

La presenza di sali solubili ed igroscopici nelle murature, fenomeno diffuso soprattutto negli edifici antichi, comporta manifestazioni di degrado (alterazione della superficie muraria, perdita di materiale, distacco di intonaci e rivestimenti, ecc.) ampiamente note agli specialisti del settore.

A fronte di una così diffusa problematica e constatate nei fatti le criticità degli interventi riparativi, si è assistito, negli ultimi anni, ad un notevole sviluppo dell'offerta di nuove proposte di prodotti e sistemi di intervento, volti al controllo ed al contenimento del fenomeno delle efflorescenze, con formulati specifici; tuttavia, le conoscenze ad oggi disponibili spesso non permettono al progettista ed all'operatore di orientare in modo sicuro le proprie scelte. Per rispondere a queste esigenze è stata avviata dal Laboratorio Valutazione di Qualità del Costruito (LVQC) del Dipartimento BEST del Politecnico di Milano, in collaborazione con l'I.C.V.B.C. Sezione di Milano "Gino Bozza" del CNR, una ricerca sul comportamento di alcuni prodotti, commercialmente definiti antisale, utilizzati nel trattamento delle murature umide al fine di neutralizzare l'azione dannosa dei sali presenti. Gli obiettivi della ricerca erano quelli di valutare le caratteristiche prestazionali di questi prodotti, la loro compatibilità con i materiali in opera e, soprattutto, di verificare se tali prodotti sono effettivamente in grado di contenere la cristallizzazione salina e, quindi, di costituire un efficace rimedio al problema.

## L'ATTACCO DI SALI SOLUBILI SU MURATURE IN LATERIZIO

### analisi sperimentale di quattro prodotti antisale

di Paolo Gasparoli

*Laboratorio Valutazione di Qualità del Costruito,*

*Dipartimento BEST, Politecnico di Milano*

*paolo@gasparoli.it*

Massimo Valentini

*Dipartimento di Energetica, Politecnico di Milano*

#### I PRODOTTI ANTISALE ED IL LORO IMPIEGO

I prodotti antisale vengono utilizzati come parte di un sistema di intervento che comprende varie fasi:

- la rimozione dell'intonaco esistente, almeno fino 50 cm al di sopra della macchia umida;
- l'eliminazione dalla superficie muraria dalle parti incoerenti, dai sali cristallizzati e dalle polveri mediante spazzolatura, aria compressa e, successivamente, lavaggio con acqua deionizzata a moderata pressione ed in minime quantità per evitare ulteriore solubilizzazione di sali;
- la riagggregazione del paramento murario, ove necessario;
- l'applicazione del prodotto antisale mediante procedure consigliate dalle ditte produttrici (in genere a spruzzo o a pennello);
- l'applicazione del nuovo intonaco, in genere di tipo macroporoso, secondo i suggerimenti delle ditte produttrici.

E' opinione abbastanza diffusa presso gli operatori che per garantire risultati attendibili, l'applicazione di questi prodotti richiede un precedente intervento di controllo o sbarramento dell'umidità di risalita capillare (barriere chimiche, taglio meccanico, intercapedini, drenaggi, impermeabilizzazioni, ecc.) sebbene questi prodotti vengano utilizzati (e commercializzati) anche in assenza di tali interventi preventivi.

I prodotti antisale, quindi, dovrebbero prevenire la formazione delle efflorescenze sulla superficie muraria, riducendo o eliminando altresì i fenomeni di distacco dell'intonaco dal supporto murario. Tali meccanismi di degrado sono imputabili ai noti fenomeni indotti dalla cristallizzazione dei sali solubili (efflorescenze e criptoefflorescenze), trasportati dall'acqua presente all'interno delle murature umide sulla superficie del manufatto o nelle interfacce tra strati di materiali differenti.



