

Patrocini richiesti |
Required sponsorships



MATERA 2019

4 e 5 Aprile 2019 | Auditorium R. Gervasio



TECNOLOGIE PER IL RECUPERO DEL COSTRUITO

Umidità nelle costruzioni: diagnosi e metodi di intervento.
Dal Taglio Meccanico alla Tecnica a Neutralizzazione di Carica

TECHNOLOGIES FOR THE RECOVERY OF BUILT HERITAGE.
Capillary rising damp: diagnosis and methods of intervention.
From the physical barriers to the Charge Neutralization Technique

ATTI DEL CONVEGNO

CNT-APPs | CHARGE NEUTRALIZATION TECHNOLOGY Applications

Research Project

Partenariato universitario | Academic partnership:



Università della Basilicata



Università di Ferrara



Università di Napoli



Università di Padova



Università del Salento



Politecnico di Torino

Altri Enti patrocinanti | Other sponsoring bodies:



In collaborazione con | in collaboration with:



LUCIANO Editore

COMITATO SCIENTIFICO | SCIENTIFIC COMMITTEE

Raymond Bondin (Ambasciatore Emerito di Malta presso UNESCO)

Mercedes Del Rio Merino (Universidad Politécnica de Madrid)

Antonella Guida (Università degli Studi della Basilicata)

Antonello Pagliuca (Università degli Studi della Basilicata)

Nicola Cardinale (Università degli Studi della Basilicata)

Antonio Bixio (Università degli Studi della Basilicata)

Antonio Conte (Università degli Studi della Basilicata)

Graziella Bernardo (Università degli Studi della Basilicata)

Michele D'Amato (Università degli Studi della Basilicata)

Nicola Masini (Università degli Studi della Basilicata)

Manlio Montuori (Università di Ferrara)

Roberto Castelluccio (Università di Napoli Federico II)

Claudio Modena (Università di Padova)

Paolo Maria Congedo (Università del Salento - Lecce)

Carlo Ostorero (Politecnico di Torino)

Giorgio Zavarise (Politecnico di Torino)

Tutti i diritti riservati.

Vietata la riproduzione anche in parte.

© 2019 by LUCIANO EDITORE

Via P. Francesco Denza, 7

80138 Napoli

<http://www.lucianoeditore.net>

e-mail: editoreluciano@libero.it

ISBN 978-88-6026-270-7

Stampa: www.darcoprint.it

Risanamento di murature storiche dall'umidità di risalita capillare: applicazione della tecnologia a neutralizzazione di carica (CNT) nell'intervento di restauro della struttura luministica presso la chiesa della Confraternita della Misericordia in Torino

Prof. Ing. Carlo Ostorero

Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica

Sommario: Gli eccellenti risultati forniti dalla tecnologia a neutralizzazione di carica (CNT), applicata nell'ambito dell'intervento di restauro e recupero luministico della storica chiesa della Confraternita della Misericordia in Torino, hanno consentito di porre le basi per la riqualificazione e il recupero degli spazi del piano interrato, che in precedenza versavano in condizioni di estremo degrado e fortissima umidità.

Introduzione

Come noto, l'umidità da risalita capillare è una patologia assai diffusa nel patrimonio edilizio costruito, che può incidere in modo particolarmente negativo sulla conservazione di edifici e murature storiche. Ciononostante, il mondo della ricerca tecnologica ha considerato il fenomeno dell'umidità nelle strutture murarie come patologia secondaria rispetto ad altri temi, quali ad esempio la sismica e la riqualificazione energetica: di conseguenza, anche la ricerca scientifica universitaria non ha segnato alcun progresso significativo negli ultimi 20 anni, lasciando il campo agli operatori del mercato che, in uno scenario incontrollato e in assenza di una normativa cogente, non sempre hanno proposto interventi adeguatamente sperimentati ed efficaci.

A riprova di questo, basta pensare ai vari sistemi a funzionamento elettrico da vari decenni impiegati per contrastare l'umidità di risalita, sia nell'edilizia storica che residenziale: sistemi elettro-osmotici e/o elettrofisici agenti sul comportamento elettrico della muratura e basati sul meccanismo di "inversione di polarità" della muratura stessa. Gli esiti di tali sistemi, che inizialmente parevano promettenti, sono stati però confermati solo in parte dalle applicazioni effettuate, che hanno sovente evidenziato un grado di efficacia solo parziale e/o instabile, a causa del non uniforme funzionamento dei sistemi stessi determinato dalla grande variabilità ed eterogeneità dei materiali da costruzione.

Di contro, le ricerche svolte in altri settori scientifici - in particolare in quello della microfluidodinamica - hanno evidenziato che il movimento dell'acqua all'interno delle murature è sostanzialmente generato da debolissime forze attrattive di natura elettrostatica che le pareti dei capillari dei materiali lapidei esercitano sulle molecole d'acqua e che, per esempio, è possibile incidere sul comportamento inerziale dell'acqua all'interno dei capillari, neutralizzando la polarità delle molecole stesse con l'introduzione di deboli campi elettrici.

Nell'ultimo decennio, quindi, l'avanzamento scientifico ha stimolato la ricerca industriale, consentendo lo sviluppo di una tecnica più avanzata e maggiormente efficace: la CNT (acronimo di Charge Neutralization Technology, tecnologia a neutralizzazione di carica) che, prescindendo dalle caratteristiche materiche e costruttive della muratura, affida l'azione di interruzione della risalita al meccanismo della "neutralizzazione di carica"

dell'acqua, riuscendo così a superare i limiti palesati dai sistemi elettrofisici.

