



Con l'adesione del Presidente della Repubblica

# DIAGNOSIS FOR THE CONSERVATION AND VALORIZATION OF CULTURAL HERITAGE

ATTI DEL QUINTO CONVEGNO INTERNAZIONALE  
NAPOLI 11-12 DICEMBRE 2014

*a cura di*  
Luigi Campanella  
Ciro Piccioli



Associazione Italiana Esperti Scientifici



Centro Interdisciplinare di  
Ricerca per le Scienze Applicate alla  
Protezione dell'Ambiente e dei Beni Culturali

# Diagnosis for the Conservation and Valorization of Cultural Heritage

Atti del Quinto Convegno Internazionale  
Napoli 11-12 dicembre 2014

a cura di  
**Luigi Campanella**  
**Ciro Piccioli**

## *Contributi di*

Giovanna Acampora, Jessica Adamo, Giada Albanese, Ilaria Alfieri, Dino Aquilano, Paolo Arcari, Luana Baffa, Mariaserena Baffa, Nicola Barbatelli, Tesfaye Bedane, Elena Ben-cardino, Laura Bergamonti, Barbara Bertoli, Bruno Billeci, Bruno Bisceglia, Giuseppe Brandonisio, Roberto Bugini, Mario Buono, Laura Callea, Gianluigi Calvanese, Ruggero Caminiti, Luigi Campanella, Sonia Capece, Valentina Caramazza, Iole Cerminara, Stella Nunziante Cesaro, Angela Chambery, Laura Cinquegrana, Clelia Cirillo, Rosamaria Codispoti, Gaetano Corso, Emanuele Costa, Mariano Cristellotti, Vincenzo Cristofaro, Luciano D'Alessio, Lara De Giorgi, Maria Antonietta De Paola, Ida De Rose, Maria Dessi, Maria Dibiasi, Giuseppina Di Gangi, Raffaella Esposito, Stefano Esposito, Valeria Fari-nelli, Claudia Florio, Marco Fornaciari da Passano, Giuseppe Fortunato, Maria Funicello, Caterina Gattuso, Philomène Gattuso, Monica Gelzo, Roberto Giustetto, Rosa Maria Giusto, Maria Lacanna, Fabrizio Leccisi, Giovanni Leucci, Monica Livadiotti, Andrea Lo-renzi, Pier Paolo Lottici, Antonietta Manco, Francesco Marra, Cecilia Massenzi, Antonella Mirabelli, Francesco Miraglia, Francesca Molezzi, Antonio Monte, Angelo Montenero, Maria Elena Moschella, Biagio Naviglio, Paola Nicolella, Paola Francesca Nisticò, Renato Sante Olivito, Fabio Orlandi, Anna Maria Palermo, Emanuela Palermo, Marina Paolanti, Rita Pecce, Luca Pelella, Susanne Heidi Plattner, Ciro Piccioli, Lucia Pirri, Felicia Pisani, Giovanni Predieri, Giovanni Puce, Stefano Ridolfi, Francesca Rizzo, Valeria Romanelli, Andrea Rossi, Luca Vitaliano Rotundo, Luigia Ruga, Marina Russo, Valentina Santoro, Luigi Scarpa, Eleonora Scarpellini, Antonio Scognamiglio, Piero Scognamiglio, Francesco Scorza, Carmelo Scuro, Ilaria Serranò, Valeria Severino, Valentina Spataro, Alessandro Tedesco, Muriel Vecchione, Alessandro Vergara, Maria Rosaria Vitale, Antonio Agostino Zappani, Gianluca Zini



# Diagnosis for the Conservation and Valuation of Cultural Heritage

Edited by  
Luca Pelella

Luca Pelella  
Luca Pelella

Copyright ©

Copyright © MMXIV  
ARACNE editrice int.le S.r.l.  
[www.aracneeditrice.it](http://www.aracneeditrice.it)  
[info@aracneeditrice.it](mailto:info@aracneeditrice.it)  
via Quarto Negroni, 15  
00040 Ariccia (RM)  
(06) 93781065  
ISBN 978-88-548-7855-6

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,  
di riproduzione e di adattamento anche parziale,  
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie  
senza il permesso scritto dell'Editore.*

Redazione e Progetto grafico: Luca Pelella

I edizione: dicembre 2014

### Comitato scientifico

Luigi Campanella - Università di Roma, Antonella Casoli - Università di Parma, Angelo Montenero - Università di Parma, Alessandro Vergara - Dipartimento di Scienze Chimiche - Università Federico II di Napoli, Bruno Bisceglia - Università di Salerno, Bruno Billeci - (DADU) di Alghero - Università di Sassari, Caterina Gattuso - Università della Calabria, Livio De Luca - Conservatorio San Pietro a Maiella di Napoli, Luciano D'Alessio - Università della Basilicata, Ciro Piccioli - AIES Beni Culturali, Antonio Scognamiglio Soprintendenza - Archeologica di Napoli e Pompei, Luca Pelella - AIES Beni Culturali, Ulderico Sicilia - Risviel srl, Guido Driussi - Arcadia Ricerche, Giovanna Bortolaso - AIES Esperto Scientifico, Roberto Bugini - CNR ICVBC Gino Bozza, Luisa Folli - AIES Esperto Scientifico, Laura Cinquegrana - AIES Esperto Scientifico, Ezio Martusciello - Università Suor Orsola Benincasa, Chiara Marzano - Biologa.

