



Associazione Italiana di Archeometria
Metodi Scientifici per i Beni Culturali



Università degli Studi
di Ferrara

in collaborazione con



Tecnopolo di Ferrara
Laboratorio TekneHub



INFN
Sezione di Ferrara

Atti del

Convegno

La Scienza

per l'Arte

Contemporanea

Ferrara, Castello Estense, 1 - 4 Marzo 2011

a cura di Ferruccio Petrucci

Pàtron Editore
Bologna



Associazione Italiana di Archeometria
Metodi Scientifici per i Beni Culturali



Ferrara University

in collaboration with



Technopole of Ferrara
TekneHub Laboratory



INFN
Section of Ferrara

Proceedings of the
Meeting
Science
for
Contemporary
Art

Ferrara, Castello Estense, 1st - 4th March 2011

editor Ferruccio Petrucci

Pàtron Editor
Bologna, Italy

Scientific committee

Mauro Bacci, IFAC-CNR, Firenze
Gian Luca Garagnani, University of Ferrara
Anna Gueli, University of Catania
Marco Martini, University of Milano - Bicocca
Isabella Memmi Turbanti, University of Siena
Franco Palla, University of Palermo
Ferruccio Petrucci, University and INFN - Ferrara
Marcello Picollo, IFAC-CNR, Firenze
Sara Santoro, University of Parma
Elisabetta Starnini, MiBAC - Archaeological Superintendence of Liguria

Organizing committee

Coordination
Ferruccio Petrucci

Meeting secretary

Archaeometry Laboratory
Physics Department
Ferrara University
Via Saragat, 1
44122 Ferrara, Italy
E-mail aiar2011@fe.infn.it
Web page: www.fe.infn.it/aiar2011

Meeting Secretary – Ferrara University
Fauzia Albertin
Lara Boselli
Eva Peccenini
Virginia Pellicori
Flavia Tisato

Web page
Andrea Donati - INFN Ferrara

Cover graphic
from a graphic idea by Luca Gavagna
www.leimmagini.it

Contact with companies
Davide Tonet  CENTRO SERVIZI
ARCHEOMETRIA

with the sponsorship of



with the involvement of



with the support of



Università degli Studi di Ferrara
Dipartimento di Fisica



Comune
di Cento



Provincia
di Ferrara



Città di
Ferrara



Comune di
Comacchio



Fondazione
De Chirico



Associazione per
la Formazione

TABLE OF CONTENTS

Preface

F. Petrucci

INTRODUCTORY LECTURES

The Remo Brindisi House Museum
Il Museo Alternativo di Remo Brindisi

L. Ruffoni

Image diagnostics on some paintings of the Remo Brindisi collection

E. Albertin, L. Boselli, E. Peccenini, V. Pellicori, F. Petrucci, F. Tisato

Keynote lecture:

Plastics in modern and contemporary art: new materials, new approaches

T. van Oosten

SCIENTIFIC PAPERS

Radiocarbon dating for contemporary art

L. Caforio, M. E. Fedi, F. Petrucci

Session 3: Materials and artistic techniques

Nanotechnology for the conservation of contemporary art

A. Colombo, R. Simonutti, C. Beccaria, V. Mombrini

Session 4: Monitoring, maintenance and restoration

Spettroscopia ottica non-invasiva per l'analisi di materiali plastici nell'arte contemporanea: il caso del polistirolo nell'opera "Cartoline" di Stefano Arienti.

M. Bacci, L. Bigazzi, C. Cucci, M. Picollo

Session 2: Archaeometry of new art forms

Aquazol 500. A possible "eco-compatible" alternative to animal glue fillers for restoration of polychrome painted objects. Stability tests – Part 2

R. Calore, L. Frizza, M. Jaxa-Chamiec, L. Rizzonelli, N. Stevanato, F. Tisato

Session 4: Monitoring, maintenance and restoration

Monitoring the degradation of plastic artifacts by dielectric spectroscopy

R. Olmi, C. Cucci, S. Pieri, S. Priori

Session 4: Monitoring, maintenance and restoration

Image spectroscopy for conservation and diagnostics of contemporary painting materials

F. Albertin, L. Boselli, E. Peccenini, V. Pellicori, F. Petrucci, F. Tisato

Session 4: Monitoring, maintenance and restoration

Ageing studies of modern paint materials by PY-GC/MS doubleshot technique

V. Pintus, S. Wei, M. Schreiner

Session 4: Monitoring, maintenance and restoration

A contribution to the identification of phthalocyanine pigments by non invasive analyses, with some note on hansa yellows

S. Caglio, G. Poldi, S. Bruni

Poster Session 3: Materials and artistic techniques

Caratterizzazione spettroscopica dei pastelli di Giorgio Kienerk

S. Bracci, M. Picollo, A. Salvini, M. Sassoli, M. Vervat

Session 3: Materials and artistic techniques

Polymers used as art materials as a source of volatile and semi volatile organic compounds (VOCS/SVOCS) in the environment of cultural institutions