A conferma della validità del metodo, nel presente lavoro si illustra il caso studio rappresentato dall'applicazione di un impianto CNT, nell'ambito dell'intervento di restauro e recupero luministico presso la storica chiesa della Confraternita della Misericordia in Torino. Tale applicazione - inserita nel Progetto di ricerca CNT-APPs che, oltre allo scrivente, vede coinvolti ricercatori di varie università – ha consentito di porre le basi per il rifacimento totale degli intonaci sulle porzioni di involucro esterno ed interno ed il rifacimento delle superfici a pavimento che hanno riacquisito l'originale rivestimento lapideo previa la collocazione di impianto radiante a pavimento collegato a sonde geotermiche.

L'applicazione della CNT è inoltre stata propedeutica all'appena concluso intervento di riqualificazione degli spazi del piano interrato sottostante alcune aree costituenti il complesso monumentale della chiesa e dei suoi annessi. Tali spazi, che in precedenza versavano in condizioni di estremo degrado e fortissima umidità, attualmente recuperati, sono stati finalmente adibiti alla conservazione degli importanti fondi archivistici e reperti storici della Confraternita.

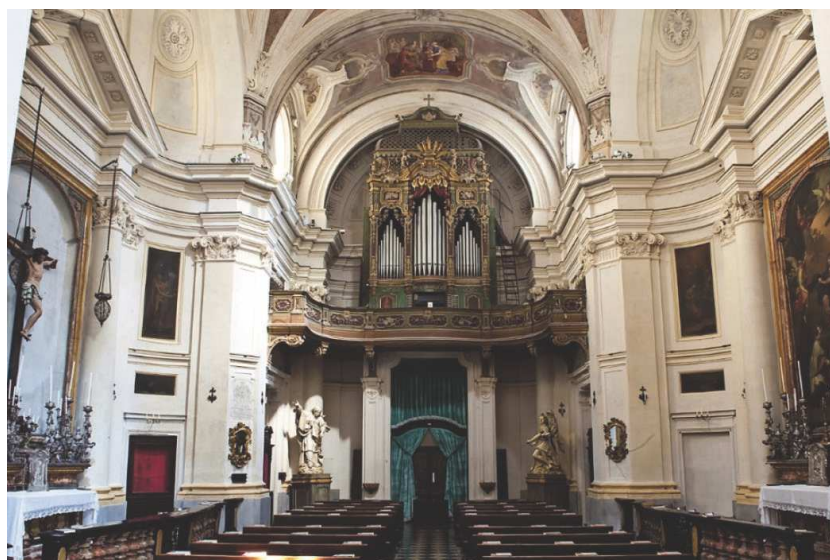


Fig.1 – La chiesa della Confraternita della Misericordia in Torino, nei cui spazi al piano interrato è stata applicata la tecnologia CNT oggetto del presente studio.

Premessa

Intervenire “a un certo momento” della storia di un monumento significa instaurare un dialogo che possa contenere “le storie” che hanno contraddistinto varie fasi della vita del monumento stesso. Significa riflettere sugli eventi che ne hanno segnato il crescere e il mutarsi, ma altrettanto significa trascriverne i pensieri dei protagonisti che hanno plasmato prima dell'immagine, “l'aura” del monumento, il suo spirito fatto di sogni, di delusioni individuali e collettive, di frustrazioni, di crolli, di oblio, di interruzioni per mancanza di fondi e di nuove rinascite sino all'attimo in cui – perché nel flusso infinito del tempo di attimo si può parlare – interveniamo noi, ovvero la nostra idea di progetto di restauro con la sua scientificità, il suo rigore e la sua dose di arbitrarietà, di rischio più o meno calcolato, di scommessa verso un futuro che si vuole ridare a ciò che vive soprattutto grazie alla propria immagine passata.

Cenni storici sulle vicende tecniche e costruttive della chiesa Confraternita della Misericordia

