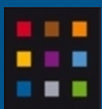




UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

Diagnostics for Cultural Heritage:

ANALYTICAL APPROACH FOR AN EFFECTIVE CONSERVATION



UniNetLab



DiFC



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

VOLUME DEGLI ATTI DEL WORKSHOP

**“DIAGNOSTICS FOR CULTURAL HERITAGE: ANALYTICAL
APPROACH FOR AN EFFECTIVE CONSERVATION”**

Palermo – 10 Giugno 2013

S. Antonio Abate – Complesso dello Steri

Piazza Marina 61, Palermo

A cura di:
Maria Brai, Luigi Tranchina, Maria Alberghina,
Dorotea Fontana, Federica Fernandez



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

DIAGNOSTICS FOR CULTURAL HERITAGE: ANALYTICAL APPROACH FOR AN EFFECTIVE CONSERVATION

Presentazione della giornata e apertura lavori

Prof. Roberto Lagalla, Magnifico Rettore dell'Università degli Studi di Palermo

Prof. Maurizio Leone, Direttore del Dipartimento di Fisica e Chimica UNIPA

Moderatori

Prof. Maria Brai, DiFC, UNIPA, Responsabile Scientifico del Laboratorio di Fisica e Tecnologie Relative - UniNetLab

Prof. Patrizia Livreri, DEIM, UNIPA, Coordinatore del Master Universitario di II livello in "Ricercatore esperto di nanotecnologie e nanomateriali per i beni culturali"

Prof. Sebastiano Olindo Troja, DFA, UNICT & INFN Sezione di Catania, Responsabile Scientifico del Laboratorio PH3DRA (PHysics for Dating Diagnostic Dosimetry Research and Applications)

Comitato Scientifico

Prof. Giuseppe Alaimo, Laboratorio di Edilizia - UniNetLab e DARCH, UNIPA

Prof. Maria Brai, Laboratorio di Fisica e Tecnologie Relative - UniNetLab e DiFC, UNIPA

Prof. Eugenio Caponetti, Centro Grandi Apparecchiature - UniNetLab e Dipartimento STeBiCeF, UNIPA

Prof. Leopoldo Ceraulo, Direttore del Sistema di Laboratori di Ateneo - UniNetLab e Dipartimento STeBiCeF, UNIPA

Prof. Giuseppe Rodonò, Laboratorio di Acustica - UniNetLab e DEIM, UNIPA

Prof. Francesco Tomaselli, Laboratorio di Indagini e Restauro dei Beni Architettonici - UniNetLab e DARCH, UNIPA

Prof. Benedetto Villa, Laboratorio di Rappresentazione - UniNetLab e DiCAM, UNIPA

Comitato Organizzatore

- Dr Maria Francesca Alberghina, DiFC, UNIPA
- Arch. Federica Fernandez, Master Universitario di II livello in "Ricercatore esperto di nanotecnologie e nanomateriali per i beni culturali", UNIPA
- Dr Dorotea Fontana, DiFC, UNIPA
- Dr Anna Gueli, DFA, UNICT & INFN Sezione di Catania
- Sig. Marcello Mirabello, DiFC, UNIPA
- Dr Michele Quartararo, Laboratorio di Fisica e Tecnologie Relative - UniNetLab, UNIPA
- Dr Luigi Tranchina, Laboratorio di Fisica e Tecnologie Relative - UniNetLab, UNIPA



BRAI M

*Questo volume raccoglie i contributi degli Autori che hanno preso parte al primo workshop: **Diagnosics for Cultural Heritage: Analytical Approach For An Effective Conservation**, tenutosi a Palermo il 10 giugno 2013, nella splendida cornice della Cappella di S. Antonio Abate, all'interno del complesso monumentale di Palazzo Chiaramonte Steri.*

In questa raccolta viene posta in evidenza la necessità di un approccio scientifico interdisciplinare e vengono ben focalizzate le competenze scientifiche integrate nell'intento di affrontare i diversi aspetti degli interventi di conservazione e di fruizione dei Beni Culturali.

Lo studio accurato del Bene Culturale diviene, infatti, esso stesso documento storico, ed indubbiamente risulta essere uno strumento indispensabile per la prevenzione del degrado, per l'ottimizzazione degli interventi di restauro e per la scelta dei protocolli di conservazione.