I prodotti antisale, oggetto di questo studio, si proporrebbero, pertanto, di impedire la circolazione dei sali ad opera dell'acqua, agendo secondo due differenti principi: una prima categoria di prodotti svolgerebbe un'azione definita neutralizzante (essi agirebbero, cioè, sulla natura chimica del sale solubile rendendolo insolubile); la seconda categoria di prodotti avrebbe invece capacità idrofobizzanti (rivestendo con una sostanza idrorepellente le pareti dei pori, questi prodotti impedirebbero la penetrazione ed il movimento di acqua all'interno del materiale poroso e, di conseguenza, la circolazione dei sali solubili). Entrambe le categorie di prodotti sarebbero in grado di assicurare il passaggio di vapore acqueo attraverso la superficie muraria, in modo da mantenere l'equilibrio igrometrico del materiale e facilitare l'evaporazione dell'umidità rimasta all'interno della muratura dopo l'intervento di risanamento o comunque presente a causa di fenomeni di capillarità non in precedenza controllati.

Alla base delle formulazioni chimiche di questi prodotti vi sono i composti organici o inorganici del silicio, utilizzati da tempo come protettivi superficiali.

Nella ricerca sono stati considerati solo prodotti specifici, proposti dal mercato per il trattamento superficiale dei sali. Sono stati esclusi tutti i sistemi in commercio basati su principi differenti da questi, come ad esempio le boiacche cementizie.

## LA METODOLOGIA SPERIMENTALE

Il programma sperimentale è stato realizzato in quattro protocolli o fasi, attivati in sequenza e diretti a consentire la raccolta di dati sperimentali sulle prestazioni dei prodotti antisale offerti dal mercato.

**FASE 1 - indagine conoscitiva e catalogazione dei prodotti esistenti sul mercato italiano.** I prodotti individuati sono stati classificati secondo le loro caratteristiche tecnologiche, la composizione chimica (ove dichiarata), il principio di funzionamento e la tipologia di applicazione. Tra essi sono stati scelti quattro prodotti tra i più rappresentativi della categoria, da sottoporre a sperimentazione: due costituiti da neutralizzanti (Indicati nel seguito con le lettere A e B), uno idrofobizzante (C) ed un quarto dotato di caratteristiche in grado di sviluppare entrambe le azioni (D). I principi attivi dei prodotti prescelti (dichiarati dai produttori) sono, rispettivamente: silani (prodotto A), fluosilicato di magnesio (prodotto B), idrocarburi soprafinici-alcani (prodotto C) e miscele di achi-trialcossi-silano e acidi liberi (prodotto D).

**FASE 2 - definizione del tenore di sali da introdurre nei campioni in prova in modo da avvicinare le condizioni della sperimentazione alla reale situazione degli edifici storici esistenti.** La concentrazione dei sali è stata stabilita sulla base

dei risultati ottenuti da una campagna di misure effettuata sulle murature di alcuni edifici storici - Collegiata di Castiglione Olona e Badia di S.Gemolo a Ganna (Va), Basilica di S.Ambrogio (Mi) - e da dati corrispondenti alle risultanze di analisi effettuate presso i laboratori dell'I.C.V.B.C. negli ultimi anni su numerosi edifici storici dell'area lombarda. Dai dati a disposizione sono stati ottenuti dei valori di contenuto medio per le singole specie saline che sono stati considerati rappresentativi dei tenori dei sali in manufatti storici in laterizio. In particolare, il contenuto percentuale (riferito al peso a secco del campione) è pari a 0,195% per i cloruri, 0,056% per i solfati e 1,037% per i nitrati. I provini utilizzati nella sperimentazione avevano, pertanto, un contenuto in sali solubili all'incirca uguale ai valori indicati.

