



**DISPENSA NR. 10  
PITTURE AI SILICATI**



CERTIFICATO NR. 501004022

AZIENDA ASSOCIATA  
Unione degli Industriali di Roma



CONFINDUSTRIA

**REV. 0 DEL 01/07/2001-IDL N.10 – P.O. 4.9**

# **PITTURE AI SILICATI NELLA PROBLEMATIC DEL RESTAURO**

**Dott. Giuseppe Pagliara**

Roma, 03/05/2005 10.50.22

e-mail: [info@cirpacolor.it](mailto:info@cirpacolor.it) - sito web: [www.cirpacolor.it](http://www.cirpacolor.it)



CERTIFICATO NR. 501004022

AZIENDA ASSOCIATA  
Unione degli Industriali di Roma



CONFINDUSTRIA

## INDICE

<b>PRESENTAZIONE</b>	pag. 3
<b>CAPITOLO 1</b> <i>AZIONI DI DEGRADO DELL'ACQUA</i>	pag. 4
<b>CAPITOLO 2</b> <i>AZIONI DI RISANAMENTO</i>	pag. 8
<b>CAPITOLO 3</b> <i>PITTURE AI SILICATI</i>	pag. 13
<b>CAPITOLO 4</b> <i>APPLICAZIONE DELLE PITTURE AI SILICATI</i>	pag. 17
<b>CAPITOLO 5</b> <i>FORMULAZIONE</i>	pag. 21
<b>CAPITOLO 6</b> <i>PITTURE AI SILICATI PER CEMENTO ARMATO</i>	pag. 24
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	pag. 32



CERTIFICATO NR. 501004022

AZIENDA ASSOCIATA  
Unione degli Industriali di Roma



## Presentazione

Le moderne pitture ai dispersion-silicati hanno notevolmente ridotto i maggiori problemi connessi con le difficoltà applicative delle pitture ai puri silicati permettendone l'adozione in larga scala sia per gli edifici recenti che per gli edifici antichi.

Il restauro rappresenta una operazione di risanamento complessa ed in questo quadro le pitture ai silicati per la loro traspirabilità possono trovare la giusta collocazione come alternativa alle pitture a calce di cui ricordano l'aspetto minerale offrendo delle prestazioni di durata nettamente superiore, specialmente in relazione alla forte aggressività dell'atmosfera moderna.

## CAPITOLO 1

### AZIONI DI DEGRADO DELL'ACQUA

L'acqua rappresenta l'agente di degrado più importante per i materiali costruttivi.

Essa esercita una azione diretta di erosione, solubilizzazione, rammollimento ed espansività in caso di gelo.

L'acqua esercita anche un'azione indiretta trasportando sali ed acidi aggressivi, espansivi, efflorescenti provenienti dal suolo o dall'atmosfera, in parte di origine naturale ma principalmente originati dall'attività dell'uomo.

Nella tabella di figura 1 riportiamo i più importanti sali con azione di degrado sulle costruzioni.

Fig. 1 – I sali più pericolosi.

<b>Solfati</b>	
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	sale amaro, solfato di magnesio
$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	gesso, solfato di calcio
$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$	sale di Glauber, solfato di sodio
$3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 32H_2O$	ettringite
<b>Nitrati</b>	
$Mg(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$	nitrato di magnesio
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	nitrato di calcio
$5Ca(NO_3)_2$	nitrato di calcio e ammonio
$4NH_4NO_3 \cdot 10H_2O$	
<b>Cloruri</b>	
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	nitrato di calcio
$NaCl$	salgemma, cloruro di sodio
<b>Carbonati</b>	
$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$	soda, carbonato di sodio
$K_2CO_3$	potassa, carbonato di potassio
$CaCO_3$	calcite, carbonato di calcio
$Ca(HCO_3)_2$	

Il meccanismo di degrado inizia dagli acidi atmosferici ( $H_2CO_3$ ,  $H_2SO_4$ ,  $H_2SO_3$ ,  $HCl$ ,  $HNO_3$ ) che disciolgono i materiali da costruzione e corrodono i ferri del cemento armato.

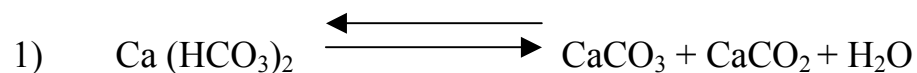
La erosione da essi causata con le piogge acide è ben appariscente e può essere verificata sui monumenti cittadini di anno in anno.

Da tale erosione si originano sali solubili che aggiunti a quelli provenienti dal suolo, possono sviluppare diversi meccanismi di aggressione. Alcuni sali possono reagire con i leganti del cemento producendo sali insolubili fortemente espansivi (ad esempio dai solfati, l'ettringite). Altri sali possono cristallizzare nei pori del materiale per effetto di un abbassamento di temperatura o per raggiunta sovraturazione causata da un periodo asciutto dopo un periodo di pioggia, sviluppando delle elevate pressioni di cristallizzazione.

I sali cristallizzati possono subire una idratazione che avviene, in genere, con forte aumento di volume, cioè in modo espansivo. Le pressioni di reazione espansiva, cristallizzazione e idratazione compromettono la compattezza del materiale e la stabilità dello stesso edificio.

Al descritto danno strutturale i sali aggiungono un danno estetico dovuto sia alle fessurazioni e scheggiamenti, ma soprattutto dovuto alla cristallizzazione superficiale sotto forma di efflorescenze e croste.

Le efflorescenze sono di aspetto incoerente e quasi sempre dilavabili. Le croste sono compatte ed insolubili, costituite per lo più da carbonato di calcio, originatosi dal bicarbonato solubile con la seguente reazione di equilibrio:



I sali solubili sviluppano inoltre pressioni osmotiche, spesso causa del distacco dei rivestimenti filmogeni e conferiscono al muro maggiore igroscopicità, ossia richiamo e ritenzione dell'acqua, dando luogo ad un ciclo di degrado autoesaltante.

A questo punto bisogna ricordare anche che l'umidità permette e favorisce l'attecchimento e lo sviluppo di vegetazione, batteri, microrganismi, muffe, funghi, licheni ed in settiche ugualmente costituiscono un fattore di degrado. Infine bisogna accennare anche che l'umidità causa un forte "degrado" del coefficiente di isolamento termico del muro.

La figura 2 permette di rilevare come la quantità di acqua massima assorbita a saturazione sia direttamente dipendente dalla porosità del materiale.

Per coefficiente di isolamento si intende l'inverso del coefficiente di conducibilità termica.

$$\Lambda = \text{Kcal/m}^2 \text{ h}^\circ\text{C}$$

L'esame della curva mostra che già il 10% di umidità dimezza il potere isolante del materiale. A saturazione il muro diventa praticamente conduttivo e causa quindi un forte aggravio di spesa per il riscaldamento termico.

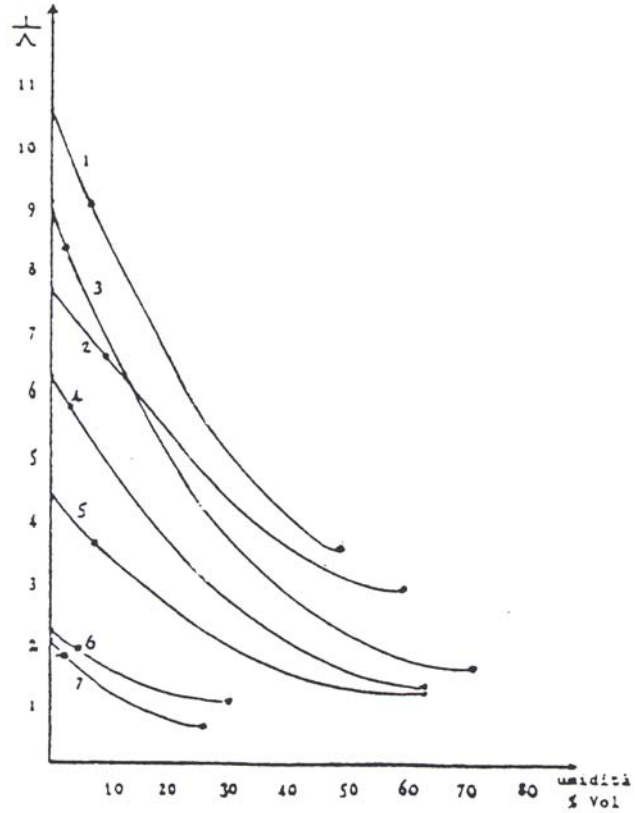
Fig. 2 Variazione del coefficiente di isolamento termico con il contenuto di umidità fino a saturazione.

