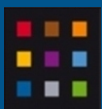




UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PALERMO

*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: **Diagnostics 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 **Diagnostics 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](mailto: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.

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

# STRUMENTI E METODI DI VALUTAZIONE DELLA DURABILITÀ DI COMPONENTI EDILIZI

Alaimo G  
Enea D

## ABSTRACT

In order to reach the sustainability of building interventions, the knowledge of the performance over time of materials and building components is necessary according to the new EU Regulation No. 305/2011, which introduced for construction works, the seventh requirement on their sustainability and particularly their durability. The paper wants to describe the instruments and methods to evaluate the durability of building components, used in the *Laboratorio di Edilizia* of the UniNetLab, the laboratory net of the University of Palermo. The methodology is based on the ISO 15686 and consists in monitoring the most significant selected parameters, during laboratory accelerated aging tests and natural environment exposure, with particular interest to the performance of colour.

## PREMESSA

La Durabilità di un componente edilizio è definita dalla norma UNI 11156:2006 come “la capacità di un edificio o delle sue parti di svolgere le funzioni richieste durante un periodo di tempo specificato, sotto l’influenza degli agenti previsti in servizio”. Lo stesso concetto è ripreso dal D.M. 14.01.2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni), secondo cui la durabilità è definita come la conservazione nel tempo delle caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali e delle strutture. Il nuovo Regolamento EU 305/2011 introduce la durabilità tra i requisiti minimi delle opere da costruzione, sottolineandone ulteriormente l’importanza. I parametri che vengono utilizzati per la valutazione della durabilità sono:

- 1) *Durata o vita utile*: periodo di tempo dopo l’installazione durante il quale l’edificio o le sue parti mantengono livelli prestazionali superiori o uguali ai limiti di accettazione;
- 2) *Affidabilità*: probabilità che l’elemento tecnico funzioni senza guastarsi ad un livello predisposto, per un certo tempo  $t$  ed in predeterminate condizioni ambientali.

## LA METODOLOGIA DI RICERCA E LA STRUMENTAZIONE

In accordo con la norma UNI 11156 la valutazione della durabilità, viene condotta attraverso test di invecchiamento accelerato in laboratorio e test di invecchiamento naturale. A tale scopo la strumentazione utilizzata in dotazione al Laboratorio di Edilizia, dell’Università di Palermo, in particolare consiste in:

- 1) camera climatica: che consente di riprodurre in laboratorio le diverse condizioni climatiche



potendo regolare temperatura, umidità, pioggia, irraggiamento UV: consente un intervallo di temperatura tra  $-40^{\circ}\text{C}$  e  $180^{\circ}\text{C}$ , umidità relativa tra 5 e 100%;

2) camera a nebbia salina: che consente di simulare un ambiente aggressivo tipico delle località marine. La macchina permette di nebulizzare la soluzione salina e di regolare contestualmente temperatura e umidità;

3) colorimetro: specifico per la misura delle coordinate colorimetriche, in diversi spazi di colore standardizzati, è dotato di sorgente luminosa allo Xeno;

4) spettrofotometro: che permette lo studio dello spettro elettromagnetico emesso da un campione irradiato con una sorgente luminosa standard. Inoltre permette la misura delle coordinate colorimetriche con la componente speculare inclusa (SCI) ed esclusa (SCE) (Fig. 1).



Figura 1. Da sinistra, la camera climatica, la camera a nebbia salina, il colorimetro e lo spettrofotometro

La norma italiana UNI 11156 ripropone gli stessi concetti della norma internazionale ISO 15686 e presenta, nelle sue tre parti, diversi metodi di valutazione della durabilità dell'elemento tecnico (componente edilizio), inteso come “prodotto edilizio più o meno complesso, capace di svolgere completamente o parzialmente funzioni proprie di una o più unità tecnologiche e che si configura come un componente caratterizzante di un sub sistema tecnologico”. Sia la norma ISO 15686 che la norma UNI 11156 introducono anche il termine di Design Life o “vita utile di progetto” che indica la vita utile che il progettista pone come obiettivo, in termini di durata, del suo progetto e che si valuta mediante la procedura schematizzata in Fig. 2. Il metodo riportato su tale norma si basa sul confronto (rescaling temporale) tra l'invecchiamento naturale in esterno e l'invecchiamento artificiale in laboratorio di campioni rappresentativi del componente tecnico indagato (Maggi, 2003) (Daniotti, 2006). Per valutare gli effetti meteorologici sulla durabilità, i campioni, rappresentativi del componente tecnico, devono essere posti in esterno e preferibilmente in un punto in cui vi sia una buona esposizione agli agenti esterni. Una delle sperimentazioni condotte nel Laboratorio di Edilizia ha riguardato la valutazione della durabilità di finiture superficiali innovative, quali intonaci fotocatalitici e intonaci silossanici (Alaimo and Enea, 2011) (Alaimo et al., 2012).