**FASE 3 - esecuzione di alcuni controlli analitici relativi alla valutazione delle interazioni tra i prodotti antisale ed il supporto scelto** (provini in laterizio formato a mano). In particolare si è verificata:

- la profondità di penetrazione del prodotto antisale all'interno del supporto tramite Spettrofotometria Infrarossa (I.R.);
- le variazioni del colore del laterizio attraverso colorimetro elettronico;
- le modalità di sviluppo delle efflorescenze e la cinetica delle alterazioni e dei fenomeni di degrado attraverso l'osservazione del comportamento nel tempo di alcuni

provini trattati con i diversi prodotti antisale e lasciati per circa due mesi a contatto con differenti soluzioni saline contenenti, rispettivamente, cloruro di sodio (NaCl), solfato di sodio ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), nitrato di sodio ( $\text{NaNO}_3$ ).

**FASE 4 - verifica dell'efficacia dei quattro prodotti prescelti e applicati su un supporto reale** (provini in laterizio intonacati e contenenti quantità note di sali). Questa fase, senz'altro la più impegnativa in termini sperimentali, era diretta a controllare se, a distanza di tempo, si registrasse ancora migrazione di sali attraverso il prodotto antisale o se, invece, il prodotto si dimostrava effettivamente in grado di controllare ed inibire efficacemente il fenomeno. A tale scopo si è seguita la seguente procedura:

a) predisposizione di provini ricavati da mattoni in laterizio formati a mano (dimensioni 12x12.5x5 cm) tagliati da elementi di normale produzione (*San Marco Laterizi*). Prima della sperimentazione, i mattoni sono stati caratterizzati in termini di porosità (porosimetria a mercurio), composizione (analisi diffrattometrica), contenuto in sali solubili (cromatografia ionica) e comportamento all'acqua (prove di assorbimento d'acqua per capillarità e per immersione totale);

b) definizione delle specie saline da usare per la sperimentazione ( $\text{NaCl}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaNO}_3$ ) e loro introduzione nei provini tramite immersione in soluzione acquosa contenente una percentuale di sale definita sulla base dei risultati della seconda fase della sperimentazione (il protocollo di prova prevede di trattare i singoli provini con una sola delle tre specie saline scelte per la sperimentazione). L'assorbimento del sale è proseguito fino al raggiungimento di massa costante da parte del provino (circa 1 settimana). Al termine del processo di imbibizione si è essiccato il provino a 105°C per eliminare l'acqua presente;

c) stesura a pennello dei prodotti antisale su una delle due superfici di area maggiore dei provini;

d) applicazione, al di sopra del prodotto antisale, di uno strato dello spessore di 2 cm di intonaco tradizionale costituito da calce idraulica naturale (*Calceforte tipo Moretta* indicata per la preparazione di



malte per intonaci e finiture) e sabbia silicea (vagliata del Ticino);

e) verifica alla risalita capillare di acqua del primo gruppo di provini, per la durata di 60 giorni e secondo le modalità descritte nel seguito;

f) verifica alla risalita capillare di acqua del secondo gruppo di provini dopo stagionatura dell'intonaco (30 giorni in ambiente a temperatura di 23°C e U.R. del 50%), per la durata di 60 giorni e secondo le modalità descritte nel seguito;

g) prelievo di materiale dall'intonaco superficiale al termine della verifica alla risalita capillare per il controllo del contenuto di sali solubili.

Più in dettaglio, per ciascuno dei quattro prodotti antisale in esame sono stati predisposti 27 provini (quindi, 108 provini in totale) da sottoporre alle seguenti prove:

- 9 provini per la prova di risalita capillare indicata al punto e) imbibiti - a gruppi di tre - con uno dei sali scelti per la sperimentazione (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaNO<sub>3</sub>);

- 9 provini per la prova di risalita capillare indicata al punto f) imbibiti - a gruppi di tre - con uno dei sali scelti per la sperimentazione (NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaNO<sub>3</sub>).

Prima dell'effettuazione delle prove di risalita capillare, le facce laterali dei provini sono state rivestite con cera in modo da impedire l'evaporazione e favorire, così, il moto monodimensionale, dal basso verso l'alto, dell'acqua (figura 1).

