

LA TECNOLOGIA A NEUTRALIZZAZIONE DI CARICA PER LA DEUMIDIFICAZIONE DELLE MURATURE SOGGETTE A RISALITA CAPILLARE

di Davide Mauri

Nel panorama dei sistemi a funzionamento elettrico presenti sul mercato, la T.n.c si contraddistingue in assoluto come primo e unico “sistema elettrofisico a neutralizzazione di carica”, per il suo peculiare ed esclusivo “principio attivo” che caratterizza la tecnologia sviluppata dal Gruppo Leonardo Solutions-Domodry.

Speso l'individuazione della soluzione più efficace ad un problema apparentemente irrisolvibile nasce dal cambio di prospettiva da cui si osserva il problema stesso. Questo è, sostanzialmente, ciò che è accaduto a chi, l'Ing. Michele Rossetto, ha ideato la tecnologia a neutralizzazione di carica (T.n.c) che oggi permette di porre termine in modo definitivo alla presenza di umidità da risalita capillare nelle murature[1].

Il criterio, di taglio prettamente scientifico, seguito per lo sviluppo di questa soluzione, è stato quello di partire da una analisi profonda sulle cause elettrico-fisiche che innescano il fenomeno della risalita capillare. Si è dunque approcciato il problema partendo dal punto di vista microscopico e non macroscopico, andando così a ricercare un modo per eliminare la causa stessa della capillarità nei muri e solo indirettamente gli effetti macroscopici da essa causati. Il cambio di prospettiva è consistito proprio in questo: mentre i sistemi tradizionali puntano al contenimento “fisico” della risalita mediante sbarramenti “materiali” operati sulla muratura, oppure mirano ad attenuare le manifestazioni di degrado sulle superfici, la tecnologia a neutralizzazione di carica opera in senso opposto, ovvero non agisce in alcun modo sulla struttura bensì influenza il comportamento dell'acqua che viene a contatto con i capillari del muro. Questo approccio differenzia la T.n.c anche dai sistemi suoi “antesignani” che, volendo intervenire in qualche modo sul legame elettrico tra molecole d'acqua e i capillari, andavano ad operare non sul liquido bensì sul muro con notevole dispendio di energia, risultati non definitivi (a causa dell'estrema variabilità di caratteristiche dell'opera muraria) e discreta - o in alcuni casi notevole - invasività. Al contrario, con la T.n.c, sviluppata in primis per applicazioni su edifici di pregio storico-artistico, si è partiti dal presupposto di realizzare un sistema di utilizzo “universale”, ovvero applicabile a qualsiasi tipo di muratura, indipendentemente dalle caratteristiche - variabili da caso a caso - della muratura stessa.

Vediamo di capire meglio come funziona la “T.n.c.”.

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. 1).

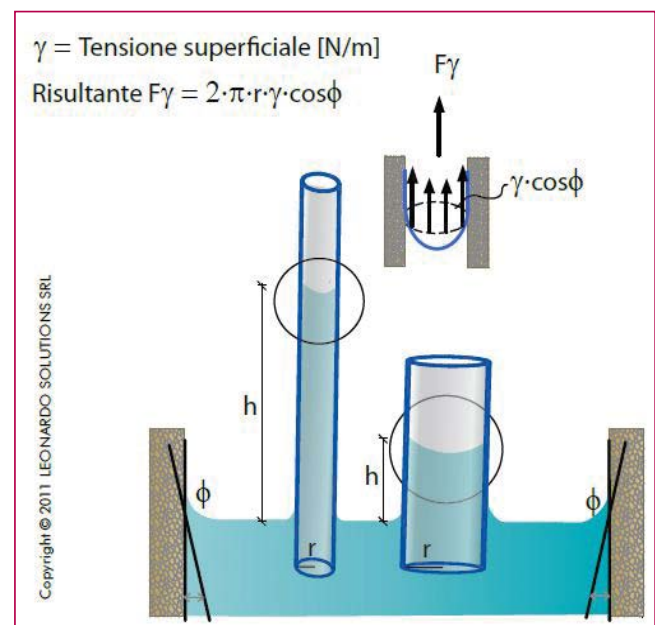


Figura 1 - Spostamento del menisco all'interno del capillare per effetto della tensione superficiale

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 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. 2).

