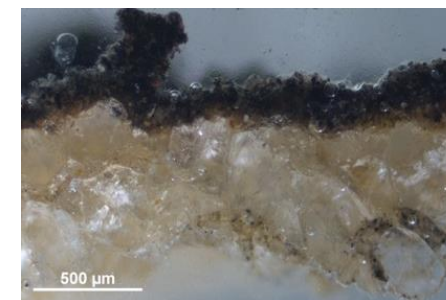


Tirocini e Tesi Laboratori DST

- Caratterizzazione composizionale e fisica dei materiali lapidei naturali ed artificiali
- Studio dei fenomeni di degrado chimico, fisico e meccanico
- Utilizzo di metodi distruttivi e non
- Monitoraggio e test speditivi *in situ*
- Valutazione dei trattamenti di consolidamento/protettivi



Le indagini previste in laboratorio includono:

- Analisi stratigrafica del campione su sezione lucida mediante microscopio ottico in luce riflessa, per individuare la sequenza dei differenti strati del paramento murario ed eventuali prodotti di neoformazione ed alterazione; microscopio equipaggiato con lampada di Wood, per individuare la presenza di composti organici;
- Osservazioni al microscopio ottico, in luce trasmessa e riflessa, di sezioni sottili o spesse, per lo studio di rocce e malte, della stratigrafia degli strati pittorici e la caratterizzazione dei pigmenti;
- Microscopio elettronico a scansione corredato da microanalisi a raggi X in dispersione di energia (SEM-EDS), al fine di caratterizzare composizionalmente gli stessi strati osservati tramite microscopio ottico;
- Analisi mineralogica mediante diffrattometria a raggi X (XRD), per l'identificazione semi-quantitativa delle principali fasi cristalline presenti nei materiali e degli eventuali prodotti di alterazione; analisi composizionale semiquantitativa dei materiali tramite XRF portatile;
- Microsonda elettronica, per l'analisi quantitativa di dettaglio di fasi minerali, vetri, leghe metalliche ed altre matrici solide;
- Spettroscopia Infrarossa ATR-FTIR, per lo studio della composizione dei materiali sia organici che inorganici.

Indagini ultrasoniche/soniche

Tra le prove non distruttive, quelle ad ultrasuoni sono le più diffuse, poiché hanno la caratteristica di fornire risultati accurati in tempo reale e di individuare difetti localizzati all'interno di un materiale. Esse si basano sul principio che esiste una relazione tra la velocità del suono in un mezzo elastico, e le proprietà meccaniche del mezzo stesso come la densità, il modulo elastico e il coefficiente di Poisson (Figura 1).

Ultrasuoni: Il metodo si basa sull'emissione, da parte di un trasduttore, di un impulso ad ultrasuoni all'interno del materiale per contatto: l'impulso generato si propaga attraverso il materiale da con la stessa frequenza del generatore e con velocità che dipende dal materiale attraversato. Casi di studio come Palazzo Corsini al Prato, Palazzo Medici Riccardi, Basilica di Santa Croce, Basilica di Santa Maria Novella, Palazzo Pitti, Basilica della Santissima Annunziata, Opera di Santa Maria del Fiore, Chiesa di San Francesco ai Ferri, Pisa.

Sonico: Le indagini soniche sfruttano la propagazione nel materiale di onde elastiche di compressione generate da un breve impatto elasto-meccanico sulla superficie, per indagare la condizione del materiale nel suo interno (es: localizzare disomogeneità, vuoti e difetti). Casi di studio Palazzo Vecchio, Palagio di Parte Guelfa, Manifattura Tabacchi, Palazzo Cocchi/ Serristori.



Fig. 3. a) Sclerometro L Geostone della Novatest, b) Sclerometro N.



Fig. 1. Strumento ad ultrasuoni IMG 5200 CSD, a e b) indagini ultrasoniche sui bugnati di Palazzo Pitti e mensole di Palazzo Corsini al Prato, c, d, e) indagini soniche sulle murature della Chiesa di San Francesco ai Ferri, Pisa.

Penetrometro

La prova non distruttiva eseguita attraverso utilizzo del penetrometro RSM ha lo scopo di fornire informazioni sulla resistenza che il giunto di malta offre alla penetrazione di un ago di acciaio infisso mediante colpi generati da una massa in movimento con energia costante.