Un *primo gruppo* di 54 provini è stato messo subito a contatto con acqua collocando la superficie opposta a quella con il prodotto antisale e l'intonaco su carta da filtro mantenuta costantemente bagnata con acqua distillata (figura 2), in modo da simulare la risalita capillare e ipotizzando così una situazione, molto frequente nelle casistiche di cantiere, in cui il sistema viene applicato in assenza di un precedente trattamento di intercettazione o controllo dell'umidità.

Il *secondo gruppo* di 54 provini, dopo la applicazione dell'intonaco è stato lasciato "stagionare" per 30 giorni in ambiente controllato prima di essere posto anch'esso a contatto con acqua con modalità analoghe a quelle del primo gruppo. Ciò allo scopo di verificare se la polimerizzazione del prodotto antisale in ambiente

asciutto potesse avere effetti differenti sull'efficacia del prodotto stesso.

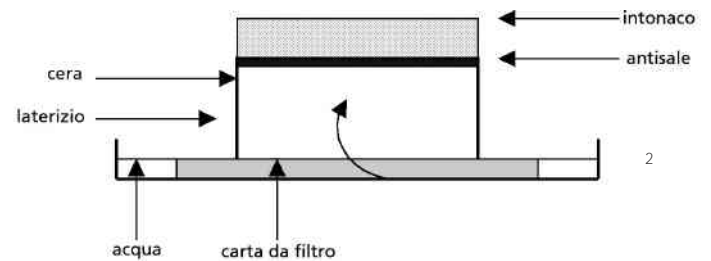
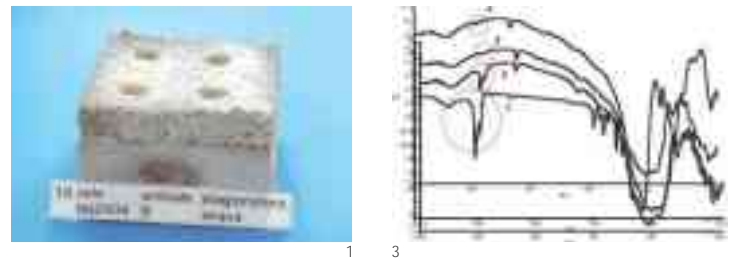
La verifica dell'efficacia del trattamento antisale è consistita nella misura del contenuto di sali nell'intonaco di finitura: un tenore superiore a quello esistente prima delle prove di risalita capillare indica il trasporto dei sali dal provino sottostante ad opera dell'acqua di risalita e, di conseguenza, l'incapacità da parte dei prodotti in esame (interposti, appunto, tra il provino e l'intonaco) di bloccare i sali. La verifica è stata condotta, dopo aver sottoposto i provini a risalita capillare per 60 giorni, prelevando dall'intonaco campioni di materiale per ognuno dei provini trattati con i prodotti antisale sottoposti alla sperimentazione e per ciascuna specie salina utilizzata; su ciascun campione prelevato è stata misurata la quantità di specie ioniche presenti (tramite analisi al cromatografo ionico) confrontando, poi, i valori misurati tra loro e con quelli ottenuti dalle analisi effettuate sui campioni prima della applicazione dei prodotti.

## I RISULTATI DELLA SPERIMENTAZIONE

**Profondità di penetrazione dei prodotti antisale.** Le misure della capacità di penetrazione hanno dimostrato che tutti i quattro prodotti analizzati riescono a raggiungere, all'interno del campione in laterizio, la profondità di circa 1,5 cm (figura 3). E' però necessario considerare che il prodotto è stato distribuito sulla superficie dei provini in orizzontale, agevolandone in tal modo la penetrazione rispetto alla situazione reale nella quale il trattamento è effettuato su superfici verticali.

**Analisi colorimetriche.** Tramite l'analisi colorimetrica è stato dimostrato che tutti i prodotti causano una lieve mutazione del colore del laterizio, anche se difficilmente percepibile ad occhio nudo.

