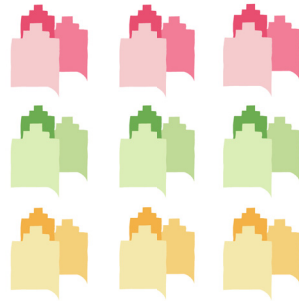


# ReUSO Matera



## PATRIMONIO IN DIVENIRE

c o n o s c e r e  
v a l o r i z z a r e  
a b i t a r e

a cura di  
**Antonio Conte**  
**Antonella Guida**



GANGEMI EDITORE®  
INTERNATIONAL



VII CONVEGNO INTERNAZIONALE  
SULLA DOCUMENTAZIONE, CONSERVAZIONE E RECUPERO  
DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO E SULLA TUTELA PAESAGGISTICA  
DIPARTIMENTO DELLE CULTURE EUROPEE E DEL MEDITERRANEO  
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELLA BASILICATA – 23 | 24 | 25 | 26 OTTOBRE

**Direttori del Convegno**

Antonio Conte, *Università degli Studi della Basilicata*  
Antonella Guida, *Università degli Studi della Basilicata*

**Comitato Fondatore**

Stefano Bertocci, *DIDA Dipartimento di Architettura - Università Firenze*  
Fauzia Farneti, *DIDA Dipartimento di Architettura - Università Firenze*  
Giovanni Minutoli, *DIDA Dipartimento di Architettura - Università Firenze*  
Susana Mora Alonso-Muñoz, *Universidad Politécnica Madrid*  
Silvio Van Riel, *DIDA Dipartimento di Architettura - Università Firenze*

**Comitato d'Onore**

Aurelia Sole, *Magnifica Rettore - Università degli Studi della Basilicata*  
Ferdinando Mirizzi, *Direttore - DICEM, Architettura Paesaggio e Patrimoni Culturali*  
Mauro Fiorentino, *Coordinatore - Dottorato "Cities and Landscapes: Architecture, Archaeology, Cultural Heritage, History and Resources", Dipartimento delle Culture Europee e del Mediterraneo, già Magnifico Rettore dell'Università degli Studi della Basilicata*  
Cosimo Damiano Fonseca, *Accademico dei Lincei, fondatore e primo Rettore dell'Università degli Studi della Basilicata*  
Raffaello De Ruggieri, *Sindaco di Matera*  
Francesco Canestrini, *Direttore - Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio della Basilicata - MiBAC*  
Marta Ragozzino, *Direttrice - Polo Museale della Basilicata - MiBAC*  
Paolo Verri, *Direttore generale - Fondazione Matera 2019*  
Salvatore Adduce, *Presidente - Fondazione Matera 2019*  
Eusebio Leal Spengler, *Presidente del Consiglio di Stato - Ministro della Repubblica di Cuba in qualità di storico della città di L'Avana, Cuba*  
José Carlos Rodríguez Ruiz, *Ambasciatore di Cuba in Italia*  
Giovanni Carbonara, *Professore Emerito di Restauro Architettonico presso la Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza"*  
Amerigo Restucci, *Accademico dell'Accademia delle Arti e del Disegno San Luca, membro del Consiglio Superiore del Ministero dei Beni Culturali, già Magnifico Rettore e Professore ordinario di Storia dell'Architettura presso la Facoltà di Architettura dell'Università IUAV di Venezia*  
Francesco Sisinni, *Beneamato, accademico dell'Accademia delle Arti e del Disegno San Luca dal 1985, già Direttore Generale del Ministero per i Beni e le Attività Culturali*  
Giambattista De Tommasi, *già Professore Ordinario di Architettura Tecnica, Politecnico di Bari*

**Comitato Scientifico**

Albiol Ibáñez, José Ramón, *Universidad de Valencia*  
Algarín Comino, Mario José, *Universidad de Sevilla*  
Andrisani, Giuseppe, *Università degli Studi della Basilicata, Membro italiano ICOMOS - UNESCO - Membro Fundación CICOP España*  
Bellanca, Calogero, *Università "Sapienza", Roma*  
Bernardo, Graziella, *Università degli Studi della Basilicata*  
Bertocci, Stefano, *Università degli Studi di Firenze*  
Bevilacqua, Mario, *Università degli Studi di Firenze*  
Bixio, Antonio, *Università degli Studi della Basilicata*  
Brasileiro, Vanessa Borges, *Universidade Federal de Minas Gerais*  
Caccia Gherardini, Susanna, *Università degli Studi di Firenze*  
Calia, Marianna, *Università degli Studi della Basilicata*  
Cardone, Giuseppe, *Università degli Studi della Basilicata*  
Conte, Antonio, *Università degli Studi della Basilicata*



Proprietà letteraria riservata

**Gangemi Editore spa**  
Via Giulia 142, Roma  
www.gangemieditore.it

Nessuna parte di questa pubblicazione può essere memorizzata, fotocopiata o comunque riprodotta senza le dovute autorizzazioni.

Le nostre edizioni sono disponibili in Italia e all'estero anche in versione ebook.

Our publications, both as books and ebooks, are available in Italy and abroad.

