mezzo al combustibile
T4	Addossata in corrispondenza della parete N, sul fondo.



Figura 18: posizionate termocoppie.



Figura 19: a) posizionate termocoppie T3 e T4 (più a N); b-c) fase di cottura dei vasi; d) frammenti di vasi rotti sul fondo a fine cottura; e) i vasi prima della cottura; f) i vasi durante la cottura con segni di rotture.

09/11/2016 Diario. Campo sperimentale.

(Registrazione termocoppie non eseguita a causa di un errore card)

Fase 1: 11.00 accensione con 7.750 di legna

11.15 riscaldamento con aggiunta di 8,200 di legna

Si collegano le termocoppie nella fase di riscaldamento: T3 al centro e T4 sul fondo in prossimità della parete nord

T3 raggiunge 900° C nella fase di preriscaldamento dove arde il fuoco. T4 intorno ai 28° C.

12.00: aggiunti 8,25 kg. T3 diminuisce di circa 45° C. dopo l'aggiunta della legna

12-20 aggiunti 7,5 Kg. T3 attorno ai 743° C T4 continua a crescere

12.30 viene sparso il combustibile sul fondo. T3 segna attorno ai 675°C. T4 38° C. circa.

Fase 2. Aggiunti 6 vasi più coperchietto. T3 attorno 640° C. Si rompono alcune ceramiche.

Fase 3: Con la carica di combustibile (22 kg messi poco per volta) la T3 scende a 600° C, aumenta leggermente T4: 40° C. I vasi diventano scuri, neri quasi subito. Stessa composizione (impasto) di quelli della cottura precedente? T3 attorno a 534° C. continua a scendere.

Le ceramiche cominciano a schiarirsi (il nero rilevato prima era dovuto al nerofumo?). Da 516,9° (ore 13.04) piano piano le temperature iniziano a salire (T3). T4 70° C.

13.42 aggiunti 22 KG di combustibile. T3 segna 542° C (sta scendendo). T4: 82.5° (sta salendo).

13.54 prima di aggiungere l'ultimo carico la temperatura T3 è scesa a 519° C. T4 a 118° C.

13.55 aggiunta di 16 kg di combustibile.

13.58 dopo i 16 kg T3: 527,9°; T4: 116.7° C

14.45 a più o meno un'ora dall'ultima aggiunta la legna arde ancora con fuoco vivo. T3: è a 578.6° C (tende a salire). T4 più o meno costante a 135° C. Viene spostata la T3, picco di temperatura ore 14.57 (più in alto sulle braci). Continua a salire e raggiunge gli 830° e oltre. Forse prima la T3 toccava il fondo.

15.02: T4 si abbassa a 118° C; T3: 891° C (continua a salire costantemente).

15.07: T3 raggiunge 900° C. T4: 108,9° C.

15.40: T3 inizia ad abbassarsi: 867°C, T4: 93° (si abbassa costantemente). La ceramica assume una colorazione rossastra.

Fase 4: Si lasciano raffreddare i vasi e si prelevano attorno alle 17:00.

Risultati

I tipici residui di combustione rappresentati da ceneri, in netta prevalenza, e carboni sono visibili anche tra gli effetti di questa seconda cottura nella buca A.

Le condizioni di rubefazione delle pareti non differiscono molto rispetto a quelle della cottura precedente. Le pareti della struttura, sebbene appaiano indurite e annerite dalla fuliggine, non presentano rubefazione marcata. La parte interna appare marrone-beige e non raggiunge l'arrossamento riscontrato sul fondo.

Diverse invece le condizioni di alterazione termica riscontrabili sul fondo della struttura che appariva già rubefatto e indurito in seguito alla prima cottura ed era stato ripulito solo per metà nella parte Est. La parte ovest era invece ricoperta dalle ceneri della cottura precedente.

Anche alla fine di questa seconda cottura viene effettuata una pulizia differenziata del fondo. Stavolta si è proceduto lasciando la cenere nella metà Nord e ripulendo la parte Sud. In questo modo è possibile distinguere lo spicchio NE che ha solo la cenere della seconda cottura, e quello NO con doppia cenere (sia della cottura 1 che della cottura 2). La parte SE appare dunque ripulita anche dopo la seconda cottura, la parte SO ha una sola scottatura risalente alla prima cottura mentre durante la seconda appariva isolata dalla cenere.

Il piano di cottura della metà Est, nella parte superiore appare rubefatto, ben indurito e a piastrene (scaglie). Il concotto in superficie appare rosso-arancione ma dopo 2 cm di profondità sfuma verso il giallo e affonda nel terreno ancora per circa 7-8 cm. La metà Ovest del fondo si presenta indurita ma in questo caso la colorazione non tende al rosso come nella parte opposta. Il concotto appare annerito e poco sotto il terreno superficiale si schiarisce e tende al beige chiaro. Anche l'intensità di spessore è diversa da quella riscontrata per la metà Est. È evidente il ruolo di isolante svolto dalla cenere ricollegabile dunque all'assenza di pulizia della struttura (**Fig. 20**).

Anche in questa occasione quasi tutti i vasi mostrano segni di fratture che possono esser attribuite sia a difetti di foggatura (molti di loro presentavano delle crepe già prima della cottura) sia all'escursione termica o alla presenza di umidità nel terreno circostante le buche. Molti si rompono durante la cottura, i frammenti sono recuperati al momento della pulizia della buca e sono tutti di piccole-medie dimensioni. Il colore della superficie anche in questo caso è abbastanza omogeneo e sul rossiccio chiaro.

Rubefazione: dopo la seconda cottura, l'intensità della rubefazione nella metà Est del fondo aumenta e il suo spessore passa da 1 a 2 cm. La consistenza della faccia esterna/piana è compatta. Anche la variazione cromatica è più intensa e tende al rosso arancione (2.5 YR 5/8, red). In questo caso nella metà indagata sono state simulate due cotture con pulizia della struttura tra una e l'altra. La metà del fondo Ovest, presenta una faccia esterna ricca di cenere colore grigio (7.5 YR 6/1, pinkish grey), al di sotto la superficie appare compatta e nera (3mm) e diventa gradualmente marrone (7.5 YR4/3, brown) (**Fig. 21**).



Figura 20: alterazione termica nella buca A dopo la cottura 2. In alto a sinistra pulizia della parte sud (settori SE e SO); a destra particolare dei due spicchi SE e SO (uno pulito per due volte, l'altro solo alla fine della I cottura).



Figura 21: a sinistra, dettaglio della parete N, al centro particolare del fondo (spicchio SE). La parete appare indurita dal calore, il colore non è acceso, ma sul marrone; il fondo appare arrossato con superficie piana indurita ma a scaglie. In basso a destra intensità cromatica e profondità della rubefazione presenta sul fondo

Travi sul fondo: assenti. Non si preservano. Degradazione totale del combustibile.

Difformità e problematiche: anche in questo caso, l'intensità dell'alterazione termica presente sul fondo è molto più marcata di quella documentata per la struttura archeologica di riferimento. Il confronto dunque è negativo ma la sperimentazione rappresenta un utile contributo per la comprensione di specifici processi e viene usata per ridefinire i parametri da seguire nelle sperimentazioni successive.

A causa di un problema di malfunzionamento del termometro verificatosi sul campo, ma scoperto in seguito, le temperature a disposizione sono quelle registrate manualmente nel diario di campo che non rispettano gli intervalli di 5 minuti e sono meno costanti.

Campioni: dopo la seconda cottura nella buca A, sono stati prelevati sia campioni di frammenti ceramici che concotti, e tre diversi campioni: uno dalla parte basale della parte N, uno dalla metà Ovest e l'altro dalla metà Est del fondo della struttura.

Andamento delle temperature: Le temperature in fase di pre-riscaldamento oscillano tra gli 800° C e i 675° C (misura rilevata al momento della carica dei vasi) in corrispondenza della TC 3 e restano abbastanza basse per la TC 4 (30-38° C). Per circa due ore, dopo la carica dei vasi, sembrano non superare i 578,6° C, nonostante le cariche di combustibile significative. Questo dato sembra trovare spiegazione nel posizionamento errato della termocoppia. Infatti una volta spostata la temperatura rilevata al centro indica 830° C e nel giro di dieci minuti raggiunge i 900° C. Si tratta di temperature che non scendono al di sotto degli 800° C e vengono mantenute in questo range per circa 40 minuti. La interruzione della registrazione del termometro non ci ha permesso di monitorare le temperature durante la fase di raffreddamento (**Tab. VIII**).

Buca A	C2		
ORA	T3	T4	
11.00			accensione
11.00			+ 7,75 Kg
11.15			+ 8,2 Kg
11.20	900	28	
12.00			+ 8,25 Kg
12.20	743	30	+ 7,5 Kg
12.30	675	38	Si sparge combustibile
12.32	640	38	Carica vasi +22Kg
	600	40	
	534		
13.04	516,9	70	
13.42	542	82,5	+22 Kg
13.54	519	118	
13.55			+ 16 Kg
13.58	527,9	116,7	
14.45	578,6	135	
14.57	830		
15.02	891	118	
15.07	900	108,9	
15.40	867	93	

Tabella VIII: indicazione delle temperature rilevate dalle termocoppie durante la cottura 2 nella buca A

▪ **REPLICA SPERIMENTALE, BUCA A, COTTURA 3**

Gli obiettivi e le finalità della cottura 3 sono stati gli stessi perseguiti per la cottura 2. La cottura è iniziata giovedì 10/11/2016 in tarda mattinata. La procedura seguita è quella di riferimento, con i soliti quantitativi di combustibile. L'accensione è stata avviata alle ore 12:00. Il combustibile impiegato è solo rovere.

Forse a causa della maggiore umidità e della pioggia del giorno precedente, l'accensione per il preriscaldamento appare più difficoltosa e i tempi della fase 1 sono un po' più dilatati (la seconda aggiunta di combustibile viene effettuata 20-30 minuti dopo del solito, ci si riallinea dopo con il protocollo di riferimento). Questo dimostra le difficoltà di una rigida applicazione della procedura per la presenza di variabili non previste che condizionano i processi pirotecnici. Dopo circa mezz'ora dall'accensione vengono posizionate le termocoppie: T3 al centro, T4 alla parete Nord (**Fig. 22**).

I vasi da cuocere sono tredici (**Fig. 23**). Al momento in cui vengono caricati, uno esplode. Gli altri sembrano reggere. Dopo l'ultima carica di combustibile si lascia raffreddare lentamente per poi prelevare il vasellame attorno alle 17:00.

T3	Posizionata al centro, in mezzo al combustibile
T4	Addossata in corrispondenza della parete N, sul fondo.



Figura 22



Figura 23

Giovedì 10/11/2016 Diario. Campo sperimentale.

11.50. Inizio preparazione fuoco e legna.

Fase 1: 12.00. Accensione, preparazione. Aggiunta di 7,750 Kg di legna gradualmente, messa prima a riscaldare attorno alla parete. La fossa è divisa in 4 parti:

- la parte SE senza cenere la seconda e terza cottura.

- la parte SW con cenere la seconda cottura, senza cenere la terza;

- la parte NE senza cenere la seconda cottura, la terza cottura con cenere a partire dalla seconda cottura;

- la parte NW seconda cottura aveva la cenere della prima, la terza cottura con cenere della prima e della seconda cottura.

Ore 12.10 Viene aggiunto un pezzo di legna ardente dalla Buca C per dare forza al fuoco che stenta ad accendersi.

12-15. Avendo dovuto aggiungere 8,1 Kg di legna per l'accensione vera e propria del fuoco ma osservando che il fuoco stenta ad accendersi abbiamo deciso di aspettare che i primi 7,750 Kg prendessero per bene. Aggiungiamo gli 8,100 Kg di legna a partire dalle ore 12.18, gradualmente, fino alle 12.32.

12.35. Vengono posizionate le termocoppie: T3 al centro; t4 alla parete Nord.

T3 raggiunge subito i 796° C (Ore 12.37) mentre T4 rimane per il momento attorno ai 30,3° C (ore 12.37).

T3 sale rapidamente 836.8° C (ore 12.39), T4 aumenta di poco (32,4°C) (ore 12.39).

12.45. T3 674.4° C - 12.45. T4: 34.5° C - 12.50. T3 intorno a 775.2° C – T4: 34.3° C

12.55 La temperatura di T3 continua a essere intorno a 730° C, pian piano scende (720° in pochi secondi).

13.00 Un'ora dopo l'accensione del fuoco gradualmente vengono aggiunti 8,5 Kg di legna (T3: 708.4° C; T4: 38.7°C);

13.04. Dopo l'aggiunta degli 8,5 Kg T3 rileva 777.7° C; T4, 39.3° C (si nota un rapido aumento di T3, per poi avere una lenta diminuzione. T3: 774° C mentre T4 = 41° C).

13.10. T3: 756°C; T4: 46,90° c - 13.15. Aggiunta di 7,5 Kg di legna - 13.19 T3:864,2° C; T4 49,0° C

La T3 si abbassa leggermente dopo l'aggiunta dei 7,5 Kg

13.21 T3: 844.2°C - T4: 46.2° C

13.25 Si sparge il combustibile sul fondo.

Fase 2: 13.38. Si carica la ceramica (13 pezzi). T3: 749,7° C; T4: 57.5° C (ore 13.39).

Fase 3: 13.45 Si caricano i 22 Kg di legna sopra la ceramica.

13.46, scoppia un pezzo. Gli altri pezzi sono sotto la legna ma non sembrano scoppiare.

13.49 T3: 472.1° C – T4: 55.3° C

14.30 Vengono tolte le termocoppie. Le ceramiche hanno una colorazione chiara.

14.55. Caricati altri 22 Kg di legna.

15.05. Caricati 16, 250 kg di legna. Ultimo carico.

Fase 4. Lento raffreddamento.

Prelevati i vasi. 17.00

Risultati

La terza cottura effettuata nella buca A si è conclusa in serata ma il materiale ceramico è stato prelevato l'indomani mattina. Tutto appare completamente combusto con abbondanza di cenere e alcuni carboni sparsi. La procedura e i quantitativi utilizzati sono stati quelli standard. Le pareti si presentano con nerofumo ma anche arrossate con concotto di colore marrone/rossiccio. La parte bassa delle pareti si presenta più arancione e sfuma verso un giallo scuro, arancio intenso.

I vasi risultano cotti, 12 sono integri, solo uno di loro ha subito fratture. La colorazione prevalente è rosso-arancio, abbastanza omogenea ma sono attestate alcune eccezioni dove presentano chiazze scure e vasi con colorazione grigio scuro (**fig. 24**).



Figura 24: buca A, conclusione della terza cottura con visibili anche le buche B e C. Colorazione dei vasi a fine cottura.

Campioni: dalla struttura sono stati prelevati 5 campioni. Uno per ogni quarto del fondo (NE, NO, SE, SO) e uno dalla parete Nord (tra i 15 e i 20 cm dal fondo). Sono stati sottoposti a spettroscopia FT-IR.

Andamento delle temperature e capacità termica:

Sebbene i dati non siano disponibili per l'intero ciclo di cottura, si riportano le registrazioni relative al picco massimo raggiunto che, durante la fase di riscaldamento con temperature in aumento progressivo e ultimata la carica del combustibile, è stato di 885,5° C. In generale i tempi di mantenimento di temperature tra i 700° C e gli 800° C sono stati di circa 50 minuti durante la fase di preriscaldamento. La carica dei vasi e del combustibile previsto per la fase di cottura ha comportato un calo delle temperature che, scese attorno ai 417° C hanno richiesto una ventina di minuti per riassetarsi sui 600° C e altri venti minuti per toccare i 728° C. Da questo momento in poi è probabile un progressivo aumento, che purtroppo non è stato possibile monitorare. Si sottolinea anche un picco raggiunto dalla T4 a circa tre quarti d'ora dalla carica dei vasi, di 541,9° C. (**Diagramma 2, Fig. 26, Tab. IX**)

Rubefazione: alla fine della terza cottura è possibile osservare diversi effetti legati all'alterazione termica che assume una più accentuata colorazione cromatica e un maggiore spessore. Le pareti sono scure e compatte ma non raggiungono ancora una colorazione

rossiccia come quella ricercata. Gli effetti della pulizia differenziata del fondo saranno commentati nel paragrafo successivo (§ 5.3.3. Alterazione termica).

Travi carbonizzate: sia nel corso di quest'ultima cottura che nelle precedenti, tutto il combustibile impiegato si è trasformato in cenere. Si preservano solo singoli travetti, per via della loro distanza dal fuoco.

Difficoltà procedura: a causa di alcune difficoltà di avvio al momento dell'accensione, il secondo carico di combustibile è stato aggiunto quindici minuti dopo di quanto previsto dalle tempistiche solitamente seguite. Tutto si è poi riallineato alla procedura standard. La fase di preriscaldamento e l'aggiunta delle ultime cariche di combustibile son state completate nell'arco delle prime tre ore.

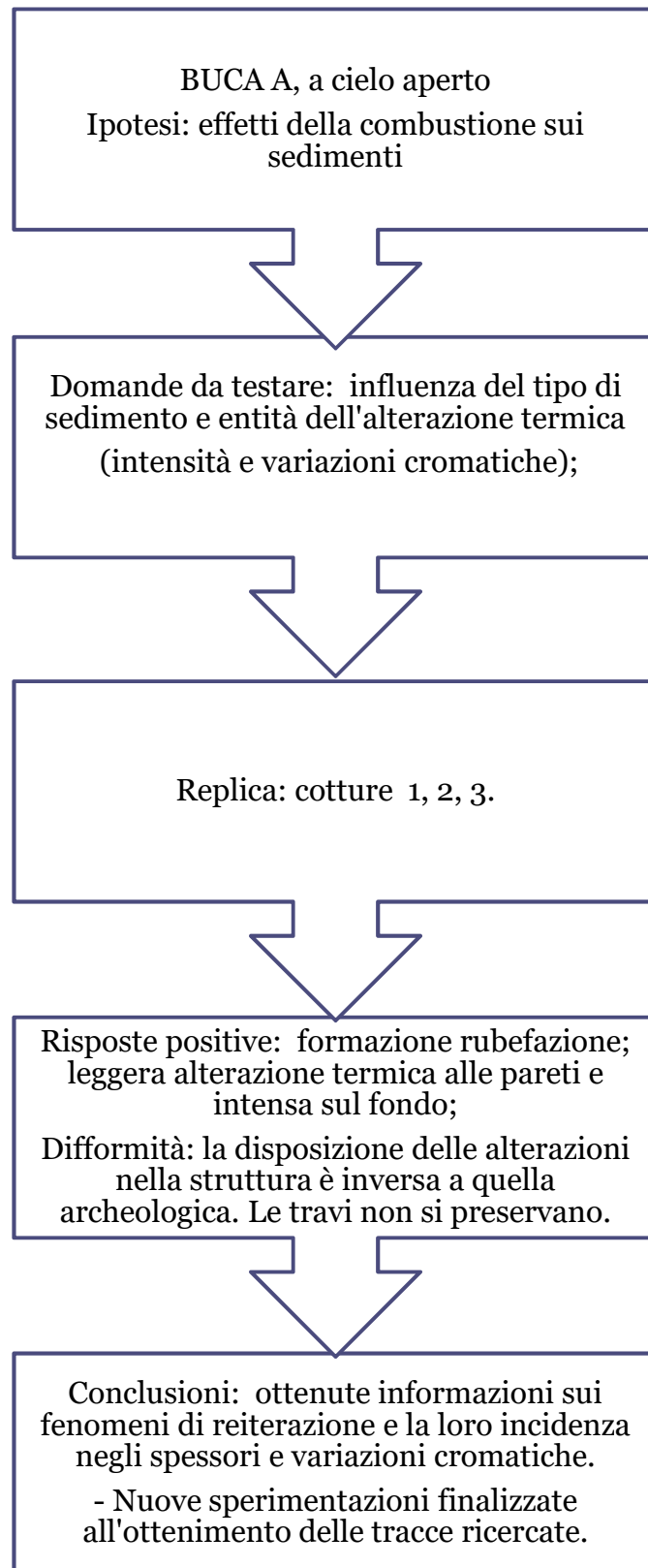
Problematiche: errore di registrazione della TC in parete (T4) dovuto forse ad un erraneo posizionamento. Il diagramma permette dunque di rilevare solo l'andamento delle temperature in corrispondenza della T3.

L'esecuzione di più cotture contemporaneamente non ha permesso di monitorare tutte le temperature per l'intero ciclo. Non si ha l'andamento termico durante la fase di raffreddamento, fase durante la quale le termocoppie sono state spostate dalla struttura a alla B2. Questo compromette purtroppo la possibilità di confrontare i diversi diagrammi. Si tratta comunque di una fase ancora esplorativa che mira a perfezionare la procedura seguita e delineare un protocollo definitivo e che ha permesso comunque di ampliare la gamma di esperienza.

Ultimo utilizzo: la buca, dopo la terza cottura e, una volta svuotata dal carico dei vasi, viene ripulita e riempita con sacchi pieni del sedimento di risulta accumulato dopo lo scavo della stessa buca. Si decide di non lasciarla completamente aperta per questioni di sicurezza. Viene però simulato una sorta di stato di abbandono che segue la pulizia della struttura sebbene i sacchi addossati alle pareti svolgono una leggera funzione di contenimento (**Fig. 25**).



Figura 25



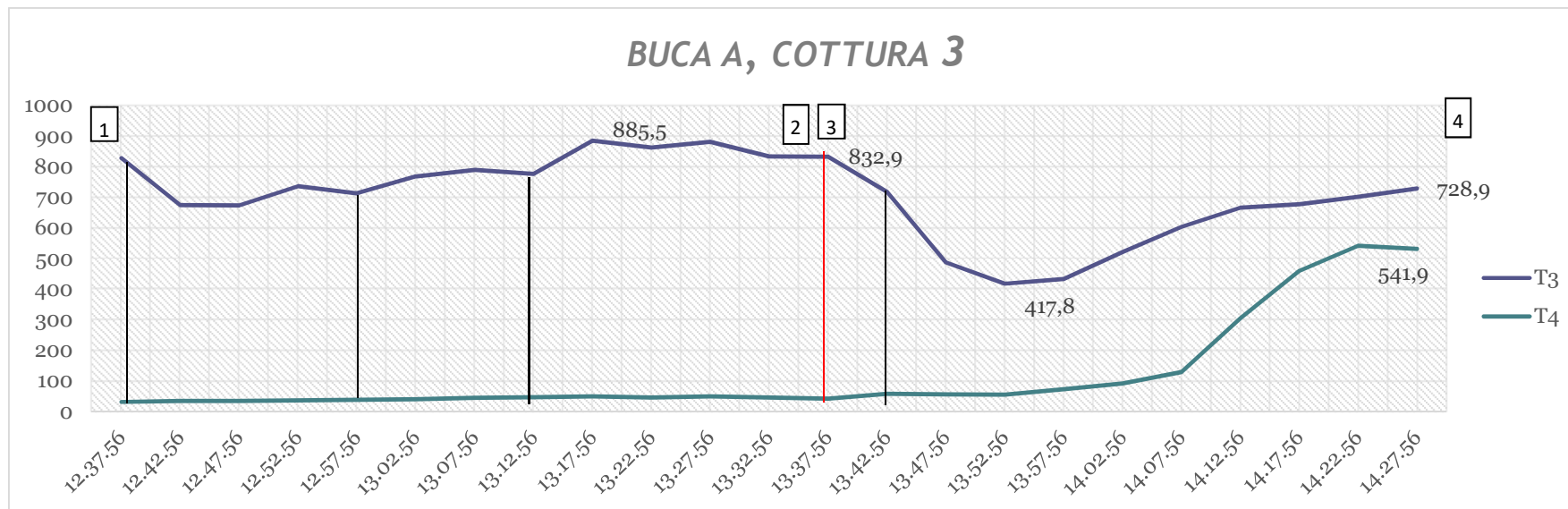


Diagramma 2: Le linee verticali neri indicano la carica di combustibile (la prima quella da 15, poi gli 8,5 e i 7,5 kg); la linea rossa indica il momento della carica dei vasi.



Figura 26: diverse fasi della cottura 3 nella buca A, dal preriscaldamento al raffreddamento.

Buca A	C3		
Time	T3	T4	AZIONI
	Centro	Parete	
12:00			Accensione
12.37.56	828	31,1	+ 15 Kg
12.42.56	675	34,5	
12.47.56	673,5	34,7	
12.52.56	736,8	36,6	
12.57.56	712,8	37,9	+8,5 Kg
13.02.56	768,4	39,6	
13.07.56	789,8	44,6	
13.12.56	777,1	46,2	+ 7,5 kg
13.17.56	885,5	49,4	
13.22.56	862,8	45,7	
13.27.56	881,6	49,4	
13.32.56	834,1	45,9	
13.37.56	832,9	42,1	Carica Vasi
13.42.56	717,9	57,9	+ 22Kg
13.47.56	487,2	56,4	
13.52.56	417,8	55,2	
13.57.56	433,4	72,7	
14.02.56	521,4	91,1	
14.07.56	603,6	129,2	
14.12.56	666,4	305,2	
14.17.56	677,8	459,3	
14.22.56	701,5	541,9	
14.27.56	728,9	531,8	
No TC			+ 22 Kg
14.55			
15.05			+16,25

Tabella IX: Indicazione delle temperature registrate dalle termocoppie ad intervalli di 5 minuti

LG Sper'16 LUGO DI GREZZANA BUCA A			
BUCA A	Dimensioni E-O 146 cm, N-S misura 128 cm. Pr. E cm 60, SO 47 cm	Pareti Sub-verticali	Fondo Piatto
COTTURE	Cottura 1 – 8/11/2016	Cottura 2 – 9/11/2016	Cottura 3 – 10/11/2016
Materiale usato 91 KG	Rovere, faggio, carpino. Piccoli pezzi di legnetti in abete per l'accensione	Rovere Piccoli pezzi di legnetti in abete per l'accensione	Rovere Piccoli pezzi di legnetti in abete per l'accensione
Monitoraggio temperature Osservazioni	T1 sul fondo, T2 Parete Ok	T3 Fondo, T4 parete. Registrazione non effettuata	T3 Fondo, T4 pareti. Problemi per valori T4 (troppo bassi).
Ora inizio	10:00	11.00	11.50
Durata	6-7 h	6-7	5-6
Tempi di preriscaldamento	2 h	1:50	1:40
Cottura (dalla carica dei vasi all'ultimo carico di legna)	30-50'	1:30	1:25'
Raffreddamento	3 ca.	3 ca.	2 ca.
Temperatura Max raggiunta	T1: 901,8° C T2: 658,5° C	T3: 900° C T4: assente	T3: 885,5° C T4: 541,9° C (problemi)
Osservazioni	Prelevamento campioni dal fondo e dalla parete Formazione rubefazione.	Prelevamento campioni dal fondo e dalla parete Formazione rubefazione.	Prelevamento campioni dal fondo e dalla parete.
Ceramica	Nr. Vasi: 12. Esplode a contatto con il fuoco. Si conservano pochi vasi. Forme modellate durante il laboratorio sulle tecniche di foggatura della ceramica.	Nr. Vasi 7. Vasi in gran parte rotti	Nr. 13 pezzi. Uno si rompe durante la cottura.

▪ *REPLICA SPERIMENTALE, BUCA B, COTTURA 1*

La prima cottura nella buca B ha previsto l'inserimento e il controllo di una variabile che consiste nella presenza di travi sul fondo della buca. Sono dunque stati disposti sul fondo 30 kg di legname misto di rovere e faggio, ben adagiati in orizzontale con la faccia principale rivolta verso il basso e la parte con corteccia verso l'alto (**Fig. 27 a**). Una delle prime ipotesi da testare riguardava la possibilità che, a fine cottura, le travi potessero preservarsi per via dell'umidità del terreno. Al di sopra delle travi è stato acceso il fuoco (**Fig. 27b**). Si è proceduto con l'aggiunta del quantitativo di combustibile indicato nella scheda riportata qui di seguito. Per alimentare il fuoco durante le diverse fasi di combustione è stato usato solo rovere. Dopo la fase di preriscaldamento è stata effettuata la carica dei vasi (**Fig. 27 c, d, e**).



Figura 27



Ultimate le cariche del combustibile previsto per la cottura, che ricoprivano i vasi, la combustione è proseguita per circa un'ora. Nel corso della fase di cottura i vasi hanno inizialmente assunto una colorazione beige chiaro piuttosto che rossiccia o nerastra. Al momento della carica dei vasi sulle braci alcuni di essi esplodono. La cottura si è lasciata procedere fino a raffreddamento (**Fig. 27 f**). Nel pomeriggio sono stati prelevati i vasi. Solo uno si preserva mentre gli altri appaiono fratturati e scheggiati (**Fig. 28**).



Figura 28

Diario. Campo sperimentale.

BUCA B, COTTURA 1. **mercoledì**

9/11/2016

(Temperature non registrate)

Legname utilizzato per il fondo misto: faggio/rovere. Peso travi sul fondo 30 Kg.

Fase 1. 9.17. Accensione fuoco.

Prima carica solo rovere per preriscaldamento. Usati 15 Kg. Tronchi disposti a cono sulle travi. Via via si aggiungono altri pezzi di legno. Osservazioni: a parità di carico si osserva una combustione del legno più lenta e un maggiore resa. Nell'altro caso le travi si bruciavano più in fretta.

10.00. Iniziano a bruciare e prendere fuoco.

10.15. A differenza della cottura I, Buca A, non si rende necessario aggiungere i 7 Kg.

10.20 Aggiungiamo 8,5 Kg di legna.

10.28. Si sparge il combustibile sul fondo.

Fase 2: 10.35 Carica vasi (2 boccali I workshop, 2 Forme del II workshop, 1 ciotola lab bimbi, 1 idoletto Anna). Molti

esplodono a contatto con le travi bruciate.

Fase 3. Carichiamo i 29 Kg di combustibile.

10.47. Inserite termocoppie (si scoprirà la sera che le temperature non sono state registrate). Nel carico di 29 Kg sono inclusi i 7 che nella cottura 1 Buca A erano stati usati nella fase di preriscaldamento.

12.00 Aggiungiamo carico di 22 Kg di combustibile.

Pareti annerite. Osservazioni: la resa calorifica sembra diversa quando si usa solo rovere.

12.23. Aggiunto ultimo carico di 16,250 Kg.

Fase 4. Raffreddamento lento fino al pomeriggio.

10/11/2016

Ore 10.00. Si scava il fondo. Presenza di rubefazione molto marcata di colore rosso vivo. La attribuiamo alla presenza di quantità maggiori di combustibile sul fondo (disposte le travi in maniera uniforme su tutta la buca). Temperature più alte? Alcuni travetti si conservano. La maggior parte delle travi disposte sul fondo appare incenerita.

Risultati

Ultimata la cottura e in seguito ad un lento raffreddamento avvenuto nel corso della serata, le travi che erano state disposte sul fondo, l'indomani mattina appaiono combuste ma tra i residui sono visibili molti carboni abbastanza grandi disposti in maniera casuale sopra a un letto di cenere. Molti i frammenti di ceramica visibili tra la cenere. Solo due i vasi che si sono preservati parzialmente integri, presentano fratture, stacchi e una colorazione marrone chiaro e alcune chiazze di nerofumo. Purtroppo la registrazione delle temperature a causa di un problema sul campo non è stata effettuata. Tuttavia gli effetti della combustione osservati a livello macroscopico sono riportati qui di seguito (**Fig. 29**).



Figura 29: Buca B a fine cottura. Visibili le travi e i carboni (a); l'alterazione termica del fondo e l'annerimento delle pareti (b). Si osservano variazioni cromatiche che vanno dal rosso-arancio al grigio-nero (c-f)

Rubefazione: Le pareti della buca si presentano annerite (Black, 7.5 YR 2.5/1 nella parte esterna, più marrone in frattura, 7.5 YR 4/4) nella parte alta, a circa 30 cm dal fondo. La consistenza è compatta e regolare. La parte bassa appare più arrossata e riflette una rubefazione molto marcata di colore rosso vivo (che è possibile attribuire alla presenza di quantità maggiori di combustibile sul fondo; le travi erano state disposte in maniera uniforme su tutta la buca e si trovavano a diretto contatto con il sedimento anche in corrispondenza delle pareti) (**Fig. 31**) I frammenti non hanno facce regolari, si staccano in piccoli pezzi tondeggianti con



Figura 30

variazione cromatica che rientra nelle tonalità che vanno dai 2.5 YR 3/1 a 2.5 YR 5/6 (**Tab. XIX**).

Il fondo presenta una marcata alterazione termica di colore rosso vivo (2.5 YR 5/8 red) per uno spessore di circa 4 mm che degrada verso un rosso marrone (2.5 YR 3/4, dark reddish brown). L'estensione è limitata ad aree circoscritte. La faccia esterna, piana e compatta nonostante sia fessurata, è frammista a ceneri e assume una variazione cromatica rosso chiara (2.5 YR 6/6, light red).

Travi sul fondo: Sono visibili alcuni carboni di media pezzatura (da 1-2 cm a 5 cm). Alcuni tronchetti si sono mantenuti integri. La loro disposizione e le dimensioni non sono però confrontabili con quanto riscontrato archeologicamente.

Campioni: Sono stati prelevati campioni di concotto dalla parete sia a 30 cm dal fondo che a 15 cm. Un campione dal fondo. Visibili numerosi frammenti di ceramica misti a frustoli di concotto. Prelevati campioni dal fondo di ceramica e concotti.

Difformità: Per la fase di preriscaldamento è stato impiegato un quantitativo di combustibile inferiore di quello previsto nella procedura di riferimento; la presenza delle travi sul fondo permette di ottenere un buon livello di riscaldamento già con i primi 15 Kg. I 7 kg di combustibile che non sono stati impiegati nella fase di pre-riscaldamento sono stati però aggiunti poco dopo la carica dei vasi nella struttura. Il quantitativo aggiunto è di 22 Kg, più i 7 kg precedentemente esclusi. Dopo è stato aggiunto il secondo carico da 22 Kg.

Osservazioni:

Si può escludere l'ipotesi di partenza che vedeva nell'umidità del terreno un fattore che poteva condizionare il risultato, consentendo alle travi di preservarsi. Inoltre sebbene diversi carboni e tronchetti siano visibili la loro disposizione è casuale e differente da quella osservabile nel record archeologico. La replica è la seconda a seguire dopo la prima effettuata nella buca A. È stata osservata una diversa resa del tipo di combustibile, il rovere sembra infatti mantenere il calore più a lungo rispetto al faggio utilizzato per la cottura 1 nella buca A. Inoltre il tipo di alterazione termica del sedimento appare molto accentuata (stessa variazione che nella buca A è stata raggiunta dopo due cotture). Tali evidenze possono esser attribuibili sia al diverso tipo di combustibile impiegata che alla maggior quantità impiegata e disposta direttamente sul fondo dell'intera buca. La gamma di variabili da considerare si amplia e porta a porre nuove domande: tipologia di combustibile impiegata? Quantità? Disposizione nella buca? Raggiungimento di temperature più alte? Si potrebbe procedere isolando ogni singola variabile ma la finalità delle repliche è quella di comprendere le dinamiche di combustione e tentare di isolare le variabili che si ritengono direttamente responsabili degli effetti osservabili nel record archeologico. Questa replica ad esempio ha permesso di verificare che il diretto contatto del combustibile con il sedimento ne accentua l'alterazione termica, pure in assenza di reiterazione della combustione. La degradazione totale delle travi sul fondo a fine cottura, rende necessaria la verifica di una variabile che può

averne invece determinato la preservazione: ovvero la presenza di una copertura in materiale organico (in quanto non ci sono tracce di coperture fisse a livello archeologico).

La smentita dell'ipotesi di partenza porta dunque a considerare una nuova variabile, che possa esser stata all'origine degli effetti che sono ricercati. Nella stessa buca, sarà effettuata dunque una seconda cottura che cercherà di valutare gli effetti della presenza di una copertura in materiale organico.



▪ *REPLICA SPERIMENTALE, BUCA B1, COTTURA 2*

Per effettuare la seconda cottura è stato deciso di riutilizzare la buca B ma di intervenire ripulendo e raschiando le pareti per eliminare la parte indurita e non condizionare il risultato del secondo esperimento (**Fig. 31 a**). La replica descritta qui di seguito, mira a considerare un'ulteriore variabile costituita dalla presenza di una copertura in materiale organico (ramaglie, combustibile, zolle con erba e terra). L'ipotesi considerata in questa replica tenta di comprendere quali fenomeni di combustione permettono che travi di legno carbonizzate di grosse dimensioni si preservino. Come esposto in precedenza una delle variabili contemplate è appunto la scarsa circolazione di ossigeno dovuta alla potenziale presenza di una copertura. Tra le domande che ci si è posti vi è anche quella che valuta se una cottura in fossa "coperta" può causare rubefazione delle pareti.

Tale replica, l'unica a differenza delle altre finora realizzate, a non esser eseguita a cielo aperto, intende indagare anche come un tipo di cottura in ambiente riducente influenzi la colorazione della superficie delle ceramiche.

Le specie di combustibile impiegate durante questa replica sono rovere e faggio. L'accensione viene effettuata con facilità e prosegue senza complicazioni (come riscontrato invece nella buca C nella quale si è avviata una cottura in mattinata). Le termocoppie che venivano usate per la terza cottura nella buca A vengono rimosse e posizionate al centro (T3) e a ridosso della parete (T4). Finita la fase di preriscaldamento (**Fig. 31 b**) e una volta posizionato il carico di vasi (**Fig. 31 c**), tutto il combustibile viene caricato allo stesso momento in modo da consentire la realizzazione della copertura. Si segue la procedura ma si decide di caricare 22 kg in meno durante la fase 3 che segue la carica dei vasi. Vengono caricati 8 vasi. Tra questi il vaso a fiasco (fig. x c) è stato modellato con un impasto realizzato con argille raccolte in prossimità del sito (*Appendice 5.I. Scheda VIII*).

Al di sopra della buca vengono disposti dei lunghi rami per sorreggere le zolle che fanno da copertura (**Fig. 32**). Una volta disposte tutte le zolle si lascia temporaneamente uno sfiato centrale che viene ricoperto poco dopo con zolle e terra (**Fig. 32 e, g**). Questa fase è caratterizzata da notevole emissione di fumo bianco (**Fig. 33-34**), che indica una fase di evaporazione in atto. Nel corso della realizzazione della copertura molti cumuli di terra crollano nell'ambiente di cottura. Dopo circa mezz'ora la copertura inizia a crollare all'interno della struttura e si creano sfiati naturali. Prima di spargere le travi sul fondo le temperature erano molto alte e oscillavano attorno ai 700° C; subito dopo aver effettuato la copertura si osserva un calo progressivo delle temperature che le porta, nel giro di un'ora, a circa 250° C. Poiché l'andamento delle temperature non sembra risalire si decide di riaprire la buca per favorire la circolazione di ossigeno. Un'ora dopo dalla realizzazione della copertura si decide di rimuoverla e lasciare proseguire la combustione a cielo aperto. È necessaria circa mezz'ora affinché la combustione riprenda a fiamma viva, e solo dopo cinquanta minuti dalla riapertura della struttura, le temperature raggiungono nuovamente i 700° C.



Figura 31: a) buca B1 dopo la preparazione; b) momento della carica dei vasi sulle braci; c) forme caricate, visibile la riproduzione del fiaschetto di tipo Fiorano realizzato con argille raccolte in località Grezzana e depurate (Impasto Fine).



T3	Posizionata al centro, in mezzo al combustibile
T4	Addossata in corrispondenza della parete, sul fondo.



Figura 32: diversi momenti della realizzazione della copertura: a) carica del combustibile sui vasi; b) realizzazione copertura con rami di medie dimensioni; c) ramaglie; d) copertura con zolle; e) tetto con zolle e sfiato centrale; f) dettaglio della camera di combustione; g) copertura ultimata.



Figura 33: struttura B1, cottura 2 con copertura ultimata e in fase di emissione di fumo bianco.



Figura 34: scatto da Est con visibile in primo piano la buca C in fase di fine cottura e sullo sfondo a sinistra, processo di cottura in corso nella buca B1.

La cottura prosegue fino a tarda serata. I vasi verranno prelevati l'indomani mattina.

Il soffermarsi oltre gli orari soliti ha permesso di apprezzare gli aspetti legati alle possibili funzioni secondarie di simili strutture come ad esempio quelle legate al potenziale di illuminazione e/o di riscaldamento in una stagione buia e fredda come può essere quella autunnale (**Fig. 35**).



Figura 35: ripresa notturna della cottura in buca B1, C2.

Diario. Campo sperimentale. BUCA B1, COTTURA 2. 10/11/2016

Dopo la cottura 1 si raschiano le pareti secche per non condizionare il risultato della seconda cottura.

- **Fase 1:** 13.30 Accensione.
- Legna mista (rovere e faggio). Cominciamo a caricare i 15 Kg di legna gradualmente. Parte facilmente contrariamente a quanto riscontrato qualche ora prima per la buca C. Sarà forse la profondità ad influire?
- 14.20. Fuoco ben avviato. Aggiunti gli 8,5 Kg di legna.
- Si tolgono le termocoppie dalla buca A, cottura 3 e si lasciano raffreddare fuori a terra.
- 14.40 Scollego T3 e T4.
- 14.50 Inseriamo termocoppie. T3 al centro, T4 in prossimità delle pareti. Temperature rilevate. T3. 702° C. T4. 52° C.
- 15.09. Aggiunti i 7,5 Kg come da protocollo (legname misto).
- T3 726° C – T4: 64° C
- 15.30 T3. 710° C – T4: 72° C
- 15.30 Spargiamo le braci sul fondo.
- **Fase 2:** Poco dopo disponiamo i vasi sulle braci.
- 15.40 Carichiamo i 22 kg di legna assieme ai rimanenti 16 Kg.
- 15.43. Arbusti di copertura.
- 15.50 Copertura con zolle. FUMO BIANCO.
- 16.50. Le temperature calano progressivamente. Si arriva ai 250° C e si decide di riaprire la buca per dare ossigeno. La termocoppia T3 appare più in profondità (schiacciata dal peso della copertura?). 17.10 Con il peso della terra di copertura affonda troppo nel terreno sul fondo. LE temperature registrate sono dunque “attendibili”?
- 17.20 riparte il fuoco vivo. Staccata la termocoppia T4.
- 17.40 Aggiunte ramaglie. La T3 segna 650° C.
- 17.50 Le temperature rilevate salgono a 705° C. Si lascia raffreddare fino a sera. I vasi verranno prelevati l'indomani mattina.

Risultati.

Il ciclo di combustione ha coperto circa 7 ore: due ore durante la fase 1, un'ora dal momento della copertura, un'ora dopo, a causa del calo delle temperature, la copertura è stata rimossa e la cottura è proseguita a cielo aperto fino a sera (**Diagramma 3, Figura 38, Tabella X**).

La presenza della copertura sembra aver garantito condizioni riducenti poi alternate ad altre ossidanti al momento della riapertura come confermato anche dai risultati della colorazione del repertorio ceramico. Numeri i frustoli di concotti, alcuni di grandi dimensioni e riconducibili a parti delle zolle crollate all'interno. Interessante l'aspetto e la conformazione di questi campioni. Non è stato possibile osservare se le travi sul fondo si preservano a causa della modifica della procedura che si intendeva seguire.

I vasi vengono prelevati il giorno dopo la cottura. La mattina il fondo della buca è ancora caldo e le temperature rilevate sono di 120° C tra le braci ma tendono a scendere nel momento in cui le spargiamo per prelevare i vasi.

La cottura sperimentale effettuata nella buca B1 non è stata ultimata seguendo le modalità prestabilite. Nonostante questo le difficoltà riscontrate in fase di esecuzione hanno permesso di considerare alcune domande attraverso le quali rettificare e delineare meglio la procedura da seguire. Solo durante la fase pratica ci si è chiesti quale fosse il momento giusto in cui eseguire la copertura: subito dopo la carica dei vasi o dopo aver ultimato la fase di cottura? Informazioni sulle modalità di realizzazione saranno usate per le cotture effettuate durante il secondo ciclo di attività. Prelevato un campione di selce scottata.

Ceramica. Caricati circa dodici vasi, molti si rompono durante la cottura e il crollo della copertura. Hanno colorazioni diverse rispetto agli altri, nero uniforme con chiazze rosse o beige. Per la prima volta i vasi hanno una superficie totalmente scura con chiazze chiare in alcune parti dovuti a fenomeni di riossidazione in seguito alla riapertura della buca. Gli effetti sulla colorazione dei vasi riflettono la prevalenza delle condizioni riducenti.



L'introduzione di ossigeno deve avere influenzato invece la colorazione chiara della parte esposta (**Fig. 36**).



Figura 36: colorazione della superficie dei vasi a fine cottura.

Rubefazione: il fondo appare arrossato con chiazze rosse e nere. Le pareti sono annerite, completamente in alcuni punti come nella parete Ovest a metà altezza, a circa 20 cm dal fondo ma vi sono concotti arrossati sulla parete.

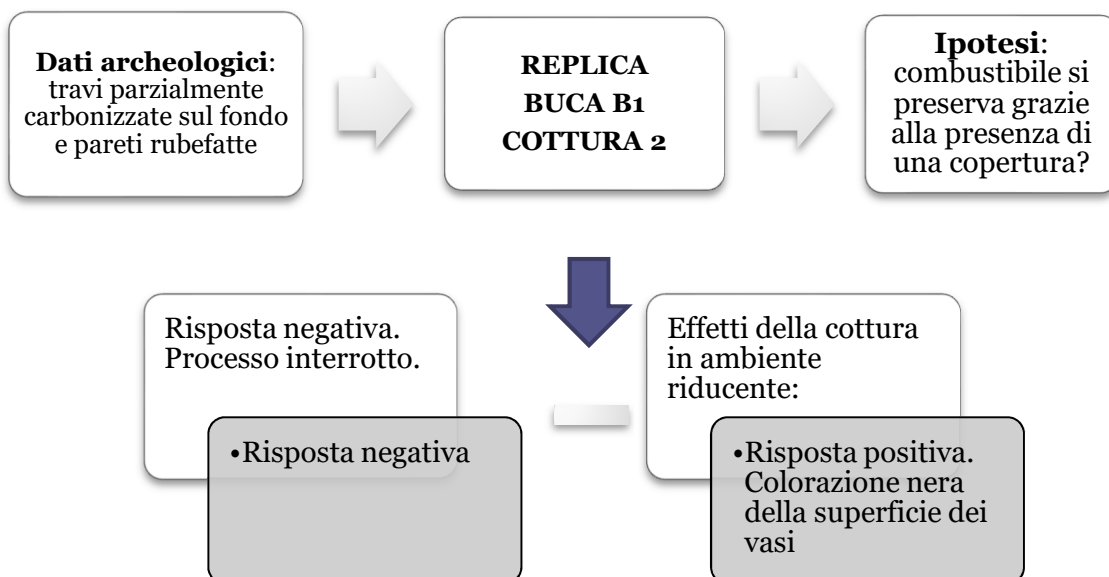
Difformità e problematiche: una delle variazioni rispetto alla cottura precedente è rappresentata dall'impiego di 22 kg di combustibile in meno durante la fase 3. In questo caso, la necessità di coprire la struttura ha determinato la scelta di effettuare le cariche di combustibile (da 22 e 16) contemporaneamente. Al momento della realizzazione della copertura, il peso di alcune zolle modifica il posizionamento della termocoppia che registra alcune variazioni in calo che sono considerati valori inattendibili.

Ultima fase di utilizzo: dopo la seconda cottura, la struttura è stata lasciata aperta. Si è scelto di non ricoprire la buca al fine di poter analizzare, in un secondo momento, le tracce deposizionali legate ad un suo abbandono in seguito al prelevamento dei vasi. Ai suoi margini sono visibili le zolle rimosse dalla copertura. All'interno, una volta rimossi i vasi, restano i residui di combustione costituiti da cenere, piccoli frammenti di carbone e numerosi frustoli di concotto (**Fig. 37**).



Figura 37

Osservazioni: l'esperienza ha messo in luce la necessità di valutare meglio il momento in cui effettuare la copertura che, eseguita durante la fase di cottura (con fiamme vive) non si è rivelata funzionale. Più indicato coprire dopo un lasso di tempo destinato alla cottura (D, C1) o in una fase che precede il momento di sviluppo della fiamma (D, C2, C3). L'esperimento ha rivelato la necessità di apportare alcune modifiche ai tempi e alle modalità di posa della copertura e considerare di conseguenza nuove variabili.



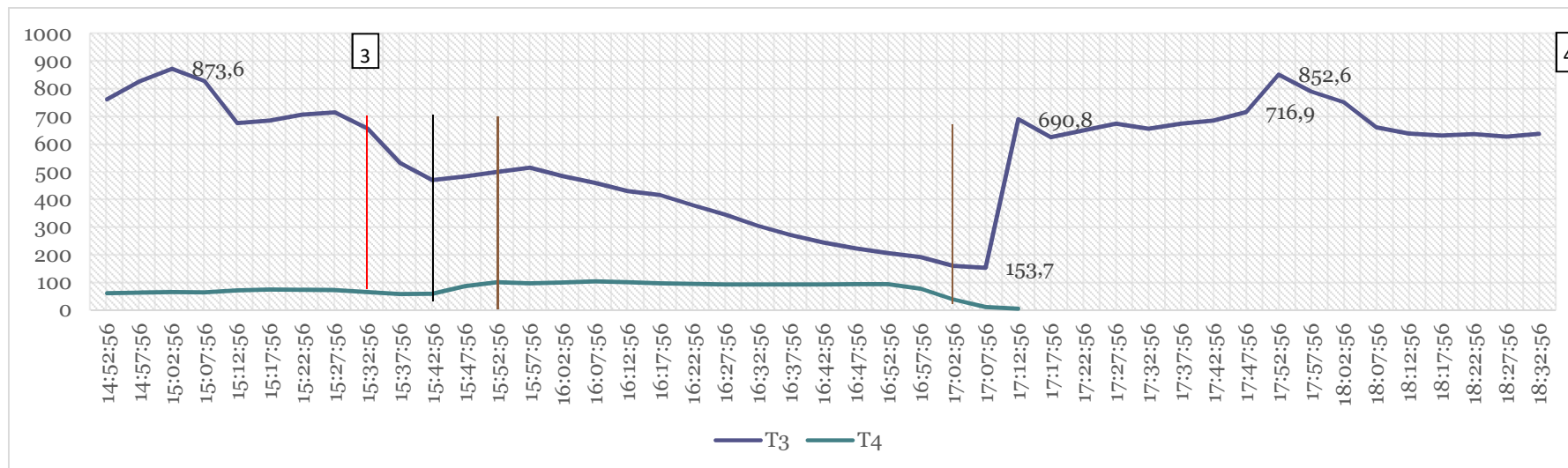


Diagramma 3: indicazione, in successione, dei momenti di: carica dei vasi (rosso), carica del combustibile, copertura della struttura e riapertura.



Figura 38: a, b, c) inizio cottura e realizzazione della copertura con ramaglie e zolle; d, e) riapertura della struttura e prosecuzione della cottura a cielo aperto.

Buca B1, C2	T3	T4	AZIONI	16:37:56	272	93,2	
TIME	Centro	Parete		16:42:56	245	93,3	
			ACCENSIONE 15+8,5	16:47:56	224	93,9	temperature in calo
13:00			ACCENSIONE	16:52:56	207,1	94,4	
14:52:56	762,5	61,4		16:57:56	192	78,3	
14:57:56	827,8	64,1		17:02:56	160,6	39,5	Riapriamo buca
15:02:56	873,6	65,6		17:07:56	153,7	11,5	
15:07:56	829,5	65	7,5 KG	17:12:56	690,8	5,3	
15:12:56	676,6	71,7		17:17:56	626,3		
15:17:56	686,1	74,5		17:22:56	650,6		Fuoco vivo
15:22:56	707,2	74,2		17:27:56	674,6		
15:27:56	716,1	73,3	SPARGIAMO BRACI	17:32:56	656,2		
15:32:56	658	65,7	Carica vasi	17:37:56	675,2		
15:37:56	533,2	58,4		17:42:56	686,6		
15:42:56	471	59,8	22 kg e 16 KG e arbusti	17:47:56	716,9		
15:47:56	484	87,1		17:52:56	852,6		
15:52:56	500,6	101,4	copertura con zolle	17:57:56	791,6		
15:57:56	515,8	97,9		18:02:56	752,9		
16:02:56	484,7	100		18:07:56	661,6		
16:07:56	460,4	104,3		18:12:56	639,3		
16:12:56	431,1	101,2		18:17:56	632,2		
16:17:56	417,3	97,3		18:22:56	637,3		
16:22:56	379,8	95,1		18:27:56	627,5		
16:27:56	345	93,8		18:32:56	637,7		
16:32:56	305,9	93,3		Tabella X: registrazione temperature cottura B1, C2.			

LG Sper2016 LUGO DI GREZZANA BUCA B			
	Dimensioni 146 x 128 cm. Profondità 50 cm	Pareti Sub- verticali	Fondo Piatto
COTTURE	Cottura 1 – 9/11/2016	Cottura 2 – 10/11/2016	
Materiale usato 91 KG	Rovere – faggio (Fondo) Rovere	Rovere e faggio	
Monitoraggio temperature Osservazioni	T1 sul fondo, T2 Parete Registrazione non effettuata	T3 Fondo, T4 parete.	
Variabile inserita	Disposte travi di grossa pezzatura sul fondo (Rovere-faggio, 30 Kg). Il loro peso non fa parte del computo dei 90 kg.	Copertura effettuata con grosse zolle; poi riaperta per problema temperature in calo.	
Ora inizio (Accensione)	9:17	13:30	
Durata	7h ca.	7h ca.	
Tempi di preriscaldamento Cottura (dalla carica dei vasi all'ultimo carico di legna) Raffreddamento	1: 17 1:50' 3-4	2h ca. Indefinita (prima con copertura e poi a cielo aperto) Tutta notte	
Temperatura Max raggiunta	?	873,6° C	
Osservazioni	La pavimentazione sul fondo si è bruciata completamente. Letto di cenere. Sopra evidenti carboni di media pezzatura (dai 5 ai 1-2 cm). Pochi tronchetti carbonizzati ancora integri. pareti di questa fossa si presentano annerite	E. Rubefazione parete a 20 cm dal fondo. O. Parete molto scura e nera. Fondo rubefatto.	
Ceramica	5 vasi + 1 idoletto. Molti vasi si frantumano. Se ne preservano integri solo 2 vasi. Colore superficie marrone chiaro-rossiccio.	12 vasi. Alcuni si rompono nel corso della cottura, forse per il crollo della copertura. Colore scuro. Chiazze di colore rosso dovute alla modifica dell'ambiente di cottura (introduzione ossigeno).	

▪ **REPLICA SPERIMENTALE BUCA C, COTTURA I**

Le repliche effettuate nella buca B hanno permesso di concludere che le travi su fondo nel caso di cotture a cielo aperto non si preservano. Attraverso la smentita di tali ipotesi si è dunque arrivati ad elaborarne una nuova che mira a valutare la capacità di preservarsi delle travi nel caso esse siano ricoperte da un battuto che le isoli dal fuoco che viene acceso al di sopra.

Per quando riguarda il secondo tipo di evidenza ricercato, che riguarda la rubefazione delle pareti, le repliche condotte fino a questo momento non hanno permesso di ottenere alterazioni termiche così marcate come quelle osservate archeologicamente. Gli spessori presenti nei resti archeologici e rilevabili in sezione (capitolo 3) hanno fatto ipotizzare la possibile presenza di un rivestimento (camicia?) che è forse alla base di certi effetti e che allo stesso tempo può aver avuto una funzione particolare. Per questi motivi la replica nella buca C ha previsto la verifica di due variabili costituite dalla presenza di travi sul fondo ricoperte da un battuto costituito dallo stesso tipo di terreno in cui è stata scavata la buca e dalla presenza di una camicia ottenuta aggiungendo acqua e setacciando il sedimento con un setaccio a maglie larghe (circa 2 mm) che ha permesso di eliminare le parti più grossolane.

Lo scavo della buca C, è iniziato mercoledì 9 novembre 2016. Lo stesso giorno si è proceduto a rivestire le pareti e il fondo della struttura nelle modalità descritte sopra. La cottura è stata avviata invece il giorno successivo alle ore 10:00. Durante la fase di preparazione, poco dopo aver rivestito le pareti, al fine di velocizzare la essiccazione della camicia, sono state usate alcune braci (prelevate dalla buca A nella quale era in conclusione la seconda cottura) che sono state disposte sul fondo tutto attorno alle pareti (**Fig. 39**). I residui sono stati rimossi l'indomani mattina prima dell'avvio della replica sperimentale. La preparazione della buca è stata dunque eseguita attraverso diversi momenti (**Fig. 40**):



Figura 39: disposizione di cenere per favorire essiccazione della camicia disposta sulle pareti.

- a) preparazione argilla da usare per la realizzazione della camicia e il rivestimento delle pareti; si usa quella locale depurata dalle parti più grossolane, mescolata con acqua;
- b) disposizione in senso Est-Ovest di travi di rovere (di circa 60 cm di lunghezza) sul fondo, con la faccia principale rivolta verso il basso e il lato con la corteccia verso l'alto;
- c) copertura delle travi con il sedimento limo-argilloso, preso dallo scavo della buca C;
- d) realizzazione del battuto, spessore di circa 2 cm, compattato camminandoci sopra.

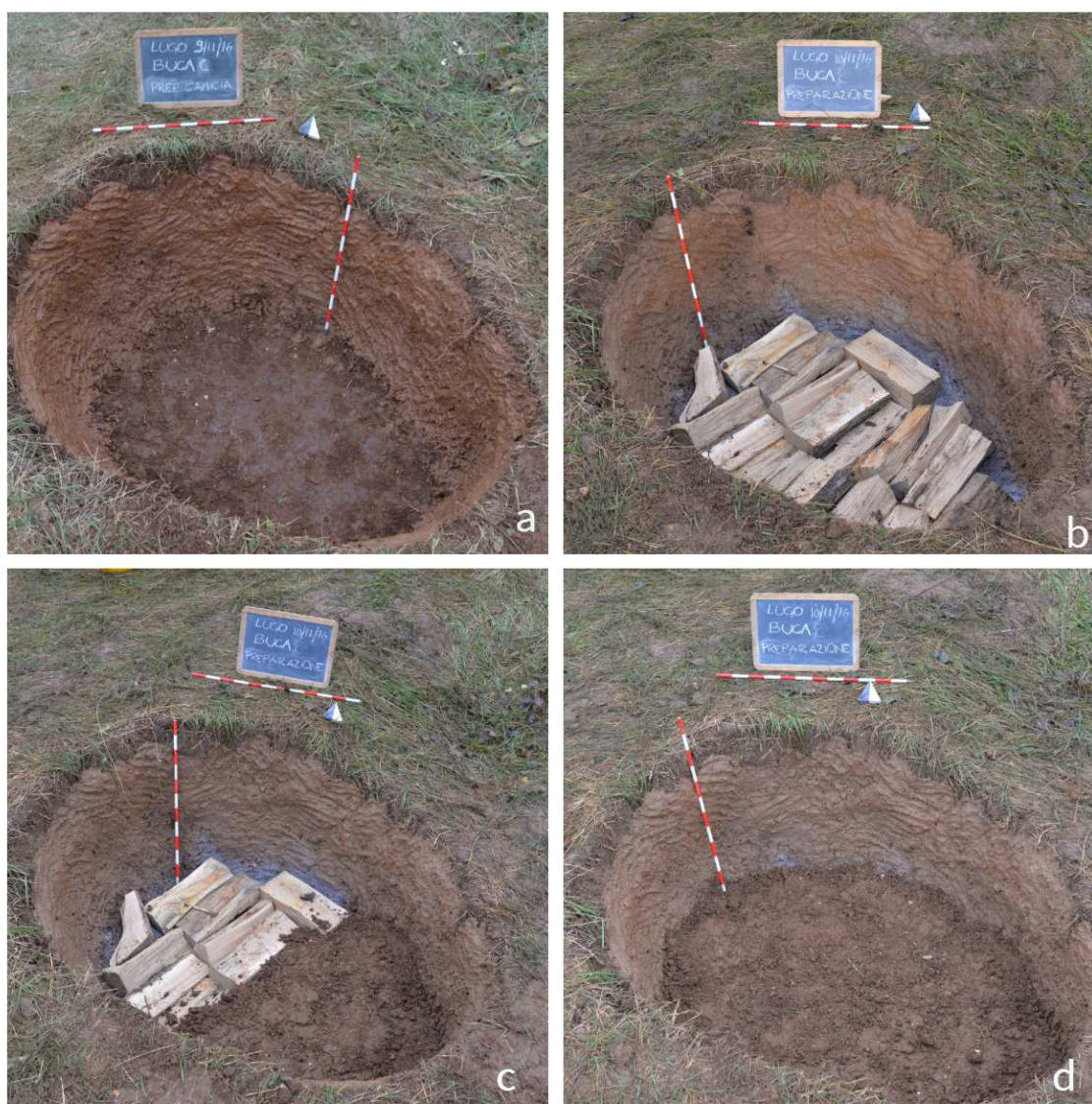


Figura 40: Buca C, indicazione delle diverse fasi di preparazione: a) rivestimento delle pareti con camicia; b) preparazione del fondo con disposizione di travi sulla base della buca; c) rivestimento delle travi sul fondo con un battuto; d) il battuto realizzato con sedimento argilloso ricopre totalmente le travi.

Prima di avviare l'accensione il combustibile, costituito da ramaglie e piccoli pezzi di abete, è stato disposto attorno alla buca. Il fuoco è stato avviato al centro della struttura (Fig. 41). Il tipo di legname usato è stato sempre il rovere con aggiunta di alcune assi di abete (bancale). Durante la fase di preriscaldamento si è cercato di disporre il combustibile diversamente, tentando di riempire la buca e addossarlo alle pareti (Fig. 42).



Figura 41: modalità di disposizione del combustibile



Figura 42: disposizione del carico dei vasi e del combustibile nella buca C durante la fase di preriscaldamento.

Tra le forme che facevano parte del carico, un paio sono state realizzate con argille raccolte in prossimità di Lugo e processate seguendo diverse metodologie (*Appendice 5.I. Scheda XI-XII*). Al momento della carica le braci sono state spostate attorno alle pareti tentando di ricavare spazio al centro in cui deporre i vasi e ricoprirli lentamente con braci e combustibile.

Durante l'esperimento le termocoppie sono state posizionate diversamente che negli esperimenti precedenti (**Fig. 43**). Sono state monitorate le temperature al centro della struttura e quelle sotto al battuto. All'inizio della fase di preriscaldamento, la termocoppia 1 è stata disposta al centro, un po' più in alto del fondo, in corrispondenza della fiamma, la T2 viene invece inserita al di sotto del battuto che ricopre le travi sul fondo fino a raggiungere le travi stesse, in prossimità della parete NO.

T1	Posizionata al centro, in mezzo al combustibile
T2	Inserita al di sotto del battuto in mezzo alle travi che ricoprono il fondo, a circa 50 cm dalla parete NO.



Figura 43: posizionamento termocoppie

Una volta posizionati i vasi all'interno della buca ed effettuate le successive cariche di combustibile, la cottura procede fino a fine cottura, come negli altri casi, è stato possibile osservare la formazione di uno strato uniforme di cenere sul fondo della struttura e di frammenti di carboni. Le pareti appaiono arrossate nella parte bassa a contatto con il fondo; il battuto appare sgretolato e in parte ha formato concotti.

Diario. Campo sperimentale. BUCA C, COTTURA 1 9/11/2016

Scavo della buca C. 16.00 Preparazione. Si setaccia il terreno (limo-argilloso) che verrà usato per fare la camicia. Si usa un setaccio a maglie larghe, di 2 mm. Si procede rivestendo le pareti della buca con argilla che si lascerà seccare fino al giorno dopo. Per favorire questo processo si dispongono ceneri prese dalla buca A sul fondo, al fine di riscaldare le pareti.

10/11/2016

9.00 Si rimuovono le ceneri e i carboni usati la sera prima per tentare di seccare la camicia.

9.50. Completiamo la copertura delle travi sul fondo rivestendole di sedimento argilloso e creando una sorta di battuto.

Fase 1. 10.00. Accensione del fuoco di riscaldamento. Richiede più tempo del solito. 3 ceppi grandi e pezzettini di legno. Arbusti disposti tutti attorno alla buca. Il vento soffia da SE

11.00 Inseriamo termocopie. Fuoco al centro.

Peso legna da usare per la fase di preriscaldamento (7+6=15 Kg). Si aggiungono anche bricchetti e ramaglie. Aggiungiamo i primi sette chili e poi gli altri 8 assieme ai pezzi di bancale. I vasi vengono disposti tutti attorno per scaldarsi.

11.40 Per favorire l'accensione si aggiungono altri 7,5 Kg (3 ceppi grossi) più pezzi extra di bancale.

11.47 Foto buca carica di combustibile (tre tronchi calcolati già nel peso indicato precedentemente si aggiungono adesso assieme ad altri pezzi di bancale). Considerato il fatto che il bancale è in abete e si brucia più velocemente, non l'abbiamo conteggiato nel peso. Fiamme alte.

Fase 2. 12.05 Spostate le braci e i ceppi carbonizzati ai lati delle pareti. Al centro resta cenere. La T1 segna 477° C. La T2, posizionata sul fondo, sotto le travi, segnava pochi minuti fa 11° C e ora 20°C (la temperatura sale progressivamente).

Fase 3. 12.05 CARICA VASI (Pezzo Vhò e 2 boccali, 2 ciotole).

12.10. Aggiunti 8,5 Kg (non preriscaldamento come da procedura ma dopo carica vasi).

12.16. Aggiunti 22 Kg di legna (solo rovere). Disposta sui vasi. T1. 394,3° C (si abbassa) – T2. 32,8° C. - 12.28 T1 534° c – T2: 41° C (TRAVI) - 12.52. T1: 890°C – T2: 76,2° C

13.00 Aggiungiamo i 22 KG di legna come da protocollo. Si spostano prima i ceppi bruciati verso le pareti e si aggiunge il carico al centro, sui vasi.

13.02. T1. 733° C – T2: 88,3° C; 13.18. T1: 814°C - T2. 88°C.

13.20 aggiunto fine carico di 16,250 Kg

13.38 T1. 800° C – T2. 117° C; 13.30 T1. 824° C – T2. 125° C Buon mantenimento di alte temperature. 850° C

16.22 Il fondo mantiene calore alto. T1. 614° C – T2 307°C. Notare che al centro potrebbe essere più alta. 17.25 Prelevati vasi T1. 350° C - T2. 288° C

LG Sper2016		LUGO DI GREZZANA BUCA C	
BUCA C	Dimensioni 143x115 cm Profonda 43 cm a S-E e 52 a N.	Pareti Sub- verticali	Fondo Piatto
COTTURE	Cottura 1 – 10/11/2016		
Variabile inserita	Travi tagliate per lungo di rovere sul fondo e una spalmatura di argilla locale, un po’ depurata dalle parti più grossolane, mista ad acqua, sulle pareti. Il fondo di travi viene ricoperto di terra limo-argillosa presa dallo scavo della buca C stessa e viene compattato sopra le assi.		
Ora inizio (Accensione)	Durata		
10:00	7h 25’		
Fase di preriscaldamento	Fase di cottura (dalla carica dei vasi all’ultimo carico di legna)	Raffreddamento	
2:05’	1:30’	3 h	
Materiale usato 91 KG	Travi in rovere per il fondo. Rovere e frr. Di bancale in abete come combustibile.		
Temperatura Max raggiunta T1: 910,9° C T2: 306,1°C)	Via via che le temperature monitorate da T1 calano, quelle di T2 crescono (max. 306,1°C)		
Monitoraggio temperature Osservazioni	T1 al centro, sopra le travi, in mezzo al combustibile. T2 posizionata sul fondo, sotto le travi		
Osservazioni	Buon mantenimento di alte temperature. 850° C Si scava al di sotto del battuto usato sulle travi e si rinvencono travi parzialmente carbonizzate. Buon risultato simile alle evidenze rinvenute a livello archeologico. Il battuto appare sgretolato e in parte ha formato concotti.		
Ceramica	5 vasi. Vaso forma Vhò, realizzato con impasto medio con argille del sito. Al suo interno inserito altro vaso con impasto Lugo.		

Risultati

La replica condotta nella buca C ha permesso di valutare positivamente l'uso della variabile che implica la presenza di un battuto sulle travi. Si è trattato di una soluzione che non solo ha permesso alle travi di preservarsi e confermare dunque positivamente l'ipotesi di partenza confrontandola con i dati archeologici, ma il monitoraggio delle temperature ha permesso di fornire anche una proposta funzionale a quello che sembrava soltanto l'effetto secondario di una specifica procedura. Il dato sorprendente ha permesso di fare luce su quella che poteva essere la funzione delle travi su fondo.

Rubefazione: le pareti presentano la camicia rubefatta, rossa nella parte basale, a circa 10 cm dal fondo. Presenta crepe dovute al seccarsi per il fuoco, è di colore marrone e presenta molti residui di fuliggine (**Fig. 44**). Minore il nero fumo rispetto alla buca B. Non sono caduti pezzi di camicia nel riempimento della buca. I vasi prelevati in serata, attorno alle 17, come nella buca A, C3.



Figura 44: Residui di combustione alla fine del ciclo di cottura nella Buca C. Nelle immagini di dettaglio è possibile osservare le pareti, annerite dalla fuliggine, indurite e fessurate per l'azione del calore; la parte bassa della parete N rubefatta, e i resti di carboni e ceneri.

Travi sul fondo: alla fine del ciclo di cottura nella buca C, è stato possibile verificare lo stato di conservazione delle travi usate su fondo e ricoperte da sedimento attraverso un piccolo sondaggio che ha permesso di confermare l'ipotesi di partenza e dare



Figura 46: fine cottura, concotti e travi.



Figura 45

risposta positiva al confronto con il dato archeologico. Lo stato di conservazione è infatti molto buono, le travi si preservano e sembrano aver mantenuto anche la loro disposizione originaria (**Figg. 45-46**).

Ceramica: i vasi hanno raggiunto un buon livello di cottura, il colore della superficie, rossiccio è tipico dei reperti ceramici ritrovati a Lugo. Il vaso a piede realizzato con argille di Lugo a fine cottura appare integro (**Figg. 47-48**).



Figura 47



Figura 48: cottura in corso nella buca C.

Andamento delle temperature

Fase 1, preriscaldamento: si osserva una rapida crescita delle temperature. Con ampie oscillazioni (di 50°-100°) nell'arco dei cinque minuti con picchi anche di 752° e 906° C che non vengono mantenuti a lungo.

Fase 2-3: dopo aver sparso le braci si osserva un ovvio calo delle temperature, anche durante il momento della carica dei vasi. In questa fase si assestano attorno ai 400/500° C per una ventina di minuti prima di crescere e raggiungere nuovamente i 700°-800° C e raggiungere anche un picco di 910°C mantenuto più o meno per cinque minuti. Si resta nel range degli 800° C per circa quindici minuti, dopo un breve calo che le porta sui 740° C circa, dopo una nuova carica si risale sugli 800° C per altri quindici minuti, e ancora così, dopo un leggero calo sui 785° C per dieci minuti e dopo nuova carica. Le temperature registrate durante la cottura dalla T2 restano basse fino alle 12.33 (48° C), mentre la T1 rileva già 570° C. La temperatura in corrispondenza delle travi segna un picco di 309,6° C attorno alle 16.27. Si tratta di un alto range che viene mantenuto per oltre un'ora.

Fase 4: Il tempo di esposizione ai 700° C è di quasi mezz'ora dopodichè le termocoppie registrano un calo graduale ai 600° C che vengono mantenuti per tre quarti d'ora dopodichè si registra un continuo e lento raffreddamento.

Il giorno dopo la cottura la buca appare spenta. Il combustibile è totalmente trasformato in cenere ed è visibile poco carbone. La temperatura sul fondo, nel punto di posizionamento della T1 è di 78° C. (**Diagramma 4, Fig. 50, Tab XI**)

Ultima fase di utilizzo: una volta prelevato il carico di vasi, si decide di colmare la buca con i cumuli di terreno derivanti dallo scavo (**Fig. 49**). La parte inferiore del riempimento rimane dunque in deposizione primaria. Tale decisione mira simulare una condizione di utilizzo e ricopertura parziale, con un primo riempimento intenzionale e eventuali effetti secondari.



Figura 49

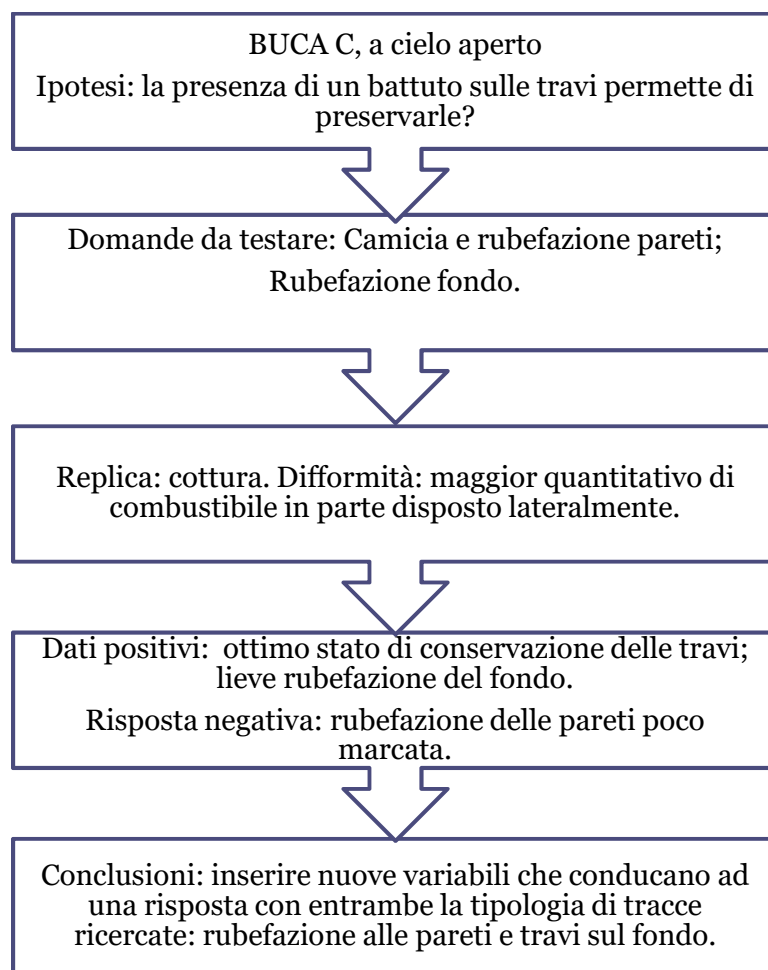
Difficoltà e problematiche: A causa di difficoltà di avvio del fuoco, il ciclo di cottura ha subito alcune variazioni nelle tempistiche previste dalla procedura di riferimento. I tempi della fase di preriscaldamento sono un po' più dilatati (tabella x). Al quantitativo di combustibile previsto dalla procedura vengono aggiunti alcuni pezzi di abete, parte di un bancale, utilizzati per poter colmare la struttura per intero. Si nota come questa tipologia di legname si degradi molto più velocemente rispetto al rovere. Gli 8,5 Kg dell'ultimo carico previsto nella procedura durante la fase di riscaldamento, vengono aggiunti subito dopo la carica dei vasi dopodichè si procede come di solito.

Osservazioni: la replica sperimentale effettuata ha permesso di dare risposta positiva all'ipotesi di partenza concernente le modalità di preservazione delle travi in quanto il dato sperimentale appare confrontabile con quello archeologico.

Anche il confronto tra sezione sperimentale fornisce ulteriori conferme alla possibile presenza di un battuto che facesse da isolante.

Conclusioni: La cottura nella buca C ha permesso di acquisire nuove informazioni sui processi che consentono alle travi di preservarsi. La procedura ha permesso di ottenere solo una delle tracce ricercate: le travi sul fondo. A cosa può esser dovuta dunque l'assenza di una marcata rubefazione delle pareti? Questa replica ha fatto scaturire nuove domande:

- può la rubefazione delle pareti dipendere dalla modalità di disposizione del combustibile nella buca? Tale ipotesi verrà dunque indagata in una delle prossime cotture.



Le cotture effettuate nella Buca A, rivelano che nel caso di alterazione termica del fondo questa appare molto compatta con variazione cromatica molto evidente. La cottura effettuata nella buca C, rivela una rubefazione del fondo, che di fatto è il battuto che tende a sgretolarsi e trasformarsi in concotto. Il concotto è attestato archeologicamente sotto forma di piccoli frammenti e frustoli, questo tipo di processo potrebbe spiegare l'assenza di rubefazione del fondo.

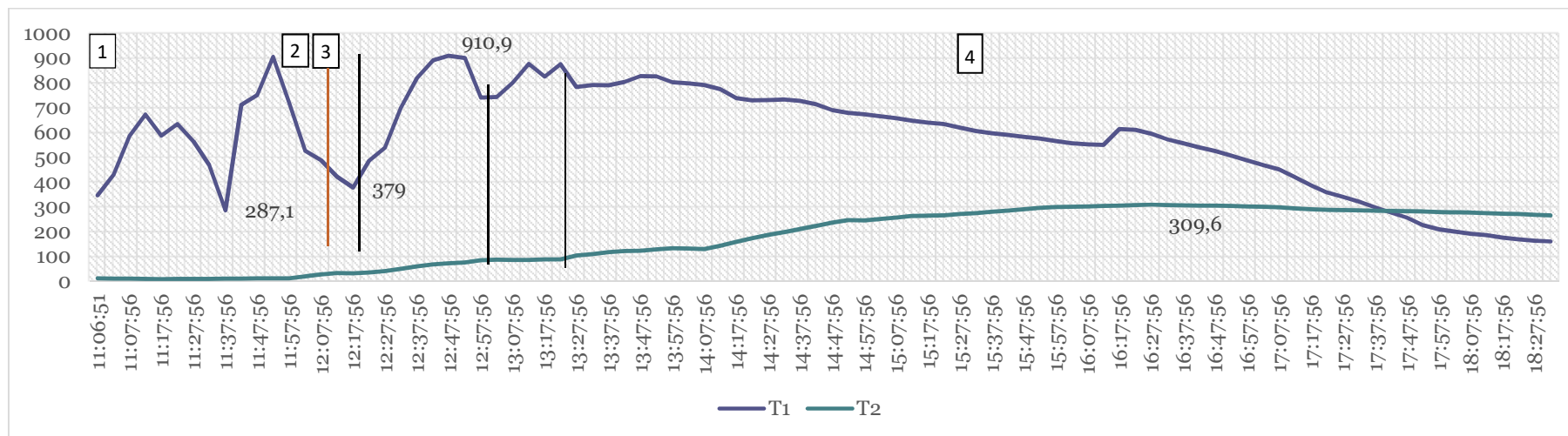


Diagramma 4: Buca C, Cottura 1. Intervalli di dieci minuti (in tabella di 5 minuti). L'indicatore rosso indica il momento della carica dei vasi, quelli in nero segnano le cariche di combustibile in fase di cottura (primo carico da 22 Kg, secondo carico da 22 Kg e ultimo da 16,250 Kg).



Figura 50: processo di cottura dalla fase di preriscaldamento fino al raffreddamento.

	Time	T1	T2	
	C, C1	Centro	Travi	
FASE 1	10:00			Accensione +15 KG
	11:06:51	346,9	11,7	bancali
	11:07:06	430,1	11,5	ramaglie
	11:07:56	586,6	11	
	11:12:56	673,4	9,6	
	11:17:56	587,7	9,5	
	11:22:56	634,7	9,8	
	11:27:56	565,4	10	
	11:32:56	468,7	10,2	
	11:37:56	287,1	10,6	
	11:42:56	713,2	10,8	7,5
	11:47:56	752,6	11,7	
	11:52:56	906,2	12,2	
	11:57:56	719	12	
FASE 2	12:02:56	527,2	20,5	spostate le braci
FASE 3-4	12:07:56	489,4	28,3	carica vasi
	12:12:56	422,2	33,7	8,5
	12:17:56	379	32,7	22
	12:22:56	486,7	36,3	
	12:27:56	539,9	41,9	
	12:32:56	700,7	50,4	
	12:37:56	820,3	60,7	
	12:42:56	892,1	68,5	
	12:47:56	910,9	73,1	
	12:52:56	902,2	76,3	
	12:57:56	742,5	85,2	
	13:02:56	744,1	87,1	+22 kg ceppi ai lati

FASE 3-4	13:07:56	801,2	86,8	
	13:12:56	878,2	86,8	
	13:17:56	826,6	88,3	
	13:22:56	877,5	88,2	16,250 KG
	13:27:56	785,2	104,9	
	13:32:56	792,9	110,5	
	13:37:56	791,8	118,4	
	13:42:56	804,7	122,9	
	13:47:56	828,9	123,7	
	13:52:56	827,3	129,4	
	13:57:56	804,2	134,2	
	14:02:56	799,2	132,3	
	14:07:56	792,1	130,8	
	14:12:56	776,1	144,1	
	14:17:56	739,5	159,1	
	14:22:56	730,3	174	
	14:27:56	731,5	187,1	
	14:32:56	734,1	199	
	14:37:56	728,9	210,9	
	14:42:56	714,7	223,2	
	14:47:56	691,3	236,9	
	14:52:56	679,7	246,8	
	14:57:56	674,3	246,4	
	15:02:56	666,3	251,6	
	15:07:56	659,2	257,1	
	15:12:56	648,2	263,7	
	15:17:56	640,9	265	
	15:22:56	635,3	266,7	
	15:27:56	620,3	271,9	

	15:32:56	607,3	274,9	
FASE 4	15:37:56	598,4	280,5	
	15:42:56	591,2	285,8	
	15:47:56	583	291,4	
	15:52:56	577	296,7	
	15:57:56	567,1	300,5	
	16:02:56	558	301,1	
	16:07:56	553,4	301,9	
	16:12:56	551,3	304,9	
	16:17:56	614,8	305,7	
	16:22:56	612	308,2	
	16:27:56	596,2	309,6	
	16:32:56	573,9	308,4	
	16:37:56	557,9	307,1	
	16:42:56	540,2	306,1	
	16:47:56	525,9	305,2	
	16:52:56	507,2	304,1	
	16:57:56	487,9	302,4	
	17:02:56	468,8	300,8	
	17:07:56	452,2	299,1	
	17:12:56	420,1	294,9	
	17:17:56	387,8	291,3	
	17:22:56	358,2	289,3	
	17:27:56	341	287,7	prelevati vasi
	17:32:56	321,4	286,7	
	17:37:56	299,3	285,1	
	17:42:56	278	284,4	
	17:47:56	257,8	283,4	
	17:52:56	226,8	282,4	

	17:57:56	210,6	280,3	
	18:02:56	200,7	279,1	
	18:07:56	191,8	277,3	
	18:12:56	186,1	275,4	
	18:17:56	176,8	273	
	18:22:56	169,7	271,6	
	18:27:56	164	268,8	
	18:32:56	161,1	266,3	

Tabella XI

5.2.2. Seconda serie di repliche sperimentali

La seconda serie di repliche sperimentali è stata effettuata nel mese di settembre 2017. I dati di riferimento per lo scavo delle buche D ed E sono stati gli stessi delle repliche precedenti. Le cotture eseguite sono state in totale cinque: una nella buca A (la quarta), tre nella buca D, e una nella buca E. Fatta eccezione per la prima che è stata eseguita a cielo aperto, tutte le altre hanno previsto l'uso di una copertura realizzata con materiale organico (**Fig. 51**).

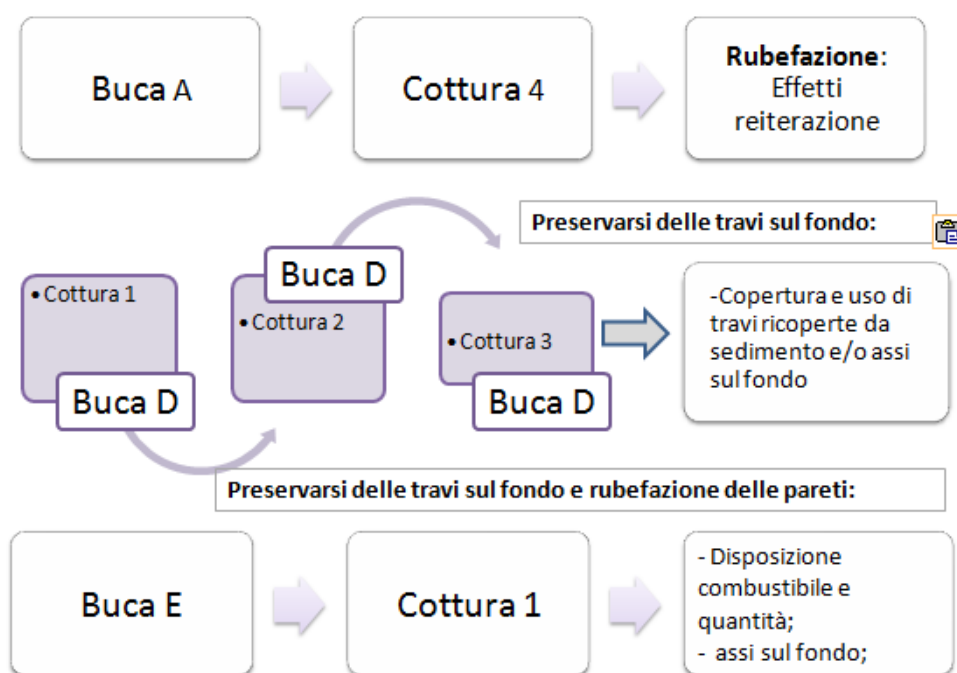


Figura 51: Schema della seconda serie di attività sperimentali con indicate le cotture effettuate nel mese di settembre 2017.

Ai parametri registrati per la prima serie di attività si aggiungono anche il monitoraggio dell'umidità, le temperature atmosferiche e del sedimento, e la velocità del vento (§ 5.1.3.)

La prima replica è stata eseguita martedì 26 settembre nella buca A (cottura 4), mentre due persone continuavano a scavare la buca B; mercoledì 9 novembre è stato possibile eseguire due cotture contemporaneamente, la prima della buca B (ore 9.17), la seconda della buca A (iniziata alle ore 11) mentre nel tardo pomeriggio si completava la preparazione della buca C; giovedì, in prima mattinata si è iniziata la cottura nella buca C (ore 10.00) con impiego di due termocouple (T1 e T2); due persone si sono occupate di seguire la terza cottura della buca A (ore 12.00) con impiego di T3 e T4; mentre in tarda mattinata (ore 13:30) abbiamo iniziato la cottura nella buca denominata B1 con la finalità di realizzare una copertura (dalle 14.00 in poi sono state rimosse le TC T3 e T4 dalla buca A e posizionate nella buca B1). (**Tab. XII**)

DATA	AZIONE
25/9 LUNEDÌ	Inizio scavo Buca D.
26/9 MARTEDÌ	Buca D, Cottura 1. Ore 10.55.
27/9 MERCOLEDÌ	Buca A Cottura 4, ore 11.30. Buca D Cottura 2, ore 11.30.
28/9 GIOVEDÌ	Inizio scavo buca E. Buca D, Cottura 3, ore 11.15. Buca E, Cottura 1, ore 14.00.
29/9 VENERDÌ	Recupero vasi, ultimato lavoro di documentazione. Messa in protezione l'area.

Tabella XII

Stallavena - Set 2017

www.3bmeteo.com - 22/1/2018

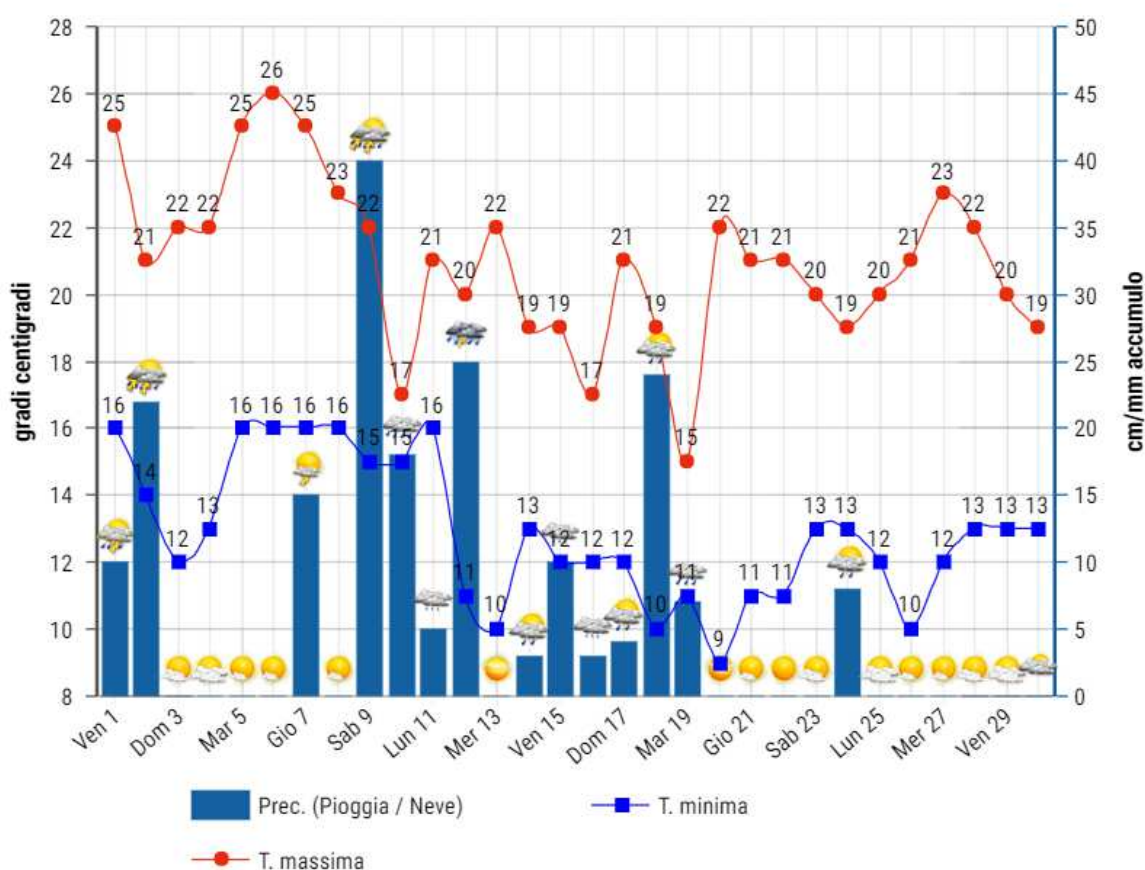


Figura 52

Le condizioni meteorologiche nella settimana di attività sono state buone con massime di 13° C e minime di 9° C. Non sono state presenti precipitazioni sebbene ne siano state

registrate di abbondanti durante le settimane precedenti. Il periodo in cui le buche sono state inutilizzate, va dall'11 novembre 2016 al settembre 2017 e ha coperto dunque un arco di tempo in cui si è passati da una stagione autunnale all'altra. Le condizioni meteo alle quali le strutture sono state esposte sono dunque le più varie: dalle temperature rigide di gennaio a quelle elevate di luglio-agosto. Gli eventi meteorologici avranno condizionato le trasformazioni delle buche che son state lasciate aperte (A, B) e in parte anche quelle che sono state riempite per metà (**Fig. 52**).

▪ **REPLICA SPERIMENTALE, BUCA D, COTTURA 1**

La replica della prima cottura nella buca D ha previsto l'uso delle travi sul fondo, ricoperte da sedimento. Nel corso della cottura 1 nella buca C, la loro presenza aveva rappresentato una variabile che aveva permesso di confermare l'ipotesi di partenza sulla capacità di conservazione delle travi. Stavolta si è deciso di considerare come variabile la presenza di una copertura per osservare gli effetti sull'alterazione termica delle pareti e le differenze del regime termico della struttura.

Sono stati inoltre realizzati due sfiati, così come suggerito sia dalle evidenze della struttura ES 473/03 che della ES 635/03 per verificarne la funzionalità (**Fig. 53**) in riferimento non solo ad una maggiore introduzione di ossigeno durante la cottura ma per osservare la propagazione del calore e tentare di comprendere se la formazione di concotti in corrispondenza dello sfiato può esser l'effetto del raggiungimento di specifiche temperature.

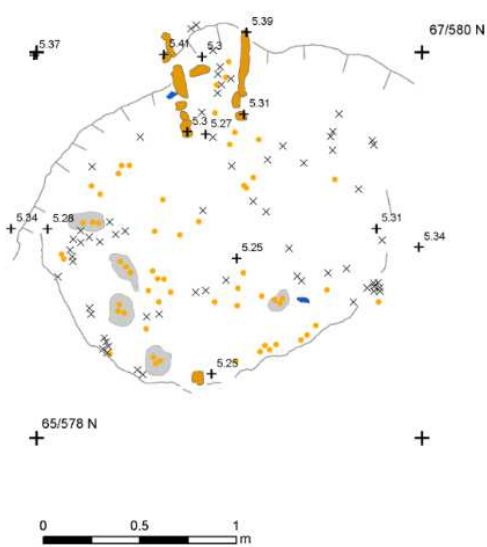
La cottura, eseguita durante la seconda giornata di attività del campo sperimentale, ha visto l'utilizzo di tutte e 4 le termocoppie disponibili al fine di monitorare non solo le temperature della camera di cottura ma anche quelle rilevabili in corrispondenza della parete e degli sfiati realizzati a N della struttura (**Tab XIII – Fig. 54**). La termocoppia usata per monitorare le temperature in parete è stata inserita a circa 5-7 cm dal limite della buca, nel terreno attorno, in modo da far coincidere l'estremità dell'asta con la faccia esterna, a metà altezza, della parete.

La procedura di riferimento è stata seguita solo per la fase di preriscaldamento dal momento che si è deciso di effettuare il carico di combustibile, previsto per la fase di cottura, in tempi più stretti di quelli di solito seguiti per le altre cotture. Il tipo di combustibile impiegato è stato sempre lo stesso, rovere. 31 kg nella fase di preriscaldamento e 44 per quella di cottura. Sono state caricate sei forme: boccali, un piatto e un orcio realizzati sia in occasione di alcuni laboratori con gli studenti di Trento che da collaboratori esterni¹⁰.

¹⁰ Forme realizzate nel corso dei laboratori organizzati nell'ambito dei corsi di Preistoria e Protostoria (prof.ssa Annalisa Pedrotti) e come tutorato specifico (Annalisa Costa). Il boccale con rivestimento in ocra è stato realizzato da Renato Fasolo (Archeoland), le altre forme da Agatino Reitano (Ass.ne Etnattiva).



Figura 53: foto di dettaglio dello sfiato della buca D Apertura principale con due diramazioni (come da tracce registrate archeologicamente costituite da una forte dispersione a “V” di concotti (US) della struttura ES 635/03. A destra pianta della struttura ES 635/03 con visibile l’apertura caratterizzata da due blocchi di concotto ai lati (elaborazione grafica F. Cavulli).



T1	Travi sul fondo	Sensore 1	A 30 cm dalla parete S
T2	Centro, in corrispondenza del fuoco	Sensore 2	A 50 cm dalla parete N
T3	Parete Est a 22 cm dal piano di campagna, 25 cm dal battuto	Sensore 3	65 cm verso N, nello sfiato
T4	Sfiato N		

Tabella XIII: Posizionamento delle termocoppie e dei sensori di umidità.



Figura 54: indicazione del posizionamento delle termocoppie.

Ciclo di cottura: una volta ultimato lo scavo della buca D, a Nord è stata realizzata un’apertura con due diramazioni a “V” per una lunghezza di circa 130 cm e profonde una decina (Fig. 55 a). Lunghe travi sono state disposte in senso E-O sul fondo della buca (Fig. 55 b-c) e poi ricoperte con sedimento che è stato compattato per ricreare una base regolare (Fig. 55 d). Una volta avviata l’accensione si è proceduto ad effettuare il preriscaldamento della buca seguito dalla carica dei vasi (Fig. 56 a-f) e, 45 minuti dopo, dalla copertura della buca (Fig. 57a-d).



Figura 55: fasi di preparazione della buca D. a) realizzazione buca e sfiati; b) posizionamento travi sul fondo; c) particolare delle travi disposte per intero sul fondo in direzione E-O; dettaglio della buca, con visibile la pietra usata per chiudere lo sfiato principale.



Figura 56: diversi momenti del ciclo di cottura. A) carica dei vasi con combustibile attorno; b) immagine della buca D con visibili i vasi, il combustibile, le termocoppie; c-f) fase di cottura, copertura con combustibile, bocca dello sfiato chiusa.



Figura 57: a) copertura iniziale con zolle di erba; b) fuoriuscita fumo grigio; c) parziale collasso della copertura e tracce di bruciato; d) crollo della copertura con sfiati naturali dai quali è possibile vedere il repertorio vascolare all'interno in fase di cottura (colore arancio vivo).



Figura 58: esempio di zolla utilizzata per la copertura.

La copertura è stata realizzata disponendo erba al di sopra del combustibile e subito dopo zolle di medie dimensioni (terra ed erba). Al centro e ai lati alcune aperture garantiscono la fuoriuscita di fumo e il termometro indica un aumento graduale delle temperature che hanno registrato picchi significativi.

Fase 1. È durata circa due ore durante le quali sono stati impiegati 31 kg di combustibile, come da procedura;

Fasi 2. Si spargono le braci sul fondo per favorire il caricamento dei vasi da cuocere.

Fase 3. I vasi vengono disposti al centro della buca, sui carboni. Attribuiamo a questa procedura l'esplosione di molti di essi che non resistono allo shock termico. Tutto attorno viene disposto il combustibile. Il vasellame è stato gradualmente ricoperto dalle braci e dalle diverse cariche di combustibile. La cottura dei vasi è avvenuta in parte a cielo aperto, subito dopo la carica dei 44 kg di combustibile. La cottura procede infatti per circa tre quarti d'ora e solo dopo si è proceduto a creare la copertura creando una sorta di "tappo" in materiale organico, costituito da grandi zolle precedentemente preparate. La cottura procede fino al raggiungimento del picco massimo per circa 2 ore e mezza, dopodiché le temperature iniziano a decrescere.

Fase 4. Calo delle temperature dal picco massimo dopo circa due ore e mezza dal momento della copertura. Si raggiungono i 600° C dopo circa sei ore dalla copertura della struttura. Il raffreddamento procede molto lentamente fino a sera, momento durante il quale le temperature si assestano sui 300° C.

Momento di irraggiamento di luce rossa è ben visibile e riconoscibile grazie ad un'apertura creatasi nella copertura (**Fig.59 b**)



Figura 59: diversi momenti nella fase di cottura. a) vasi poco dopo la carica; b) in fase di cottura, momento con superamento soglia dei picco (colorazione arancione viva); c) momento di calo delle temperature (cambiamento nella colorazione); d) fine cottura con visibili diversi residui di combustione (cenere e concotti)

Diario di attività sul campo

Ora	Descrizione Buca D-C1 Martedì 26-9-2017	Kg combustibile	Misurazioni	Osservazioni
10:30	Preparazione materiale per accensione		Umidità del fondo: 86% Temperatura 15,5°C	
10: 57	Accensione. Iniziamo a registrare con le TC Dopo accensione con bricchetti, aggiunto combustibile per il pre-riscaldamento	4-5 legnetti accendifuoco 7,5 Kg		
11:00	Spostata la T 2 sul fuoco			
11:08	Aggiunti altro combustibile. Si dispongono i vasi attorno al fuoco	7,5 Kg		
11:47	Il combustibile si è trasformato in carbone			
11:50	Aggiunta combustibile	8,5 Kg	T1: 20,8 T2: 595,5 T3: 57,5 T4: 37,3	Durante il preriscaldamento, nonostante il combustibile sia stato disposto attorno alle pareti, non pare osservabile rubefazione.
11:54	Misurazione vento e umidità.		Vento da Sud Umidità generale 48%	
12:00	I vasi vengono ruotati, sono molto caldi.			
12: 15	Nuovo carico di combustibile	7,5 Kg	T1: 22° C T2: 886,2° C T3: 741° C T4: 40° C	
12:30	Spargimento braci sul fondo			
12:39	Carica dei vasi al centro della buca. Metà dei vasi esplode. Posizionati direttamente sui carboni.		T1: 23° C T2: 236° C T3: 94° C T4: 40° C °	
12:40	Disposti attorno alla buca. Fumo bianco. Osservazioni: La temperatura rilevata alla parete inizia a salire. Le pareti si anneriscono.	22 Kg	T1: 25,4° C T2: 156,8° C T3: 147° C T4: 37° C °	Vento da Sud Umidità 28% Temperatura 25, 1° C

12:56	Aggiunti e disposti altri ceppi di legno tutto attorno alla buca	22 Kg		
13: 16	Si avvicinano i carboni ai vasi, I vasi hanno una colorazione più scura.		T1: 30° C T2: 273° C T3: 189° C T4: 35° C ° <hr/> Poco dopo: T1: 25,4° C T2: 156,8° C T3: 147° C T4: 37° C	Nuvole e vento da Sud.
13:21	Carboni sulle ceramiche			
13:26	Si aggiunge erba nella buca e si ricopre di zolle. Decidiamo di non aggiungere i 16 Kg previsti dalla procedura.			
14.30	La temperatura rilevata dalla T2 indica un costante aumento delle temperature		T2: 600° C	
14:40	Temperatura cresce ancora. La copertura inizia a collassare.		T2: 650° C	Gli sfiati, sono troppo alti e non assolvono alla loro funzione.
15:48			T2: 870,2° C	
16:00	Lasciamo continuare la cottura Continuano a registrare fino alle 20:50 (le stacciamo)		T2: 879, 1° C	
20:50	Stacciamo le TC		T1: 49°C; T2: 306°C; T3: 33°C ; T4: 18°C	
27-9-2017 8:20	Tiriamo fuori i vasi che si trovano sul fondo. Sono ancora caldi. In totale 6. Prelevati campioni di concotto, dalla copertura (crollo). 2,5 YR 4/1			Boccale Fasolo Boccale Anna 2 Agatino 1 piatto e 1 workshop UniTn

Risultati

La replica condotta nella buca D, ha permesso di osservare e verificare gli effetti dell'uso di una copertura in una buca con presenza di travi disposte sul fondo e ricoperte da sedimento. La copertura è stata realizzata a due ore e mezza dall'accensione. L'intero processo di cottura ha richiesto circa 9 ore.



Figura 60: residui di combustione a conclusione della prima cottura nella buca D.