	<b>Porosità %</b>	<b>Umidità a saturazione % Volume</b>
1. Legno tenero	71	49
2. Legno duro	62	59
3. Calcestruzzo espanso	73	71.6
4. Calcestruzzo di pomice	64	63.5
5. Calcestruzzo di pomice	63	63.5
6. Calcestruzzo di scorie	32	31.3
7. Mattone laterizio pieno	26	26



CERTIFICATO NR. 501004022

AZIENDA ASSOCIATA  
Unione degli Industriali di Roma



Roma, 03/05/2005 10.50.22

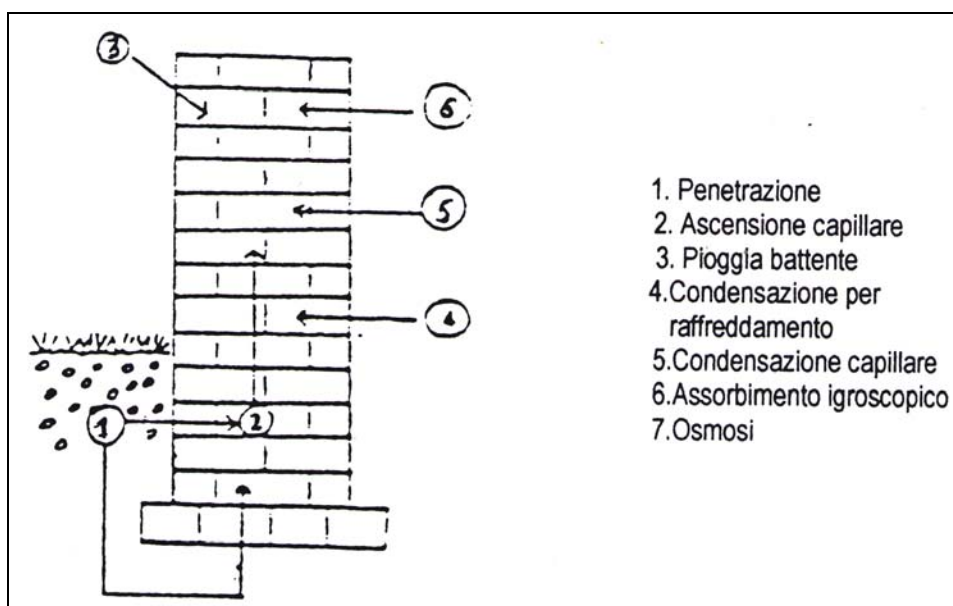
e-mail: [info@cirpacolor.it](mailto:info@cirpacolor.it) - sito web: [www.cirpacolor.it](http://www.cirpacolor.it)

## CAPITOLO 2

### AZIONI DI RISANAMENTO

L'Acqua può penetrare nelle costruzioni sia allo stato liquido che allo stato di vapore attraverso diverse vie, come mostrato nella figura 3.

Fig. 3 – Vie di entrata dell'acqua nel muro.



La penetrazione come vapore presuppone un processo di condensazione all'interno del muro per abbassamento della tensione di saturazione a seguito di raffreddamento, capillarità o presenza di sali.

L'operazione di risanamento degli edifici umidi deve seguire un procedimento sistematico come descritto nella tabella di figura 4.



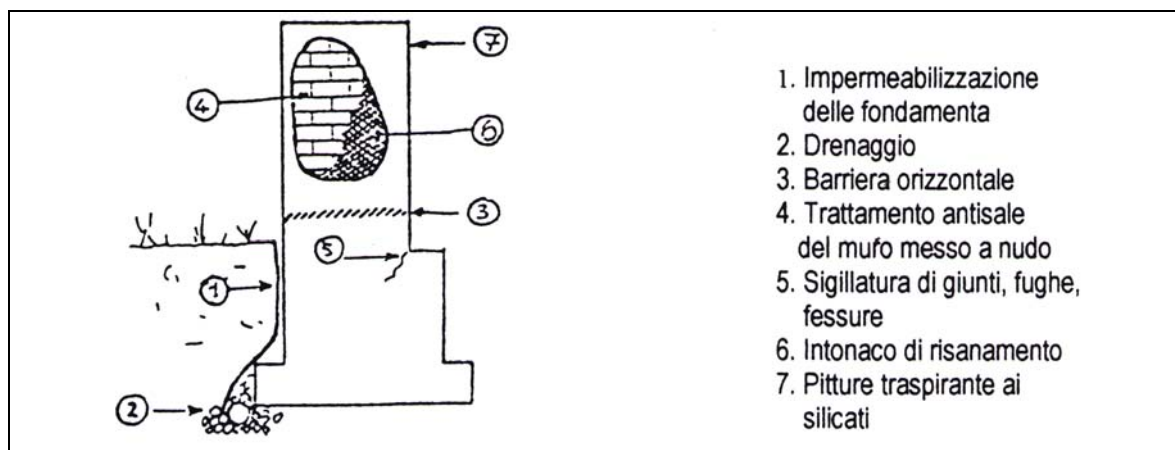
Fig. 4 - Procedimento di risanamento.

1. **Esame dei danni e valutazione della loro entità:** Macchie umidità, efflorescenze saline, distacchi e disfacimento di intonaci, attacchi di muffe.
2. **Ricerca dell'origine dei danni:** Fondamenta non impermeabili, drenaggio insufficiente, tetto pendente, tubi e canali rotti, penetrazione della pioggia battente, condensa.
3. **Eliminazione delle cause:** Impermeabilizzazione delle fondamenta, creazione di una barriera orizzontale fisica, elettrofisica o chimica...
4. **Risanamento:** Eliminazione del rivestimento e dell'intonaco idrofobo e di un rivestimento traspirante...
5. **Altre operazioni:** Rifacimento del drenaggio, creazione di un vespaio.

Il risanamento si basa sul concetto che, per evitare i danni dovuti al ristagno di umidità nelle opere murarie, bisogna impedire la penetrazione dell'acqua e favorire l'uscita e l'evaporazione di quella comunque penetrata.

La molteplicità delle vie di entrata dell'acqua, rende necessario una molteplicità di interventi tra loro coordinati in una azione globale, come ad esempio schematicamente rappresentati nella figura 5.

Fig. 5 – Interventi di risanamento.



Un intervento parziale può risultare inutile o addirittura controproducente. Così l'impermeabilizzazione delle fondamenta può essere inutile se non si attua anche un drenaggio allo scopo di interrompere il flusso di acqua dal terreno all'interno del muro che per la legge dei vasi comunicanti tende a stabilire parità di livello.

In effetti all'interno del muro il livello di umidità sarà ben più elevato a causa del fenomeno di risalita per ascensione capillare.

Così pure un intervento limitato all'applicazione di un rivestimento filmogeno, completamente impermeabile sia alla pioggia che al vapore può risultare controproducente dal momento che può imprigionare l'acqua entrata attraverso altre vie. In tal caso il livello di umidità nel muro è destinato a salire ulteriormente con accresciuto danno estetico e strutturale.

Ecco allora l'importanza del concetto di muro traspirante che si realizza quando il muro lascia diffondere all'esterno l'umidità esterna dell'edificio senza bloccarla con la condensazione nel suo interno. Del resto questo muro anche se fosse bagnato dalla pioggia si asciugherebbe completamente e rapidamente nel successivo periodo secco.

Secondo la teoria di Kuenzel un muro può considerarsi mediamente asciutto se  $S_d \cdot w < 0.1$  con i limiti  $S_d < 2$  m e  $w < 0.5 \text{ kg m}^{-2} \text{ h}^{-0.5}$ . Le normative di associazioni tedesche prevedono diversi valori per  $S_d$  e  $S_d \cdot w$ , come mostrato nella tabella di figura 6, ove si riportano i valori indicativi per le idropitture a base di dispersioni e di silicati.