P. Schossler, T. Salthammer, M. Bahadir

Session 3: Materials and artistic techniques

The palette of Columbano Bordalo Pinheiro (1857-1929): characterization of oil paint colors from his tubes

A. M. Silva, D. Sanches, C. Montagner, M. Vilarigues, M. João Melo, M. Picollo

Session 3: Materials and artistic techniques

The Semilunette in the Galleria Vittorio Emanuele II in Milan: an open study

I. Marelli, M. Fratelli, C. Salsi, A. Tibiletti, M. Carozzi, V. Fossati, M. Fuggini, D. Morosi, A. Splendore, D. Fazzari, A. Traversi, G. Albanese, A. Leo, P. Cremonesi, A. Finozzi, D. Riggiardi, E. Signorini, A. Tumminello, S. Volpin, M. R. Massafra, M. Romanò, M. Bacci, M. Picollo, F. Petrucci, F. Tisato

Session 4: Monitoring, maintenance and restoration

CASE REPORTS

Pixe measurement on a painting by Pier Paolo Pasolini

L. Caforio, M. E. Fedi, A. Migliori, D. Kunzelman

Poster Session 3: Materials and artistic techniques

Non-invasive investigations of Filippo Franzoni's easel paintings

G. Cavallo, F. Piquè, R. Carazzetti, E. Cattori

Session 2: Archaeometry of new art forms

I materiali dell'architettura del Novecento. Studi e tecniche per la conservazione.

R. Fabbri, K. Ambrogio, V. Balboni, G. Battistini, L. Bissi, A. Conforti, L. Rocchi

Poster Session 1: Diagnostics and conservation of contemporary architecture

Contemporary persian *Haft rangi* tiles from technical view

P. Holakooei, M. Mishmastnehi, C. Vaccaro, F. C. Petrucci

Poster Session 1: Diagnostics and conservation of contemporary architecture

The murals of Calvi dell'Umbria, a painted town in central Italy. Analysis of the painting materials and preservation problems

P. Baraldi, E. Della Monica, C. Pelosi

Session 2: Archaeometry of new art forms

Fiemme Valley's graffiti: artistic expression in a pastoral landscape

L. Toniutti, M. Bazzanella, F. Deflorian, A. Miotello, L. Pisoni

Poster Session 2: Archaeometry of new art forms

Technical investigation on persian *Haft rangi* tiles in Safavid era

P. Holakooei, F. C. Petrucci, R. Tassinari, M. Verde, C. Vaccaro

Poster Session 5: Architectural materials

Analysis of the materials and authentication of a polychrome wood mask from Papua New Guinea

P. Baraldi, A. Lo Monaco, F. Ortenzi, C. Pelosi, F. Quarato, L. Rossi

Poster Session 7: Other archaeometric activities

Le anfore puniche di Entella (Sicilia centro-occidentale): analisi archeometriche finalizzate alla determinazione di provenienza

G. Montana, A. M. Polito, M. Quartararo

Poster Session 6: Archeology

Caratterizzazione microstrutturale di serie monetali appartenenti al Tesoretto di Alberone (sec. XV-XVI)

C. Soffritti, S. Pepi, G. L. Garagnani, C. Vaccaro, M. T. Gulinelli

Poster Session 7: Other archaeometric activities

Analisi archeometriche su un pavimento maiolicato del XV secolo (Ospedale dei trovatelli, Messina)

G. Montana, L. Randazzo, M. F. La Russa

Poster Session 5: Architectural materials

Identification of an unknown commercial black pigment in standard fresco using chemometry and instrumental chemical methods

L. Campanella, T. Gatta, V. Mambro, M. Tomassetti, G. Visco

Poster Session 3: Materials and artistic techniques

Study of conservative conditions of “great graffito” made by Rosario Murabito in Villa Ottolenghi (Acqui Terme, Alessandria - *Italy*)

S. Bruni, M. R. Bovolenta, V. Finoli, M. Leis, C. Vaccaro, L. Volpe

Poster Session 3: Materials and artistic techniques

ANALISI ARCHEOMETRICHE SU UN PAVIMENTO MAIOLICATO DEL XV SECOLO (OSPEDALE DEI TROVATELLI, MESSINA)

G. Montana¹, L. Randazzo¹, M.F. La Russa²

¹Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DiSTeM), Università degli Studi di Palermo, Italy

²Dipartimento di Scienze della Terra, Università della Calabria, Italy

luciana.randazzo@unipa.it

1. Introduzione

Il presente contributo riporta i risultati di una serie di analisi archeometriche effettuate su un cospicuo gruppo di mattonelle in maiolica, datate al XV secolo, che costituiscono la pavimentazione dell'Ospedale dei Trovatelli di Messina e che oggi sono custodite, in cattivo stato di conservazione, nei magazzini del Museo Regionale della stessa città siciliana (Fig. 1a).

