

7. Umidità di risalita capillare negli edifici storici: la tecnologia elettrofisica a neutralizzazione di carica quale indispensabile strumento “a impatto zero” per la prevenzione e la definitiva risoluzione del problema ^[1]

Dott. Ing. Michele Rossetto, Direttore Tecnico Gruppo Leonardo Solutions - Domodry

Abstract

L'umidità da risalita capillare costituisce uno dei problemi che si presentano più frequentemente negli interventi di restauro su immobili e strutture di qualsiasi epoca. I danni provocati alle murature, gli effetti negativi sulla fruibilità degli ambienti e sulla salubrità degli stessi hanno da sempre rappresentato un problema per la cui soluzione, in passato, si è ricorsi all'impiego di sistemi volti a contrastare e/o ridurre temporaneamente gli effetti della risalita, sistemi che tuttavia si sono rivelati il più delle volte inefficaci e, in ogni caso, non idonei a risolvere il problema in modo definitivo.

Ma proprio la mancanza di efficacia delle cosiddette “soluzioni tradizionali” ha, per converso, fornito lo stimolo per la sperimentazione e lo sviluppo di una soluzione completamente originale e innovativa e finalmente efficace, quale appunto la tecnologia elettrofisica “a neutralizzazione di carica” (T.n.c.). La tecnologia per la deumidificazione muraria qui descritta si basa su un originale ed esclusivo principio di funzionamento – detto appunto della “neutralizzazione di carica” – che la contraddistingue in modo univoco rispetto ai sistemi elettrofisici generici e ai sistemi a funzionamento elettrico basati su principi diversi.

Dopo quasi un decennio di applicazioni e risultati validati dalle sperimentazioni condotte sul campo da Enti super partes, oggi la T.n.c. rappresenta finalmente, nelle mani degli operatori del settore “conservazione e restauro”, un indispensabile strumento “a impatto zero” per la prevenzione e la definitiva risoluzione al 100% di un problema – quello della risalita capillare – prima non risolvibile.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Comune di Ragusa
Un. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
OGGI ASSOCIATO DI ARCHITETTI, AI E AI OGNI REGIONE



In collaborazione con:



LEONARDO
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

Introduzione

Il problema dell'umidità da risalita capillare è sicuramente ben conosciuto tra gli addetti ai lavori, soprattutto per ciò che concerne le conseguenze e gli effetti di tipo patologico provocati sulle murature, intendendo con ciò tutte le forme di degrado che potenzialmente l'umidità è in grado di indurre sulla superficie e/o all'interno dell'opera muraria. Secondo una classificazione generale, possiamo distinguere tra le seguenti tipologie di degrado:

- degrado di tipo chimico: corrosione, idrolisi, idratazione e ossidazione, ecc.;
- degrado di tipo fisico: tensionamento meccanico esterno, dilatazione termica, gelo, cristallizzazione dei sali, ecc.;
- bio-deterioramento: formazione e sviluppo di organismi vegetali, muffe, ecc.;
- degrado di tipo termo-igrometrico: peggioramento delle condizioni termoigrometriche degli ambienti interni, con conseguente decadimento del livello di benessere e insorgenza di rischi sia per la salute che per la conservazione di eventuali opere d'arte ivi custodite.



Fig.1 - Umidità da risalita sul prospetto esterno di un'abitazione a Venezia.

Con il Patrocinio di:



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauro
associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
OGGI ASSOCIATI DI ARCHITETTI, ARTISTI, URBANISTI



In collaborazione con:



Per tale motivo, l'umidità da risalita capillare può essere a pieno titolo considerata una **PATOLOGIA CRONICA** tipica degli edifici storici (ma presente anche in quelli moderni o contemporanei), una sorta di "malattia" a decorso lento ma inesorabile che peraltro, a livello statistico di diffusione, rappresenta la causa principale del degrado materico dell'opera muraria.

A fronte della gravità che viene universalmente riconosciuta a questo tipo di patologia, e pur con tutti i metodi e le tecniche che nel corso degli anni sono state sperimentate e applicate nel tentativo di risolvere il problema, ancor oggi la risalita capillare viene considerata, dagli addetti ai lavori, una "MALATTIA" pressoché "INGUARIBILE" e "INCURABILE".



Fig.2 - Esiti postumi (ricomparsa dell'umidità) su una muratura precedentemente trattata con barriera chimica.

Per quale motivo? Le risposte possono essere diverse, ma sicuramente, se passiamo in rassegna tutte le tecniche d'intervento sino ad oggi impiegate per contrastare il problema e ne analizziamo, dal punto di vista statistico, gli esiti e i risultati conseguiti in termini di "capacità di deumidificazione" della muratura e di "durata degli effetti" nel tempo, ci accorgiamo che...

nessuna delle suddette tecniche si è dimostrata in grado di risolvere il problema in modo generalizzato e tantomeno di garantire il

mantenimento dei risultati nel tempo, al contrario, i risultati sono stati il più delle volte parziali (e non totali), aleatori (e non certi), temporanei (e non definitivi) e sicuramente **NON SUFFICIENTI** al raggiungimento di una condizione, se non di totale deumidificazione, quantomeno compatibile con il mantenimento di condizioni d'uso accettabili per le murature e per gli ambienti da queste circoscritti.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale Italiana per l'UNESCO



MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano



In collaborazione con:



Ci sovviene quindi una domanda: come è possibile che, in un'era come quella attuale, dominata dalla tecnologia, ancora "sopravviva" irrisolto un problema tanto diffuso e tanto grave quale quello qui discusso? Non sono forse state messe in campo, nel corso almeno degli ultimi decenni, enormi risorse intellettuali, economiche e di mezzi, da parte tanto del settore della ricerca, quanto dei professionisti e delle imprese, nel tentativo – ahimé vano – di trovare una soluzione definitiva al problema?

