



Un'occasione di conoscenza e ricerca per gli interventi eseguiti e futuri

Rita Vecchiattini



Le occasioni

1 Prima del cantiere:

- ▶ Sperimentazione di prodotti per il consolidamento superficiale e la protezione delle superfici lapidee del Complesso di San Fruttuoso (22 aprile 2013/2015)

2 Durante il cantiere:

- ▶ Analisi archeologica della torre nolare dell'Abbazia, con particolare riguardo agli interventi di restauro eseguiti nel Novecento (5 marzo/giugno 2014)

▶ 3

27/10/2014



▶ 4

27/10/2014

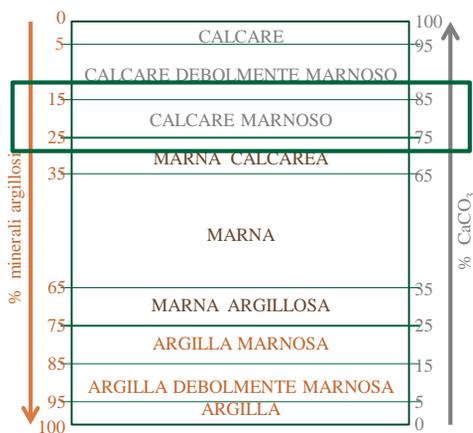
Il problema



▶ 5

27/10/2014

Il materiale



▶ 6

27/10/2014

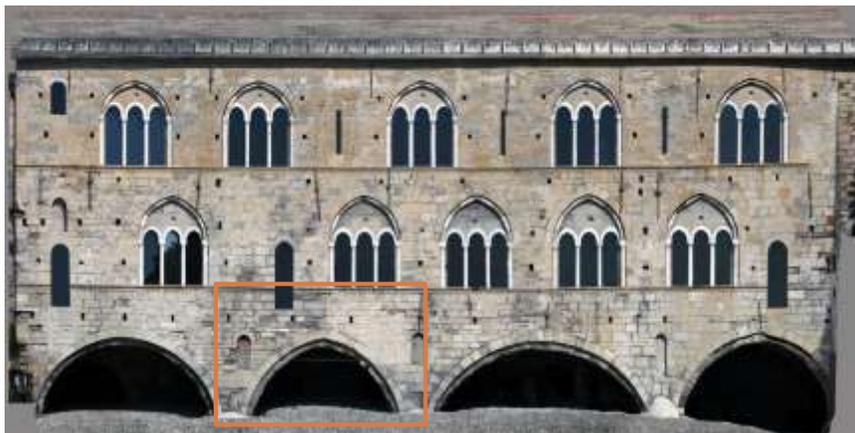
Organizzazione della ricerca

- ▶ Ricognizione bibliografica di fonti scientifiche con particolare riguardo agli ultimi 15 anni
 - ▶ Database bibliografico (quasi un centinaio di pubblicazioni schedate)
 - C.Moggia e F.Segantin (UniGe SSBAP)
- ▶ Ricognizione di esperienze di cantiere in Liguria
 - ▶ Schede di questionario
 - D.Caffarata (SBAPL)
- ▶ Ricognizione di mercato
 - ▶ Tabella e raccolta di schede tecniche dei prodotti consolidanti e protettivi per la pietra
 - A.Mairani (SBSAEL)
- ▶ **Sperimentazione in situ**
 - M.L.Carlini (Co.Art.) – A.Mairani (SBSAEL) – R.Ricci (ISCUM)
- ▶ **Sperimentazione in laboratorio**
 - M.Mauri e S.Vicini (UniGe DCCI) – F.Fratini, S. Rescic e C.Riminesi (CNR Firenze-ICVBC)