Fig. 6 –Valori medi indicativi di alcuni p.v.

	<b>W</b> <b>Kg/m<sup>2</sup> h<sup>0.5</sup></b>	<b>Sd</b> <b>umido</b> <b>m</b>	<b>Sd w</b> <b>Kg./mh<sup>0.5</sup></b>	<b>Sd</b> <b>CO<sub>2</sub></b> <b>m</b>
Teoria Kuenzel	<0.5	<2	<0.1	
Norma di base	<0.5	<2	<0.2	
Altre norme	<0.5	<4	<0.3	
Teoria Klopfer				>50
Pitt. dispersioni	0.25	>1	0.2	50
R.P. dispersioni	0.15	>1.5	0.2	100
Pitt. puri silicati	> 0.5	<0.05	0.02	10
Pitt. disp. silicati	< 0.5	0.05	0.02	15
Pitt. disp. silic. idrof.	<< 0.5	<0.05	0.01	< 15
R.P. disp. silicati	< 0.5	<0.05	0.02	25

Nella tabella riportiamo anche il valore indicativo di  $S_d \text{ CO}_2$  che la teoria di Klopfer ritiene debba essere superiore o uguale a 50 per un rivestimento del cemento sufficientemente protettivo contro la carbonatazione.

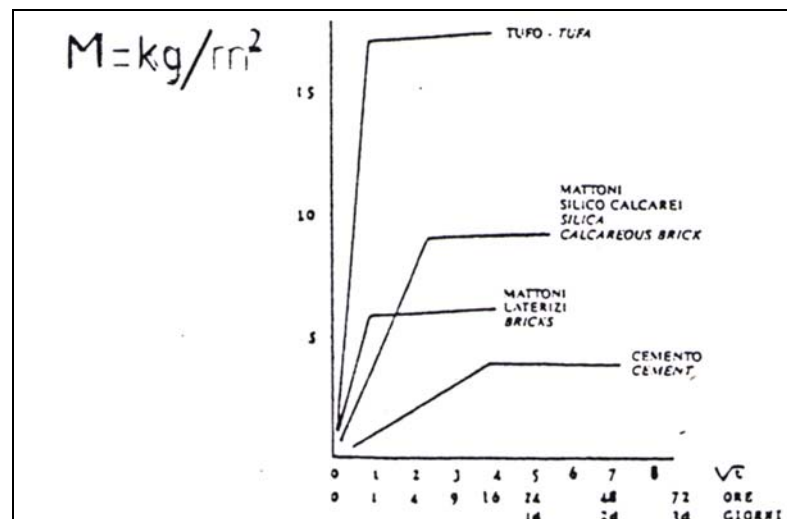
Il significato delle sigle è il seguente:

$S_d$  = Resistenza alla diffusione del vapore del materiale considerato.

Essa è pari allo spessore in m di aria in quiete di pari diffusione. Si ottiene dal prodotto ( $\mu \cdot s$ ) tra il coefficiente di resistenza alla diffusione del vapore, caratteristico del materiale e il suo spessore in metri. Analogò è il significato di  $S_d \text{ CO}_2$  solo che invece che al vapore si riferisce alla  $\text{CO}_2$ .

$W$  = Coefficiente di assorbimento dell'acqua che moltiplicato per la radice quadrata del tempo, esprime la funzione  $M = w\sqrt{t}$  che rappresenta la quantità di acqua assorbita dal muro per bagnamento (per es. da pioggia). Tale funzione si riferisce al periodo iniziale di bagnamento dal momento che abbiamo già visto che la quantità di acqua assorbita tende asintoticamente a raggiungere un massimo a saturazione (figura 7).

Fig. 7 – Assorbimento dell'acqua nel tempo in diversi materiali. Inizialmente  $M = w\sqrt{t}$ .



Dall'esame dei valori della tabella di figura 6 si evince che le pitture ai silicati mostrano un valore molto favorevole di traspirabilità al vapore ( $S_d$ ), di contro l'assorbimento dell'acqua ( $w$ ) è piuttosto elevato. Così è necessario

applicarle su un intonaco a basso assorbimento secondo la norma DIN 18557.

Per l'applicazione su supporti vecchi o nuovi di altro tipo si consiglia l'utilizzo di pitture a silicati idrofobizzate direttamente in formulazione con un siliconato di potassio o idonee resine silaniche. La stessa tabella mostra anche che le pitture ai silicati possono essere applicate a scopo decorativo su cemento armato, ma a causa del basso valore della resistenza alla diffusione della CO<sub>2</sub> il loro uso a scopo protettivo contro la carbonatazione non risulta completamente soddisfacente. Le pitture ai silicati idrofobizzate si comportano ancor peggio perché manca l'azione frenante dell'umidità sulla diffusione dell'aniride carbonica. Vogliamo in questa sede far comunque osservare che uno spessore di 4 cm. Di cemento, quanto si ritiene sufficiente per proteggere i ferri sottostanti, ha un valore di

$$Sd_{CO_2} = \mu_{CO_2} \cdot s = 300 \cdot 0.04 = 12 \text{ m}$$

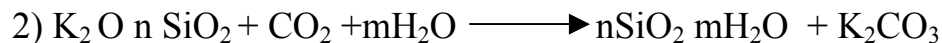
Fig. 8 – Valori indicativi del coefficiente di resistenza alla diffusione della CO per alcuni materiali.

	$\mu / CO_2$
Cemento cellulare	200
Cemento	150-350
Pitture ai puri silicati	30.000
Pitture ai dispersion – silicati	35.000-50.000
Malta epossidiaca	100.000-1.000.000
Smalto acrilico	2.000.000
Smalto con polietilene colorosolfonato	2.000.000-5.000.000
Pitture con dispersioni	200.000-1.000.000
Rivestimenti plastici con dispersionin	800.000-2.000.000

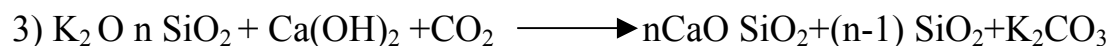
## CAPITOLO 3

### PITTURE AI SILICATI

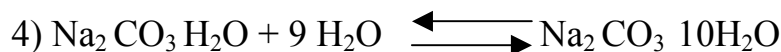
Le pitture ai silicati, che per l'elevata permeabilità abbiamo già visto utilizzare nel restauro degli edifici umidi, vengono così chiamate perché utilizzano come legante un polisilicato di potassio la cui azione fissativa è dovuta alla reazione con l'anidride carbonica atmosferica.



A questa reazione può sovrapporsi la reazione con l'alcalinità calcica del supporto:



Si sceglie il silicato di potassio e non il silicato di sodio perché il carbonato di sodio che si formerebbe è un sale fortemente espansivo a seguito della reazione di idratazione:



che avviene reversibilmente con l'escursione della temperatura ai valori ambientali con una variazione di volume del 261%.

Il carbonato di potassio invece non è un sale pericoloso perché essendo deliquescente non cristallizza.

Esso ha però una azione di richiamo e ritenzione di umidità.

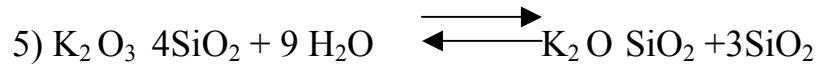
Per minimizzare questo inconveniente si adopera un polisilicato di potassio al più elevato modulo ( $n=3.5 - 4$ ) e cioè con il minimo contenuto di potassa (tetrasilicato di potassio).

Le pitture ai silicati inizialmente erano confezionate come bicomponenti, ossia il silicato liquido (in soluzione acquosa) era separato dalle polveri (pigmenti e cariche). I due componenti venivano mescolati prima della applicazione, lasciati così maturare alcune ore e poi utilizzati entro le 24 ore. Questo era necessario perché il tetrasilicato di potassio in soluzione è molto instabile e reagisce facilmente con metalli reattivi e relativi ossidi,

precipitando i rispettivi silicati insieme alla silice come mostrato con la reazione (3).

