

GORTANIA - Atti Museo Friul. di Storia Nat.	30 (2008)	51-72	Udine, 31.VII.2009	ISSN: 0391-5859
---	-----------	-------	--------------------	-----------------

S. CARBONETTO, D. LENAZ, F. PRINCIVALLE

ANALISI CHIMICO-FISICHE DEI REPERTI CERAMICI PROVENIENTI DAL SITO
NEOLITICO DI SAMMARDENCHIA (POZZUOLO DEL FRIULI, UD)
E LORO CONFRONTO CON I CAMPIONI DI SUOLO IVI RACCOLTI

*PHYSICAL-CHEMICAL ANALYSIS OF POTTERY FINDS FROM
NEOLITHIC SITE OF SAMMARDENCHIA (NORTH-EASTERN ITALY)
AND THEIR RELATIONS WITH SOIL SAMPLES*

Riassunto breve - In questo articolo vengono presentati i risultati relativi alle analisi archeometriche (diffrazione delle polveri a raggi X, analisi chimica in fluorescenza a raggi X e osservazione di sezioni sottili al microscopio petrografico a luce polarizzata) effettuate su 41 campioni ceramici provenienti dal sito Neolitico di Sammardenchia (Pozzuolo del Friuli, Udine) e su 20 campioni di suolo raccolti nella zona per definire la scelta delle materie prime necessarie alla produzione ceramica. Dall'osservazione delle sezioni sottili dei campioni fittili è stata possibile l'identificazione di 5 classi di impasto con caratteristiche micromorfologiche ben distinte e di 2 tipi diversi di trattamento superficiale. Dall'analisi chimica, in base al contenuto di P_2O_5 e Ba, si è osservata una chiara distinzione tra i campioni di ceramica riferiti tipologicamente alla Cultura di Fiorano, a quella di Danilo e al Gruppo qui denominato come C, costituito da frammenti ceramici la cui produzione potrebbe essere locale. Tali differenze possono essere ascritte ad una diversa tecnologia di fabbricazione e più precisamente all'aggiunta di materiale organico (vegetali e ossa) all'interno dell'impasto. Per quanto riguarda la possibilità che i suoli costituiscano la materia prima per la produzione del Gruppo C si è notato che solo un campione ha caratteristiche chimiche affini.

Parole chiave: Analisi archeometriche, Produzione ceramica, Sammardenchia (Udine), Neolitico.

Abstract - Authors present the results of archeometrical analyses (X-ray powder diffraction, X-ray fluorescence spectroscopy chemical analyses and thin section analyses) performed on 41 pottery samples from the Sammardenchia neolithic site (Pozzuolo del Friuli, Udine) and on 20 soil samples collected in the same area to determine which could be the raw materials for the pottery making. According to the observation of thin sections 5 groups have been identified with different micromorphological features and 2 different types of superficial treatment. Chemistry of the pottery allowed to distinguish the "Fiorano" pottery from the "Danilo" and the C Group here defined as "Local" ones. The differences are regarded as consequence of a different technological process of pottery making involving the addition of organic material (bones and plant remains) to matrix. As the supposition that the soils were used as raw material for the "local" pottery making it has been observed that only one soil sample has chemical characteristics similar to local pottery and probably this soil has been used for the "local" pottery making.

Key words: Archeometrical analysis, Pottery making, Sammardenchia (Udine), Neolithic.

1. Introduzione

Nella zona di Sammardenchia di Pozzuolo del Friuli (circa 10 km a Sud di Udine), e più precisamente in località Cûeis (posta a Nord dell'abitato di Sammardenchia), sono stati rinvenuti, già dagli anni Ottanta, numerosissimi reperti di età neolitica (fig. 1). Negli anni successivi, le ricerche di superficie sono state estese fino a interessare un'area di almeno 10 km², ovvero il territorio di Pozzuolo del Friuli fino a lambire quello di Pavia di Udine. Nel corso di queste indagini sono state cartografate tutte le evidenze antropiche: circa 900 strutture distribuite su una superficie di circa 6,5 km², per la maggior parte individuate in località Cûeis. Ciò non significa però che le strutture individuate siano strettamente coeve. Le analisi micromorfologiche dei riempimenti delle strutture archeologiche (FERRARI & PESSINA, 1996; OTTOMANO, 1998; 1999) hanno evidenziato che, con tutta probabilità, in questa zona si sono verificati piccoli spostamenti, volti ad individuare nuove aree da destinare alle pratiche agricole e all'allevamento.

Le indagini archeologiche, che hanno avuto inizio nel 1985 per terminare, dopo un breve intervallo (1989-1994), nel 2005, hanno riguardato soprattutto la zona di Cûeis, dove sono state indagate più di 300 strutture. Queste sono per la maggior parte riconducibili a pozzetti, ovvero a buche di forma cilindrica o troncoconica praticamente regolare, ad apertura circolare, con funzione di silos per la raccolta e lo stoccaggio delle derrate alimentari (FERRARI, MAZZIERI & PESSINA, 1999); si suppone anche che, dopo aver esaurito il loro utilizzo primario, venissero riempite con i rifiuti, non soltanto organici, del villaggio.

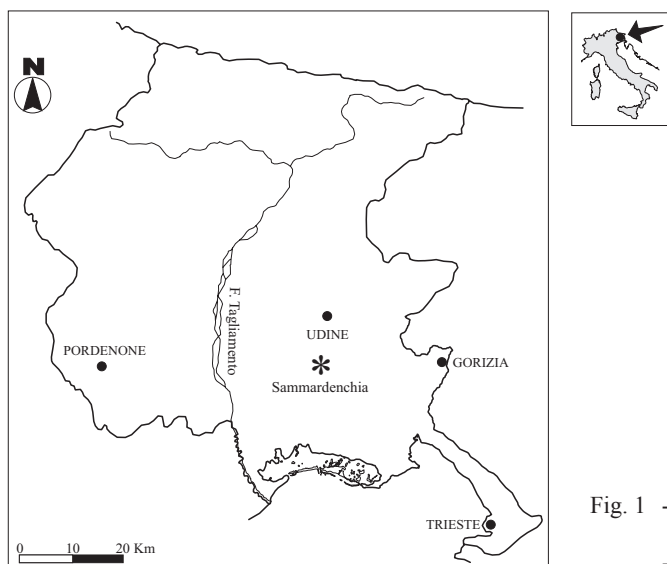


Fig. 1 - Localizzazione del sito di Sammardenchia.
- *Position of Sammardenchia site.*

Sono state individuate anche fosse irregolari, buche di palo e complessi strutturali più articolati come la struttura 153, interpretata come cisterna per la raccolta dell'acqua, e la grande struttura 126, caratterizzata dalla presenza al suo interno di pozzetti-silos.

I materiali archeologici rinvenuti durante le diverse campagne di scavo comprendono industrie in pietra scheggiata, in pietra levigata, fittile e reperti organici, il cui studio ha consentito la ricostruzione degli aspetti culturali, economici e cronologici del sito neolitico di Sammardenchia.

Per quanto riguarda l'industria litica, la determinazione dei litotipi ha indicato una loro provenienza anche da distanze di assoluto riguardo: per la pietra levigata sono stati riconosciuti metaofioliti HP, silexiti e daciti/andesiti provenienti dalle Alpi Occidentali e dall'area danubiana; per la pietra scheggiata la selce sembra derivare dalla Piattaforma Veneta, mentre l'ossidiana da Lipari e dai Carpazi (PESSINA & D'AMICO, 1999).

Dal punto di vista paleoeconomico, le analisi eseguite sui campioni carpologici permettono di ricostruire un mondo in cui l'agricoltura forniva una parte sostanziosa dell'alimentazione: grande farro, farro, piccolo farro, due tipi di orzo, frumento tenero, piselli, vecce e lenticchie erano coltivati nei campi, mentre nei vicini boschi si raccoglievano nocciole, ghiande e more di rovo. Di particolare interesse è il ritrovamento di un nuovo cereale il *Triticum timopheevi* di probabile origine orientale (ROTTOLI, 2004).

Non si esclude che anche caccia e allevamento fossero importanti, ma la mancata conservazione dei resti ossei, a causa dell'eccessiva acidità del terreno, non permette di valutare il loro contributo alimentare.

Le analisi antracologiche consentono di ricostruire la vegetazione circostante il sito: boschi di querce, frassini e aceri con presenza di noccioli, pruni e rari faggi, pioppi e olmi. Si suppone che i campi coltivati fossero cinti da siepi che, oltre a fornire frutti spontanei e legname per i focolari, tenevano lontani gli animali selvatici dalle colture. Risultano infatti estremamente alte nei diagrammi antracologici le presenze di Pomoideae (peri, meli, biancospini), specie utilizzate dagli agricoltori neolitici dell'Europa centrale per costituire, appunto, delle recinzioni per le aree coltivate (ROTTOLI, 1999).

