GREEN BUILDING COUNCIL ITALIA

BUILD BETTER, LIVE BETTER.

In collaborazione con

GREEN BUILDING COUNCIL ITALIA Chapter CAMPANIA-CALABRIA



| 26 maggio 2026

SEMINARIO FORMATIVO

**Dal Green Deal alla direttiva Case Green:**
**Decarbonizzazione, Heritage e Deep Renovation**

Dott.ssa Ph.D. Chiara Gallo | Istemi

# Il ruolo della Diagnostica nella sostenibilità degli interventi e nei protocolli di certificazione

Con il supporto di

DAIKU · icobit waterproofing & flooring · istemi materials testing · KNAUF

Partner

DiARC · CENTRO STUDI PLINIVS · INFOWEB · PROSPECTA FORMAZIONE

# Contesto normativo e transizione del costruito

## SETTORE EDILIZIO

### Ambito prioritario di intervento



Riduzione dei consumi energetici degli edifici



Incremento dell’efficienza energetica



Diffusione delle fonti rinnovabili



Riduzione delle emissioni lungo l’intero ciclo di vita dell’edificio



Promozione di modelli di economia circolare nel settore delle costruzioni

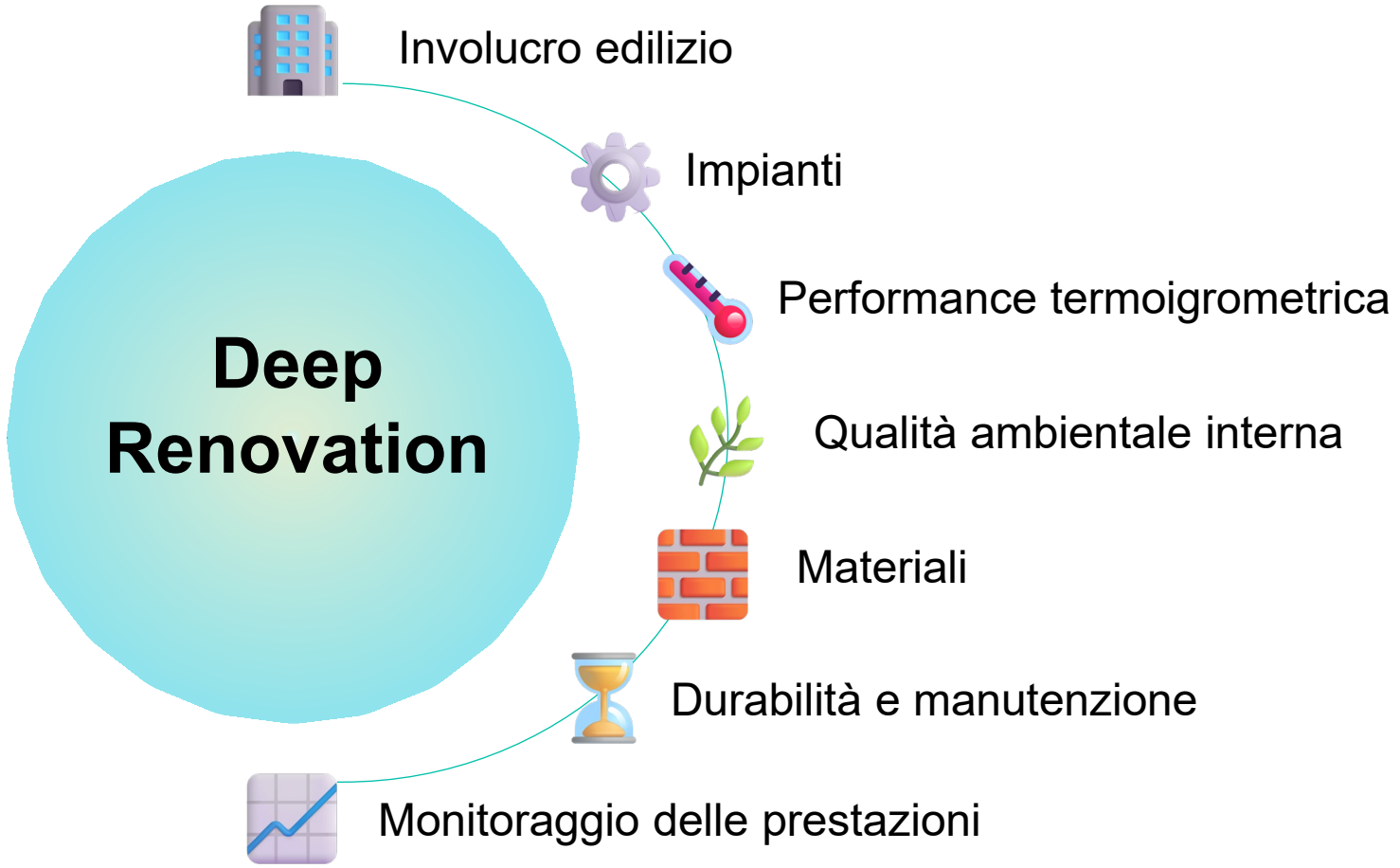


Incremento della resilienza e della qualità ambientale interna

# Contesto normativo e transizione del costruito

## Direttiva “Case Green”

Il patrimonio edilizio esistente costituisce il principale campo d’azione della transizione energetica!

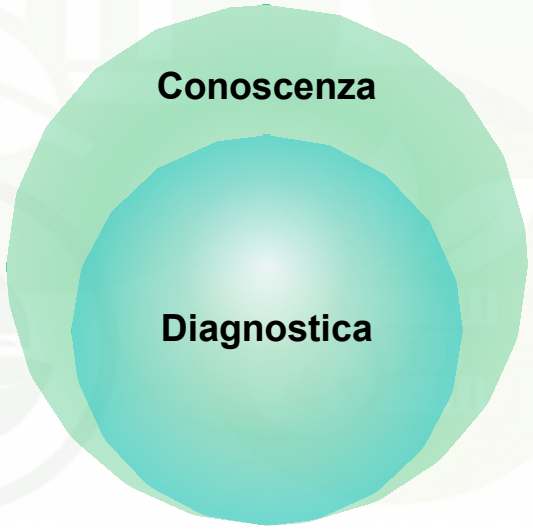


# Il patrimonio costruito nel processo di transizione

## La duplice sfida

Decarbonizzare
ridurre consumi ed emissioni

Rispettare il valore culturale, materico e prestazionale del patrimonio esistente



# Diagnostica: elemento strategico per la sostenibilità degli interventi

Non esiste **sostenibilità** senza **conoscenza preventiva**



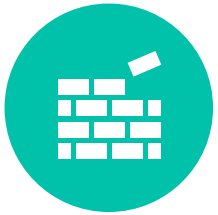
Qual è lo stato di conservazione dell'edificio?



Quali fenomeni di degrado sono in atto?



Quali criticità energetiche o termoigrometriche sono presenti?