▶ 7

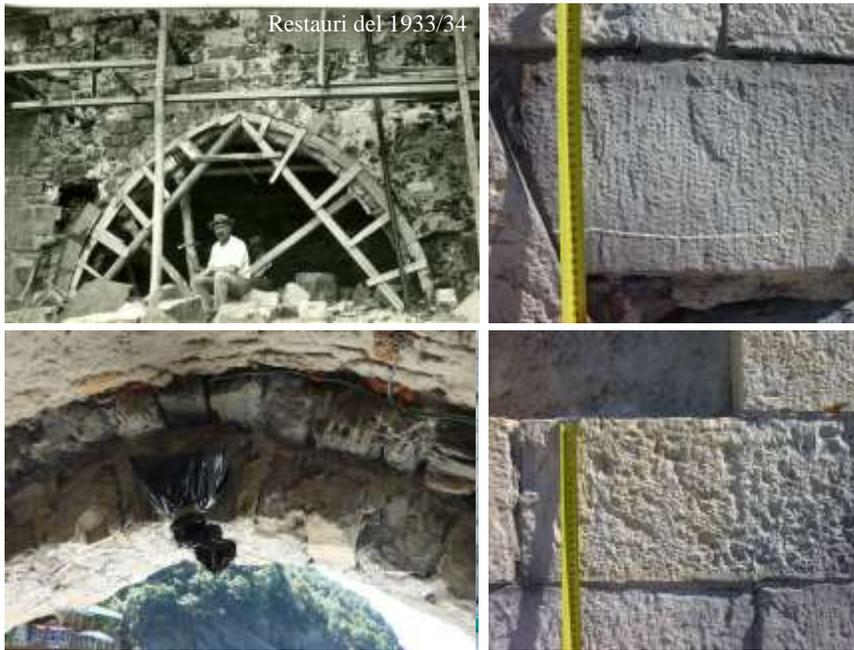
27/10/2014

Sperimentazione in situ



▶ 8

27/10/2014



9 di 9

27/10/2014

I prodotti sperimentati (AN.T.A.RES – C.T.S. – SINOPIA)

Prodotti consolidanti	Prodotti consolidanti e protettivi	Prodotti protettivi
nanosilice A nanosilice B	fluoelastomeri con polimeri acrilici	ammonio fosfato biammonico
silicato di etile A silicato di etile B	silicato di etile con polisilossani oligomeri	ammonio ossalato
polisilicato di litio	silossani acrilati	silano-silossano



10 di 10

27/10/2014



Prodotti consolidanti



Prodotti protettivi



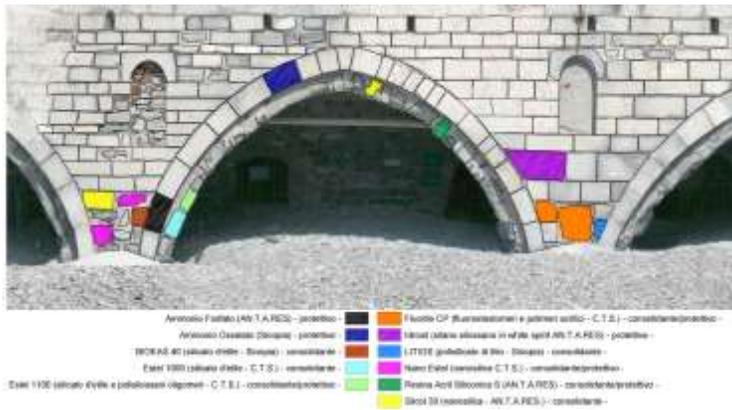
Prodotti consolidanti e protettivi



Prodotti consolidanti e protettivi

▶ 11

27/10/2014



▶ 12 di 12

27/10/2014

Durante l'applicazione

- ▶ La maggior parte dei prodotti stesi a pennello tende a colare (silicato di etile, silicato di etile con polisilossano oligomeri, silossani acrilati)
- ▶ Alcuni tendono a formare una schiuma superficiale (nanosilice)
- ▶ Altri tendono a formare una leggera pellicola (fluelastomeri con polimeri acrilici)



Colature, schiuma e pellicola si eliminano facilmente tamponando la superficie ma indicano uno scarso assorbimento dei prodotti



▶ 13

27/10/2014

Caratteristiche richieste ai prodotti

▶ I prodotti consolidanti

devono:

- ▶ *...migliorare la coesione del materiale alterato e l'adesione fra questo e il substrato sano...* (Normal 20/85)
- ▶ essere uniformemente assorbiti dalla pietra fino a raggiungere il substrato sano (da pochi mm a diversi cm)
- ▶ migliorare la resistenza meccanica del materiale lapideo a forze applicate dall'esterno e a tensioni interne provocate da processi di cristallizzazione
- ▶ conservare inalterati l'aspetto e i valori cromatici del materiale lapideo
- ▶ non provocare variazioni significative di permeabilità al vapore acqueo, dilatazione termica e modulo elastico
- ▶ non provocare la formazione di sottoprodotti secondari dannosi
- ▶ essere "reversibili" anche a distanza di tempo o almeno permettere alla superficie lapidea di essere ritrattata