**Formazione di efflorescenze e cinetica del degrado.** Le prove, di tipo qualitativo, sono state eseguite nell'ambito della terza fase della ricerca su provini trattati con un prodotto antisale e lasciati a contatto con una soluzione salina per circa due mesi



1. Esempio di provino utilizzato nelle prove (provino 36) dopo due mesi. 2. Stratigrafia del provino e sua collocazione, durante la fase di imbibizione con acqua distillata. Il campione è posto su uno strato di carta da filtro che evita il contatto diretto con l'acqua. Lo strato di cera sulle superfici laterali impedisce l'evaporazione attraverso tali superfici e favorisce il moto monodimensionale dell'acqua verso l'alto in direzione della faccia esterna dove è stato applicato l'antisale. 3. Spettri I.R. eseguiti su provini, prelevati dal campione a diverse profondità dalla superficie, dopo il trattamento con antisale. La zona cerchiata di rosso indica il picco caratteristico del prodotto antisale. *Curva 1* (prodotto antisale puro), *Curva 2* (provino prelevato dal campione trattato con antisale ad una profondità dalla superficie compresa tra 0 e 3 mm), *Curva 3* (...ad una profondità dalla superficie compresa tra 6 a 9 mm), *Curva 4* (...ad una profondità dalla superficie compresa tra 12 e 15 mm). Anche se con picchi (e quindi con contenuti) decrescenti tracce del prodotto sono visibili fino alla profondità di circa 15mm. 4 a,b. Provino n. 34 dopo due mesi (a). Particolare delle efflorescenze apparse sulla superficie del provino dopo trattamento con prodotto antisale (b). 5a, b. Aspetto del provino n. 31 dopo due mesi (a). Particolare di scagliatura sul provino (b).



6, 7, 8. Valori del contenuto (%) dei sali (cloruri, nitrati, solfati) presente nell'intonaco al termine della prova di risalita capillare (60 gg.) per i campioni messi a contatto con acqua immediatamente dopo il trattamento con il prodotto antisale (G1) ed in quelli messi a contatto con acqua dopo la polimerizzazione del prodotto (G2). Le due barre di sinistra indicano il contenuto iniziale dei sali nei provini e nell'intonaco prima della prova di risalita capillare (da considerarsi come i valori di riferimento).

#### NOTE

1. Dipartimento BEST (Building & Environment Science & Technology), Scienza e Tecnologie dell'Ambiente Costruito. 2. CNR - Istituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali (I.C.V.B.C.) - Dip. di Energetica - Politecnico di Milano. 3. E. Pinna, "Degradazione. Le efflorescenze saline", in: Recuperare, n. 31, 1987; C. Torraca, "Physico-chemical deterioration of porous building materials. Note of a general model"; P. Berti, "Degradazione dei materiali da costruzione causata dall'inquinamento atmosferico e dai sali solubili", in: Atti del convegno Il mattone di Venezia, 1979; G.G. Amoroso, V. Fassina, Stone decay and conservation: atmospheric pollution, cleaning, consolidation and protection, Elsevier, 1983; E.M. Winkler, Stone in architecture. Properties, durability, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1994. 4. Raccomandazione NORMAL 11/82 Assorbimento d'acqua per capillarità. Coefficiente di assorbimento - CNR, ICR Raccomandazione NORMAL 7/81 - Assorbimento d'acqua per immersione totale. Capacità di imbibizione - CNR, ICR. 5. M. Valentini, "Verifica delle caratteristiche prestazionali di intonaci e sistemi di risanamento delle murature dall'umidità", Relazione per la presentazione del progetto "Cause di deperimento e metodi di conservazione delle fronti esterne degli edifici di Ortigia", Assindustria Siracusa, Comune di Siracusa - Ass. Ortigia, Ortigia, giugno 2000.

sulla superficie opposta a quella trattata: la soluzione salina ha trascinato verso l'esterno i sali portandoli in superficie senza alcun apparente intervento della barriera costituita dal prodotto antisale. Tutti i provini hanno sviluppato velocemente efflorescenze (figura 4) e, al termine del periodo di osservazione, alcuni di essi presentavano forti distacchi dello strato corticale causati, in parte, anche dal prodotto antisale applicato che, costituendo una sorta di barriera alla fuoriuscita dei sali, ne provocava la cristallizzazione al di sotto della superficie del provino stesso, generando gravi stati tensionali (figura 5).

