

Patrocini richiesti |
Required sponsorships



Ministero dello
Sviluppo Economico



Ministero dell'Istruzione,
dell'Università e della Ricerca



Ministero della Salute



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 Research Project | Applications

Partenariato universitario | Academic partnership.



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 delle murature dall'umidità di risalita capillare: casi applicativi della tecnologia a neutralizzazione di carica in edifici di interesse nazionale.

Bianca Codacci Pisanelli

Arch. PhD. Ingegneria Strutturale – Segretariato Generale MiBAC

Sommario: Nell'ambito delle tecniche non invasive per il risanamento di murature storiche affette da umidità di risalita, i casi applicativi della tecnologia a neutralizzazione di carica (CNT) in edifici di interesse nazionale, qui illustrati, confermano efficacia e vantaggi di questo metodo innovativo, peraltro già avvalorato da un decennio di osservazioni sperimentali.

Introduzione

L'umidità da risalita capillare costituisce una delle patologie più gravi e più frequenti negli interventi di restauro su immobili e strutture di qualsiasi epoca. Sottovalutare il problema in fase di progetto, quanto il non affrontarlo correttamente in fase esecutiva, equivale ad esporre a rischio di degrado accelerato l'intero restauro una volta ultimato, a tutto discapito delle risorse – spesso ingenti – che devono essere impegnate per la realizzazione del restauro stesso.

Posto che l'intervento di risanamento deve rispettare determinati requisiti di minima – o possibilmente nulla – invasività ai fini della massima compatibilità e salvaguardia di materiali originali e testimonianze storiche, la corretta definizione dell'intervento di risanamento è da considerarsi fondamentale per la buona riuscita e soprattutto la preservazione del restauro nel tempo.

Entrando nel merito delle tecniche non invasive – per lo più di tipo elettrofisico - a tutt'oggi impiegate per contrastare l'umidità di risalita, sulla base delle osservazioni condotte sul campo da vari studiosi negli ultimi decenni, si è riscontrato che la stragrande maggioranza di tali tecniche ha evidenziato, all'atto pratico, un grado di efficacia solo parziale e/o instabile nel tempo e in ogni caso inferiore ai risultati attesi. Ciò viene imputato al fatto che dette tecniche, mirando a interagire con la muratura in opera, risultano inevitabilmente influenzate dal grado di variabilità ed eterogeneità dei materiali da costruzione, cosa che tende ad alterarne l'effettivo funzionamento rispetto a quello puramente teorico.

L'eccezione a questa “regola” è tuttavia rappresentata dalla più avanzata CNT (acronimo di Charge Neutralization Technology, tecnologia a neutralizzazione di carica) che, in innovazione rispetto alle varie tecniche elettrofisiche, prescinde dal materiale e dalla tecnologia costruttiva della muratura, affidando l'azione di contrasto della risalita al meccanismo della “neutralizzazione di carica” dell'acqua.

Il vantaggio di tale approccio risulta evidente: non essendo in alcun modo influenzata dal comportamento – variabile – del materiale costruttivo, la CNT riesce a neutralizzare la capacità dell'acqua - sostanza perfettamente omogenea - di lasciarsi attrarre dai conci murari, arrestando in tal modo la risalita. L'acqua contenuta in eccesso viene poi smaltita per naturale evaporazione, completando l'asciugamento della muratura.

In un decennio di applicazioni della CNT in edifici di qualsiasi epoca e tipologia costruttiva, le evidenze sperimentali hanno confermato la grande efficacia e validità del metodo, che ha evidenziato pieno successo anche negli interventi di risanamento più complessi e difficili.

A riprova di ciò, nel presente studio si illustrano gli eccellenti risultati forniti dall'applicazione della CNT, anche sotto l'aspetto del mantenimento nel tempo dei risultati stessi, in alcuni importanti edifici di interesse nazionale: Villa Reale di Monza, Palazzo Te, Chiostro di Michelangelo (Museo Nazionale Romano), Museo di Capodimonte, Villa Romana del Casale a Piazza Armerina.

La tecnologia a neutralizzazione di carica (CNT)

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.

Dal punto di vista operativo, l'intervento consiste nell'installazione, all'interno dell'edificio, del dispositivo CNT, un piccolo apparecchio (dim. 24 x 20 x 7,4 cm) a bassissimo consumo elettrico (circa 4 watt) con raggio d'azione sferico da 6 a 15m a seconda del modello. All'interno di tale campo, l'effetto del dispositivo è assicurato su tutte le strutture (muri, tramezzi, solette, ecc.) in esso ricadenti e su tutte le superfici di contatto tra edificio e terreno, senza peraltro che la presenza di pareti e/o strutture interne possa ostacolare l'azione (Fig.1).

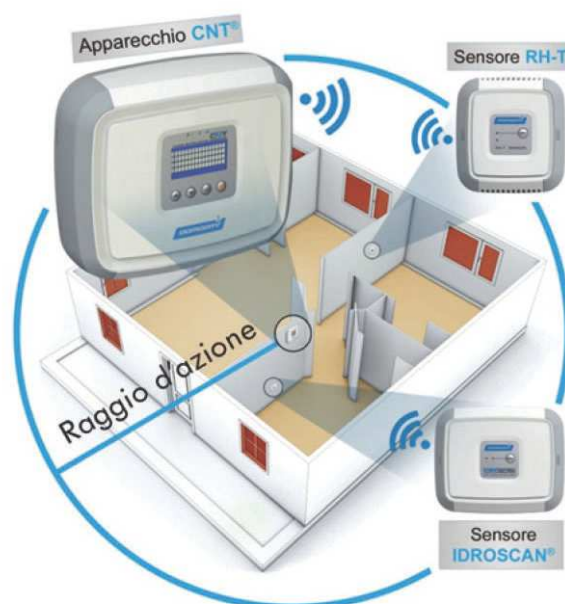


Fig.1 – Sistema CNT® completo di sensori di monitoraggio

L'apparecchio CNT può essere integrato dall'installazione di sensori (opzionali) in grado di monitorare sia le variazioni dei valori di temperatura e umidità dell'aria indoor (mediante sonde Ur-T), sia le variazioni del contenuto di acqua interno allo spessore murario (mediante sonde non invasive IDROSCAN), utili ad esempio per la previsione dei tempi di asciugamento delle murature e, più in generale, per il controllo dell'andamento termoigrometrico all'interno di locali contenenti beni e/o manufatti sensibili (pareti affrescate, dipinti, opere d'arte, ecc.).

In base alle dimensioni in pianta dell'edificio, gli apparecchi possono essere installati singolarmente (impianto singolo) o in modo combinato tra loro (impianto multiplo): ciò consente la massima flessibilità e possibilità di adattamento dell'impianto CNT a qualsiasi tipologia di manufatto edilizio, fino al più complesso fabbricato o edificio monumentale. I vantaggi offerti dalla tecnologia CNT rispetto alle tecniche elettrofisiche si fondano non solo sul diverso principio di funzionamento - neutralizzazione di carica vs. inversione di polarità - ma sono suffragati anche dai risultati forniti dalle applicazioni pratiche, in termini sia di efficacia che di efficienza prestazionale del metodo, anche sotto l'aspetto del mantenimento a lungo termine dei risultati raggiunti.