▶ 14

27/10/2014

Caratteristiche richieste ai prodotti

▶ **I prodotti protettivi**

devono:

- ▶ conferire idrorepellenza al materiale lapideo
- ▶ avere buona stabilità chimica alla luce e agli agenti atmosferici
- ▶ non provocare variazioni significative di permeabilità al vapore acqueo
- ▶ non provocare la formazione di sottoprodotti secondari dannosi
- ▶ essere “reversibili” anche a distanza di tempo o almeno permettere alla superficie lapidea di essere ritrattata

▶ 15

27/10/2014

Analisi in situ (0-6-12 mesi)

- ▶ **Valutazione macroscopica** (scurimento, sbiancamento, formazione di macchie, formazione di pellicole lucide...)
- ▶ **Misura del colore con spettrofotometro** (Metodo CIE L*a*b* 1976, EN 15886 Conservation of Cultural Property - Test Methods Colour Measurements of Surfaces 2010)
- ▶ **Misura di assorbimento d'acqua a contatto** (standardizzato da CNR-ICVBC)
- ▶ **Test di resistenza alla microforatura** (DRMS - Drilling Resistance Measurement System)
- ▶ **Test di resistenza all'abrasione** (Scotch Tape test)

▶ 16

27/10/2014

Analisi in situ (0-6-12 mesi)



Test di misura del colore (Metodo CIE L*a*b* 1976, EN 15886 Conservation of Cultural Property)

Test di resistenza alla microforatura (Drilling Resistance Measurement System)



▶ 17

27/10/2014

Analisi in situ (0-6-12 mesi)

Test di misura di assorbimento a contatto (standardizzato da CNR-ICVBC) con controllo dei tempi di assorbimento tramite termografia



▶ 18

27/10/2014

Prime conclusioni

- ▶ Fenomeni di sbiancamento superficiale sugli elementi trattati con polisilicato di litio
- ▶ Variazioni cromatiche percepibili all'occhio umano (differenza di sensazione visiva $\Delta E > 3$) sugli elementi trattati con silicato di etile, fluelastomeri con polimeri acrilici, silano-silossano ma soprattutto con polisilicato di litio, silicato di etile con polisilossani oligomeri, nanosilice B, ammonio ossalato
- ▶ I trattamenti con maggiore efficacia protettiva sembrano essere silicato di etile con polisilossani oligomeri e il silano-silossano

Risultati non omogenei

▶ 19

27/10/2014

Organizzazione della ricerca

- ▶ Ricognizione bibliografica di fonti scientifiche con particolare riguardo agli ultimi 15 anni
 - ▶ Database bibliografico (circa un centinaio di pubblicazioni schedate)
 - C.Moggia e F.Segantin (UniGe SSBAP)
- ▶ Ricognizione di esperienze di cantiere in Liguria
 - ▶ Schede di questionario
 - D.Caffarata (SBAPL)
- ▶ Ricognizione di mercato
 - ▶ Tabella e raccolta di schede tecniche dei prodotti consolidanti e protettivi della pietra
 - A.Mairani (SBSAEL)
- ▶ Sperimentazione in situ
 - M.L.Carlini (Co.Art.) – A.Mairani (SBSAEL) – R.Ricci (ISCUM)
- ▶ Sperimentazione in laboratorio
 - M.Mauri e S.Vicini (UniGe DCCI) – F.Fratini, S. Rescic e C.Riminesi (CNR Firenze-ICVBC)

▶ 20

27/10/2014

La ricerca del materiale

- ▶ Le cave di calcare marnoso in Liguria sono tutte chiuse
- ▶ Sul promontorio di Portofino sono due le formazioni geologiche principali: **Calcari del Monte Antola** (strati calcareo-marnosi intercalati da argille e arenarie) e **Conglomerato di Portofino** (base argillo-sabbiosa con ciottoli cementati da carbonato di calcio)



▶ 21

27/10/2014

Sperimentazione in laboratorio

- ▶ Albergo dei Poveri - Genova: numerosi campioni di roccia derivanti da carotaggi del terreno eseguiti per prove geognostiche propedeutiche alla verifica di impatto dinamico globale dell'edificio (UniGe-DICAT luglio 2011)
- ▶ Analisi petrografica per confrontare i litotipi genovesi con quelli impiegati a San Fruttuoso



▶ 22 di 22

27/10/2014

Preparazione dei provini

- ▶ Scelta e taglio delle carote in laboratorio (CNR-ICVBC Firenze)
- ▶ Realizzazione di 36 provini standard (dimensioni cm 5x5x2)
- ▶ Applicazione dei prodotti consolidanti e protettivi su 33 provini poiché 3 provini non trattati costituiscono il gruppo di controllo (Co.Art.)