Inoltre il tetrasilicato precipita la silice per abbassamento del pH dovuto a aggiunta di acidi o assorbimento della CO<sub>2</sub> dell'aria.

Infine la silice può precipitare anche con la reazione:



per il semplice abbassamento della temperatura, con l'aggiunta di sostanze organiche idrosolubili (per e. Alcole) o anche la sola aggiunta di centri di cristallizzazione come polveri inerti e nel nostro caso pigmenti e cariche.

Oggi sono però disponibili dei silicati di potassio stabilizzati e pigmenti talmente puri che è possibile produrre delle pitture ai silicati monocomponenti in grado di sopportare anche l'aggiunta di sostanze organiche come dispersioni polimeriche (in saponificabili), coalescenti, addensanti e altri ausiliari come mostrato nella tabella di figura 9.

Fig. 9 – Composizione di un p.v. ai silicati

<b>Leganti</b>	<b>Ausiliari</b>	<b>Cariche</b>	<b>Pigmenti inorganici</b>
Silicati di potassio	Disperdenti Antischiuma	Calcite Quarzo	Biossido di titanio
Dispersione polimerica	Bagnanti Stabilizzanti Ausiliari di filiazione Ritenenti Addensanti Tixotropanti Correttori di reologia Idrofobizzanti	Caolino Talco Barite Bianco fisso Creta silicea Fibre Mica Silicato di alluminio	Ossido di ferro Ossido di cromo Blu di Co Verde di Co Blu oltremare Giallo di Ni-Ti Nero spinello Nero fumo Grafite

Sono appunto queste nuove pitture ai silicati che hanno rilanciato tale tipo p.v. sul mercato. Le riconosciute caratteristiche positive delle pitture ai silicati vengono riportate nella tabella di figura 10.

Figura 10 – Pregi della pittura ai silicati

- Consolida il supporto minerale
- Pietrifica i supporti minerali reattivi
- Opacità minerale
- Non filma
- Non combustibile
- Stabile al calore
- Stabile a UV e luce
- Altamente resistente alle intemperie
- Resistente all'atmosfera industriale
- Protegge i supporti sensibili agli acidi perché molto alcalina
- Elevata permeabilità al vapore
- Resistente all'acqua
- Esente da solventi organici
- Ecologica
- Economica
- Tixotropica
- Azione bioacida contro funghi, alghe, muschio, licheni
- Impiego versatile

Secondo la nuova norma DIN 18363 (sett. 1989) le pitture ai dispersion – silicati devono contenere al massimo 5% in peso di sostanze organiche, sul prodotto verniciante totale.

La dispersione, pur se presente in quantità modeste, conferisce alle pitture ai silicati particolari caratteristiche di stabilità al magazzinaggio contro sineresi, sedimentazione e flocculazione, ma quello che più conta migliora l'applicabilità, l'aderenza, la coerenza diminuendo i numerosi problemi tipici dei silicati.

I difetti più frequenti vengono elencati nella tabella di figura 11.

Fig. 11 – Difetti più frequenti delle pitture ai silicati

Difetto	Motivo
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tinta non uniforme e irregolare</li> <li>• Macchie in superficie</li> <li>• Croste ed efflorescenze</li> <li>• Problemi di aderenza</li> <li>• Distacchi crostosi</li> <li>• Colaggi di tinta</li> <li>• Spolvero superficiale</li> <li>• Zone lucide</li> <li>• Striature</li> <li>• Cretti e screpolature</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lavoro interrotto. Evidenziatore delle riprese</li> <li>• Fondo non omogeneo e pretrattamento insufficiente</li> <li>• Trasporto di Ca(OH) o di sali in superficie per umidità del muro</li> <li>• Supporto non idoneo. Supporto idoneo ma trattato con idrofobizzanti. Presenza di disarmanti.</li> <li>• Supporto non stagionato</li> <li>• Pioggia su pittura fresca</li> <li>• Temperatura bassa all'applicazione. Pretrattamento insufficiente</li> <li>• Umidità del supporto. Eccessiva umidità ambientale.</li> <li>• Supporto caldo. Applicazione sotto il sole o con il vento caldo.</li> <li>• Curva granulometrica delle cariche non in ordine. Applicazione su supporto caldo o al sole o con il vento caldo.</li> </ul>





CERTIFICATO NR. 501004022

AZIENDA ASSOCIATA  
Unione degli Industriali di Roma



## CAPITOLO 4

### APPLICAZIONE DELLE PITTURE AI SILICATI

Il buon risultato di un lavoro effettuato con le pitture ai silicati è fortemente dipendente da ciclo e modalità di applicazione. Pertanto di solito questo lavoro viene affidato a professionisti esperti che conoscono sia i prodotti che i supporti in modo di adattare al meglio gli uni e gli altri.

I supporti idonei per le pitture ai silicati sono tutti quelli minerali escluso il gesso in ogni sua forma, intonaco tirato a gesso, carton gesso, prefabbricati e stucchi gessosi. Forti problemi si hanno per l'applicazione su cemento espanso ove l'applicazione è sconsigliata. I prodotti ai silicati non si applicano su legno (tranne particolari formulazioni ignifuganti), pannelli truciolati e vecchie pitture filmogene a base di dispersioni, oli, resine.

Per un completo spettro di applicabilità dei silicati su vari tipi di supporti minerali, l'applicatore dovrebbe disporre delle seguenti gamme di prodotti:

- Impregnante trasparente che viene utilizzato sia come fissativo e consolidante del supporto che come diluente per il fondo e la finitura.
- Fondo molto caricato (stucco e pennello) da utilizzare dopo l'impregnante come mano di aderenza su supporti troppo compatti come cemento armato o come intermedio sulla facciata esposta.
- Finitura (idropittura e/o rivestimenti plastici) bianca tinteggiabile con idonee paste di pigmenti ai silicati. Si consiglia di utilizzare tinte pastello chiaro perché quelle scure evidenziano le irregolarità del supporto ed esaltano i problemi di macchiatura ed attaccatura delle riprese.

Importantissimo è il pretrattamento del supporto che deve essere pulito, esente da grassi e spazzolato.

Il supporto nuovo deve essere lasciato stagionare per 4-6 settimane perché si asciughi perfettamente e si neutralizzi in superficie attraverso la carbonatazione naturale.



CERTIFICATO NR. 501004022

AZIENDA ASSOCIATA  
Unione degli Industriali di Roma



I rappezzi nuovissimi devono essere neutralizzati con fluati e poi lavati per eliminare l'eccesso di fluato.

Il supporto deve essere prima di tutto pretrattato con una o più mani (applicate bagnato su bagnato) di impregnante trasparente.

Per i supporti molto compatti e poco assorbenti potrebbe essere opportuno che tale impregnante sia già formulato con max 5% di dispersione insaponificabile. Il numero delle mani e la diluizione dell'impregnante dipende dall'assorbimento e dalla solidità e compattezza del supporto.

Dopo questo pretrattamento vengono riparate le fessurazioni, le scheggiature e i danneggiamenti superficiali con uno stucco ai silicati ottenibile al momento impastando con sabbia il rivestimento plastico, la finitura o in mancanza lo stesso impregnante non diluito.

Dopo l'applicazione ed essiccazione la zona stuccata viene ritrattata abbondantemente con l'impregnante.

Completato così il pretrattamento, si applica il fondo caricato diluito con 10-20% di impregnare a seconda della compattezza del supporto.

Su supporti assorbenti il fondo può essere sostituito da un intermedio ottenuto dalla diluizione della finitura con 50-100% di impregnante.

Infine si applica la idropittura di finitura, due o tre mani bagnato su bagnato, diluita con 5-10% di impregnante.

I rivestimenti plastici ai silicati si applicano generalmente subito dopo il trattamento impregnante.

Sulle facciate esposte a nord o comunque alla pioggia controvento e quando l'idrorepellenza non è sufficiente è possibile un trattamento finale impermeabilizzante ed idrofobizzante con siliconi.

In ogni caso bisogna tener presente che un ciclo ai silicati si considera essiccato e reagito completamente solo dopo almeno due settimane dall'applicazione.