Certo, a fronte dell'attuale stato dell'arte, questa potrebbe apparire come una domanda retorica, ma se non iniziamo col dare una risposta a questa domanda, difficilmente saremo in grado di superare i limiti raggiunti dalle attuali soluzioni.

La risposta – che già possiamo intuire - è dunque la seguente:

se tutti i sistemi e le tecniche sino ad oggi impiegati "non hanno funzionato" (ovvero: non hanno dato dimostrazione di poter raggiungere il risultato atteso, in termini di deumidificazione della muratura, in modo definitivo e duraturo), allora è probabile che l'interpretazione o "modellazione" del fenomeno fisico "risalita capillare nella muratura" che è stata assunta come riferimento per la messa a punto e l'applicazione delle varie tecniche non fosse quella giusta, o quantomeno che fosse parziale e/o incompleta rispetto al reale fenomeno fisico.

In effetti, se guardiamo alle tecniche di tipo "tradizionale" o "a sbarramento" – quali il taglio meccanico, la barriera chimica, ecc. – ci accorgiamo che la visione e l'approccio al problema sono stati, in questo caso, esclusivamente di livello "macroscopico", del tipo: "nota la direzione di provenienza dell'acqua (dal basso verso l'alto), cerchiamo di frapporre alla base della muratura un mezzo meccanico o chimico che ne interrompa il flusso".

E' venuta poi la volta, come noto, delle tecniche ad elettro-osmosi o di tipo elettrofisico ad "inversione di polarità" (della muratura), tecniche che, cambiando il tipo di approccio, hanno incominciato a guardare al problema non più dal punto di vista "macroscopico", quanto piuttosto da quello "microscopico" (come meglio vedremo nel prosieguo della relazione). Tuttavia, anche qui c'è qualcosa che è sfuggito (in questo caso, più nell'applicazione tecnologica che nel modello fisico di riferimento, come spiegheremo tra breve).

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:

Nel caso della tecnologia a neutralizzazione di carica (T.n.c.) si è invece partiti dal presupposto di ribaltare l'approccio al problema rispetto alle tecniche precedenti, e questo è proprio ciò che ha consentito alla T.n.c. di arrivare là dove tutte le precedenti tecniche avevano fallito, ovvero ad un risultato caratterizzato da una percentuale di successo totale e definitiva per qualsiasi tipo di materiale, struttura, età o sedime dell'edificio, e per qualsivoglia valore iniziale del contenuto d'acqua e/o di sali della muratura!

Il fenomeno fisico dell'umidità ascendente nelle murature

Vediamo dunque di comprendere come funziona la "T.n.c.", partendo innanzitutto dalla comprensione del fenomeno fisico "umidità di risalita capillare".

Come noto, il fenomeno della capillarità trae origine dalla complessa interazione chimica e fisica che si esplica tra le molecole d'acqua presenti nel terreno sottostante e/o adiacente alle murature e i materiali porosi costituenti le murature stesse.

Per comprendere appieno la dinamica del fenomeno, occorre richiamare le leggi fisiche che, a livello microscopico, governano i vari fattori in gioco.

Secondo il classico modello del tubo capillare, il fenomeno dello spostamento h (innalzamento o abbassamento) di una colonna di fluido (nel nostro caso acqua) all'interno di un tubo capillare di piccole dimensioni (raggio r) è dato dalla ben nota "Legge di Jurin" [2]:

$$h = \frac{2 \cdot \gamma \cdot \cos \phi}{\rho \cdot g \cdot r}$$

in cui γ è la tensione superficiale dell'acqua agente al contatto con la superficie interna del capillare, ϕ è l'angolo di contatto (ovvero di inclinazione) della tensione γ rispetto alla parete verticale del capillare [3], ρ la densità dell'acqua e g l'accelerazione di gravità (Fig. 3).

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Comune di Ragusa
Un. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
OGGI associamo le attività, UTILE ogni intervento



In collaborazione con:



LEONARDO
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

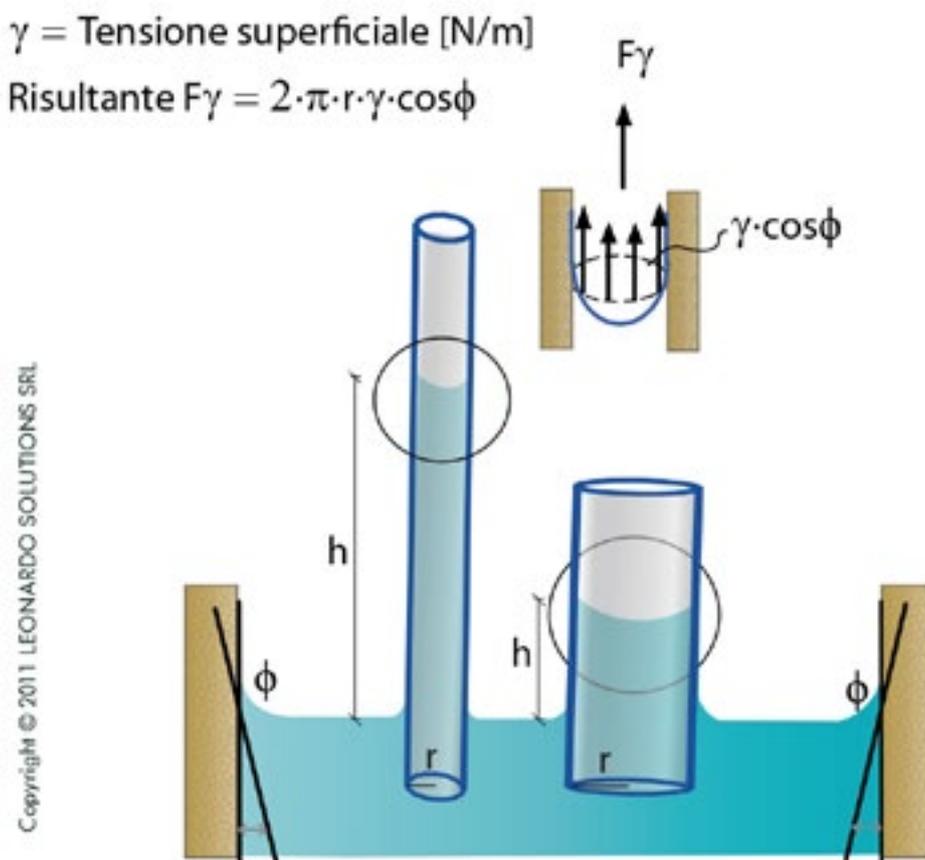


Fig.3 - Spostamento del menisco all'interno del capillare per effetto della tensione superficiale.

Si rileva subito come l'altezza h risulti inversamente proporzionale al raggio r del capillare: teoricamente, per capillari di raggio pari a 10 micron (normalmente presenti in una muratura portante), in base alla suddetta formula la colonnina d'acqua potrebbe raggiungere l'altezza di 15 m prima di essere bilanciata dalla forza di gravità!

Tuttavia, nei casi concreti tale altezza non è mai riscontrabile, nemmeno nei casi limite rappresentati da murature con fondazioni direttamente immerse in acqua (come ad es. edifici in laguna veneta o simili), in quanto il modello di tipo "statico" sopra descritto non è sufficiente da solo a descrivere il fenomeno reale.

Come ben noto, infatti, all'interno dei capillari della muratura l'acqua non rimane immobile come nel modello di Jurin, ma al contrario è soggetta ad un movimento ciclico

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



dal basso verso l'alto, la cui velocità, altezza e intensità risulta variabile in funzione del tasso di evaporazione dell'acqua attraverso la muratura, a sua volta dipendente dalle più generali condizioni al contorno (tipo di materiale e spessore del muro, tipo di terreno e quantità d'acqua in fondazione, condizioni termo-igrometriche interne ed esterne, ecc...).

Tale movimento (vero e proprio flusso) dell'acqua nei condotti capillari della muratura è fortemente influenzato, oltre che dalla tensione superficiale, anche da un ulteriore importante fattore, rappresentato dal "doppio strato di Helmholtz" associato al potenziale elettrostatico negativo che si instaura, per via naturale, sulle pareti interne dei capillari (fig. 4).