*Il workshop **Diagnosics for Cultural Heritage: Analytical Approach For An Effective Conservation**, è stato quindi rivolto alle tecniche fisiche, chimiche, biologiche, geologiche, applicate sia ai materiali costituenti i Beni Culturali sia ai materiali innovativi ideati per le procedure di restauro e conservazione degli stessi.*

Il workshop che ha visto la partecipazione di illustri esponenti Internazionali e Nazionali nell'ambito delle tematiche trattate, è stato anche un'occasione per la presentazione di alcuni dei risultati ottenuti da studenti del Master di II Livello "Ricercatore Esperto di Nanotecnologie e Nanomateriali per i Beni Culturali" durante lo svolgimento delle attività di tesi sperimentale.

Il volume vuole essere una testimonianza dei risultati esposti dai partecipanti in questa, spero ripetibile, occasione.

Maria Brai: maria.brai@unipa.it

Responsabile Scientifico del Laboratorio di Fisica e Tecnologie Relative - UniNetLab –
Università degli Studi di Palermo – Viale delle Scienze Ed. 18 – 90128 Palermo.

New Nanomaterials for Conservation of Stones and other Building Substrates	1
<i>Mosquera M. J., Illescas J. F., Pinho L., Facio D. S., Elhaddad F.</i>	
The Royal Palace of Madrid, Spain. Twenty years of stones conservation research	9
<i>Alvarez de Buergo M., Fort Gonzalez R.</i>	
Prodotti nanostrutturati per la protezione di superfici lapidee: valutazione dell'efficacia mediante tecniche fisiche non invasive	16
<i>Alaimo G., Alberghina M. F., Codan B., Enea D., Fernandez F., Fontana D., Livreri P., Todaro L., Tranchina L., Brai M.</i>	
Valutazione dell'efficacia e durabilità di protettivi nano strutturati applicati su campioni di marmo di Carrara	24
<i>Alaimo G., Alberghina M. F., Brai M., Enea D., Fernandez F., Fontana D., Livreri P., Longo A., Marrale M., Proietto V., Tranchina L.</i>	
Le nanotecnologie per la conservazione dei beni culturali: un approccio analitico per la sperimentazione dei prodotti innovativi	31
<i>Livreri P., Fernandez F.</i>	
Indagini diagnostiche per la sperimentazione di prodotti nanostrutturati per il consolidamento e la protezione di biocalcarenite	40
<i>Mirabelli C., Fernandez F., Elhaddad F., Mosquera M. J., Livreri P.</i>	
Indagine sulla componente lipidica di quattro manufatti ad uso votivo-rituale	45
<i>Agazzino P., Avellone G., Ceraulo L., Filizzola F.</i>	
Sperimentazione di prodotti nanostrutturati per il consolidamento e la protezione della pietra fossena	50
<i>Stella M., Bellusci M., Fernandez F., Persia F.</i>	
Scientific investigation to maintain our architectural heritage experimental application in Sicily between 2002 and 2012	56
<i>Tomaselli F., Ventimiglia G. M.</i>	
Strumenti e metodi di valutazione della durabilità di componenti edilizi	61
<i>Alaimo G., Enea D.</i>	
La valutazione della durabilità di intonaci fotocatalitici	66
<i>Alaimo G., Enea D.</i>	
Diagnostic for the assessment of a new titania nano-composite photo-catalyst for application on stoneware tiles	71
<i>Mirabelli C., Fernandez F., Livreri P., Pinho L., Mosquera M. J.</i>	
Indagine GC-MS su alcuni materiali utilizzati nella imbalsamazione di una mummia di sesso femminile del periodo tolemaico	76
<i>Agazzino P., Avellone G., Ceraulo L., Filizzola F., Haabu A.</i>	
La conservazione programmata delle collezioni museali: considerazioni su un'opera di ardesia dipinta da Grammichele (CT)	82
<i>Milazzo G., Rizzo G., Schiavone S.</i>	
Bioaerosol in ambienti adibiti alla esposizione e alla conservazione di manufatti storico-artistici	88
<i>Billeci N., Palla F.</i>	
A study of the acoustic parameters of ancient theaters	93
<i>Rodonò G., Franzitta V.</i>	
La spettroscopia di risonanza magnetica nucleare in stato solido per lo studio dello stato di conservazione di materiali cellulosici	103
<i>Bastone S., Chillura Martino D., Caponetti E.</i>	
Sperimentazione di prodotti nanostrutturati impermeabilizzanti su campioni di diverse specie legnose	108
<i>Carotenuto M. R., Marrale M., Longo A., Brai M.</i>	
Caratterizzazione molecolare di batteri in reperti lignei sommersi	113
<i>Palla F., Billeci N., Barresi G.</i>	
Indagine tramite GC-MS su alcuni materiali utilizzati come adesivi per utensili nel villaggio preistorico paleofitticolo di Fiavé	118
<i>Agazzino P., Filizzola F.</i>	

