



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

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>	

PRODOTTI NANOSTRUTTURATI PER LA PROTEZIONE DI SUPERFICI LAPIDEE: VALUTAZIONE DELL'EFFICACIA MEDIANTE TECNICHE FISICHE NON INVASIVE

Alaimo G, Alberghina M. F
Codan B, Enea D
Fernandez F, Fontana D
Livreri P, Todaro L
Tranchina L, Brai M

ABSTRACT

The use of nanoproducts in the Cultural Heritage (CH) field requires great sensitivity and responsibility and, above all, analytical research and studies evaluating effectively their potential use. In order to evaluate the capability of nanostructured protective in the CH field, limestone materials of historical-artistic interest were treated and then studied. The study focuses on the non-invasive evaluation of samples stone, of interest in the CH field, their surface has been tested with nanostructured products. In particular, samples of limestone of Favara (Sicily) have been studied, before and after artificial aging. The analytical methodology involved X-ray fluorescence measurements, in order to evaluate the elemental composition differences between treated and untreated samples; spectrophotometric measurements to determine the colour changes due to the protective application, contact angle estimations on the untreated/treated surfaces and, finally, evaluation of the amount of the absorbed water by capillarity. The samples were, also, artificially aged inside a microclimate chamber, in order to evaluate how the waterproofer properties of the nanostructured products are affected by temperature and humidity. The investigation, repeated after saline chamber, allowed to evaluate the treatments effectiveness and, in particular, their persistence after aging through Si presence/absence, selected as a XRF marker of nanostructured protective layer.

INTRODUZIONE

Il problema della protezione dei manufatti lapidei, sia di interesse storico-culturale, che industriale e civile, emerge già nei primi anni '70. Gli studi nel corso dei decenni hanno portato alla ricerca e perfezionamento di nuove soluzioni e formulazioni, che potessero aumentare la durabilità dei manufatti. Una delle principali cause del degrado viene riconosciuta nel ruolo dell'acqua, di condensa o piovana, che agisce a livello fisico/meccanico e chimico. Fenomeni ciclici di gelo/disgelo possono indurre sollecitazioni meccaniche tali da portare al deterioramento estetico e/o strutturale del manufatto. Nel caso di degrado chimico, l'acqua può veicolare sostanze presenti nell'atmosfera (ad es. CO₂, NO_x e SO_x), nocive per il materiale lapideo. Nel caso di degrado fisico/meccanico un ruolo fondamentale ha la dimensione dei

pori: si possono distinguere tre classi di porosità: *i*) macropori (con diametro $d > 50$ nm), *ii*) mesopori (con diametro $50 \text{ nm} < d < 2 \text{ nm}$) e *iii*) micropori (con diametro $d < 2$ nm) che sono quelli più pericolosi poiché permettono una maggiore penetrazione capillare dell'acqua. La composizione chimica nel materiale lapideo determina, invece, la resistenza all'attacco acido, dovuto agli agenti inquinanti in soluzione acquosa. L'effetto combinato di microporosità e bassa resistenza chimica possono causare danni in tempi molto brevi. Tali alterazioni fisico/chimiche possono manifestarsi anche in un'alterazione del colore della pietra, causando una variazione estetica della superficie di interesse storico-artistico.

Diverse soluzioni per la protezione delle superfici lapidee sono state sviluppate nel corso degli anni, tra cui l'applicazione di film polimerici a bassa tensione superficiale (ad esempio polimeri acrilici, fluoropolietieri o silossani), prodotti a base di organo-silani e, nell'ultimo decennio, si è verificato un notevole incremento dell'impiego delle nanotecnologie, sfruttando le proprietà che i materiali possono presentare a livello nanometrico per produrre film compatibili e, al contempo durevoli, capaci di conferire alla superficie importanti proprietà quali, ad esempio, la riduzione di bagnabilità della superficie, stabilità del colore del manufatto anche dopo l'applicazione, aumento della resistenza agli agenti atmosferici del film protettivo e facilità di applicazione.

Nel presente lavoro sono state confrontate le proprietà chimico-fisiche dello strato protettivo di alcuni prodotti commerciali tramite la valutazione dell'angolo di contatto, analisi di fluorescenza ai raggi X (XRF), misure spettrofotometriche tutte finalizzate alla valutazione della resistenza chimica e delle proprietà ottiche, anche dopo l'esposizione in camera salina per una settimana. Tramite la valutazione dell'efficacia dei prodotti nanostrutturati testati è stato possibile individuare il protettivo maggiormente efficace per risolvere il degrado per dissoluzione dovuto alle acque meteoriche e degli inquinanti ambientali che interessano il materiale lapideo (calcere di base) costituente il rivestimento del prospetto della Biblioteca "A. Mendola" di Favara (AG).