Casi applicativi in edifici di interesse nazionale

Nel presente studio vengono presi in esame alcuni casi applicativi della tecnologia CNT in edifici di interesse nazionale che, anche per la complessità e rilevanza storico-artistica che li contraddistinguono, risultano assai significativi per apprezzare la grande versatilità ed efficacia del sistema.

Dal punto di vista metodologico, l'andamento del processo di asciugamento delle murature è stato controllato con indagine estensiva e non invasiva mediante l'acquisizione e la comparazione nel tempo di immagini termografiche, ripetute in genere con cadenza semestrale o annuale, al fine di rispettare le medesime alternanze stagionali e, in tal modo, rendere più facilmente confrontabili le condizioni termo-igrometriche ambientali sussistenti al momento della battute termografiche.

Per ogni caso studio sono state quindi analizzate le termografie di alcune pareti ricadenti nel raggio d'azione dell'impianto CNT in fase di installazione, verifica intermedia e verifica finale al termine del processo di asciugamento. Quando possibile, l'indagine è stata estesa alle zone limitrofe esterne all'area d'intervento, in maniera tale da ottenere dei "punti di controllo" dello stato igrometrico delle murature "tal quale" in assenza dell'azione esercitata dall'impianto CNT.

Nei casi di impianti installati da 8 o più anni, le termografie di cui sopra sono state ulteriormente ripetute, allo scopo di verificare il mantenimento nel lungo termine del risultato di completo asciugamento delle murature già raggiunto in precedenza.

La verifica prestazionale del metodo CNT è risultata quindi soddisfatta, atteso che l'andamento complessivo delle curve di asciugamento delle murature tende, in tutti i casi osservati e a prescindere dalla natura del materiale costituente le murature stesse, al raggiungimento del valore dell'umidità fisiologica, tipico di una muratura asciutta. Lo studio ha inoltre evidenziato che l'efficacia del metodo è sostanzialmente indipendente dalla tipologia dei materiali, delle tecniche costruttive e delle condizioni termo-igrometriche iniziali degli edifici. Si illustrano di seguito le schede descrittive dei casi studio analizzati.

1. Museo nazionale di Capodimonte a Napoli



Fig.2 – Reggia di Capodimonte a Napoli, sede del Museo nazionale

CENNI STORICI

La reggia di Capodimonte ideata per ospitare la collezione d'arte lasciata a Carlo di Borbone dalla madre Elisabetta Farnese, è stata costruita tra il 1738 ed il 1838, su progetto dell'ingegnere Giovanni Antonio Medrano in collaborazione con l'architetto Antonio Canevari. La Reggia che sveltava su una tenuta di caccia di centoventi ettari è un edificio monumentale a pianta rettangolare. Lungo centosessanta metri e profondo ottantasette, è caratterizzato dai cortili centrali che insistono su tre grandi cisterne, fondamentali per l'approvvigionamento idrico.

DIAGNOSI INIZIALE

Le indagini iniziali effettuate all'interno dell'imponente edificio avevano evidenziato la presenza di fenomeni di umidità da risalita capillare interessanti, con intensità e altezze variabili a seconda delle zone, la totalità dei muri portanti perimetrali e divisori dei locali al piano terra, interrato e nei posti di guardia. L'umidità era percepibile soprattutto sulle superfici murarie interne, ove si evidenziano estese esfoliazioni della pellicola pittorica superficiale, fessurazioni e rigonfiamenti dell'intonaco e diffuse efflorescenze

A fronte del quadro diagnostico sopra descritto, nel maggio 2016 è stato quindi installato l'apposito impianto per la deumidificazione delle murature, costituito complessivamente da n° 16 apparecchi CNT con raggio d'azione di 15 m ciascuno, a copertura della maggior parte delle sale espositive e dei locali tecnici dell'area musiva, come illustrato nello schema planimetrico di Fig. 3.

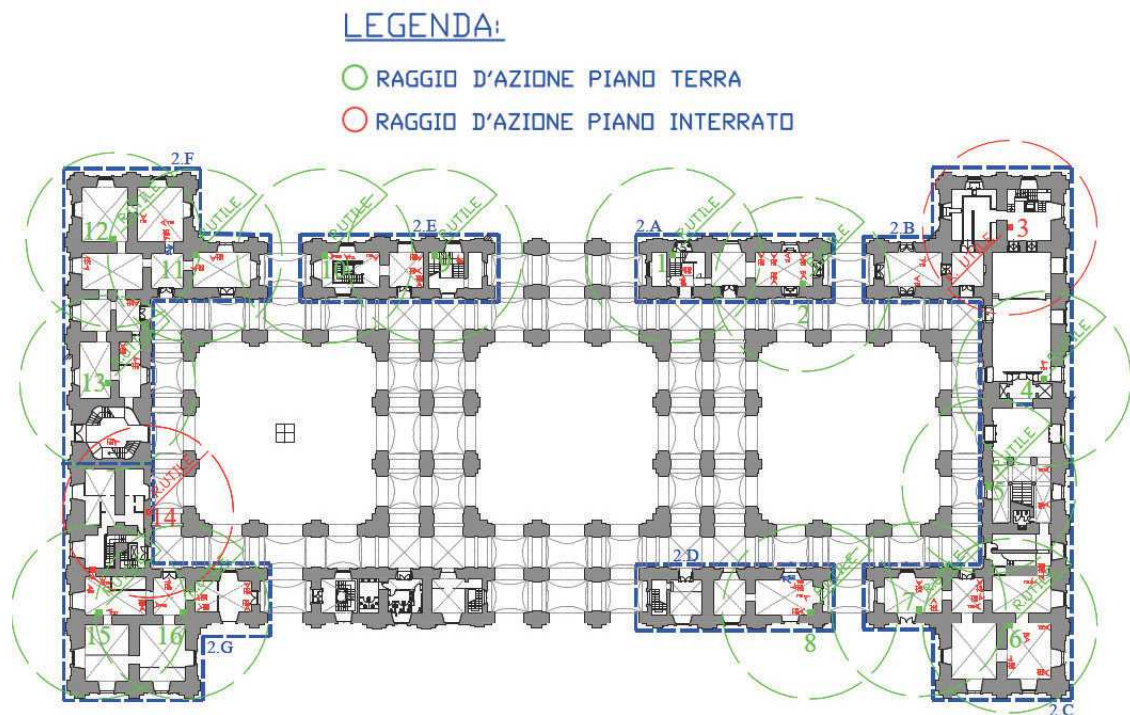


Fig.3 – Museo nazionale di Capodimonte: schema planimetrico impianto CNT

ESITI DELLE VERIFICHE SVOLTE

La verifica intermedia effettuata ad un anno dall'installazione dell'impianto ha evidenziato l'interruzione del fenomeno di risalita capillare e l'avvio della fase di asciugamento delle murature. La successiva verifica termografica di collaudo finale, effettuata nel marzo 2019 a poco meno di tre anni dall'installazione, ha quindi confermato la definitiva regressione e scomparsa dell'umidità di risalita riscontrata inizialmente: a titolo esemplificativo si riporta in Fig.4 una delle schede termografiche relative al presente caso studio.