La Confraternita della Misericordia, sorta tra le più antiche in Torino, dedita alla cura e all'assistenza dei carcerati condannati a morte, al loro conforto materiale e spirituale e, nel caso assai raro essi ricevessero la grazia, al loro reinserimento sociale, opera con una sua sede, intorno alla fine del Seicento, ospite della chiesa di San Dalmazzo preso la via Dora Grossa (ora via Garibaldi all'interno del sedime dell'antico castrum romano). Screzi non più sanabili con i padri barnabiti insediati presso San Dalmazzo costringono la confraternita a un trasloco verso la chiesa dell'Ospedale di Carità presso il ghetto ebraico. Inizialmente la convivenza risulta attuabile, ma già verso il 1718 incompatibilità ambientali con la comunità ebraica, praticamente attigua alla chiesa dell'Ospedale, spingono la confraternita a una serrata trattativa con le monache di Santa Croce per l'acquisto della loro chiesa e del loro monastero posti all'asta. Le risorse economiche per l'acquisto dovrebbero però provenire dalla vendita della precedente sede, e nel protrarsi dei tempi di esecuzione di tale transazione le monache demoliscono una parte delle volumetrie attigue alla loro chiesa. Solo intorno al 1720 si giunge a un accordo tra le parti contraenti, ovvero ad una compravendita che annulla anche un contratto stipulato dalle monache di Santa Croce con la Confraternita del Santo Sudario, ovvero dell'importante confraternita custode della storia e delle testimonianze riguardanti la Sacra Sindone. La Confraternita della Misericordia incomincia subito alcune opere di adattamento e abbellimento, ma la ristrettezza dei fondi disponibili e la spesa per l'acquisto di alcune case presso l'edificio principale, per poter dare più spazio e più luce nell'angusta collocazione di strette vie del centro storico cittadino, conducono a una scarsa manutenzione dell'edificio che addirittura, nel 1751, a una visita di esperti, risulta vicino al rischio di crollo nell'area della copertura. Incaricato della consulenza è un gruppo di professionisti tra cui spiccano l'ingegnere Gian Giacomo Plantery (1680-1756) e il conte architetto Filippo Nicolis di Robilant (1722-1801). Plantery è ormai uno dei più esperti e importanti professionisti sulla scena torinese, zio di Bernardo Vittone (1702-1770) e suo mentore e maestro nell'arte del costruire. Straordinario costruttore e inventore di nuove articolazioni degli spazi voltati (sue sono denominate dal Cavallari Murat le famose volte planteriane) ha già realizzato uno dei più fastosi e giustamente famosi palazzi di città su committenza della nobiltà inurbata per volere del re; quel Palazzo Saluzzo di Paesana che costituirà un archetipo sia per la monumentalità, capace di occupare un intero isolato, sia per la modernità funzionale che nell'articolazione degli spazi di rappresentanza e dei collegamenti verticali anticipa i palazzi da reddito ottocenteschi. Vittone sta seguendo a poche centinaia di metri il cantiere della chiesa di Santa Maria di Piazza e ha già progettato e realizzato lo straordinario santuario della Visitazione al Vallinotto (1738-1739) vicino Carignano, nel quale il tema degli archi intrecciati della cupola presso la basilica di San Lorenzo firmata del padre teatino Guarino Guarini rivive in una nuova articolazione spaziale e luministica. Il Plantery lascia una pianta per la ripulitura della chiesa, Vittone un progetto per la sistemazione dell'altar maggiore (1743), ma è Nicolis di Robilant che viene investito del delicato compito di recuperare le pericolanti strutture della copertura, ampliare in altezza l'edificio, proporre una nuova facciata e soprattutto una nuovo tiburio. Le cronache del ricchissimo regesto della confraternita ci restituiscono tutta la complessità del cantiere, le sue interruzioni e le sue ambiguità con i progetti dello stesso Di Robilant modificati in corso d'opera e ampliati con una sintesi, ovvero un abilissimo sincretismo tra elementi della cupola minore di San

Lorenzo (impostata su geometrie esagonali come la Misericordia) e gli effetti luministici del Vallinotto e dello stesso San Lorenzo per le aperture attraverso gli archi intrecciati. Altrettanto straordinaria è l'azione di "foratura" della cupola sovrastante l'aula chiesa occupata dai fedeli. Anziché operarvi in analogia vittoniana una perforazione dei pennacchi, pratica resa impossibile dall'imposta della volta troppo ribassata e priva del supporto murario presente in Santa Maria di Piazza e nel San Bernardino di Chieri, Nicolis di Robilant escogita uno straordinario artificio collegando la porzione superiore della calotta della volta con l'esterno tramite quattro canali ellittici a geometria variabile. In pratica costruisce quattro cilindri a tronco di cono a sezione decrescente che collegano la volta alla falda di copertura e qui, dall'esterno, vi assumono l'aspetto di quattro abbaini che rimandano a quelli dei piani mansardati degli edifici di civile abitazione attigui la chiesa. Il risultato è un originalissimo strumento di luce che accresce la percezione e la profondità dei volumi con il mutare dell'irraggiamento solare nel corso della giornata e delle stagioni. Il dialogo tra lo spazio della prima volta sovrastante l'aula e quello del presbiterio sovrastato dal tamburo e dalla cupola ad archi intrecciati si compie in un'ascensione sia verticale sia orizzontale dell'effetto luministico, realizzando una felice sintesi di quella mistica tardo barocca che proprio in questa rappresentazione fisica del valore simbolico spirituale concentra i suoi migliori esiti espressivi.

Ripercorrere la storia qui riassunta nei suoi aspetti tecnico-costruttivi, di magistero, materiali e infine luministici è stato l'obiettivo e il risultato del restauro.

Area presbiteriale

L'area presbiteriale è sovrastata da un sistema costituito da un tamburo ellittico caratterizzato da sei finestre comprese entro un sistema costolato aperto in sommità verso un cupolino che nel tempo fu completamente tamponato. L'intreccio delle suddette costolature tamponate fu poi decorato con figure riproducenti putti alati che nella loro porzione superiore all'estradosso denunciavano la tamponatura in forma di pentagoni costituita da un foglio laterizio e malta di calce. Tali pentagoni erano connessi visivamente e luministicamente con altrettante finestre comunicanti verso l'esterno e collocate nella parte sommitale del tamburo. La conformazione di questi ultimi varchi finestrati si presenta all'intradosso del cupolino a forma ellittica e sulla parte esterna del tamburo con una forma a semilunetta. Delle sei finestre tamponate sulla porzione sommitale del tamburo, quattro presentano una strombatura esterna ed un tamponamento variabile tra i 14 e i 16 cm (un mattone accompagnato dallo spessore della malta). Le due finestre rimanenti sono invece completamente tamponate sull'intero spessore del tamburo con valori variabili tra i 40 e i 42 cm (un mattone di fascia più uno di testa accompagnati dallo spessore della malta).

Si denomineranno per maggiore semplicità tamponatura di tipo A quella di 12/14 cm e tamponatura di tipo B quella di 40/42 cm.