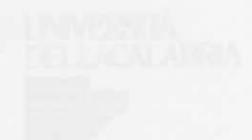
### CON IL CONTRIBUTO SCIENTIFICO



Dipartimento di Chimica  
www.chem.unipi.it



Dipartimento di Scienze Chimiche  
www.chem.unife.it



Dipartimento di Ingegneria Civile  
www.ing.unical.it



Dipartimento di Chimica  
www.chem.unipr.it



Dipartimento di Architettura Design e Urbanistica  
Alghero  
www.uniss.it



Dipartimento di Conservazione e Restauro  
www.unipa.it



## MALTE INNOVATIVE IN AMBITO ARCHEOLOGICO

**Arch. Federica Fernandez\***, **Arch. Carla Maria Terrana\*\***,  
**Ing. Daniele Enea\*\*\***, **Prof. Ing. Patrizia Livreri\*\*\*\***

\*Responsabile Tecnico, Master II livello "Nanotecnologie e Nanomateriali per i Beni Culturali", Università degli Studi di Palermo, Viale delle Scienze 90128, Palermo, +393473880702, fernandez.arch@gmail.com

\*\*Ricercatore Esperto in Nanotecnologie e Nanomateriali per i Beni Culturali, Master II livello, Università degli Studi di Palermo, +393292748807, carlaterrana84@gmail.com

\*\*\*Borsista di Ricerca, PhD, DARCH, Università degli Studi di Palermo, Viale delle Scienze 90128, Palermo, +3909123896151, daniele.enea@unipa.it

\*\*\*\*Coordinatore, Master II livello "Nanotecnologie e Nanomateriali per i Beni Culturali", Università degli Studi di Palermo, Viale delle Scienze 90128, Palermo, +393204376503, patrizia.livreri@unipa.it

**Key words:** Innovative mortars, archaeological sites, preservation.

### Abstract

The aim of this study is the formulation of a special mortar with improved adhesion, elasticity, workability and water resistance compared to traditional mortars.

This has been achieved thanks to the addition of nanostructured products able to influence the reaction of the water with the hydraulic binder, in order to reduce the drying shrinkage and the subsequent micro-cracks, increasing the elasticity of the material and favoring the anchoring to the surface of application.

The study focused on laboratory testing of innovative mortars, based on a mixture of hydraulic lime, pozzolana and a nanostructured additive based on silica nanoparticles in aqueous solution.

The physical and mechanical characteristics of the new mortars were evaluated carrying out several diagnostic tests. Moreover, through the aging of the specimens in a climatic chamber, it was possible to verify their behavior with regard to the aggression of atmospheric agents, assessing the performance and reliability over time of the new mortars. At the end of the testing, some comparative considerations were deduced, needed to evaluate the actual performance improvement of the mortars caused by the nanostructured additive.

### Introduction

Nell'ambito del recupero e restauro di manufatti antichi, l'impiego di leganti non compatibili con i materiali preesistenti rappresenta uno dei più importanti fattori di rischio per la salvaguardia del nostro patrimonio storico-architettonico. L'uso indiscriminato di leganti impropri, in particolare di tipo cementizio, per la formulazione di malte di allettamento, stuccatura e intonaco, a causa dell'incompatibilità chimico-fisica con i substrati tradizionali, rappresenta, a tutt'oggi, uno dei problemi principali da affrontare nel restauro di un manufatto antico.

A tal proposito, nel tempo, si è affrontata tale problematica, ottenendo risultati che in alcuni casi hanno purtroppo accelerato il degrado della muratura, come nel caso delle integrazioni con malta cementizia. Il presente lavoro propone la **sperimentazione in laboratorio di malte** innovative, con prestazioni avanzate, a base di calce idraulica, pozzolana e un additivo nanostrutturato che conferisce alla malta migliore adesione, elasticità, lavorabilità e resistenza all'acqua rispetto alle malte tradizionali.

### Materiali, metodo e fasi

Il prodotto che si è scelto di testare è un additivo, il cui nome commerciale è SurfaMix<sup>®</sup> C, prodotto da NanoPhos, a base di nanoparticelle di silice in soluzione acquosa, senza presenza di lattice. L'aggiunta del prodotto alla miscela consente di aumentare l'adesione e l'ancoraggio delle malte sulle superfici, aumentando l'elasticità e riducendo la formazione di fessurazioni, il restringimento e la formazione di capillari che assorbono acqua. Il prodotto, inoltre, prolunga la lavorabilità della miscela.

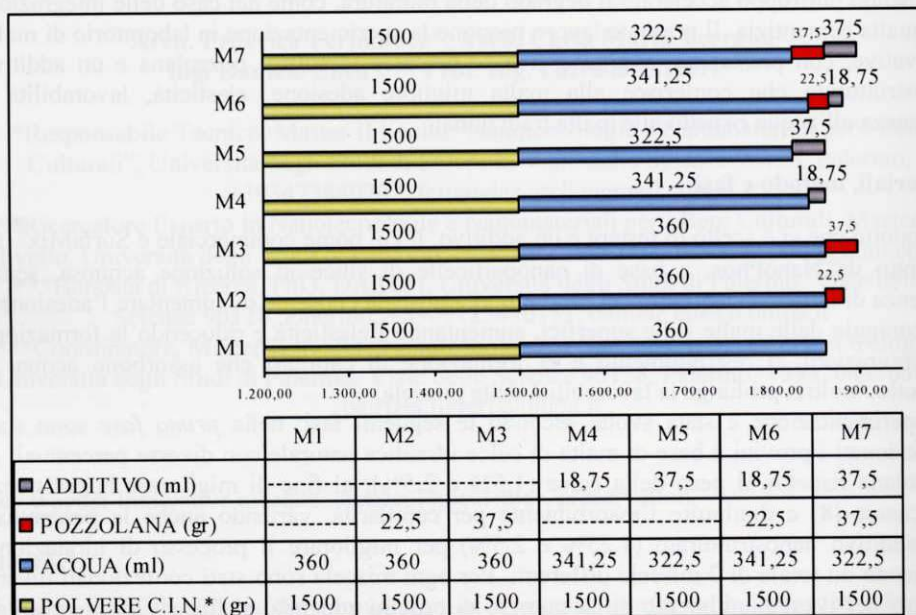
La sperimentazione è stata svolta secondo le seguenti fasi: nella *prima fase* sono stati confezionati i provini a base di malta di calce idraulica naturale con diverse percentuali di pozzolana rispetto al peso della calce (1,5% e 2,5%), al fine di migliorare la resistenza meccanica [8] e diminuire l'assorbimento per capillarità, variando anche le percentuali dell'**additivo nanostrutturato (1,25% e 2,5%)** per migliorare il processo di idratazione, ottenendo un totale di 7 miscele differenti. Per ogni miscela sono stati confezionati diversi impasti per il raggiungimento di un numero di provini adeguato al fine di fornire risultati statisticamente attendibili (Fig. 1). In tabella 1 viene riportato il prospetto dei materiali per il confezionamento dei provini prismatici di malta, tre per ciascuna formulazione. Le dimensioni dei provini sono pari a 40 mm x 40 mm x 160 mm e sono le misure standardizzate per l'effettuazione delle prove meccaniche previste dalla fase sperimentale, secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 1015-11 [8].