Quali materiali costituiscono il sistema edilizio?



Quali interventi risultano compatibili e realmente efficaci?



Come verificare nel tempo il raggiungimento degli obiettivi previsti?

# Diagnostica: elemento strategico per la sostenibilità degli interventi



## Quali tipologie di diagnosi?

- **Diagnostica strutturale**
- **Analisi chimiche e fisiche**
- **Rilievo e digitalizzazione**

# Diagnostica: elemento strategico per la sostenibilità degli interventi



Caratterizzazione materica



Individuazione di degrado e vulnerabilità



Supporto alla progettazione di interventi di restauro



Monitoraggio strutturale e ambientale



Verifica di efficacia di intervento ex-ante/ex-post



Manutenzione predittiva e gestione del ciclo di vita

# Tecniche diagnostiche a supporto della sostenibilità

- Prove non distruttive (NDT)
- Tecniche spettroscopiche (XRF, FT-IR)
- Rilievo 3D e digitalizzazione
- Sensoristica e monitoraggio continuo
- Monitoraggio microclimatico
- Analisi termoigrometriche
- Indagini multispettrali e iperspettrali









# Diagnostica e protocolli di certificazione

**LEED**

**CAM**

**GBC Condomini®**
**GBC Home®**

**GBC Historic Building®**

- Qualità del dato iniziale
- Misurabilità delle performance
- Verifica risultati
- Tracciabilità e sostenibilità documentata

# Diagnostica e protocolli di certificazione

GBC HISTORIC BUILDING

## Protocollo HB® | Criteri sui materiali

VS
**Criterio 1.2**
Analisi e conoscenza dei materiali esistenti

VS
**Criterio 3.2**
Selezione dei materiali per il restauro

# Diagnostica e protocolli di certificazione

## Protocollo HB® | Criterio 1.2 materiali esistenti

**Tabella 3.** Schema esemplificativo delle più comuni metodologie analitiche per la caratterizzazione delle malte esistenti (allettamento, finitura) ed esplicazione di alcune delle finalità delle indagini (fonte: Gemelli et al., 2024, *in press*).