**Contenuto in sali solubili** Il contenuto percentuale di cloruri, nitrati e solfati è stato misurato nell'intonaco dopo che, per 60 giorni, i provini sono stati sottoposti alla verifica alla risalita capillare. I risultati sono mostrati nelle figure 6, 7 e 8; in esse si riportano i valori misurati nei due gruppi di provini: quelli messi a contatto con l'acqua immediatamente dopo il trattamento con prodotto antisale (primo gruppo) e quelli sottoposti a stagionatura prima delle prove di risalita capillare (secondo gruppo).

Per i cloruri (figura 6) e per i nitrati (figura 7) si rileva un incremento generale di

sali nell'intonaco rispetto al valore contenuto nell'intonaco prima della sua posa per tutti i prodotti nel caso dei campioni del primo gruppo. La stagionatura realizzata nei provini del secondo gruppo, e la conseguente polimerizzazione del prodotto antisale in assenza di acqua, è risultata efficace solo per alcuni dei prodotti esaminati e con comportamenti differenti a seconda della specie salina considerata.

Nel caso dei solfati (figura 8) invece, tutti i prodotti risultano efficaci ed in grado di bloccare il trasporto dei sali nell'intonaco.

#### CONCLUSIONI

I trattamenti con prodotti antisale sono in genere utilizzati come parte dei sistemi di risanamento delle murature umide, sia come completamento di un più generale risanamento dall'umidità, sia come tentativo di controllo dei sali dopo un semplice rifacimento dell'intonaco. In quest'ultimo caso, si può affermare che l'applicazione dei prodotti antisale analizzati non possa, al momento, essere considerata come un sistema risolutivo per il controllo della salinità nelle murature.

Anche nell'ipotesi di un'applicazione in

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Anti L., Binda L. "Prestazione e tempo di vita utile dei materiali porosi" in: *Costruire in laterizio* n. 13, 1990. [2] Baronio G., Binda L. "Sulla durabilità dei laterizi in ambiente aggressivo" Atti del 6° Congresso Internazionale sulle murature in laterizio, ANDIL, Roma 1982. [3] Biffi G. "Il fenomeno delle efflorescenze nei laterizi. Problematiche tecniche e possibili progetti di intervento" in: *L'industria dei laterizi*, n. 41, 1996. [4] Bowler G. K., N. B. Winter "Investigation into causes of Persistent Efflorescence on Masonry" in: *Masonry International* Vol. 11, n. 1, 1997. [5] Ciabach J. (a cura di) "VI International Congress on Deterioration and Conservation of stone – Torun", 12-14.09.1988", vol. 1 e 2, Nicholas Copernicus University Press Department, Torun', 1988. [6] Delgado Rodrigues J., Henriques F., Telmo Jeremias F. (a cura di) "7th International Congress on Deterioration and Conservation of stone – Lisbon, Portugal, 15-18 June 1992", Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisbon, Portugal, 1992. [7] Dircetti G., Gaido G., Zannini P. "Caratterizzazione analitica dei sali efflorescenti e correlazione con i componenti delle materie prime" in: *L'industria dei laterizi* n. 42, 1996. [8] Dondi M., Fabbri B. "Manifestazioni efflorescenti sui prodotti in laterizio" in: *L'industria dei laterizi*, n. 41, 1996. [9] Fassina V. (a cura di) "9th International Congress on deterioration and conservation of stone – Venice, June 19-24, 2000", ed. Elsevier Amsterdam, 2000. [10] Fritsch H., Schamberg E., Pozzi E. "Protezione dei materiali lapidei dal danneggiamento causato dai sali" in: *Recuperare* n. 35, 1988. [11] Garrecht H., Hilsdorf H. K., Kropp J. "Hygroscopic salts – influence on the moisture behaviour of structural elements." in: *Seminario di studio: Alterazione di murature in pietre e mattoni dovute all'umidità ed al contenuto di sali e durabilità dei sistemi protettivi*, ICITE, Milano 1991. [12] Guidetti E. "Le efflorescenze degli altri. Navigando in Internet alla ricerca di informazioni tecniche sul mattone" in: *L'industria dei laterizi* n. 43, 1997. [13] I.C.R. – Istituto Centrale del Restauro (a cura di) "3° Conferenza Internazionale sulle prove non-distruttive, metodi microanalitici e indagini ambientali per lo studio e la conservazione delle opere d'arte" - Viterbo 4-8 ottobre 1992, Beta Gamma Editrice, Viterbo 1992 – vol. 1 e 2. [14] Kollias E., Moropoulou A., Papachristodoulou I., Zezza F. "4th International Symposium on the Conservation of Monuments in the Mediterranean – Rhodes 6-11 May 1997", Technical Chamber of Greece, Atene, 1997. [15] Ortelli G., Vicentini P. "Influenza di aggiunte di fanghi ceramici sull'attitudine alle efflorescenze di una argilla da laterizi", in: *L'industria dei laterizi*, n. 2, 1984. [16] Riederer J. "Proceedings of the 8th international congress on Deterioration And Conservation of Stone – Berlin, 30 Sept.-4 Oct. 1996", Berlino 1996. [17] SFIC "Le dessalement des matériaux poreux" 7es journées d'études – Poitiers, 9-10 mai 1996.