Fig. 1 - A partire da sinistra, la prima immagine è l'inizio della miscelazione dei componenti della malta, la seconda e la terza sono le fasi di confezionamento dei provini, e la quarta immagine i provini a stagionatura ultimata.



**Tabella 1** - Prospetto dei materiali usati per la preparazione dei provini.



\*Calce idraulica naturale

Nella *seconda fase*, dopo la necessaria stagionatura dei provini, pari a 28 giorni, sono stati effettuati i test per la determinazione delle caratteristiche fisico-meccaniche delle malte confezionate per verificarne i requisiti nella prospettiva di un utilizzo per la copertura di creste murarie. In particolare, sono state valutate la *resistenza a flessione* e a *compressione* della malta indurita [8], l'*aderenza al supporto* [9], il *coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità* [10]. Una parte dei provini è stata sottoposta ad *invecchiamento accelerato* mediante nebbia salina [11-13], per una valutazione degli effetti che un ambiente aggressivo, che simula l'aerosol marino, potesse indurre sulle prestazioni meccaniche delle malte, in particolare la resistenza meccanica a compressione [8].

La *resistenza a flessione* della malta è stata determinata sollecitando su tre punti fino alla rottura i campioni prismatici di malta indurita, i quali sono stati collocati nella macchina di prova con un faccia laterale sui rulli di supporto e con l'asse longitudinale normale rispetto ai supporti (Fig. 2). Si è applicato verticalmente il carico per mezzo del rullo di carico sulla faccia laterale opposta del prisma, aumentandolo in modo uniforme a una velocità di  $50 \pm 10 \text{ N s}^{-1}$  fino a rottura (Fig. 2), secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 1015-11.

La *resistenza a compressione* della malta è stata determinata sulle due parti ottenute dalla prova di resistenza alla flessione. La prova è consistita nel posizionare sui piatti della macchina i provini e, dopo aver inserito i dati nel software ed aver accertato che la velocità di prova era pari a 2400 N/s, si è proceduto ad aumentare uniformemente il carico per tutta la durata della prova fino alla rottura (Fig. 2), secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 1015-11.



Fig. 2 - A partire da sinistra, il provino collocato sulla macchina per la prova a flessione, al centro il provino già lesionato e ultima immagine è durante la prova di compressione.

L'aderenza tra la malta e un supporto è stata ottenuta calcolando lo sforzo massimo di trazione, mediante carico diretto perpendicolare alla superficie della malta applicata su un supporto, secondo quanto previsto dalla norma UNI EN 1015-12.

I provini sono stati confezionati stendendo uno strato di malta di 10\11 mm all'interno di uno stampo su un supporto in calcestruzzo.

Dopo la stagionatura della malta, i provini sono stati ritagliati utilizzando una carotatrice fino ad una profondità di circa 2 mm entro il supporto, inseriti in un involucro costituito da un foglio in polietilene a tenuta e mantenuti per 7 giorni a temperatura di  $20\pm 2^{\circ}\text{C}$  circa e per i restanti 21 giorni mantenuti fuori dall'involucro, alla stessa temperatura (Fig. 3).

A stagionatura ultimata, è stato condotto il test di misura dell'aderenza. La macchina ha applicato una forza perpendicolare all'area di prova, in modo graduale e senza strappi con un incremento di carico pari a  $0,002 \text{ Nmm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , secondo la forza di adesione attesa [12] e in modo che il distacco potesse avvenire in un tempo compreso tra 20 e 60 secondi.

La forza di trazione è stata applicata tramite una piastrina incollata sulla superficie di prova della malta (Fig. 4), determinando tre possibili modi di frattura, come da Schema 1.



Fig. 3 - Da sinistra, fase di stesura della malta sul supporto, al centro la preparazione degli altri provini e per ultimo imballaggio degli ultimi.



Fig. 4 - Da sinistra, incollaggio delle piastrelle ai provini, e la successiva immagine è la prova di strappo.



**Schema 1 - Le tre possibili modalità di lesione malta-piastra.**

		
<b>Frattura di Adesione</b>	<b>Frattura di Coesione</b>	<b>Frattura di Coesione</b>
Frattura all'interfaccia tra la malta ed il supporto. Il valore di prova è uguale alla forza di adesione	Frattura all'interno della malta stessa. La forza di adesione è maggiore del valore di prova	Frattura del supporto. La forza di adesione è maggiore del valore di prova

Con la prova di *assorbimento per capillarità* è stato determinato il coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità delle malte indurite, contenenti leganti minerali e aggregati normali o leggeri, secondo la norma UNI EN 1015-18. Prima di iniziare la prova, i provini, già stagionati, sono stati sigillati lungo le quattro facce longitudinali, utilizzando una malta idrofoba con spessore millimetrico. Si è proceduto quindi alla rottura e alla pesatura collocando i campioni in un contenitore, con le facce spezzate dei prismi rivolte verso il basso immersi in acqua per un'altezza di 5-10 mm per tutta la durata della prova, avendo la cura di tenere le superfici dei campioni a distanza dalla base del vassoio tramite idonei supporti. Dopo 10 minuti dall'immersione, i campioni sono stati rimossi, asciugati e pesati. Lo stesso procedimento è stato ripetuto dopo 90 minuti e dopo 24 ore (Fig. 5).