La prova fornisce indicazioni sulla qualità ed omogeneità della malta e attraverso l'utilizzo di curve di correlazione è possibile ottenere una stima indicativa della resistenza meccanica della malta in rapporto alla profondità di penetrazione (Figura 2). Casi di studio Palazzo Medici Riccardi, Palazzo Vecchio, San Gimignano, Lungarno Torrigiani, Campanile di Giotto, Chiesa di San Francesco ai Ferri, Pisa.

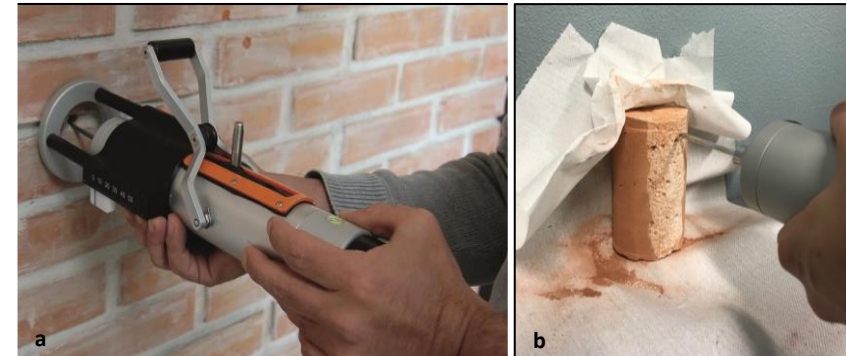


Fig. 2. Penetrometro RMS della Diagnostic Research Company (DRC).

Sclerometro

Il martello di Schmidt o sclerometro serve per stimare la σ_c (apparente) nella porzione superficiale del campione in esame. Lo strumento è costituito da una massa battente proiettata da una molla contro un'asta metallica di percussione, appoggiata direttamente sulla Pietra in esame. Dal rimbalzo elastico della massa, funzione della quantità di energia elastica restituita dal materiale su cui viene effettuata la prova, è possibile risalire alla resistenza a compressione del materiale stesso tramite apposite tabelle di conversione o equazioni di letteratura. Nella zona devono essere effettuate almeno 10 battute da cui si ricava l'indice di rimbalzo medio (Figura 3). Casi di studio come Palazzo Corsini al Prato, Palazzo Medici Riccardi, Basilica di Santa Croce, Basilica di Santa Maria Novella, Palazzo Pitti, Basilica della Santissima Annunziata, Opera di Santa Maria del Fiore.

Documentazione fotografica attività del gruppo



Fig. 4. Strumento utilizzato è un videoendoscopio N308G di Novatest a) indagini soniche sulle murature della Chiesa di San Francesco ai Ferri, Pisa.

Indagini endoscopiche

Le indagini endoscopiche sono state effettuate tramite l'utilizzo del videoendoscopio SERIE GS6200 della Novatest composto da una micro telecamera, dal un videoprocessore e dal monitor. La sonda comprende due parti: un fascio di fibre ottiche per l'illuminazione e un sensore CCD che raccoglie i segnali luminosi e li trasmette via cavo al videoprocessore che li elabora in immagini che vengono ricostruite su video. Le immagini possono essere registrate su supporto elettronico (Figura 4). Casi di studio come Basilica di Santa Croce, Basilica di Santa Maria Novella, complesso architettonico dell'Opera di Santa Maria del Fiore, Chiesa di San Francesco ai Ferri, Pisa.

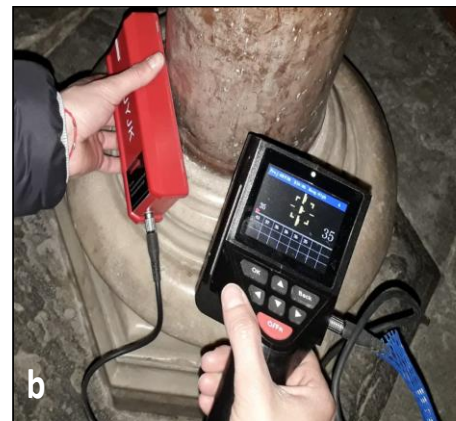


Indagini colorimetriche

Lo spettrofotometro funziona con una luce allo Xenon che illumina il campione in maniera uniforme, la luce riflessa dalla superficie del campione viene raccolta da un sistema di lenti ed entra nel sensore spettrale principale questa viene poi divisa in lunghezze d'onda da un reticolo di diffrazione e convertita in segnale elettrico da un array di fotodiodi (Figura 5) Casi di studio come il complesso architettonico dell'Opera di Santa Maria del Fiore.