**GANGEMI EDITORE®**  
INTERNATIONAL

FINITO DI STAMPARE NEL MESE DI OTTOBRE 2019  
www.gangemieditore.it

ISBN 978-88-492-3800-6

Colonna, Angela, *Università degli Studi della Basilicata*  
Cassinello Plaza, Pepa, *Universidad Politécnica de Madrid*  
Cardinale, Nicola, *Università degli Studi della Basilicata*  
Castelluccio, Roberto, *Università degli Studi di Napoli "Federico II"*  
Catalano, Agostino, *Università del Molise e Presidente emerito del Centro Internazionale per la conservazione del Patrimonio - Italia*  
Copertino, Domenico, *Università degli Studi della Basilicata*  
Cruz Franco, Pablo Alejandro, *Universidad de Extremadura*  
Dalla Negra, Riccardo, *Università degli Studi di Ferrara*  
D'Amato, Michele, *Università degli Studi della Basilicata*  
Dangelo, André Guilherme Dornelles, *Universidade Federal de Minas Gerais*  
De Vita, Maurizio, *Università degli Studi di Firenze*  
Doglioni, Francesco, *Università IUAV di Venezia*  
Dominguez Caballero, Rosa Maria, *Universidad de Sevilla*  
Esposito Daniela, *Università "Sapienza", Roma*  
Farneti, Fauzia, *Università degli Studi di Firenze*  
Fatiguso, Fabio, *Politecnico di Bari*  
Fernando-Coca, Antonio, *Universitat de les Illes Balears*  
Ficarelli, Loredana, *Politecnico di Bari*  
Fiore, Pierfrancesco, *Università degli Studi di Salerno*  
Fumo, Marina, *Università degli Studi di Napoli Federico II*  
García Quesada, Rafael, *Universidad de Granada*  
García-Gutiérrez Mosteiro, Javier, *Universidad Politécnica de Madrid*  
González Moreno-Navarro, Antoni, *Diputació de Barcelona*  
Guida, Antonella, *Università degli Studi della Basilicata*  
Gulli, Riccardo, *Università di Bologna*  
Hernández León, Juan Miguel, *Universidad Politécnica de Madrid*  
Ileksrova, Nadia, *Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*  
Jurina, Lorenzo, *Politecnico di Milano*  
Lione, Raffaella, *Università degli Studi di Messina*  
López García, Juan Sebastián, *Universidad de Las Palmas de Gran Canaria*  
Lucchini, Angelo, *Politecnico di Milano*  
Malighetti, Laura, *Politecnico di Milano*  
Manzano Jurado, José María, *Universidad de Granada*  
Masini, Nicola, *CNR-IBAM*  
Mecca, Ippolita, *Università degli Studi della Basilicata*  
Minutoli, Fabio, *Università degli Studi di Messina*  
Minutoli, Giovanni, *Università di Firenze*  
Monjo Carrió, Juan, *Universidad Politécnica de Madrid*  
Mora Alonso-Muñoz, Susana, *Universidad Politécnica de Madrid*  
Muñoz Cosme, Alfonso, *Universidad Politécnica de Madrid*  
Nanetti, Andrea, *Nanyang Technological University*  
Onat Hattap, Sibel, *Mimar Sinan Fine Arts University, Estambul*  
Ozbay, Asli, *Architectural Consultans at Argos Architecture and Construction*  
Özlem Lamonte, Berk, *Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon*  
Palmero Iglesias, Luis, *Universidad Politécnica de Valencia*  
Paggiuca, Antonello, *Università degli Studi della Basilicata*  
Parrinello, Sandro, *Università degli Studi di Pavia*  
Piana, Mario, *Università IUAV di Venezia*  
Rociola, Giuseppe, *Ministero per i Beni e le Attività Culturali*  
Rueda Márquez de la Plata, Adela, *Universidad de Extremadura*  
Santana Rodríguez, Ricardo Javier, *Universidad de Las Palmas*  
Santi Maria, Cascone, *Università degli Studi di Catania*  
Santopuoli, Nicola, *Università "Sapienza", Roma*  
Sicignano, Claudia, *Università degli Studi di Salerno*  
Sicignano, Enrico, *Università degli Studi di Salerno*  
Sogliani, Francesca, *Università degli Studi della Basilicata*  
Sroczyńska, Jolanta, *Cracow University of Technology*  
Tejedor Cabrera, Antonio, *Universidad de Sevilla*  
Tiberi, Rizio, *Università degli Studi di Firenze*  
Tognon, Marcos, *Universidad Estadual de Campinas*  
Van Riel, Silvio, *Università degli Studi di Firenze*  
Varum, Humberto, *Universidade do Porto*

**Revisori**

Albiol Ibáñez, José Ramón, *Universidad de Valencia*  
Algarín Comino, Mario José, *Universidad de Sevilla*  
Andrisani, Giuseppe, *Università degli Studi della Basilicata*  
Bellanca, Calogero, *Università "Sapienza", Roma*  
Bernardo, Graziella, *Università degli Studi della Basilicata*  
Bertocci, Stefano, *Università degli Studi di Firenze*  
Bixio, Antonio, *Università degli Studi della Basilicata*  
Caccia Gherardini, Susanna, *Università degli Studi di Firenze*  
Calia, Marianna, *Politecnico di Bari*  
Cardinale, Nicola, *Università degli Studi della Basilicata*  
Cardone, Sergio, *Università degli Studi della Basilicata*  
Cascone, Santi Maria, *Università degli Studi di Catania*  
Castelluccio, Roberto, *Università degli Studi di Napoli Federico II*  
Catalano, Agostino, *Università del Molise*  
Colonna, Angela, *Università degli Studi della Basilicata*  
Conte, Antonio, *Università degli Studi della Basilicata*  
Copertino, Domenico, *Università degli Studi della Basilicata*  
Dalla Negra, Riccardo, *Università degli Studi di Ferrara*

D'Amato, Michele, *Università degli Studi della Basilicata*  
De Vita, Maurizio, *Università degli Studi di Firenze*  
Dominguez Caballero, Rosa Maria, *Universidad de Sevilla*  
Esposito Daniela, *Università "Sapienza", Roma*  
Farneti, Fauzia, *Università degli Studi di Firenze*  
Fatiguso, Fabio, *Politecnico di Bari*  
Fernández-Coca, Antonio, *Universidad de Sevilla*  
Ficarelli, Loredana, *Politecnico di Bari*  
Fiore, Pierfrancesco, *Università degli Studi di Salerno*  
Fumo, Marina, *Università degli Studi di Napoli Federico II*  
García-Gutiérrez Mosteiro, Javier, *Universidad Politécnica de Madrid*  
García Quesada, Rafael, *Universidad de Granada*  
Gulli, Riccardo, *Università di Bologna*  
Jurina, Lorenzo, *Politecnico di Milano*  
Lamonte-Berk, Özlem, *Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon*  
Lione, Raffaella, *Università degli Studi di Messina*  
López García, Juan Sebastián, *Universidad de Las Palmas*  
Lucchini, Angelo, *Politecnico di Milano*  
Malighetti, Laura, *Politecnico di Milano*  
Manzano Jurado, José María, *Universidad de Granada*  
Masini, Nicola, *Università degli Studi della Basilicata*  
Mecca, Ippolita, *Università degli Studi di Salerno*  
Minutoli, Fabio, *Università degli Studi di Messina*  
Minutoli, Giovanni, *Università di Firenze*  
Monjo Carrió, Juan, *Universidad Politécnica de Madrid*  
Mora Alonso-Muñoz, Susana, *Universidad Politécnica de Madrid*  
Nanetti, Andrea, *Nanyang Technological University*  
Paggiuca, Antonello, *Università degli Studi della Basilicata*  
Palmero Iglesias, Luis, *Universidad Politécnica de Valencia*  
Parrinello, Sandro, *Università degli Studi di Pavia*  
Rociola, Giuseppe, *Ministero per i Beni e le Attività Culturali*  
Santana Rodríguez, Ricardo Javier, *Universidad de Las Palmas*  
Santopuoli, Nicola, *Università "Sapienza", Roma*  
Sicignano, Enrico, *Università degli Studi di Salerno*  
Sogliani, Francesca, *Università degli Studi della Basilicata*  
Sroczyńska, Jolanta, *Cracow University of Technology*  
Van Riel, Silvio, *Università degli Studi di Firenze*  
Varum, Humberto, *Universidade de Aveiro (Porto)*