Opere di presidio per lo svolgimento in sicurezza dell'eliminazione di tamponature e superfetazioni

Per prevenire ogni possibile movimento incontrollato di assestamento degli elementi murari nelle diverse fasi descritte ai punti successivi si è prescritta la collocazione di un sistema di elementi contenitivi a presidio strutturale. Tale presidio si è connotato mediante il posizionamento di una doppia cintura realizzata in piatti di acciaio sagomati previo rilievo topografico, all'esterno del tamburo, rispettivamente nella parte sommitale sotto

cornice e nella parte basamentale del tamburo medesimo in prossimità delle falde. Come evidenziato dall'allegato grafico, le cinture metalliche permettono una distribuzione dei carichi mediante elementi verticali costituiti da profili UPN 100. Sia gli elementi verticali, completamente dissimulati dalla collocazione dei pluviali, sia le cinture sono poggiati su un letto di malta a basso ritiro con scopo di regolarizzazione degli sforzi. Tale malta è resa indistinguibile dallo sfondo in laterizio mediante opportuna colorazione in pasta ad hoc. La fase di collocazione del sistema a presidio esterno del tamburo ha preceduto ogni operazione di eliminazione delle tamponature sulle finestre.

Fasi di intervento per la liberazione dalla tamponatura – Tamponature di tipo A

1. Tracciamento mediante foratura con fioretto (punta 16/18) dall'interno verso l'esterno della sagoma di ogni finestra adeguandosi alla traccia ellittica riscontrabile e denunciata dalla cavillatura sugli intonaci.
2. Intervento di eliminazione della tamponatura:
 - 2.a. Taglio mediante flessibile della muratura dall'esterno seguendo la sagoma individuata dal tracciamento di cui al punto 1.
 - 2.b. Introduzione cornice in acciaio spessore 8/10 mm realizzata in piatto sagomato fuori cantiere su dima.
 - 2.c. Fissaggio e inzeppatura mediante malta a basso ritiro della cornice in acciaio per solidarizzarle e farla collaborare con la muratura.
 - 2.d. Asportazione della muratura di tamponamento e fissaggio di zanche consolidanti o mediante tassellatura "chimica" o con zanche saldate in opera.

Fasi di intervento per la liberazione dalla tamponatura – Tamponature di tipo B

1. Tracciamento come al punto 1 precedente.
2. Fasi 2.a./2.b./2.c. come al punto precedente.
 - 2.b. Realizzazione di cornice metallica su dima ricavata dalle sagome esterne delle tamponature di tipo A. tale cornice presenterà una profondità di circa 12-15 cm e sarà posizionata secondo un perimetro più largo di circa 2 cm rispetto agli originali per consentire una sua mascheratura, mediante intonaco che la renda omogenea con gli alti profili strombati delle finestre di tipo A.
3. Seguendo la sagoma data dal tracciamento si ripete l'operazione di collocazione di una seconda cornice partendo dall'interno e vincolandola alla prima nei punti di tangenza con saldatura in opera.

N.b.: le due sagome delle cornici per le tamponature di tipo B sono diverse: a mezzaluna quelle esterne ed ellittiche quelle interne.

Serramenti

Tutti i serramenti sono realizzati mediante un profilo metallico ad L saldato e solidale con le cornici ellittiche lungo l'intero perimetro. La specchiatura è poi divisa in quattro campi da un profilo a T in ferro finestra rivolto con la battuta all'interno. La sigillatura delle vetrate è collocata all'interno per ritardarne il degrado dovuto agli UV e agli agenti atmosferici, le vetrate sono conformi alla campionatura selezionata dalla Soprintendenza con la collocazione di uno strato di separazione in neoprene tra le lastre in vetro e la porzione orizzontale del profilo a T per consentire un maggior gioco e dilatazione degli elementi.

Aula centrale

L'aula centrale presenta, in corrispondenza dei quattro settori di vertice angolare posti in zona meridiana della calotta, quattro tamponature di forma ellittica. Tali tamponature sono a loro volta collocate sulla trama di un preesistente serramento comunicante attraverso un volume a tronco di cono direttamente verso l'esterno della copertura. L'eliminazione di tali coperture atte a ristabilire il flusso luminoso anche a questa porzione della struttura voltata, si effettuerà a valle delle operazioni di "strappo" delle superfici decorative da parte dell'impresa di restauro. Le operazioni di collocazione dei nuovi serramenti hanno verificato la possibilità di conservazione e recupero dei telai e controtelai posizionati sotto lo strato di intonaco decorato. La collocazione dei serramenti esterni in ferro finestra e vetro ha seguito le medesime modalità descritte per la liberazione delle tamponature sul tamburo dell'area presbiteriale.

Parallelamente alle opere di eliminazione delle tamponature e superfetazioni presso tiburio e aula si è contemporaneamente operato con un'attenta rimozione delle patine e delle tinteggiature incongrue, per lo più risalenti al primo dopoguerra del 900, di tutto l'apparato decorativo verticale della chiesa.

Le opere di recupero e di restauro sono evolute secondo una programmazione pluriennale articolata in lotti successivi funzionali ed esaustivi al recupero dell'immagine e dei valori artistico architettonici delle singole parti.