Le analisi sono state sollecitate dalla esigenza di confermare la località di produzione, ipotizzata su base stilistico-iconografica oltre che di caratterizzare i manufatti dal punto di vista strutturale e compositivo, al fine di acquisire dati utili non solo alla definizione del processo produttivo (con riferimento sia al corpo ceramico che al rivestimento in smalto) ma anche all'individuazione dei prodotti di alterazione e/o degrado (Fig. 1b). È infatti previsto, a breve termine, un intervento di restauro che prevede il consolidamento, la ricomposizione e la musealizzazione del pavimento oggetto di studio.

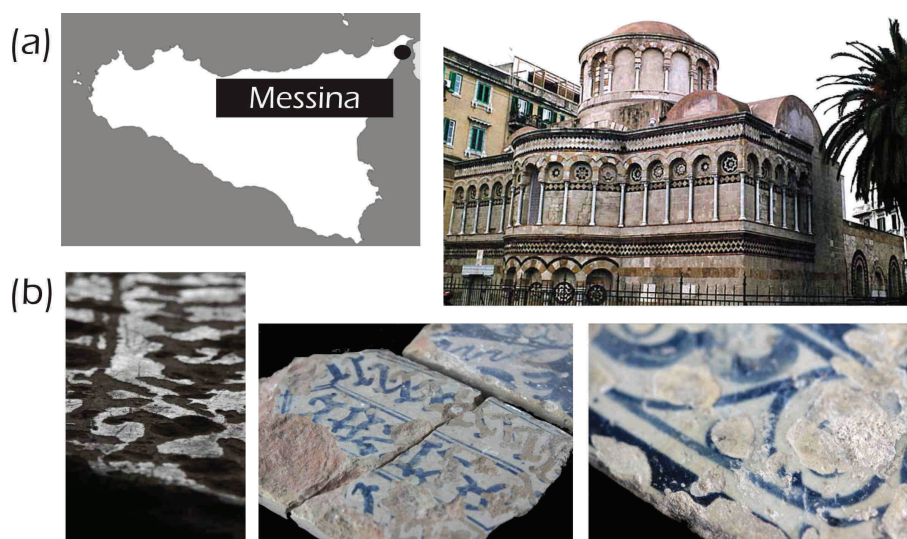


Fig. 1 (a) Chiesa dell'Annunziata dei Catalani (Messina), sede dell'Ospedale dei Trovatelli; (b) forme di degrado riscontrate nei campioni di mattonelle in maiolica essenzialmente rappresentate da abrasioni, lacune, distacchi e incrostazioni.

Pertanto, diversi campioni sono stati prelevati da singole mattonelle e sottoposti alle seguenti analisi di laboratorio: microscopia ottica (MO), microscopia elettronica (SEM-EDS), diffrazione ai raggi X (XRD), analisi di fluorescenza ai raggi X (XRF), cromatografia liquida (IC) e porosimetria ad intrusione di mercurio (MIP).

Le analisi di laboratorio hanno avuto lo scopo di definire la composizione del corpo ceramico, del rivestimento vetroso e dei pigmenti, al fine di verificare l'ipotesi di provenienza spagnola (area di Valencia) avanzata dagli storici dell'arte su base stilistica ed iconografica. Le analisi di laboratorio, inoltre, hanno consentito di individuare i principali difetti di manifattura e i processi di degrado e, conseguentemente, di acquisire informazioni importanti per una adeguata progettazione degli interventi di integrazione e restauro.

2. Materiali e metodi

Le analisi archeometriche sono state condotte su frammenti rappresentativi delle mattonelle in maiolica oggetto di interesse. I campioni sono stati analizzati preliminarmente attraverso microscopia ottica in luce trasmessa polarizzata (sezioni sottili) con un microscopio Leica DC 200 dotato di fotocamera digitale.

La composizione mineralogica del corpo ceramico è stata indagata anche mediante diffrazione a raggi X (Diffratometro Philips X'Pert, monocromatore a grafite, radiazione $\text{CuK}\alpha$ a 40 KV e 40 mA) sulle polveri.

L'analisi chimica del "biscotto" (corpo ceramico) è stata effettuata mediante spettrometria dei raggi X di fluorescenza (XRF - spettrometro Rigaku ZSX Primus) limitata, al momento, alla determinazione della concentrazione degli elementi maggiori (Si, Ti, Al, P, Fe, Mg, Mn, Ca, Na, K).

Inoltre, piccoli frammenti comprendenti sia il corpo ceramico che il rivestimento in smalto sono stati utilizzati per le osservazioni in modalità SEI o BSEI e per l'analisi EDS qualitativa e quantitativa (microscopio elettronico LEICA LEO 440 equipaggiato di sistema di microanalisi EDS Link Analytical ISIS).