**Coordinamento Scientifico**

Antonio Conte, *Università degli Studi della Basilicata*  
Antonella Guida, *Università degli Studi della Basilicata*

**Comitato Organizzativo**

Giuseppe Andrisani, *Università degli Studi della Basilicata*  
Graziella Bernardo, *Università degli Studi della Basilicata*  
Roberto Blasi, *Università degli Studi della Basilicata*  
Marianna Calia, *Università degli Studi della Basilicata*  
Antonio Conte, *Università degli Studi della Basilicata*  
Carmen Fattore, *Università degli Studi della Basilicata*  
Donato Gallo, *Università degli Studi della Basilicata*  
Antonella Guida, *Università degli Studi della Basilicata*  
Antonello Loforese, *Università degli Studi della Basilicata*  
Giulio Pacente, *Università degli Studi della Basilicata*  
Antonello Paggiuca, *Università degli Studi della Basilicata*  
Roberto Pedone, *Università degli Studi della Basilicata*  
Vito Porcari, *Università degli Studi della Basilicata*  
Ida Giulia Presta, *Università degli Studi della Basilicata*  
Pier Pasquale Trausi, *Università degli Studi della Basilicata*  
Margherita Tricarico, *Università degli Studi della Basilicata*

**Segreteria Organizzativa**

Roberto Blasi, *Università degli Studi della Basilicata*  
Carmen Fattore, *Università degli Studi della Basilicata*  
Donato Gallo, *Università degli Studi della Basilicata*  
Giulio Pacente, *Università degli Studi della Basilicata*  
Roberto Pedone, *Università degli Studi della Basilicata*  
Vito Domenico Porcari, *Università degli Studi della Basilicata*  
Ida Giulia Presta, *Politecnico di Bari*  
Pier Pasquale Trausi, *Università degli Studi della Basilicata*  
Margherita Tricarico, *Università degli Studi della Basilicata*

**Progetto grafico**

Roberto Pedone, *Università degli Studi della Basilicata*

**Foto b/n**

Roberto Blasi, *Università degli Studi della Basilicata*  
Maria Federica Lettini, *Università degli Studi della Basilicata*  
Roberto Pedone, *Università degli Studi della Basilicata*  
Margherita Tricarico, *Università degli Studi della Basilicata*

**I testi, le traduzioni e le immagini sono stati forniti dai singoli autori per la pubblicazione con copyright e responsabilità scientifica e verso terzi. La revisione e redazione del testo è stata svolta dai curatori del volume con l'adozione del sistema di referaggio double blind peer review.**

Il Convegno Reuso Matera è realizzato con il sostegno di:



**SPONSOR**

L'evento ReUSO Matera 2019 è realizzato con il sostegno di:

**MAIN SPONSOR**



**SPONSOR**



**EDITORE**



## LA TECNOLOGIA A NEUTRALIZZAZIONE DI CARICA CNT PER L'ELIMINAZIONE E PREVENZIONE DELL'UMIDITÀ DA RISALITA CAPILLARE NELLE MURATURE

**Michele Rossetto**

*Libero professionista*

**Keywords:** Umidità da risalita, Risanamento murature umide, Neutralizzazione di carica, Progetto di Ricerca inter-universitario CNT-APPs

### CHARGE NEUTRALIZATION TECHNOLOGY CNT IN ORDER TO REMOVE AND PREVENT CAPILLARY RISING DAMP IN MASONRIES

**Abstract** *In restoration intervention on structures and buildings of any age, capillary rising damp represents one of the most recurring pathologies against which, however, most of the applied systems have revealed very little or not at all effective. CNT – acronym for “Charge Neutralization Technology” - was conceived to surpass and improve the effectiveness of the various electrophysical systems already in use and which, although now obsolete, are still found on the market. The creation of CNT, based on a completely new concept, has become possible in 2009 thanks to important scientific discoveries in the field of fluidodynamics belonging to the early 2000's. After a full decade with applications carefully examined by the most renowned and demanding Customers, with results validated through field testing led by important universities, nowadays CNT with no doubt represents the most controlled and tested solution against rising damp, so the safest for those who want to reach the certainty of result, away from any glitches.*

## 1. INTRODUZIONE

L'umidità da risalita capillare costituisce una delle patologie 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 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 di tali sistemi ha, per converso, fornito lo stimolo per la sperimentazione e lo sviluppo industriale di una soluzione completamente originale e innovativa e pienamente efficace, quale appunto la tecnologia CNT qui illustrata.

La CNT - acronimo di "Charge Neutralization Technology", tecnologia a neutralizzazione di carica - è stata ideata per superare e migliorare l'efficacia dei vari sistemi elettrofisici "ad inversione di polarità" già in uso e, per quanto ormai superati, ancor oggi presenti sul mercato. La realizzazione della CNT, basata su un principio di concezione totalmente nuova, è stata resa possibile nel 2009 grazie ad importanti scoperte scientifiche nell'ambito della micro-fluidodinamica risalenti ai primi anni 2000.

Ciò che differenzia la CNT da qualsiasi altro sistema di tipo elettrico o elettromagnetico è il suo originale principio di funzionamento: anziché agire per inversione di polarità della muratura, la CNT neutralizza, al contatto acqua-muratura, la capacità delle molecole d'acqua di polarizzarsi, facendo in modo che rimangano globalmente neutre (ovvero non polarizzate) come normalmente sono in assenza del campo elettrico induttore esercitato dalla muratura. Di conseguenza, con la CNT in funzione l'acqua non può più essere attratta per differenza di carica da parte dei capillari della muratura: la risalita viene quindi interrotta alla radice.

In tal modo, la CNT riesce una volta per tutte a superare il problema della scarsa efficacia e/o instabilità di risultato che notoriamente caratterizza i sistemi a inversione di polarità i quali invece, agendo sul comportamento elettrico della muratura - e non dell'acqua - risultano fortemente disturbati dalla disuniformità e/o variabilità di comportamento, tipica della muratura stessa.

Per tale motivo, la CNT viene oggi riconosciuta come l'unico metodo in grado di garantire, in qualsiasi tipo di muratura, la totale eliminazione dell'umidità di risalita in modo pienamente efficace e stabile nel tempo, come dimostrano i dati sperimentali pubblicati in numerosi articoli scientifici e gli oltre 4.000 impianti installati con pieno successo dal 2009 ad oggi.