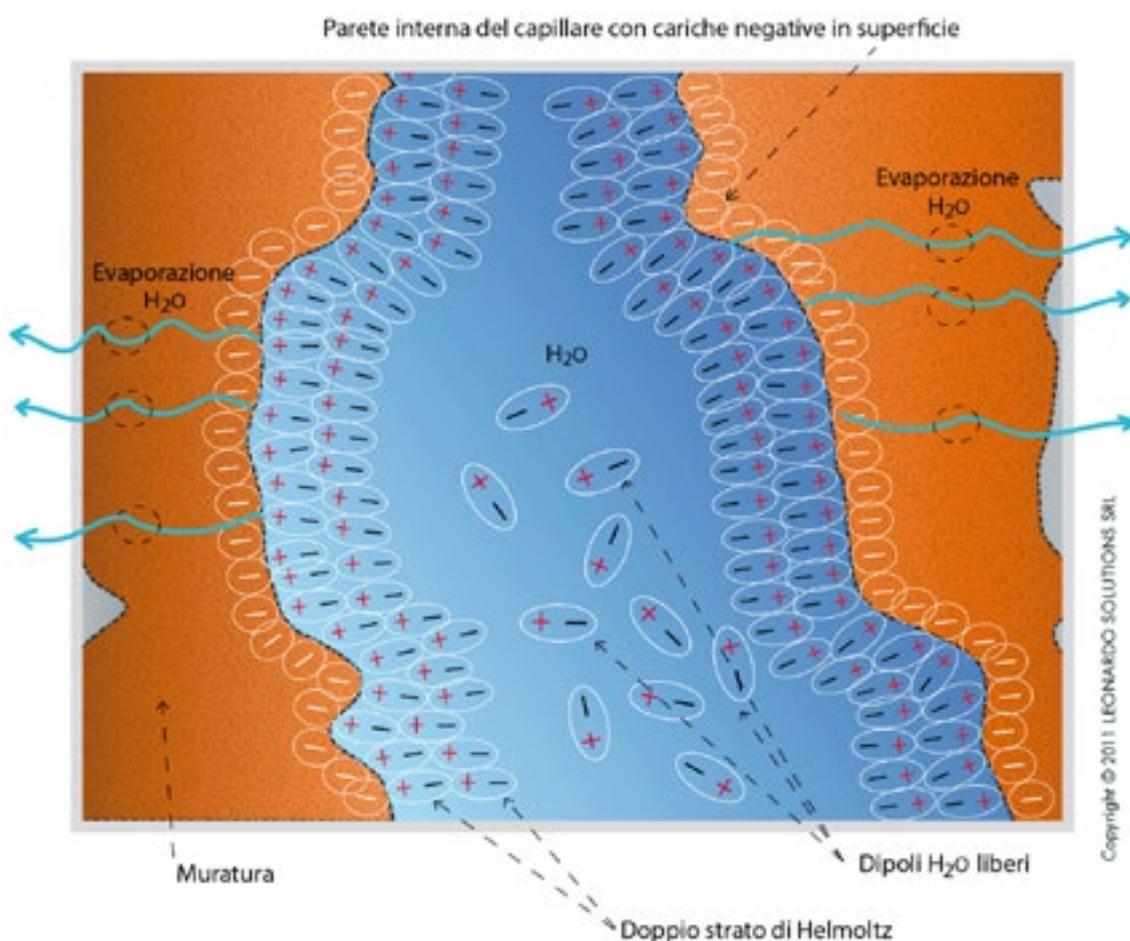


Fig.4 - Rappresentazione schematica del "doppio strato di Helmholtz".

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



A scala microscopica, infatti, la superficie di un materiale silicico (componente base della maggior parte dei materiali da costruzione) è carica di un potenziale elettrostatico negativo. Pertanto, le pareti interne dei capillari, cariche negativamente, tenderanno ad attrarre le molecole (dipoli) d'acqua, che risulteranno quindi orientate con il polo positivo verso la parete interna - negativa - del capillare: il "doppio strato" di dipoli che ne deriva è detto di Helmholtz [4].

Quando esiste un flusso di risalita capillare alimentato da una evaporazione in atto dalla parete di un muro, questo movimentata lo strato di Helmholtz e, di conseguenza, genera un debole potenziale elettrico differenziale (inferiore ad 1 V) misurabile tra la terra ed il muro.

L'entità del potenziale, in millivolt [mV], è proporzionale all'intensità del flusso di risalita, a sua volta correlato al tasso di evaporazione. I valori misurabili variano dai 10÷20 mV (risalita debole o assente) fino a 300÷500 mV (risalita molto forte).

Tutto ciò dimostra che il fenomeno "umidità capillare" nelle murature è governato – seppur con dinamiche variabili caso per caso in funzione delle specifiche condizioni al contorno – tanto dalla **tensione superficiale dell'acqua** agente al contatto con le pareti interne dei capillari (Jurin) quanto, soprattutto, dal **potenziale elettrico differenziale** dovuto al doppio strato di dipoli d'acqua (Helmholtz).

I suddetti fattori concorrono quindi ad innescare e alimentare il flusso di risalita capillare entro la muratura stessa senza soluzione di continuità, fatte salve eventuali variazioni indotte da modifiche – permanenti o stagionali – delle condizioni al contorno (regime termo-igrometrico interno e/o esterno, oscillazioni della falda freatica, interventi di intonacatura/stonacatura eseguiti sulla muratura, ecc...).

Posto dunque che il fenomeno della risalita capillare è determinato dall'azione di forze infinitesimali di natura elettrica, facilmente si può intuire che, per superare i limiti a tutt'oggi palesati dalle soluzioni di tipo tradizionale (ovvero quelle "a sbarramento" agenti sugli effetti della risalita e non sulle cause), ben più efficace e meno invasivo possa risultare un sistema che sia in grado di neutralizzare direttamente sul nascere le forze all'origine della risalita stessa.

Con il Patrocinio di:



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Oltretutto, un sistema così concepito, dovendo contrastare solo forze infinitesimali, potrà verosimilmente essere anche assai meno dispendioso, in termini energetici, rispetto a qualunque altro sistema tradizionale che, come noto, risulta di per sé assai più “energivoro”.

Il principio di funzionamento della T.n.c.

La T.n.c. rappresenta un’applicazione derivata da studi sperimentali condotti, nel campo delle nano-tecnologie, da Università ed Enti di ricerca internazionali a partire dalla fine degli anni ’90.

Il principio scientifico utilizzato per contrastare il fenomeno della risalita capillare si basa sull’applicazione di particolari fenomeni fisici denominati dagli addetti ai lavori con i termini “elettro-capillarità” ed “electrowetting” [4].

In base ai suddetti studi sperimentali risulta possibile, mediante l’applicazione di un potenziale elettrico esterno, indurre variazioni nella distribuzione delle cariche elettriche all’interfaccia tra un liquido conduttore (ad es. una soluzione acquosa salina) e una superficie solida (ad es. una parete interna di un micro-capillare), effetto che dal punto di vista fisico si traduce nella variazione della tensione superficiale – ovvero dell’angolo di contatto - all’interfaccia tra il liquido e la parete solida del capillare.