Lo studio affrontato, inoltre, ha permesso di valutare quali delle tecniche strumentali di tipo portatile utilizzate in laboratorio possono fornire preziose informazioni per testare l'efficacia dei trattamenti, definendo così un protocollo di misura da testare direttamente *in situ* sul materiale in opera.

MATERIALI E METODI

In funzione delle caratteristiche fisico-chimiche del manufatto oggetto di studio e delle problematiche riscontrate sono state selezionate due tipologie di protettivi commerciali tra

quelli di nuova concezione basati sulle nanotecnologie: tre prodotti della Linea Ector - distribuiti dalla R&R Group srl – (RPP-1000; PP50; RP50 + PAV_A/PAV_B) e un prodotto anch'esso dichiarato a base di nanosilice, denominato nel seguito Prodotto A. I risultati analitici sono stati confrontati al fine di evidenziarne da una parte, le potenzialità e l'efficacia di ciascun protettivo e, dall'altra, al contempo, verificare la più corretta applicazione metodologica da replicare *in situ*. Le indagini sono state condotte per la caratterizzazione dei campioni tal quali, tagliati in forma cubica con lato 3 cm, e parallelamente, di quelli sottoposti ai trattamenti protettivi testati. In particolare, sono state eseguite: analisi tramite fluorescenza a raggi X (XRF), analisi spettrofotometrica, misura dell'angolo di contatto e determinazione del contenuto di acqua per assorbimento capillare. L'analisi XRF è stata realizzata per determinare la composizione superficiale del materiale lapideo e determinare gli elementi chimici estranei al materiale lapideo, apportati dall'applicazione del protettivo, individuando *marker* per monitorare la presenza/assenza del prodotto applicato, verificandone così la persistenza in superficie a seguito di processi di invecchiamento artificiale. Considerata l'elevata disomogeneità della superficie lapidea indagata, che presenta importanti aree di ricristallizzazione e inclusioni, sono state eseguite 3 misure su differenti punti dell'area campione i cui risultati sono stati mediati per ottenere informazioni sulla composizione chimica (elementi costituenti) quanto più significativa. L'analisi spettrofotometrica, pur con la limitazione dovuta all'elevata disomogeneità chimico-fisica che caratterizza il calcare di base in esame, ha avuto lo scopo di monitorare e documentare le variazioni colorimetriche che hanno interessato i campioni analizzati in seguito al trattamento protettivo e al successivo invecchiamento, evidenziando la presenza di cambiamenti delle proprietà ottiche della superficie indagata. Infine, la misurazione dell'angolo di contatto (Normal 33/89) e la valutazione della quantità d'acqua assorbita per capillarità (secondo le raccomandazioni della norma UNI 10859), sono state condotte per verificare l'idrorepellenza conferita alla superficie trattata e per determinare la quantità di acqua assorbita da ciascun campione.

RISULTATI

Lo studio diagnostico sul materiale lapideo proveniente da cava storica utilizzata nell'edilizia monumentale del comune di Favara (AG) e sui prodotti nanostrutturati testati è stato effettuato non direttamente *in situ* ma, attraverso indagini su campioni della stessa tipologia di pietra utilizzata per la realizzazione della parte basamentale del prospetto della biblioteca impiegando metodologie di indagine non invasive realizzabili tramite strumentazione portatile e, quindi, replicabili *in situ*.

L'analisi XRF, effettuata su tutti i campioni ha permesso, prima del trattamento, di identificare gli elementi chimici costituenti e, post trattamento, di verificare se l'applicazione del prodotto ha causato modificazioni o variazioni della composizione, individuando elementi chimici da utilizzare come *marker* per monitorare lo stato di protettivo e la sua persistenza sulla superficie trattata a seguito dell'invecchiamento artificiale in camera salina. Dai dati ottenuti dai campioni trattati con i protettivi della linea Ector (Fig. 1) si vede come il prodotto continua a persistere sulla superficie anche dopo la settimana di invecchiamento in camera salina, al contrario per i campioni trattati con il Prodotto A (Fig. 2), dove il segnale del Si scompare completamente dopo la fase di invecchiamento.