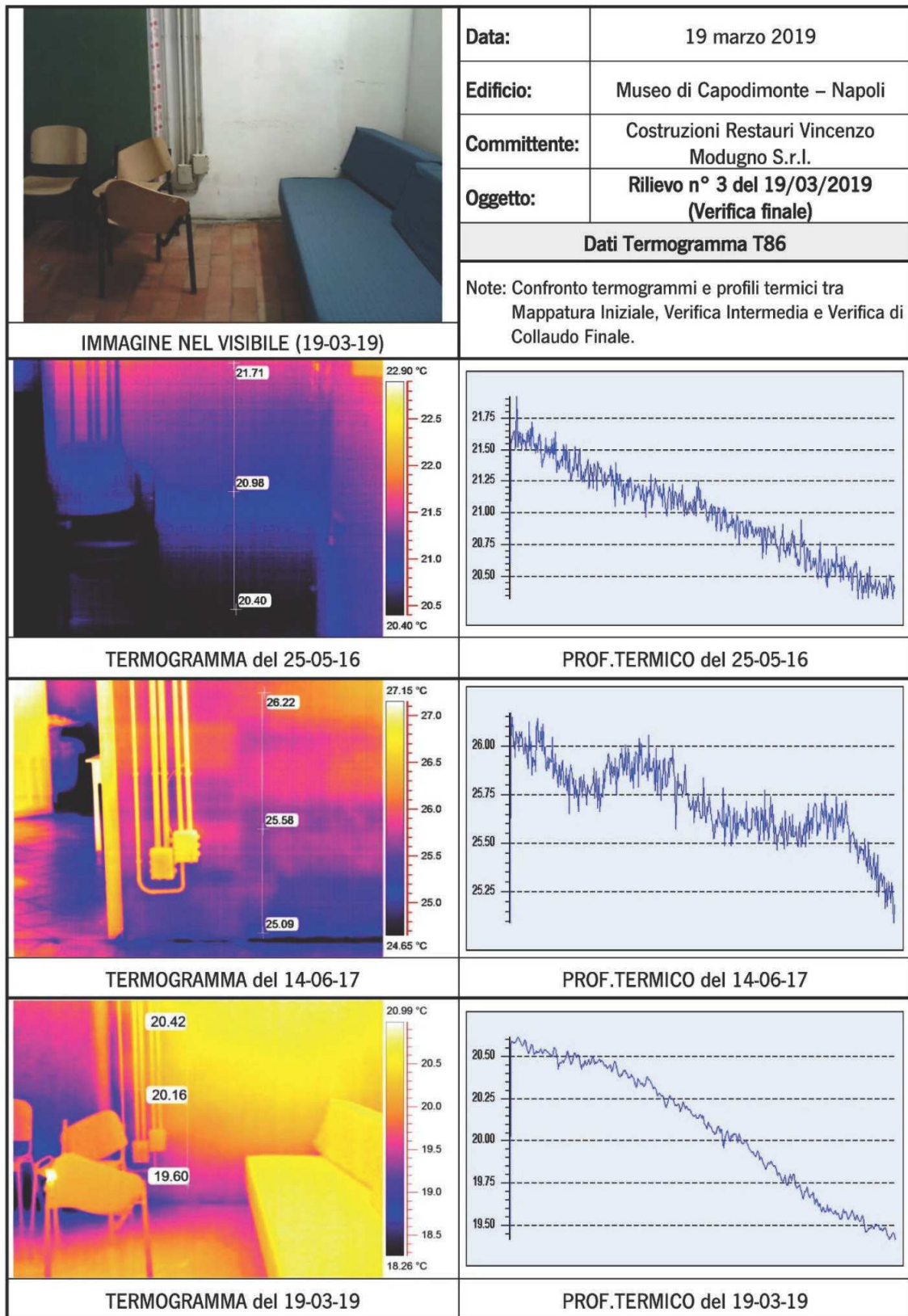


Fig.4 – Esempio di scheda termografica con raffronto temporale tra mappatura iniziale, verifica intermedia e verifica di collaudo finale

2. Palazzo Te a Mantova



Fig.5 – Grande villa di Federico II Gonzaga costruita e decorata da Giulio Romano (1494-1546), sede del Museo civico di Palazzo Te a Mantova

CENNI STORICI

Palazzo Te, tra i più illustri esempi di Architettura del Manierismo, è l'opera più celebre dell'architetto Giulio Romano. Il complesso, costruito tra il 1524 e il 1534 su commissione di Federico II Gonzaga, ideato come luogo di addestramento dei cavalli del Duca, è oggi sede del museo civico e, dal 1990, del Centro Internazionale d'Arte e di Cultura di Palazzo Te, che organizza mostre d'arte antica e moderna e d'architettura.

Il Palazzo è caratterizzato dalla pianta quadrata, al centro della quale si trova un grande cortile. L'impostazione planimetrica è quella tipica delle antiche domus romane, con gli ambienti articolati intorno al cortile centrale. L'ala settentrionale del palazzo è l'antica scuderia gonzaghesca, mentre le Fruttiere e l'Esedra sono state realizzate nel secolo XVII. Le numerose sale del Palazzo sono caratterizzate dai riferimenti mitologici rappresentati sulle pareti. L'appartamento di Isabella Boschetti comprende la Camera delle Metamorfosi, con affreschi di scene mitologiche, la Camera delle Imprese, dove sono riportate 14 imprese gonzaghesche dipinte su scudi retti da putti, la Camera del Sole e della Luna, dipinti al centro della volta ed attornati da 192 lacunari in stucco, con Apollo che guida Il carro del Sole. La Loggia delle Muse immette nell'appartamento di Federico II, dove si trova la Sala più ampia del Palazzo dedicata ai Cavalli, con bassorilievi raffiguranti le fatiche di Ercole. Sulle pareti della Camera dei Giganti è dipinto il crollo della torre che i Giganti avevano costruito per raggiungere l'Olimpo degli dei e detronizzare Giove, raffigurato mentre scaglia fulmini.

DIAGNOSI INIZIALE

A fronte di una grave problematica quale quella dell'umidità ascendente che da epoca storica affliggeva l'edificio, nel corso di vari anni erano stati sperimentati a Palazzo Te diversi sistemi alternativi (in particolare: un impianto ad elettrosmosi nella Camera dei

Giganti ed un apparecchio elettrofisico ad inversione di polarità nella zona d'ingresso del museo) che non avevano dato risultati apprezzabili o, comunque, definitivi. L'Amministrazione di Palazzo Te aveva dunque richiesto di dismettere i precedenti sistemi, sostituendoli con l'installazione, nelle medesime zone, della tecnologia CNT.