## 2. ORIGINE E SVILUPPO INDUSTRIALE DELLA TECNOLOGIA CNT

Intorno alla metà del primo decennio del 2000, veniva concepita l'idea di sviluppare un avanzamento tecnologico rispetto alle preesistenti tecniche di tipo elettromagnetico-elettrofisico già da anni impiegate per contrastare e/o ridurre gli effetti dell'umidità da risalita capillare all'interno delle murature. Tale idea nasceva dalla constatazione della sostanziale mancanza di una soluzione definitiva al problema "umidità da risalita", a fronte dello scarso o comunque insufficiente livello di efficacia che i suddetti sistemi elettrofisici - che a quell'epoca erano considerati il metodo più avanzato che il mercato potesse offrire - avevano palesato nell'arco di vari decenni di applicazione, come peraltro documentato da vari studi e sperimentazioni condotti presso il Politecnico di Milano tra il 1991 e il 2007 [1, 2, 3].

Posto che il modello teorico-fisico (c.d. "doppio strato di Helmholtz") rappresentativo del

fenomeno naturale della risalita capillare nella muratura – modello alla base della trattazione teorica degli stessi sistemi elettrofisici già esistenti - era noto e correttamente descritto da tempo (Fig.1), prendeva il via una prima fase di studio e sperimentazione volta ad approfondire la conoscenza teorica ed applicativa dei sistemi elettrofisici presenti sul mercato, al fine soprattutto di individuarne i punti di criticità e debolezza, da considerarsi come punti da risolvere o comunque superare per il raggiungimento dell’ambizioso obiettivo: il conseguimento di una soluzione tecnologica più avanzata e performante e, auspicabilmente, di una soluzione definitiva al problema.

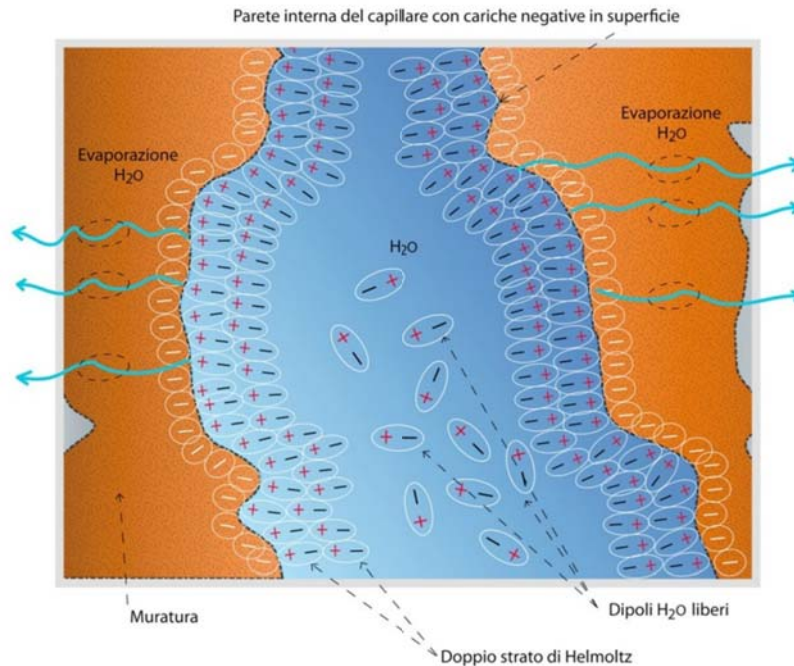


Fig.1 – Schematizzazione del doppio strato di Helmholtz

Questa prima fase, condotta con il supporto del Laboratorio Fi.T.Be.C. del Politecnico di Milano tra gli anni 2004 e 2007, portava ad individuare, quale principale causa di insuccesso dei vari sistemi elettrofisici, il principio stesso di funzionamento - inversione di polarità della muratura – di detti sistemi: in sostanza, essendo il potenziale elettrico della muratura molto variabile da punto a punto a causa delle disomogeneità della muratura stessa, i sistemi ad inversione risultavano solo parzialmente efficaci in termini di capacità di deumidificazione dell’intera muratura, oltre a fornire effetti instabili nel tempo [2, 3].

Questa importante constatazione – ovvero la presa d’atto della materiale impossibilità di realizzare l’inversione di polarità della struttura muraria in modo omogeneo lungo il suo intero sviluppo orizzontale e verticale e, soprattutto, in modo stabile nel tempo – portò a concepire l’idea di “invertire” l’approccio al problema. In sostanza, l’idea fu la seguente: posto che l’acqua risale all’interno dei capillari a causa della differenza di carica elettrica tra il muro (carico negativamente) e l’acqua (elettricamente neutra in normali condizioni, ma con molecole a comportamento dipolare “+/-“ in presenza di un campo elettrico induttore quale quello

esercitato dalla muratura) e constatata l'impossibilità, tramite qualsivoglia sistema elettrostatico, di garantire una omogenea "inversione di polarità" della muratura, si ipotizzò di poter agire dal fronte opposto, ovvero sulla componente "acqua" anziché sulla muratura. Se si fosse trovato un modo – si pensò – per "neutralizzare" la tendenza che ha l'acqua a polarizzarsi per effetto del campo elettrico esercitato dalla muratura, l'acqua stessa, rimanendo neutra, non avrebbe più potuto essere attratta dalla carica negativa propria della muratura, e ciò indipendentemente dal valore – variabile – del potenziale elettrico della muratura stessa. Questa idea in effetti poneva le basi per lo sviluppo di un principio di funzionamento sostanzialmente opposto al precedente e di nuova concezione, basato sul meccanismo di "neutralizzazione di carica dell'acqua" in luogo della "inversione di polarità della muratura".