| TECNICA D'INDAGINE | FINALITÀ |
|---|---|
| Microscopia ottica (osservazione stereomicroscopica e microscopica di sezioni lucide e sottili) | ▪ Immagini a diversi ingrandimenti della morfologia superficiale del campione<br>▪ Forma e dimensione dei pori e degli aggregati che compongono il campione<br>▪ Stato del degrado, presenza di micro-fessure, distacchi, prodotti di alterazione, ecc.,<br>▪ Successione stratigrafica (nel caso di malte e intonaci di finitura, scialbature), caratterizzazione morfologica (es. in una o più strati)<br>▪ Caratteristiche di adesione e compattezza del materiale<br>▪ Composizione mineralogico-petrografica (natura del legante, natura degli aggregati, rapporto legante/aggregati, tessitura) |
| Analisi mineralogica per Diffrazione di Raggi X (XRD) | ▪ Identificazione qualitativa e semi-quantitativa delle fasi cristalline presenti nel campione e loro struttura<br>▪ Riconoscimento dei componenti della frazione legante (es., malta di calce, di cemento, di gesso, mista)<br>▪ Riconoscimento dei componenti della frazione aggregato (es. sabbie quarzose, silicatiche, pozzolaniche, ecc.)<br>▪ Per minerali con strutture variabili (es. argille) permette la loro identificazione e la determinazione della loro proporzione in un campione<br>▪ Determinazione quali- e semi-quantitativa delle fasi di neoformazione di minerali cementizi e prodotti di alterazione nei cementi (solfati di calcio) |
| Analisi chimica per Spettrometria di Fluorescenza a Raggi X (XRF) | ▪ Composizione chimica elementale del campione (inclusi gli elementi presenti in traccia)<br>▪ Composizione chimica dei pigmenti utilizzati (es. scialbature, coloriture superficiali, affreschi, ridipinture) |
| Analisi morfologica e chimica mediante microscopia elettronica a scansione (SEM-EDS) | ▪ Immagini a diversi ingrandimenti ed altissima risoluzione della morfologia del campione<br>▪ Distribuzione degli elementi chimici lungo la superficie analizzata, con restituzione di mappature in falsi colori (con la combinazione con la microsonda EDS)<br>▪ Analisi chimica elementale puntuale del campione, qualitativa e quantitativa |
| Analisi molecolare mediante spettroscopia infrarossa (FT-IR) | ▪ Individuazione delle varie classi di materiali organici (proteici, oleosi, cere, ecc.), utile in particolare nel caso di additivi addizionati alle malte<br>▪ Natura chimica dei diversi composti inorganici<br>▪ Presenza di ossalati<br>▪ Caratterizzazione dei leganti utilizzati per la stesura dei pigmenti per discriminare la tecnica pittorica<br>▪ Analisi chimica dei costituenti e quantizzare l'idraulicità (della frazione legante) |
| Analisi termogravimetrica (TGA) | ▪ Analisi del contenuto di umidità e acqua legata chimicamente all'interno del campione<br>▪ Determinazione dei composti idraulici presenti (es., minerali cementizi)<br>▪ Riconoscimento di additivi e/o composti organici<br>▪ Determinazione del contenuto di carbonati, solfati, nitrati e ossalati |

# Diagnostica e protocolli di certificazione

## Protocollo HB® | Criterio 3.2 materiali per il restauro

| CRITERIO | INDICATORE DI COMPATIBILITÀ |
|---|---|
| **La funzione che il materiale deve svolgere** | stuccatura, sigillatura, iniezione, consolidamento strutturale, riproduzione e integrazione di elementi decorativi |
| **La composizione chimica del prodotto** | · le tipologie di leganti, di aggregati, di additivi organici/inorganici, di aggiunte pozzolaniche (metacaolino, silice amorfa, ceneri volanti, cocciopesto, argille scistose ecc.), di additivi reattivi (espansivi, ritardanti, aeranti, impermeabilizzanti, ecc.) e di additivi inerti (fibre, sabbia, terracotta, argille, ecc.);<br>· il rapporto Legante/Aggregato;<br>· la distribuzione granulometrica dell'aggregato;<br>· la quantità di acqua di impasto consigliata. |
| **Le caratteristiche tecnologiche** | · la lavorabilità;<br>· le caratteristiche espansive in fase plastica;<br>· la temperatura massima di idratazione;<br>· il ritiro in fase di stagionatura;<br>· il comportamento agli stress indotti da contrazione da ritiro. |

**Tabella 3.** Caratteristiche delle malte per il restauro delle opere murarie rilevanti ai fini della valutazione di compatibilità (Delgado Rodrigues & Grossi, 2007).