Nella tabella di figura 12 si riportano le principali norme applicative delle pitture.

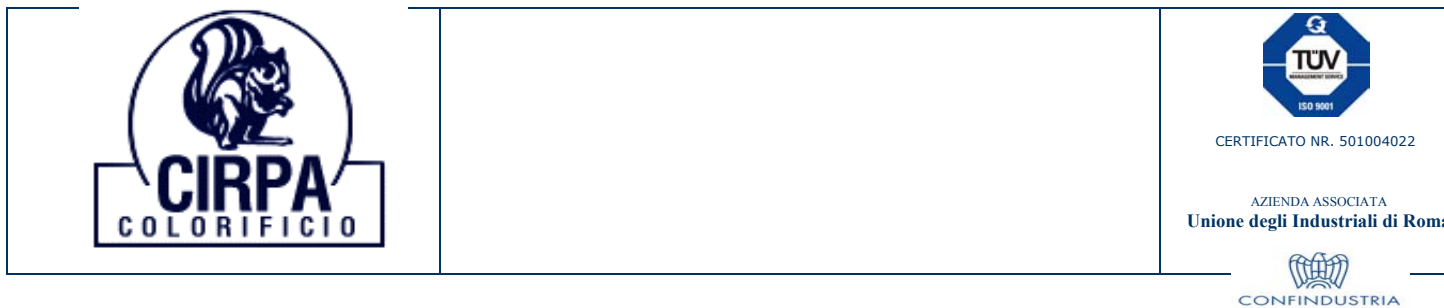


Fig. 12 – Norme applicative delle pitture ai silicati:

1. Applicare su supporto stuccato e stagionato per almeno 4 settimane.
2. Proteggere con idonea mascheratura le superfici contigue da non verniciare.
3. Applicare a rullo o pennello, mai a spruzzo.
4. Due mani dello stesso prodotto (fondo, intermedio, finitura) devono essere applicate bagnato su bagnato.
5. Dopo ogni prodotto attendere almeno 24 ore prima di applicare il successivo.
6. Non applicare sotto il sole o su muro caldo per precedente insolazione.
7. Non applicare in condizioni di vento forte.
8. Non applicare sotto 8°C o se nella notte gela.
9. Non applicare su muro bagnato.
10. Indossare gli occhiali.

Per concludere nella tabella 13 si riporta un confronto tra il sistema ai silicati puri, ai dispersion-silicati e alle sole dispersioni.



CERTIFICATO NR. 501004022

AZIENDA ASSOCIATA  
Unione degli Industriali di Roma



CONFINDUSTRIA

Fig. 13 – Quadro di confronto di diversi sistemi:

	<b>Dispersioni</b>	<b>Dispersion-Silicati</b>	<b>Puri Silicati</b>
Fornitura	Pronta all'uso	Pronta all'uso	Mescolare prima dell'uso e far maturare
Stabilità al magazzinaggio	Minimo un anno	Minimo un anno	Illimitata. Dopo la miscela solo alcune ore.
Legante	Disper. polimerica	Disper. Polimerica e silicato di potassio	Silicato di potassio
Meccanismo di filiazione e di indurimento	Coalescenza Adesione	Silicatizzazione Coesione Coalescenza Adesione	Silicatizzazione Coesione
Caratteristiche	Termoplastica Elastica	Rigida e Fragile	Molto rigida e molte fragile
Utilizzabile da	Tutti	Professionisti	Professionisti esperti
Tinte	Praticamente illimitate	Limitate ai pigmenti inorganici	Limitate ai pigmenti inorganici
Estetica	Tinta uniforme	Possibili macchie sui toni scuri	Elevato pericolo di macchie sui toni scuri
Aspetto	Da opaco a lucido	Opacità minerale	Opacità minerale
Coerenza	Buona–Molto buona	Buona–Molto buona	Sufficiente–buona
Pretrattamento del supporto	Fissativi a solvente e ad acqua	Eventuale fluitazione Fissativo ai silicati	Fluitazione Fissativo ai silicati

## CAPITOLO 5

### FORMULAZIONE

Con l'impiego di potassio stabilizzato, è possibile formulare facilmente pitture e rivestimenti monocomponenti di sufficiente stabilità.

Il mercato ha riservato un particolare successo alle pitture ai dispersion-silicati che sono in effetti quelle che hanno permesso il rilancio in chiave più moderna delle antiche pitture ai puri silicati.

L'aggiunta della dispersione nei limiti del 5%, migliora le prestazioni, la versatilità, e l'applicabilità. La dispersione deve essere in saponificabile ed avere particelle molto fini. Le più idonee sono le acriliche e le stiro-acriliche.

Fig. 14 – Esempio di idropittura ai dispersion-silicati

- Acqua	21.5
- Disperdente	0.3
- Stabilizzante	0.6
- Biossido di titanio	10
- Antischiuma	0.4
- Mica CM-N	5.4
- Calcite circa 5m	26
- Dispersion stiro-acrilica	5
- Silicato di Potassio	29
- Idrossietilcellulosa	0.1
- Butilglicole	0.7
- Ragia minerale	1

Fig. 15 – Esempio di Intonaco graffiato ai dispersion-silicati

- Acqua	9
- Disperdente	0.4
- Stabilizzante	1
- Biossido di titanio	7
- Antischiuma	0.2
- Idrossietilcellulosa	0.1
- Calcite circa 5 m	11
- Dispersion stirol-acrilica	9
- Fibre di cellulosa (Arbocel B 400)	0.5
- Silicato di Potassio	17
- Ragia minerale	1
- Calcite 1.0-1.5 mm	11
- Calcite 1.5-2.0 mm	11
- Calcite 1.8-2.5 mm	11
- Calcite 500 m	5.8
- Calcite 1000 m	5

Particolare attenzione bisogna dedicare alla scelta dei pigmenti e delle cariche. Devono essere evitati i pigmenti organici, mentre quelli inorganici devono essere neutri, esenti da sali solubili e stabili in ambiente fortemente alcalino.

Ad esempio non sono utilizzabili i pigmenti riportati nella tabella di figura 16.

Fig. 16- Pigmenti non idonei per p.v. ai silicati

- <b>Alluminio idrossido (allumina idrata)</b>
- <b>Carbonato di magnesio (magnesite)</b>
- <b>Carbonato di calcio e magnesio (dolomite)</b>
- <b>Solfato di calcio (gesso)</b>
- <b>Carbonato basico di piombo (biacca)</b>
- <b>Ossido di zinco (bianco di zinco)</b>
- <b>Ossidulo di piombo (litargirio)</b>
- <b>Ossido di piombo (minio)</b>
- <b>Piombocianammide</b>
- <b>Cromato di piombo (giallo cromo)</b>
- <b>Cromato di zinco (giallo zinco)</b>
- <b>Ferrocianuroferrico (blu milori o di Prussia o di Berlino)</b>
- <b>Verde zinco (giallo zinco + blu di Berlino)</b>
- <b>Bronzi di rame, alluminio e zinco</b>
- <b>Polvere e paste di alluminio</b>
- <b>Nero di anilina e altri neri organici</b>



CERTIFICATO NR. 501004022

AZIENDA ASSOCIATA  
Unione degli Industriali di Roma



Anche l' idoneità degli altri componenti della formulazione deve essere esattamente testata. Così pure è importante individuare la migliore successione delle materie prime durante la preparazione sia per le caratteristiche che per la stabilità del prodotto finito.

Dopo la produzione, le pitture ai silicati hanno bisogno di un tempo di maturazione di alcuni giorni durante il quale la viscosità si stabilizza.