Nella prima fase definita Lotto A, sopradescritta, si è operato per attuare una onnicomprensiva azione di recupero filologico storicamente fedele alle vicende occorse al monumento. In particolare si è intervenuti sui cicli pittorici e decorativi delle cupole e delle pareti costituenti inquadramento e delineazione architettonica dei dipinti degli arredi sacri e degli apparati decorativi ad essi collegati. Il principale obiettivo raggiunto nella prima fase è sicuramente la riconfigurazione luministica operata sul tamburo e sulla cupola sovrastanti l'area presbiteriale mediante la liberazione delle superfetazioni e delle tamponature che ne impedivano una chiara percezione e comprensione fedele rispetto al progetto originale del Nicolis di Robilant.

Nel lotto B si è operato maggiormente nella direzione del recupero di tutte le superfici a pavimento con la contemporanea realizzazione di una nuova distribuzione impiantistica consistente in elementi radianti a bassa temperatura a pavimento alimentati da una centrale geotermica. Il consolidamento strutturale e il restauro delle balaustre marmoree ha anticipato gli interventi che verranno effettuati in futuro sugli altari laterali e su quello principale. Sempre nel lotto B si è operato all'esterno sulla parete laterale esterna prospiciente l'edificio di civile abitazione al numero civico 39 di via Barbaroux con una rimozione delle porzioni in malta a base cementizia e con la stesura di un ciclo di risanamento della linea Ex Novo a base di calce idraulica naturale della ditta Fassa Bortolo. Il medesimo ciclo Fassa Bortolo è stato applicato in ogni porzione di intervento sulle superfici ad intonaco interessate dal restauro.

Nel lotto C si è intervenuti presso le aree attigue e di servizio all'aula chiesa e più precisamente presso il vestibolo di accesso alla sala capitolare (stucchi e apparato decorativo volta e pareti), presso la sala capitolare medesima (stucchi, affresco e apparato decorativo della volta, apparati lignei di conservazione dei paramenti sacri, pavimentazione con implementazione impiantistica) presso il "corridoio dei ritratti" ovvero il corridoio di collegamento tra il vestibolo e l'altare del crocifisso nell'aula chiesa (superfici ad intonaco e pavimentazione) e presso il terrazzo esterno di copertura del vestibolo (impermeabilizzazione

delle superfici e collocazione di pavimentazione lapidea).

Le opere del lotto C, una volta ultimate, hanno consentito, con l'indispensabile aiuto dei volontari e dei confratelli della Confraternita, di inserire la chiesa nei percorsi devozionali di visita collegati alla recente (giugno-ottobre 2015) ostensione straordinaria della Sacra Sindone nel Duomo di Torino.

Infine il termine dei lavori e l'apertura al pubblico, suggellata dall'inaugurazione del settembre 2019, degli spazi sotterranei dedicati ad una sala incontri-conferenze e agli spazi disponibili per studiosi e ricercatori interessati alla consultazione dell'archivio, hanno concluso un ciclo pluridecennale di recupero e restauro.

Si illustrano qui di seguito alcune immagini rappresentative degli interventi più significativi.



Figg.2, 3 - Tamburo e cupola sovrastante l'area presbiteriale prima e dopo dell'intervento di restauro

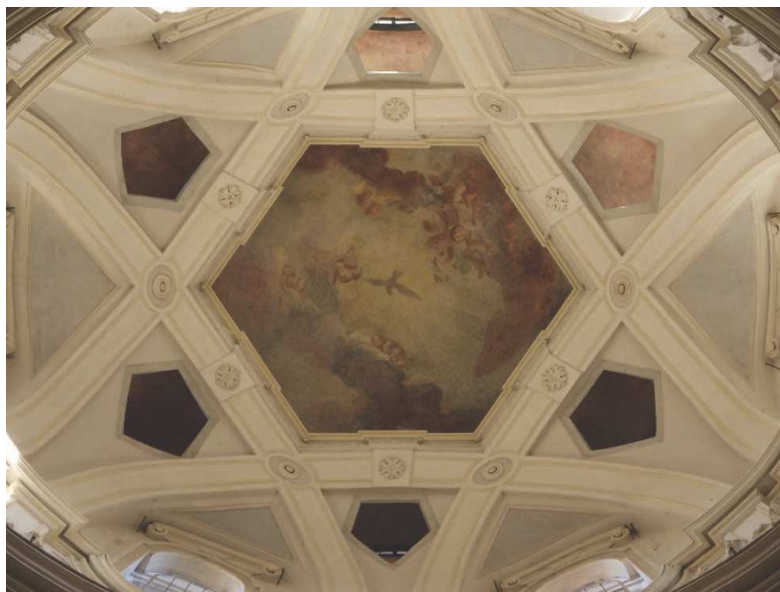


Fig.3A – Particolare della foto 3



Figg.4, 5 – Volta sovrastante l'aula prima e dopo l'intervento di restauro



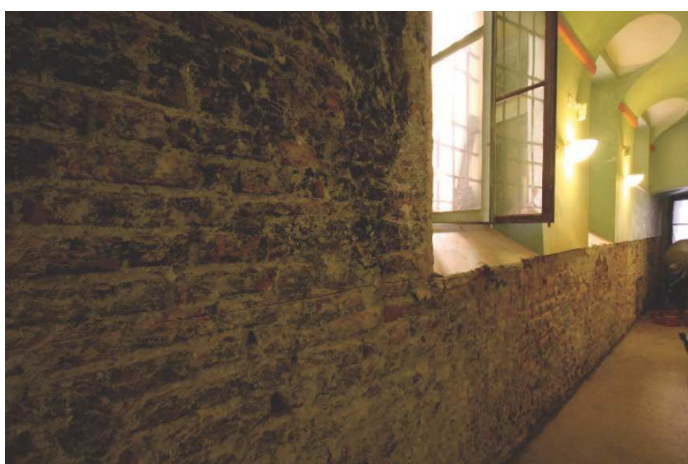
Fig.6 – Tamponatura di uno dei quattro abbaini sopra l'aula



Fig.7 – Fase di liberazione della tamponatura di uno dei quattro abbaini sopra l’aula



Figg.8, 9, 10 – Finestra del tamburo liberata della tamponatura, fissaggio del telaio strutturale di cerchiaggio della finestra sul tamburo, serramento e telaio strutturale delle finestre sul tamburo.



Figg.11, 12 – Corridoio dei ritratti durante il risanamento delle malte cementizie e dopo il restauro effettuato con la stesura di nuovi intonaci a base calce idraulica naturale.



Figg.13, 14 – Posa degli elementi di riscaldamento radiante nella sacrestia durante e al termine del restauro.



Fig.15 – fase di “strappo” delle superfici decorate precedente all’apertura delle finestre di collegamento luministico con l’abbaino sovrastante la volta dell’aula chiesa.



Figg.16, 17 – Facciata esterna laterale prima e dopo il restauro.

Eliminazione dell'umidità muraria da risalita capillare mediante applicazione del sistema CNT

Parallelamente alle opere di recupero e di restauro sopra descritte la Confraternita procedeva, supportata da autorevoli consulenti, alla catalogazione e al riordino di tutti i suoi fondi archivistici rendendo possibile un'agevole consultazione dei medesimi agli studiosi. Mancando però uno spazio fisico dedicato alla conservazione di reperti e fondi storici così importanti, la Confraternita sta sviluppando un progetto di riordino degli spazi del piano interrato accessibili dalla chintana a fianco della chiesa medesima.

La prima fase di tale progetto ha previsto la sperimentazione ed il monitoraggio, a cura del Dipartimento di Ingegneria Strutturale Edile e Geotecnica del Politecnico di Torino, di un intervento di contrasto del fenomeno di risalita capillare con il sistema denominato "Tecnologia a neutralizzazione di carica" (CNT) sviluppato e prodotto dalle aziende Leonardo Solutions e Domodry.

Il sistema CNT, agente in base al principio della "neutralizzazione di carica", inibisce la tendenza delle molecole d'acqua a polarizzarsi per effetto del campo elettrico esercitato dalla muratura, facendo in modo che rimangano globalmente neutre (ovvero non polarizzate) come normalmente sono in assenza di campi elettrici esterni. In tal modo, il fenomeno della risalita capillare viene interrotto alla radice, ovvero su tutte le sezioni di contatto tra muratura e terreno e, conseguentemente, l'acqua in eccesso presente nella muratura tende a smaltirsi spontaneamente per naturale evaporazione. Una volta terminato il processo di asciugatura, la CNT continua ad esplicare l'azione di prevenzione anti-risalita garantendo il mantenimento permanente dello stato di equilibrio al valore di contenuto umido fisiologico del materiale costituente la muratura.

Per la riqualificazione e recupero degli spazi al piano interrato sottostante l'aula centrale della chiesa - spazi caratterizzati, come detto, da condizioni di estremo degrado a causa della fortissima umidità da risalita ivi preesistente - nel maggio 2015 è stato quindi installato l'impianto CNT costituito da n°1 apparecchio con Raggio d'azione di 15 m, come da schema planimetrico in Fig. 18.

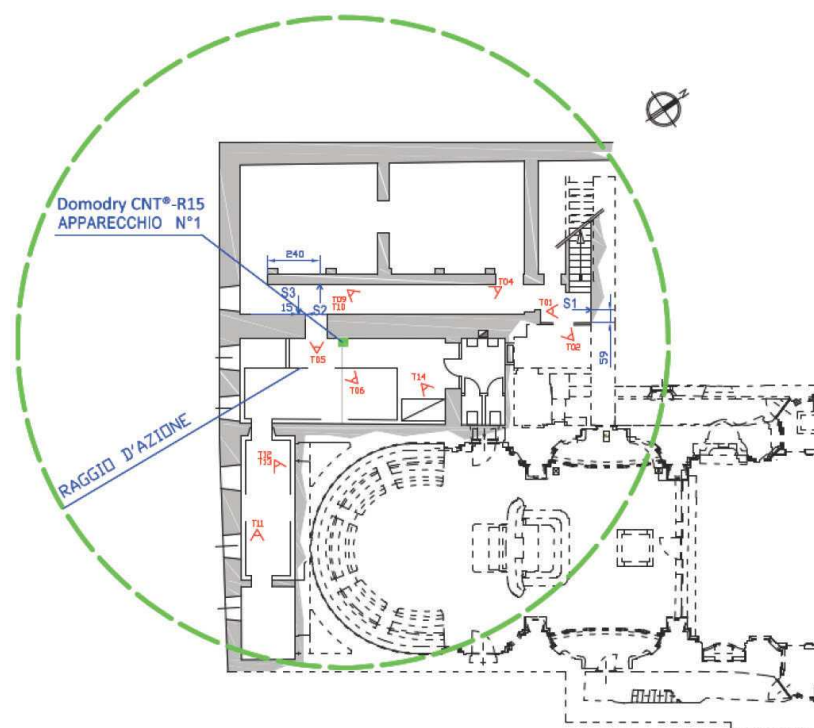


Fig.18 – Schema planimetrico di installazione del sistema CNT

A seguito dell'installazione è stata quindi avviata la verifica sperimentale della fase di asciugamento delle murature, tramite il seguente protocollo:

- acquisizione e comparazione nel tempo di immagini termografiche, riprese su zone campione di muri e pareti ricadenti all'interno del raggio d'azione dell'impianto CNT;
- ripetizione delle termografie con cadenza annuale, in modo da rispettare le alternanze stagionali al fine di rendere facilmente confrontabili le palette cromatiche rilevate, suscettibili alla variazione dei parametri termo-igrometrici ambientali;
- integrazione delle termografie con misurazione puntuale dei contenuti umidi del solido murario mediante prove eseguite secondo la procedura indicata dalla norma UNI 11121 (misurazione con igrometro a carburo di calcio) – cfr. grafico di Fig. 19.