**Fig. 5 -** Il primo da sinistra, fase di sigillatura dei provini, il secondo la rottura dei provini per la prova, la terza i provini immersi in acqua durante la prova e per ultima immagine i provini spaccati dopo essere stati pesati.

La *prova di invecchiamento* in camera a nebbie saline è stata effettuato con l'utilizzo della macchina DCTC 600<sup>®</sup> della ditta Angelantoni, in grado di riprodurre le condizioni di un ambiente aggressivo per la presenza di atmosfera salina [13]. La soluzione utilizzata è stata preparata miscelando 10 parti in massa di cloruro di sodio, aggiunto gradualmente, con 90 parti di acqua distillata, affinché il sale si sciogliesse completamente senza depositarsi sul fondo del contenitore utilizzato, ottenendo così una concentrazione di  $100 \pm 10 \text{ g l}^{-1}$ . Per l'invecchiamento accelerato dei provini si è previsto la ripetizione n-volte di un ciclo base composto da due segmenti distinti, riassunti in Tabella 2.

**Tabella 2** - Cicli di invecchiamento in camera salina.

Ciclo base	Temperatura (°C)	Durata (min)
Segmento bagnato con nebbia salina	55	60
Segmento asciutto senza nebbia salina	55	20
<b>Totale</b>	-	<b>80</b>

I campioni sono stati sottoposti a 3 ripetizioni giornaliere del ciclo base, per una durata complessiva di 240 minuti, alternate a 1200 minuti di sospensione del trattamento, pertanto in condizioni ambientali ( $T=20^{\circ}\text{C}$ ), per complessivi 5 giorni, a completare uno step di invecchiamento accelerato.

Pertanto, ciascuno step consiste di n. 15 ripetizioni del ciclo base, per una durata complessiva dell'invecchiamento in camera salina di 1200 minuti, distribuiti in un arco temporale di 5 giorni.

Dopo due cicli di invecchiamento in camera salina i campioni sono stati sottoposti alle prove di compressione e flessione, per valutare se tale prova aveva modificato le prestazioni delle malte.

#### Risultati ottenuti

Nella *terza fase* dell'attività di ricerca svolta, si è proceduto all'elaborazione dei risultati ed alla verifica delle prestazioni ottenute dai provini addizionati con l'additivo aggrappante, rispetto quelli privi dello stesso additivo.

Dai dati ottenuti dalla prova di *resistenza di compressione* si evince che tutte la malte confezionate in laboratorio rientrano nei limiti dettati dalla normativa UNI EN 998-1 per la classificazione di una malta di tipo R.

**Tabella 3** - Classificazione delle proprietà delle malte indurite.

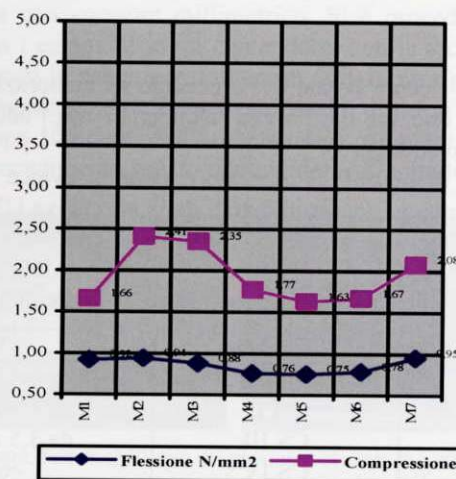
Proprietà	categorie	Valori
Intervallo di resistenza a compressione a 28 giorni	CS I	da 0,4 a 2,5 $\text{N/mm}^2$
	CS II	da 1,5 a 5,0 $\text{N/mm}^2$
	CS III	da 3,5 a 7,5 $\text{N/mm}^2$
	CS IV	$\geq 6 \text{ N/mm}^2$
Assorbimento d'acqua per capillarità	W 0	Non specificato
	W 1	$c \leq 0,40 \text{ kg/m}^2 - \text{min}^{0,5}$
	W 2	$c \leq 0,20 \text{ kg/m}^2 - \text{min}^{0,5}$
Conducibilità termica	T 1	$\leq 0,1 \text{ W/m} - \text{K}$
	T 1	$\leq 0,2 \text{ W/m} - \text{K}$

**Tabella 4** - Requisiti per le malte indurite.

N.	Parametro di prova	Metodo di prova	R
L2	Resistenza a compressione (categorie)	EN 1015-11	CS II
L3	Adesione [N/mm <sup>2</sup> ] e modo di rottura	EN 1015-12	≥ Valore dichiarato e modo di rottura
L5	Assorbimento d'acqua per capillarità	EN 1015-18	≥ 0,3 kg/m <sup>2</sup> dopo 24 h
L6	Penetrazione d'acqua dopo la prova di assorbimento d'acqua per capillarità (in millimetri)	EN 1015-18	≤5mm

Da studi precedenti già si poteva evincere che l'aggiunta della pozzolana avrebbe migliorato le prestazioni di resistenza della malta [8] e ciò è stato confermato dalle prove svolte, tabella 3, ottenendo i risultati migliori dai provini confezionati con la miscela M6 addizionata con pozzolana e 1,5 % di SurfaMix C.






















**Tabella 5** – Risultati della prova a flessione e compressione.



Dall'analisi dei dati si evince anche che la sola aggiunta del SurfaMix C, non presenta fenomeni di fessurazione da ritiro e migliora notevolmente l'aderenza al supporto, anche se tale risultato positivo non è accompagnato da dati rilevanti per quanto riguarda la modalità di rottura, in quanto in un paio di casi si è avuta una frattura di coesione interna della malta stessa.