Fig. 5. Spettrofotometro CM-2600d, della Konica Minolta, b) caso applicativo su alterazione Pietra Serena.



Pacometro

Il principio di funzionamento di un pacometro si basa sulla misura del campo magnetico determinato dalla presenza di corpi metallici all'interno delle strutture. L'entità del campo magnetico indotto dipende essenzialmente dalla distanza tra la barra in profondità e la sonda di ricerca. In funzione del tipo di strumento è possibile individuare le barre di armatura, fornire una stima dello spessore del copriferro e una stima del diametro delle barre (Figura 6). Casi di studio come Basilica di Santa Maria Novella, Palazzo Pitti, Opera di Santa Maria del Fiore.

Fig. 6. Pacometro DR3000JY della DRC Diagnostic Research Company a) indagini al Pulpito di Giovanni Pisano, Chiesa di Sant'Andrea, Pistoia, c) indagini a Palazzo Pitti.



Fig. 7. Basilica di Santa Maria Novella, a) particolare del portale elaborato per via fotogrammetrica e b) particolare.

Fotogrammetria e laser scanner

Le tecniche basate sulla fotogrammetria e sull'impiego di laser scanner per la ricostruzione tridimensionale consentono di ottenere informazioni dettagliate sulla morfologia e la tessitura di un oggetto o manufatto, quali informazioni metriche, forma e posizione, quadri fessurativi, sezioni e fotopiani, ecc.

La fotogrammetria permette di ottenere nuvole di punti, mesh e modelli 3D dell'oggetto mediante l'elaborazione di immagini fotografiche digitali acquisite con strumentazione fotografica; il laser scanner è uno strumento di misura, costituito da un dispositivo ottico meccanico (il laser), che attraverso scansioni successive, permette di rilevare automaticamente un oggetto nelle sue tre dimensioni, ottenendo anche in questo caso nuvola di punti, mesh e modello 3D.

Casi di studio: fotogrammetria su portale della Basilica di Santa Maria Novella (Fig. 7), Palazzo Pitti (Fig. 8); laser scanner su particolari architettonici di un palazzo storico fiorentino (Fig. 9) e Basilica di Santa Croce (Fig. 10).

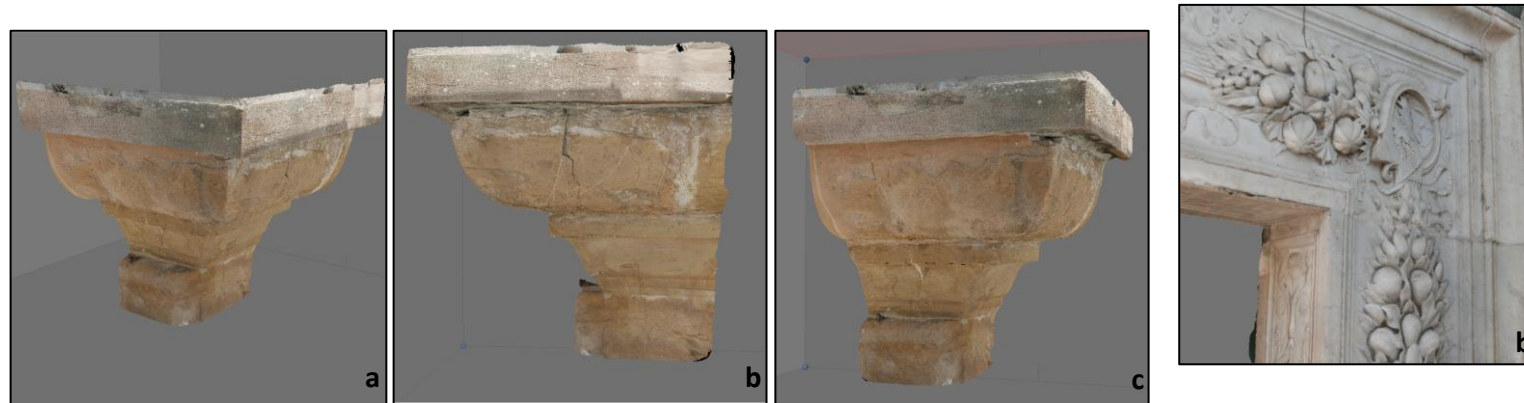


Fig. 8. Particolare di cornice di Palazzo Pitti elaborato per via fotogrammetrica.

