

# PARCO NAZIONALE DELL'ARCIPELAGO TOSCANO

## RESTAURO DELLA "CASA DELL'AGRONOMO" E REALIZZAZIONE DELL'ECO - MUSEO DELL'AGRICOLTURA

### PROGETTO DEFINITIVO

#### ATI DI PROGETTAZIONE:

##### MANDATARIA



Studio sdA  
stefanodiniArchitetti

Via Debbia, 5b  
55032 Castelnuovo di  
Garfagnana (LU)

T +039 0583 641030  
F +039 0583 643814

info@sdarchitetti.it

**EUTECNE** s.r.l.  
architettura | ingegneria

Via Romana, 30  
06126 Perugia  
T +39 075 32 761  
F +39 075 34 470

Via Roma, 20/a  
57034 Campo nell'Elba (LI)  
Isola d'Elba  
T/F +39 0565 977 589

office@eutecne.it  
www.eutecne.it



Via Pievaiola, 15  
06128 Perugia  
T +39 075 501 2011  
F +39 075 501 2099

info@sabeng.it  
www.sabsrl.eu



ELEMENTI  
studio associato di  
progettazione ambientale

dott. agr. Giordano Fossi  
ing. Giuliano Trentini  
arch. Paola Martini

Via Lamarmora, 51  
50121 FIRENZE  
T/F +039 055 584935

elementi@studioelementi.it  
www.studioelementi.it

##### COMMITTENTE:



**PARCO NAZIONALE  
ARCIPELAGO TOSCANO**

RESPONSABILE DELLA PROGETTAZIONE  
ING. FEDERICO FRAPPI

#### GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Dott. Arch. Stefano DINI

Dott. Ing. Federico FRAPPI

Dott. Ing. Noemi BRIGANTI

Geom. Stefano ADRIANI

Dott. Ing. Francesco ARDINO

Dott. Ing. Luca DELL'AVERSANO

Dott. Ing. Marco ADRIANI

Dott. Arch. Olimpia LORENZINI

Dott. Ing. Fabio PENNAZZI

Dott. Ing. Vincenzo PUJA

Dott. Arch. Luca FRAPPI

Dott. Paola SFAMENI

Dott. Arch. Pierpaolo PAPI

Dott. Agr. Giordano FOSSI

Dott. Arch. Vania MARGUTTI

Dott. Ing. Flavio PASSERI

TITOLO **RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE**

CODICE PROGETTISTA

ELAB.

**SR1A**

CODICE COMMESSA **C11DA\_SR1A**

REV.

- A

SCALA

--

REV.N	DATA	MOTIVO DELLA EMISSIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
A	LUG. 2018	PROGETTO DEFINITIVO	LDA	L.FRAPPI	F.FRAPPI

RESTAURO DELLA "CASA DELL'AGRONOMO" E  
REALIZZAZIONE DELL'ECO - MUSEO  
DELL'AGRICOLTURA

**RELAZIONE PRELIMINARE DI CALCOLO**

## Indice generale

PREMESSA.....	3
NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO.....	4
RILIEVO GEOMETRICO.....	7
IL RILIEVO MATERICO COSTRUTTIVO E LO STATO DI CONSERVAZIONE.....	7
Indagini sui paramenti murari, sugli orizzontamenti e sulle fondazioni.....	8
Caratterizzazione delle tessiture murarie.....	13
Strutture Orizzontali.....	13
Strutture di Copertura.....	15
Strutture di fondazione.....	16
AZIONE SISMICA.....	18
Vita Nominale, Classe d'Uso e Periodo di Riferimento.....	18
Definizione della Pericolosità sismica di base.....	18
Definizione dell'amplificazione sismica locale.....	19
VALUTAZIONE CARICHI DI PIANO.....	21
INTERVENTI SULLE VOLTE.....	22
INTERVENTI SUI SOLAI.....	30
Nuovo solaio di legno.....	30
Consolidamento solaio in latero – cemento del piano secondo.....	37

## PREMESSA

La presente relazione preliminare di calcolo si riferisce a lavori per il Restauro della “casa dell'agronomo” e realizzazione dell'eco - museo dell'agricoltura.

Strutturalmente l'edificio è costituito da strutture portanti verticali in muratura di vario tipo e consistenza, prevalentemente in blocchi di tufo e laterizio, con zone di ampliamento, rispetto al nucleo storico in mattoni forati. Gli orizzontamenti sono in genere costituiti sia da volte con mattoni disposti in “folio”, sia da solai ad orditura metallica e di legno.

Dal punto di vista dell'approccio strutturale l'intervento dovrà soddisfare le esigenze di salvaguardia del valore storico e architettonico del palazzo, recuperando l'originale organizzazione spaziale.

La demolizione delle parti non congrue, la sostituzione o la riparazione di singoli elementi strutturali non adeguati, il ripristino delle strutture murarie e gli interventi di rinforzo degli orizzontamenti potranno essere classificati come Riparazione o intervento locale così come previsto al punto 8.4.1 del D.M. 20/02/2018 dove “Gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura. Essi non debbono cambiare significativamente il comportamento globale della costruzione e sono volti a conseguire una o più delle seguenti finalità:

- ripristinare, rispetto alla configurazione precedente al danno, le caratteristiche iniziali di elementi o parti danneggiate;
- migliorare le caratteristiche di resistenza e/o di duttilità di elementi o parti, anche non danneggiati;
- impedire meccanismi di collasso locale;
- modificare un elemento o una porzione limitata della struttura.

Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati, documentando le carenze strutturali riscontrate e dimostrando che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non vengano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi non comportino una riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti. ”.

## NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

DECRETO 17 gennaio 2018.	Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
Circolare 2 febbraio 2009, n. 617	"Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008"
Circolare 26 del 02/12/2010	“Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008”.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni prevedono un'attenta valutazione del comportamento statico e sismico degli edifici esistenti, costituenti una parte rilevante delle costruzioni presenti sul territorio nazionale e spesso caratterizzati, come nel caso della Casa in esame, da una notevole importanza storico-architettonica-artistico-ambientale.

L'approccio adottato per l'analisi di fabbricati esistenti si differenzia da quello comunemente impiegato nel caso di nuove costruzioni prevalentemente a causa del livello di conoscenza che di tali costruzioni si riesce ad ottenere: le Norme Tecniche per le Costruzioni prevedono un approccio di tipo prestazionale caratterizzato da “l'adozione di poche regole di carattere generale ed alcune indicazioni importanti per la correttezza delle diverse fasi di analisi, progettazione, esecuzione”, come esplicitamente riportato nella circolare esplicativa n 617/2009. Sono introdotti i due concetti di “Livello di Conoscenza” (LC) e “Fattore di Confidenza” (FC), rispettivamente legati al grado di accuratezza con cui si conoscono le caratteristiche architettoniche, strutturali e le proprietà meccaniche dei materiali che costituiscono il fabbricato e alla cautela con cui si eseguono, di conseguenza, le verifiche di sicurezza. Sono definiti tre diversi livelli di conoscenza (limitata – LC1, estesa – LC2 ed esaustiva – LC3) a cui si associano tre diversi fattori di confidenza (1.35, 1.20 e 1.00) da impiegarsi come fattori riduttivi della capacità dell'elemento in virtù dell'approfondimento raggiunto durante le fasi conoscitive. La fase conoscitiva del fabbricato comprende le attività legate all'analisi storico-critica, al rilievo geometrico e strutturale ed alla caratterizzazione meccanica dei materiali, in funzione del numero di indagini effettuate e della tipologia (ispezioni visive, prove non distruttive, prove distruttive). La Tabella C8.A.1.1, riporta schematicamente quanto sopra detto e la definizione del fattore di confidenza da associare al livello di conoscenza raggiunto.

Tabella C8A.1.1 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti valori dei fattori di confidenza per edifici in muratura

Livello di Conoscenza	Geometria	Dettagli costruttivi	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Rilievo muratura, volte, solai, scale. Individuazione carichi gravanti su ogni elemento di parete Individuazione tipologia fondazioni. Rilievo eventuale quadro fessurativo e deformativo	verifiche in situ limitate	Indagini in situ limitate Resistenza: valore minimo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1	Tutti	1.35
LC2			Indagini in situ estese Resistenza: valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1 Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1		1.20
LC3		verifiche in situ estese ed esaustive	Indagini in situ esaustive -caso a) (disponibili 3 o più valori sperimentali di resistenza) Resistenza: media dei risultati delle prove Modulo elastico: media delle prove o valore medio intervallo di Tabella C8A.2.1  -caso b) (disponibili 2 valori sperimentali di resistenza) Resistenza: se valore medio sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, valore medio dell'intervallo di Tabella C8A.2.1; se valore medio sperimentale maggiore di estremo superiore intervallo, quest'ultimo; se valore medio sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore medio sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a).  -caso c) (disponibile 1 valore sperimentale di resistenza) Resistenza: se valore sperimentale compreso in intervallo di Tabella C8A.2.1, oppure superiore, valore medio dell'intervallo; se valore sperimentale inferiore al minimo dell'intervallo, valore sperimentale. Modulo elastico: come LC3 – caso a).		1.00

Nel caso in esame data la quantità di indagini eseguite pareti verticali, solai, volte, fondazioni è stato possibile adottare un livello di conoscenza LC1, con conseguente fattore di confidenza FC=1.35, da adottare come fattore riduttivo delle resistenze in fase di verifica.

Le Linee Guida del Ministero sopra citate, in conformità con quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, ribadiscono la necessità di una accurata indagine degli edifici storici in muratura, sottolineando sia l'elevata complessità di fabbricati realizzati non seguendo i criteri classici della meccanica dei materiali e delle strutture bensì per accrescimenti e modifiche successive, sia l'importanza di analizzarne l'effettivo comportamento strutturale e il grado di sicurezza nei confronti delle azioni statiche e dinamiche. In particolare, le Linee Guida individuano tre diversi "Livelli di valutazione della sicurezza sismica" (LV), a cui si associa un diverso livello di approfondimento della conoscenza del fabbricato e diverse metodologie di verifica dei fabbricati.