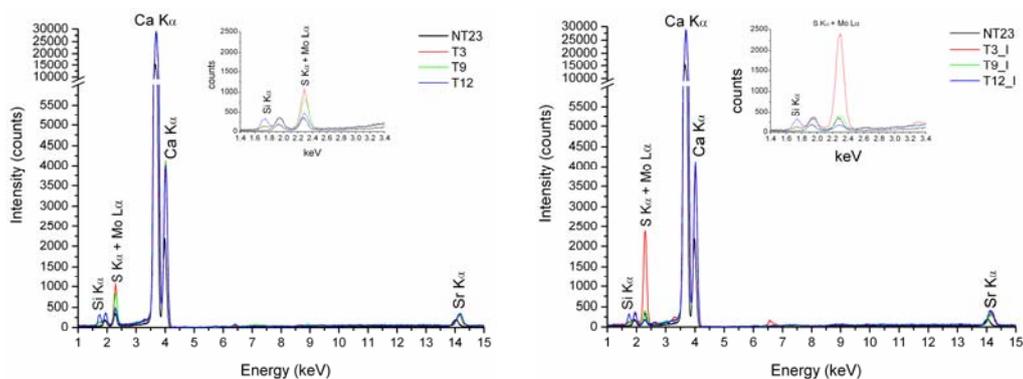


Figura 1. Calcare di base proveniente da Favara (AG): confronto tra il campione non trattato NT23 e i campioni trattati per le tre tipologie di applicazione della linea Ector (T3, T9 e T12) prima e dopo invecchiamento (T3_I, T9_I e T12_I).

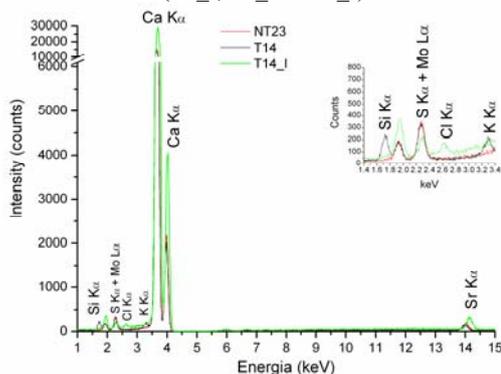


Figura 2. Calcare di base proveniente da Favara (AG): confronto tra il campione non trattato NT23 e il campione trattato T14 (**Prodotto A**) prima e dopo invecchiamento (T14_I)

L'idrorepellenza dei prodotti della Ector è stata verificata anche dalle immagini acquisite subito dopo aver tolto i campioni dalla camera d'invecchiamento (Fig. 3). Infatti, nei campioni trattati con i prodotti della Ector si è generata una cristallizzazione nella parte superficiale del campione con la formazione di goccioline al di sopra della superficie, mentre nei campioni

trattati con il Prodotto A la cristallizzazione non è avvenuta in superficie ma, l'acqua è stata assorbita al di sotto dello strato superficiale, facendo quindi penetrare i sali solubili all'interno della porosità del materiale lapideo. Tale evidenza è confermata dagli spettri XRF acquisiti sui campioni dopo lavaggio della superficie con acqua distillata: è possibile, infatti, osservare che il Cl dovuto ai sali solubili disciolti e penetrati nella porosità del materiale, osservato per il set di campioni trattati con il Prodotto A, non è stato rivelato sulla superficie dei campioni trattati con Ector. I valori dell'angolo di contatto dei provini trattati con i diversi prodotti sono risultati molto diversi tra di loro.

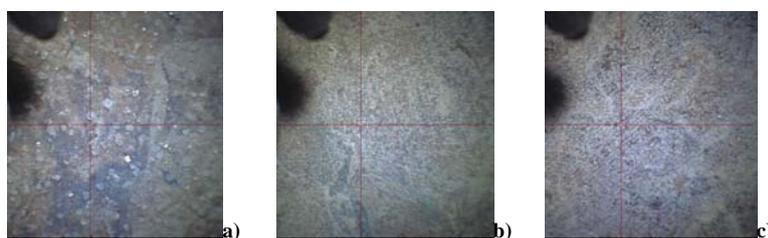


Figura 3. Macrofotografia delle superfici dei provini dopo invecchiamento (a) campioni trattati con linea Ector; (b) campioni trattati con Prodotto A; (c) campioni non trattati.

In figura 4 si evince chiaramente che il Prodotto A non conferisce idrorepellenza alla superficie e che l'angolo di contatto è molto simile a quello del campione non trattato, mentre i campioni trattati con la linea Ector hanno restituito risultati abbastanza soddisfacenti, con valori di angoli di contatto maggiori.