LA VALUTAZIONE DELLA DURABILITÀ DI INTONACI FOTOCATALITICI

Alaimo G
Enea D

ABSTRACT

Energy saving and the rational use of natural resources in the building process, nowadays, are very debated environmental issues, involving researchers and companies in the production and testing of innovative materials. Reducing the consumption of resources means more durable buildings, thus an important contribution in this way is given by the knowledge of the durability of products and building components. This is fundamental when innovative products are applied and no information are available on their service life. The research concerns the evaluation of the durability of cement-based photocatalytic coatings, containing different types of pigments, used for external finishing of buildings. These products were prepared using photocatalytic cements by Italcementi (TX Active®). The investigated aspects were: the photocatalytic activity, conferring self-cleaning attitude, and the colorimetry. The ISO 15686 methodology was followed, by means of accelerated ageing tests in climatic chamber and natural ageing tests.

PREMESSA

I recenti studi e le molteplici applicazioni consentono di affermare che la fotocatalisi può essere una risposta alle problematiche ambientali, in un contesto di sviluppo sostenibile. Le tecnologie basate su questo fenomeno foto-chimico garantiscono una consistente riduzione di sostanze nocive nei diversi ambiti di applicazione: riduzione degli inquinanti atmosferici, purificazione dell'acqua e dell'aria (Choi, 2006). L'applicabilità di questa tecnologia, che impiega risorse primarie presenti su larga scala ed a ridotto costo, è basata sull'assorbimento di energia luminosa da parte di semiconduttori, a dimensione nanometrica e/o micrometrica, e la conseguente ossidazione delle sostanze nocive. Nell'ambito dei semiconduttori solidi, il più efficiente è il biossido di titanio (TiO_2) che sfrutta la sua ampia disponibilità sul mercato, la sua elevata foto-attività, la maggiore stabilità ed il basso costo. Nel settore dei rivestimenti superficiali, le ricerche e le sperimentazioni hanno condotto alla definizione di prodotti con spiccate capacità di riduzione degli inquinanti atmosferici, organici ed inorganici, e proprietà autopulenti, tali da mantenere maggiormente nel tempo il proprio colore. L'applicazione di questi prodotti di recente immissione sul mercato necessita particolari approfondimenti per gli aspetti legati alla durabilità, alla luce del nuovo Regolamento EU n. 311/2011 sui prodotti da costruzione. Il Regolamento introduce un nuovo requisito di base delle opere da costruzione, il

settimo, denominato “Uso sostenibile delle risorse naturali” che impone, tra altri aspetti, la durabilità delle opere da costruzione. La conoscenza della durabilità, soprattutto per i prodotti innovativi, per i quali mancano indicazioni sul mantenimento delle prestazioni nel tempo, diventa, pertanto, imprescindibile. La ricerca, iniziata nell’ottobre 2010, è incentrata sullo studio di intonaci di finitura (rasanti) che sviluppano attività fotocatalitica. L’obiettivo della sperimentazione è quello di indagare la durabilità di questi intonaci attraverso il monitoraggio dell’attività fotocatalitica e del colore.

LA METODOLOGIA DI RICERCA, LA STRUMENTAZIONE, I CAMPIONI

La sperimentazione è stata condotta su due serie di provini costruiti su un supporto in laterizio, 23 x 30 cm, e sottofondo di intonaco di base e differenti solo per lo strato di finitura: rasante tradizionale e rasante ad attività fotocatalitica in tre colori diversi: giallo, salmone e bianco (Fig. 1).