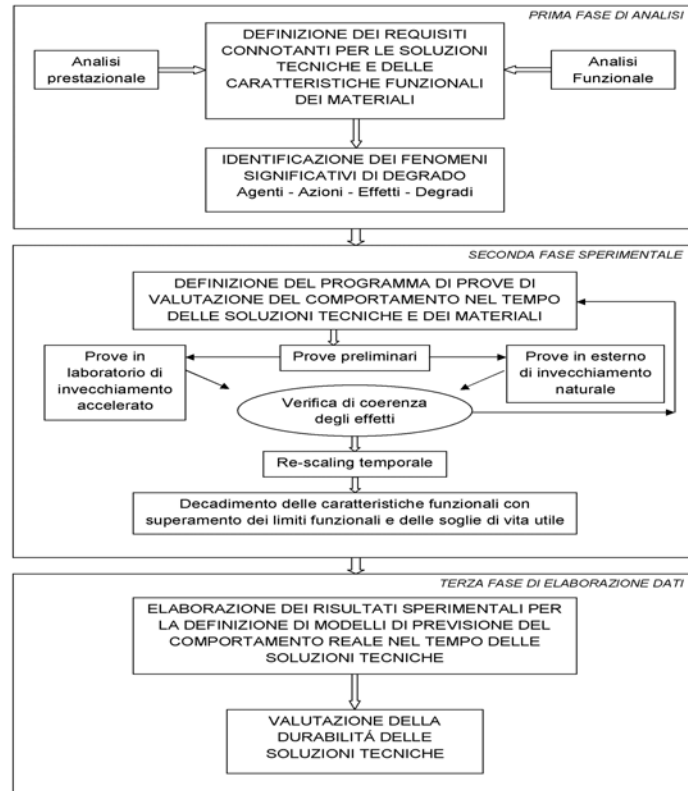


Figura 2. Schema del metodo per la determinazione della service life, tratto dalla norma UNI 11156

Per la valutazione dell'invecchiamento naturale, i campioni di questi prodotti sono stati posti su una griglia metallica orientata sull'asse sud-nord con un'inclinazione di 45° sul tetto dell'edificio 8 della Facoltà di Ingegneria (Fig. 3).



Figura 3. Campioni esposti in esterno

Sempre nell'ambito della stessa ricerca, è stato effettuato il monitoraggio del colore in un edificio di recente costruzione sito a Palermo in Via Roccazzo, in cui è stato utilizzato l'intonaco silossanico contestualmente testato in laboratorio (Fig. 4) (Alaimo et al., 2012).



Figura 4. Edificio con finitura ad intonaco silossanico

L'invecchiamento accelerato in laboratorio procede attraverso l'impostazione di un ciclo climatico che permette di ottenere, in tempi brevi, un certo decadimento fisico-prestazionale degli elementi tecnici. La struttura definitiva del ciclo nasce da un processo che inizia con una fase di identificazione dei differenti tipi di sollecitazione (messa a punto del ciclo che tiene conto, per tipologia ed intensità, delle sollecitazioni cui l'elemento tecnico è sottoposto durante l'esercizio) e si conclude con la fase di calibrazione del ciclo stesso, in cui si raggiunge la massima similitudine tra le sollecitazioni artificiali e naturali (Fig. 5).



Figura 5. L'interno della camera climatica con i campioni di intonaco

La fase conclusiva della procedura di valutazione della durabilità è nota come *rescaling* temporale e consiste nella comparazione dei risultati ottenuti in laboratorio ed in esterno, finalizzata ad ricercare corrispondenze, a parità di livelli di degrado, tra tempi di

invecchiamento naturale in esterno e cicli di invecchiamento artificiali in laboratorio, al fine di giungere alla definizione di una durata di vita utile nelle condizioni di riferimento.

### **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
- P. N. Maggi, (2003), *A research program for the durability evaluation of the building components*, International workshop on “Management of durability in the building process”, Milano.
- G. Alaimo, D. Enea, E. Nuccio, (2012), *Innovative siloxane coating formulations: the experimental assessment of the durability of colour*, Advanced Materials Research, vol. 346, Trans Tech Publications, 63-68.
- 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.
- B. Daniotti, 2006., *La durabilità in edilizia*, CUSL, Milano.

Author informations:

Giuseppe Alaimo: [giuseppe.alaimo@unipa.it](mailto:giuseppe.alaimo@unipa.it)

Daniele Enea: [daniele.enea@unipa.it](mailto: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