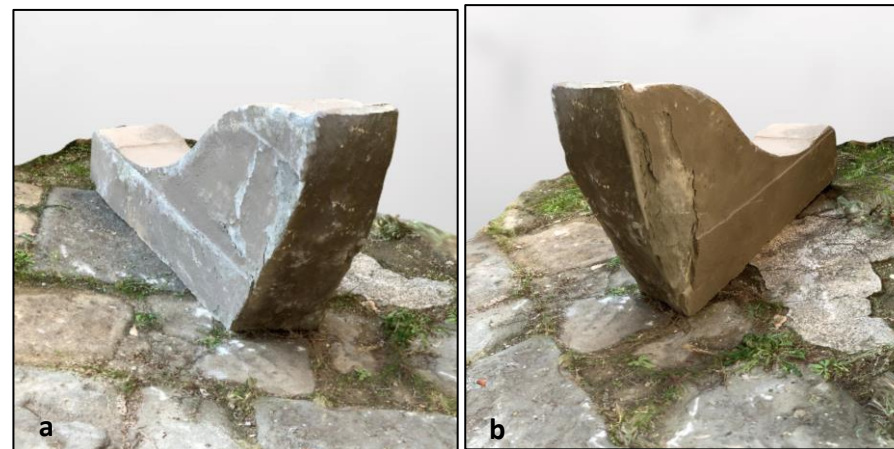


Fig. 9. Elemento architettonico di un palazzo storico fiorentino rilevato con laser scanner.



Fig. 10. Elemento architettonico della Basilica di Santa Croce rilevato con laser scanner.

Alterazione e degrado tipiche delle Pietre Fiorentine



Fratturazione o fessurazione

Degradazione che si manifesta con la formazione di soluzioni di continuità nel materiale e che può implicare lo spostamento reciproco delle parti (Figura 11). Caso di studio come Palazzo Corsini al Prato.



Laminazioni convolute

Tipiche laminazioni convolute della Pietraforte che portano a fenomeni di distacco e disgregazione del materiale (Figura 13). Caso di studio come Palazzo Pitti.



Esfoliazione

Degradazione che si manifesta con distacco, spesso seguito da caduta, di uno o più strati superficiali subparalleli fra loro (sfoglie) (Figura 14). Caso di studio come Palazzo Corsini al Prato.

Croste

Soprattutto la Pietra Serena è soggetta alla formazione di croste coerenti e alla loro successiva caduta in un ciclo continuo. Il meccanismo di formazione della crosta è il seguente:

- limitatamente ad uno spessore di 1,5 cm, dilavamento della matrice argillosa e dissoluzione dello scarso cemento calcitico;
- formazione di una crosta di superficie di pochi mm di spessore per fenomeni di riprecipitazione calcitica entro i pori durante le fasi di evaporazione dell'acqua di imbibizione; tale crosta presenta una ridotta porosità rispetto al substrato che al contrario è decoeso per perdita di matrice e cemento;
- formazione di una nuova crosta sulla superficie esposta; il processo è agevolato dalla elevata porosità di tale superficie che facilita l'ingresso dell'acqua e degli inquinanti (Figura 15). Caso di studio come Chiesa di San Giovannino agli Scolopi.



Arenizzazione

L'arenizzazione è causata dalla presenza di un certo quantitativo di minerali argillosi riscontrati sui campioni prelevati; la frazione argillosa in seguito al continuo dilavamento meteorico tende ad essere allontanata (o a rigonfiarsi) dalla pietra rendendola più aggredibile e allo stato sabbioso. (Figura 12). Caso di studio come Palazzo Pitti.

Tipologie di materiali trattati

alba.santo@unifi.it

carloalberto.garzonio@unifi.it