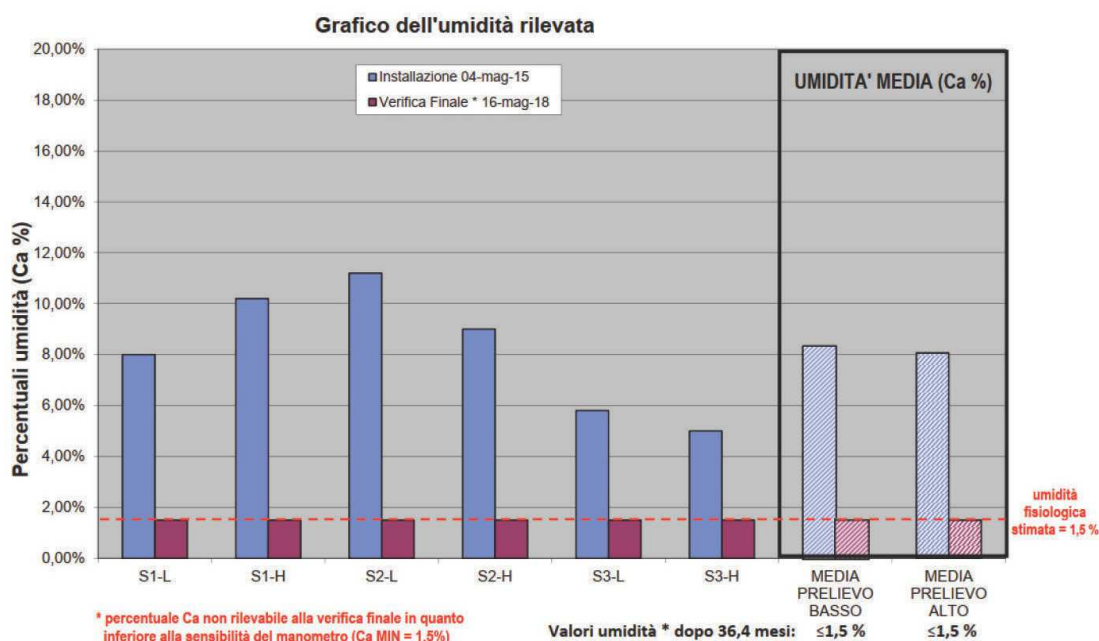


Fig.19 – Grafico di confronto dei contenuti umidi del solido murario ad installazione e a verifica finale

La verifica termografica finale effettuata nel maggio 2018, a tre anni dall'installazione dell'impianto CNT, ha evidenziato la definitiva scomparsa della pregressa umidità muraria da risalita capillare in tutte le zone campione poste sotto osservazione (cfr. Fig. 20 in cui è illustrato un esempio di scheda termografica), come peraltro confermato anche dalle misurazioni puntuali (Fig. 19) che mostrano il raggiungimento di valori residui di contenuto umido inferiori all'1,5% e dunque corrispondenti all'umidità fisiologica del materiale (mattoni pieni) costituente le murature.

Il mantenimento in funzione dell'impianto CNT, impedendo e prevenendo la ripresa dei fenomeni di risalita capillare, consentirà di garantire la permanenza delle condizioni di equilibrio igrometrico raggiunte dalla muratura, e ciò potrà essere riscontrato tramite futuri controlli e verifiche nelle medesime zone campione già poste sotto osservazione nella campagna sperimentale qui descritta.