A fine cottura, i residui della combustione includono anche la copertura crollata che si presenta combusta al centro mentre parte dell'erba delle zolle si preserva ai margini della struttura. Il riempimento appariva ricco di frustoli di carbone, travetti e concotti di varie dimensioni di colore arancio intenso e riempie in buona parte la struttura che però viene ripulita prima della cottura successiva (**Fig. 60**).

Rubefazione:

Come specificato in precedenza, segni di alterazione termica del sedimento sono visibili all'interno della struttura, rappresentati dai residui della copertura e che costituiscono dunque parte del riempimento della buca (**Fig 61**). Molti di essi presentano un acceso colore arancio (2,5 YR 4/1). L'aspetto è compatto sebbene presenti alcune fratture, alcuni presentano una parte combusta, di colore nero e una rosso-arancio, hanno superficie irregolare e sezione irregolare (5 YR 5/8; in frattura: 2.5 YR 5/8; 2.5 YR 4/8).

Il fondo (battuto al di sopra delle travi) appare rubefatto, con una marcata variazione cromatica (2,5 YR 4/1 indicato nel diario di scavo - 2.5 YR 5/8 in tabella) che è molto accentuata nella parte centrale, e compatto (spessori di circa 3-5 cm) mentre il resto della superficie appare indurito e ricoperto da cenere (**Fig. 62**). Le pareti appaiono anch'esse indurite dall'esposizione al calore e ricoperte da fuliggine, ma non hanno subito variazioni cromatiche significative.



Figura 61: aspetto dei concotti all'interno della struttura D e che sono parte del riempimento derivante dal residuo della copertura.



Figura 63: alterazione del fondo della buca D dopo la prima cottura. Variazione termica accentuata nella parte centrale (rosso) e più scura sul resto della superficie della buca.



FFigura 62: Spessore del battuto sulle travi e variazioni cromatiche. Sulla destra dettaglio della parete dopo la prima cottura.

Travi sul fondo

L'espedito delle travi, ricoperte da sedimento, anche in questo caso ha dato risposta positiva. Una volta conclusa la cottura 1 nella buca D, è stato effettuato un piccolo sondaggio. Si scava al di sotto del sedimento di rivestimento delle travi (battuto) per verificare lo stato di preservazione delle travi sul fondo. Lo spessore del battuto è tra i 3 e i 5 cm. Sondaggio lungo 54 cm e largo 25 cm. Le travi più periferiche appaiono poco combuste. Le travi centrali presentano tracce di combustione consistenti (**Fig. 63-64**).

Alle 9.40 sono ancora calde e la combustione è ancora in atto. Il sensore 2 segna 23° C di temperatura e il 48% di umidità, la termocoppia posizionata tra le travi rileva 360° C.



Figura 64: saggio e dettaglio dello stato di conservazione delle travi posizionate sul fondo della struttura D alla fine della cottura sperimentale 1.

Campioni: Dopo la prima cottura vengono prelevati campioni dal fondo, a ridosso delle pareti; dalla parte centrale della struttura (battuto presente sulle travi); dal riempimento centrale; alcuni frammenti dalla parete E, in corrispondenza del punto dove era posizionata la TC 3 (tabella x concotti sperimentali).

Andamento delle temperature:

Il monitoraggio delle temperature ha permesso di riscontrare un comportamento leggermente difforme da quello riscontrato nel corso della cottura 1 nella buca C. La differenza può esser attribuita alla presenza di una copertura?

- Fase 1, preriscaldamento: la termocoppia T2, posizionata al centro della struttura, in corrispondenza della fiamma, rileva un rapido aumento delle temperature che passano da 31,5° C al momento dell'accensione e registrano un incremento iniziale di 23-25° C ogni 2 secondi. Una volta raggiunti i 103° C si passa in poco tempo ai 700° C con un incremento di quasi 100° C in 10 secondi. Si osserva che la velocità di incremento delle temperature, molto rapida all'inizio, tende a decrescere una volta raggiunti i 400° C passando ai 17° ogni 2 secondi; raggiunti i 500° C l'incremento registrato è di circa 10-12° C e superati i 600° C, diventano 7° C. Una volta assestate sui 700° C crescono di 4-2° C ogni 3 secondi. Raggiunti gli 800° C, anche l'incremento rallenta ed è possibile rilevare minime oscillazioni nell'arco di un minuto. Aumenti e diminuzioni di 3-4° che oscillano in un massimo di venti gradi di variazione. Attorno alle 12. 24 per ben 4 minuti si registrano temperature al di sopra dei 900° C con picchi di 937° C. Durante la fase di preriscaldamento si registra un picco di 939° C.
 - Fasi 2-3: Subito dopo aver sparso le braci le temperature iniziano a calare. Il decremento delle temperature continua anche dopo la carica dei vasi, nonostante sia stata accompagnata da una carica di combustibile di 22 Kg (le temperature da circa 800° C passano ai 137°). Solo con la seconda carica dello stesso peso, effettuata dopo quindici minuti dalla precedente, si osserva un progressivo incremento che continua anche dopo aver effettuato la copertura (fatta dopo circa 40 minuti dal caricamento nella struttura dei vasi).
 - Durante la fase con la copertura, temperature molto stabili che crescono lentamente. L'incremento verso il picco massimo raggiunto, di 882,1° C attorno alle ore 16.00 (tab. x), si ha dopo 3 e 20' dalla carica dei vasi e a distanza di 2 e 30' dal momento della copertura. Per circa un'ora le temperature oscillano nel range degli 800° C.
 - Fase 4. Il raffreddamento può dirsi avviato nel momento in cui, raggiunto il picco i 882° C si osserva un lento e graduale calo delle temperature. Per cinquanta minuti si resta nel range degli 800° C; per 45' in quello dei 700° C; 48' in quello dei 600° C; 35 minuti nel campo dei 500° C; 45' sia in quello dei 400° C e dei 300° C e quest'ultima temperatura viene registrata per un'ora dalle termocoppie prima che fossero staccate (ultima rilevata di 306° C). (**Grafico 1; Diagramma 5, Fig. 65, Tab. XIV**) L'indomani alle ore 10:05 la temperatura del fondo è addirittura di 372,2° C. Un'ora dopo, di 353° C, con temperatura esterna di 32° C e umidità al 30%. Alle 11:20, nell'angolo SW della struttura la temperatura rilevata è di 300° C, (SW buca D), e 30,2° la temperatura esterna, con 31% di umidità.
- La fase di raffreddamento può dirsi iniziata dunque dopo circa due ore e mezza dal momento della copertura, con temperature di 600° C dopo circa sei ore dalla copertura della struttura; procede molto lentamente fino a sera, momento durante il quale le temperature si assestano sui 300° C.

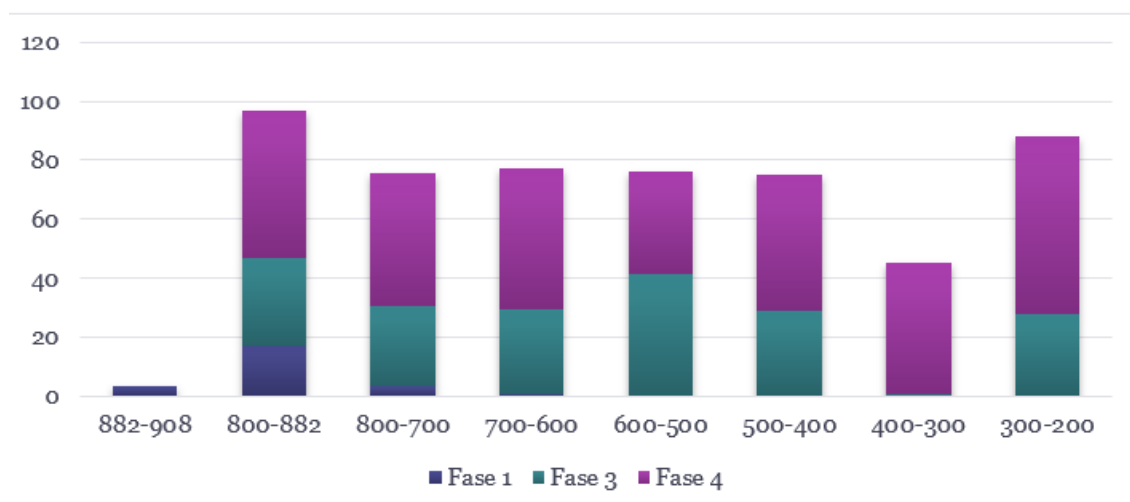


Grafico: 1

Condizioni di umidità: i sensori posizionati sia a N che a S della buca, sul piano di calpestio, registrano temperature con uno scarto di circa 4° C l'uno dall'altro (quello a N, nonostante sia più distante, rileva temperature più alte). La percentuale di umidità molto alta al mattino, inizia a decrescere con l'aumentare delle temperature, ma non va mai al di sotto del 53% (sensore 2). I parametri rilevati in prossimità dello sfiato non appaiono molto significativi in quanto non molto differenti da quelli rilevati dai due sensori esterni (**Grafico 2**). La velocità del vento non sembra interferire con i risultati monitorati.

Ceramica: Sono stati caricati 6 vasi. Alcuni si sono scheggiati al momento del posizionamento sulle braci. Il colore della superficie è rossiccio, tipico delle cotture in ambiente ossidante e con tonalità comprese tra 5 YR e 7.5 YR. Un solo vaso, che era cosparso di ocre, presenta tonalità di rossi più accentuati (10 YR).

Difformità e problematiche: Rispetto alla procedura carichiamo 16 kg in meno di legna. Purtroppo gli sfiati non hanno assolto alla loro funzione perché troppo alti. Dopo la pulizia e prima dell'esecuzione della seconda cottura il loro livello è stato abbassato di alcuni centimetri.

Osservazioni: Il battuto sulle travi, molto compatto, non è documentato a livello archeologico. Effetti del tempo e dell'abbandono della buca potrebbero averne modificato l'aspetto? Il livello di concotti di piccole dimensioni osservabile tra le evidenze della struttura di riferimento potrebbe esser il risultato della disgregazione del battuto nel tempo? In sezione tale livello non appare immediatamente al di sopra delle travi ma lo spessore in parete, tra il punto in cui è presente l'ispessimento delle pareti e il fondo con le travi, potrebbe lasciar presupporre l'esistenza di un battuto. (per queste considerazioni vedere i confronti tra sezione della buca archeologica e quella della buca C e D). Lo scavo delle strutture (C e D), il primo a distanza di quasi un anno e l'altro di alcuni mesi (ancora da fare), potrebbe fornire delle risposte interessanti. Le temperature rilevate in corrispondenza dello sfiato sono risultate poco significative.

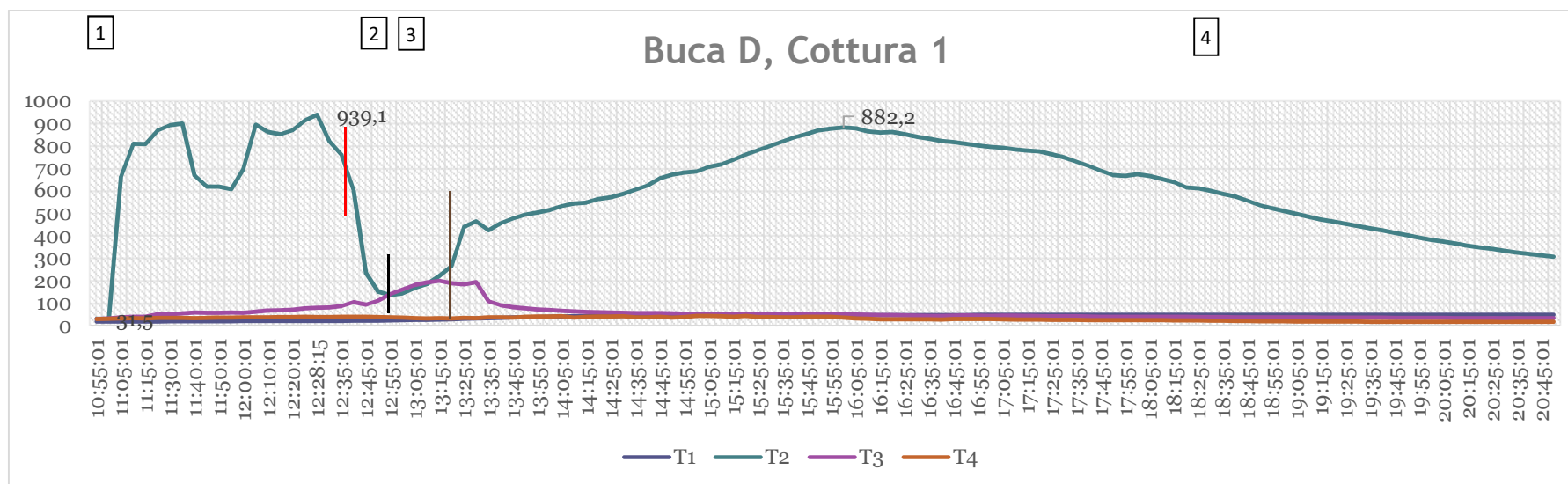


Diagramma 5: Le linee verticali indicano il momento della carica dei vasi (rossa) che in questa replica avviene assieme ai primi 22 Kg del carico di combustibile previsto dalla fase 3, la seconda carica di 22 kg (linea nera) e il momento della copertura con zolle e terra della buca (indicatore marrone).



Figura 65: ciclo di cottura della buca D. a) preparazione fondo con le travi; fase di cottura dei vasi su fondo con travi ricoperte da sedimento; copertura; fondo con battuto a fine cottura dopo la pulizia. D

D, C1	T1	T2	T3	T4	Azioni
	Travi sul fondo	Centro	Parete E	Sfiato N	
10:55:01	19	31	31,1	30,8	accensione
11:01:01	18,7	31,1	33,1	32,1	+7,5
11:03:45	18,9	103,5	36,6	32,3	
11:03:55	18,8	217	36,5	32,2	
11:04:05	18,8	301,2	36,6	32,3	
11:04:15	18,9	414	36,8	32,5	
11:04:25	18,8	502,1	36,9	32,5	
11:04:35	18,9	559,6	37,3	32,6	
11:04:45	19	613,2	37,6	32,8	
11:04:55	18,9	648,5	37,8	32,9	
11:05:05	19	674	37,9	32,8	
11:05:15	18,9	695,7	38	32,8	
11:05:25	19	714,5	38,3	32,9	
11:05:35	19	731,7	38,4	32,8	
11:05:45	19	747,7	38,4	32,8	
11:05:55	19	758,1	38,5	32,8	
11:06:05	19,1	759,7	38,7	33	
11:07:05	19,1	765,4	39,6	33,1	
11:08:05	19	781,4	40	33,2	+7,5
11:09:05	19,3	803,3	40,7	34	Vasi disposti attorno alla buca
11:10:05	19,3	810,2	41	33,7	
11:10:55	19,3	820	41,3	33,5	
11:11:05	19,3	815,5	41,4	33,5	
11:12:05	19,4	805,7	42	33,9	
11:13:05	19,3	828,6	42,1	33,8	
11:13:21	19,4	836,6	42,4	33,9	
11:14:05	19,3	815	42	33,8	
11:15:05	19,2	811,1	40,9	33,7	
11:16:05	19,2	846,8	41,6	34,1	
11:17:05	19,3	851	42,7	34,2	
11:17:17	19,4	866,1	43,2	34,3	
11:18:05	19,4	825,3	44,4	34,6	
11:19:05	19,4	820,6	45,6	34,6	
11:20:05	19,5	828,3	46,3	34,9	
11:21:05	19,6	833,6	47,1	35,1	
11:22:05	19,6	831,9	48,5	34,8	
11:22:45	19,6	863,8	49,8	35,4	
11:23:05	19,7	859,8	50,1	35,3	
11:24:05	19,9	847,5	51,1	35,6	
11:25:05	19,8	869,2	51,4	35,5	
11:26:05	19,8	879,6	51,4	35,3	
11:27:05	20	884,6	52,3	35,6	

11:28:05	20,1	875,9	53	35,6	
11:29:05	20,2	893,2	52,6	35,8	
11:30:05	20,2	895,6	52,5	35,6	
11:30:11	20,2	900,1	52,7	35,6	
11:30:35	20,2	908,6	53,3	35,4	
11:31:05	20,2	902,1	54	35,3	
11:32:05	20,1	907	54,4	35,3	
11:32:51	20	900,1	53,8	35,5	
11:33:05	20	897,5	54	35,4	
11:34:05	20	901,8	55,3	35,6	
11:35:05	20,1	899,7	55,5	35,7	
11:35:17	20	901,3	55,4	35,6	
11:36:05	20	889,6	56,5	35,3	
11:37:05	20	895,9	57	35,2	
11:38:05	20,1	886	56,2	34,5	
11:39:05	20,1	889	58,2	34,7	
11:39:15	20	803,9	58,7	34,8	
11:39:17	20	788,5	58,7	34,8	
11:39:35	20	705,1	58,7	34,9	
11:39:37	20	699,4	58,8	34,9	
11:40:05	20	667,4	59,7	34,9	
11:41:05	20	624,9	60,4	35,2	
11:42:05	20	614,6	59,4	34,9	
11:44:05	20,2	615,3	58,1	35,8	
11:46:05	20,2	617,7	57,8	36,1	
11:48:05	20,4	611,9	57,9	36,5	
11:50:05	20,6	619,3	57,9	36,4	+8,5
11:52:05	20,6	622,2	58,9	36,2	
11:54:05	20,8	610,5	59,3	37	
11:58:05	21	612,1	56,5	37,1	
12:00:05	21,3	701	58,6	37,6	
12:02:05	21,5	784,7	60,3	38	
12:02:29	21,4	800	60,1	38,2	
12:03:05	21,4	822,9	60,1	38	
12:04:05	21,4	854,1	61,7	37,9	
12:04:07	21,4	855	61,7	37,9	+7,5
12:05:05	21,3	895,7	62,8	38,1	
12:06:05	21,4	918,9	63,8	38	
12:06:13	21,4	922,3	63,9	38,2	
12:07:05	21,4	904,9	64,7	38,2	
12:08:05	21,4	880,5	66,3	37,8	
12:10:05	21,1	862,5	68	37,6	
12:15:05	21,5	849,3	69,4	39,5	
12:17:45	21,7	894,3	70,8	39,8	
12:20:05	21,9	870,1	72,4	39,5	

12:21:09	22	856,8	73,5	39,3	
12:23:05	22	904,3	74,9	40,7	
12:24:05	22	916,8	76,8	40,5	
12:24:15	22	920,3	77	40,4	
12:25:05	22,1	912,6	78,1	41	
12:28:05	22,2	934,8	80,8	38,9	
12:28:07	22,2	935,8	80,9	38,8	
12:28:09	22,2	936,6	81	38,8	
12:28:11	22,2	937,5	81	38,8	
12:28:13	22,2	938,2	81,1	38,9	
12:28:15	22,2	939,1	81,2	38,9	
12:28:39	22,1	902,4	81,7	38,7	
12:28:41	22,1	897,6	81,8	38,6	
12:30:05	21,9	818,4	82,5	38,8	Si spargono le braci sul fondo
12:30:35	22	800	84,1	39,2	
12:30:37	22	798,7	84,1	39,2	
12:35:05	22,4	760,6	88,2	40,4	
12:38:05	22,7	714,2	100	40,8	
12:38:13	22,7	695,8	101,5	41	
12:39:05	22,7	641,1	106,8	40,6	Carica dei vasi sulle braci
12:40:05	22,8	600,1	105,1	40,3	+22
12:41:05	22,8	570	100,5	39,9	
12:41:45	22,8	493,8	98,8	39,6	
12:42:05	22,8	429,2	98,1	39,8	
12:42:17	22,7	398	97,2	39,9	
12:43:05	22,8	317,4	96,7	40,5	
12:43:21	22,8	300,5	96,2	40,7	
12:43:23	22,8	298,7	96,2	40,7	
12:44:05	22,9	262,7	95	40,6	
12:45:05	23,1	233,2	94,4	41	
12:46:05	23,2	214,9	93,6	40,2	
12:47:05	23,2	207,7	87,7	39,4	
12:47:21	23,2	199,7	87	39,2	
12:48:05	23,3	181,3	89,8	38,9	
12:50:05	23,4	150,8	112,5	39,9	
12:55:05	24,2	137,4	142,9	38,4	+22
13:05:05	26,3	168,6	183,6	34,1	
13:10:05	27,3	186,3	191,7	32,8	
13:15:05	28,3	222,5	200,1	34,5	
13:20:05	29,7	266,3	189,7	33,7	
13:22:05	30,5	272,7	188,6	35,5	COPERTURA CON ZOLLE
13:23:05	30,7	286,8	186,9	35,2	
13:24:05	31,2	323,5	184,7	35,5	

13:24:37	31,4	401,3	186	36	
13:25:05	31,6	442,9	184,9	35,5	
13:26:05	31,9	463,8	185,1	35,8	
13:27:05	32,3	446,3	183,8	35,7	
13:29:05	32,9	455,4	192,2	34,8	
13:30:05	33,3	464,7	195	34,7	
13:33:05	33,5	419,4	122,4	37,8	
13:34:05	33,8	420	114,2	39	
13:35:05	34,3	425,4	108,5	38,7	
13:40:05	35,8	457	91,5	37,8	
13:45:05	37,7	478,7	83,2	36,5	
13:50:03	38,7	493,7	77,7	41	
13:53:21	39,5	500	74,9	42	
13:55:05	39,9	504,5	73,7	42,4	
14:05:05	41,6	533,4	67,4	43,7	
14:10:05	42,6	544,5	64,9	36,2	
14:15:05	42,6	547,8	62,2	40,3	
14:20:05	43	564,6	60,4	42,1	
14:23:05	43,5	568	59,4	42,1	
14:25:05	43,6	572,2	59,5	42,3	
14:30:05	44,1	586,8	58,2	43,4	
14:34:05	44,7	603,1	57,4	38,9	
14:35:05	44,9	605,6	57	37,9	
14:40:05	44,9	624,8	57,5	38,7	
14:45:05	45,6	656	56,4	40,5	
14:50:05	45,7	672,9	55,5	36,8	
14:55:05	46	683,1	54,6	40	
15:00:05	46,1	687,1	54,7	43,9	
15:03:05	46,4	699,9	54,1	43,2	
15:03:07	46,4	700,1	54,1	43,2	
15:05:05	46,5	707,7	54,3	44	
15:10:05	46,2	718,3	54,4	42,7	
15:15:05	46,9	738,2	53,9	40,1	
15:15:07	46,9	738,3	53,9	40,1	
15:20:05	46,8	763,1	53,7	44,3	
15:25:05	47,5	781,8	53,3	39,4	
15:30:05	47,6	799,5	52,8	39,1	
15:30:15	47,5	800,1	52,8	39,2	
15:35:05	47,5	819,9	52,6	38,4	
15:40:05	47,5	838,8	51,7	38,2	
15:45:05	47,3	854,5	52,2	40,1	
15:50:05	47,4	869,6	51,9	40,7	
15:55:05	47,4	877,6	51,8	40,3	
16:00:05	47,8	882,1	51,7	36,6	

16:05:05	47,9	878,4	50,3	32,7	
16:10:05	48	864,3	49,3	32,1	
16:15:05	47,9	860	48,2	29,8	
16:20:05	48	862,1	47,7	29,5	
16:25:05	48	852	46,8	29,5	
16:30:05	48,2	841,1	45,8	29,7	
16:35:05	48,4	831,8	44,8	28,8	
16:40:05	48,5	822,5	44,9	28,3	
16:45:05	48,3	817	45,4	30,2	
16:50:05	48,4	809,3	46,3	31,1	
16:55:05	48,9	802,5	45,4	31,2	
16:57:17	49,1	799,9	45	30,9	
17:00:05	49,4	795,6	44,4	30,2	
17:05:05	49,4	792,6	45,4	28,9	
17:10:05	49,5	784,7	45,3	28,6	
17:15:05	49,7	779	44,1	28,1	
17:20:05	49,7	776,5	43,3	27,6	
17:25:05	49,6	762,5	42,9	27,2	
17:30:05	49,6	749,3	42,8	27,1	
17:35:05	49,6	730,8	42,5	26,8	
17:40:05	49,5	711,3	41,6	26,1	
17:42:45	49,5	699,9	41,2	26	
17:45:05	49,5	691	41,1	25,9	
17:50:05	49,4	670,8	41,2	25,5	
17:55:05	49,4	667,5	41	25,5	
18:00:05	49,3	674,8	40,6	25,4	
18:05:05	49,3	667	40,6	25,3	
18:10:05	49,2	653	40,1	25	
18:15:05	49,2	639,1	40	24,9	
18:20:05	49,1	615,2	40,1	24,6	
18:25:05	49,2	611,7	39,9	24	
18:30:05	49,1	599,7	39,3	23,3	
18:35:05	49,2	586,7	39	22,6	
18:40:05	49,2	574,9	38,7	22	
18:45:05	49,1	556,9	38,5	21,6	
18:50:05	49,2	535,9	37,9	21,1	
18:55:05	49,1	523,1	38,2	20,6	
19:00:05	49,2	509,7	38,2	20,3	
19:05:05	49,1	497,9	37,9	19,9	
19:10:05	49,2	484,5	37,7	19,6	
19:15:05	49,1	472,7	37,4	19,3	
19:20:05	49,2	463,5	37,1	19,1	
19:25:05	49,1	453,5	36,6	18,9	
19:30:05	49,3	443,9	36,8	18,7	
19:35:05	49,4	434,2	36,9	18,6	

19:40:05	49,4	424,6	36,3	18,5	
19:45:05	49,5	413,6	35,9	18,4	
19:50:05	49,5	403,6	35,5	18,3	
19:51:51	49,5	399,9	35,4	18,3	
19:55:05	49,6	392,4	35,4	18,2	
20:00:05	49,6	383	35,5	18,1	
20:05:05	49,7	374,9	35,1	18	
20:10:05	49,6	365,6	34,9	17,8	
20:15:05	49,7	356,7	34,8	17,8	
20:20:05	49,7	349,1	34,7	17,8	
20:25:05	49,8	341,8	34,3	17,6	
20:30:05	49,8	334,1	34	17,5	
20:35:05	49,8	326,7	33,8	17,6	
20:40:05	49,7	319,4	34,2	17,7	
20:45:05	49,7	313,2	34	17,7	
20:50:05	49,7	307,7	33,8	18,3	
20:51:05	49,7	306,3	33,8	18,3	

Tabella XIV: registrazione temperature e selezione a intervalli diversi. In questa tabella vengono riportati anche quelli più stretti perché vi è traccia di temperature che superano i 900° C che altrimenti sarebbero state escluse.

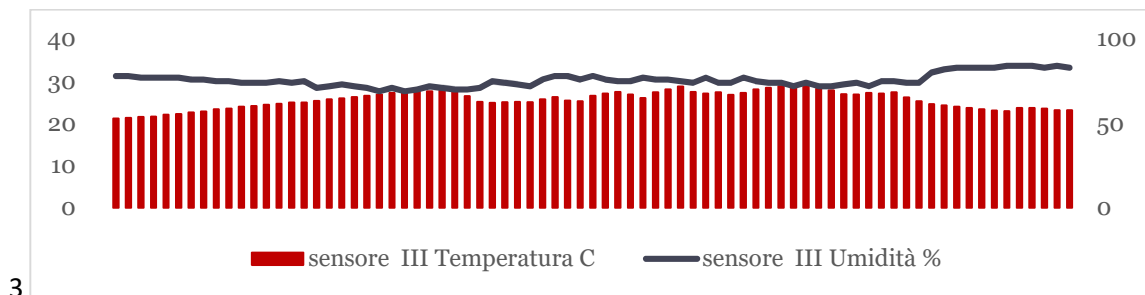
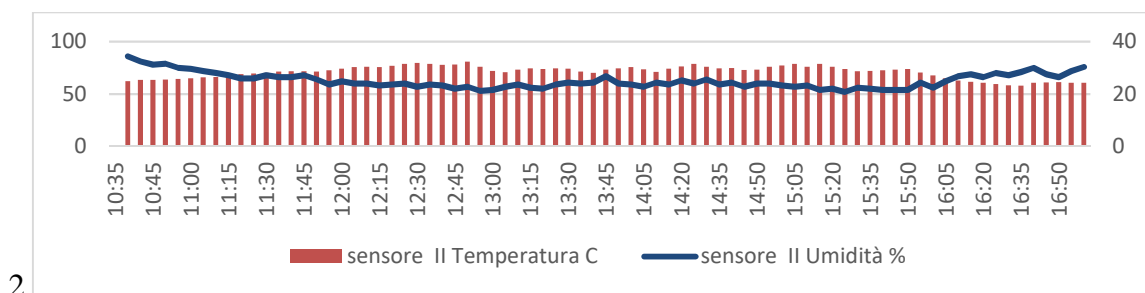
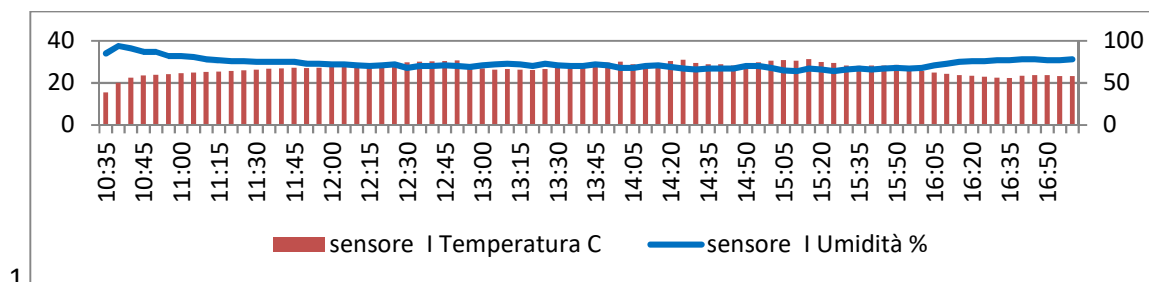


Grafico: 2: dati registrati dall'igrometro relativi all'umidità percepita in corrispondenza dei sensori (I-III dall'alto verso il basso). Indicare anche le temperature ambientali.

Lg Sper Buca D1 26/09/20 17	Sensore I		Sensore II		Sensore III		Vento m/s		Temperatur a Esterna
Ora	Temper atura C	Umi dità %	Temper atura C	Umi dità %	Temper atura C	Umi dità %	Velo cità	Direzi one	Anemometr o a 3 m.
10:35	15,5	85						da Ovest	
10:35	20	94	24,86	86	21,1	78	0		
10:40	22,4	91	25,3	81	21,3	78	0		
10:45	23,5	87	25,3	78	21,5	77	0		
10:50	23,8	87	25,5	79	21,6	77	0		27,7
10:55	24,1	82	25,7	75	22	77	0		28
11:00	24,5	82	26	74	22,2	77	1,1		25
11:05	24,9	81	26,3	72	22,6	76	0		22,4
11:10	25,2	78	26,5	70	22,8	76	0		21,3
11:15	25,4	77	27,1	68	23,3	75	1,2		21
11:20	25,6	76	27,5	65	23,5	75	0		20,5
11:25	25,9	76	27,8	65	23,9	74	0		20
11:30	26,3	75	28	68	24,1	74	0		19,5
11:35	26,7	75	28,5	66	24,4	74	1,4		21,8
11:40	26,8	75	28,7	66	24,6	75	1,8		21,9
11:45	27,1	75	28,6	68	24,9	74	1		22,6
11:50	27	73	28,5	64	24,9	75	0		23
11:55	27,2	73	29	59	25,3	71	1,3		23,9
12:00	27,7	72	29,6	62	25,7	72	0		24,5
12:05	28	72	30,2	60	25,9	73	1,1		23,6
12:10	28,3	71	30,3	60	26,2	72	0,8		24,2
12:15	28,4	70	30,2	58	26,5	71	2		23,6
12:20	28,7	71	30,7	59	26,8	69	0,8		24,8
12:25	29	72	31,5	60	27,2	71	0		25,3
12:30	29,8	68	31,8	57	27,6	69	0		24,9
12:35	30,1	70	31,5	59	27,7	70	2,3		23,8
12:40	30,2	70	31,1	58	27,6	72	0		25,7
12:45	30,4	71	31,2	55	27,7	71	0		25,4
12:50	30,6	70	32,3	57	27,8	70	0,8		25,5
12:55	28,9	69	30,3	53	26,4	70	2		23,5
13:00	26,9	71	28,8	54	25,1	71	0		24,8
13:05	26,2	72	28,3	57	24,8	75	0		24
13:10	26,5	73	29,3	59	25	74	0		25,1
13:15	26,3	72	29,8	56	25,1	73	0,8		24,1
13:20	26,1	70	29,5	55	25	72	0,1		23,1
13:25	26,6	73	29,8	59	25,7	76	0		24,4
13:30	28,4	71	29,6	61	26,2	78	0		25,2

13:35	27,8	70	28,5	60	25,4	78	0	24,3
13:40	27,2	70	28	61	25,2	76	0	25
13:45	29	72	29,2	67	26,5	78	0	25,2
13:50	29,6	71	29,8	60	27	76	0	25,5
14:00	30	68	30,2	59	27,4	75	0	26
14:05	28,8	68	29,4	57	26,8	75	0	26,4
14:10	27,9	70	28,4	61	26	77	0	27,5
14:15	29,2	71	29,6	59	27,3	76	0	29,1
14:20	30,3	69	30,5	63	28	76	0	29
14:25	30,9	67	31,4	60	28,7	75	1	28
14:30	29,5	66	30,4	64	27,4	74	0	27,8
14:35	28,8	67	29,8	59	27	77	2,8	26,8
14:40	28,9	67	29,9	61	27,3	74	1,8	29
14:45	28,3	67	29,1	57	26,7	74	0	27
14:50	28,9	70	29,2	60	27,2	77	0	29
14:55	29,8	70	30,3	60	28	75	0,7	33,1
15:00	30,5	68	30,9	58	28,4	74	0	32,7
15:05	30,8	65	31,4	57	28,8	74	0	29,3
15:10	30,5	64	30,4	58	28,3	72	0,8	28,3
15:15	31,2	67	31,4	54	29,2	74	0	29
15:20	29,9	66	30,3	55	28,2	72	0	27,4
15:25	29,5	64	29,5	52	27,8	72	2,5	25,2
15:30	28,2	66	28,6	56	26,9	73	0,9	25
15:35	28	67	28,8	55	26,8	74	0,8	25,3
15:40	28,3	66	29	54	27,2	72	1	24,7
15:45	28,3	67	29,3	54	27	75	0	25,9
15:50	28,6	68	29,5	54	27,3	75	0	26,5
15:55	27,3	67	28,2	61	26,1	74	0	25,8
16:00	25,7	68	27	56	25,2	74	1,2	23,4
16:05	24,8	71	25,9	62	24,5	80	0	24,4
16:10	24,3	73	25,1	67	24,2	82	0	23,3
16:15	23,7	75	24,6	69	23,9	83	0	23,2
16:20	23,3	76	24,2	66	23,6	83	0,8	23,1
16:25	22,9	76	23,8	70	23,3	83	1	22,9
16:30	22,5	77	23,2	68	23	83	0	22,8
16:35	22,3	77	23,1	71	22,9	84	0	22,9
16:40	23,4	78	24,2	75	23,6	84	0,7	23,8
16:45	23,6	78	24,4	69	23,6	84	0,1	23,7
16:50	23,7	77	24,5	66	23,5	83	0	23,8
16:55	23,2	77	24,2	72	23,1	84	0	23,6
17:00	23,2	78	24,2	76	23,1	83		23,6

▪ **REPLICA SPERIMENTALE. BUCA A, COTTURA 4**

La cottura 4 nella buca A viene fatta a distanza di 10 mesi dall'ultima attività. Nel mese di settembre, la buca appare nascosta dalla vegetazione che cresce tutto attorno (**Fig.66**). Una volta svuotata dall'ultimo carico di vasi, oggetto della cottura 3, era stata lasciata aperta ma colmata con sacchi riempiti dello stesso sedimento accumulato scavando la buca (**Fig. 67**). Al momento della riapertura solo parte



Figura 66:



Figura 67

della parete Est appare erosa e una parte è crollata al di sopra dei sacchi. Nonostante questo, il profilo della buca non sembra aver subito rilevanti modifiche. Poco abbondante il sedimento presente sul fondo, attribuibile a quello fuoriuscito dai sacchi. Non è stata riscontrata presenza di insetti o crescita di vegetazione al suo interno.

Una volta svuotata dai sacchi, la pulizia della buca ha richiesto circa mezz'ora. Il fondo presentava ancora residui di combustione. Gran parte della cenere e dei carboni che erano rimasti nella buca dopo l'ultima cottura (C3), sembrano esser stati disgregati dagli agenti atmosferici ma sono ancora visibili, sebbene in diverse concentrazioni (**Fig. 68**). Sono costituiti da ampie lenti di cenere, aree con residui carboniosi (si preservano frammenti sparsi di carboni di circa 3-4 cm), evidenze di alterazione termica, molto compatte sul fondo mentre sulle pareti sembrano residuali e si concentrano solo nella parte centrale per piccole fasce. La parte superiore delle pareti sembra esser crollata in seguito a fenomeni di dilavamento, mentre nella parte più bassa,



Figura 68

presentano uno stato di conservazione migliore, con evidenze di indurimento dovuto all'azione del fuoco, grazie alla presenza dei sacchi, che in un certo modo sembrano aver fatto da contenimento. Sono visibili anche frammenti di ceramica (**Fig. 69**).



Figura 69 : buca A alla fine della terza cottura e a distanza di 10 mesi e mezzo, al momento della pulizia prima del suo riutilizzo.

— Frammenti di ceramica; — Rubefazione
 - - - - - Area con concentrazione di carboni; — Concentrazioni di ceneri

Descrizione cottura

Dopo esser stata ripulita, la buca A viene predisposta per la quarta cottura. IL 27-9 avviamo due cotture contemporaneamente, nella buca D (cottura 2) e nella buca A, a distanza di quasi un anno (cottura 4).

I sensori per l'umidità sono posizionati a metà tra le due buche (S2) e a circa 20 cm dal bordo Est della buca A (S3) (**Figg. 70-72**). Le termocoppie vengono posizionate una al centro della struttura (T4) e l'altra a metà altezza della parete Est (T3) (**Fig. 71**). Il combustibile impiegato è solo rovere di diverse pezzature. La replica viene condotta in contemporanea con l'altra eseguita nella buca D (Cottura 2). All'accensione segue l'aggiunta dei diversi carichi di combustibile previsti per le diverse fasi di preriscaldamento e cottura.

Anche in questo caso la finalità della sperimentazione è testare gli effetti dell'uso reiterato della struttura, dopo un breve periodo di abbandono. Il combustibile impiegato è solo rovere e i quantitativi quelli previsti dalla procedura di riferimento (91 Kg).

Si susseguono le diverse fasi sulla base della procedura di riferimento con lievi difformità che saranno indicate nel paragrafo successivo.

Fase 1-2 L'accensione del fuoco viene avviata tramite l'uso di piccoli listelli di abete. Si decide di disporre il combustibile alle estremità della buca, tutto attorno, per osservare se questa diversa scelta può incidere nell'accentuare la rubefazione alle pareti. Questa fase dura quasi due ore. Si spargono le braci sul fondo e si caricano i vasi. Il caricamento dei vasi è stato effettuato appoggiandoli su un asse, al fine di evitare il contatto diretto con le braci e i conseguenti rischi di escursione termica che potrebbe provocare rotture.

Fase 3-4 Con la carica dei vasi e quella dei 22 Kg può dirsi avviata la fase di cottura. Si osserva che l'abbondante nerofumo influenza la colorazione della superficie di alcuni vasi, che appare grigiastri e resta tale anche a fine cottura (**Fig. 74**). Il processo di cottura dura un'ora e cinquanta minuti fino al raggiungimento del picco massimo e dopo inizia la fase di calo delle temperature. Le temperature rimangono comunque alte, seppur in calo, per oltre un'ora e quaranta minuti, dopodichè toccano i 600° C e inizia la fase di raffreddamento.

Come per le altre buche viene riportato di seguito il diario di campo con le principali azioni effettuate e la nota dei diversi carichi di combustibile utilizzati.



Figura 70

T3	Parete Est, a metà altezza	Sensore 1	Buca D
T4	Al centro, in corrispondenza della fiamma viva.	Sensore 2	A metà tra buca A e buca D
		Sensore 3	Lato Est buca A, a 20 cm circa.



Figura 71: Posizionamento termocoppie, foto da N.



Figura 72: Posizionamento dei sensori rispetto alla buca

Ora	Descrizione Buca A-C4 Mercoledì 27-9-2017	Kg	Misurazioni	Osservazioni
11:30	Accensione. TC: T3 parete N; T4 Fiamma viva. (600°C)	7,5 + 7,5		Il fondo è ancora caldo.
12:30		8,5	T 3: 43° C T4: 447° C	
12:35	Vasi disposti attorno alle buche :8 vasi (<i>un boccale Aga, un piatto+campioni,una coppa piccola Aga, 3 vasetti Fasolo, un boccale lab, una ciotolina</i>)			
12:50	Aggiunti i 7,5 kg in entrambe le buche	7,5 Kg	T3: 87,9° C T4: 876,3° C	
13:18	13:20: spargiamo le braci e seguiamo procedura. Carichiamo i vasi su assi e copriamo tutto con 22 Kg di combustibile tutto attorno	Buca A +22 KG	T3: 117°C T4: 582° C	Si osserva subito un calo delle temperature. T2 spostata e riposizionata.
13:25				Riprende a salire
13:40	Si procede con la cottura			
			Vento S- So, 1,5 m/s	
13:47	Fumo trasparente. Nerofumo sui vasi. Un boccale si rompe.			
14:10	Aggiungo alcuni ceppi attorno ai vasi			
14:20	Avvicino le braci ai vasi. La temperatura inizia a salire poco dopo.		T3: 176°C T4: 445°C	

14:30	Temperatura sale Aggiungo combustibile come da procedura	+22 Buca A		
14:40	Aggiunto combustibile in buca A, 16,5 KG	+16,5 Buca A		
14.40	Lasciamo procedere la cottura e il raffreddamento. Recupereremo i vasi l'indomani mattina (giovedì)			
16:30			T3: 172,4°C T4: 703,5°C	Buca D, oltre 3 ore di cottura. Buca A, oltre 3 ore di cottura, vasi rosati.
17:10	Staccate TC attorno alle 22:30		17.35 S1: 30°C – 53% S2: 22°C – 83% S3: 20,9°C – 84%	17: 15 non registriamo più umidità
28-9-2017	Buca A, segna 34,6°C			

Risultati

I residui di combustione, alla fine della cottura 4 nella buca A, sono rappresentati prevalentemente da ceneri e carboni di piccole dimensioni. Già la sera, dopo la cottura, tutto il combustibile si è trasformato in cenere. I vasi hanno ultimato il processo di cottura.

Rubefazione: la quarta cottura conferma le considerazioni effettuate nel corso dell'ultima, C3 (**Fig. 73**). La reiterazione continua ad avere intensi effetti sul fondo della struttura e incide fortemente sulle variazioni cromatiche assunte dai sedimenti che, nelle aree esposte a più cotture (SE) e in quelle che riflettevano situazioni simili (NE), rientrano nella gamma dei *red*. Altre variazioni cromatiche, che corrispondono a un minor numero di esposizioni al fuoco, rientrano nella gamma dei *reddish brown*; la stessa colorazione è riscontrabile anche alle pareti (N). Un lavoro di comparazione è affrontato nel paragrafo 5.3.3.

Parte del fondo appare indurita ma poco compatta.

Sul fondo, nella parte centrale della buca, il concotto affonda nel terreno per circa 10 cm, compatto in superficie, si sgretola non appena si tenta di prelevare i campioni. La parte in profondità presenta diverse gradazioni cromatiche che vanno dal marrone all'arancione. Parte esposta ricca di cenere; la variazione cromatica è maggiormente visibile osservando la frattura del campione e la faccia interna. 2,5 YR 5/8 red.

Si riescono a prelevare campioni di 3 cm circa (5YR 4/6 yellowish red) verso 5 YR 5/6 yellowish red, dopo 9 cm.



Figura 73: il fondo dopo l'ultima cottura (C3) e alla fine della quarta cottura.

Campioni: Vengono prelevati diversi campioni. Uno dal fondo a 12 cm dalla parete NE, uno a 20 cm dalla parte SE, uno a 20 cm dalla parte SO, uno dallo spicchio NO, uno dalla parete Nord (da 10 a 20 cm dalla base) e un campione dalla parte centrale del fondo.

Si prelevano anche abbondanti frammenti di ceramica rinvenuti sul fondo. E si effettua una setacciatura dei residui di ceneri e carbone per campionare il materiale di dimensioni inferiori.

Difformità: poiché sono state condotte due cotture contemporaneamente, il momento di inizio della fase 2 avviene 20 minuti dopo aver eseguito la carica dei vasi e dopo aver effettuato la copertura nella buca D (ci si discosta dunque di 20' dalla tempistica prevista). Le ultime due cariche di combustibile vengono eseguite di conseguenza quindici minuti dopo. Non si tratta di una variazione significativa.

Ceramica. Tutte le forme si sono preservate, solo un boccale si rompe per effetto del calore. Interessante osservare le diverse colorazioni assunte, sebbene nell'ambito della stessa cottura. Un boccale rosso-beige, un piatto grigio-beige, e una ciotolina (modellata con un tipo di argilla diversa, trovata in prossimità del sito, e grigia) che dopo la cottura assume una colorazione giallina (vedi scheda). Si è osservato che, sebbene in condizioni con buona circolazione di ossigeno in una buca aperta, la vicinanza di carboni e il fumo, hanno contribuito alla colorazione grigio scura dei vasi (presenza di fuliggine?). Si tratta comunque di un effetto meno accentuato del nero scuro ottenuto invece nel corso della cottura 2 della buca B1.

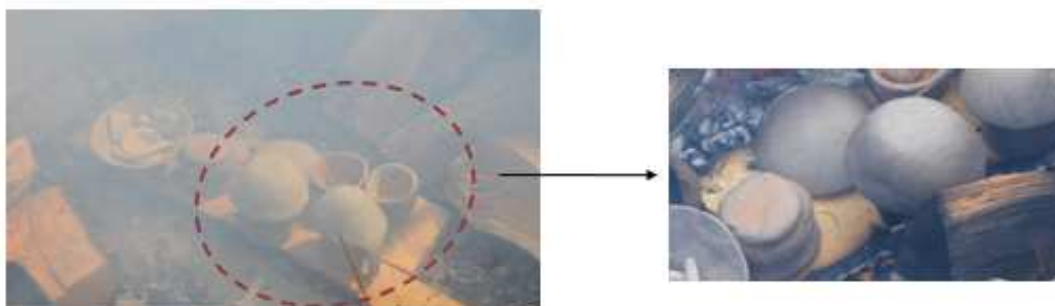


Figura 74: effetto di colorazione grigiastria

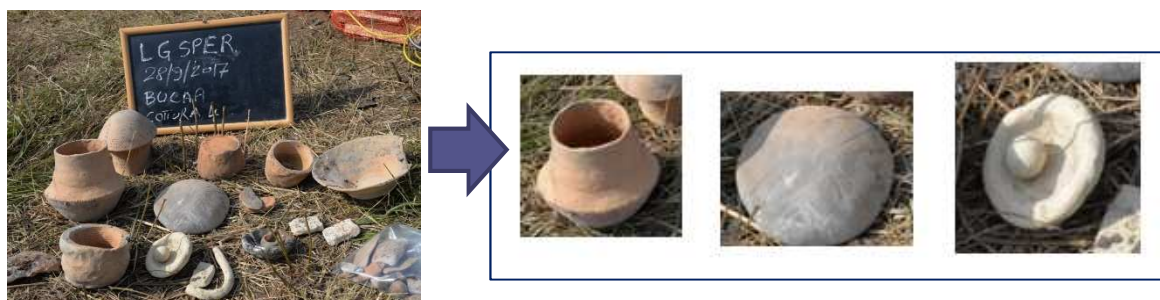


Figura 75: colorazione dei vasi a fine cottura

Andamento delle temperature.

- Fase 1. Durata 1.50 Picco massimo raggiunto durante questa fase di 939,1° C, raggiunto a 50 minuti dall'accensione e mantenuto per pochi minuti (temperature al di sopra dei 900° mantenute per 15 minuti; temperature nel range degli 800° C per 20 minuti. Durante questa fase le temperature monitorate in corrispondenza della parete non superano i 122,2° C ma si può notare un progressivo e graduale aumento.
- Fase 2-3. Come osservato anche durante cotture precedenti, lo spargimento delle braci coincide con un abbassamento delle temperature che caratterizza anche il momento della carica dei vasi e del combustibile (22 kg). Rapido calo da 853° C rilevati tra le braci ai 141° C raggiunti dopo 20 minuti. A questa fase segue un progressivo aumento che permette di raggiungere un picco di 449°C dopo 1 ora dalla carica dei vasi e l'aggiunta del combustibile, e di 852,2 ° C dopo l'aggiunta del rimanente carico di combustibile (38,5 kg) e ad un'ora e mezza circa dalla temperatura minima indicata.

La temperatura massima registrata in corrispondenza delle pareti è di 251,2° C, raggiunte dopo quasi 4 ore dall'avvio della cottura, e a circa 2 ore dalla carica dei vasi. Le temperature restano nel range dei 200° C per quasi un'ora e mezza (dalle 14.46 alle 16.16) prima di decrescere gradatamente.

- Fase 4. La fase di raffreddamento può dirsi iniziata a partire dalle 17.01, momento durante il quale le temperature cominciano ad andare sotto i 600° C. La fase dura circa 5 ore (momento durante il quale si registrano temperature di 77° C). **(Diagramma 6 , Fig. 77, Tab. XV)**

Condizioni di umidità: in occasione di questa cottura sono stati monitorati i parametri relativi alla percentuale di umidità e alle temperature sia ambientali, sia del sedimento in corrispondenza del piano di calpestio, tra la buca A e la buca D.

Si tratta di un andamento abbastanza prevedibile che è inversamente proporzionale all'aumento delle temperature: più esse crescono più l'umidità diminuisce pur restando sempre tra il 55% e il 77% **(Grafico 3)**

Ultima fase di utilizzo

Una volta prelevati i vasi, la buca viene ripulita dai residui di combustione, si prelevano i campioni di terreno rubefatto e si decide di colmare con la buca con alcuni dei sacchi riempiti con sedimento, così come già effettuato a conclusione della prima serie di attività, dopo la terza cottura del 2016 **(Fig. 76)**.



Figura 76

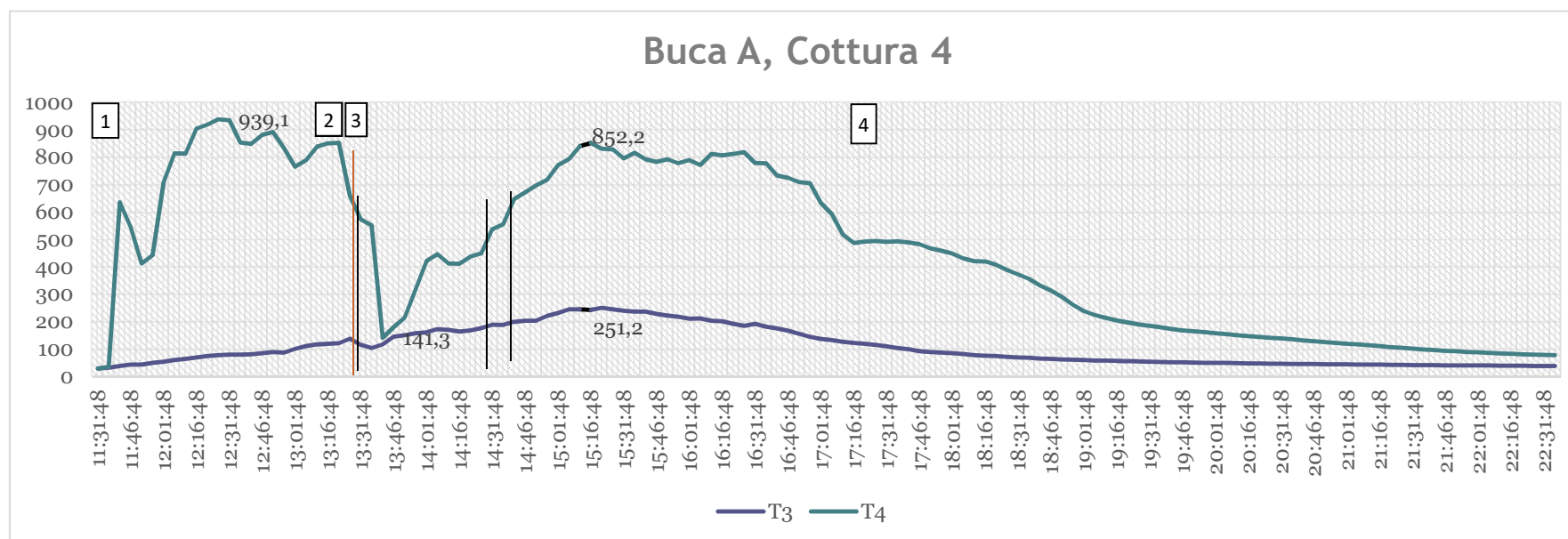


Diagramma 6: le linee indicano il momento della carica dei vasi (rossa) che avviene in concomitanza con la carica dei primi 22 Kg del combustibile previsti in fase di cottura, la seconda carica da 22 kg (linea nera), l'ultima da 16,5 Kg (linea nera).



Figura 77: diverse fasi del ciclo di cottura eseguito nella buca A. a) accensione e preriscaldamento; b) carica dei vasi su assi; fase di cottura; d-e) diverse fasi del raffreddamento. Nel momento finale tutto il combustibile è diventato cenere.

Buca A	C4		Azioni
	T3	T4	
11:31:48	29,4	29,2	Accensione
11:36:48	32,2	35,7	7,5+7,5 kg
11:41:48	39,1	635,7	
11:46:48	43,4	545,6	
11:51:48	43,6	413,1	
11:56:48	50,1	443,1	
12:01:48	54,5	709,4	
12:06:48	60	814,5	
12:11:48	64,5	813,7	
12:16:48	70	905,2	
12:21:48	74,6	920	
12:26:48	77,8	939,1	
12:31:48	80,6	935,6	+8,5 Kg
12:36:48	80,3	854,3	
12:41:48	81,5	848,8	
12:46:48	85	882,5	
12:51:48	89,4	892,4	+ 7,5
12:56:48	87	833,1	
13:01:48	100,5	765,5	
13:06:48	111,8	789,5	
13:11:48	118	839,2	
13:16:48	119,4	851	
13:21:48	122,2	853,6	Braci
13:26:48	138,8	659,3	Carica vasi e 22 Kg
13:31:48	115	573,4	
13:36:48	103,9	552,3	
13:41:48	117,7	141,3	x
13:46:48	146,1	179,9	
13:51:48	151,3	214,8	
13:56:48	158	317	
14:01:48	161	422,2	
14:06:48	173	446,7	
14:11:48	171	412,2	
14:16:48	164,3	411,6	
14:21:48	168,4	437,9	
14:26:48	176,4	449,2	
14:31:48	189,3	537,5	+ 22
14:36:48	188,3	555,8	
14:41:48	199,7	647,7	+ 16,5
14:46:48	203,6	672,8	
14:51:48	203,7	697,2	
14:56:48	221,6	717,8	

15:01:48	231,5	771,2	
15:06:48	245,7	794,3	
15:11:48	245,1	841,3	
15:16:48	243	852,2	
15:21:48	251,2	831	
15:26:48	245,7	829,9	
15:31:48	240,7	795,9	
15:36:48	237,1	817,4	
15:41:48	237,2	793,1	
15:46:48	228,6	783,4	
15:51:48	222,8	793,5	
15:56:48	217,9	779	
16:01:48	211,5	790,1	
16:06:48	211,8	772,5	
16:11:48	204,1	812,3	
16:16:48	201,4	807,5	
16:21:48	192,1	812,5	
16:26:48	185,2	818,9	
16:31:48	192,1	779,9	
16:36:48	182,3	778,1	
16:41:48	175,5	733,8	
16:46:48	167,2	725,8	
16:51:48	156,4	709,8	
16:56:48	144,7	706	
17:01:48	137,1	634,4	
17:06:48	133,4	592,3	
17:11:48	127,2	519	
17:16:48	122,9	487,2	
17:21:48	119,3	492,5	
17:26:48	115,8	495,3	
17:31:48	109,9	491,8	
17:36:48	103,9	493,4	
17:41:48	99,6	489,9	
17:46:48	92,9	482,9	
17:51:48	89,2	467,3	
17:56:48	87,9	459,4	
18:01:48	84,9	448,7	
18:06:48	82,2	431,9	
18:11:48	78,2	420,9	
18:16:48	75,9	419,6	
18:21:48	74,5	408	
18:26:48	71,9	389,1	
18:31:48	69,5	373,2	
18:36:48	68,5	356,1	
18:41:48	65,7	333	

18:46:48	64,5	313,7
18:51:48	63	291,3
18:56:48	61,5	261,9
19:01:48	60,3	238,8
19:06:48	58,8	224,7
19:11:48	58	213,9
19:16:48	56,8	205,3
19:21:48	56	198
19:26:48	55,1	190,8
19:31:48	54,2	185,4
19:36:48	53,1	179,5
19:41:48	52,4	173,6
19:46:48	51,8	168,7
19:51:48	50,7	165,5
19:56:48	50,2	161,9
20:01:48	49,7	158,4
20:06:48	49,8	154,6
20:11:48	48,7	150,8
20:16:48	48,3	147,5
20:21:48	47,7	144,2
20:26:48	47,2	141,5
20:31:48	46,8	139,1
20:36:48	46,3	136,4
20:41:48	45,8	132,5

20:46:48	45,4	129,4
20:51:48	45	125,9
20:56:48	45	123
21:01:48	44,5	119,8
21:06:48	44,3	117,3
21:11:48	43,8	114,2
21:16:48	43,3	110,9
21:21:48	42,9	107,7
21:26:48	42,6	105
21:31:48	42,1	101,7
21:36:48	42	98,6
21:41:48	41,7	96,4
21:46:48	41,2	94
21:51:48	41,2	92,2
21:56:48	40,6	89,9
22:01:48	40,3	88
22:06:48	40,2	86,2
22:11:48	40	84,4
22:16:48	39,6	82,8
22:21:48	39,5	81,4
22:26:48	39	80,1
22:31:48	38,6	78,7
22:36:48	38,3	77,6

Tabella XV

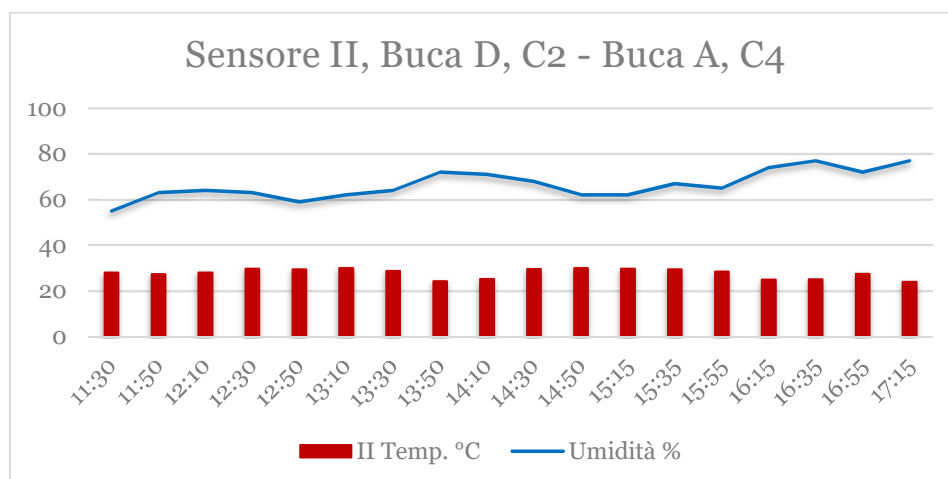


Grafico: 3

▪ **REPLICA SPERIMENTALE. BUCA D, COTTURA 2**

La cottura 2 effettuata nella buca D, inizia alle ore 11:30 e procede per tutta la notte. Prima di iniziare, attorno alle 10.00, viene ricolmato il sondaggio eseguito per verificare lo stato di conservazioni delle travi sul fondo. Viene approfondito il livello dello sfiato di alcuni centimetri.

Prima di avviare la seconda cottura le termocoppie vengono posizionate al di sotto delle travi, a pochi cm dalla parete SE (T1) e al centro della struttura (T2). I sensori di temperatura e umidità si trovano invece a metà tra la buca D e A (S2) e in corrispondenza dello sfiato (S1). (**Fig. 78**)

T1	posizionato sotto al battuto a 10 cm dalla parete SE
T2	Al centro, in corrispondenza della fiamma viva.
Sensore 1	Posizionato a ridosso della sezione in verticale presso lo sfiato, con monitor rivolto verso il terreno
Sensore 2	A metà tra buca A e buca D



Figura 78: posizionamento termocoppie

Va evidenziato che la struttura è ancora calda in seguito alla cottura precedente. La Termocoppia alle ore 10:05 segna 372,2° C. Alle ore 11:00 l'umidità rilevata è del 30% e la temperatura esterna di 32° C. In mezzo alle travi la temperatura è di 353° C che verso le ore 11:20 scende a 300°C, (SW buca D), e 30,2 di temperatura nella buca con 31% di umidità.

La replica ripete la procedura utilizzata per la cottura precedente: cottura coperta, con le travi precedentemente predisposte sul fondo e ricoperte da battuto.

Ciclo di cottura

Fase 1. Accensione con quantitativi di combustibile previsti dalla procedura. Un'ora dopo circa si aggiunge altro carico di combustibile. I carboni della cottura precedenti vengono spostati sul lato Est. Si decide di non aggiungere l'ultimo carico di combustibile da 16 Kg. (Temperature sui 700° C)

Fase 2. Dopo circa un'ora e mezza dall'avvio della cottura si spargono le braci sul fondo. Si decide di posizionare 4-5 assi sulle quali poggiare il carico di ceramica ed evitare dunque un contatto diretto con i carboni ardenti.

Fase 3. Carica dei vasi e aggiunta di 22 Kg di combustibile. Dopo poco meno di un quarto d'ora si effettua la copertura. La successione è costituita da: erba in mezzo e al di sopra dei vasi, legnetti di piccole dimensioni, legni di grosso taglio (che rappresentano la seconda carica di combustibile da 22 Kg) e zolle con erba a creare la copertura (**Fig. 79**). Alcuni sfiati naturali che si aprono tra le zolle lasciano fuoriuscire un intenso fumo bianco (**Fig. 79 c**). (Si osserva un calo delle temperature che passano ai 485° C, la T2 viene spostata e riposizionata). Dopo circa venti minuti dalla sua realizzazione la copertura inizia a crollare lasciando intravedere parte del carico (**Fig. 80**). Continua emissione di fumo bianco (fase di evaporazione) che tende, dopo circa mezz'ora dalla copertura, a diventare più grigio (pirolisi). Dopo circa 50 minuti dalla copertura si decide di aprire lo sfiato liberandolo dalla pietra usata come chiusura; dopo circa una ventina di minuti si osserva un aumento delle temperature e anche una riduzione del fumo. La cottura procede e le temperature crescono, seppur non sembrano raggiungere i 700° C. L'umidità rilevata alle 17.15 è del 53% in corrispondenza del sensore 1 e dell'83% S2.

Fase 4. Lento e graduale raffreddamento a circa 4 ore dalla copertura e che prosegue fino a tarda sera, momento durante il quale stacciamo le termocoppie e avviene il totale crollo della copertura (**Fig. 80 c**). Il carico di vasi viene recuperato l'indomani mattina.



Figura 79: diverse fasi della realizzazione della copertura (materiale combustibile e zolle con terra).



Figura 80: Buca D, a cottura inoltrata. Il crollo della copertura all'interno genera sia accumuli di concotto che parti di sedimento lievemente alterato alle estremità della struttura.

Ora	Descrizione Buca D-C2 Mercoledì 27-9-2017	Kg A/D	Misurazioni	Osservazioni
11:30	Accensione. TC usate solo due. T1 posizionato sotto al battuto a 10 cm dalla parete SE; T2 sulla fiamma viva. Dopo	7,5 + 7,5		Il fondo è ancora caldo.
12:30	Aggiunta degli 8,5 in entrambe le buche	8,5	T1: 407°C Fondo T2: 669° C Centro	
12:35	Vasi disposti attorno alle buche: 7 (un boccale, 3 ciotoline, 2 coppette, una scodella quadriansata			
12:50	Aggiunti i 7,5 in entrambe le buche	7,5 Kg	T1: 451° C T2: 736° C	
13:05	Non mettiamo i 16 Kg previsti dalla procedura. <i>I carboni della cottura di ieri sono addossati sul lato E.</i>			
13:05	Spargiamo le braci. Posizioniamo assi sulle quali poggiare i vasi	+ 22 Kg	T1: 429° C T2: 340° C	
13:18	Copertura buca. Erba in mezzo ai vasi, legnetti, legna grossa e zolle	+22 KG	T1: 403° C T2: 485° C	Si osserva subito un calo delle temperature. T2 spostata e riposizionata.
13:25	Buca D, Fumo Bianco		T2: 582° C T1: 390° C	Riprende a salire
13:40	La copertura collassa		T1: 376°C T2: 554°C	
	T2 instabile, sui 500° C. Tronchi visibili. Zolle collassate. Abbondante fumo bianco.			Vento S- So, 1,5 m/s
13:47	Fumo grigio			

14:07	Apro sfiato Buca D		T1: 351° C T2: 511° C	
14:10	Buca D stabile. Smuovo travi e carboni			
14:20			T2: sale a 520° C	
14:30	Temperatura a 560° C dopo apertura sfiato. Meno fumo e direzionato dagli sfiati			
14:40	Lasciamo procedere la cottura.			
16:30			T1: 290,3° C T2: 639° C	Buca D, oltre 3 ore di cottura.
17:10	Staccate le TC attorno alle ore 22:30		T1: 293° C T2: 610° C	17: 15 non registriamo più umidità 17.35 S1: 30° C – 53% S2: 22° C – 83%
28-9-2017 08:50 09:00	Buca ancora calda. Reinseriamo le TC, in posizioni diverse, in mezzo ai vasi segnano 215° C, Nella parte laterale 360° C Recuperiamo i vasi, 7 in totale, Boccale scheggiato, gli altri integri.			

Risultati

Rubefazione. Alla fine della seconda cottura e dopo avere ripulito la buca dai residui di combustione, costituiti da carboni, concotti di piccole e medie dimensioni, cenere e frammenti ceramici, il fondo (costituito dal battuto presente al di sopra delle travi) appare compatto e presenta evidenti tracce di alterazione termica di diverse variazioni cromatiche (**Fig. 81**); nella

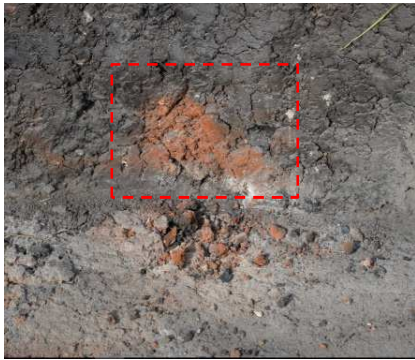


Figura 82: D, C2. Parete.

parte bassa della parete NE è visibile un'area limitata della

superficie con una marcata rubefazione caratterizzata da un acceso colore arancio (**Fig. 82**). Sembra attribuibile al contatto diretto con il combustibile. L'aspetto è compatto ma con tendenza a fratturarsi in piccole scaglie al momento della campionatura. Le pareti appaiono indurite dall'esposizione al calore e annerite dalla fuliggine.



Figura 81

Travi. Nell'estremità E, a ridosso della parete, si intravede una delle travi disposte sul fondo, quasi totalmente preservatasi e solo parzialmente carbonizzata. E' possibile anche notare lo spessore del battuto che ricopre le travi che appare alterato e presenta diverse variazioni cromatiche, alcune grigio-scure e altre più chiare e tendenti al rossiccio (**Fig. 83**).



Figura 83: dettagli delle travi sul fondo e dell'alterazione termica del battuto che le ricopre. In evidenza lo spessore del battuto con le travi preservatesi al di sotto.

Difformità e problematiche:

Alla fine della seconda cottura non sono stati prelevati campioni. La buca è stata svuotata la mattina di giovedì, (visite scolaresche, nella stessa giornata in cui è stato anche effettuato lo scavo della buca E e poco dopo vi è stato l'avvio della terza cottura nella buca D e quello nella buca E). A differenza di quanto avvenuto durante la cottura precedente (D, 1) la copertura con materiale organico è stata effettuata subito dopo il carico dei vasi.

Ceramica

Nonostante si sia operato in quello che, per via della presenza della copertura, si riteneva potesse essere un ambiente riducente, la colorazione della superficie dei vasi è chiara, tipica di una cottura ossidante (**Fig. 84**). Alcune presentano però chiazze di colore grigio. Molti vasi hanno ultimato il processo di cottura e sono rimasti integri, alcuni presentano leggere sbecature (in prossimità dell'orlo).



Figura 84

Andamento delle temperature

- Fase 1, durata 1h 35' Durante la fase di preriscaldamento, il picco massimo registrato, si ha a circa mezz'ora dall'accensione (con 15 kg di carico combustibile). Temperature nel range degli 800° C vengono mantenute per una ventina di minuti e poi iniziano decrescere. Le temperature rilevate tra le travi, al di sotto del battuto, a circa un'ora e mezza dall'accensione, sono abbastanza elevate e segnano un picco di 452,1° C. Nel frattempo la T2 registra 725° C.
- Fase 2-3. Una volta sparse le braci, disposti i vasi, effettuata la carica di combustibile e coperta la struttura, la cottura procederà per circa 4 h 10' prima dell'inizio della fase di raffreddamento. La termocoppia 1, posizionata al di sotto del battuto, tra le travi, dal momento della copertura in poi indicherà temperature in lento, continuo e progressivo calo. La T2 invece, che al momento della carica dei vasi segnava 724° C e in quello della copertura tocca i 520° C, dopo alcuni minuti di assestamento con aumenti e cali, comincia invece a indicare temperature in aumento che non superano però i 681,3° C (raggiunti dopo poco meno di 2 ore dal momento della copertura e restano nel range dei 600° C (681,3° - 600,7° C) per circa 2 h e 40'.
- Fase 4: la fase di raffreddamento inizia a circa 6 ore dopo l'accensione, 4 ore circa dal momento della copertura. Il calo è lento e graduale con temperature che restano nel range dei 500° C molto a lungo, per oltre 5 ore (momento dell'ultima rilevazione). Le temperature rilevate dalla termocoppia 1, in mezzo alle travi, registrano i 290° C ad inizio fase 4 e 214,6 al momento dell'ultima registrazione. (**Diagramma 7, Fig. 85, Tab. XVI**)

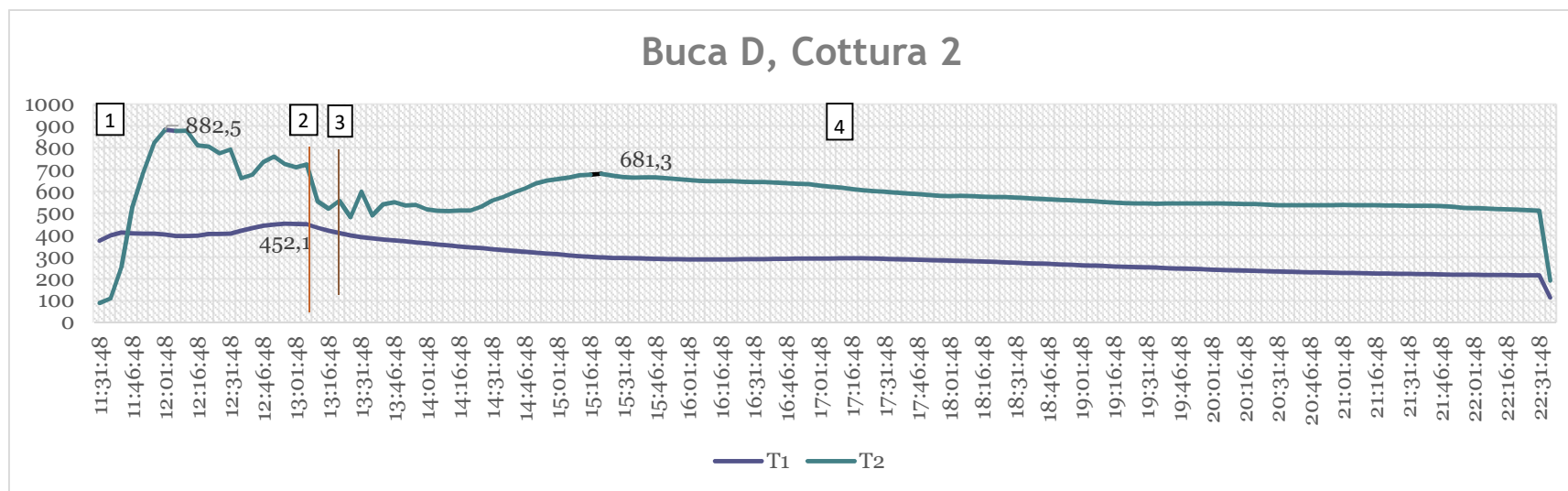


Diagramma 7: indicazione in rosso del momento della carica dei vasi (accompagnato dal primo carico di combustibile da 22 Kg) e in marrone dal momento della copertura (eseguito usando anche in questa occasione 22 Kg di combustibile).



Figura 85: a) preparazione della buca, il combustibile inizialmente è addossato da una parte; b) carico dei vasi e combustibile attorno; c) realizzazione copertura con legname di piccolo taglio prima, e grosso taglio dopo; d) copertura con zolle; e) momento di collasso della copertura con residui visibili all'interno della struttura.

Buca D	C2		
Time	T1	T2	AZIONI
11:30	Travi	centro	Accensione
11:31:48	373,5	87,8	+ 7,5 + 7,5
11:36:48	398,2	108,4	
11:41:48	412	252,7	
11:46:48	408	528	
11:51:48	405,9	685,3	
11:56:48	405,8	824	
12:01:48	401,8	882,5	
12:06:48	395,6	877,5	
12:11:48	396,1	877,9	
12:16:48	396,6	811,9	
12:21:48	405,4	805,3	
12:26:48	404,8	775,4	
12:31:48	406,3	792,1	+ 8,5
12:36:48	419,9	661,2	
12:41:48	431,4	676,5	
12:46:48	442	735,2	
12:51:48	448,4	760,8	+ 7,5
12:56:48	452,1	725,2	
13:01:48	450,9	710,2	
13:06:48	448,7	724,3	Braci e carica vasi + 22
13:11:48	433,6	554	
13:16:48	419,9	520,3	+ 22 copertura
13:21:48	408,3	557,4	
13:26:48	398	481,5	Fumo bianco
13:31:48	389,9	598,9	
13:36:48	384,4	490,2	
13:41:48	379,9	540,6	Collasso copertura
13:46:48	375,6	549,6	Fumo grigio
13:51:48	371	535,1	
13:56:48	366,3	538,7	
14:01:48	361,7	518,5	
14:06:48	356,9	511,2	Apertura sfiato
14:11:48	352,4	509,8	
14:16:48	347,5	512,7	
14:21:48	343,6	513,2	

14:26:48	339,8	530	
14:31:48	334,7	558	Riduzione fumo
14:36:48	330,3	574,2	
14:41:48	326,3	596,6	
14:46:48	322,8	613,6	
14:51:48	318,4	636,8	
14:56:48	314,8	649,3	
15:01:48	311,7	656,1	
15:06:48	306,8	662,7	
15:11:48	302,5	673,4	
15:16:48	299,8	676,5	
15:21:48	296,9	681,3	
15:26:48	294,6	672,6	
15:31:48	294,5	666,1	
15:36:48	293,4	663,5	
15:41:48	291,3	664	
15:46:48	290,6	664	
15:51:48	289,6	660,9	
15:56:48	289,4	656,6	
16:01:48	288,3	652,6	
16:06:48	287,8	649,1	
16:11:48	287,7	647	
16:16:48	287,6	647	
16:21:48	288,3	646,6	
16:26:48	288,7	645	
16:31:48	288,8	643,4	
16:36:48	289,7	643,5	
16:41:48	290	640,8	
16:46:48	290,6	637,4	
16:51:48	291,3	635,1	
16:56:48	291,9	633	
17:01:48	292,1	627,4	
17:06:48	292,3	622,1	
17:11:48	293,2	617,7	
17:16:48	293,1	611	
17:21:48	292,6	605,1	
17:26:48	291,5	600,7	
17:31:48	290,5	598,1	Calo temp.
17:36:48	289,4	594,7	
17:41:48	288,1	590,6	
17:46:48	286,9	587,9	
17:51:48	285,7	584,1	
17:56:48	284,3	580,4	
18:01:48	282,8	578,8	

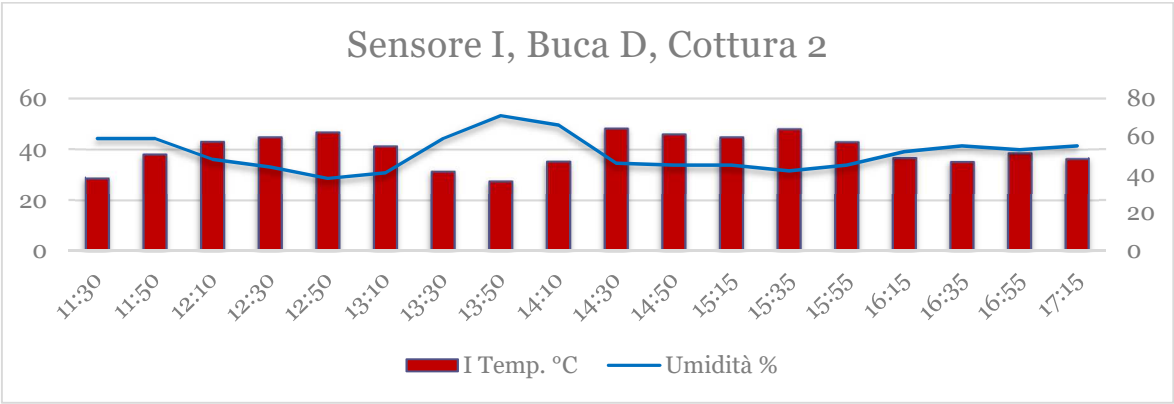
18:06:48	281,3	579,2	
18:11:48	279,8	579,1	
18:16:48	278,8	575,6	
18:21:48	276,8	574,6	
18:26:48	274,4	573,8	
18:31:48	272,6	571,8	
18:36:48	270,9	569,1	
18:41:48	269,1	566,4	
18:46:48	267,4	563,4	
18:51:48	265,2	561,5	
18:56:48	263,4	559,2	
19:01:48	261,4	557,6	
19:06:48	259,4	555,8	
19:11:48	257,7	552,1	
19:16:48	255,9	548,9	
19:21:48	254,5	545,8	
19:26:48	253,1	544,8	
19:31:48	251,4	544,5	
19:36:48	249,7	544,1	
19:41:48	247,9	544,3	
19:46:48	246,3	545	
19:51:48	244,6	545,3	
19:56:48	243	544,8	
20:01:48	241,3	544,5	
20:06:48	239,5	544,7	
20:11:48	237,8	543,1	
20:16:48	236,4	542,3	
20:21:48	235	541,5	

20:26:48	233,6	539	
20:31:48	232,6	537,3	
20:36:48	231,5	536,9	
20:41:48	230,2	537	
20:46:48	229,2	536,7	
20:51:48	228,2	536,7	
20:56:48	227,4	537,2	
21:01:48	226,5	537,7	
21:06:48	225,6	537,3	
21:11:48	224,8	537,2	
21:16:48	223,9	536,5	
21:21:48	223,1	535,6	
21:26:48	222,2	534,8	
21:31:48	221,7	534,3	
21:36:48	220,8	534,7	
21:41:48	220,1	534,1	
21:46:48	219,3	532,5	
21:51:48	218,5	529,7	
21:56:48	218	524,9	
22:01:48	217,3	522,7	
22:06:48	217	521,6	
22:11:48	216,4	519,6	
22:16:48	216	517,6	
22:21:48	215,6	516,1	
22:26:48	215,1	514,3	
22:31:48	214,6	511,7	
22:36:48	113,3	190,5	

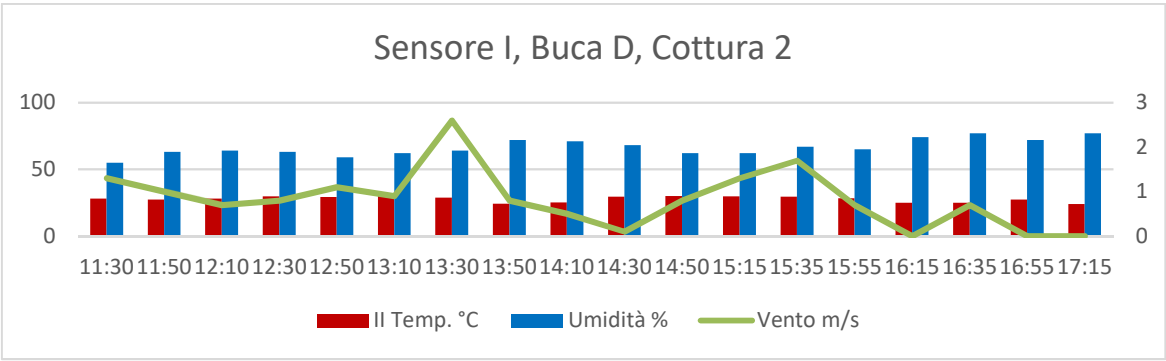
Tabella XVI

Umidità

1



2



3

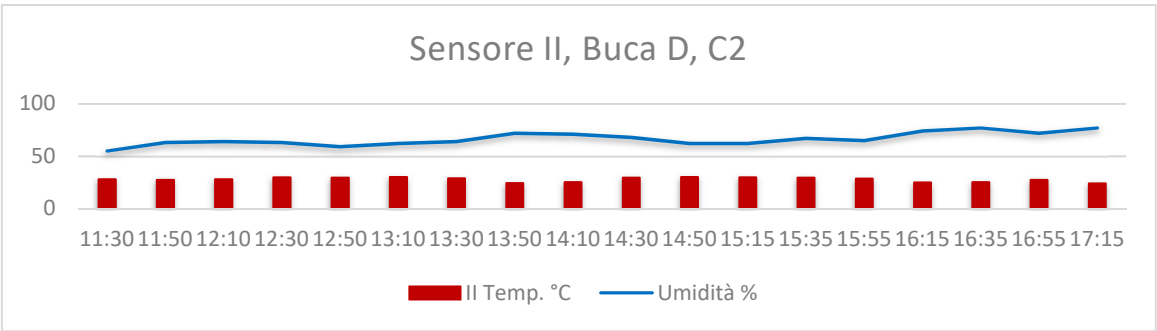


Grafico: 4

Lg Sper Buca D2/A 4	Umidità		Vento							
	Sensore I D		Sensore II D/A		Sensore III		Velocità	Direzione	Valori esterni	
27/09/2017	I Temp . °C	Umidità %	II Temp . °C	Umidità %	III Temp. °C	Umidità %	Vento m/s	da	Temperatura	UMI DITA'
11:30	28,8	59	28	55			1,3	SO	29	32
11:50	38,2	59	27,3	63			1	SO		
12:10	43,1	48	28	64			0,7	SO	24,9	37
12:30	44,9	44	29,7	63			0,8	S	26,4	38
12:50	46,8	38	29,3	59			1,1	E	26,6	35
13:10	41,3	41	29,9	62			0,9	SE	32,1	36
13:30	31,5	59	28,7	64			2,6	S	32,2	
13:50	27,7	71	24,2	72		77	0,8	N	27,1	38
14:10	35,4	66	25,2	71	27	71	0,5	O	27,3	31
14:30	48,2	46	29,5	68	30,9	67	0,1	S	36	36
14:50	46	45	29,9	62	30,5	65	0,8	SE	31,6	39
15:15	44,9	45	29,7	62	30	67	1,3	NO	31,5	41
15:35	48	42	29,4	67	28,5	68	1,7	S	31,6	39
15:55	43	45	28,4	65	27	72	0,7	NO	26,8	40
16:15	36,8	52	24,9	74	24,1	77	0		26	42
16:35	35,3	55	25	77	23,7	82	0,7	N	28,6	46
16:55	38,7	53	27,4	72	25,2	77	0		26,7	
17:15	36,4	55	23,9	77	22,7	80	0		25,7	42

▪ REPLICA SPERIMENTALE, BUCA D, COTTURA 3

La terza replica effettuata nella buca D ha avuto le stesse finalità delle due precedenti cotture. Il ciclo di combustione è avvenuto in una buca con la presenza di travi, ricoperte da un battuto, disposte sul fondo e con la realizzazione di una copertura in materiale organico.

Le tempistiche seguite sono state quelle previste dalla procedura. Nella fase di preriscaldamento sono state utilizzate le stesse quantità di combustibile usate nelle precedenti repliche. Nella fase di cottura invece è stato utilizzato un quantitativo più basso, che ha previsto l'uso del primo carico da 22 kg e non del secondo. Una volta effettuata la copertura, la cottura è proceduta per tutta la serata. Le temperature iniziano a calare a distanza di 4 ore e cinquanta minuti dall'avvio. I vasi sono stati recuperati l'indomani mattina. La copertura è stata realizzata ponendo grosse zolle di cotica erbosa disposte al di sopra del carico di combustibile, costituito da ceppi di medio taglio.

Sette i vasetti carichi e una statuina di argilla. Per simulare il pieno carico della struttura, oltre ai vasi menzionati, vengono aggiunti anche 10 mattoni già cotti (5 interi, 4 spezzati a metà, 1 intero con fori centrali e 2 e mezzo con fori centrali, tutti in materiale refrattario). Parte di un vaso si rompe durante il posizionamento dei mattoni, un altro presentava già delle fratture.

Per monitorare l'andamento delle temperature si installano due termocoppie, una tra le travi sul fondo, al di sotto del battuto (T1) e l'altra al centro in corrispondenza del fuoco (**Fig. 86**). Anche in questa occasione vengono utilizzati 3 sensori per rilevare l'umidità e la temperatura esterna.



Figura 86

T1	Travi sul fondo, sotto il battuto.	Sensore 1	A 30 cm dalla parete S
T2	Centro, in corrispondenza del fuoco	Sensore 2	In comune con buca E
Sensore 3 Posizionato a ridosso della sezione in verticale presso lo sfiato, con monitor rivolto verso il terreno			

Ora	Descrizione Buca D-C3 Giovedì 28-9-2017 C.R.	Kg combustibile	Misurazioni	Osservazioni
11:10	Accensione con primo carico di combustibile	7,5		
11:25	Carica combustibile	7,5		
12:15	Carica combustibile	8,5	T1: 297°C T2: 831,6°C	
12:30	Carica come da procedura (fase di pre-riscaldamento)	7,5	T1: 393,4°C T2: 811,3°C	
12:35	Posizionamento dei vasi attorno alla struttura (nr. v. foto)			
12:45	Si spargono le braci sul fondo.			<i>Prelevati alcuni carboni e sostituzione con 7kg di ceppi</i>
13:00	Carica dei vasi (7). Più una statuetta e un campione rettangolare di argilla. Uno dei vasi si è rotto ancor prima della cottura. Uno rotto in fase di posizionamento dei mattoni.			Durante questa cottura simuliamo il pieno carico della struttura inserendo 11 mattoni (7 interi, 4 spezzati a metà, refrattari).
13:05	Carica combustibile	22 Kg	T1: 459°C T2: 260°C	Ultima misurazione sensori umidità alle 18: 10
	Copertura con materiale organico al di sopra del combustibile.			
15.30			T1: 252°C T2: 712°C	
15:50	Temperature in calo (al di sotto dei 600° C)			
16:50			T1: 180 T2: 219	Si osserva un veloce raffreddamento
29/9 9: 10	Recupero vasi.		T1: 57,5°C T2: 27,5°C	
Buca D, C3: 5 mattoni interi, 4 a metà, 1 intero con fori centrali e 2 e mezzo con fori centrali. 7 vasetti, una statuina, un tester (Red).				

Risultati

La finalità della terza cottura era quella di approfondire la conoscenza dei processi di combustione e i loro effetti nella formazione di specifiche tracce nel caso di un uso reiterato di una struttura in presenza di travi sul fondo ricoperte da battuto e di una copertura temporanea. Le travi già predisposte sul fondo e ricoperte da battuto per preparare la prima cottura sono le stesse utilizzate nelle due precedenti (D, C1, C2). Alla fine della terza cottura, dopo il collasso della copertura, tra i residui di combustione e grandi zolle addossate alle pareti, sono visibili 8 mattoni e i vasi. Si riscontra una forte alternanza di sedimenti carbonizzati, ceneri e concotti. Il riempimento appare caratterizzato da carboncini e frustoli di circa 4 cm; un ceppo di medie dimensioni, parte del combustibile, si preserva integro (**Fig. 87**).



Figura 87: residui di combustione alla fine della terza cottura nella buca D.

Rubefazione

A fine cottura, è possibile evidenziare, anche in questo caso, la presenza nel riempimento di numerosi frammenti di concotto attribuibile alla copertura. I campioni prelevati dal riempimento superiore, in corrispondenza del centro della buca e al di sopra delle assi di appoggio dei vasi, presentano una variazione cromatica giallo-marrone (10 YR 6/6 brownish yellow). Numerosi anche i concotti di colore arancio intenso (2.5 YR 5/8). Le pareti appaiono nere-grigie e indurite. Una fascia di colore arancione caratterizza la parte bassa della parete Sud, per circa 20 cm, nell'area a contatto con le travi disposte sul fondo.

Travi. Lo stato di preservazione delle travi (già predisposte sul fondo sin dalla prima cottura) appare, ad una prima verifica, ottimo (**Figg. 88-89**). Anche in questo caso (come riscontrato sin dalla prima cottura nella stessa buca e anche nella buca C durante la prima serie di attività sperimentali) la presenza di un battuto sembra aver favorito la loro conservazione. Non si può dire la stessa cosa delle assi utilizzate come supporto per i vasi da cuocere. Sebbene in presenza di una copertura, non si conservano e nel



Figura 88

riempimento della struttura non sono distinguibili dai residui generati dal combustibile utilizzato nella cottura, costituiti in prevalenza da ceneri e concotti. Il sedimento che era stato utilizzato per ricoprire le travi appare rubefatto, con colorazioni dal nero al rosso e si disgrega facilmente in piccoli concotti. Anche la colorazione dei vasi testimonia che il processo si è svolto in un ambiente prevalentemente ossidante piuttosto che riducente.



Figura 89

Difformità e problematiche

Durante la fase di cottura è stato usato solo un carico di combustibile da 22 Kg (a causa di una dimenticanza – visite scolaresche e scavo buca E in concomitanza).

La realizzazione della copertura ha previsto una modalità di riempimento diversa dalla precedente (§ 5.3.2.). Vasi, carico combustibile e copertura in zolle. Mucchi di terra al di sopra.

Campioni

Sono stati prelevati alcuni campioni, costituiti da sedimento alterato termicamente, sia dal riempimento superiore vicino la parete SE, sia dalla parte centrale della struttura, al di sopra delle assi e dei vasi. La gamma di colori rientra nella fascia dei Red e degli Yellowish Red.

Ceramica

Poche le forme che si sono mantenute integre. Alcune presentano piccole fratture (ansa o orlo). La colorazione della superficie non appare uniforme ma contraddistinta dalle cosiddette “Fire clouds”, alcune grigie nella parte interna, altre nerastre localizzate nella parte esterna. Leggermente più rossastro, rispetto agli altri, il vasetto realizzato con l’argilla prelevata a Lugo (§5.3.5). (Fig. 90)



Figura 90

Andamento delle temperature

L'osservazione del diagramma di cottura permette di effettuare le seguenti valutazioni sulle dinamiche di combustione osservate (**Diagramma 8, Fig. 92, Tab. XVII**)

- Fase 1: durata 1h, 30'. Picco massimo raggiunto di 847,4° C dopo 1h e 15' dall'accensione e con un carico di 23,5 kg di combustibile.
- Fase 2: braci, 15'. Temperature in calo anche dopo il carico dei vasi.
- Fase 3: carica vasi, 2h, 45'. Picco massimo registrato dopo 1h 55' dal carico dei vasi e dal carico di combustibile. Le temperature registrate invece in corrispondenza delle travi sul fondo raggiungono i 461° C e sembrano restare nel range dei 400° C dal momento dello spargimento delle braci per quasi un'ora. Sempre dal momento della carica del combustibile è necessaria quasi un'ora per riportare le temperature al di sopra dei 600° C. La temperatura massima registrata in corrispondenza della T2 è di 843,8° C. Il range degli 800 si mantiene per non più di un quarto d'ora. Quello dei 700° per circa una ventina di minuti.
- Fase 4: la fase di raffreddamento dura un paio d'ore circa. Dopo 2 h, 10' temperature al di sotto dei 100° C. Interessante osservare che quando le temperature dell'ambiente principale sono al di sotto dei cento gradi, tra le travi invece si mantengono al di sopra per oltre quattro ore.

Il minore carico di combustibile sembra dunque influire sul mantenimento di certi range di temperature condizionandone la durata.

La presenza di mattoni può aver contribuito invece nel raggiungere alte temperature (non succede però lo stesso nel corso della cottura successiva, E, C1)

Umidità: i valori riferibili alla temperatura del terreno e all'umidità hanno un andamento inversamente proporzionale e abbastanza ovvio: più le temperature aumentano, più la percentuale di umidità diminuisce e viceversa. Il sensore posizionato presso lo sfiato ha temperature poco più alte e a parità di temperatura con quelli esterni, registra valori di umidità più bassi. Stessa osservazione può farsi per le registrazioni riferite alla temperatura e all'umidità esterna (quest'ultima più bassa di quella del terreno). Anche la velocità del vento sembra poco influire nelle variazioni riportate (**Grafico 5**).

Osservazioni: anche la terza cottura permette di escludere che in presenza di una copertura e con i riempimenti utilizzati le assi di sostegno possano preservarsi. Anche la colorazione dei vasi testimonia che il processo si è svolto in un ambiente prevalentemente ossidante piuttosto che riducente.

Ultima fase di utilizzo:

A cottura ultimata, e una volta prelevati i vasi, si decide di lasciare la buca aperta simulando dunque uno stato di abbandono. Al fine di assicurare la sicurezza dell'area viene colmata con lunghe ramaglie. Si intende dunque verificare e controllare lo stato di conservazione delle tracce a distanza di tempo dall'ultimo utilizzo.



Figura 91

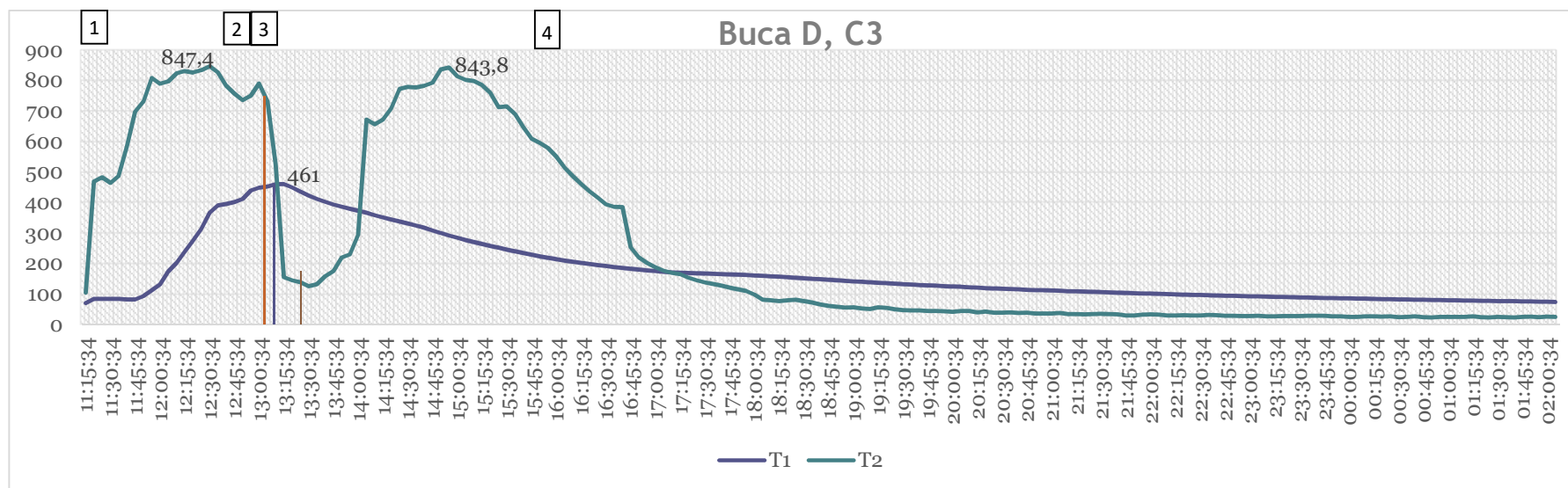


Diagramma 8: Rosso: carica vasi, nero: carica combustibile, marrone: posa della copertura.



Figura 92: ciclo di combustione nella buca D. Preriscaldamento (a), carica vasi e combustibile (b), copertura (c) e fase di raffreddamento (d).

Buca D, C3	T1	T2	Azioni
Time	Travi	Centro	
11:10			Accensione
11:15:34	70,6	104,7	+ 7,5kg
11:20:34	84,7	469,3	
11:25:34	84	483,2	+ 7,5
11:30:34	84	465	
11:35:34	84	487,6	
11:40:34	82,6	583,4	
11:45:34	82,4	698,2	
11:50:34	93,5	733,1	
11:55:34	111,7	809,6	
12:00:34	131,1	789,5	
12:05:34	174,2	797,2	
12:10:34	202,8	824,4	
12:15:34	239,1	831,1	+ 8,5
12:20:34	275,1	826,5	
12:25:34	313,6	833,9	
12:30:34	367	847,4	+ 7,5
12:35:34	391	827,5	
12:40:34	395,3	784,5	
12:45:34	402,2	757,6	Braci sul fondo (prelevati carboni/sostituiti con 7,5 kg)
12:50:34	412,6	736,6	
12:55:34	439,8	751,1	
13:00:34	449	790,4	Carica vasi
13:05:34	453,3	733,1	+ 22
13:10:34	460,4	524,7	
13:15:34	461	155,5	
13:20:34	449,8	144,9	
13:25:34	436,2	139,1	
13:30:34	423	126,2	
13:35:34	412,4	132,8	
13:40:34	403,1	158,6	
13:45:34	393,9	176	
13:50:34	386,5	220,2	
13:55:34	379,9	230,2	
14:00:34	373,8	293,7	
14:05:34	366,7	672,7	
14:10:34	358,4	656,5	
14:15:34	351,7	672,5	
14:20:34	345,1	708,9	

14:25:34	338,6	773	
14:30:34	331,7	779,7	
14:35:34	324,9	778,3	
14:40:34	317,6	783,1	
14:45:34	309	793,2	
14:50:34	300,4	837,2	
14:55:34	292,2	843,8	
15:00:34	284,7	815,2	
15:05:34	277,6	803	
15:10:34	271	799	
15:15:34	264,5	785,8	
15:20:34	258,3	761,4	
15:25:34	252,5	713,4	
15:30:34	246,3	716,3	
15:35:34	240,3	691,3	
15:40:34	234,5	648,2	
15:45:34	229	609,5	
15:50:34	224	595,6	Raffreddamento
15:55:34	219,3	579,8	
16:00:34	214,6	551,4	
16:05:34	210,1	514,6	
16:10:34	206,2	487,4	
16:15:34	202,4	461,8	
16:20:34	199,1	437,1	
16:25:34	195,6	416,7	
16:30:34	192	395,1	
16:35:34	188,7	386,4	
16:40:34	185,6	385,4	
16:45:34	182,8	253,4	
16:50:34	180,2	219,9	
16:55:34	177,7	201,9	
17:00:34	175,4	187,4	
17:05:34	173,2	176,9	
17:10:34	171,4	169,3	
17:15:34	170	165,4	
17:20:34	169,2	153,7	
17:25:34	168,6	145,6	
17:30:34	167,8	137,6	
17:35:34	166,8	133	
17:40:34	165,6	127,8	
17:45:34	164,7	121,6	
17:50:34	163,6	116,1	
17:55:34	162,5	110,3	
18:00:34	161,5	98,4	

18:05:34	160,2	81,6	
18:10:34	158,6	79,6	
18:15:34	157,1	76,8	
18:20:34	155,5	79,5	
18:25:34	153,9	81,2	
18:30:34	152,2	76,7	
18:35:34	150,3	72,8	
18:40:34	148,6	65,7	
18:45:34	147	61,1	
18:50:34	145,3	58,8	
18:55:34	143,7	55,4	
19:00:34	142	56,9	
19:05:34	140,3	53,3	
19:10:34	138,9	51,6	
19:15:34	137,4	56,9	
19:20:34	135,8	55,1	
19:25:34	134,2	50,3	
19:30:34	132,8	47,4	
19:35:34	131,4	47	
19:40:34	130	46,4	
19:45:34	128,7	44,9	
19:50:34	127,4	44,9	
19:55:34	126,1	43,4	
20:00:34	124,8	42,1	
20:05:34	123,7	44,8	
20:10:34	122,4	44,5	
20:15:34	121	40,4	
20:20:34	119,9	42,4	
20:25:34	118,6	39,2	
20:30:34	117,5	39,5	
20:35:34	116,4	39,8	
20:40:34	115,4	38,3	
20:45:34	114,4	39,1	
20:50:34	113,4	36,8	
20:55:34	112,6	36,5	
21:00:34	111,7	36,1	
21:05:34	110,8	38,2	
21:10:34	109,8	34,6	
21:15:34	108,9	34,6	
21:20:34	108	33,8	
21:25:34	107,2	34,6	
21:30:34	106,3	35,8	
21:35:34	105,4	35	
21:40:34	104,5	33,4	
21:45:34	103,7	30	

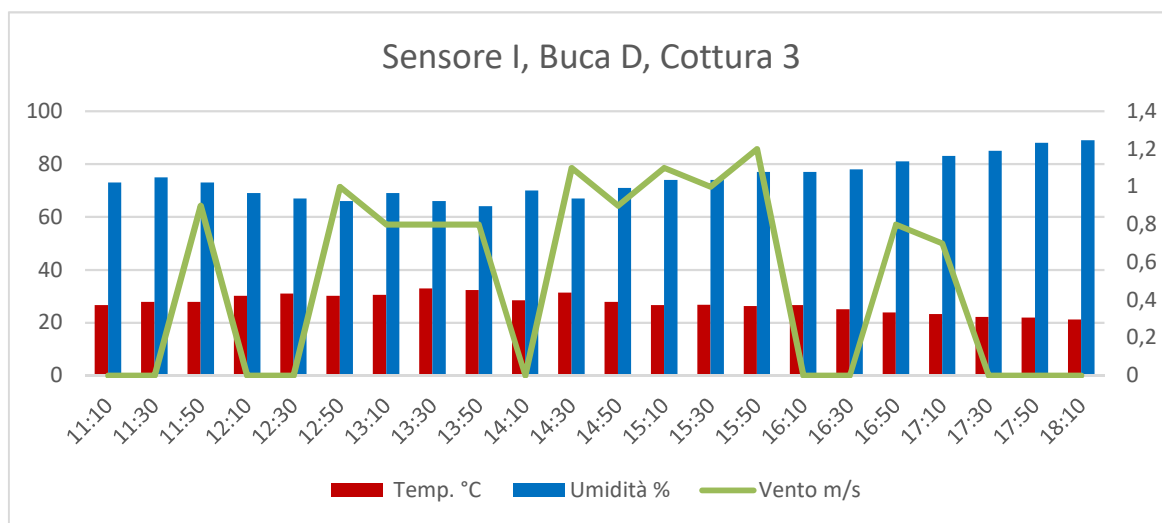
21:50:34	103	29,8	
21:55:34	102,4	32,5	
22:00:34	101,6	33,3	
22:05:34	100,7	32,3	
22:10:34	99,9	30,2	
22:15:34	99,2	29,8	
22:20:34	98,5	30,6	
22:25:34	97,6	30,3	
22:30:34	96,9	29,6	
22:35:34	96,3	32,1	
22:40:34	95,5	30,8	
22:45:34	94,9	29	
22:50:34	94,2	28,9	
22:55:34	93,6	28,4	
23:00:34	93	28,5	
23:05:34	92,5	29,2	
23:10:34	91,9	27,4	
23:15:34	91,2	27,4	
23:20:34	90,6	28	
23:25:34	90	27,8	
23:30:34	89,4	28,3	
23:35:34	88,7	28,6	
23:40:34	88,1	28,9	
23:45:34	87,4	28,8	
23:50:34	86,8	26,8	
23:55:34	86,4	27,6	
00:00:34	85,8	25,4	
00:05:34	85,3	25,3	
00:10:34	84,9	26,8	
00:15:34	84,4	27	
00:20:34	83,7	26,3	
00:25:34	83,2	26,7	
00:30:34	82,5	24,2	
00:35:34	82,2	25,1	
00:40:34	81,7	26,7	
00:45:34	81,2	24,4	
00:50:34	80,8	23,3	
00:55:34	80,4	25,3	
01:00:34	79,9	25,4	
01:05:34	79,5	25,6	
01:10:34	79,1	25,7	
01:15:34	78,7	26,7	
01:20:34	78,2	24,2	
01:25:34	77,7	23,6	
01:30:34	77,3	25,4	

01:35:34	76,9	24,8	
01:40:34	76,6	23,4	
01:45:34	76,2	25,1	
01:50:34	75,7	26,4	
01:55:34	75,3	24,7	
02:00:34	74,9	25,9	
02:05:34	74,6	25,1	
02:10:34	74,2	24,1	
02:15:34	73,9	25,1	
02:20:34	73,5	25,2	
02:25:34	73,1	26	
02:30:34	72,8	25,3	
02:35:34	72,4	26	
02:40:34	72	25,4	
02:45:34	71,6	25,9	
02:50:34	71,3	25,2	
02:55:34	71,1	26,7	
03:00:34	70,6	25,8	
03:05:34	70,3	25,8	
03:10:34	70	24,8	
03:15:34	69,8	25,5	
03:20:34	69,5	25,3	
03:25:34	69,2	23,6	
03:30:34	69	24,7	
03:35:34	68,7	25,2	
03:40:34	68,6	24,6	
03:45:34	68,2	24,3	
03:50:34	68	23,4	
03:55:34	67,9	24,7	
04:00:34	67,6	24,4	
04:05:34	67,4	24,3	
04:10:34	67,1	24,1	
04:15:34	67	25,9	
04:20:34	66,7	26,1	
04:25:34	66,5	25	
04:30:34	66,2	24,6	
04:35:34	66	24,7	
04:40:34	65,8	24,6	
04:45:34	65,6	26	
04:50:34	65,3	25,3	
04:55:34	65,1	25,4	
05:00:34	64,9	24,8	
05:05:34	64,8	24,8	

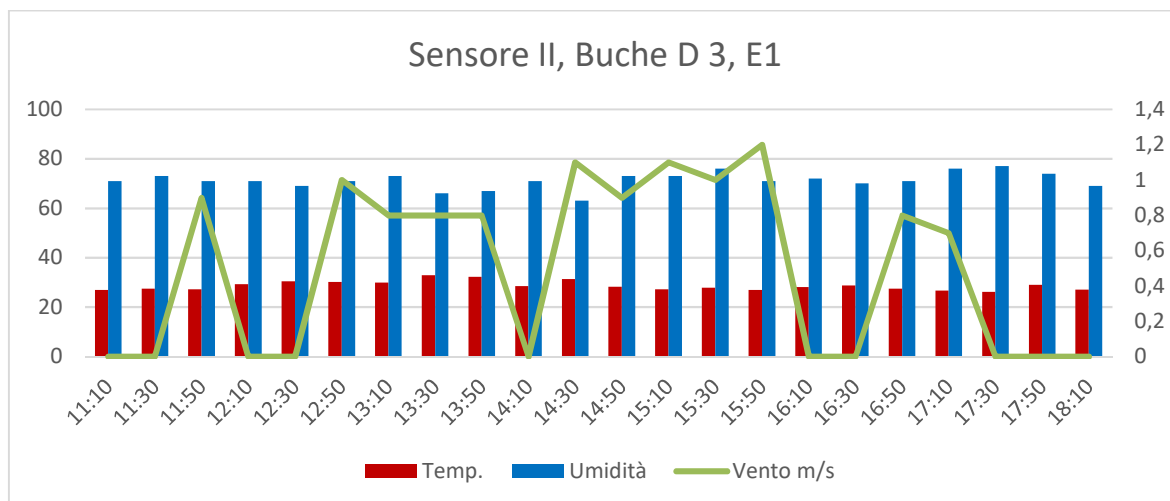
05:10:34	64,5	23,8	
05:15:34	64,3	24,2	
05:20:34	64,2	24,8	
05:25:34	64	25,2	
05:30:34	63,8	24,9	
05:35:34	63,6	24	
05:40:34	63,4	24	
05:45:34	63,2	24,1	
05:50:34	63	25,1	
05:55:34	62,8	24,7	
06:00:34	62,6	24,9	
06:05:34	62,5	24,6	
06:10:34	62,3	24,8	
06:15:34	62,2	24	
06:20:34	62	24,2	
06:25:34	61,7	24	
06:30:34	61,6	24,8	
06:35:34	61,4	24,8	
06:40:34	61,2	23,5	
06:45:34	61	23,5	
06:50:34	60,9	23,4	
06:55:34	60,7	23,2	
07:00:34	60,5	23,3	
07:05:34	60,4	23,4	
07:10:34	60,2	23,7	
07:15:34	60	23,3	
07:20:34	59,9	24,1	
07:25:34	59,7	23,9	
07:30:34	59,5	24,6	
07:35:34	59,3	24	
07:40:34	59,2	23,4	
07:45:34	58,9	23,3	
07:50:34	58,8	24,1	
07:55:34	58,6	23,6	
08:00:34	58,5	23,2	
08:05:34	58,4	24	
08:10:34	58,2	23,6	
08:15:34	58,1	23,4	
08:20:34	57,9	23,9	
08:25:34	57,8	23,4	
08:30:34	57,7	23,2	

Tabella XVII

1



2



3

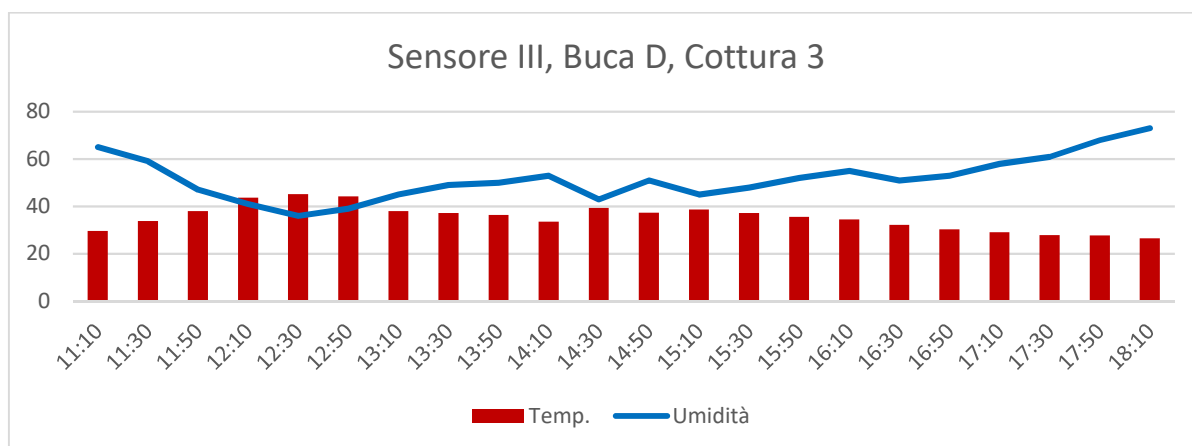
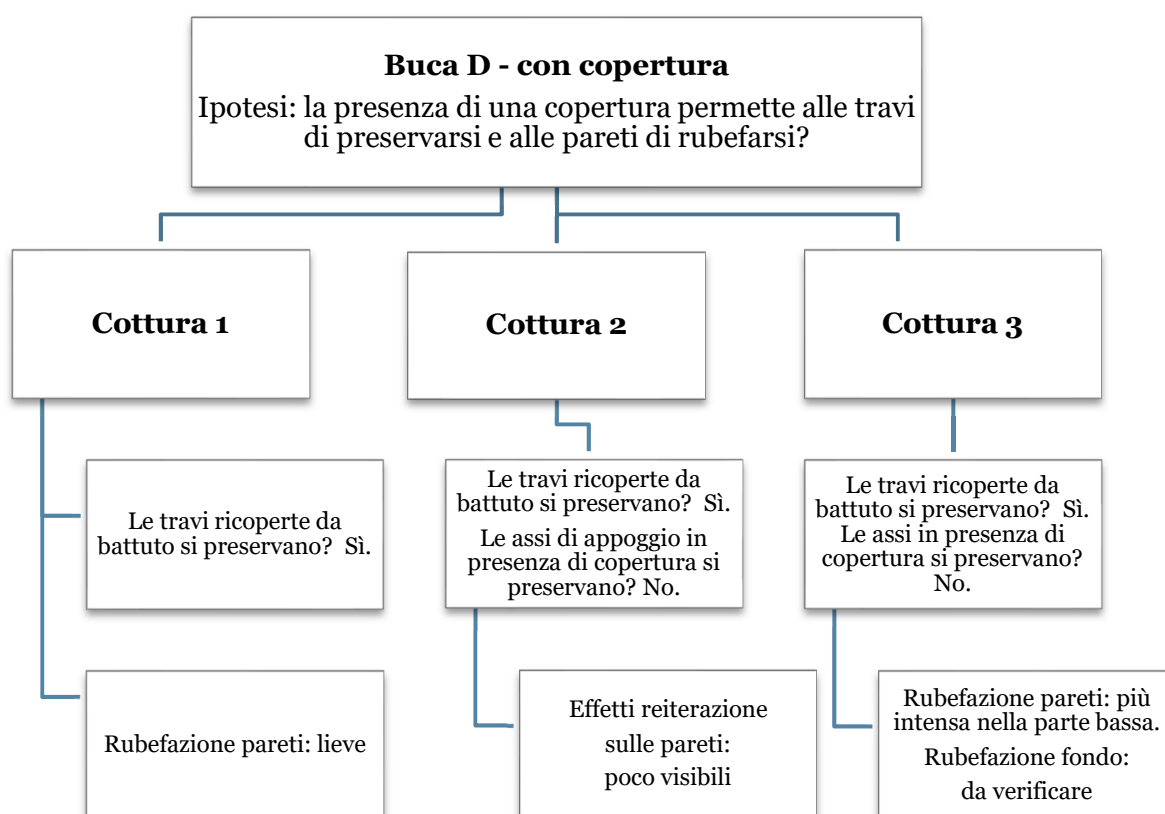


Grafico: 5

Lg Sper Buca D3/E1	Sensore I D		Sensore II D/E		Sensore III D		Vento		Valori esterni	
							Velo cità	Direzi one		
	Temp °C	Umidit à %	Temp °C	Umi dità	Temp °C	Umi dità		da	Temp °C	Umi dità
11:10	26,6	73	26,9	71	29,6	65	0		25,8	38
11:30	27,8	75	27,4	73	33,8	59	0		34,2	40
11:50	27,9	73	27,2	71	38	47	0,9	SE	36,1	40
12:10	30,1	69	29,2	71	43,7	41	0		40,1	38
12:30	31	67	30,4	69	45,2	36	0		42	36
12:50	30,2	66	30,1	71	44,2	39	1	NE	35	32
13:10	30,5	69	29,9	73	38	45	0,8	SO	33,6	33
13:30	32,9	66	32,9	66	37,2	49	0,8	S	37,4	29
13:50	32,3	64	32,2	67	36,4	50	0,8	NO	30,3	28
14:10	28,4	70	28,5	71	33,5	53	0		29,9	34
14:30	31,4	67	31,3	63	39,3	43	1,1	SE	31,6	25
14:50	27,9	71	28,2	73	37,3	51	0,9	E	28	34
15:10	26,6	74	27,2	73	38,7	45	1,1	NO	25,6	33
15:30	26,7	74	27,8	76	37,1	48	1	S	25,3	38
15:50	26,3	77	26,9	71	35,6	52	1,2	NO	25	37
16:10	26,6	77	28,1	72	34,5	55	0		26,4	42
16:30	25	78	28,7	70	32,1	51	0		25,9	42
16:50	23,9	81	27,4	71	30,3	53	0,8	E	25,1	46
17:10	23,2	83	26,7	76	29	58	0,7	SE	22,7	49
17:30	22,2	85	26,2	77	27,9	61	0		21,5	52
17:50	21,9	88	29	74	27,7	68	0		20	60
18:10	21,2	89	27	69	26,5	73	0		19,2	67

Buca D. Considerazioni.

Le repliche effettuate nella buca D hanno permesso di controllare prevalentemente due elementi: le travi disposte sul fondo della struttura ricoperte da battuto, la formazione di rubefazione alle pareti. Sono stati osservati inoltre gli effetti di un uso reiterato della struttura sul preservarsi di tali tracce. Parallelamente a queste finalità sono state osservate anche le dinamiche legate ai processi di combustione che hanno caratterizzato le diverse cotture.



In tutte e tre le repliche si è ottenuta una risposta positiva per quanto riguarda la capacità di preservarsi delle travi. La rubefazione delle pareti appare lieve e circoscritta ad un'area limitata dopo la prima cottura, molto più evidente, marcata ed estesa a partire dalla seconda e nella terza. Un'intensa alterazione termica del sedimento si estende infatti nella fascia bassa della struttura, in corrispondenza del punto in cui le travi disposte sul fondo, toccano la parete.

Se confrontate le tre repliche presentano alcune variazioni nelle modalità di realizzazione della copertura, nei quantitativi di combustibile impiegato con comportamenti termici differenti che verranno commentate in seguito (§ 5.3.1).

▪ **REPLICA SPERIMENTALE, BUCA E, COTTURA I**

La buca E, è stata scavata giovedì 28/9 e alle ore 14.00 è stata avviata la prima replica sperimentale. La realizzazione di una nuova buca è stata finalizzata non solo all'osservazione delle dinamiche pirotecniche ma soprattutto a quella degli effetti di una cottura, in assenza di travi sul fondo coperte da sedimento ma in presenza di assi (stavolta ricoperte con erba e successivamente con combustibile) e di una copertura in materiale organico (zolle di terra).

Si ricercano inoltre le cause all'origine dell'intensa rubefazione delle pareti, traccia non ancora ottenuta in maniera evidente nelle altre sperimentazioni. Le evidenze ottenute nel corso di precedenti repliche mostravano una forte relazione tra la formazione di rubefazione e il contatto diretto con il combustibile. Si decide quindi di effettuare un pieno carico, sia di combustibile a diretto contatto con le pareti che di vasellame, simulato dall'aggiunta, anche in questo caso, di circa una decina di mattoni (6 interi e 9 a metà in materiale refrattario e alcuni vasi già cotti) e verificarne gli effetti.

Nella precedente cottura, Buca D, C2, nonostante la presenza di una copertura che si pensava potesse favorire la conservazione delle assi sul fondo, i risultati non hanno permesso di dare un riscontro positivo a questa ipotesi. Ragione per la quale, durante la replica nella cottura E, si decide di ricoprire le assi con erba fresca e valutare se tale elemento può rappresentare una causa che conduce a diversi effetti.

La cottura viene eseguita in concomitanza con la terza cottura della buca D, già avviata qualche ora prima. Le termocoppie vengono posizionate in mezzo al combustibile nella parte sud della buca (T3) e nella parete sud, inserita dall'esterno nel terreno in modo da esser posizionata a metà altezza della parete (**Fig. 93**). Il sensore 2 viene posizionato a metà tra le due buche (D ed E).

T3	Posizionata tra il combustibile, nella parte S della buca.
T4	Posizionata nella parete S a metà altezza.
Sensore 2	A metà tra la buca E e la D



Figura 93

Ciclo di cottura

Fase 1-2. Durante la fase di accensione e preriscaldamento il combustibile viene addossato solo su una parete (ovest) e, nella parte opposta, si dispongono lunghe assi che formano una sorta di gradino con mucchi di erba fresca su di esse (**Fig. 94**)



Figura 94

I vasi vengono disposti sullo strato di erba in modo da favorire un riscaldamento graduale. Si effettuano le diverse cariche di combustibile previste dalla procedura di riferimento per la fase di preriscaldamento. A un'ora e mezza dall'accensione si spargono le braci attorno ai vasi, alcune delle braci che si iniziano a formare nella parte ovest vengono spostate e disposte attorno ai vasi. Altre assi vengono disposte anche nel lato ovest della buca e ricoperte da erba. Attorno ai vasi vengono disposti anche i mattoni.

Fase 3. Dopo aver sparso le braci si decide di riempire la buca con tutto il combustibile a disposizione. Gradualmente, nel giro di un quarto d'ora, si aggiungono i diversi carichi di combustibile come previsto dalla procedura di riferimento. Si usano due cariche da 22 Kg e i 16,25 kg che di solito sono stati usati per le cotture a cielo aperto. Si aggiunge anche il combustibile rimasto, pari a 20 kg tra ramaglie (10,5 Kg) e ceppi di medio taglio di rovere (9,5 kg). La copertura viene realizzata disponendo al di sopra dei vasi le ramaglie più fini (si tratta di due fasci di circa 5,5 Kg l'uno) a creare una sorta di supporto per la legna di taglio più grosso, che viene disposta al di sopra e forma una sorta di "coperchio". (Fig. 100) A



Figura 96



Figura 95

quasi due ore dall'accensione, si ricopre tutto con grosse zolle di terra ottenendo una copertura "a cono". Questa fase è caratterizzata dalla tipica emissione di intenso fumo bianco, indice della fase di evaporazione in atto. (Fig. 96). Dopo circa mezz'ora la copertura inizia a crollare creando sfiati in più punti (Fig. 95). Ne apriamo uno centrale e dopo mezz'ora si ricoprono le parti scoperte con ulteriori zolle di grandi dimensioni.

Fase 4. La combustione procede, lasciando le termocoppie in posizione, per tutta la sera e la notte. I vasi vengono recuperati l'indomani mattina.

Ultima fase di utilizzo. Una volta prelevati i vasi all'interno, si decide di non ricoprire la buca al fine di poter esaminare, in un secondo momento, le tracce e le dinamiche deposizionali (Fig. 97). Questa scelta simulerebbe dunque un caso di uso e abbandono. I mattoni, vengono lasciati all'interno della buca. Tutta l'area viene delimitata da nastro ad alta visibilità.



Figura 97

Ora	Descrizione Buca E-C1 Giovedì 28-9-2017 C.R.	Kg combustibile	Misurazioni	Osservazioni
14:00	Accensione con primo carico di combustibile	7,5	T3 al centro T4 in parete SE S1,2,3 come in buca D,C3	Il fondo preparato con travi ed erba fresca, senza sedimento, ad accensione avvenuta
14: 10	Carica combustibile		T3: 150°C T4: 31,7°C	
14: 18	Carica combustibile	7,5		
15:05	Carica come da procedura (fase di pre-riscaldamento)	8,5		
15:20	Carica combustibile	7,5		
	Peso arbusti e ramaglie, 5,5 kg Ramaglie fresche: 6 kg. Tutte da usare nella copertura. Si intende posizionare travi, poi erba, più vasi, più carico combustibile...	11,5		<i>Mattoni: 6 interi, 9 a metà</i> <i>Anche alcuni vasi già cotti...</i>
15:30	Vasi già disposti sulle assi – vengono circondati dalle braci			Caricati in totale 16 vasi. Alcuni già cotti per simulare pieno carico.
15:46	Completamento del carico con tutto il rimanente previsto dalla procedura.	22+22+16		
15:50	Aggiunta extra di combustibile 20 Kg (ramaglie e rovere)	+ 9,5 kg rovere		Emissione fumo bianco
15:59	Temperature basse, al centro oscillano tra i 70° e gli 80°C		T3: 81°C T4: 96° C	
16:24	Una volta coperta, la buca mantiene la temperatura (T3) al centro bassa. Sale a 92,2°C e cresce lentamente.		T4: 330°C	La temperatura alla parete è più alta, 330°C che a quest'ora scende a 263°C.

				La copertura, inizialmente a tappo, inizia a crollare. L'erba brucia, si aprono spazi tutto attorno che fanno da sfiati naturali. Creiamo un foro al centro.
16:30			T3: 102,8°C T4: 249,3°C	
17: 10	Copriamo al centro con zolle di grandi dimensioni		T3: 231, 4°C T4: 234,4°C	
				Ultima misurazione sensori igroscopici 18: 10
29/9 8:40	Si osserva una marcata rubefazione delle pareti fino alla parte alta. Colore rosso – marrone. Mattoni – laterizi non forati. Temperature più alte del solito registrate dalla TC nella parete.		T3: 238°C	
9: 10			T3: 213°C T4: 38,8°C	
11:00	Recupero vasi Colore superficie vasi chiara.			

Risultati

Una volta ultimata la cottura nella buca E quello che appare maggiormente visibile è una marcata rubefazione nella parte orientale della parete con larghe porzioni visibili a N, NE e S, SE. Si tratta di una evidenza mai ottenuta nelle altre repliche sperimentali condotte che rappresenta una risposta positiva che integrata alle altre ottenute durante le precedenti repliche, chiarisce la conoscenza di alcune dinamiche che portano alla formazione di specifiche tracce. Abbondanti anche altri residui di combustione, come cenere e carboncini, ma nettamente prevalente è la presenza di concotti di diverse dimensioni dalla marcata colorazione arancione.

Rubefazione

La rubefazione appare molto marcata ed estesa su gran parte delle pareti della buca E (**Fig. 98**). La tonalità corrisponde al 2.5 YR 4/8 delle Munsell (red). Si tratta della prima evidenza così intensa; le cause verranno valutate tentando di separare alcune variabili coinvolte ed esaminate in dettaglio più avanti (§ 5.4.2.). Si decide di effettuare la verifica di alcune tracce a lungo termine.



Figura 98: alterazione termica delle pareti nella buca E dopo la prima cottura

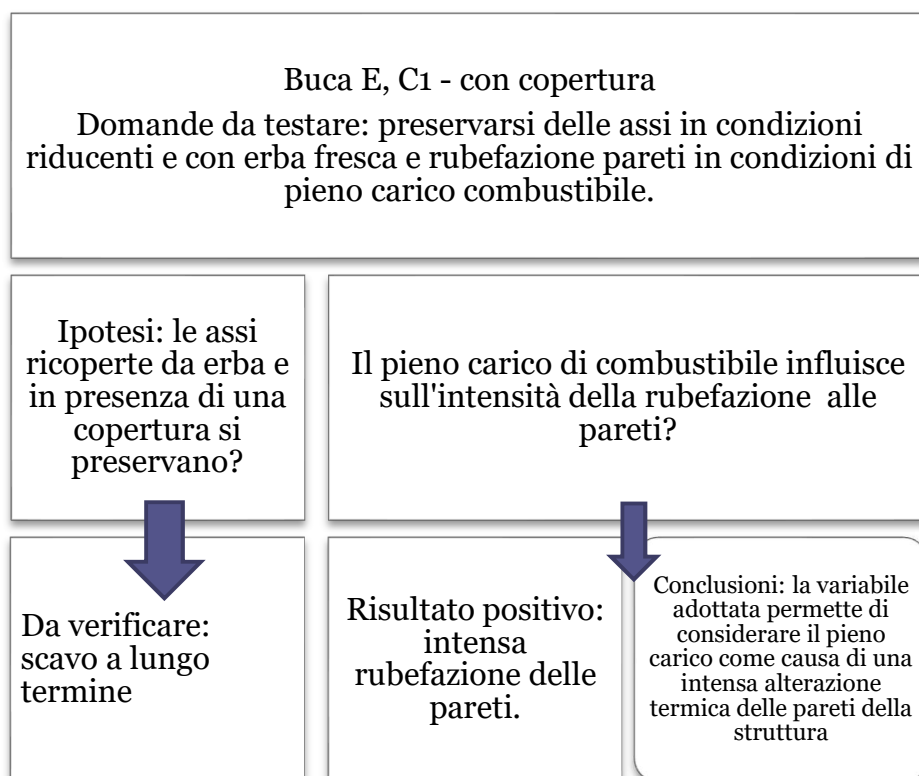
Campioni

Subito dopo la cottura vengono prelevati alcuni campioni dalla parete Sud, in corrispondenza del punto di posizionamento della termocoppia T4. Numerosi i concotti all'interno dei vasi, residui del crollo della copertura. Vengono prelevati campioni di concotto dal riempimento superiore.

- Altri da prelevare al momento dello scavo. Fondo e pareti (N – S).

Assi sul fondo

Rimane da verificare se le assi utilizzate come base per i vasi da cuocere, se ricoperte da erba e in presenza di una copertura, si conservano o meno. Le ultime due cotture effettuate nella buca D, con assi sul fondo, hanno fatto dare una risposta negativa a questo quesito. In questo caso invece, la presenza di erba sulle assi potrebbe aver determinato un risultato diverso.



Difformità e problematiche

Come descritto precedentemente, effettuando una cottura a pieno carico (mattoni e vasi) e combustibile) ci si è discostati dalla procedura di riferimento al fine di verificare gli effetti di queste che possiamo considerare “variabili”. Sebbene non siano state inserite una alla volta, grazie ai confronti con le repliche precedenti, permettono, procedendo per esclusione, di effettuare delle considerazioni significative.

Ceramica

Le forme risultano tutte ben cotte. Il colore della superficie rientra nella gamma dei rosso-marroni, con chiazze grigio-scure in alcuni punti della superficie esterna ma anche in quella interna, come effetto della presenza di erba (**Fig. 99**). Alcune parti delle ceramiche si rompono (forse per effetto del crollo della copertura?).



Figura 99

Andamento delle temperature

- **Fase 1-2.** Le tempistiche seguite per la fase di preriscaldamento sono simili alle precedenti. I quantitativi di combustibile sono quelli indicati nella procedura di riferimento. Durante questa fase, una volta caricato tutto il combustibile previsto, la

temperatura massima rilevata, in corrispondenza della T3, è stata di 656,9° C. Si tratta di un picco che non viene mantenuto a lungo, ma solo per pochi minuti seguiti da temperature in calo. La T4 invece sfiora appena i cento gradi e rileverà temperature più alte solo nella fase successiva, in seguito ad un più significativo carico di combustibile.

- **Fasi 3-4** I vasi disposti sulle assi, ricoperte da erba e circondate da braci, vengono coperti anche dal carico di combustibile residuo e previsto da questa fase nell'ordine descritto precedentemente. Le temperature rilevate al centro della buca restano basse e potrebbero riferirsi ad un errato posizionamento della termocoppia. Più alte appaiono invece quelle monitorate dalla termocoppia inserita in parete. Dal momento in cui vengono effettuati il carico di combustibile e la copertura della struttura, le temperature (T3-T4) segnano un breve calo e poi un costante graduale aumento. Servono due ore prima che la T3 indichi temperature superiori ai 500° C (518,9°C alle 18:05). Interessante invece osservare che la T4 posizionata in corrispondenza della parete Sud tocca i 458° C e oscilla con sbalzi di circa 100° C senza però andare al di sotto dei 250° C circa per quasi un'oretta dal raggiungimento di tale picco. Inaspettatamente, dopo circa 3 ore dalla copertura, indica i 555° C e poi inizia a decrescere gradualmente. Anche la T3 decresce per poi segnare una inversione di tendenza con un inatteso aumento durante la notte, attorno alle 23:00 che tocca un picco di 633° C alle 23:40 e poi un graduale calo fino alle prime ore del mattino, momento in cui le temperature sono comunque al di sopra dei 200° C. **(Diagramma 9)**

Visto lo strano andamento delle temperature che difficilmente hanno superato i 600° C e la strana ripresa delle stesse è difficile definire quale possa considerarsi la fase di raffreddamento. Non si esclude però che questi range, piuttosto bassi rispetto a quanto documentato finora, siano conseguenza di un errato posizionamento della termocoppia.

Umidità. Il livello di umidità del terreno, rilevato dal sensore 2, permette di fare le stesse considerazioni effettuate per la replica precedente. Temperatura e umidità del terreno, a poca distanza dalla buca, oscillano tra minime di circa 26° C e massime di 32,9° C e percentuali di

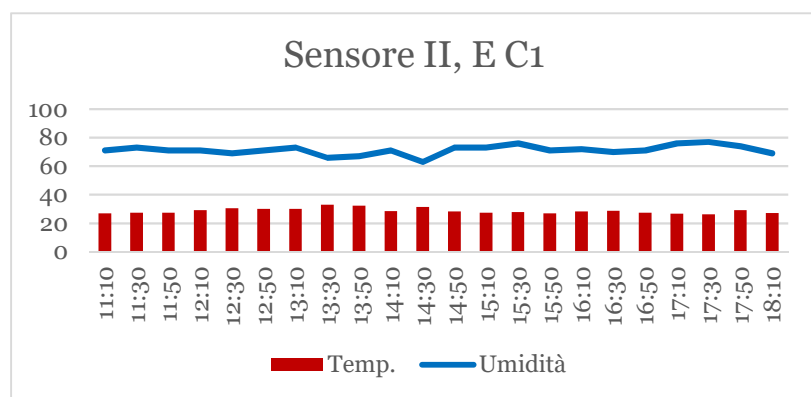


Grafico: 6

umidità che vanno da un minimo di 63% a un massimo del 76%, valori che diventano inversamente proporzionali tra loro: più le temperature aumentano, più l'umidità diminuisce e viceversa (**Grafico 6**).

Osservazioni

A pieno carico, si riscontrano temperature basse al centro. La buca è stata lasciata aperta per consentire una verifica della dinamica di trasformazione delle tracce a lungo termine. Nel caso le assi utilizzate sul fondo non si preservassero dimostrerebbe che l'unica modalità per ottenere tracce simili a quelle presenti nel record archeologico è quella di ricoprirele con sedimento. La possibilità che si preservino in presenza di erba e di una copertura ha dato risposta negativa ed è stata dunque scartata). Se si preservano invece, questa eseguita nella buca E potrebbe essere la procedura che confrontata con i resti archeologici, potrebbe dare il risultato più simile. Rimarrebbe però da verificare se una cottura con pieno carico di combustibile, in presenza di travi ricoperte da sedimento e con copertura, produrrebbe gli stessi effetti.

Una variabile nella determinazione della forte alterazione termica, potrebbe esser stata determinata dalla presenza di mattoni che permettono di rifrangere il calore; anche il pieno carico di combustibile può aver influenzato questo risultato. La presenza di mattoni anche nella buca D 3 non ha prodotto questo effetto, e questo può far dedurre che il risultato della buca E è attribuibile al pieno carico di combustibile.

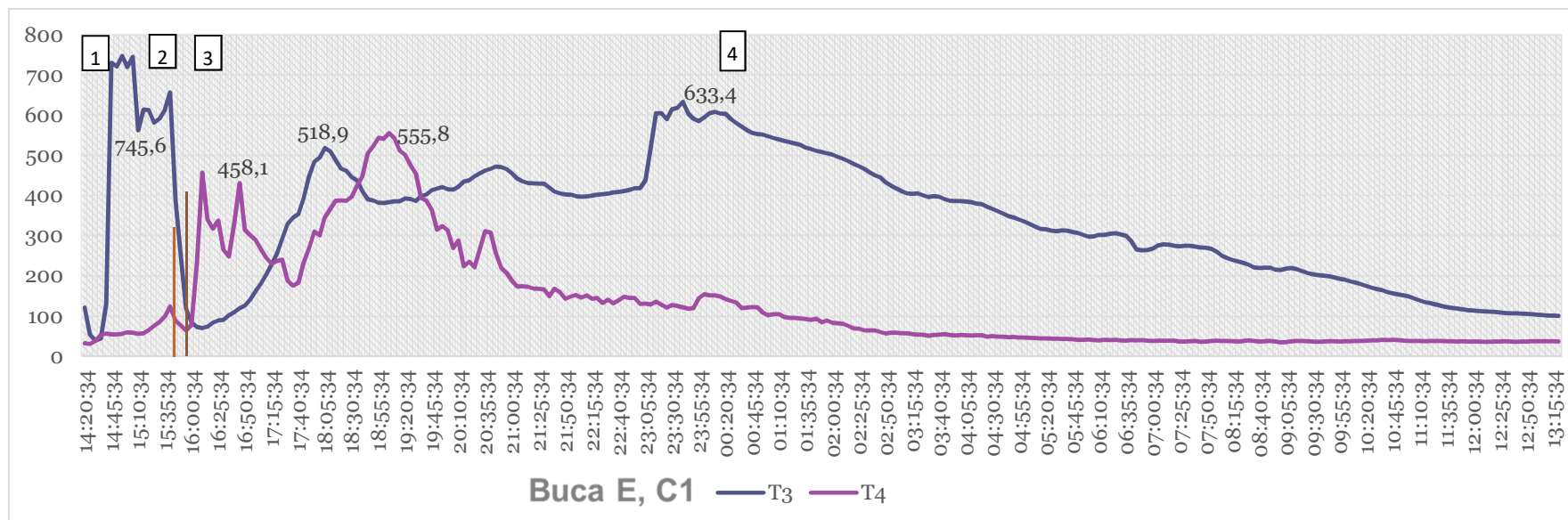


Diagramma 9: la linea rossa indica il momento in cui i vasi sono posizionati sulle braci; quella marrone la posa della copertura, preceduta da un pieno carico di combustibile.



Figura 100: vari momenti del ciclo di cottura effettuato nella buca E. Disposizione assi sul fondo, carica dei vasi, copertura con erba, ramaglie, tronchi e zolle con erba.

Buca E, C1			
Time	T3	T4	Azioni
	Centro	Pareti	
14:00			Avvio + 7,5
14:20:34	121,7	32,8	+ 7,5
14:25:34	54,6	31,3	
14:30:34	39,8	38,7	
14:35:34	44,6	52,9	
14:40:34	130,2	57,4	
14:45:34	731,1	54,9	
14:50:34	721,5	55,2	
14:55:34	747,8	56,4	
15:00:34	720,1	60,3	
15:05:34	745,6	59,3	+ 8,5
15:10:34	562,4	56,5	
15:15:34	614,7	57,6	
15:20:34	613	65,6	+ 7,5
15:25:34	581,9	76,4	
15:30:34	591,8	85,6	
15:35:34	614,1	99,6	
15:40:34	656,9	124,3	
15:45:34	389,6	89,1	22+22 +16
15:50:34	246,6	76,9	Extra +20 copertura
15:55:34	118,8	64,9	
16:00:34	84,9	78,3	
16:05:34	73,1	233,3	
16:10:34	70,5	458,1	
16:15:34	73,8	340,6	
16:20:34	84,2	318,1	
16:25:34	89,6	337,7	Crollo copertura. Sfiato centrale
16:30:34	91,5	265,3	
16:35:34	102,7	248,8	
16:40:34	110,1	331,6	
16:45:34	120,2	431,4	
16:50:34	126,4	315,5	
16:55:34	141,5	301,9	
17:00:34	162,6	289,4	
17:05:34	181,8	266,2	

17:10:34	203,6	245,7	+ ulteriori zolle
17:15:34	228,7	231,2	
17:20:34	256,6	237,9	
17:25:34	292,7	241,1	
17:30:34	330,3	189,3	
17:35:34	345,3	176,1	
17:40:34	354	183,2	
17:45:34	392,9	233	
17:50:34	447,8	268,8	
17:55:34	484,6	311,2	
18:00:34	495	300,8	
18:05:34	518,9	346,7	
18:10:34	510,2	366,7	
18:15:34	488,5	387,7	
18:20:34	467,9	388,1	
18:25:34	462,1	387,6	
18:30:34	446,1	397,3	
18:35:34	438,2	425,5	
18:40:34	412	447,8	
18:45:34	391,1	505,4	
18:50:34	388,1	522,8	
18:55:34	382,3	544,6	
19:00:34	381,7	541,1	
19:05:34	383,9	555,8	
19:10:34	385,8	542,9	
19:15:34	385,9	512,3	
19:20:34	393,2	501,7	
19:25:34	391,9	475,9	
19:30:34	387,1	455	
19:35:34	399	394,7	
19:40:34	403	387,8	
19:45:34	413,6	364,4	
19:50:34	417,6	315,1	
19:55:34	421,6	324,3	
20:00:34	416,2	313,8	
20:05:34	415	269,8	
20:10:34	422,3	288,1	
20:15:34	434,9	224,2	
20:20:34	438,5	236,1	
20:25:34	448,8	221,5	
20:30:34	455,8	265,8	
20:35:34	462,8	312	
20:40:34	467,3	308,4	
20:45:34	473	258,1	

20:50:34	471,1	220,6
20:55:34	466,5	208,2
21:00:34	455,6	188,2
21:05:34	442,7	174,3
21:10:34	435,6	174,7
21:15:34	431,7	173,6
21:20:34	430,7	169,3
21:25:34	430	168,8
21:30:34	429,8	167
21:35:34	420,1	149,9
21:40:34	410,4	168,7
21:45:34	405,9	160,1
21:50:34	403,2	143,7
21:55:34	402,1	149,6
22:00:34	398,9	153,2
22:05:34	397,7	146,5
22:10:34	397,9	152,4
22:15:34	400,3	143,3
22:20:34	402,1	145,7
22:25:34	403,8	132,7
22:30:34	405,1	141,3
22:35:34	407,8	132
22:40:34	409,8	140,3
22:45:34	411,8	148,9
22:50:34	414,2	145,9
22:55:34	419	145,8
23:00:34	418,8	131,1
23:05:34	438,5	131,3
23:10:34	517,8	129,3
23:15:34	605,2	136,3
23:20:34	605	128,5
23:25:34	590,2	121,4
23:30:34	615,2	127,8
23:35:34	618,6	125,8
23:40:34	633,4	122,6
23:45:34	604,4	118,9
23:50:34	592	120
23:55:34	585,5	145,4
00:00:34	594,8	155,1
00:05:34	604,9	151,9
00:10:34	608,5	152,3
00:15:34	604,7	149,4
00:20:34	603,5	142,6
00:25:34	591,1	138,5
00:30:34	580,9	134,2

00:35:34	571,9	119,9
00:40:34	562,4	121,5
00:45:34	556,6	123,2
00:50:34	553,7	122,5
00:55:34	552,3	109,2
01:00:34	547,7	102,3
01:05:34	543,6	105,1
01:10:34	540,2	105,3
01:15:34	536,3	98,2
01:20:34	532,9	96
01:25:34	530,1	95,9
01:30:34	526,4	94,8
01:35:34	519,7	93,4
01:40:34	515,9	91,4
01:45:34	511,9	94,2
01:50:34	508,5	85,1
01:55:34	505,5	89,6
02:00:34	502,7	84,2
02:05:34	496,4	82,4
02:10:34	491,8	81,4
02:15:34	486,2	76,2
02:20:34	479,2	70
02:25:34	473,7	68,9
02:30:34	466,8	65,1
02:35:34	457,5	65,1
02:40:34	450,6	65,1
02:45:34	445,5	60,7
02:50:34	433,6	57,3
02:55:34	425,1	59
03:00:34	417,9	59,3
03:05:34	410,8	57,5
03:10:34	406	57,9
03:15:34	404,6	56
03:20:34	406,2	54,1
03:25:34	401,2	54
03:30:34	396,5	51,6
03:35:34	399	53,3
03:40:34	397,7	54,1
03:45:34	392,1	55,4
03:50:34	387,7	53,4
03:55:34	387	52,1
04:00:34	386,8	53,9
04:05:34	385,6	52,8
04:10:34	383,8	52,3
04:15:34	380,2	52,7

04:20:34	378,7	52,6	
04:25:34	372,7	49,6	
04:30:34	366,9	50,9	
04:35:34	361,6	49,3	
04:40:34	355,3	49,2	
04:45:34	349,4	47,6	
04:50:34	345,4	48,3	
04:55:34	340,5	47	
05:00:34	336,1	47,3	
05:05:34	329,5	46,5	
05:10:34	323	45,9	
05:15:34	317,5	44,8	
05:20:34	316,9	45,2	
05:25:34	313,2	44,2	
05:30:34	311,7	44,2	
05:35:34	314,1	43,7	
05:40:34	313,3	43,5	
05:45:34	309,9	42,9	
05:50:34	307,4	41,4	
05:55:34	302,2	41,6	
06:00:34	298,2	42,5	
06:05:34	298,8	40,5	
06:10:34	302,4	40,4	
06:15:34	302,6	41,2	
06:20:34	305,6	41	
06:25:34	306,9	41,5	
06:30:34	303,6	40,4	
06:35:34	300,5	39,2	
06:40:34	286,4	40,8	
06:45:34	266,6	40,1	
06:50:34	264,2	40,6	
06:55:34	265	39,5	
07:00:34	268,2	38,4	
07:05:34	276,1	39,2	
07:10:34	279,1	39,3	
07:15:34	278,5	39,6	
07:20:34	275,4	39,6	
07:25:34	274,2	37,5	
07:30:34	275,5	37,5	
07:35:34	275,7	37,9	
07:40:34	273,5	38,6	
07:45:34	271,5	36,6	
07:50:34	270,4	37,6	
07:55:34	267,9	38,7	
08:00:34	260,6	39,1	

08:05:34	250,5	38,5	
08:10:34	244,4	38,8	
08:15:34	240,2	38,2	
08:20:34	236,2	37,3	
08:25:34	232,9	38,4	
08:30:34	227,9	40,3	
08:35:34	221,8	38,9	
08:40:34	220	37,2	
08:45:34	221	37,9	
08:50:34	220,7	38,7	
08:55:34	216	37,6	
09:00:34	215,4	35,3	
09:05:34	218,9	36,1	
09:10:34	220,5	38	
09:15:34	217,2	38,8	
09:20:34	212,4	39	
09:25:34	207,6	37,9	
09:30:34	204,7	37,5	
09:35:34	202,7	36,7	
09:40:34	200,9	37,4	
09:45:34	199,4	38	
09:50:34	196,6	37,8	
09:55:34	193,6	37,3	
10:00:34	191,4	38,2	
10:05:34	187	38	
10:10:34	183,8	39	
10:15:34	179,6	38,9	
10:20:34	175,6	39,2	
10:25:34	171,3	39,8	
10:30:34	168,1	40	
10:35:34	164,6	41,7	
10:40:34	159,6	41,1	
10:45:34	157,1	41,2	
10:50:34	154,5	41	
10:55:34	152,1	39,4	
11:00:34	149,2	39	
11:05:34	144,4	38,7	
11:10:34	139,6	38,9	
11:15:34	135,3	38,3	
11:20:34	132,7	38,6	
11:25:34	129,6	38,9	
11:30:34	125,7	38,7	

Tabella XVIII

ELENCO CAMPIONI SPERIMENTALI – Concotti***I e II serie di attività – Tabella e caratteristiche***

<i>Buca</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Tinta</i>	<i>Faccia esterna</i>	<i>Tinta</i>	<i>Faccia interna</i>	<i>Tinta</i>	<i>Frattura</i>	<i>Consistenza/Sezione</i>	<i>Profondità alterazione</i>	<i>Inclusi</i>
A, C1	Parete N (bassa)*	Black	5 YR 2.5/1	Yellowish Red	5 YR 5/6			Friabile Piano - convessa	13,3	1 grande 9,3mm
A, C1	Fondo, RICCO DI CENERE (grossi frr da 45 mm)	Very Dark Grey	7,5 YR 3/1	Strong Brown	7.5 YR 4/6	Strong Brown	7.5 YR 4/6	Compatto Regolare	10,4	medi e grandi (9,4)
A, C1	Parete (parte basale)	Dark Brown	7.5 YR 3/3	Brown	7.7 YR 5/4	Brown	7.5 YR 4/4	Compatto Piano-convessa	10,7	piccoli
A, C2	Fondo Ovest, faccia esterna ricca di cenere colore grigio. Al di sotto superficie compatta nera (3mm), e poi marrone	Pinkish Grey	7.5 YR 6/1	Brown	7.5 YR 4/3	Black	7.5YR 2.5/1	Compatto Piana	13,5	piccoli
A, C2	Fondo EST	Light Reddish Brown	2.5 YR7/3	Red	2.5 YR 5/8	Red	2.5 YR 5/8	compatto e granuloso Piana	9,9	vacuoli, forellini
A, C3	Fondo 1/4 NE*, 2 cotture	Pale Red	2,5YR7/2	Red - Reddish Brown (Centro)	2.5 YR 5/8 5 YR 4/4	Red	2.5YR5/8	Compatta Piano-convessa	13,6	piccole dimensioni e sparsi
A, C3	Fondo 1/4 SO*, 2 cotture	Light Gray	7.5YR 7/1	Yellowish Red	5 YR 4/6	Yellowish Red	5YR 5/6	compatta	15,4	1 gross (12, 4 mm), piccoli (3-mm)

A, C3	Fondo 1/4 SE*, 3 cotture	Pink	5YR 7/3	Red	2.5 YR 4/6	Red	2.5YR5/8	Piano - convessa	10 mm red	1 grosso 8,5 mm. Vari piccoli
A, C3	Fondo 1/4 NO*, 1 cottura	Light Reddish Brown	2.5YR 7/3	Red	2.5 YR 4/8 2.5 YR 5/8	Dark Reddis h Brown	2.5 YR3/3		9,5	
A, C3	Concotto parete N* (tra i 15-20 cm dal fondo)	Yellowish Red	5YR 4/6	Yellowish Red	5YR 4/6	Dark Reddis h Brown	5 YR 3/4	Compatta Uniforme	11,4	piccoli, rari
B, C1	Parete Est (30 cm dal fondo)	Black	7.5YR2.5/1	Brown	7.5YR4/4	10mm Esterno Reddis h Brown	5YR 4/4	Compatta		piccole dimensioni sparsi - medi rari
B, C1	Parete E bassa* (15 cm dal fondo), facce non nettamente distinguibili. Alcuni fr si staccano in pezzi e altri si frantumano	Dark Reddish Gray	2.5YR3/1	Reddish Brown	2.5YR4/4			Compatta Piana		piccoli
B, C1	Parete E bassa* (15 cm dal fondo), frammento tondo	Red; Dark Reddish Brown	2.5 YR 5/6; 2.5YR 3/4							
B, C1	Fondo*	Light Red	2.5 YR6/6	Dark Reddish Brown	2.5 YR3/4	Red	2.5 YR5/8	Fessurato ma compatto	4	medi 3,5 e piccoli

B, C2	Concotto Fondo, piccoli frr (di circa 18 mm), tondeggianti, facce non distinguibili					Yellowish Red	5YR4/6	Fessurato ma compatto Tondeggiante	medi e piccoli
B, C2	Parte rubefatta parete Ovest* (20-25 cm dal fondo) tanti piccoli concottini di diverse dimensioni (massimo da 23 a 10mm varie colorazioni)	Red	2.5YR2.5/4 2.5YR 5/8	Red	2.5 YR4/8	Yellow	10YR 8/8	Irregolare e poroso	piccoli e medi
B, C2	Concotti nel riempimento* (Copertura)	Red Reddish Yellow Gray	2.5 YR5/8 7.5 YR 6/6 7.5 YR 5/1		Yellow		10YR 7/8	Fessurato ma compatto	forellini
B, C2	Concotti nel riempimento* (Copertura)	Red	2.5 YR 5/8	Red	2.5 YR4/8			Fessurato ma compatto	10,4 no

<i>Buca</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Materiale</i>	<i>Tinta</i>	<i>Faccia esterna</i>	<i>Tinta</i>	<i>Faccia interna</i>	<i>Tinta</i>	<i>Frattura</i>	<i>Consistenz a/Sezione</i>	<i>Pr. mm</i>	<i>Inclusi</i>
A, C4	Campione dal fondo, a 12 cm da parete NE	Concotto, presenta tracce di cenere bianco/grigio sulla facciaesterna che copre il colore originale	Red	2,5 YR 5/6	Reddish Brown	2,5 YR 4/4	Red	2,5 YR 4/8	Compatta, piano/convessa	15	piccoli e rari
A, C4	Campione del fondo a 20 cm da parete Sud (SE)	Concotto	Light Reddish Brown	2.5 YR 6/3	Red	2.5 YR 4/8	Red	2,5 YR 4/8			
A, C4	Parete N (da 10 a 20 cm dal fondo)	Concotto		5YR 4/6 o 2.5 YR 4/6	Reddish brown	5 YR 4/4					
A, C4	Fondo, a 20 cm da parete S (SO)	Concotto	Light Reddish Brown	2.5 YR 6/3	Red	2.5 YR 4/8	Red	2.5 YR 4/8	compatta, piano-convessa	15,5	non visibili
A, C4	Fondo, parte centrale	Concotto, faccia esterna con residui di cenere e interna con due variazioni cromatiche, rossa chiara in frattura e più scura nella parte interna	Light Reddish Brown	2.5 YR 6/4	Dusky Red	2.5 YR 3/2	Red	2.5 YR 5/8 Altro fr. 2.5 YR 5/8	Compatto/ Piano-convessa	25,3	piccoli e rari
	Dopo 9 cm	Pr. 9 cm					Yellowish Red	5 YR 4/6 5 YR 5/6			
A, C4	Campioni da spicchio NO	concotto	Gray	5YR 6/1	Reddish Brown	5YR 4/4	Reddish Brown	5YR 4/4	compatto (in piccoli frammenti)	0,9	piccole dimens. - rari

C, C1	Riempimento alto - (artificiale)	Concotto. Frammenti di ca. 4 cm e altri più piccoli con colorazione rosso intensa e alcune parti più scure.	Red	5 YR 5/8	Red	5 YR 5/8	Red	5 YR 5/8; 5YR 4/8	compatto/ sezione irregolare	rari e piccoli tranne in uno fr. Dove ne è uno abbastanza grande
C, C1	Battuto	Concotto in frammenti di ca. 5 cm	Yellowish Red	5 YR 4/6	Black	5 YR 2.5/1		5 YR 4/6; 5 YR 2.5/1	Compatto/ piano convesso	15,7
	Battuto	un frammento più rossiccio	Red	2.5 YR 5/8	Black	2.5 YR 2-5/1	Red	2.5 YR 4/8-2.5 YR 2-5/1	Compatto/ piano convesso	15
C, C1	Battuto	piccolo fr con sulla faccia interna nera impronte di travi	Yellowish Red	5 YR 4/6	Black	5 YR 2.5/1				
C, C1	Parete	Concotto								
D, C1	Fondo sotto le pareti. cenere grigia sulla faccia esterna, sezione rosso viva in alcuni frammenti e molto scura nella faccia interna	sedimento alterato	Reddish Yellow	5 YR 6/3	Black	7.5 yr 2.5/1	Red	2.5 YR 5/8;	Compatt/ piano-convesso	

D, C1	Idem ma altro frammento		Reddish Yellow	5 YR 6/3	Black	7.5 yr 2.5/1	Dark Reddish Brown	2.5 YR3/4			
D, C1	Fondo, parte centrale. Concotti in piccoli frammenti di 2-3 cm ca. quasi tutti di colore scuro	Battuto sulle travi	Yellow ish Red	5YR 5/6	Black	7.5 yr 2.5/1	Black	7.5 yr 2.5/1			1,3- varie
D, C1	Riempiment o (parte della copertura?)	Concotto. Alcuni fr piu scuri con parte esterna red e interno 2.5 yr 3/2; altri piccoli molto rossi, tutti della gamma del red	Yellow ish Red	5 YR 5/8	Yellow ish Red	5 YR 5/8	Red	2.5 YR5/8; 2.5 YR 4/8	Compatti in grandi dimensioni, piano- convesso	cm 3,4	Un grande framme nto di 8,3 cm di lunghez za e 7 cm di larghezz a. Molto spesso, cm 3,4
D, C1	Campione da parete E (TC 3)	Concotto	Very Dark Gray	5 YR 3/1	Brown	7.5 YR 4/4	Brown	7.5 YR 4/4	Compatto/ piana		
D, C2	Foto porzione parete			2.5 YR 4/8							
D, C3	Riempiment o superiore. Frammenti molto compatti, rosso uniforme	Sedimento alterato dal centro della buca	Red	2.5 YR 5/8	Red	2.5 YR 5/8	Red	2.5 YR 5/8	Compatto/s ezione irregolare	2,7	

D, C3	Riempimento superiore, vicino a parete S-E	Concotto, alcuni di medie dimensioni, circa 5 cm. Altri piccoli, ma molto compatti. Variazione intensa sul rosso. Piccoli frammentini neri	Red	2.5 YR 5/8	Red	2.5 YR 5/8	Red	2.5 YR 5/8	Compatto/piano convesso o irregolare	23	inclusi di medie dimensioni visibili
D, C3	Riempimento superiore, centro della buca. Al di sopra delle assi (vasi)	Concotto. Frammenti tondeggianti, compatti ma fratturati. Alcuni con variazioni cromatiche uniformi rossicce, altri con alternanza di colori chiaro/scuro	Red	2.5 YR 5/8	Red	2.5 YR 5/8	Red	2.5 YR 5/8	Compatto, convessa-concava	17	
D, C3	frammenti 4-5 cm		Gray	5 YR 5/1	Yellowish Red	5 YR 5/8	Yellowish Red	5 YR 5/8	Compatto, piano-convessa	28	
D,C3			Gray	5 YR 5/1	Black	5 YR 2.5/1	Yellowish Red	5 YR 5/6	Compatto, piano-convessa	28	
D, C3	battuto sotto assi vasi, sopra travi fondo		Brownish yellow	10 YR 6/6	Brownish yellow	10 YR 6/6	Brownish yellow	10 YR 6/6			
D, C3	fondo presenta rubefazione prelevare concotto da parete SUD										

E, C1	concotto da parete (TC)	Concotto	Red	2.5 YR 4 /8	Reddi sh Black	2,5 YR 2.5/1	Red	2,5 YR 4/8
E, C1	concotto da riempimento superiore		Red Yellow ish Red	2.5 YR 5/8 5 YR 5/8	Reddi sh Black		Red	2.5 YR 5/8
E, C1	fondo rubefatto?							

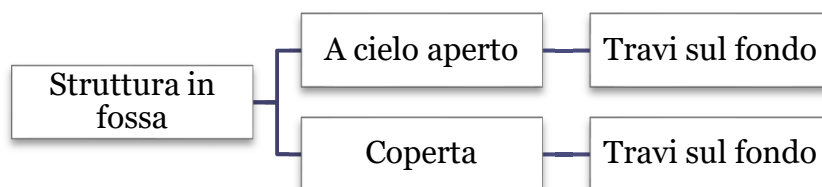
Tabella XIX: elenco campioni concotti sperimentali. * Indicazione dei concotti sottoposti ad analisi archeometriche (Capitolo 6).

5.3. Risultati delle sperimentazioni. Funzionalità delle strutture e analisi dei dati

Le indagini svolte rappresentano un interessante approccio alla conoscenza di fenomeni, come quelli legati alla combustione, ancora poco indagati. Le attività pratiche permettono di esplorare le ampie modalità legate all'uso del fuoco. Tutte le repliche si sono basate su scelte definite in anticipo e che hanno rappresentato un sistema di riferimento dal quale procedere, che sulla base di conferme e smentite delle ipotesi proposte, ha permesso di elaborare nuove scelte e procedure e avvicinarsi a quello che poteva essere forse il *modus operandi* degli antichi gruppi stanziati nel sito. L'ampia gamma di attività ha chiarito alcune dinamiche legate ai processi e agli effetti della cottura in fossa, alle modalità di formazione del deposito, agli effetti del fuoco sulla ceramica, alle potenziali funzioni della struttura, alla definizione del regime termico e a molti altri aspetti.

Sin dalla prima cottura, la struttura in fossa ha rivelato diversi aspetti positivi: offre protezione dal vento e conseguente facilità di accensione e avvio del fuoco, favorisce un maggior controllo rispetto ad una struttura in piano, limitando inoltre la dispersione dei residui di combustione e circoscrivendo gli effetti dell'azione termica sul substrato. La profondità inoltre sembra influire anche sulla temperatura raggiunta e permette di ottenere una combustione più lenta e prolungata di quella offerta da una fossa meno profonda. In una struttura in fossa la modalità di propagazione del calore, oltre che per conduzione e irraggiamento, segue anche quella per convezione.

Di seguito verranno riesaminati e confrontati i risultati ottenuti nel corso delle repliche sperimentali precedentemente descritte al fine di tentare di dare delle risposte alle domande di partenza e alle ipotesi formulate di volta in volta nel corso di ciascuna sperimentazione. Le cotture, in totale 11, effettuate in 5 strutture in fossa, sono raggruppabili in due tipologie: a cielo aperto e con copertura; hanno previsto l'osservazione di diversi e variabili elementi (come la presenza di travi sul fondo). Sono state valutate sia cotture a cielo aperto semplici, sia contravi sul fondo; cotture con copertura semplice e cotture con copertura e travi sul fondo.



In tutti i casi si è sempre trattato di una combustione diretta, in quanto il combustibile è stato posto sempre a contatto con il vasellame da cuocere e la cottura si è svolta sempre in un unico ambiente. Molti effetti sono stati visibili e osservabili sin dalla prima replica. Tutte le cotture hanno prodotto i tipici residui di combustione caratterizzati da carboni e ceneri con netta

prevalenza percentuale di quest'ultima. L'alterazione termica è stata subito evidente confermando anche l'influenza di un terreno limo-argilloso come quello di Lugo.¹¹

Si è tentato di seguire una procedura di riferimento che stabilisse determinate tempistiche e specifici quantitativi di combustibile da impiegare. Applicata con alcune variazioni dettate da esigenze legate alla diversa tipologia di struttura e alla conduzione del fuoco, e tenendo conto di variabili, a volte controllate e monitorate, altre non prevedibili. Non tutte le condizioni delle repliche sono state infatti ottimali. A volte incidenti di percorso hanno inficiato i risultati, altre ci sono stati limiti e difficoltà obiettivi, come quelli legati al posizionamento delle termocoppie nel caso della presenza di una copertura. Ma questi episodi sono stati comunque menzionati e riportati tra le difformità e le problematiche della procedura in quanto influenzano le scelte future da attuare e rappresentano bagaglio dell'esperienza di chi non padroneggia una tecnica così complessa come quella legata alla cottura della ceramica.

I dati sperimentali a disposizione, ad un primo livello di osservazione, sembrerebbero dunque confermare l'interpretazione a livello generale, che vede nelle fosse di combustione strutture potenzialmente idonee alla cottura della ceramica. Nonostante alcuni vasi abbiano riportato fratture, per tutti il processo di trasformazione da argilla a ceramica è stato ultimato. A cottura conclusa, le caratteristiche del riempimento e i residui di combustione appaiono affini con quelli riscontrabili nel riempimento della struttura ES 473/03=920. Le dinamiche di formazione delle tracce tipiche delle strutture di Lugo verranno esaminate qui di seguito (§ 5.5.2.).

5.3.1. Definizione regimi termici

Il monitoraggio delle temperature attraverso due o più termocoppie ha permesso di delineare il regime termico che ha caratterizzato ciascuna replica e di esprimere alcune valutazioni sulla possibilità di attribuzione di profili specifici alle strutture utilizzate.

Il ciclo termico può dirsi iniziato al momento dell'accensione e può dirsi concluso con l'inizio della fase di raffreddamento che segue il raggiungimento del picco massimo. A volte questa fase di fa coincidere con il momento dell'ultima carica di combustibile. Nel corso delle repliche però si è osservato che un aumento delle temperature si può avere anche a distanza di tempo dall'ultima carica con andamenti termici peculiari di ogni replica. Per uniformare le informazioni e favorire alcune analisi di lettura dei diagrammi, abbiamo fatto coincidere la fase 4 con il momento in cui, durante il calo delle temperature si raggiungono i 600° C.

In altre repliche i diagrammi riportano solo le fasi di cottura, in questa sede si preferisce osservare il ciclo di combustione nella sua interezza al fine di poter vedere l'andamento non solo in relazione alla cottura della ceramica ma per valutare anche l'impatto della fase di preriscaldamento sulla struttura.

¹¹ Durante le repliche condotte in provincia di Brescia nel 2010 non si erano ottenute tracce di rubefazione del terreno.

Si prendono dunque come riferimento i diagrammi relativi a quelle repliche per le quali il monitoraggio delle temperature è avvenuto per l'intera fase del ciclo di cottura e non ha presentato problematiche (A, C4; C, C1; D, C1-2-3; E, C1). Le registrazioni delle altre repliche, verranno prese come riferimento per le fasi centrali e la valutazione dei picchi massimi raggiunti.

I risultati riflettono valori molto diversi tra loro ma durante le diverse fasi sono riscontrabili alcuni passaggi tipici (**Grafico 7**):

- Durante la fase 1 si osserva che l'andamento seguito dalla curva delle temperature è crescente. I primi due carichi di combustibile da 7,5 Kg sono sufficienti a far raggiungere elevate temperature. L'aggiunta delle prime cariche, durante la fase di preriscaldamento, comporta solitamente un rapido innalzamento delle temperature che arrivano anche a picchi notevoli (800°-900°) come conseguenza dello sviluppo di una maggior quantità di energia. I tempi di mantenimento di queste temperature sono lunghi e al loro decrescere si effettuano altre due cariche di combustibile (8,5 e 7,5 previste per la I fase).
- Nel momento in cui il combustibile si è trasformato in carbone e in braci, e si effettua il carico dei vasi, si osserva sempre un calo delle temperature. Fase 2.
- Tipico della fase 3 è il carico più cospicuo di combustibile, solitamente effettuato in tre cariche distanziate nel tempo, a volte (es. E, C1) in un'unica carica. Dai diagrammi si osservano cicli di caduta e risalita delle temperature che vanno attribuiti ai momenti di carica del combustibile e al nuovo impiego di energia necessario per fare evaporare l'acqua del legno e avviare la pirolisi. Una volta conclusasi questa fase viene nuovamente liberata energia e si osserva una ripresa delle temperature. Dopo l'ultima carica si verifica quasi sempre un aumento graduale e costante. Facilmente si raggiungono gli 800°- 900° C. Questa fascia di temperatura, ha tempi di mantenimento più lunghi durante la fase 3. Questo comportamento è da mettersi in diretta relazione con il maggior quantitativo di combustibile impiegato.
- La fase 4 si fa coincidere con l'inizio del raffreddamento che si concluderà con la trasformazione del carbone in cenere. Una volta raggiunto il picco massimo solitamente si osserva un calo graduale delle temperature che corrisponde alla combustione dell'ultima carica di legno. Nel corso di alcune repliche è stato possibile osservare un'eccezione a questa modalità, con un inatteso rialzo delle temperature a distanza di tempo (diagramma buca A, C1, buca A, C3). Si tratta di un fenomeno che è possibile spiegare con una variazione delle condizioni di ossigenazione della buca.

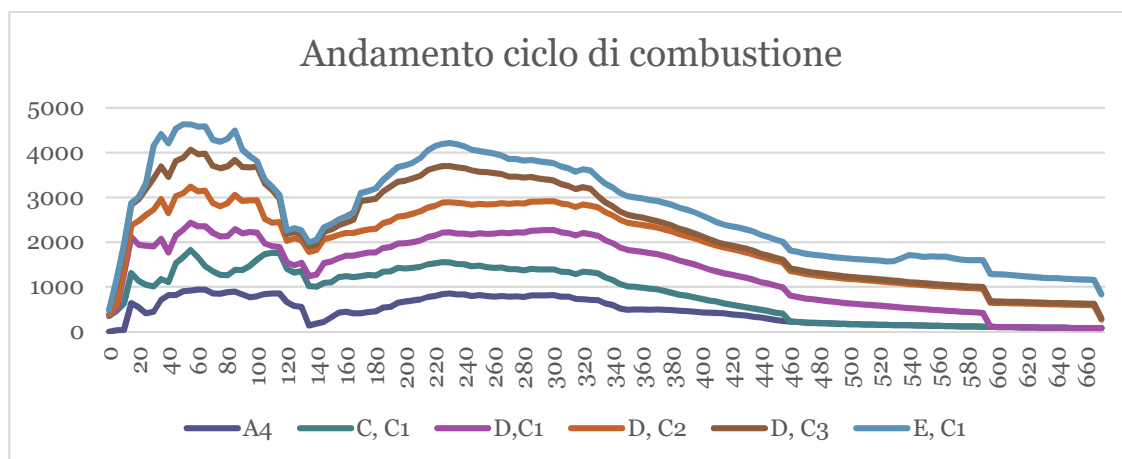


Grafico: 7

Importanti parametri che definiscono ogni ciclo termico sono: picco massimo, durata e velocità di crescita (Cuomo di Caprio 2007:492). Il picco massimo è sempre stato considerato importante perché può dare idea della capacità termica di una struttura. Assieme al tempo di mantenimento è fondamentale per garantire alcuni processi chimico-fisici di trasformazione dei supporti o della ceramica (se oggetto della cottura).

Ogni replica presenta dunque le sue peculiarità, così come espresso nei relativi diagrammi di cottura. I risultati generali sono messi in confronto e permettono di confrontare le temperature massime di ogni replica.

Ognuno di essi può però esser influenzato da altri elementi alcuni controllabili, altri meno.

Per ogni cottura vengono riportate le temperature massime dell'intero ciclo termico (dalla fase 1 alla fase 4) distinte per strutture a cielo aperto e strutture con copertura (**Grafico 1**). Per entrambe le modalità di cottura la temperatura massima riscontrata al centro della buca è di 939,1° C registrata rispettivamente nella buca A durante la cottura 4 e nella D durante la cottura 1. Le temperature rilevate posizionando la termocoppia a distanza dal fuoco sul fondo, a ridosso della parete (A, C1, C2, C3; B1, C2) o inserita a metà altezza della parete (A C4; D C1; E, C1) vanno da minime di 135° C (A, C2) a massime di 541,9° C per le cotture a cielo aperto e da 104° C (B1, C2) a 555° C (E, C1) per quelle con copertura. Si tratta di margini molto ampi che vanno visti in relazione alle diverse variabili valutate per ogni cottura. Per quanto riguarda invece le temperature monitorate in corrispondenza delle travi, se si fa eccezione per un valore basso per un diverso posizionamento della termocoppia (D, C1) gli altri si aggirano dai 309,6° C (C, C1) ai 460,4° C (D, C1) (**Grafico 8**).

L'osservazione delle temperature assolute di un ciclo di combustione non mostra differenze tra una cottura a cielo aperto e una con copertura, che mostrano lo stesso picco massimo. Se si considerano però le medie, per il primo tipo (a cielo aperto) si ha un valore di 911,6° C mentre per il secondo (con copertura) di 858° C (**Grafico 9**) riflettendo dunque un comportamento termico diverso. Entrando nel dettaglio e suddividendo quanto monitorato

nel corso delle cotture per fasi, è possibile comprendere se le temperature massime sono state raggiunte nella prima fase di riscaldamento o nella successiva di cottura (**Grafico 10-11**).

Distinguere gli andamenti relativi alle due fasi (1-2 e 3-4) permette dunque di confrontare quali temperature massime impattano più sulla struttura e quali sulla ceramica.

I picchi massimi registrati nella maggior parte dei casi, sono quelli raggiunti nelle fasi 1-2 (momento che precede il carico di vasellame). Si riscontra una sola eccezione (**Grafico 11**), quella nella buca C, con temperature più alte rilevate, sia dalla termocoppia posizionata al centro sia da quella in corrispondenza delle travi, durante la fase di cottura (3-4).

Le temperature maggiori tra le travi sono quelle rilevate durante le fasi di cottura e raffreddamento (3-4). L'unica eccezione è rappresentata dalla D, C2 che ha temperature più alte nelle prime due fasi (dovuto al fatto che si era avviata una cottura con le travi sul fondo ancora calde).

Anche le temperature registrate in corrispondenza delle pareti raggiungono i loro picchi massimi durante la fase di cottura-raffreddamento (**Grafico 12-13**).

Dall'esame dei diagrammi emerge che le temperature più alte sembrano esser riferibili alle cotture in buca a cielo aperto sia quando registrati al centro della buca, sia in corrispondenza delle pareti. Al contrario, i picchi massimi registrati in corrispondenza delle travi sono quelli delle buche con copertura (D, C2, D C3).

Le curve delle temperature relative alla cottura effettuata nella buca C, hanno rilevato dei comportamenti e delle tendenze diverse a quelle riscontrate non solo nel gruppo delle repliche a cielo aperto (A) ma anche in quelle con copertura (E, 1) e con copertura e travi (D, 1-2-3). Il profilo termico che caratterizza la buca C, nonostante temperature inferiori in corrispondenza delle travi, presenta un andamento e delle caratteristiche che lo rendono molto significativo (§ 5.3.2.).

Ulteriori considerazioni saranno effettuate integrando i dati a disposizione con altri elementi (§ 5.3.2.).

In letteratura, sia scientifica che divulgativa, si tende ad associare certi comportamenti termici e temperature massime a specifiche strutture (A.a. V.V 1986; Gibson A., Woods A. 1990; Arnal 1991; Kruta, Licka 2000; Arobba et al. 2008)¹².

¹² Aa.Vv. 1986, 94. "...scavata la buca, si collocavano i vasi ben secchi, sopra i quali veniva posta una catasta di sterpi e legname a cui si dava fuoco. Dopo qualche ora e con una temperatura, che doveva aggirarsi intorno ai 500°, la cottura era terminata. Risultando il riscaldamento non uniforme, l'esito era spesso mediocre, con ceramiche dalle pareti fragilissime e con una notevole percentuale di scarti. Maggior successo si otteneva, invece, facendo ricorso al forno di terracotta: avendo quest'ultimo la possibilità di raggiungere temperature dagli 800° ai 900°, non c'era infatti il rischio di fughe di calore e la cottura risultava perfetta". Da Arobba et al. 2008, 38: "La cottura avveniva soprattutto in forni a cielo aperto, ricavati in semplici aree circoscritte o in fosse scavate nel terreno. Essi consistevano in vere e proprie cataste, in cui gli oggetti in argilla da cuocere erano deposti insieme a paglia, carbone, legna, sterco essiccato, noccioli di frutta usati come combustibile, coperte di

Altri autori ritengono che la temperatura massima non può esser considerata un valido attributo per caratterizzare le strutture di combustione in quanto parametro molto variabile, condizionato da molti fattori, non solo dalla tipologia di struttura. Tre sono le variabili considerate strettamente caratterizzanti per la definizione di un regime termico: durata, temperatura e ambiente di cottura (Rice 1987, 80; 2015, 99). A questi sono stati aggiunti anche altri: la velocità di crescita delle temperature e il tempo di esposizione alla temperatura massima (Gosselain 1992).

La tendenza è quella di credere che in strutture non complesse la durata delle cotture sia breve (Shepard 1976, 87, 89) così anche la velocità di crescita delle temperature e i tempi di mantenimento (Rice 1987, 86). Mentre l'opposto sembra avvenire nei forni, dove il processo di combustione ha una lunga durata e i picchi massimi vengono raggiunti con più gradualità; garantisce però il controllo delle temperature di cottura e dell'atmosfera. Anche il confronto tra strutture aperte, in piano o in buca, può rivelare delle differenze (Gosselain 1992; Thèr 2014; Kruta, Licka 2000).

Ma c'è anche chi ritiene non sia possibile associare un particolare gruppo di caratteristiche termiche (durata, temperatura massima, velocità di crescita, tempi di esposizione) ad una determinata procedura (Gosselain, Livingstone Smith 1995; Livingstone Smith 2001).

Per la elaborazione dei dati a disposizione si è preso come riferimento un recente lavoro, applicando però alcune variazioni sulla base dell'applicabilità alle repliche effettuate (Thèr 2014).

I dati relativi alle cotture effettuate sono stati dunque riportati in una tabella e incrociati tra di loro al fine di approfondire il livello di analisi e valutare la possibilità di individuare comportamenti ricorrenti e contraddistintivi di una tipologia di struttura o una specifica procedura.

frasche e terra. Questa tipologia di forni comportava tempi lunghi di cottura e il fatto che la temperatura raggiunta non superava mai i 700-800°: numerose erano le difficoltà legate al suo controllo e all'aerazione necessaria alla combustione che poteva avvenire con maggiore (ossidante) o minore (riducente) presenza di ossigeno”.

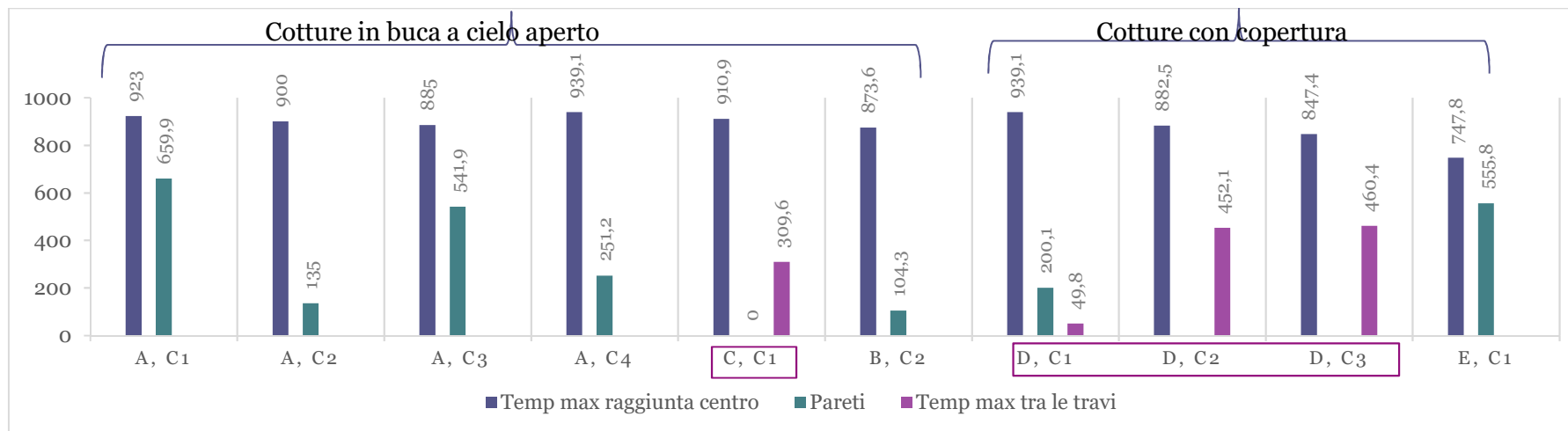


Grafico: 8

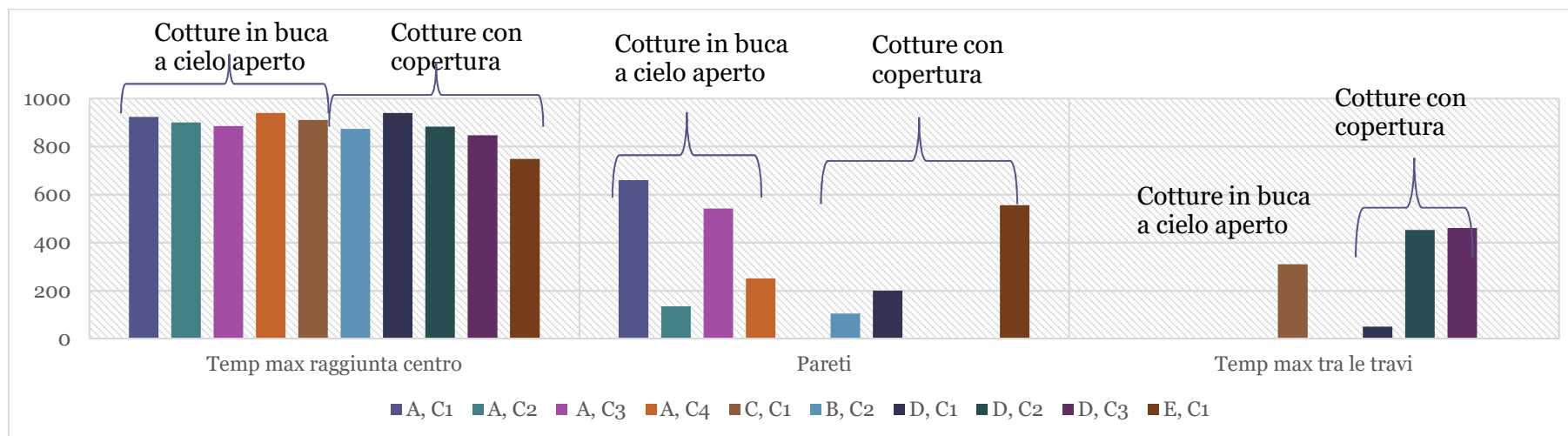


Grafico: 9

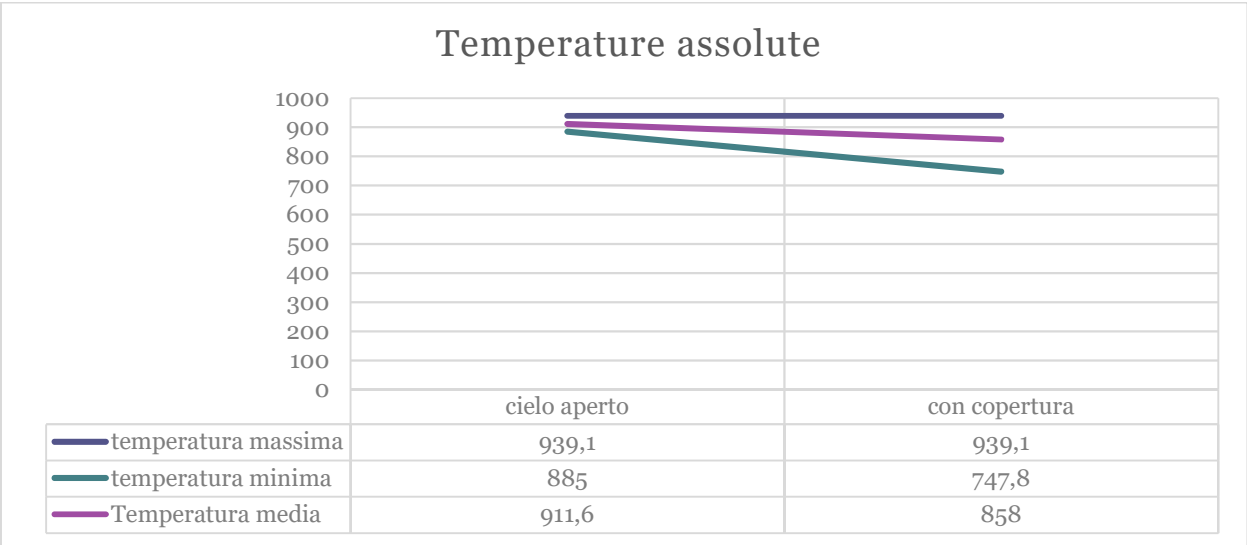


Grafico: 10

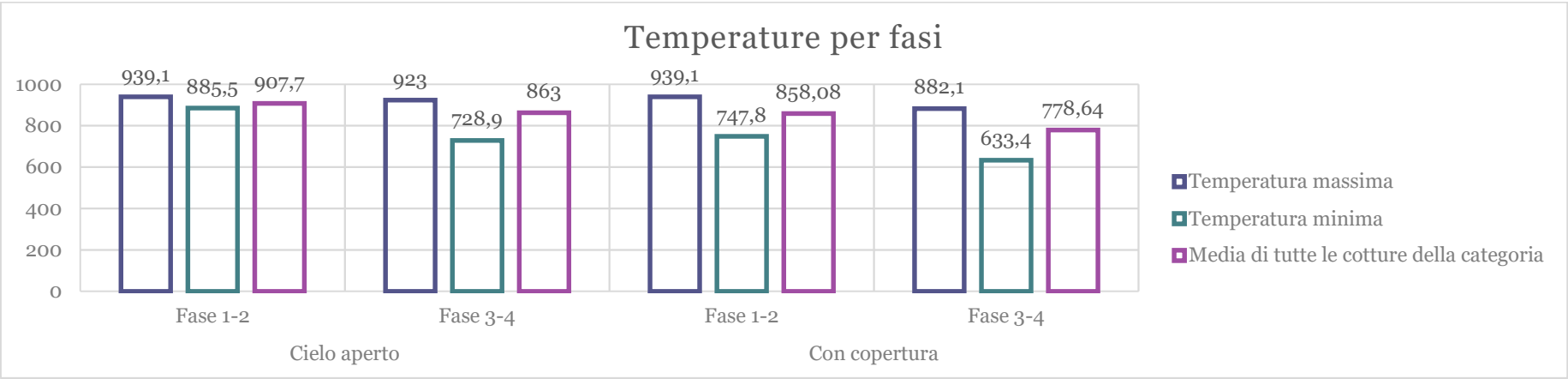


Grafico: 11

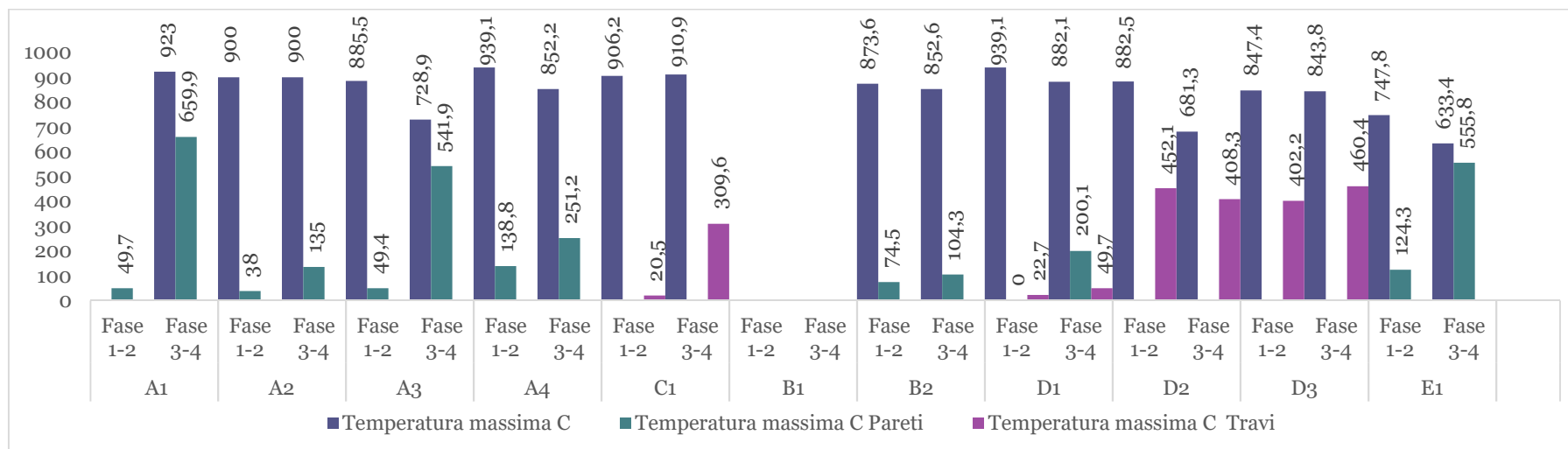


Grafico: 12

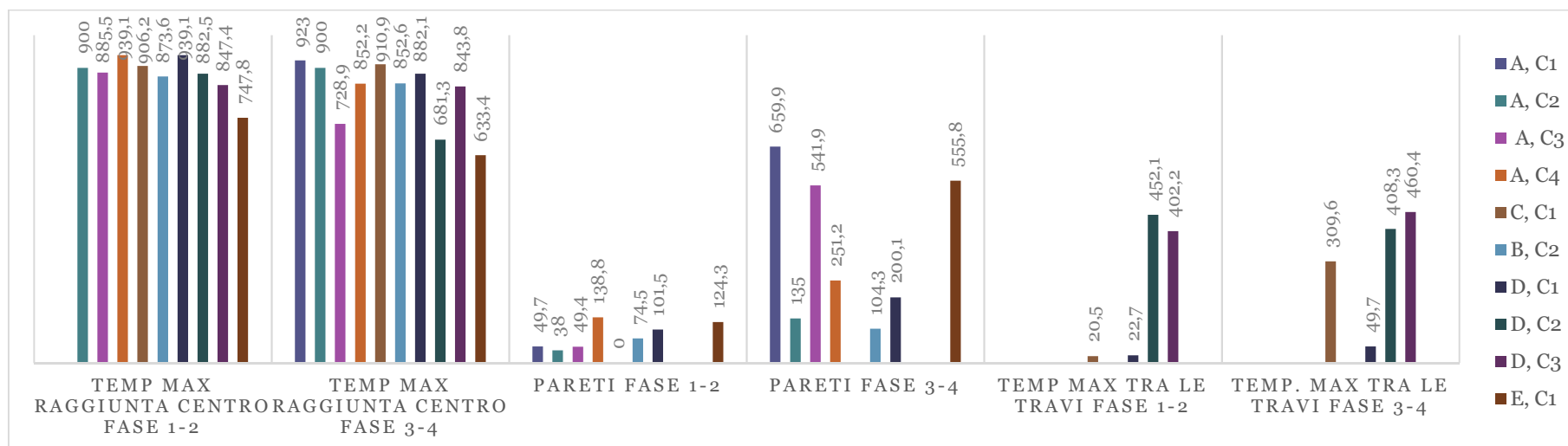


Grafico: 13

Nella **Tabella XX** vengono riportati ulteriori informazioni distinte per fasi, con indicazione delle caratteristiche della cottura, la quantità di combustibile impiegata, la tipologia del combustibile utilizzata (R= rovere; F= faggio) e i seguenti parametri (**Fig.101**):

- A. Temperatura massima rilevata al centro;
- B. Tempo di raggiungimento della temperatura massima; calcolato dal momento dell'accensione fino al primo picco massimo misurato in corrispondenza della termocoppia posizionata al centro e raggiunto sia durante la fase di preriscaldamento (fasi 1-2) sia durante quella di cottura (fasi 3-4);
- C. Tempo di esposizione alla temperatura massima e a temperature non oltre i 100° C in meno del picco rilevato ($\text{Max} \text{ minus } 100^\circ \text{ C}$);
 - Temperatura massima misurata in corrispondenza delle pareti; tempo di raggiungimento della temperatura massima e tempo di esposizione al picco massimo;
 - Temperatura massima misurata in corrispondenza delle travi; tempo di raggiungimento della temperatura massima e tempo di esposizione;
- D. Differenza tra le temperature massime rilevate dalle 2 termocoppie principali;
- E. Tempo di esposizione totale al di sopra dei 600° C.
- F/G. Indice di incremento delle temperature.

Modalità di calcolo dei valori riportati nella tabella XX

- A. *Il tempo di raggiungimento della temperatura massima è stato calcolato dal momento dell'accensione al picco massimo registrato e può includere però oscillazioni con cali e riprese delle temperature fino alla massima indicata;*
- B. *Indicazione della temperatura massima assoluta;*
- C. *Nel calcolo del tempo di esposizione alle temperature massime si è fatto riferimento al picco raggiunto, incluse le temperature fino a 100° C al di sotto della temperatura massima; nel caso di temperature troppo basse, come quelle rilevate in corrispondenza delle pareti, la durata si riferisce al range/fascia di temperatura relativa alla massima rilevata.*
- D. *Differenza tra temperature massime rilevate dalla termocoppia disposta al centro e quella in corrispondenza o delle pareti o delle travi sul fondo.*

E/F. Ogni valore è stato calcolato partendo dalla temperatura minima registrata al momento della carica fino al successivo picco massimo, tempo di mantenimento e incremento al minuto. In presenza di oscillazioni il successivo calcolo si riprende dalla temperatura minima registrata fino al picco successivo. Quando le temperature calano in seguito a una carica, l'indice non viene calcolato (in questo caso è usato il simbolo ↓). Tab. XXa.

G. Per ogni ciclo si è calcolato anche il tempo di esposizione totale a temperature al di sopra dei 600° C.

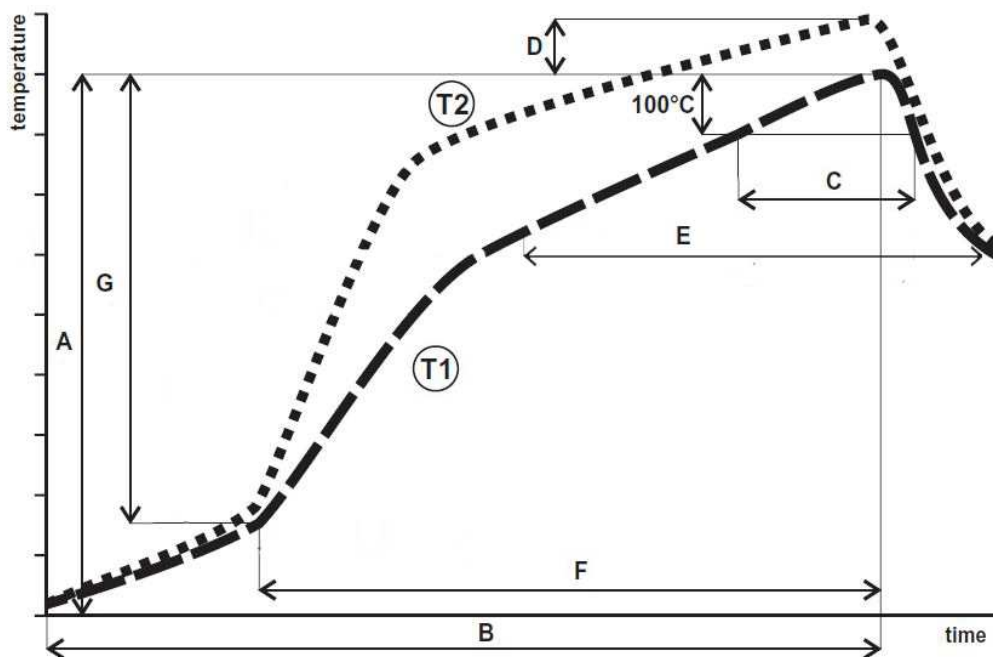


Figura 101: rappresentazione dei parametri che caratterizzano un profilo termico (modificata da Thèr 2014, fig.1).

Tra i valori presi in considerazione dall'autore (Thèr 2014), in questa sede si decide di escludere quello che esprime l'intervallo massimo tra le temperature (si seleziona invece quello tra temperature massime) e l'incremento di velocità delle temperature fino al raggiungimento dei 600° C, non considerato significativo in rapporto ai dati a nostra disposizione.

Complesso appare il calcolo dell'incremento di velocità (E/F) su curve caratterizzate da continue oscillazioni con rallentamenti e riprese del ritmo di crescita dovute ad esempio all'inserimento di diverse cariche di combustibile o variazioni termiche indotte da cambiamenti dovuti ad esempio alla presenza di correnti d'aria.

Invece si è preferito soffermarsi su un altro parametro rappresentato dai tempi di esposizione a temperature al di sopra dei 600° C (G)(**Grafico 17**)

Un'ulteriore suddivisione in fasce/range di temperature su intervalli di 600° - 700° C, 700° - 800°; 800° e oltre, permette di effettuare altre considerazioni. Mentre il solo picco massimo può avere tempi di mantenimento ridotti, l'intero range può essere significativo in quanto in relazione con momenti importanti di cambiamenti chimico-fisici nelle fasi di trasformazione del carico di vasi da argilla in ceramica.

Buca	Cottura	Caratteristiche cottura	Q.tà combustibile Kg	Tipologia combustibile	Fasi	Temperatura massima C	Tempo raggiungimento Max	Tempo di esposizione alla temp massima 100° minus max temp	Temperatura massima C Pareti	Tempo di raggiungimento della temperatura massima	Tempo di esposizione alla temp massima	Temperatura massima C Travi	Tempo di raggiungimento della temperatura massima	Tempo di esposizione alla temp massima range di rif.	Differenza tra massime temperature delle 2 tc principali
Buca A	1	cielo aperto	31,25	R/F	1-2	?	/	/	49,7	/	/	/	/	/	/
			60,25		3-4	923	150	17	659,9	178	/	/	/	/	263,1
Buca A	2	reiterazione	31,7	R	1-2	900	80	?	38	/	/	/	/	/	862
			60		3-4	900	127	43	135	/	/	/	/	/	765
Buca A	3	reiterazione	31,85	R	1-2	885,5	77	20	49,4	87	5	/	/	/	836,1
			60,25		3-4	728,9	147	?	541,9	142	?	/	/	/	187
Buca A	4	reiterazione	31	R	1-2	939,1	55	40	138,8	115	5	/	/	/	800,3
			60		3-4	852,2	226	95	251,2	230	180	/	/	/	601
Buca B	1	travi fondo	22,5	R	1-2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
			67,25		3-4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Buca B	2	copertura	31	R/F	1-2	873,6	122	10	74,5	137	-	/	/	/	799,1
			38		3-4	852,6	292	10	104,3	187	20	/	/	/	748,3
Buca C	1	travi fondo + sedimento	31	R/F	1-2	906,2	112	5	/	/	/	20,5	122	-	885,7
			60,25		3-4	910,9	167	15+15	/	/	/	309,6	387	65	601,3
Buca D	1	travi fondo e copertura	31	R	1-2	939,1	93	34	101,5	103	3	22,7	93	7+ 8	837,6
			44		3-4	882,1	300	100	200,1	140	5	41,6/49,7	385	190/405	682
Buca D	2	travi fondo e copertura	31	R	1-2	882,5	31	25	/	/	/	452,1	86	95	430,4
			44		3-4	681,3	230	190	/	/	/	408,3	110	101	273
Buca D	3	travi fondo, assi e copertura	31	R	1-2	847,4	80	50	/	/	/	402,2	95	20	445,2
			22		3-4	843,8	225	55	/	/	/	460,4	120	75	383,4
Buca E	1	assi e copertura	31	R	1-2	747,8	55	20	124,3	100	5	/	/	/	623,5
			60		3-4	633,4	580	120	555,8	305	50	/	/	/	77,60
			20												

Tabella XX: confronto tra diversi parametri legati al ciclo di cottura.

- Tempi di raggiungimento dei picchi massimi e tempi di mantenimento

I due parametri elencanti in tabella XX sono stati elaborati anche i grafici al fine di favorirne la lettura e permettere un confronto più immediato tra i risultati ottenuti nel corso delle attività sperimentali (**Grafici 14-15**)

Nelle cotture A, C2, C3 i tempi necessari per raggiungere i relativi picchi massimi sono entrambi superiori a 1 ora (1h e venti minuti circa); nella A, C4 si riscontra una lieve diminuzione (55 minuti) verso il raggiungimento del picco (forse dovuta alla reiterazione della struttura?); nella fase 3 in nessuna delle cotture si osserva una differenza importante, i tempi richiesti per il raggiungimento del picco massimo sono in A, C1, A C2 e A C3 superiori alle 2 ore. Inaspettato il valore della A C4 che richiede tempistiche molto più lunghe. Osservando invece i tempi di esposizione alle temperature massime rilevate *minus* 100° C nel gruppo A, C3, C4 durante la fase di preriscaldamento i tempi si aggirano attorno alla mezz'ora diventando notevolmente più lunghi nell'ultima delle cotture della buca A (oltre un'ora e mezzo di un picco di circa 852° C *minus* 100° C).

Si riscontrano dunque alcune similitudini tra gruppi di cotture ma con significative variazioni inattese che non permettono di individuare un comportamento tipico relativo al parametro osservato.

Nel gruppo di cotture effettuate nella buca D, nella fase di preriscaldamento, i tempi necessari per il raggiungimento del picco massimo si aggirano attorno all'ora e venti minuti. Si riducono a mezz'ora nella D, C2. Nel corso della fase di cottura, i tempi di raggiungimento del picco massimo sono molto lunghi, coprono quasi 5 ore, ma si riducono a circa 3 ore e mezza nelle due cotture successive (picchi massimi della D2, bassi, 681° C e dunque il confronto con le altre due è relativo).

In presenza di travi, i tempi di mantenimento nella prima fase sono più lunghi che nelle buche a cielo aperto. Molto lunghi anche durante la fase di cottura con tempi di mantenimento della temperatura massima *minus* 100° C di oltre un'ora e mezza nella D1 e di 55 minuti nella D3. Solo per ora escludiamo dal confronto la D2 in quanto la massima registrata si assesta solo sui 681° C. La ridotta esposizione nel corso della D3 sembra esser imputabile ad un ridotto carico di combustibile (le interferenze di altri fattori saranno approfondite nel paragrafo successivo).

Rispetto al gruppo precedente, in fase di cottura i tempi di raggiungimento delle temperature massime, in presenza di una copertura, sembrano dunque essere più lunghi come riscontrato però anche nella A, C4. Questa eccezione rappresenta dunque una discordanza con quello che potrebbe esser un comportamento termico attribuito ad una specifica modalità di cottura piuttosto che a un'altra. Ulteriori valutazioni effettuate alla luce di ulteriori elementi, permetteranno di chiarire questa similitudine tra A, C4 (cottura a cielo aperto) e D, C3 (cottura con travi e copertura).

Sia durante il preriscaldamento nella cottura C1 che nella fase di cottura i tempi di raggiungimento del picco massimo sono leggermente superiori a quelli registrati nel gruppo A (112 minuti e 167') e inferiori a quelli del gruppo D.

Le temperature massime, indicate in precedenza, rilevate tra le travi richiedono molto tempo prima di raggiungere il picco massimo durante la fase di cottura nella buca C e circa due ore nel gruppo D (D2, D3) ma una volta raggiunto lo mantengono per circa un'ora nella prima buca e per più tempo nella D2. La D3 ha valori di mantenimento delle temperature ridotti, confrontabili con quelli della C ma variano i tempi. (descivo dopo i confronti).

Nel corso della replica E, C1, come già riscontrato nella A, C4 i tempi necessari per il raggiungimento del picco massimo sono uguali (55'). Se in quest'ultimo questo dato si metteva in relazione con la reiterazione dell'uso della struttura in questo si pensa possa aver influito la presenza dei mattoni introdotti nella buca. I tempi di cottura sono molto lenti e richiedono numerose ore prima di raggiungere solo 633° C. Il valore appare anomalo e si pensa che in realtà le temperature raggiunte siano state più alte e che il posizionamento della termocoppia non riflette le reali temperature raggiunte al centro. Sebbene i tempi di raggiungimento del picco massimo alle pareti siano lunghi, i tempi di mantenimento si aggirano attorno ai 50 minuti. Purtroppo non è possibile confrontare questo dato con i risultati delle temperature monitorate in corrispondenza delle pareti nelle prime 3 cotture eseguite nella buca A. I tempi di mantenimento della temperatura massima (range dei 250° C *minus* 100° C) nella A, C4 sono però di circa tre ore.

L'osservazione dei parametri indicati permette di riconoscere dei comportamenti termici, sebbene non riconducibili a profili troppo rigidi, differenziati per cotture a cielo aperto e nel caso di presenza di una copertura. Anche la presenza delle travi nella buca C pare influire lievemente nei risultati riportati. Nella fase di cottura le temperature di esposizione al massimo *minus* 100° C sono più estese ma richiedono anche tempi lunghi fino al raggiungimento del picco massimo.

Anche quando si possono proporre linee di comportamento generali, c'è sempre un'eccezione che non permette di confermare la regola. I risultati non permettono di delineare linee generali ma di osservare alcuni comportamenti tipici che per esser compresi vanno messi in relazione alle altre variabili coinvolte.

Dal momento che il picco massimo non è assoluto e uguale in tutte le repliche, il confronto tra i risultati relativi a tempi di raggiungimento e tempi di mantenimento vanno letti con attenzione e valutando di volta in volta la temperatura massima raggiunta in ogni singola cottura. Questo rappresenta un limite a questo tipo di valutazioni e riflette la difficoltà di confrontare i processi legati all'uso del fuoco e la necessità di integrare i dati con tutti gli altri parametri a disposizione. Sono molte le variabili in campo che condizionano le temperature massime e spesso non tutte controllabili (elementi strutturali, azioni sulla struttura, condizioni del combustibile, ambiente, umidità, ecc...).

- Differenza tra temperature massime delle 2 termocoppie principali (Grafico 16)

Il valore della differenza massima tra le termocoppie principali per la buca A riflette una bassa omogeneità delle temperature di cottura con ampie variazioni dal punto di monitoraggio al centro a quello in corrispondenza delle pareti, soprattutto durante la fase di preriscaldamento. Durante la prima fase, in tutte e tre le repliche (A, C 2,3,4) lo scarto è compreso tra gli 800,3° C e gli 862° C, riducendosi ad un intervallo che va dai 187° C ai 765° C durante la fase di cottura. Anche in questo caso bisognerebbe valutare a quali tempistiche si riferiscono questi valori, per quanto tempo si mantiene un'omogeneità delle temperature all'interno della camera di cottura. Si riscontra un maggior grado di omogeneità nella E, C 1 ma in questo caso le temperature massime registrate al centro avevano dato risultati bassi, non superiori ai 633° C, mentre alti erano quelli rilevati in corrispondenza delle pareti.

I dati della cottura C, C1 e D C2, C3 si riferiscono invece alla differenza di temperatura tra ambiente e travi sul fondo e indicano un maggior grado di uniformità nel corso della fase di cottura con scarti che vanno dai 687° C della prima ad un minimo di 273° C durante la seconda cottura. Forse la presenza di una copertura può esercitare una qualche influenza nel garantire una maggior distribuzione della radiazione termica?

I comportamenti rilevati sono dunque molto variabili e non riconducibili strettamente ad un tipo di struttura. Difficile mantenere una certa omogeneità nella distribuzione del calore all'interno della fossa. Bisogna però anche sottolineare i limiti dovuti all'esiguo numero di termocoppie impiegato e all'assenza di misurazioni in corrispondenza delle pareti nel corso delle cotture 2 e 3 nella buca D. Ogni replica mostra la sua peculiarità e sono poche quelle rappresentative di una categoria. Si potranno fare analisi e elaborare i risultati in un box plot una volta incrementato il numero delle repliche e potenziato il numero delle misurazioni.

Range di temperatura

Il raggiungimento dei 600° C ha delle ripercussioni significative sul vasellame in cottura. Per questo si è pensato di indicare i tempi di mantenimento al di sopra di questo limite (**Grafico 17**) e poi esaminare in dettaglio quelli riferiti a intervalli di temperature, sia generali (**Grafico 18**) che distinti per fasi (**Grafico 19**). È infatti al di sopra di questa soglia che l'argilla subisce delle modifiche irreversibili (Levi 2010, p. 121).

Il più lungo tempo di esposizione al range degli 800° C durante la fase di cottura si riscontra per la D, C1 e ha una durata di circa un'ora e mezza. In genere i tempi di esposizione a questo range massimo sono variabili e vanno da un minimo di 10 minuti al massimo indicato prima. Quelli di mantenimento del range di 700-800° C variano dai 5 minuti ai 40 e quelli di 600°-700° C dai 10 ai 160. Questi dati non permettono di tirare conclusioni e ancora una volta confermano l'unicità di ogni singola procedura. Osservando i dati in dettaglio e distinti per fasi, si osserva che in riferimento alla fase di cottura vera e propria solo nella buca D si hanno lunghi tempi di esposizione alla fascia di temperature massime, mentre nelle altre i tempi vanno dai 5 ai 40 minuti. Nella buca C, i tempi di esposizione al range massimo sono di 15

minuti, mentre la durata più lunga di esposizione è quella riferita al range dei 600°-700° C. Queste valutazioni sono interessanti perché permettono di incrociare i range di temperature e i tempi di mantenimento; per valutazioni e analisi future diventano fondamentali per confrontarle con i risultati sulla ceramica e le trasformazioni più significative.

Sarebbe interessante in futuro integrare questi risultati con analisi sulla ceramica oggetto della cottura e valutare le risposte date dai diversi metodi archeometrici adottati. Di fatto un frammento può riflettere dunque un'esposizione a temperature superiori agli 800° C per 15 minuti, ai 700° -800° C per 40 minuti e a 600°-700° C per 45 minuti. Quali sarebbero gli effetti?

Tabella XXa: Calcolo incremento della velocità tra una carica e l'altra

		A, C4	C, C1	D, C1	D, C2	D, C3	E, C1
Fase 1	I carica 7,5	° min					
	II carica 7,5	18,2		52,47	26,49	10,88	17,89
	III carica 7,5		8,09				↓
	IV carica 8,5			13,78			↓
Fase 2	Braci e carico vasi	-	-	-	-	-	-
Fase 3	I carico da 22 kg	7,92	17,7	↓	↓	1,01	↑ 2,9
	II carico 22 kg	11,07	5,42	4,03	1,29	/	
	III 16 kg	5,84	2,15	/	/	/	
	MEDIA fase di cottura	8,27	8,42	4,03	1,29	1,01	2,9

L'incremento di velocità è rapido nella fase iniziale ma molto più lento in quella di cottura e soprattutto in presenza di una copertura.

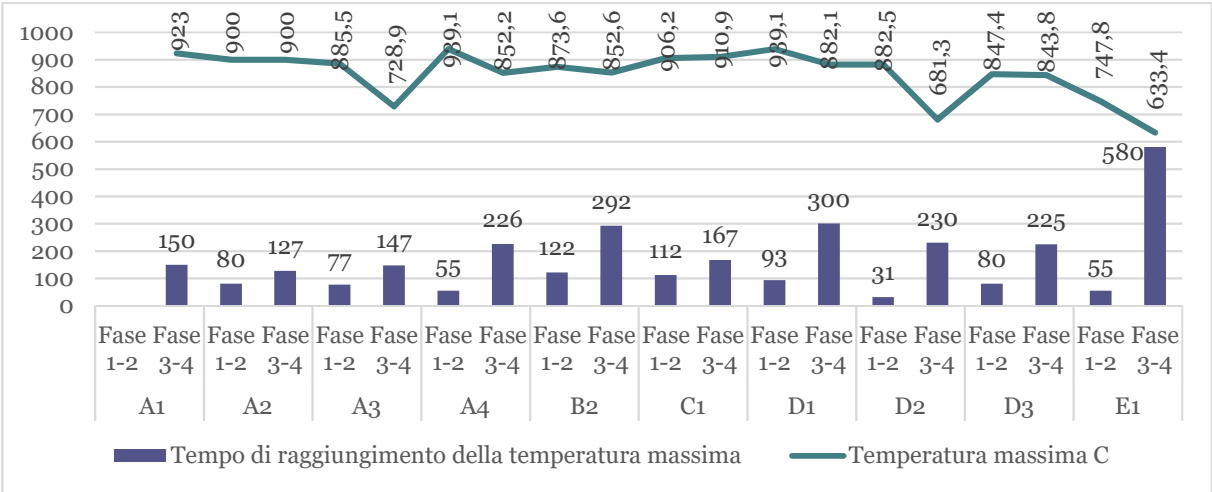


Grafico: 14

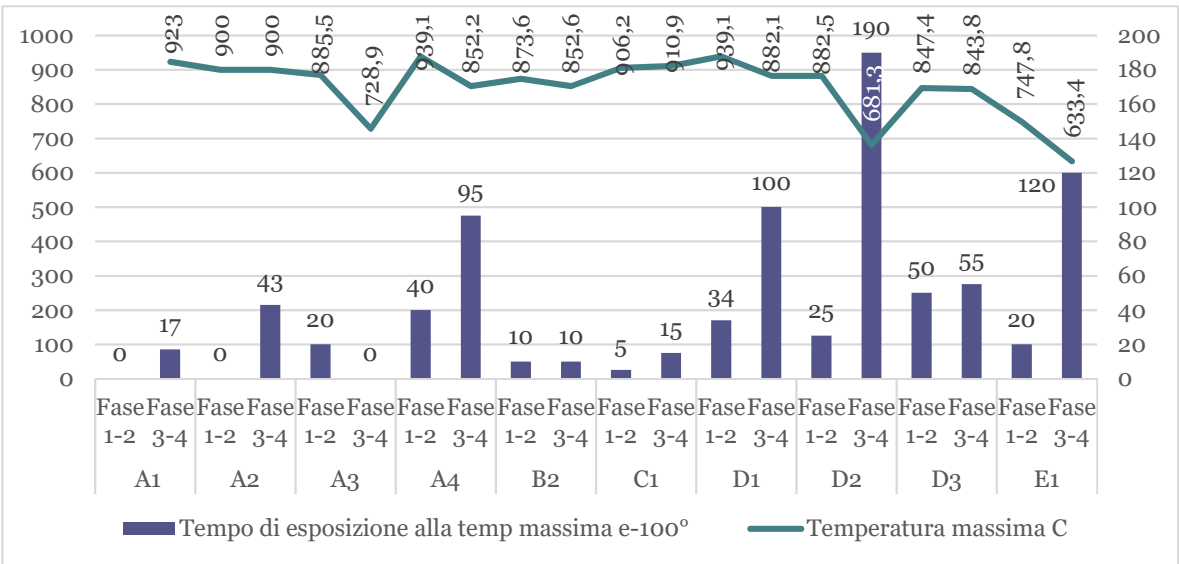


Grafico: 15

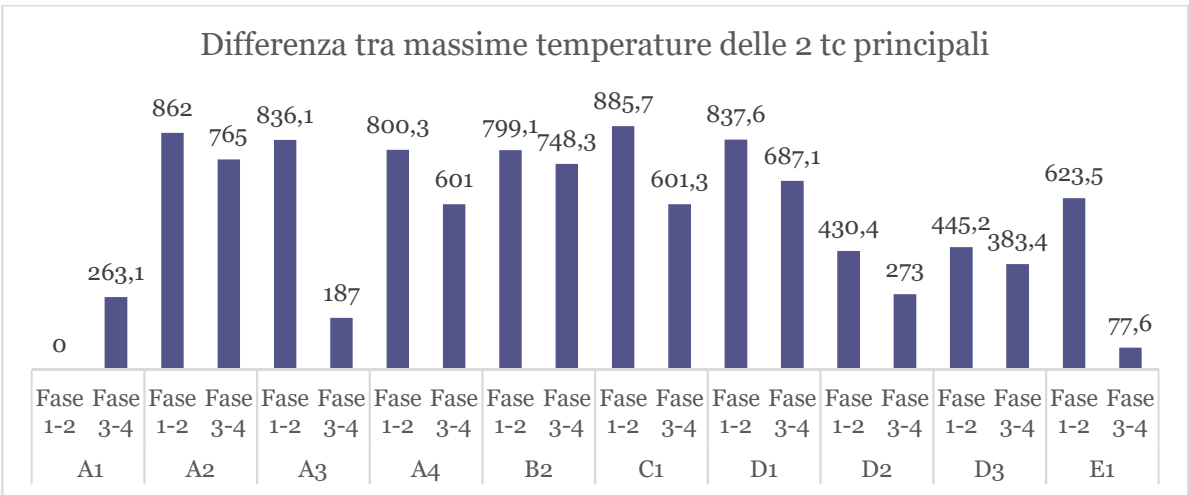


Grafico: 16

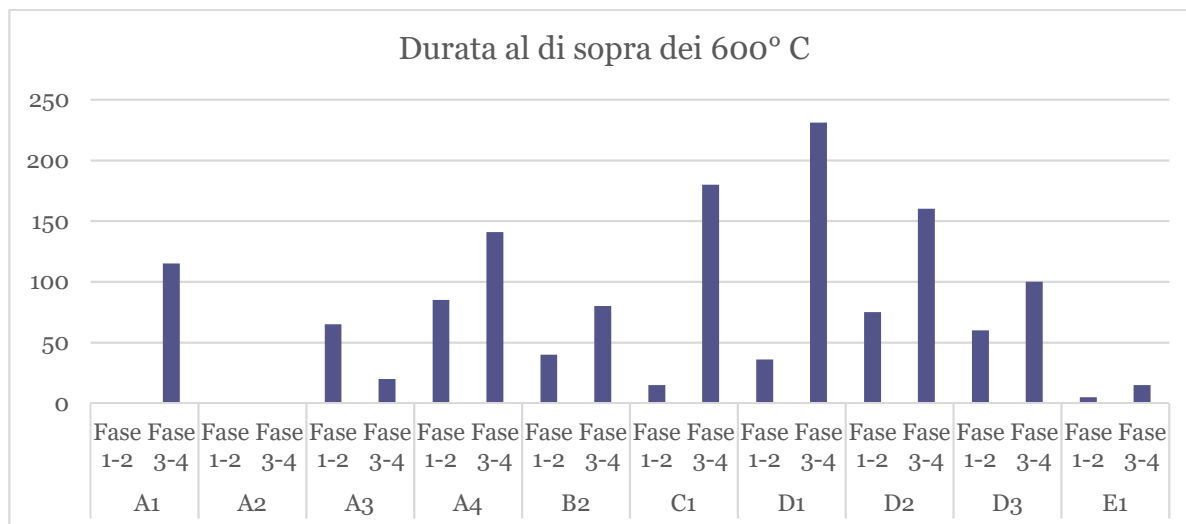


Grafico: 17

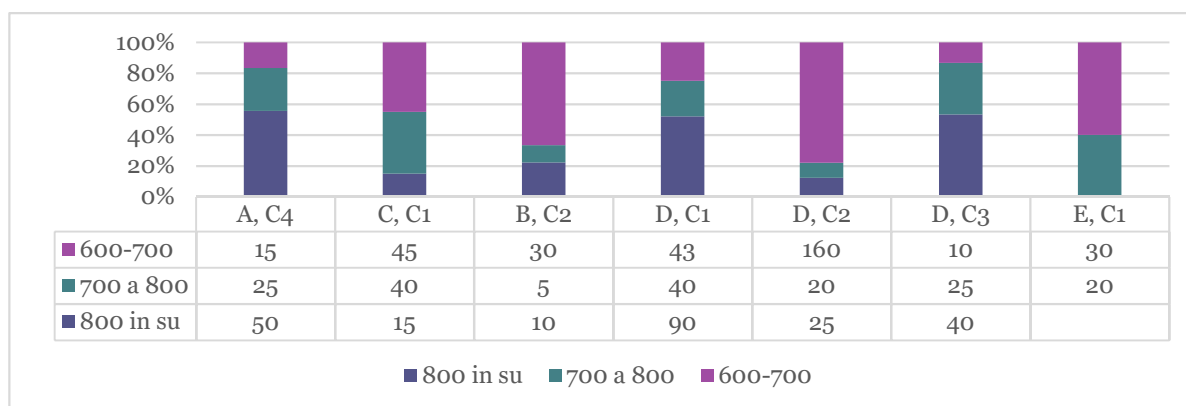


Grafico: 18

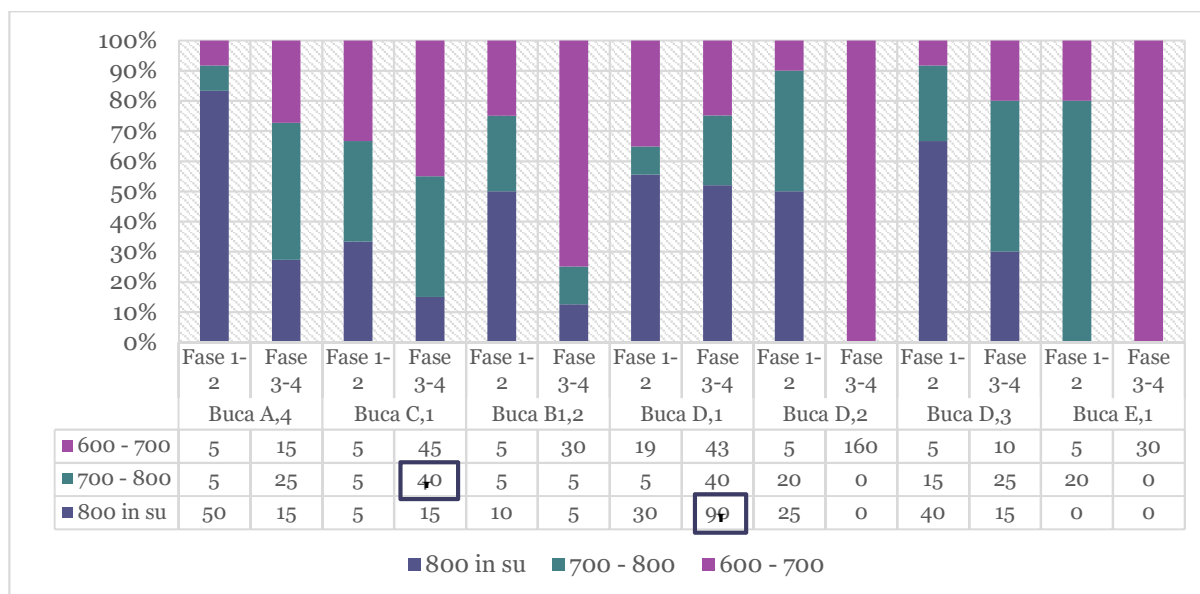
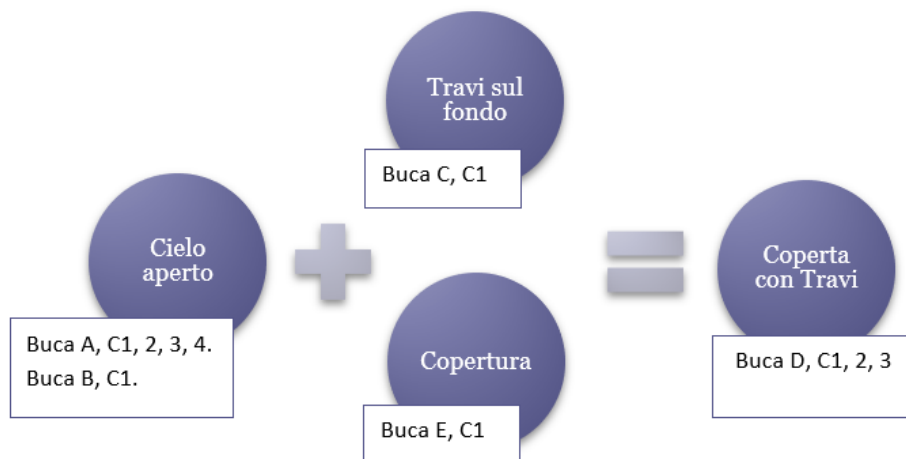


Grafico: 19

5.3.2. Elementi strutturali: travi sul fondo, copertura e sfiati

Oltre ai diversi regimi termici riscontrati qui di seguito verranno riportate alcune considerazioni sulle modalità di funzionamento della struttura nel caso siano presenti specifici elementi come: travi sul fondo ricoperte da sedimento, una copertura e/o sistemi di tiraggio artificiali (sfiati).



- *Influenza della presenza di travi sul fondo sull'andamento termico osservato*

La sperimentazione effettuata nella buca B1, C2 ha permesso di verificare che il posizionamento delle travi sul fondo, non ne consente la conservazione a fine cottura, nemmeno nel caso di contatto con un terreno umido. Per questo è stato deciso di ricoprire le travi con un battuto realizzato con sedimento prelevato localmente per valutare la loro capacità di preservarsi in un ambiente anaerobico come quello che la presenza di una sorta di isolante potrebbe aver garantito. Questa ipotesi, verificata nella replica effettuata nella buca C e in quelle della buca D, ha avuto un risultato positivo conducendo ad un ottimo risultato. Una volta concluse le repliche condotte in entrambe le buche è stato possibile osservare una totale conservazione delle travi disposte sul fondo (§ 5.4.2.). Come già indicato nel paragrafo precedente, la presenza di travi sul fondo sembra garantire la conservazione e distribuzione del calore per tempi più lunghi all'interno della struttura in fossa con modalità diverse a seconda che la buca sia coperta o meno.

L'andamento termico registrato nel corso della sperimentazione effettuata nella buca C è molto interessante per la dinamica di combustione. Nel caso di una cottura a cielo aperto, le travi sul fondo consentono non solo di garantire temperature costanti per lungo tempo ma si nota un andamento inverso rispetto alla curva delle temperature al centro: nel momento in cui si registra il calo delle temperature al centro della buca, si riscontra un aumento dal basso nel punto in cui la termocoppia era posizionata in mezzo alle travi (**Grafico 20**). La

propagazione del calore potrebbe esser stata garantita non solo per conduzione ma anche grazie a correnti di convezione (?)

La presenza di travi sul fondo influisce inoltre sulla temperatura minima rilevata dalla termocoppia posizionata al centro della buca durante la fase 2. Infatti non si registra il tipico calo delle temperature registrato solitamente in questa fase, e appare molto interessante il fatto che le temperature minime non scendano al di sotto dei 287° C (C, C1). Si tratta di una deduzione confermata anche dal confronto tra la curva registrata nel corso di una cottura a cielo aperto, senza travi disposte sul fondo (**Grafico 21**).

Inoltre nella buca C (C1) i dati mostrano per la prima volta che le temperature della fase 3 sono più alte di quelle della fase 1-2 contrariamente a quanto rilevato in tutte le altre cotture dove avviene l'opposto.

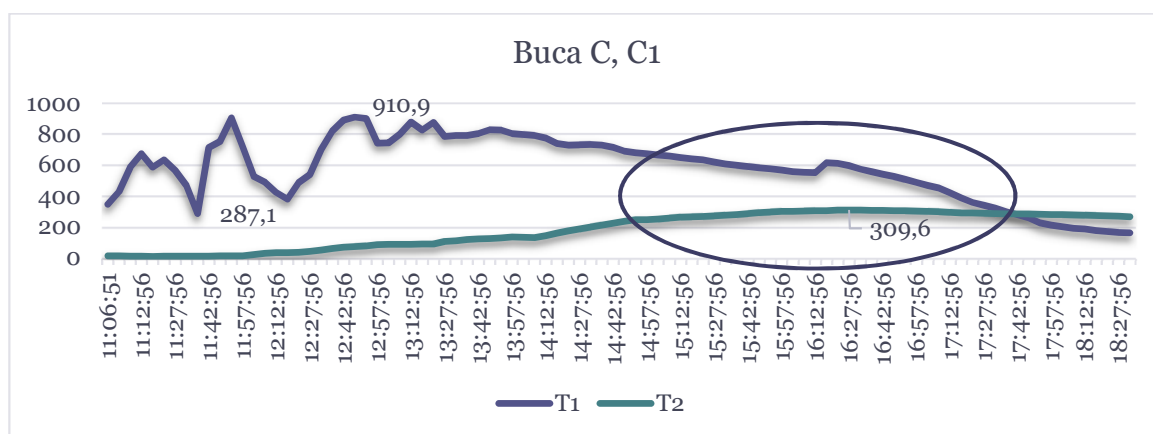


Grafico: 20: diagramma di cottura della C, C1 con indicazione dell'incremento delle temperature in corrispondenza della termocoppia posizionata tra le travi.

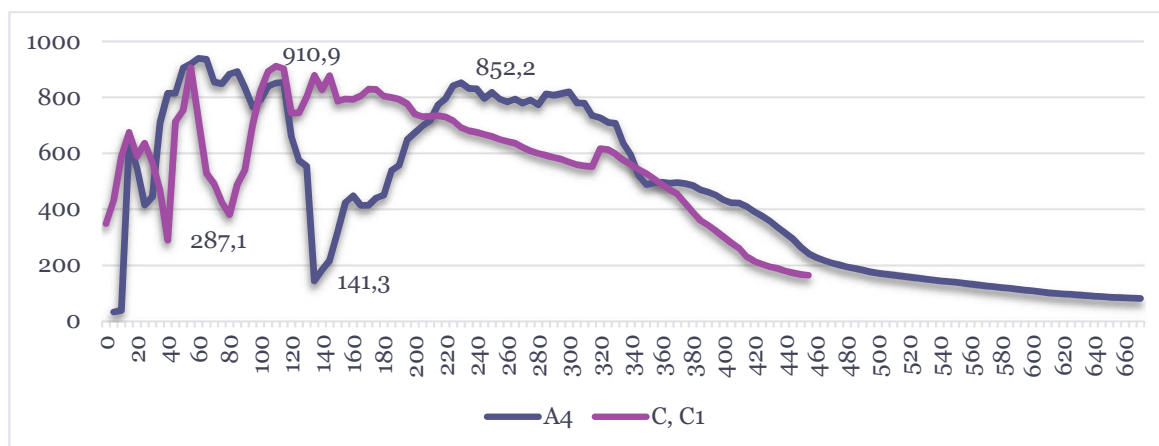


Grafico: 21: Confronto tra cottura a cielo aperto e cottura a cielo aperto con travi sul fondo.

Nella buca C la temperatura massima rilevata tra le travi (309,6° C) è inferiore a quella registrata nella buca D, C2 (408,3° C) e C3 (460,4° C). In questi ultimi casi il tempo di raggiungimento, in presenza di una copertura, è stato più rapido (circa 2 ore) mentre nella buca C, dove è stata effettuata una cottura a cielo aperto, i tempi sono molto più dilatati (oltre

6 ore). L'aumento della temperatura in corrispondenza delle travi, si ha in una fase finale del ciclo di combustione nella buca C, e nella fase iniziale nella buca D (C2, C3).

Nelle buche del gruppo D invece è interessante osservare che la temperatura tra le travi inizia a crescere sin dalla fase di preriscaldamento e continua anche dopo il posizionamento della copertura. Si riscontra inoltre una minor differenza tra le temperature rilevate dalle due termocoppie principali, indice dunque di una maggior omogeneità all'interno dell'ambiente di cottura.

Nel diagramma D, C1 (con dati riferibili a 4 termocoppie) purtroppo non sono visibili i valori in corrispondenza delle travi, ma è possibile osservare un aumento di temperature in corrispondenza delle pareti durante la fase 2, nella quale invece la termocoppia posizionata al centro segna il tipico calo (**Grafico 22**). Si tratta di un comportamento diverso da quello osservato in occasione di cotture a cielo aperto, nelle quali la curva riferita alla temperatura delle pareti sembra avere invece un andamento proporzionale a quello monitorato al centro della struttura (buca A, C1, 2, 3, 4) e che sembra contenere, per breve tempo, il calo registrato nell'ambiente di cottura, compensando con un leggero rialzo delle temperature all'estremità della buca.

Nel corso della D, C2, avviata quando le travi della precedente cottura erano ancora calde, si ha inoltre un comportamento inusuale: in corrispondenza della termocoppia al centro non si osserva la fase di calo delle temperature tipica della fase 2; la temperatura registrata tra le travi è abbastanza alta, e lo è anche la temperatura minima all'interno della buca (non va al di sotto dei 520° C; **Grafico 23**).

L'andamento termico della D, C3 riflette condizioni simili (con alte temperature tra le travi) ma durante la fase 2 si riconferma il tipico calo riscontrato nella D, C1 (**Grafico 24**). Il diverso comportamento della D, C2 se messo in relazione ad una variabile che determinerebbe la discriminante, può essere spiegato con la presenza di travi già calde che hanno garantito una radiazione termica costante e per tempi più lunghi. Questo andamento è ben visibile se confrontato con le curve delle altre due repliche nella stessa buca (**Grafico 25**).

Questi andamenti tra le diverse strutture che hanno previsto l'utilizzo di travi sul fondo, riflettono tutti (ad eccezione della D, C2) o una riduzione delle temperature minime nell'ambiente di cottura (D, C2, C, C1) e /o una compensazione della differenza tra le temperature massime rilevate dalle tue termocoppie principali (D, C1, 2, 3).

La ricorrenza riscontrata nel corso delle cotture effettuate nelle buche C (all'aperto) e D (con copertura) permette dunque di considerare gli effetti descritti come il risultato di approfondite conoscenze sulle dinamiche di combustione e legato a scelte non casuali ma intenzionali con finalità ben precise: trattenere il calore, ridurre la temperatura minima nell'ambiente di cottura e redistribuirlo in maniera più omogenea (o in fase iniziale o in fase finale del ciclo di cottura; con quale finalità è difficile determinarlo).

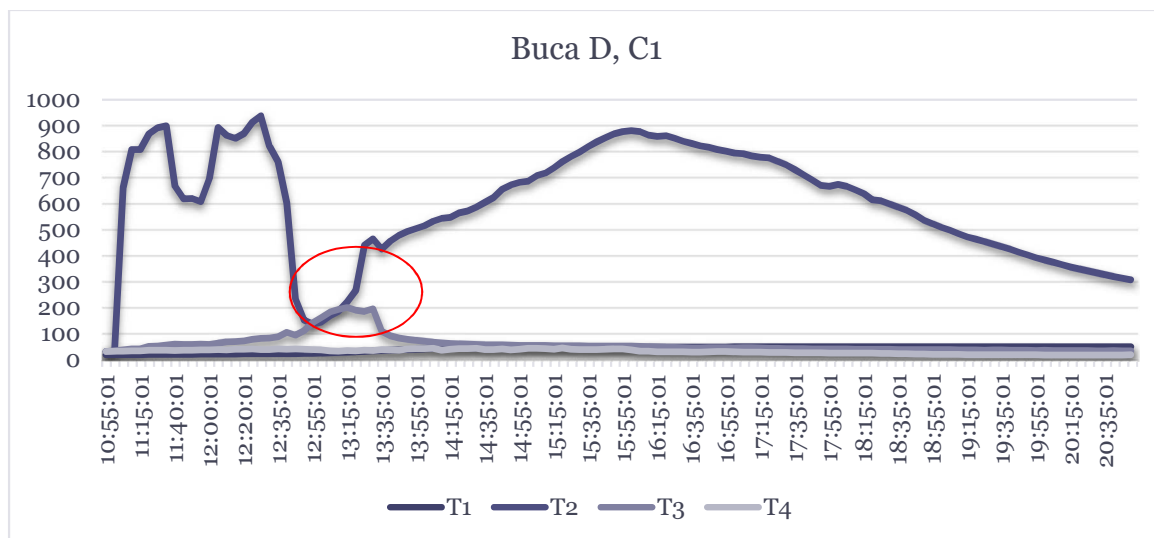


Grafico: 22

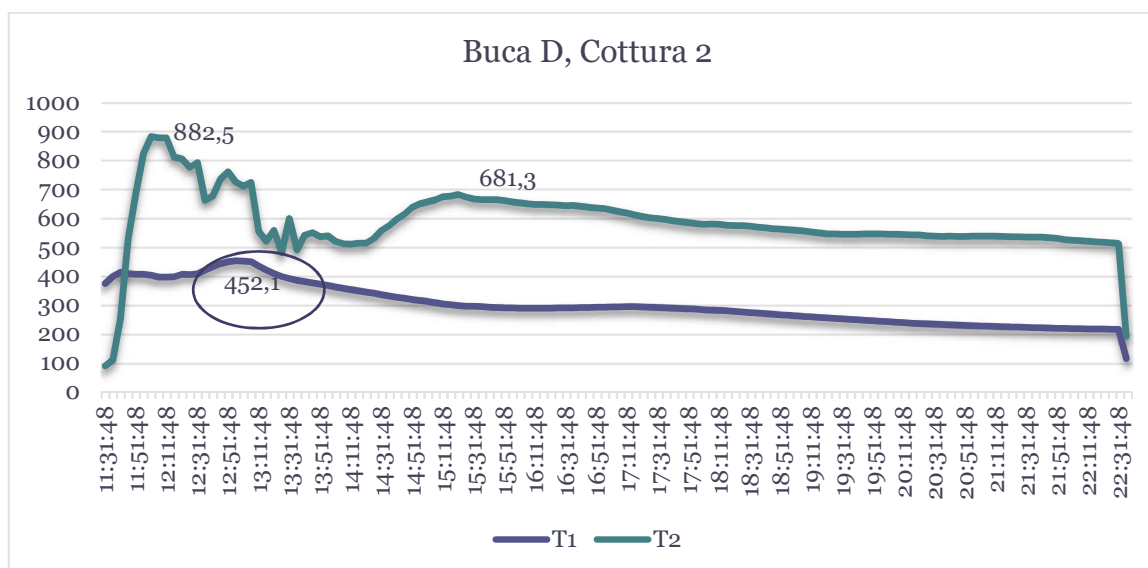


Grafico: 23

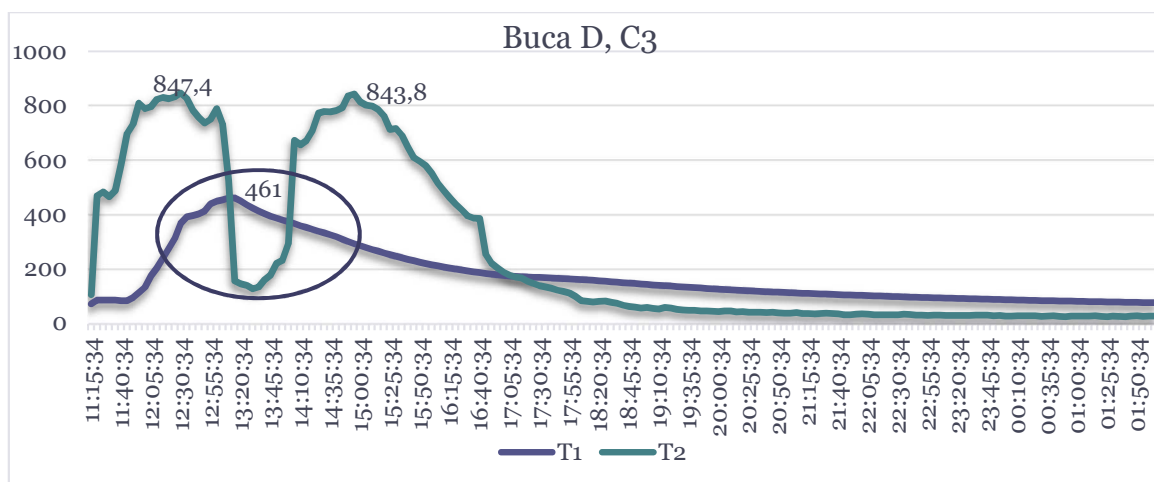


Grafico: 24

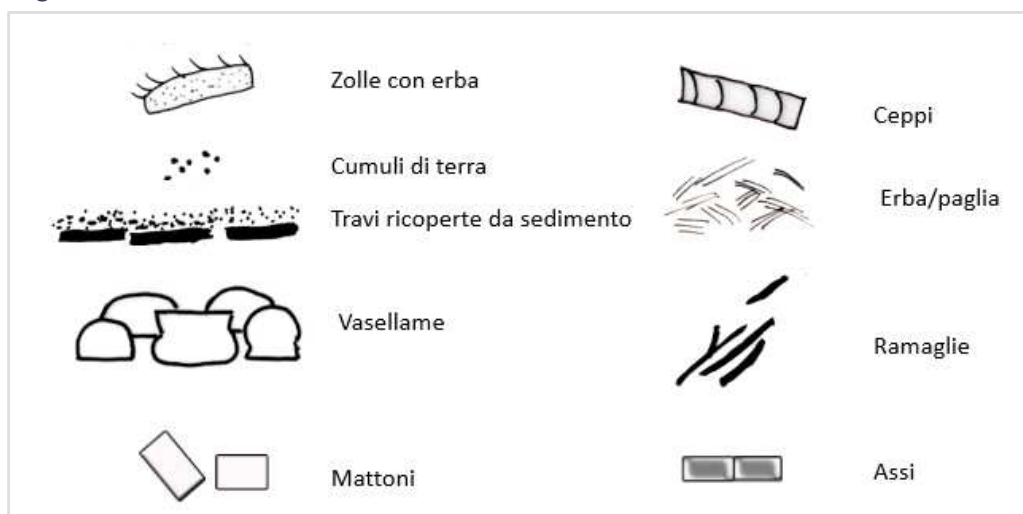
- *Influenza della copertura sull'andamento termico delle strutture*

Conclusa la sperimentazione con le travi sul fondo in una buca a cielo aperto, sono state condotte alcune repliche al fine di valutare le dinamiche di combustione legate anche alla presenza di una copertura sia in buche con travi sul fondo (D) sia senza (E).

La copertura, realizzata con materiale organico, ha previsto diverse modalità di realizzazione articolata seguendo una diversa disposizione dei materiali organici utilizzati: erba, ramaglie, combustibile, zolle con erba e cumuli di terra. Una volta disposti i vasi sulle braci, la copertura è stata realizzata seguendo diverse successioni:

- D, C1: erba disposta al di sopra dei vasi e in mezzo alla buca, i ceppi di medio taglio che costituivano il carico previsto dalla procedura sono stati disposti al di sopra dei vasi. Sul carico di combustibile sono state disposte grosse zolle di erba fino a creare una sorta di copertura (**Fig. 102**);
- D, C2: all'interno della buca, sono stati disposti fitti mucchi di erba, ricoperti da ramaglie. I ceppi di rovere sono stati disposti al di sopra delle ramaglie e anche in questo caso, le zolle di terra con erba hanno chiuso la struttura. Restano aperti alcuni sfiati che vengono colmati con cumuli di terra. Si lascia però uno sfiato centrale (**Fig. 103**);
- D, C3: la buca viene riempita soltanto con il combustibile e viene subito ricoperta dalle zolle di terra (**Fig. 104**).
- E, C1: mucchi di erba fresca vengono disposti all'interno della buca, anche all'interno dei vasi, e vengono ricoperti da lunghe ramaglie sottili che creano una sorta di base sulla quale sono posizionati i ceppi di legno che costituiscono la carica di combustibile disposti in maniera ordinata fino a formare una sorta di cono. Si ricopre tutto con grandi zolle e si lascia foro centrale come sfiato (**Fig. 105**).

Legenda



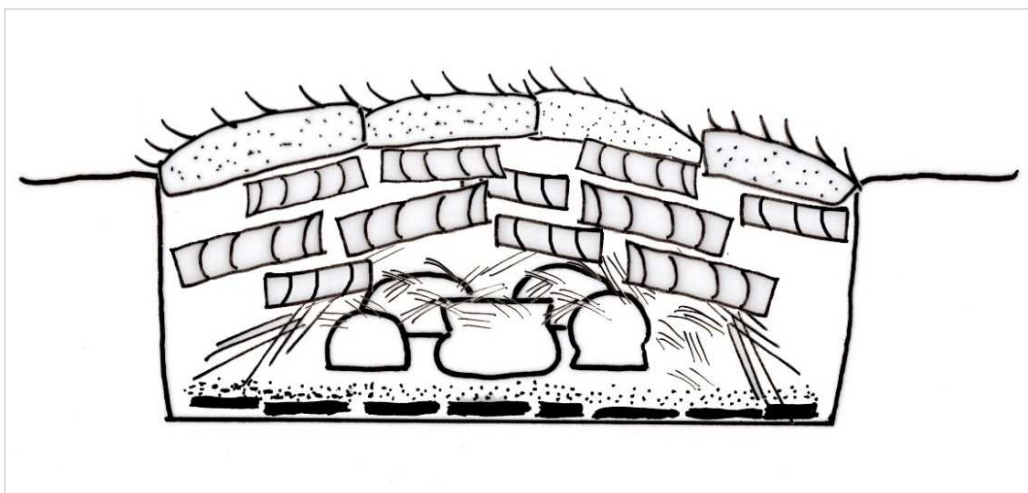


Figura 102: modalità di realizzazione della copertura della buca D, C1 (elaborazione grafica A. Costa)

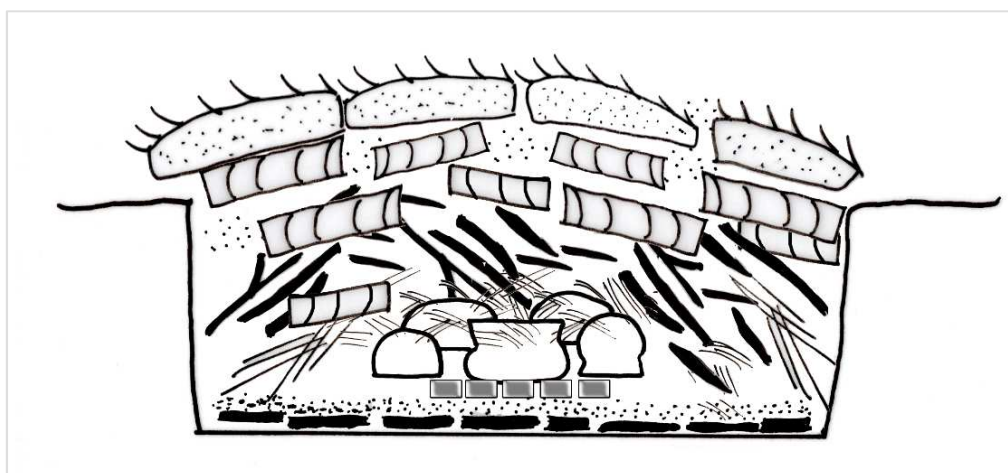


Figura 103: modalità di realizzazione della copertura della buca D, C2.

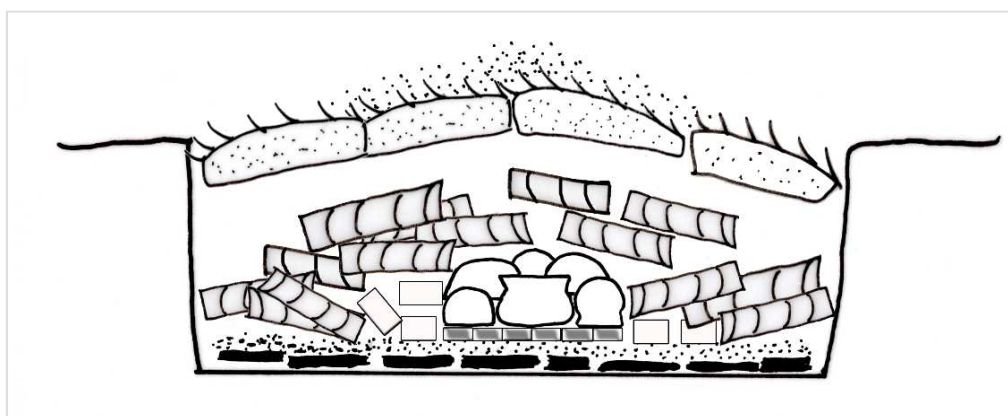


Figura 104: modalità di realizzazione della copertura della buca D, C3.

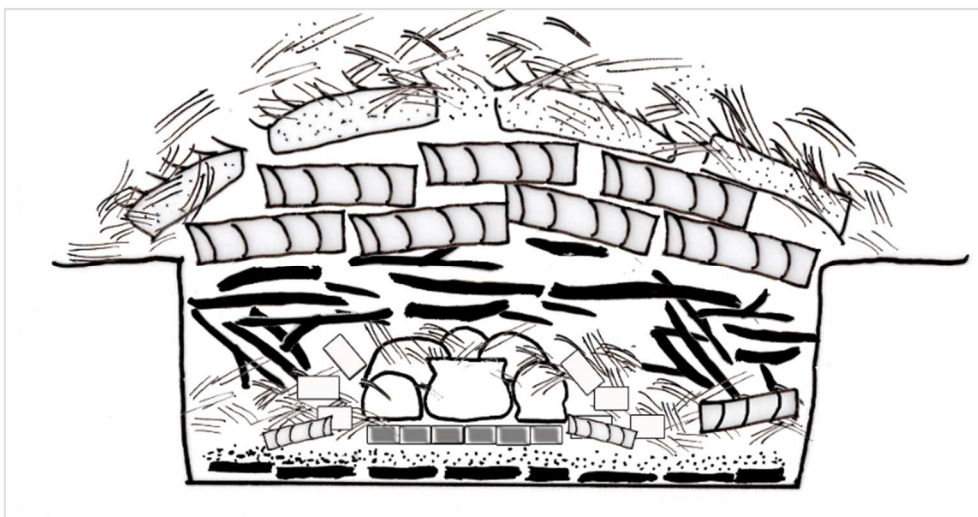


Figura 105: modalità di realizzazione della copertura della buca E, C1



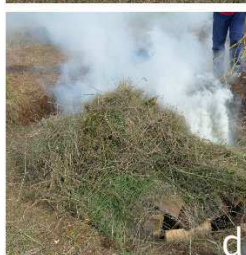
Fase iniziale



Prima parte della copertura costituita da ramaglie disposte a riempimento della buca.



Sul livello di ramaglie si dispongono ceppi di rovere di medio taglio fino a disporre una sorta di cupola.



Zolle di terra ed erba ricoprono la struttura rappresentata dal materiale combustibile. Nella parte frontale una piccola apertura fa da sfiato alla copertura.

Figura 106: Esempio di successione nella disposizione dei materiali nella realizzazione della copertura E, C1.

Tutte le repliche effettuate nella buca D sono dunque caratterizzata dalla presenza di due elementi strutturali importanti: le travi sul fondo e la copertura. Il confronto tra i diagrammi di cottura si è rivelato un utile metodo per individuare similitudini, differenze e anomalie nelle dinamiche di combustione che hanno caratterizzato ciascuna replica. È stato dunque possibile effettuare le seguenti considerazioni.

A livello generale ciò che si nota con la prima cottura è il maggior tempo richiesto per il raggiungimento del picco massimo rispetto a tutte le altre. Se si confrontano la buca con travi a cielo aperto e la prima cottura della buca D, pare poter dedurre che il tempo richiesto per il raggiungimento della temperatura massima in presenza di una copertura è maggiore; si riscontrano anche lunghi tempi di mantenimento della massima *minus* 100° C (poco maggiori a quelli rilevati per la A, C4). Alla presenza di una copertura sono riconducibili dunque sia i più ampi tempi necessari per il raggiungimento del picco massimo, sia il più lento raffreddamento riscontrato.

Il confronto tra i diagrammi del gruppo di cotture D, evidenzia tre curve con dinamiche simili tra D, C1 e D, C3, e una con un andamento anomalo in corrispondenza della fase 2 (**Grafico 25**), attribuito alla presenza delle travi calde nella D, C2. Il fatto che le temperature massime siano rimaste basse potrebbe esser attribuibile anche al tipo di copertura (fitta e poca circolazione di aria); mentre nella D C3, si osserva un più rapido raffreddamento che è attribuibile al carico più basso di combustibile che permette di accostarne la dinamica a quelle delle cotture a cielo aperto (D, C3 vs. A, C4). Le modalità di raffreddamento sembrano dunque variare a seconda che siano riferite alla presenza di una copertura o meno. Si tratta di un processo importante se riferito alla cottura della ceramica, in quanto questa fase, come quella di cottura, è molto delicata e condiziona il risultato finale.

L'ultimo confronto con la buca E, con sola copertura e assenza di travi sul fondo, permette di confermare l'andamento graduale in comune della fase di cottura e di quella di raffreddamento, già riscontrato nelle altre cotture coperte (D, C1 e D, C2); le temperature massime della cottura E, C1 non superano i 633° C (si tratta di un valore incerto, come più volte espresso, risultato forse da uno spostamento della termocoppia durante le manovre per realizzare la copertura) (**Grafico 26**). Dal confronto tra le curve di A, C4 e E, C1, D, C1, D, C3 (cottura a cielo aperto vs cottura in buca con assenza di travi sul fondo e presenza di copertura vs cotture in buche con travi e copertura) si nota che, oltre ai diversi picchi massimi raggiunti (già analizzati nel paragrafo precedente) se si osserva l'andamento termico esso è simile nella prima fase di preriscaldamento, registra il momento di calo tipico della fase 2 in tutte e poi denota alcune peculiarità riferibili alle diverse variabili (**Grafico 27**):

- nella D, C1 si ha un aumento graduale e costante con raggiungimento del massimo picco rilevato tra le tre cotture;
- nella D, C3 si ha un rapido incremento delle temperature e un più rapido calo rispetto alla precedente;

- nella E, C1 pur in assenza di travi si osserva un andamento costante e con lunghi tempi di mantenimento delle temperature. Si nota persino un nuovo rialzo a distanza di tempo con raffreddamento che avviene dopo molte ore.
- nella A, C4, simile fase iniziale, lunghi tempi di mantenimento della massima ma la dinamica del raffreddamento è più rapida (simile a quella della D, C3).

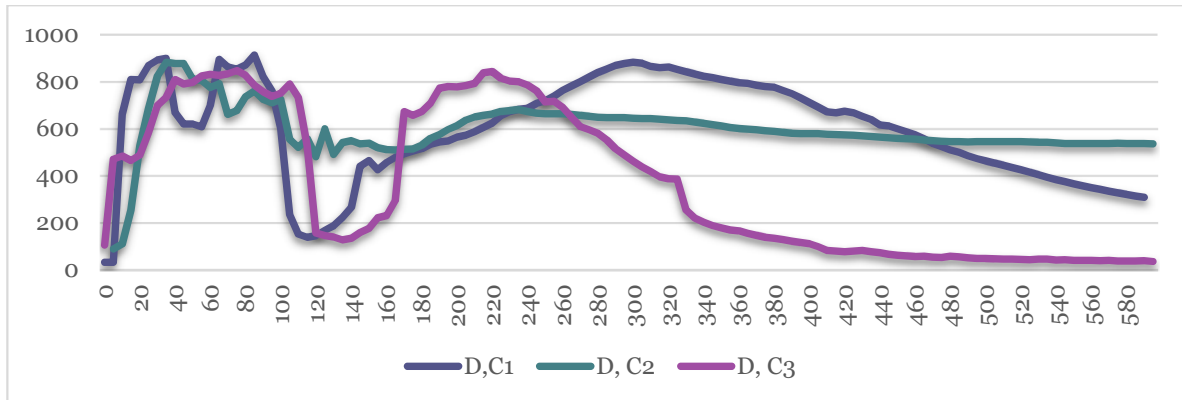


Grafico: 25

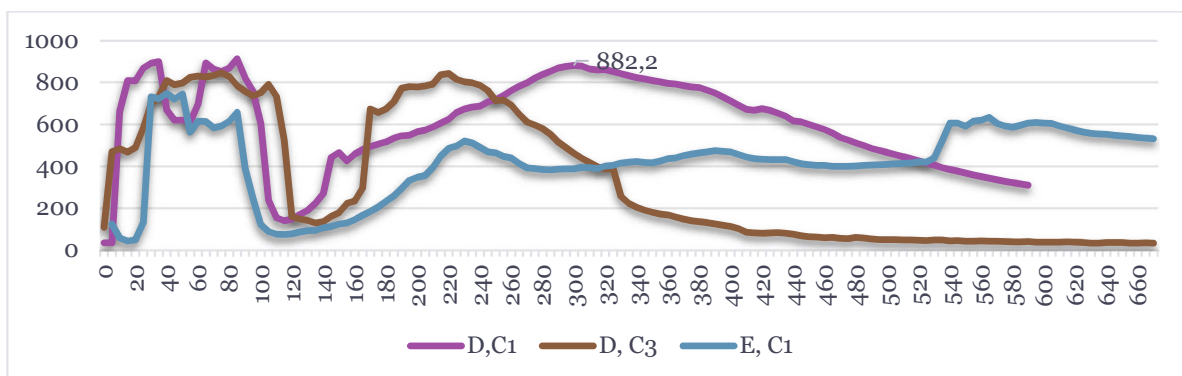


Grafico: 26

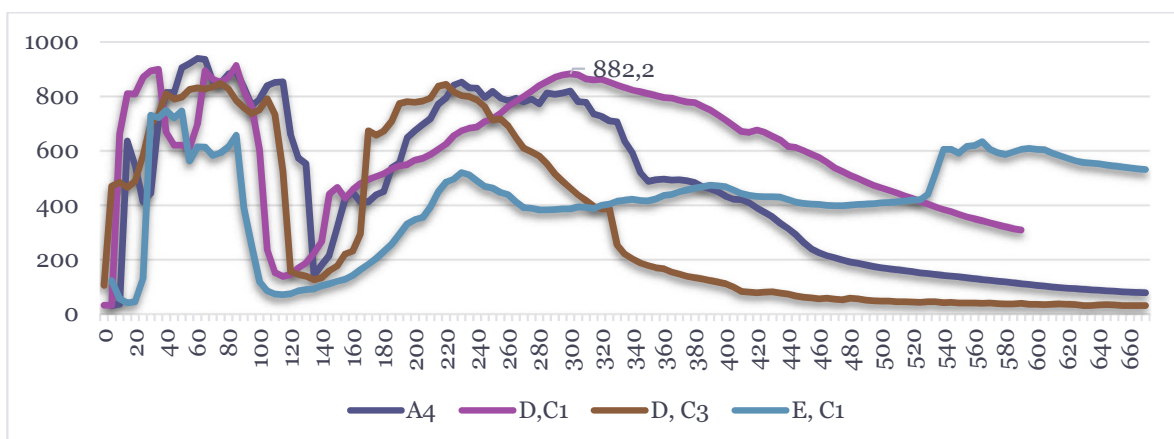


Grafico: 27

Il confronto tra le curve di A, C4 e E, C1 (**Grafico 28**) riflette due tipologie diverse: cottura in buca a cielo aperto e cottura in buca con copertura. Riflettono un simile andamento ma

nella buca coperta i tempi di mantenimento delle temperature sono più lunghi e l'inizio della fase di raffreddamento avviene più tardi.

Il confronto tra buca con travi a cielo aperto (C, C1) e coperta (D, C2) aveva già permesso di effettuare alcune considerazioni (**Grafico 29**). In riferimento alla presenza di una copertura permette di confermare un andamento più lento delle temperature e costante delle temperature (sia in fase 3 che 4), mentre in assenza, la fase di raffreddamento sembra avvenire prima. L'eccezione rappresentata dalla D, C3 che sembra avere un andamento simile a quelli riscontrati nelle cotture a cielo aperto con raffreddamenti più rapidi, è stata attribuita ad un minor carico di combustibile che, nonostante la presenza della copertura, sembra dunque influire e predominare sugli altri fattori. Se si mettono a confronto la D, C3 e la C, C1 si osservano per questa temperatura costanti nella fase di preriscaldamento e cottura con tempi di raggiungimento della massima simili alla C, C1, mentre i tempi di mantenimento sono ridotti.

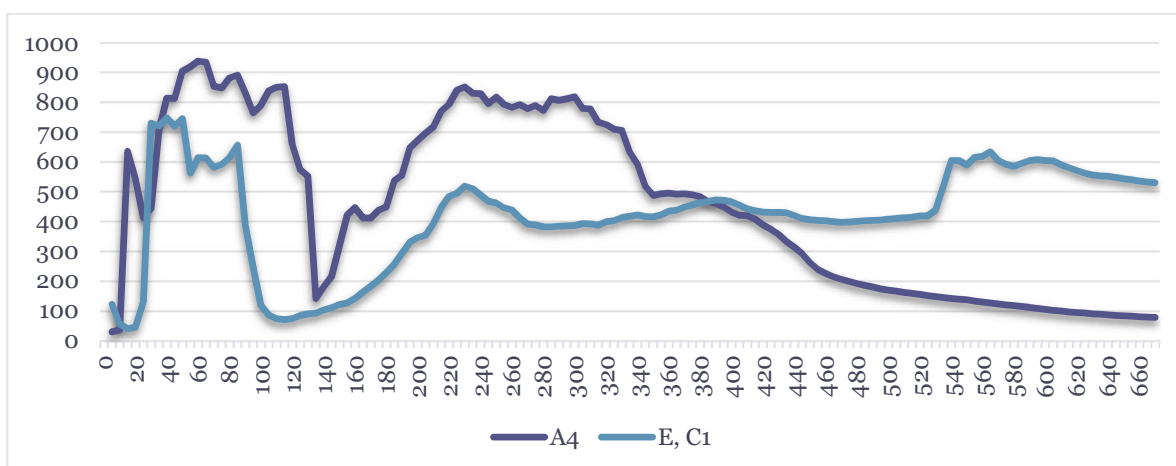


Grafico: 28

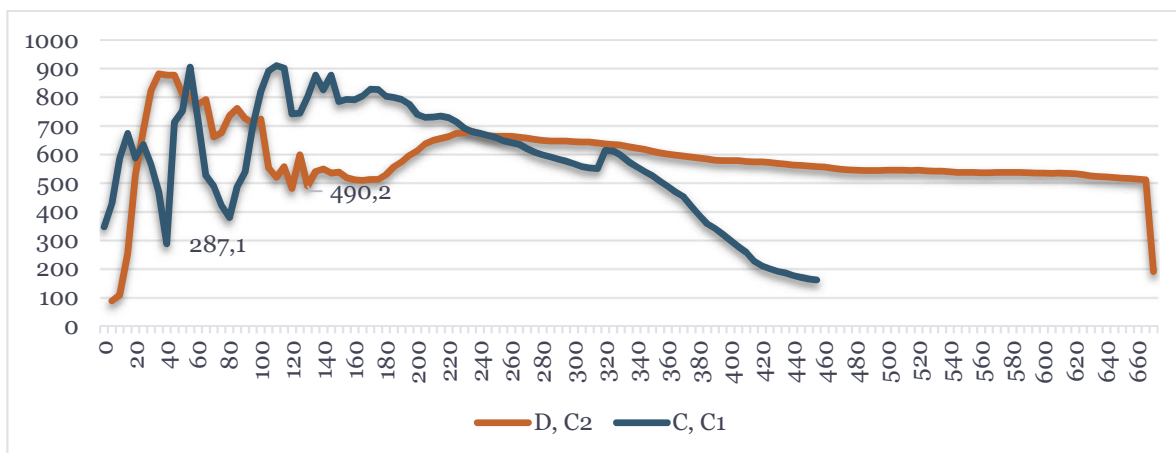


Grafico: 29

Se ad un primo esame sembra non sia possibile fare generalizzazioni attribuibili alle diverse tipologie di cotture, approfondendo l'analisi e incrociando i dati a disposizione, nonostante le peculiarità di ciascuna procedura, si possono definire delle linee di comportamento che potrebbero contraddistinguere le diverse tipologia di cottura eseguite: la presenza di una copertura sembra garantire una gradualità dell'andamento delle temperature, sia in fase di cottura che in fase di raffreddamento. Nelle cotture a cielo aperto, i tempi di mantenimento delle temperature massime sono ridotti e quelli di raffreddamento son più rapidi.

Interessante integrare le dinamiche associate alla presenza di una copertura con quelle descritte in precedenza in riferimento alla funzione delle travi perché modificano l'attitudine di una tipologia di cottura bilanciando la dispersione del calore (se l'aria calda tende ad andare verso l'alto, le travi riescono a contenere la dispersione di calore).

Nella tabella qui di seguito (**Tab. XXI**) vengono riportate informazioni riguardanti la copertura: a che distanza di tempo dall'accensione viene posizionata, la temperatura registrata al centro della buca poco prima di esser coperta, gli effetti della posa della copertura sull'andamento delle temperature, i tempi necessari per il raggiungimento del picco massimo e quelli riferiti al raffreddamento fino alla soglia dei 600° C.

Cottura	Posizionamento Copertura	Temperatura al momento della copertura	Andamenti temperature	Tempi necessari per raggiungere il picco massimo	Osservazioni
D, C1	A 147' dall'accensione. 42 min dalla carica dei vasi	266° C	Aumento graduale anche tra le travi	Dalla copertura: 160' fino a 882° C	150' fino ai 600° C
D, C2	Copertura a 105' dall'accensione. 15 minuti dalla carica dei vasi.	520° C	Oscillazioni; collasso copertura e fumo bianco; Dopo 50' si apre lo sfiato: rialzo delle temperature (tra le travi calo graduale)	Dalla copertura: 125' fino a 681° C	125' fino a 600° C e raffreddamento molto graduale
D, C3	A 115' da accensione. 15 minuti dalla carica dei vasi.	524,7° C	In calo per 45' e poi rapida ripresa	Dalla copertura: 40' per toccare 843°	50' fino ai 600° C Rapido raffreddamento.
E, C1	110' dall'accensione. 15' minuti dalla carica dei vasi.	246,6° C	In calo per 35' fino al crollo della copertura. Aumento graduale.	130' per primo picco (518° C) – 335' ancora per il secondo picco che segue diverse oscillazioni (633° C).	Lento raffreddamento

Tabella XXI

- *Influenza degli sfiati (tiraggio)*

Nel corso delle cotture effettuate nella buca D si è cercato anche di verificare l'uso e la funzionalità di due sfiati ricreati sulla base delle evidenze presenti nel record archeologico riferibili alla buca ES 635/03. La prima cottura ha rivelato un errore che ne ha compromesso la funzionalità (**Fig. 107**). Se la profondità è poca non è possibile garantire l'immissione di aria dopo la posa della copertura.



Figura 109: Chiusura sfiato nel corso della cottura 1. Prima della copertura e dopo (a destra).



Figura 108: chiusura sfiato nel corso della cottura 2. Prima di effettuare la copertura e dopo (a destra).



Figura 107: terza cottura nella buca D con sfiato aperto.

Nella seconda cottura è stato possibile usare lo sfiato per ridurre o aumentare la quantità di ossigeno introdotto (**Fig. 108**). Infatti è stato interessante osservare che nel momento in cui, a 50 minuti dalla posa della copertura, si è rimosso il blocco che ostruiva lo sfiato, le temperature hanno avuto una ripresa e si è anche osservata una riduzione nell'emissione di fumo. L'apertura dello sfiato ha invertito un andamento con calo delle temperature con conseguente rialzo, sebbene non siano stati raggiunti picchi significativi. Nel corso della terza cottura invece si è deciso di lasciare lo sfiato aperto per tutto il ciclo di combustione (**Fig. 109**).

I sensori posizionati in prossimità degli sfiati indicano basse temperature con lievi oscillazioni. Non è stato possibile dunque ottenere tracce confrontabili con quelle presenti nel record archeologico (caratterizzate da estese dispersioni di concotto su canalette che erano state interpretate come sfiati). Sarà necessario formulare nuove ipotesi per tentare di comprendere i processi che hanno condotto alla formazione di tali evidenze.

5.3.3. Analisi e interpretazione delle tracce indagate

I risultati ottenuti attraverso le diverse attività sperimentali descritte rappresentano una fonte preziosa di informazioni per la comprensione delle modalità di funzionamento delle strutture indagate. Permettono inoltre di chiarire le dinamiche di causa-effetto connesse ai processi di combustione e alla formazione di tracce che, confrontate con quelle riscontrate archeologicamente attraverso la formulazione di analogie, favorisce dunque non solo l'interpretazione funzionale ma la conoscenza delle dinamiche legate alla loro formazione.

Il funzionamento della struttura e le evidenze connesse possono essere influenzati anche dalla presenza di elementi strutturali (come travi con battuto sul fondo e/o coperture) o azioni antropiche effettuata tra un processo e l'altro (come ad esempio la pulizia della struttura a fine cottura), tutti fattori interrelati in strette dinamiche di causa-effetto (**Fig.110**). Le risposte alle varie ipotesi formulate nel corso delle diverse attività sperimentali sono state schematizzate per favorirne la lettura (**Fig. 111**); i risultati, vengono incrociati anche con altre variabili considerate significative come ad esempio la specie e la quantità di legno impiegata, le temperature massime registrate, le condizioni di atmosfera, ecc.. (**Tab. XXII**). L'energia termica prodotta causa effetti visibili grazie alle trasformazioni degli elementi e dei supporti che si trovano in prossimità della fonte di calore e la trasformazione del combustibile. Tra gli esiti della propagazione del calore abbiamo dunque, come più volte ricordato, la formazione di un deposito caratterizzato da ceneri, carboni e, a volte, concotti e come traccia più evidente, una marcata alterazione termica del substrato. Di seguito vengono dunque descritte ed analizzate le tracce ottenute sperimentalmente.

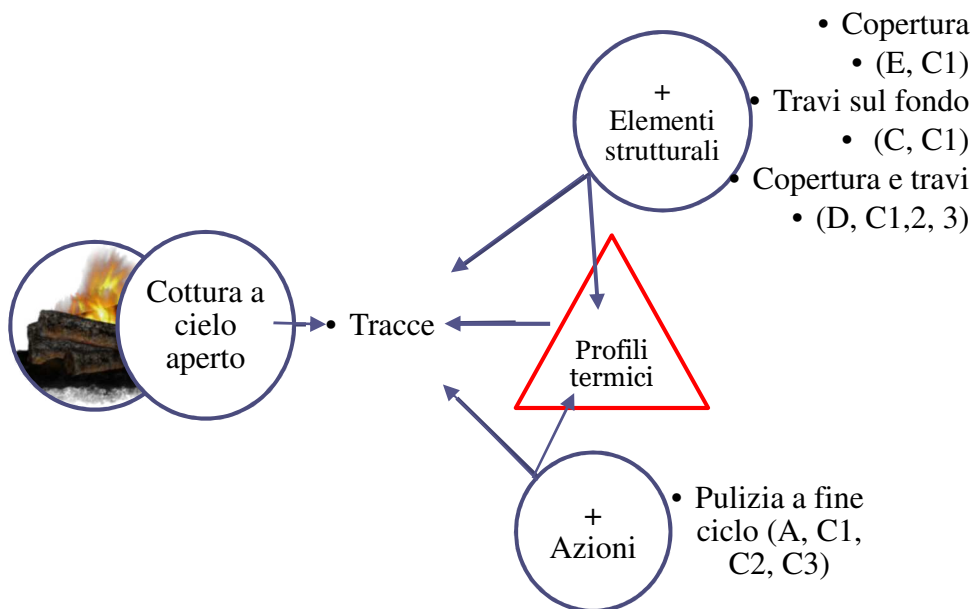


Figura 110

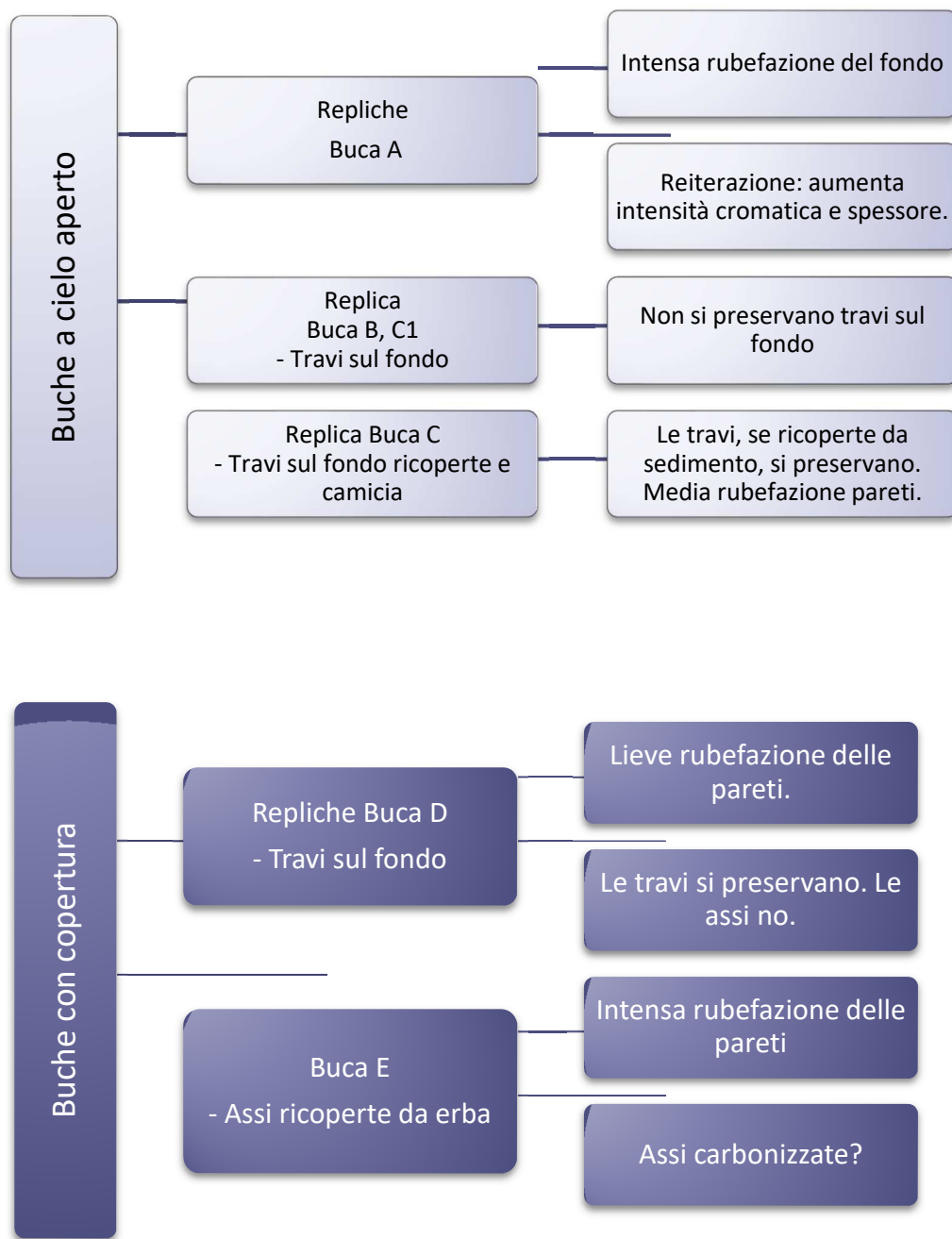


Figura 111: Tipi di combustione e risultati ottenuti per ogni buca.

	Buca A C1	Buca A C2	Buca A C3	Buca B C1	Buca B C2	Buca C C1	Buca A C4	Buca D C1	Buca D C2	Buca D C3	Buca E C1
Variabile	cielo aperto	Reiter	reiterazione	Travi fondo	coperta	Travi fondo	reiterazio ne	Travi e copert.	Travi e copert.	Travi, Assi e cop	Assi e copert.
Tipo di combustibile	R/F	R	R	R	R/F	R	R	R	R	R	R
Disposizione combustibile	centro	centro	centro	centro		centro e laterale	laterale				laterale/f ull
Ambiente	O	O	O	O	R/O	O	O	R/O	R/O	R/O	R/O
Quantità combustibile	91,5	91,7	92,1	90,75	69	91,25	91	75	75	53	90+21
Temp max raggiunta centro	923	900	885	/	873,6	910	939,1	939,1	882,5	847,4	747,8
Temperatura max pareti	659,9	135	541,9	/	104,3	/	251,2*	200,1*	/	/	555,8*
Temp max tra le travi	/	/	/	/	/	309,6	/	49,7	452,1	460,4	/
Rubefazione fondo	leggera	intensa	intensa	intensa	check	no	intensa	-	-	Check	check
Colore fondo	Strong Brown	Red, Brown	Red/Yellowis h Red	Red, Light red	Yellowis h red	Dark Greenish Gray	Red	Strong Brown	Brown, Red	check	check
Rubefazione pareti	leggera	leggera	leggera	leggera	leggera	Leggera alta Intensa bassa	media	leggera	intensa p. bassa	intensa p. bassa	intensa p.alta
Colore pareti	Brown Yel. red	Brown	Yel. Red	Brown Reddish Brown	Red F Yellow	Brown Red	Red Reddish Brown	Brown	Red	Red	Red
Travi carbonizzate	/	/	/	no	/	sì	no	sì	sì	sì	/
Assi carbonizzate							no	no	no	no	check
Concotti nel riempimento (1. copertura, 2. battuto o 3.sedimento)	pochi	Sì (3)	pochi	Sì (3)	Sì (1-3)	sì	pochi	sì (1-3)	sì	sì	sì (1-3)

Tabella XXII: Tabella di controllo dei principali parametri e dei risultati. Indicazione dei risultati per ogni replica sperimentale con indicazione di altri parametri considerati significativi. Nella definizione del tipo di ambiente di cottura la lettera O indica Ossidante, la R riducente, R/O fa riferimento a condizioni alterne . * Termocoppie posizionate a metà parete.

- Residui di combustione.

In tutte le repliche si è scelto di lasciar completare il ciclo di combustione fino a raffreddamento completo. In quelle condotte nella buca A, a cielo aperto, infatti, si rilevano principalmente processi di trasformazione di carbonificazione con gran parte dei residui rappresentati da ceneri. I frammenti di carbone di dimensioni maggiori preservatisi (carbonizzazione) sono quelli rinvenuti a distanza dal fuoco. Maggior frequenza di carboni si ha in caso di presenza di una copertura. La documentazione fotografica a fine cottura è stata impiegata come metodo per “registrare” la distribuzione spaziale di diverse categorie di resti,

I fattori che sembrano condizionare l'entità dell'accumulo a fine cottura sono molteplici, alcuni legati a variabili difficili da controllare come ad esempio la quantità di ossigeno all'interno della buca (che può esser condizionata dalla presenza o meno di una copertura, o da circolazioni di aria e vento). Sicuramente i tempi di cottura e la scelta di non interrompere il ciclo di combustione in una buca a cielo aperto, favoriscono la degradazione di tutto il combustibile con prevalenza di cenere e piccoli carboni nel deposito. Simili evidenze sono state riscontrate alla fine delle cotture effettuate nella buca A (**Fig. 112**, foto a sinistra). Non si riscontra lo stesso nella buca C dove la presenza delle travi potrebbe aver favorito processi di carbonizzazione nonostante la combustione avvenuta a cielo aperto (**Fig. 112**, foto a destra). La presenza di travi sul fondo, non ricoperte da sedimento, è in diretta relazione con il tipo di evidenze presenti nella B, C2 a fine cottura, con frammenti molto più grandi e scomposti sul fondo (**Fig. 113** – foto a sinistra). In presenza di una copertura, invece, la percentuale di carboni sembra più significativa, con frammenti di dimensioni piccole (1-2 cm) e medie (tra i 3-5 cm) come riscontrato nella B1, C2. (**Fig. 113** – foto a destra).

In presenza di una copertura, parte dei residui è costituita da sedimenti del crollo che in parte presentano rubefazione, con tipica colorazione rossastra (**Fig. 114**).

L'entità dei residui può anche esser messa in relazione con la temperatura di combustione del legno influenzata da altre variabili come l'umidità e l'ossigeno; inoltre l'ambiente di cottura chiuso può far aumentare la temperatura di combustione che solitamente è compresa tra i 400° C e i 500° C.

Spesso la specie vegetale può essere considerata una variabile significativa (Liedgren, Östlund 2011). Nel corso delle sperimentazioni, l'impressione era quella che l'utilizzo di rovere avesse una resa migliore. Altri studi (D'Oronzo 2007) rivelano però che il margine di variabilità nella produzione di energia termica da parte di diverse specie è molto basso. L'umidità invece può intervenire nel processo di pirolisi modificando la cinetica della combustione (Théry-Parisot 1998). Il rendimento finale della combustione è infatti condizionato dalla quantità di acqua ancora presente nel legno. Più la legna è umida, più lunga sarà la prima fase della combustione¹³. Inoltre tale fattore sembra influire anche sulla

¹³ www.issac.spsi.ch

durata e altezza della fiamma (Trabaud 1976). L'umidità determina una variazione della temperatura della fiamma mentre l'ossigeno influisce direttamente sulla temperatura di combustione. Altri studi a carattere sperimentale si sono concentrati ad esempio sull'analisi antracologica e tafonomica dei resti vegetali. Morfologia e caratteri macroscopici possono contribuire alla ricostruzione della dinamica di combustione e fornire informazioni sull'ambiente di deposizione.



Figura 112:: conclusione del ciclo di combustione nella buca A, C1 e nella C, C1. Il livello di disgregazione del combustibile appare diverso. Prima cottura a cielo aperto e seconda con travi disposte sul fondo.



Figura 113: residui di combustione nella buca B, C1. Visibili le travi sul fondo. A destra, residui della copertura a fine cottura nella buca B1, C2.



Figura 114: residui di combustione dopo la prima cottura, nella buca D e nella buca E. Visibili residui del crollo della copertura, alternati a carboni e concotti.

Ad esempio, alcune caratteristiche morfologiche, come il grado di arrotondamento e di frammentazione possono esser messe in relazione alle modalità di spegnimento del fuoco, agli agenti atmosferici coinvolti (D'Oronzo 2007) e alla temperatura (Belcher et al. 2005).

Un'altra linea di ricerca si è occupata, invece, del rendimento del combustibile utilizzato in diverse tipologie di focolare, piatto e in fossa (March 1992); o più specificamente ad aspetti tafonomici di diversi tipi di combustibili come il legno, la lignite e l'osso (Théry 1998).

A livello etnografico l'uso di letame come combustibile è stato associato a un rapido aumento delle temperature (900° C in 20 minuti e altri 20 per raggiungere un picco di 940° C) seguito però da una rapida ricaduta dovuta all'assenza di carboni necessari per mantenere il calore (Shepard 1976, 78).

La varietà di metodi di indagine e di priorità applicabili al tipo di osservazione riflette la complessità di questo tipo di approccio e analisi. Si sviluppa l'esigenza di una interdisciplinarietà anche nel campo dell'archeologia sperimentale. Molti gli approfondimenti possibili che potrebbero ampliare le conoscenze sulle implicazioni antropologiche della conoscenza non solo del fuoco ma anche dell'ambiente e dello sfruttamento del legno da parte delle antiche comunità (analisi antracologiche, micromorfologiche, etnoarcheologiche).

Si tratta di analisi non effettuate in questa sede ma che potranno esser valutate sia per future indagini sperimentali sia come valutazioni da integrare nella metodologia di scavo.

- Alterazione Termica

La presenza/assenza di alterazione termica è un elemento determinante per l'individuazione delle strutture di combustione in quanto cenere e carboni potrebbero essere solo residui secondari di attività pirotecniche. In assenza di altri residui, "l'unità stratigrafica di alterazione" diventa l'unica prova di un'attività passata (Giannichedda 2006). Spesso sulla formazione di questo tipo di evidenza incidono diversi fattori, non sempre molto chiari. Ci si è chiesti spesso se l'intensità della rubefazione fosse legata alla composizione del tipo di terreno, subordinata al raggiungimento di determinate temperature, risultato di usi reiterati delle strutture e/o tipica di combustioni in ambienti ossidanti (§ 5.1.2.).

L'analisi dell'alterazione termica si è basata su osservazioni macroscopiche effettuate a conclusione di ogni ciclo di cottura attraverso le quali si è tentato di valutarne l'intensità (con descrizione del colore per comparazione con le *Munsell Soil Color Charts*) l'estensione e la profondità. Sono stati catalogati i campioni più rappresentativi con indicazione del punto di prelievo (fondo, pareti o riempimenti), la colorazione della faccia esterna (quella maggiormente esposta al calore), di quella interna e, quando diversa dalle precedenti, di quella in frattura. Se il colore esterno coincide con quello interno viene indicato solo il primo. Vengono indicate inoltre la consistenza e la forma della sezione dei frammenti (**Tab. XIX**).

Il criterio di selezione dei campioni si è basato su una scelta di varie colorazioni rappresentative. Diversi gli studi che hanno tentato di esaminare le relazioni tra variazioni cromatiche e trasformazioni mineralogiche (Shepard 1957; Rice 2015; Liedgren et al. 2017) o per stimare le massime temperature di cottura sulla base delle condizioni di ossidazione (Whitney, Hollenback 2016). Nello studio di fenomeni pedogenetici, la presenza di ossidi di ferro è stata usata come valido indicatore di trasformazione. Infatti il riconoscimento di ossidi di ferro nei suoli è stato effettuato sulla base del range di appartenenza ad una gamma specifica di colori, cui ogni tipo di minerale fa riferimento (Schwertmann 1993, 51). Ad esempio, i suoli con presenza di ematite rientrano tutti nel range tra 5 YR e 10 R mentre la presenza di goetite (senza ematite) rientra tra i 7.5 YR e 2.5 YR. Ogni tipologia di ossido di ferro rientra in una specifica gamma di colore del minerale contenuto e potrebbe rappresentare un valido contributo anche nello studio delle alterazioni termiche. Sono inoltre noti i tentativi di correlare l'intensità dell'alterazione termica con particolari cicli produttivi (Berna et al. 2007).

A Lugo la variazione cromatica assunta subito dai sedimenti (A, C1 – fondo) sembrerebbe indicare l'alta percentuale di elementi ferrosi ossidatisi dopo il contatto con il fuoco confermando l'influenza del tipo di materiale e della sua composizione chimica nella formazione di rubefazione. Si tratta di una risposta positiva, contrariamente a quanto riscontrato in occasione di altre sperimentazioni (Costa et al. 2009-2010; Costa et al. *cds*).

La serie di cotture realizzata nella buca A ha permesso di indagare la relazione tra la morfologia della struttura e la formazione di tracce in seguito all'esposizione ad una fonte di

calore. I risultati hanno permesso di effettuare delle interessanti considerazioni sui processi di alterazione termica del substrato sulla base di diversi elementi.

Sin dalla prima accensione gli effetti di alterazione termica del fondo sono evidenti. La superficie appare piana ma irregolare, caratterizzata dalla presenza di cenere e con variazioni cromatiche leggere (**Tab. XIX**) rispetto alla colorazione prima dell'accensione (**Fig.115**). L'estensione dell'alterazione si propaga dall'area centrale della buca, dove era stato acceso il fuoco, verso le pareti che, nonostante appaiano indurite dall'esposizione al calore, assumono una colorazione nerastra dovuta al deposito di particelle carboniose (§5.2.1 Figg. 15-16). La profondità dell'alterazione è di circa 1 cm, e la consistenza dei campioni che si tenta di prelevare è friabile.

A conclusione della cottura viene eseguita la pulizia della parte Est del fondo. Si è deciso infatti di effettuare una pulizia differenziata per indagare gli effetti di questa azione, o nel caso opposto di una sua assenza con accumulo di residui, sulla comparsa dell'alterazione termica nel corso delle successive combustioni.



Figura 115: buca A prima e dopo la I cottura con evidenziata la parte Est del fondo con alterazione termica del sedimento.

- *Osservazioni sugli effetti della pulizia differenziata del fondo.*

Gli effetti della presenza o meno di residui di combustione sulla comparsa dell'alterazione termica, sono stati osservati effettuando una pulizia differenziata del fondo della buca A, alla fine di ciascuna delle cotture (1-2-3) (**Tab. XXIII**).

Quattro settori/spicchi diversi sono stati oggetto delle seguenti azioni:





- La parte NE ripulita alla fine della prima cottura, mantiene invece i residui della seconda cottura.
- la parte SE è stata pulita sia dopo la prima che la seconda combustione e dunque ha la superficie esposta al contatto con il fuoco sia durante la seconda che nella terza cottura.
- La parte NO è la sola ad essere sempre stata isolata dalla cenere tra una cottura e l'altra e riflette dunque gli effetti di 3 cotture su un fondo mai soggetto a pulizia.
- La parte SO non era stata pulita dopo la prima cottura ma lo era stata dopo la seconda.

	NE	SE	NO	SO
I Cottura	Esposto	Esposto	Esposto	Esposto
Residui fine cottura	No	No	Sì	Sì
II cottura	Esposto	Esposto	Isolato	Isolato
Residui fine cottura	Sì	No	Sì	No
III cottura	Isolato	Esposto	Isolato	Esposto
Residui fine cottura	No	No	No	No

Tabella XXIII: indicazione delle azioni effettuate a fine cottura e gli effetti su ogni settore del fondo

La procedura di pulizia per settori ha permesso di osservare i diversi effetti del calore sulla colorazione del sedimento in presenza o meno di una pulizia del fondo. A conclusione del terzo ciclo di cottura sono stati prelevati diversi campioni in corrispondenza dei quattro settori. La differenza cromatica tra i sedimenti che sono stati sottoposti a una sola cottura e quelli esposti a un numero più alto, appare evidente. Le differenze tra settori NO e SE che simulano due situazioni opposte è marcata (2.5 YR 3/3 in frattura *dark reddish brown* il primo caso vs. Munsell: 2.5 YR 5/8, tonalità dei rossi - *red* - il secondo caso). Del resto già dopo la seconda cottura era stata notata una differenza tra metà E che alla fine della I cottura era stata ripulita e la Ovest che non lo era stata (§ 5.2.1.). Il fondo, nel primo caso, appariva rosso-arancione, ben indurito, mentre nel secondo aveva una colorazione beige.

Dal confronto tra i risultati degli effetti dell'esposizione dei sedimenti al calore dopo la terza cottura si nota come, sebbene sia lo spicchio NE che lo spicchio SO presentino entrambi due scottature, l'aver rimosso, o meno, i residui subito dopo la prima cottura sembra determinare una certa differenza: gli effetti di una prima pulizia sembrano infatti incidere maggiormente sulla variazione cromatica del sedimento che diventa più rossiccio rispetto alla cottura in cui i residui carboniosi isolavano il fondo (Munsell 2.5 YR 5/8 *red* vs. 5YR 5/6 *yellowish red*). I campioni prelevati dallo spicchio SO, durante la seconda cottura per la presenza di residui di cenere e carboni, risentono meno degli effetti di esposizione al calore dal punto di vista cromatico come evidenziato dalla colorazione meno rossiccia (**Tab XXIV**).

SPICCHIO	AZIONI	RISULTATI	IMMAGINI
NE	<p>Spicchio ripulito dai residui della prima cottura. Esposto al calore durante la seconda cottura. I residui della seconda non vengono rimossi. Il fondo è dunque isolato durante la terza cottura.</p> <p>2 scottature</p>	<p>Questo settore è stato dunque esposto al contatto diretto con il fuoco per due volte consecutive: durante la prima e la seconda cottura ma non durante l'ultima in cui sono presenti invece i residui di combustione.</p>	 <p>2.5 YR 5/8 (red); 5 YR 4/4 (reddish brown)</p>
SE	<p>È stata sempre ripulita dai residui della cottura 1 e della cottura 2.</p> <p>3 scottature.</p>	<p>Parte sempre esposta al calore. Simula una situazione con pulizia della buca alla fine di ciascuna attività.</p>	 <p>2.5 YR 4/6 (red); Frattura: 2.5 YR 5/8 (red)</p>
NO	<p>Sempre isolata dalla cenere (residuo della cottura uno, e residuo della cottura 2).</p> <p>1 scottatura</p>	<p>Presenta una situazione in cui, tra una cottura e l'altra, si lasciano i residui di combustione. Simula dunque l'assenza di pulizia della struttura tra le diverse cotture.</p>	 <p>2.5 YR 4/8 (red)- 2.5 YR 5/8; frattura: 2.5 YR 3/3 dark reddish brown</p>
SO	<p>Non ripulito alla fine della I cottura, si ha dunque la presenza dei residui carboniosi durante la seconda cottura, che vengono invece rimossi per la terza cottura.</p> <p>2 scottature</p>	<p>Simile alle evidenze rilevate per lo spicchio NE ma con azioni alternate: simula un'assenza di pulizia della struttura dopo la I cottura e una pulizia avvenuta dopo la II.</p>	 <p>5 YR 4/6 (yellowish red) 5 YR 5/6</p>

La variazione cromatica che rientra nella gamma dei 2.5 YR 4/8 e 5/8 (Red) sembra riflettere condizioni di contatto diretto con il fuoco, in assenza di ceneri che fanno da isolante, e caratterizza frammenti con colorazione omogenea anche in frattura; mentre quella che rientra nella gamma 5 YR *yellowish red* o 2.5 YR in tonalità *dark reddish brown* sembra caratterizzare quei frammenti che presentano meno scottature e hanno una colorazione rossiccia solo superficialmente. Anche la colorazione delle pareti, dopo la terza cottura rientra nella gamma *yellowish red* (più arancione scuro che rosso) anche dopo la quarta cottura.

La cottura effettuata nella buca A, C4 a distanza di 10 mesi dall'ultimo utilizzo, ha prodotto un'accentuazione dell'alterazione termica del fondo. I campioni prelevati sia dal settore E che da quello O della buca si uniformano assumendo entrambi una colorazione che appare più chiara nella faccia esterna (forse a causa della presenza di cenere – *light reddish brown*) più rossiccia in frattura e sulla faccia interna (**Tab. XIX – Elenco campioni**). A conclusione della quarta cottura, l'alterazione termica sul fondo è molto intensa e compatta in superficie ma nel momento in cui si staccano i campioni, i frammenti tendono a frantumarsi.

Quello che si osserva, in presenza di una ripulitura della struttura e con accensione di più fuochi, procedendo dalla prima all'ultima cottura è una graduale accentuazione delle tonalità e della saturazione. L'alterazione, dopo più cicli di combustione, diventa più compatta e uniforme e ricopre quasi tutto il fondo (**Fig. 116; Tab XXIV**).

Il riconoscimento delle gamme cromatiche presenta margini di variabilità riferiti alla chiarezza (*value*) e alla saturazione (*chroma*) delle diverse tonalità (*hue*) da valutare singolarmente e confrontare con gli altri dati a disposizione in quanto quello utilizzato vuole essere un metodo che tenta di ridurre il margine di soggettività relativo ad osservazioni effettuate prevalentemente a livello macroscopico (come può capitare ad esempio anche quando, sul campo sperimentale, le schede vengono compilate da diversi studenti-partecipanti).



Figura 116: Alterazione del fondo della buca A alla fine di ogni cottura: fondo della buca prima della cottura, dopo la cottura 1, dopo la cottura 2, dopo la cottura 3, dopo la cottura 4.









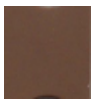







Buca A C 1	Lato esposto	Buca A Cottura 2	Spicchio esposto	Buca A, C3 Faccia interna e Frattura		Buca A, C4
7.5 YR 4/6 (strong Brown) 	LATO EST	2.5YR 5/8 	NE 2 scottature	2.5 YR 5/8 (Red); 	Frattura: 2.5 YR 5/8 (Red) 	2.5 YR 4/8 red 
			SE - 3 scottature	2.5 YR 4/6 (Red); 	Fr. 2.5 YR 5/8 (Red) 	2.5 YR 6/3 – Fr. 4/8 red 
	LATO OVEST	7.5 YR4/3 (Brown) 	NO 1 scottatura	2.5 YR 4/8 (Red);  2.5 YR 5/8 (Red); 	Fr. 2.5 YR 3/3 (Dark reddish brown) 	Centro 2.5 YR 6/4 (Light Reddish Brown)  2.5 YR 4-5/8 (Red)
			SO 2 scottature	5 YR 4/6 (Yellowish red); 	5 YR 5/6 (Yellowish Red) 	2.5 YR 6/3 – Fr. 4/8 red 

Tabella XXIV

Oltre alla valutazione dei cromatismi assunti dal terreno, è stato possibile osservare anche l'estensione dell'alterazione, che partendo di solito dall'area centrale (di accensione del fuoco) si distribuisce in maniera disomogena fino alle pareti. La profondità dell'alterazione invece diventa sempre più spessa con la ripetizione delle esposizioni (**Figg 117-118; Tab.XXV**).



Figura 117: profondità alterazione alla fine della seconda cottura nella buca A.

Cottura	Profondità alterazione Fondo	Colorazione	Profondità alterazione parete	Colorazione
A, C1	1-2 cm	Arancio-marrone	1 cm	Nero-Marrone
A, C2	Primi 2 cm 7-8 cm	Rosso-arancio gialli		Nero-marrone
A, C4	>10 cm	Rosso-marrone 2.5 YR 6/4	2-3 cm	Rosso-marrone e YR 4/4

Tabella XXV: profondità dell'alterazione termica sul fondo e sulle pareti con relativa colorazione.



Figura 118: sondaggi alla fine della quarta cottura nella buca A. Profondità dell'aterazione termica su fondo e pareti.

Nel corso di tutte le repliche condotte nella buca A, il calore sembra propagarsi su tutto il fondo fino alla parte bassa delle pareti che non presentano segni di rubefazione se non dopo la terza e quarta cottura e in aree circoscritte. La colorazione scura, è riconducibile alla presenza di ossidi di carbonio dovuta a condizioni di cottura con poca circolazione di ossigeno (Rice 2015) che non avremmo pensato di osservare in occasione di cotture senza copertura ma evidentemente provocati dall'alternanza delle diverse fasi di combustione.

Queste gamme di colore sono state riscontrate anche nel corso delle altre repliche condotte nelle diverse buche (**Tab. XIX**). L'estensione dell'alterazione termica in buche con travi sul fondo sembra esser limitata all'area sovrastante il punto di contatto tra queste e la parete (B, C1; C, C1; D, 1-2-3), si estende in aree limitate, a volte è rappresentata da piccole aree (es. nella buca B, C1, qui a destra) contraddistingue dunque la parte bassa, mentre una maggior estensione fino alla parte alta è osservabile solo nella cottura eseguita nella buca E dove è rappresentata da una larga fascia (**Figg. 119-122**).

Il fondo appare ampiamente rubefatto nel corso della cottura eseguita nella buca B, con disposizione di travi sul fondo, mentre nel caso di presenza di battuto che ricopre le travi, il sedimento appare indurito e arrossato.



Estensione rubefazione alla parete della buca B, C1.



Figura 119: alterazione termica nella buca B, C1 e a sinistra a fine cottura nella B1, C2. (A cielo aperta la prima ma con travi disposte sul fondo senza presenza di battuto. La seconda con copertura solo nella fase iniziale e riapertura a cottura avanzata).



Figura 120: alterazione termica sul battuto e in prossimità della parete. Buca C, C1 e dettaglio. Cottura a cielo aperto con travi sul fondo ricoperte da battuto.

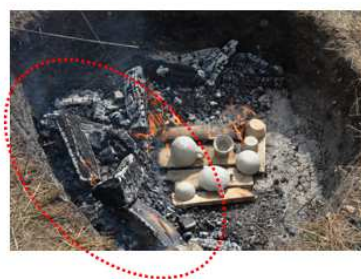


Figura 121: alterazione termica sulle pareti nella buca D, C3. Interessante notare il confronto tra posizione del combustibile sulla parete NE in fase di preriscaldamento e la formazione di rubefazione.

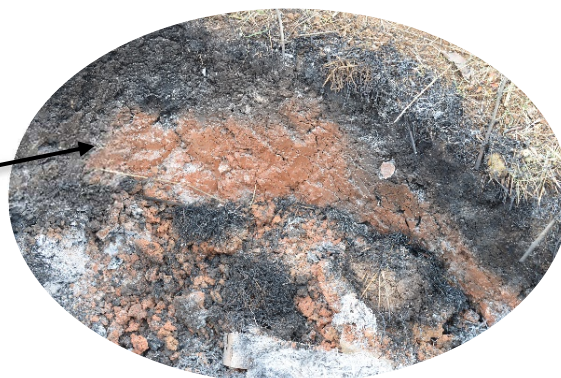


Figura 122: alterazione termica delle pareti nella buca E, C1. Cottura eseguita in presenza di una copertura. Assenza di travi sul fondo (solo assi sulle quali erano disposti i vasi).

Gli elementi che dunque influiscono sulla intensità della colorazione variano e possono esser rappresentati da:

– *Contatto diretto con la fonte di calore.*

Il contatto diretto con la fonte di calore (fuoco o combustibile), può produrre effetti molto accentuati sin dalla prima cottura (Fondo, A, C1; B, C1: fondo a contatto con le travi; B1, C2 fondo a contatto con il combustibile; C, C1 e gruppo buche D al di sopra del battuto sulle travi; buca E, parte alta delle pareti a diretto contatto con il combustibile).

– *Uso reiterato della struttura.*

Più cicli di combustione condotti nella stessa struttura incidono nella variazione di tonalità dei sedimenti che da range di marroni scuri passano a colorazioni arancioni-rosse che tendono ad una maggior chiarezza e saturazione con l'aumentare delle reiterazioni. Hanno inoltre un forte impatto nell'aspetto della rubefazione, che diviene più estesa e compatta e soprattutto sulla profondità, che dai pochi centimetri raggiunti dopo una sola cottura, passa a oltre 10 cm nella quarta.

Le considerazioni effettuate sui regimi termici hanno permesso di osservare una migliore resa dei tempi di mantenimento delle temperature in A, C4 che potrebbe esser legata alla precedente alterazione subita dalla struttura nel corso delle cotture precedenti che potrebbe aver favorito una migliore diffusione del calore per conduzione

– *Presenza/Assenza di una copertura.*

Si riteneva inizialmente che la presenza di una copertura impedisse la formazione di rubefazione perché legata a processi di cottura in ambiente riducente. Le repliche condotte nella buca D hanno invece permesso di osservare che sul fondo, in prossimità delle pareti, vi sono aree con alterazione termica in prossimità delle aree a contatto con il combustibile. L'estensione è però limitata rispetto a quella osservata in altre repliche (E, C1; C, C1).

La tipologia con copertura, realizzate con materiale organico che, una volta collassato garantisce una buona circolazione di ossigeno all'interno della struttura, non va dunque associata necessariamente a modalità di cotture riducenti, come dimostrato anche dalla colorazione chiara assunta dai vasi. Tra le condizioni più influenti, ancora una volta sembra aver maggior impatto la vicinanza alla fonte di calore, come ci mostrano i risultati della cottura nella buca E. Nonostante la presenza di una copertura, è quella che ha restituito le tracce più intense ed estese di alterazione delle

pareti (**Fig. 122**). Nella stessa gamma rientrano anche grossi frammenti parte del crollo della copertura, che presentano spesso anche sezioni rosso/grigie e con sfumature intermedie giallo-arancio (**Fig. 123**).



Figura 123: termoalterazione dei sedimenti della copertura

– *Natura del sedimento*

Il tipo di sedimento presente nel sito è caratterizzato da una componente limo-argillosa che, in presenza di ossigeno, influisce nella formazione di ossidi di ferro, in particolare ematite, che conferiscono la tipica colorazione rossa; al contrario, in assenza di ossigeno, i supporti assumono la colorazione grigio-nerastra derivante dalla presenza di ossidi di carbonio. Quantità variabili di Fe possono esser contenute anche in caso di presenza di carbonati che, a certe temperature, iniziano a rilasciare ioni di ferro, poi oggetto di ossidazione (Angelucci 2013-2014).

– *Presenza di una camicia*

A seguito della cottura nella buca C, la presenza della camicia non sembra aver favorito la formazione di rubefazione o una migliore propagazione del calore. A conclusione del ciclo di cottura, si presenta arrossata nella parte basale, a contatto con le travi, a circa 10 cm dal fondo. Mentre nelle parti più alte si caratterizza per numerose fessurazioni/fratture dovute all'impatto del calore che restano però nella variazione cromatica del marrone con parti più nerastre (**Fig. 120**). Si nota però un maggiore ispessimento in corrispondenza della camicia applicata, senza alcuna gradualità tra alterazione termica e il terreno incassante (**Fig. 124**).



Figura 124: spessore della camicia nella buca C, a conclusione replica.

– *Temperature*

Più difficile appare l'esame dell'alterazione in relazione ai parametri esaminati nel paragrafo precedente e relativo alle temperature e ai tempi di mantenimento. Ogni ciclo termico come visto in precedenza è molto complesso. I dati in letteratura collegano la termoalterazione a temperature variabili: 600° C (Bigham 2000; Canever

1994-1995), ma c'è chi sostiene che possa avvenire anche a temperature più basse, 450° C (Canti, Linford 2000; Brodart et al. 2016). Si tratta di risultati che variano a seconda delle caratteristiche dei sedimenti. Inoltre la sua formazione oltre che alla temperatura massima è stata ricollegata anche alla durata dell'accensione (Aldeias et al 2016), parametro che in altri casi, assieme alla ripetizione delle accensioni è stato considerato meno significativo (Liedgren et al. 2017) rispetto alla temperatura raggiunta (da 250° C a 800° C).

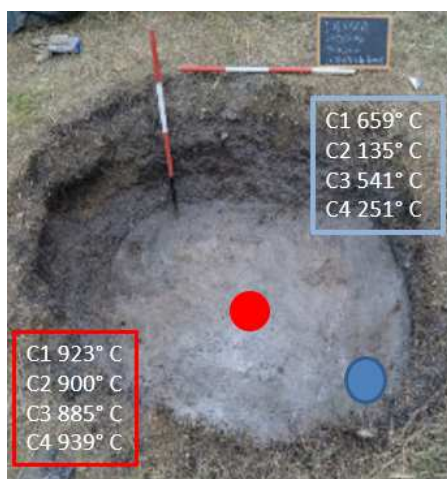


Figura 125: Temperature massime monitorate nel corso delle repliche eseguite nella buca A in corrispondenza del fondo (in rosso) e delle pareti (in blu).

Le temperature monitorate in prossimità del fondo della struttura sono abbastanza alte, ma non è detto che siano in relazione diretta con i processi all'origine delle trasformazioni che portano all'alterazione termica dei sedimenti. È stata già sottolineata infatti l'influenza del contatto diretto tra sedimenti e combustibile. La più alta temperatura rilevata in prossimità delle pareti, con posizionamento della termocoppia a metà altezza della buca ha fornito temperature di circa 550° C (buca E) e lunghi tempi di mantenimento del picco *minus* 100° C (50 minuti) presenta intensa colorazione nella gamma dei rossi. Quelle monitorate in prossimità delle travi, dove si hanno anche forti evidenze, oscillano invece tra i 300° (buca C) e i 400° C circa (buche D).

I campioni prelevati in corso di scavo o alla fine delle repliche fanno riferimento all'ultimo utilizzo della struttura e presentano dunque un insieme di trasformazioni che possono rappresentare il risultato di diversi cicli di cottura, non tenere memoria di precedenti massime (nel caso i picchi siano stati maggiori nell'ultima cottura, **Fig. 125**) o nel caso in cui invece i picchi siano stato più bassi nelle ultime cotture, le analisi farebbero riferimento solo ad usi precedenti (**Fig. 126**). Le problematiche potrebbero ad esempio ricorrere in caso di strutture multifunzione, con reiterazioni effettuate per perseguire diverse finalità. Diventa dunque necessario ampliare la gamma delle domande da porre nel momento in cui si effettuano specifiche analisi e in relazione ad ulteriori repliche sperimentali che possano

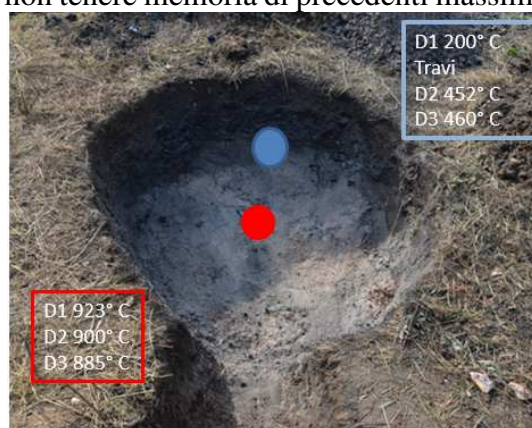


Figura 126: Temperature massime monitorate nel corso delle repliche nella buca D in corrispondenza del fondo (in rosso) e delle pareti (in blu).

valutare anche gli effetti di altri utilizzi (ad esempio nel caso di cottura del cibo).

- *Concotti Sperimentali*

I concotti oggetti di campionamento sono selezionati sulla base della variazione cromatica che rappresentavano e il punto di prelievo. Le gamme di colori rappresentate non sono numerose. Rientrano tutte prevalentemente in 7.5 YR, 5 YR e 2.5 YR con valori riferiti a chiarezza e saturazione ricorrenti e rientrano prevalentemente nei toni dei beige, arancioni e rossi e associazioni di colore rosso arancione/grigio (**Tab. XXVI; XXVII**). Le tonalità che rientrano nella gamma dei rossi fanno riferimento alla quantità di ferro (Levi 2010, 127). Come già detto in precedenza sono stati catalogati in tabella indicando il punto di prelievo (fondo, pareti o riempimenti), la colorazione della faccia esterna (quella maggiormente esposta al calore), di quella interna e, quando diversa dalle precedenti, di quella in frattura. Sono state indicate inoltre la consistenza e la forma della sezione dei frammenti (**Tab. XIX – Figg. 127-147**).

Le caratteristiche morfologiche evidenziano molti frammenti con una sola superficie piana che appare quasi lisciata, la faccia esterna è invece convessa e irregolare (pareti e fondo). Le dimensioni dei campioni di parete e fondo sono relative (non si sono staccate in seguito ad azioni naturali ma antropiche). Al distacco presentano profondità di pochi cm. Più grandi i frammenti prelevati nei riempimenti e che sono attribuibili al crollo della copertura, presentano anche spessori di 4-5 cm (**Fig. 145**), e diverse variazioni cromatiche (**Fig. 147**) mentre quelli che si formano dalla disgregazione del battuto hanno in genere dimensioni più piccole e tondeggianti. Molti frammenti contenevano elementi vegetali (naturalmente contenuti nel sedimento) e sebbene appartenente a superfici compatte al momento del prelievo del campione, presentano un alto grado di friabilità e porosità.

L'alta porosità e la bassa omogeneità dei concotti sperimentali sembrano riflettere l'assenza di lavorazione e, sulla base della comparazione morfologica, presentano analogie con i concotti archeologici rinvenuti nei livelli di riempimento della struttura ES 473/03=920 (US 482/03). Diverse le impressioni derivanti invece dal confronto con i campioni corrispondenti all'US 495/03, relativi alle pareti che, per le caratteristiche opposte di alta coesione e scarsa porosità sembrano esser riferibili a impasti realizzati preparati e forse attribuibili ad una camicia (**Figg. 148-149**). Inoltre a livello cromatico non c'è una corrispondenza in quanto i campioni archeologici sembrano in gran parte rientrare nella gamma dei beige, non compatibile con quelli sperimentali. Posson i processi postdeposizionali aver alterato l'aspetto? Può una variazione del genere esser riconducibile ad una diversa frequenza d'uso delle strutture? Come dimostrato nel corso delle attività, ogni risultato implica una sorta di reazione ciclica che coinvolge l'osservazione e la formulazione di nuove ipotesi.

Bisogna sottolineare che il confronto viene fatto tra campioni prelevati subito dopo l'ultimo utilizzo della struttura, mentre quelli archeologici presentano un diverso stato di conservazione e modifiche derivanti da processi post-deposizionali, degrado dovuto ad agenti atmosferici e altri fattori difficili da determinare.

	10 YR		7.5 YR		5 YR		2.5 YR	
	Value	Chroma	Value	Chroma	Value	Chroma	Value	Chroma
Parete			4	4	4	6	4	4
			5	4	5	6	4	6
					5	8	4	8
							5	6
							6	8
Fondo			4	6	4	4	4	4
			4	3	4	6	4	6
							4	8
							5	8
							6	6
Riempimenti			5	1	4	6	3	4
	6	6	6	6	5	6	4	8
	7	8			5	8	5	8
					6	3		

Tabella XXVI: colori Munsell dei campioni raccolti

10 YR	7.5 YR	5 YR	2.5 YR
<i>Yellow,</i> 7/8 <i>Brownish Yellow</i> 6//6	<i>Brown</i> 4/3 4/4 5/4 <i>Strong Brown</i> 4/6 <i>Reddish Yellow</i> 6/6	<i>Yellowish red;</i> 4/6; 5/6; 5/8 <i>Light reddish</i> <i>Brown</i> 6/3 <i>Reddish brown;</i> 4/4	<i>Red</i> 4/6; 4/8; 5/6; 5/8 <i>Reddish Brown</i> 4/4 <i>Light Red</i> 6/6; 6/8 <i>Dark red</i> 3/4
Beige	Marrone	Arancio	Rosso

Tabella XXVII: colori Munsell dei campioni raccolti

	Pareti	Hue	Value	Chroma	Colour	Fig.
AC1	Parete N bassa*	5	5	6	Yellowish Red	127
AC1	Parete N bassa	7.5	5	4	Brown	127
AC2	Parete	7.5	5	4	Yellowish Red	128
AC3	Parete N (15-20 cm dal fondo)*	5	4	6	Yellowish Red	129
BC1	Parete 30 cm dal fondo*	7.5	4	4	Brown	130
BC1	Parete E bassa 15 cm dal fondo	2.5	4	4	Reddish Brown	131
BC1	Parete E bassa 15 cm dal fondo	2.5	5	6	Yellowish Red	
BC2	Parete ovest 20 cm dal fondo*	2.5	4	8	Red	132
A C4	Parete N 10-20 cm dal fondo	5	4	6	Yellowish Red	
A C4	Parete N 10-20 cm dal fondo	2.5	4	6	Red	
DC1	Parete Est TC	7.5	4	4	Brown	133
DC2	Parete rossa	2.5	4	8	Red	
E C1	parete metà	2.5	4	8	Red	134
E C1	parete metà	5	5	8	Yellowish Red	
Fondo						
AC1	Fondo	7.5	4	6	Strong Brown	135
AC2	E	2.5	5	8	Red	136
AC2	O	7.5	4	3	Brown	137
AC3	NE*	2.5	5	8	Red	138a
AC3	NO*	2.5	4	8	Red	138b
AC3	SE*	2.5	4	6	Red	138c
AC3	SO*	5	4	6	Yellowish Red	138d
AC3	Fondo centro	2.5	5	8	Red	
BC1	Fondo*	2.5	6	6	Light Red	139
BC2	Fondo	5	4	6	Yellowish Red	
A C4	Fondo a 12 cm parete NE	2.5	4	4	Reddish Brown	140
A C4	Fondo a 12 cm parete NE	2.5	4	8	Red	
A C4	Fondo a 20 cm p SE	2.5	4	8	Red	
A C4	Fondo a 20 cm p SO	2.5	4	8	Red	141
A C4	Fondo centro	2.5	5	8	Red	
A C4	Fondo NO	5	4	4	Reddish Brown	142
DC1	Fondo sotto pareti	2.5	5	8	Red	143
DC1	Fondo sotto pareti	5	6	3	Light Reddish Brown	
Riempimenti						
BC2	Riempimento	2.5	5	8	Red	Fr. Yellow
BC2	Riempimento*	7.5	6	6	Reddish Yellow	
BC2	Riempimento	7.5	5	1	Grey	
BC2	Riempimento	2.5	4	8	Red	144
C, C1	riempimento alto	5	5	8	Yellowish Red	
C, C1	battuto	2.5	5	8	Red	
C, C1	battuto	5	4	6	Yellowish Red	

DC1	Riempimento	5	6	3	Light Reddish Brown	
DC1	Riempimento	2.5	3	4	Dark Red	
DC1	battuto	5	5	6	Yellowish Red	
DC1	battuto	2.5	3	4	Dark Red	
DC1	copertura?	5	5	8	Yellowish Red	
DC1	copertura?	2.5	5	8	Red	145
DC1	copertura?	2.5	4	8	Red	
DC3	riempimento superiore	2.5	5	8	Red	
DC3	riempimento vicino parete SE	2.5	5	8	Red	146
DC3	riempimento centro	2.5	5	8	Red	
DC3	riempimento centro	5	5	8	Yellowish Red	
DC3	riempimento centro	5	5	6	Yellowish Red	
DC3	battuto	10	6	6	Brownish Yellow	
EC1	Riempimento – copertura	2.5	5	8	Red	
		5	5	8	Yellowish Red	

Tabella XXVIII: elenco campioni sperimentali (= Tab. XIX) con indicazione colorazione delle sole facce esterne. I campioni con asterisco sono stati sottoposti ad analisi archeometriche (i risultati sono descritti nel capitolo successivo).

FOTO CONCOTTI – CAMPIONI DI PARETE



Figura 127 : A, C1, Parete N, Facce esterne



Figura 128: A, C2, Parete. Faccia esterna (esposta) e interna.



Figura 129: A, C3. Frammenti di parete N (tra i 15 e i 20 cm dal fondo)



Figura 130: B, C1, Parete E. Faccia esterna (esposta) e interna. 30 cm dal fondo.

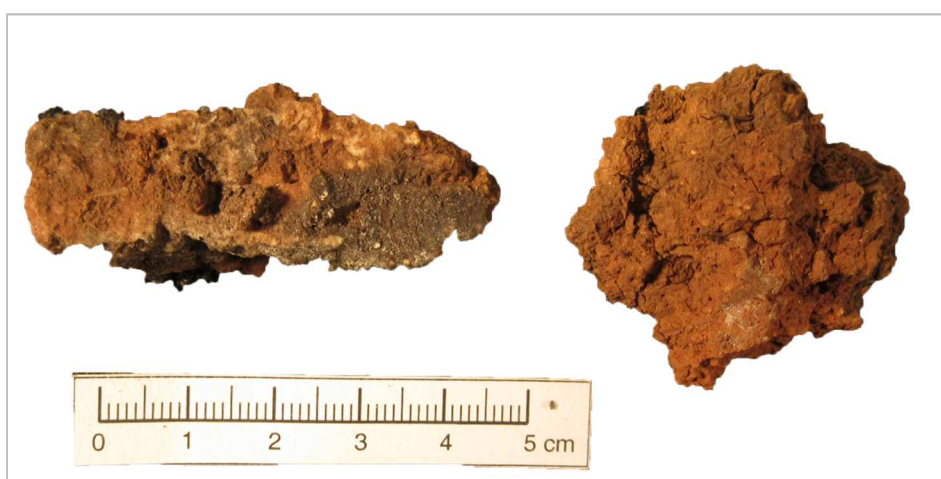


Figura 131: B, C1, frammenti di parete dalla parte bassa. 15 cm dal fondo.

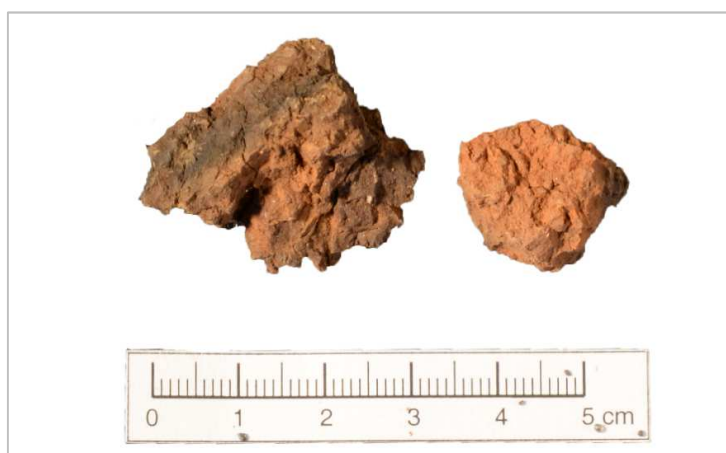


Figura 132: B, C2. Frammenti di concotto dalla parete Ovest. 20-25 cm dal fondo.



Figura 133: D, C1. Frammenti di parete E (punto con pozionata la TC 3).

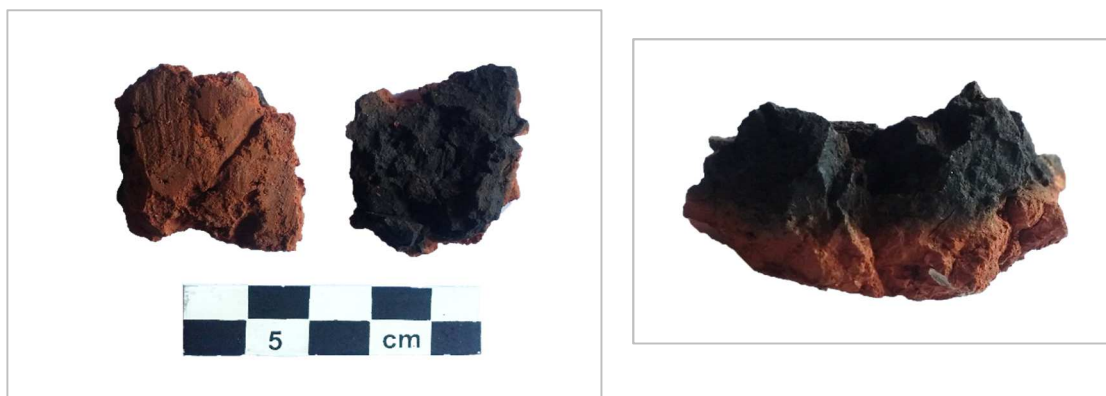


Figura 134: E, C1. Parete. Faccia interna, esterna e sezione con spessore rubefazione (0,5 cm)

FONDO



Figura 135: A, C1. Fondo.



Figura 136: A, C2. Fondo, lato Est.



Figura 137 : A, C2. Fondo. Lato Ovest.

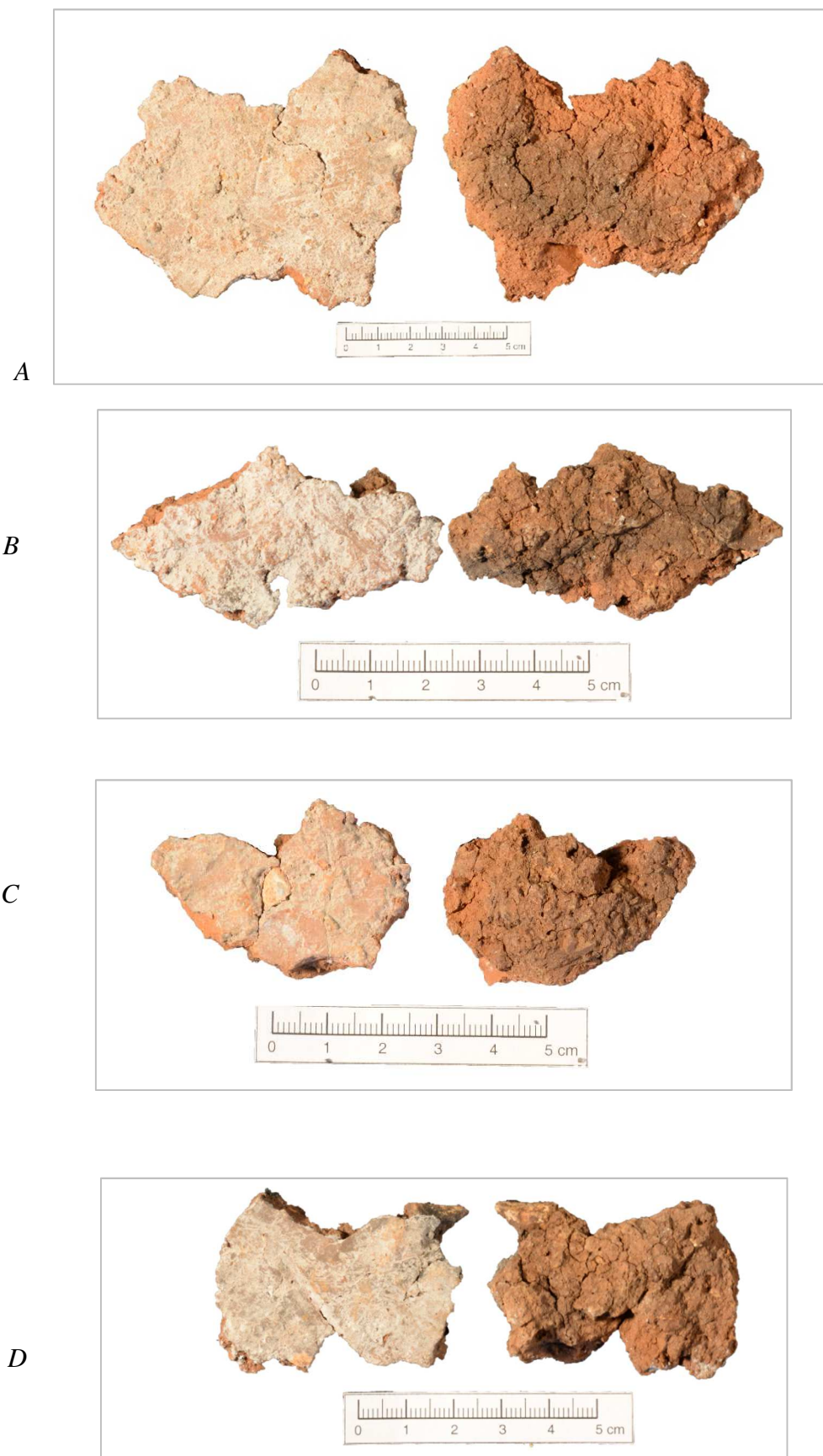


Figura 138: A, C3. Dall'alto verso il basso. Frammenti di fondo NE, NO, SE, SO.



Figura 139: B, C1 Fondo



Figura 140: A, C4. Fondo a 12 cm da parete NE



Figura 141: A, C4. 20 cm da parete SO



Figura 142: A, C4. Fondo NO



Figura 143: D, 1. Fondo sotto le pareti. Battuto.

Riempimenti

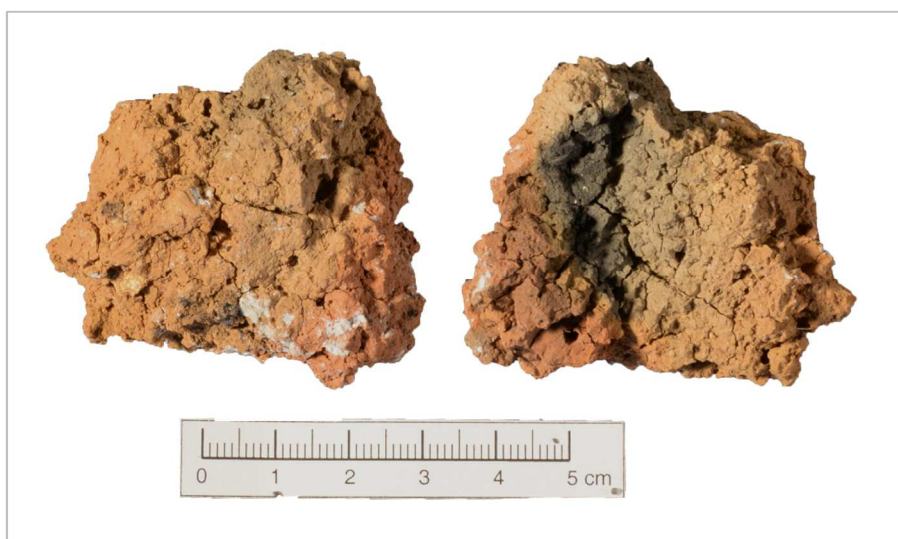


Figura 144: B, C2. Concotti dal riempimento.



Figura 145: D, C1. Concoth dal riempimento. 1 Frammento di selce combusta.



Dettagli del frammento di concotto proveniente dal riempimento D, C1., faccia interna e sezione (spessore 3,4 cm)



Figura 146: D, C3. Concotti dal riempimento.

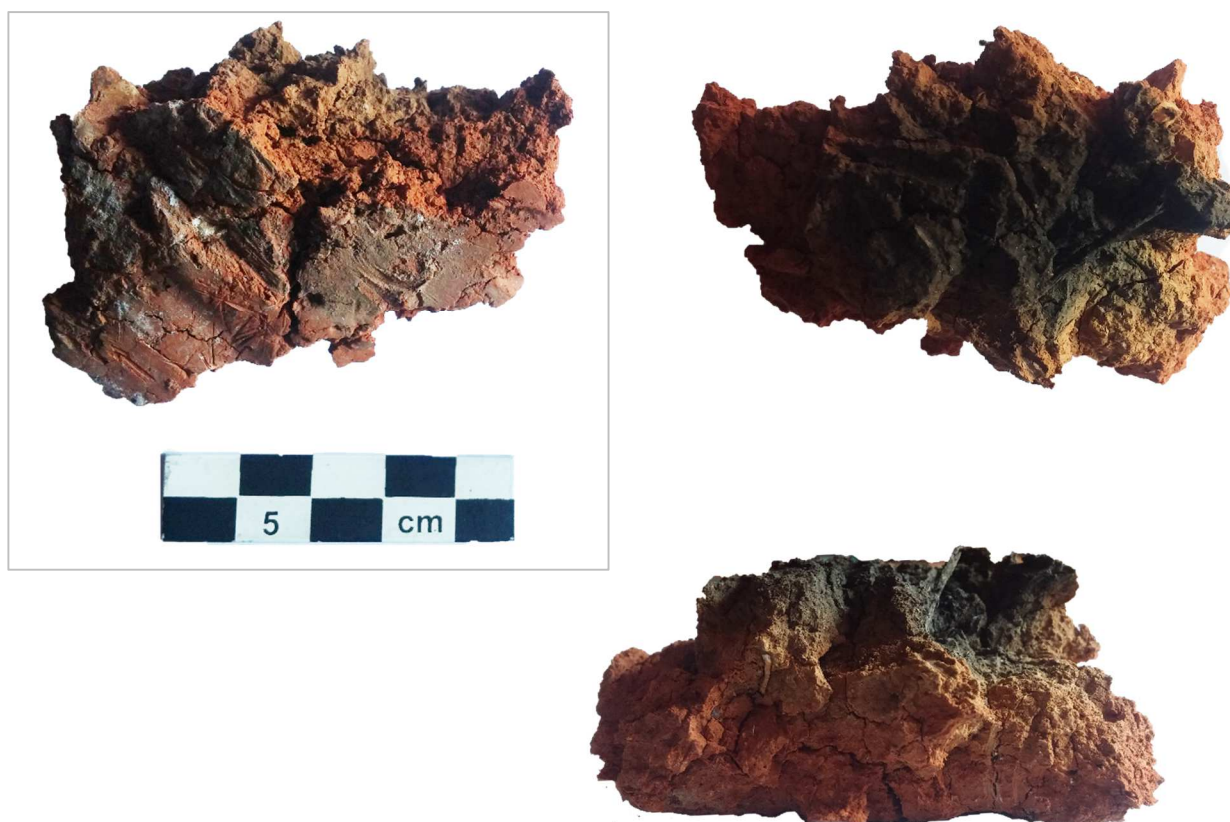


Figura 147: E, C1. Concotti del riempimento. Colorazioni su tre sfumature,



Es 495



Figura 148: Campioni archeologici provenienti dalle UUSS 495/03 e 482/03 della struttura ES 473/03

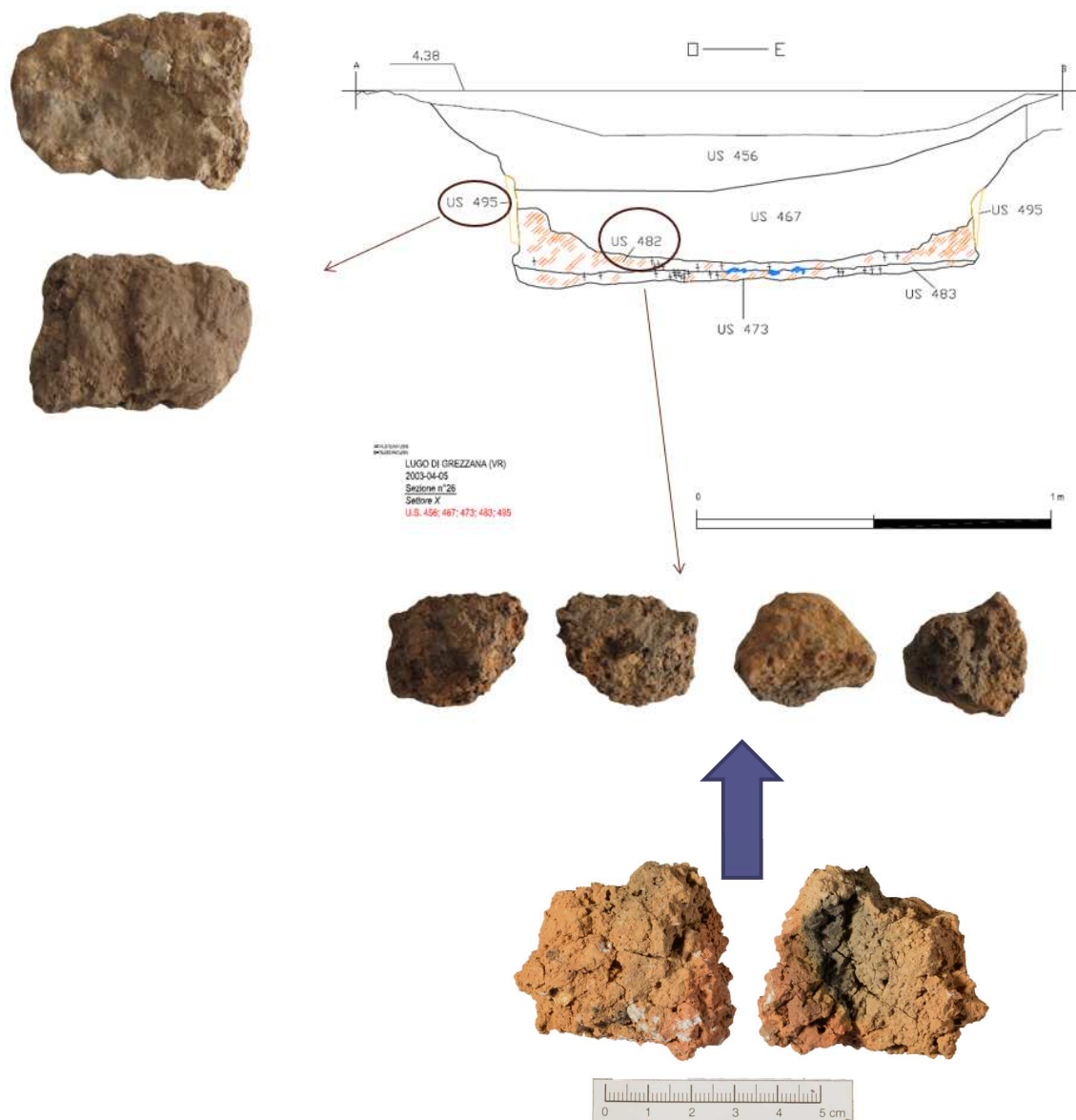


Figura 149: Concotti archeologici a confronto con i campioni sperimentali provenienti dal riempimento della buca B, C2.

- Preservazione delle travi carbonizzate

La presenza di travi sul fondo, ricoperte da sedimento, sia in una buca a cielo aperto (C, C1) sia con copertura (D, 1-2-3) ha condotto ad un risultato positivo molto importante che ha permesso di avanzare un'ipotesi non solo sulle dinamiche di conservazione delle tracce ma sulla possibile funzione che potrebbero aver avuto. Infatti, la loro presenza tra i residui di combustione, inizialmente considerata più un effetto secondario, dovuto forse a condizioni di cottura riducenti dovute alla presenza di una copertura, si è rivelata invece esser non casuale ma legata ad azioni mirate all'ottenimento di una migliore distribuzione del calore, con attenuazione dello sbalzo determinato dal calo delle temperature nella fase 2 (§ 5.3.2.).

Lo stato di conservazione delle travi nella buca C, è stato verificato attraverso un piccolo sondaggio subito dopo la cottura. La buca era stata ricolmata per metà con lo stesso sedimento di risulta dello scavo (§ 5.2.1).

Lo scavo della sezione (E-O) della struttura è avvenuto dopo un periodo di abbandono di dieci mesi (**Fig. 150**). L'indagine ha comportato l'asportazione del riempimento (artificiale) superiore che appariva compatto e di colore marrone chiaro. Si rinvennero frammenti di concotti di circa 4 cm e altri di dimensioni più piccole, con colorazione rosso intensa e alcune parti più scure. Il sedimento parte del riempimento superiore, sembra aver svolto una funzione di contenimento delle pareti che rischiavano di esser oggetto di fenomeni di dilavamento. Alle pareti è visibile una leggera rubefazione, di colorazione rossiccia e poco estesa (**Fig. 151**). Lo strato al di sotto del riempimento superiore è caratterizzato da una lente di carboni e ceneri; si rinvennero piccoli frammenti di ceramica e concotti di piccole dimensioni (**Fig. 152; Fig. 161**). L'asportazione dello strato di cenere e carboni mette in evidenza un livellino di concotti (battuto), che si disgrega in frammenti di circa 5 cm (piastrine) con un grado di compattezza variabile, frammenti a sezione piano-convessa, di colore rosso-nera (**Fig. 153-157**). Uno di questi frammenti di colore rosso-arancio sulla faccia esterna, reca su quella interna impronte delle travi (**Fig. 162**). Al di sotto dello strato di battuto, le travi appaiono ben conservate, carbonizzate, sembrano aver mantenuto anche la loro disposizione originaria (**Fig. 154-158**). Una volta rimosse le travi è possibile verificare l'assenza di alterazione termica del fondo (**Fig. 155**). In una piccola area si nota però una colorazione verdognola che rappresenta un ottimo riscontro con i dati archeologici. Anche la rubefazione della parete, a pochi centimetri dal livello di travi e dal battuto sembra presentare delle significative analogie con quanto riscontrato archeologicamente (**Fig. 156**). In questo caso, il livello di concotti che caratterizza l'US 482/03 potrebbe esser riferibile più a un livello di battuto disgregatosi, piuttosto che esser interpretato come residui del dilavamento delle pareti (la consistenza come abbiamo notato prima è diversa). La successione appare ben visibile in sezione (**Figg. 159-160**).

Scavo della struttura C



Figura 150: scavo sezione della buca C a distanza di 10 mesi dall'ultimo utilizzo.



Figura 151: particolare dell'alterazione termica alla parete.



Figura 152: scavo dei livelli di riempimento.



Figura 153: alterazione termica del battuto al di sopra delle travi. Concotti in piastrelle.



Figura 154: travi carbonizzate al di sotto del livello di battuto.



Figura 155: fondo della buca, al di sotto delle travi. Si nota assenza di rubefazione.



Figura 156: alterazione termica visibile alle pareti della struttura C in fase di scavo.



Figura 157: sezione con travi sul fondo ricoperte da battuto con tracce di alterazione termica e riempimento superiore.



Figura 158: sulla sinistra battuto in evidenza in mezzo alle travi; a destra, travetto totalmente integro e parzialmente carbonizzato.



Figura 159: sezione E-O della buca C in fase di scavo.

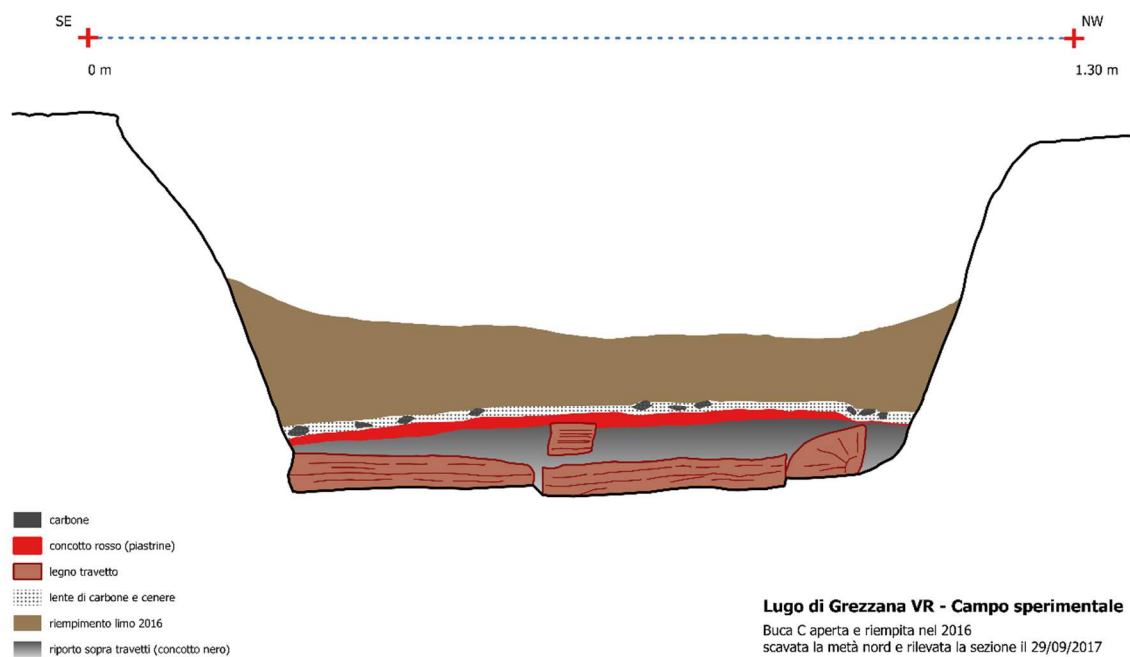


Figura 160: sezione E-O della buca C. (elaborazione grafica F. Cavulli).



Figura 161: frammenti di concotto dal riempimento superiore. Buca C, Scavo.



Figura 162: frammenti di concotto dal livello di battuto, Buca C, C1. A destra dettaglio di impronte di travi. Scavo.

Simili evidenze a quelle riscontrate nella buca C, sono visibili nella buca D. Al di sotto di uno strato costituito da diversi residui di cenere, carboni e piccoli concotti (il battuto appare poco coeso e si frantuma in piccole piastrine) le travi appaiono carbonizzate (**Fig. 163**). Anche in questo caso, lo strato costituito dai piccoli concotti residui del battuto, potrebbe rivelarsi funzionale per l'interpretazione dei dati ricavati dallo scavo della ES 473/03 in quanto potrebbe esser confrontabile con quanto evidenziabile dalla US 482/03. Anche in questo caso le travi mantengono la loro disposizione originaria.

Le assi di legno utilizzate come base per i vasi, non si preservano e i residui di cenere mostrano che sono state oggetto di un completo processo di carbonificazione (**Fig. 164**). L'ipotesi che la presenza di una copertura potesse favorire una loro conservazione è stata dunque smentita. Questo conferma che tra le modalità indagate, quella che conduce alla conservazione delle travi, anche in questa occasione, sembra essere quella che prevede l'uso di un battuto che le ricopre.

Sondaggio buca D (dopo ultima cottura).



Figura 163: confronto tra le travi carbonizzate al di sotto del battuto e quelle posizionate sul fondo prima della cottura.

- Fratture e markers

I vasi preparati per la prima serie di attività (nel corso di diversi laboratori svolti per gli studenti del corso di Preistoria), hanno avuto lunghi tempi di essiccazione, mentre quelli da usare nella seconda serie di attività sono stati preparati pochi mesi prima e hanno avuto dunque tempi di essiccazione più brevi.

Nonostante questi accorgimenti, nel corso delle prime cotture, alcune problematiche hanno comportato la perdita di molti vasi che sono letteralmente “esplosi” al momento del posizionamento sulle braci (dei 12 vasi caricati, ne sono rimasti parzialmente integri meno della metà). La rottura è stata messa in relazione con l’umidità del terreno sul quale erano stati appoggiati prima della carica. Infatti, nonostante i lunghi processi di essiccazione, il solo contatto con il terreno umido, durante le ore precedenti la cottura, ha alterato il loro stato favorendo processi di reidratazione. Qualche giorno dopo, la stessa problematica è stata conseguenza di una leggera pioggia inattesa che ha compromesso il risultato. Il contatto con il fuoco e lo sbalzo termico hanno provocato numerose rotture già durante la fase iniziale (perdita di 5 vasi su 7).

I punti più fragili si sono rivelati gli orli (nel caso di vasi appoggiati a testa in giù), le anse, i fondi e la parte esterna della superficie esposta. Lo shock termico e la rapida evaporazione sono all’origine delle cosiddette *spalling flakes*, distacchi irregolari di parti della superficie del vaso. Alcune fratture sono attribuibili anche alla posa della copertura in quelle repliche che ne prevedevano l’impiego. In questo caso, le fratture sono più nette e comportano una rottura più regolare. Migliori i risultati delle cotture successive e quelli ottenuti durante la



seconda serie di attività, svolta nel mese di settembre. Se nelle prime due cotture la metà dei vasi è andata distrutta, forse anche grazie ad alcuni accorgimenti (come quello di disporre le forme su assi invece che direttamente sul terreno) a partire dalla terza replica i risultati sono migliorati con recupero di quasi tutte le forme (nonostante la presenza di alcuni distacchi superficiali e altri più netti, come nel caso della rottura di anse).

Future sperimentazioni potranno tenere conto delle diverse modalità di frattura riconducibili a diversi processi. Ad esempio, l’incremento delle temperature troppo rapido può comportare rotture nella fase che precede la decomposizione dei minerali argillosi tra i 300 e i 500° C (*firecracks*); altro momento critico è quello attorno ai 573° C (che coincide con la fase di inversione α - β del quarzo -*star-shaped cracks*); anche la rapida evaporazione in vasi che non sono stati sottoposti ad adeguata essiccazione può causare rotture, solitamente i distacchi di parte della parete (*spalling*) mentre se a comportare la rottura è il raffreddamento troppo rapido solitamente il calore si perde più velocemente in corrispondenza dell’orlo (*dunting cracks*) (Rye 1981, 111-114). Oltre ad incidenti di percorso vi sono anche delle fratture ricollegabili ad errori effettuati in fase di foggatura.

Tra i residui sul fondo sono stati ritrovati scarti ceramici di piccole e medie dimensioni. Si tratta di frammenti facilmente individuabili, derivanti dallo shock termico e costituiti da veri e propri stacchi della parte superficiale del vaso (*spalling* o *firecracks*). Mostrano una faccia, quella esterna, con superficie liscia regolare e una, quella interna, con segni di stacco e superficie irregolare. Nel corso della pulizia del fondo, dopo la sperimentazione effettuata nella buca A, C4, è stata eseguita una setacciatura (con setaccio a maglia di circa 2mm) del riempimento formato da residui di combustione e assieme a piccoli frammenti di concotto sono osservabili anche piccolissimi frammenti ceramici.

Alcune fratture potrebbero esser dovute anche alla posa della copertura. I frammenti hanno stacchi più netti e appaiono più regolari, su entrambe le facce.

All'interno di alcune buche sono stati ritrovati anche frammenti di selce combusta, già presenti nel sedimento (**Fig. 164**).

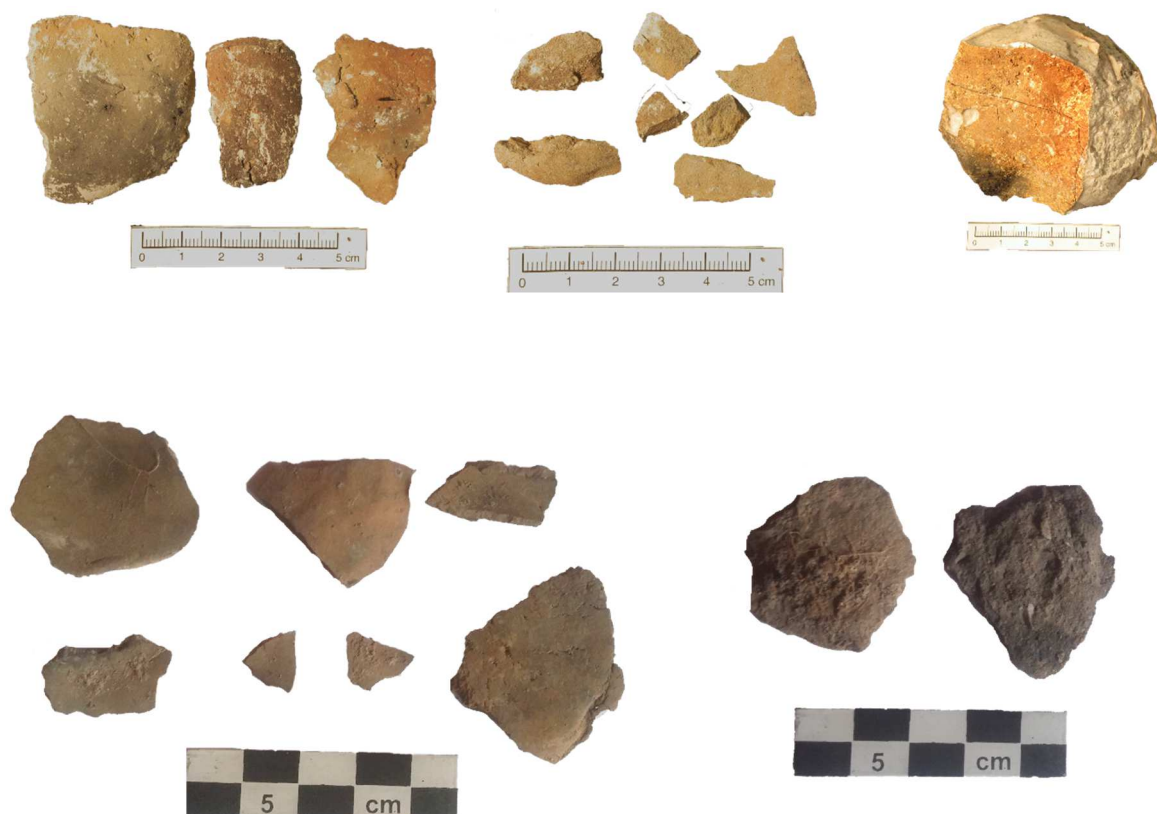


Figura 164: in alto scarti di frammenti ceramici dalla buca A, C1 e A, C2. Grosso frammento di selce combusta, da B1, C2. In basso, scarti rinvenuti durante lo scavo della buca C, durante la pulizia eseguita sopra al battuto. Si nota lo stacco liscio sulla superficie esterna e irregolare su quella interna.

- *Confronti e Analogie*

I processi all'origine delle tracce individuate nel record archeologico potrebbero esser dunque esser attribuibili alla presenza di travi ricoperte da sedimento come ipotizzato nel corso di diverse repliche. Il confronto tra tracce sperimentali e tracce archeologiche sembra confermare questa analogia.



Figura 165: confronto tra posizionamento assi e cumuli di cenere-carbone a fine combustione. Le assi non si preservano.

In corrispondenza dell'area in cui erano state posizionate le assi, si notano solo cumuli di cenere. Dunque si può escludere che la presenza di una copertura possa aver influito nella loro conservazione (**Fig. 165**). Solo ulteriori indagini permetterebbero di indagare ulteriormente gli effetti della presenza di una copertura, che possa garantire un ambiente riducente, sulla capacità di conservazione di assi e travi sul fondo. Tale effetto può esser riconducibile anche a diverse modalità di conduzione della procedura applicata: ad esempio si dovrebbero verificare gli effetti di una copertura del vasellame, eseguita poco dopo il raggiungimento del picco massimo, e costituita da soli sedimenti, che possa totalmente soffocare i vasi e permettere di

ottenere un colore della superficie totalmente scuro, come in parte riscontrato nella cottura 2 effettuata nella buca B1, C2.

La rubefazione ottenuta sperimentalmente alle pareti non è però così marcata come a livello archeologico; presenta delle tracce su fasce concentrate in corrispondenza della parte bassa della parete, poco più in alto del punto di contatto con le travi (**Fig. 166**). L'unico caso in cui abbiamo ottenuto una marcata rubefazione della parte alta delle pareti è stato quello evidenziato nella buca E, dopo una sola cottura. La presenza di mattoni (impiegati per simulare il pieno carico della struttura) potrebbe aver consentito una differente distribuzione del calore favorendo la propagazione per conduzione. La loro presenza anche nella buca D, non ha comportato particolari effetti e non permette di sostenere che i più accentuati effetti alle pareti possono esser dovuti alla loro presenza.



Figura 166: particolare delle travi sul fondo e della rubefazione riscontrata alle pareti.

La accentuata termoalterazione sembra dunque attribuibile al contatto diretto tra combustibile (direttamente addossato alle pareti) e sedimenti ma anche al maggior quantitativo utilizzato. In presenza di queste condizioni, le temperature registrate hanno superato i 500° C in prossimità delle pareti. Purtroppo questo dato non è disponibile per le buche del gruppo D, nel quale sono state monitorate solo le temperature al centro della buca e tra le travi (che si sono aggirate attorno ai 400° C). Il confronto tra gli effetti osservabili nelle buche D, C3 ed E, C1 permettono di riscontrare alcune analogie con le evidenze presenti nella struttura ES 473/03 (**Fig. 167**). Le tracce archeologiche sembrano derivare dall'insieme dei processi osservati in maniera separata nel corso delle nostre repliche. Spessore e altezza del substrato alterato sembrano più marcati in ES 473/03 e sono riferibili dunque ad un utilizzo che deve aver previsto un pieno carico di combustibile. Lo spessore dell'alterazione alla parete inoltre, ricorda quanto ottenuto con la camicia "sperimentale" usata nella buca C, C1. Sebbene nel nostro caso non sia stata ottenuta una marcata rubefazione, è osservabile l'assenza di gradualità tra la parte indurita corrispondente al sedimento spalmato sulle pareti durante la fase di preparazione e il sedimento incassante. Una simile soluzione è già stata osservata in piccole fossette di combustione con riempimento in pietra (Cannizzaro 2015).

I campioni di concotto archeologici appaiono molto coesi e compatti e meno porosi di quelli archeologici (**Fig. 148**). Altri concotti archeologici prelevati invece dai livelli di riempimento sembrano più simili a quelli sperimentali. Presentano infatti maggior porosità e irregolarità. Nonostante alcuni campioni di concotto prelevati dalle pareti (US 495/03) presentino una colorazione che rientra nella gamma dei beige, il confronto fotografico rivela l'alternanza nelle tonalità che va da beige ad arancione-rosso.

I concotti ritrovati nei riempimenti sono spesso residui di crollo della copertura costituita da zolle e terra. Altri si formano per alterazione termica del battuto o possono esser risultato della disgregazione di pareti e fondo. Nel caso di crollo della copertura i frammenti sono abbastanza grandi, quelli del battuto molto più piccoli e regolari.

Quanto al momento dello scavo è stato interpretato come livello di concotti derivante dal dilavamento delle pareti (US 482) potrebbe invece corrispondere al battuto sulle travi.

I concotti presenti tra i residui di combustione, nelle strutture con copertura sono in massima parte derivanti dal crollo della copertura e dall'alterazione termica di sedimenti di copertura. Nelle prime fasi non si notano accumuli di crollo dalle pareti (che appaiono coese e compatte). Un dilavamento potrebbe avvenire in fasi successive, in seguito a momenti di abbandono della struttura (come osservato nella buca A, al momento della pulizia dopo 10 mesi di inutilizzo). Nel caso della buca C, questo fenomeno non si ha perché il sedimento artificiale ha fatto da contenimento.



Figura 167: confronto tra residui di combustione ottenuti sperimentalmente (D, C3 a sinistra e E, C1 a destra) con quelli archeologici (ES 473/03).

INTERPRETAZIONE.CONSIDERAZIONI: sulla base delle sperimentazioni effettuate possiamo dedurre che le evidenze presenti nel record archeologico siano, con buona probabilità, riconducibili a specifici processi che abbiamo avuto modo di ricreare e osservare più in dettaglio. La ricostruzione della modalità d'uso può fornire indizi sulla funzione.

- a) L'assenza di rubefazione sul fondo nel record archeologico potrebbe esser riconducibile ad alcuni dei processi osservati durante le repliche che hanno portato allo stesso risultato; il fuoco, è stato acceso al di sopra di un battuto o di materiali che hanno isolato il fondo evitando che si alterasse. La sola cenere non è sufficiente ad evitare la formazione di unità stratigrafiche alterate;

- b) la marcata alterazione termica delle pareti, durante le sperimentazioni è stata ottenuta solo tramite una cottura con piena carica (sia di vasi che di combustibile) della struttura, con contatto diretto tra sedimenti e combustibile.
- c) la presenza o meno di una copertura sembra influire su alcuni andamenti termici, meno sulla formazione di specifiche tracce. Può inoltre costituire un'ulteriore variabile la sua modalità di realizzazione, con riempimenti più o meno fitti, che sembrano condizionare i parametri considerati.
- d) La presenza di travi sul fondo sembrerebbe incidere sulle modalità di andamento delle temperature a seconda che la buca sia all'aperto o con copertura.
- e) la presenza di tracce di alterazione termica preesistenti sembra incidere sui tempi di mantenimento dei picchi massimi raggiungibili. Nel caso di riutilizzo della struttura, la presenza di sedimenti già alterati dal fuoco, potrebbe favorire la trasmissione del calore per conduzione e condizionare la resa termica;
- f) Il tipo di combustibile non sembra incidere particolarmente, come già detto in precedenza, mentre più significativa appare la variazione delle quantità impiegate.
- g) Il tipo di atmosfera è difficile da controllare in cotture di questo tipo e spesso si presentano caratteri di alternanza anche inattesi. Nonostante questo, l'uso di una struttura infossata sembra avere i suoi vantaggi. Profondità e dimensioni della buca possono infatti proteggere il fuoco dal vento, evitando non solo la dispersione di calore, ma anche improvvisi aumenti di temperatura;
- h) L'esperienza sull'uso di eventuali sfiati è stata molto ridotta anche se ha permesso di verificare un loro impatto sul tiraggio nel corso della cottura. L'apertura dello sfiato, nel corso di una delle repliche, ha infatti portato ad un aumento delle temperature. Si tratta sicuramente di un elemento il cui funzionamento va approfondito e come indicato da diversi confronti etnografici ha sicuramente molte potenzialità.

Tutti questi elementi, integrati anche dalla presenza di specifiche azioni, come la pulizia della struttura, la reiterazione, le diverse procedure selezionate, determinano quell'insieme di azioni che caratterizzano ogni procedura e determinano quei parametri considerati significativi, causa della definizione del profilo termico che si realizzerà e della formazione delle tracce finali.

Tali considerazioni rivelano la complessità delle valutazioni che riguardano anche i processi di trasformazione della ceramica che a sua volta risente dell'impatto di tutte le variabili coinvolte (**Tab. XXIX**).

Tipologia struttura	In fossa. Elementi strutturali: copertura - travi
Tipologia del combustibile	Rovere, Frassino, Carpino.
Quantità di combustibile	Dai 50 ai 90 Kg
Entità del carico di ceramica	Da 5 a 12 pezzi
Dimensione dei vasi	Piccole e medie
Atmosfera	Ossidante e riducente
Contatto tra combustibile e vasellame	Contatto diretto
Presenza di un tiraggio	Sfiati (D)? O per via naturale

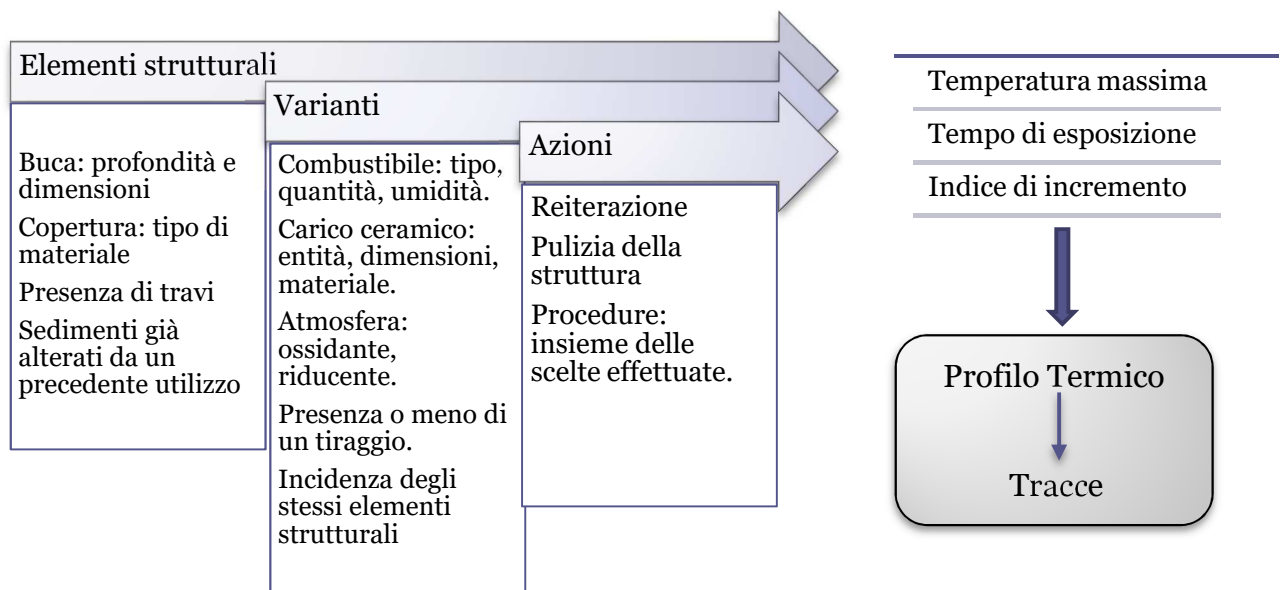


Tabella XXIX

5.3.4. Cicli d'uso e abbandono

A conclusione delle attività e una volta recuperati i vasi la maggior parte delle buche è stata lasciata aperta per poter osservare gli effetti a breve e lungo termine di diverse condizioni di abbandono (**Fig. 169**). La buca C è stata invece ricolmata per metà con sedimenti disponibili in prossimità della buca. Tale decisione mirava a simulare una condizione di utilizzo e ricopertura parziale, con un primo riempimento intenzionale.

A – ricolmata con una decina di sacchi di terra.

B – lasciata aperta, crollo della copertura all'interno e zolle rimosse all'esterno.

C – colmata per metà.

D – dopo l'ultima cottura viene lasciata aperta. Lunghi rami vengono disposti all'interno per questioni di sicurezza.

E – viene lasciata aperta con residui di combustione visibili.

Nella buca A, dopo l'ultimo utilizzo, erano stati rimossi i residui di combustione, ed era stata colmata con sacchi di terra. A distanza di 10 mesi dall'ultimo utilizzo è stata riaperta e ripulita per una nuova replica. In condizioni di esposizione agli agenti atmosferici per diverse stagioni (autunno, inverno, primavera, estate), sono stati pochi i fenomeni colluviali osservabili, ma la parte superiore delle pareti non conserva la compattezza dell'alterazione termica osservata subito dopo l'esposizione al calore. Si notano infatti cumuli di sedimento a ridosso della parete e sui sacchi. Il fondo, invece, anche a distanza di tempo, anche se aperto ed esposto alle intemperie, è rimasto molto compatto. I profili restano abbastanza regolari, leggermente più svasati nella parte alta in seguito a leggeri fenomeni di erosione.

Come descritto in precedenza, la scelta di riempire la buca C per metà con sedimento ha permesso di osservarne gli effetti a distanza di 10 mesi. Questa soluzione sembra evitare l'erosione delle pareti che appaiono compatte e con la parte esterna arrossata. Non rimane però traccia della camicia (?)

La buca B è stata ripulita dopo l'ultimo utilizzo, i cumuli di sedimento appartenenti alla copertura rimossa adagiati ai bordi della struttura. Le buche D ed E, una volta prelevati i vasi, sono rimaste aperte, con i residui all'interno in modo di consentire di osservare le modalità in cui si modificano. *Si intende però ampliare il progetto e riservare osservazioni a lungo termine anche in futuro.*

Nel caso di abbandono sono molti gli elementi da considerare: come la pioggia, l'accumulo e l'erosione o bioturbativi (insetti e radici).



Figura 168: immagini delle buche dopo 10 mesi di abbandono. Le prime due immagini si riferiscono alla buca A, la terza alla B e la quarta alla C.

Le considerazioni effettuate si basano sull'osservazione di contesti chiusi dove gli interventi determinati dall'azione antropica non sono determinabili. Inoltre i tempi di osservazione dei processi di formazione/trasformazione del deposito archeologico sono ridotti, se comparati a quelli in atto per le evidenze presenti nel record archeologico. Nonostante questo alcuni approcci sperimentali, attraverso l'analisi dei processi di trasformazione dei profili delle strutture, hanno permesso ad esempio di indagarne i processi di trasformazione e risalire anche alla stagione dell'abbandono (Cavulli 2008b). Maggiori informazioni potrebbero derivare da progetti a lungo termine integrati da osservazioni ricavabili dall'analisi di contesti etnografici.

Le evidenze archeologiche presentano diverse caratteristiche che possono esser state determinate non solo da processi naturali ma anche da altri culturali dovuti all'azione antropica. Ad esempio, l'abbandono di una struttura in un villaggio ancora abitato, potrebbe comportarne un suo riutilizzo con altre finalità.

Nelle ricostruzioni sperimentali mancano molti di quegli elementi che invece, osservazioni etnoarcheologiche permettono di offrire. Incide ad esempio nella valutazione del genere di abbandono la presenza di *de facto refuse*, quegli oggetti lasciati nel sito ma ancora utilizzabili (Schiffer 1987). La loro presenza può esser messa in relazione con le caratteristiche dell'abbandono che può esser avvenuto in maniera rapida e non programmata o il contrario. Si tratta di valutazioni che nel caso di analisi spaziale dell'intero sito permettono di ricavare maggiori informazioni e ricostruire modalità e motivazioni all'origine dell'abbandono di aree di attività o abitati.

Oltre alla ricostruzione del ciclo di vita della struttura appare importante ricostruire i processi di abbandono e le modalità in cui esso avviene perché sono loro a influenzare la formazione del deposito e la distribuzione del record nello spazio (Cameron, Tomka 1993). Anche quando successivi all'abbandono, i diversi riempimenti possono fornire utili informazioni al momento dello scavo (Giannichedda 1996, 124). Approcci metodologici per indagini future dovrebbero tentare dunque di approfondire le conoscenze sugli aspetti post-deposizionali tentando di indagare:

- Erosione, formazione dei riempimenti, modifiche dei profili,
- Processi tafonomici di elementi come le travi sul fondo.

- quali modifiche subisce il concotto esposto all'azione degli agenti atmosferici? Cambia colore? Solo se raggiungono i 600° C i fenomeni di trasformazione diventano irreversibili, nel caso in cui questo non sia successo va incontro a fenomeni di reidratazione?
- Le pareti che esternamente appaiono scure dal nero fumo, che variazione cromatica presentano a distanza di mesi.



Figura 169: buche alla fine della prima serie di attività (in alto a sx) e alla fine della seconda serie (in alto a dx) e come appaiono oggi su Google Earth.

5.3.5. *Cotture in fossa ed effetti sulle ceramiche*

Le cotture eseguite nel corso delle repliche sono avvenute tutte in strutture infossate e a diretto contatto con il combustibile, disposto sia al di sotto che in mezzo o al di sopra dei vasi da cuocere. In letteratura, sia scientifica che divulgativa, quando ci si riferisce a queste modalità di cottura, si tende a definirne gli effetti in linee generali facendo riferimento ad intervalli di basse-medie temperature (600°-900°), brevi tempi di mantenimento delle massime e rapidi indici di incremento delle velocità, atmosfere degli ambienti con condizioni ossido/riducenti e tiraggio poco controllabili (Aa.Vv. 1986; Saracino 2005; Cuomo di Caprio 2007; Arobba et al. 2008; Levi 2010; Rice 2015). Gli effetti di queste condizioni si ripercuotono anche sulle ceramiche che assumono colorazioni delle superfici non omogenee, caratterizzate spesso da avvampature bruno-nerastre (*fire clouds*). Le cotture in buca sono state anche associate alla produzione di ceramica dalla superficie scura per la facilità di ridurre la circolazione di ossigeno (Rye 1981, 98). Le attività condotte hanno però permesso di osservare un'ampia variabilità riscontrabile nel corso di diverse repliche con risultati molto vari e a volte diversi da quelli attesi. Molti autori cominciano a sottolineare la specificità di ogni procedura a prescindere dalla tipologia di struttura impiegata e le attività sperimentali condotte per questo progetto sembrano confermarlo; se così, bisogna ampliare il metodo di analisi e le interpretazioni legate al funzionamento di strutture considerate “semplici” (Thér 2014; Guo 2017).

Molte sono inoltre le metodologie applicate e ricercate per tentare di determinare i processi pirotecnologici coinvolti durante la cottura di ceramiche (Gosselain 1992; Tite 1995; Cogswell et al. 1996; Vitelli 1997; Bertelle et al. 2001; Livingstone Smith 2001; Benedetto et al. 2002; Thér 2004; Maggetti et al. 2010; Thér et al. 2011; Rasmussen et al. 2012; Thér 2014; Goodwin et al. 2016). Molti autori hanno però sottolineato quanto empirico possa essere il tentativo di determinare le procedure di cottura attraverso le temperature “registrate” da un frammento o un singolo vaso; la sola identificazione di un intervallo non tiene conto della complessità dei processi pirotecnologici coinvolti (Rye 1981, 105, 110; Gosselain, Livingstone Smith 1995, 157; Giannichedda 1996, 135; Rice 1987, 86; Vidale 2007); le repliche effettuate danno l'idea delle numerose variabili coinvolte in ogni ciclo di cottura. Diverse tipologie di strutture possono avere simili profili termici e allo stesso tempo una sola tipologia può comportare differenze negli andamenti a seconda dei processi seguiti. Il range di 800° - 900° C è quello nel quale la maggior parte delle ceramiche preistoriche viene cotta (Rice 2015). Fasce di temperature e tempi di esposizione possono essere identici e dunque questo spiegherebbe perché la determinazione delle temperature di cottura può non essere considerata da sola indicativa di una modalità seguita o della struttura utilizzata (Gosselain, Livingstone-Smith 1995, 154).

Numerose sono anche le variabili che riguardano le trasformazioni cui le argille sono soggette. Certi cambiamenti strutturali necessitano di esposizioni a specifici intervalli di temperature ma allo stesso tempo sono condizionati dalle caratteristiche del corpo argilloso, dalla composizione, tipologia e quantità degli inclusi in esso contenuti. Ogni singolo

elemento incide e condiziona il risultato finale e risalire da quest'ultimo ai processi che l'hanno generato deve tenere conto di tutte le possibili variabili coinvolte e spesso la sola indagine archeologica non è sufficiente.

L'archeologia sperimentale, attraverso l'esperienza diretta e un approccio più dinamico, rappresenta un valido metodo per indirizzare specifiche domande e migliorare la conoscenza di complessi processi. Sebbene oggetto principale delle attività sperimentali siano le strutture di combustione, alcuni dati ricavati dall'osservazione degli effetti sulla ceramica hanno sollevato alcuni dubbi e possono costituire spunti interessanti per future ricerche e impostazioni di metodo per l'analisi archeometrica.

Nel corso delle diverse attività sperimentali svolte è stato possibile ampliare l'esperienza e la comprensione di quei comportamenti all'origine di specifici effetti ed anche migliorare le conoscenze sulle procedure da seguire, determinanti per la buona riuscita di una cottura e verificare in pratica quanto conosciuto a livello teorico.

Le prime serie di attività, hanno fornito una innumerevole quantità di dati. Per la loro interpretazione ci si è limitati prevalentemente all'osservazione macroscopica (integrata da alcune analisi archeometriche). La sperimentazione è stata finalizzata all'analisi degli effetti dei processi di combustione sulla struttura e sulla analisi della formazione di specifiche tracce. Per questo l'indagine degli effetti di una cottura in fossa sulla ceramica si limitano ad alcune osservazioni riguardanti le sue variazioni cromatiche e i fattori che incidono nella loro determinazione (temperature e parametri connessi ma anche tipologia di argille e inclusi).

Come già accennato in precedenza, l'aspetto della superficie è spesso utilizzato per risalire alle condizioni di cottura di un vaso. (Levi 2010, 127). La presenza di ossidi di ferro nelle argille, in un'atmosfera di cottura ossidante, restituisce colori che nelle *Munsell Chart* corrispondono a tonalità con valori alti che vanno dal bruno-rossastro al rosso (ematite), mentre in ambienti riducenti, a causa della incompleta combustione dei residui carboniosi, restituiscono tonalità (*hue*) e chiarezza (*value*) più bassi con toni tra il nero e il grigio scuro (magnetite). Influiscono nella determinazione del colore anche la presenza di calcite (con effetto schiarente con l'aumentare della temperatura), temperatura, condizioni di raffreddamento e composizione e granulometria dell'argilla (**Fig. 170**).

L'effetto arrossante dipende dunque non solo dalla percentuale dei composti di ferro, ma anche dall'ossido di calcio che, a seconda della temperatura, ambiente di cottura, può influire sul risultato (Cuomo di Caprio 2007, 96). L'effetto finale sarà determinato anche nel corso della fase di raffreddamento. La presenza del cosiddetto "cuore nero", spesso attestato anche tra i reperti ceramici rinvenuti a Lugo di Grezzana, è il risultato di una incompleta ossidazione delle particelle carboniose dovuta a particolari condizioni.

Le cause che facilitano la loro presenza possono esser dovute a diversi fattori: condizioni di atmosfera riducenti con scarsa circolazione di ossigeno (seguito da condizioni ossidanti), cotture brevi in intervalli di temperature tra i 600° e gli 800° C, a ceramiche con tessitura

fine o pareti troppo spesse, rapido incremento o calo delle temperature (Cuomo di Caprio 2007).

colore superficie	colore fascia interna	atmosfera di cottura	cause colore
brillante (alti <i>value</i> e <i>chroma</i>)		ossidante	ferro
bruno		ossidante	ferro o leggera affumicatura (ricuocere)
grigio chiaro	grigio scuro o nero	parzialmente ossidante	argilla carboniosa non molto cotta? (ricuocere)
grigio chiaro		parzialmente ossidante o riducente	argilla carboniosa
grigio scuro o nero		riducente o affumicante	argilla molto carboniosa o atmosfera affumicante
grigio scuro o nero	grigio chiaro	affumicante	argilla non carboniosa, sostanze carboniose depositate in superficie durante la cottura (ricuocere)
bianco		?	argilla non carboniosa e non ferrosa? (ricuocere)

Figura 170: relazione tra colore della superficie e atmosfera di cottura (da Levi 2010, fig. 24).

Al contrario, la colorazione uniforme visibile in sezione, è segno di un lento raffreddamento che ha permesso di completare in maniera graduale il processo di ossidazione. Anche il tempo di esposizione alla temperatura massima può essere messo in relazione all’uniformità di colore osservabile nella sezione di un frammento ceramico, quando bassa sarebbe ricollegabile all’effetto “cuore nero” (Thér 2014, p. 94).

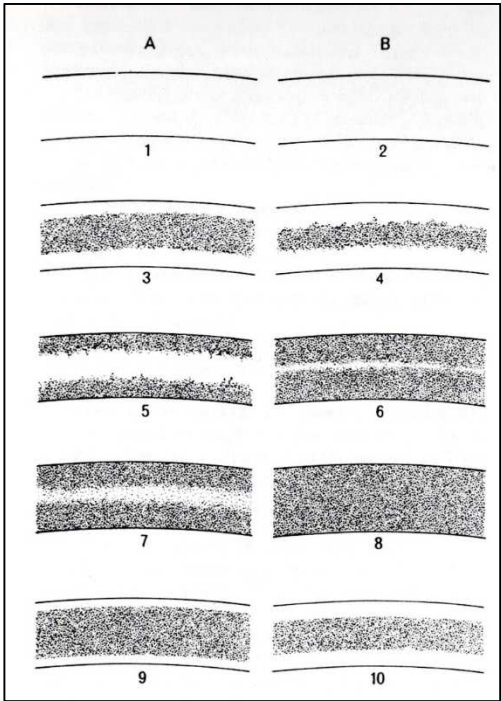


Figura 171: estensione cuore nero in gruppi ad impasto fine (A) e grossolano (B). (modificato da Rye 1981, fig. 104, p. 116).

Una discriminante importante, spesso poco citata, è però rappresentata dalla presenza di sostanze organiche. Altre due componenti che condizionano il risultato sono la tessitura dell’impasto, fine (Fig. 171 A) o grossolano (Fig 171 B) e l’atmosfera di cottura.

Argille senza inclusi organici, cotte in ambiente ossidante avranno una sezione con colore uniforme. Il colore può subire variazioni per contatto diretto con il combustibile o la fiamma (Fig. 171, 1-2). Argille con inclusi organici, cotte in ambiente ossidante ma con ossidazione incompleta delle particelle carboniose, produrranno il cuore nero (Fig. 171, 3-4)

In ambienti di cottura con condizioni riducenti, l’assenza di sostanze organiche in impasti fini evita che il carbonio penetri nelle pareti, creando un effetto inverso (cuore rosso e pareti scure) mentre in impasti grossolani le particelle carboniose

penetrano in profondità e potrebbero non crear nessun effetto conferendo una colorazione omogenea (Fig. 171, 5-6)¹⁴. Nel caso in cui invece inclusi organici siano presenti gli effetti su ceramiche fini o grossolane sarebbero molto simili (Fig. 171, 7-8), con deposito di particelle carboniose più o meno in profondità dalla superficie all'interno (Rye 1981, 115-116).

Nel descrivere questi effetti lo stesso autore sottolinea che si tratta di generalizzazioni che si riferiscono a condizioni abbastanza stabili (stessa atmosfera per ogni fase – cottura e raffreddamento) che possono mutare alla luce di altri parametri. Ad esempio, anche una più rapida modalità di raffreddamento, può provocare diversi effetti nella determinazione del cuore nero (Fig. 171, 9-10). Nel corso delle diverse attività sperimentali svolte è stato possibile ampliare l'esperienza e la comprensione di quei comportamenti all'origine di specifici effetti ed anche migliorare le conoscenze sulle procedure da seguire, determinanti per la buona riuscita di una cottura e verificare in pratica quanto conosciuto a livello teorico.

- Valutazione delle variazioni cromatiche

La prima parte del ciclo produttivo ha previsto la preparazione di vasi di varie fogge, alcune modellate ad imitazione delle principali forme caratteristiche del Neolitico antico, e l'uso di diversi tipi di argille (in prevalenza è stata usata un'argilla semirefrattaria, adatta per attività come quelle svolte per gli studenti del corso di Preistoria mirate a muovere i primi passi per apprendere alcune tecniche di foggatura, e, altre, raccolte nei dintorni di Lugo, utilizzate invece per verificarne la lavorabilità e la resa, e modellate con la collaborazione di mani più esperte)¹⁵. La cottura rappresenta il momento finale di un più lungo ciclo produttivo nel quale molte delle scelte seguite determinano il risultato finale. Si tratta di una fase che *“può essere dissociata dall'intera catena operativa, in quanto, per esigenze tecniche (il vaso deve essere essiccato prima di essere cotto) può essere effettuata in un momento diverso da quello di preparazione e persino da persone diverse”* (Mannoni, Giannichedda 1996, 62). I due processi potrebbero essere dunque riferibili a due sfere di competenza differenziate¹⁶.

I vasi cotti nel corso delle diverse attività sono stati in totale oltre 90. I regimi termici e le caratteristiche di ciascuna procedura sono riportati nei paragrafi precedenti (Tab XX). Le condizioni di cottura monitorate grazie alle repliche sperimentali quanto si riflettono sull'aspetto cromatico della ceramica ottenuta? L'aspetto delle superfici rispecchia le considerazioni generali esposte in precedenza e i processi cui sono state sottoposte?

¹⁴ Si veda anche una schematizzazione di tali processi in Mannoni, Giannichedda 1996, fig. 11.

¹⁵ Semirefrattaria bianca rrs05, chamotte 0-0,05mm; semirefrattaria rossa, chamotte 0-2mm. Le argille raccolte nei dintorni di Lugo sono state processate seguendo diverse modalità descritte in appendice 5.I. alla fine del capitolo. Ho voluto coinvolgere diverse nella realizzazione di alcune forme per valutare anche l'incidenza della manualità di ciascuno. E' stato interessante ad esempio osservare come spesso, a prescindere dal tipo di impasto utilizzato, lo spessore delle pareti può esser determinato semplicemente dal tipo di manualità dell'artigiano. Nel mio caso, la tendenza era quella di realizzare forme dalle pareti molto fini. Si tratta di un elemento che può incidere anche sul peso finale del vaso realizzato.

¹⁶ In un certo senso è quanto accaduto nel nostro caso. Molti vasi sono stati modellati da diverse persone, mentre il processo di cottura è stato condotto da altre.

Le variazioni cromatiche osservate sulla superficie dei vasi ottenuti attraverso le cotture sperimentali abbracciano diverse gamme che vanno da 10 R a 10 YR e toccano quasi sempre valori di chiarezza compresi tra 5-6 e saturazione 4/6/8 (**Tab. XXX; Fig. 172**). Le colorazioni attestate variano dunque dal giallo rossiccio (arancioni, 5 YR) al bruno rosso (7.5 YR). Su alcune forme sono presenti più colorazioni con accentuazione dei rossi (2.5 YR). Pochi i casi di colorazioni grigio-nerastre intense, sono spesso presenti assieme alle gamme più chiare. Alcune forme, cotte in buche a cielo aperto, presentano colore grigio chiaro e una eccezione, ha superfici gialle (10 YR).

Buca	10 YR	7.5 YR	5 YR	2.5 YR	10 R	Gley	Aspetto
Buca A, C1		5/6; 4/1	6/6				Omogeneo Bruno-arancione
Buca A, C2			6/6				Omogeneo Bruno-arancione
Buca A, C3		6/4	5/1				Ricchi di focature, grigie all'esterno, bruno-nerastre all'interno.
Buca A, C4	7/6 7/4	4/1 6/4 6/6	5/6	3/1 4/6*			Diversi colori su diversi vasi, ciascuno abbastanza omogeneo. La tonalità più rossa è quella relativa al tester x.
Buca B, C1		6/4					Omogeneo, bruno chiaro.
Buca B1, C2		6/4 6/6	5/1				Alternanza marcata di colore chiaro/scuro
Buca C, C1		6/4		6/8			Omogeneo Bruno-rossastro
Buca D, C1		6/6	5/6 6/4	3/1 5/6*	4/6	1 3/N	Colorazioni varie, dal rosso intenso (ocra) agli arancioni. Piccole focature esterne. *Base boccale con ocra.
Buca D, C2		4/1 6/3 7/4				1 3/N	Colorazioni varie: grigie, rosse.
Buca D, C3		6/4	6/4 6/6	4/1 4/6* 5/6** 6/6		1 3/N 1 4/N	*Tester ** Pigmento con argilla rossa
Buca E, C1		4/1 6/3 6/4 6/6				1 3/N	Rosso chiaro, aree grigie interne

Tabella XXX.

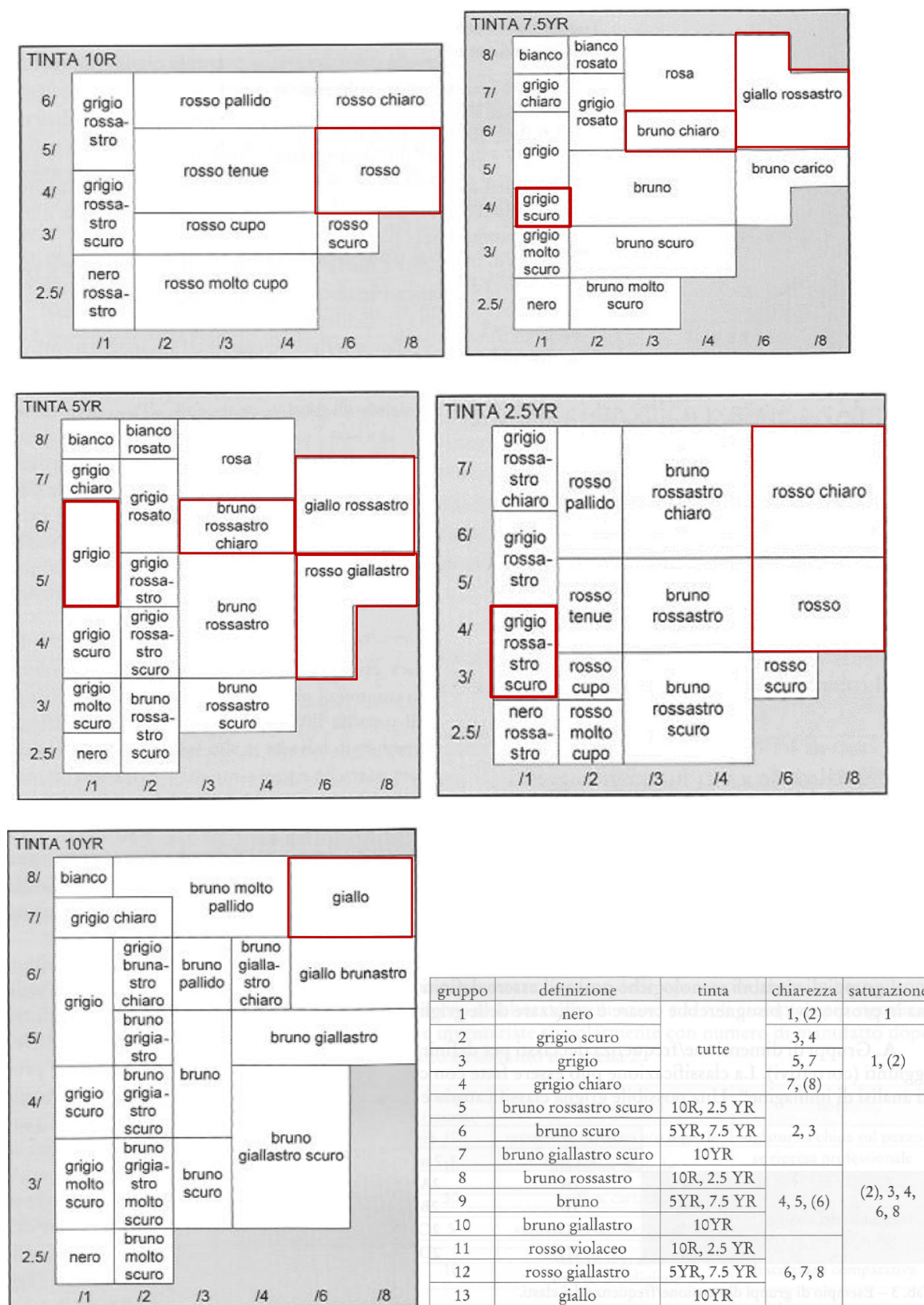


Figura 172: corrispondenze tavole Munsell (tratto e modificato da Levi 2010). Ultima tabella a destra da Levi 2017, 108, Tab. 4.

Tutte le tinte e tonalità rappresentate sono incluse nell'intervallo indicato; ci sono state cotture che hanno prodotto risultati tipici di ambienti ossidanti, con colorazioni abbastanza omogenee all'esterno e altre che hanno dato risultati molto vari. La maggior parte dei risultati rispecchia i comportamenti tipici associati ad una cottura a cielo aperto: molti vasi presentano una colorazione della superficie chiara, rossiccia (A, C1-2), caratterizzata a volte dai tipici colpi di fiamma (Fig. 173).



Figura 173: tracce di "fire clouds". D, C1.

Il vaso su piede cotto nella buca C, C1 (procedura a cielo aperto) realizzato con argille prelevate a Lugo, ha una colorazione molto simile a quella dei reperti ceramici rinvenuti nel sito, caratterizzate da colorazioni rosso-arancione e rispecchia dunque condizioni ossidanti (*Scheda I-II*). Anche quelle più scure, bruno-marroni e grigio-nerastre sono attestate e simili colorazioni sono quelle ottenute parzialmente nel corso del primo tentativo di cottura coperta, B-C2 (*Scheda IV*) o nel caso di buca con copertura, E-C1 (*Scheda V, vaso 1*).

L'associazione tra cotture a cielo aperto/condizioni ossidanti, e cottura coperta/riducente non è però sempre garantita. Nel corso della nostra esperienza è stato infatti possibile osservare che in alcuni casi queste modalità di cottura non conducono necessariamente al risultato atteso. Nel corso di cotture a cielo aperto alcuni vasi hanno assunto una colorazione grigia, a volte con chiazze grigio-scure o nere, tipiche reazioni alla presenza di carbonio o fumo (A, C3). Allo stesso modo, nel corso di cotture con copertura gli effetti sull'aspetto esteriore del vaso sono stati vari, a volte con colorazioni tipiche di ambienti ossidanti (D, E). Nonostante la presenza di una copertura, che si pensava avrebbe garantito un ambiente riducente, l'apertura di sfiati naturali ha favorito la circolazione di ossigeno con conseguente ossidazione del vasellame e caratteristica colorazione chiara (rosso-marrone).

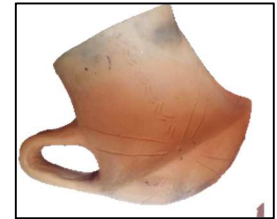


Figura 174. Colorazione della superficie e fire clouds. D, C1.

Nell'ambito di una singola cottura è stato possibile riscontrare anche diversi risultati. Nel gruppo di cotture a cielo aperto, condotte nella buca A, sono state osservate alcune eccezioni nei comportamenti generali nonostante le procedure seguite siano state le stesse: i risultati delle prime due cotture sono abbastanza tipici e riferibili a vasi con colorazione rosso-arancione con assenza di colpi di fiamma; quelli della terza cottura presentano invece marcate tracce di avvampature grigio-nerastre, soprattutto all'interno dei vasi; nella quarta cottura è rappresentata una gamma più ampia con diverse colorazioni (grigio chiaro, rosso, giallo), abbastanza omogenee, su ciascuno dei vasi (*Scheda VI*).

Le variazioni più scure, quasi nere, non omogenee, caratterizzate dalla presenza di "fire clouds" (nuvole di cottura) di colore quasi nero (A, C3), testimoniano l'alternanza tra fasi di ossidazione e riduzione forse causate da una maggior presenza di fumo nella struttura che ha determinato l'assorbimento di particelle di carbonio su alcune parti dei vasi. La sola difformità riscontrabile e associabile al diverso effetto ottenuto può esser attribuita alla

diversa modalità di impilamento dei vasi (disposti uno dentro l'altro), responsabile della superficie scura nella parte interna (**Fig. 175**). La colorazione scura, grigio-nero è stata ottenuta solo in un'altra occasione e in maniera più estesa (B, C2). La replica aveva previsto l'uso di una copertura che però, a causa di un calo delle temperature, era stata riaperta. L'effetto sui vasi è molto particolare. Presentano tutti una marcata doppia colorazione grigio-nerastra alternata al bruno-rossastro (**Fig. 176**). Alle basse temperature tra 300° C e 500° C il carbone che si deposita sulla superficie dei vasi può conferire la tipica colorazione scura, favorita anche dal contatto con il combustibile (Dawson, Kent 1999). La presenza di una copertura abbastanza fitta (oltre alle zolle era stata buttata anche della terra per coprire gli sfiati naturali che si creavano) può aver determinato questo effetto (*Scheda IV*).



Figura 175: A, C3. Effetti sul colore della superficie dei vasi e modalità di impilamento durante la cottura.

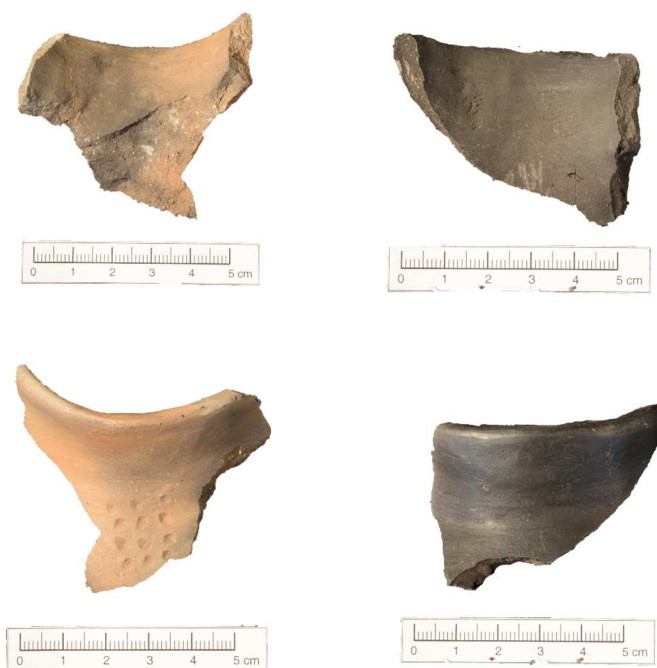


Figura 176: B, C2. Diversi frammenti e colorazioni dello stesso vaso (*Scheda IV*).

La presenza di colorazioni grigio chiaro omogenee (A, C4) è da mettere in relazione con condizioni solo parzialmente ossidanti, dovuti forse alla vicinanza delle braci e alla presenza di fumo nell'ambiente di cottura. Altri vasi presentano una colorazione rossastra. Una ciotolina modellata con marne argillose raccolte presso il sito (*Appendice 5.I, Scheda III, V*) hanno assunto anche una colorazione gialla.

Durante le cotture svolte nella buca D ed E, la presenza di una copertura non sempre ha portato ad effetti di colorazione scura, forse per via di buona circolazione d'aria dovuta agli sfiati naturali e al rapido collasso della copertura che sembra aver garantito un raffreddamento in condizioni ossidanti. Tutti i vasi della prima cottura nella buca D presentano colorazioni tipiche di un ambiente prevalentemente ossidante con alcune tracce di focature (Figg. 171-172). Risultati simili sono stati ottenuti anche nella terza cottura (**Fig. 177**), mentre alcune difformità sono riscontrabili nella seconda cottura che presenta risultati simili a quelli già osservati nella buca A, C4 con ampia varietà di tonalità rappresentate (**Fig. 178, Scheda VII**).



Figura 177: D, C3

Alcuni vasi, oltre a segni di avvampamenti di colore scuro sulla superficie, presentano a volta anche arrossamenti (*Scheda III*). Nel vaso su piede modellato con argille locali l'effetto è ancora più marcato ed è localizzato nella parte interna del vaso, in prossimità dell'orlo. I vasi realizzati con argille marroni prelevate a Lugo (C, C1; B, C2; D, C3) rientrano quasi sempre nelle tonalità 7.5 YR 6/4. Interessante osservare che i punti di colore rosso intenso, interpretato come effetto di esposizione a temperature più alte per la vicinanza ai tizzoni ardenti, rientrano nelle gamme 2.5 YR (*Scheda II*). La stessa gamma di colore si ha come risultato della cottura di un altro campione di argilla rossa prelevate nei dintorni di Lugo (Tester Argilla1, *Appendice I, Scheda V*). La gamma 10 YR, che rappresenta la variazione opposta tra quelle riscontrate è rappresentata invece dal tester (argilla grigia, tester Argilla2; *Appendice 5.I, Scheda VI*) con tonalità gialla (*scheda V*). Si tratta di un risultato interessante perché direttamente confrontabile con i frammenti di pseudo-figulina rinvenuti nel sito che presentano questa colorazione, a volte anche il grigio chiaro. Il solo vaso che rientra nella tonalità 10 R è un boccale preparato con argille semirefrattarie acquistate, alle quali è stata aggiunta ocre durante la preparazione dell'impasto e come pigmento dipinto sulla superficie brunita prima della cottura (***Scheda VIII***). La colorazione scura invece all'interno di alcuni vasi può esser messa in diretta relazione con la presenza di erba fresca al loro interno (***Scheda IX***). La presenza di "fire clouds" su alcune delle forme realizzate, superfici dal colore rosso chiaro, abbastanza omogeneo, indica che stavolta le alternanze tra fasi di ossidazione e riduzione, forse causate dall'apertura naturale di sfiati, in seguito al crollo della copertura che ha favorito la circolazione di ossigeno.



Figura 178: risultati di cottura nella buca A, C4

SCHEDA I



Vaso su piede. Lugo di Grezzana (VR).

Inv. 73820 US 17 – Settore XIII

Ph. Paolo Chistè

<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p>  <p>Ph. Paolo Chistè</p>
<p>Tipo di argilla</p> <p>Argilla marrone, locale Impasto IM (medio - grossolano). <i>Argilla4</i> Tecnica di foggatura A lastra/sfoglia. Appendice 5.I. Scheda II, VIII, XI, XII, XIII.</p>	<p>Colore Superficie</p> <p>Esterno: Reddish Yellow 7.5 YR 6/4 Interno: Light Red 2.5 YR 6/8</p>	<p>Caratteristiche cottura</p> <p>Buca C, C1 a cielo aperto. Travi sul fondo ricoperte da sedimento. Diagramma: 4.</p>
<p>Dettaglio parte interna</p> <p>Area interna arrossata dal contatto con il combustibile.</p> 	<p>Descrizione</p> <p>Copia sperimentale di vaso su piede¹⁷. 1. Realizzazione. 2. Vaso crudo in essiccazione. 3. Vaso cotto a distanza di alcuni giorni.</p> 	<p>Osservazioni</p> <p>A fine cottura il vaso appare totalmente integro. Area arrossata nel punto di contatto con combustibile. La frattura visibile in foto 3, appare a distanza di 7 giorni. Dopo settimane il vaso si frattura in più punti fino a disgregarsi totalmente. Rimane visibile parte del fondo con il piede.</p>

¹⁷ Replica realizzata da Giovanni Virruso con impasto processato da me con argille raccolte in prossimità di Lugo di Grezzana.

SCHEDA II



Posizione del vaso su piede nel corso della cottura 1 nella buca C. Inizialmente il combustibile è a diretto contatto e poi alcuni residui finiscono all'interno del vaso. Visibile area arrossata in seguito all'esposizione diretta al calore per la vicinanza con un tizzone ardente.

SCHEDA III

**Esempio di rottura dovuta a fenomeni di ricarbonatazione**






Argille calcareee e inclusi calcarei, sono considerati a rischio per le cotture a cielo aperto (Maggetti et al. 2010). L'utilizzo di argille locali nella realizzazione di due diverse tipologie di impasti ha permesso di osservare questi processi.

Il primo impasto (IM) realizzato (vedi pag. x) ha confermato che a distanza di giorni dopo la cottura, possono verificarsi fenomeni di ricarbonatazione che portano alla rottura del vaso.

Il vaso su piede, nonostante fosse totalmente integro a fine cottura (Scheda I) a distanza di 5-6 giorni inizia a presentare una frattura che parte dall'orlo; la parte superiore si disgrega a 17 giorni dalla cottura e nei giorni successivi del vaso non rimane che il fondo. Stessa sorte accade al vasetto che si trovava al suo interno e che era stato plasmato con la stessa argilla.

Secondo diversi autori, la dimensione degli inclusi potrebbe rappresentare la variabile che condiziona il risultato finale. La soluzione dunque sarebbe impasti con inclusi più fini (un secondo tentativo, descritto nella scheda IV, è stato fatto preparando l'impasto IF, più fine). Altra soluzione sarebbe quella di non superare i 700° C se l'ambiente di cottura è ossidante evitando così i processi di decarbonatazione o cuocerli in ambiente riducente. Altra ancora sarebbe quella che prevede l'immersione in acqua ("docking") dei vasi ancora caldi (Rice 2015, 109; Vitelli, comunicazione personale nel corso del *Summer Course on Experimental Neolithic Pottery* seguito a Kiladha - GR nel 2016). Interessante anche l'uso del sale per prevenire tali rotture (Rye 1981, 107).

SCHEDA IV

		
<p>Tipo di argilla</p> <p>1. Locale, impasto fine marrone (IF). <i>Argilla</i>⁴</p> <p>3. Mista. Locale e argilla grigia industriale.</p>	<p>Colore Superficie</p> <p>1. Marrone 7.5YR 6/4 Grigio 5YR 5/1</p>	<p>Caratteristiche cottura</p> <p>Buca B, C2 Cottura coperta e poi aperta. Diagramma: 3.</p>
<p>Tecnica di foggatura</p> <p>1. A pressione, unendo due ciotole separate.</p>  <p>Appendice 5.I. Schede: II, VIII, XI, XIV, XV.</p>	<p>Descrizione</p> <p>Il vaso a fiasco¹⁸, realizzato con impasto fine processato con argille raccolte nei dintorni di Lugo, ha resistito alla cottura con copertura mostrando colorazioni della superficie alterne. Presenta una grossa frattura sul collo e parte della parte superiore del corpo dovuta al crollo della copertura. Lo stacco nella parte bassa forse è attribuibile a escursione termica per vicinanza con il fuoco.</p> <p>L'impasto appare molto compatto.</p>	<p>Osservazioni</p> <p>Quasi tutti i vasi presentano la stessa colorazione della superficie. Molto scura da una parte e più ossidata dall'altra.</p> <p>Il vaso 1, modellato con lo stesso impasto del vaso su piede, ma con inclusi più piccoli, non da problemi legati ai fenomeni di ricarbonatazione.</p>
  <p>3</p>	<p>Tra i vasetti, anche un altro era stato realizzato con argille locali. L'impasto era stato realizzato mischiandolo con argille più plastiche.</p>	<p>Anche questo vasetto non ha avuto problemi legati alla presenza di carbonati.</p>

¹⁸ Vaso foggato da Giovanni Virruso (Muse, PastActivity) con argille di Lugo processate da me.

SCHEDA V



REPLICA CERAMICA

Boccale carenato. Lugo di Grezzana (VR).




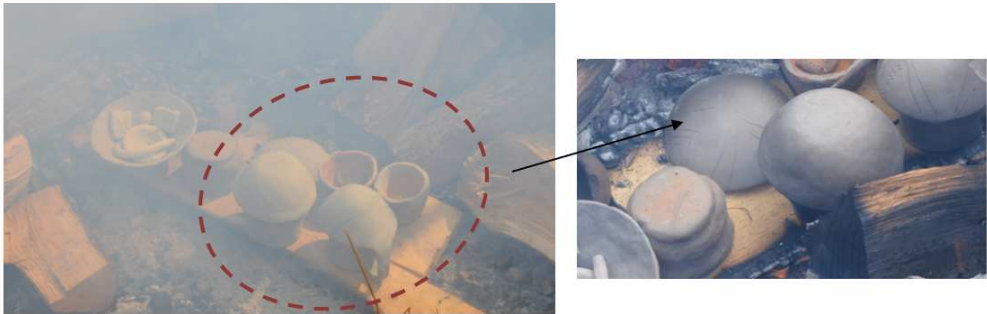
Inv. 73731 – US 39 – Settore XIII

Ph. Paolo Chistè

Tipo di argilla Argilla grigia, Industriale 280 g	Osservazioni Dopo una settimana: Peso 260 g <i>Cotto: 220 g</i>	Colore Superficie Marrone chiaro/Dark Grey 7.5 YR 6/3 – 7.5 YR 4/1
Tecnica di foggatura Fondo: a stampo; Corpo parte alta: a lastra. 	Descrizione Copia sperimentale di boccale carenato ¹⁹ . A sinistra forma appena foggata; al centro essiccazione dopo una settimana; a destra dopo la cottura. Vaso posizionato all'interno di un vaso più grande (per evitare i rischi di rottura) e con erba fresca al suo interno.	Caratteristiche cottura Buca E, C1- Diagramma: 8. Su Assi. Presenza di erba all'interno 

¹⁹ Copia realizzata da Giovanni Virruso (Muse, PastActivity) nel corso del laboratorio sulle tecniche di foggatura della ceramica da me organizzato per gli studenti del corso di Preistoria e Protostoria (Prof.ssa A. Pedrotti).

SCHEDA VI

<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 
<p>Tipo di argilla</p> <p>1 Locale, grigia. 10 YR 8/1 (Argilla 2. Appendice 5.I. Scheda III, VI)</p> <p>2 Argilla grigia industriale.</p> <p>3 Argilla grigia industriale.</p>	<p>Colore Superficie</p> <p>1. Giallo.10 YR7/6</p> <p>2. Marrone-rosso 7.5 YR6/6</p> <p>3. Bruno-grigio 7.5 YR 6/4; 4/1</p> <p>4. Arancio. 7.5 YR 6/8</p>	<p>Caratteristiche cottura</p> <p>Buca A, C4</p> <p>Cottura a cielo aperto.</p> <p>Diagramma: 6.</p>
		
<p>Tecnica di foggatura</p> <p>1. A pressione;</p> <p>2. Fondo: a stampo;</p> <p>Corpo parte alta: a lastra.</p> <p>3. A pressione.</p>	<p>Descrizione</p> <p>Colorazioni varie nella stessa cottura. Alcune grigie nonostante la cottura a cielo aperto. Si tratta di un risultato dovuto al contatto diretto con il combustibile che carbonizza e blocca l'arrivo dell'ossigeno sulla superficie del vaso. La colorazione scura è determinata dunque dalla presenza di carbone.</p>	<p>Osservazioni</p> <p>Questa replica dimostra che a volte gli effetti della colorazione della superficie di un vaso, non sono rivelatori di un tipo di procedura. In questo caso, abbiamo 3 diversi tipi di colorazione: 2 riconducibili allo stesso tipo di argilla. Uno dovuto ad un diverso tipo di impasto. La vicinanza del combustibile e di prodotti della combustione rendono l'ambiente molto variabile.</p>

SCHEDA VII

<p>1</p> 	<p>2</p> 	<p>3</p> 
<p>Tipo di argilla Argilla grigia industriale.</p> <p>Tecniche di foggatura Pressione</p>	<p>Colore Superficie</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Grigio, 7.5 YR 6/3; 4/1. 2. Rosso 7.5 YR 7/4 3. Rosso-grigio 7.5 YR 7/4; Gley 1 3/N 	<p>Caratteristiche cottura</p> <p>Buca D, C2 Cottura coperta. Diagramma 7.</p>
		
<p>Tecnica di foggatura</p> <p>Vasi modellati a stampo</p> <p>A pressione</p>	<p>Descrizione</p> <p>Tutti i vasi sono stati realizzati con la stessa argilla e sono stati posizionati a diretto contatto con il combustibile. Durante la fase iniziale di cottura alcune parti dei vasi assumono una colorazione grigiastra dovuta alla presenza di particelle carboniose incombuste sulla superficie del vaso.</p>	<p>Osservazioni</p> <p>Interessante osservare che, nonostante nella fase iniziale i vasi fossero tutti diventati di colore grigiastro, a fine cottura presentano risultati differenti, tutti con colorazione abbastanza omogenea. (1-2-3).</p> <p>In fase di studio si tenderebbe ad attribuire questo risultato a 3 procedure diverse?</p>

SCHEDA VIII

Buca D, C1- con copertura.		Diagramma: 9	
	1 	2 	3 
Descrizione: Argilla mista con aggiunta di oca ²⁰ . Tecnica di foggatura: colombino.		Colore della superficie Parte esterna: Rossa 10 R 4/6; Base: Red 2.5 YR 5/6 – Scura 2.5 YR 3/1 Peso: 400 g	
	Trattamenti superficie: Brunitura (1), Pittura con oca liquida, mescolata ad argilla (2).		Osservazioni Vaso integro a fine cottura (3) presenta una colorazione rosso intenso. La sola a rientrare nella gamma di tonalità 10 R. Utile campione per analisi di confronto sui pigmenti.
			
Descrizione: argilla grigia semirefrattaria Tecnica di foggatura: base a stampo, parte alta a lastra		Colore della superficie 7.5 YR 6/6 (reddish yellow); 5YR5/6 (yellowish red)	
4 			Punti di rottura: distacco di parte della superficie in prossimità dell'orlo. Linea di frattura in corrispondenza della carena, riconducibile al momento durante la foggatura in cui base e parete sono state unite (usata poca argilla, non liquida, per saldare le due parti).

²⁰ Il vaso è stato modellato da Renato Fasolo (Archeoland).

SCHEDA IX

	
<p>Buca E, C1- Diagramma: 8.</p> <p>Coperta</p>	<p>Colore della superficie:</p> <p>Parte esterna: 7.5 YR 6/6</p> <p>Parte interna: Gley 1 3/N</p>
<div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin: 0 20px;">→</div>  </div> <p style="text-align: center;">Effetti della presenza di erba all'interno del vaso sulla colorazione della superficie</p> <div style="text-align: center;">  </div>	
<p>Descrizione: i vasi sono stati posizionati su assi di legno disposte sul fondo della buca. Al loro interno vi erano mucchi di erba fresca. La presenza di erba, e i residui del crollo della copertura, ritrovati all'interno del vaso, hanno causato la colorazione scura della superficie interna.</p>	<p>Osservazioni: Si tratta di un effetto che può esser ottenuto disponendo i vasi capovolti sul terreno (Velde, Druc 1999). Nelle repliche condotte, il risultato è stato però parziale.</p>

La gamma di variazioni cromatiche ottenute sperimentalmente sembra esser vicina a quelle riscontrate archeologicamente, anche esse incluse in un *range* che va da 2.5 YR a 10 YR (quest'ultima tinta coincide con il colore giallo delle figuline). Tra le gamme indicate per i campioni sperimentali quelle che hanno corrispondenza con quelli archeologici raccolti a Lugo²¹ richiamano gruppi di colori che, per le tinte 10 YR, rientrano nei gialli o bruno chiaro, per quelle 7.5 YR coincidono con i bruno chiaro-giallo rossastro-bruno e per la 5 YR coi gialli rossi, rossi – giallastri (Tabella XXX, XXXI). Nei campioni archeologici esaminati si osservano sia gamme di *value* and *chroma* più basse, con gruppi di colore che rientrano anche in tonalità rosso cupo, bruno rossastro scuro (2.5 YR), bruno-rossastro (5 YR) e bruno scuro (7.5 YR) che altre con *chroma* più intense.

Tra i campioni archeologici la tonalità che rientra nei *Red* più accesi, trova riscontro con i rossi ottenuti sperimentalmente grazie all'utilizzo di argille più rossastre e meno brune (argille rosse, Tester Argilla1, *Appendice 5.I. Scheda V*) e nel caso di utilizzo di ocra sulle pareti del vaso (*Scheda VIII*).

10 YR	7.5 YR	5 YR	2.5 YR
10 YR 3/7	7.5 YR 2/0	5 YR 2.5/2	2.5 YR 2/0
10 YR 6/6	7.5 YR 3/2	5 YR 3/1	2.5 YR 3/2
10 YR 6/8	7.5 YR 4/6	5 YR 3/2	2.5 YR 3/4
10 YR 7/3	7.5 YR 5/6	5 YR 3/3	2.5 YR 3/6
10 YR 7/8	7.5 YR 6/8	5 YR 4/4	2.5 YR 4/6
		5 YR 4/6	2.5 YR 4/8
		5 YR 5/6	
		5 YR 5/8	
		5 YR 6/8	
		5 YR 7/8	

Tabella XXXI: colori riscontrati nei campioni ceramici di Lugo. In grassetto vengono indicati quei valori registrati anche nei campioni sperimentali. In corsivo quelli con leggera variazione dalla *value* o *chroma* ma rientranti nello stesso gruppo di colore.

²¹ Dati ricavati dalla consultazione del database relativo al sito nel quale confluiscono diversi dati derivanti dalla catalogazione di più tesisti (circa 4000 frammenti). Purtroppo solo per una parte viene indicato il codice Munsell, I dati qui riportati sono riferibili alla catalogazione effettuata da Moser L. (su 723 frammenti catalogati, 226 hanno riferimenti Munsell).

Si tratta di osservazioni ancora in fase preliminare. L'analisi degli altri campioni, assieme alla valutazione delle caratteristiche cromatiche di superficie esterna, interna e in frattura potrebbe ispirare nuove repliche. Inoltre, analisi attualmente in corso potranno fornire nuovi dati da integrare sulla tipologia di argille impiegate, le trasformazioni mineralogiche occorse e rappresentare dunque un nuovo riferimento per nuove sperimentazioni²².

Tra le tinte meno attestate, rientrano quelle della gamma dei gialli (**Figg. 179, 180**). Sono tipiche, assieme ai gruppi di colore grigio chiaro (**Fig. 181, 182, 187**), delle cosiddette figuline. La colorazione gialla della superficie è stata ottenuta sperimentalmente nel corso della cottura in buca (A, C4), all'aperto, utilizzando un'argilla locale grigia (*Appendice 5.I. Scheda VI*) mentre quella grigia è stata ottenuta nella replica condotta in buca con copertura temporanea (D, C1) utilizzando argille industriali. I frammenti di figuline con impasto di colore grigio presentano spesso tracce di ossidazione esterna rossiccia che potrebbero esser riconducibili a una riossidazione avvenuta poco dopo il picco massimo, equivalente all'effetto 'cuore nero' osservato in altri casi ma con una colorazione più chiara del nucleo dovuta all'impiego di quello che sembra esser un altro tipo di argilla (impasto grigio) (**Figg. 181-182**).



Figura 179: a sinistra e al centro, campione di figulina (frammento di parete decorata, (nRR 114/03. Modificata da foto M. Carotta. Database Lugo di Grezzana, Laboratorio B. Bagolini) di colore giallo (10 YR 6/6)²³



Figura 180: a sinistra campione (INV. 7957) di ceramica figulina (10 YR 7/8); a destra tester argille grigie (*Appendice I, Scheda VI*) dopo la cottura (10 YR 7/6)

²² Analisi in corso per la tesi magistrale della studentessa Marica Ciela (QPA) sotto supervisione della dott.ssa V. Cannavò.

²³ In database la colorazione attribuita è beige per la superficie esterna, grigio per la frattura e grigio-beige per la superficie interna (database Laboratorio Bagolini. Compilatore: Carotta M. 2013-2014)



Figura 181: profilo, superficie esterna e superficie interna del reperto RR 45. Impasto grigio chiaro, superficie giallo-arancione.

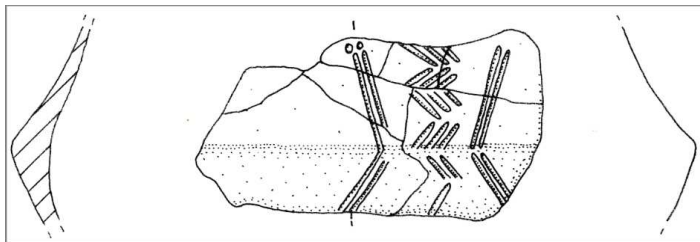


Figura 182: esempio di figulina con colorazione grigia all'interno e tracce di ossidazione esterna (nRR 254/03). Laboratorio Bagolini (modificato da Carotta 2013-2014).

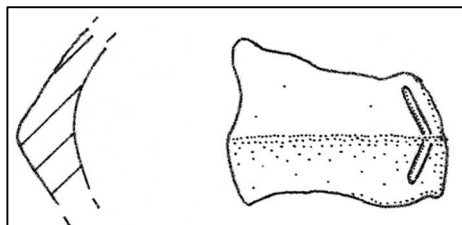


Figura 183: parete carenata con superficie scura e impasto figulino chiaro (nRR 232/03). Impasto molto compatto e omogeneo.

Gli effetti della colorazione riscontrati nella classe delle figuline sembrerebbero semplicemente i risultati di una cottura o totalmente ossidante o in condizioni ossido/riducenti con impasto grigio in sezione e colorazione rosso-gialla in superficie. Tra le figuline ricorrono anche esempi con superficie di colore scuro e impasto chiaro, forse risultato degli stessi processi, descritti in precedenza, causa del “cuore rosso” (Fig. 183). L'impasto appare molto compatto e omogeneo.

Gli effetti con *fire clouds* sono presenti e abbastanza contraddistintivi di molti campioni archeologici rivenuti nel sito di Lugo di Grezzana (Fig. 186). Sono attestati anche frammenti

con aspetto della superficie omogeneo, sia sulla superficie esterna, sia su quella interna che in frattura (sia nei toni del rosso che più scuri, grigio-neri).

Nel corso delle repliche si sono ottenuti risultati simili a quelli riscontrati archeologicamente solo in alcuni casi (**Tab. XXXII**). Il tipico “cuore nero” ampiamente documentato tra le classi di impasto fini, medie e grossolane dei campioni archeologici (**Fig. 184**) è documentato



Figura 184: frammento di vaso a tacco con esempio di cuore nero (da Zanoni 2003/2004)

raramente tra i campioni sperimentali, forse per via delle procedure seguite (lenti tempi di raffreddamento, assenza di componenti organiche negli impasti e altre variabili). Tra i campioni di Lugo è attestato anche il cosiddetto cuore rosso (**Fig. 185**). Oltre che a causa di una cottura in ambiente riducente e assenza di sostanze organiche nell'impasto, questo effetto è spiegato anche con le modalità di raffreddamento seguite. Dopo il raggiungimento del picco massimo (che di solito favorisce la colorazione chiara della superficie esterna) nel caso di forme chiuse o ceramiche impilate in modo da rendere più difficoltosa la circolazione di ossigeno, il nucleo può diventare più chiaro prima delle pareti (Freudiger Bonzon 2005; Martineau, Pétrequin 2000).

Si riscontra inoltre un effetto a doppio strato (**Fig. 187**) che trova confronto tra i campioni sperimentali ed è dunque ben riconducibile a specifici processi osservati nel corso delle cotture dove la presenza di fumo, l'assenza di ossigeno e il contatto ravvicinato con il combustibile possono favorire la formazione di chiazze scure e la penetrazione nella parte del vaso di particelle carboniose. Tra i dati archeologici molti anche i frammenti con pareti totalmente ossidate (**Fig. 188**). Una totale ossidazione delle sezioni è osservabile in quasi tutte le forme sperimentali ottenute. Si tratta di un effetto ricollegabile alle modalità di raffreddamento seguite, in ambienti con buona circolazione d'ossigeno, nonostante la presenza di coperture temporanee²⁴. Assicurare condizioni totalmente riducenti non è così semplice e pareti scure con omogeneità in frattura sono riscontrabili più raramente (**Fig. 188**).



Figura 185: frammento di collo con decorazioni a note musicali (da Zanoni 2003/2004).

²⁴ Le nuove analisi sulle ceramiche di Lugo potranno contribuire a definire nuovi cicli di sperimentazioni finalizzate non solo allo studio delle strutture ma alla comprensione delle scelte tecnologiche operate in antico.



Figura 186: rappresentazione delle principali forme e tipica colorazione con “fire clouds” della superficie”. Vaso su piede (IGVR. 73820); collo di vaso a fiasco (RR 160, Moser 2.5 YR 4/8 e 5 YR 3/2), tazza carenata (RR 503-506), tazza (IGVR. 73818)



Figura 187: confronto tra frattura in campione sperimentale (Scheda I; buca C, C,1) e campioni archeologici (nRR 205/03 e nRR 159/03). Si nota la parte esterna ossidata e quella interna scura. Database Laboratorio B. Bagolini. Foto M. Carotta.



Figura 188: a sx, frammento di vaso su piede con pareti completamente ossidate in frattura (nRR 137/03). A dx, frammento con pareti e nucleo scuri (nRR 315/03). (Foto M. Carotta).

Nucleo	Campioni archeologici	Campioni sperimentali
Cuore Nero	sì	No (un caso dubbio)
Cuore Rosso	sì	no
2 strati (rosso esterno-nero interno)	sì	sì
Omogeneo rosso	sì	sì
Omogeneo scuro	sì	Sì (solo su una parte del vaso)

Tabella XXXII: confronto tra gli effetti riscontrati nel nucleo degli impasti tra i campioni archeologici e quelli sperimentali.

Concentrazioni di colorazione rossa, su ceramiche la cui superficie appare parzialmente deteriorata da diversi possibili fattori, come il tempo, il terreno di giacitura o gli agenti post-deposizionali, sono spesso di difficile interpretazione perché potrebbero esser residui di aree ossidate o di particolari trattamenti della superficie: bruniture, pittura, ingobbi intenzionali (**Figg. 189, 190**). Al fine di verificare questi aspetti, alcuni frammenti di Lugo (nRR 18/03; RR 41; nRR 1066; nrRR 465/03), con tracce di quello che potrebbe essere riferibile all'utilizzo di pigmenti, sono stati oggetto di una serie di analisi archeometriche (microscopia ottica, microscopio elettronico a scansione e spettroscopia X a dispersione di energia – SEM - EDX, spettroscopia Raman)²⁵.

Le prime osservazioni al SEM hanno permesso di escludere che la pigmentazione rossa riscontrata sul campione 1 potesse essere cinabro. I dati sulla composizione forniti da spettroscopia EDX hanno rivelato, su tutti i campioni, concentrazioni di ossido di ferro che potrebbero essere dovute sia all'uso di ocre rossa ma essere anche tipiche della composizione di alcune argille (Appendice 5.II). L'ingobbio nonostante sia caratterizzato da una composizione simile a quella dell'argilla può esser individuato perché forma uno strato separato con un proprio spessore (Cuomo di Caprio 2007, 307). Nonostante questo nei frammenti esaminati non sempre è stato facile riconoscerlo e distinguerlo da tracce residue di brunitura o da aree con forte arrossamento dovuto a ossidazione delle superfici.

La spettroscopia Raman ha confermato la presenza di ematite (Fe_2O_3) come causa della colorazione rossa solo in uno dei cinque campioni esaminati (*Appendice II Figg. 1-9*). La presenza di analoghe, e a volte più alte, concentrazioni di ossido di ferro anche in aree grigie della superficie dei campioni, ha fatto avanzare l'ipotesi della probabile presenza di un ingobbio su tutto il vaso. In nessuno degli altri campioni la presenza di ferro non è stata

²⁵ Le analisi sono state condotte presso il Dipartimento di Ingegneria sotto la supervisione del prof. S. Gialanella e la mia (tutorato specifico) nell'ambito della tesi di Nadia Lovato sulla caratterizzazione dei pigmenti.

riconducibile all'uso di ocre, ematite o goethite, e tale assenza, fatta eccezione per il campione 1, ha condotto ad escludere ogni utilizzo di possibili pigmenti (Lovato 2014-2015).

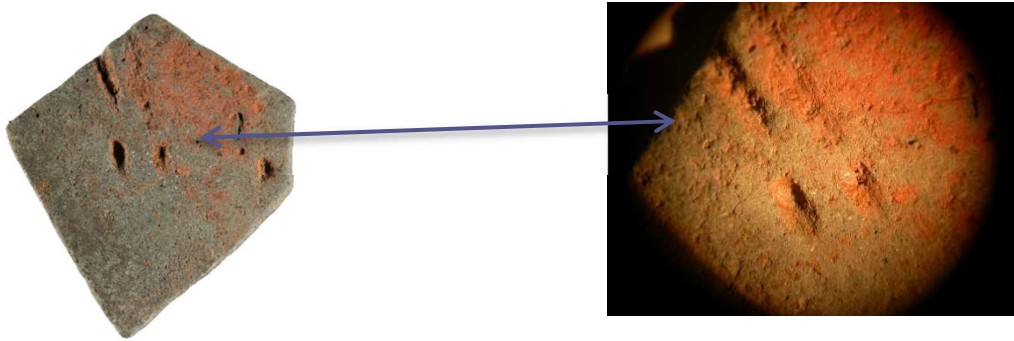


Figura 189: frammento di ceramica caratterizzato da impasto figulino e decorazione incisa con motivo a note musicali e con tracce di pigmento/ingobbio? Campione 1. nRR 118/03 (da Lovato 2014-2015, 24, 38).



Figura 190: frammenti ceramici con tracce di colorazione rossa. Campione 2, RR 41 (impasto figulino e decorazione impressa con motivo a chicchi di grano). Campione 4, nRR 465/03, impasto figulino (da Lovato 2014-2015, 24, 26).

Negli ultimi anni la spettroscopia Raman e altre tecniche sono state impiegate per caratterizzare pigmenti in uso nelle ceramiche preistoriche (Mc Connell, Pappalardo 2000; Angeli et al. 2006; Belli et al. 2008). Le analisi permettono di risalire alla composizione del pigmento impiegato, mentre restano da chiarire le differenze tra la selezione della materia prima, i processi di preparazione e le modalità di utilizzo sulla ceramica.

Il termine ocre, ampiamente diffuso in ambito archeologico, è riferito in maniera generale a diversi minerali di ferro o ricchi di ferro (Hodgskiss 2010).

La definizione di “ocra rossa”, costituita da ossido di ferro idrato $-Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, fa riferimento ad una varietà terrosa contenente ematite microcristallina e può essere associata anche ad altre sostanze come silicati argillosi e quarzo. La traduzione letterale dal greco (*ochros*) fa riferimento al “giallo” tipico della presenza di una miscela idrossidi di ferro – $FeO(OH)$ – in cui costituenti principali sono la goethite e la lepidocrocite (comunemente

definiti limonite); se sottoposti a processi di calcinazione, per riscaldamento a temperature superiori ai 250° C, si trasformano in ematite (Goss 1987, 437; Belli et al. 2008).

L'ematite può trovarsi in natura sotto forma di agglomerati di cristalli rossi o neri (Serradimigni, Colombo 2015); se polverizzati hanno una intensa colorazione rossa. Sebbene tale processo sia ritenuto molto difficoltoso (Clottes et al. 1990) l'uso di tali metodologie è attestato in contesti datati al Paleolitico superiore (Aranguen et al. 2006). Simili polveri coloranti potrebbero esser state ottenute, sempre tramite triturazione, anche da noduli ferrosi (Bertola 2008, 298) seguendo però processi più complessi.²⁶ Noduli ferrosi con tracce di sfregamento²⁷ e grumi di ocre sono stati rinvenuti a Riparo Dalmeri (Dalmeri et al. 2005) in livelli datati all'Epigravettiano recente. Nuclei e grumi di ocre, sia rossa che gialla, sono stati rinvenuti anche nel vicino sito del Riparo Tagliente (Epigravettiano recente) dove è stato osservato che la maggior parte di ocre rossa utilizzata è stata ottenuta artificialmente dall'ocra gialla (Fontana et al. 2012). La presenza di diversi tipi di ocre e noduli ferrosi sembra rivelare un'approfondita conoscenza di questi materiali e delle tecniche necessarie per modificarli sin da epoche precedenti a quella in esame e potrebbe esser correlata a una differenziazione d'uso.

L'utilizzo di ocre continua ed è ampiamente documentato anche durante il Neolitico in molti siti della penisola italiana. Tracce di pigmentazioni rosse sulle ceramiche sono attestati nella Grotta della Pollera nei solchi della decorazione a graffito di alcuni frammenti; interessante la presenza sia di incrostazioni rosse che gialle²⁸; a Catignano ricorre come campitura di motivi decorati ad excisione, incisione e graffito (Lovato 2014-2015). Numerose le proprietà di questo materiale il cui utilizzo è esteso a molti ambiti²⁹.

La conferma dell'uso di ocre/ematite sulla ceramica nel sito di Lugo di Grezzana apre nuove domande sul reperimento della materia prima utilizzata. I pigmenti potrebbero esser stati

²⁶ Trattamenti termici permetterebbero di eliminare l'anidride solforosa e ottenere una polvere scura che, se utilizzata nella preparazione di un ingobbio, può trasformarsi in Fe₂O₃ solo in condizioni fortemente ossidanti (comunicazione personale Agatino Reitano, EtnAttiva).

²⁷ L'uso della Spettrofotometria XRF ha permesso di identificare ossidi di ferro (ocra rossa/ematite) nel pigmento usato sulle rocce mentre la spettroscopia FT-IR ha rilevato la presenza di cera d'api come legante (Rosanò, Pellizzaro 2005).

²⁸ Questo dato può rappresentare uno spunto di approfondimento per future sperimentazioni sulle tecniche di preparazione delle ocre rosse per calcinazione. La presenza di entrambe le pigmentazioni potrebbe suggerire un utilizzo del pigmento giallo sul vaso prima della cottura, la trasformazione degli idrossidi si attiverebbe per gli effetti del calore; la presenza di grumi di ocre rosse ottenute artificialmente nei siti potrebbe dunque indicare una diversa destinazione.

²⁹ L'ematite macrocristallina ha un potere colorante più elevato; inoltre per la sua durezza sembra esser stata selezionata per le sue proprietà abrasive. Le ocre invece, per la presenza di argilla tra le componenti, possono esser state utilizzate, oltre che come coloranti, anche per le proprietà astringenti che possono aver favorito il trattamento delle pelli animali o la conservazione di alcuni cibi come la frutta (in quanto riescono a prevenire e bloccare il processo di decomposizione). Da considerare anche le proprietà disinfettanti e antibatteriche (Aranguen et al. 2006, Serradimigni, Colombo 2015). Recenti test sperimentali hanno dimostrato che anche un altro materiale, il biossido di manganese (MnO₂), il cui utilizzo veniva associato esclusivamente alle proprietà coloranti, potrebbe esser stato invece usato per aumentare la velocità di combustione, favorendo l'accensione del fuoco (Heyes et al. 2016).

dunque ricavati seguendo diverse modalità: prelevando ematite in forma terrosa (microcristallina) o nella sua forma macrocristallina (non semplice da trovare né da processare); altra modalità sarebbe stata quella di raccogliere noduli ferrosi.

Sui Lessini, caratterizzati da estesi fenomeni carsici, sono frequenti depositi di ocre, sia rosse che gialle (Zorzin 2005), originatisi dalla dissoluzione dei locali Calcari eocenici neritici (Bertola 2008, 292). Non molto distanti dal sito esaminato si trovano il giacimento delle Torricelle e Ponte di Veja; ocre gialle sono frequenti dentro le cavità e spaccature dei calcari marnosi presenti nelle colline a N di Verona (Bosellini et al. 1967). Ematite nella forma cristallina non sembra esser attestata ma forse, come proposto per alcuni ritrovamenti nelle zone dell'altopiano di Asiago, noduli ferrosi potrebbero esser stati potenzialmente adatti per ottenere sostanze coloranti. In assenza di ritrovamenti nel sito e di approfondimenti sulle tecniche di realizzazione di sostanze coloranti, questa linea di indagine rappresenta ancora un campo da esplorare. Un'altra modalità di realizzazione del pigmento si può ottenere seguendo processi di depurazione di argille con alto contenuto di ossidi di ferro, tra l'altro tipiche dell'area. Un affioramento è stato individuato nei dintorni di Lugo, caratterizzato da una marcata colorazione rossa (*Appendice 5.I, scheda III, V*)³⁰.

Nel corso della preparazione delle argille sperimentali è stato effettuato un tentativo di ottenere un pigmento dall'argilla in sospensione durante la decantazione. Una volta essiccata la soluzione si presenta densa e fortemente colorante, spennellata allo stato liquido sulla superficie di uno dei vasi sperimentali, appare ben distinguibile dal resto del corpo ceramico sul quale è stata applicata (**Fig. 191**). Questa procedura permetterebbe dunque di ottenere dei pigmenti dalle argille rosse che, una volta essiccati, hanno l'aspetto e consistenza di grumi di ocre (**Fig. 192**)³¹.



Figura 191: realizzazione di un pigmento ricavato dalle argille rosse prelevate nei dintorni del sito di Lugo di Grezzana (2.5 YR 4/6). Vasetto, con evidenziata una zona con applicazione del pigmento (2.5 YR 5/6), dopo la cottura (D, C3).

³⁰ In alcune argille ferruginose i composti del ferro possono raggiungere e superare percentuali del 15%, mentre in quelle calcaree la percentuale varia dall'1 al 5% (Cuomo di Caprio 2007, 96). Le ocre rosse invece possono contenere dal 20% al 70% (Bosellini et al. 1967).

³¹ In occasione del *Summer Course on Experimental Neolithic Pottery* seguito a Kiladha - GR nel 2016 ho avuto modo di osservare una procedura simile, con preparazione di pigmenti da argille fortemente ferruginose, che una volta essiccati avevano la consistenza di piccoli grumi simili all'ocra rossa. Sarebbe interessante poter avere la possibilità di analizzare la composizione di questi materiali ed effettuare delle comparazioni con quanto riscontrato archeologicamente.



Figura 192: esempio di grumo "pseudo-ocraceo" ottenuto tramite processi di depurazione di argille ferruginose.

Sulla base di quanto osservato si potrebbe supporre che una simile procedura potrebbe esser stata conosciuta anche dagli antichi abitanti del sito. L'uso di pigmenti si ripercuote inoltre anche sulla scelta della procedura di cottura da seguire. L'applicazione di miscele in maniera disomogena può comportare variazioni rosso-brunastre, mentre in ambienti riducenti i pigmenti potrebbero subire modifiche più accentuate dal rosso al nero.

In occasione della partecipazione al corso di archeologia sperimentale a Kiladha, l'applicazione di un pigmento rosso su un vaso, a superficie chiara, posto in una posizione del forno (a struttura verticale) esposta da una parte in prossimità del combustibile e dall'altra a correnti d'aria ha dato un risultato non omogeneo. Il vaso, posto nella parte bassa del forno, era a diretto contatto con il combustibile. Lo stesso pigmento ha infatti due colorazioni diverse (**Fig. 193**). La decorazione sul fondo appare totalmente scura



Figura 193: esempio di colorazione del pigmento mista: rossa e nera.



Figura 194: posizionamento del vaso alla base del forno, nella camera di combustione. Pigmentazione nera della decorazione sul fondo.

La presenza di un pigmento rosso su uno dei frammenti rinvenuti a Lugo fornisce dunque anche informazioni sull'ambiente di cottura: in presenza di colorazioni chiare la procedura di cottura deve aver previsto condizioni ossidanti. Si tratta di un dato che verrà integrato con tutte le altre informazioni desunte dalle prove sperimentali e commentato più avanti.

La ricerca e l'analisi sui pigmenti potrebbe estendersi anche ad altre categorie di manufatti³².

Questa prima prova può rappresentare la premessa a un nuovo ciclo di ricerche legate ai processi di preparazione dei pigmenti attraverso approfondimenti e l'elaborazione di nuovi protocolli di indagine³³. Diverse concentrazioni possono essere ottenute attraverso miscele o

³² Sarebbe interessante poter estendere questa ricerca ampliando la gamma delle analisi, includendo anche lo l'industria litica, per valutare le possibili associazioni ocre/litica, ricorrenti e attestate in fasi precedenti (Serradimigni, Colombo 2015).

³³ Poco si conosce sulle metodologie di applicazione del pigmento, se prima o dopo la cottura. Quest'ultima soluzione è stata suggerita ad esempio da Karen D. Vitelli (1999,69) perché considerato il solo modo per mantenere vividi i colori. Alcuni pigmenti inoltre, come il cinabro e il manganese, vaporizzano a basse temperature e sono potenzialmente tossici. Motivo per il quale l'autrice sostiene che fossero applicati a fine cottura.

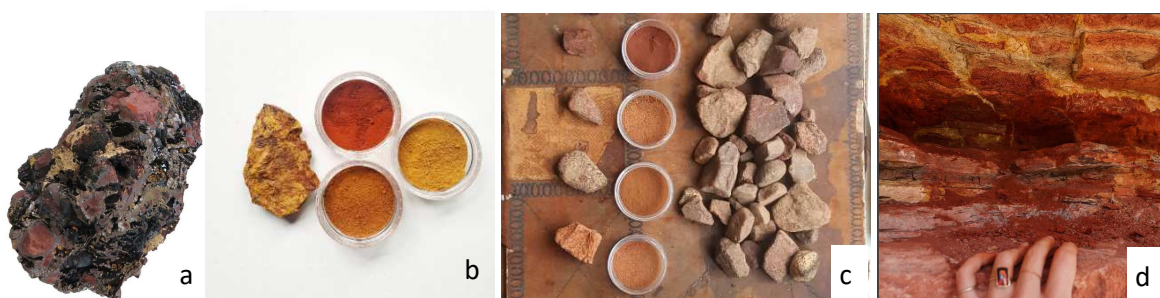
aggiunta di altre sostanze coloranti all'impasto ceramico, come già riscontrato con l'aggiunta di ocra alle argille in uno dei vasi cotti in una delle repliche sperimentali (*Scheda VIII, 2-3*).

Nuove repliche sperimentali potrebbero contribuire alla comprensione delle tecniche di preparazione e uso dei pigmenti sulle ceramiche; se integrate da analisi archeometriche permetterebbero di ampliare le informazioni sulle procedure utilizzate e sulla loro "riconoscibilità" attraverso diverse tecniche di indagine e fornendo dati di riferimento per esaminare maniera più dettagliata le differenze tra:

- a) tipo di materiale utilizzato:
 - pigmenti ottenuti da ematite macrocristallina o microcristallina;
 - utilizzo di ocra gialla sul vaso e osservazione dei risultati dopo la cottura;
 - utilizzo di noduli ferrosi;
 - argille con alto contenuto di ossidi di ferro;
- b) procedura di preparazione e utilizzo:
 - trattamenti termici dei noduli ferrosi e delle ocre gialle;
 - ingobbi o pitture spennellate sulla superficie del vaso;
 - pigmenti ottenuti dalla depurazione delle argille rosse.
- c) Colorazioni assunte dai pigmenti in diverse condizioni di cottura.

Come anticipato precedentemente in riferimento alla presenza di pigmenti misti di pigmento giallo e rosso su un frammento rinvenuto alla Grotta della Pollera questi approfondimenti permetterebbero, ad esempio, di chiarire le modalità di trattamento e applicazione dell'ocra gialla sulla ceramica.

La selezione di argille "rosse", ricche di ossidi e idrossidi di ferro, oltre che per la colorazione potrebbe esser stata effettuata anche per il loro potere fondente a basse temperature (Cuomo di Caprio 2007).



Esempi di diversi tipi di pigmenti: a) ematite macrocristallina; b) calcinazione di ocra gialla a temperature superiori ai 200° C con diversa durata; c) esempio di pigmento ottenibile per triturazione di noduli ferrosi; d) giacimento di ocra terrosa. (Heidi Gustafson, *International Pigment Archive* @<https://www.instagram.com/heidilynnheidilynn/>)

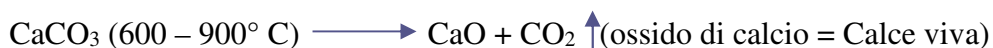
- Effetti della presenza di inclusi calcarei

Durante la preparazione sperimentale delle argille raccolte in prossimità di Lugo di Grezzana, è stata osservata la presenza di inclusi calcarei di diverse dimensioni. Due diverse procedure di preparazione hanno permesso di ottenere due tipi di impasto: uno semidepurato, con inclusi di medie dimensioni (IM) e un altro, depurato, con degrassante caratterizzato da granulometria più fine (IF). La presenza di calcite negli impasti è solitamente considerata a rischio poichè, a certe condizioni, può compromettere il buon esito dell'operazione (Scheda III-IV).

Il vaso su piede (Scheda I) nel corso della cottura nella buca C è stato esposto a temperature incluse in un *range* di 700-800° C (mantenuti per circa 50 minuti) con picchi di 900° C (per pochi minuti). Il vaso a fiasco (*scheda IV*), realizzato invece con l'impasto più fine, è stato esposto a temperature di 700-800° C per pochi minuti e a range superiori agli 800° C per una decina di minuti.

La temperatura in cui la decomposizione dei carbonati di calcio (calcite) avviene è ancora oggetto di dibattito e gli intervalli proposti per l'inizio e la conclusione del processo vanno da 650 – 750° C agli 850-900° C (Rice 1987, 98); c'è chi indica quelli tra i 700° C e i 900° C (Cuomo di Caprio 2007) e chi li pone tra i 600 e gli 800° C (Fabbri et al. 2014). Gli 870° C spesso indicati in letteratura si riferiscono ad esperimenti condotti in laboratorio e che non tengono conto delle variabili presenti, ad esempio, nel caso di cotture in strutture in fossa.

Si tratta di un processo reversibile se non si superano i 900° C, oltre diventa irreversibile grazie alla stabilizzazione dei silicati. La decomposizione della calcite (CaCO_3) in calce (CaO) – decarbonatazione – per la sua capacità igroscopica, può esser seguita infatti da fenomeni di ricarbonatazione, che possono avvenire dopo la cottura, nella fase di raffreddamento e persino giorni o settimane dopo, comportando un alto rischio di fratturazione e disgregazione della ceramica (Rye 1981, 107). La sola presenza di umidità nell'aria, può contribuire alla formazione di $\text{Ca}(\text{OH})_2$ che comporta la dilatazione del corpo ceramico con conseguenti rischi di fratture e rotture per effetto espansivo della trasformazione da ossido a idrossido.



Dilatazione corpo ceramico

La granulometria della calcite sembra incidere sugli effetti: la sua dissociazione è più rapida quando è più fine. Se la granulometria è grossolana può invece provocare maggiore porosità e la formazione di calcinelli (glomeruli che per via della dimensione non sono riusciti a completare la dissociazione in ossido di calcio. **Fig. 195**). Se si verifica un processo di idratazione aumenta il rischio di compromettere l'integrità del vaso.



Figura 195: vasetto modellato con argilla locale raccolta nei dintorni di Lugo ((IM). Dopo alcuni giorni dalla cottura sono visibili i cosiddetti "calcinelli" con relative fratture. (Buca C, C1).

I vasi sperimentali realizzati hanno permesso di osservare alcuni dei processi descritti. Il vaso su piede (Scheda III), caratterizzato da un impasto più grossolano (**Fig. 196, IM**), presenta fessurazioni significative in corrispondenza di orlo, pareti e anse. Il vaso si rompe totalmente dopo quasi una settimana. Il vaso a fiasco (Scheda IV) invece, caratterizzato da un impasto a granulometria fine (**Fig. 196, IF**), nonostante alcune fratture avvenute in fase di cottura per il crollo della copertura, si preserva integro anche nei giorni successivi alla cottura.

IM	Superficie esterna	Frattura
		
IF	Superficie esterna	Frattura
		

Figura 196: campioni esemplificativi di un vaso realizzato con impasto medio-grossolano (IM) e con impasto maggiormente depurato (IF). Particolari fotografati con microscopio digitale Celestron CM44308 HDM Pro, ingrandimento da 20 a 200x.

Tra le soluzioni che consentono di evitare tali processi, come già accennato in scheda III, oltre a temperature non superiori a quelle indicate come limite per il processo di decarbonatazione, vi è quella dell'uso di impasti con la presenza di inclusi di piccole dimensioni (< 2mm). La modalità di preparazione dell'impasto, nel secondo caso, con un

livello maggiore di depurazione dagli inclusi naturalmente contenuti nelle argille locali (seconda depurazione in setaccio a maglia più strette del primo), sembra rappresentare la discriminante che ha favorito il buon esito della cottura.

Il vaso su piede rappresenta dunque un esempio concreto dei rischi che occorrono in presenza di fenomeni di ricarbonatazione. Nonostante il superamento dei 900° C, la eccessiva quantità e la granulometria grossolana del degrassante (>2mm), forse anche i ridotti tempi di mantenimento delle temperature massime, non hanno consentito la formazione di nuove fasi cristalline come la gehlenite che, garantendo trasformazioni stabili, avrebbero evitato fenomeni di ricarbonatazione (per un approfondimento si veda Fabbri et al 2014, 1902-1906).

Le repliche sperimentali hanno offerto dunque due esempi significativi e rappresentativi di due effetti opposti: il vaso su piede (IM) si disgrega dopo una settimana, e vaso a fiasco (IF) che invece rappresenta il risultato ottimale.

La scelta di usare un'argilla locale per foggare alcuni dei vasi da destinare alle cotture sperimentali, ha permesso di valutarne a livello generale la lavorabilità, la resa e osservare macroscopicamente la tipologia degli inclusi naturali.

I primi tentativi di foggatura di argille locali hanno mostrato alcune difficoltà di lavorazione in assenza di processi di decantazione (**Fig. 197**, 1) che migliorano con l'aggiunta di chamotte (**Fig. 197**, 2) e argilla più depurata (**Fig. 197**, 3). Sottoposti a cottura, i primi due casi riflettono quanto già osservato nel caso del vaso su piede, mentre nel terzo caso, forse per la presenza di inclusi calcari in concentrazione minore, non si sono registrate modifiche attribuibili a fenomeni di ricarbonatazione.

Nonostante le problematiche connesse, pare che le argille carbonatiche furono usate in passato, per le loro proprietà leganti, principalmente per tentare di ottenere sinterizzazione a basse temperature (Cuomo di Caprio 2007). Fino a 750° C non vi sono differenze tra ceramiche calcaree e non calcaree (presentano entrambe buona resistenza shock termici, poca a quelli meccanici). Dopo i 900° C, le ceramiche carbonatiche con granulometria fine diventano più resistenti agli shock meccanici, quelle silicee-caolinitiche mantengono buone caratteristiche per resistere agli shock termici (**Fig. 198**).

Il loro utilizzo sembra continuare anche nelle fasi successive, come attestato dalla presenza di frammenti inquadrabili in un orizzonte culturale VBQ, contraddistinti dalla presenza di alte concentrazioni (dimensione e frequenza) di inclusi calcarei³⁴.

³⁴ Future analisi potranno approfondire gli aspetti relativi alla definizione di classi di impasto e classi ceramiche e osservarne i cambiamenti nelle diverse fasi di occupazione del sito.

1



Tentativo nr. 1.

Vaso plasmato con argilla locale raccolta a Grezzana. Foggatura difficile. Il vaso tende a fessurarsi. A distanza di alcuni giorni dalla cottura (C, C1) inizia a disgregarsi. Formazione di calcinelli.



2



Tentativo nr. 2.

All'argilla locale viene aggiunta di chamotte. Migliora la lavorabilità e il vasetto è più stabile. Dopo la cottura (C, C1) anche in questo caso si osserva la formazione di calcinelli e linee di frattura.



3



Tentativo nr. 3.

Argilla mescolata con argilla da vasaio molto liquida e depurata. Migliorano la lavorabilità e la stabilità del vaso.

Resiste alla cottura (B, C2)



Figura 197: valutazione della resa dell'impasto ottenuto con argille locali.

		Temperatura di cottura < 800°C	Temperatura di cottura > 870°C
Dissociazione CaCO_3	→	no (incompleta)	sì
Potere legante	→	basso	alto
Effetto schiarente	→	scarso	forte
Uso	→	ceramica da fuoco	ceramica (non da fuoco)

Figura 198 : effetti legati alla presenza di calcite nelle argille (granulometria molto fine). Da Cuomo di Caprio 2007, 95 (Finestra VII).

Il confronto macroscopico tra campioni archeologici con impasti medi-grossolani e quelli sperimentali sembra riflettere una simile concentrazione e granulometria degli inclusi calcarei (**Fig. 199**)³⁵. La loro presenza in vasi che sembrano dunque aver superato il processo di cottura solleva alcune domande sulle soluzioni adottate dagli antichi ceramisti per evitare i tipici rischi di reidratazione in presenza di CaO. Le opzioni possibili prevedono diverse alternative:

- Effettuare una prima depurazione eliminando i componenti di dimensione grossolana; una frequenza più bassa e dimensioni ridotte degli inclusi calcarei sembrano non compromettere la buona riuscita delle operazioni di cottura e non rende necessario esporre il materiale a particolari intervalli di temperature;
- Cuocere il materiale a temperatura non superiori ai 650°-700° C o superiori ai 1000° C (Rice 2015, 109);
- Immergere in acqua il vaso ancora caldo, subito dopo la cottura per almeno 24 ore (Rye 1981, 107; Klemptner, Johnson 1986);
- L'utilizzo del cloruro di sodio³⁶ nelle argille caratterizzate dalla presenza di calcite in granulometria grossolana, oltre ad avere proprietà schiarenti (utili nel caso di applicazioni di pitture) e nonostante aumenti la porosità del vaso, sembra limitare i danni causati da possibili reidratazioni (Laird, Worcester 1956, citato in Rice 2015).



Figura 199: confronto tra RR 37 e frammento di vaso sperimentale. Visibili inclusi calcarei di circa 1-2mm.

³⁵ Oltre a questa tipologia di impasto, ne sono attestate anche altre con diverse caratteristiche e maggiore livello di depurazione: figulina, fine, molto fine, medio fine, media. Una osservazione preliminare degli impasti delle ceramiche di Lugo ha permesso di osservare un comportamento ricorrente nella determinazione delle “ricette”: da una parte gli impasti grossolani, caratterizzati dalla presenza di inclusi calcarei, selciferi e micacei e a volte di chamotte e, dall’altre, una costante differenziazione negli impasti medi e fini che permette di riconoscere per ciascuno di essi un gruppo contraddistinto da inclusi minerali e un altro da inclusi vegetali (Moser 1995-1996; Miorelli 1998-1999; Zanoni 2003-2004; Carotta 2013-2014; Sartori 2014-2015). Ulteriori analisi, integrate anche da un approccio funzionale, potranno forse chiarire le scelte alla base di queste differenziazioni.

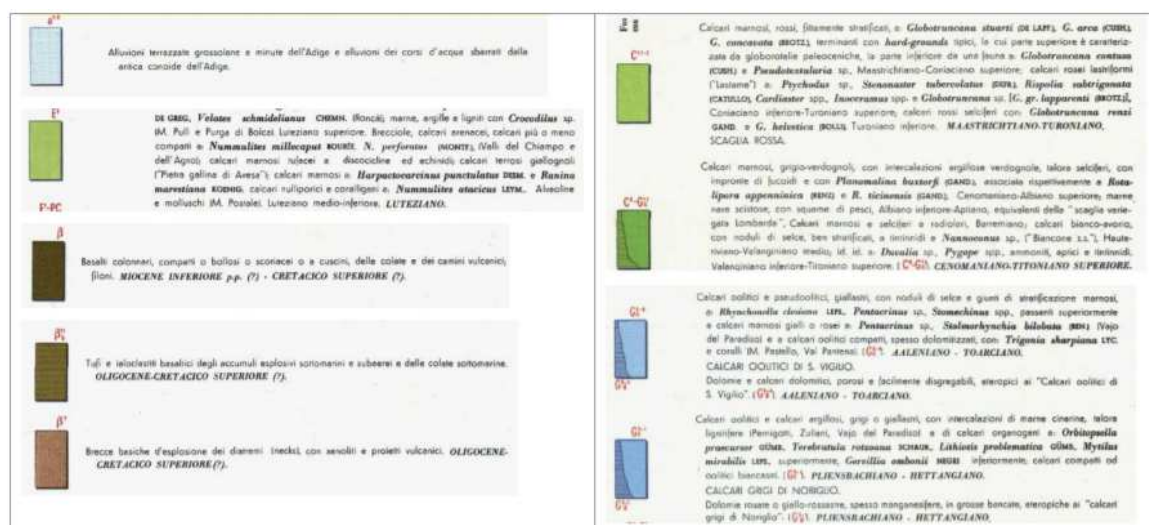
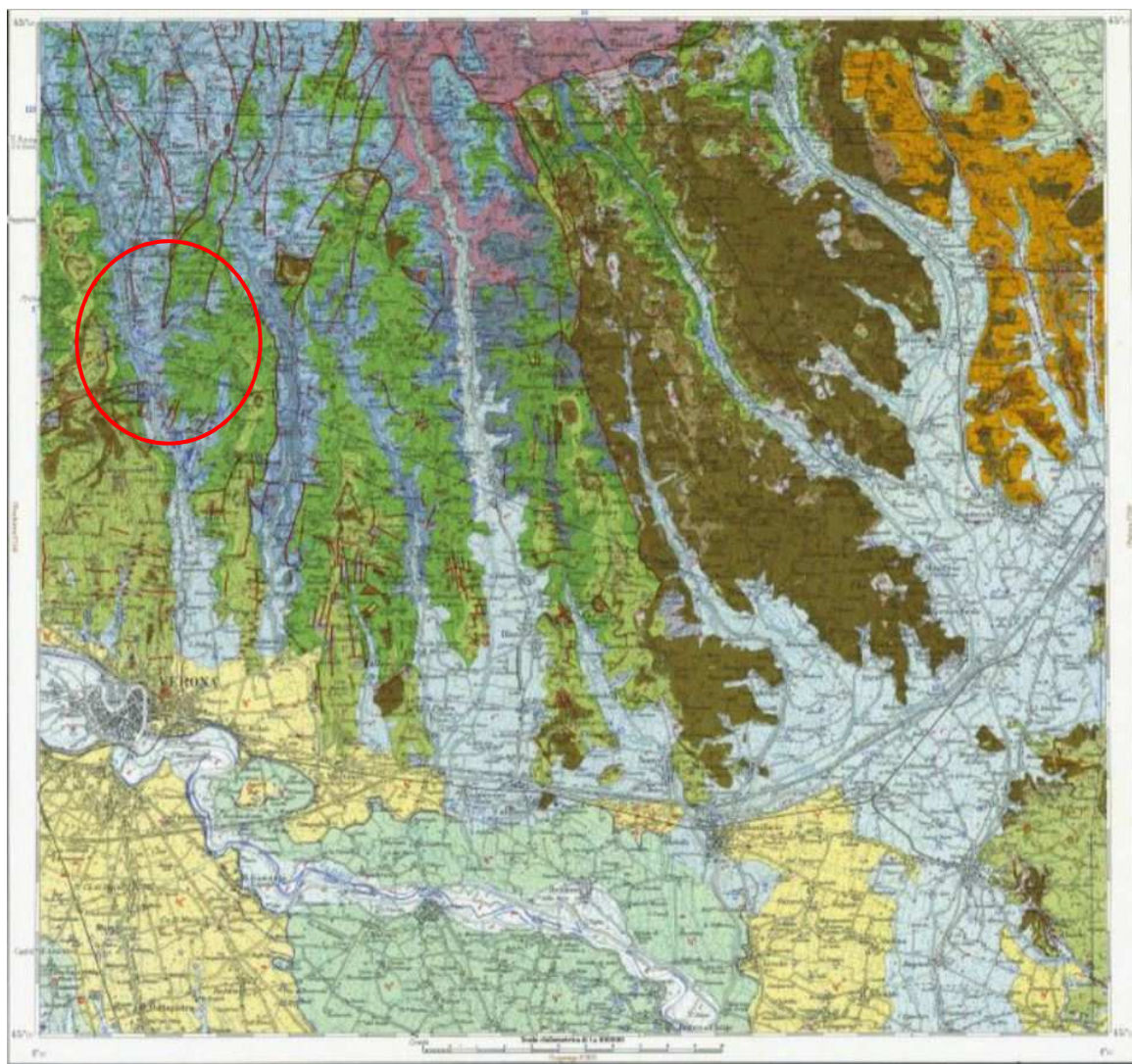
³⁶ Presente nelle argille raccolte in zone costiere o sedimentate in bacini di tipo lagunare (Cuomo di Caprio 2007, 313).

L'analisi della calcite primaria (basse temperature: < 750-800° C) o secondaria (alte temperature), oltre a fornire informazioni sulle materie prime utilizzate, diventa dunque un utile strumento per risalire a possibili intervalli di cottura (Cultrone et al. 2001; Fabbri et al. 2002; Mirti 2004; Maggetti et al. 2010; Kováč et al. 2013). Tuttavia alcune variabili, come le dimensioni degli inclusi e l'atmosfera di cottura hanno un ruolo chiave che può comportare alcune variazioni rispetto ai risultati ottenuti in laboratorio, nonostante il superamento della temperatura considerata come limite di riferimento³⁷. Altri processi, come l'immersione in acqua o l'aggiunta di sale necessitano invece di approfondimenti per comprenderne meglio gli effetti. Analisi sperimentali sulle argille potrebbero contribuire a chiarire anche questi aspetti che appaiono meno prevedibili.

Le domande emerse sottolineano l'importanza di un lavoro multidisciplinare anche in merito alle ricerche sperimentali. Si tratta di un settore di ricerca dall'ampio potenziale che, tramite il coinvolgimento di più specialisti può integrare la ricerca su più livelli di analisi.

³⁷ Per un approfondimento sulle analisi consigliate per determinare la tipologia di inclusi calcarei si veda Fabbri et al. 2014, 1909.

Fig. 1. F 49 Carta geologica d'Italia. Veneto. 1:100.000. (da ISPRA http://193.206.192.231/carta_geologica_italia/tavoletta.php?foglio=49)



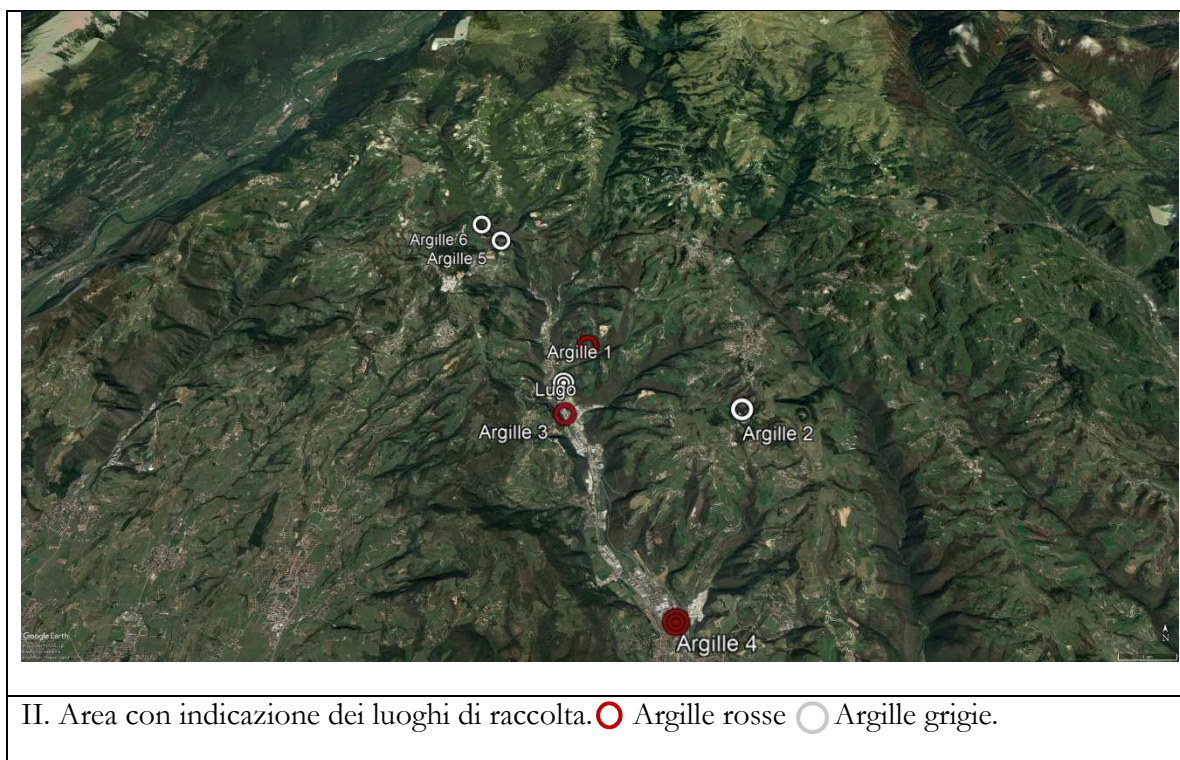
I. Argille locali e preparazione impasti sperimentali.

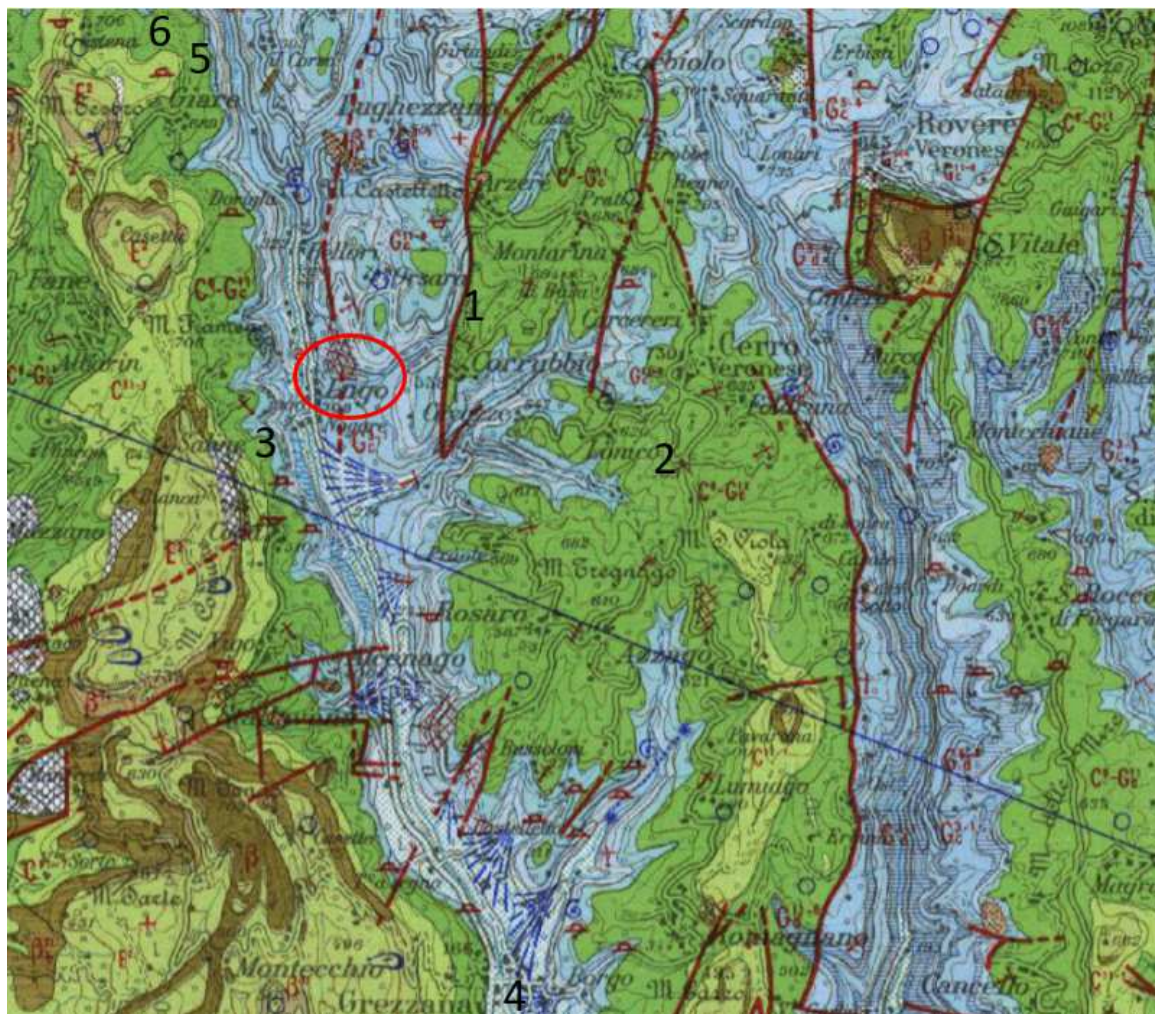
Per modellare alcuni dei vasi usati per le cotture sperimentali sono state utilizzate argille locali raccolte in prossimità di Lugo di Grezzana. A causa dell'urbanizzazione dell'area, oggi non è facile individuare affioramenti e stratigrafie esposte. Probabilmente in passato, la materia prima era disponibile nello stesso insediamento o nei dintorni, scavando alcuni centimetri al di sotto degli strati superficiali e intercettando i banchi argillosi. Molte argille possono depositarsi anche lungo le sponde di ruscelli, fiumi e sorgenti ed è probabile che gli antichi ceramisti selezionassero più varietà.

Nel corso di studi condotti sulle ceramiche di Lugo da diverse tesiste, sono stati applicati vari metodi di classificazione degli impasti; a livello generale sono state riconosciute prevalentemente quattro categorie suddivise sulla base della frequenza e la dimensione degli inclusi: impasto fine, medio, grossolano, alveolare. Il degrassante più frequente è rappresentato da frammenti micacei, selciferi, calcarei e molto diffuso appare l'uso di chamotte (Moser 1995-1996; Miorelli 1998-1999; Zanoni 2003-2004; Carotta 2013-2014; Sartori 2014-2015). Le analisi effettuate su alcuni campioni ceramici rinvenuti a Lugo ne hanno confermato la provenienza locale rivelando che la composizione di fase (illite-muscovite) è riferibile alla composizione mineralogica del sito (Bouvet et al. 2010; Fermo et al. 2013). Gli impasti appaiono differenziati prevalentemente per la tipologia di inclusi. La microscopia ottica su sezioni sottili di ceramica con impasto medio aveva rivelato la presenza di quarzo, mica, selce e chamotte. Gli inclusi presenti avevano dimensioni al di sotto dei 2mm. L'impasto fine presentava invece inclusi in una concentrazione più bassa e caratterizzati invece da mica, quarzo e selce. La pseudo-figulina, composta da un impasto molto omogeneo, contiene una bassa quantità di inclusi molto fini, principalmente costituiti da quarzo microcristallino.

I sopralluoghi sono stati effettuati a carattere esplorativo per valutare la presenza di argille che potessero differenziarsi da quelle tipiche del sito e per testarne la plasticità, la lavorabilità e la resa dopo la cottura (con confronto tra colorazione in crudo e in cotto); nello specifico si è tentato di individuare delle argille che dopo la cottura presentassero effetti di colorazione simili alle figuline. Il tipo di argilla usato per le figuline, ad una osservazione macroscopica, non sembra esser ottenuto dalla sola depurazione delle argille rosse, ma il colore chiaro fa pensare ad argille carbonatiche per le loro proprietà schiarenti.

Per la prima serie di attività è stata utilizzata un'argilla raccolta nel centro di Grezzana da terreno di risulta derivante dallo scavo di una buca fatta in occasione di lavori edili (Scheda Argilla 4). Il tipo di sedimento, simile agli strati di località Campagne di Lugo, è limo-argilloso con inclusi di tipo calcareo, selcifero e rari inclusi vegetali. I campioni raccolti per la seconda serie di attività sono stati usati per realizzare dei tester da sottoporre a cottura (Schede Argilla 1, 2, 3, 5, 6).





IV. Lugo di Grezzana è ubicato sul fondovalle della Valpantena, una delle incisioni vallive del tavolato dei Monti Lessini che si caratterizza per litologie prevalentemente calcaree carsificate. Al grande conoide dell'Adige affluiscono i conoidi dei torrenti che scendono dalla Lessinia

L'area è caratterizzata da rocce prevalentemente carbonatiche di età compresa fra il Giurassico medio-superiore e l'Eocene (calcarei oolitici e calcari argillosi grigi e giallastri e altri appartenenti alla formazione dei Calcarei Grigi di Noriglio). Il Cretacico è rappresentato invece da calcari marnosi. Formazioni più recenti sono rappresentate da Calcareniiti giallastre, calcari compatti a Nummuliti, calcari marnosi e terrosi fossiliferi, basalti, tufi. Una matrice argillo terrosa di colore bruno ricca di clasti caratterizza le coperture detritiche sui versanti (Bosellini et al. 1967).

Tutte le aree di raccolta delle argille sono localizzate in punti con formazioni risalenti al Cretacico e caratterizzate prevalentemente da calcari marnosi con intercalazioni argillose.

SCHEDA V - ARGILLA 1

ARGILLE 1 – Strada per Orsara – via delle Colline, Grezzana. Coordinate: 45°34'27.6" N 10°59'56.7" E
 Distanza dal sito: 950 m ca. (meno di 1 Km)
 Data: 26/8/2017



Descrizione: suoli prevalentemente argillosi, generati da fenomeni carsici, di alterazioni carbonatiche (Calcarei) della formazione del biancone di età Giurassico-Cretacica. Si decide di modellare una ciotolina sul posto per verificare la plasticità che appare ottima e ne conferma la lavorabilità. Il colore rientra nella gamma dei rossi e acquista luminosità e maggior saturazione dopo la cottura.



COLORE: 5 YR 4/6: CRUDO
 Plasticità: ottima.

COLORE DOPO	2.5 YR 5/8
COTTURA	5 YR 6/6
2.5 YR 5/6 - 6/6	2.5 YR 3/1
GLEY 1 3/N	

VI. ARGILLE 2

ARGILLE 2 – S. P. 6 per Cerro

Data: 26/8/2017

Coordinate: 45°33'26.1"N

11°02'16.3" E

Distanza dal sito: linea d'aria ca. Km 3,5



Descrizione: alternanza di marne e argille in strati centimetrici, ascrivibili alla formazione del biancone di età Giurassico-Cretacica, sulla strada per Cerro. Si modella una piccola ciotola sul posto per testarne la plasticità che appare ottima. Una volta essiccata assume una colorazione giallina, gialla dopo la cottura.



COLORE

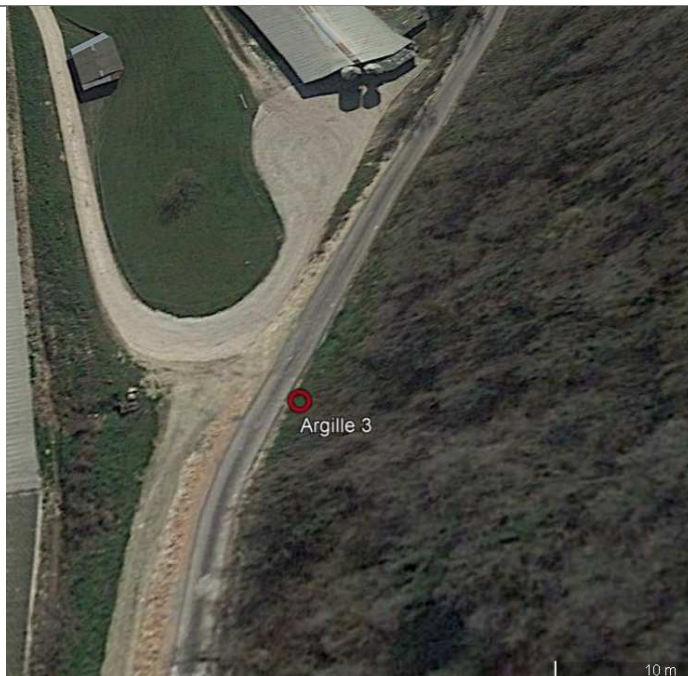
CRUDO: GLEY 1 8/10Y – ESSICCATO 10 YR8/4

Plasticità: ottima.

COLORE: 10 YR 7/6

VII. ARGILLE 3

ARGILLE 3 – Stallavena, versante	Coordinate: 45°33'32.0"N	10°59'45.76"E
Ovest della valle	Distanza dal sito: 860 m (meno di 1 Km)	
Data: 30/7/2017		



Descrizione: depositi alluvionali misti a detriti di falda su fianco esposto sulla sponda destra della valle. Il terreno è di colore bruno, limo-argilloso e ad una prima verifica presenta una buona plasticità. Il colore dell'argilla, una volta processata, è bruno scuro.



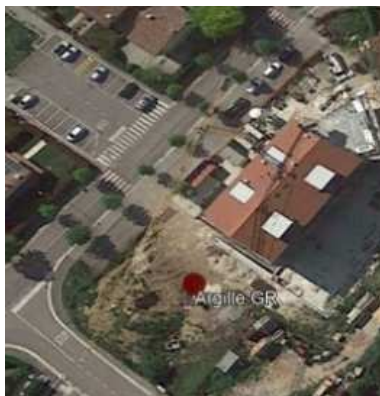
COLORE: 7.5 YR 2.5/2
Plasticità: buona.
Lavorabilità: buona.

Non ritrovato tra i residui.
Ripetere test.

VIII.ARGILLE 4

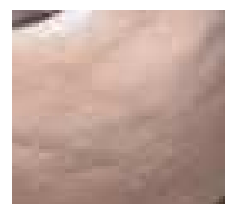
ARGILLE 4 – Grezzana, via E. de Nicola
Data: 9/8/2016

Coordinate: 45° 31'14.88" N 11°01'10.02" E
Distanza dal sito: Km 5,5 ca.



Descrizione: in alto, localizzazione dell'area di raccolta delle argille utilizzate nella prima serie di attività sperimentali (Ar 4). Immagine di Google Earth -archivio, 2015. A destra lavori in corso (agosto 2018). Il materiale è stato raccolto da un cumulo di terreno di risulta estratto da mezzo meccanico per lavori edilizi. Il sedimento è limo argilloso ha colore bruno e presenta numerosi clasti. Dopo la sedimentazione in acqua per diverse ore, l'aspetto appare plastico, con prevalenza della matrice limosa e con scheletro rappresentato da molti inclusi calcitei.

Area geologica: Calcari oolitici e calcari argillosi – Depositi alluvionali.



COLORE, SEDIMENTO: 7.5 YR 5/4 (LUGO)
7.5 YR 6/4 (GREZZANA)
Limo-argilloso.
Plasticità: buona.
Lavorabilità: parziale. Tendenza a fessurarsi.

COLORE DOPO LA
COTTURA:
7.5 YR 6/4 5YR 6/6
(ROSSA)
7.5 YR 6/4 2.5 YR 6/8

IX.ARGILLE 5

ARGILLE 5 – via G. Garibaldi, S.Anna Alfaedo – (strada per Ponte di Veja)	Coordinate: 45°36'06.44"N 10°58'35.17"E Distanza dal sito: Km 4,5 ca. (in linea d'aria).
---	--

Data: 26/7/2017



Descrizione: alternanza di marne e argille in strati centimetrici uguale a quello già descritto nella scheda 2. Area geologica: formazione del biancone di età Giurassico-Cretacica. L'affioramento si trova in prossimità di un magazzino edile. Sebbene simili alle Argille descritte in scheda 2, sembrano avere una componente grossolana marnosa più elevata e visibile anche sui *tester*, sia prima che dopo la cottura. Solo futuri approfondimenti potranno fornire maggiori dettagli su queste differenze.



COLORE:	COLORE DOPO LA COTTURA:
CRUDO GLEY 1 7/5GY– ESSICCATO: 10 YR 7/3	10 YR 7/4
Plasticità: buona.	
Granulometria: argilla sabbiosa al tatto.	
Residuo sabbioso sul fondo (durante sedimentazione). Lavorabilità: parziale.	

X.ARGILLE 6

ARGILLE 6 – Ponte di Veja

Data: 26/7/2017

Coordinate: 45°36'29.09"N

10°58'11.99"E

Distanza dal sito: Km 5,3 ca. (in linea d'aria)

Area geologica:



Descrizione: depositi argillosi di origine carsica localizzati all'interno della grotta dell'acqua che costituisce una risorgiva le cui acque alimentano il torrente principale che scorre sotto il Ponte di Veja. Presenta matrice argillosa con clasti calcarei millimetrici. Colore beige-chiaro. Ha un'ottima plasticità.



COLORE: 10 YR 6/6

Plasticità: ottima

Lavorabilità: buona.

COLORE: 10 YR 5/6

XI. Modalità di preparazione degli impasti sperimentali

La preparazione delle argille raccolte a Grezzana (Argilla 4) è iniziata attraverso un processo di sedimentazione in acqua. Si tratta di una tecnica di depurazione che permette di separare i componenti leggeri da quelli pesanti ed eliminare eventuali impurezze che via via salgono in superficie. Dopo circa 24 ore l'impasto è stato sottoposto a due diversi processi di preparazione.

Impasto 1 (IM) viene filtrato in un setaccio a maglie larghe (3mm), mentre l'impasto 2 (IF) dopo una prima setacciatura per eliminare gli inclusi più grandi ed esser rimasto a decantare per ulteriori 24 ore, viene setacciato con un setaccio a maglie fini (1mm). Si lascia evaporare l'acqua in eccesso (una parte liquida è stata eliminata usando una siringa) finchè non si ottiene un impasto, fine e, apparentemente, privo di inclusi, dalla consistenza morbida. La setacciatura in passato poteva essere effettuata usando peli animali, tessuti o stuoie bucherellate (Cuomo di Caprio 2007).

Preparazione Impasto 1 Medio-Grossolano	Ottenuto da diversi processi di filtraggio, con una sola pausa di 24 h	Risultato: impasto medio con inclusi calcari e selciferi. Plasticità: buona
Preparazione Impasto 2 Fine	Ottenuto da due processi di filtraggio, intervallati da una decantazione di oltre 24 h, attraverso setacci con maglie di diverse grandezze.	Risultato: impasto fine. Inclusi non visibili. Colore: marrone chiaro Plasticità: ottima (grassa)



Residui della setacciatura effettuata nel setaccio a maglie larghe (3mm).



Scarti residui nel setaccio a maglie strette (1mm).

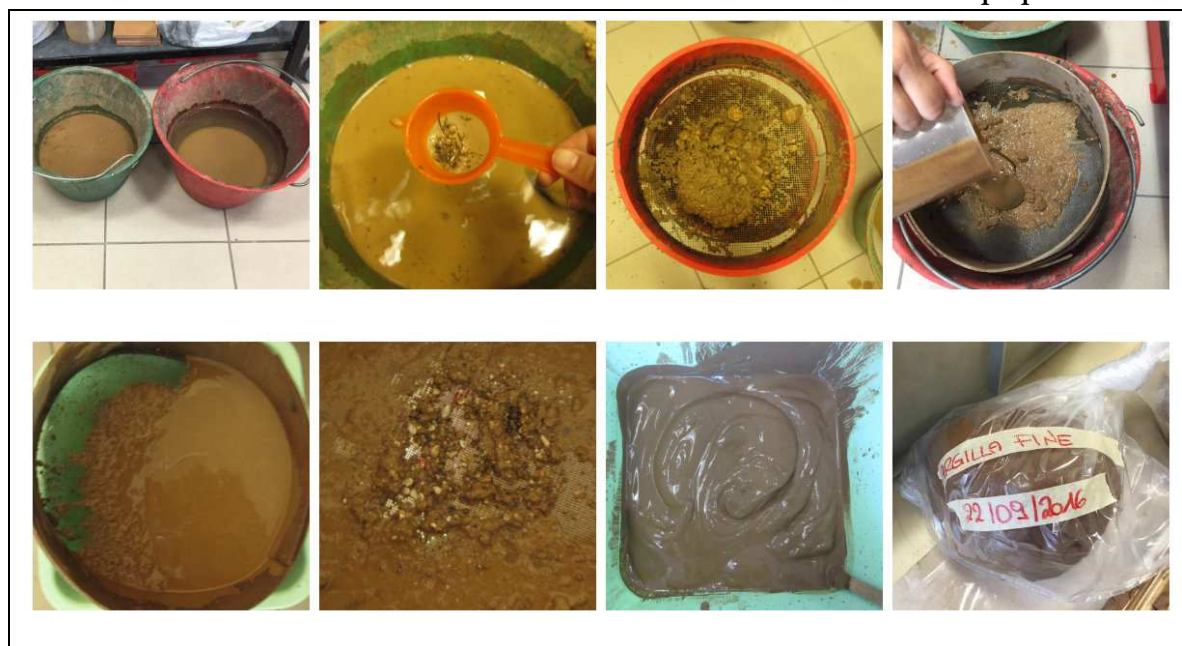
XII. Scheda preparazione IM



XIII. Impasto 1, IM (medio-grossolano)

Venerdì 2/9 ore 12:00	L'argilla viene lasciata sedimentare per più di 24 h.
Lunedì 5/9 Ore 10.30	L'impasto viene mescolato e poi versato in un altro secchio attraverso il setaccio a maglie larghe.
Martedì-Venerdì	Lasciata a riposo perché contiene molta acqua
Lunedì 12/9	Eliminata acqua in eccesso.
Mercoledì 14/9	Verso l'argilla in un vassoio, impasto e lo lascio essiccare.
Giovedì	Impasto.
20/9	Ottenuta argilla con impasto medio-grossolano. Ricca di inclusi minerali. Impastata e imballata

XIV. Scheda preparazione IF



Fasi di preparazione dell'Impasto 2 (IF): sedimentazione, setacciatura, essiccazione. Sono visibili gli inclusi di piccole dimensioni scartati (che fanno invece parte dell'IM).

XV.PREPARAZIONE IMPASTO FINE	
Lunedì 5/9 ore 10.30	Secchio nero. Viene aggiunta acqua all'argilla raccolta e si lascia sedimentare per 24 ore. Con un colino si rimuovono le impurezze vegetali che vengono a galla.
Martedì 6/9 ore 18.00	Prima setacciatura con setaccio a maglie larghe. Si lascia sedimentare per più di 24 ore.
Giovedì 8/9 ore 10.30	Viene effettuata una seconda setacciatura ma con setaccio a maglie strette (1 mm). Visibili residui di piccole dimensioni. Si elimina l'acqua in eccesso usando una siringa per evitare di rimescolare con argilla in sospensione.
Venerdì 9/9 ore 10.30	L'impasto è ancora diluito. L' impasto preparato viene lasciato a riposo nella vaschetta verde.
Lunedì -Venerdì	Essiccazione al coperto (laboratorio Bagolini).
Giovedì 22/9/2016	Impastata e conservato in un sacchetto.

XVI. Diverse fasi della preparazione delle argille rosse e delle grigie.



XVII. Gamme di colori delle diverse argille rinvenute nei dintorni di Lugo. Da sinistra a destra: Argille 1, 2, 3, 4 e 6 in alto terre a secco e in basso durante la fase di sedimentazione in acqua.



XVIII. Tecniche di foggatura.

Tutte le terre raccolte, dopo esser state sottoposte a sedimentazione, presentano un livello di plasticità da buono a ottimo e appaiono ben lavorabili. Le forme realizzate con argille locali - IM, IF - sono state modellate tentando di seguire diverse tecniche di foggatura e coinvolgendo più “esperti”, persone che hanno comunque una esperienza acquisita e una certa abilità manuale). L'argilla 4 ha presentato però delle problematiche e alcune difficoltà di lavorazione con tendenza alla fessurazione del vaso (*App. I, Scheda XIX*). È stato interessante osservare che queste difficoltà sono state riscontrate sia durante i laboratori condotti con gli studenti, sia da parte di un ceramista¹ più esperto ma sono state superate durante la modellazione tentata da un terzo operatore² che ho coinvolto proprio per valutare anche le differenze nella resa dovute a diverse manualità. Il vaso con piede a tacco (*App. I, Scheda XXIV*), è stato modellato utilizzando una tecnica di foggatura a lastra, mentre il vaso a fiasco (*App. I, Scheda XXIII*) con tecnica a pressione è stato realizzato combinando due diverse parti.



Tentativo di foggatura dell'impasto 2 (IF) da parte del Sig. Antonello (ceramista).
Fessurazione sulla superficie del vaso.

Un tentativo di foggatura dell'argilla tale e quale da parte di un'altra ceramista³ si è rivelato problematico. L'aggiunta di chamotte ha migliorato di poco la lavorabilità, mentre la soluzione ideale è stata l'aggiunta di argilla liquida molto depurata (§ 5.3.5. *Fig. 197*).



Altre forme realizzate con le argille industriali (*App. I, Scheda XX, XXI*) hanno permesso di fare alcune valutazioni: i bicchieri e boccali carenati modellati con la tecnica del colombino presentano pareti più spesse (§ 5.3.5, *Scheda VIII*⁴; *Appendice I, Scheda XX*⁵). Nei casi in cui vengano invece modellati con una tecnica mista (stampo per la parte bassa e lastra per la parte superiore) si riescono ad ottenere spessori più sottili (§ 5.3.5. *Scheda V*⁶; *Appendice I, Scheda XXII*)⁷.

¹ Ringrazio il Sig. Antonello (padre di una delle studentesse) per i tentativi di modellazione e il confronto avuto con noi durante il laboratorio.

² Giovanni Virruso, PastActivity.

³ Giuliana Geronazzo di Brescia.

⁴ Vaso realizzato da Renato Fasolo, Archeoland.

⁵ Forma realizzata da John Martin, Belfast.

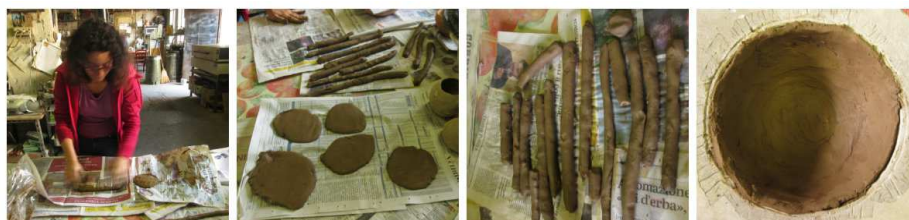
⁶ Forma realizzata da G. Virruso.

⁷ Agatino Reitano, EtnAttiva.

SCHEDA XIX

Diverse tecniche di foggatura a confronto: lastra/sfoglia, colombino e stampo. Purtroppo la discreta plasticità dell'impasto IF, rende la lavorabilità difficile a causa della tendenza a fessurarsi e spaccarsi. L'aggiunta di correttivi minerali non ha migliorato il risultato.

Tecniche a confronto



*Colombino
Sfoglia/Lastra*



A stampo

SCHEDA XX



Boccale carenato. Lugo di Grezzana (VR).

NRR 130 - US 102 – Settore IV

Ph. Paolo Chistè



Replica

Tecnica di foggatura: colombino. Dal confronto con l'originale emerge un maggiore spessore delle pareti della replica, che presenta inoltre anche un peso maggiore (520 g vs. 320 g).

XXI. Forme destinate alle cotture della prima serie di attività sperimentali e realizzate nel corso di una serie di laboratori proposti agli studenti del corso di Preistoria e Protostoria (Prof. A. Pedrotti) e di attività nell'ambito del Tutorato Specifico.



XXII. Forme destinate alle cotture della seconda serie di attività sperimentali.



XXIII. Vaso a fiasco stile facies di Fiorano (Capitolo 5, Scheda IV)

La realizzazione di questo vaso è stata eseguita utilizzando argilla proveniente da Grezzana (Argilla 4) e soggetta a un processo di depurazione per sedimentazione e setacciatura (IF) (Tab. XIV-XV). Di seguito vengono riportate le valutazioni, empiriche, effettuate al momento della foggatura dal realizzatore.

“L’argilla si presenta ad occhio nudo priva di inclusi sabbiosi; al tatto è evidente la presenza di una forte componente limosa. La lavorazione del vaso è stata effettuata esclusivamente a pressione a partire da due pezzi di argilla modellati con le mani e l’ausilio di una spatola in legno formando due ciotole in seguito saldate per conferire al vaso la tipica forma globulare. La realizzazione della prima ciotola, quella che compone la parte bassa del corpo del vaso, non comporta particolari problemi per la semplicità plastica della forma. La realizzazione della seconda ciotola evidenzia maggiori difficoltà. Quest’ultima, per poter realizzare in seguito collo, bordo e orlo, è stata realizzata lasciando un maggiore spessore di argilla sul fondo. Successivamente è stato procurato con l’ausilio di uno strumento in legno un piccolo foro sul fondo sul quale si poi è lavorato esercitando la pressione delle mani per ampliarlo e contemporaneamente modellare il collo del vaso. Questa operazione ha comportato notevoli problemi a causa della scarsa plasticità dell’argilla che tendeva a spaccarsi durante le fasi di lavorazione nonostante la steccatura con la spatola.

Ulteriori problemi si sono aggiunti in seguito alla fusione delle due ciotole lungo i bordi, sempre a causa di una scarsa plasticità. L’argilla, infatti, tendeva a fessurarsi lungo il punto di maggiore espansione del corpo, nonostante fosse prima stata fatta irrigidire lasciando riposare per qualche tempo le due ciotole con il bordo poggiato sul ripiano per garantirne una maggiore umidità, indispensabile a saldare i due pezzi.

Una volta saldate, si è proceduto alla realizzazione delle anse. Queste, una volta saldate al corpo hanno parzialmente ridotto la tendenza alla fessurazione. Raggiunta la durezza cuoio il pezzo è stato decorato a impressione ed incisione e dopo qualche ora lucidato con un sasso levigato e un pezzo di pelle. Infine il vaso è stato lasciato essiccare in un locale senza luce, asciutto e caldo”.



XXIV. Vaso con fondo a tacco stile Vho (Capitolo 5, Scheda I-III)

Il vaso è stato realizzato con argilla proveniente da Grezzana e parzialmente depurata (**Tab. XII-XIII**). L'argilla presenta una importante quantità di inclusi di granulometria sabbiosa. Sono evidenti inclusi calcarei.



“La tecnica di lavorazione adottata è il colombino realizzato utilizzando fasce piatte di argilla (*lastra, sfoglia*) alte circa 5 cm e dallo spessore di circa 1 cm procedendo a diverse steccature durante la realizzazione. Nonostante la presenza di inclusi non sono stati riscontrati problemi in fase di foggatura e l'argilla è risultata sufficientemente plastica da poter essere modellata senza problemi per la realizzazione di una forma dal profilo semplice.

Terminato il corpo del vaso si è proceduto all'applicazione di due fasce inserite nel corpo del vaso per realizzare le anse a nastro e in seguito piccole sfere di argilla sono state applicate per realizzare i bottoni che compongono la decorazione plastica del vaso. A seguire è stato decorato ad unghiate l'orlo, mentre il fondo a tacco è stato modellato e rifinito per ultimo dando il profilo che caratterizza queste forme della facies Vhò.

Ultimata la foggatura, il vaso è rimasto in luogo asciutto sino al raggiungimento della durezza cuoio per poi essere lustrato con un sasso lucido”.




Note

La tecnica di foggatura mista è quella che si è rivelata più adatta per modellare alcune specifiche forme come le tazze carenate o i boccali. Permette di ottenere pareti più sottili e facilita la realizzazione della forma carenata attraverso la realizzazione in due tempi separati.

Una volta realizzata la base a stampo, i tempi richiesti per l'essiccazione migliorano la posa della parte superiore del vaso. Una simile tecnica forse si adatta anche per la modellazione di ceramiche figuline, caratterizzate da spessori ancora più sottili. Rimarrebbero da testare altre tecniche alternative, spesso imprevedibili e non contemplati dai manuali di tecnologia ceramica, come attestato da numerosi esempi etnografici


Analisi condotte nel corso di altri lavori su un vaso a crudo, realizzato con argilla raccolta nel sito di Lugo, avevano riportato scarsa presenza di ferro e di carbonati (Zanoni 2003-2004; Fermo et al. 2013). Le evidenze dedotte dall'osservazione macroscopica delle terre raccolte nei dintorni di Lugo sembrano condurre a deduzioni diverse **come descritto nel Capitolo 5**. La colorazione marcatamente rossa di alcune argille a livello intuitivo fa pensare a buone percentuali di idrossidi di ferro, e a occhio nudo è visibile la presenza di inclusi calcitei. Tali correttivi sono visibili in numerosi campioni archeologici rinvenuti a Lugo e la colorazione accesa, nelle gamme del 2.5 YR rimanda ad argille con significativo contenuto di ossidi di ferro.

Da qui la necessità di estendere e approfondire le analisi attraverso un ampliamento del campione esaminato che integrate con nuove analisi sperimentali, mirate stavolta alla tecnologia ceramica e alle conoscenze delle scelte operate in passato.


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO
Dipartimento di Lettere e Filosofia

**WORKSHOP SULLE TECNICHE DI FOGGIATURA
DELLA CERAMICA**
La ceramica di Lugo di Grezzana

Venerdì 16 Giugno 2017
Ore 10.00 - Laboratorio "B. Bagolini" - laboratorio materiali
l'incontro, organizzato nell'ambito della Scuola di Dottorato in Studi Umanistici, è aperto agli
studenti della magistrale, docenti e a tutti gli interessati



Responsabili scientifici: Annalisa Pedrotti, Annalisa Costa.
Gli interessati devono confermare la loro partecipazione inviando un'email entro giovedì 14/6:
annalisa.costa@unitn.it


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO
Dipartimento di Lettere e Filosofia

L'USO DEL FUOCO DURANTE IL NEOLITICO
Cotture sperimentali in fossa e verifica di ipotesi archeologiche
Lugo di Grezzana (VR)



Responsabili scientifici: Annalisa Pedrotti, Annalisa Costa, Fabio Cavulli.
Sessione autunnale: 25 - 29 settembre.
Attività Sperimentali aperte agli studenti della triennale dell'Università di Trento e della rete interateneo in Quaternario, preistoria e archeologia.

Le attività si svolgeranno a Lugo di Grezzana (VR). Il sito, scavato tra il 1991 e il 2006 e attribuito al Neolitico antico (5500-4900 a. C. calibrato), ha restituito delle interessanti strutture di combustione infossate. Le attività prevedono diverse repliche sperimentali di cotture in fossa che aiutino a comprendere la funzione delle strutture e le modalità di combustione. L'archeologia sperimentale sarà usata come metodo per la comprensione di quei processi all'origine delle evidenze archeologiche rinvenute nel sito.
Informazioni e domande di partecipazione: annalisa.costa@unitn.it

APPENDICE II. CARATTERIZZAZIONE PIGMENTI

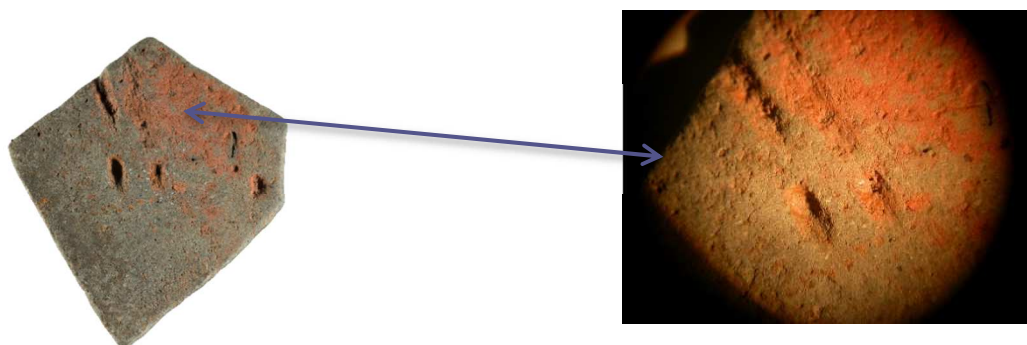


Figura 1: frammento di ceramica caratterizzato da impasto figulino e decorazione incisa con motivo a note musicali e con tracce di pigmento/ingobbio? Campione 1. nRR 118/03 (da Lovato 2014-2015, 24, 38).

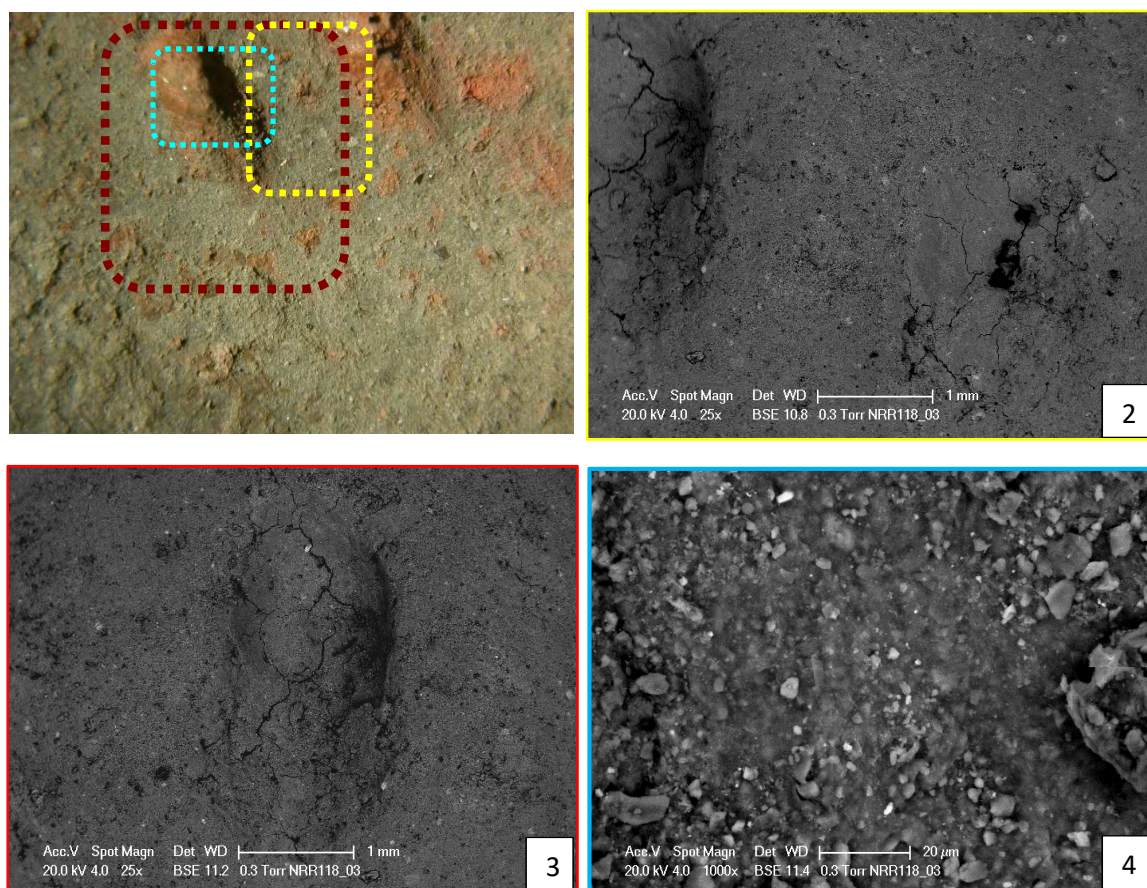


Figura 2: 1. Immagine al Microscopio Ottico con evidenziate le aree sottoposte a SEM-EDX. 2-3-4: granulometria omogenea e assenza di significative differenziazioni. 3. Aspetto molto compatto (modificato da Lovato 2014-2015, 24, 38).

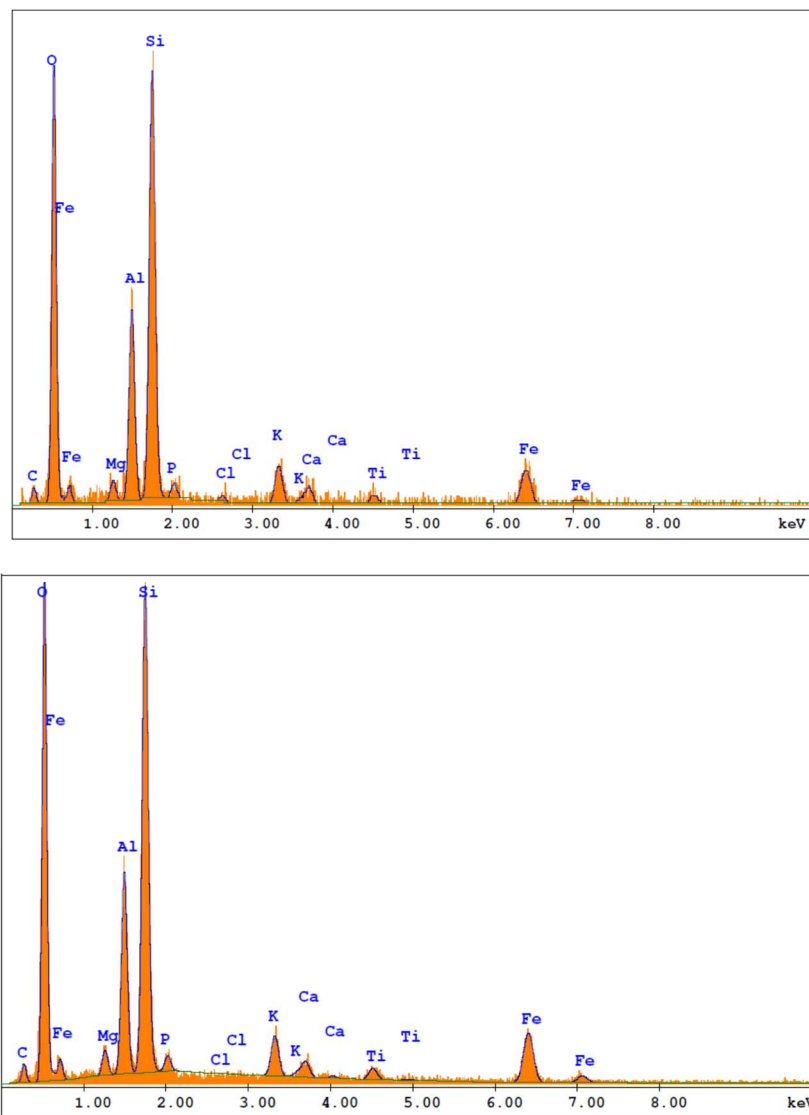


Figura 3: spettri EDX relativi alle immagini 1.2. e 1.4. Il primo evidenzia elementi tipici delle argille. Il secondo, relativo alla fig. 1.4., riflette maggiori concentrazioni di Fe.

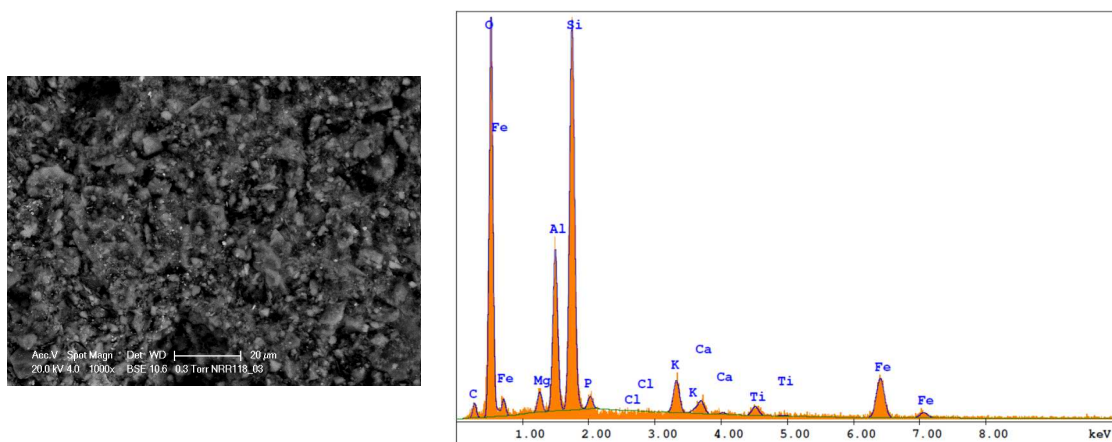


Figura 4: la microstruttura tra le decorazioni sembra presentare un aspetto più granulare rispetto alla zona con decoro. Nonostante si tratti dell'area grigia, il relativo spettro mostra concentrazioni di Fe più alte di quelle rilevate nell'area "pigmentata". E' questo risultato ad aver fatto ipotizzare che in origine l'intera superficie fosse ricoperta da un ingobbio (Lovato 2014-2015).

	Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	K_2O	P_2O_5	CaO	MgO	TiO_2
	[Wt%]	[Wt%]	[Wt%]	[Wt%]	[Wt%]	[Wt%]	[Wt%]	[Wt%]
Spettro fig. 3a	12.37	52.48	21.26	3.83	2.80	2.25	2.25	2.21
Spettro fig. 3b	14.22	50.37	25.10	2.79	1.06	1.80	2.39	2.17
Spettro fig. 4	14.96	52.71	20.09	3.45	2.54	1.71	2.48	2.06

Figura 5: Indicazione delle percentuali in peso [Wt%] dei diversi elementi (da Lovato 2014-2015)

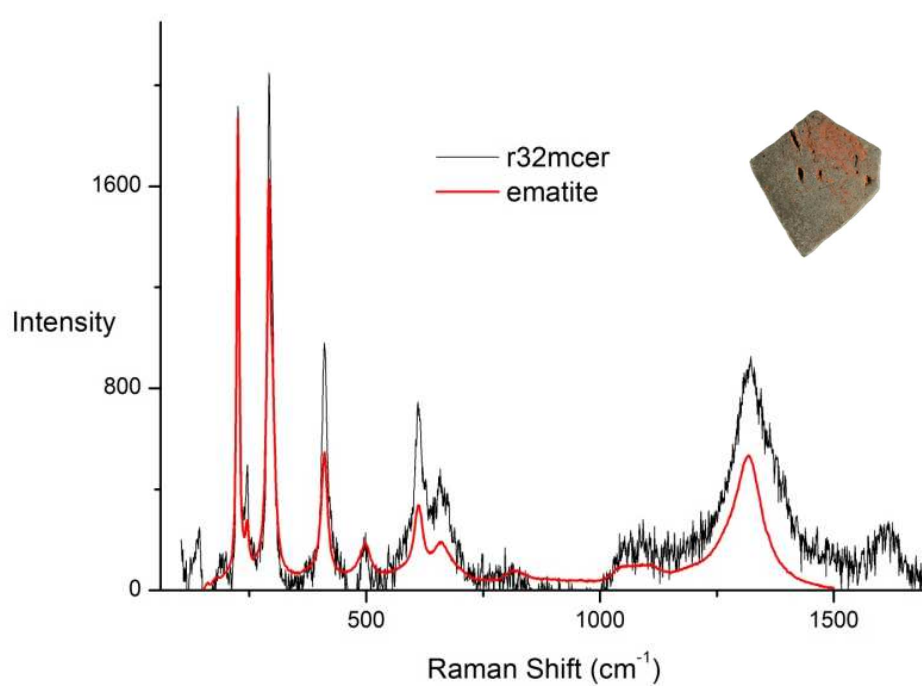


Figura 6: il risultato della spettroscopia Raman sul campione 1 conferma la presenza di ematite (Fe_2O_3).

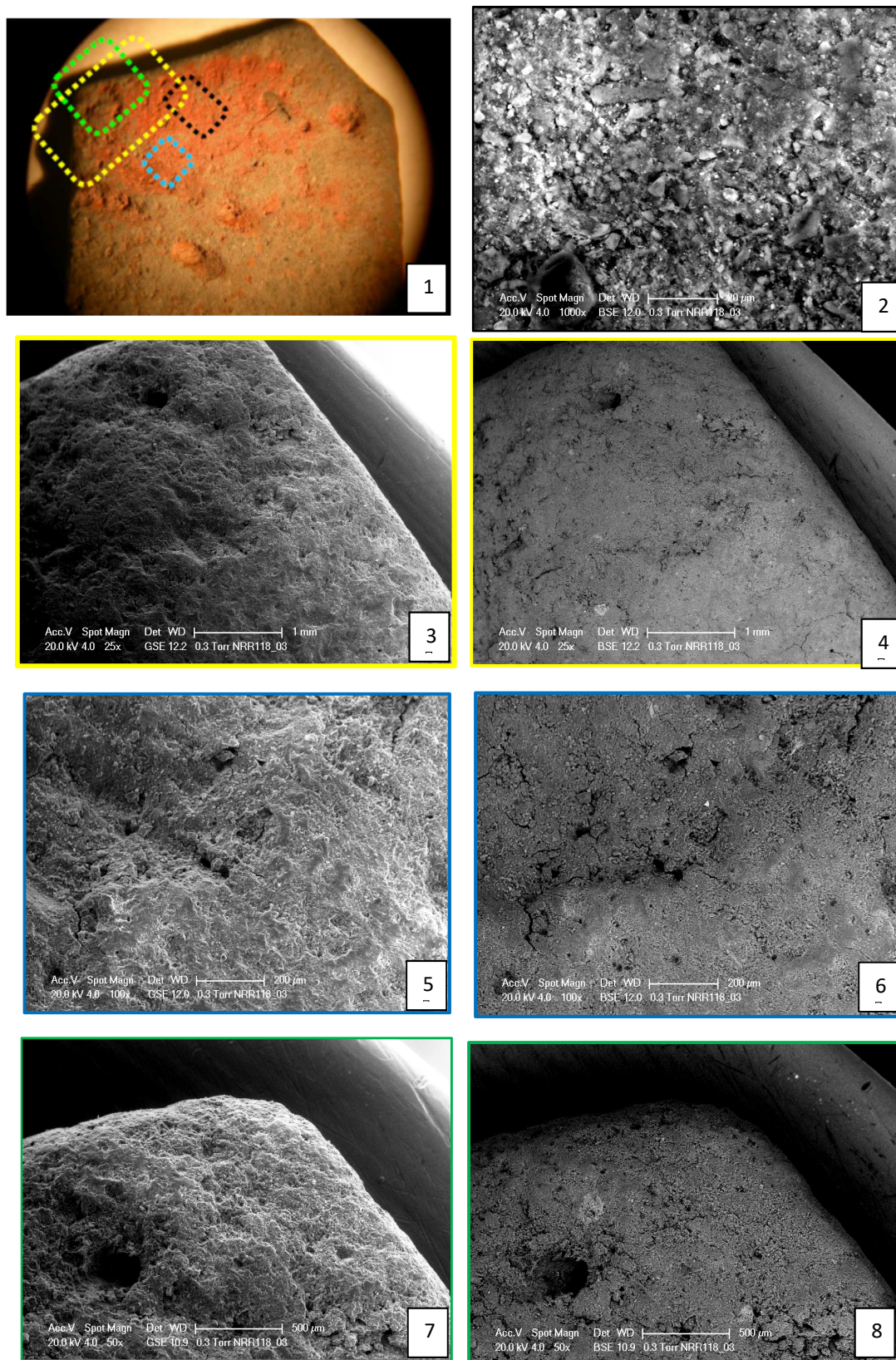


Figura 7: 2-6 acquisizione scansioni LV-SEM con a sinistra elettroni secondari (GSE) e a destra retrodiffusi (BSE) relative alle aree rosse. La zona grigia è indicata nelle immagini 7-8 (modificato da Lovato 2014-2015, 24, 38).

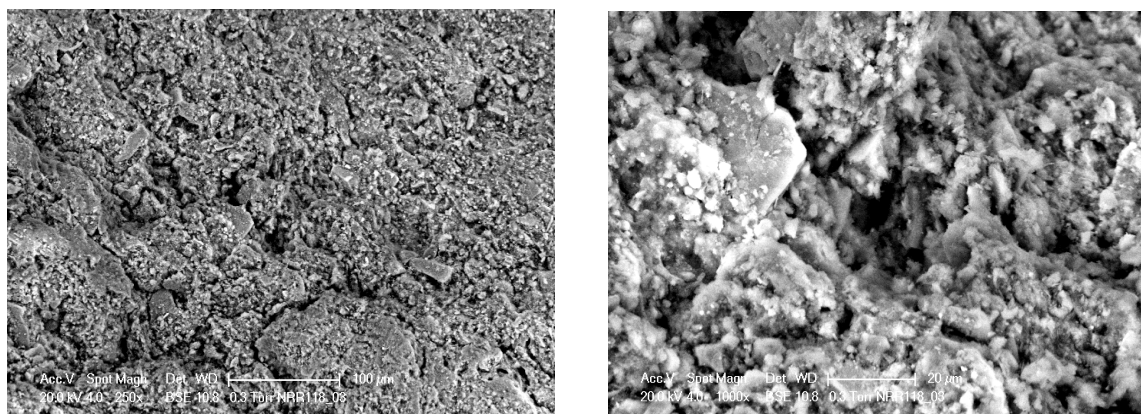


Figura 8: dettaglio a diversi ingrandimenti delle zone indicate in fig. 7.7 e 7.8. Si nota una granulometria diversa rispetto alle zone rosse.

Campione 1	Fe_2O_3	SiO_2	Al_2O_3	K_2O	P_2O_5	CaO	MgO	TiO_2
	[Wt%]	[Wt%]	[Wt%]	[Wt%]	[Wt%]	[Wt%]	[Wt%]	[Wt%]
Spettro fig. 7.5-7.6 <i>Prevalenza rosso</i>	14.35	54.15	21.36	3.37	1.23	1.65	2.02	1.88
Spettro fig.7.2 <i>Prevalenza rosso</i>	15.95	52.92	20.46	3.05	1.09	1.73	2.02	2.35
Spettro fig. 8 dx <i>Prevalenza grigio</i>	10.16	52.86	25.08	3.13	2.58	1.69	1.85	1.83
Spettro fig. 8 sx <i>Prevalenza grigio</i>	11.43	51.87	23.64	3.07	2.66	1.88	2.11	2.11

Osservazioni:

Il confronto tra zone grigie e zone rosse è contraddistinto da una diversa granulometria, più grossolana e irregolare nelle prime e più fine e compatta nelle seconde. Questa differenza ha indotto ad ipotizzare la presenza di un pigmento dovuto a un ingobbio. I dati EDX riflettono concentrazioni tipiche dei minerali argillosi, ma anche significative percentuali di ossidi di Fe nelle aree rosse e minori in quelle grigie.

La spettroscopia Raman ha confermato che i profili degli spettri ottenuti sono compatibili con quelli dell'Ematite.

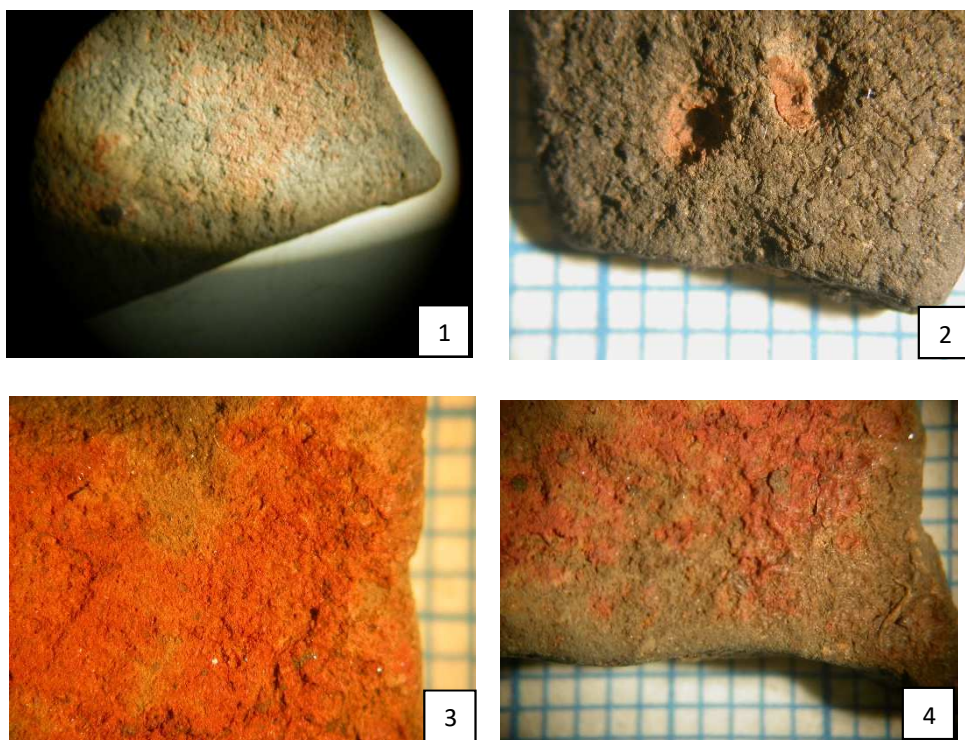


Figura 9: dettagli al MO delle aree con tracce di “arrossamenti”. 1. Campione 2. RR 41. 2. Residui di colorazione all’interno dell’impressione a chicco di grano. 3-4. Dettagli della colorazione nel campione 4.

6. CARATTERIZZAZIONE ARCHEOMETRICA DEI CONCOTTI SPERIMENTALI

6.1. Finalità dello studio archeometrico

Le analisi in spettroscopia FT-IR, applicate al materiale archeologico (e ampiamente descritte nel capitolo 4), sono qui estese ad alcuni campioni di concotto prelevato a conclusione delle cotture sperimentali effettuate nel corso della campagna del 2016.











Durante la prima serie di attività sperimentali le buche sono state oggetto sia di cotture singole che reiterate. I campioni di concotto sono stati prelevati dal fondo della struttura, dalle pareti e dal riempimento (si veda il paragrafo 5.3.3.); i concotti del riempimento possono rappresentare il risultato dell'alterazione termica di parte della copertura (quando presente) realizzata con materiali organici, come ad esempio sedimenti, erba, ramaglie o di sedimenti presenti nella struttura (Buca B, C2) o di sedimenti presenti all'interno della struttura.

Le temperature massime rilevate hanno registrato diversi picchi nelle diverse fasi di cottura, sia in corrispondenza delle pareti che del fondo, presentando uno scarto più o meno ampio che varia da una cottura all'altra (come visibile nei diagrammi presentati nel prossimo paragrafo). È dunque interessante ai fini della ricerca qui condotta, valutare i risultati delle analisi condotte su campioni ricollegabili con certezza alle temperature di esposizione e che consentono dunque di integrare, approfondire e migliorare l'interpretazione dei dati archeologici, grazie al supporto di una metodologia come la spettroscopia FT-IR.

6.2. Risultati della spettroscopia FT-IR sui campioni sperimentali

I concotti selezionati (**Tab. I**) sono stati sottoposti ad analisi seguendo la stessa metodologia usata per i concotti archeologici (Capitolo 4), effettuando microprelievi in corrispondenza di due facce, quando riconoscibili, una più chiara (esposta e ricoperta da cenere, a sezione piana), e un'altra più scura (meno esposta).

I campioni selezionati dal fondo delle strutture fanno riferimento all'ultimo utilizzo della struttura A (A, C3) e ad una cottura in presenza di travi sul fondo nel caso della buca B (B, C1) o con copertura (B, C2). In merito ai campioni prelevati dal fondo della buca A si sottolinea che la suddivisione in 4 diversi spicchi, è stata effettuata per osservare gli effetti dell'esposizione al calore nel caso di presenza/assenza di pulizia del fondo. Gli spicchi SE-NE sono dunque quelli maggiormente esposti mentre il NO-SO sono quelli protetti da presenza di cenere e residui di combustione che facevano da isolante nel corso delle cotture (si veda il Capitolo 5, § 5.3.3.).

Tab I	Buca	Posizione	Fig. Cap. 5	Immagine	Spettri
Fondo	A, C3	NE	138		Faccia esterna: T. 700° C Faccia interna: T. 300° C
		NO			Faccia esterna: T > 600° C Faccia interna T < 450° C
		SE			Faccia esterna: T > 500° Faccia interna T < 450° C
		SO			Faccia esterna: T < 500° C Faccia interna T < 450° C
	B, C1		139		Faccia esterna: T > 400° C Faccia interna T < 300° C
Pareti	A, C1	Parete N bassa	127		Presenza di linee tipiche di fasi idrate. T < 300° C
	A, C3	Parete N (15-20 cm dal fondo)	129		Presenza di linee tipiche di fasi idrate. T < 300° C
	B, C1	Parete 30 cm dal fondo	130		T < 400° C
	B, C2	Parete ovest 20 cm dal fondo	132		T > 450° C T < 450° C
Riempimenti	B, C2		144		T > 300° C

Gli effetti e le differenze dovute a una pulizia della struttura, tra una cottura e l'altra, sono state osservate macroscopicamente. Sarebbe interessante poter valutare se gli effetti di questi diversi comportamenti siano dunque in un qualche modo individuabili attraverso le analisi spettroscopiche.

I campioni selezionati dalle pareti fanno riferimento alla prima cottura condotta nella buca A (A, C1) e alla terza (A, C3). Sono inoltre stati prelevati anche dalla buca B, nel corso della quale si sono verificati gli effetti della cottura a cielo aperto in presenza di travi sul fondo (B, C1) e una con presenza di copertura in materiale organico (B, C2). Il crollo della copertura è riconoscibile come processo all'origine della formazione di numerosi concotti in seguito all'alterazione termica del sedimento crollato all'interno della buca.

I risultati archeometrici riferiti ai concotti sperimentali fanno dunque riferimento a diverse tipologie di esposizione al calore con temperature massime determinate nel corso di cicli di combustione singoli o ripetuti (**Figg. 1-2**)¹.

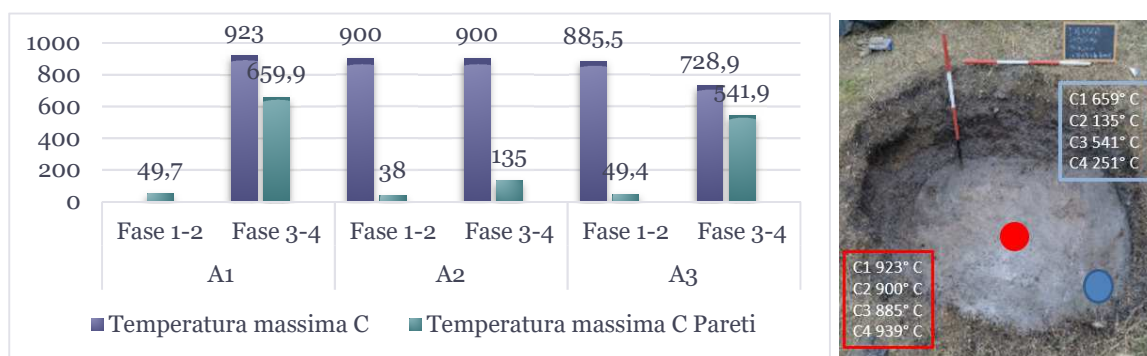


Figura 1: temperature massime misurate nel corso delle repliche eseguite nella buca A in corrispondenza del fondo (in rosso) e delle pareti (in blu). (Fig. 125 – Capitolo 5).

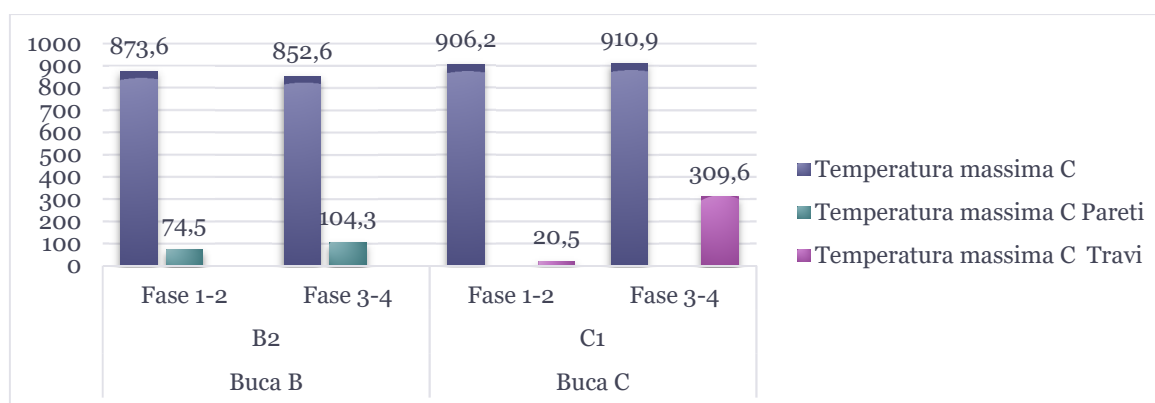


Figura 2: grafico con indicazione delle temperature rilevate, per ogni fase, nel corso delle cotture eseguite nelle buche B (C2) e C (C1).

¹ I dati delle temperature relative alla prima cottura nella buca B non sono purtroppo disponibili a causa di un errore di registrazione del termometro digitale durante la cottura.

L'analisi dei campioni archeologici (esposta nel capitolo 4) ha rivelato la presenza di acqua strutturale nella maggior parte di essi, confermando l'assenza di una esposizione a temperature superiori ai 450-500°C (LGco 1100, 1101 campioni prelevati dalle pareti della struttura ES 473/03, US495; LGco 1103-LGco 1105 prelevati invece dal riempimento, US 282/03). In alcuni dei concotti (LGco 1102 e LG 1104) sono state osservate alcune difformità: nel primo l'analisi degli spettri FT-IR ha permesso di rilevare una differenza tra faccia esterna (esposta) e faccia interna (non esposta) che appare coerente con la dinamica funzionale e le modalità di accensione di un fuoco in una buca. Un secondo livello di analisi dei dati ha però chiarito come la perdita d'acqua rappresenti un risultato parziale non seguito da trasformazioni dei minerali argillosi e dunque riconducibile a un'esposizione al calore ridotta (sia come durata che come intensità).

I risultati relativi ad alcuni dei campioni ottenuti sperimentalmente e prelevati dal fondo (A, C3, F, NO) riflettono perdita di acqua strutturale (assenza di linee riconducibili a fasi idrate) in corrispondenza della faccia esterna, esposta al calore e indicano dunque esposizione ad alte temperature, superiori ai 600° C (**Fig. 3**). La faccia interna invece indica linee caratteristiche di H₂O strutturale (3623 cm⁻¹) del gruppo Si-O-Si (995 cm⁻¹) e del gruppo Al-Al-OH (915 cm⁻¹). La presenza di gruppi OH costituzionali indicano dunque che la temperatura è rimasta al di sotto dei 500° C (**Fig. 4**).

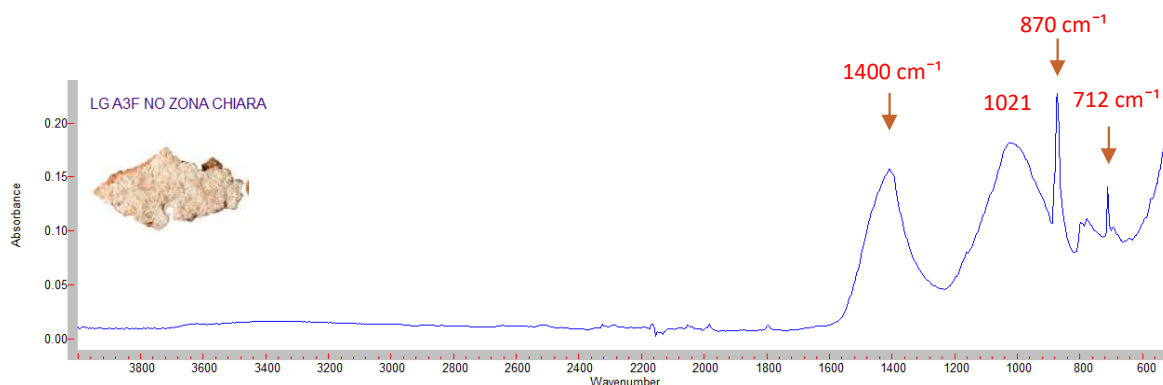


Figura 3: Immagine di campione tratto dalla buca A dopo 3 cicli di cottura (LG A3 F NO). Faccia esposta alla camera di cottura. Dopo la prima cottura presentava residui di cenere. Nel grafico è riportato lo spettro IR ottenuto dal provino prelevato da tale campione, nel quale sono indicate le linee caratteristiche del carbonato di calcio (calcite).

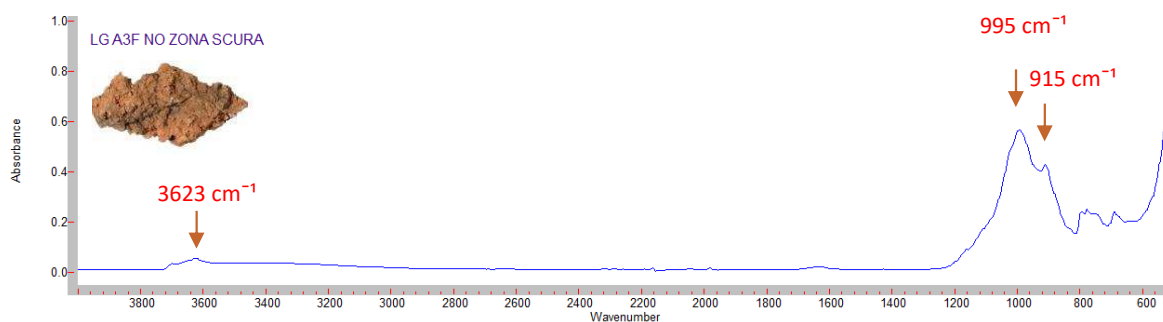


Figura 4: Nell'immagine è riportato lo spettro relativo alla faccia interna, meno esposta, dello stesso campione indicato in Fig. 3, nel quale sono indicate le linee caratteristiche di H₂O strutturale (3623 cm⁻¹) del gruppo Si-O-Si (995 cm⁻¹) e del gruppo Al-Al-OH (915 cm⁻¹). T < 450° C

I risultati ottenuti per il campione prelevato dallo spicchio SO (A, C3, F, SO) sono molto simili a quelli precedenti, presentano le linee caratteristiche del carbonato di calcio con una variazione del picco Si-O-Si a 1001 cm^{-1} nella faccia esterna (**Fig. 5**), esposta al calore e linee caratteristiche della presenza di acqua strutturale in quella interna (**Fig. 6**), non esposta.

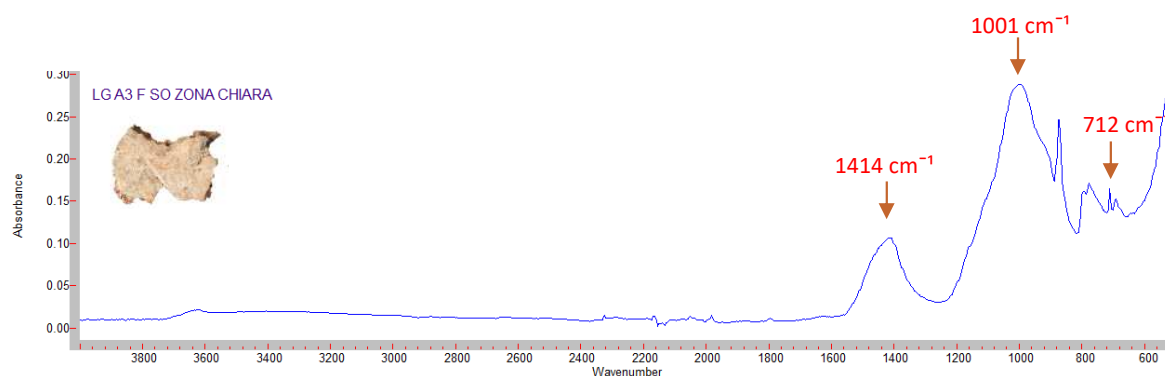


Figura 5: spettro del campione LG A3 F SO. Faccia esposta alla camera di cottura, presenta le linee caratteristiche del carbonato di calcio (calcite). Leggera presenza di acqua strutturale e picco a 1001 cm^{-1} indicano sono indice di temperature non molto elevate

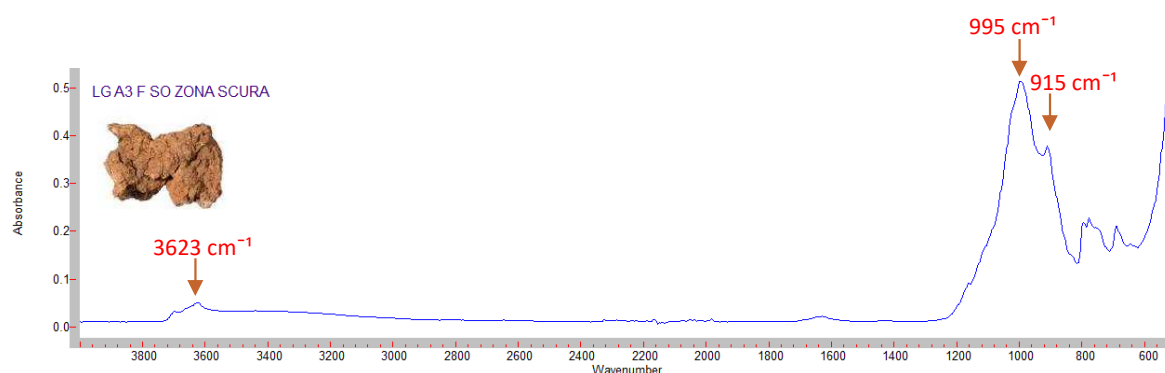


Figura 6: il campione qui esaminato presenta risultati simili al campione prelevato dallo spicchio NO con le linee caratteristiche di H_2O strutturale (3623 cm^{-1}) del gruppo Si-O-Si (995 cm^{-1}) e del gruppo Al-Al-OH (915 cm^{-1}).

I campioni prelevati dallo spicchio NO erano isolati dalla presenza di cenere che costituiva i residui di combustione sia della prima cottura che della seconda, mentre quelli dello spicchio SO, sono stati isolati dai residui della prima cottura, mentre durante la seconda, la pulizia del fondo ha reso la superficie più esposta (*Capitolo 5, Tab. XXXIII*).

Situazione opposta per i campioni prelevati dagli spicchi SE e SO del fondo della buca A (C,3) che sono stati maggiormente esposti al calore. Nel primo caso l'area è stata sottoposta a pulizia alla fine sia della prima che della seconda cottura (**Figg. 7-8**), mentre nel secondo dopo la prima cottura è stata eseguita una pulizia e dopo la seconda sono stati lasciati residui di combustione (**Figg. 9-10**).

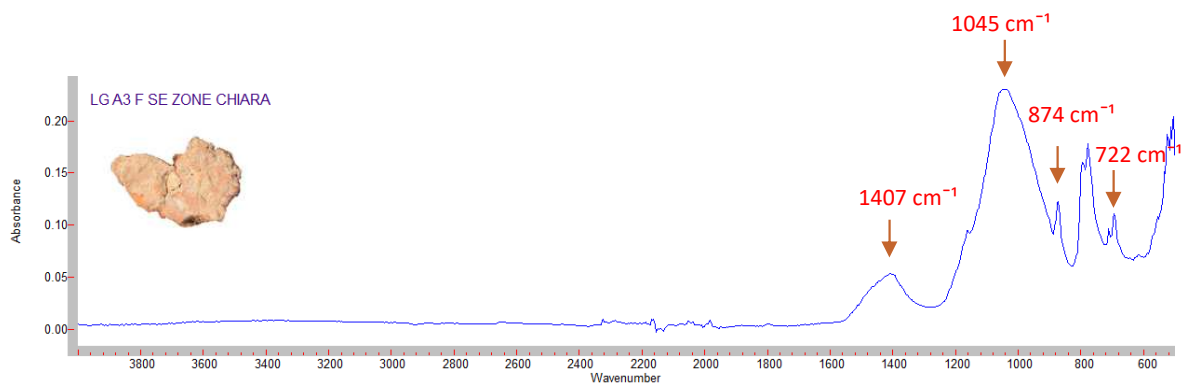


Figura 7: spettro del campione prelevato dal settore SE del fondo. Faccia esposta. Assenza di acqua strutturale e picco Si-O-Si a 1045 cm^{-1} (indice di temperature superiori ai 500° C). Anche in questo caso sono visibili le linee tipiche del carbonato di calcio.

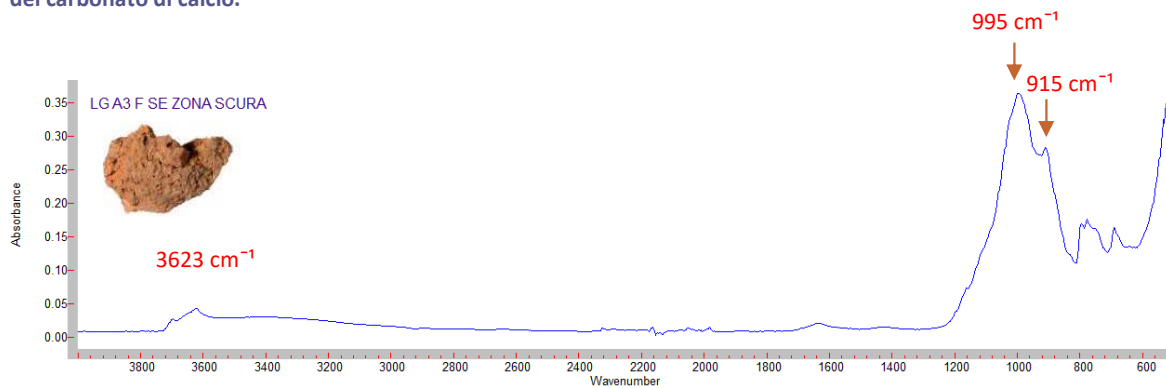


Figura 8: spettro relativo alla faccia interna del campione non esposto. Presenta le stesse caratteristiche del campione analizzato in figura 6.

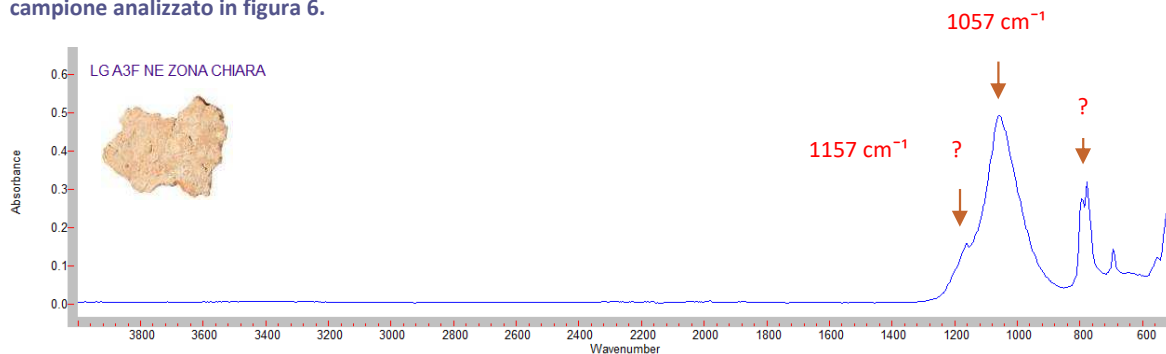


Figura 9: lo spettro del campione LG A3 F NE, indica uno spostamento del gruppo Si-O-Si verso numeri d'onda maggiori che sembrano indicare temperature che hanno raggiunto i 700° C.

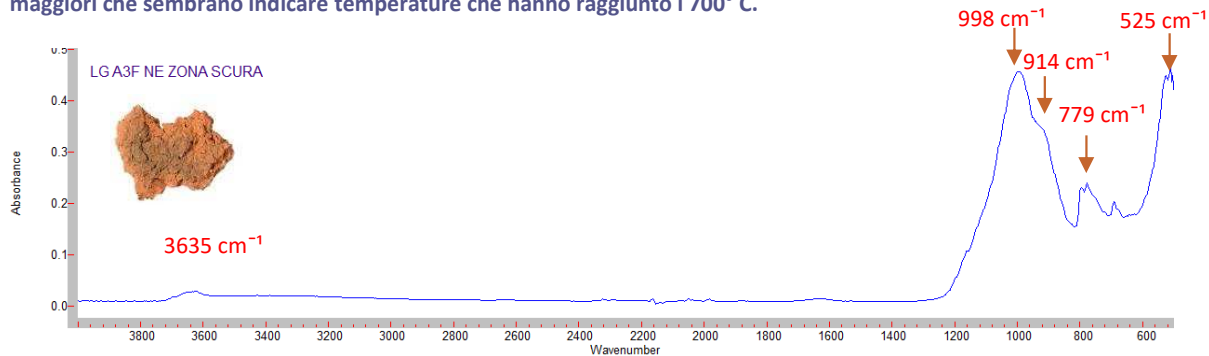


Figura 10: lo spettro della faccia interna (non esposta al calore) mostra presenza da linee caratteristiche di H_2O strutturale e presenza di tutti i 4 gruppi OH a indicare temperature non superiori a 300° C.

Interessante osservare che i risultati delle analisi sembrano rispecchiare le modalità di maggior o minore esposizione al calore dovute alla presenza di residui di combustione (prevalentemente cenere e piccoli carboni) tra una cottura e l'altra come riscontrato dal confronto tra gruppo di campioni prelevati dall'area SO-NO (meno esposta) e SE-NE (maggiormente esposta al calore in seguito alla pulizia del fondo). Il confronto tra gli stessi gruppi, SE comparato a NE e SO a NO, però non rispecchia le condizioni osservate: il campione NO (isolato da residui di combustione dopo ciascuna cottura) presenta stranamente un picco legato al gruppo Si-O-Si più alto di quello del campione SO (isolato solo dopo la prima cottura). Analoga situazione è osservabile anche dal confronto tra i campioni dello spicchio SE (a contatto diretto con il calore per la pulizia della buca eseguita a conclusione di ogni ciclo di cottura) e quelli dello spicchio NE (isolati per la presenza di residui di combustione solo durante la seconda cottura).

I risultati dell'area meno esposta sembrano dunque non rispecchiare le reali temperature raggiunte nella struttura. La presenza di residui sul fondo potrebbe dunque costituire una variabile che incide sull'impatto del calore sui sedimenti e che potrebbe condizionare e influire su eventuali analisi condotte sui campioni. Più alte, ma non indicative delle reali temperature raggiunte, sono quelle riferibili invece ai settori maggiormente esposti. In tutti i casi si nota che nella parte interna dei campioni (quella non esposta al calore) non si osservano trasformazioni significative a dimostrazione del fatto che la faccia maggiormente esposta sia quella da indagare per ottenere informazioni più attendibili sui processi di cottura e l'impatto del calore sui sedimenti. Tali risultati potrebbero indicare anche una diversa propagazione del calore rispetto al punto centrale di monitoraggio delle temperature.

Gli spettri relativi al fondo della struttura B (C1) mostrano differenze tra la faccia esposta e quella che non lo era. Durante questa cottura erano state disposte travi sul fondo, non ricoperte da sedimento, che potrebbero aver inciso nel risultato (**Fig. 11-12**).

I concotti sperimentali prelevati in prossimità delle pareti mostrano invece linee tipiche di fasi idrate (è il caso di LG A1 PN e LG A3 PN) su entrambe le facce, sia quella esposta che quella interna (**Figg. 13-14**). Anche gli spettri degli altri campioni prelevati dalle pareti (B, C1, B C2) riflettono risultati simili indicano temperature non superiori ai 500° C (**Fig. 15**). Appaiono dunque coerenti con quanto osservato durante le repliche sperimentali. Simili concotto possono farsi anche per il campione parte del riempimento della struttura B (C2) (**Fig. 16**).

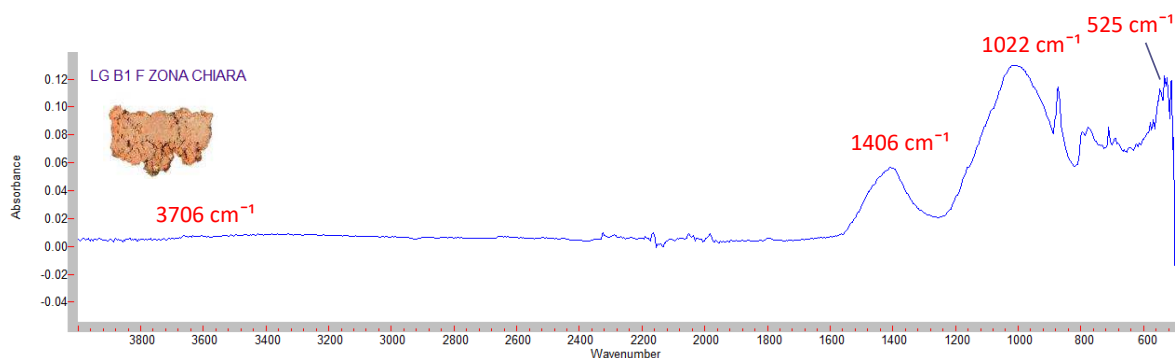


Figura 11: Il campione esaminato (B, C1) mostra la scomparsa dell'acqua strutturale e lo spostamento del picco relativo al gruppo Si-O-Si sul bande che, confrontate con gli spettri di Berna et al. e con le nostre esperienze, indicano temperature inferiori ai 400° C

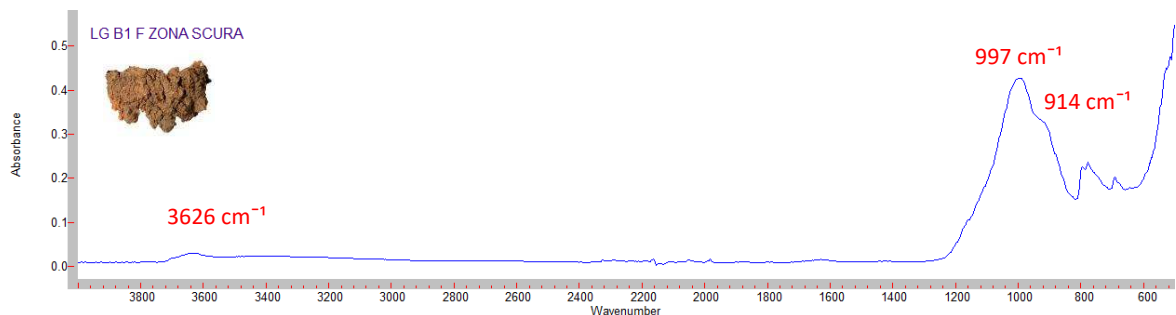


Figura 12: faccia non esposta del campione. Visibili la linea tipica dell'acqua strutturale e i 4 gruppi OH. La presenza di gruppi OH costituzionali indica dunque che la temperatura è rimasta al di sotto dei 400° C.

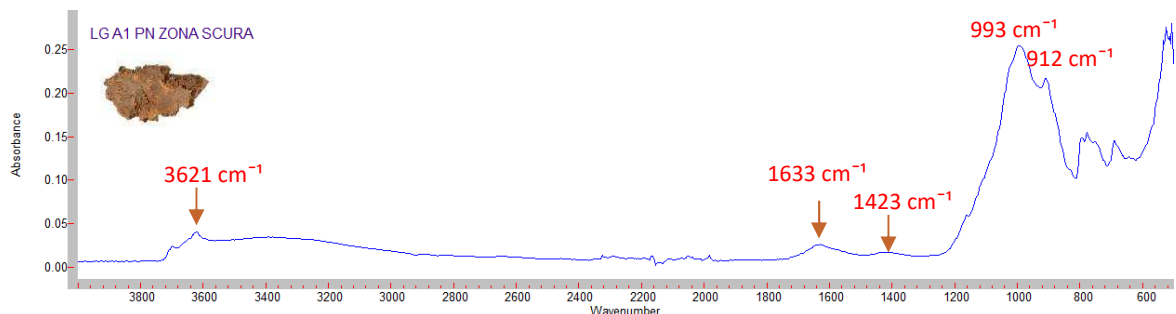
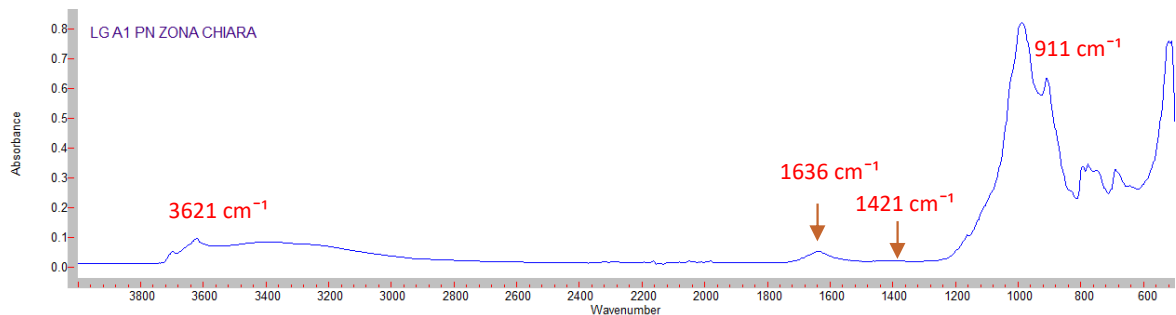


Figura 13: campioni prelevati dalla parete, buca B (C1). Rivelano entrambi, sia faccia esposta che scura (non esposta) linee caratteristiche di H₂O strutturale (3621 cm⁻¹) del gruppo Si-O-Si (992 cm⁻¹) e del gruppo Al-Al-OH (915 cm⁻¹).

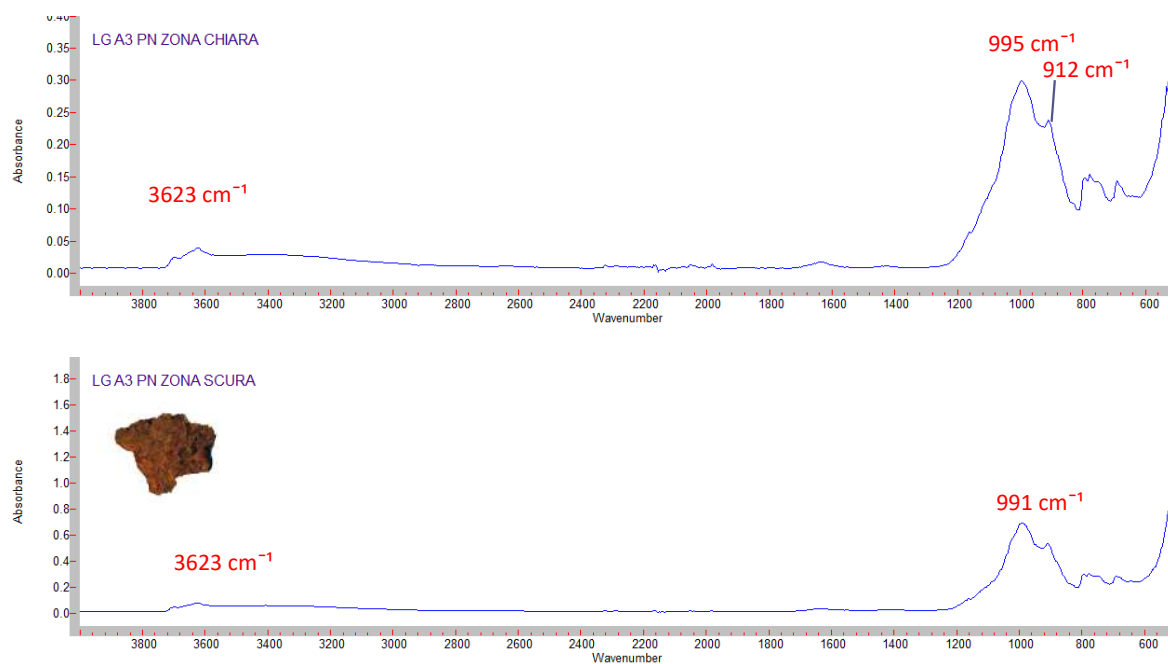


Figura 14: spettro relativo al campione LG A3 PN, faccia esposta. Le temperature monitorate nel corso delle cotture sperimentali, avevano permesso di rilevare temperature sul fondo, in prossimità con la parete N, di 540° C. I risultati delle analisi non sembrano confermare questo dato: la presenza di acqua strutturale e i tipici picchi degli OH associati non rilevano temperature superiori ai 300° C.

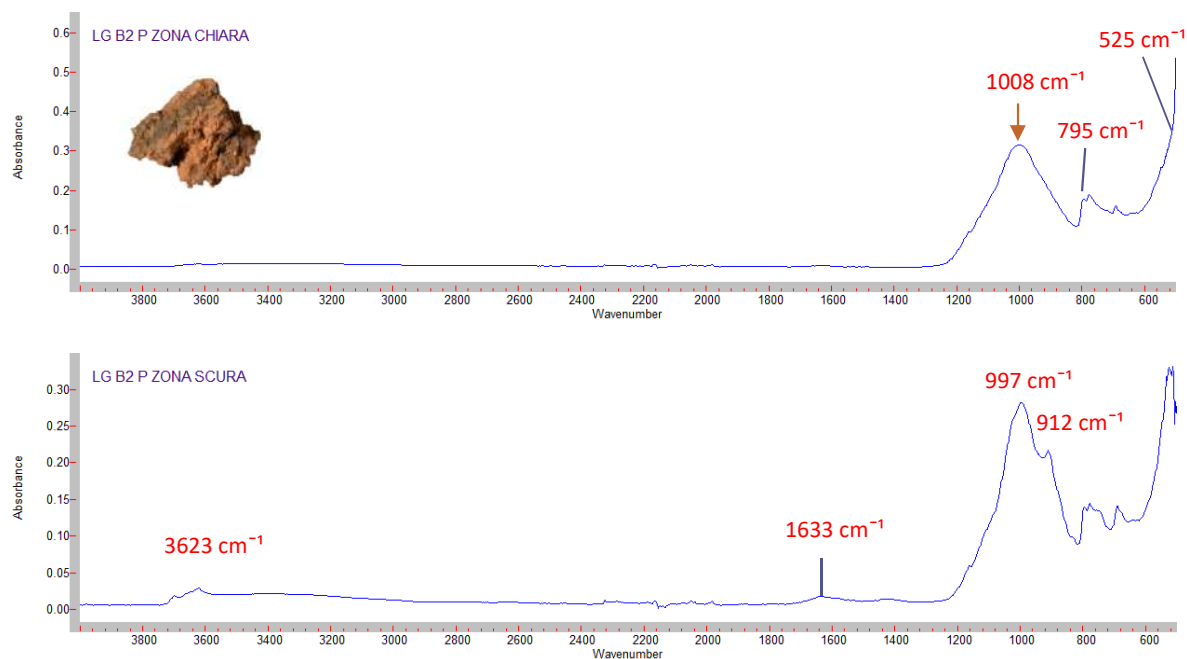


Figura 15: i campioni prelevati dalle pareti della buca B (C,1) presentano spettri differenti. La parte più chiara, maggiormente esposta rivela perdita di acqua strutturale e picco del gruppo Si-O-Si che si sposta su 1008 cm⁻¹, il gruppo Al-O-H non è visibile indicando temperature > ai 450° C. Nessuna trasformazione è invece osservabile nella parte scura del campione. Le temperature cui i campioni sono state esposte non sembrerebbero superiori ai 450° C.

Riempimenti

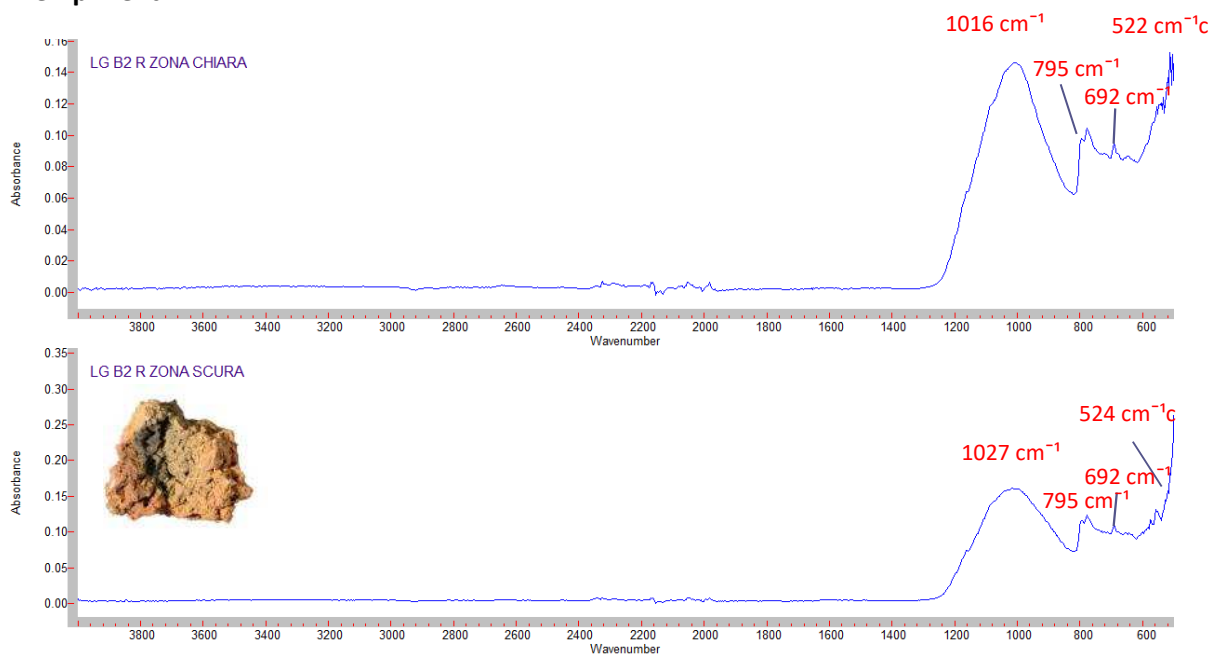


Figura 16: spettri relativi alle analisi condotte su frammento prelevato dal riempimento della buca B (C2). Non sono visibili rilevanti differenze tra superfici chiare o scure. Assenza di acqua strutturale e scomparsa del gruppo Al-O-H mentre gli altri gruppi Si-O-Al e Si-O-Si sono presenti. Quest'ultimo registra uno spostamento che potrebbe indicare un leggero riscaldamento.

- Osservazioni e analisi sui frammenti ceramici sperimentali

Le analisi FTIR eseguite sui campioni di impasto non cotto e su quelli prelevati dopo la sperimentazione di cottura (*concotti*) dai forni a fossa, hanno mostrato diversi aspetti. Sulle facce “esposte” alla combustione sono state rilevate tracce di calcite, dovute alla presenza di cenere. I cristalli di ossalato di calcio, presenti nella legna, si trasformano a circa 500°C in carbonato di calcio secondo la seguente reazione (Mentzer et al. 2014). La calcite che si forma ha dimensioni della grana micrometrica (micrite):

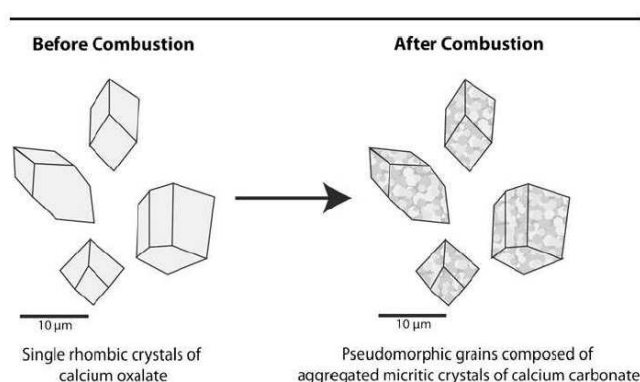
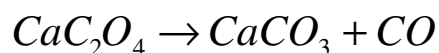
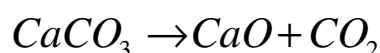


Figura 17 : Trasformazione dei cristalli di ossalato di calcio presenti nella legna in calcite a seguito della combustione (da Mentzer 2014, 616).

Se scaldata a $T >$ di 700-750°C, la calcite presente nella cenere può ulteriormente decomporsi secondo la seguente reazione (Regev et al. 2010):



Durante la fase di raffreddamento, in un ambiente ricco di CO_2 , quale è quello di una struttura infossata, ha luogo la reazione inversa a quella precedentemente indicata e dunque nei prodotti finali si ritrova nuovamente la calcite. Si tratta di un processo già descritto in maniera approfondita in riferimento alla ceramica (Capitolo 5, paragrafo 5.3.5).

Sulla faccia interna (non esposta al calore) della struttura non è riscontrata la formazione di calcite (**Figura 4**) ma la sua presenza, come attestata dai segnali IR, sembra dunque riferibile alla fase presente nella materia prima. Si tratta di un dato che appare confermato dallo spettro ottenuto dal campione di impasto di argilla cruda, denominato “IF-crudo” (**Fig. 18**) dove si individuano deboli segnali riferibili alla calcite. Inoltre, il campione sperimentale LG A3 F NO mostra la linea a 915 cm^{-1} , indicativo insieme con le linee a

3623 cm^{-1} di presenza nella materia prima di gruppi OH (acqua strutturale). Questo dato mi indica che nella zona interna del fondo della struttura la temperatura sia rimasta al di sotto dei 450-500°C.

L'analisi FT-IR è stata applicata anche ad alcuni campioni di ceramica rappresentativi di due diverse tipologie di impasto realizzate (IM, Impasto medio-grossolano e IF, impasto fine - *Capitolo 5, Appendice I*). Come già accennato, i risultati delle analisi di un campione crudo rivela presenza di linee caratteristiche di acqua strutturale e la presenza di calcite.

Lo spettro IR (**Fig. 18**) mostra oltre a segnali di fasi idrate anche di acqua libera (di impasto) coerentemente con quanto atteso per un campione essiccato. IM presenta spettro simile per il quale è possibile effettuare le stesse considerazioni (**Fig. 19**), così come simili caratteristiche mostrano anche i campioni ceramici risultato di cottura (**Figg. 20-21**).

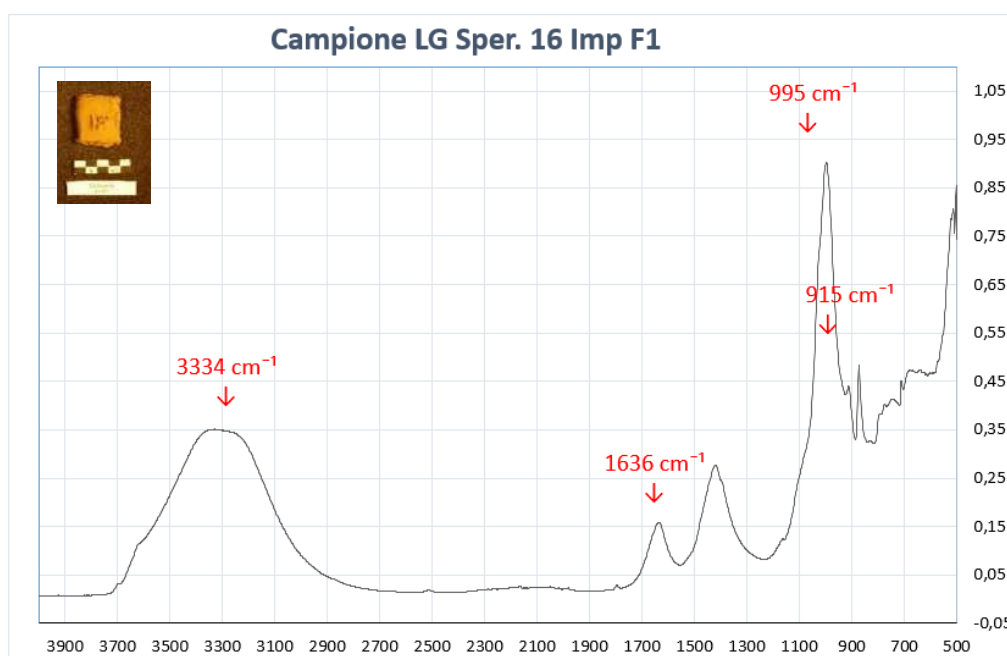


Figura 18: Immagine di campione IF, crudo. Nel grafico è riportato il relativo spettro IR, nel quale sono indicate le linee caratteristiche di H_2O sia strutturale (appena visibili sulla spalla sx dell'ampio segnale dovuto all'acqua di impasto, centrato a 3334 cm^{-1} e a 1636 cm^{-1}); del gruppo Si-O-Si (995 cm^{-1}) e del gruppo Al-OH (915 cm^{-1}). Si nota anche la presenza di calcite (cfr figura 3).

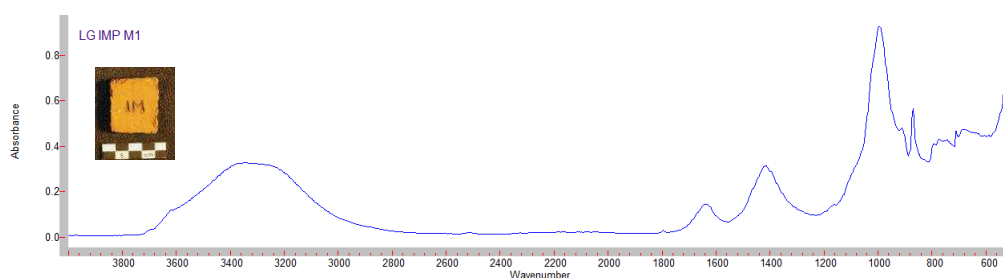


Figura 19: spettro relativo a impasto medio (IM). Presenta le stesse caratteristiche di quello analizzato in Fig. 18.

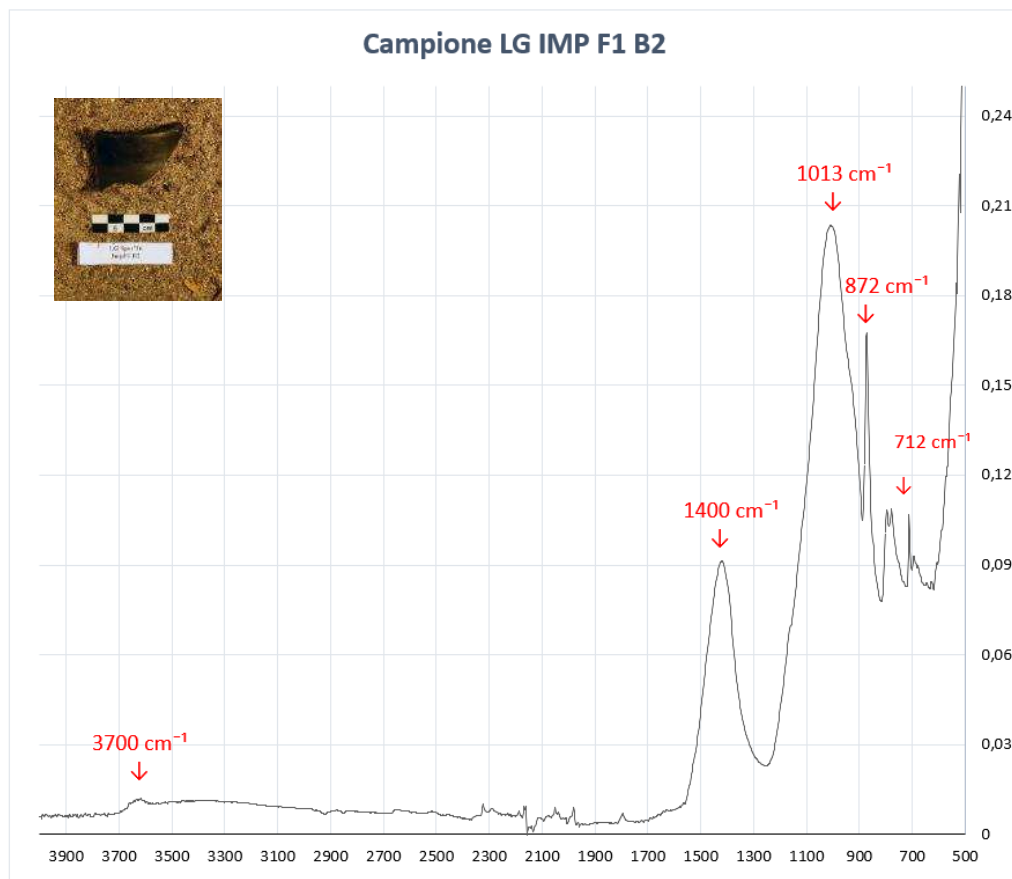


Figura 20: Immagine di campione IF, cotto. Nel grafico è riportato il relativo spettro IR, nel quale sono indicate le linee caratteristiche di H_2O sia strutturale (3700 cm^{-1} - la forma del segnale, analogo a quello osservato in figura 3, denota una struttura completamente disordinata, vista la T raggiunta da questo campione) e del gruppo Si-O-Si, che si sposta verso numeri d'onda maggiori (1013 cm^{-1}). Si nota anche la presenza di calcite ($1400, 872, 712 \text{ cm}^{-1}$, cfr figura 3).

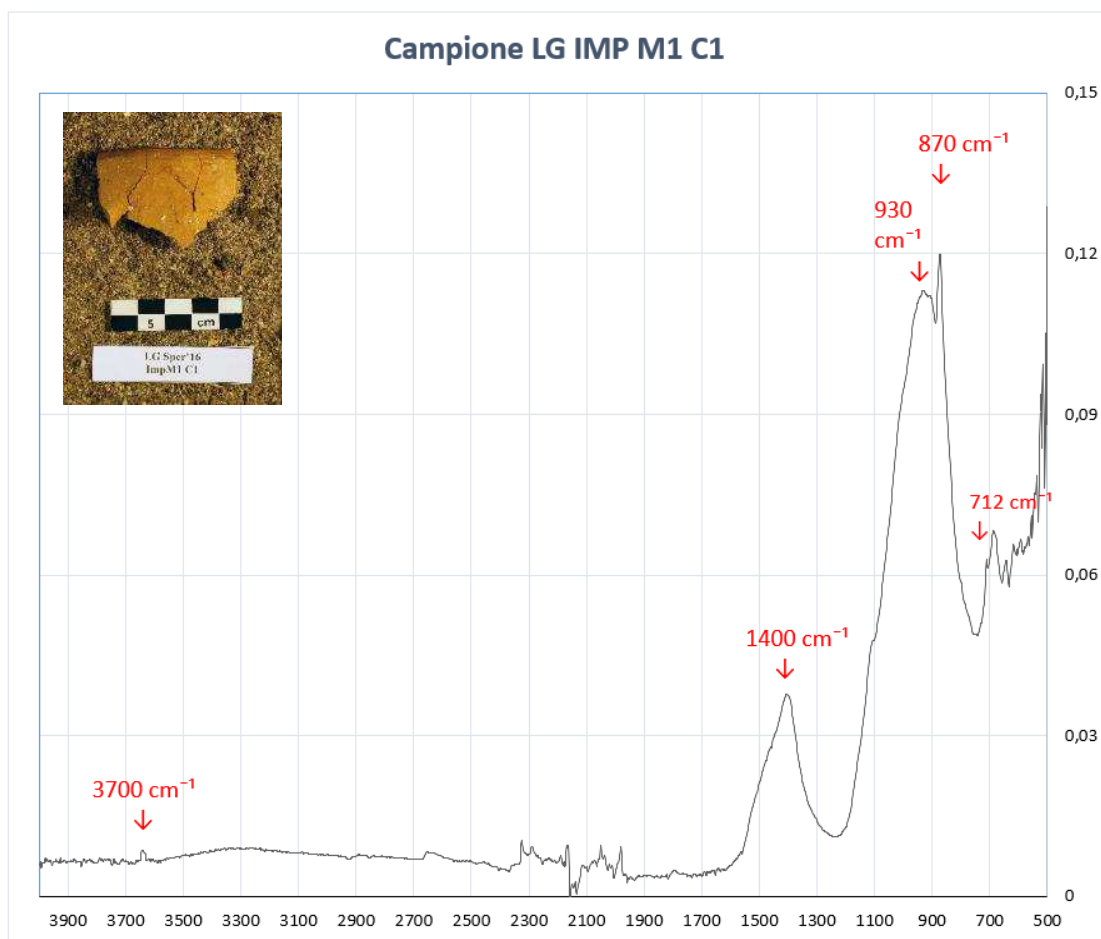


Figura 21: situazione analoga a quella riscontrata in Figura 20.

Le analisi effettuate sui concotti sperimentali permettono di osservare due diversi risultati in base alla faccia di esposizione dei campioni: quella esterna, esposta al calore, riflette perdita di acqua strutturale e trasformazioni che in genere sono tipiche di temperature superiori a 500°C , mentre la radiazione termica non sembra penetrare in profondità. Si osservano alcune difformità determinate da alcuni fattori descritti nel paragrafo precedente dovute alla presenza o meno di residui di combustione sul fondo (**Fig.22**), che potrebbero aver isolato maggiormente i sedimenti dal calore, o dalla distanza al punto di accensione del fuoco e rilevamento della termocoppia (**Fig. 23**) come documentato ad esempio nel caso del campione SO, che durante le repliche era isolato dalla presenza di cenere.

I dati sui frammenti di vasi cotti nella buca C, e B, riflettono invece presenza di acqua strutturale ma la presenza di calcite che, seppur decompostasi, potrebbe essersi riformata in raffreddamento, potrebbe indicare raggiungimento di temperature comprese

nell'intervallo 700-800° C nonostante nel corso delle repliche si siano registrati anche picchi più alti.

Alla luce di questi risultati, derivanti da analisi a carattere sperimentale e esplorativo, è possibile migliorare la metodologia di indagine, sia durante lo scavo, attraverso un'adeguata selezione dei campioni che tenga conto del corretto posizionamento nella struttura (se possibile), sia in fase di analisi post-scavo. In questa occasione si è rivelato importante poter analizzare più facce del campione. I dati che confermano temperature più elevate, sono riferibili ad esempio a un campione prelevato nel riempimento o a quelli prelevati dal fondo non isolato dalla presenza di residui di combustione (**Fig. 23**). I risultati relativi ai campioni prelevati dalle pareti, riflettono dunque una scarsa omogeneità della distribuzione del calore nella struttura, come già osservato dall'analisi dei regimi termici delle strutture (si veda la tabella XX, nel capitolo 5). Il potenziamento di termocoppie, con posizionamento a distanze regolari all'interno della buca, potrebbe migliorare la conoscenza sui processi di propagazione del calore e sulle modalità di alterazione termica dei supporti.



Figura 22: esempio di maggior esposizione al calore dello spicchio SE rispetto al SO dovuta a una pulizia differenziata del fondo eseguita a fine cottura (Capitolo 5).

L'applicazione del metodo di campionamento a settori circolari² (Stapert 1989), ad esempio, ampiamente utilizzato per i focolari, potrebbe rivelarsi utile riadattato e applicato alle strutture in fossa sia al momento dello scavo che nel corso di repliche sperimentali perché fornisce l'esatta distanza dal punto di accensione del fuoco e da quello di posizionamento della termocoppia e permetterebbe di comprendere in maniera più approfondita anche le dinamiche di propagazione del calore.

² Sulla base di questa metodologia, l'area del fondo viene suddivisa in corone circolari di 25 cm dal centro (luogo di accensione o propagazione del calore) dalle quali prelevare campioni rappresentativi. Questo permetterebbe di esaminare le diverse modalità di distribuzione del calore e allo stesso tempo fornire un metodo di interpretazione al momento dello scavo.

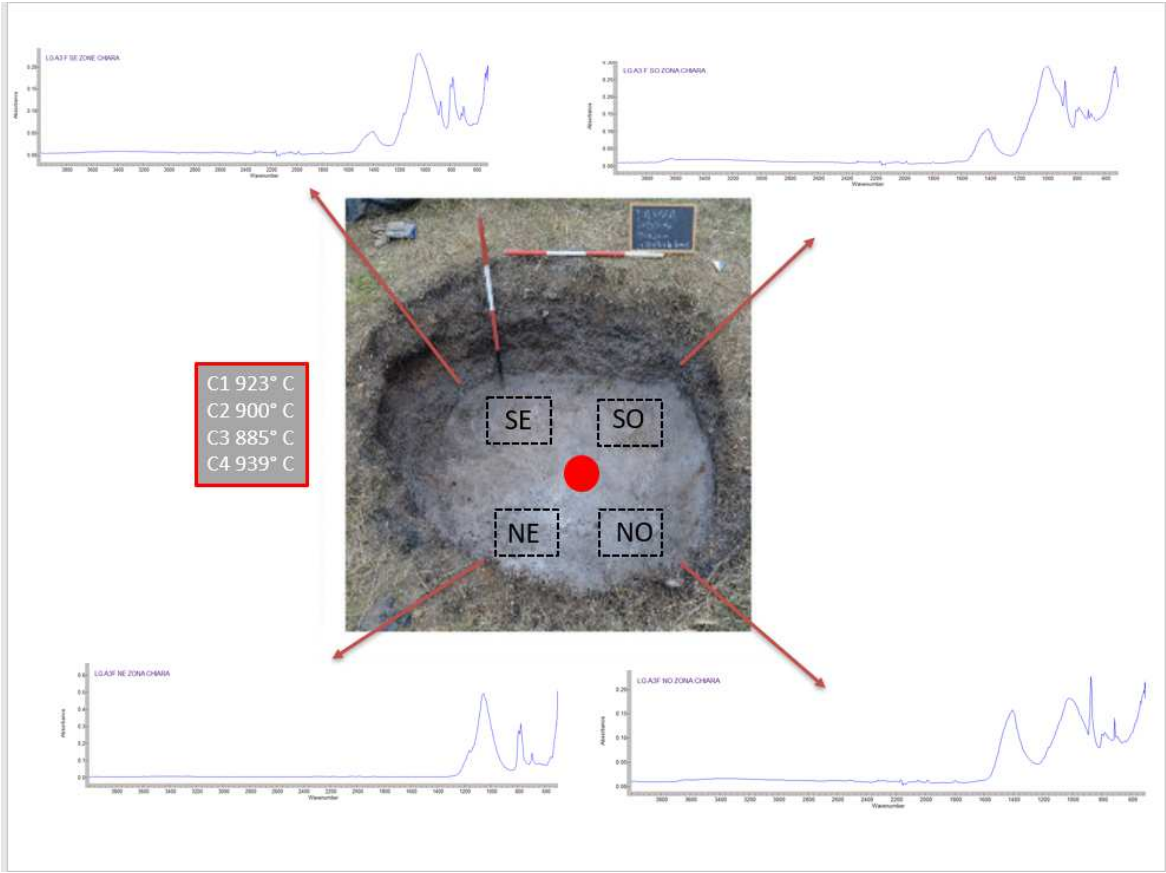


Figura 23: differenze tra i risultati delle analisi effettuate in diversi settori del fondo, isolati dalla presenza o meno di cenere (si veda il capitolo 5,3.3).

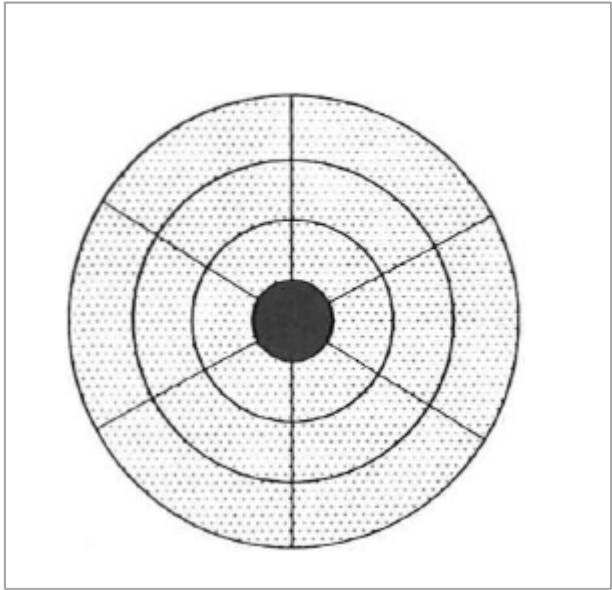


Figura 24: metodo di campionamento a settori circolari (Stapert 19)

7. CONCLUSIONI

La presente ricerca sulle strutture di combustione si è svolta su diversi piani di indagine che, attraverso l'analisi delle loro caratteristiche (Capitolo 1, 2, 3) e l'applicazione di analisi archeometriche (Capitolo 4-6) e del metodo sperimentale come verifica di alcune ipotesi legate ai processi di combustione (Capitolo 5), hanno permesso di effettuare una serie di considerazioni sui vari aspetti che le contraddistinguono.

Prima di procedere alla descrizione delle strutture di combustione neolitiche sono stati esposti i criteri che, attraverso un esame della terminologia nota nella letteratura archeologica, hanno condotto alla selezione di quella adottata in questa sede. Nel corso di questo lavoro si è fatto dunque riferimento alle seguenti categorie strutturali: “Forni” (a camera unica o separata) in relazione ad impianti con piastra e copertura fissa, “Fosse di combustione”, con o senza riempimento in pietra, per definire strutture scavate nel terreno con tracce di combustione intensa, prolungata e ripetuta spesso associate a carbone e cenere.

Nonostante l'analisi di tipo crono-tipologico non rappresenti la finalità principale di questo lavoro, l'osservazione della distribuzione delle evidenze considerate ha permesso di ricondurre alcune categorie a determinati ambiti sia territoriali sia cronologici (come esposto nel paragrafo 2.3.4 del capitolo 2).

Le evidenze di forni per ceramica appaiono molto presto in Vicino oriente, dove forni a struttura verticale sono documentati già nel VII millennio a. C. mentre nella penisola anatolica e in area greca la sola categoria di forno ad impianto fisso, con una piastra sormontata da una volta, è riferibile a strutture attestate in ambito domestico, sia all'interno che all'esterno delle abitazioni. A queste evidenze se ne affiancano altre relative a strutture con carattere di temporaneità, come quelle in fossa o in piano spesso associate alla cottura della ceramica. La presenza di più categorie di strutture in alcuni siti come Achilleion, dove sono attestati sia una grande fossa destinata alla cottura della ceramica che forni a volta, sembra rivelare una differenziazione funzionale per tipologia. Il forno a volta, spesso associato a piani di lavoro posti frontalmente o lateralmente, sembra essere legato alla preparazione degli alimenti. Tuttavia, esistono anche eccezioni, in cui questa categoria formale viene interpretata come forno per ceramica, come documentato a Dikili Tash, sebbene di recente siano stati sollevati alcuni dubbi, e a Magoula Imvrou Pigadi (capitolo 2, paragrafo 2.2.). Più volte si è sottolineato però che tali strutture potrebbero avere presentato anche un carattere di multifunzionalità, come documentato ad esempio, etnograficamente, nell'area di Tétouan in Marocco, dove il forno a volta, posto all'esterno delle abitazioni è usato sia per la cottura degli alimenti che per quella della ceramica (paragrafo 2.3.4) (Dèsbat 1989). Stesse evidenze si hanno anche nella regione del Oued Laou, in provincia di Chef Chaouen (De La Cruz 2006).

Altri esempi, sempre in Marocco, dalla valle di Ourika rivelano che alcuni forni, cosiddetti per il pane, posti all'interno delle abitazioni, sono usati come se fossero fornelli per preparare un'ampia varietà di pietanze, ma non il pane¹(Fig.1a) mentre in altre aree, nei pressi di Casablanca, si usano ancora forni a cupola, nelle aree esterne tra le abitazioni, destinati alla cottura di diversi alimenti, incluso il pane. In quest'ultimo caso il forno non è oggetto di rifacimenti o manutenzione, ma quando necessario viene sostituito con un altro (Fig. 1b).²



Figura 1: a) area di cottura all'interno di un'abitazione berbera in Marocco, nella valle di Ourika (foto di Jessica Artisanomad); b) forno all'esterno delle abitazioni, nei dintorni di Casablanca (foto di Ilham Moutayakine).

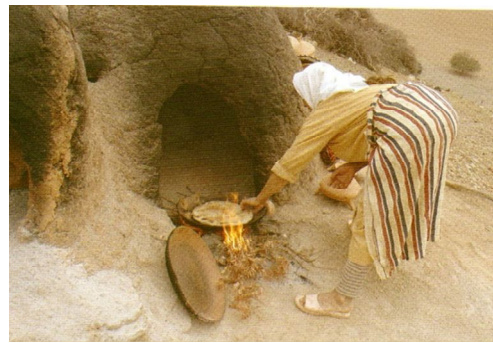
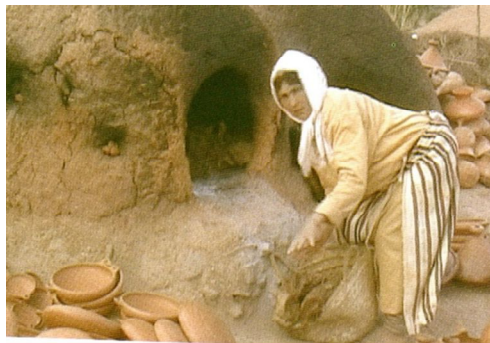


Figura 2: a sinistra e a destra uso dello stesso forno sia per la ceramica che per la cottura del pane (da De La Cruz 2006). In basso forno durante la fase di cottura.



La discriminante tra le due funzioni sembra essere caratterizzata dalle diverse dimensioni delle strutture, più grandi nel caso in cui siano destinate anche alla cottura della ceramica.

¹ Informazione avuta dal confronto con Jessica Artisanomad al ritorno da un suo viaggio in Marocco.

² Anche questa informazione mi è stata fornita da Ilham Moutakine.

C'è da sottolineare però, che la produzione ceramica non è rivolta solo alle singole unità familiari, ma destinata allo scambio/vendita che giustifica dunque la necessità di soddisfare specifiche richieste utilizzando forni con maggiore capienza.

Le evidenze archeologiche esaminate in area greca e nei Balcani hanno rivelato la presenza sia di piani alterati termicamente (come a Dimini, Kouphonovo), forse riconducibili a cotture a cielo aperto, sia evidenze di strutture infossate (come ad esempio ad Olinto) che potevano implicare l'utilizzo di una seconda camera rialzata, che indicano un uso di strutture "temporanee" lungo tutto l'arco del Neolitico, in concomitanza con l'uso di forni a volta di piccole dimensioni destinati alla preparazione del cibo. Nei Balcani sono frequenti le strutture scavate nel loess (forni interrati), anch'esse associate alla preparazione degli alimenti. Per alcune di esse però, come ad esempio quelle rinvenute in Romania (Tencariu 2015) e in Croazia, nel sito di Zadubravlje (dove sono associate anche ad altre tipologie) non si esclude un utilizzo per la cottura della ceramica (Capitolo 2.2).

Nella nostra penisola forni a cupola sono attestati soltanto durante la prima fase del Neolitico, prevalentemente in contesti meridionali e qualche eccezione in Italia settentrionale, a Lugo di Romagna e, in un caso dubbio, a Lugo di Grezzana. Scavi recenti hanno messo in luce alcune strutture a doppia fossa, con all'interno tracce di quella che poteva essere una volta e che potrebbero rappresentare una rara evidenza di forni destinati alla cottura della ceramica (capitolo 2.3.1). La categoria delle strutture in fossa con riempimento in pietra è frequente dal sud al nord per tutto l'arco del Neolitico e presenta caratteristiche morfologiche e dimensionali molto ampie. Mentre quelle di forma circolare possono presentare caratteri comuni con strutture attestate anche in periodi precedenti, durante il Mesolitico, quelle a pianta allungata sembrano fare la loro comparsa solo con il Neolitico antico, durante la seconda metà del VI millennio a.C., come documentato ad esempio a Catignano e Mileto e a Sant'Andrea di Travo in una fase più avanzata (capitolo 2.3.3.). Questi dati hanno fatto ritenere che le strutture rinvenute in territorio francese, solo in fasi più tarde, possano essere di derivazione dalla nostra penisola (Vaquer et al. 2003). Più rare sembrano essere le strutture in fossa esaminate in questo lavoro e attestate soltanto nei siti di Lugo di Grezzana, Santa Giustina di Baldaria nel veronese e a La Vallona di Ostiglia in una fase del Neolitico recente (capitolo 2.3.2.).

Come già sottolineato più volte, in assenza di indicatori ben precisi, fornire un'interpretazione funzionale delle strutture non è sempre facile. Alla sfera domestica sono ricondotti i forni a volta di piccole dimensioni rinvenuti all'interno di abitazioni o in aree di lavoro esterne. Anche per i forni interrati (come ad esempio quelli messi in luce nel sito di Portonovo), indicatori come residui cenerosi e cariossidi di cereali e orzo, sono stati considerati la prova a favore di una interpretazione delle strutture per la preparazione di alimenti (Conati Barbaro 2017).

La presenza di marker ceramici, è stata considerata significativa per il riconoscimento di strutture destinate alla cottura della ceramica. L'esecuzione di una pulizia della struttura, o diverse destinazioni d'uso, potrebbero però modificare le evidenze individuabili nel record archeologico, che sarebbero dunque riferite al suo ultimo utilizzo. Nella interpretazione della presenza o meno di quegli indicatori associati al tipo di produzione bisognerebbe dunque tenere conto di tutta una serie di fattori, come quelli accennati negli esempi sopra elencati riferiti alla multifunzionalità delle strutture.

Anche l'interpretazione delle strutture con riempimento in pietra, che sfrutta il principio di combustione per solido interposto e che in altri contesti sono definite “forni polinesiani” è spesso riferita all'utilizzo per la cottura o essiccazione di alimenti di diversa natura (Vaquer 1981, 1990; Orliac 2003). Una conferma a favore di questa interpretazione deriva dalle analisi (GC-MS) condotte sulle strutture di Sant'Andrea di Travo, nelle quali si evidenzia la presenza di fosfati, acidi grassi e residui proteici (Pescio et al. 2016). La loro assenza assieme a dati integrati da repliche sperimentali hanno invece fatto proporre una destinazione d'uso diversa per le strutture con riempimento in pietra di Milento, considerati compatibili con una funzione per la cottura della ceramica (Sarti et al. 1991) (Capitolo 1.4).

La presenza o meno del riempimento in pietra delle fosse esaminate comporta dunque due diversi tipi di combustione: la prima indiretta e la seconda diretta. Entrambe possono essere messe in relazione sia con diversi usi a fini culinari che artigianali o comportare due destinazioni d'uso differenti. Allo stesso tempo una stessa categoria strutturale potrebbe avere un utilizzo riconducibile a due sfere produttive completamente diverse (come ipotizzato per i forni a camera unica che si pensa possano essere utilizzati sia per la cottura del pane sia per quella di piccoli vasi).

Come già descritto, i soli forni che possono esser ricollegati ad un uso per la produzione della ceramica sono quelli di Rivalentella e Serra d'Alto (capitolo 2.3.1.) che sulla base degli scarti rinvenuti al loro interno, sono stati messi in relazione alla produzione di ceramica figulina. Anche a Serra d'Alto sembra documentata una differenziazione funzionale su base tipologica, come sembrerebbe indicare la presenza di una struttura in fossa con all'interno frammenti di ceramica grossolana. Inoltre i recenti ritrovamenti a Serra di Cristo e Masseria Pedone potrebbero esser riferibili a forni per ceramica ma si attendono nuovi dati per poter confermare questa funzione (Tunzi et al. 2017).

Per le fasi più antiche del Neolitico, sebbene difficili da individuare archeologicamente, sembra però molto probabile che le strutture utilizzate per la cottura della ceramica fossero quelle a cielo aperto o con copertura temporanea, in piano o in fossa.

L'assenza di installazioni fisse nel sito di Lugo di Grezzana, nonostante l'abbondanza della ceramica rinvenuta nel sito, e la presenza di strutture in fossa, con marcate evidenze di esposizione all'azione termica e abbondanti residui di combustione, in un'area esterna all'abitato, è alla base dell'ipotesi che propone un loro uso per la cottura della ceramica.

Non solo, la presenza di figulina tra le classi di impasto identificate, ha fatto emergere l'esigenza di valutare quale sia la capacità termica di una struttura in fossa e se questa consente di raggiungere le temperature massime, circa 850° C, ritenute necessarie per la sua cottura (Spataro 2009).

Partendo dall'analisi dei dati disponibili nel sito esaminato è stato applicato un approccio sperimentale finalizzato alla realizzazione di cotture in buca per accertarne le potenzialità tecniche e funzionali, determinarne la capacità termica e ricostruire le dinamiche di "causa-effetto" all'origine di specifiche tracce (presenza di carboni, travi carbonizzate di grandi dimensioni, cenere e concotti, alterazione termica delle pareti). La struttura scelta come riferimento, la ES 473/03, presenta infatti evidenti tracce di rubefazione alle pareti, ma scarse e quasi assenti sul fondo. Le travi disposte sul fondo, riflettono un processo di carbonizzazione e assenza di carbonificazione riconducibile a condizioni con scarsa circolazione di ossigeno e poca fiamma (Capitolo 1.3.1.). Le cause che possono avere determinato questi effetti sono state considerate attraverso una serie di repliche che di volta in volta, attraverso la conferma o la smentita di un'ipotesi, hanno permesso di considerare diverse variabili e risalire ad evidenze confrontabili con quelle del dato archeologico (Capitolo 5).

Le prime repliche condotte hanno permesso di cogliere sin da subito gli aspetti positivi di una cottura in fossa che, rispetto a una struttura in piano, garantisce protezione dal vento e una maggiore facilità di accensione e avvio del fuoco. La buca inoltre, limita la dispersione del calore e gli effetti dell'azione termica sul substrato appaiono subito circoscritti. Tutte le cotture hanno prodotto i tipici residui di combustione caratterizzati da carboni e ceneri con netta prevalenza percentuale di quest'ultima. Tutte le repliche condotte hanno permesso di migliorare la conoscenza dei processi di combustione e di cottura della ceramica.

La presenza/assenza di alterazione termica è un elemento determinante per l'individuazione delle strutture di combustione in quanto cenere e carboni potrebbero essere solo residui secondari di attività pirotecniche. Le modalità di formazione di alterazione termica sono state indagate attraverso una serie di repliche a cielo aperto condotte nella buca A che hanno permesso di effettuare una serie di valutazioni sugli effetti di una prima esposizione al calore, e quelli di usi reiterati della struttura. I risultati sono stati valutati attraverso le variazioni cromatiche osservabili nei sedimenti, la consistenza e l'intensità. A Lugo la variazione cromatica assunta subito dai sedimenti (A, C1 – fondo) sembrerebbe essere riferibile all'alta percentuale di elementi ferrosi ossidatisi dopo il contatto con il fuoco confermando l'influenza del tipo di materiale e della sua composizione chimica nella formazione di rubefazione. Sin dalla prima accensione gli effetti di alterazione termica del fondo sono evidenti e comportano un arrossamento del terreno. L'estensione dell'alterazione si propaga dall'area centrale della buca, dal punto di accensione del fuoco, verso le pareti che appaiono indurite dall'esposizione al calore e

assumono una colorazione nerastra dovuta al deposito di particelle carboniose (Capitolo 5.2.1 Figg.15-16). Con l'uso reiterato della struttura, la variazione cromatica diventa più intensa, l'aspetto dei sedimenti più compatto e uniforme con tendenza a ricoprire quasi tutto il fondo della struttura, e la profondità dell'alterazione diventa sempre più spessa passando dai pochi centimetri raggiunti dopo una sola cottura, a oltre 10 cm nella quarta. Le pareti iniziano a presentare segni di rubefazione solo dopo la terza e la quarta cottura ma solo in aree circoscritte. È stato possibile dunque valutare quali fattori influiscono maggiormente sulla intensità della colorazione: il contatto diretto con la fonte di calore e l'uso reiterato della struttura sono le cause principali mentre la presenza/assenza di una copertura o di una camicia non sembrano aver influito. Nel primo caso, il crollo della copertura, ha garantito condizioni ossidanti, come risultati anche dagli effetti sulla colorazione della ceramica. Più difficile determinare l'incidenza delle temperature nella formazione di rubefazione. I dati in letteratura collegano la termoalterazione a temperature variabili: 600° C (Bigham 2000; Canever 1994-1995), ma c'è chi sostiene che possa avvenire anche a temperature più basse, 450° C (Canti, Linford 2000; Brodart et al. 2016). Questo tipo di valutazioni necessiterebbe di un approccio metodologico diverso, spesso oggetto di test condotti in laboratorio, ma più complesso quando si ha a che fare con repliche sul campo. Nel nostro caso, i risultati sono stati messi in relazione con le temperature massime e la durata di ciascuna cottura (elenco diagrammi di cottura al paragrafo 5.3.1. e tabella XX).

Sebbene sia stato interessante osservare le dinamiche di formazione della rubefazione, le tracce ottenute nel corso delle repliche condotte nella buca A, presenti soprattutto sul fondo, non sono purtroppo confrontabili con quelle archeologiche. Le maggiori analogie tra dati sperimentali e archeologici si sono ottenute nelle repliche che hanno previsto l'uso di travi sul fondo, ricoperte da sedimento. In quel caso infatti, la rubefazione del fondo appare ridotta, trovando riscontro con il dato archeologico (Buca C1, e ciclo di cotture nella buca D). La rubefazione delle pareti, è stata ottenuta in aree circoscritte, sia nel caso di cotture a cielo aperto, che in quelle con copertura. Ma il fattore che sembra incidere maggiormente nella loro formazione è il contatto diretto con il combustibile sia nella parte più bassa a contatto con le travi disposte sul fondo (Buca C, C1 e Buca D, C1, C2, C3) ma anche nella parte alta delle pareti (Buca E). Quest'ultima, è la sola sperimentazione che ha permesso di ottenere una marcata ed estesa rubefazione delle pareti: la variabile considerata nel corso di questa replica, ovvero il maggior carico di combustibile, che ha totalmente colmato la buca, comportando un contatto diretto con le pareti, è stata ritenuta quella maggiormente significativa nel determinare questo effetto. Il monitoraggio tramite le termocoppie ha permesso di registrare delle massime di circa 747° C al centro della buca e di 555° C in corrispondenza della parete sud.

Più volte ci si è chiesti quali fossero le modalità che consentono alle travi presenti sul fondo di preservarsi. Attraverso diverse repliche che di volta in volta hanno testato diverse ipotesi (Capitolo 5), si è giunti a considerare una variabile che ha restituito tracce confrontabili con quanto osservato nel record archeologico: esclusa l'influenza nella

determinazione delle tracce di umidità del fondo (B, C1) o di presenza di una copertura (B, C2; E, C1), la soluzione che ha dato un riscontro positivo è quella che vede l'utilizzo di un battuto che ricopre le travi sul fondo. Tale procedura è stata usata in diverse repliche (Buca, C, Buca D) restituendo sempre lo stesso risultato. Lo scavo condotto a distanza di 10 mesi nella buca C ha permesso di evidenziare che le travi si preservano e mantengono la loro disposizione originaria. La presenza di uno strato di concotti disgregato in piccoli frammenti rappresenta la trasformazione del battuto utilizzato. Le alterazioni termiche sono riscontrate a metà altezza della parete, poco al di sopra del punto di appoggio delle travi. Tutti questi elementi trovano riscontro nel registro archeologico (Capitolo 5, Fig. 153-157). La presenza di travi carbonizzate tra i residui di combustione, inizialmente considerata un effetto secondario, dovuto a condizioni riducenti, alla luce delle analisi degli andamenti termici, si è rivelata invece esser non casuale ma legata ad azioni mirate all'ottenimento di una migliore distribuzione del calore, con attenuazione dello sbalzo determinato dal calo tipico delle temperature riscontrato nella fase 2.

Quanto osservato permette dunque di considerare gli effetti descritti come il risultato di approfondite conoscenze sulle dinamiche di combustione, legato a scelte non casuali ma intenzionali con finalità ben precise: trattenere il calore, ridurre la temperatura minima nell'ambiente di cottura e redistribuirlo in maniera più omogenea (o in fase iniziale, come garantito nel caso di una cottura con presenza di una copertura, o in fase finale del ciclo di cottura, come sembra avvenire in assenza di una copertura) (si vedano i grafici 20, 22, 24 del capitolo 5). La presenza di una copertura inoltre sembra garantire tempi di mantenimento delle temperature più lunghi e posticipare la fase di raffreddamento (si veda il paragrafo 5.3.2. del capitolo 5).

Quali fossero le finalità e l'oggetto di tali processi, in assenza di indicatori ben precisi, è più difficile da determinare. Nel nostro caso, sono state valutate una serie di ipotesi interpretative legate alla cottura della ceramica e questo ha permesso di osservare gli effetti determinati da cicli di combustione che seguivano specifiche procedure.

Va in ogni caso tenuto ben presente che *“il controllo dei dati archeologici con quelli sperimentali viene effettuato su situazioni create artificialmente e su basi induttive, che sono necessariamente limitate per la difficoltà di controllare tutte le variabili in gioco e per l'evidente impossibilità di ricostruire le esatte condizioni dello svolgimento delle operazioni del passato”* (Longo 2003).

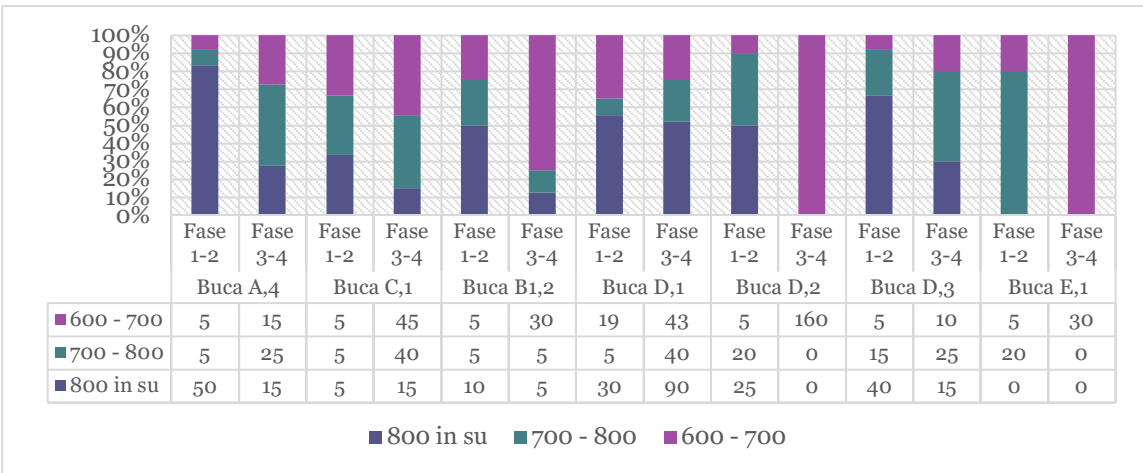
La presenza di scarti ceramici è ritenuta uno degli indicatori principali per l'interpretazione funzionale della struttura. La loro presenza potrebbe però essere pertinente a fasi di abbandono della struttura o a depositi secondari (Cavulli 2008b). Inoltre in caso di una pulizia periodica della fossa (come documentato in diversi studi etnografici) (Krause 1985) essi potrebbero non conservarsi o provenire dal piano di calpestio attorno alla struttura.

Tra i residui sul fondo sono stati ritrovati scarti ceramici di piccole e medie dimensioni (variabili da 2-3 cm, a scarti millimetrici ritrovati in seguito a setacciatura). La maggior parte dei frammenti sono facilmente individuabili, derivanti dallo shock termico e costituiti da veri e propri stacchi della parte superficiale del vaso (*spalling* o *firecracks*). Tali evidenze però non sono state rinvenute a Lugo. L'assenza dei frammenti più grandi potrebbe esser dovuta alla pulizia della struttura, mentre l'individuazione di quelli più piccoli andrebbe ricercata attraverso un'attenta setacciatura dei campioni di sedimenti (questo sottolinea l'importanza di determinare specifiche strategie di campionamento al momento dello scavo).

Le strutture hanno garantito il raggiungimento di temperature massime variabili: nel caso di cotture a cielo aperto, le massime rientrano in un intervallo che va tra 939° C a 923° C, e 939° a 858° C, nelle buche con presenza di copertura (Grafico 11, capitolo 5). Queste temperature sono compatibili con quelle proposte per la ceramica presente nel sito, poste in un intervallo che va dai 700 ai 900° C (Bouvet et al. 2010; Fermo et al. 2013) e questo risultato consente di non escludere l'uso legato alla cottura della ceramica e di considerare le buche potenzialmente adatte anche per la cottura di classi come le figuline.

Nella valutazione dei regimi termici sono stati presi in considerazione diversi parametri oltre alla temperatura massima: i tempi di raggiungimento della temperatura massima, il suo tempo di mantenimento (con oscillazione fino a 100° C al di sotto del picco) in corrispondenza sia al centro della struttura, che alle pareti o alle travi sul fondo, la differenza tra temperature massime rilevate dalle due termocoppie principali (in quanto indice dell'omogeneità raggiunta nell'ambiente di cottura) (Tab XX, capitolo 5).

È stato ritenuto significativo ad esempio osservare per ciascuna cottura tempi di esposizione a "intervalli" di temperature ben precise. Questo rivela che nonostante il raggiungimento di picchi massimi, in alcuni casi superiori ai 900° C, i tempi di mantenimento più significativi possono ricadere in intervalli di temperature più basse, tra i 700 e gli 800° C.



Il confronto tra i risultati relativi a tempi di raggiungimento e tempi di mantenimento vanno letti con attenzione e valutando di volta in volta la temperatura massima raggiunta in ogni singola cottura. Questo riflette la difficoltà di confrontare i processi legati all'uso del fuoco e la necessità di integrare i dati con tutti gli altri parametri a disposizione.

In letteratura, sia scientifica che divulgativa, si tende ad associare certi comportamenti termici e temperature massime a specifiche strutture (A.a. V.V 1986; Gibson A., Woods A. 1990; Arnal 1991; Kruta, Licka 2000; Arobba et al. 2008). La tendenza è quella di credere che in strutture non complesse la durata delle cotture sia breve (Shepard 1976, 87, 89) così anche la velocità di crescita delle temperature e i tempi di mantenimento (Rice 1987, 86). Mentre l'opposto sembra avvenire nei forni, dove il processo di combustione ha una lunga durata e i picchi massimi vengono raggiunti con più gradualità; garantisce però il controllo delle temperature di cottura e dell'atmosfera. Ma la temperatura massima da sola, come ampiamente dimostrato dalle sperimentazioni condotte, in quanto parametro molto variabile, condizionato da molti fattori, non può essere considerata un valido attributo per caratterizzare le strutture di combustione. Anche il confronto tra strutture aperte, in piano o in buca, può rivelare delle differenze come osservato in altri lavori (Gosselain 1992; Thèr 2014; Kruta, Licka 2000). Secondo altri autori, anche l'uso di altri parametri (durata, temperatura massima, velocità di crescita, tempi di esposizione) non può essere associato ad una determinata tipologia di struttura (Gosselain, Livingstone Smith 1995; Livingstone Smith 2001).

Quanto emerge dalle analisi qui condotte sembra confermare alcune di queste considerazioni e smentirne altre. Più che regimi termici associabili a una tipologia di struttura, è stato possibile riconoscere andamenti caratteristici associati a specifiche procedure. Se ad un primo esame sembra non sia possibile fare generalizzazioni attribuibili alle diverse tipologie di cotture, approfondendo l'analisi e incrociando i dati a disposizione, nonostante le peculiarità di ciascuna procedura, si possono definire delle linee di comportamento a seconda del tipo di cottura e di variabili come la presenza di elementi strutturali (travi sul fondo e/o copertura in materiale organico). La presenza di una copertura sembra garantire una gradualità dell'andamento delle temperature, sia in fase di cottura che in fase di raffreddamento. Nelle cotture a cielo aperto, i tempi di mantenimento delle temperature massime sono ridotti e quelli di raffreddamento sono più rapidi. Abbiamo visto come la presenza di travi modifichi il profilo di una di cottura bilanciando la dispersione del calore.

Si è ritenuto necessario suddividere i risultati tra fase 1-2 (preriscaldamento) e fase 3-4 (cottura e raffreddamento) perché permettono di distinguere quali temperature impattano più sulla struttura e quali sulla ceramica. Un dato fondamentale del quale tenere conto, soprattutto quando si applicano analisi a campioni come concotti prelevati dalla struttura o al materiale ceramico. Le analisi archeometriche condotte in questa sede (capitoli 4 e 6) non sembrano riflettere gli andamenti termici osservati nelle strutture durante le cotture.

Le analisi sui campioni archeologici, sottoposti a microscopia elettronica a scansione, SEM e spettroscopia a infrarossi con Trasformata di Fourier, FT-IR, rivelano temperature non superiori ai 400° C, mentre quelle sui campioni sperimentali, mostrano dati diversi: quelli prelevati in corrispondenza delle pareti non sembrano riflettere temperature superiori ai 450° C, tranne in un caso (B, C2) mentre quelli prelevati dal fondo, mostrano risultati diversi a seconda della superficie analizzata. Quella esposta (faccia esterna) riflette temperature superiori ai 500° C, in alcuni casi ai 700° C (come documentato ad esempio per un campione della buca A, maggiormente esposto per via di una pulizia del fondo eseguita alla fine di ogni cottura) mentre quella non esposta (faccia interna) registra temperature inferiori ai 450° C (capitolo 6). Le determinazioni delle temperature solo in alcuni casi possono essere indicative della funzione della struttura. I risultati dunque confermano che l'analisi del campione può dare risultati coerenti, nel caso sia stato prelevato in prossimità del punto di accensione del fuoco, altrimenti sembra risentire di diversi effetti della propagazione del calore. Queste considerazioni sottolineano dunque l'importanza di formulare e definire nuove strategie di campionamento e modalità di analisi dei materiali prelevati. Repliche sperimentali condotte su campioni prelevati da una fossa di combustione avevano sottolineato la stessa problematica (Fasani et al. 2006).

In assenza di indicatori specifici le tracce documentate da strutture di fuoco sono abbastanza simili tra loro e andrebbero analizzate sulla base di altri parametri. Una corretta valutazione delle alterazioni del suolo provocate dal calore andrebbe dunque fatta sulla base di diversi parametri che tengono conto: della loro distanza dal punto di maggior temperatura, della superficie di esposizione, e dei componenti stessi degli strati (Mannoni, Giannichedda 1996, 146). Diversi autori hanno anche evidenziato la difficoltà di determinare differenze tra tracce di fuoco usate a fini culinari da altre (Andrieux 1991, 243). Repliche sperimentali sui processi di cottura del cibo potrebbero fornire nuovi dati per tentare delle corrette valutazioni di questi aspetti (Campanelli et al. 2018). Come sostenuto da Gasco (1985, 112), la durata della cottura dipende da fattori culturali e quindi variabili. Una corretta interpretazione dovrebbe dunque tenere conto di diverse variabili.

Quasi tutte le ceramiche ottenute presentano superfici di colore scuro e alcune di esse hanno una colorazione a chiazze “rosso/nere” come spesso riscontrabile nella ceramica della cultura di Fiorano. Nonostante questo, sono presenti anche risultati in cui è stata osservata una totale omogeneità del colore della superficie. Diversi effetti nelle colorazioni della superficie possono essere il risultato di un'unica cottura (schede ceramica, paragrafo 5.3.5) e hanno aperto alcune riflessioni sulla generalizzazione che legano un tipo di produzione ad uno specifico tipo di struttura. Le descrizioni degli aspetti della superficie sono spesso identificate come conseguenza di una singola variabile e risultare imprecise in quanto in realtà le variabili coinvolte sono maggiori (Krause 1985, 166).

La cottura di tester di argille raccolte nei dintorni di Lugo ha fornito alcune informazioni sulla varietà di selezione della materia prima. Le figuline infatti sembrerebbero esser state

realizzate con argille grigie diverse da quelle solitamente usate per gli impasti grossolani (rosse) come dimostrato dalla colorazione di uno dei tester. Si tratta solo di un'indagine preliminare che potrebbe rappresentare un percorso di ricerca interessante per il futuro. Le temperature raggiungibili in una fossa di combustione sembrano dunque potenzialmente adatte a cuocere anche classi come le figuline. I dati esaminati in contesti orientali sembrano confermare la possibilità che anche classi ceramiche ritenute di particolare pregio, potessero essere cotte in semplici bonfire (come documentato nel sito di Dimini). Si tratta di un dato confermato anche a livello etnografico e sperimentale (tra gli Shipibo-Conibo). Cotture in fossa sono documentate nel nostro territorio, nell'area di Vibo Valentia, praticate fino a qualche decennio fa³ (una rassegna di alcuni video sulla produzione ceramica è disponibile in bibliografia).



Esempio di cotture di ceramiche dipinte, in strutture in piano a cielo aperto tra gli Shipibo-Conibo (foto Martin Coorisapra). A destra, esempio di cotture in fossa, a Vibo Valentia, da parte del ceramista Cosmo Robolà.

La cottura della ceramica può dunque essere considerata il risultato di una sommatoria di processi variamente ed ampiamente controllati dagli antichi vasai. Considerare ceramiche dalla superficie chiara risultato di cottura ossidante e quelle dalla superficie scura risultato di cotture in ambiente riducente non permette di comprendere la complessità dei processi conosciuti nell'ambito di ciascuna tradizione. In Portogallo ad esempio, i ceramisti riescono ad ottenere ceramiche dalla superficie scura utilizzando strutture tipologicamente differenti per ottenere lo stesso tipo di risultato⁴. Dati sperimentali documentano anche l'evidenza opposta: una stessa struttura o un'unica cottura possono condurre a risultati differenti. In parte questo risultato è stato ottenuto anche nel corso delle sperimentazioni qui condotte, durante le quali sono state ottenute ceramiche dalle superfici sia grigie che rosse (schede ceramica, 5.3.5.). Le differenze legate all'aspetto esterno sono imputabili alle procedure seguite e alle condizioni di raffreddamento. La colorazione scura si ottiene a volte su parte della ceramica quando essa "entra a contatto diretto con combustibile che carbonizza e nei punti di contatto con i vasi impedisce l'arrivo dell'aria sulla loro superficie" (Kruta, Licka 2009, 59). Al contrario, durante una cottura in fossa coperta (solitamente effettuata per ottenere ceramiche dal colore scuro) (Vidale 2007)⁵ è possibile

³ <https://www.youtube.com/watch?v=MN-OUwa9eVQ>

⁴ www.ceramique.chez.com/jcdocmeu.htm

⁵ "Molte ceramiche tradizionali hanno aree esterne nerastre non solo per il contatto con il combustibile, ma anche perché nella combustione le particelle carboniose tendono a migrare dall'interno verso l'esterno e si

ottenere delle superfici ossidate estraendo ed esponendo all'aria i vasi durante la loro temperatura massima (Rye 1981).⁶ Effetti riducenti possono essere ottenuti prelevando le ceramiche al momento di raggiungimento del picco massimo e coprendole con terra⁷.

Il risultato di una cottura non è dunque legato soltanto al tipo di struttura ma anche a due importantissime variabili: “la pratica, componente essenziale al raggiungimento del successo sistematico” e “l'abilità personale dell'utilizzatore, importante elemento di qualificazione” (Cassano et al. 2006, 52). Entrambi i fattori sono di difficile identificazione nel record archeologico. Nella maggior parte dei casi una struttura di combustione dunque non è rappresentativa di una produzione ceramica. I risultati di una cottura ed il potenziale di una struttura sono determinati soprattutto dall'utilizzatore che, sulla base delle sue necessità e del suo background di conoscenze ed esperienze, applica determinate procedure. Bisogna dunque porre l'accento sull'importanza di padroneggiare una tecnologia complessa come quella della cottura. Simili strutture e simili procedimenti, tenuto conto di diverse variabili, possono dunque condurre anche ad esiti diversi.

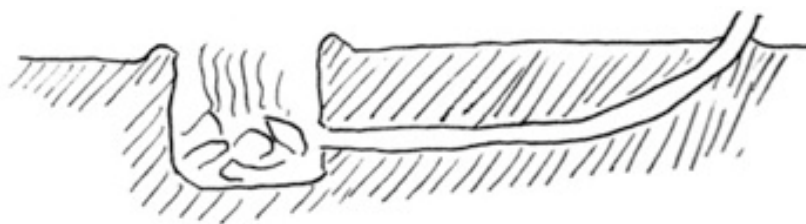
La presenza di due fori ovali in prossimità della struttura ES 473/03=920, interpretate come sfiati, ha rappresentato lo spunto per verificare un'ipotesi volta a verificarne la funzionalità. Nel corso di una delle sperimentazioni (D, C2), è stato possibile osservare come l'apertura dello sfiato, in condizioni di calo delle temperature, abbiano determinato un'inversione con conseguente rialzo. Si tratta di osservazioni che necessitano di ulteriori verifiche e prove per comprenderne a pieno la funzionalità. L'uso di tali espedienti è però documentato a livello etnografico. Un esempio, sono i “*Tandir*” utilizzati in ambiente anatolico a fini alimentari (Limet 2002, fig. 1): dotati di condotte che immettevano l'aria dall'esterno al momento della combustione e venivano tappate durante la cottura. Un altro esempio che ne conferma la funzione è quello dei Dakota pit fire⁸, apprezzato perché consente di ridurre il quantitativo di combustibile impiegato ma raggiungere elevate temperature, ridurre il fumo emesso e in ambienti aperti, garantisce protezione dal vento. A Lugo quasi tutte le strutture presentano buche ai margini dell'imboccatura e/o sul fondo che potrebbero esser messe in relazione con la presenza di strutture rialzate e denotare dunque particolari aree di lavoro. Tracce di buche di palo sono documentate anche ad Alba (Cn).

concentrano sulla superficie (annerendo i manufatti)”. L'assorbimento può avvenire nella fase centrale della cottura ed essere seguito da condizioni ossidanti. In questo caso si osserva all'interno delle pareti la presenza di uno strato nero di grafite tra due strati esterni ossidati.

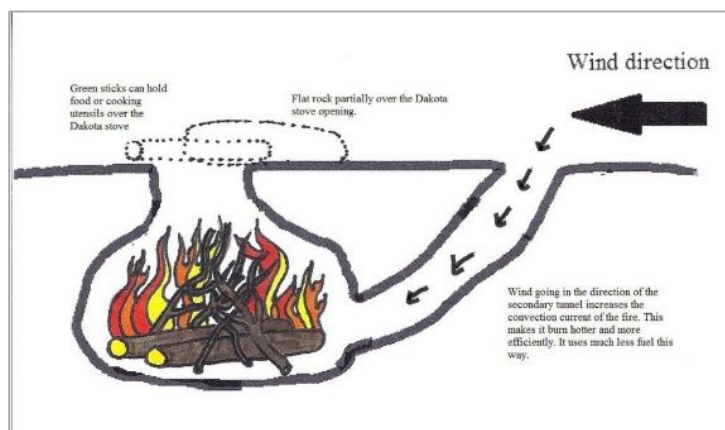
⁶ Rye O. S 1981.

⁷ Video sui processi di riduzione: https://www.youtube.com/watch?v=nyHL7kF_c0o
<https://www.youtube.com/watch?v=9ZeSjG3afGo&list=PL3i1ekTZGUrCrIYfSzPxIOIKJKx10Rvjq&index=5&t=1277s>

⁸ <https://makezine.com/2016/02/09/more-fun-with-fire-the-dakota-fire-pit/>



Tandır con condotta/sfiato (da Limet H. 2002:7, fig. 1)



Esempio di Dakota Pit Fire

Alla luce delle evidenze esaminate e delle osservazioni effettuate è possibile tentare una ricostruzione dei processi che hanno comportato la formazione di specifiche tracce nel record archeologico riferibile alla struttura ES 473/03=920. Le tracce archeologiche sembrano derivare dall'insieme dei processi osservati in maniera separata nel corso delle nostre repliche. La presenza di travi di grandi dimensioni e parzialmente carbonizzate è stata messa in relazione ad una combustione in ambiente riducente con scarsa circolazione di ossigeno attribuita alla presenza di un battuto. Spessore e altezza del substrato alterato termicamente sembrano più marcati in ES 473/03 e, in seguito alle osservazioni sperimentali, sembrerebbero riferibili dunque ad un utilizzo che deve aver previsto un pieno carico di combustibile. Lo spessore dell'alterazione alla parete inoltre, ricorda quanto ottenuto con la camicia "sperimentale" usata nella buca C, C1. Sebbene nel nostro caso non sia stata ottenuta una marcata rubefazione, è osservabile l'assenza di gradualità tra la parte indurita corrispondente al sedimento spalmato sulle pareti durante la fase di preparazione e il sedimento incassante. Probabilmente a Lugo l'impasto era stato realizzato in maniera diversa, come sembra dalle caratteristiche macroscopiche dei concotti archeologici delle pareti, che sembrano indicare un processo di depurazione. I campioni sperimentali appaiono meno compatti di quelli archeologici corrispondenti alle pareti della struttura (Fig.148, capitolo 5), mentre una maggiore analogia si riscontra tra concotti sperimentali e campioni archeologici prelevati dai riempimenti, per l'aspetto più poroso e sezione irregolare che potrebbe farli interpretare come residui della copertura costituita da zolle di terra. A livello sperimentale è stato osservato che altri concotti si

formano per alterazione termica del battuto o possono esser risultato della disgregazione di pareti e fondo. Nel caso di crollo della copertura i frammenti sono abbastanza grandi, quelli del battuto molto più piccoli e regolari.

Quello che al momento dello scavo è stato interpretato come livello di concotti derivante dal dilavamento delle pareti (US 482) della struttura in esame, potrebbe invece corrispondere al battuto sulle travi.

I concotti presenti tra i residui di combustione, nelle strutture con copertura sono in massima parte derivanti dal suo crollo e dall'alterazione termica di sedimenti presenti nella buca. Durante l'utilizzo delle strutture sperimentali non si notano crolli dalle pareti (che appaiono coese e compatte). Un dilavamento potrebbe avvenire in fasi successive, in seguito a momenti di abbandono della struttura (come osservato nella buca A, durante la riapertura dopo 10 mesi di inutilizzo). Nel caso della buca C, questo fenomeno non si ha perché il sedimento artificiale usato per colmarla, ha fatto da contenimento e sembra rappresentare l'analogia più valida per le strutture archeologiche che potrebbero dunque esser state colmate intenzionalmente in antico.

In sintesi, sulla base delle sperimentazioni effettuate è possibile dunque dedurre che le evidenze presenti nel record archeologico siano, con buona probabilità, riconducibili a specifici processi. È stato possibile osservare che:

- a) L'assenza di rubefazione sul fondo nel record archeologico potrebbe esser riconducibile alla presenza di travi sul fondo, che hanno permesso di isolarlo dagli effetti dell'esposizione al calore; la sola cenere non è sufficiente ad evitare la formazione di unità stratigrafiche alterate;
- b) la marcata alterazione termica delle pareti, durante le sperimentazioni è stata ottenuta solo tramite una cottura con piena carica (sia di vasi che di combustibile) della struttura, con contatto diretto tra sedimenti e combustibile;
- c) la presenza o meno di una copertura sembra influire su alcuni andamenti termici, meno sulla formazione di specifiche tracce. Può inoltre costituire un'ulteriore variabile la sua modalità di realizzazione, con riempimenti più o meno fitti, che sembrano condizionare i parametri considerati;
- d) la presenza di travi sul fondo sembrerebbe incidere sulle modalità di andamento delle temperature a seconda che la buca sia all'aperto o con copertura e permette di trattenere il calore e mantenerlo per periodi più lunghi. Inoltre, nelle buche con copertura la presenza delle travi ha evitato che le temperature nella camera di combustione scendessero al di sotto di un certo limite, come succede invece nel corso delle cotture a cielo aperto.
- e) la presenza di tracce di alterazione termica preesistenti sembra incidere sui tempi di mantenimento dei picchi massimi raggiungibili. Nel caso di riutilizzo della struttura, la

presenza di sedimenti già alterati dal fuoco, potrebbe favorire la trasmissione del calore per conduzione e condizionare la resa termica;

f) il tipo di combustibile non sembra incidere particolarmente, come già detto in precedenza (Capitolo 5), mentre più significativa appare la variazione delle quantità impiegate.

g) il tipo di atmosfera è difficile da controllare in cotture di questo tipo e spesso si presentano caratteri di alternanza anche inattesi. Nonostante questo, l'uso di una struttura infossata sembra avere i suoi vantaggi. Profondità e dimensioni della buca possono infatti proteggere il fuoco dal vento, evitando non solo la dispersione di calore, ma anche improvvisi aumenti di temperatura;

h) l'esperienza sull'uso di eventuali sfiati è stata molto ridotta anche se ha permesso di verificare un loro impatto sul tiraggio nel corso della cottura. L'apertura dello sfiato, nel corso di una delle repliche, ha infatti portato ad un aumento delle temperature. Si tratta sicuramente di un elemento il cui funzionamento va approfondito e come indicato da diversi confronti etnografici ha sicuramente molte potenzialità.

Tutti questi elementi, integrati anche dalla presenza di specifiche azioni, come la pulizia della struttura, la reiterazione, le diverse procedure selezionate, determinano quell'insieme di azioni che caratterizzano ogni procedura e determinano quei parametri considerati significativi, causa della definizione del profilo termico che si realizzerà e della formazione delle tracce finali.

Tali considerazioni rivelano la complessità delle valutazioni che riguardano anche i processi di trasformazione della ceramica che a sua volta risente dell'impatto di tutte le variabili coinvolte.

Quanto considerato sembra sostenere un potenziale utilizzo delle buche destinato alla cottura della ceramica. Molte conferme però potrebbero derivare dal confronto con altre indagini sperimentali destinate alla valutazione di altre ipotesi interpretative. Da qui la necessità di confronto tra studiosi per sviluppare delle metodologie comuni, sia di indagine che di condivisione dei risultati, che possano rendere i dati confrontabili in quanto, spesso, la formulazione dei protocolli risente ancora della soggettività di chi li elabora.

Le repliche qui descritte, attraverso la conferma o smentita a specifiche domande, hanno permesso di migliorare le ipotesi generate e la loro verifica fino ad avvicinarsi a risposte che hanno consentito di ridurre le variabili considerate. Nonostante questo il campo esperienziale porta a nuove domande e a una complessità prima non ipotizzata che permette di migliorare il protocollo da seguire e integrare la ricerca con nuove analisi e ipotesi di lavoro. Inoltre la comprensione di certi fenomeni può ampliare la gamma degli

indicatori da ricercare al momento dello scavo archeologico e le modalità di esecuzione del campionamento.

Quello dell'archeologia sperimentale è dunque un campo dalle ampie potenzialità che, in sinergia altre discipline può rappresentare un valido metodo per ampliare la gamma delle interpretazioni possibili.

Tell me and I forget, show me and I remember,
involve me and I understand.' – B. Franklin

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. 1986. *Cerchi di fuoco. Imitazioni di vita preistorica attraverso l'archeologia sperimentale*. Assessorato alla Cultura del Comune di Verona

AA.VV. 1991, *Archéologie expérimentale. Actes du Colloque International Expérimentation en Archéologie: Bilan et Perspectives*. Editions Errance, Paris.

AA.VV. 1994, *Les dossiers d'archéologie 199*, Charavines, il y a 5000 ans.

AA.VV. 1999, *Experimental Archaeology. Convegno Internazionale di Archeologia sperimentale*, Centro di Archeologia Sperimentale Torino in collaborazione con Civico Museo di Chiomonte. Torino 9/12 - 12 - 1999. Riassunti. Torino.

AA.VV. 2002, Pain, fours et foyers des temps passés, in *Civilisations*, 49, Revue Internationale d'anthropologie et des sciences humaines, revue en ligne.

AA.VV. 2003, *Archeologie sperimentali. Metodologie ed esperienze tra verifica, riproduzione, comunicazione e simulazione*. Atti del Convegno Comano Terme – Fivè (TN, Italy), 13-15 Settembre 2001, (a cura di) Paolo Bellintani e Luisa Moser. Trento, Provincia autonoma di Trento.

ACQUAFREDDA P., LAVIANO R., MUNTONI I. 2009, Strutture E e F, in Favella. Un villaggio neolitico nella Sibaritide, Tinè V. ed. Soprintendenza al Museo Nazionale Preistorico Etnografico "L. Pigorini", Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma: 205-210.

ALDEIAS V., DIBBLE H.L., SANDGATHE D., GOLDBERG P., MCPHERRON S.J.P., 2016, How heat alters underlying deposits and implications for archaeological fire features: A controlled experiment. *Journal of Archaeological Science* 67: 64-79

ALEKSEY K., PIOTROVSKIY, R. HOFMANN, RASSMANN K., MYKHAILO YU M., VIDEIKO M., BRANDTSTÄTTER B. 2016, Pottery Kilns in Trypillian Settlements. Tracing the Division of Labour and the Social Organization of Copper Age Communities. In Müller, J., Rassmann, K. and Videiko, M. (eds) 2016. Trypillia–Megascites and European Prehistory, 4100–3400 BCE. Leeds, Maney.

ALONSO R., CANALES D., BAENA J.(Eds.) 2017, *Playing with the time. Experimental archaeology and the study of the past*. Servicio de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Madrid

AMICK D. S. ET AL. 1989, The potential of experiment in lithic technology, in Amick et AA.VV. 2006, *Des Alpes au Léman. Images de la préhistoire*, Genève.

AMICK D., MAULDIN R. S. 1989, The potential of experiment in lithic technology, in Amick et al.(eds.) *Experiments in lithic technology, Bar International Series* 528:1-14.

ANDRIEUX P. 1991, La céramique: un matériau traceur et un témoin archéotechnique, in AA.VV. 1991, *Archéologie Expérimentale*, Tome 1:243-249.

ANGELI L., ARIAS C., CRISTOFORETTI G., FABBRI C., LEGNAIOLI S., PALLESCHI V., RADÌ G., SALVETTI E., TOGNONI E., 2006, *Analisi archeometriche applicate allo studio delle ceramiche dipinte del Neolitico dell'Italia centro meridionale*, in Riassunti IV Congresso Nazionale di Archeometria Scienza e Beni Culturali, pp. 21.

ANGELI L.; ARIAS C., RADÌ G.; CRISTOFORETTI G.; FABBRI C.; LEGNAIOLI S.; PALLESCHI V.; SALVETTI A.; TOGNONI E., 2006, *Spectroscopic Techniques Applied To The Study Of Italian Painted Neolithic Potteries*, In Laser Chemistry, Volume 2006, 7 Pages.

ANGELUCCI D. E. 2002 - Il sito preistorico di Lugo di Grezzana (VR): prime osservazioni micromorfologiche, *Preistoria Alpina*, 38: 109-129.

ANGELUCCI D. E. 2013-2014, Appunti di Geoarcheologia 2, Corso di Metodologie della Ricerca Archeologica II per il Corso di Laurea Magistrale in Conservazione e Gestione dei Beni Culturali, Università degli Studi di Trento.

ARANGUEN B., PALLECCHI P., RAVEDIN A., 2006. Circolazione e utilizzo dell'ematite nell'ambito della diffusione di conoscenze tecnologiche nel Paleolitico superiore: l'esempio del Bilancino. *Atti XXXIX Riunione Scientifica IIPP*: 253-266

ARNAL G. B. 1991, Étude thermique des cuissons de type préhistorique, in AA.VV. 1991, *Archéologie Expérimentale*, Tome 1: 237-242.

ARNOLD, D. E. 1985, Ceramic Theory and Cultural Process, *New Studies in Archaeology* 18, Cambridge University Press: Cambridge.

AROBBA D., DE PASCALE A., DEL LUCCHESI A. 2008, Le guide del Museo Archeologico del Finale. Il Neolitico, Istituto di Studi Liguri.

ASCHER R. 1961, Analogy in archeological interpretation, in *Southwestern Journal of Anthropology*, 17 :317-25.

BACCI G. M., CARAMUTA J., MARTINELLI M. C. 2003, L'insediamento neo-eneolitico di Camaro (ME), in *Atti della XXXV Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Lipari 2-7 giugno 2000*, Vol. II, Firenze, pp. 839-842.

BAGOLINI B., BARFIELD L.H., BROGLIO A. 1973, Notizie preliminari delle ricerche sull'insediamento neolitico di Fimon-Molino Casarotto (Venezia), in RSP XXVIII:161-215.

BAGOLINI B., CARUGATI M.G., FERRARI A., PESSINA A. 1993, Fagnigola, Bosco Mantova (Azzano Decimo - Pordenone) notizie preliminari sull'intervento 1991, *Atti della Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli - Venezia Giulia* VII, 1992: 47-64.

- BAGOLINI B., FERRARI A., PESSINA A. 1993b, Strutture insediative nel neolitico dell'Italia settentrionale, in *Atti 13° convegno nazionale sulla Preistoria e Protostoria della Daunia*, S. Severo, 22 - 24 novembre 1991, tomo II: 33-58
- BAGOLINI B., FERRARI A., GRILLO A., PESSINA A., TONON M. 1994, Il villaggio neolitico di Fagnigola (scavi 1979) e gli ultimi dati del territorio, *Atti XXIX Riunione Scientifica*, IIPP 1990: 185-200
- BAGOLINI B., PEDROTTI A. 1998, L'Italie septentrionale, in *Atlas du Neolithique Europeen. L'Europe occidentale*, Volume 2A ERAUL 46: 233-341.
- BALLUT C., RENARD J., CAVANAGH W., ORGEOLET, R. 2017, Pottery Firing Structures in the Early Mediterranean: Micromorphological Evidence and Archaeological Data from Middle Neolithic Kouphovouno (Southern Greece). *European Journal of Archaeology*, 20, 1: 98-119.
- BANCHIERI D., MONTAGNARI E., ODETTI G., PEDROTTI A. 1999, Il Neolitico dell'Italia settentrionale, in *Criteri di nomenclatura e di terminologia inerente alla definizione delle forme vascolari del neolitico/eneolitico e del bronzo/ferro*, Firenze: Octavo, 1999: 43-62.
- BANDINI F. 1994-95, *Il fuoco domestico: Archeologia e geografia dei sistemi di cottura nella Liguria di Levante*, Tesi di Laurea, Università degli Studi di Genova.
- BÁNESZ L. 1962, Neolitické nálezy z Horných Lefantoviec, *Študijné zvesti AU SAV*: 21-45
- BÁNFFY E., MARTON T., OSZTÁS, A. 2010, Early Neolithic settlement and burials at Alsónyék-Bátaszék, in Kozłowski J., Raczky P. eds, *Neolithization of the Carpathian Basin: Northernmost Distribution of the Starčevo/Körös Culture*, Polska Akademia Umiejętności, Kraków: 37-51.
- BAREŠ M., LIČKA M., RŮŽIČKOVÁ M. 1981-1982, K technologii neolitické keramiky I-II. (On the technology of neolithic pottery I-II.), in *Sborník Národního Muzea XXXV*:137-227; XXXVI: 121-237.
- BARONE G., CRUPI V., LONGO F., MAJOLINO D., MAZZOLENI P., TANASI D., VENUTI V. 2011, FT-IR spectroscopic analysis to study the firing processes of prehistoric ceramics, in *Journal of Molecular Structure* 993 (1): 147-150.
- BASSO E., BERNABÒ BREA M., CAIRO A., RICCARDI M. P. 2000, Studio termometrico di strutture da fuoco di età neolitica (Travo – Piacenza), in *Atti del I Congresso Nazionale di Archeometria*, Verona, Patròn Editore, Bologna, pp. 427-435.
- BATTISTI M. 2001-2002, *Le aree di scheggiatura della selce nel sito neolitico di Lugo di Grezzana*. Tesi di laurea, Università degli studi di Trento.

BEECHING A., BRUNI S., PESCIO S., TROMBINO L., cds, I focolari a ciottoli combusti del sito neolitico di S. Andrea a Travo (PC), in *Preistoria del Cibo*, 50ma Riunione Scientifica IIPP, Manipolare e Conservare.

BELCHER C.M., COLLINSON M.E., SCOTT A.C., 2005. Constraints on the thermal energy released from the Chicxulub impactor: new evidence from multi-method charcoal analysis, *Journal of the Geological Society of London*, 162: 591–602.

BELLI R., DALMERI G., GIALANELLA S., MANDELLI M., MATTARELLI M., MONTAGNA M., QUARANTA A., 2008, Raman characterization of prehistoric pigments, in Gueli A. (a cura di), *Atti del V Congresso Nazionale di Archeometria*, Morrone ed., Siracusa, pp.81-90.

BELLINTANI P., CAVULLI F. (a cura di) 2006, Atti dell'Incontro di Archeologia Sperimentale "Catene operative dell'arco preistorico", San Lorenzo in Banale – Fivè (TN), 30-31.08 / 01.09.2002, Trento.

BENEDETTO, G.E.D., LAVIANO, R., SABBATINI, L., ZAMBONIN, P.G., 2002. Infrared spectroscopy in the mineralogical characterization of ancient pottery. *Journal of Cultural Heritage* 3: 177- 186

BERNA F., BEHAR A., SHAHACK R., BERG J. H., BOARETTO E., AVELET G., SHARON I., SHALEV S., SHILSTEIN S., YAHALOM-MACK N., ZORN J. R., WEINER S. 2007: Sediments exposed to high temperatures: reconstructing pyrotechnological processes in Late Bronze Age and Iron Age Strata at Tel Dor (Israel), *Journal of Archaeological Science* 34.

BERNABÒ BREA M., CARINI 2003, *6500 anni fa. La necropoli neolitica de Le Mose*, catalogo della mostra (Piacenza, 2003), Piacenza.

BERNABÒ BREA M., CASTAGNA D., OCCHI S. 1998-1999, L'insediamento del Neolitico superiore a Sant'Andrea di Travo (Piacenza), in *Padusa XXIV-XXXV*: 7-54.

BERNABÒ BREA M., CASTAGNA D., OCCHI S. 2000, Le strutture dell'abitato del Neolitico superiore a S.Andrea di Travo (Piacenza), in Pessina A., Muscio G., (a cura di), *La Neolitizzazione tra Oriente e Occidente*, Atti del Convegno di Studi, Udine, 23-24 Aprile 1999, Edizioni del Museo Friulano di Storia Naturale, Udine, pp. 256-267.

BERNABÒ BREA M., CATTANI M., FARELLO P., NISBET R., 1994, Una struttura insediativa del Neolitico superiore a S.Andrea di Travo (Pc), in "Quaderni del Museo Archeologico Etnologico di Modena", I: 55-87.

BERTOLA S., 2008., Ricerche sulle ocre e sui minerali potenzialmente coloranti nel settore orientale dell'Altipiano di Asiago, *Preistoria Alpina*, vol. 43, Trento, pp.289-298.

- BERTELLE M., CALOGERO S., LEOTTA G., STIEVANO L. 2001, Firing techniques of the Impasti from the protohistoric site of Concordia Sagittaria (Venice), in *Journal of Archaeological Science*, 28: 197-211.
- BIANCO S., CIPOLLONI SAMPÒ M. 1987, Il Neolitico della Basilicata, in *Atti della XXVI Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria* (Firenze, 1985), Firenze, pp. 301-320.
- BIETTI SESTIERI – PULITANI G. 1992, Esperimento di riproduzione della ceramica d'impasto, in A. M. Bietti Sestieri (a cura di), *La necropoli laziale di Osteria dell'Osa, Roma, Quasar*, pp. 439 – 447.
- BINFORD, L. R. 1967, Smudge Pits and Hide Smoking: The Use of Analogy in Archaeological Reasoning *American Antiquity*, Vol. 32, No. 1: 1-12
- BINFORD L. R. 1972, *An Archaeological Perspective*, New York.
- BINFORD L. R. 1978, Dimensional analysis of behaviour and site structure: learning from a Eskimo hunting stand, in *American Antiquity*, 43 (3): 330-361.
- BINFORD L. R. 1983, *In pursuit of the past. Decoding the archaeological record*, London.
- BOGDANOVIC M. 1988, Architecture and structural features, in A. McPherron, D. Srejovic (Eds), *Divostin and the Neolithic of central Serbia*, Kragujevac-Pittsburgh, pp. 35-139.
- BONDIOLI L., LEONARDI G., LEVI S. T., MICHELI M., PRACCHIA S., VANZETTI A., VIDALE M. 1990, Archeologie di oggetti e archeologie di processi: stati della questione, in *Preistoria Alpina*, vol. 24:203-215.
- BOSELLINI A., CARRARA F., CORSI M., DEVECCHI G.P., GATTO G.O., MALARODAR., STURANI C., UNGAROS, ZANETTIN B. 1967, Note illustrative della Carta Geologica d'Italia. Foglio 49: Verona. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato. Roma.
- BOUVET E., FRONZA G., DELLA VOLPE C., GIALANELLA S., LUTTEROTTI L., PEDROTTI A., SIBONI S. 2010, Microstructural and crystallo-chemical aspect of some figulina ceramic samples from Neolithic Italian sites, in *VI Congresso Nazionale di Archeometria "Scienza e Beni Culturali"*, Pavia, pp. 1-9.
- BRAADBAART, POOLE 2008, Morphological, chemical and physical changes during charcoalification of wood and its relevance to archaeological contexts, in *Journal of Archaeological Science*, 35: 2434-2445.
- BRODÀ Y. ET AL., cds, Difficoltà, tempo e sequenza di operazioni del vasaio terramaricolo: un esperimento al parco archeologico della terramara di Montale (MO) in *Atti della XLV Riunione Scientifica*, IIPP, Firenze.

BRODARD A., LACANETTE D., GUIBERT P., LÉVÊQUE F., BURENS A., CAROZZA L. 2016, A new process of reconstructing archaeological fires from their impact on sediment: a coupled experimental and numerical approach based on the case study of hearths from the cave of Les Fraux (Dordogne, France), in *Archaeological and Anthropological Sciences*, Vol. 8, Issue 4: 663-687.

BULATOVIC A. 2013, Oven models from Early Bronze Age settlements in Central and Southern parts of the Balkan peninsula. Contribution to the understanding of cultural links between Northern Greece and the central Balkans in the Early Bronze Age, in *Archaeologia Bulgarica*, XII, 1: 1-13.

BURNEZ-LANOTTE L. (A CURA DI) 2017, *Matières à Penser : sélection et traitement des matières premières dans les productions potières du Néolithique ancien. Raw materials acquisition and processing in Early Neolithic pottery productions*. Proceedings of the Workshop of Namur (Belgium) / Actes de la table ronde de Namur (Belgique), 29 et 30 mai 2015 / 29 and 30 May 2015, Paris, Société préhistorique française, online.

BUTTITTA I. 1965, *Il fuoco. Simbolismo e pratiche rituali*, Sellerio Editore, Palermo.

CAMERON C. M., TOMKA S. A. 1993, *Abandonment of settlements and regions: ethnoarchaeological and archaeological approaches*. Cambridge: Cambridge University Press.

CAMPANA, MANFREDI, MARTINO, CHELLA, CHIARENZA, NISBET, PANELLI, RELLINI, ROSSI, cds, *Indagini archeologiche a San Nicolao di Pietra Colice (Castiglione Chiavarese - GE). L'insediamento preistorico, Riunione Scientifica IIPP, Preistoria e Protostoria della Liguria*, Genova.

CAMPANELLI M., MUIR J., MORA A., CLARKE, GRIFFIN D. 2018, Re-Creating an Aboriginal Earth Oven with Clayey Heating Elements: Experimental Archaeology and Paleodietary Implications, Online Issue 2018/2, *Experimental Archaeology*.

CANEVER L. 1994-1995, *Archeologia del fuoco: deposito archeologico e archeologia sperimentale*, Tesi di Laurea, Università di Padova.

CANNIZZARO FRANCESCA 2008-2009. *Un contesto Neo-Eneolitico sul versante tirrenico della Sicilia Orientale*, Tesi di specializzazione, Università degli Studi di Roma "La Sapienza".

CANNIZZARO F., MARTINELLI M. C., MUNTONI I. M. 2017, Fosse di combustione del Neolitico in Sicilia, in *III Incontro Annuale di Preistoria e Protostoria*, "Pozzetti, buche, piccole fosse, silos..." Le strutture negative neolitiche di piccole dimensioni: metodi di indagine e problemi interpretativi, IIPP, abstract online.

CANTI M.G., LINFORD N., 2000, The Effects of Fire on Archaeological Soils and Sediments: Temperature and Colour Relationships. *Proceedings of the Prehistoric Society* 66: 385–395

CARDARELLI A., PULINI I. 1987, Il metodo comparativo e l'origine dei musei preistorico-etnografici in Europa, in (a cura di) Bergonzi G., Bietti Sestieri A. M., Cazzella A., *Prospettive storico-antropologiche in archeologia preistorica*, Edizioni Quasar.

CAROTTA M. 2013-2014, “I vasi ritornano a vivere: ipotesi ricostruttiva, disegni e inquadramento cronologico-culturale della ceramica neolitica di Lugo di Grezzana (Settore XIII: fossa 116/03 e IV complesso strutturale a pettine)”, Dipartimento di Lettere e Filosofia, Trento, Università degli Studi di Trento

CASSANO M., MUNTONI I., CONATI BARBARO C. 1995, *Dall'argilla al vaso. Fabbricazione della ceramica in una comunità neolitica di 7000 anni fa*, Museo delle Origini, Roma.

CASSANO S.M., EYGUN G., MUNTONI I. 1997, La produzione ceramica nel Neolitico del Tavoliere: spunti da uno studio sperimentale in *Atti del XV Convegno Nazionale sulle Preistoria - Protostoria e Storia della Daunia*, pp. 41-56.

CATTANI M. 1997, Una fornace per ceramiche delle terramare, in *Terramare* 1997, pp. 507-515.

CATTANI M. 2016, Experimental archaeology at the University of Bologna, widening and opening archaeological research, in *GROMA*, Vol 1-2016, pp. 1-11. Open-Access E-Journal about methodology applied to archaeology

CATTANI M., DEBANDI F., PEINETTI A. 2015, Le strutture di combustione ad uso alimentare nell'età del Bronzo. Dal record archeologico all'archeologia sperimentale, in *OCNUS*, Quaderni della Scuola di Specializzazione in Beni Archeologici, 23:9-43.

CAVANNA F. 2001-2002, Sperimentazione e ipotesi interpretative sulle fosse di combustione neolitiche, Tesi di laurea, Università di Siena.

CAVULLI F. 1999-2000, *Lugo di Grezzana (VR): contributo allo studio delle strutture antropiche del primo Neolitico dell'Italia settentrionale*. Tesi di laurea inedita, Università degli Studi di Trento.

CAVULLI F. 2002, L'insediamento di Lugo di Grezzana. In: A. Aspes (a cura di) 2003, *Preistoria Veronese, contributi e aggiornamenti*, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2° serie, Sezione Scienze dell'Uomo, n. 5, Verona, pp. 66-67.

CAVULLI F. 2003, Sottostrutture antropiche di età neolitica: contributo all'analisi interpretativa, in: *Archeologie Sperimentali*, Atti del Convegno, Terme di Comano (Trento), 13-15 settembre 2002.

CAVULLI F. 2008a, Le strutture antropiche del Neolitico antico in Italia settentrionale: considerazioni e proposte interpretative, in *RSP LVIII*, Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, Firenze.

CAVULLI F. 2008b, Abitare il Neolitico. Le più antiche strutture antropiche del Neolitico in Italia settentrionale, *Preistoria Alpina* 43, Supplemento 1, Museo Tridentino di Scienze Naturali, Università degli Studi di Trento.

CAVULLI F. 2009, Experimental archaeology as a methodology to understand the formative processes of 'pits', in Defining a methodological approach to interpret structural evidence, Proceedings of the XV World Congress (Lisbon, 4-9 september 2006), *Bar International Series* 2045: 51-67.

CAVULLI F., ANGELUCCI D., PEDROTTI A. 2002, La successione stratigrafica di Lugo di Grezzana (Verona), in *Preistoria Alpina* 38, Museo Tridentino di Scienze Naturali, pp. 89-107.

CAVULLI F., PEDROTTI A. 2002, L'insediamento del Neolitico antico di Lugo di Grezzana: la palizzata lignea, in *Preistoria Alpina*, vol. 37, Museo Tridentino di Scienze Naturali, pp. 11-24.

CAVULLI F., SALZANI L., PEDROTTI, A., 2005, Campagne di Lugo (Grezzana, Prov. Di Verona), in *RSP LV*, p.524.

CAVULLI F., ANGELUCCI D., PEDROTTI A. 2015, Nuovi dati sui complessi strutturali in elevato di Lugo di Grezzana (VR), in Studi di Preistoria e Protostoria 2, Preistoria e Protostoria in Veneto, IIPP, Firenze, 593-597.

CAZZELLA A. 1987, Livelli di analisi nella ricerca paleontologica, in (a cura di) Bergonzi G., Bietti Sestieri A. M., Cazzella A., *Prospettive storico-antropologiche in archeologia preistorica*, Edizioni Quasar.

CAZZELLA A., 2013, Ethnoarchaeology Today: Actions and Actors, in *Bar International Series* 2472: 5-8

CAZZELLA A., RECCHIA G. 2008, A fuoco lento: strutture di combustione nell'abitato dell'età del Bronzo di Coppa Nevigata (Manfredonia), in III International Meeting of Anthracology, *BAR Int. S.* 1807, Oxford, pp. 53-61.

ÇILINGIROĞLU, Ç. 2012, The Neolithic pottery of Ulucak in Aegean Turkey: organization of production, interregional comparisons and relative chronology, *British Archaeological Reports international series* 2426, Oxford: Archaeopress.

CLOTTES J., MENU M., WALTER PH., 1990. La préparation des peintures magdaléniennes des cavernes Ariégeoises. Bulletin de la Société Préhistorique Française 87 (6): 170-192

- COGSWELL J., NEFF H., GLASCOCK M. 1996, The effect of firing temperature on the elemental characterization of pottery, in *Journal of Archaeological Science* 23, 2: 283-287.
- COLES J. 1967, Experimental Archaeology, in *Proceedings of the Society of Antiquaries of Scotland*, Volume 49, 1966–1967: 1–20. Edinburgh.
- COLES J. 1973, *Archaeology by experiment*, London: Hutchinson.
- COLES J. 1981, *Archeologia Sperimentale*, Longanesi, Milano.
- COLOMBO M. 2014, Colle Cera (Loreto Aprutino, Prov. Di Pescara), in *RSP, Notiziario* 1, II: 50-52.
- COMIS LAURA 2010, Experimental Archaeology: methodology and new perspectives in Archaeological Open Air Museums'. In *euroREA. Journal for (Re)construction and Experiment in Archaeology* 7: 9-12.
- CONATI BARBARO C. 2013, Cooking, working and burying in ancient Neolithic: the ovens of Portonovo (Marche, Italy) in *Origini* XXXV:31-82.
- CONATI BARBARO C. 2014, Fuoco per cuocere, fuoco per produrre: forni e fosse di combustione nel Neolitico italiano, in Baldelli G., Lo Schiavo F. (a cura di), *Amore per l'antico*, 1, Roma: 367-378.
- CONATI BARBARO C. 2017, Portonovo – Fosso Fontanaccia (Ancona, AN) *Notiziario di Preistoria e Protostoria* - 4.II: 36-38.
- CONATI BARBARO C., CELANT A. 2015, Coltivare, conservare, condividere. Aspetti economici e sociali della coltivazione dei cereali nel Neolitico antico: i dati archeologici e archeobotanici del sito di Portonovo (Ancona) in *Preistoria del Cibo*, 50ma Riunione Scientifica IIPP, Manipolare e Conservare, Roma 7-8 ottobre 2015, sessione 3.
- CONATI BARBARO C., MANFREDINI A., ACQUAFREDDA P., CARBONI G., CATALANO P., CELANT A., CILLA G., DI GIANNANTONIO S., LELLI R., MUNTONI I., PALLARA M., RUGGIERO G., SILVESTRINI M. 2013, Il fuoco, il cibo, il sacro: i forni neolitici di Portonovo (Ancona, Marche), in *Scienze dell'Antichità*, 19: 109-116.
- COSTA A., CAVULLI F., PEDROTTI A. 2015, Le strutture di combustione in fossa dell'insediamento di Lugo di Grezzana (VR), in *Studi di Preistoria e Protostoria* 2, *Preistoria e Protostoria in Veneto*, IIPP, Firenze: 599-603.
- COSTA A., CAVULLI F., PEDROTTI A. 2017A, Le strutture di combustione in fossa di Lugo di Grezzana (VR). Studio archeologico-sperimentale finalizzato all'interpretazione funzionale, in *III Incontro Annuale di Preistoria e Protostoria*, "Pozzetti, buche, piccole fosse, silos..." Le strutture negative neolitiche di piccole dimensioni: metodi di indagine e problemi interpretativi, IIPP, abstract online.

COSTA A., CAVULLI F., PEDROTTI A. 2017B, Firing pits and pottery production at Lugo di Grezzana (VR). Using experimental archaeology for the interpretation of archaeological processes, in *Playing with the time. Experimental archaeology and the study of the past*. Rodrigo Alonso, David Canales, Javier Baena (Eds.). Servicio de Pulicaciones de la Universidad Autònoma de Madrid, pp. 255-259.

COSTA A., CAVULLI F., PEDROTTI A., Firing pits at Lugo di Grezzana (VR): an experimental approach, The Significance of Experimentation for the Interpretation of Archaeological Processes: Methods, Problems and Projects, in *BAR, International Series*, Oxford, cds.

COSTA A., CAVULLI F., PEDROTTI A., Firing at pits at Lugo di Grezzana (VR), evidence of craft activity? In *Craft & People*, British Museum, 1-2 November 2012, cds.

COULON J. 2015, Le four de Sévrier en Haute-Savoie à l'âge du Bronze, Reprise des données et nouvelles perspectives , in *Les Dossiers du Musée Savoisien :Revue numérique 1* [en ligne]

CREMONESI G., GUILAINE J. 1983, L'habitat de Torre Sabea (Gallipoli, Puglia) dans le cadre du Néolithique ancien de l'Italie du su-est.

CREMONESI G., GUILAINE J. 1987, L'habitat Néolithique de Trasano (Matera, Basilicate), Premiers résultats, in *Atti della XXVI Riunione Scientifica*, IIPP, Firenze: 707-719.

CULTRONE G., RODRIGUEZ-NAVARRO C., SEBASTIAN E., CAZALLA O., DE LA TORRE M. 2001, Carbonate and silicate phase reactions during ceramic firing, in *European Journal of Mineralogy* 13, pp. 621-634.

CUOMO DI CAPRIO N. 1971-72, Proposta di classificazione delle fornaci per ceramica e laterizi nell'area italiana dalla preistoria a tutta l'epoca romana, in *Sibrium*, v. 11, pp. 371-464.

CUOMO DI CAPRIO N. 2007, *La ceramica in Archeologia II*, L' Erma di Bretschneider, Roma.

CUNNINGHAM J. 2003, Transcending the “Obnoxious Spectator”: a case for processual pluralism in ethnoarchaeology, in *Journal of Anthropological Archaeology*, 22: 389-410.

CUNNINGHAM P., HEEB J., PAARDEKOOPE, EDS. 2008. *Experiencing Archaeology by Experiment*. Oxford: Oxbow.

DALMERI G., BASSETTI M., CUSINATO A., HROZNY KOMPATSCHER M., KOMPATSCHER K. 2005, The discovery of a painted anthropomorphic figure at Riparo Dalmeri and new insights into alpine Epigravettian art, in *Preistoria Alpina*, 41:163-169.

DAVID N., KRAMER C. 2001, *Ethnoarchaeology in action*, Cambridge.

DAWSON D. P., KENT O. 1999, Reduction fired low-temperatures ceramics, in *Post Medieval Archaeology*, 33: 164-178.

DE LA CRUZ M. 2006, La Comunidad alfarera de Fran Ali, Oued Laou, Marruecos, Cordoba.

D'ORONZO C. 2007, *“L'archeobotanica sperimentale” per la comprensione dei processi formativi dei depositi archeologici alterati termicamente: strutture e combustibile*, Tesi di Laurea, Università del Salento.

D'ORONZO C., FIORENTINO G., 2008, An archaeobotanical and experimental approach to identifying successive fire events in hearth structures in the sanctuary of Apollo in Hierapolis (Turkey), in *The taphonomy of burned organic residues and combustion features in archaeological contexts*. Proceedings of the round table, Valbonne, May 27-29 2008, Cepam, 59-68.

D'ORONZO C., MARINÒ G.P., SOLINAS F., FIORENTINO G. 2011, Archeobotanica ed archeologia sperimentale: bilancio termico, modalità d'uso, tafonomia e visibilità archeologica di un esperimento in margine al workshop di Cavallino, in Giardino C. (ed.), *Archeometallurgia: dalla conoscenza alla fruizione*. Atti del Workshop, 22-25 Maggio 2006, Cavallino (LE), Convento dei Domenicani, BACT 8, 371-376, Bari: Edipuglia; ISBN: 978-88-7228-649-4

DE BENEDETTO G. E., LAVIANO R., SABBATINI L., ZAMBONIN P.G., 2002, Infrared Spectroscopy in the mineralogical characterization of ancient pottery, in *Journal of Cultural Heritage*, 3: 177-186.

DE GASPERI N., FERRARI A., STEFFÈ G. 1998, L'insediamento neolitico di Lugo di Romagna, in Pessina, Muscio (a cura di), *Settemila anni fa: il primo pane (ambienti e culture delle società neolitiche)*, catalogo della Mostra a cura del Museo Friulano di Storia Naturale di Udine, Udine, pp. 116-124.

DE GASPERI N., STEFFÈ G., VON ELES P. 1991-92 (1993), Lugo di Romagna (RA), Insediamento neolitico di Fornace Gattelli, in *Studi e Documenti di Archeologia VII*, pp. 190-192.

DE GASPERI N., STEFFÈ G., VON ELES P. 1996, *L'insediamento neolitico di Fornace Gattelli a Lugo di Romagna*, Catalogo della Mostra, Lugo.

DEL LUCCHESI A., 2009, *Il Riparo di Pian del Ciliegio*. Quaderni del Museo Archeologico del Finale.

DE MARINIS R. C. 1990, L'insediamento tardo neolitico della Vallona di Ostiglia, in Gianni Trapani, Simone, Tinè (1990), *Interpretazione funzionale dei "fondi di capanna" di età preistorica*, Atti del Convegno di Archeologia Sperimentale, Milano 29-30 aprile 1989. Genova, pp. 91-99.

- DEMOULE, J.P. AND PERLÈS, C. 1993, The Greek Neolithic: a new review. *JWP* 7: 355-416.
- DERIN Z. 2005, The neolithic architecture of Ulucak Höyük, in Lichter C. (ed.), *How did farming reach Europe?* *BYZAS* 2: 85–94.
- DESBAT A. 1989, Aperçu et reflexions sur les techniques traditionnelles des ceramiques a partir d'exemples marocains, in S.F.E.C.A.G., Actes du Congrès de Lezoux, pp. 143-152.
- DESHAYES J. 1974, Fours néolithiques de Dikili Tash, *Mélanges helléniques offerts à Gorge Daux*, pp. 67-91
- DRON J. L. ET AL. 2003, Les structures de combustion du Néolithique moyen en Basse-Normandie (France): proposition de classement typologique et fonctionnel, in FRÈRE SAUTOT M. C. (a cura di), *Le Feu domestique et ses structures au Néolithique et aux Ages des Métaux*, actes du colloque de Bourg-en-Bresse et Beaune, 7 et 8 octobre 2000, Montagnac: Mergoïl 2003.
- DUCCI S., PERAZZI P. 1998, Una testimonianza del Neolitico a ceramica impressa "cardiale" nell'Arcipelago toscano: l'isolotto della Scola presso l'isola di Pianosa (LI), *Proceedings of the XIII International Congress of Prehistoric and Prohistoric Sciences - Forlì - Italia - 8/14 september 1996*, vol. 3, section 9, pp. 425-430.
- DURIČIĆ A. 2014, The construction and usage of the Neolithic oven: Experimental archaeology. In: Antonijević D. and Vitezović S. (Eds) *Archeotechnology: studying technology from prehistory to the middle ages. Serbian Archaeological Society*: 257-275.
- ERGY, I. 2003: Mosonszentmiklós-Egyéni földek: A Neolithic village in Transdanubia. In: Visy, Zs. (ed.): *Hungarian Archaeology at the turn of the Millennium*. Budapest 2003, 104–106.
- FABBRI B., GUALTIERI S., SANTORO S. 2002, The importance of the firing atmosphere in the production of coarse ceramics with calcite and chamotte inclusions, in: Jerem E. Briò K. (Eds.), *Archaeometry 98, Proceedings of the 31st Symposium*, Budapest, April 26- May 3 1998, *Bar International Series*, 1043: 191-195.
- FABBRI B., GUALTIERI S., SHOVAL S. 2014, The presence of calcite in archaeological ceramics, in *Journal of the European Ceramic Society* 34:1899-1911.
- FASANI R. ET AL. 2006, Indagine archeometrica di strutture da fuoco provvisorie: la riproduzione sperimentale di una cottura “in buca”, in *National Conference A.I.Ar. “Archeometria – Scienza e Beni Culturali”*, 1-3 February 2006, Pisa, Italy.
- FERMO, P., ISCHIA, G., DI MAGGIO, R., PEDROTTI, A., ZANONI, E., GIALANELLA, S. 2013, Microstructural and thermal characterization on Neolithic ceramics. *Applied Physics A, Material Sciences & Processes*. 113: 1089-1100.

FONTANA F., GUERRESCHI A., FALCERI L., VISENTIN D., CREMONA A.G., GIACOBINI G., CILLI C., GURIOLI F., VERONESE C., 2012, Il Riparo Tagliente in Valpantena. Recenti scoperte relative agli ultimi cacciatori-raccoglitori paleolitici. In *La Lessinia – ieri oggi domani*, n. 35: 99-100.

FORREST C. 2008, The Nature of Scientific Experimentation in Archaeology: Experimental Archaeology from the Nineteenth to the mid-Twentieth Century, in Cunningham P., Heeb J., Paardekooper R. (a cura di), *Experiencing Archaeology by Experiment*. Oxford, Oxbow Books.

FRANCOVICH R., MANACORDA D. 2007, *Dizionario di Archeologia*, Laterza.

FRAZER J. 1930, *Myths of the Origin of fire*, London.

FRÈRE SAUTOT M. C. (a cura di) 2003, *Le Feu domestique et ses structures au Néolithique et aux Âges des Métaux*, actes du colloque de Bourg-en-Bresse et Beaune, 7 et 8 octobre 2000, Montagnac: Mergoïl 2003.

FREUDIGER-BONZON, J., 2005, Archaeometrical study (petrography, mineralogy and chemistry) of Neolithic Ceramics from Arbon Bleiche 3 (Canton of Thurgau, Switzerland). *Geofocus* 11, Department of Geosciences, University of Fribourg.

FRONZA G. 2003-2004, *Lugo di Grezzana (VR), studio tipologico e analisi di caratterizzazione del materiale in concotto del settore X*, Tesi di laurea, Università degli Studi di Trento.

FRONZA G., ANGELUCCI D., CAVULLI F., GIALANELLA S., PEDROTTI A. 2013, Il concotto del sito neolitico di Lugo di Grezzana (VR), campagne di scavo 1998-2002, XLVIII Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria, poster.

FUSCO V. 1976-1977. La stazione preistorica dell'Isolino di Varese, in *Sibrium*, XIII: 1-28

GAJ G., GIARETTI M., MAESTRO O., PEINETTI A., VENTURINO GAMBARI M. 2016, I forni dell'età del Ferro di Montecastello: strutture per il trattamento di prodotti alimentari? In *Quaderni della soprintendenza archeologica del Piemonte*, 31, 35-53

GALLAY A. (a cura di) 2006, *Des Alpes au Léman. Images de la préhistoire*, Genève.

GALLAY A., HUYSECOM E. 2012, Potières du Sahel: à la découverte des traditions céramiques de la Boucle de la Boucle du Niger (Mali), Gollion, Infolio.

GALLIS K. 1985, "A Late Neolithic Foundation Offering from Thessaly", *Antiquity* 59: 20-24

GASCO J. 1985, Les installations du quotidien. Structures domestiques en Languedoc du Mésolithique à l'Âge du Bronze d'après l'étude des abris de Font Juvénal et du Roc-de-

Dourgne dans l'Aude, in *Documents d'archéologie française*, 1, Paris, Editions de la Maison de Sciences de l'homme.

GASCO J. 2003, Contribution pour une proposition de vocabulaire des structures de combustion, in FRÈRE SAUTOT M. C. (a cura di), *Le Feu domestique et ses structures au Néolithique et aux Ages des Métaux*, actes du colloque de Bourg-en-Bresse et Beaune, 7 et 8 octobre 2000, Montagnac: Mergoïl 2003.

GHEORGHIU D., NASH G. 2003, *The Archaeology of fire. Understanding fire as material culture*, Archaeolingua, serie minor.

GHEORGHIU D. 2007, Fire as Instrument. The Archaeology of Pyrotechnologies, in *British Archeological Reports (International Series)*, 1619, Cambridge.

GHEORGHIU D. 2009, Early farmers, Late foragers and ceramic traditions: on the beginning of pottery in the Near East and Europe, Cambridge.

GIALANELLA S. Appunti di archeometria 2017-2018

GIANNICCHEDDA E. 2006, *Uomini e cose. Appunti di archeologia*. Edipuglia.

GIANNICCHEDDA E., VOLANTE N. 2007, Metodologie di studio della ceramica, in *Introduzione allo studio della ceramica*, Università degli Studi di Siena, Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti, Centro Editoriale Toscano, Firenze.

GIANNITRAPANI E., SIMONE L., TINÈ S. 1990, *Interpretazione funzionale dei "fondi di capanna" di età preistorica*, Atti del Convegno di Archeologia Sperimentale, Milano 29-30 aprile 1989. Genova.

GIARDINO C. 2012, L'archeologia sperimentale e la preistoria: un contributo alla conoscenza del passato, in *Conimbriga* 51:5-33.

GIBSON A., WOODS A. 1990, *Prehistoric Pottery for Archaeologist*, Leicester University Press.

GIMBUTAS M. 1989, *Il linguaggio della Dea*, Longanesi.

GIMBUTAS M., WINN S., SHIMABUKU D. 1989, ACHILLEION: A Neolithic settlement in Thessaly, Greece, 6400-5600 BC, Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles, Monumenta archaeologica 14.

GIORDANO G. 1951, *Il legno e le sue caratteristiche*, Milano, Ed. Ulrico Hoepli.

GOODWIN A. WHITNEY, HOLLENBACK K. L. 2016, Assessing techniques for the estimation of original firing temperatures of plains ceramics: experimental and archaeological results, in *Ethnoarchaeology*, 8, No. 2: 180-204.

GOSS C.J. 1987, The kinetics and reaction mechanism of the goethite to hematite transformation, in *Mineralogical Magazine* 1987, Vol. 51: 437-451.

GOSSELAIN O. P., LIVINGSTONE SMITH A. 1995, The Ceramic and Society Project: an Ethnographical and Experimental Approach to Technological Choices, in A. Lindha, Stilborg O., ed., *The Aim of Laboratory Analyses of Ceramics in Archaeology*, Stockholm. Kungl. Vitterhets Historie och Antikvitets Akademien Konferenser, 43: 147-160.

GOSSELAIN O., 1992, Bonfire of the enquiries. Pottery firing temperatures in archeology: what for? *Journal of Archeological Science* 19, pp. 243-259.

GOULD R. A. 1980, *Living archaeology*, Cambridge, University Press.

GRONENBORN D., TERBERGER T. 2014, Die ersten Bauern in Mitteleuropa – eine interdisziplinäre Herausforderung, in: T. Terberger, D. Gronenborn (Hrsg.), *Vom Sammler und Jäger zum Bauern: Die Neolithische Revolution*. Konrad Theiss (Darmstadt 2014) 7-14.

GUIDI A. 1988, *Storia della paletnologia*, Laterza.

GUILAINE J., CREMONESI G. 2003, *Torre Sabea: un établissement du Néolithique ancien en Salento* (Collection de l'Ecole Française de Rome, 315), Rome.

GUILAINE J., CREMONESI G., RADI G., COULAROU J. 1990, Trasano et la céramique gravée materane, in AA.VV., *Autour de Jean Arnal, Montpellier*, pp. 123-137.

GUO M. 2017, Variability in pottery firing technology: choice or technical development? in *Chinese Archaeology* 17: 179-186.

HENRY A., ZAVADSKAYA E., ALIX C., KUROVSKAYA E., BEYRIES S. 2018, Ethnoarchaeology of Fuel Use in Northern Forests: Towards a Better Characterization of Prehistoric Fire-Related Activities, *Ethnoarchaeology*, DOI:10.1080/19442890.2018.1510601

HEIMANN, R. B. 1989, Assessing the technology of ancient pottery: the use of ceramic phase diagrams, in *Archeomaterials* 3: 123-149.

HEYES P. J., ANASTASAKIS K., DE JONG W., VAN HOESSEL ANNELIES, ROEBROEKS W., SORESSI M. 2016, Selection and Use of Manganese Dioxide by Neanderthals. *Sci. Rep.* 6, 22159.

HILLER S., NIKOLOV V. (EDS) 1997, Karanovo, Die Ausgrabungen im Sudsektor 1984-1992, Salzburg-Sophia.

HODDER I. 1982, *The Present Past*, London.

HODGSKISS T., 2010, Identifying grinding, scoring and rubbing use-wear on experimental ochre pieces, in *Journal of Archaeological Science* 37: 3344-3358.

HOUMOUZIADIS, G.H. 1977, Ena eidikefmeno ergastirio kerameikis sto Neolithiko Dimini. AAA 10: 207-25.

HUOT J. L., DELCROIX G. 1972, Les fours dits de potier dans l'Orient ancien, Syria, 49: 35-95

HURCOMBE, L. 2004, 'Experimental Archaeology', in *Archaeology: the Key Concepts* edited by Colin Renfrew and Paul Bahn, 110-115. London: Routledge.

HURCOMBE L., CUNNINGHAM P. 2016, *The life cycle of structures in experimental archaeology. An object biography approach*, Leiden.

HUYSECOM E. ET AL. 1996, *Hier et aujourd'hui, des poteries et des femmes : céramiques traditionnelles du Mali*. Université de Genève, Département d'anthropologie et d'écologie, Genève, 1996.

IMPROTA S., PESSINA A. 1998, La Neolitizzazione dell'Italia settentrionale. Il nuovo quadro cronologico, in Pessina A., Muscio G., *Settemila anni fa il primo pane, ambienti e culture delle società neolitiche*, Udine, pp. 107-11

INGERSOLL D.W., YELLEN J.E., McDONALD W. 1977, *Experimental Archaeology*, New York.

JEUNESSE C., LEFRANC P. 1999, Rosheim 'Sainte-Odile' (Bas-Rhin), un habitat rubane avec fosse d'enceinte. Première partie: les structures et la céramique. Cahiers de l'Association pour la Promotion de la Recherche Archéologique en Alsace 15: 1-111

KALOGIROPOULOU 2013, Cooking, space and the formation of social identities in Neolithic Northern Greece: evidence of thermal structure assemblages from Avgi and Dispilio in Kastoria. Unpublished Ph.D. Thesis: Cardiff University.

KYPARISSI N. A. 2012, Indications of the presence of Middle Neolithic pottery kilns at Magoula Imvrou Pigadi, SW Thessaly, Greece, in *Documenta Praehistorica XXXIX*.

KOLNÍK T. 1978, Další etapa výzkumu v Čiferi-Páci, AVANS 1977, Nitra: 128-137.

KOVÁČ J., TRNÍK A., MEDVED I., VOŽAR L. 2013, Influence of calcite in ceramic body on its thermophysical properties, in *J. Therm Anal Calorim*, 114: 963-970.

KRAUSE R. 1985, *The Clay Sleeps: An Ethnoarchaeological Study of Three African Potters*, University of Alabama Press.

KRUTA POPPI L. 2009, Il Neolitico: rivoluzione economica o rivoluzione mentale?, in Kruta V., Kruta Poppi L., Licka M., Magni E. (a cura di), *Antenate di Venere. 27.000-4000 a. C.*, Skira.

KRUTA V., KRUTA POPPI L., LICKA M., MAGNI E. (a cura di) 2009, *Antenate di Venere. 27.000-4000 a. C.*, Skira.

- KRUTA V., LICKA M. (a cura di) 2000, Tecnologia della produzione ceramica del neolitico: gli impianti di cottura e la loro verifica sperimentale, in *Prime terrecotte dal cuore dell'Europa: ceramiche dei cacciatori e dei primi agricoltori di Boemia e Moravia, 27000 - 4000 a.c.* Centro Museale della Ceramica, Castello di Spezzano, Catalogo della Mostra, pp. 59-62.
- LAMMERS KEIJSERS Y. M. J. 2005, Scientific experiments : a possibility ? Presenting a general cyclical script for experiments in archaeology, in *EuroRea* 2: 18-27.
- LEJAY M. 2011, Les structures de combustion néolithiques dans l'Ouest de la France, Mémoire de Master 1 Archéologie et Histoire, Université e Haute Bretagne, Rennes 2.
- LEMMONIER P. 1993, *Technological choices. Transformations in material cultures since the Neolithic*, London – New York.
- LEONARDI G. 1992, Il deposito archeologico: bacini, processi formativi e trasformativi, in Leonardi G. (a cura di), *Processi formativi della stratificazione archeologica*, in *Saltuarie del Laboratorio del Piovego*, 3.
- LEROI-GOURHAN A. 1943, *Evoluzione e tecniche*, vol. I, *L'uomo e la materia*, Milano.
- LEROI-GOURHAN A. (a cura di) 1973, *Séminaire sur les structures d'habitat. Les témoins de combustion*, Paris, Collège de France.
- LEVI S. T. 2010, *Dal coccio al vasaio. Manifattura, tecnologia e classificazione della ceramica*, Zanichelli.
- LEVI S. T., VERTUANI P. 2017, Oltre la forma? Esercizi di descrizione, classificazione e interpretazione ceramica, in Cupitò M. (a cura di), *Beyond limits*, studi in onore di Giovanni Leonardi, Padova University Press, 103-114.
- LEVI-STRAUSS C. 1987, *La vasaia gelosa*, Einaudi.
- LICKA M. 1991, Résultats d'expériences relatives à la cuisson de la céramique préhistorique dans différents types de structures de cuisson et de fours, première étape, in AA.VV. 1991, *Archéologie Expérimentale*, Tome 1: 203-209.
- LICKA M. 2009, Il Neolitico europeo e le sue origini, in Kruta V., Kruta Poppi L., Licka M., Magni E. (a cura di), *Antenate di Venere. 27.000-4000 a. C.*, Skira.
- LIEDGREN L., HÖRNBERG G., MAGNUSSON T., ÖSTLUND L. 2017, Heat impact and soil colors beneath hearths in northern Sweden, in *Journal of Archaeological Science*, 79: 62-72.
- LIEDGREN L., ÖSTLUND L. 2011, Heat, smoke and fuel consumption in a high mountain stållo-hut, northern Sweden – Experimental burning of fresh birch wood during winter, in *Journal of Archaeological Science*, 38, 4: 903-912.

LIMET H. 2002, Pains et fours dans le Proche Orient anciet, in AA.VV. 2002, Fours et foyers des temps passés, in *Civilisations*, 49, Revue Internationale d'anthropologie et des sciences humaines, pp. 38-48.

LIVINGSTONE SMITH A. 2001, Bonfire II, The return of pottery firing temperatures, in *Journal of Archaeological Sciences*, 28, pp. 991-1003.

LIVINGSTONE SMITH A. 2007, *Chaîne opératoire de la poterie. Références ethnographiques, analyses et reconstitution*, Thèse présentée à l'ulb, 2000-2001

LOI C., BRIZZI V. 2009, Archeologia sperimentale. Necessità di un linguaggio univoco, in *Atti della XLIV Riunione Scientifica dell'IIPP*, Firenze.

LOLLINI D. 1991, Monterado (An), località Ripabianca. Scavi 1962 e 1964, in D. Lollini (a cura di), Museo Archeologico delle Marche, Sezione preistorica, Ministero per i Beni Culturali e Ambientali, 58-63.

LO PORTO F. G. 1989, L'insediamento Neolitico di Serra d'Alto nel Materano (*Monumenti Antichi Lincei, XIII*), Roma.

LORUSSO S., SCHIPPA B. 2001, *Le metodologie scientifiche per lo studio dei beni culturali*, Pitagora ed., Bologna.

LONGO L., 2003, Archeologia sperimentale, esperimenti in archeologia, divulgazione. Osservazioni su significato e ruolo del' Archeologia sperimentale, in *Rivista Scienze Preistoriche*, LIII: 549-568.

LORENZI J. 1990, Il villaggio neolitico di Ello, Atti Seminario di Archeologia Sperimentale "Interpretazione funzionale dei 'fondi di capanna' di età preistorica", Milano 29-30 aprile 1989, Genova.

LOVATO N. 2014-2015, Caratterizzazione archeometrica di pigmenti su frammenti ceramici del sito Neolitico di Lugo di Grezzana, Tesi di laurea triennale, Università di Trento.

LÜNING J. 1981 - Untersuchungen zur neolitischen Besiedlung der Aldenhovener Platte, XI, *Bonner Jahrbücher* 181: 251-288.

LÜNING J. 2004, Die Bandkeramiker. Erste Steinzeitbauern in Deutschland: Bilder einer Ausstellung beim Hessentag in Heppenheim/Bergstrasse im Juni 2004.

MACCARINELLI A. 2009-2010, Il sito Neolitico di Lugo di Grezzana. Lo studio della fauna, Tesi di laurea, Università degli Studi di Trento.

MADEJOVÀ J. 2003, FTIR techniques in clay mineral studies, in *Vibrational Spectroscopy* 31: 1-10

- MADSEN T. 1995, Archaeology between facts and fiction: the need for an explicit methodology, in *Whither Archaeology? Papers in Honour of Evzen Neustupny* (eds M. Kuna and N. Venclova). Praha: Institute of Archaeology, pp. 13–23
- MAFFI M., FRASCA A. 2009, I siti neolitici di Le Mose a Piacenza, in *Il pieno sviluppo del Neolitico in Italia*, Atti del Convegno, Finale Ligure.
- MAGGETTI, M., NEURURER CH., RAMSEYER D. 2010, Temperature evolution inside a pot during experimental surface (bonfire) firing, in *Applied Clay Sciences*, 09/2011, 53 (3): 500-508.
- MAJIDZADEH 1975, The Development of the Pottery Kiln in Iran from Prehistoric to Historical Periods, in *Paléorient* 3: 207-221.
- MALINA J. 1983, Archaeology and experiment in *Norwegian Archaeological Review*, 16:69-78.
- MANFREDINI A. 1970, Nuove ricerche a Chiozza di Scandiano, in *Origini* IV, Roma, 145-159.
- MANFREDINI A., MUNTONI I. 2003, Gli spazi del vivere: funzioni e cronologia delle strutture d'abitato dell'insediamento neolitico di Casale del Dolce (Anagni, FR), in *Atti della XXXV Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria* (Lipari, 2000), Firenze, pp. 187-198.
- MANNONI T., GIANNICCHEDDA E. 1996, *Archeologia della produzione*, Einaudi, Torino.
- MARCH R. J. 1992, L'utilisation du bois dans les foyers préhistoriques: une approche expérimentale, *Bulletin de la Société Botanique de France*, 139, *Actualités botaniques* 2/3/4: 245-253
- MARCH R. J. 2013, Searching for the functions of fire structures in Eynan (Mallaha) and their formation processes: A geochemical approach. In: Bar-Yosef O, Valla FR, editors. *Natufian Foragers in the Levant: Terminal Pleistocene Social Changes in Western Asia*, Archaeological Series. International Monographs in Prehistory; Ann Arbor, pp. 227–283
- MARCH R. J., LUCQUIN A., JOLY D., FERRERI J. C., MUHIEDDINE M. 2012, Processes of Formation and Alteration of Archaeological Fire Structures: Complexity Viewed in the Light of Experimental Approaches, *Journal of Archaeological and Method and Theory*, 14, 21.
- MARI P. 2000-2001, *Le strutture di combustione neolitiche nell'Italia peninsulare: tipologia ed ipotesi funzionali*, Tesi di Laurea, Università degli Studi di Firenze

MARTINEAU R., WALTER-SIMONNET, GROBÉTY B., BUATIER M. 2007, Clay resources and technical choices for Neolithic pottery (Chalain, Jura, France): chemical, mineralogical and grain-size analyses, in *Archaeometry* 49: 23-52.

MARTINEAU R., PÉTREQUIN P. 2000, La cuisson des poteries néolithiques de Chalain (Jura), approche expérimentale et analyse archéologique, in Pétrequin P., Thiriot J., Benoit P. (Ed.), *Art du feu et production artisanales, XXe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*, Editions APCDCA, Antibes, pp. 337-358.

MASTRANTUONO C. 2009, Struttura F e altri elementi funzionali a processi di combustione, in (a cura di V. Tinè) Favella. *Un Villaggio del Neolitico antico nella Sibaritide*, Roma: 173-185.

MATHIEU J. R. 2002, Experimental archaeology. Replicating past objects, behaviours and processes, in *British Archeological Reports (International Series)*, 1035.

MELLAART J. 1967, *Çatalhöyük. A Neolithic Town in Anatolia*, Times and Hudson, London.

MENTZER S.M. 2014, Microarchaeological Approaches to the Identification and Interpretation of Combustion Features in Prehistoric Archaeological Sites, in *Journal of Archaeological Method and Theory* 21: 616.

MERCANTI A. 1984, *Manuale del Trapper*, Longanesi.

MERPERT N.Y, MUNCHAEV R.M. 1971, Excavations at Yarim Tepe 1970. Second Preliminary Report, in *Sumer* 27: 9-22

MERPERT N.Y, MUNCHAEV R.M. 1973,

MCCONNELL B., PAPPALARDO L. 2000, I colori della preistoria siciliana: i pigmenti rossi e bruni nella ceramica, in *Bollettino dell'Accademia Gioenia delle Scienze Naturali*, 33: 399-414.

MIARI M. 1995. Tipologia delle strutture di servizio. I forni, in *Negroni Catacchio. Sorgenti della Nova. L'abitato del Bronzo Finale*, Firenze.

MILANESE M. 1979, Reperti concotti dall'abitato protostorico di Camogli: elementi di valutazione e proposte di interpretazione storico-archeologica, in *Funzioni della ceramica in architettura*, Atti del XII Convegno internazionale della ceramica (Albisola, 31 maggio-3 giugno): 213-221.

MILLER H. M-L. 2007, *Archaeological Approaches to the Study of Technology*, Academic Press.

MILLSON, DANA C. E. 2011 (eds), *Experimentation and interpretation: the use of experimental archaeology in the study of the past*, Oxford, Oxbow books.

- MINICHREITER K. 2001, The architecture of early and middle neolithic settlements of the starčevo culture in northern croatia, *Documenta Preistorica*, XXVIII: 199-214.
- MINICHREITER K., BOTIC K. 2010, Early Neolithic burials of Starčevo culture at Galovo, Slavonski Brod (Northern Croatia), in *Documenta Preistorica* XXXVII: 2-5.
- MIORELLI A. 1998-99, *La ceramica neolitica del sito di Lugo di Grezzana (VR), campagne di scavo 1995-96-97, nell'ambito degli studi sulla cultura di Fiorano*. Tesi di laurea, Università degli Studi di Trento.
- MIRET I MESTRE J. 2016, Fosses, sitges i altres coses catàleg d'estructures prehistòriques d'Europa.
- MIRTI P., DAVIT P. 2004, New developments in the study of ancient pottery by colour measurement, in *Journal of Archaeological Sciences*, 31: 741-751.
- MYLONAS G. E. 1929 *Excavations at Olynthus. Part 1. The Neolithic settlement*, The John Hopkins, Press, Baltimore.
- MOFFA C. 2002, *L'organizzazione dello spazio sull'acropoli di Broglio di Trebisacce*, Firenze.
- MOSER L. 1995-96, *L'insediamento del Neolitico antico di Lugo di Grezzana e la cultura di Fiorano*. Tesi di laurea, Università degli Studi di Trento.
- MOSER L. 2000, Il sito neolitico di Lugo di Grezzana (Verona). I materiali archeologici della campagna di scavo 1993, in Pessina A., Muscio G. (a cura di), 2000, *La neolitizzazione tra oriente e occidente*, edizioni del Museo Friulano di Storia Naturale, Udine, pp. 125-150.
- MOSER L., PEDROTTI A., 1996, L'abitato neolitico di Lugo di Grezzana (Verona): relazione preliminare, in Belluzzo G., Salzani L., 1996, *Dalla terra al museo, Mostra di reperti preistorici e protostorici degli ultimi dieci anni di ricerca dal territorio veronese*, Legnago, Museo Fioroni, pp. 23-25.
- MUNTONI I., RUGGIERO 2013, Estimating firing temperatures of pyrotechnological processes in the Neolithic site of Portonovo, in *Origini* XXXV: 52-56
- MUNTONI I. 2003, *Modellare l'argilla. Vasai del Neolitico antico e medio nelle Murge pugliesi*, IIPP, Firenze.
- MUNTONI I. 2007, Dalla distribuzione spaziale e funzionale delle strutture all'organizzazione sociale del gruppo: riflessioni sull'abitato e sulla necropoli di Casale del Dolce, in *Atti della XL Riunione Scientifica dell'IIPP*, Firenze, pp. 397-411.
- MUNTONI I. 2007, Intonaci di capanna e piastre da cottura: stato delle ricerche e prospettive dell'analisi archeometrica, in Fabbri B. et al. (a cura di), *Materiali argillosi non vascolari: un'occasione in più per l'archeologia*, pp. 27-34.

OATES D., OATES J. 1976 *The Rise Of Civilization*, Elsevier Phaidon, Oxford.

ORLIAC C., ORLIAC M. 1980, Les structures de combustion et leur interpretation archéologique: quelques exemples en Polynésie, in *Journal de la Société des Océanistes*, nr. 66-67, Tome 36: 61-76.

ORLIAC M. 2003, Diversité morphologique et fonctionnelle des fours polynésiens, in FRÈRE SAUTOT M. C. (a cura di), *Le Feu domestique et ses structures au Néolithique et aux Ages des Métaux*, actes du colloque de Bourg-en-Bresse et Beaune, 7 et 8 octobre 2000, Montagnac: Mergoïl 2003.

O'SULLIVAN A., POWERS M., MURPHY J., INWOOD N., GILHOOLY B., KELLY N., MALONE W., MULRRONEY J., CORRIGAN C., L'ESTRANGE, BURKE A., KAZURO M., MCDERMOTT C., WARREN G., M., O'NEILL B., HEFFERNAN M., SWEENEY M. 2014, Experimental archaeology: making; understanding; story-telling. In Kelly B., Roycroft N., Stanley M. (Ed.), *Fragments of Live Past: archaeological objects from Irish road schemes*, National Roads Authority

OUTRAM A. K. 2008, Introduction to experimental archaeology, in *World Archaeology*, 40, 1: 1-6.

PALIO O., PRIVITERA F., TURCO M. 2017, Fossette neolitiche in località Balze Soprane di Bronte (Catania) in *III Incontro Annuale di Preistoria e Protostoria*, "Pozzetti, buche, piccole fosse, silos..." Le strutture negative neolitiche di piccole dimensioni: metodi di indagine e problemi interpretativi, IIPP, abstract online.

PALLECCHI S. 2008, *Archeologia delle tracce*, ed. Carocci, Roma.

PEDROTTI A. 2002, Il Neolitico antico nel veronese, in A. Aspes (a cura di), 2003 – *Preistoria Veronese, contributi e aggiornamenti*, Memorie del Museo Civico di Storia Naturale di Verona, 2a serie, Sezione Scienze dell'Uomo, N. 5, Verona, pp. 59-65.

PEDROTTI A., CAVULLI F., MIORELLI A., 2000, Lugo di Grezzana (VR). Insediamento della Cultura di Fiorano: l'industria ceramica del settore IX, in Pessina A., Muscio G. (a cura di), *La neolitizzazione tra oriente e occidente*. Edizioni del Museo Friulano di Storia Naturale, Udine, pp. 111-123.

PEDROTTI A., CAVULLI F., ZARNINI A. 2008, L'abitato neolitico di Lugo di Grezzana. Relazione del progetto cofinanziato dalla Regione Veneto per l'attività di rilievo e scavo archeologico, Università degli Studi di Trento, Dipartimento di Filosofia, Storia e Beni Culturali.

PEDROTTI A., SALZANI P. 2010, Lugo di Grezzana: un "emporio" di settemila anni fa sui Monti Lessini veronesi, in *La Lessinia – ieri, oggi, domani*.

- PEDROTTI A., SALZANI P., CAVULLI F., CAROTTA M., ANGELUCCI D., SALZANI L. 2015, L'insediamento di Lugo di Grezzana (VR) nel quadro del primo Neolitico padano alpino, in *Studi di Preistoria e Protostoria* 2, *Preistoria e Protostoria in Veneto*, IIPP, Firenze: 95-107.
- PEINETTI A. 2013, Esperimenti di prima generazione su processi di combustione e strutture domestiche in terra, in AA.VV., *SGAB 1, Seminari dei Giovani archeologi dell'Università di Bologna*. <http://books.bradypus.net/sgab1>
- PEINETTI A. 2014, Terra cruda e terra cotta. Architettura domestica e attività artigianali, in *La memoria del passato. Castello di Annone tra archeologia e storia*, a cura di M. Venturino Gambari, Alessandria (*ArcheologiaPiemonte*, 2), pp. 275-322
- PEINETTI A. 2016, L'analisi tecnologica di resti strutturali in terra: variabilità delle tecniche di costruzione e osservazioni in sezione levigata per la caratterizzazione di concotti e conglomerati architettonici, in *Ipotesi di Preistoria*, 8: 103-138.
- PEINETTI A., APRILE G., CARUSO K., SPECIALE C. 2017, Looking for a scientific protocol in prehistoric daub experimental project, in *Playing with the time. Experimental archaeology and the study of the past*. Rodrigo Alonso, David Canales, Javier Baena (Eds.). Servicio de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Madrid, pp. 307-312.
- PELILLO A. (A CURA DI) 2009, *Guida ai musei archeologici all'aperto in Europa*, Nuovagrafica – Carpi (MO).
- PERLÈS C. 1983, *Preistoria del fuoco. Alle origini della storia dell'uomo*. Torino, Einaudi.
- PERLÈS C. 2001, *The Early Neolithic in Greece: the first farming communities in Europe*; illustrations by Gerard Montherl - Cambridge: Cambridge University Press.
- PESCIO S., TROMBINO L., BRUNI S. 2016, Le strutture a ciottoli combusti di S. Andrea a Travo: approccio geoarcheologico, in *Studi di Preistoria e Protostoria* 3, *Preistoria e Protostoria dell'Emilia Romagna*, IIPP, Firenze, 249-255.
- PESSINA A. 1998, Aspetti culturali e problematiche del primo Neolitico dell'Italia settentrionale, in Pessina A., Muscio G. (a cura di), *Settemila anni fa il primo pane. Ambienti e culture delle società neolitiche*, Udine: 95-105.
- PESSINA A. 1998, Le strutture accessorie: silos e sistemi di stoccaggio sotterranei, alcuni esempi dalla Preistoria al Medioevo, *Archeologia dell'Italia Settentrionale*, 7: 63-76.
- PESSINA A., MUSCIO G. (a cura di) 1998, *Settemila anni fa...il primo pane. Ambienti e culture delle società neolitiche*, catalogo della mostra (Udine, 1998-1999), Udine.
- PESSINA A., MUSCIO G. 2000 (a cura di), *La neolitizzazione tra Oriente e Occidente*, Atti del Convegno di Studi. Udine, 23 e 24 aprile 1999.

PESSINA A., TINÉ V. 2008, *Archeologia del Neolitico. L'Italia tra VI e V millennio a. C.*, Carocci Editore, Roma.

PETRASCH J. 1986, Typologie und Funktion neolithischer Öfen in Mittel- und Südosteuropa. *Acta Praehistorica et Archaeologica* 18, 33–83.

PFAFFINGER, PLEYER 1990, Rekonstruktion eines linearbandkeramischen Backofens, in *Experimentelle Archäologie in Deutschland, Beiheft*, 4, des "Archäologische Mitteilungen aus Nordwest-deutschland", 122-125.

PIGNOCCHI G., SILVESTRINI M. 2002, Ripabianca di Monterado, in Fugazzola, Pessina Tiné (a cura di), *Le ceramiche impresse nel neolitico antico: Italia e Mediterraneo*, Studi di Paleontologia 1, Roma, 469-478.

PISONI L. 2008, L'utilizzo del fuoco nella cottura degli alimenti e nel riscaldamento degli edifici della cultura di Fritzens-Sanzano, del Gruppo di Magrè e della Valcamonica, in *Preistoria Alpina* 43: 75-86.

POGGIANI KELLER R. 1999, Lovere (Bg), una sequenza stratigrafica esemplare dal Neolitico Antico al Bronzo Finale in area prealpina, *RSP L*, pp. 1-78.

PORR M. 1999, Archaeology, Analogy, Material Culture, Society: An exploration, in *Urgeschichtliche Materialhefte* 14, Tübingen, pp. 3-15.

PREVOST S. 1993, *Les fours et les foyers domestiques en Égée au Néolithique et à l'Âge du Bronze*, Mémoire de DEA, Université de Paris I, 3 vols.

PRÉVOST-DEMARKAR S. 2003, Les fours néolithiques de D. Tash (Macédoine, Grèce): une approche expérimentale des techniques de construction des voûtes en terre à bâtir, in FRÈRE SAUTOT M. C. (a cura di), *Le Feu domestique et ses structures au Néolithique et aux Âges des Métaux*, actes du colloque de Bourg-en-Bresse et Beaune, 7 et 8 octobre 2000, Montagnac : Mergoïl 2003.

PREVOST-DEMARKAR S. 2002, Les foyers et les fours domestiques en Égée au Néolithique et à l'Âge du Bronze, in *Civilisations* (online), 49, 2002, mis en ligne le 01 juin 2005, Consulté le 03 avril 2010. URL : <http://civilisations.revues.org/index1475.html>

RADI G. 1986-1987, Scavo preliminare a Fonti San Callisto (L'Aquila), in *Rassegna di Archeologia*, 6, pp. 143-168.

RADI G. 1999, Le site du Néolithique récent de Settefonti (Prata d'Ansidonia, L'Aquila) in Vaquer J. (a cura di) *Le Néolithique du Nord-Ouest Méditerranéen*, Actes XXIV Congrès Préhistorique de France, Carcassonne 26-30 Septembre 1994, pp. 51-56.

RADI G., DANESE E. 2003, L'abitato di Colle Santo Stefano (L'Aquila), in *Atti della XXXVI Riunione scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria* (Chieti, Celano 2001), Firenze, pp. 145-161.

- RAMSEYER D. 2003, Fours, foyers et autres structures de combustion. Ethnoarchéologie chez les Kouya de Côte-d'Ivoire, in FRÈRE SAUTOT M. C. (a cura di), *Le Feu domestique et ses structures au Néolithique et aux Ages des Métaux*, actes du colloque de Bourg-en-Bresse et Beaune, 7 et 8 octobre 2000, Montagnac : Mergoïl 2003.
- RASMUSSEN, K. L., DE LA FUENTE G., BOND A. D., MATHIESEN, K. K, VERA, S. D. 2012, Pottery firing temperatures a new method for determining the firing temperature of ceramics and burnt clay, in *Journal of Archaeological Science* 39, 1705-1716.
- RAVN M. 2011, Ethnographic analogy from the Pacific: just as analogical as any other analogy, *World Archaeology* 43, 4: 716-725.
- REEVES J., PAARDEKOOPE R. 2014 (a cura di), *Experiments Past, Histories of experimental archaeology*, Sidestone Press.
- REGEV K.M., PODUSKA L., ADDADI S., WEINER E., BOARETTO, J. 2010, Distinguishing between calcites formed by different mechanisms using infrared spectrometry: archaeological applications, in *Journal of Archaeological Science* 37: 3022-3029.
- REYNOLDS P.J. 1979 - The nature of experiment in archaeology, in Harding A.F. (ed.): *Experiment and Design – Archaeological Studies in Honour of John Coles*, Exeter, The Short run Press, pp. 156-162.
- REID J. J. 1985, Formation processes for the practical prehistorian. In *Structure and process in southeastern archaeology*, Dickens R. S., Ward H. T., (ed.), pp. 11 – 13. University of Alabama Press, University Alabama.
- REINGRUBER A., TOUFEXIS G., KYPARISSI-APOSTOLIKA N., ANETAKIS M, MANIATIS Y., FACORELLIS Y. 2017, Neolithic Thessaly: radiocarbon dated periods and phases, in *Documenta Praehistorica* XLIV: 34-53.
- RENFREW C., GIMBUTAS M., ELSTER E. (EDS) 1986, *Excavations at Sitagroi. A prehistoric village in Northeast Greece*, Volume I, Los Angeles. (ROMA)
- RICCARDI M. P., MESSIGA B., DUMINUCO P. 1999, An approach to the dynamics of clay firing, in *Applied Clay Science* 15: 393-409.
- RICE, P.M., 1987, *Pottery Analysis. A sourcebook*. Chicago: University of Chicago Press.
- RICE P. M. 1999, *On the origins of pottery*, JAMT, 6: 1-54.
- Rice M. Prudence 1996, Recent Ceramic Analysis: 2. Composition, Production, and Theory, in *Journal of Archaeological Research*, Vol. 4, No. 3: 165-202.
- RICE M. P. 1997, The Prehistory & History of Ceramic Kilns: *Ceramics and Civilization* Volume VII, The American Ceramic Society, Ohio.

RICE M. P. 2015, *Pottery Analysis. A sourcebook*. (2nd Ed.) Chicago: University of Chicago Press

RICHARDSON R. H. 1999, Craft specialisation, workshops and activity areas in the Aegean from the Neolithic to the end of the protopalatial period, Durham theses, Durham University. Available at Durham E-Theses Online: <http://etheses.dur.ac.uk/1995/>

ROSANÒ P., PELLIZZARO S. 2005, Analisi chimico-stratigrafico di tre pietre dipinte con ocre, in: Broglio A., Dalmeri G. (a cura di.), *Pitture paleolitiche nelle Prealpi Venete. Grotta di Fumane e Riparo Dalmeri*. Cierre Edizioni, Verona: 139-143.

ROSSI, PANELLI, MAGGI, AROBBA, ROWLEY-CONWY, cds, Due strutture di combustione rinvenute in un livello cardiale della cava delle Arene Candide., Riunione Scientifica IIPP, Preistoria e Protostoria della Liguria.

ROTTOLI M., CAVULLI F., PEDROTTI A. 2015, L'agricoltura di Lugo di Grezzana (Verona): considerazioni preliminari, in Studi di Preistoria e Protostoria 2, Preistoria e Protostoria in Veneto, IIPP, Firenze.

RYDLEY C., WARDLE K. A., MOULD C. A. (EDS) 2000, Servia I, BSA, Supplementary Vol. 32, Athens.

RYE, O.S., 1981, *Pottery Technology*, Washington: Taraxacum.

SALZANI L. 1986, S. Giustina di Baldaria (comune di Cologna Veneta) in *Quaderni di Archeologia del Veneto* II, pp. 99-102.

SALZANI L. 1990, Comune di Cologna Veneta, S. Giustina, in *QAV* VI, p. 198.

SALZANI L., 1993, Grezzana, abitato neolitico in località Campagne di Lugo, *Quaderni di Archeologia del Veneto*, IX, pp 82-87.

SARACINO M. 2005, *Prima del tornio. Introduzione alla tecnologia della produzione ceramica*, Edipuglia.

SARAYDAR S.C. 2008, *Replicating the past: the art and science of the archaeological experiment*, Long Grove, Waveland Press.

SARTI L., MARTINI F., PALLECCHI P. 1991a, Mileto: un insediamento neolitico della ceramica a linee incise, in *RSP*, XLIII, pp. 73-154.

SARTI L., MARTINI F., PALLECCHI P. 1991b, Fosse di combustione neolitiche: problemi di interpretazione, in *Atti del 13° Convegno Nazionale sulla Preistoria, Protostoria e Storia della Daunia*, Tavola Rotonda "Strutture d'abitato e ambiente nel Neolitico italiano", S. Severo 1991, tomo secondo, pp.17-29.

- SARTORI M. 2014-2015, "L'industria ceramica del sito neolitico di Lugo di Grezzana (VR), campagne di scavo 2003-2005: studio macroscopico", Dipartimento di Lettere e Filosofia, Trento, Università degli studi di Trento.
- SHEPARD A. O. 1976, *Ceramics for the archaeologist*, Carnegie Institution of Washington, Publication 609, Washington D.C.
- SCHIFFER M. B. 1987, *Formation processes of the Archaeological record*. University of New Mexico.
- SCHIFFER M. B., SKIBO J. 1987, Theory and Experiment, in Study of Technological Change, in *Current Anthropology*, 28 (5): 595-622.
- SCHIVO S. 2004-2005, *L'uso del legno negli insediamenti neolitici dell'Italia Settentrionale: il caso di Lugo di Grezzana*. Tesi di laurea, Università degli Studi di Trento.
- SHOVAL S., GAFT M., BECK P., KIRSH Y. 1993, Thermal Behaviour of limestone and monocrystalline calcite tempers during firing and their use in ancient vessels, in *Journal of Thermal Analysis*, 40: 263-273.
- SHOVAL S. 2003 - Using FT-IR spectroscopy for study of calcareous ancient ceramics. In: *Optical materials* n. 24, Elsevier: 117-122.
- SCHWERTMANN U. 1993, Relations between iron oxides, soil color and soil formation, in J.M. Bigham and E.J. Ciolkosz (ed.) *Soil color*. SSSA Spec. Publ. 31: 51-69.
- SÉFÉRIADES M. 1983, Dikili Tash: introduction à la préhistoire de la Macédonie occidentale, in *Bulletin de correspondance hellénique*, vol 107:635-677.
- SESTIER C. 2007, Étude du profil thermique d'une structure de combustion en meule (pitkiln): four ou foyer simple? in: Gheorghiu D. (Ed.), *Fire as instrument: the archaeology of pyrotechnology*, Bar International Series, 1619, Oxford, pp. 25-31.
- SHEPARD A. O. 1956, *Ceramics for the archaeologist*, Carnegie Institution, Taraxacum, Washington, DC.
- SIMONNET G. 1980, La structure chasséenne «V.T. 215» à Villeneuve-Tolosane (Haute-Garonne), in: *Bulletin de la Société préhistorique française*. 1980, tome 77, N. 5. pp. 144-151
- SKIBO J. M., SCHIFFER M., REID K. C. 1989, Organic-tempered pottery: an experimental study, *American Antiquity* 54: 122-146.
- SOLER MAYOR B. 2003A, *Estudio de las estructuras de combustión prehistóricas: una*

propuesta experimental : Cova Negra (Xativa, Valencia), Ratlla del Bubo (Crevillent, Alicante) y Marolle-sur-Seine (Bassin Parisien, Francia), Serie de trabajos varios, 102, Diputacion provincial, Valencia.

SOLER MAYOR B. 2003b, L'expérimentation et les roches chauffées in FRÈRE SAUTOT M. C. (a cura di), *Le Feu domestique et ses structures au Néolithique et aux Ages des Métaux*, actes du colloque de Bourg-en-Bresse et Beaune, 7 et 8 octobre 2000, Montagnac: Mergoïl 2003.

SOUDSKÝ 1962, The Neolithic site of Bylany, *Antiquity*: 341-354

SPATARO M. 2009, The first specialised potters of the Adriatic region: the makers of Neolithic Figulina Wares, in edited by S. Forenbaher) *A connecting sea: Maritime Interaction in Adriatic Prehistory, Bar International Series 2037*, Archaeopress, pp. 59-72.

STAPERT D. 1989, The ring and sector method: Intrasite spatial analysis of Stone Age sites, with special reference to Pincevent, *Palaeohistoria*, 31: 1-57.

STAŠŠÍKOVÁ-ŠTUKOVSKÁ D. 2002, The stone and Middle Age ovens in Loess sites of Slovakia. Influences on their quality for food preparation, *Civilisations* 49: 259-269.

STRATOULI 2007, Neolithikos oikismos Avgi Kastorias 2006-2007: choro-organotikes praktikes 6is kai 5is hilietias. Archeologiko Ergo Makedonias kai Thrakis 21, 7-14. (Neolithic settlement Avgi Kastorias 2006-2007: spatial practices in the 6th and 5th millennia).

STREILY H. A. 2000, Early pottery kilns in the Middle East, in *Paléorient*, 26, 2: 69-81.

TASCA G. 1998, Intonaci e concotti nella preistoria: tecniche di rilevamento e problemi interpretativi. In Castelletti L., Pessina A. (a cura di), *Introduzione all'archeologia degli spazi domestici*, Atti del seminario – Como, 4-5 novembre 1995, Museo Civico Archeologico “Giovio”, Edizioni New Press, pp. 77-87.

TENCARIU F.A. 2005, Arheologie experimentală. Reconstituirea tehnologiilor și instalațiilor preistorice de ardere a ceramicii În: RPSS: 1 – 31.

TENCARIU F. A. 2010, Some Thoughts Concerning the Pottery Pyrotechnology in Neolithic and Chalcolithic, in *Signa Praehistorica* 9: 119-138

TENCARIU F. A., 2015, Instalații de ardere a ceramicii în civilizațiile pre- și protohistorice de pe teritoriul româniei, in Victor Spinei et Virgil Mihailescu-Bîrliba (ediderunt) *Bibliotheca archaeologia moldaviae XXIII*.

THÉR R. 2004, Experimental pottery firing in closed firing devices from the Neolithic – Hallstat period in Central Europe, in *EuroRea 1/2004*.

THÉR R. 2014, Identification of pottery firing structures using the thermal characteristics of firing, in *Archaeometry* 56, Suppl I: 78-99.

THÉR R., GREGOR M. 2011, Experimental reconstruction of the pottery firing process of Late Bronze Age pottery from north-eastern Bohemia, in (ed. S. Scarcella), *Archaeological ceramics: a review of current research in Bar International Series* 2193, Archaeopress, Oxford, pp. 128-142.

THERY I., 1998, Economie du combustible et Paleoecologie en contexte glaciaire et periglaciaire, Paleolithique moyen et superieur du sud de la France, Anthracologie, Experimentation, Taphonomie, Doctorat de l'Universite, Environnement et Archeologie, Universite de Paris I.

THOMS A. 2003, Cook-Stone Technology in North America: Evolutionary Changes in Domestic Fire Structures during the Holocene, in FRÈRE SAUTOT M. C. (a cura di), *Le Feu domestique et ses structures au Néolithique et aux Ages des Métaux*, actes du colloque de Bourgen-Bresse et Beaune, 7 et 8 octobre 2000, Montagnac: Mergoïl 2003.

THOMS A. V. 2008, The fire stone carry: Ethnographic records and archaeological expectations for hot-rock cookery in western North America, in *Journal of Anthropological Archaeology*, 27:443-460.

THOMS A. V., SHORT L.M., KAMIYA M., LAUENCE A. 2018, Ethnographies and Actualistic Cooking Experiments: Ethnoarchaeological Pathways toward Understanding Earth-Oven Variability in Archaeological Records, in *Ethnoarchaeology*, 10, 2: 76-98.

TINÈ V. (a cura di) 2009, *Favella, un villaggio neolitico nella Sibaritide*, Roma.

TINÈ V., NATALI E. 2008, Il Neolitico medio nella Calabria settentrionale alla luce dei nuovi dati dagli scavi di Grotta San Michele di Saracena e Grotta della Madonna di Praia a Mare (CS), in *Atti del Convegno di Finale Ligure*,

TINTERA L. ET AL. 1986, Experimentale Beglaubigung der Leistungsfähigkeit der Meilertöpferöfen (Rés.), in *Archaeologica Pragensia*, t.7: 273-292.

TIRABASSI J. 1987a, Relazione preliminare della prima campagna di scavi a Rivalentella-Cà Romensini (RE), 1981-1983, in *Atti della XXVI Riunione Scientifica dell'Istituto Italiano di Preistoria e Protostoria* (Firenze, 1985), pp. 581-593.

TIRABASSI J. 1987b, I siti neolitici, in “*Catasto archeologico della provincia di Reggio Emilia*”, 2.

TITE M. S. 1995, Firing temperature determination – how and why? KVHAA Konferenser, 34: 37-42.

TITE, M.S., FREESTONE, I.C., MEEKS, N.D., BIMSON, M. 1982, The use of scanning electron microscopy in the technological examination of ancient ceramics, in: *Archaeological Ceramics*, 109-120.

TOMADIN V. 1983, *Sperimentazioni ed indagini sulle tecniche di cottura delle ceramiche preistoriche*, Trieste

TOZZI C. 1993, Strutture di abitato e ambiente nel Neolitico italiano, Atti della Tavola rotonda "Le strutture di abitato", in *Atti del XIII Convegno nazionale di Preistoria, Protostoria e Storia della Daunia* (San Severo, 1991), Foggia.

TOZZI C. 2001, Ripa Tetta e Catignano, établissements néolithiques de l'Italie adriatique in *Communautés villageoises du Proche-Orient à l'Atlantique(8000-2000 avant notre ère)*. *Séminaire du Collège de France*, éditions Errance, pp. 153, 167.

TOZZI C. 2002, Ripa Tetta, in *Le ceramiche impresse del Neolitico Antico, Italia e Mediterraneo*, Fugazzola M. A. et al. (a cura di) *Studi di Paletnologia I*, Roma, pp. 579-588.

TOZZI C., MOTELLA DE CARLO S. 2005, Aia di Cappitella – Comune di Carife (Avellino): l'interpretazione archeologica e archeobotanica delle strutture di combustione e delle fosse-silos, in CASTELLETTI L., MOTTOLI M., a cura di, *Ricerche e Studi del Laboratorio di Archeobiologia, I*, Archeologia dell'Italia settentrionale, 8, Museo Civico Archeologico "Giovio", Edizioni New Press, Como, pp. 125-141.

TOZZI C., TASCA G. 1993, Il villaggio neolitico di Ripa Tetta. I risultati delle ricerche 1988, in Tozzi (1993), pp. 37-54.

TOZZI C., ZAMAGNI B. 2003a, *Gli scavi nel villaggio neolitico di Catignano (1971-1980)*, edizione Centro Stampa 2P, Firenze.

TOZZI C., ZAMAGNI B. 2003b, Le nuove ricerche nel villaggio neolitico di Catignano (Pescara), *Atti della XXXVI Riunione Scientifica: Preistoria e Protostoria dell'Abruzzo*, pp. 181-193.

TRABAUD L., 1976, Inflammabilité et combustibilité des principales espèces des garrigues de la région méditerranéenne, *Ecologia Plantarum*, tome 11, 2, pp.117-136.

TRIGGER B. 2008, *A History of Archaeological Thought*, 2nd Edition. Cambridge, Cambridge University Press.

TRINGHAM D. KRISTIC (EDS) 1990, *Selevac: a Neolithic village in Yugoslavia*, Los Angeles, pp. 323-357.

TRINGHAM R., BRUCKNER B., VOYTEK B. 1985, The Opovo project: a study of socioeconomic change in the Balkan Neolithic, *Journal of Field Archaeology*, 12, 4, pp. 425-444.

TUNZI A. M., LO ZUPONE M., BUBBA D. 2017, Le colline del vento. Sistemi insediativi e organizzazione territoriale del Neolitico nella Puglia settentrionale, in *Studi di Preistoria e Protostoria 4. Preistoria e Protostoria della Puglia*, IIPP, Firenze, 221-226.

TUNZI A. M. (a cura di) 2015, *Uomini del Neolitico, Uomini del Rame. Preistoria della Puglia settentrionale*. Grenzi Editore.

URNS S.R. 1999, *An Introduction to Combustion: Concepts and Applications*, 2nd Ed., McGraw-Hill.

VAN DER LEEUW S.E., PRITCHARD A.C. 1984 - *The Many Dimensions of Pottery: Ceramics in Archaeology and Anthropology*, Inst. for Pre- and Proto-history, Cingula 7: Amsterdam.

VAN DER LEEUW, 1982, How objective can we become? Some reflections on the nature of the relationship between the archeologist, his data and his interpretation in *Theory and explanation in archeology*, Renfrew C. et al. (a cura di), New York.

VANDIVER P. B. 1987, Sequential slab construction; a conservative South-west asiatic ceramic tradition, ca. 7000-3000 B.C., *Paléorient* 13, 2: 9-35.

VANDIVER P.B., SOFFER O., KLIMA B., SVOBODA J. 1989 *The Origins of Ceramic Technology at Dolni Vestonice, Czechoslovakia*, *Science*, 246: 1002-1008.

VAQUER J. 1981, *D'étranger fosses néolithiques*, *La Recherche*, 124.

VAQUER J. 1990, *Le Néolithique en Languedoc occidental*, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.

VAQUER J., GIRAUD J.P., BAZALGUES S., GANDELIN MURIEL 2003, Les structures à pierres chauffées du Néolithique dans le sud de la France, in FRÈRE SAUTOT M. C. (a cura di) 2003, *Le Feu domestique et ses structures au Néolithique et aux Ages des Métaux*, actes du colloque de Bourg-en-Bresse et Beaune, 7 et 8 octobre 2000, Montagnac: Mergoil 2003: 21-35.

VELDE B., DRUC I. C. 1999, *Archaeological ceramic materials, Origin and utilisation*. Springer, Verlag, Berlin.

VENKATACHALAPATHY R., SRIDHARAN T., DHANAPANDIAN S., MANOHARAN C. 2002, Determination of firing temperature of ancient potteries by means of infrared and mossbauer studies, *Spectroscopy Letters: An International Journal for Rapid Communication*, 35:6, 769-779,

VENTURINO GAMBARI M. (a cura di) 1995, *Navigatori e contadini. Alba e la valle del Tanaro nella preistoria*, Famija Albèisa, Ed. Alba.

VENTURINO GAMBARI M. 1987, Scavo di strutture del Neolitico Antico ad Alba, località Moretta. Nota preliminare, in *QASP VI*, pp. 23-61.

VENTURINO GAMBARI M., GAJ G., DELCARO D., GIARETTI M. 2002, Abitare ad Alba nel Neolitico. Dati archeologici, analisi tecnologica ed ipotesi ricostruttive, in Ferrari A., Visentini P., a cura di, *Il declino del mondo neolitico, Quaderni del Museo Archeologico del Friuli Occidentale* 4, pp. 427-435.

VIDALE M., 1992, Produzione artigianale protostorica. Etnoarcheologia e archeologia. Saltuarie dal laboratorio del Piovego, Isiao.

VIDALE M. 2004, *Che cos'è l'etnoarcheologia*, Carocci, Roma.

VIDALE M. 2007, *Ceramica e Archeologia*, ed. Carocci, Roma.

VILLES A. 2003., Les structures de combustion protohistorique en moitié nord de la France: essai de bilan pour la période néolithique, in Le Feu domestique et ses structures au Néolithique et agux Ages de Métaux, Frère-Sautot M. C. ed, Editions M. Mergoïl, Montagnac: 447-471.

VITELLI KAREN D., 1984, Greek Neolithic Pottery by experiment. In P.M. Rice (ed.) *Pots and Potters, Current Approches in Ceramic Archeology*. Institute of Archaeology, Monograph 24, University of California, Los Angeles, pp. 113-31.

VITELLI KAREN D. 1995, Pots, potters and the shaping of Greek Neolithic society, in Barnett W. K., Hoopes J. W (ed.) *The Emergence of Pottery: Technology and Innovation in Ancient Society*, Smithsonian Insitute Press, Washington DC, pp. 55-63.

VITELLI K. D. 1997, Inferring firing temperatures from sherds: early Greek kilns, in Rice P. (ed.), *The prehistory and history of ceramic kilns, Ceramics and Civilizations VII*, Wasterville, Ohio, American Ceramic Society.

VITELLI K. D. 1999, Franchthi Neolithic pottery, Volume 2, The later Neolithic ceramic phases 3 to 5, Indiana University Press.

YELLEN J. E. 1977, *Archaeological Approches to the Present*, Academic Press, New York.

YNGERSOLL D., YELLEN G. E. MAC DONALD (a cura di) 1977, *Experimental Archaeology*, New York.

WAGNER U., GEBHARD R., HÄUSLER W., HUTZELMANN T., RIEDERER J., SHIMADA I., SOSA J, WAGNER F. E. 1999, Reducing firing of an early pottery making kiln at Batàn Grande, Peru: A Mössbauer study, in *Hyperfine Interactions* 122: 163-170.

WARDLE, K.A. (ED.) 1996, Nea Nikomedeia I: the excavation of an Early Neolithic village in Northern Greece 1961-1964. The excavation and the ceramic assemblage. Oxford: The British School at Athens. Supplementary Volume no. 25.

WYLIE, A. 2002, *Thinking from Things: Essays in the Philosophy of Archaeology*. Berkeley: University of California Press

ZANONI E. 2003/2004, *L'industria ceramica del sito di Lugo di Grezzana (VR), campagne di scavo 1998-2002: studio tipologico e analisi di caratterizzazione*. Tesi di laurea, Università degli Studi di Trento.

ZARATTINI, BRINCATT, LUGLI 2007, Una struttura di combustione dell'area G di Casale del dolce in *Atti della XL Riunione Scientifica dell'IIPP*, Firenze, pp. 627-632.

ZIFFERERO A. 2003, Archeologia sperimentale e parchi archeologici, in Aa.Vv. *Archeologie Sperimentali. Metodologie ed esperienze tra verifica, riproduzione, comunicazione e simulazione*. Atti del Convegno Comano Terme – Fivè (TN, Italy), 13-15 Settembre 2001, (a cura di) Paolo Bellintani e Luisa Moser. Trento, Provincia autonoma di Trento, pp. 49-76.

ZORZIN R. 2005, Le terre coloranti dei Monti Lessini, in: Broglio A., Dalmeri M. (a cura di), *Pitture paleolitiche nelle Prealpi Venete. Grotta di Fumane e Riparo Dalmeri*. Memorie del Museo di Storia Naturale di Verona, 2.Serie. Sezione Scienze dell'Uomo, 9. *Preistoria Alpina*, numero speciale: 47-50.

- ΜΠΕΣΙΟΣ, ΠΑΠΠΑ 1998, Μπέσιος Μ. / Παππά Μ., «Ο Νεολιθικός οικισμός στον Μακρύγι αλο Περίας», AAA XXIII-XXVIII (1990-1995), pp. 13-30.
- ΧΟΝΔΡΟΓΙΑΝΝΗ-ΜΕΤΟΚΗ 2012, Χονδρογιάννη-Μετόκη 2012, Χονδρογιάννη-Μετόκη Α., «Περιοχή τεχνητής λίμνης Πολυφύτου», ΑΔ 59 (2004), pp. 541-544.

Risorse online

RISORSE WEB, SITOGRAFIA:

<http://www.archeologiasperimentale.it/>
<http://www.archeologiadavivere.com/>
<http://www.archeopark.net/>
<http://www.archeotravo.it/>
<http://arscretariae.romandie.com/category/15150/34263>
<http://artterredeloire.e-monsite.com/>
<http://www.butser.org.uk/>
<http://www.cast.torino.it/>
<http://civilisations.revues.org>
<http://ceramique.chez.com/jcdocmeu.htm>
<http://www.exarc.net/>
<http://experimentinarchaeology.blogspot.com/>
<http://www.giovannimaffucci.it/workshops.html>
<http://www.giulianageronazzo.it/>
<http://www.glialbori.com/>
<http://gres.flamme.free.fr/meules/page-21.htm>

<http://www.iias.it>
<http://www.liast.it>
<http://www.palafittedro.it/>
<http://www.paleoworking.net/>
<http://www.parcomontale.it>
<http://www.pfahlbauten.de/>
<http://www.sagnlandet.dk/>

VIDEO COTTURE

REPLICHE SPERIMENTALI

Replica Sperimentale Cottura In Fossa

<http://insubriantiqua.insubriantiqua.org/cottura-della-ceramica-in-fossa>

Firing Replica Ancient Earthen Ware Pottery In An Open Wood Fire

<https://www.youtube.com/watch?v=wq69yJVilZk&list=PLD06A5A2050A3505F&index=2>

Primitive pottery (Cottura in fosse allungate)

<https://www.youtube.com/watch?v=J01DINnnNC4&index=2&t=0s&list=PLD06A5A2050A3505F>

Primitive Pottery: Collecting and Adding Temper

<https://www.youtube.com/watch?v=pQnbkagZHvo&list=PL3i1ekTZGUrCrIYfSzPxIOIKJKx10Rvjq&index=5>

Primitive pottery firing

<https://www.youtube.com/watch?v=9biM0ZRqri4&index=8&list=PLD06A5A2050A3505F>

Traditional Pottery Making of Kalinga

Beaker pottery. Preliminary firing stage. UCD

<https://www.youtube.com/watch?v=z5DS1SQGngw&index=9&list=PL3i1ekTZGUrCrIYfSzPxIOIKJKx10Rvjq>

Native Clays Movie (full) Indigenous Art and Pottery of Tony Soares (Foggiatura, uso pigmenti e cottura)

<https://www.youtube.com/watch?v=a3J9ZVJUaRY>

Primitive pottery and Dakota Fire

<https://www.youtube.com/watch?v=-GPxthlwd7I>

Ceramics. Making clay and pottery

<https://www.youtube.com/watch?v=OETyqnxjsOY>

*CONFRONTI ETNOGRAFICI***Fire and Earth. The tibetan blackware pottery**

<https://www.youtube.com/watch?v=9ZeSjG3afGo&list=PL3il ekTZGUrCrIYfSzPxIOIKJKxl0Rvjq&index=5&t=1277s>

Black Pottery, Nizamabad (India)

<https://www.youtube.com/watch?v=nkPO7KMSRGU>

Traditional pottery making of Kalinga

<https://www.youtube.com/watch?v=b0wnUzEcZUA&list=PLD06A5A2050A3505F&index=13>

<https://www.youtube.com/watch?v=buLA5DQsrbI&t=188s>

Earthenware pottery-making skills in Botswana's Kgatleng District

<https://www.youtube.com/watch?v=AO0F8y3aNOo&list=PLD06A5A2050A3505F&index=16>

African pottery forming and firing

<https://www.youtube.com/watch?v=52HKSwkI1hs&index=4&t=984s&list=PL3il ekTZGUrCrIYfSzPxIOIKJKxl0Rvjq>

Archival footage of Maria and Julian Martinez c1920; pottery making at San Ildefonso Pueblo c1949.

<https://www.youtube.com/watch?v=OVF1QtzPHYg>

Black pottery. Descendant of M. Martinez (Processi di riduzione)

https://www.youtube.com/watch?v=nyHL7kF_c0o

Mayan Pottery

<https://www.youtube.com/watch?v=egLiOYdhCGo>

The potters of San Marco: the clay and the pot

<https://www.youtube.com/watch?v=Br7t2k5fKnQ>

Amazon Pottery

<https://www.youtube.com/watch?v=DM1rvZH97c4&list=PLD06A5A2050A3505F&index=15>

Antiche tradizioni ceramiche Vibo Valentia (Cottura in fossa)

<https://www.youtube.com/watch?v=MN-OUwa9eVQ>

Tecniche alternative di foggatura

www.facebook.com/kusumadara.kadaba/posts/1728300750632083

<https://egyptianstreets.com/2015/10/28/fayoums-valley-of-the-potters-where-ancient-egypt-lives-on/>

ARTICOLI SCARICABILI ONLINE

AA.VV. 2002, Pain, fours et foyers des temps passés, in *Civilisations* Nr. 49.

<http://civilisations.revues.org>

Cavanna F. 2001-2002, Sperimentazione e ipotesi interpretative sulle fosse di combustione neolitiche, Tesi di laurea, Università di Siena.

<http://www.gliabori.com/wp-content/uploads/image/download/ARTICOLO.pdf>

http://www.paleoworkingsardegna.org/Documenti/POSTER_IIPP.pdf