Le indagini diagnostiche propedeutiche all'intervento, svolte nel 2009 nell'edificio, avevano in effetti evidenziato, anche nelle zone già interessate dai precedenti sistemi di deumidificazione, la presenza di una forte aggressione da parte dell'acqua di risalita capillare sull'opera muraria (muratura storica in mattoni e malta di calce). Il fenomeno interessava sia le pareti perimetrali che quelle divisorie, con un avanzato stato di degrado delle superfici a vista, testimoniato da diffuse esfoliazioni delle pitture ed efflorescenze saline, per un'altezza da pavimento variabile da 1,0 a 1,5 m circa a seconda delle zone.

L'origine dei fenomeni di risalita capillare sopra descritti era riconducibile alla natura dei terreni (antica zona paludosa e lacustre) su cui insiste l'edificio, in relazione alle caratteristiche costruttive e all'età dell'edificio stesso: l'abbondante presenza d'acqua nel sottosuolo, a breve profondità dal piano di campagna, favorisce un richiamo e un ristagno d'acqua nella zona su cui insistono le fondazioni, da cui appunto si innescava la risalita capillare secondo un ciclo continuo e ininterrotto.

A fronte del quadro diagnostico sopra descritto, nel gennaio 2010 è stato quindi installato l'apposito impianto per la deumidificazione delle murature, composto da n° 2 apparecchi CNT con raggio d'azione di 15 m ciascuno, a copertura rispettivamente della Camera dei Giganti (Fig.6) e della zona d'ingresso al museo (Fig.7), come illustrato nello schema planimetrico di Fig. 8.



Fig.6 – La celebre Sala dei Giganti, eseguita da Rinaldo Mantovano su cartoni di Giulio Romano



Fig.7 – Zona di ingresso al Museo

Zone d'intervento: Sala dei Giganti e Zona ingresso

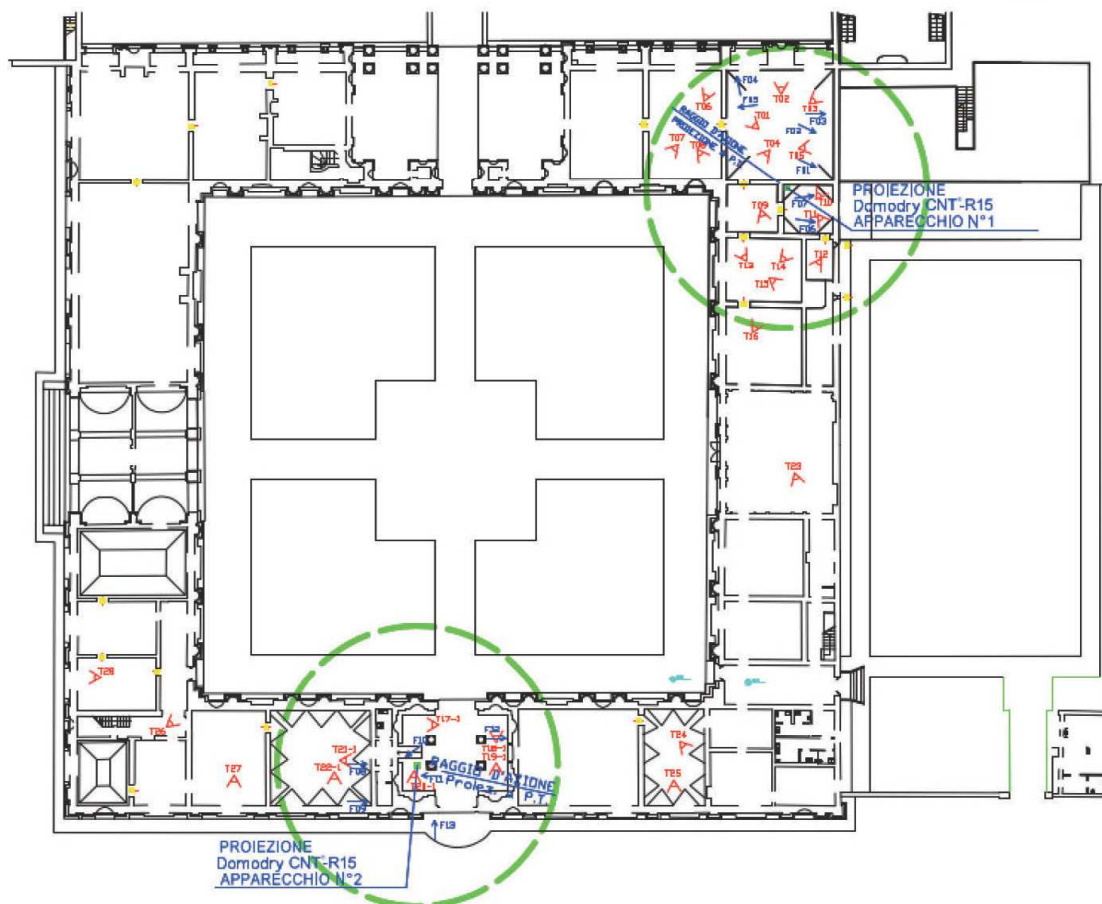


Fig.8 – Palazzo Te: schema planimetrico dei dispositivi CNT installati

ESITI DELLE VERIFICHE SVOLTE

Già dopo due anni dall'installazione, la verifica termografica di collaudo finale - effettuata nel gennaio 2012 – aveva evidenziato la sostanziale regressione e scomparsa della preesistente umidità di risalita capillare. L'ulteriore verifica termografica a lungo termine, effettuata nel marzo 2019 a distanza di oltre 9 anni dall'installazione, ha confermato il mantenimento dell'eccellente risultato – completo asciugamento delle murature - già raggiunto in precedenza. A titolo esemplificativo si riporta in Fig.9 una delle schede termografiche relative al presente caso studio.