Sfruttando tali principi è stato dunque concepito un dispositivo che, in sostanza, risulta essere un generatore di deboli onde elettromagnetiche impulsive, opportunamente modulate in un definito range di frequenze, totalmente innocue per l’organismo umano, il cui effetto risultante all’interno dei capillari della muratura è quello di **neutralizzare il potenziale elettrico differenziale del flusso capillare**, così da interrompere alla radice – ovvero al contatto stesso tra acqua e muratura – la risalita dell’umidità (Fig.5).

Semplificando molto il concetto, si può dire che la T.n.c. neutralizza, al contatto acqua-muratura, la capacità delle molecole d’acqua di caricarsi elettricamente, facendo in modo che rimangano neutre e, conseguentemente, non possano più essere attratte per differenza di carica da parte dei capillari della muratura [5].

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Fig.5 – Principio di funzionamento della T.n.c. Domodry®.

Ciò costituisce, in estrema sintesi, il peculiare ed esclusivo “principio attivo” che caratterizza la tecnologia sviluppata dal Gruppo Leonardo Solutions - Domodry che pertanto, nel panorama dei sistemi a funzionamento elettrico presenti sul mercato, si contraddistingue in assoluto come primo e unico **“sistema elettrofisico a neutralizzazione di carica”**.

Dal punto di vista applicativo, il dispositivo Domodry® agisce tramite un apparecchio (Fig.6) di piccole dimensioni (28 x 17 x 6 cm) che viene collocato all'interno dell'edificio e collegato ad una presa elettrica. Una volta in funzione, esso inibisce alla radice il fenomeno della capillarità, interrompendo così la risalita di nuova acqua attraverso i capillari del muro. L'umidità in eccesso viene quindi espulsa gradualmente tramite evaporazione spontanea, più o meno velocemente a seconda delle caratteristiche costruttive del

muro, della quantità d'acqua inizialmente presente nel muro stesso, nonché delle condizioni climatiche del luogo.

Completata la deumidificazione, sarà sufficiente mantenere in funzione l'impianto così da garantire, tramite l'azione di prevenzione anti-risalita esplicita dall'impianto stesso, il mantenimento in via permanente dello stato di equilibrio (umidità igroscopica naturale) raggiunto dalla muratura.

L'apparecchio è disponibile in cinque diversi modelli con un differente raggio d'azione sferico da un minimo di 6 ad un massimo di 15 metri, risultando efficace su tutte le strutture ricadenti all'interno di tale campo d'azione, a prescindere dalla presenza di muri interni

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO



In collaborazione con:



Fig.6 – L'apparecchio Domodry®

che non costituiscono una barriera al sistema. Gli impulsi generati dall'apparecchio, di gran lunga inferiori a quelli di un normale elettrodomestico, sono totalmente innocui sia per le persone che per gli animali (l'apparecchio è certificato come bio-edile).

In base alle dimensioni 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 a manufatti edilizi di qualsiasi tipologia e dimensione, dalla più piccola abitazione al più complesso fabbricato o edificio monumentale.

Risulta superfluo sottolineare come un altro dei pregi di questa tecnologia sia la assoluta mancanza di invasività, tanto da renderla il miglior tipo di intervento in assoluto utilizzabile nell'ambito della conservazione preventiva e programmata del patrimonio storico artistico.

Con il Patrocinio di:



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Effetti sul microclima ambientale

La T.n.c. agisce in modo mirato e specifico esclusivamente sulla componente dell'umidità muraria dovuta alla capillarità, pertanto non ha alcun effetto diretto su altre eventuali concause di umidità di tipo diverso (come ad es. infiltrazioni, perdite da condotte idrauliche, umidità di condensa, ecc.).

È tuttavia dimostrato che l'eliminazione definitiva dell'umidità capillare può indurre, di riflesso, effetti benefici anche sull'aria all'interno dell'immobile, in virtù della minor quantità di vapor d'acqua che dal muro si riversa nell'ambiente. Nella stragrande maggioranza dei casi, infatti, con il progredire della deumidificazione muraria innescata dall'impianto Domodry®, si riscontra anche una graduale regressione dei fenomeni di condensa. Ulteriore - ma non meno importante - effetto indiretto della deumidificazione muraria è la diminuzione del grado di dispersione termica dei muri perimetrali, con conseguente recupero dell'efficienza energetica (riduzione dei consumi per il riscaldamento) dell'intero immobile.

Come effetti indiretti conseguenti all'eliminazione della risalita capillare e alla progressiva deumidificazione della muratura possiamo annoverare:

- eliminazione dell'eccesso di Ur % negli ambienti interni;
- regressione dei fenomeni di condensa superficiale (e muffe);
- diminuzione del grado di dispersione termica dei muri perimetrali;
- recupero dell'efficienza energetica dell'immobile.

Differenze tra la T.N.C. ed altri sistemi "similari"

È importante sottolineare le differenze sostanziali che contraddistinguono la T.n.c. da altri sistemi solo apparentemente simili (sistemi a funzionamento elettrico o magnetico basati su principi diversi). Infatti, la T.n.c. è stata ideata a partire dai primi anni 2000 per superare e migliorare l'efficacia dei vari sistemi elettro-osmotici ed elettrofisici già in uso a quei tempi e, per quanto ormai obsoleti, ancor oggi presenti sul mercato.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa

Ente organizzatore:



Comune di Ragusa
Uff. Centri Storici

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURO, ANNI 5000 FUGGONO



In collaborazione con:



LEONARDO
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

Di fatto, nell'arco di oltre trent'anni di applicazioni i suddetti sistemi hanno palesato, nei confronti dell'umidità muraria di origine capillare, risultati solo parziali e incompleti, quasi sempre dipendenti dalla tipologia costruttiva dell'immobile e/o dalle specifiche condizioni di intervento. In sostanza, detti sistemi si sono rivelati essere privi di sufficienti garanzie di efficacia nei riguardi sia del grado di deumidificazione raggiungibile, sia del mantenimento nel tempo del risultato (comunque insufficiente) raggiunto.