Figura 1. I campioni di intonaco fotocatalitico nelle tre colorazioni testate

Gli intonaci impiegati per la sperimentazione sono commercialmente prodotti dalla ditta Hydratite S.r.l. di Palermo e sono denominati: SOSIVA ARIA®, addizionato con principio fotocatalitico e SOSIVA K® tradizionale, privo del principio fotocatalitico. Ogni campione è stato ulteriormente suddiviso in 6 provini di dimensione 8x8 cm per effettuare le misurazioni dei parametri scelti. Il retro ed i bordi di tutti i campioni, per una larghezza di 1 cm, sono stati rivestiti con un impermeabilizzante cementizio bicomponente per ridurre i degradi non imputabili all’invecchiamento. Una parte dei campioni è stata sottoposta alle condizioni meteorologiche esterne (invecchiamento naturale), la restante parte a cicli di invecchiamento accelerato in camera climatica secondo il protocollo sperimentale previsto dalle norme ISO 15686 e UNI 11156. Sono stati indagati due parametri: l’attività fotocatalitica, attraverso la procedura della norma UNI 11247, presso i laboratori Italcementi, ed il colore, attraverso

misurazioni delle coordinate colorimetriche CIELAB, secondo le procedure dettate dalla norma UNI 8941. Per quanto attiene l'invecchiamento naturale, i campioni sono stati posti in esterno, sul tetto dell'edificio 8 della Facoltà di Ingegneria. I campioni sono stati sistemati su una griglia in metallo orientata sull'asse sud-nord con un'inclinazione di 45°. Le misurazioni sono state effettuate ad intervalli temporali di due mesi. Per l'invecchiamento accelerato è stato messo a punto un ciclo base, tenendo conto del contesto meteo-climatico di Palermo, caratterizzato da estati molto calde ed inverni non troppo rigidi, oltre che degli studi portati avanti dal Gruppo Durabilità, attivo in Italia, da oltre 15 anni (Daniotti et al., 2005). Questo ciclo prevede due distinte fasi, la fase A senza irraggiamento e la fase B con irraggiamento (Fig. 2). Ogni step di invecchiamento è stato individuato dalla ripetizione per 48 volte delle due fasi A e B, alternando 24 ripetizioni per volta delle due fasi, per un totale di 336 ore (14 giorni). La ricerca ha previsto il monitoraggio dei parametri significativi (attività fotocatalitica e colore) dopo ogni step fino al compimento del 6° step, per complessive 2016 ore (84 giorni) di durata complessiva netta di invecchiamento accelerato. Dopo ogni step è stata prelevata, da ciascun campione 23x30 cm, una coppia di provini 8x8 cm per la valutazione dell'attività fotocatalitica, mediante taglio a secco della tavella.

FASE A	Ciclo reale (min)	T (C°)	RH (%)	Ciclo teorico (minuti)	Incidenza %
Pioggia (autunno)	75	20	95	75	30
Transizione	8	-	-	-	-
Freddo (inverno)	32	2	-	40	10
Transizione	8	-	-	-	-
Caldo umido (primavera)	107	35	87	115	40
Transizione	6	-	-	-	-
Caldo secco (estate)	64	70	56	70	20
Totale	300	-	-	300	100
FASE B					
Irraggiamento	120	35	87	120	40.8

Figura 2. Il ciclo di invecchiamento accelerato realizzato in camera climatica

ANALISI DEI RISULTATI

I risultati disponibili mostrano per i provini fotocatalitici al tempo zero, prima dell'inserimento in camera climatica, un'elevata attività fotocatalitica individuata dal parametro adimensionale A_c che rappresenta la percentuale di ossidi di azoto abbattuti dopo 30 minuti dall'accensione della lampada UV, nella procedura in continuo descritta dalla norma UNI 11247. Dopo il terzo step di invecchiamento accelerato, i campioni fotocatalitici hanno mostrato una ridotta attività fotocatalitica. (Fig. 3)

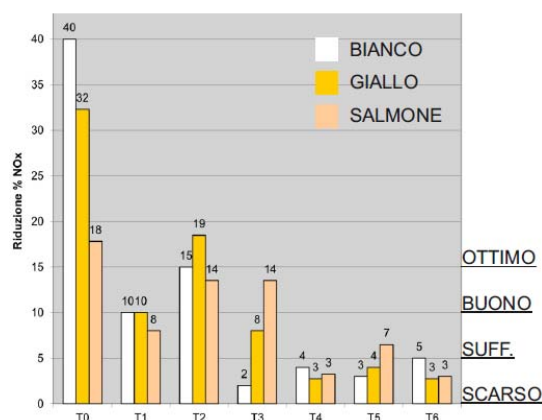


Figura 3. Percentuali di abbattimento degli NOx durante i cicli di invecchiamento accelerato