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

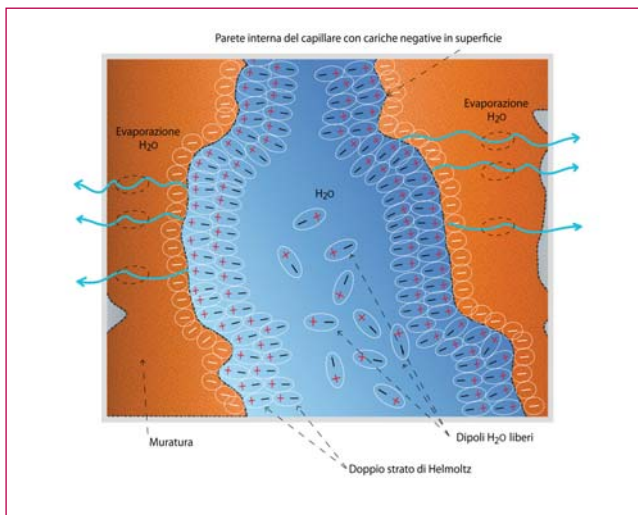


Figura 2 - Rappresentazione schematica del doppio strato di Helmholtz.

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 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. 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".

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.

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].

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.3) 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, in-

terrompendo 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.



Figura 3 - L'apparecchio Domodry

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 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.

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.

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.

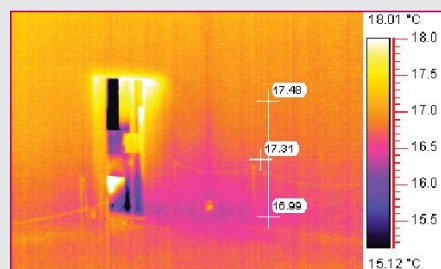
Dal 2003 è stata quindi avviata, in collaborazione con alcuni importanti Centri universitari, una campagna di sperimentazione e ricerca [6] per il miglioramento dei preesistenti sistemi elettrofisici, che ha portato, nel 2008-09, allo sviluppo di una tecnologia più avanzata e di concezione totalmente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

Risulta superfluo sottolineare come un altro dei pregi di questa tecnologia sia l'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. Questo concetto, del resto, è stato ribadito durante il Convegno tenutosi a Ragusa lo scorso Ottobre (al riguardo si veda il report sul numero 3-2012 di Archeomatica) con il Patrocinio dell'Unesco, della presidenza del Consiglio dei Ministri nonché del MiBac. Durante l'evento, diversi e qualificati Relatori provenienti dal mondo accademico, della ricerca e dalle Istituzioni (Mibac) hanno portato testimonianze concrete di interventi già conclusi con successo tramite l'applicazione della T.n.c. su edifici ed opere di grande valore e pregio differenti tra loro per caratteristiche ma-



Figura 4 - Palazzo Te, Mantova - Esempio (tramite rilievo termografico) di risultati di completa asciugatura ottenuti con la T.n.c. Il primo rilievo, pre-intervento, è datato 13 Gennaio 2010. Il secondo, post intervento, è datato 19 Gennaio 2012.



terico-costruttive e dislocazione geografica, tutte accomunate però dal raggiungimento di una completa e stabile asciugatura dei muri che da secoli subivano il degrado causato dalla risalita capillare.

Si illustra di seguito un esempio di monitoraggio, mediante termografia IR, del decorso della fase di deumidificazione della muratura, a seguito dell'installazione di un impianto T.n.c. L'esempio si riferisce al caso applicativo di Palazzo Te a Mantova (impianto installato nel gennaio 2010, verifica conclusiva effettuata nel gennaio 2012).

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.

ABSTRACT

In view of the electrically operated systems on the market, the Tnc stands in absolute as the first and only "system to neutralize electro-charge" for its unique and exclusive "active principle" that characterizes the technology developed by Leonardo Solutions Group-Domodry.

PAROLE CHIAVE

Beni Culturali; Termografia; T.n.c; Domodry,

AUTORI

DOTT. DAVIDE MAURI
DOMODRY SRL - LEONARDO SOLUTIONS SRL.
VIA RESEGONE 48 20025 LEGNANO MI

RIFERIMENTI

- [1] il presente articolo è tratto dalla pubblicazione tecnica dal titolo "Il Sistema elettrostatico 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 θ 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 Domodry 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, l'utente è tenuto a segnalare per consentire il ripristino del corretto esercizio dell'impianto.

Leica ScanStation P20

Il Laser Scanner Ultra-Veloce con la migliore tecnologia



Architettura & Patrimonio

Nuove costruzioni o fabbricati storici esistenti possono essere facilmente rilevati per analisi strutturali e documentazione storica. L'ampio campo visivo e l'esteso range di misura di Leica ScanStation P20, garantiscono un minor numero di messe in stazione per il completamento delle operazioni