Nel 2008 veniva quindi avviata una nuova fase di studi e ricerche per lo sviluppo applicativo del principio di nuova concezione denominato "CNT" (acronimo di "Charge Neutralization Technology", alias TNC per "Tecnologia a Neutralizzazione di Carica"), fase che portò all'acquisizione delle necessarie conoscenze teoriche grazie alla pubblicazione, su riviste scientifiche internazionali, di alcune scoperte avvenute pochi anni prima in campo nanotecnologico. Tali scoperte avevano di fatto rivelato, nell'ambito della micro-fluidodinamica, l'esistenza di particolari fenomeni fisici - denominati dagli addetti ai lavori con i termini "eletto-capillarità" [4] ed "electrowetting" [5] - sfruttando i quali risulta possibile, tramite l'applicazione di un debole campo elettrico esterno opportunamente orientato, indurre variazioni nella distribuzione delle cariche elettriche all'interfaccia tra la parete interna di un micro-capillare (nanotubo) in silicio ed il liquido conduttore (soluzione acquosa salina) in esso contenuto. Il modello sperimentale del "nanotubo in silicio riempito con una soluzione acquosa salina" utilizzato per interpretare i suddetti fenomeni, si riconobbe essere sostanzialmente applicabile anche al fenomeno naturale della risalita dal terreno di acqua (carica di sali) all'interno della struttura capillare dei materiali (di natura silicica) costituenti le comuni murature: da qui, l'idea di sfruttare tale modello per realizzare il dispositivo CNT, con la funzione di prevenire alla radice l'insorgere della risalita capillare nelle murature stesse.

Si giungeva così al deposito del brevetto industriale del "Sistema CNT per la deumidificazione e il controllo dell'umidità muraria" e alla realizzazione dei primi apparecchi prototipali, che vennero quindi installati a livello sperimentale in alcune applicazioni pilota con lo scopo di monitorarne gli effetti durante la fase – successiva all'installazione – di smaltimento dell'umidità residua tramite evaporazione spontanea, sino al definitivo asciugamento della muratura. Costatati gli esiti positivi delle sperimentazioni, si passava nel 2009 alla realizzazione del modello di produzione industriale del sistema CNT [6].

Tale traguardo, ovvero la realizzazione della tecnologia proprietaria CNT<sup>®</sup>, ha rappresentato in realtà solo il primo step nell'ambito del complessivo sistema oggetto del brevetto che contempla, oltre all'unità CNT di deumidificazione muraria, alcuni dispositivi addizionali per l'abilitazione di due ulteriori, importanti funzionalità: il telecontrollo dell'unità CNT e il monitoraggio predittivo dei tempi di asciugamento della muratura.

Sulla scorta dei brillanti risultati conseguiti già dopo i primi anni di introduzione sul mercato dell'apparecchio CNT "base" (oltre 2.000 impianti installati con pieno successo in tutta Italia dal 2009 al 2014), il processo di sviluppo industriale dell'intero sistema è quindi proseguito negli anni successivi, per giungere a completamento nel 2016, anno in cui è stata realizzata e immessa sul mercato la versione definitiva dell'unità CNT comprensiva dei dispositivi e delle funzionalità

addizionali. Le ulteriori installazioni della CNT nella versione definitiva hanno portato ad oltre 4.000 il numero complessivo di impianti installati in tutta Italia dal 2009 ad oggi (fine 2018): in un decennio di applicazioni 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, come documentato nel libro sul Metodo CNT redatto dagli studiosi dell'Università di Napoli Federico II [7].

### 3. IL DISPOSITIVO CNT: PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO E MODALITÀ OPERATIVE

Nella sua struttura essenziale, il dispositivo CNT è costituito da un induttore pilotato da un generatore a bassa frequenza: la particolare forma d'onda generata dal dispositivo così composto ha la caratteristica di poter neutralizzare eventuali cariche elettriche all'interno delle molecole d'acqua, che siano esse di polarità positiva o negativa. La bassa frequenza di oscillazione del generatore - dai 40 ai 60 Hz - consente al campo magnetico generato dall'induttore di attraversare le pareti murarie senza subire da queste alcun effetto schermo: ciò rende efficace la sua azione direttamente sulle molecole d'acqua, neutralizzandole ed impedendo in questo modo la risalita capillare. Il campo magnetico emesso è comunque molto basso e assolutamente non percepibile o dannoso per il corpo umano o animali domestici, oltre ad essere totalmente privo di interferenze rispetto a qualsiasi apparecchiatura domestica o industriale come radio, televisione, telefoni, antifurti, strumenti di laboratorio o apparati biomedicali come pacemaker o altro. A titolo esemplificativo, l'intensità dell'emissione del dispositivo CNT risulta inferiore al campo magnetico prodotto da un alimentatore di batterie per telefoni cellulari.

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'azione è garantita su tutte le strutture (muri, tramezzi, solette, ecc.) a prescindere dalla presenza di muri interni che non costituiscono una barriera al sistema (Fig.2).



Fig.2 – Sistema CNT® completo di sensori



L'apparecchio CNT può inoltre essere integrato dall'installazione di sensori in grado di monitorare in tempo reale 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).

Il collegamento remoto del sistema alla centrale dati consente di ottimizzare l'interpretazione dei dati rilevati e di individuare eventuali modifiche o anomalie durante il funzionamento: attraverso la verifica delle ore di funzionamento registrate dal dispositivo CNT, ad esempio, è possibile comprendere se vi siano stati periodi più o meno lunghi di interruzione del processo (ad es. in caso di distacchi prolungati dell'alimentazione elettrica) mentre la variazione dei dati delle sonde Ur-T può fornire informazioni in merito all'attivazione, anche per brevi periodi, di impianti di regolazione del microclima interno. I dati registrati dalle sonde IDROSCAN, infine, consentono di tracciare curve di andamento tendenziale del processo di asciugamento utili sia alla gestione del sistema, ad esempio per rallentare un'asciugatura troppo veloce su superfici delicate, sia alla previsione dei tempi di completamento del processo. (Fig.3).