Il dosaggio di sali solubili è stato effettuato applicando la procedura descritta nella norma UNI 11087:2003 mediante un cromatografo Dionex DX 120.

Infine, la distribuzione dei pori in funzione del diametro è stata determinata mediante porosimetria ad intrusione di mercurio su frammenti di 1-2 grammi, mediante un porosimetro Micromeritics Autopore IV (range = 0.05-300 micron).

3. Risultati e discussione

3.1. Analisi mineralogico - petrografica e chimica

Le analisi diffrattometriche condotte sui campioni di mattonelle maiolicate hanno messo in evidenza una composizione mineralogica pressoché simile in tutti i frammenti analizzati (Fig. 2). La fase predominante è il quarzo (SiO_2). Abbastanza comuni risultano essere anche il pirosseno calcico ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) e la gehlenite $\text{Ca}_2\text{Al}(\text{AlSi})\text{O}_7$. In piccole quantità sono stati rilevati il feldspato calcico ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$), l'ematite (Fe_2O_3) e la calcite (CaCO_3). La presenza di queste fasi mineralogiche (feldspato calcico, diopside e gehlenite), formatesi per reazione tra la componente calcarea e la massa dei minerali argillosi, consente di stimare grossolanamente una temperatura di cottura attestata tra gli 850 e i 950 °C (Maniatis and Tite, 1978). Le tracce di calcite, invece, possono essere interpretate come depositi secondari.

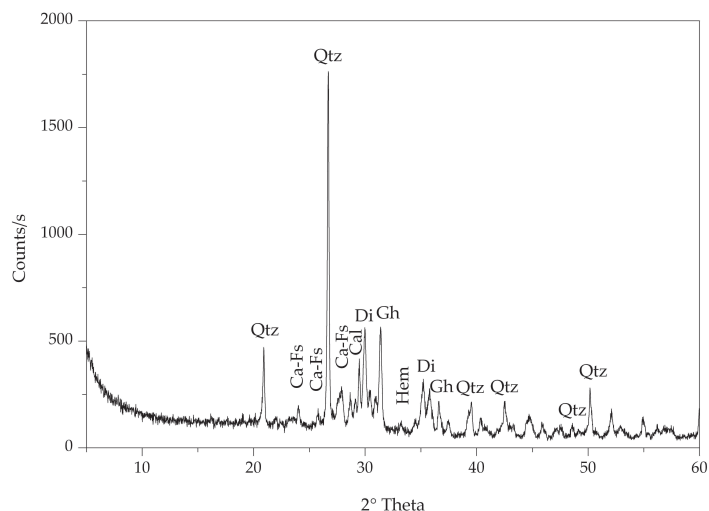


Fig. 2 Diffattogramma relativo ad una campione rappresentativo di mattonella in maiolica.

L'impasto ceramico è caratterizzato da un degrassante sabbioso poco addensato (5% area) e con dimensioni medie tra la sabbia molto fine (0.125-0.06 mm) ed il silt grossolano (0.04-0.06 mm). A livello composizionale sono abbondanti i granuli angolosi di quarzo ed assai più sporadici il K-feldspato e minute lamelle di mica. Rari i granuli di quarzo policristallino (Fig. 3a e b).

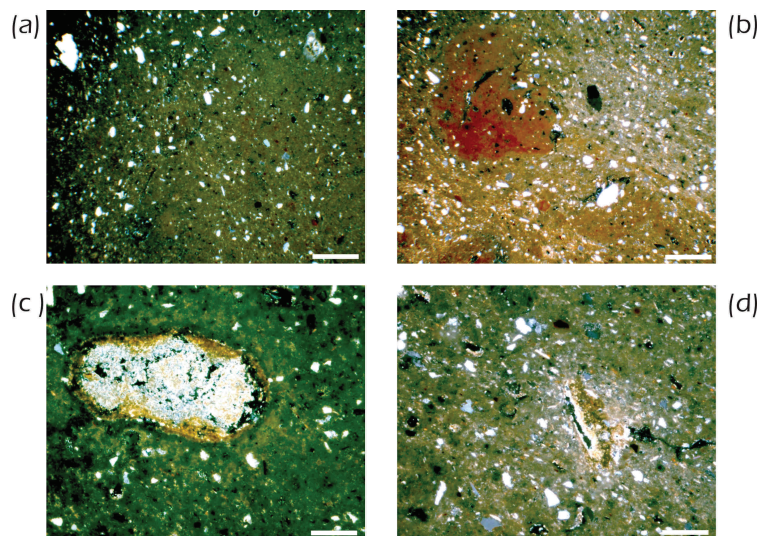


Fig. 3 (a) e (b) Microfotografie in sezione sottile del corpo ceramico (barra dimensionale = 0,5 mm); (c) resti di microfossili calcarei nell'impasto ceramico e (d) grumi di argilla mal stemperata nella massa di fondo (barra dimensionale = 0,2 mm).