# Diagnostica e protocolli di certificazione

## Protocollo HB® | Criterio 3.2 materiali per il restauro

| CRITERIO | INDICATORE DI COMPATIBILITÀ |
|---|---|
| **Le caratteristiche chimiche della malta indurita** | · la presenza di sali solubili;<br>· la resistenza ai solfati e all'alcali-reazione;<br>· il contenuto di calce libera e di magnesia libera;<br>· il contenuto di anidride carbonica;<br>· il contenuto di acqua legata chimicamente (legante indurito);<br>· il contenuto di silice solubile;<br>· l'indice di idraulicità;<br>· l'indice di cementazione. |
| **Le caratteristiche meccaniche della malta indurita** | · resistenza a compressione;<br>· resistenza a flessione;<br>· resistenza a trazione;<br>· durezza;<br>· modulo elastico;<br>· resistenza all'abrasione;<br>· adesione al supporto per taglio, splitting, pull-out;<br>· resistenza alla foratura. |

**Tabella 3.** Caratteristiche delle malte per il restauro delle opere murarie rilevanti ai fini della valutazione di compatibilità (Delgado Rodrigues & Grossi, 2007).

# Diagnostica e protocolli di certificazione

## Protocollo HB® | Criterio 3.2 materiali per il restauro

| CRITERIO | INDICATORE DI COMPATIBILITÀ |
|---|---|
| **Le caratteristiche fisiche della malta indurita** | · porosità;<br>· densità;<br>· assorbimento d'acqua per capillarità;<br>· permeabilità all'acqua e al vapore;<br>· indice di asciugamento;<br>· coefficiente di dilatazione termica;<br>· espansione per imbibizione in acqua;<br>· analisi colorimetrica;<br>· resistenza ai cicli di gelo-disgelo;<br>· resistenza al degrado salino;<br>· resistenza al fuoco. |

**Tabella 3.** Caratteristiche delle malte per il restauro delle opere murarie rilevanti ai fini della valutazione di compatibilità (Delgado Rodrigues & Grossi, 2007).

# Diagnostica e protocolli di certificazione

## Protocollo HB® | Criterio 3.2 materiali per il restauro

| TECNICA D'INDAGINE | FINALITÀ |
|---|---|
| **Microscopia ottica (osservazione stereomicroscopica e microscopica di sezioni lucide e sottili)** | ▪ Immagini a diversi ingrandimenti della morfologia superficiale del campione (prima e dopo il trattamento)<br>▪ Presenza e distribuzione del trattamento sulla superficie o in profondità nel campione<br>▪ Presenza di fessure e fibre organiche/inorganiche aggiunte (es. in una malta)<br>▪ Identificazione della successione stratigrafica superficiale (es., presenza di pellicole protettive - o patine e depositi di alterazione - e come queste interagiscono con il substrato); caratterizzazione morfologica (es. in una o più strati)<br>▪ Caratteristiche di adesione e compattezza del materiale e come queste cambiano a seguito di un trattamento conservativo<br>▪ Stato del degrado (ad es., presenza di prodotti d'alterazione sviluppatisi a seguito dell'applicazione di un trattamento conservativo) |
| **Analisi mineralogica per Diffrazione di Raggi X (XRD)** | ▪ Identificazione qualitativa e semi-quantitativa delle fasi cristalline presenti nel campione e loro struttura (incluse fasi di neoformazione a seguito dell'applicazione di un trattamento conservativo)<br>▪ Determinazione quali- e semi-quantitativa delle fasi di neoformazione di prodotti di alterazione a seguito dell'applicazione di un trattamento conservativo |

**Tabella 4.** Schema esemplificativo delle più comuni metodologie analitiche per l'analisi dei trattamenti conservativi ai fini della valutazione di compatibilità con le malte esistenti (Gemelli et al., 2024).