Il livello **LV1** prevede valutazioni della sicurezza sismica condotte mediante metodi semplificati, in grado di stimare un indice di sicurezza sismica ( $I_s$ ) generalmente definito come rapporto tra il periodo di ritorno dell'azione sismica che porta al raggiungimento di un determinato stato limite (i.e. capacità) e il corrispondente periodo di ritorno di riferimento (i.e. domanda), con riferimento alla vita nominale dell'edificio ed al sito su cui sorge la costruzione. Questa tipologia di valutazione su "larga scala" permette l'individuazione di priorità di intervento tra varie costruzioni, necessitando di analisi più approfondite (quali ad esempio LV2 o LV3) per lo studio di interventi di miglioramento o adeguamento.

Il livello **LV2** si applica nei casi in cui si prevede l'attuazione di interventi di restauro di singole porzioni del fabbricato: la valutazione della sicurezza sismica può essere eseguita mediante modelli locali di parti strutturalmente autonome del complesso investigato (i.e. macroelementi), dal momento che analisi complessive dell'intera costruzione risulterebbero eccessivamente gravose in previsione di interventi che non incidono sostanzialmente sul comportamento globale dell'edificio considerato. Unitamente quindi a valutazioni di livello 2 su porzioni di fabbricato, si possono eseguire valutazioni di livello 1 per la valutazione di massima dell'intero fabbricato. Inoltre, come specificato nelle Linee Guida "nella definizione dei macroelementi e dei meccanismi di collasso che possono interessare la zona oggetto di intervento è necessario considerare l'eventuale presenza di stati di danneggiamento pregressi (specie se di origine sismica) e le conoscenze sul comportamento di strutture simili (desunte dal rilievo sistematico dei danni post-terremoto)", evidenziando nuovamente l'importanza di una accurata conoscenza del fabbricato.

Il livello **LV3** analizza la sicurezza sismica della costruzione in modo globale, individuando il valore dell'accelerazione al suolo per cui si raggiunge lo stato limite ultimo dell'edificio nel suo complesso o di parti significative di esso. L'adozione di queste valutazioni risulta necessario qualora si debbano eseguire interventi che alterano in maniera significativa il funzionamento del fabbricato o la natura strategica del manufatto lo richieda. L'elaborazione di un modello globale non è comunque obbligatoria ed è possibile altresì procedere con la scomposizione della struttura in macroelementi, valutando la ripartizione effettiva dell'azione orizzontale tra i vari sistemi strutturali in relazione alla rigidità ed ai collegamenti ed analizzando, differentemente da quanto avviene in LV2, tutti i macroelementi ed i meccanismi di collasso conseguenti.

## **RILIEVO GEOMETRICO**

Il rilievo architettonico della Casa dell'agronomo si è concentrato sull'analisi e la restituzione degli aspetti formali del complesso.

I rilievi sono stati svolti grazie all'ausilio del laser scanner con fotocamera digitale integrata.

Il laser scanner è un dispositivo elettro-ottico meccanico che, attraverso la tecnica di scansioni successive, permette di rilevare automaticamente un oggetto nelle sue tre dimensioni.

Il rilievo ha fornito i seguenti elaborati grafici:

- piante generali in scala 1:50 dei livelli principali dell'edificio (piano terra, primo e secondo);
- prospetti esterni in scala 1:50;
- sezioni verticali rappresentative in scala 1:50.

La fase operativa di prelievo delle misure è stata eseguita con una metodologia strumentale mediante laser scanner 3D.

Successivamente alle operazioni di rilievo, si è proceduto ad un rilievo fotografico approfondito di tutti gli spazi del complesso, attribuendo ad ogni locale un codice identificativo a cui corrispondono le diverse prese fotografiche.

La documentazione fotografica ha costituito un valido apporto nella fase di conoscenza del manufatto stesso.

La restituzione grafica è stata eseguita in ambiente CAD e ha previsto la redazione dei disegni in scala 1:50 che rappresentano le piante di tutti i livelli, i prospetti esterni e le sezioni significative lungo gli assi del manufatto.

## **IL RILIEVO MATERICO COSTRUTTIVO E LO STATO DI CONSERVAZIONE**

Il rilievo materico costruttivo ha permesso di individuare completamente l'organismo resistente della fabbrica, tenendo anche presente la qualità e lo stato di conservazione dei materiali e degli elementi costitutivi.

Tale riconoscimento ha richiesto l'acquisizione di informazioni spesso nascoste (sotto intonaco ecc.), ed è stata eseguita mediante ispezioni dirette debolmente distruttive (scrostamento di intonaci, saggi, piccoli scassi, ecc.).



Attenzione è stata riservata alla valutazione della qualità muraria individuando le caratteristiche geometriche e materiche dei singoli componenti, oltre che le modalità di assemblaggio.

La lettura di uno schema strutturale di funzionamento della fabbrica necessita di una conoscenza dei dettagli costruttivi e delle caratteristiche di collegamento tra i diversi elementi:

- tipologia della e caratteristiche costruttive;
- qualità del collegamento tra pareti verticali;
- qualità del collegamento tra orizzontamenti (solai, volte e coperture) e pareti;
- elementi di discontinuità determinati da cavedi, canne fumarie etc.
- tipologia degli orizzontamenti (solai, volte, coperture), con particolare riferimento alla loro rigidità nel piano;
- tipologia ed efficienza degli architravi al di sopra delle aperture;
- presenza di elementi strutturalmente efficienti atti ad equilibrare le spinte eventualmente presenti;
- presenza di elementi, anche non strutturali, ad elevata vulnerabilità.

I risultati del rilievo materico costruttivo sono stati riportati in appositi elaborati grafici atti a descrivere i singoli elementi ed il relativo stato di conservazione.

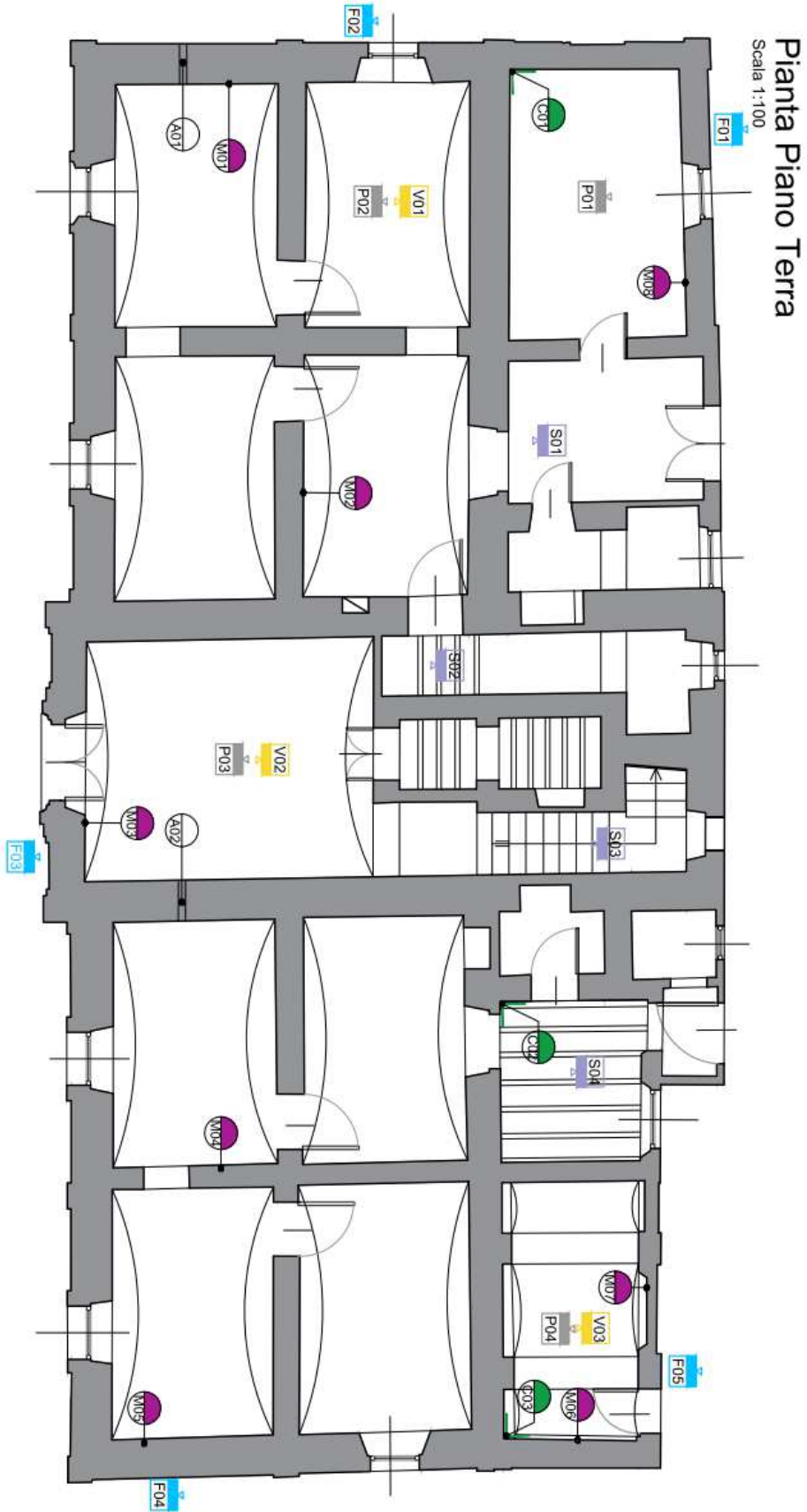
## **Indagini sui paramenti murari, sugli orizzontamenti e sulle fondazioni**

Le indagini finalizzate alla determinazione delle varie tipologie di tessitura muraria hanno previsto la esecuzione di saggi mediante rimozione di intonaco diffusi ai vari piani del fabbricato.

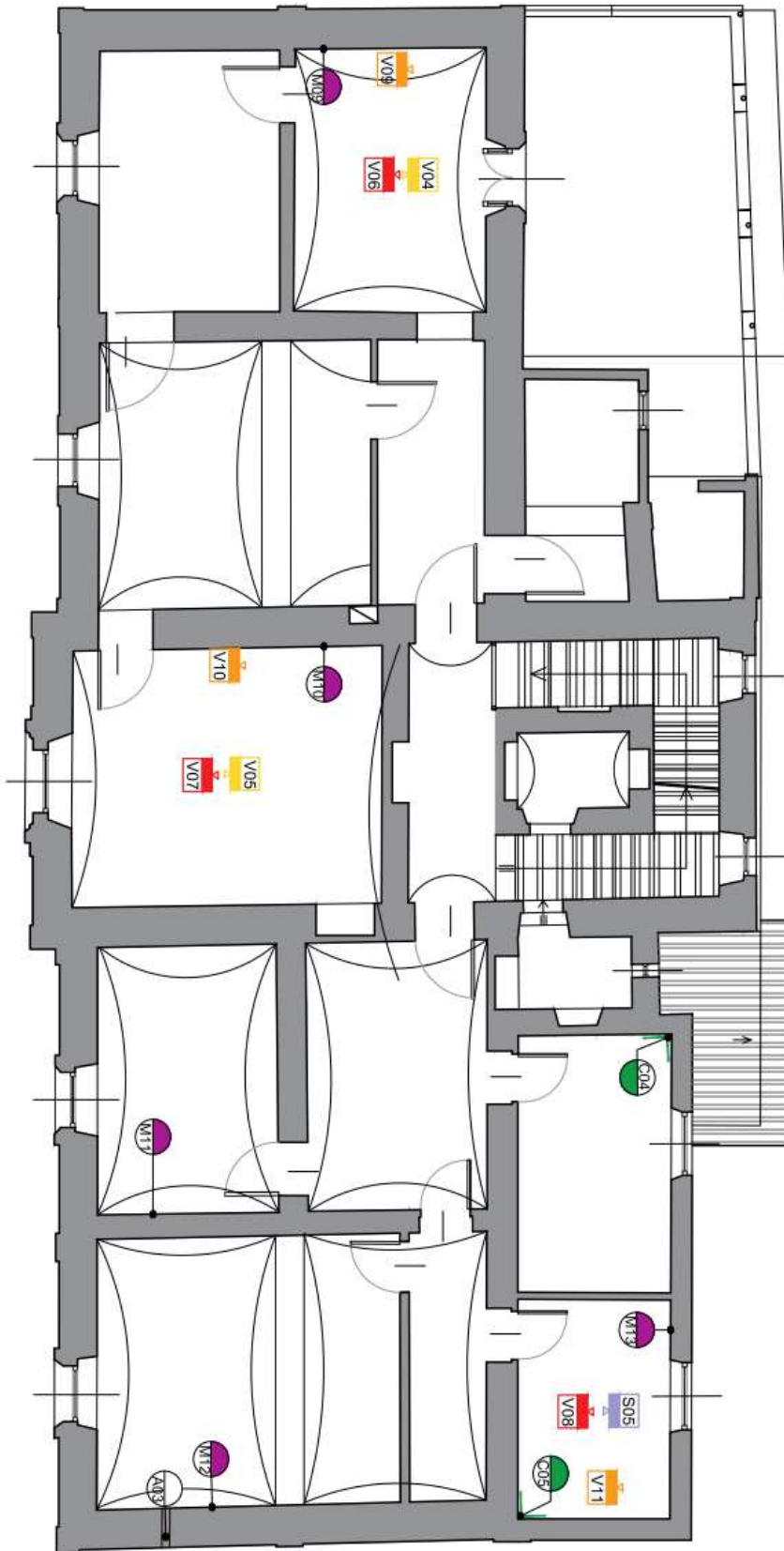
La localizzazione dei saggi è stata effettuata in funzione delle informazioni reperite circa l'origine e l'evoluzione storica del fabbricato, al fine di individuare le diverse tipologie di tessitura muraria (murature in pietra, in mattoni, miste, in laterizio forato) e la loro successione cronologica, le connessioni tra pareti adiacenti, la presenza di ammorsamenti tra pareti ortogonali e, infine, la presenza di aperture (porte, finestre, archi) successivamente tamponate ed oggi conseguentemente non visibili a occhio nudo.

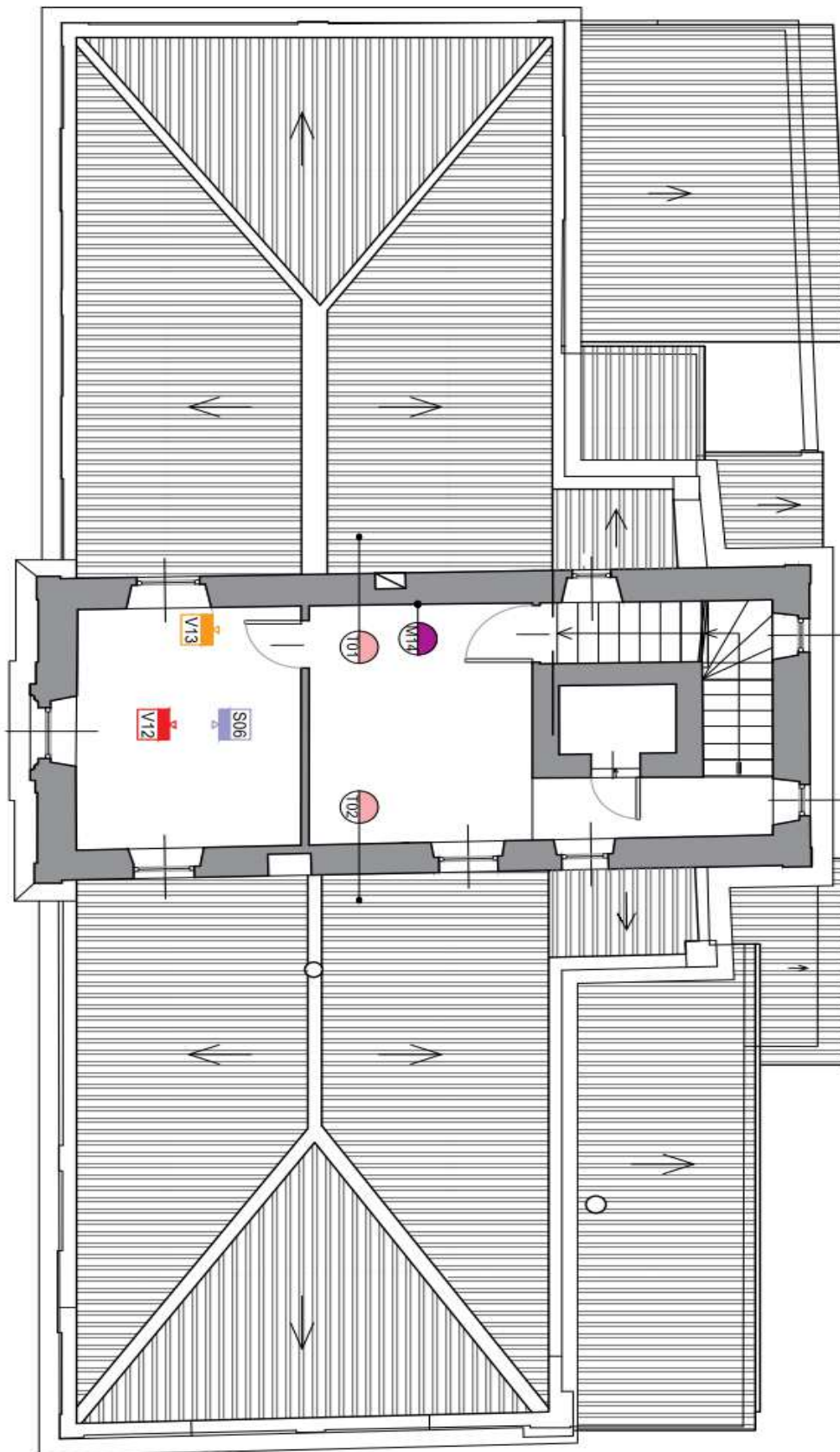
Nelle figure seguenti sono riportate le piante dei vari piani del fabbricato con l'indicazione dei saggi eseguiti. Al fine di permettere una rapida individuazione e catalogazione delle indagini, a ciascun saggio è stato attribuito un codice, definito come di seguito riportato.

LEGENDA DELLE INDAGINI			
ELEMENTO INDAGATO	SIMBOLO	TIPO INDAGINE	DESCRIZIONE
MURATURA		INDAGINE DIRETTA	Realizzazione di un saggio di almeno 50 cm x 50 cm, rimozione dell'intonaco, individuazione tipologia muraria e stato di conservazione pietra e malta
MURATURA		INDAGINE DIRETTA	Realizzazione di una carota di 60 mm di diametro per individuazione della tipologia muraria e spessore
MURATURA E CANTONALE		INDAGINE DIRETTA	Realizzazione di un saggio di almeno 100 cm x 50 cm, rimozione dell'intonaco, individuazione tipologia muraria, valutazione della connessione trasversale tra i paramenti e dello stato di conservazione pietra e malta
MURATURA E TETTO		INDAGINE DIRETTA	Realizzazione di un foro su muratura 50 cm x 50 cm per ispezione ed individuazione della tipologia della copertura, dello stato di conservazione e dimensione degli elementi strutturali della copertura
VOLTA		INDAGINE ESEGUITA ALL'ESTRADOSSO IN CHIAVE	Realizzazione di un saggio di almeno 50 cm x 50 cm, asportazione pavimentazione, rimozione malta di allettamento, riconoscimento visivo tipologia volta per la definizione degli spessori
VOLTA		INDAGINE ESEGUITA ALL'ESTRADOSSO ALL'IMPOSTA	Realizzazione di un saggio di almeno 50 cm x 50 cm, asportazione pavimentazione, rimozione malta di allettamento, riconoscimento visivo del riempimento
VOLTA		INDAGINE ESEGUITA ALL'INTRADOSSO	Rimozione dell'intonaco almeno 50 cm x 50 cm, riconoscimento visivo tipologia volta, orditura e dimensione degli elementi lapidei e laterizi
SOLAIO		INDAGINE ESEGUITA ALL'ESTRADOSSO	Realizzazione di un saggio di almeno 50 cm x 50 cm, asportazione pavimentazione, rimozione malta di allettamento, riconoscimento visivo
SOLAIO		INDAGINE ESEGUITA ALL'ESTRADOSSO	Realizzazione di un saggio di almeno 50 cm x 50 cm, asportazione pavimentazione, rimozione malta di allettamento, rilevamento dello spessore ed eventuale vespaio
SOLAIO		INDAGINE ESEGUITA ALL'INTRADOSSO	Rimozione dell'intonaco almeno 50 cm x 50 cm, riconoscimento visivo della struttura portante e valutazione spessori con perforazione nel caso di solaio in legno rilevazione delle dimensioni e dell'interasse dei travetti
FONDAZIONE		SONDAGGIO DELLE FONDAZIONI	Realizzazione di uno scavo di 1mx1m di profondità sufficiente ad individuare la tipologia delle fondazioni e quota di imposta



Pianta Piano Primo  
Scala 1:100





Pianta Piano Secondo  
Scala 1:100

## Caratterizzazione delle tessiture murarie

L'esecuzione dei saggi sulle tessiture murarie ha permesso di individuare le diverse tipologie di murature, di seguito riportate.

- a) Muratura in blocchi di tufo: caratterizzata dalla presenza blocchi di forma regolare aventi tessitura regolare. I vari strati sono connessi fra loro mediante strati di malta.
- b) Muratura in mattoni pieni, caratterizzata dalla presenza di mattoni pieni in laterizio. I vari elementi sono connessi fra loro mediante strati di malta.
- c) Muratura in mattoni forati di recente fattura: caratterizzata dalla presenza di mattoni forati in laterizio di forma regolare aventi tessitura regolare. I vari strati di laterizio sono connessi fra loro mediante strati di malta.






Piano terra: Muratura in tufo con cavedio.

## Strutture Orizzontali


Il rilievo architettonico ha evidenziato la presenza di orizzontamenti di diverso tipo in corrispondenza dei vari piani del fabbricato. Al piano terra dell'edificio sono presenti locali caratterizzati da volte a botte con mattoni posati in foglio dello spessore di 4 cm e locali caratterizzati da solai piani a in ferro e laterizio. Alcuni solai di piccole dimensioni e le scale hanno orditura di legno con pannelle.

Le volte del piano primo sono caratterizzate dalla presenza di rinfianchi cellulari realizzati con lastre di pietra semplicemente appoggiate sull'estradosso della volta.

Al colmo delle volte è presente uno spessore medio tra 5 e 9 cm costituito dal massetto e pavimento.

	Dettaglio pavimentazione in corrispondenza del colmo delle volte del piano primo.
	Dettaglio riempimento delle volte del piano primo all'imposta. E' visibile il vuoto creato con pietre sagomate che realizzano delle nervature semplicemente appoggiate in prossimità dell'imposta delle volte. Su di esse è posta una lastra di pietra dello spessore medio di 13 cm.
	Vedi descrizione precedente. Particolare

Al piano primo sono presenti sia volte di mattono posate in foglio quasi tutte a vela tranne quella sopra l'ingresso che si presenta a botte. In corrispondenza degli ampliamenti realizzati sul retro sono presenti solai in ferro e laterizio. Un solaio in latero-cemento è presente al piano secondo in corrispondenza del terrazzo della torre centrale. Le volte si presentano completamente scoperte nel vano sottotetto, prive di rinfiacco e di riempimento. Questo in rapporto al modesto al loro spessore (4 cm) le rende particolarmente vulnerabili e rende il piano sottotetto completamente inaccessibile. In corrispondenza delle scale è presente un solaio di legno con pianelle.

	Dettaglio solaio di copertura e estradosso volte del piano secondo
---	--



	Dettaglio solaio di copertura
	Dettaglio estradosso volte del piano secondo
	Dettaglio solaio di copertura della torretta centrale

## Strutture di Copertura

La struttura di copertura è costituita da travi portanti principali e secondarie di legno con interposte tavelle in laterizio. Su di queste è sistemato il manto costituito da tegole e coppi. Non è presente la guaina impermeabile.

Le travi principali risultano essere semplicemente appoggiate alle murature.




	Dettaglio solaio di copertura e estradosso volte del piano secondo
	Dettaglio solaio di copertura




## Strutture di fondazione

Poiché dall'analisi storica e dalle ricerche effettuate non sono emersi studi o informazioni riguardanti le fondazioni, è stato necessario eseguire apposite indagini, mediante saggi diretti, al fine di acquisire le informazioni necessarie.

In particolare sono stati eseguiti saggi all'esterno del fabbricato come riportato nella figura precedente.

L'indagine ha messo in evidenza una fondazione continua costituita prevalentemente da materiale lapideo con piano di posa che raggiunge variabile tra i 30 e i 50 cm al di sotto del piano campagna (quota raggiunta dallo scavo manuale) che si attesta nello strato roccioso superficiale costituito da tufo. La sua larghezza è pari alla muratura soprastante.

	Scavo per individuare la quota di imposta delle fondazioni.
---	---

	Scavo per individuare la quota di imposta delle fondazioni. Particolare muratura.
	Scavo in corrispondenza dell'angolo.
	Canale scoperto, presente lungo il perimetro esterno dell'edificio.

## AZIONE SISMICA

### Vita Nominale, Classe d'Uso e Periodo di Riferimento

La vita nominale di un'opera strutturale VN è intesa come il numero di anni per la quale la struttura deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata, purchè soggetta alla manutenzione ordinaria.

Per il progetto in questione si fa riferimento a opere ordinarie per la quali è previsto  $VN \geq 50$  anni. Si assume  $VN = 50$  anni.

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, causate dalle azioni sismiche, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Per il progetto in questione si fa riferimento alla Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi.

A questa classe d'uso corrisponde il coefficiente d'uso  $CU = 1.5$ .

Il periodo di riferimento VR, con il quale vengono valutate le azioni sismiche su ciascuna costruzione, si ottiene con la seguente espressione:

$$VR = CU \times VN = 50 \times 1.5 = 75 \text{ anni}$$

### Definizione della Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale e dalle coordinate dello spettro di risposta elastico ad essa corrispondenti con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, dai seguenti parametri:

- ag - accelerazione orizzontale massima al sito (equivalente a Pick Ground Acceleration "PGA");
- F0 - valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T\*c - Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

**Operatività (SLO):**

Probabilità di superamento:	81 %
Tr:	45 [anni]
ag:	0,022 g
Fo:	2,660
Tc*:	0,290 [s]

**Danno (SLD):**

Probabilità di superamento:	63%
Tr:	75 [anni]
ag:	0,028 g
Fo:	2,700
Tc*:	0,300 [s]

**Salvaguardia della vita (SLV):**

Probabilità di superamento:	10 %
Tr:	712 [anni]
<b>ag:</b>	<b>0,056 g</b>
Fo:	2,940
Tc*:	0,360 [s]

**Prevenzione dal collasso (SLC):**

Probabilità di superamento:	5 %
Tr:	1462 [anni]
ag:	0,066 g
Fo:	3,030
Tc*:	0,380 [s]

**Definizione dell'amplificazione sismica locale**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale.

**Categoria di Sottosuolo**

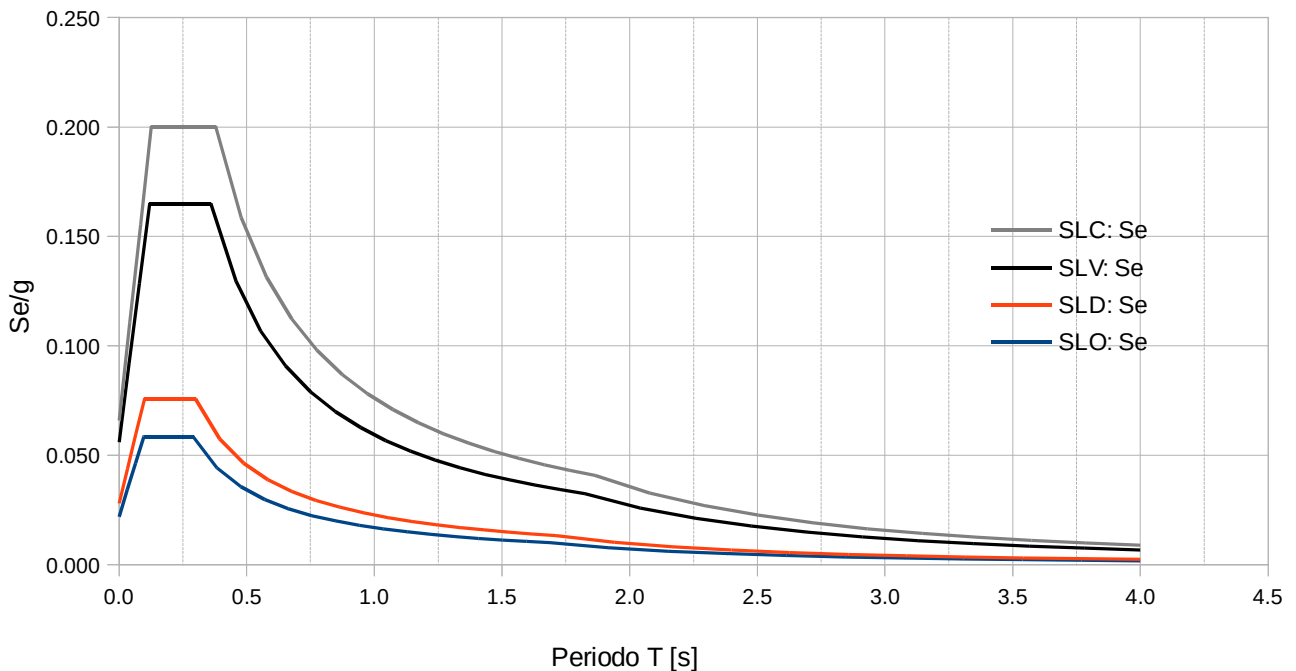
Si fa riferimento all'approccio semplificato che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento in base alla tabelle 3.2.II e 3.2.III delle NTC.

Nel caso in esame la categoria di sottosuolo, poiché le fondazioni sono attestata sulla roccia di base, si assume il sottosuolo di categoria A.

### Condizioni Topografiche

Per il sito in questione si adotta la categoria T1 (Tab. 3.2.IV) corrispondente a superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



Il valore del fattore di struttura da impiegare è stato cautelativamente calcolato conformemente a quanto specificato nella circolare applicativa n 617/2009 come :  $q = 1,50 \text{ au}/a1$  in cui il rapporto  $au/a1$  in assenza di valutazioni specifiche è assunto pari a 1.50, con un risultante fattore di struttura pari a 2,25.

Si ricorda a tale proposito che il valore 2,25 risulta cautelativo rispetto a quanto riportato all'interno delle Linee Guida del Ministero, in cui è specificato che "il fattore di struttura che, a meno di più accurate valutazioni, può essere assunto, in analogia a quanto fatto per gli edifici, pari a 3.6, nel caso di strutture regolari in elevazione, o ridotto fino a 2.8, in presenza di bruschi cambiamenti di rigidità lungo l'altezza o di strutture adiacenti a contatto".

## **VALUTAZIONE CARICHI DI PIANO**

Gli interventi di progetto non incrementano il peso proprio della struttura. Infatti gli interventi di consolidamento delle volte e del solaio in laterocemento al secondo piano prevedono un rinforzo con fibre di carbonio che non ha incidenza sul peso complessivo delle strutture. I solai che sono demoliti vengono ricostruiti con struttura di legno più leggera delle strutture preesistenti.

Pertanto si può concludere che non sono previsti interventi che comportino modifiche dei carichi agenti e dei pesi strutturali.

## INTERVENTI SULLE VOLTE

Sulle volte è previsto un rinforzo strutturale previo incollaggio ed impregnazione di tessuti in fibra di carbonio ad alta resistenza. Tale intervento viene eseguito all'estradosso delle volte del piano primo e all'intradosso delle volte del piano secondo.

Le volte sono costituite da mattoni in foglio dello spessore di 4 cm.

Il rinforzo consiste in una maglia formata da fasce in fibra di carbonio di 620 g/m<sup>2</sup> di larghezza  $l = 200$  mm, passo  $p = 400$  mm in direzione longitudinale e trasversale all'estradosso della sezione resistente della volta.

Le caratteristiche geometriche della sezione resistente dell'arco sono le seguenti:

- Luce  $l = 4,15$  m;
- Freccia  $f = 0,96$  m;
- Lunghezza totale arco  $a = 4,73$  m

### Rinforzo muratura

La sezione resistente di spessore 6 cm è in mattoni pieni e si prendono le seguenti caratteristiche secondo la Tab.C8A.2.2 della NTC08.

Tabella C8A.2.1 - Valori di riferimento dei parametri meccanici (minimi e massimi) e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura, riferiti alle seguenti condizioni: malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi (listature), pannelli semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata, fessitura (nel caso di elementi regolari) a regola d'arte;  $f_m$  = resistenza media a compressione della muratura,  $\tau_m$  = resistenza media a taglio della muratura,  $E$  = valore medio del modulo di elasticità normale,  $G$  = valore medio del modulo di elasticità tangenziale,  $w$  = peso specifico medio della muratura

Tipologia di muratura	$f_m$	$\tau_m$	$E$	$G$	$w$
	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/cm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	(N/mm <sup>2</sup> )	
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100	2,0	690	250	19
	180	3,2	1050	350	
Muratura a conci sbalzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200	3,5	1020	340	20
	300	5,1	1440	480	
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260	5,6	1500	500	21
	380	7,4	1980	660	
Muratura a conci di pietra tenera (tufa, calcarenite, ecc.)	140	2,8	900	300	16
	240	4,2	1260	420	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	600	9,0	2400	780	22
	800	12,0	3200	940	
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240	6,0	1200	400	18
	400	9,2	1800	600	
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI finitura < 40%)	500	24	3500	875	15
	800	32	5600	1400	
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. finitura < 45%)	400	30,0	3600	1080	12
	600	40,0	5400	1620	
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. finitura < 45%)	300	10,0	2700	810	11
	400	13,0	3600	1080	
Muratura in blocchi di calcinaccio o argilla spessa (perc. finitura tra 45% e 65%)	150	9,5	1200	300	12
	200	12,5	1600	400	
Muratura in blocchi di calcinaccio semipieni (finitura < 45%)	300	18,0	2400	600	14
	440	24,0	3520	880	

- *per le Resistenze*: i valori medi degli intervalli riportati in tabella per la tipologia muraria in considerazione

- *per i Moduli elastici*: i valori medi degli intervalli riportati in tabella per la tipologia muraria in considerazione

$$f_m = (2,4 + 4,0) / 2 = 3,20 \text{ N/mm}^2 \quad \rightarrow \quad f_{m,d} = 3,20 / 1,20 \text{ N/mm}^2 = 2,6667 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_0 = (0,06 + 0,092) / 2 = 0,076 \text{ N/mm}^2 \quad \rightarrow \quad \tau_{0,d} = 0,076 / 1,20 \text{ N/mm}^2 = 0,06333 \text{ N/mm}^2$$

$$E = (1200 + 1800) / 2 = 1500 \text{ N/mm}^2$$

$$G = (400 + 600) / 2 = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$w = 18 \text{ KN/m}^3$$

#### Analisi dei carichi

Si prende in considerazione una sezione resistente in muratura 100x6 cm.

Si avrà quindi:

$$G_1 = 18 \text{ KN/m}^3 * 0,06 \text{ m} = 1,08 \text{ KN/m}^2$$

- Riempimento (s = 0,45 m circa) :  $15 \text{ KN/m}^3 * s = 6,70 \text{ KN/m}^2$

- Massetto (s = 0,04 m) :  $20 \text{ KN/m}^3 * 0,04 \text{ m} = 0,80 \text{ KN/m}^2$

$$G_2 = 6,70 \text{ KN/m}^2 + 0,80 \text{ KN/m}^2 = 7,50 \text{ KN/m}^2$$



Combinazione dei carichi

Si usa la combinazione agli SLU secondo la NTC 2018

**2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI**

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):
- $$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

Tab. 2.5.I - Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	$\psi_{01}$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6

Tab. 2.6.I - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qj}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

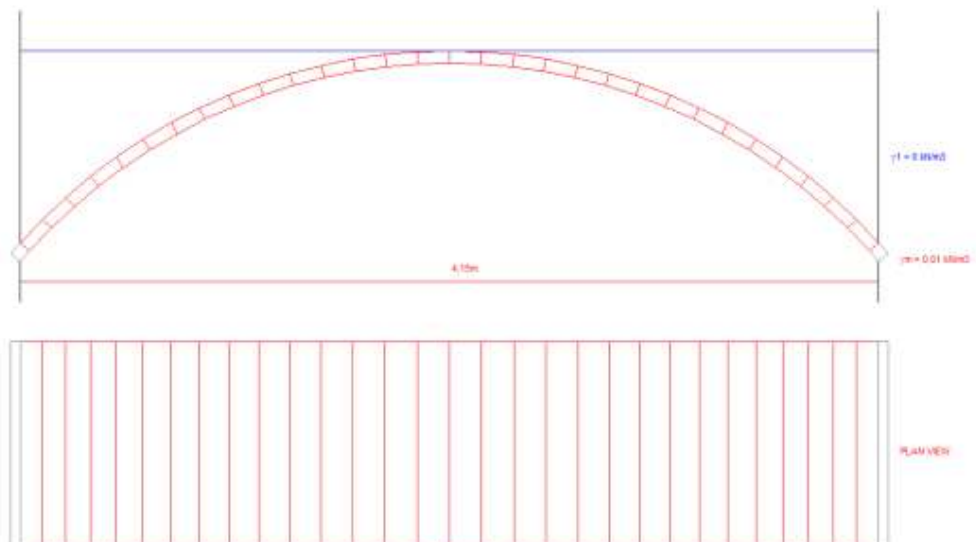
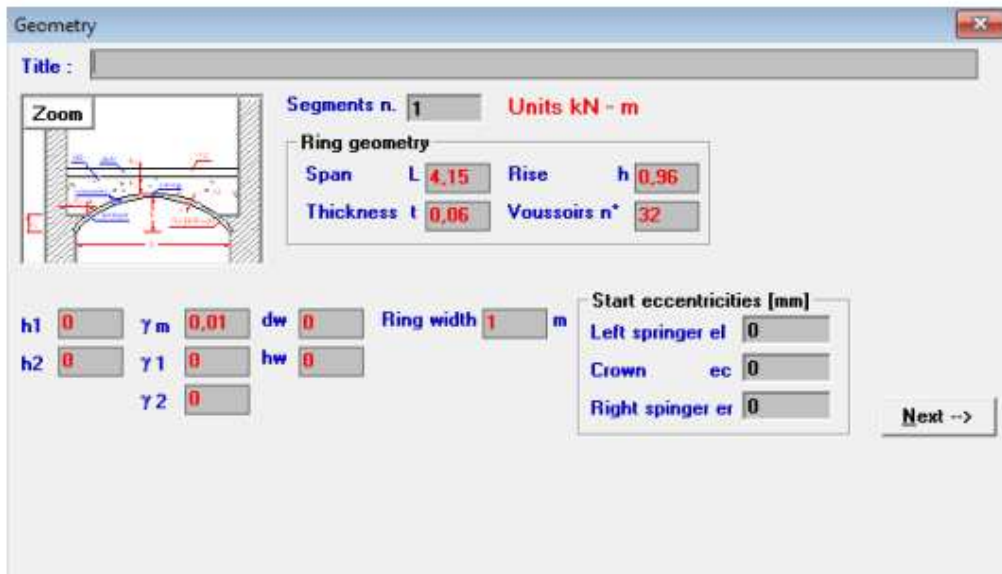
<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

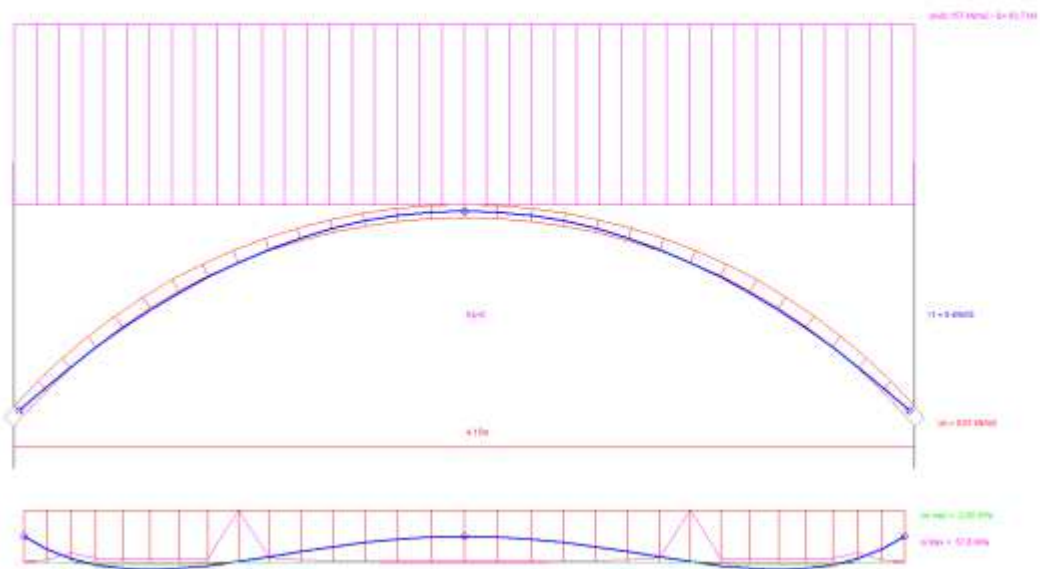
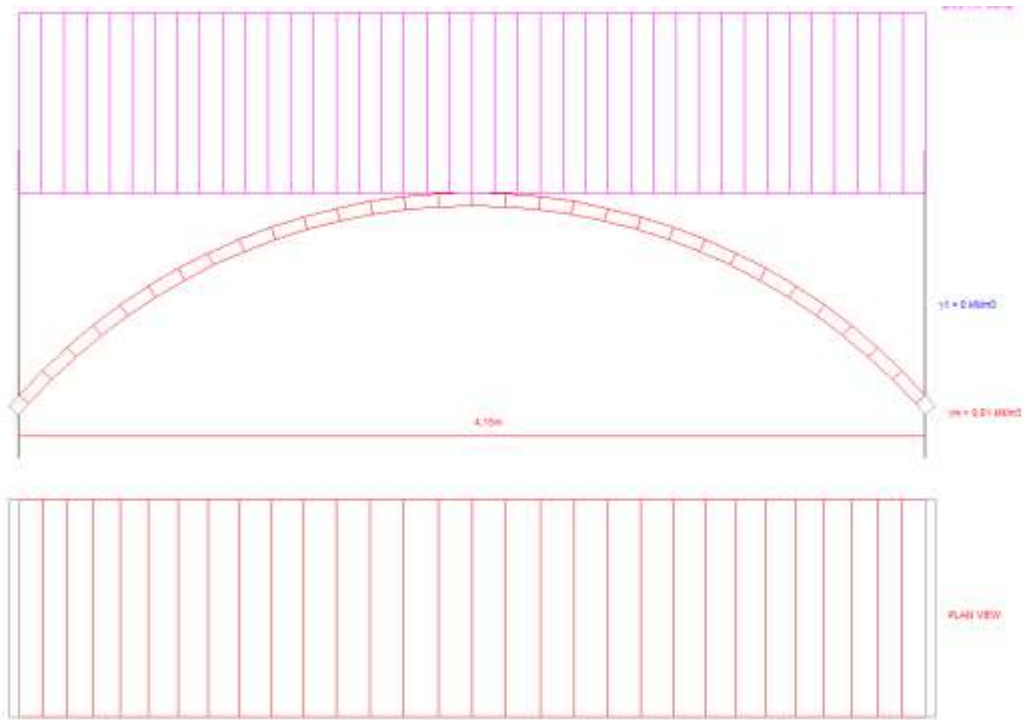
$$1,3 \cdot G_1 + 1,5 \cdot G_2 + 1,5 \cdot Q$$

→

$$P = 20,154 \text{ KN/m}^2$$

Calcolo sollecitazioni





Report

**Worst values**

	Value	Sec.N°
$\sigma_e$ [MPa]	-2,60	26
$\sigma_i$ [MPa]	57,8	23
%comp	0,0	4

Reduce

Optimal eccentricities [mm]

Left springing el

Crown ec

Right sping. er

Set as start values

Sect.	sig_e [MPa]	sig_i [MPa]	%comp
1	1,03	1,03	100,0
2	0	2,70	74,9
3	0	9,78	20,2
4	-2,24	4,17	0,0
5	-2,56	4,45	0,0
6	-2,60	4,44	0,0
7	-2,43	4,21	0,0
8	-2,09	3,83	0,0
9	0	57,8	2,9
10	0	5,45	30,4
11	0	2,72	59,7
12	0	1,81	88,2
13	0,211	1,36	100,0
14	0,515	1,04	100,0

Reactions at springings

HI	46,22	Hr	46,22
VI	41,83	Vr	41,83
Tie thrust		46,22	

Walls reactions

HI	0	Hr	0
MI	0	Mr	0

Si prende in considerazione il concio con la trazione massima all'estradosso:

$$\sigma_e = -2,60 \text{ MPa}$$

$$\sigma_i = 4,40 \text{ MPa}$$

La sezione dell'arco è sollecitata da un momento flettente massimo all'estradosso pari a  $M_{sd} = 3,00404 \text{ KN}\cdot\text{m}$ .

Verifica**Verifiche rinforzi murature FRP**Inserire i dati richiesti nelle celle verdi  
Dati di output nelle celle rosse**DEFORMAZIONI INIZIALI**

Epsilon 0 [-]	Deformazione iniziale	0
---------------	-----------------------	---

**MATERIALI ORIGINARI – GEOMETRIA**

b [mm]	Larghezza faccia muratura	1000
t [mm]	Spessore muratura	60
h [mm]	Altezza totale del pannello	4730

**MATERIALI ORIGINARI – PROPRIETA'**

f <sub>tk</sub> [Mpa]	Dato di progetto	2,9667
f <sub>vk0</sub> [Mpa]	Dato di progetto	0,063
E <sub>m</sub> [Mpa]	Dato di progetto	1500
Classe di esecuzione	Tab. 4.5II NTC2008	2
Categoria elementi resistenti	Tab. 4.5II NTC2008	Ogni tipo di malta – cat. 2
gamma <sub>M</sub>	Coef. Parziale del materiale	3,0
g <sub>m</sub> [Kg/m <sup>3</sup> ]	Densità della muratura	1800,0
	Tipo di muratura	Laterizio
	k G Par 5.3.2	0,031

**COMPOSITO – GEOMETRIA****Rinforzi lungo l'asse dell'elemento (Flessione)**

	Selezione il tessuto	Kimitach CB 620
b <sub>f</sub> [mm]	Larghezza fascia	200
t <sub>f</sub> [mm]	Spessore fascia	0,348
n [-]	Numero di strati	1
Presidi antidelaminazione	Forza ultima garantita da ciascun presidio FRP-LOCK [N]	40000
	Numero di presidi posizionati in ciascuna estremità delle fasce	0
p <sub>f</sub> [mm]	Passo del rinforzo a flessione	400
n <sub>f</sub> [-]	Numero fasce sulla parete muraria	3
b <sub>d</sub> [mm]	Dimensione media del blocco in direzione ortogonale all'asse del rinforzo	160

**COMPOSITO – PROPRIETA'**

	Tipo esposizione	Interna
--	------------------	---------

**Verifica a flessione fuori piano****Verifica soddisfatta**

M <sub>sd</sub> [KN*m]	Momento sollecitante	3,00404
M <sub>rd</sub> [KN*m]	MOMENTO RESISTENTE Form 4.16	3,58770

Verifica a flessione fuori piano

<b>DEFORMAZIONI INIZIALI</b>		
Epsilon 0 [-]	Deformazione iniziale	0
<b>MATERIALI ORIGINARI – GEOMETRIA</b>		
b [mm]	Larghezza facola muratura	1000
t [mm]	Spessore muratura	60
h [mm]	Altezza totale del pannello	4730
<b>MATERIALI ORIGINARI – PROPRIETA'</b>		
fbk [Mpa]	Dato di progetto	3
fvk0 [Mpa]	Dato di progetto	0
Em [Mpa]	Dato di progetto	1500
fbtm [Mpa]	Dato di progetto	0,266666666666667
gamma M	Coeff. Parziale del materiale	3,0
fmd [Mpa]	Dato di progetto	0,888888888888889
<b>COMPOSITO – GEOMETRIA</b>		
<b>Rinforzi lungo l'asse dell'elemento (Flessione)</b>		
	Selezione il tessuto	Kimitech CB 620
bf [mm]	Larghezza fascia	200
tf [mm]	Spessore fascia	0,348
n [-]	Numero di strati	1
Presidi antidelaminazione	Forza ultima garantita da ciascun presidio FRP-LOCK [N]	40000
	Numero di presidi posizionali in ciascuna estremità della fascia	0
pf [mm]	Passo del rinforzo a flessione	400
rf [-]	Numero fasce sulla parete muraria	3
	Tensione sul composito garantita dalla presenza dell'ancoraggio di estremità	0
	Deformazione a rottura garantita	
<b>COMPOSITO – PROPRIETA'</b>		
E fk [Mpa]	Dato sperimentale	210000
epsilon fd [-]	Formula 4.14	0,0007
	Tipo esposizione	Interna
	etas Tabella 3.2	0,95
	epsilon k Dato sperimentale	0,013
	gamma f Tabella 3.1	1,1
	epsilon fd Form 4.7	0,0007
	gamma fd par 3.4.1	1,2
	sfb (Valore effettivo)	0,56
	sfb (Valore di calcolo)	0,56
	k b , Form 5.5 Valore effettivo	1,25
	k b Valore di calcolo	1,25
	Tipo di muratura	Laterizio
	k G Par 5.3.2	0,031
	FC	1,35
<b>VERIFICA</b>		
<b>Tipo di rottura</b>		
	Nest	1
	C	5108,40
	T	2,09
		59,56
x [mm]	Posizione asse neutro	57,7233607832698
	epsilon muratura	0,00059
	epsilon f	0,00068
	sigma muratura	0,88889
	sigma f	142,63489
	Risultante sforzi di compressione	34,89
Mrd [KN*m]	Momento resistente	3,987
	Tipo di muratura	Laterizio
	k G Par 5.3.2	0,031
	FC	1,35
	gamma Rd	1,5
	su	0,4
	GAMMA fd	0,0243
	fd	0,1214
	fd Form 5.6 [Mpa]	142,63
	Forza resistente al distacco di estremità [N]	9927,39
	lunghezza ottimale di ancoraggio, in assenza di presidi meccanici (From 5.3) [mm]	513,67
	Forza di rottura del rinforzo [N]	135245,45

## INTERVENTI SUI SOLAI

### Nuovo solaio di legno

I solai in ferro e laterizio presenti sul lato posteriore dell'edificio vengono demoliti e ricostruiti con travi principali di legno e soprastante pannello di legno lamellare.

### Analisi dei Carichi

#### Solaio Balcone

Solaio in Legno Lamellare Sp.10 cm

Carichi permanenti Strutturali	L [m]	b[m]	h [m]	P.U.	P
					[daN/m2]
			0.1	500	50.00
Totale					50.00

Carichi permanenti non strutturali Compiutamente Definiti	L [m]	b[m]	h [m]	P.U.	P
					[daN/m2]
					0.00
					0.00

Carichi permanenti non strutturali	L [m]	b[m]	h [m]	P.U.	P
					[daN/m2]
Membrana impermeabilizzante a 2 strati			2.00	4.00	8.00
Pannello isolante XPS sp medio 12 cm			0.05	40.00	2.00
Barriera vapore		1		4.00	4.00
Massetto alleggerito			0.1	800.00	80.00
Massetto di allettamento			0.04	2200.00	88.00
pavimento			0.02	2200.00	44.00
Arrotondamnto					4.00
Totale					230.00

Carichi Accidentali	q2 =	P
		[daN/m2]
Neve - Copertura adiacente a costruzioni più alte		300.00
		0.00
		300.00

Carichi permanenti Strutturali G1	50.00	[daN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_{G1} =$	1.3
Carichi permanenti non strutturali Compiutamente Definiti				
G1	0.00	[daN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_{G1} =$	1.3
Carichi permanenti non strutturali G2	230.00	[daN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_{G2} =$	1.5
<b>Totale Carichi Permanenti G1 + G2</b>	<b>280.00</b>	<b>[daN/m<sup>2</sup>]</b>		
Carichi Accidentali Q	300.00	[daN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_Q =$	1.5
<b>Totale</b>	<b>580.00</b>	<b>[daN/m<sup>2</sup>]</b>		

G1 = 50 [daN/m<sup>2</sup>]G2 = 230 [daN/m<sup>2</sup>]Q = 300 [daN/m<sup>2</sup>]

Categoria azione variabile	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Categoria C	0.5	0.2	0

**Casa dell'Agronomo****Solaio in legno lamellare sp. 10 cm****Caratteristiche geometriche degli elementi**

Luce netta di calcolo	L=	2.50	m
Interasse	i =	1.00	m
Larghezza	B=	1.00	m
Altezza	H=	0.10	m

**Analisi dei Carichi****Pesi Permanenti Strutturali****gG1= 1.3**

Peso proprio trave	0.50	kN/m <sup>2</sup>
Travi secondarie		kN/m <sup>2</sup>
Solaio 10 cm		kN/m <sup>2</sup>

**Totale permanenti 0.50 kN/m<sup>2</sup>****Pesi Permanenti NON strutturali****gG2= 1.5**

Pavimento		kN/m <sup>2</sup>
Massetto alleggerito		kN/m <sup>2</sup>
Tramezzi		kN/m <sup>2</sup>

**Totale permanenti 2.30 kN/m<sup>2</sup>****Carico**

tab 3.1.II

**gQ1= 1.5**



**accidentale**

Cat. **C1** ambienti suscettibili di affollamento (ospedali, ristoranti, caffè, banche, scuole)

**3.00** **kN/m<sup>2</sup>**

**Combinazione dei Carichi**

Assunte le seguenti combinazioni dei carichi ( punto 2.5.3 ) si ha:

SLU:  $gG1 \times G1k + gG2 \times G2k + gQ1 \times Qk1$  (2.5.1)

SLE:  $G1 + G2 + P + y11 \times Qk1$  (2.5.3)

da cui si ricavano i carichi portati a metro:

	$g_i \times G1k$	$g_i \times G2k$	$g_i \times Qk1$		
SLU	0.65	3.45	4.50	<b>8.60</b>	kN/m
SLE:	0.50	2.30	3.00	<b>5.80</b>	kN/m

**Verifica**

base	$b =$	<b>100</b>	cm
altezza	$h =$	<b>10</b>	cm
modulo di rigidezza	$W =$	1667	cm <sup>3</sup>
momento di inerzia	$I =$	8333	cm <sup>4</sup>
area	$A =$	1000.00	cm <sup>2</sup>
Luce di calcolo	$L =$	250.00	cm
interasse	$i =$	100.00	cm

Tipo di legname **Lamellare GL24h**

Provenienza

Resistenza caratteristica flessione	$f_{m,k}$	<b>24</b>	N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a taglio	$f_{v,k}$	<b>2.70</b>	N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente moltiplicativo	$k_h$	<b>1</b>	Punto 11.7.1
Resistenza a flessione corretta	$f_{m,k}$	24	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico parallelo	$E_{0,m}$	<b>11600</b>	N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico tangenziale	$G_m$	<b>720</b>	N/mm <sup>2</sup>

Verifica SLU:

$F_{d,l}$  **8.60** kN/m  $k_{mod}$  **0.80**

da cui discendono:

	Md,I	6.72	kNm		
	Td,I	10.75	kN		
Fd,II	<b>4.10</b>	kN/m		kmod	<b>0.60</b>
	Md,II	3.20	kNm		
	Td,II	5.13	kN		

Verifica a flessione

sd,I =	<b>4.03</b>	<	fm,d	<b>13.24</b>	N/mm <sup>2</sup>	<b>verificato</b>
sd,II =	<b>1.92</b>	<	fm,d	<b>9.93</b>	N/mm <sup>2</sup>	<b>verificato</b>

Verifica a taglio

td,I =	<b>0.16</b>	<	fv,d	<b>1.49</b>	N/mm <sup>2</sup>	<b>verificato</b>
td,II =	<b>0.08</b>	<	fv,d	<b>1.12</b>	N/mm <sup>2</sup>	<b>verificato</b>

Verifica SLE:

gk	2.80	kN/m	2.80	N/mm
qk	3	kN/m	3.00	N/mm
			I = 8E+07.	mm <sup>4</sup>
			A = 100000	mm <sup>2</sup>
			L = 2500	mm
			E0,m	11600 N/mm <sup>2</sup>
			Gm	720 N/mm <sup>2</sup>

Valore della Freccia istantanea u1,ist 1.51 mm per i carichi permanenti

Valore della Freccia istantanea u2,ist 1.62 mm per i carichi variabili

Kdef 0.60 N/mm

y2 0.60

Valore della Freccia netta finale unet,fin 4.62 mm

dovendo risultare:

u2,ist	1.62	<	L/400	<b>6.25</b>	mm	<b>verificato</b>
unet,fin	4.62	<	L/250	<b>10.00</b>	mm	<b>verificato</b>

**Casa dell'agronomo****Travi solaio****Caratteristiche geometriche degli elementi**

Luce netta di calcolo	L=	3.20	m
Interasse	i =	1.40	m
Larghezza	B=	0.16	m
Altezza	H=	0.24	m

**Analisi dei Carichi****Pesi Permanenti Strutturali****gG1= 1.3**

Peso proprio trave	0.14	kN/m2
Travi secondarie		kN/m2
Solaio            10 cm	0.50	kN/m2

**Totale****0.64    kN/m2****permanenti****Pesi Permanenti NON strutturali****gG2= 1.5**

Pavimento		kN/m2
Massetto alleggerito		kN/m2
Tramezzi		kN/m2

**Totale****2.30    kN/m2****permanenti****Carico****accidentale**

tab 3.1.II

**gQ1= 1.5**

Cat. **C1**            ambienti suscettibili di affollamento (ospedali,  
ristoranti, caffè, banche, scuole)

**3.00    kN/m2****Combinazione dei Carichi**

Assunte le seguenti combinazioni dei carichi ( punto 2.5.3 ) si ha:

$$\text{SLU:} \quad gG1 \times G1k + gG2 \times G2k + gQ1 \times Qk1 \quad (2.5.1)$$

$$\text{SLE:} \quad G1 + G2 + P + y11 \times Qk1 \quad (2.5.3)$$

da cui si ricavano i carichi portati a metro:

	$g_i^*G1k$	$g_i^*G2k$	$g_i^*Qk1$		
SLU	0.83	3.45	4.50	<b>12.29</b>	kN/m

SLE: 0.64 2.30 3.00 **8.31** kN/m

**vedi pag.140**

**Verifica**

base  $b = 16$  cm  
 altezza  $h = 24$  cm  
 modulo di  
 rigidezza  $W = 1536$  cm<sup>3</sup>  
 momento di  
 inerzia  $I = 18432$  cm<sup>4</sup>  
 area  $A = 384.00$  cm<sup>2</sup>  
 Luce di calcolo  $L = 320.00$  cm  
 interasse  $i = 140.00$  cm

Tipo di legname

Lamellare GL24h

Provenienza

Resistenza caratteristica flessione  $f_{m,k} = 24$  N/mm<sup>2</sup>

Resistenza a taglio  $f_{v,k} = 2.70$  N/mm<sup>2</sup>

Coefficiente  
 moltiplicativo  $k_h = 1$  Punto 11.7.1

Resistenza a flessione corretta  $f_{m,k} = 24$  N/mm<sup>2</sup>

Modulo elastico  
 parallelo  $E_{0,m} = 11600$  N/mm<sup>2</sup>

Modulo elastico  
 tangenziale  $G_m = 720$  N/mm<sup>2</sup>

Verifica SLU:

$F_{d,I} = 12.29$  kN/m  $k_{mod} = 0.80$

da cui discendono:

$M_{d,I} = 15.73$  kNm

$T_{d,I} = 19.66$  kN

$F_{d,II} = 5.99$  kN/m  $k_{mod} = 0.60$

$M_{d,II} = 7.67$  kNm

$T_{d,II} = 9.58$  kN

Verifica a flessione

$s_{d,I} = 10.24 < f_{m,d} = 13.24$  N/mm<sup>2</sup> **verificato**

$s_{d,II} = 4.99 < f_{m,d} = 9.93$  N/mm<sup>2</sup> **verificato**

Verifica a taglio

$t_{d,I} = 0.77 < f_{v,d} = 1.49$  N/mm<sup>2</sup> **verificato**

td,II =	<b>0.37</b>	<	fv,d	<b>1.12</b>	N/mm2	<b>verificato</b>
---------	-------------	---	------	-------------	-------	-------------------

## Verifica SLE:

gk	4.11	kN/m	4.11	N/mm
----	------	------	------	------

qk	4.2	kN/m	4.20	N/mm
----	-----	------	------	------

I =	2E+08.	mm4
-----	--------	-----

A =	38400	mm2
-----	-------	-----

L =	3200	mm
-----	------	----

E0,m	11600	N/mm2
------	-------	-------

Gm	720	N/mm2
----	-----	-------

Valore della Freccia istantanea	u1,ist	2.85	mm	per i carichi permanenti
---------------------------------	--------	------	----	--------------------------

Valore della Freccia istantanea	u2,ist	2.92	mm	per i carichi variabili
---------------------------------	--------	------	----	-------------------------

Kdef	0.60	N/mm
------	------	------

y2	0.60
----	------

Valore della Freccia netta finale	unet,fin	8.53	mm
-----------------------------------	----------	------	----

## dovendo risultare:

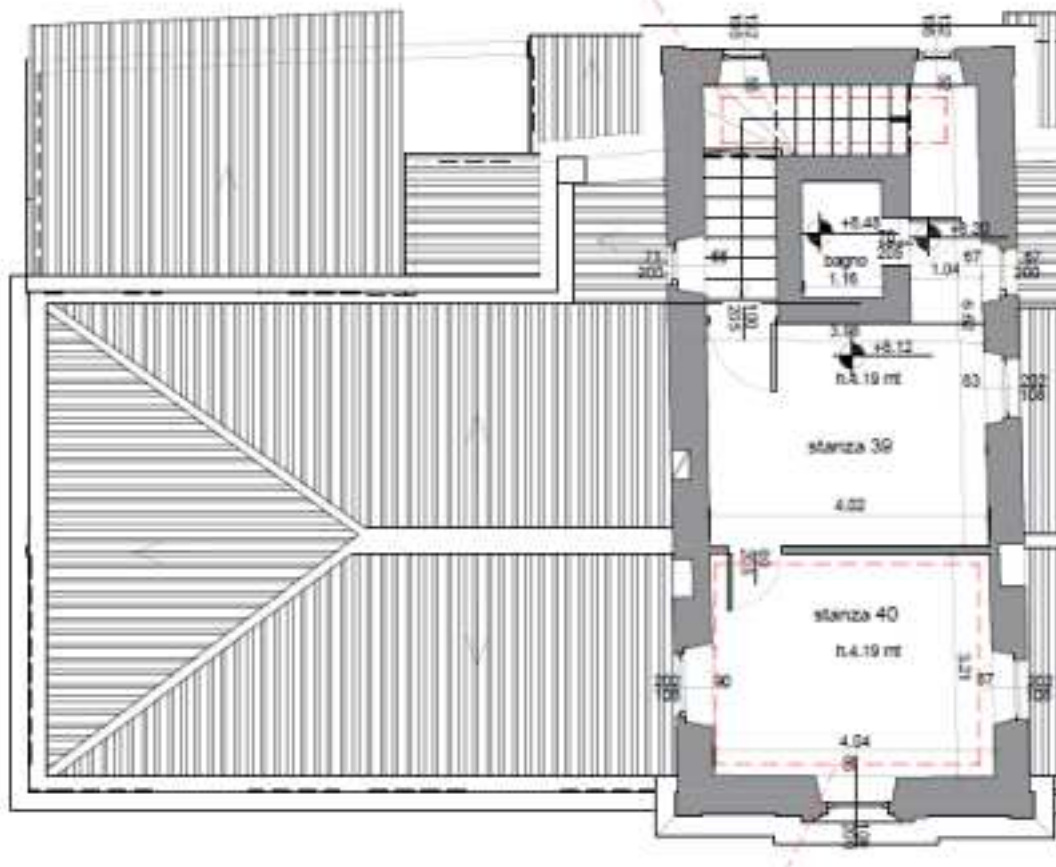
u2,ist	2.92	<	L/400	<b>8.00</b>	mm	<b>verificato</b>
--------	------	---	-------	-------------	----	-------------------

unet,fin	8.53	<	L/250	<b>12.80</b>	mm	<b>verificato</b>
----------	------	---	-------	--------------	----	-------------------

## Consolidamento solaio in latero – cemento del piano secondo

E' stato previsto un rinforzo strutturale mediante incollaggio ed impregnazione di tessuti in fibra di carbonio ad alta resistenza.

**Pianta Piano Secondo**  
Scala 1:100



Materiali

Si ipotizza che i materiali abbiano le seguenti caratteristiche:

- Calcestruzzo  $R_{ck} = 20 \text{ Mpa}$

- FeB 32 k  $f_{yd} = 273,9 \text{ MPa}$

Analisi dei carichi

$$A_{\text{travetto}} = (0,145 * 0,075) + (0,06 * 0,195) = 0,022575 \text{ m}^2$$

Peso della sezione resistente in calcestruzzo armato  $\rightarrow \gamma = 25 \text{ KN/m}^3$

$$G_1 = 25 \text{ KN/m}^3 * A_{\text{travetto}} = 0,564375 \text{ KN/m}$$

Solaio in laterocemento =  $320 \text{ Kg/m}^2 = 3,2 \text{ KN/m}^2$

Peso del Solaio =  $3,2 \text{ KN/m}^2 * i = 2,24 \text{ KN/m}$

$$G_2 = 2,24 \text{ KN/m}$$

### Combinazione dei carichi

Si usa la combinazione agli SLU secondo la NTC 2018:

#### 2.5.3. COMBINAZIONI DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	$\psi_{01}$	$\psi_{1j}$	$\psi_{2j}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		$\gamma_F$			
Carichi permanenti $G_i$	Favorevoli	$\gamma_{Gi}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup> Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

$$1,3 G_1 + 1,5 G_2 + 1,5 Q$$

$$P = 6,19369 \text{ KN/m}$$

### Schema statico

Si considerata lo schema statico di appoggio appoggio su una luce  $l = 4,50$  m.

$$M = 1/8 \cdot Pl^2 = 15,6778 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

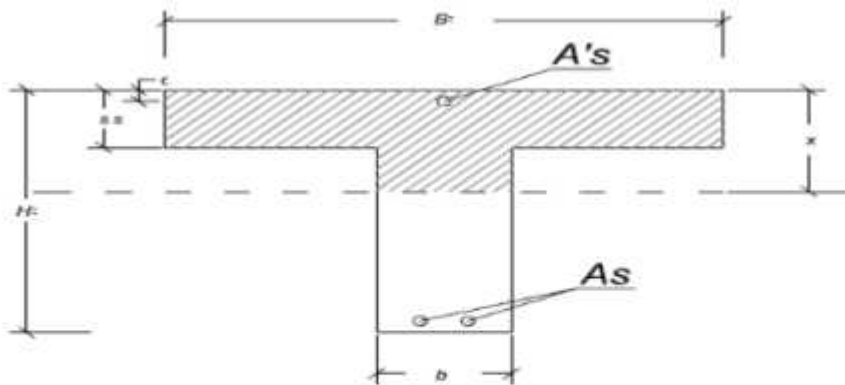


Verifiche Travetto

<b>Kimia</b> PRODOTTI & TECNOLOGIE PER IL RECUPERO EDILIZIO		<b>Verifiche</b>
	Inserire i dati richiesti nelle celle verdi	
	Output nelle celle rosse	
<b>DEFORMAZIONI INIZIALI</b>		
Epsilon 0 [-]	Deformazione iniziale	0
<b>MATERIALI ORIGINARI – GEOMETRIA</b>		
b [mm]	Larghezza ala 1	145
hs [mm]	Spessore soletta	75
b [mm]	Interscavo striscia o larghezza faccia	60
h [mm]	Altezza sezione	270
d1 [mm]	Copriano inferiore	15
d2 [mm]	Copriano superiore	15
A s1 [mmq]	Area inferiore	226
A s2 [mmq]	Area superiore	1
A sw [mmq]	Area staffe	1
s [mm]	Passo staffe	1
rc [mm]	Raggio curvatura spigolo	30
hw [mm]	altezza anima – per le verifiche a taglio	145
<b>MATERIALI ORIGINARI – PROPRIETA'</b>		
Rok [Mpa]	Dato di progetto	20
fod [Mpa]	Dato di progetto	8
f om [Mpa]	Dato di progetto	24,6
f otm [Mpa]	Dato di progetto	1,96
fyd [Mpa]	Dato di progetto	274,00
FC	Fattore di Confidenza	1,00
<b>COMPOSITO – GEOMETRIA</b>		
<b>Rinforzi lungo l'asse dell'elemento (Flessione)</b>		
	Seleziona il tessuto	Kimitech PLATE
bf [mm]	Larghezza fascia	50
tf [mm]	Spessore fascia	1,4
n [-]	Numero di strati	1
Presidi antidelaminazione	Forza ultima garantita da ciascun presidio FRP-LOCK [N]	40000
	Numero di presidi posizionati in ciascuna estremità della fascia	0
<b>COMPOSITO – PROPRIETA'</b>		
	Tipo esposizione	Interna

**COMPOSITO – GEOMETRIA****Rinforzi lungo l'asse dell'elemento (Flessione)**

	Seleziona il tessuto	Kimitech CB 620
bf [mm]	Larghezza fascia	100
tf [mm]	Spessore fascia	0,348
n [-]	Numero di strati	1
Presidi antidelaminazione	Forza ultima garantita da ciascun presidio FRP-LOCK [N]	40000
	Numero di presidi posizionati in ciascuna estremità della fascia	0



## RISULTATI VERIFICHE

E' possibile verificare i calcoli per le singole verifiche nei rispettivi fogli in basso

### Verifica a flessione

**Verifica soddisfatta**

Msd [KN\*m]

Momento sollecitante

15,6778

x [mm]

Posizione asse neutro Form 4.15  
Equilibrio alla traslazione (cambiare il  
valore di x fino ad ottenere zero in  
questa casella)

131,2162313

22

Mrd [KN\*m]

MOMENTO RESISTENTE  
Form 4.16

22,869