La presenza di una componente carbonatica rappresentata da microfossili calcarei (Fig. 3c), originariamente presenti nella materia prima argillosa e poi per lo più scomparsi in seguito al processo di cottura è testimoniata dalla presenza di pori da impronta e *micritic clots* (Cau et al., 2002).

La massa di fondo è otticamente inattiva (isotropa), presenta colore con tonalità sul bruno rossastro (a nicol incrociati). Essa appare moderatamente omogenea con diversi grumi di argilla mal stemperata (Fig. 3d). La macroporosità è stimabile intorno al 10%

(area). I macropori sono per lo più da impronta ed hanno forma irregolare, senza alcun orientamento preferenziale. Le dimensioni prevalenti variano tra 0.01 ed 1 mm.

I campioni esaminati, rappresentativi di diversi prelievi, attestano una buona omogeneità composizionale con le seguenti abbondanze medie (% in peso): $\text{SiO}_2 = 48,39$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 14,81$; $\text{CaO} = 22,89$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 5,80$; $\text{Na}_2\text{O} = 0,79$; $\text{K}_2\text{O} = 2,80$; $\text{MgO} = 3,40$; $\text{TiO}_2 = 0,59$ (i valori sono normalizzati rispetto al L.O.I. che in media è 5,18).

3.2. Osservazioni al SEM-EDS

La massa di fondo del corpo ceramico (Fig. 4a) appare ben cotta. Lo spessore del rivestimento è mediamente pari a circa 100-150 micron. L'interfaccia tra lo smalto ed il sottostante corpo ceramico (biscotto) ha uno spessore medio piuttosto modesto (10-20 micron), senza particolari evidenze di reazione (Fig. 4b).

Il rivestimento risulta, pertanto, molto compatto con una bassa incidenza di bolle da degassamento, che peraltro mostrano dimensioni modeste (40-50 micron). L'analisi del livello di smalto ha messo in evidenza la presenza di granuli "relitti" di quarzo, sebbene poco frequenti, generalmente subangolosi (Fig. 4c) che possono raggiungere talora dimensioni decisamente elevate (sino a circa 60 micron).

Da notare la presenza di fasi di neoformazione rappresentate da cristalli di feldspato potassico e calcico e pirosseno di Ca e Mg (diopside) solitamente con dimensioni attorno al micron (Fig. 4c). Sono inoltre presenti grumi di nanoparticelle di cassiterite (ossido di stagno con funzione opacizzante), distribuiti in maniera disomogenea nella massa vetrosa (Fig. 4c).

La microanalisi EDS ha consentito di definire la composizione chimica qualitativa dello smalto (Fig. 4d).

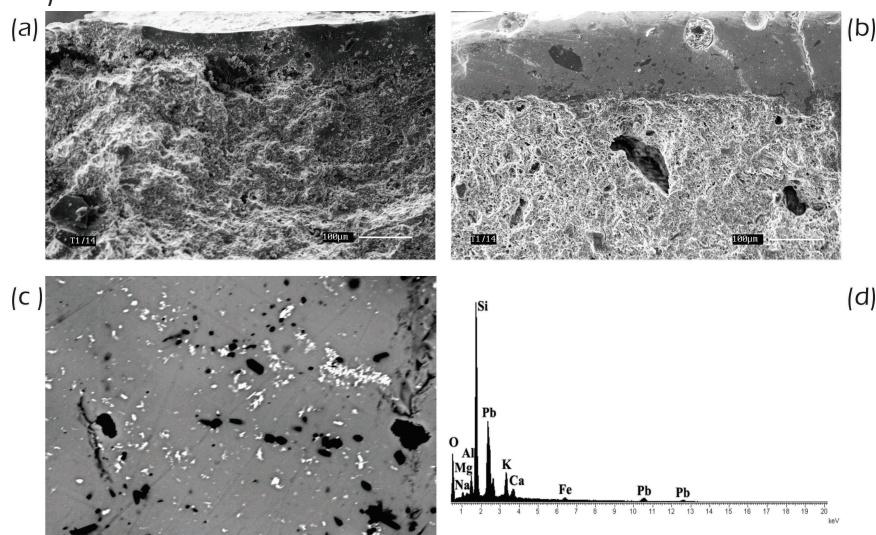


Fig. 4 Microfotografie al SEM (SE) del corpo ceramico (a), corpo ceramico e rivestimento vetroso (b); microfotografia al SEM (BSE) del rivestimento vetroso (c); spettro EDS del rivestimento vetroso (d).

Come deducibile dai risultati precedentemente esposti, il livello di smalto è rappresentato da una massa vetrosa ed amorfa in cui sono presenti quantità variabili di granuli di quarzo relitti e fasi mineralogiche di neoformazione. Nei campioni esaminati esso possiede uno spessore che in media ricade intorno ai 100 micron. La composizione chimica quantitativa è stata acquisita mediante analisi EDS effettuate su aree ampie e

sufficientemente rappresentative (20x20 micron), prive di granuli relitti. Nel livello di smalto prevalgono SiO_2 , PbO , SnO_2 seguiti da quantità subordinate di K_2O , Al_2O_3 , CaO , Na_2O , Fe_2O_3 e CoO .

In Tabella 1 viene riportata la composizione chimica quantitativa riferita a 25 differenti "punti analisi", pertanto, sono specificati anche il valore medio (m) e la deviazione standard (s).

Tabella 1. Composizione del rivestimento in smalto (glaze) ottenuta mediante analisi chimica puntuale al SEM-EDS delle mattonelle da pavimentazione in maiolica oggetto di studio.

Ossidi (%)	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	Fe_2O_3	CoO	SnO_2	PbO
1	1,43	0,60	1,89	46,95	6,10	2,88	0,10	1,26	0,10	1,72	36,97
2	1,45	0,76	2,90	45,68	6,06	2,57	0,16	1,71	0,16	1,98	36,55
3	1,25	0,54	0,95	47,25	6,05	2,60	0,24	1,32	0,34	1,72	37,76
4	1,31	0,74	0,84	46,28	6,04	2,65	LDL	1,34	0,13	2,55	38,12
5	1,78	0,74	0,61	46,97	5,65	2,66	0,07	1,45	0,30	1,18	38,60
6	1,40	0,63	0,90	47,39	6,05	3,02	0,27	1,20	0,23	1,73	37,19
7	1,69	0,65	1,69	44,29	5,71	3,16	LDL	1,55	0,21	5,47	35,59
8	1,36	0,55	0,84	47,21	5,74	2,82	0,06	1,40	0,13	2,08	37,80
9	1,41	0,67	1,44	45,83	5,69	2,43	0,13	1,66	0,26	2,33	38,15
10	1,68	0,73	1,42	45,02	6,01	2,90	0,17	1,06	0,23	2,90	37,89
11	1,48	0,81	1,82	47,82	6,09	3,11	LDL	1,84	0,41	3,09	33,52
12	1,57	0,44	1,79	45,76	6,35	4,90	LDL	0,24	0,18	4,28	34,49
13	1,36	0,47	2,58	45,21	6,34	4,15	0,72	0,55	0,30	5,15	33,16
14	1,71	0,24	1,14	46,41	5,76	6,30	0,39	0,23	0,57	1,59	35,66
15	1,49	0,43	1,65	46,50	6,17	5,06	LDL	0,46	0,14	3,56	34,53
16	1,32	0,60	0,73	48,57	6,29	3,27	0,33	0,78	LDL	2,91	35,19
17	1,25	0,48	1,12	49,00	6,19	3,46	0,11	0,55	0,39	2,31	35,13
18	1,38	0,45	1,43	44,87	6,61	3,03	0,29	1,55	0,18	3,15	37,07
19	1,45	0,50	1,36	43,99	5,98	2,86	0,33	1,41	0,54	5,45	36,13
20	1,51	0,54	0,87	48,21	6,48	3,34	0,30	1,05	0,31	2,30	35,10
21	1,37	0,54	0,66	46,26	6,28	3,69	0,38	1,17	LDL	2,38	37,27
22	1,56	0,61	2,38	44,28	7,06	2,96	0,26	1,76	0,13	1,69	37,32
23	1,37	0,59	2,29	43,57	6,37	3,19	0,56	1,45	0,29	2,29	38,03
24	1,76	0,63	1,73	43,27	7,40	3,13	0,23	1,72	LDL	1,68	38,44
25	1,42	0,74	3,49	44,08	6,78	2,68	0,06	1,64	0,19	1,46	37,46
m	1,47	0,59	1,54	46,03	6,21	3,31	0,26	1,21	0,26	2,68	36,53
s	0,15	0,13	0,74	1,60	0,42	0,91	0,17	0,48	0,13	1,23	1,57

m = media; s = deviazione standard; LDL = inferiore al limite di rilevabilità strumentale

In figura 5 sono rappresentati graficamente, mediante corrispondenti diagrammi binari a dispersione i diversi rapporti composizionali riscontrati nelle analisi EDS, attraverso cui si può notare un'accettabile omogeneità composizionale relativamente a SiO_2 , PbO , Na_2O e K_2O , e una lieve dispersione che riguarda esclusivamente i tenori in CaO e SnO_2 .