# Diagnostica e protocolli di certificazione

## Protocollo HB® | Criterio 3.2 materiali per il restauro

| TECNICA D'INDAGINE | FINALITÀ |
|---|---|
| **Analisi chimica per Spettrometria di Fluorescenza a Raggi X (XRF)** | ▪ Composizione chimica elementale del campione (inclusi gli elementi presenti in traccia) e come cambia dopo l'applicazione di un trattamento |
| **Analisi morfologica e chimica mediante microscopia elettronica a scansione (SEM-EDS)** | ▪ Immagini a diversi ingrandimenti ed altissima risoluzione della morfologia del campione<br>▪ Distribuzione del trattamento sulla superficie lapidea con restituzione di mappature in falsi colori (con la combinazione con la microsonda EDS)<br>▪ Profondità di penetrazione di un trattamento all'interno della matrice del materiale analizzato |
| **Analisi molecolare mediante spettroscopia infrarossa (FT-IR)** | ▪ Individuazione delle varie classi di materiali organici (proteici, oleosi, cere, ecc.), utile in particolare nel caso di protettivi o altre sostanze organiche applicati sulle superfici<br>▪ Presenza di ossalati derivanti da precedenti interventi di restauro<br>▪ Presenza di trattamenti conservativi e loro prodotti di alterazione<br>▪ Possibilità di identificazione della natura delle alterazioni cromatiche sulle superfici<br>▪ Grado di interazione chimica tra il trattamento e il substrato lapideo |

**Tabella 4.** Schema esemplificativo delle più comuni metodologie analitiche per l'analisi dei trattamenti conservativi ai fini della valutazione di compatibilità con le malte esistenti (Gemelli et al., 2024).

# Diagnostica e protocolli di certificazione

## Protocollo HB® | Criterio 3.2 materiali per il restauro

| TECNICA D'INDAGINE | FINALITÀ |
|---|---|
| **Analisi termogravimetrica (TGA)** | ▪ Analisi del contenuto di umidità e acqua legata chimicamente all'interno del campione (e valutazione di una potenziale variazione a seguito di un trattamento)<br>▪ Riconoscimento di additivi e/o composti organici<br>▪ Determinazione del contenuto di carbonati, solfati, nitrati e ossalati ed altri prodotti di neoformazione (ad es., sviluppatisi a seguito di un trattamento) |
| **Analisi colorimetrica** | ▪ Determinazione di variazioni colorimetriche prodotte dalla presenza di trattamenti o prodotti di alterazione (calcolo del ΔE) |
| **Analisi per cromatografia ionica (IC)** | ▪ Analisi di sali prodotti dall'alterazione del materiale a seguito di un trattamento conservativo e responsabili delle caratteristiche meccaniche |
| **Analisi Porosimetrica** | ▪ Determinazione dell'interazione del campione con acqua o altre sostanze (mercurio, elio) per definirne la predisposizione all'alterazione<br>▪ Determinazione della struttura porosa (pori chiusi, aperti e/o interconnessi)<br>▪ Variazione della percentuale e dimensione dei pori dopo l'applicazione di un trattamento |
| **Indagini di tipo meccanico** | ▪ Determinazione della durezza della superficie e come essa varia a seguito di un trattamento<br>▪ Determinazione della resistenza meccanica in superficie e in profondità prima e dopo l'applicazione del trattamento<br>▪ Grado di coesione degli aggregati con la matrice anche dopo il trattamento |

**Tabella 4.** Schema delle più comuni metodologie analitiche per l'analisi dei trattamenti conservativi ai fini della valutazione di compatibilità con le malte esistenti (Gemelli et al., 2024).