**Tabella 6 - Risultati delle prova di aderenza al supporto.**

Tipo	Miscela	Aderenza $f_u = F_u/A$ N/mm <sup>2</sup>	Modalità di frattura			UNI EN 1015- 12
			1°	2°	3°	
M1	Malta C.I.N.	0,07 N/mm <sup>2</sup>				Modo di rottura
M2	Malta C.I.N + 1,5 % Pozzolana	0,05 N/mm <sup>2</sup>				
M3	Malta C.I.N + 2,5 % Pozzolana	0,08 N/mm <sup>2</sup>				
M4	Malta C.I.N + 1,25 % SurfaMix C	0,24 N/mm <sup>2</sup>				
M5	Malta C.I.N + 2,5 % SurfaMix C	0,10 N/mm <sup>2</sup>				
M6	Malta C.I.N + 1,5 % Pozzolana + 1,5 % SurfaMix C	0,08 N/mm <sup>2</sup>				
M7	Malta C.I.N + 2,5 % Pozzolana + 2,5 % SurfaMix C	0,07 N/mm <sup>2</sup>				

Per quanto riguarda la *penetrazione d'acqua*, la stessa non è stata inferiore ai 5 mm, così come espressamente richiesto dalla normativa per classificare una malta di tipo R. I dati ottenuti dalla prova della determinazione del *coefficiente di assorbimento* d'acqua per capillarità, rientrano pertanto parzialmente in quanto previsto dalla normativa UNI EN 1015-18, e alcuni dei provini si sono imbibiti interamente d'acqua durante la prova. Si è comunque rilevato un diverso comportamento di assorbimento tra le varie tipologie dei provini, in quanto quelli confezionati con l'aggiunta del SurfaMix C hanno raggiunto la

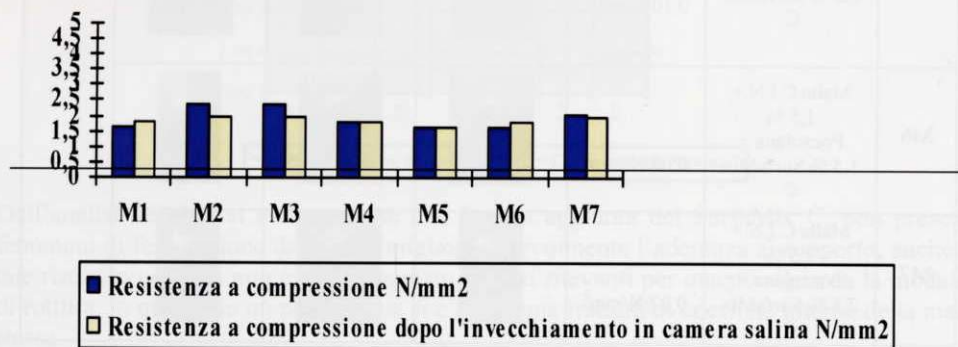
saturazione d'acqua molto più lentamente degli altri, dimostrando una certa incidenza dell'additivo nella capacità di assorbimento d'acqua delle malte.

**Tabella 7** - Risultati della prova di penetrazione d'acqua.

Tipo	Coefficiente assorbimento per malte R $C = 0,625 (M_3 - M_0) \text{ kg/m}^2$	UNI EN 1015-18
M1	22,7 kg/m <sup>2</sup>	C ≥ 0,3 kg/m <sup>2</sup> dopo 24 h Penetrazione d'acqua ≤ 5mm
M2	22,3 kg/m <sup>2</sup>	
M3	21,2 kg/m <sup>2</sup>	
M4	22,0 kg/m <sup>2</sup>	
M5	23,0 kg/m <sup>2</sup>	
M6	28,3 kg/m <sup>2</sup>	
M7	24,5 kg/m <sup>2</sup>	

Dopo aver sottoposto i provini ad invecchiamento in camera salina [13], gli stessi sono stati sottoposti alla prova di resistenza meccanica.

**Tabella 8** – Risultati della prova di resistenza a compressione dopo l'invecchiamento in camera salina.



I valori ottenuti, messi a confronto con i valori ottenuti precedentemente con provini non invecchiati, non evidenziano importanti variazioni nella resistenza meccanica, rientrando nei limiti dettati dalla normativa UNI EN 998-1 per la classificazione di una malta di tipo R. Tale test fornisce importanti dati sulla durabilità, dimostrando che le malte confezionate hanno resistito bene all'azione aggressiva dei sali della camera climatica.

## Conclusioni

In fase conclusiva, tra le varie malte confezionate sono state dedotte alcune considerazioni comparative che aprono varie possibilità per l'adozione di malte con additivi nanostrutturati anche nell'ambito della conservazione di manufatti di elevato valore storico/artistico quali i beni archeologici.

Ai fini dell'utilizzo della malta per la copertura delle creste murarie in ambito archeologico, l'obiettivo prefisso dalla ricerca era quello di ottenere un prodotto con buone caratteristiche di resistenza meccanica ed aderenza al supporto, che presentasse una discreta opposizione alla penetrazione dell'acqua e che mantenesse tali caratteristiche nel tempo.

Dalle prove effettuate sono stati ricavati buoni risultati sulla lavorabilità, l'aderenza al supporto e sulla resistenza meccanica delle malte additivate, e i dati raccolti sono rimasti pressoché invariati anche dopo i due cicli di invecchiamento in camera salina. Si può pertanto dedurre che il prodotto aggiunto alla miscela di calce idraulica e pozzolana ne migliora le prestazioni; in particolare i risultati migliori sono stati ottenuti dai provini confezionati con la miscela M6.