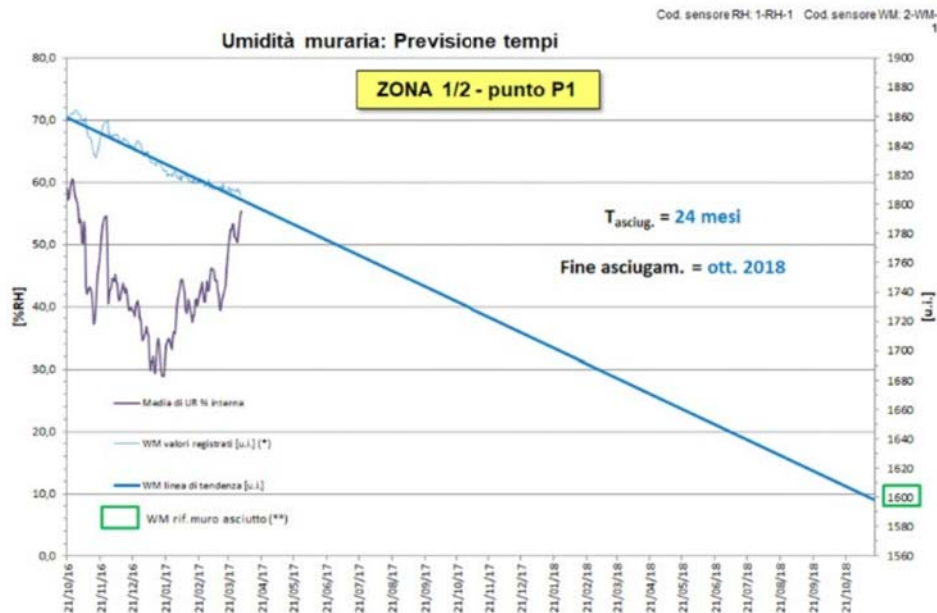


Fig.3 – Esempio di curva di previsione dei tempi di asciugamento

#### 4. IL METODO CNT: DIFFERENZE E VANTAGGI RISPETTO ALLE TECNICHE ELETTROFISICHE

Ciò che più differenzia la tecnologia CNT da qualsiasi altro sistema di tipo elettrico o elettromagnetico è il suo originale principio di funzionamento (Fig.4): anziché introdurre un campo elettrico opposto a quello naturale e tarato sui valori della polarità della muratura, variabili all'interno della stessa muratura e nel tempo, la CNT neutralizza, in corrispondenza delle sezioni di contatto muratura - terreno, la tendenza delle molecole d'acqua a polarizzarsi, facendo in modo che rimangano globalmente neutre (ovvero non polarizzate) come normalmente sono

in assenza di campi elettrici esterni. Di conseguenza, con i dispositivi CNT in funzione l'acqua non è più attratta per differenza di carica all'interno dei capillari della muratura e la risalita viene dunque interrotta alla radice. L'acqua in eccesso presente nella muratura, non essendo più alimentata dalla risalita, tenderà a smaltirsi spontaneamente per naturale evaporazione e, una volta terminato il processo di asciugatura, la CNT continuerà 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.

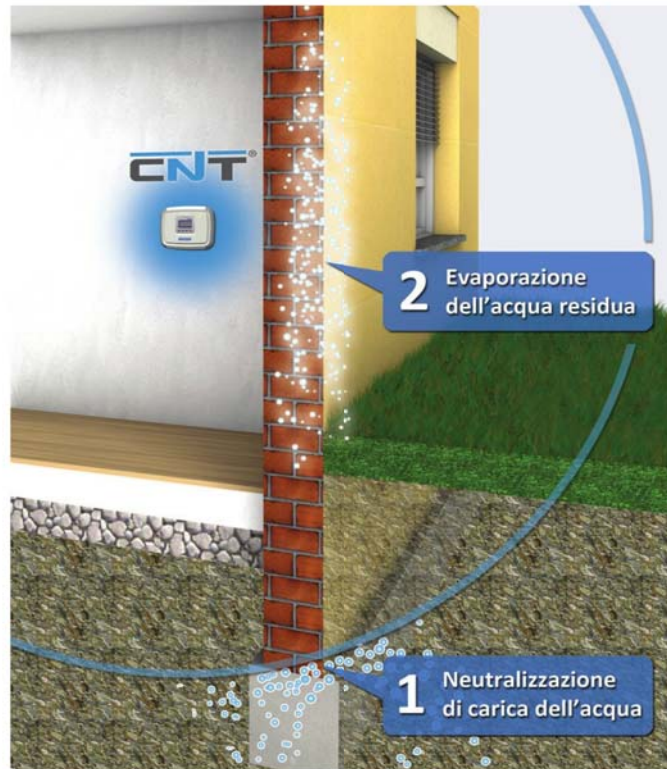


Fig.4 – Principio di funzionamento della tecnologia CNT®

Il vantaggio di tale approccio risulta evidente: non essendo in alcun modo influenzata dal comportamento – variabile – del materiale costruttivo (come invece avviene per i sistemi elettrofisici), la CNT riesce a neutralizzare la capacità dell'acqua - sostanza perfettamente omogenea - di lasciarsi attrarre dai conci murari, arrestando la risalita in modo immediato e permanente. Inoltre, mentre i sistemi elettrofisici agiscono esclusivamente sui muri, con conseguenti perdite di efficacia in presenza di discontinuità e/o interruzioni strutturali dei muri stessi, la CNT agisce uniformemente sull'intera base di appoggio dell'edificio a contatto con il terreno, nonché sulle eventuali superfici di contatto laterale (muri perimetrali controterra), proteggendo in tal modo il manufatto edilizio nella sua interezza e con la massima efficacia. Le ulteriori differenze di funzionamento tra dispositivi elettrofisici e CNT sono evidenziate in modo comparativo nella seguente tab.1, tratta dal libro sul Metodo CNT redatto dagli studiosi dell'Università di Napoli Federico II [8].

Tabella1. Raffronto tra dispositivi elettrofisici e sistema CNT

<b>DISPOSITIVI ELETTROFISICI</b>	<b>SISTEMA CNT</b>
<b>Entità fisica rispetto alla quale è orientata l'azione</b>	
Comportamento elettrico della muratura	Comportamento elettrico dell'acqua
<b>Fenomeno o grandezza fisica su cui agisce</b>	
Potenziale elettrico della muratura	Polarizzazione delle molecole d'acqua
<b>Principio fisico alla base del funzionamento</b>	
Inversione di polarità della muratura	Neutralizzazione della polarizzazione dell'acqua
<b>Mezzo di propagazione delle onde/impulsi emessi</b>	
Murature in elevazione, con continuità strutturale e prive di armature <b>No</b> pilastri o elementi isolati	Aria e/o qualsiasi materiale solido (escluse le schermature metalliche)
<b>Effetto indotto sul sistema "muratura + acqua"</b>	
Inversione del flusso d'acqua di risalita	Inibizione dell'adescamento
<b>Elementi strutturali che possono beneficiare di effetti positivi</b>	
Murature verticali continue <b>No</b> pilastri e/o elementi isolati <b>No</b> solette e/o pavimenti	Qualsiasi struttura verticale e/o orizzontale,
<b>Efficacia del metodo</b>	
Variabile in funzione delle caratteristiche fisiche e chimiche della muratura	Indipendente dalle caratteristiche fisiche e chimiche della muratura
<b>Permanenza e/o stabilità dell'effetto nel tempo</b>	
Effetto influenzato dalla variazione del potenziale elettrico della muratura che può modificarsi nel tempo al variare del contenuto d'acqua e/o di sali	Effetto stabile e permanente in quanto connesso al comportamento elettrico dell'acqua che rimane invariato, anche al variare del contenuto d'acqua e/o di sali

## 5. APPLICAZIONI DELLA TECNOLOGIA CNT: EVIDENZE SPERIMENTALI

L'efficacia della tecnologia CNT è stata verificata nell'ambito di numerose installazioni realizzate su tutto il territorio nazionale, in edifici sia pubblici che privati, molte delle quali condotte in affiancamento con istituti universitari e centri di ricerca [9, 10]. Dal punto di vista metodologico, l'andamento del processo di asciugamento delle murature è stato controllato sempre con indagine estensiva e non invasiva mediante l'acquisizione e la comparazione nel tempo di immagini termografiche; per ogni sito sono state effettuate termografie di alcune pareti ricadenti nel raggio d'azione dei dispositivi CNT, in fase di installazione, verifiche intermedie e verifica finale (Fig.5).