# Tecniche diagnostiche a supporto della sostenibilità

Spettrometria FT-IR



TGA





Cromatografia ionica







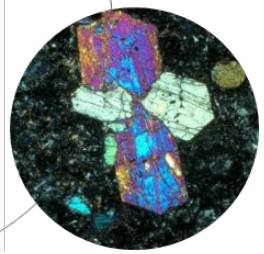
Diffrattometria a Raggi X

Camera climatica





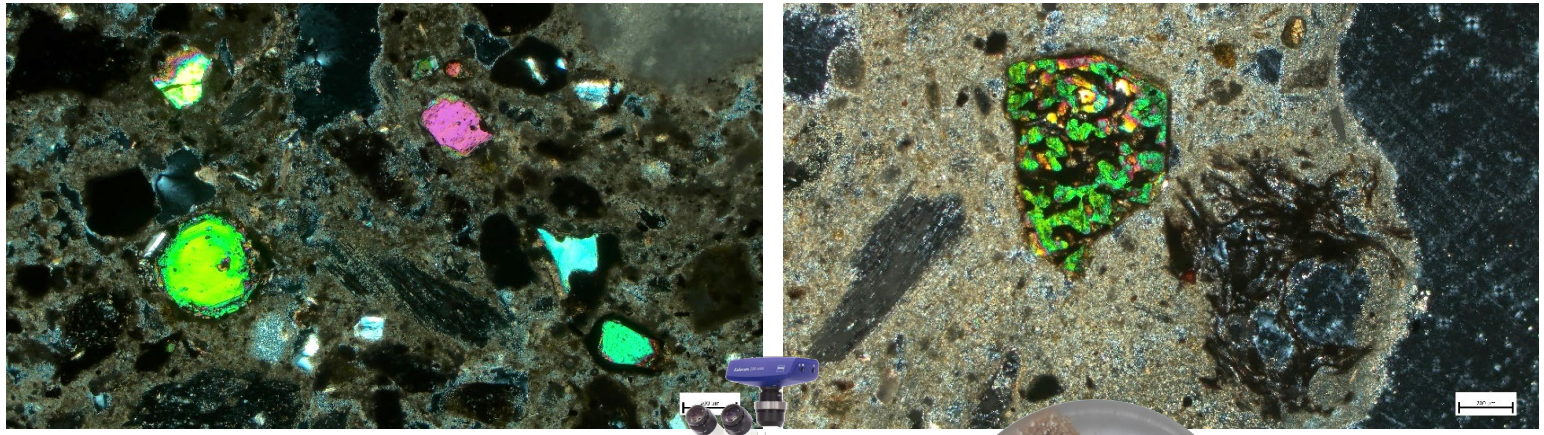

Microscopia ottica



## Tecniche diagnostiche a supporto della sostenibilità

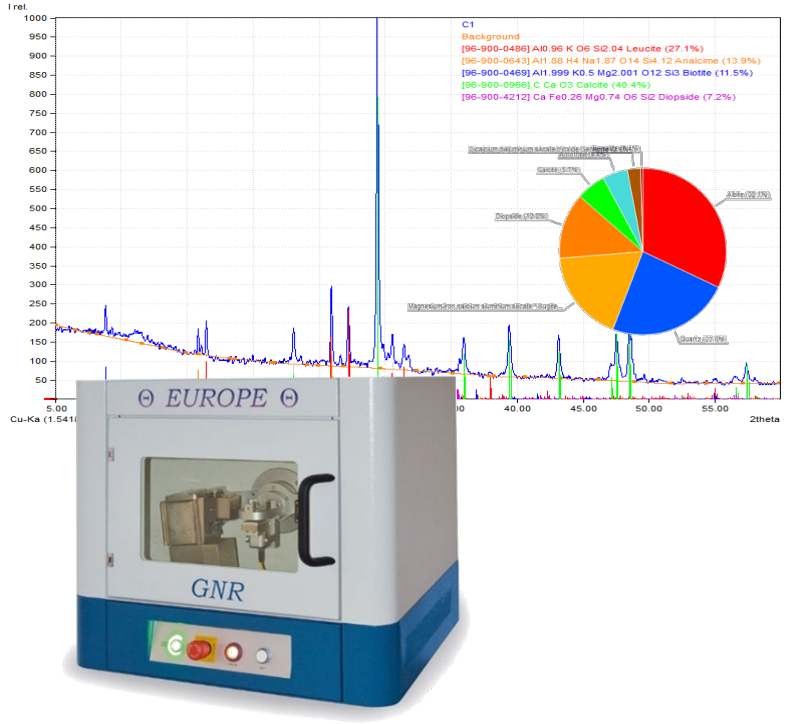
# Analisi composizionale di malte e intonaci