▶ 23

27/10/2014

Analisi in laboratorio (0-3 mesi)

- ▶ **Valutazione macroscopica**
- ▶ **Misura del colore con spettrofotometro**
- ▶ **Misura di assorbimento d'acqua a contatto**
- ▶ **Test di resistenza alla microforatura**

- ▶ **Misura di assorbimento d'acqua per capillarità (UNI 10859:2000)**
- ▶ **Misura dell'angolo di contatto (UNI EN 15802:2010)**



Valutazione dell'idrorepellenza

▶ 24

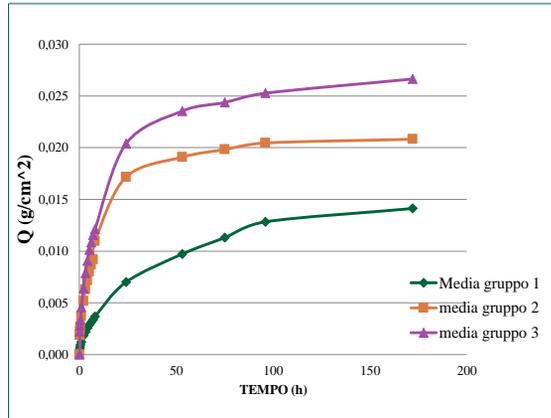
27/10/2014

Misura di assorbimento d'acqua per capillarità

- ▶ Quantità d'acqua Q assorbita per unità di superficie S - in funzione del tempo, a pressione e temperatura ambiente - da un campione avente la superficie di base a contatto con acqua deionizzata

$$Q = (M_i - M_0) / S \quad (\text{g/cm}^2)$$

- ❖ I dati ottenuti risultano disomogenei e possono essere raccolti in tre gruppi.

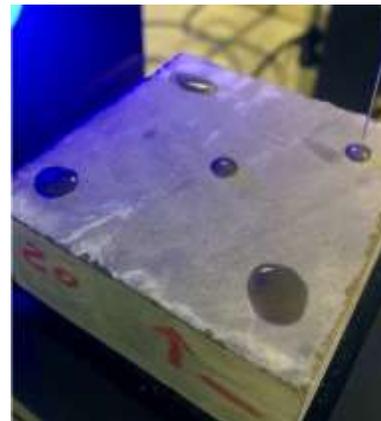
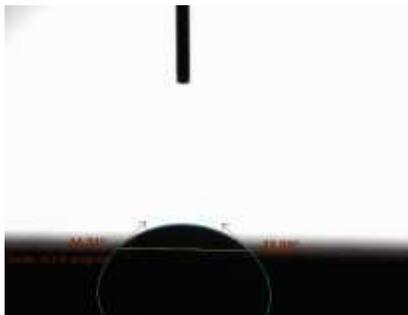
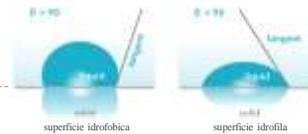


▶ 25

27/10/2014

Misura dell'angolo di contatto

- ▶ Per ogni campione sono stati analizzati 5 punti (Theta Lite, optical tensiometer)