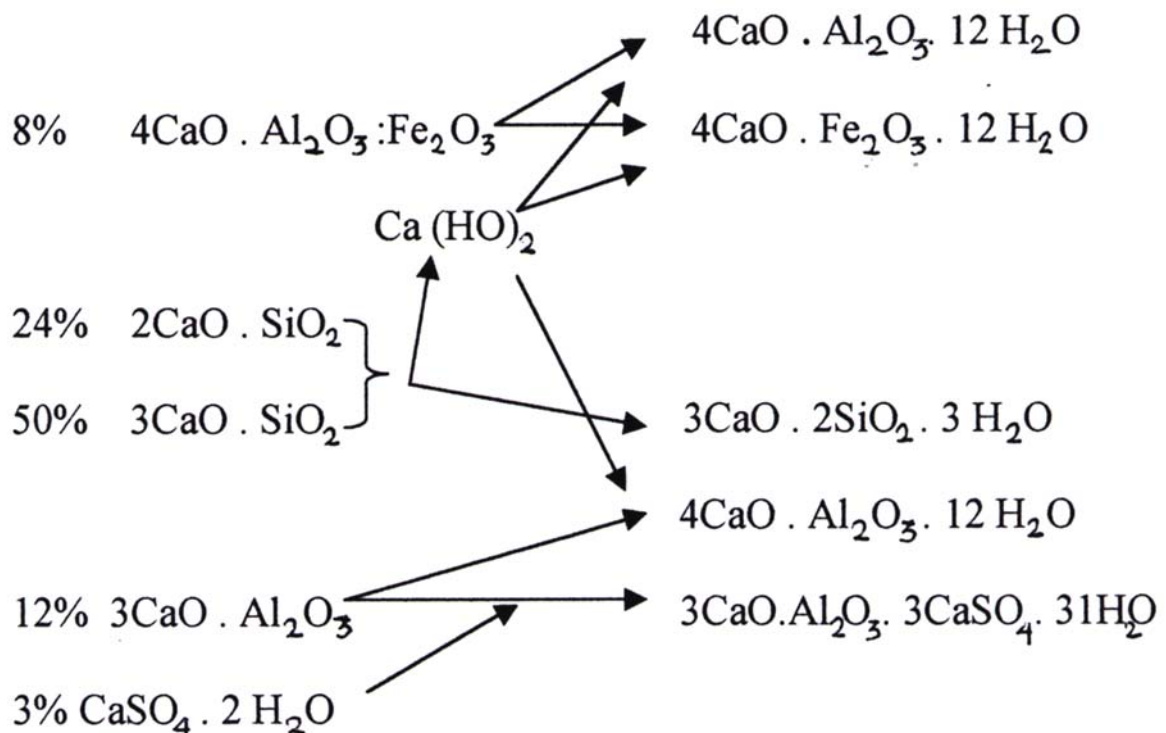
In caso di formulazione critica, ossia quando la viscosità cresce troppo, è consigliabile aumentare il dosaggio dell'additivo stabilizzante.

## CAPITOLO 6

### PITTURE AI SILICATI PER CEMENTO ARMATO

Il cemento armato è un materiale composito costituito da cemento e ferro. L'alcalinità del cemento e ferro. L'alcalinità del cemento ( $\text{pH} > 12$ ) protegge i tondini di ferro dalla corrosione. L'alcalinità è dovuta alla liberazione di calce idrata (5-10% sul cemento) durante l'idratazione è la presa del cemento.

Fig. 17 – Composizione e idratazione del cemento Portland (il 3% mancante è costituito da  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$  etc.)



Gli inquinamenti atmosferici ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Cl}$ , etc.) allo stato gassoso, possono penetrare nella porosità del cemento.

In presenza di umidità si convertono in acidi ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ , etc.) che sono in grado di neutralizzare l'alcalinità del cemento con un processo detto di carbonatazione che parte dalla superficie e prosegue lentamente in profondità con un andamento rappresentato dalla espressione  $S_c = \sqrt{kt}$  ove



$S_c$  = Spessore di carbonatazione in mm.

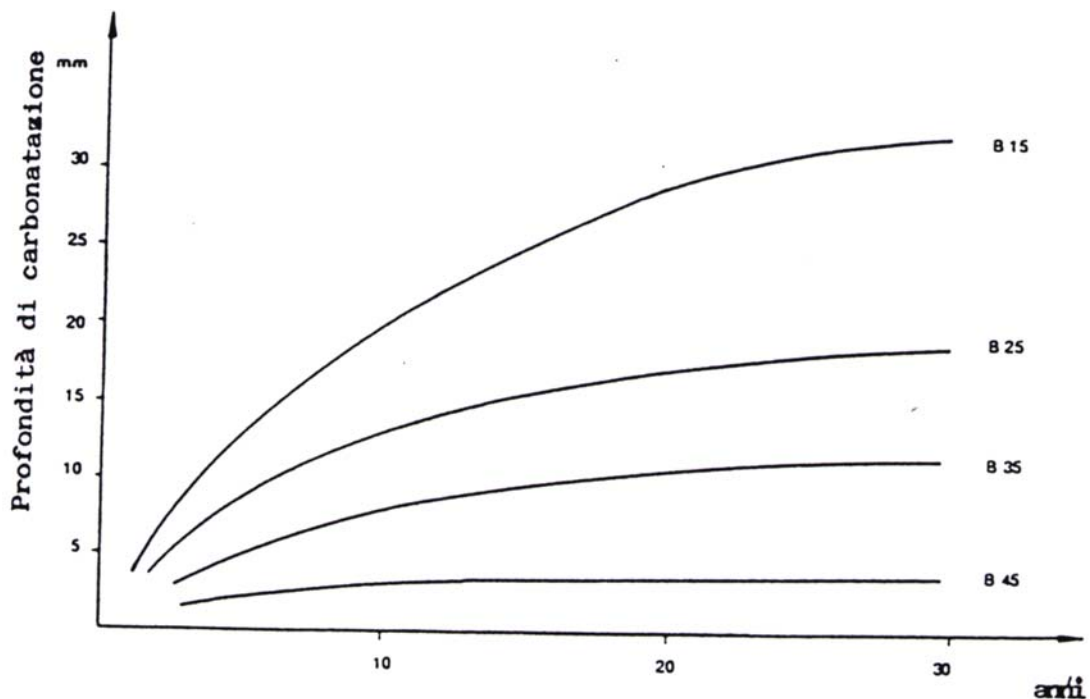
$K$  = Costante dipendente dal tipo di cemento, ritenendo costante la concentrazione di  $CO_2$  nell'aria (0.6 g/m<sup>3</sup>)

$t$  = anni

Graficamente il processo di carbonatazione è rappresentato nella seguente figura 18.

Fig. 18. Massima profondità di carbonatazione (calcolata) nel tempo per diversi tipi di cemento a norma DIN.

Tipi di cemento



La carbonatazione può avvenire solo in presenza di umidità che è indispensabile per convertire gli inquinanti atmosferici gassosi in acidi veicolati dalla stessa umidità.

L'intervallo tra il 50% e il 70% di umidità relativa è l'ambiente più favorevole alla carbonatazione. Sotto il 30% di umidità e sopra l'80% la carbonatazione non si verifica.

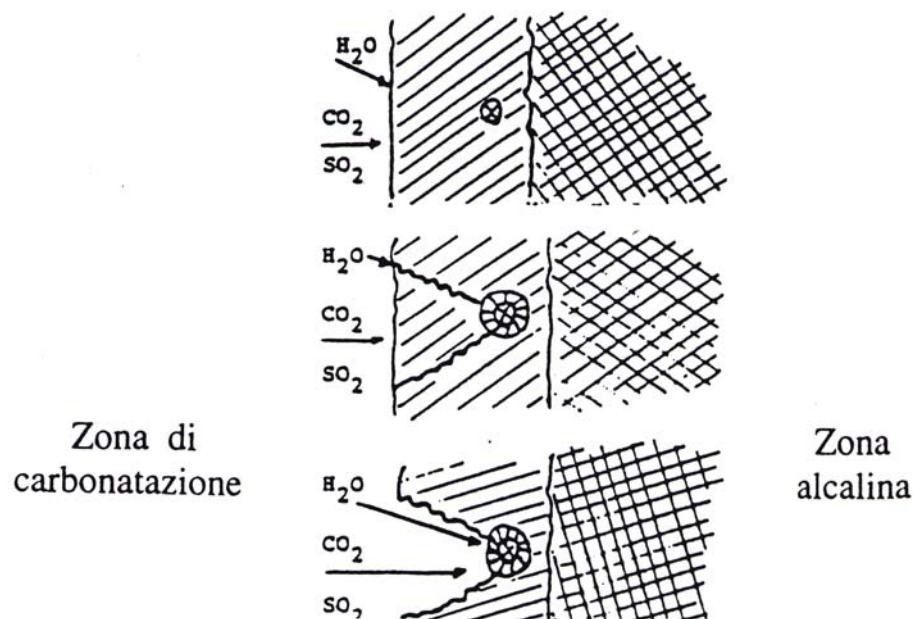
Mentre l'anidride carbonica neutralizza il cemento ma lascia invariato il suo aspetto e la sua consistenza, gli inquinanti atmosferici oltre a neutralizzare il cemento, sono in grado di attaccare chimicamente i suoi costituenti. Per esempio l'acido solforico converte il silicato di calcio in solfato di calcio e silice. Il solfato di calcio (gesso) è sufficientemente solubile per trasformare l'alluminato di calcio in solfoalluminato di calcio (attringite) con una reazione fortemente espansiva in grado di disgregare il cemento.