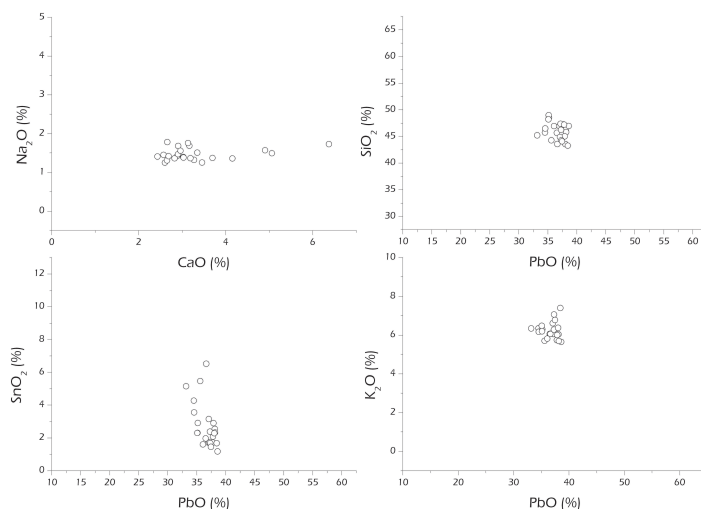


Fig. 5 Rapporti composizionali ricavati dall'analisi chimica quantitativa del rivestimento in smalto.

Da un primo confronto tra la composizione del rivestimento vetroso (in particolare il rapporto SiO_2/PbO) nei campioni oggetto di questo studio e in campioni coevi provenienti da varie località italiane e spagnole (Tite, 2009; Alaimo et al., 2004a, 2004b) appare evidente una buona corrispondenza con le manifatture di area valenciana (Fig. 6).

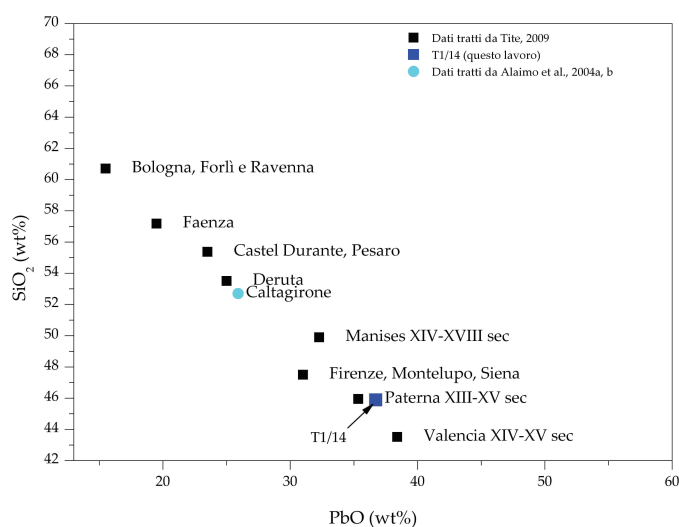


Fig. 6 Confronto tra il rapporto composizionale (SiO_2/PbO) nelle mattonelle da pavimentazione in maiolica oggetto di questo studio e quello relativo a mattonelle in maiolica coeve provenienti da varie località italiane e spagnole.

In particolare, i dati relativi alle manifatture di Paterna (XIII – XV secolo) rappresentano il termine più confrontabile con le maioliche oggetto di questo studio. Ad ogni modo, una tale convergenza composizionale, anche se allo stato attuale delle indagini è da accogliere con prudenza, appare indubbiamente degna di attenzione in quanto conferma le peculiari caratteristiche composizionali delle produzioni spagnole.

3.3. Dosaggio dei sali solubili e distribuzione porosimetrica

È stata evidenziata la presenza nel corpo ceramico di sali solubili da ascrivere alla

malta di posa delle mattonelle (Tab. 2).

Tabella 2. Dosaggio dei sali solubili (meq/l)				
Campione analizzato	Na ⁺ (mg/l)	K ⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)
T1/14	4,007	1,0354	0,6713	10,4442
70-79	2,9699	0,4173	0,6349	10,89
70-77	3,0666	0,7283	0,6038	9,5611
Fy(6)	5,5496	0,535	0,4664	9,6377
Campione analizzato	F ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)
T1/14	0,14218	1,63116	0,67402	3,09918
70-79	n.a	1,15156	0,54572	7,24202
70-77	0,1212	1,0043	0,258	1,84822
Fy(6)	0,08712	1,32038	0,38632	1,98248

Le indagini porosimetriche condotte sulle mattonelle in maiolica hanno consentito di determinare i seguenti parametri: la massa volumica apparente (*mva*) e la massa volumica reale (*mvr*), la porosità totale, o meglio, il volume percentuale dei mesopori (ossia ai pori con diametro tra 0.01-300 micron) $n = (1 - mva/mvr) \times 100$, il diametro mediano dei pori (Tab. 3).