Per quel che riguarda il colore, i provini di intonaco fotocatalitico mostrano una tendenza alla variazione del colore che mediamente rimane inferiore di circa 2 punti rispetto a quelli non fotocatalitici, dimostrando una capacità maggiore di quelli non fotocatalitici a mantenere il colore nel tempo. La differenza di colore ha un andamento pressoché lineare fino al 2° step di invecchiamento, poi si mantiene abbastanza costante fino al 6° step, sia per i provini fotocatalitici che per quelli non fotocatalitici (Fig. 4). I provini di colore salmone tendono a mantenere meglio il colore nel tempo, rispetto a quelli gialli e bianchi. In generale l'intonaco bianco subisce nei sei step il maggiore viraggio di colore: per i fotocatalitici assume valori sempre superiori rispetto a quelli degli altri colori, mentre per i non fotocatalitici, dopo i valori inferiori nei primi due step, ritorna superiore dal terzo in poi rispetto ai provini degli altri colori.

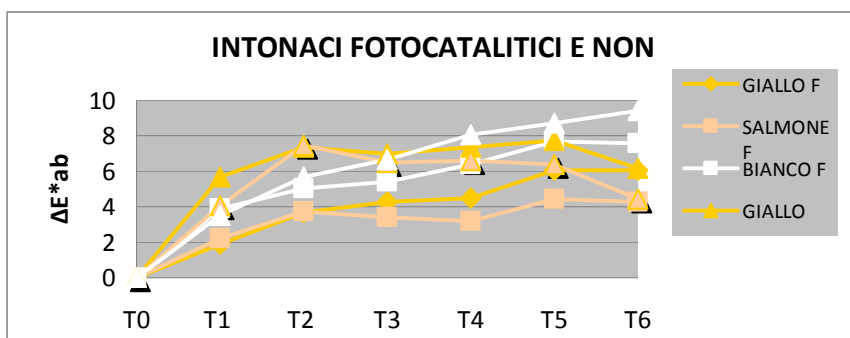


Figura 4. L'evoluzione della variazione di colore dei provini fotocatalitici (F) e non, nei 6 step di invecchiamento accelerato

CONCLUSIONI

L'attività fotocatalitica dei provini di intonaco fotocatalitico risulta molto elevata al tempo zero, riducendosi progressivamente e mantenendo valori significativi fino al 3° step, che corrisponde a 150 cicli di invecchiamento accelerato, oltre il quale si registra una perdita di efficienza. Spicca il colore bianco, che a fronte del suo maggiore valore iniziale, risulta quello che subisce l'abbattimento più veloce. Si osserva ancora come i provini di colore salmone mantengano nel tempo valori abbastanza uniformi rispetto alle prestazioni iniziali fino al 3° step di invecchiamento dove si raggiunge il valore maggiore rispetto a quelli degli intonaci di colore diverso. L'intonaco fotocatalitico, a parità di invecchiamento e di colore, subisce variazioni di colore mediamente inferiori di circa 2 punti rispetto a quelli non fotocatalitici, dimostrando una maggiore capacità di mantenere il colore nel tempo. Anche per il colore, i provini di color salmone mantengono un'efficienza maggiore, rispetto ai provini di colore giallo e bianco. Si può affermare che, a parità di composizione, la presenza del principio fotocatalitico aumenta la durabilità del colore dell'intonaco.

BIBLIOGRAFIA

- G. Alaimo, D. Enea, (2011), *Experimental evaluation of plasters durability aimed at maintenance planning and scheduling*, Proceedings of the XII International Conference on Durability of Building Materials and Components, Porto, Vol. III, 1247-1255.
- G. Alaimo, D. Enea, G. L. Guerrini, L. Bottalico, (2012), *Experimental evaluation of the durability of innovative cementitious coatings: photocatalytic activity and colour*, atti della Third International Conference on Smart Materials and Nanotechnology in Engineering, SPIE Proceedings, vol. 8409.
- W. Choi, (2006), *Pure and modified TiO₂ photocatalysts and their environmental applications*, Catalysis Surveys from Asia, Vol. 10, N. 1.
- B. Daniotti, P. Iacono, (2005), *Evaluating the service life of external walls: a comparison between long-term and short-term exposure*, X International Conference on Durability of Building Materials and Components, Lyon.

Author informations:

Giuseppe Alaimo: Giuseppe.alaimo@unipa.it

Daniele Enea: daniele.enea@unipa.it

- Università degli Studi di Palermo, Dipartimento di Architettura, Viale delle Scienze, 90128, Palermo; Laboratorio di Edilizia - UniNetLab – Università degli Studi di Palermo – Viale delle Scienze – 90128 Palermo.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

ISBN 978-88-907460-5-5