L'acido nitrico e l'acido cloridrico attaccano il silicato di calcio dando nitrato e cloruro di calcio e silice. Sia il nitrato che il cloruro sono molto solubili. Ciò fa capire come in ambienti fortemente inquinanti il cemento è sottoposto a una forte corrosione e disgregazione superficiale.

Come se non bastasse quando la carbonatazione arriva ai ferri, questi non sono più protetti dall'alcalinità ed incominciano ad arrugginire.

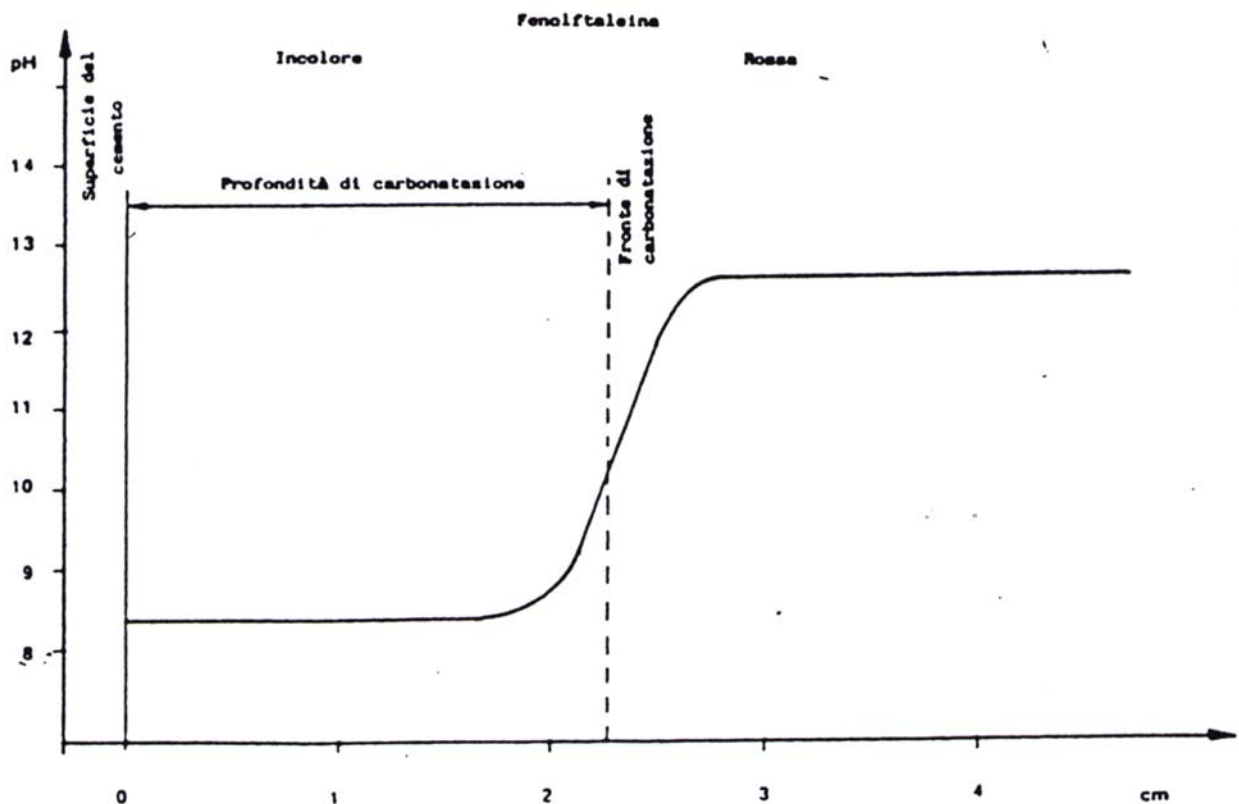
La ruggine occupa un volume maggiore del ferro. Si produce così una forte azione espansiva che rompe il cemento. I ferri rimangono allora direttamente esposti all'azione dell'aria e la corrosione può proseguire ancora più rapidamente. (Fig. 19)

Fig. 19. Processo di corrosione dei ferri.



La profondità di carbonatazione è valutabile mediante una soluzione alcolica di fenolftaleina che spruzzata su di una carota o una scheggiatura recente della facciata, vira al rosso sulla zona alcalina (Fig. 20).

Fig. 20. Valutazione della profondità di carbonatazione con fenolftaleina.



I fenomeni di degrado del cemento armato fin qui esposti hanno fatto riconsiderare l'idea che il cemento dovesse rimanere "faccia a vista". I primi tentativi di protezione sono stati fatti con impregnanti silicologici trasparenti, che rallentano la carbonatazione perché evitano il bagnamento e la penetrazione della pioggia nel supporto.

Si è passato ora a richiedere una protezione più completa con P.V. coprenti che in più hanno il pregio di conferire colore. Vogliamo quindi qui di seguito esaminare i criteri di scelta del P.V. per facciate di cemento armato. Per evitare la carbonatazione del cemento armato e le sue conseguenze, secondo Klopfer bisogna applicare sulla superficie un rivestimento con una elevata resistenza alla diffusione dell'anidride carbonica e cioè:

$Sd\ CO_2 \gg 50m\ ove$

$Sd\ CO_2 = \mu\ CO_2 \cdot S =$  resistenza alla diffusione della CO

$\mu\ CO_2 =$  coefficiente di resistenza alla diffusione della  $CO_2$

s = spessore del rivestimento in metri

Gli alti valori di  $Sd\ CO_2$  richiesti da Klopfer si realizzano unicamente con film chiusi che costituiscono una vera barriera meccanica al passaggio dei gas. Ciò è dimostrato dai valori riportati nella seguente tabella di Fig. 21.

Fig. 21. Valori di diffusione alla CO di diversi rivestimenti.

Rivestimenti	$\mu\ CO_2$	S (m)	$Sd\ CO_2 = \mu\ CO_2 \cdot S$
Vernici 1K-PUR	708.10	4.10	2832
Smalto 2K-PUR	218.10	6.10	1308
Smalto con Polietilen-clorosolfanato	64,6.10	7.10	452
Smalto acrilico all'acqua	23,8.10	- 10	238
Idrop.acrilica a CVP subcritica	21,1.10	- 10	210
Smalto Epox senza solventi caricato	10.10	- 10	1000
Idropitt.acrilico a CVP sovracritico	1,1.10	- 10	10
Idropitt. ai dispersion - silicati	0,49.10	- 10	4,9

I valori di resistenza alla permeabilità allo  $CO_2$  vengono determinati con il metodo Klopfer che prevede l'esecuzione della prova in essiccature su  $P_2 O_5$  ossia in condizioni assolutamente anidre, alle quali la carbonatazione non si verificherebbe. Le condizioni che si riscontrano nella realtà sono completamente differenti e determinano risultati assolutamente non conformi alle aspettative scaturite dalla norma Klopfer.

Bisogna ancora aggiungere che i rivestimenti a barriera meccanica preferiti da Klopfer, agiscono da barriera anche per l'evaporazione dell'umidità presente nel cemento sin dall'origine o penetrata successivamente per risalita capillare.

La permanenza di umidità in contemporanea presenza di elettroliti può generare sui ferri una corrosione elettrochimica anche in profondità. Fino a pochi anni fa il cloruro di calcio era l'accelerante a e l'antigelo più comune del cemento Portland al quale veniva aggiunto fino al 3%.