### Microscopia ottica eseguita su sezioni sottili





### Diffrattometria a Raggi X



# Tecniche diagnostiche a supporto della sostenibilità

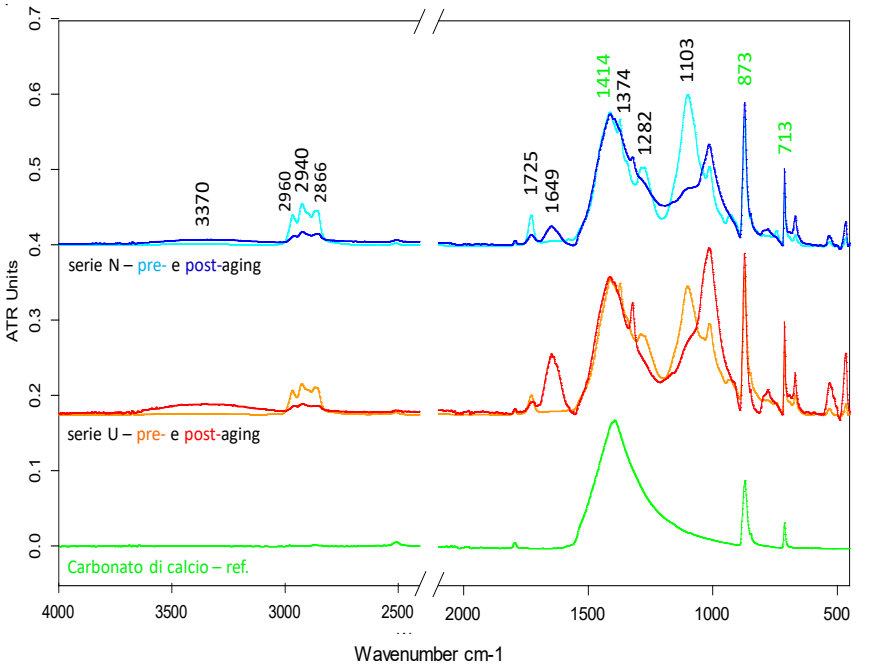
# Analisi composizionale di malte e intonaci

## Analisi composizionale - molecolare

Spettrometria FT-IR







# Tecniche diagnostiche a supporto della sostenibilità

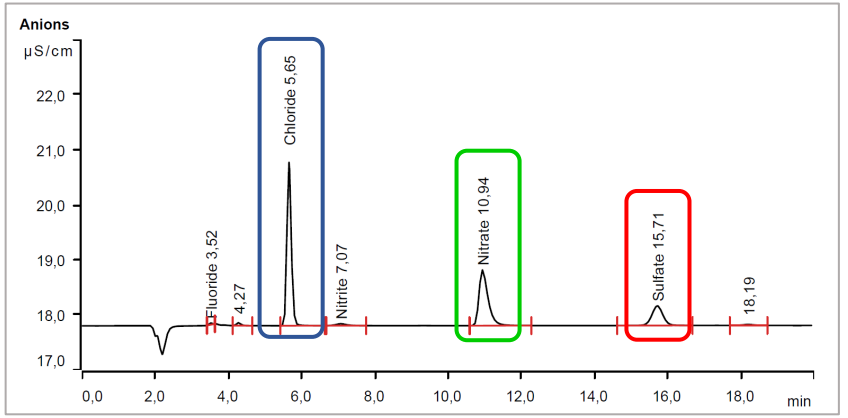
## Analisi composizionale di malte e intonaci

### Degrado da sali solubili nelle murature

Cromatografia ionica






| Fluoruri $F^-$ | Cloruri $Cl^-$ | Nitrati $NO_3^-$ | Fosfati $PO_4^{3-}$ | Solfati $SO_4^{2-}$ |
|---|---|---|---|---|
| 0.2 % | 3.9 % | 5.1 % | n.r. | 1.5 % |

* n.r.: non rilevato

# Caso studio | Palazzo Fondi Genzano, Napoli

## Protocollo HB® | Criterio 3.2 materiali per il restauro

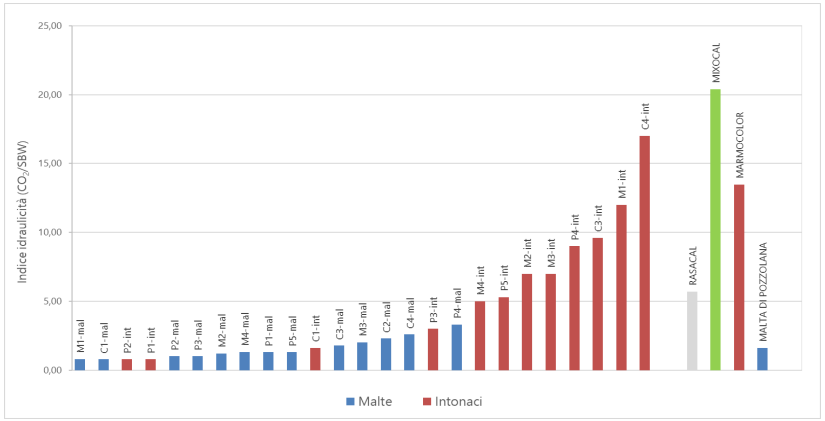
Ai fini della verifica della compatibilità dei materiali per il restauro di Palazzo Fondi Genzano (NA) sono stati analizzati materiali da fornitura e materiali prelevati in opera:

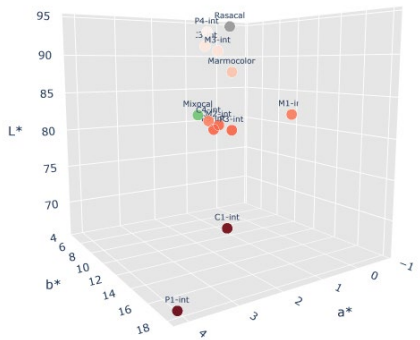
- **Allestimento dei provini;**
- **Determinazione di massa volumica reale ed apparente e della porosità totale e aperta (UNI EN 1936:2007);**
- **Analisi delle coordinate colorimetriche (UNI EN 15886:2010);**
- **Determinazione dell'indice di idraulicità (rapporto $CO_2$/SBW) mediante analisi termogravimetrica (TGA);**
- **Determinazione del rapporto legante/aggregato mediante osservazione al microscopio ottico in luce riflessa su sezioni lucide (UNI 11305:2009; UNI 11176:2025);**
- **Determinazione della permeabilità al vapore d'acqua (UNI EN 15803:2010).**

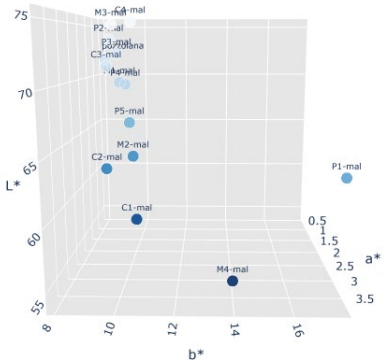


# Caso studio | Palazzo Fondi Genzano, Napoli

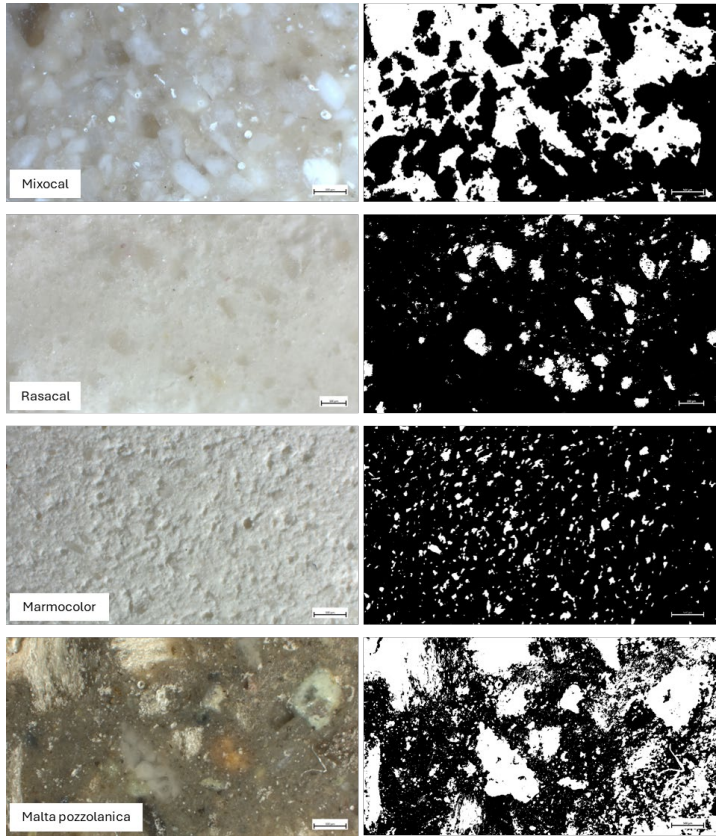
## Protocollo HB® | Criterio 3.2 materiali per il restauro





## Caso studio | Palazzo Fondi Genzano, Napoli

# **Protocollo HB®** | Criterio 3.2 materiali per il restauro

**Curiosi di sapere cosa abbiamo fatto?**

***…vi aspetto al desk per scoprirlo!***

BUILD BETTER, LIVE BETTER.

In collaborazione con

Chapter CAMPANIA-CALABRIA

| 26 maggio 2026

SEMINARIO FORMATIVO

**Dal Green Deal alla direttiva Case Green: Decarbonizzazione, Heritage e Deep Renovation**

# Grazie.

Per saperne di pi¸ sulla **formazione di GBC Italia** visita → gbcitalia.org


**Istemi srl**
Laboratorio Autorizzato dal MIT

Tel. +39 089 890390

Social

istemi.it


Con il supporto di

Partner