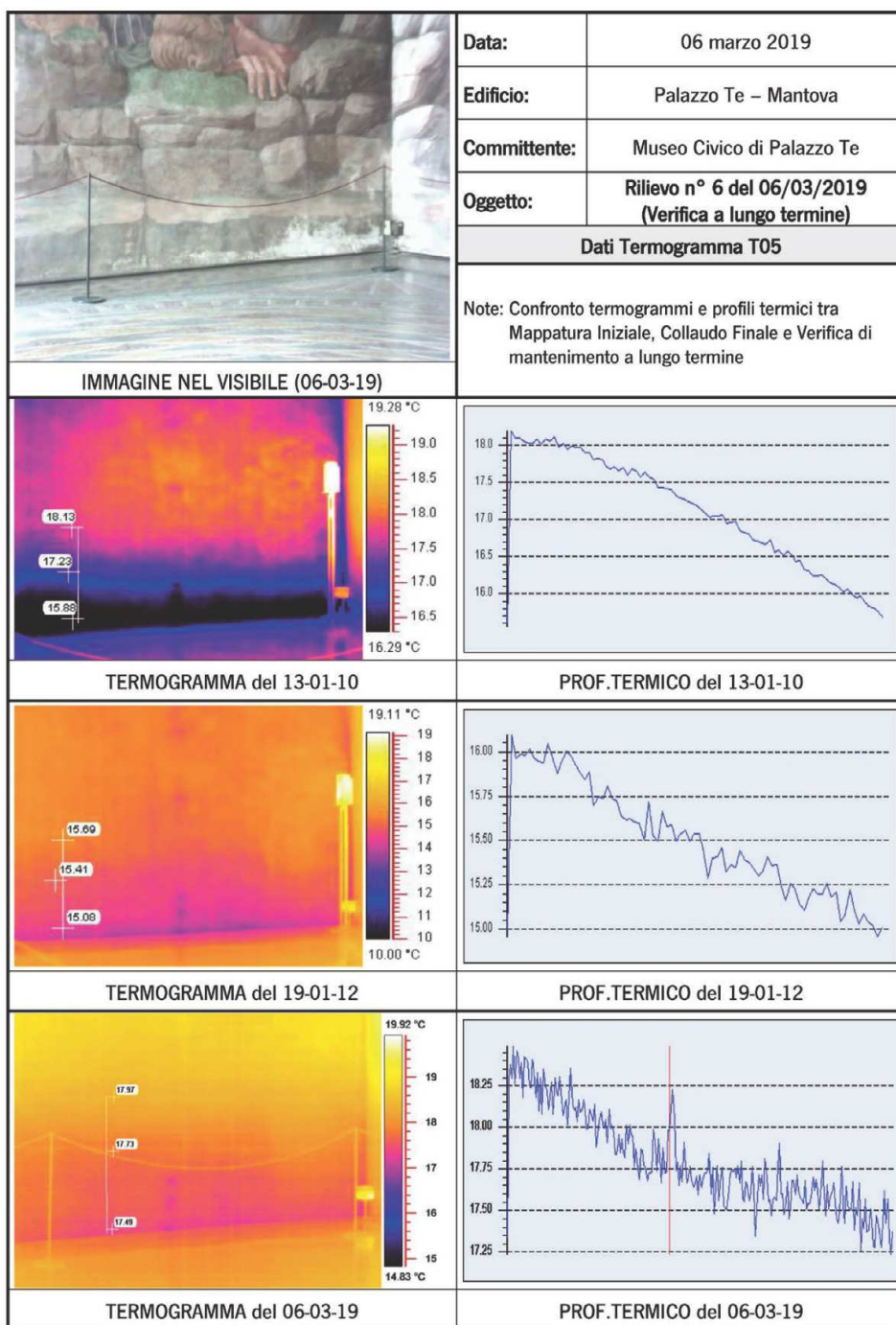


Fig.9 – Esempio di scheda termografica con raffronto temporale tra mappatura iniziale, verifica di collaudo finale e verifica di mantenimento a lungo termine

3. Museo Nazionale Romano alle Terme di Diocleziano a Roma



Fig.10 – Museo Nazionale Romano, Terme di Diocleziano: Chiostro di Michelangelo

CENNI STORICI

Il Museo Nazionale Romano alle Terme di Diocleziano, inaugurato nel 1889, ospita una cospicua raccolta di opere archeologiche, alcune delle quali rinvenute negli scavi eseguiti dopo il 1870 per l'allargamento dell'alveo del Tevere e negli scavi del Foro Romano, del Palatino, di Ostia. Occupa gran parte del convento dei Certosini di Santa Maria degli Angeli, costruito sui resti delle Terme di Diocleziano. Il chiostro maggiore è stato realizzato nel 1565 su disegno di Michelangelo con i suoi lati di 100 metri scanditi da 100 colonne monolitiche, è uno dei più grandi d'Italia.

DIAGNOSI INIZIALE

A fronte di una grave problematica quale quella dell'umidità ascendente, che da epoca storica affliggeva le murature del chiostro, nel tentativo di contrastare il problema era stato applicato, nei primi anni 2000 un apparecchio elettrofisico ad inversione di polarità che a distanza di vari anni non aveva prodotto gli effetti attesi, in termini di riduzione del contenuto umido. Nel 2010 l'Amministrazione del museo aveva quindi dismesso il precedente sistema per sostituirlo con l'installazione, nelle medesima zona del chiostro, di un dispositivo CNT.

Le indagini diagnostiche propedeutiche all'intervento avevano in effetti evidenziato, anche nella zona già interessata dal precedente sistema di deumidificazione, la presenza di una forte aggressione da parte dell'acqua di risalita capillare sull'opera muraria (muratura mista in tufo e mattoni). Il fenomeno provocava, nonostante i ripetuti interventi manutentivi a cui periodicamente venivano sottoposte le murature, un avanzato stato di degrado delle superfici, testimoniato da diffuse esfoliazioni delle pitture ed efflorescenze saline, per un'altezza da pavimento variabile da 0,6 a 1,2 m circa a seconda delle zone.

A fronte del quadro diagnostico sopra descritto, nell'aprile 2010 è stato quindi installato l'apposito impianto per la deumidificazione delle murature, composto da n° 1 apparecchio CNT con raggio d'azione di 15 m, a copertura della zona del chiostro illustrata nello schema planimetrico di Fig. 11.

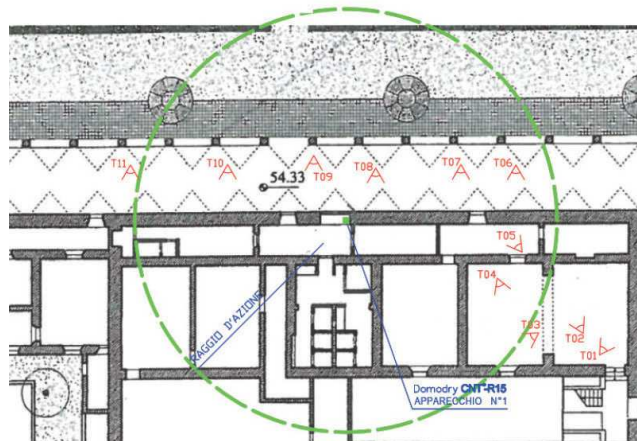


Fig.11 – Museo Nazionale Romano, Terme di Diocleziano: schema planimetrico del dispositivo CNT installato in una zona del Chiostro di Michelangelo

ESITI DELLE VERIFICHE SVOLTE

Già dopo due anni e mezzo dall’installazione, la verifica termografica di collaudo finale – effettuata nell’ottobre 2012 – aveva evidenziato, nell’intera zona del chiostro coperta dalla CNT, la sostanziale regressione e scomparsa della preesistente umidità di risalita capillare. L’ulteriore verifica a lungo termine, effettuata nel marzo 2019 a distanza di 9 anni dall’installazione, ha confermato il mantenimento dell’eccellente risultato – completo asciugamento delle murature - già raggiunto in precedenza. Ad ulteriore riprova della validità ed efficacia della CNT, le termografie scattate nei punti di controllo posti al di fuori della zona di copertura hanno evidenziato la permanenza delle medesime condizioni di umidità muraria presenti ex ante.