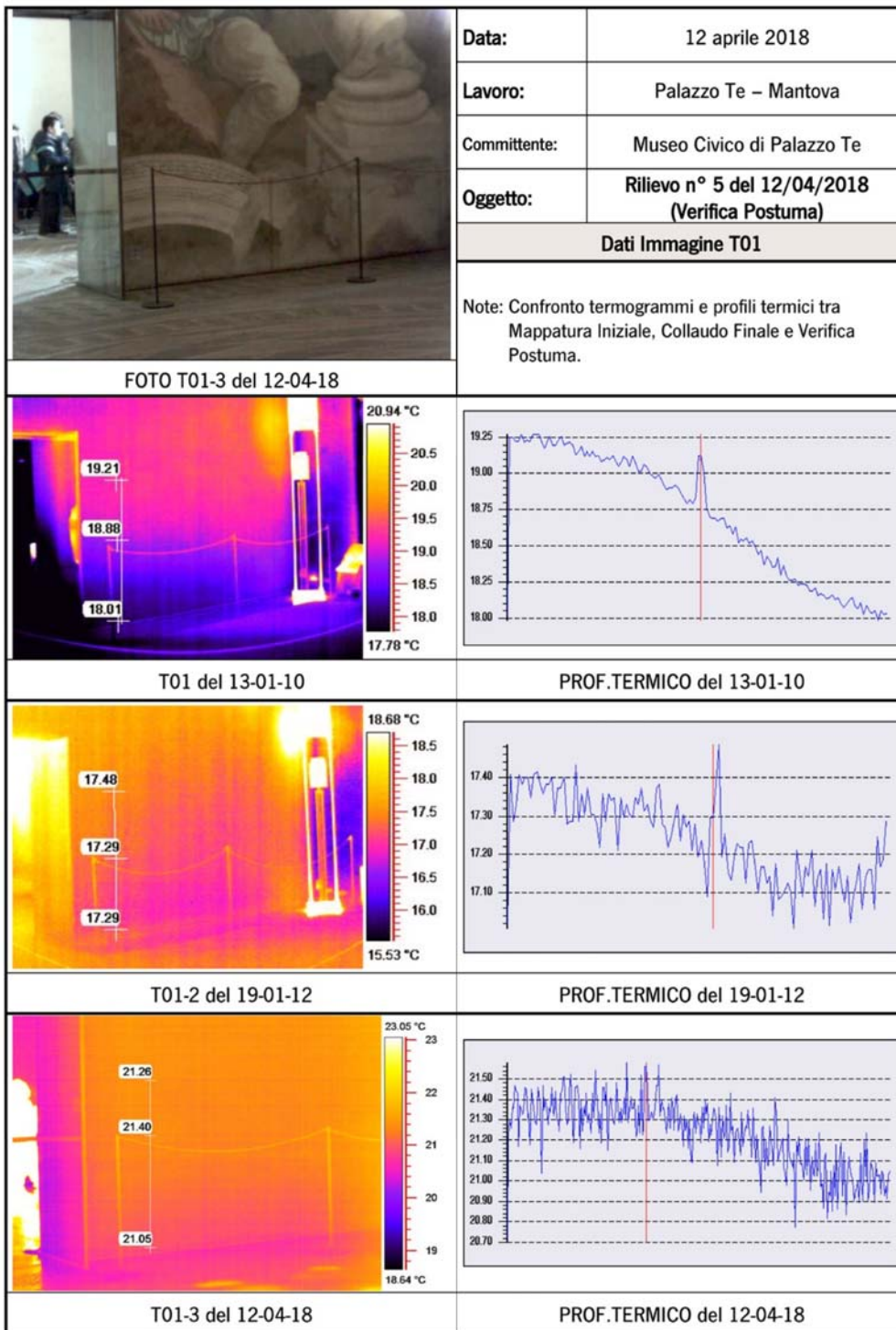


Fig.5 – Esempio di analisi termografica con comparazione temporale tra: mappatura iniziale, collaudo finale, verifica di mantenimento a lungo termine (Palazzo Te, Mantova)

Quando possibile, l'indagine è stata estesa alle zone limitrofe esterne all'area d'intervento, in maniera tale da ottenere dei "punti di controllo" della dinamica dei flussi all'interno delle murature non soggette all'azione della CNT. I monitoraggi intermedi sono stati effettuati con cadenza semestrale o annuale, cercando sempre di rispettare le alternanze stagionali al fine di rendere facilmente confrontabili le palette cromatiche rilevate, suscettibili alla variazione dei parametri termo-igrometrici ambientali. Per tutti i casi sperimentali seguiti nell'ambito di progetti di ricerca e laddove la committenza lo ha richiesto o si è ritenuto opportuno, le verifiche termografiche sono state integrate con misurazione puntuale dei contenuti umidi mediante prove ponderali eseguite secondo la procedura indicata dalla norma UNI 11085.

Nei casi in cui è emersa, oltre all'umidità da risalita, la compresenza di fattori diversi determinanti l'imbibizione delle pareti (infiltrazioni localizzate, umidità ambientale, condense superficiali, ecc.) la CNT, pur non avendo effetti sugli apporti secondari di acqua, ha dimostrato di riuscire comunque ad agire in modo selettivo e con piena efficacia sulla componente di risalita capillare. Atteso che il carattere di maggior rilievo della tecnologia risiede nella non invasività del metodo, l'efficienza prestazionale è stata verificata su architetture di rilevante importanza storico-artistica, in progetti di ricerca sviluppati in partnership con istituti universitari italiani ed internazionali. I dati desunti dalle sperimentazioni condotte hanno evidenziato una complessiva riduzione dei contenuti umidi interni alle murature, valutata in cicli alternati in funzione del regime stagionale e della conseguente capacità evaporativa delle pareti. La verifica prestazionale 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, verso il valore dell'umidità fisiologica.