Per quanto concerne l'industria ceramica, le analisi archeometriche condotte da FABBRI et al. (2006) sui campioni raccolti nella struttura 153 hanno evidenziato una discreta omogeneità nella composizione chimica degli impasti, mostrando contenuti di P_2O_5 relativamente alti (2,5-8,2 %). Ciò ha fatto ipotizzare che tali valori potessero essere riconducibili all'uso di ossa macinate come degrassante nell'impasto o all'utilizzo di degrassanti vegetali. Tale studio non ha però affrontato gli aspetti riguardanti le correlazioni tra le composizioni chimiche dei manufatti e la loro appartenenza a culture diverse.

Una delle principali caratteristiche di Sammardenchia è infatti la presenza di materiali ceramici che rimandano tipologicamente alla Cultura dell'Adriatico Orientale e a quella

padana di Fiorano (FERRARI, MAZZIERI & PESSINA, 1999). Per tale ragione l'obiettivo principale del presente lavoro è quello di verificare, con l'ausilio della diffrazione delle polveri, dell'analisi chimica in fluorescenza e delle osservazioni di sezioni sottili se, e in che misura, tali manufatti siano stati qui importati oppure più semplicemente prodotti in loco. Sono, inoltre, oggetto di questa ricerca le caratteristiche mineralogiche e geochimiche di alcuni campioni di suoli raccolti nel sito e nell'area circostante allo scopo di verificare se essi possano costituire la materia prima utilizzata nella produzione ceramica.

2. Il materiale archeologico e la sua campionatura

2.1 Influenze culturali e tipologie vascolari

L'Italia nordorientale, grazie alla sua posizione geografica, è il punto naturale d'incontro di genti, merci e idee che provenivano da tre direttrici fondamentali: dalla penisola italiana e, quindi, dal Mediterraneo; dai Balcani nordoccidentali tramite l'altipiano carsico e le coste triestine; dall'Europa centrale e dalla Pannonia, attraverso i valichi alpini del Tarvisiano. Il ritrovamento di elementi riferibili tipologicamente alla Cultura di Fiorano fecero ritenere Sammardenchia un sito fortemente influenzato da questa Cultura. Successivamente, la scoperta di forme vascolari e motivi decorativi ascrivibili al mondo orientale hanno permesso il riconoscimento di un'altra componente, forse più importante di quella padana, quella della Cultura di Danilo. Questa risulta estremamente varia dal punto di vista tipologico e ciò non fa pensare a semplici importazioni ma ad una più ampia condivisione culturale e materiale (PESSINA, 2006).

2.2 Criteri per la campionatura

2.2.1 La ceramica

I frammenti ceramici oggetto di indagine sono stati raccolti dalle strutture che presentavano una forte concentrazione di materiale riconducibile sia alla cultura dell'Adriatico orientale sia a quella di Fiorano. Si tratta di quelle indicate con i numeri 277, 296, 303, 321, datate al ¹⁴C fra il 5200 ed il 4600 a.C. in anni calendarici (Pessina com. pers.).

I campioni esaminati sono 41, per ciascuno di essi sono state eseguite le seguenti analisi: osservazione macroscopica, osservazione microscopica (sezione sottile), diffrazione delle polveri e analisi chimica in fluorescenza a raggi X.

I campioni analizzati sono stati prelevati da vasi frammentati che possono essere ricondotti per tipologia e decorazione alle culture dell'area dell'Adriatico orientale, a quella di Fiorano e frammenti che per forma e tipo di impasto non possono essere ascritti a queste due categorie.

In base alla classificazione tipologica-culturale i campioni sono stati suddivisi in tre gruppi: Gruppo A costituito dai campioni SAM4, SAM6, SAM10, SAM13, SAM22, SAM25, SAM31, SAM32 e SAM50, riconducibili alla Cultura di Fiorano; Gruppo B, rappresentato dai campioni

SAM2, SAM7, SAM11, SAM12, SAM14, SAM15, SAM16, SAM17, SAM23, SAM27, SAM38, SAM41, SAM43, SAM40 che si riferiscono alla Cultura Danilo; nel Gruppo C confluiscono i restanti campioni SAM21, SAM30, SAM34, SAM36, SAM8, SAM9, SAM18, SAM19, SAM20, SAM24, SAM26, SAM28, SAM29, SAM33, SAM35, SAM39, SAM42, SAMX (tab. I).

2.2.2 I campioni di suolo

La campionatura dei suoli è stata effettuata su un areale di circa 3 km², utilizzando una trivella a mano, che ha permesso di raggiungere la profondità di circa 1 m dal piano campagna. In un paio di casi i campioni sono stati prelevati a una profondità maggiore in quanto, durante la campagna di scavo del 2005, è stata aperta una trincea di circa 3 m di profondità dal piano campagna. La distribuzione dei 20 campioni raccolti interessa sia l'area investigata nel corso delle campagne di scavo condotte negli anni Ottanta, sia zone più lontane ai piedi degli alti strutturali (per esempio in località Cûeis) e poste a NO rispetto all'area dell'abitato di Sammardenchia. Ciò al fine di verificare la possibilità che aree vicine all'insediamento potessero costituire i bacini di approvvigionamento delle argille utilizzate per la produzione delle ceramiche locali.

	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
GRUPPO A						GRUPPO C					
SAM22				x		SAM21			x		
SAM31				x		SAM30				x	
SAM6					x	SAM34	x				
SAM10					x	SAM36			x		
SAM13	x					SAM8			x		
SAM4					x	SAM9				x	
SAM50				x		SAM18			x		
SAM32			x			SAM19	x				
SAM25				x		SAM20				x	
GRUPPO B						SAM24		x			
SAM7			x			SAM26		x			
SAM14				x		SAM28			x		
SAM17				x		SAM29	x				
SAM23				x		SAM33			x		
SAM38				x		SAM35				x	
SAM11				x		SAM39					
SAM12				x		SAM42					
SAM27				x		SAMX				x	
SAM16				x							
SAM2			x								
SAM43		x									
SAM15				x							
SAM41		x									
SAM40	x										

Tab. I - Distribuzione delle diverse classi di impasto in base ai raggruppamenti tipologico-culturali dei campioni ceramici.

- *Fabric classification by typological-culture pottery samples.*

3. Metodi di indagine archeometrica

La diffrazione delle polveri a raggi X ha permesso di riconoscere i diversi minerali presenti nei campioni di ceramica e nei suoli. Lo strumento usato è il diffrattometro “SIEMENS-D-500” (radiazione Cu K $\pm$ 1.54178; monocromatizzata mediante un cristallo di grafite; 40 kV; 20 mA) del Dipartimento di Scienze della Terra dell’Università di Trieste.

Le analisi chimiche sono state effettuate mediante la fluorescenza a raggi X, utilizzando l’apparecchiatura automatica “PHILIPS PW 1404/10”. L’incertezza delle analisi per gli elementi maggiori è circa del 2-5%, mentre per quelli in tracce è circa 10 ppm.

I campioni di ceramica sono stati preparati anche in sezione sottile e sono stati esaminati al microscopio petrografico a luce polarizzata.

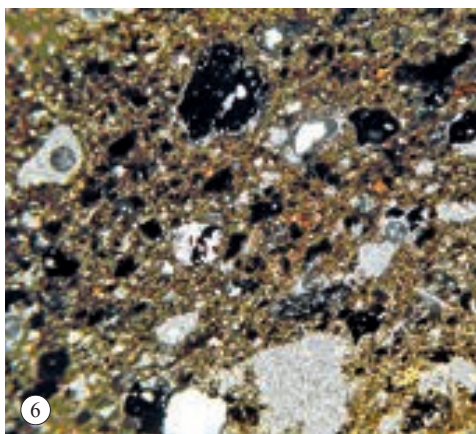
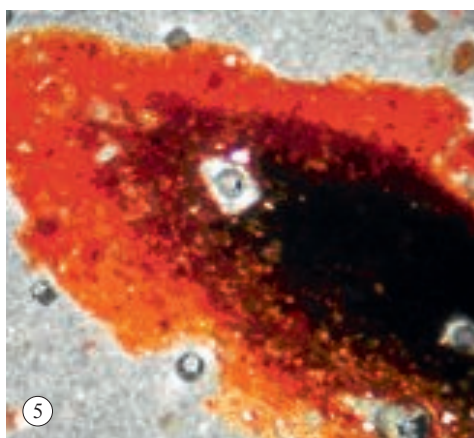
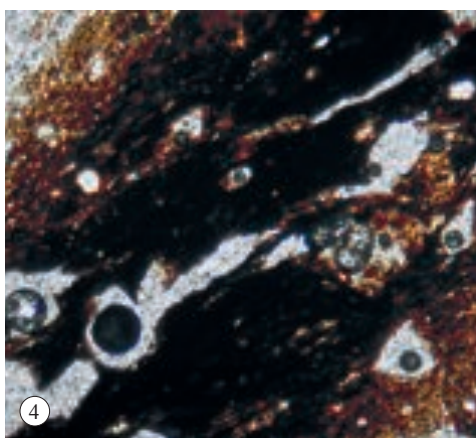
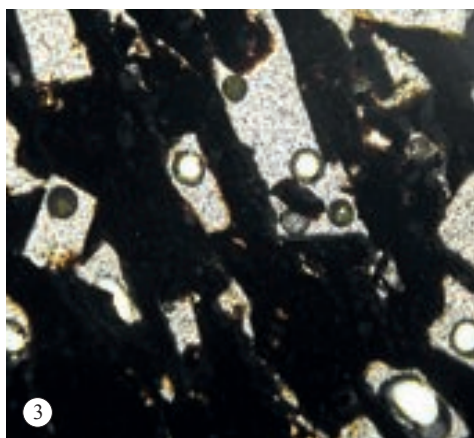
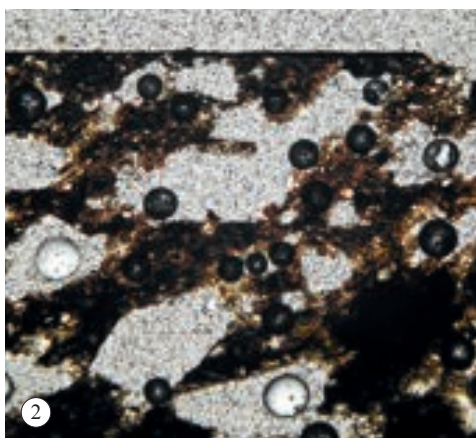
4. Risultati