quelle strutture dove il problema della risalita capillare è stato in precedenza affrontato, e risolto con mezzi adeguati, la sperimentazione ha messo in luce comportamenti differenti dei vari prodotti esaminati secondo la specie salina considerata; tenuto conto che nelle murature sono contemporaneamente presenti differenti specie saline (che nella sperimentazione attuale sono state invece considerate, per semplicità, in maniera separata) il prodotto antisale non risulta in grado di fermare tutti i sali presenti. I trattamenti antisale esaminati presentano una reale efficacia solo nei riguardi del

solfato anche in presenza di risalita capillare. Questa azione si può probabilmente attribuire, per quanto riguarda i prodotti antisale "neutralizzanti", alla capacità di qualche componente del formulato (la cui composizione non è però stata resa nota dai Produttori) di trasformare il solfato in un composto insolubile che, quindi, non può più essere veicolato dall'acqua verso la superficie. Nel caso dei prodotti "idrofobizzanti", la resistenza al solfato può dipendere dalle maggiori dimensioni molecolari di questo tipo di sale rispetto agli altri e, quindi, ad una sua minore mobilità sia all'interno della

struttura porosa del materiale sia, soprattutto, attraverso la "barriera" costituita dallo strato di prodotto antisale. In genere, su consiglio degli stessi produttori, l'intonaco che viene applicato sul prodotto antisale è un intonaco macroporoso. Con questa tipologia, al posto dell'intonaco tradizionale impiegato nella sperimentazione, il danno può essere contenuto grazie, appunto, alle caratteristiche di tale tipo di intonaco la cui accentuata porosità sembra in grado di sopportare meglio e più a lungo le tensioni meccaniche causate dal deposito e dalla cristallizzazione dei sali. Nel

caso, invece, si utilizzi un intonaco tradizionale, i sali cristallizzeranno nell'interfaccia intonaco/ supporto, dove l'aumento di volume può provocare il distacco dell'intonaco stesso, come è avvenuto in molti dei provini studiati. I risultati presentati sono stati ottenuti sulla base di una prima fase della ricerca che, lasciando alcuni dubbi sulla interpretazione dei risultati e problemi ancora aperti, richiede di essere proseguita e completata. Ciò potrà essere fatto, a partire dai risultati fin qui raggiunti, ampliando il numero dei prodotti e valutando ulteriori modalità di analisi.