La ricerca è stata poi estesa mediante l'analisi della copiosa banca dati relativa alle installazioni complessivamente effettuate nell'arco di 10 anni (oltre 4.000 impianti installati dal 2009 al 2018), da cui si è potuto evincere che l'efficacia del metodo è sostanzialmente indipendente dalla tipologia dei materiali, delle tecnologie costruttive e delle condizioni termo-igrometriche degli edifici. Cionondimeno, le dinamiche del processo di asciugatura di volta in volta osservate hanno ben evidenziato l'incidenza delle condizioni al contorno sull'evaporazione naturale del contenuto umido residuo che, rappresentando un fattore determinante per il raggiungimento del completo risanamento, merita senza dubbio ulteriori approfondimenti e sperimentazioni (cfr. cap.6).

Una cospicua case history degli interventi eseguiti, rappresentativi di condizioni di esercizio anche molto diverse tra loro e dunque assai significativi per comprendere l'efficacia del metodo, è riportata nel già citato libro sul Metodo CNT [11].

## 6. CONCLUSIONI

Vivo interesse è stato espresso dalla Comunità scientifica per le potenzialità della tecnologia CNT: al fine di mettere in rete e diffondere, in tutto il mondo dell'edilizia e del restauro, le conoscenze sui risultati della CNT, nel 2016 è stato avviato il Progetto di ricerca inter-universitario "CNT-APPs", con capofila le Università di Ferrara, Lecce, Napoli, Padova e Torino (a cui si è aggregata successivamente anche l'Università della Basilicata). Inoltre, nel 2017 il progetto congiunto di due Università internazionali - il Politecnico di Madrid e la Federico II di Napoli - ha ottenuto un finanziamento europeo per uno specifico Dottorato di ricerca per

l'analisi dei risultati forniti dalla tecnologia CNT in 10 anni di applicazioni. I dati sperimentali sulla CNT sono documentati da numerose pubblicazioni scientifiche, reperibili nel sito web del Progetto CNT-APPs al seguente indirizzo: [www.cnt-apps.com](http://www.cnt-apps.com)

Anche da parte delle Istituzioni, la CNT viene oggi considerata la più importante innovazione per la risoluzione definitiva dell'umidità di risalita nell'edilizia storica e nelle costruzioni in genere, come dimostra il parere estremamente positivo espresso dalla Direzione Generale del Ministero dei Beni Culturali relativamente alle applicazioni della CNT in edifici di interesse nazionale [12].

Attesa la validità del metodo, le prospettive future di studio e ricerca sulla tecnologia CNT sono oggi volte in modo particolare a indagare le potenzialità della combinazione della tecnologia stessa con interventi di tipo evaporativo, atti ad incidere sulla seconda componente del risanamento, ovvero sulla capacità delle strutture murarie e degli strati superficiali di smaltire l'umidità residua. A tal fine, il Gruppo di Ricerca CNT-APPs intende sperimentare soluzioni d'intervento "combinare" che, oltre all'applicazione della tecnologia CNT, prevedano contestualmente la sostituzione – laddove possibile – degli intonaci ammalorati con nuovi strati traspiranti e/o da risanamento, nonché l'implementazione di sistemi di monitoraggio e controllo delle condizioni termo-igrometriche ambientali utili alla regolazione dei flussi evaporativi.

## RIFERIMENTI

- [1] M. Valentini, "Sperimentazione sul Sistema ad elettrosmosi attiva", *TeMA Tempo Materia Architettura*, No. 2, 1999.
- [2] E. De Nicola e M. Valentini, "Valutazione di un metodo elettrofisico per la rimozione dell'umidità da risalita capillare", Tesi di Laurea A.A. 2006/07, Politecnico di Milano, 2007.
- [3] M. Valentini, "Prime verifiche sull'efficacia di un sistema elettrofisico per la deumidificazione delle murature", in Atti del VII Congresso Nazionale IGIIC – Lo Stato dell'Arte: Napoli, Italia, 8-10 Ottobre 2009.
- [4] M.W.J. Prins, W.J.J. Welters, J.W. Weekamp, "Fluid Control in Multichannel Structures by Electrocapillary Pressure". *Science*, Vol.291, pp.277-280, 12 January 2001.
- [5] H. Moon, S. K. Cho, R. L. Garrell, C. J. Kim, 2002, "Low voltage electrowetting-on-dielectric", *Journal of Applied Physics*, Vol. 92, No. 7, 1 October 2002.
- [6] M. Rossetto, "Capillary rising damp in historical buildings: charge neutralization technology - a needful zero-impact instrument to prevent and resolve the problem once and for all", in Atti del Congresso scientifico "BUILT HERITAGE 2013: Monitoring Conservation Management", Politecnico di Milano, Italia, 18-20 novembre 2013.
- [7] V. Vitiello e R. Castelluccio, "Il risanamento delle murature affette da umidità da risalita capillare - Il Metodo CNT", Luciano Editore: Napoli, pp.75-95, 2019.

- [8] V. Vitiello e R. Castelluccio, “Il Metodo CNT: confronto con i metodi elettrici” ne “Il risanamento delle murature affette da umidità da risalita capillare - Il Metodo CNT”, Luciano Editore: Napoli, p.82, 2019.
- [9] M. Valentini, “Efficacia del sistema a neutralizzazione di carica contro l’acqua da risalita capillare nelle murature della Basilica di San Simpliciano in Milano”, in 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, Italia, 4-5 ottobre 2012.
- [10] C. Ostorero (Politecnico di Torino), “Risanamento di murature storiche dall’umidità di risalita capillare: applicazione della tecnologia a neutralizzazione di carica nell’intervento di restauro e recupero luministico presso la chiesa della Confraternita della Misericordia in Torino”, in Atti del Convegno scientifico “Tecnologie per il recupero del costruito. Umidità nelle costruzioni: diagnosi e metodi d’intervento. Dal taglio meccanico alla neutralizzazione di carica”, Matera, Italia, 4-5 aprile 2019.
- [11] V. Vitiello e R. Castelluccio, “Il Metodo CNT: Case History” ne “Il risanamento delle murature affette da umidità da risalita capillare - Il Metodo CNT”, Luciano Editore: Napoli, pp.97-152, 2019.
- [12] B. Codacci Pisanelli, “Risanamento delle murature dall’umidità di risalita capillare: casi applicativi della tecnologia a neutralizzazione di carica in edifici di interesse nazionale”, in Atti del Convegno scientifico “Tecnologie per il recupero del costruito. Umidità nelle costruzioni: diagnosi e metodi d’intervento. Dal taglio meccanico alla neutralizzazione di carica”, Matera, Italia, 4-5 aprile 2019.