Dalle risultanze ottenute e, in particolare, avendo resistito bene all'azione aggressiva dei sali della camera climatica, le malte additivate potrebbero essere utilizzate utilmente in ambienti esposti ad aerosol marino, quali i siti archeologici in prossimità del mare. A tal fine, un'altra indagine da effettuare per convalidare l'applicabilità di tali malte per le creste murarie è la *permeabilità a vapore*, poiché la malta dovrebbe anche lasciare traspirare la muratura sottostante. La ricerca, pertanto, potrà proseguire con ulteriori sperimentazioni per ottimizzare le prestazioni della malta anche attraverso la realizzazione di test in campo delle malte che hanno dimostrato risultati migliori nella sperimentazione in laboratorio.

Si rileva, invero, che i dati ottenuti sono ancora non sufficienti per rispondere ai requisiti prestazionali previsti dalla norma relativamente agli aspetti legati all'assorbimento d'acqua. Pertanto sarebbe opportuno procedere con ulteriori sperimentazioni, variando alcuni parametri nella miscela o pensando all'aggiunta di altri additivi che possono influire sulle prestazioni finali.

## Note

[1] Fonte: Graciela Giaccio (CIC) e Raúl Zerbino (CONICET) *Calcestruzzo con pozzolane naturali: l'Esperienza Argentina*, Università Nazionale de La Plata, Argentina.

[2] Metodo specificato dalla norma UNI EN 1015-11 *Metodi di prova per malte per opere murarie - Determinazione della resistenza a flessione e a compressione della malta indurita*.

[3] Prova di aderenza al supporto secondo UNI EN 1015-12, *Metodi di prova per malte per opere murarie - Determinazione dell'aderenza al supporto di malte da intonaco esterno ed interno*, determina l'aderenza tra la malta e un supporto.

[4] Determinazione del coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità delle malte indurite, specificata dall'UNI EN 1015-18, *Metodi di prova per malte per opere murarie - Determinazione del coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità della malta indurita*.

[5] La macchina impiegata, la DCTC 600 della ditta Angelantoni®, ha riprodotto le condizioni di un ambiente aggressivo per la presenza di atmosfera salina, secondo la norma UNI EN 14147:2005 "*Determinazione della resistenza all'invecchiamento mediante nebbia salina*".



### Bibliografia

1. Arandigoyen M., Alvarez J.I., *Pore structure and mechanical properties of cement-lime mortars*. Cement Concrete Res., 37, 767-775 (2007).
2. Elsen J., *Microscopy of historic mortars - a review*. Cem. Concr. Res., 36, 1416-1424 (2006).
3. Fernandez F. *Le murature archeologiche conoscenza storica, tecnologica e materica*, II Prato, Padova 2006
4. Gleize P.J.P., Muller A., Roman H.R., *Microstructural investigation of silica fume-cement-lime mortars*. Cement Concrete Composites, 25, 171-175 (2003).
5. Karatasios I., Kilikoglou V., Colston B., Theoulakis P., Watt D., *Setting process of lime-based conservation mortars with barium hydroxide*. Cement Concrete Res., 37, 886-893 (2007).
6. Lanas J., Alvarez J.I., *Masonry repair lime-based mortars: Factors affecting the mechanical behaviour*. Cement Concrete Res., 33, 1867-1876 (2003).
7. Lanas J., Pérez Bernal J.L., Bello M.A., Alvarez Galindo J.I., *Mechaical properties of natural hydraulic limebased mortars*. Cement Concrete Res., 34, 2191-2201 (2004).
8. Stefanidou M., *Nano-modified lime-pozzolana pastes*, in: 8th International Conference on Nanosciences & Nanotechnologies, 2009, Thessaloniki 14-15.

**SESSIONE INTRODUTTIVA**

---

**Materiali e metodi innovativi per il restauro sostenibile.**

Luigi Campanella, Ruggiero Caminiti, Stella Nunziante Cesaro,  
Susanne Heidi Plattner, Eleonora Scarpellini

pag. 1

**Integrated survey for the diagnosis of architectural heritage.**

**The ancient Church of St. Francis of Paola (Paola, CS).**

Giuseppe Fortunato, Valentina Spataro

pag. 11

**The Arena Flegrea in the Mostra d'Oltremare in Naples,  
build, demolished ad re-build, a fascinating and unique  
architectural case-study in contemporary architecture.**

Barbara Bertoli

pag. 23

**Science and knowledge, an essential synergy to protect and enhance Cultural  
Heritage.**

Caterina Gattuso

pag. 33

**The Pinacoteca di Brera:**

**modernity in the historical museum, a heritage to know and preserve.**

Giuseppina Di Gangi

pag. 39

**Advanced diagnosis of the degradation of a parchment of historical concer.**

Claudia Florio, Biagio Naviglio, Gianluigi Calvanese,  
Paola Nicoletta, Ciro Piccioli

pag. 47

**The interdisciplinary knowledge for the  
development of the Church of SS. Annunziata in San Fili (CS).**

Caterina Gattuso, Philomène Gattuso, Ida De Rose

pag. 59

**SESSIONE CREATIVITÀ DIAGNOSI**

---

**Tell me a story. New emotional and cognitive strategies to  
communicate and valorise the Cultural Heritage.**

Alessandra Cirafici, Valeria Di Fratta, Valeria Amoretti,  
Daniela Lallone, Iolanda Di Natale, Ludovico Mascia