4.1 Microscopia ottica

Dall’osservazione al microscopio in sezione sottile è emersa una sostanziale omogeneità della pasta di fondo e la scarsa presenza di inclusi. Tale fatto non ha permesso di distinguere i gruppi A, B e C sulla base delle differenze riguardanti tali aspetti. La matrix risulta, per la maggior parte delle sezioni sottili osservate, caratterizzata da quarzo da sub-arrotondato a sub-angolare di dimensioni fini, ossidi di ferro e abbondante mica; gli unici inclusi osservati sono di selce, quarzo, micrite e frammenti di chamotte.

È stato possibile effettuare distinzioni micromorfologiche ben precise che prendono in esame forma, dimensione e quantità dei vacuoli. In base a questo approccio metodologico sono state individuate 5 classi di impasto, le cui caratteristiche sono riportate qui di seguito:

1. Ceramica con abbondanti vacuoli medio-grandi, sia di forma poligonale che sub-arrotondata (fig. 2).
2. Ceramica con vacuoli che per la grande maggioranza sono di forma poligonale, probabilmente dovuti alla dissoluzione di calcite aggiunta all’impasto come smagante (fig. 3).
3. Ceramica con vacuoli di forma da arrotondata a sub-arrotondata e fessurazioni che possono essere ricondotte a strutture di stress causate da cottura. Alcuni campioni presentano isorientazione dei vacuoli (fig. 4). Si può notare che le fessurazioni sono presenti soprattutto nei campioni appartenenti al Gruppo C e in alcuni campioni del Gruppo B, mentre non sono presenti nei campioni del Gruppo A.
4. Ceramica con impasto caratterizzato da pochi vacuoli generalmente a forma poligonale di piccole-piccolissime dimensioni (fig. 5).
5. Ceramica con impasto generalmente compatto con pochi vacuoli e numerosi granuli neri di ossidi di ferro di forma angolosa (fig. 6).



Figg. 2-6- Sezioni sottili relative alle diverse classificazioni micromorfologiche.
- *Thin sections of different morphological classified samples.*

Nella tabella I sono state messe in correlazione le classi micromorfologiche e i diversi gruppi di campioni. Si può notare che i campioni della classe 5 sono rappresentati solamente all'interno del Gruppo A e che la maggior parte dei campioni del Gruppo B sono caratterizzati dalla presenza della classe d'impasto 4. Per quanto riguarda i campioni del Gruppo C si ha una distribuzione abbastanza omogenea tra le diverse classi.

Dall'esame dei campioni in sezione sottile sono stati riconosciuti 2 diversi tipi di trattamento superficiale:

1. l'ingobbio si presenta come uno strato superficiale di matrice uguale a quella dell'impasto della ceramica ma senza la presenza di inclusi (fig. 7). La presenza dell'ingobbio è stata notata in 4 campioni appartenenti al Gruppo A e in 6 campioni del Gruppo B. Un unico campione del Gruppo C mostra questo tipo di trattamento;
2. la pittura è rappresentata da un sottilissimo strato di materiale finissimo di colore nero applicato sulla superficie esterna, e talvolta anche interna, della ceramica (fig. 8). Tale trattamento superficiale è presente solamente in 2 campioni, entrambi assimilabili al Gruppo C.

4.2 Analisi mineralogica

4.2.1 La ceramica

Data la sostanziale omogeneità composizionale evidenziata dalle sezioni sottili, sono stati esaminati tramite diffrazione solo sei dei 41 campioni selezionati. Le fasi mineralogiche riconosciute sono: quarzo, plagioclasio e minerali argillosi. Le ultime due fasi sono scarsamente presenti e non sempre riconoscibili.

4.2.2 I suoli

Le analisi diffrattometriche sui suoli sono state effettuate sia sul tal-quale sia sulla frazione argillosa.

Per quanto riguarda il tal-quale, si riconoscono le seguenti fasi mineralogiche: clorite/vermiculite, illite/muscovite, quarzo, plagioclasio e dolomite. Si nota come la dolomite compaia solo in alcuni campioni che sono stati prelevati nella zona a Ovest della località "Cûeis", ai piedi di un alto strutturale. Nelle figg. 10 e 11 è possibile osservare i diffrattogrammi dei suoli provenienti dalle due diverse aree campionate.

Nello studio delle argille tramite diffrazione si possono incontrare alcune difficoltà rappresentate dal fatto che esistono più minerali argillosi che possiedono lo stesso o simile periodo basale oppure il doppio. Per tale motivo si usano alcuni metodi per distinguere i diversi minerali; i principali sono la glicolazione, che provoca rigonfiamento e il riscaldamento controllato che produce distruzioni parziali. Per la glicolazione si usano alcune sostanze come il glicol-etilene che con le loro grosse molecole entrano nella struttura del minerale e la fanno rigonfiare provocando lo spostamento del periodo

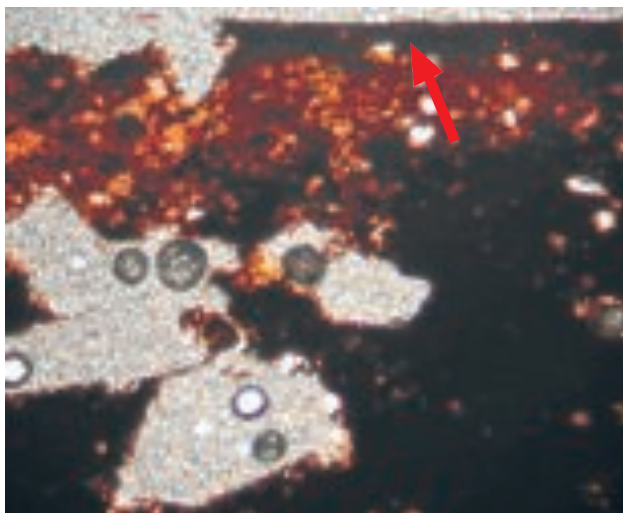


Fig. 7 - La freccia indica lo strato di materiale fine (ingobbio) di composizione uguale all'impasto della ceramica applicato alla superficie esterna (SAM12).

- *Thin section of SAM12 sample. The arrow shows the thin material layer with the same composition of the mixture applied to outer surface.*

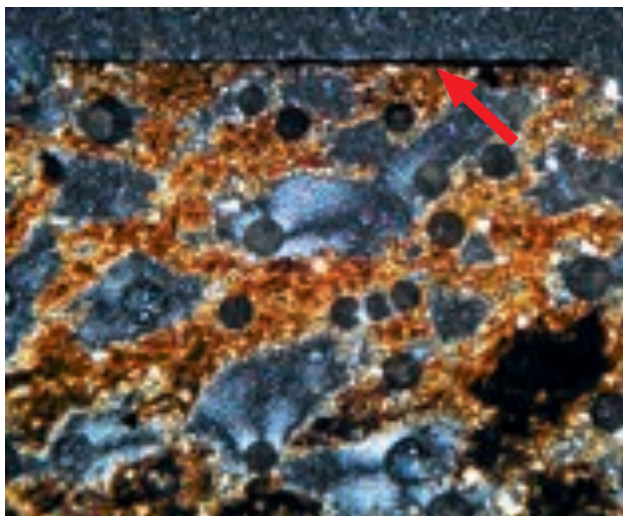


Fig. 8 - La freccia indica lo strato di pittura applicato alla superficie esterna. Come si può notare dalla foto a NX, questo materiale risulta avere composizione diversa dall'impasto della ceramica (SAM13).