Dal 2003 è stata quindi avviata, in collaborazione con alcuni importanti Centri universitari, una campagna di sperimentazione e ricerca ^[6] per il miglioramento dei preesistenti sistemi elettrofisici, che ha portato, nel 2008-09, allo sviluppo di una tecnologia più avanzata e di concezione totalmente innovativa, quale appunto la T.n.c..

Per i suddetti motivi, la T.n.c. rappresenta oggi l'unico sistema in grado di garantire la totale eliminazione dell'umidità muraria di origine capillare nel 100% dei casi e in modo illimitato nel tempo! ^[7]

Un caso applicativo della T.n.c.: Palazzo Te (Mantova)



Fig.7 – Palazzo Te (Mantova).

Palazzo Te, tra i più illustri esempi di Architettura del Manierismo, è l'opera più celebre dell'architetto italiano Giulio Romano. Il complesso, costruito tra il 1524 e il 1534 su commissione di Federico II Gonzaga, 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.

A fronte di una grave problematica quale quella dell'umidità ascen-

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Provincia di Mantova



Provincia di Ragusa



Comune di Ragusa
Un. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
OGGI ASSOCIATI DI ARCHITETTI, ARTISTI, URBANISTI



In collaborazione con:



LEONARDO
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

dente che da epoca storica affliggeva l'edificio, nel corso di vari anni erano stati sperimentati a Palazzo Te diversi sistemi alternativi (impianto ad elettroosmosi in una zona, apparecchio elettrofisico di vecchia generazione in un'altra zona, ecc.) che non avevano dato risultati apprezzabili o, comunque, definitivi.

L'Amministrazione di Palazzo Te aveva dunque richiesto di valutare la fattibilità di un intervento di sostituzione dei precedenti sistemi mediante applicazione della tecnologia Domodry®, da installare inizialmente a livello sperimentale in due zone (Camera dei Giganti e Zona ingresso).

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 tradizionale di 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 installato e attivato l'apposito impianto Domodry® per la deumidificazione delle murature, composto da n°2 apparecchi mod. LS-R15 a copertura rispettivamente della Camera dei Giganti e della Zona ingresso, come illustrato nello schema di Fig.8.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Comune di Ragusa
Ente Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauro

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
OGGI ASSOCIATO DI RESTAURAZIONE, ANTIQUE AND MONUMENTS



LEONARDO
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA



Camera dei Giganti: installazione nel locale tecnico al piano superiore.



Apparecchio Domodry LS-R15 e Ricevitore FM con modem gsm per il controllo remoto dei parametri microclimatici

Zona ingresso: installazione nel locale al piano superiore



Apparecchio Domodry LS-R15

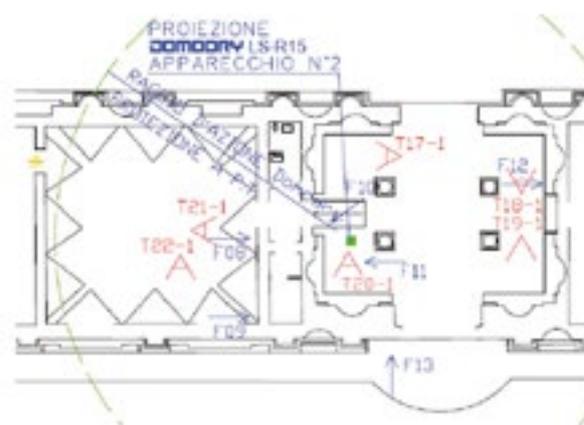


Fig.8 - Palazzo Te, Mantova - Schema planimetrico con ubicazione prove (termografie IR e foto del degrado superficiale) e foto installazione apparecchi Domodry®.

Con il Patrocinio di:



MINISTERO PER I BENI E LE ATTIVITÀ CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



A seguito dell'installazione dell'impianto T.n.c., è stata quindi istituita un'attività di monitoraggio consistente nella mappatura iniziale e nella successiva verifica del decorso del processo di deumidificazione muraria, attraverso:

1. Controllo dell'umidità muraria mediante termografie di confronto (ante e post intervento) con termocamera IR tipo Longwave;
2. Verifica dello stato di degrado superficiale delle murature mediante confronto fotografico (ante e post intervento);
3. Verifica delle variazioni dei parametri microclimatici durante il processo di deumidificazione, mediante analisi dei dati acquisiti tramite un apposito sistema di monitoraggio ambientale.

Nelle successive Figg. 9 e 10 si illustra infine un esempio ^[8] del monitoraggio dell'umidità muraria effettuato mediante termografia IR. L'esempio si riferisce al confronto tra il rilevamento iniziale del gennaio 2010 e la verifica conclusiva effettuata nel gennaio 2012 a due anni esatti di distanza dall'installazione dell'impianto T.n.c..