Ora, proprio per evitare il problema della corrosione dei ferri, si preferisce adoperare altri acceleranti non ionici e si cerca di mantenere il cemento asciutto anche in profondità.

Il Prof. R. Wenda ha esaminato in Germania per 16 anni la situazione di manufatti di cemento protetti con pitture ai silicati. I risultati descritti nella seguente tabella di Fig.22 mettono in evidenza che il fronte della carbonatazione è stato riscontrato a profondità molto minore del valore teoricamente calcolato e i ferri superficiali erano esenti da ruggine e corrosione.

Fig. 22. Esame del cemento e del rivestimento (Prof. Wenda)

OGGETTO	TIPO DI CEMENTO	ETA' DEL CEMENTO (anni)	PROFONDITA' DI CARBONATAZIONE (mm)		INQUINANTI ATMOSFERICI (ppm)		ETA' DELLA PITTURA (anni)	CICLO	IDROREPERIBILITÀ	SFARINAMENTO	ADERENZA
			CALC	MIS	SO	NO					
Centrale elettrica Riedlingen	B25	17	12	4	Non rilevato	Non rilevato	16	2 x F 1 x P	Presente	Scarso	Buona
BP Schwandorf	B35	12	16	4	300-700	130	11	1 x F 1 x P	Molto buona	Scarso	Molto buona
Ospedale Augsburg	B45	10	2	2	200	Tracce	9	1 x F 1 x P 1 x H4	Molto buona	Assente	Molto buona
Acquedotto Triem	B25	13	12	10	Sotto soglia	Sotto soglia	5	2 x T	Molto buona	Scarso	Molto buona
Uffici Finanziari	B45	11	2,5	2	900-1400	Sotto soglia	5	2 x T	Buona	Scarso	Molto buona
Uffici di Polizia	B25	8	9	2	500-520	150-400	7	1 x F 1 x P	Molto buona	Scarso	Molto buona
Silos Alimentari	B35	10	6	1	Sotto soglia	Non rilevato	10	1 x F 1 x P	Presente	Non rilevato	Non rilevato
Universita Hamburg	B35	8	5	1	Sotto soglia	Non rilevato	8	2 x F 1 x P	Presente	Non rilevato	Non rilevato



CERTIFICATO NR. 501004022

AZIENDA ASSOCIATA  
Unione degli Industriali di Roma



Il risultato disattende le aspettative della norma Klopfer e richiede la formulazione di un meccanismo chiarificatore che potrebbe essere il seguente:

- Il cemento protetto con silicati si asciuga anche in profondità, ma in superficie la pittura ai silicati, di per se molto alcalina, è in grado di assorbire  $\text{CO}_2$  frenando la penetrazione;
- Il silicato di potassio carbonandosi produce carbonato di potassio che è un sale fortemente igroscopico in grado di trattenere un velo di umidità in cui la  $\text{CO}_2$  è solubile;
- La struttura porosa del cemento viene sostituita dalla struttura microporosa del complesso silicato di potassio/silice/carbonato di potassio/acqua ( $\text{K}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2 / \text{SiO}_2 / \text{K}_2\text{CO}_3 / \text{H}_2\text{O}$ ) in grado di rallentare la trasmissione delle  $\text{CO}_2$  in profondità.

In conclusione le pitture ai silicati non filmano sulla superficie del supporto, ma penetrano in esso reagendo e modificandone caratteristiche meccaniche e porosità con un processo detto di silicatizzazione.

Il complesso *strato superficiale* + *strato silicatizzato*, è quello che alla fine determina le caratteristiche del trattamento. Tale comportamento è però dipendente dalle caratteristiche iniziali del supporto, della sua reattività, della sua porosità etc.

Ciò fa capire che i metodi di determinazione della resistenza alla trasmissione di  $\text{CO}_2$ , del vapore come pure dell'assorbimento di acqua non hanno alcun significato per le pitture ai silicati dal momento che vengono condotte su carta-filtro, su dischetti ceramici o su mattoni silicoalluminosi che nulla hanno a che fare con la realtà del supporto utilizzato.

La conseguenza è che ai rivestimenti ai silicati vengono attribuiti valori  $\text{SdCO}_2$ ,  $\text{Sd H}_2\text{O}$  e  $w$  che nulla hanno a che fare con quelli reali che sono molto più alti in accordo con l'esperienza positiva accumulata in 20 anni di osservazioni su lavori effettuati su cemento armato.

In conclusione le pitture ai silicati proteggono il supporto cementizio dalla carbonatazione con risultati inaspettati rispetto alla teoria.



CERTIFICATO NR. 501004022

AZIENDA ASSOCIATA  
Unione degli Industriali di Roma



Le pitture ai silicati si bagnano in modo evidente con la pioggia (se non idrofobizzati), ma la penetrazione dell'acqua viene frenata dalla modificata microporosità del supporto.

Tutto ciò avviene senza bloccare l'uscita dell'umidità, così che il supporto si asciuga anche in profondità.

Al contrario i P.V. a barriera meccanica bloccano la penetrazione della CO<sub>2</sub>, ma anche l'uscita dell'acqua cosicché la carbonatazione è impedita, ma il supporto rimane umido e possibile di degrado per gli agenti aggressivi veicolati dall'umidità.



CERTIFICATO NR. 501004022

AZIENDA ASSOCIATA  
Unione degli Industriali di Roma



## BIBLIOGRAFIA

- W. SCHULTE UND 14 MITAUTOREN  
Dispersions – Silikat Systeme  
Band 473 – Kontakt & Studium Oberflächentechnik  
Expert verlag – D – 71268 Renningen
- G. GETTWERT
  - Alkalisilikat – Bindmittel. Conchem Journal 2/97 Pag 47 –63. Verlag Fur Chem Ind. Riolkowsky Gmbh . D-86015 Augsburg.
  - Alkalisilikat Eine Literaturlauswertung. Woellner.
  - Alkalisilikat-Bindmittel in W.Schultz.Dispersions–Silikatisystem Band 479–Expert Verlag.
- G. PAGLIARA
  - Le nuove pitture ai silicati. Pitture e vernici 7/85 Pag. 41-47
  - Pitture ai silicati nella problematica del restauro. Pitture e vernici 7/90 pag. 7-21
  - Riabilitat 89 – Genova. Atti del convegno
  - Legami fissativi – 1991. Dispense del corso AITIVA
  - Restauro in Liguria –Santa Margherita Ligure – 1994. Atti del convegno
  - Alternative al silicato di potassio per i p. v. ai silicati. Genova 1996. Atti del convegno EUROCOAT.
- R. WENDA
  - Umuwelt einflusse auf Dilikat farben –Tech Akademie Esslingen Veranstaltung Nr.10048/81025 (I/88)
- H. KLOPFER
  - Giornata di studio sulla protezione di strutture in cemento armato con prodotti vernicianti. Atti del convegno AITIVA – 8 Aprile 1992
- G. TEDESCHI
  - Influenza di un rivestimento a basso spessore sul comportamento termoigrometrico di una facciata. Pitture e Vernici n. 6 Giugno 1984, pag 29 – 33.
- W. RIEBER, G. GETTWERT
  - Pitture ai silicati: formulazione, applicazione e caratteristiche. Pitture e Vernici n. 6 Giugno 1988 pag. 29-40.
- K DROLL
  - Danni causati dall’umidità nei muri. Pitture e Vernici n. 6 Giugno 1988 pag. 15-22.
- R. ENGLER
  - Losliche Silikate Woellner
- B. BAROLO
  - Orientamento della normativa europea per l’edilizia AITIVA.
- U. ERFURTH
  - Silikatfaren. Bautenschutz- Bausanierung 2 Jahrgang – Nr 2, 1979
- R. BELLUSCHI
  - Comunicazione al SAIE 95 di Bologna non pubblicata.

Roma, 03/05/2005 10.50.22

e-mail: [info@cirpacolor.it](mailto:info@cirpacolor.it) - sito web: [www.cirpacolor.it](http://www.cirpacolor.it)