- *Thin section of SAM13 sample. The arrow shows the painted layer applied to the outer surface. At crossed nicols shows a different composition from that of the inner part.*

basale. Dal diffrattogramma di fig. 12 appare chiaramente come il picco della clorite/vermiculite, situato a $6,2^\circ$ di 2θ non subisca variazioni con la glicolazione, mentre dopo il riscaldamento a 550°C si annulli e cresca il picco relativo alla fase illite/muscovite. Con la glicolazione, il picco relativo all'angolo di $12,4^\circ$ di 2θ non varia, mentre dopo il riscaldamento a 550°C , dimezza, fatto che sta a testimoniare la presenza della caolinite. Inoltre dalla forma del picco a $8,9^\circ$ di 2θ si può pensare che sia più probabile la presenza della muscovite piuttosto che quella dell'illite.

In definitiva, per quanto riguarda la frazione argillosa, si riconoscono le seguenti fasi: soil-clorite, illite/muscovite, vermiculite, caolinite, quarzo.

4.3 Analisi chimica

4.3.1 La ceramica

Vengono riportati i dati ottenuti dall'analisi chimica sui campioni ceramici selezionati in base alle caratteristiche culturali-tipologiche.

Come si può osservare nelle tabelle II-IV gli ossidi più abbondanti sono SiO_2 , Al_2O_3 e Fe_2O_3 . Per quanto riguarda SiO_2 la percentuale media è compresa tra circa 57% (Gruppo A) e circa 63% (Gruppo B). Al_2O_3 è circa 22% per le diverse ceramiche, mentre Fe_2O_3 va da 6,7% (Gruppo B) a 8,4% (Gruppo A).

Se si osservano le medie matematiche e le deviazioni standard per gli altri ossidi, emerge che per i campioni del Gruppo A, il valore medio del P_2O_5 è 6,17 % e la sua deviazione standard è di 1,9. I valori di TiO_2 , MgO , K_2O sono compresi tra 1 e 2%; mentre i valori per CaO , Na_2O , MnO tra 0,05 e 1,5%. Il Ba ha una media estremamente elevata pari a 1162 ppm.

Per i campioni del Gruppo B, P_2O_5 ha una media di 2,34 % con una deviazione standard di 1,58. I valori di TiO_2 , MgO e K_2O sono compresi tra 1 e 2% e quelli di CaO , Na_2O e MnO tra 0 e 1%. Tra gli elementi in traccia il Ba ha valori superiori a 600 ppm, Cr, Ni e Zr sono compresi tra 100 e 300 ppm, mentre Y è all'incirca pari a 30 ppm.

Per il Gruppo C, la media del P_2O_5 è di 1,92 % e la sua deviazione standard è di 1,56. I valori di TiO_2 , MgO , K_2O sono compresi tra 1 e 2%; mentre i valori per CaO , Na_2O , MnO si collocano tra 0,1 e 1%.

4.3.2 I suoli

I dati sono stati ottenuti dall'analisi chimica dei campioni di suolo dopo riscaldamento a 1000°C (tab. V). Le analisi sono state riportate in versione anidra, cioè normalizzate a 100,

CAMPIONE	GRUPPO A														
	SiO_2	Al_2O_3	TiO_2	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	Cr	Ni	Zr	Y	Ba
SAM22	55,43	22,44	1,16	9,57	0,06	1,50	1,55	0,36	1,93	5,88	347	161	220	61	1322
SAM31	56,76	22,01	1,09	9,12	0,04	1,38	1,56	0,14	1,37	6,45	285	133	167	52	1144
SAM6	53,52	23,43	1,18	9,22	0,04	1,43	1,48	0,37	1,95	7,28	350	112	217	42	1182
SAM10	65,73	20,20	1,19	5,68	0,04	1,18	0,46	0,34	1,85	3,23	366	123	216	29	931
SAM13	64,86	21,54	1,10	5,53	0,04	1,47	0,49	0,37	1,78	2,71	349	132	212	33	774
SAM4	53,11	22,68	1,28	10,09	0,07	1,38	1,47	0,36	1,71	7,75	378	115	256	49	1171
SAM50	58,82	19,97	1,26	8,45	0,06	0,99	1,17	0,23	1,67	7,27	273	80	245	34	1259
SAM32	54,45	23,59	1,17	8,53	0,16	1,08	1,20	0,28	1,70	7,75	280	106	288	49	1068
SAM25	52,79	23,85	1,14	9,80	0,06	1,52	1,56	0,24	1,65	7,27	277	137	292	51	1603
MEDIA	57,3	22,2	1,2	8,4	0,06	1,3	1,2	0,29	1,7	6,2	323	122	235	44	1162
DEV. STD.	4,9	1,4	0,1	1,7	0,03	0,2	0,4	0,08	0,2	1,9	43	23	40	11	235

Tab. II - Analisi chimica dei campioni ceramici del Gruppo A (Cultura di Fiorano).

- *Chemical analyses of A-Group (Fiorano pottery samples).*

CAMPIONE	GRUPPO B														
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Cr	Ni	Zr	Y	Ba
SAM7	63,37	21,11	0,99	8,15	0,07	2,28	1,02	0,36	1,67	0,89	235	135	232	33	502
SAM14	63,98	23,82	1,10	5,17	0,04	2,06	0,50	0,43	2,13	0,67	237	144	202	28	657
SAM17	59,16	23,36	1,19	7,05	0,04	1,23	0,63	0,43	1,84	4,98	328	125	231	36	1031
SAM23	63,60	22,45	1,04	6,34	0,07	2,05	1,05	0,49	1,82	1,01	229	114	235	30	601
SAM38	61,85	25,02	1,07	4,85	0,05	2,21	1,28	0,41	1,77	1,39	223	153	233	41	705
SAM11	63,09	21,88	1,07	7,01	0,02	2,08	0,97	0,13	2,25	1,40	240	56	203	36	500
SAM12	65,21	19,94	1,11	7,61	0,04	1,45	1,28	0,25	1,11	1,89	379	136	338	42	564
SAM27	60,89	21,46	1,09	7,60	0,02	1,76	1,14	0,27	1,72	3,95	245	118	202	39	812
SAM16	61,52	19,82	1,18	7,76	0,02	1,26	1,31	0,25	1,71	5,08	276	83	209	33	941
SAM2	66,77	21,93	1,13	4,75	0,08	1,80	0,81	0,46	1,40	0,79	223	118	242	28	425
SAM43	60,89	24,66	1,04	5,99	0,02	2,21	1,03	0,13	2,49	1,44	303	158	160	32	576
SAM15	67,11	17,82	1,11	5,51	0,06	1,56	0,83	0,80	1,72	3,36	254	50	401	38	642
SAM41	58,51	22,58	1,16	9,30	0,15	1,29	0,89	0,28	1,81	3,93	367	144	193	26	524
SAM40	62,76	21,63	1,05	7,33	0,09	2,08	0,48	0,50	2,02	1,95	270	165	198	30	774
MEDIA	62,8	22,0	1,1	6,7	0,06	1,8	0,9	0,4	1,8	2,3	272	121	234	34	661
DEV. STD.	2,5	2,0	0,1	1,4	0,04	0,4	0,3	0,2	0,3	1,6	53	36	63	5	175

Tab. III - Analisi chimica dei campioni ceramici del Gruppo B (Cultura di Danilo).
 - *Chemical analyses of B-Group (Danilo pottery samples).*

CAMPIONE	GRUPPO C														
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Cr	Ni	Zr	Y	Ba
SAM21	63,33	21,66	1,08	7,04	0,02	2,06	0,95	0,12	2,27	1,41	234	54	209	38	773
SAM30	60,29	21,96	1,06	8,66	0,33	2,24	1,18	0,40	1,98	1,81	226	148	228	44	752
SAM34	68,33	20,28	1,12	4,79	0,04	1,85	0,36	0,59	1,80	0,73	220	93	281	26	482
SAM36	63,30	21,64	1,26	6,49	0,05	1,20	0,43	0,52	1,90	3,12	302	96	248	37	514
SAM8	63,22	22,32	0,95	7,65	0,04	2,26	1,07	0,29	1,43	0,68	200	76	229	38	383
SAM9	59,69	22,08	1,04	8,82	0,04	2,07	1,64	0,40	1,61	2,51	267	118	218	38	729
SAM18	62,46	21,99	0,98	8,29	0,05	2,46	0,95	0,40	1,85	0,48	227	124	202	27	405
SAM19	62,58	19,91	1,15	9,49	0,05	1,83	0,30	0,25	2,33	2,00	391	164	194	26	583
SAM20	64,55	21,52	1,09	6,80	0,05	2,02	0,95	0,36	1,67	0,89	314	116	301	37	508
SAM24	66,53	20,27	1,19	5,46	0,03	1,70	0,62	0,70	1,90	1,50	216	94	302	40	584
SAM26	51,07	28,40	1,09	9,81	0,04	1,75	1,68	0,16	2,06	3,80	437	279	184	47	712
SAM28	64,16	22,62	1,02	5,71	0,08	2,38	1,12	0,47	1,84	0,50	217	131	268	30	504
SAM29	57,72	22,48	1,12	10,88	0,06	1,61	1,06	0,08	2,13	2,74	312	269	213	50	667
SAM33	61,00	22,34	1,15	6,60	0,18	1,79	0,97	0,52	2,25	3,11	263	108	230	37	640
SAM35	63,00	23,46	1,00	5,57	0,08	2,42	0,69	0,38	2,20	1,10	228	115	205	31	549
SAM39	61,96	19,62	0,95	7,43	0,07	1,00	0,57	0,43	1,29	6,62	219	87	164	37	736
SAM42	61,01	21,10	0,97	11,35	0,08	1,84	0,61	0,32	1,83	0,78	289	94	341	28	353
SAMX	63,24	21,61	0,97	8,90	0,20	1,74	0,94	0,35	1,26	0,71	236	106	221	29	445
MEDIA	62,1	22,0	1,1	7,8	0,08	1,9	0,9	0,4	1,9	1,9	267	126	235	36	573
DEV. STD.	3,7	1,9	0,1	1,9	0,08	0,4	0,4	0,2	0,3	1,6	65	59	46	7	134