A titolo esemplificativo si riporta in Fig.12 una delle schede termografiche relative al presente caso studio.

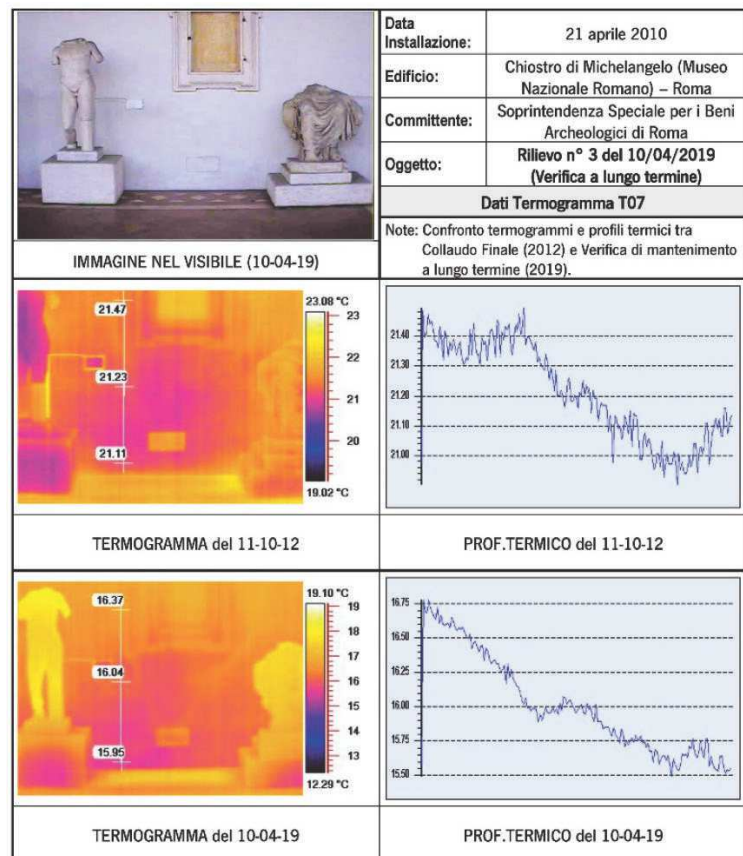


Fig.12 – Esempio di scheda termografica con raffronto temporale tra verifica di collaudo finale e verifica di mantenimento a lungo termine

4. Cripta del Sacello di San Vittore in Ciel d'oro, Basilica di Sant'Ambrogio a Milano



Fig.13 – La Basilica di Sant'Ambrogio a Milano, ospitante il Sacello di San Vittore in Ciel d'oro con l'omonima cripta ipogea

CENNI STORICI

La basilica di Sant'Ambrogio è una delle più antiche chiese di Milano e rappresenta ad oggi non solo un monumento dell'epoca paleocristiana e medievale, ma anche un punto fondamentale della storia milanese e della Chiesa ambrosiana.

Edificata tra il 379 e il 386 per volere del vescovo di Milano Ambrogio, fu costruita in una zona (l'attuale piazza S. Ambrogio) in cui erano stati sepolti i cristiani martirizzati dalle persecuzioni romane. Per questo venne dedicata ai martiri ed era chiamata Basilica Martyrum: lo stesso Ambrogio voleva riporvi tutte le reliquie dei santi martiri Vittore, Nabore, Felice, Vitale, Valeria, Gervasio e Protasio. Sant'Ambrogio stesso vi venne sepolto (397) e da allora la chiesa cambiò nome, assumendo quello attuale intitolato al santo patrono di Milano.

La basilica ha preso il definitivo aspetto tra il 1088 e il 1099, quando, sulla spinta del vescovo Anselmo III da Rho, venne radicalmente ricostruita secondo schemi dell'architettura romanica. Venne comunque mantenuto l'impianto a tre navate (senza transetto) e tre absidi corrispondenti, oltre al quadriportico, anche se ormai non serviva più a ospitare i catecumeni, ma come luogo di riunione.

Una delle opere d'arte paleocristiana di maggior valore artistico presente all'interno della basilica, è indubbiamente il sacello di San Vittore in Ciel d'Oro (Fig.14). La piccola cappella, ancoa oggi visitabile, venne costruita tra il 316 e il 328 dal vescovo Materno per riporvi le spoglie del martire Vittore. Qui, secondo la tradizione, sant'Ambrogio attorno al 375 avrebbe posto la salma del fratello Satiro, premortogli. Con la successiva santificazione di Satiro, il piccolo sacello si trasformò sempre più in una piccola chiesa dedicata al suo culto e venne inglobata definitivamente nella Basilica ambrosiana solo nel XV secolo.

La rilevanza e la fama artistica di questo ambiente derivano dalla splendida decorazione a mosaico presente sulle pareti e sul soffitto del sacello, risalente alla seconda metà del V secolo e raffigurante a sinistra sant'Ambrogio tra San Gervasio e San Protaso, a destra San

Materno tra San Nabore e san Felice, mentre in alto, al centro della cupola dorata, il mezzo busto di San Vittore.

La cripta ipogea, sottostante all'attuale piano pavimentale del sacello, è riconducibile anch'essa all'epoca di Sant'Ambrogio in quanto si sa che fu lo stesso santo milanese nel 386 a prelevare i corpi di San Gervasio e San Protaso dalla loro originaria sepoltura e a tumularli solennemente sotto l'altare della nuova basilica, in un sarcofago di marmi pregiati che egli aveva disposto già per la propria sepoltura.



Fig.13 – Il Sacello di San Vittore in Ciel d'oro, al cui livello ipogeo risiede l'omonima cripta di epoca paleocristiana

DIAGNOSI INIZIALE

A fronte di una grave problematica quale quella dell'umidità ascendente che da epoca storica affliggeva le murature dell'antica cripta ipogea, nel tentativo di contrastare il problema era stato applicato, nei primi anni 2000, un apparecchio elettrofisico ad inversione di polarità che tuttavia, a distanza di vari anni, non aveva sortito gli effetti desiderati. Nel 2010 l'Amministrazione della basilica aveva quindi dismesso il precedente sistema per sostituirlo con l'installazione, nelle medesima collocazione, di un dispositivo CNT.

Come evidenziato dalle indagini diagnostiche propedeutiche all'intervento, le strutture murarie dell'ipogeo presentavano una fortissima aggressione da parte dell'acqua di risalita capillare che, oltre ad imbibire le murature stesse, tendeva a diffondersi negli ambienti interni, determinando il progressivo ammaloramento delle superfici murarie. Il fenomeno si estendeva per l'intera altezza dell'ipogeo, dal pavimento alle volte. Inoltre, il forte grado di imbibizione delle murature, associato allo scarso ricambio d'aria ivi sussistente (le due uniche bocche di lupo comunicanti con l'esterno risultavano in quel momento occluse), aveva determinato l'instaurarsi di forti ristagni di umidità nell'aria ambientale interna, con valori di umidità relativa oltremodo elevati (superiori al 90%) e insorgenza di muffe.