La termografia IR evidenzia con il colore scuro la presenza iniziale di umidità muraria. La stessa immagine, ripresa alla fine del processo di deumidificazione, dimostra la scomparsa dell'umidità. Parimenti, il confronto tra il profilo termico "prima" e "dopo" la deumidificazione evidenzia la drastica diminuzione del gradiente termico lungo una sezione verticale della parete termografata.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Regione Siciliana



Provincia di Ragusa



Comune di Ragusa
UN. Centri Storici

Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauRO

associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
OGGI associamo le attività, ANNI sono restauRO



In collaborazione con:



LEONARDO
SOLUTIONS



TECNOLOGIE PER IL CONTROLLO
E LA DEUMIDIFICAZIONE MURARIA

Gennaio 2010 - Pre intervento

Gennaio 2012 - Post intervento

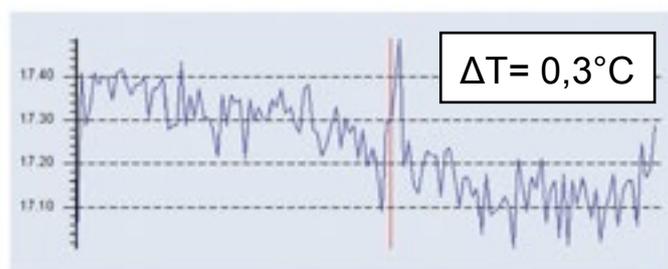
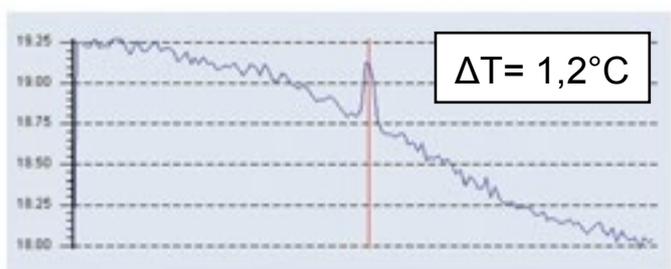
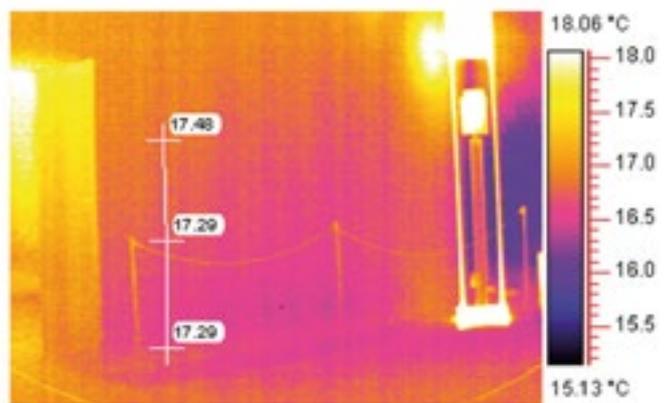
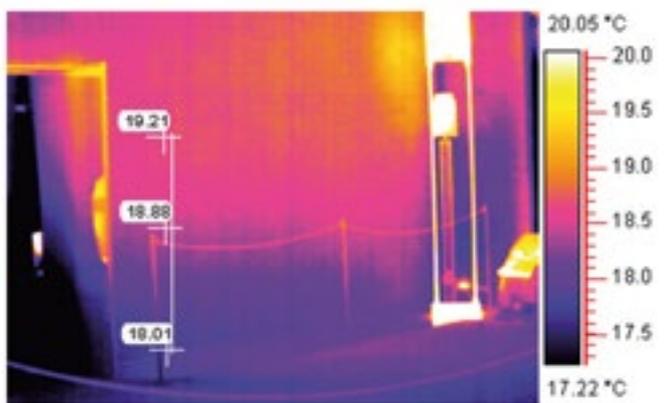
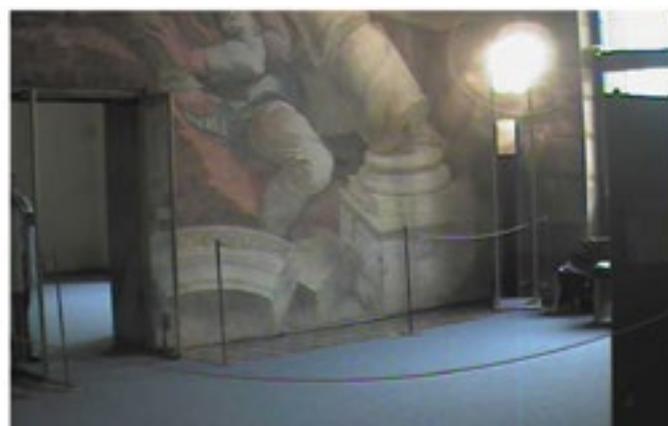


Fig.9 – Palazzo Te (Mantova) – Esempio di confronto termografico pre e post intervento con impianto T.n.c. Domodry®.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Gennaio 2010 - Pre intervento