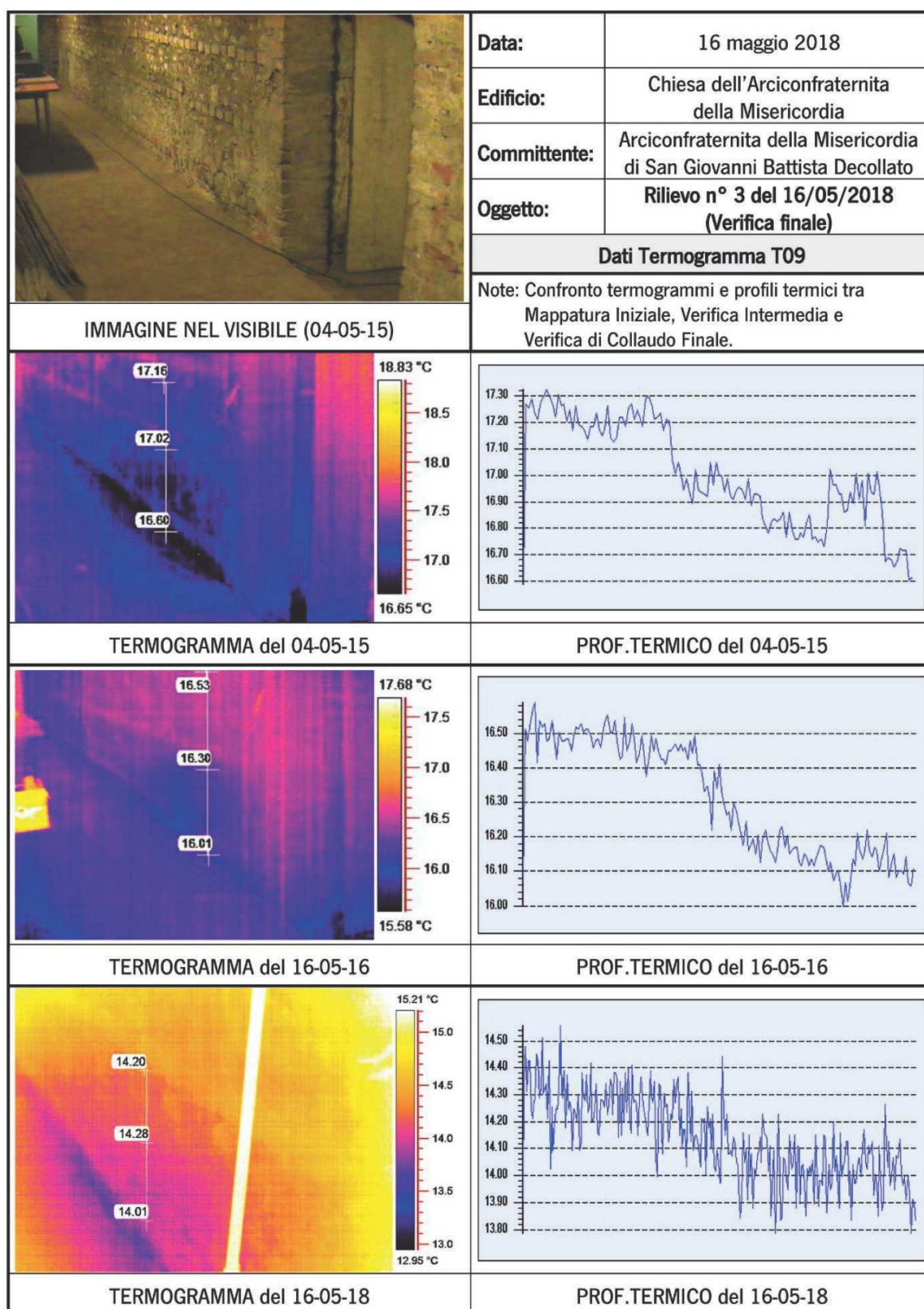


Fig.20 – Esempio di scheda termografica con raffronto temporale tra mappatura iniziale, verifica intermedia e verifica di collaudo finale

Riferimenti bibliografici

- [1] Codacci Pisanelli B. (Direzione Generale Ministero per i Beni e le Attività Culturali), *“Tutela del Patrimonio Storico: priorità degli interventi di deumidificazione. Esempio del restauro della chiesa di San Matteo in Lecce”*, Atti del Convegno Unesco *“METODO SCIENTIFICO ED INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER LA SALVAGUARDIA E RECUPERO DEL PATRIMONIO STORICO.”*, Ragusa Ibla 5 e 6 ottobre 2012, Comune di Ragusa.
- [2] Zavarise G., Congedo P., D’Agostino D. (Università del Salento, Dipartimento di Ingegneria dell’Innovazione), *“L’umidità di risalita capillare negli edifici in pietra leccese: fenomeni di degrado fisico-chimico indotti sulle murature e casi applicativi del sistema a neutralizzazione di carica in edifici storici a Lecce”*, Atti del Convegno Unesco *“METODO SCIENTIFICO ED INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER LA SALVAGUARDIA E RECUPERO DEL PATRIMONIO STORICO”*, Ragusa Ibla 5 e 6 ottobre 2012, Comune di Ragusa.
- [3] Rossetto M. (Direttore Tecnico di Leonardo Solutions – Domodry), *“Capillary rising damp in historical buildings: charge neutralization technology - a needful zero-impact instrument to prevent and resolve the problem once and for all”*, Atti del Congresso scientifico *“BUILT HERITAGE 2013: Monitoring Conservation Management”*, Politecnico di Milano 18-20 novembre 2013.
- [4] Favaro T, Trovò F. (Soprintendenza di Venezia e Laguna), 2015, *“I problemi di umidità di risalita a Venezia: sperimentazione del sistema CNT nell’ambito del restauro della chiesa di S. Antonin”*, Rivista online *“Siti Unesco”*.
- [5] Castelluccio R., Vitiello V. (Università degli Studi di Napoli Federico II), *“Deleting of rising damp in the archaeological site of Piazza Armerina through the application of the technology by neutralising electrical charge T.N.C.”*, Atti del XIV International Forum of Studies ‘Le Vie dei Mercanti’ WORLD HERITAGE AND DEGRADATION, Naples and Capri, 16-18 June 2016.
- [6] Castelluccio R., Vitiello V. (Università degli Studi di Napoli Federico II), Rossetto M. (Leonardo Solutions - Domodry), *“Heritage 4.0. Cultural sites the integrated system C.N.T. for rising damp diagnosis - recovery – monitoring”*, Atti del IX Convegno Internazionale AIES *“diagnosis for the conservation and valorization of cultural heritage”* - Napoli 13-14 dicembre 2018.
- [7] V. Vitiello e R. Castelluccio (Università degli Studi di Napoli Federico II), *“Il risanamento delle murature affette da umidità da risalita capillare - Il Metodo CNT”*, Luciano Editore: Napoli, pp.75-95, 2019