Figura 4. Calcare di base, Favara (AG): Angolo di contatto dei campioni Non Trattati, trattati con il Prodotto A e con Ector.

La valutazione della quantità d'acqua assorbita per capillarità (eseguita secondo le raccomandazione della norma UNI 10859), effettuata sia sui campioni non trattati sia su campioni trattati con i prodotti della Linea Ector e Prodotto A, ha permesso di determinare la quantità di acqua assorbita da ciascun campione e di conseguenza valutare, dal confronto con i valori ottenuti sui campioni non trattati. La quantità di acqua assorbita dai campioni trattati con Ector (I) sono mediamente inferiori a quelli registrati negli intervalli di misura previsti dalla prova sia per i non trattati che per i campioni trattati con il Prodotto A (Fig. 5).

L'analisi spettrofotometrica, infine, è stata effettuata per misurare la differenza di colore tra il campione non trattato e i campioni trattati e le eventuali alterazioni cromatiche delle superfici trattate a seguito dell'invecchiamento artificiale in camera salina. Tale analisi ha documentato il verificarsi di una debole diminuzione dei valori di luminosità per tutti i campioni trattati e un leggero ingiallimento denotato da un aumento dei valori della coordinata b^* , maggiormente evidente per il trattamento con il Prodotto A.

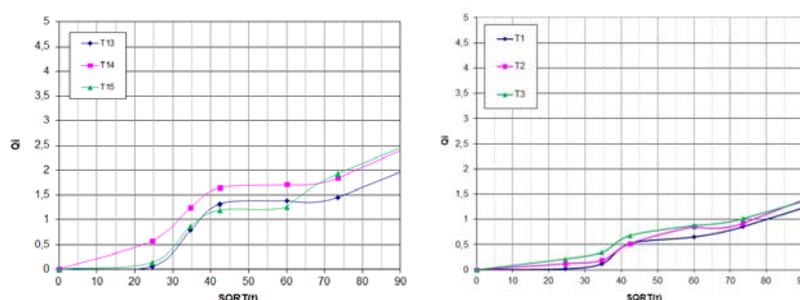


Figura 5. Calcare di base, Favara (AG): curve di assorbimento capillare dei campioni trattati con il Prodotto A (T13, T14, T15) e con Ector I (T1, T2, T3) confrontati nel range 0 -90 SQRT(t).

Dall'indagine spettrofotometrica eseguita dopo il processo di invecchiamento artificiale, attraverso la valutazione delle differenze delle coordinate colorimetriche $L^*a^*b^*$ e il calcolo della differenza di colore ΔE (Tab. 1), è stata confermata la stabilità dei trattamenti della linea Ector, al contrario di quanto osservato per i provini lapidei trattati con Prodotto A.

Tabella 1. Calcare di base di Favara (AG): differenze di colore calcolate per i campioni trattati e non, prima e dopo invecchiamento in camera salina per una settimana.

Trattamento	campione	ΔL^*	Δa^*	Δb^*	ΔE
Ector(I)	T2	-0,22	0,01	-0,38	0,44
Ector(I)	T3	-1,27	0,38	0,11	1,33
Ector(II)	T8	0,17	-0,27	0,20	0,38
Ector(II)	T9	1,51	-0,29	-0,22	1,55
Ector(III)	T11	0,09	0,01	0,43	0,44
Ector(III)	T12	-0,38	-0,06	-0,55	0,67
Prodotto A	T14	-4,01	1,39	1,50	4,50
Prodotto A	T15	-4,98	1,01	-0,50	5,11
NonTrattato	NT23	-1,52	0,09	-1,28	1,99
NonTrattato	NT24	-2,99	-0,81	-1,62	3,50

CONCLUSIONI

Nel presente studio sono state approfondite le potenzialità che i risultati delle differenti indagini diagnostiche non invasive possono fornire per l'analisi composizionale e delle caratteristiche fisico - ottiche di materiali lapidei di interesse nel campo dei BBCC sottoposti a trattamenti protettivi basati sull'uso di materiali nanostrutturati.