Tabella 3. Caratteristiche petrofisiche delle mattonelle in maiolica oggetto di questo studio. <i>mvr</i> (g/mL) = massa volumica reale, <i>mva</i> (g/mL) = massa volumica apparente, <i>D</i> ₅₀ = diametro mediano dei pori				
Campione analizzato	F2(5)	70-77	F1(3)	F9(1)
<i>D</i> ₅₀ (μm)	0,48	0,55	0,69	0,24
<i>mva</i> (g/mL)	1,70	1,78	1,57	1,76
<i>mvr</i> (g/mL)	2,53	2,51	2,29	2,59
Porosità (%)	32,64	29,13	31,21	31,92

A seguire vengono riportati e commentati i dati acquisiti mediante le analisi condotte con il porosimetro a mercurio. Le determinazioni di laboratorio sono restituite da grafici in cui sono riportati il diametro dei pori (in ascissa, espresso in scala logaritmica) ed il volume di mercurio intruso (in ordinata, riferito alla massa di materiale analizzato). Per ogni campione viene riportata simultaneamente la curva cumulativa di intrusione e la distribuzione di frequenza dei pori sotto forma di istogramma.

La curve di intrusione cumulativa di mercurio dei frammenti di mattonelle in maiolica analizzati mostrano una predominanza dei pori di diametro intorno ai 0.5 micron (Fig. 7a, b, c, d). Oltre questo valore la pendenza della curva porosimetrica si riduce mostrando un lieve seppur costante incremento del volume di mercurio intruso nei capillari di diametro inferiore (inferiori a 0,1 micron).

Le curve porosimetriche, mostrate in Figura 7, consentono inoltre di mettere in evidenza la generale polimodalità delle distribuzioni porosimetriche con prevalenza delle classi di pori con diametro compreso tra 0,2 e 1 micron. È interessante notare come la porosità aperta dei campioni di mattonelle in maiolica oggetto di studio risulti molto omogenea, attestandosi in media attorno al 31%.

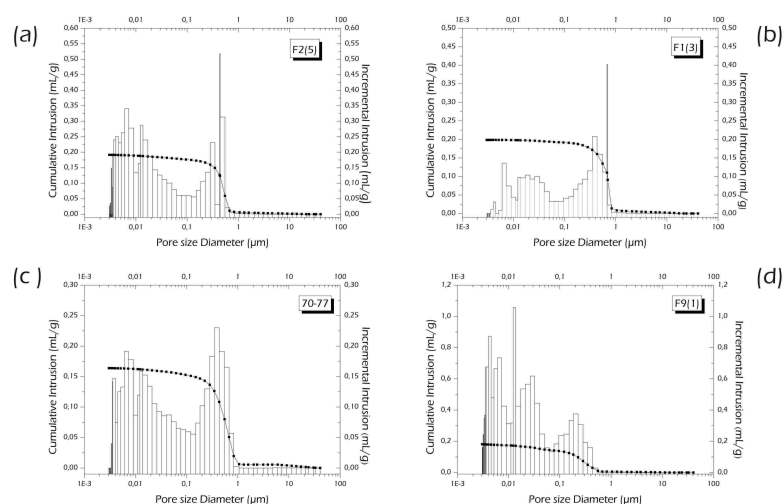


Fig. 7 Curve di distribuzione porosimetrica dei campioni di mattonelle in maiolica: (a) F1(5); (b) F1(3); (c) 70-77; (d) F9(1).

4. Conclusioni

Le indagini chimiche e microstrutturali eseguite al SEM - EDS hanno consentito di caratterizzare dal punto di vista tecnologico il corpo ceramico (biscotto), il rivestimento in smalto e i pigmenti utilizzati nel decoro.

I dati petrografici e chimici supportano l'ipotesi su base stilistico – iconografica della manifattura delle mattonelle maioliche oggetto di questo studio in officine di area valenciana e molto probabilmente a Paterna.

I dati composizionali, tessiturali e porosimetrici verranno utilizzati per una consapevole progettazione dell'intervento di restauro.

Bibliografia

1. Alaimo R., Bultrini G., Fragalà I., Giarrusso R., Iliopoulos I., Montana G. "Archaeometry of Sicilian glazed pottery". *Applied Physics A*, **79**, (2004a), 221-227.
2. Alaimo R., Bultrini G., Fragalà I., Giarrusso R., Montana G. "Microchemical and microstructural characterization of medieval and post-medieval ceramic glaze coatings." *Applied Physics A*, **79**, (2004b), 263-272.
3. Cau M. A., Day P. M., & Montana G. "Secondary calcite in archeological ceramics: Evaluation of alteration and contamination processes by thin section study." In V. Kilikoglou, A. Hein, & Y. Maniatis (Eds), 5th EMAC: Modern trends in scientific studies on ancient ceramics. International Series 1011. Oxford: British Archaeological Reports (2002), 9–18.
4. Maniatis Y. & Tite M. S., "Ceramic technology in the Aegean world during the Bronze Age." In: C. Doumas (Ed.) *Thera and the Aegean World*, London, Vol. **1**, (1978), 483-492.
5. Tite M.S. "The production technology of Italian maiolica: a reassessment". *Journal of Archaeological Science*, **36**, (2009), 2065-2080.