Tab. IV - Analisi chimica dei campioni ceramici del Gruppo C (non attribuibile culturalmente).
 - *Chemical analyses of C-Group (undetermined pottery samples).*

CAMPIONE	SUOLI														
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	Cr	Ni	Zr	Y	Ba
SC1	74,24	14,71	0,98	4,09	0,11	1,76	0,48	1,32	1,81	0,49	212	35	369	32	385
SC2	66,61	19,30	1,03	6,61	0,13	2,23	0,72	0,92	2,15	0,30	177	64	249	25	489
SC3	74,33	14,62	0,99	3,93	0,12	1,80	0,62	1,33	1,75	0,51	207	30	365	33	369
SC4	72,49	15,78	1,05	4,76	0,19	1,82	0,45	1,16	1,90	0,39	180	40	341	33	444
SC5	68,40	18,21	1,02	6,15	0,16	2,16	0,67	0,93	2,07	0,23	181	63	323	39	462
SC6	69,35	17,97	0,99	6,00	0,23	1,95	0,55	0,79	1,96	0,22	147	58	268	32	468
SC7	68,72	18,17	1,02	5,95	0,20	2,14	0,62	0,93	2,05	0,21	169	59	317	38	453
SC8	73,07	15,68	1,06	4,75	0,18	1,70	0,33	1,02	1,86	0,34	186	41	380	32	414
SC9	73,46	15,20	1,04	4,32	0,18	1,78	0,91	1,05	1,61	0,45	217	31	380	35	362
SC10	72,88	15,63	1,05	4,60	0,20	1,79	0,47	1,17	1,85	0,37	184	38	380	33	428
SCA	34,69	6,76	0,56	3,98	0,15	23,87	28,48	0,37	0,91	0,16	197	60	177	30	158
SCB/1	61,30	11,93	0,81	4,46	0,19	10,17	8,36	0,99	1,44	0,26	269	68	252	36	280
SCB/2	58,91	11,42	0,79	4,64	0,21	11,59	9,80	0,86	1,42	0,25	262	73	233	36	275
SCC/1	70,39	14,38	0,92	4,85	0,24	3,92	2,04	1,22	1,70	0,25	241	71	281	42	345
SCC/2	68,79	14,62	0,94	5,36	0,22	4,22	2,75	1,07	1,74	0,19	247	82	255	43	343
SCD/1	68,40	16,67	0,96	5,58	0,19	3,36	1,99	0,90	1,67	0,18	335	58	292	41	375
SCD/2	69,56	17,44	1,06	5,75	0,18	2,13	0,73	0,97	1,82	0,26	177	61	272	38	420
SCE	73,24	15,64	0,94	4,67	0,17	2,02	0,55	0,96	1,56	0,15	243	48	378	37	316
SCF	68,60	13,64	0,85	4,51	0,28	5,44	4,05	0,91	1,41	0,23	233	53	303	37	334
SCG	62,71	20,49	0,71	7,52	0,22	3,78	1,77	0,67	1,82	0,21	248	120	170	62	392
MEDIE	67,5	15,4	0,9	5,1	0,19	4,5	3,3	1,0	1,7	0,3	216	58	299	37	376
DEV. STD.	8,8	3,1	0,1	1,0	0,04	5,3	6,5	0,2	0,3	0,1	45	21	66	7	80

Tab. V - Analisi chimica dei campioni di suolo.

- *Chemical analysis of soil samples.*

escludendo la perdita al fuoco ottenuta, in modo da poterle confrontare con le analisi chimiche eseguite sui campioni di ceramica. Oltre ad elevati valori di SiO₂ (media 67,5%), Al₂O₃ (15,4%) e Fe₂O₃ (5,1%) riscontrate nei reperti ceramici, in tre campioni di suolo si è osservata una concentrazione di MgO e CaO superiore al 10%, dovuta alla presenza di dolomite nei campioni SCA, SCB/1 e SCB/2. Se omettiamo tali campioni infatti la media di MgO è di 2,4% e CaO è pari a 1,0%. Per quanto riguarda gli altri ossidi, i valori medi di Na₂O e K₂O sono compresi tra 1 e 2%, mentre TiO₂, MnO e P₂O₅ sono compresi tra 0 e 1%. Tra gli elementi in tracce, la concentrazione di Ba è circa 400 ppm, quelli di Cr e Zr sono compresi fra 200 e 300 ppm mentre Ni e Y presentano valori minori di 100 ppm.

5. Discussione e conclusioni

Allo scopo di confrontare i dati chimici dei tre gruppi di campioni fittili, è stato utilizzato un diagramma ternario (fig. 13), dove i vertici sono rappresentati da 100% S (SiO₂), 50% F (cioè Fe₂O₃+Na₂O+K₂O+CaO+MgO) e 50% A (Al₂O₃+TiO₂) (SANDROLINI & PALMONARI, 1974).

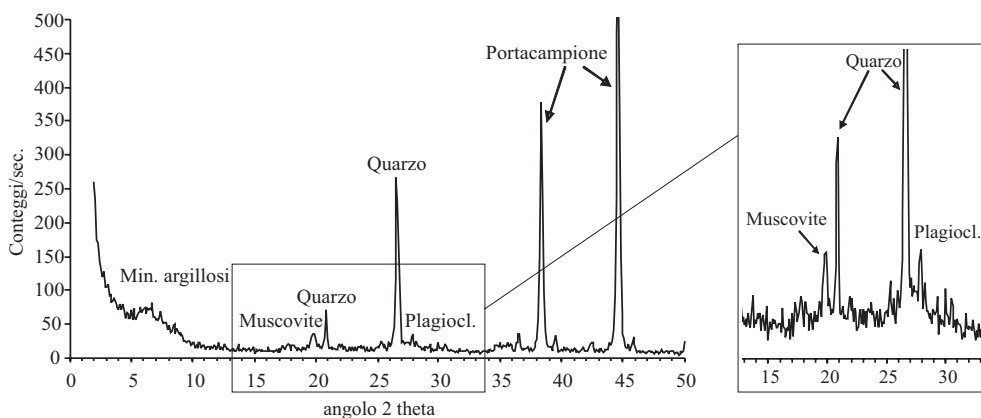


Fig. 9 - Analisi diffrattometrica del campione SAM5.
- *X-ray powder diffractogram of SAM5 sample.*

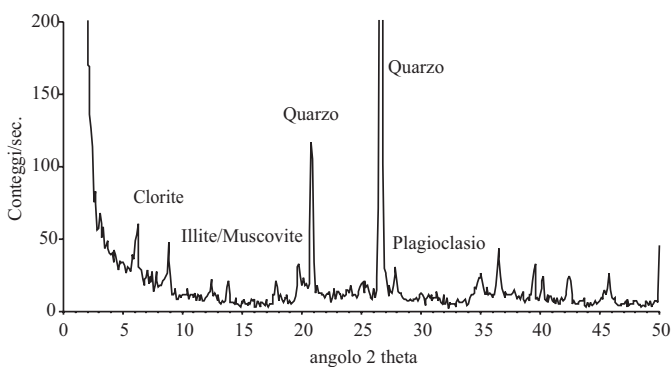


Fig. 10 - Diffrattogramma delle polveri del campione di suolo SC2-1.
- *X-ray powder diffractogram of SC2-1 soil sample.*

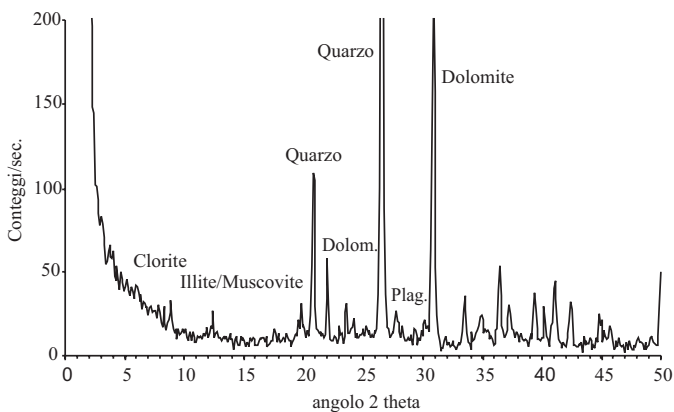


Fig. 11 - Diffrattogramma delle polveri del campione di suolo SCA.
- *X-ray powder diffractogram of SCA soil sample.*