Gennaio 2012 - Post intervento

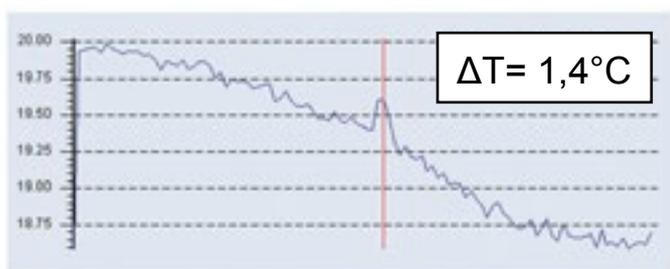
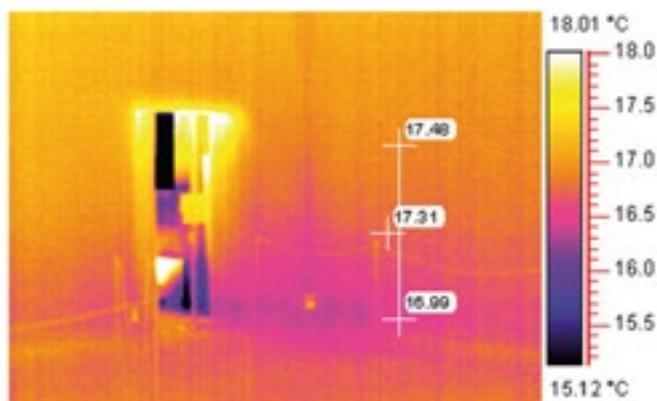
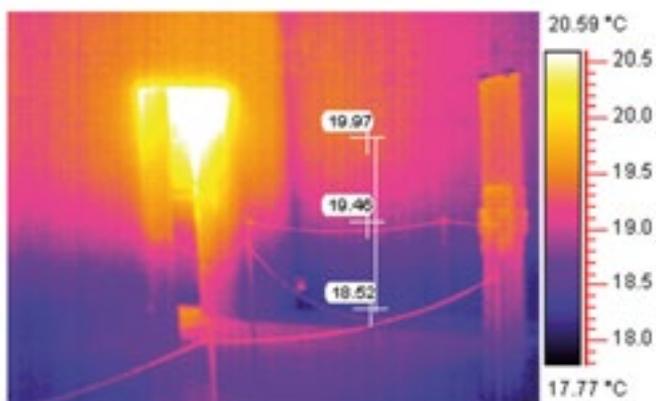


Fig.10 – Palazzo Te (Mantova) – Esempio di confronto termografico pre e post intervento con impianto T.n.c. Domodry®.

Con il Patrocinio di:



Ente organizzatore:



Altri Enti Patrocinanti:



In collaborazione con:



Note

[1] la presente relazione è tratta dalla pubblicazione tecnica dal titolo “Il Sistema elettrofisico a neutralizzazione di carica Domodry® per la deumidificazione e il controllo dell’umidità nelle murature. Principio di funzionamento e casi applicativi”, opera edita da Leonardo Solutions Srl e Domodry Srl (autore ing. Michele Rossetto). Tutti i contenuti sono tutelati dalle norme sulla protezione del diritto d’autore ai sensi dell’art. 5 della legge 22 aprile 1941 n. 633, nonché dalle norme in materia di concorrenza sleale ai sensi dell’art. 2598 c.c..

[2] Per ulteriori approfondimenti circa la spiegazione scientifica del fenomeno fisico “umidità da risalita capillare nelle murature”, si rimanda all’apposita pubblicazione tecnica, che può essere richiesta gratuitamente a Leonardo Solutions srl.

[3] L’angolo di contatto ϕ è a sua volta dipendente dal bilancio delle forze molecolari agenti all’interfaccia liquido solido, ovvero dalla mutua interazione tra la forza di coesione liquido-liquido e quella di adesione liquido-solido.

[4] Per approfondimenti e/o riferimenti bibliografici sui suddetti fenomeni fisici, si rimanda all’apposita pubblicazione tecnica, che può essere richiesta gratuitamente a Leonardo Solutions srl.

[5] Definizione semplificata del principio di funzionamento della tecnologia Domodry®. Per la spiegazione scientifica più completa e rigorosa, si rimanda all’apposita pubblicazione tecnica, che può essere richiesta gratuitamente a Leonardo Solutions srl.

[6] I risultati delle sperimentazioni condotte dal Politecnico di Milano sono stati pubblicati tra il 2007 e il 2009. La relativa documentazione scientifica può essere richiesta gratuitamente a Leonardo Solutions Srl.

[7] La T.n.c. assicura il mantenimento del risultato illimitatamente nel tempo, a condizione che l’impianto venga mantenuto permanentemente in funzione. Nel caso ci sia un guasto (identificabile tramite le spie di controllo poste sull’apparecchio), l’utente è tenuto a segnalarlo per consentire il ripristino del corretto esercizio dell’impianto.

Con il Patrocinio di:



Commissione Nazionale
Italiana per l'UNESCO



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauRO
associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
OGGI ASSOCIATI DI RESTAURAZIONE, ANNI AGGIUNTI



In collaborazione con:



[8] Per la documentazione completa dell'attività di monitoraggio svolta a Palazzo Te, si rimanda all'apposita pubblicazione tecnica, che può essere richiesta gratuitamente a Leonardo Solutions srl.

Con il Patrocinio di:



MINISTERO
PER I BENI E
LE ATTIVITÀ
CULTURALI



Ente organizzatore:

Altri Enti Patrocinanti:



UNIVERSITÀ
DEL SALENTO

assorestauo
associazione italiana per il restauro architettonico, artistico, urbano
Italian Association for Architecture, Art and Urban Restoration



In collaborazione con:

