



LABORATORIO DI RESTAURO 1 – RESTORATION WORKSHOP II

Corso di Laurea Magistrale, quinquennale

ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)

Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro

B015351 – a. a. 2019 / 2020

Programma
del corso

**Caratteri
costruttivi
dell'edilizia storica**

Introduzione

Docenti: Prof. Giuseppe Alberto Centauro e Prof. Silvio Van Riel

Tutor: Ph.D Arch. Andrea Bacci, Arch. Francesco Masci),
e con la collaborazione di: Arch. Luca Brandini



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2019 / 2020

La “storia materiale del costruito” studia e indaga gli edifici quali fonti fisiche, ma si vale anche di tutte le fonti documentarie che chiariscono i rapporti di produzione e i modi d’uso quali si sono storicamente determinati nella società in cui essi sono sorti e in cui successivamente sono stati fruiti e modificati.

I contenuti del modulo cercano di fornire informazioni per l'analisi diretta dei fabbricati, storici e moderni, con particolare attenzione agli elementi costruttivi e strutturali.

Questa fase conoscitiva e analitica è finalizzata all'elaborazione del progetto di restauro architettonico e strutturale.

Nelle lezioni saranno illustrati i criteri metodologici e gli strumenti operativi per la conoscenza materiale e costruttiva del manufatto edilizio.



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2018 / 2019

IL PERCORSO CONOSCITIVO

Conoscenza della struttura

Il processo metodologico per la conoscenza delle caratteristiche generali dell'organismo strutturale cui è affidata la resistenza statica e sismica, incluse le parti non strutturali, prevede una ben definita analisi sullo stato di conservazione del fabbricato in esame,

In particolare:

- *un'accurata ricerca storico documentale;*
- *un accurato rilievo geometrico architettonico con l'identificazione e l'analisi del degrado dei materiali;*
- *un accurato rilievo geometrico strutturale al cui interno di questa fase sono previste una serie di valutazioni diagnostiche, illustrate nel dettaglio più avanti.*



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2019 / 2020

L'analisi preliminare ha lo scopo di mettere in luce le caratteristiche principali della struttura, in particolare il grado di uniformità delle deformazioni e l'ordine di grandezza delle stesse, oltre al regime statico sotto carichi verticali.

Dall'esame di queste informazioni provengono le indicazioni su quali elementi della struttura concentrare indagini e prove.

Indicazioni specifiche sulle modalità di modellazione per l'analisi preliminare sono disponibili rispettivamente per la muratura e il cemento armato.

Gli elementi di conoscenza necessari alla valutazione riguardano:

- *Geometria dell'organismo strutturale*
- *Dettagli costruttivi*
- *Proprietà meccaniche dei materiali*



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2019/ 2020

Gli elementi di conoscenza devono provenire da:

Analisi storico-critica e documentale

Mirante a ricostruire il processo di progettazione architettonica e strutturale, gli aspetti cantieristici della sua realizzazione e le successive modificazioni subite nel tempo dal manufatto, in questa fase particolare importanza rivestono gli eventi (dissesti statici e sismici) che hanno interessato la struttura.

In questo contesto importanza capitale risultano essere i documenti di progetto relativi alla realizzazione e alle successive modificazioni, quando questi siano disponibili.

In assenza di questi documenti spesso incompleti o sommari e per molti edifici quasi impossibile da reperire, il progettista deve, in qualche maniera, calarsi nel tempo e nella mente del progettista originale.



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2019/ 2020

- In questo caso il progettista, in funzione della propria esperienza e preparazione, può ricorrere a:
 - *valutare altri progetti simili fatti dallo stesso progettista;*
 - *ricorrere alla disponibilità di documentazione tecnica di progetti simili (per soluzioni strutturali) disponibili nella zona, in particolare quando ricorre l'uso degli stessi materiali;*
 - *fare riferimento alla manualistica e trattatistica tecnica del periodo di costruzione del fabbricato (in Italia è disponibile la vasta letteratura tecnica del Santarella, che è diventato un riferimento essenziale per queste analisi).*

Questa indagine può aiutare per individuare la caratterizzazione meccanica dei materiali, oltre che alle modalità costruttive della struttura.



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2019 / 2020

Edifici in muratura e/o a struttura mista

Conoscenza della struttura

La scelta dei modelli con i quali eseguire le verifiche presuppone una conoscenza della costruzione, non solo geometrica ma tecnologico - costruttiva.

In relazione alle fasi costruttive, alle trasformazioni, agli ammorsamenti, ai collegamenti e alle caratteristiche degli orizzontamenti è possibile individuare i possibili meccanismi locali da considerare nella valutazione della sicurezza sismica.

Anche il modello globale presuppone scelte che richiedono l'esecuzione di indagini diagnostiche, sia per una corretta definizione della geometria e dei vincoli, sia per l'assegnazione delle proprietà meccaniche dei materiali, cioè quelle prestazioni tensionali da utilizzarsi nelle verifiche statiche e sismiche.



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2019/ 2020

L'analisi storico critica è finalizzata alla comprensione dell'organismo inteso nella sua unità architettonica e strutturale, attraverso la conoscenza delle modifiche (ampliamenti, trasformazioni e/o alterazioni) avvenute nel tempo con particolare riferimento a quelle dipendenti da eventi sismici storici oppure da dissesti statici, anche ai fini di una corretta individuazione del sistema resistente e del suo stato di sollecitazione.

La documentazione di progetto storica (documenti di archivio disponibili, fonti iconografiche, tavole di progetto storiche, schizzi, ecc.) è di prioritaria importanza per la conoscenza delle fasi costruttive e delle trasformazioni che il manufatto ha subito nel corso del tempo. Particolare cura deve essere dedicata all'acquisizione della documentazione sui danneggiamenti subiti dal manufatto in occasione di eventi sismici precedenti e sui relativi interventi eseguiti.



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2019/ 2020

Il rilievo geometrico - architettonico deve essere riferito sia alla geometria complessiva dell'organismo che a quella degli elementi costruttivi, comprendendo i rapporti con gli eventuali edifici in aderenza.

In questa fase oltre ai valori dimensionali del fabbricato dovranno essere evidenziati il rilievo materico e lo stato di conservazione (degrado con i codici normal) dei materiali.

Il rilievo geometrico - strutturale deve permettere di individuare completamente l'organismo resistente della fabbrica, organizzato per elementi strutturali: fondazioni, murature in elevato, relativi impalcati di piano e di copertura, deve essere redatto in scala 1/50, con i relativi particolari costruttivi redatti in scala 1/10 e per macro – elementi (es. capriate) in scala 1/20.

Determinante nella costruzione del **modello strutturale**.



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2019 / 2020

In questa fase particolare importanza riveste l'analisi dei dissesti:

- *lesioni,*

- *deformazioni.*

tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi l'architettura e la struttura del fabbricato.

L'individuazione delle caratteristiche dei nodi strutturali, in pianta: connessioni angolari, a T ed a croce ed in elevato: nodo parete – solaio. Questi elementi caratterizzano la qualità del principio scatolare e la regolarità strutturale.

L'esecuzione di saggi esplorativi per verificare le dimensioni e le caratteristiche di strutture non a vista: fondazioni, solai e tessiture murarie coperte da intonaci.



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2019 / 2020

l'individuazione dei materiali per la loro caratterizzazione meccanica tensionale mediante l'indagine ricognitiva documentale e le prove sui materiali *in situ* e in laboratorio.

Saggi esplorativi sulle strutture e prove meccaniche sui materiali.

La valutazione della sicurezza statica e sismica di un manufatto esistente richiede accurati rilievi ed indagini diagnostiche, che tuttavia comportano un costo significativo, nell'ambito dell'importo complessivo della verifica, e un impatto invasivo sulla costruzione, specie nel caso di edifici storici.

Pertanto la conoscenza non potrà mai essere completa, per la varietà dei materiali e delle soluzioni che possono incontrarsi in una costruzione in muratura, tipicamente non ingegnerizzata ma frutto di regole costruttive empiriche.



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2019 / 2020

Nella costruzione del rilievo strutturale e del relativo modello strutturale dovranno essere valutati con estrema attenzione i seguenti dettagli costruttivi:

tipologia degli orizzontamenti (tecnologia costruttiva, direzioni di orditura, stratigrafia della pavimentazione; nel caso di volte, spessore in chiave e all’imposta, presenza di rinfiacco o riempimento);

sistemi di collegamento verticali (scale), con particolare riferimento alla loro rigidità nel piano;

tipologia della copertura (collegamenti, sistema spingente o non spingente);

presenza di eventuali nicchie, cavità, bucatore tamponate nelle pareti (rilevabili con apparecchiature termovisive);



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2018 / 2019

qualità del collegamento tra le pareti verticali;

qualità del collegamento tra orizzontamenti e pareti ed eventuale presenza ed efficacia di cordoli di piano o di altri dispositivi di collegamento;

esistenza di architravi strutturalmente efficienti al di sopra delle aperture;

presenza di elementi strutturalmente efficienti atti ad eliminare le spinte eventualmente presenti;

presenza di elementi, anche non strutturali, ad elevata vulnerabilità (alte tramezzature, controsoffitti pesanti, etc.);

presenza di catene e loro efficienza strutturale;



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2019 / 2020

tipologia della muratura (a un paramento, a due o più paramenti, con o senza riempimento a sacco, con o senza collegamenti trasversali, etc.), e sue caratteristiche costruttive (eseguita in elementi artificiali o in pietra, regolare, irregolare, etc.);
tipologia e dimensioni delle fondazioni.



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2018 / 2019

Proprietà meccaniche delle murature

La caratterizzazione meccanica dei materiali è finalizzata alla conoscenza dei parametri di deformabilità e resistenza, necessari per la modellazione del comportamento strutturale. Tale aspetto, per le strutture in muratura, è strettamente correlato anche al rilievo materico oltre che all'effettuazione di specifiche indagini diagnostiche.

Infatti il riconoscimento delle caratteristiche costruttive della muratura può essere d'aiuto per l'attribuzione di un'opportuna classe tipologica sulla base della quale potere assumere dei valori di riferimento delle proprietà meccaniche, come disponibili in letteratura o in documenti normativi per tipologie analoghe.



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2019 / 2020

La caratterizzazione delle proprietà meccaniche deve essere investigata per almeno un pannello murario rappresentativo di ogni tipologia muraria.

Una caratterizzazione affidabile delle proprietà meccaniche di resistenza e rigidezza è conseguibile in generale mediante prove sperimentali di carattere distruttivo (a compressione, a taglio-compressione, a taglio-diagonale) che ne consentono una caratterizzazione diretta.

Nell'individuazione di possibili zone di sacrificio ove realizzare eventuali analisi distruttive si potrà tener conto degli esiti della ricerca storica e delle trasformazioni subite dal manufatto.

Dato il carattere distruttivo delle succitate prove esse andranno impiegate solo se motivate e giustificate dagli esiti delle analisi di sensibilità svolte preliminarmente.



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2019 / 20120

L'importanza della fase diagnostica del percorso conoscitivo si concretizza nella definizione dei livelli di conoscenza, che la normativa individua in:

LC1 conoscenza limitata,

LC2 conoscenza estesa,

LC3 conoscenza esaustiva.

La qualità delle indagini determinano i livelli di conoscenza:

- per LC1 la conoscenza limitata. Questo livello caratterizzato a scarsa qualità d'indagine documentale, operazioni di rilevazione architettonica e strutturale eseguite in maniera non puntuale e l'impossibilità di eseguire saggi e prove sulle strutture.



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2019 / 2020

- per LC2 la conoscenza estesa. Questo livello è caratterizzato da un'alta qualità d'indagine documentale, operazioni di rilevazione architettonica e strutturale eseguite in maniera puntuale e complete con la possibilità di eseguire saggi esplorativi e prove non distruttive sulle strutture e sui materiali (pacometro, sclerometro, indagini a raggi infrarossi, indagini soniche).
- per LC3 la conoscenza esaustiva. Questo livello è caratterizzato dalla qualità dell'indagine estesa più, in un numero che è fissato dai servizi sismici regionali, l'esecuzione di prove meccaniche sui materiali in situ ed in laboratorio, per la caratterizzazione meccanica dei materiali.



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2019 / 2020

L'importanza dei livelli di conoscenza si avverte in quanto essi determinano i fattori di confidenza che sono parametri numerici che penalizzano i valori tensionali dei materiali impiegati nelle strutture al momento dell'esecuzione delle relative verifiche di sicurezza statiche (ai carichi verticali) e dinamiche (in funzione dell'accelerazione sismica prevista per quel sito).

per LC1 la conoscenza limitata il $FC = 1,35$.

per LC2 la conoscenza estesa il $FC = 1,20$

per LC3 la conoscenza estesa il $FC = 1,00$

Si evince facilmente l'importanza della qualità del percorso conoscitivo e della fase diagnostica.



LABORATORIO DI RESTAURO II –RESTORATION WORKSHOP II
Corso di Laurea Magistrale, quinquennale
ARCHITETTURA (CLASSE LM-4 C.U.)
Prof. Arch. Giuseppe A. Centauro
B015351– a. a. 2019 / 2020

Modulo di Caratteri costruttivi dell'edilizia storica: temi

1. Presentazione.
2. Le malte. La materia dell'opera fatta dalla regola d'arte.
3. I materiali lapidei. Dalla natura alla materia dell'opera d'arte.
4. I laterizi e leganti. La materia dell'opera d'arte plasmata dall'uomo e dal fuoco.
5. Materiali metallici strutturali.
6. Il cantiere, le fondazioni e le murature. Gli elementi strutturali.
7. I solai piani. Gli elementi strutturali.
8. Le strutture voltate. Archi, volte e cupole.
9. Le coperture e le capriate lignee. Gli elementi strutturali.
10. Il ferro nell'edilizia: tiranti, capichiave e cerchiature. Solai con travi in ferro.