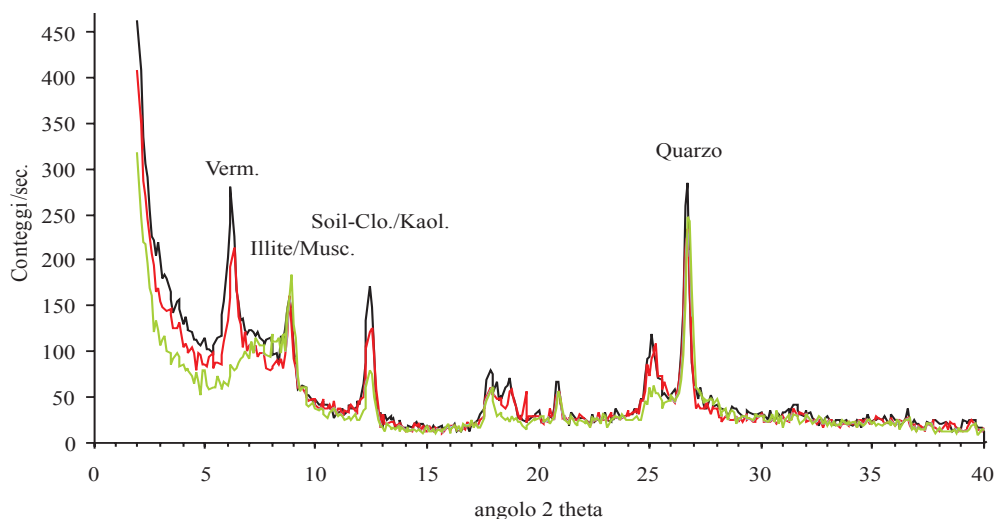


Fig. 12 - Diffattogramma con i dati ottenuti dalle analisi sul preparato orientato senza trattamenti (in nero), sul glicolato (in rosso) e sul riscaldato a 550°C (in verde).

- X-ray powder diffractogram of SC3 soil sample. Black line: oriented sample; red line: glycolated sample; green line: 550°C heated sample.

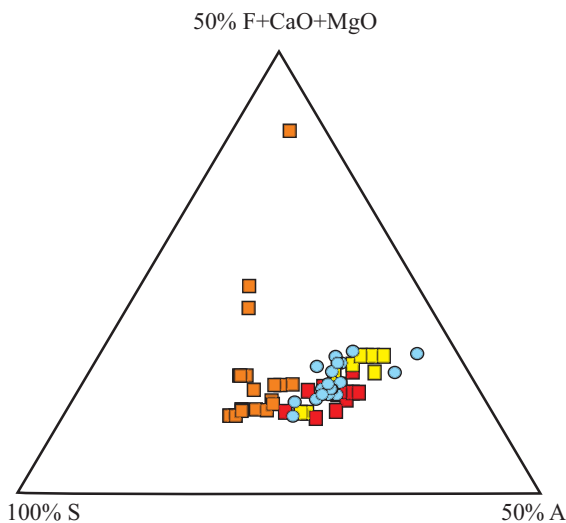


Fig. 13 - Diagramma ternario riassuntivo della distribuzione delle classi tipologiche in relazione al chimismo. Quadrati arancioni: suoli; quadrati gialli: Gruppo A; quadrati rossi: Gruppo B; cerchi blu: Gruppo C.

- Ternary diagram of all the analysed pottery and soil in relation to mineral chemistry. Orange squares: soils; yellow squares: A-Group; red squares: B-Group; blue circles: C-Group.

È interessante osservare come i campioni del Gruppo A (Cultura di Fiorano), si discostino da quelli del Gruppo B (Cultura di Danilo), in quanto presentano un contenuto di SiO_2 minore, bilanciato da un aumento di Fe_2O_3 . Per quanto riguarda i campioni del Gruppo C si osserva invece una discreta sovrapposizione con quelli del Gruppo B.

Nel diagramma della fig. 12 sono illustrati i dati dei suoli e dei gruppi di campioni ceramici, dove è possibile notare come i suoli si collochino vicini ai campioni dei Gruppi B e C, ovvero della ceramica della Cultura di Danilo e di quella ritenuta di produzione locale.

Poiché nei diagrammi ternari non viene preso in considerazione il contenuto di P_2O_5 , che, come visto, è relativamente abbondante all'interno dei tre gruppi di campionamento, nella fig. 14 viene messo a confronto con il contenuto di Ba che ricordiamo essere l'elemento in tracce più abbondante. Si può notare come esista una buona correlazione positiva ($R^2=0,72$) tra questi due elementi. In tale figura è stato anche inserito il campo relativo alle composizioni dei suoli analizzati.

Si osserva come i campioni del Gruppo A si collochino in un'area diversa rispetto a quella del Gruppo B e C, avendo contenuti in P_2O_5 maggiori del 6% e di Ba superiori a 1000 ppm.

Poiché nei suoli i valori di P_2O_5 sono inferiori a 0,51 %, un contenuto così elevato di P_2O_5 nella ceramica può essere dovuto a tre diverse cause:

- ad un inquinamento di P_2O_5 imputabile all'uso di fertilizzanti agricoli. Nei terreni, come detto in precedenza, i tenori di P_2O_5 sono inferiori a 0,51% e ciò porterebbe a scartare tale ipotesi;
- all'aggiunta, come degrassante, di materiale organico e in particolare ossa. Altri materiali organici aggiunti possono essere di natura vegetale come suggerito da FABBRI et al. (2006) per alcune ceramiche provenienti dalla struttura 153 di Sammardenchia; IACOPINI (2000) segnala la presenza di ossa nello smagrange utilizzato in vasi appartenenti alla Cultura di Fiorano provenienti dal sito Livorno-Casa Querciolaia;
- ad un inquinamento da P_2O_5 dovuto alla destinazione d'uso dei recipienti, ossia all'utilizzo di questi come contenitori di liquidi organici (BOLLONG et al., 1993; FREESTONE et al., 1994; KLEIN et al., 2004).

Per quanto riguarda il fatto che tali tenori di fosforo possano essere derivanti da un inquinamento da parte del terreno o dall'uso, è stato osservato come campioni ceramici di

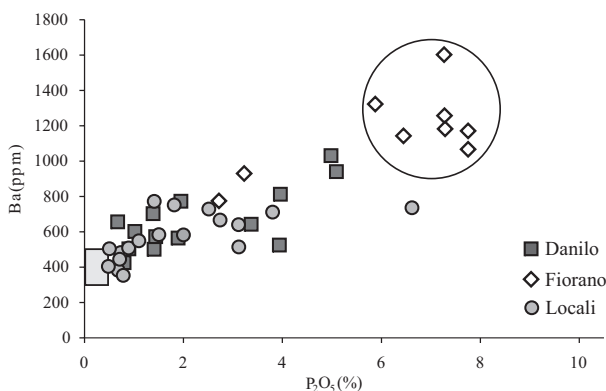


Fig. 14 - Diagramma Ba vs P_2O_5 in accordo con la suddivisione culturale-tipologica dei campioni.

- Ba vs P_2O_5 diagram according to cultural difference of samples.

Gruppi diversi, provenienti dalla stessa struttura e dalla stessa unità stratigrafica e che mostrano le stesse caratteristiche micromorfologiche, possiedano tenori di fosforo molto diversi. Tali fatti porterebbero quindi a scartare questa possibilità.

Il fosforo nelle ossa è presente come apatite $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ e nelle apatiti il rapporto $\text{P}_2\text{O}_5/\text{CaO}$ è circa 0,75 in peso. Inoltre nelle ossa è anche presente come impurità lo ione CO_3^{2-} (DANILCHENKO et al., 2005). La presenza di tale impurità è la causa principale della dissoluzione delle ossa. Il comportamento termico delle ossa vede tre diversi stadi: a 450-550°C si ha la distruzione della matrice organica, a circa 600-700°C l'inizio della ricristallizzazione della parte minerale con allontanamento degli ioni CO_3^{2-} e, infine, oltre i 900°C la trasformazione in idrossiapatite cristallina e tricalcio fosfato (DANILCHENKO et al., 2005). SPATARO (2002) suggerisce per la ceramica Fiorano temperature di cottura attorno agli 800° C. Tale temperatura sarebbe compatibile con l'inizio della ricristallizzazione della parte minerale con l'allontanamento dello ione carbonato e l'eventuale fissazione del fosforo all'interno della ceramica da parte di ossidi di ferro o nei vacuoli. Il P_2O_5 può essere fissato oltre che da CaO , anche da Al_2O_3 e Fe_2O_3 . Per quanto riguarda la possibilità che Al_2O_3 sia fissato dal P_2O_5 evidenziamo come non vi sia alcuna correlazione fra i due elementi, in quanto a valori simili di Al_2O_3 corrispondono valori molto diversi di P_2O_5 .

Nel diagramma Fe_2O_3 vs P_2O_5 (fig. 17) è invece possibile osservare una leggera tendenza all'incremento di entrambi i valori, passando dai campioni del Gruppo B a quelli del Gruppo A, mentre quelli di Gruppo C hanno una variazione di Fe_2O_3 più ampia nonostante livelli simili di P_2O_5 . Si può pertanto supporre che il P_2O_5 sia stato fissato dal Fe_2O_3 e a testimonianza di ciò, nei campioni di Gruppo A, l'analisi microscopica ha mostrato la presenza di possibili ossidi e idrossidi di Fe.

Nei campioni analizzati il rapporto $\text{P}_2\text{O}_5/\text{CaO}$ è compreso tra 0,5 e 9 e circa il 50% dei campioni mostra un rapporto compreso tra 0,5 e 2 (fig. 15), relativamente compatibile con il

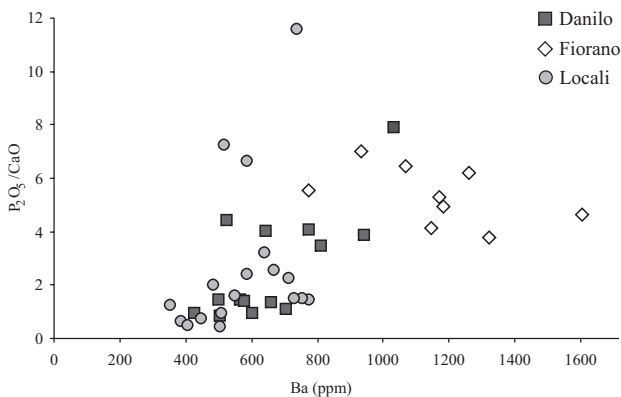


Fig. 15 - Diagramma $\text{P}_2\text{O}_5/\text{CaO}$ ratio vs Ba in accordo con la suddivisione culturale-tipologica dei campioni.
- $\text{P}_2\text{O}_5/\text{CaO}$ ratio vs Ba diagram according to cultural difference of samples.

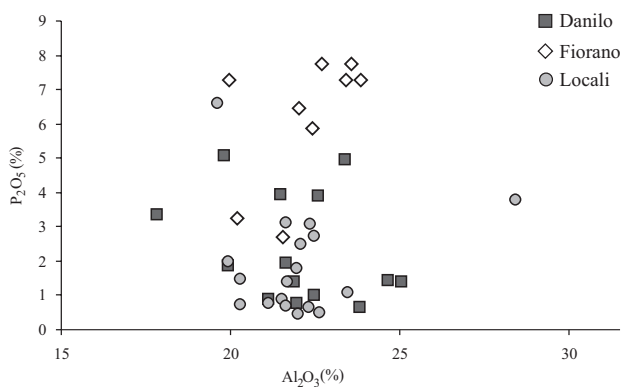


Fig. 16 - Diagramma P_2O_5 vs Al_2O_3 in accordo con la suddivisione culturale-tipologica dei campioni.
- P_2O_5 vs Al_2O_3 diagram according to cultural difference of samples.

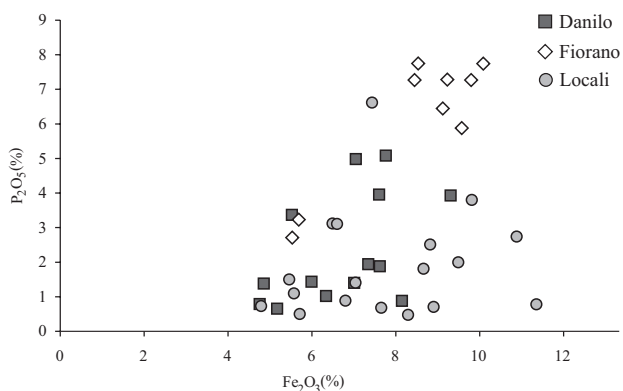


Fig. 17 - Diagramma P_2O_5 vs Fe_2O_3 in accordo con la suddivisione culturale-tipologica dei campioni.
- P_2O_5 vs Fe_2O_3 diagram according to cultural difference of samples.

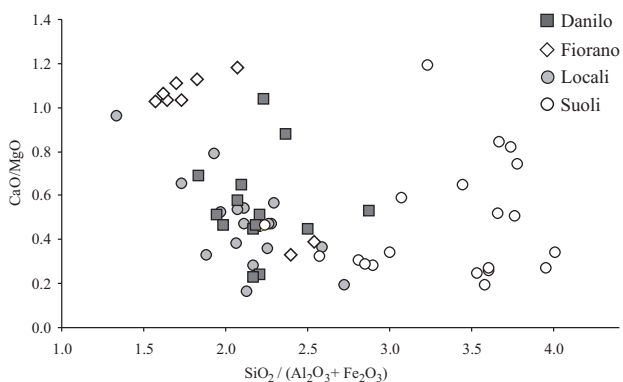


Fig. 18 - Diagramma CaO/MgO vs $SiO_2 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ in accordo con la suddivisione culturale-tipologica dei campioni.
- CaO/MgO ratio vs $SiO_2 / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$ ratio diagram according to cultural difference of samples.

rapporto $P_2O_5/CaO = 0,75$ delle ossa. Secondo DEGRYSE et al. (2004) il contenuto di Ba nelle ossa ha valori medi compresi tra 235-400 ppm anche se questo tende a concentrarsi nelle ossa per fenomeni di ricristallizzazione. Oltre a questo si è anche osservato come una dieta vegetariana (quale è quella degli animali da pascolo) produca un incremento nel contenuto di Ba in quanto nelle piante tale elemento risulta avere valori superiori a 1200 ppm (SAFONT et al., 1998; SUBIRÀ & MALGOSA, 1998; DEGRYSE et al., 2004).

Per quanto riguarda l'aggiunta di materiale vegetale, i contenuti di P_2O_5 nelle piante sono compresi tra 0 e 2% e il rapporto P_2O_5/CaO è molto variabile (da circa 3:1 a 1:3) (<http://mmmps.css.cornell.edu>). Nei campioni analizzati sono stati individuati in sezione sottile solamente due frustoli carboniosi nei campioni SAM15 e SAM16 che mostrano valori del rapporto P_2O_5/CaO di circa 4 e contenuti di Ba compresi tra 600 e 900 ppm (fig. 15). Tali valori sembrano pertanto suffragare l'ipotesi di una aggiunta di smagrante vegetale. Al momento attuale non è possibile stabilire se l'alto contenuto di fosforo sia relazionabile all'uso della ceramica come recipiente per liquidi organici, come il latte.

Per quanto riguarda la possibilità che i suoli costituiscano la materia prima per la produzione ceramica viene proposto il diagramma di fig. 18 CaO/MgO vs $SiO_2/(Al_2O_3+Fe_2O_3)$.

Possiamo notare come il campione SCG (prelevato nella zona ritenuta un paleoalveo pleistocenico: FONTANA, 1999) si collochi all'interno del campo dei campioni fittili del Gruppo C, consentendo l'ipotesi di un suo utilizzo nella produzione di tale tipo di ceramica, mentre i campioni del Gruppo A se ne discostano.

È comunque necessario ricordare che la ceramica è stata sottoposta ad una forte alterazione dovuta all'acidità del suolo (mancanza di calcite) e ciò rende difficile il confronto tra i dati ottenuti dall'analisi dei suoli e quelli provenienti dalla ceramica, al fine di determinare la provenienza delle materie prime.

Le analisi condotte sui 41 campioni di ceramica e 20 campioni di suoli hanno condotto a conclusioni di carattere tecnologico e culturale sulla produzione ceramica di Sammar-denchia.

Per quanto concerne la tecnologia ceramica, attraverso l'analisi microscopica delle ceramiche è stato possibile distinguere cinque classi di impasti, desunte in base a forma, dimensione e quantità dei vacuoli e l'osservazione in sezione sottile ha permesso di individuare due diversi tipi di trattamento superficiale: ingobbio (presente quasi esclusivamente nella ceramica del Gruppo A e del Gruppo B) e pittura (presente soltanto nei campioni del Gruppo C).

Dall'osservazione al microscopio è emerso anche che i grani di quarzo individuati nella pasta di fondo non mostrano mai una forma angolosa, ciò porta ad ipotizzare che essi abbiano subito trasporto e quindi siano stati raccolti in anse o letti di corsi d'acqua.

Se poi si osserva la fig. 18, si può notare come i campioni di suolo presentino un range

del rapporto CaO/MgO comparabile a quello delle ceramiche, ma valori del rapporto $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3)$ più alti. Quest'ultimo dato deriva presumibilmente dalla presenza di granuli di quarzo che indicherebbe una selezione della materia prima attraverso la decantazione intenzionale o attraverso la raccolta della materia prima in zone dove avviene una decantazione naturale, ad esempio il letto di un corso d'acqua.

Dall'analisi chimica è emerso che la ceramica possiede alti tenori di P_2O_5 e di Ba rispetto ai suoli e si ritiene che tale differenza possa derivare dall'aggiunta di ossa e/o materiale vegetale (presenza di frustoli vegetali nelle sezioni sottili) come smagante all'interno dell'impasto.

Per quanto riguarda invece gli aspetti prettamente culturali, nell'incrociare i dati ottenuti dall'analisi chimica con le osservazioni fatte al microscopio, dove si osserva per alcuni campioni la presenza di ossidi di ferro e porosità poco elevata, è stato possibile distinguere abbastanza chiaramente i campioni del Gruppo A (materiali ceramici riferibili alla Cultura di Fiorano) da quelli del Gruppo B e C (rispettivamente ascrivibili alla Cultura di Danilo ed ai materiali non ben inquadrabili culturalmente). Le caratteristiche del Gruppo A sono così evidenti da far pensare alla possibilità che si tratti di materiali non prodotti in loco, ma di importazione.

Differenze composizionali e microscopiche riscontrate per due soli campioni inclusi nel Gruppo A e la loro affinità a livello chimico con i risultati raccolti per il Gruppo C, fanno ipotizzare la possibilità che almeno per tali campioni la produzione sia locale, ovvero di imitazione Fiorano ("Fioranoidi"): difatti questi due esemplari mostrano di possedere un impasto molto meno depurato e fine degli altri dello stesso gruppo, ma presentano caratteristiche di forma e decorazione proprie della Cultura di Fiorano. I campioni del Gruppo B invece risultano essere composizionalmente simili ai campioni del Gruppo C; attualmente non è possibile stabilire se tale fatto sia dovuto alla presenza di materie prime con caratteristiche simili o se, anche in questo caso, ci troviamo dinanzi ad imitazioni locali.

Uno dei campioni di suolo, proveniente dalla zona che si suppone essere un paleoalveo pleistocenico, ha restituito dall'analisi chimica risultati simili a quelli ottenuti per i campioni del Gruppo C, ciò fa supporre che possa costituire la materia prima per la produzione di ceramica in questo Gruppo.

Manoscritto pervenuto l'1.X.2007 e approvato il 24.VII.2008.

Ringraziamenti

Un ringraziamento al dott. Bruno Fabbri, correlatore della tesi da cui questa nota è stata ricavata, e al dott. Andrea Pessina, che ha messo a disposizione i reperti fittili. Gli Autori desiderano inoltre ringraziare il sig. Lorenzo Furlan per la preparazione delle sezioni sottili e il dott. Angelo De Min per i suggerimenti inerenti il chimismo dei manufatti.

Bibliografia

- BOLLONG C., VOGEL J.C., JACOBSON L., VAN DER WESTHUIZEN W.A. & SIMPSON C.G., 1993 - Direct dating and identity of fibre temper in pre-contact Bushman (Basarla) pottery. *Journal of Archaeological Science*, 20 (1): 41-55.
- DANILCHENKO S.N., POKROVSKIY V.A., BOGATRYOV V.M. & SUKHODUB L.F., 2005 - Carbonate location in bone tissue mineral by X-ray diffraction and temperature-programmed desorption mass spectrometry. *Cryst. Res. Technol.*, 40 (7): 692-697.
- DEGRYSE P., MUCHEZ P., DE CUPERE B., VAN NEER W. & WAELEKENS M., 2004 - Statistical treatment of trace element data from modern and ancient animal bone: evaluation of roman and byzantine environmental pollution. *Analytical Letters*: 2819-2835.
- FABBRI B., GUALTIERI S., RICCIARDI P. & ROMA S., 2006 - Dall'argilla al vaso: tecnologia della ceramica nel sito Neolitico di Sammartenchia (UD). Risultati preliminari delle analisi archeometriche e prospettive della ricerca. In: PESSINA A. & VISENTINI P. (a cura di) - Preistoria dell'Italia settentrionale. Studi in ricordo di Bernardino Bagolini, Atti del convegno, Udine, settembre 2005. *Mus. Friul. St. Nat.*, Pubbl. Varie, 53: 357-362.
- FERRARI A. & PESSINA A. (a cura di), 1996 - Sammartenchia e i primi agricoltori del Friuli. Udine.
- FERRARI A., MAZZIERI P. & PESSINA A., 1999 - Sammartenchia di Pozzuolo del Friuli: un insediamento Neolitico all'incontro tra mondo padano orientale e area alto adriatica. In: FERRARI A. & PESSINA A. (a cura di) - Sammartenchia-Cûeis. Contributi alla conoscenza di una comunità del primo neolitico. *Mus. Friul. St. Nat.*, Pubbl., 41: 341-348, Udine.
- FONTANA A., 1999 - Aspetti geomorfologici dell'area di Sammartenchia. In: FERRARI A. & PESSINA A. (a cura di) - Sammartenchia-Cûeis. Contributi alla conoscenza di una comunità del primo neolitico. *Mus. Friul. St. Nat.*, Pubbl., 41: 11-22, Udine.
- FREESTONE C., MIDDLETON A.P. & MEEKS N.D., 1994 - Significance of Phosphate in Ceramic Bodies: Discussion of paper by Bollong et al. *J. Archeol. Sc.*: 425-426.
- IACOPINI A., 2000 - Il sito neolitico di Casa Querciolaia (Livorno). *Rassegna di Archeologia*, 17: 127-178.
- KLEIN M., JESSE F., KASPER H.U. & GÖLDEN A., 2004 - Chemical characterization of ancient pottery from Sudan by X-ray fluorescence spectrometry (XRF), electron microprobe analyses (EMPA) and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). *Archeometry*, 46 (3): 349-356.
- OTTOMANO C., 1998 - Suoli e uso del suolo nel Neolitico dell'Italia nord-orientale. Il contributo della micromorfologia. In: PESSINA A. & MUSCIO G. (a cura di) - Settemila anni fa. Il primo pane. Ambienti e culture delle società neolitiche. Catalogo della mostra, Udine, dicembre 1998 - maggio 1999. *Mus. Friul. St. Nat.*: 147-158, Udine.
- OTTOMANO C., 1999 - Analisi dei suoli in sezione sottile: modalità di uso del suolo ed evoluzione paleoambientale dell'area di Sammartenchia. In: FERRARI A. & PESSINA A. (a cura di) - Sammartenchia-Cûeis. Contributi alla conoscenza di una comunità del primo neolitico. *Mus. Friul. St. Nat.*, Pubbl., 41: 333-340, Udine.
- PESSINA A. 2006 - Nuovi dati sugli aspetti culturali del primo Neolitico in Friuli e sui rapporti con l'Adriatico orientale. In: PESSINA A. & VISENTINI P. (a cura di) - Preistoria dell'Italia settentrionale. Studi in ricordo di Bernardino Bagolini, Atti del convegno, Udine, settembre 2005. *Mus. Friul. St. Nat.*, Pubbl. Varie, 53: 279-302.
- PESSINA A. & D'AMICO C., 1999 - L'industria in pietra levigata del sito neolitico di Sammartenchia (Pozzuolo del Friuli, Udine). Aspetti archeologici e petroarcheometrici. In: FERRARI A. & PESSINA A. (a cura di) - Sammartenchia-Cûeis. Contributi alla conoscenza di una comunità del primo neolitico. *Mus. Friul. St. Nat.*, Pubbl., 41: 23-92, Udine.
- ROTTOLI M., 1999 - I resti vegetali di Sammartenchia-Cûeis (Udine), insediamento del Neolitico antico. In: FERRARI A. & PESSINA A. (a cura di) - Sammartenchia-Cûeis. Contributi alla conoscenza di una comunità del primo neolitico. *Mus. Friul. St. Nat.*, Pubbl., 41: 307-326, Udine.

- ROTTOLI M., 2004 - Un nuovo frumento vestito nei siti neolitici del Friuli Venezia Giulia (Italia nord-orientale). *Gortania - Atti Mus. Friul. St. Nat.*, 26: 67-78, Udine.
- SAFONT S., MALGOSA A., SUBIRÀ M.E. & GIBERT J., 1998 - Can trace elements in fossils provide information about palaeodiet? *International Journal of Osteoarchaeology*, 8 (1): 23-37.
- SANDROLINI F. & PALMONARI C., 1974 - Variazioni strutturali e dimensionali durante la cottura di argille italiane usate per materiali da costruzione. *La ceramica*, 27: 19-29.
- SPATARO M., 2002 - The first farming communities of the Adriatic: pottery production and circulation in the early and middle Neolithic. *Quaderni della Società per la Preistoria e Protostoria della Regione Friuli Venezia Giulia*, 9.
- SUBIRÀ M.E. & MALGOSA A., 2005 - Multi-element analysis for dietary reconstruction at a balearic Iron Age site. *Unitat d'Antropologia, Dpt. Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia, Universitat Autònoma de Barcelona*: 199-204.
- Siti internet consultati: <http://mmmps.css.cornell.edu> (dicembre 2007)

Indirizzi degli Autori - Authors' addresses:

- dott.ssa Sara CARBONETTO
via Aquileia 73, I-33100 UDINE
- dott. Davide LENAZ
- prof. Francesco PRINCIVALLE
Dipartimento di Scienze della Terra
dell'Università degli Studi di Trieste
Via E. Weiss 8, I-34127 TRIESTE