Il caso studio scelto riguarda la valutazione dell'efficacia di prodotti nanostrutturati per la protezione delle superfici lapidee (calcere di base) costituente il rivestimento del prospetto della Biblioteca "A. Mendola" di Favara (AG), il cui principale fenomeno di degrado è stato individuato nella dissoluzione della superficie esposta agli agenti atmosferici, con la progressiva scomparsa per dilavamento dello spessore dello strato di interfaccia. I risultati ottenuti per ciascuno dei trattamenti protettivi testati sono stati confrontati al fine di evidenziarne da una parte, le potenzialità e l'efficacia di ciascun prodotto e dall'altra, al contempo, verificare la più corretta procedura analitica da replicare *in situ* per validare le caratteristiche del prodotto applicato e la relativa durabilità.

Ciò ha permesso di effettuare una valutazione di limiti e potenzialità delle indagini non invasive per la caratterizzazione del materiale lapideo e per la determinazione dell'efficacia e della durabilità di protettivi su campioni studiati in laboratorio ma, con i criteri delle applicazioni sulle superfici di pregio poste in opera.

Dalle ricerche effettuate e dai risultati ottenuti è stato verificato che i protettivi della Linea Ector si sono dimostrati particolarmente più efficaci rispetto al protettivo commerciale denominato Prodotto A. I campioni trattati con l'Ector hanno mantenuto le caratteristiche di idrorepellenza anche dopo l'invecchiamento artificiale, mentre i campioni trattati con Prodotto A, sia prima che dopo l'invecchiamento, non hanno dato risultati soddisfacenti.

BIBLIOGRAFIA

- Alberghina, M.F; Barraco, R; Brai, M; Schillaci, T; Tranchina, L.; Double laser LIBS and micro-XRF spectroscopy applied to characterize materials coming from the Greek-Roman theatre of Taormina, Proceedings of SPIE Europe optics metrology, Optics for Arts, Architecture and Archaeology II, Vol. 7391, 739107, 17-19 June 2009, Munich, Germany, ISBN 978-0-8194-7674-6 (2009).

- M.F. Alberghina, R. Barraco, M. Brai, M.P. Casaletto, M. Marrale, D. Policarpo, T. Schillaci, L. Tranchina, Degradation study of XVIII century graffiti on walls of Chiaramonte palace, Applied Physics A: Materials Science & Processing, 2010, Volume 100, Number 3, Pages 953-963, DOI: 10.1007/s00339-010-5679-z.

- M. F. Alberghina, R. Barraco, M. Brai, L. Pellegrino, F. Prestileo, S. Schiavone, L. Tranchina Spectrophotometric and colorimetric data of mosaic floors analyzed by Principal Component Analysis. *Journal of Cultural Heritage*, 2013, <http://dx.doi.org/10.1016/j.culher.2012.12.004>
- R.J. Schaffer. The weathering of natural building stones. Building Research special report, Majesty's Stationery Office 1972
- T. Poli, L. Toniolo, O. Chiantore, The protection of different Italian marbles with two partially flourinated acrylic copolymers, *Applied Physics A: Materials Science and Processing* 79 (2) , (2004) 347-351
- L. Lazzarini, M. Laurenzi Tabasso, *Il restauro della pietra*, Cedam, Padova, 1996

Author informations:

Giuseppe Alaimo: Giuseppe.alaimo@unipa.it - Daniele Enea: daniele.enea@unipa.it
Laboratorio di Edilizia - UniNetLab – Università degli Studi di Palermo – Viale delle Scienze – 90128 Palermo.

Maria F. Alberghina: maria.alberghina@unipa.it; Dorotea Fontana: dorotea.fontana@unipa.it;
Maria Brai: maria.brai@unipa.it
Dipartimento di Fisica e Chimica – Università degli Studi di Palermo – Viale delle Scienze Ed. 18 – 90128 Palermo.

Barbara Codan: b.codan@rergrupsrl.com
R&R Group S.r.l. Via Francesco Foscari ,8 (Z.I.) - 36016 Thiene - Vicenza -

Federica Fernandez: federicafernandez@libero.it; Laura Todaro: lauragiusitod@yahoo.it
Master Universitario di II livello in “Ricercatore esperto di nanotecnologie e nanomateriali per i beni culturali

Patrizia Livreri: patrizia.livreri@unipa.it
Dipartimento Energia, Ingegneria dell'Informazione e Modelli Matematici – Università degli Studi di Palermo – Viale delle Scienze – 90128 Palermo.

Luigi Tranchina: luigi.tranchina@unipa.it; Maria Brai: maria.brai@unipa.it
Laboratorio di Fisica e Tecnologie Relative - UniNetLab – Università degli Studi di Palermo – Viale delle Scienze Ed. 18 – 90128 Palermo.



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PALERMO

ISBN 978-88-907460-5-5