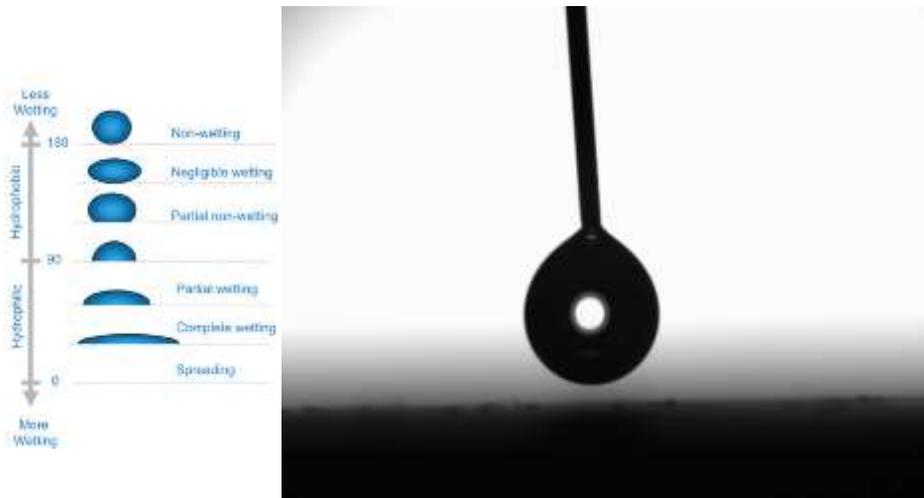


- ❖ I dati, coerenti con quelli ottenuti dalle misure di assorbimento capillare, evidenziano le variazioni tessiturali della pietra all'interno dello stesso campione

▶ 26

27/10/2014

Misura dell'angolo di contatto



▶ 27

27/10/2014

Prime conclusioni

- ▶ La grande disomogeneità della pietra non permette un assorbimento uniforme, caratteristica essenziale nel caso dei prodotti consolidanti
- ▶ La capacità di assorbimento dei prodotti è molto limitata (pochi μm)
- ▶ In generale, la pietra in analisi non si presta ad essere consolidata superficialmente ma preferibilmente protetta per ridurre l'assorbimento differenziale che la caratterizza
- ▶ Il materiale lapideo impiegato nella costruzione e nei restauri dell'abbazia è di qualità molto varia.
- ▶ Gli elementi riconducibili ai differenti restauri e interventi si degradano in modo diverso, alcuni appaiono particolarmente soggetti a frattura.

▶ 28

27/10/2014



▶ 29

27/10/2014

Le occasioni

1 Prima del cantiere:

- ▶ Sperimentazione di prodotti per il consolidamento superficiale e la protezione delle superfici lapidee del Complesso di San Fruttuoso (22 aprile 2013/2015)

2 Durante il cantiere:

- ▶ Analisi archeologica della torre nolare dell'Abbazia, con particolare riguardo agli interventi di restauro eseguiti nel Novecento (5 marzo/giugno 2014)

▶ 30

27/10/2014

Il cantiere della torre nolare



▶ 31

27/10/2014

Organizzazione del lavoro

- ▶ Osservazioni stratigrafiche
 - ▶ Confronto diretto con il materiale documentario e fotografico reperito
 - C.Moggia (UniGe SSBAP)
- ▶ Analisi mineralogico-petrografica delle malte
 - C.Moggia (UniGe SSBAP) – R.Ricci (ISCUM)
- ▶ Indagine bibliografica
 - C.Moggia (UniGe SSBAP)
- ▶ Indagine documentaria
 - ▶ Comune di Camogli (Ge), ufficio tecnico e ufficio protocollo/archivio
 - ▶ Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici della Liguria, archivio storico e archivio fotografico
 - C.Moggia (UniGe SSBAP)

▶ 32

27/10/2014

Fonti dirette e fonti indirette



▶ 33

27/10/2014

Analisi mineralogico-petrografica delle malte



Calce aerea + sabbia di mare

Calce aerea e gesso + sabbia di mare

Cemento + sabbia di fiume

Interventi del 1988



Calce aerea + sabbia di fiume



Calce aerea e cemento + sabbia di fiume

Restauro del 1969

▶ 34

27/10/2014

Grazie a...

- ▶ **Cecilia Moggia** e **Francesca Segantin** (UniGe Scuola di Specializzazione in Beni Architettonici e del Paesaggio)
- ▶ **Angelita Mairani** (Soprintendenza per i Beni Storico Artistici ed Etnoantropologici)
- ▶ **Danilo Caffarata** (Soprintendenza per i Beni Architettonici e Paesaggistici della Liguria)
- ▶ **Maria Luisa Carlini** (restauratrice Co.Art.)
- ▶ **Roberto Ricci** (Istituto di Storia della Cultura Materiale)
- ▶ **Marco Mauri** e **Silvia Vicini** (UniGe Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale)
- ▶ **Fabio Fratini**, **Silvia Rescic** e **Cristiano Riminesi** (CNR Firenze - Istituto per la Conservazione e la Valorizzazione dei Beni Culturali)
- ▶ **Leonardo Borgioli** (C.T.S.)
- ▶ Ditte **AN.TA.RES**, **C.T.S.** e **SINOPIA**