Il quadro diagnostico sopra descritto evidenziava con chiarezza la natura patologica dell'umidità capillare presente nelle murature, intrinsecamente connessa al sedime e alla tipologia costruttiva del manufatto in oggetto.

Ciò considerato, nel febbraio 2010 il dispositivo CNT per la deumidificazione delle murature è stato applicato nella cripta, semplicemente poggiato sul piccolo altare (Fig.14) senza alcun tipo di fissaggio invasivo sulle murature storiche.



Fig.14 – Il dispositivo CNT collocato nella cripta, appoggiato sul piccolo altare

ESITI DELLE VERIFICHE SVOLTE

Le verifiche termografiche effettuate durante la fase di asciugamento successiva all'installazione hanno evidenziato la progressiva regressione dell'umidità muraria da risalita, sino alla definitiva scomparsa – riscontrata già nel 2015 – della stessa. Contestualmente alla riduzione del contenuto umido delle murature, si è riscontrato anche un deciso miglioramento delle condizioni igrometriche dell'aria ambientale interna alla cripta, con valori di umidità relativa mediamente ridottisi di almeno 20 punti percentuali rispetto alla situazione iniziale (Ur iniziale superiore al 90%). Ciò anche grazie alla riapertura delle bocche di lupo – inizialmente ostruite – che hanno consentito di riattivare il fisiologico ricambio d'aria naturale con l'esterno.

L'ulteriore verifica a lungo termine, effettuata nel giugno 2019 a distanza di 9 anni dall'installazione, ha confermato il mantenimento delle condizioni di sostanziale asciugamento delle murature già raggiunte in precedenza. Tale risultato è ancor più significativo ove si consideri la natura ipogea della cripta, che risulta situata interamente al di sotto del piano strada esterno.

A titolo esemplificativo si riporta in Fig.15 una delle schede termografiche relative al presente caso studio.

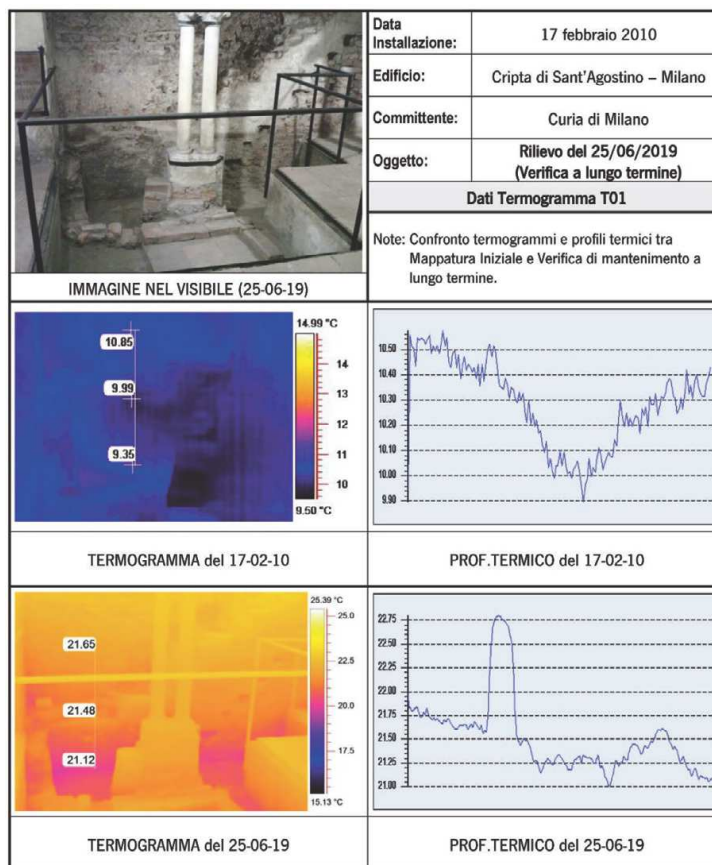


Fig.15 – Esempio di scheda termografica con raffronto temporale tra mappatura iniziale verifica di mantenimento a lungo termine

5. Villa Reale di Monza



Fig.16 – La Villa Reale di Monza, recentemente restaurata

CENNI STORICI

Voluta dall'imperatrice d'Austria Maria Teresa, fu costruita nel 1777-1780 dall'architetto Giuseppe Piermarini che prese ispirazione dal Castello di Schönbrunn e dalla Reggia di Caserta del Vanvitelli. Da Schönbrunn è ripresa in particolare la pianta ad U rovesciata. E' costituita da 700 locali per un totale di 22.000 m². Nel 1859 Villa Reale divenne patrimonio di Casa Savoia. Il 29 luglio 1900 Umberto I fu assassinato proprio a Monza da Gaetano Bresci. A seguito dell'evento, il figlio Vittorio Emanuele III non volle più utilizzare la Villa Reale, facendola chiudere e trasferendo al Quirinale gran parte degli arredi. Nel 1934 Vittorio Emanuele III fece dono di gran parte della Villa ai Comuni di Monza e di Milano. Le vicende diverse provocarono ulteriori spoliazione e decadenza del monumento.

Nel 2012, nell'ambito del Progetto di recupero e valorizzazione promosso da Regione Lombardia e Comune di Monza, sono iniziati i lavori di restauro, terminati nel 2014. La

grande valenza dell'intervento è testimoniata dagli scorci fotografici di Fig.17, che raffigurano alcuni degli interni restaurati.



Fig.17 – Alcuni scorci fotografici degli interni restaurati

DIAGNOSI INIZIALE

Le indagini iniziali, effettuate dal Politecnico di Milano nell'ambito del Progetto di recupero e valorizzazione di Villa Reale, avevano evidenziato al piano terra la diffusa presenza di fenomeni di umidità da risalita capillare interessanti, con intensità e altezze variabili a seconda delle zone, i muri portanti perimetrali e divisori dei locali al piano terra. L'umidità era percepibile soprattutto sulle superfici murarie interne, ove si evidenziano estese esfoliazioni della pellicola pittorica superficiale, fessurazioni e rigonfiamenti dell'intonaco e diffuse efflorescenze.

A fronte del quadro diagnostico sopra descritto, durante i lavori di restauro è stato inserito, a copertura dell'intero piano terra, l'apposito impianto per la deumidificazione delle murature, costituito complessivamente da n° 10 apparecchi CNT con raggio d'azione di 15 m ciascuno, installati - tra giugno e ottobre 2014 - secondo lo schema planimetrico di Fig. 18.