pag. 67

**Development of methodologies for the  
analysis of multidisciplinary Castle Papasidero (CS).**

Caterina Gattuso, Philomène Gattuso, Emanuela Palermo

pag. 78

**Diagnosis plan: Mezzatesta Palace in Seminara (RC).**

Caterina Gattuso, Philomène Gattuso, Valentina Caramazza, Giada Albanese

pag. 88

- The plan for the diagnostic analysis of the Fountain Bonsignuri in Serra San Bruno (CZ).**  
Caterina Gattuso, Philomène Gattuso, Felicia Pisani, Anna Maria Palermo pag. 99
- Proposal of a diagnostic plan for the site of the theater in Terranova da Sibari (CS).**  
Caterina Gattuso, Philomène Gattuso, Mariaserena Baffa, Luana Baffa pag. 109
- La fontana del Principe a Cirò Marina: la conoscenza come base per la valorizzazione.**  
Caterina Gattuso, Philomène Gattuso, Jessica Adamo pag. 118
- Modellistica del trattamento a microonde di opere d'arte.**  
Marina Paolanti pag. 127
- Microwave treatment of mold on travertine. Study of efficacy of the process.**  
Tesfaye Bedane, Francesco Marra, Bruno Bisceglia pag. 129
- SESSIONE DIAGNOSTICA**
- Le fontane dell'architetto Pietro Lombardi a Roma.**  
Philomène Gattuso, Ilaria Serranò pag. 137
- La street art nella Metropolitana di Roma.**  
Philomène Gattuso, Ilaria Serranò pag. 146
- In situ analysis of modern graffiti with portable raman spectroscopy: a powerful tool to protect surfaces of historical and artistic interest.**  
Cecilia Massenzi, Stefano Ridolfi pag. 159
- Un metodo per l'identificazione della provenienza: il Tempio di Athena a Kamarina.**  
Caterina Gattuso, Monica Livadiotti, Philomène Gattuso, Lucia Pirri pag. 169
- Analysis of a constructive system using hollow clay elements (Caruselli) in Calabria.**  
Renato Olivito Caterina Gattuso Rosamaria Codispoli Carmelo Scuro pag. 182
- The complex of S. Bernardino in Amantea: study of structural damage and degradation of materials.**  
Renato Olivito Caterina Gattuso Alessandro Tedesco pag. 193
- The valorisation of Campania's cultural heritage through thematic itineraries.**  
Nadia Murolo Valeria Di Fratta pag. 206



**Energy design for Cultural Heritage "Growth".**

Giuseppe Vaccaro pag. 218

**Villa d'Elboeuf la conoscenza per la valorizzazione.**

Caterina Gattuso, Ciro Piccioli, Philomène Gattuso pag. 226

**Minor historical centers and historic village between identity and innovation: the model of the Albergo Diffuso.**

Francesca Molezzi pag. 239

**La chimica in versi e musica.**

Iole Cerminara, Luciano D'Alessio, Maria Funicello, Francesco Scorza pag. 247

**Visioni della complessità.**

Luciano D'Alessio Maria Di Biase pag. 255

---

**SESSIONE INNOVAZIONE E METODOLOGIA**

---

**Cultural Heritage and fundraising: is it also possible in Italy?**

Valeria Romanelli pag. 263

**Nano-modified mortars for the preservation of Cultural Heritage.**

Carla Maria Terrana, Federica Fernandez, Daniele Enea, Patrizia Livreri pag. 266

**The deterioration of Campanian gray tuff: case studies.**

Francesco Miraglia pag. 277

**The historic centre of Marignane (France). surveys and preliminary analyses.**

Bruno Billeci, Maria Rosaria Vitale, Maria Dessì, Laura Callea, Muriel Vecchione pag. 287

**Le indagini preliminari al progetto di restauro.**

Caterina Gattuso, Elena Bencardino, Cristofaro Vincenzo pag. 298

**The structural consolidation in the churches in Sardinia, from 1950 to the present. a buildings typological reading for a viable conservation strategy.**

Maria Dessì, Bruno Billeci pag. 311

**Recovery and renovation of the Cultural Heritage, the case study of the architectural complex of SS. Mauro and Augustine, Comacchio.**

Valeria Farinelli pag. 322

**The Norman palace in the Castle in Acerra (Naples).**

Antonietta Manco pag. 331

**Typological aspects, construction phases and structural behavior of edge vaults.**

Fabrizio Leccisi, Paola Francesca Nisticò, Giuseppe Brandonisio pag. 341

**The Church of "Santa Maria della Stella" in Saluzzo (Cuneo Province, northern Italy): investigations on deterioration causes.**  
Moschella Maria Elena, Aquilano Dino,  
Giustetto Roberto, Cristellotti Mariano, Costa Emanuele **pag. 353**

**Aerobiological investigations for protection and preventive conservation of Cultural Heritage in indoor environments.**  
Luigia Ruga, Maria Lacanna, Fabio Orlandi e Marco Fornaciari da Passano **pag. 364**

---

#### SESSIONE POMERIDIANA CASI DI STUDIO

---

**Conservation of ancient monuments in Sicily. Sustainability of a new procedure for the anastylosis of the so-called Archaic Fountain of Agrigento.**  
Valentina Santoro **pag. 374**

**From knowledge to development for the production of oil Hypogean mills in the land of Otranto (Puglia). Diagnosis and restoration of a peculiar industrial heritage: the hypogean mill of Maglie (LE).**  
Antonio Monte, Lara De Giorgi, Giovanni Leucci, Giovanni Puce **pag. 388**

**Inclusive design for the valorization of the Cultural Heritage.**  
Sonia Capece **pag. 399**

**The adaptive reuse of the monumental buildings. Experiences in Sardinia (Italy).**  
Gianluca Zini **pag. 409**

**La memoria dell'acqua: il processo di conoscenza delle fontane pubbliche.**  
Francesca Bilotta, Federica Castiglione **pag. 420**

**Valorization strategies for the archaeological areas in the Marche Region.**  
Enrica Petrucci **pag. 429**

---

#### POSTER

---

**On Cesare Da Sesto's painting Madonna with Child.**  
Nicola Barbatelli Andrea Rossi **pag. 439**

**The ancient limekiln in the Sanctuary of St. Francis of Paola (Paola, CS) strategies for analysis and representation.**  
Antonio Agostino Zappani , Giuseppe Fortunato **pag. 446**