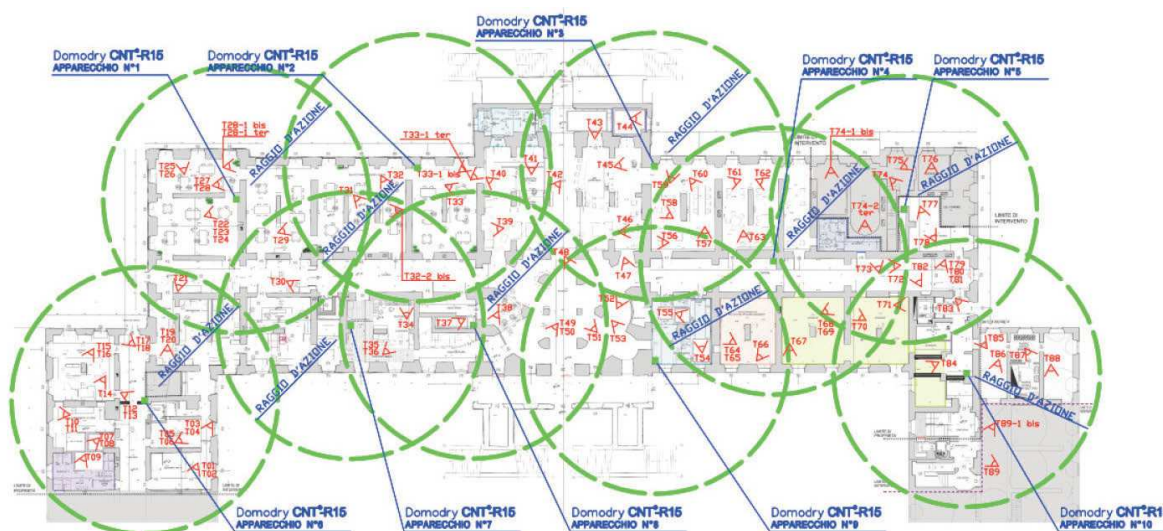


Fig.18 – Villa Reale di Monza: schema planimetrico impianto CNT

ESITI DELLE VERIFICHE SVOLTE

La verifica intermedia effettuata ad un anno dall'installazione dell'impianto ha evidenziato l'interruzione del fenomeno di risalita capillare e l'avvio della fase di asciugamento delle murature. La successiva verifica termografica di collaudo finale, effettuata nel novembre 2017 a circa tre anni dall'installazione, ha quindi confermato la definitiva regressione e scomparsa dell'umidità di risalita riscontrata inizialmente: a titolo esemplificativo si riporta in Fig.19 una delle schede termografiche relative al presente caso studio.

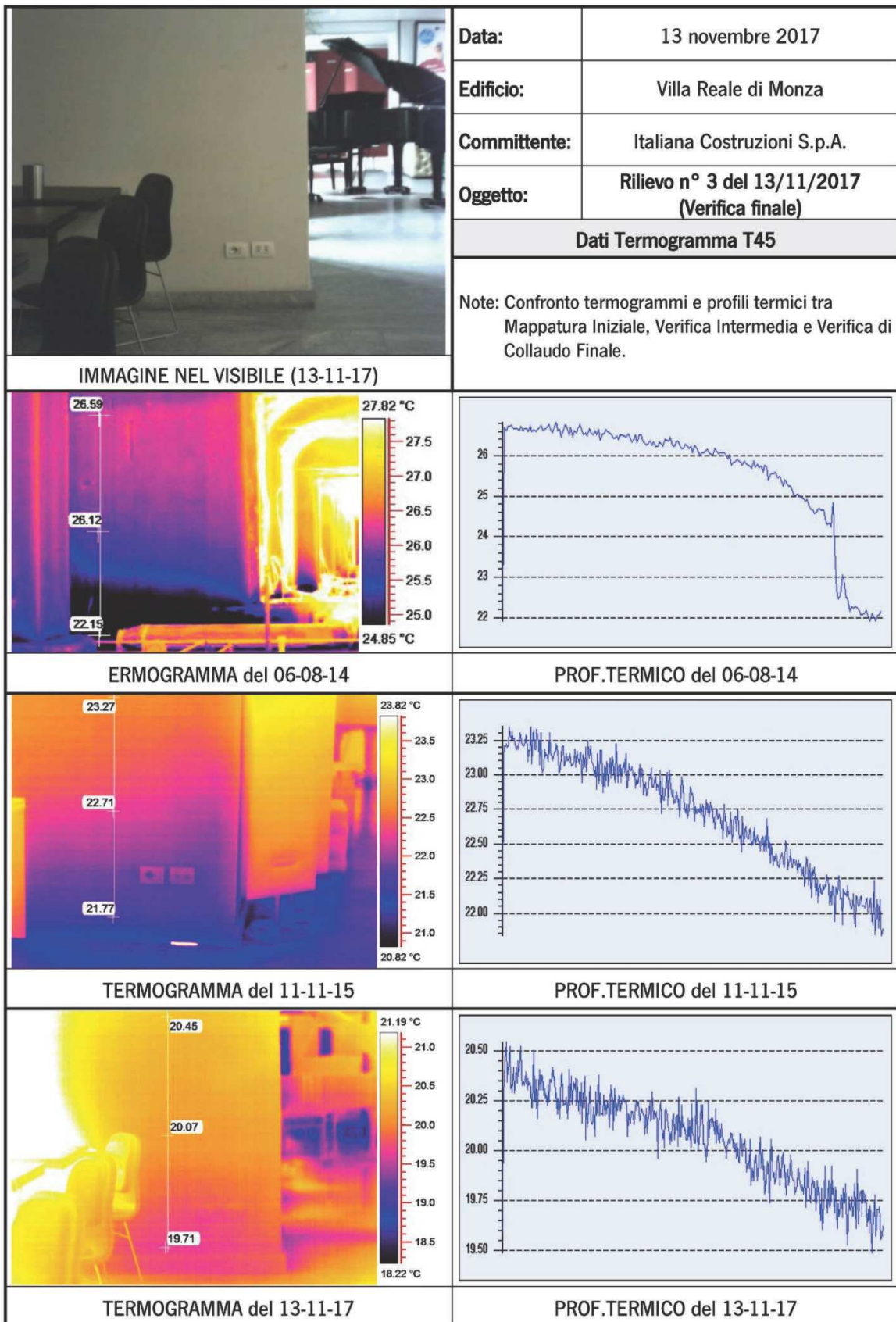


Fig.19 – Esempio di scheda termografica con raffronto temporale tra mappatura iniziale, verifica intermedia e verifica di collaudo finale

Riferimenti bibliografici

- [1] Roche G., 2012, *La Termografia per l'edilizia e l'industria. Manuale operativo per le verifiche termografiche*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN).
- [2] AA.VV., 2013, Atti del Convegno Unesco “*METODO SCIENTIFICO ED INNOVAZIONE TECNOLOGICA PER LA SALVAGUARDIA E RECUPERO DEL PATRIMONIO STORICO. Casi applicativi ed esempi di successo nella diagnosi, prevenzione e risoluzione delle patologie da umidità capillare in siti Unesco a Ragusa e in altri prestigiosi siti in Italia*”, Ragusa Ibla 5 e 6 ottobre 2012, Comune di Ragusa.
- [3] 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
- [4] Castelluccio R., Vitiello V. (Università degli Studi di Napoli Federico II), Rossetto M. (Gruppo 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.
- [5] 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.
- [6] 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