- The Sanctuary of St. Francis of Paola. Methods, tools and procedures for interpretation, analysis and representation of the atrium and façade.**  
Giuseppe Fortunato, Luca Vitaliano Rotundo pag. 456
- Question concerning the presence of proteins as binder components in native Pompeian wall painting.**  
Monica Gelzo, Rita Pecce, Alessandro Vergara, Valeria Severino, Angela Chambery, Ciro Piccioli, Gaetano Corso, Paolo Arcari pag. 469
- La fornitura dei materiali lapidei del Barocco Napoletano.**  
Roberto Bugini, Laura Cinquegrana pag. 476
- A proposito della Pigna, dell'omonimo quartiere di Roma.**  
Stefano Esposito pag. 486
- Organizzazione del 1° Salone della Valorizzazione del Patrimonio Culturale Mostra d'Oltremare di Napoli.**  
Ciro Piccioli, Luca Pelella pag. 495
- Innovative mortars for the conservation of mosaics in archaeological contexts: the case of the Roman Villa of Realmonte (AG).**  
Federica Fernandez, Giuseppe Milazzo, Nicola Miceli, Patrizia Livreri pag. 503
- L'arte celebrativa a Napoli, un patrimonio trascurato: il caso del Monumento ai Marinai Caduti in Battaglia sul Lungomare Caracciolo.**  
Antonio Scognamiglio, Piero Scognamiglio pag. 513
- Il riuso del marmo.**  
Giuseppe Moschella pag. 519
- Imago Urbis Neapolis: il caso studio del Centro Antico di Napoli.**  
Clelia Cirillo, Luigi Scarpa, Giovanna Acampora, Barbara Bertoli, Marina Russo, Raffaella Esposito pag. 528
- Analisi valoriale della Mostra d'Oltremare di Napoli.**  
Ciro Piccioli, Maria Antonietta De Paola, Luigi Campanella pag. 539
- Modellistica del trattamento a microonde di opere d'arte.**  
Marina Paolanti pag. 549

Finito di stampare nel mese di gennaio del 2015  
dalla «Ermes. Servizi Editoriali Integrati S.r.l.»  
00040 Ariccia (RM) – via Quarto Negroni, 15  
per conto della «Aracne editrice int.le S.r.l.» di Ariccia (RM)



ELEMENTAL  
CHLORINE  
FREE  
GUARANTEED





Questa iniziativa è contro il "sistema" della camorra.

## Diagnosis for the Conservation and Valorization of Cultural Heritage

### *Contributi di*

GIOVANNA ACAMPORA, JESSICA ADAMO, GIADA ALBANESE, ILARIA ALFIERI, DINO AQUILANO, PAOLO ARCARI, LUANA BAFFA, MARIASERENA BAFFA, NICOLA BARBATELLI, TESFAYE BEDANE, ELENA BENCARDINO, LAURA BERGAMONTI, BARBARA BERTOLI, BRUNO BILLECI, BRUNO BISCEGLIA, GIUSEPPE BRANDONISIO, ROBERTO BUGINI, MARIO BUONO, LAURA CALLEA, GIANLUIGI CALVANESE, RUGGERO CAMINITI, LUIGI CAMPANELLA, SONIA CAPECE, VALENTINA CARAMAZZA, IOLE CERMINARA, STELLA NUNZIANTE CESARO, ANGELA CHAMBERY, LAURA CINQUEGRANA, CLELIA CIRILLO, ROSAMARIA CODISPOTI, GAETANO CORSO, EMANUELE COSTA, MARIANO CRISTELLOTTI, VINCENZO CRISTOFARO, LUCIANO D'ALESSIO, LARA DE GIORGI, MARIA ANTONIETTA DE PAOLA, IDA DE ROSE, MARIA DESSI, MARIA DIBIASE, GIUSEPPINA DI GANGI, RAFFAELA ESPOSITO, STEFANO ESPOSITO, VALERIA FARINELLI, CLAUDIA FLORIO, MARCO FORNACIARI DA PASSANO, GIUSEPPE FORTUNATO, MARIA FUNICELLO, CATERINA GATTUSO, PHILOMÈNE GATTUSO, MONICA GELZO, ROBERTO GIUSTETTO, ROSA MARIA GIUSTO, MARIA LACANNA, FABRIZIO LECCISI, GIOVANNI LEUCCI, MONICA LIVADIOTTI, ANDREA LORENZI, PIER PAOLO LOTTICI, ANTONIETTA MANCO, FRANCESCO MARRA, CECILIA MASSENI, ANTONELLA MIRABELLI, FRANCESCO MIRAGLIA, FRANCESCA MOLEZZI, ANTONIO MONTE, ANGELO MONTENERO, MARIA ELENA MOSCHELLA, BIAGIO NAVIGLIO, PAOLA NICOLELLA, PAOLA FRANCESCA NISTICÒ, RENATO SANTE OLIVITO, FABIO ORLANDI, ANNA MARIA PALERMO, EMANUELA PALERMO, MARINA PAOLANTI, RITA PECCE, LUCA PELELLA, SUSANNE HEIDI PLATTNER, CIRO PICCIOLI, LUCIA PIRRI, FELICIA PISANI, GIOVANNI PREDIERI, GIOVANNI PUCE, STEFANO RIDOLFI, FRANCESCA RIZZO, VALERIA ROMANELLI, ANDREA ROSSI, LUCA VITALIANO ROTUNDO, LUIGIA RUGA, MARINA RUSSO, VALENTINA SANTORO, LUIGI SCARPA, ELEONORA SCARPELLINI, ANTONIO SCOGNAMIGLIO, PIERO SCOGNAMIGLIO, FRANCESCO SCORZA, CARMELO SCURO, ILARIA SERRANÒ, VALERIA SEVERINO, VALENTINA SPATARO, ALESSANDRO TEDESCO, MURIEL VECCHIONE, ALESSANDRO VERGARA, MARIA ROSARIA VITALE, ANTONIO AGOSTINO ZAPPANI, GIANLUCA ZINI



<http://www.diagnosiculturalheritage.com/>

euro 47,00

ISBN 97888-548-7855-6



9 788854 878556