

# Soprintendenza Speciale per i Beni Archeologici di Pompei, Ercolano e Stabia



## PROGETTO COPERTURE

**MANUTENZIONE ORDINARIA E STRAORDINARIA  
DELLE COPERTURE, DELLE STRUTTURE MURARIE  
E DEGLI APPARATI DECORATIVI DI  
“VILLA REGINA” PRESSO GLI SCAVI DI BOSCOREALE**

## PROGETTO ESECUTIVO

### IL R.U.P.:

Arch. Immacolata Bergamasco

Firma: .....

### IL PROGETTISTA:

Arch. Carlo Monda

Firma: .....

### I CONSULENTI:

*Per le opere architettoniche e le sup. decorate*

Arch. Valentina Puglisi

*Per le strutture*

Ing. Fabrizio Torzetti

*Per gli apparati decorativi*

Res. Cons. Stefano Volta

*Per le ricerche archeologiche*

Dott. Domenico Camardo

Dott. Mario Notomista

*Per i rilievi*

Dott. Massimo Brizzi

*Per l'impianto elettrico e di illuminazione*

Ing. Franco Verzaschi e Ing. Marco Di Mauro

### IL SOPRINTENDENTE:

Prof. Massimo Osanna

Firma: .....

### IL DIRETTORE DEGLI SCAVI DI BOSCOREALE:

D.ssa Anna Maria Sodo

Firma: .....

**Calcoli Esecutivi delle Strutture Esistenti e  
Verifiche Sismiche (stato di fatto)**

**Elaborato: C.4**

**Scala:**

N. REV.	DATA	APPR.	DESCRIZIONE	N. REV.	DATA	APPR.	DESCRIZIONE
00	02.12.2014		Emissione definitiva				

# RELAZIONE DI VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO E IPOTESI DI MIGLIORAMENTO DELLE STRUTTURE

Il Tecnico per le strutture  
**Dott. Ing. Fabrizio Torzetti**

## SOMMARIO:

1. PREMESSA .....	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	3
3. CRITERI PER LA REALIZZAZIONE DELLE VERIFICHE SISMICHE .....	3
4. CARATTERISTICHE DEL SITO .....	4
5. LIVELLO DI CONOSCENZA .....	4
6. PARAMETRI MECCANICI DELLE MURATURE .....	5
7. INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO IPOTIZZATI .....	5
8. VULNERABILITA' SISMICA .....	6
9. FASCICOLO DEI CALCOLI.....	7

## 1. PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di valutare la vulnerabilità sismica e di ipotizzare degli interventi di miglioramento delle strutture dell'edificio denominato "Villa Regina" presso gli scavi di Boscoreale (NA).

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Legge 05/11/1971 N° 1086 – "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- D.M. 14/01/2008: "Norme tecniche per le costruzioni".
- Circ. 02/02/2009 n.617: "Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni".
- Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri del 09/02/2011: "Valutazione e 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 14/01/2008.

## 3. CRITERI PER LA REALIZZAZIONE DELLE VERIFICHE SISMICHE

In riferimento alle Direttive vigenti per i beni culturali tutelati è necessario attenersi ad interventi di miglioramento, a riparazioni o ad interventi locali (punto 8.4 delle NTC). Con il termine di miglioramento si deve intendere l'esecuzione di opere in grado di far conseguire all'edificio un maggior grado di sicurezza rispetto alle condizioni attuali, con un livello di protezione sismica **non necessariamente uguale a quello previsto per l'adeguamento delle costruzioni**. Riparazioni o interventi locali interessano invece porzioni limitate della costruzione, e devono essere soggetti a verifiche locali; nel caso dei beni tutelati è comunque richiesta anche una valutazione della sicurezza complessiva, in forma semplificata, in modo da certificare che non siano peggiorate le condizioni di sicurezza preesistenti.

Per la progettazione degli interventi vengono quindi introdotti due diversi livelli di valutazione:

- LV2 (**riparazione o intervento locale**) - valutazioni da adottare in presenza di interventi locali su zone limitate del manufatto, che non alterano in modo significativo il comportamento strutturale accertato, per le quali sono suggeriti metodi di analisi locale; in questo caso la valutazione dell'azione sismica allo SLV per l'intero manufatto, comunque richiesta, viene effettuata con gli strumenti del livello LV1;
- LV3 (**intervento di miglioramento**) - progetto di interventi diffusi nella costruzione, che per quanto possibile non dovrebbero modificare il funzionamento strutturale accertato attraverso il percorso della conoscenza (§ 4); le valutazioni devono riguardare l'intero manufatto, e possono utilizzare un modello strutturale globale, nei casi in cui questo possa essere ritenuto attendibile, o i metodi di analisi locale previsti per il livello LV2, purché applicati in modo generalizzato su tutti gli elementi della costruzione (l'esperienza acquisita a seguito dei passati eventi sismici ha infatti mostrato come, per gli edifici storici in muratura, il collasso sia raggiunto, nella maggior parte dei casi, per perdita di equilibrio di porzioni limitate della costruzione, definite nel seguito macroelementi). Il livello di valutazione LV3 può essere utilizzato anche quando, in assenza di un progetto di intervento, venga comunque richiesta un'accurata valutazione della sicurezza sismica del manufatto.

La presenza di oggettive difficoltà a definire procedure di verifica dei requisiti di sicurezza analoghe a quelle applicate per gli edifici ordinari, a causa della loro varietà tipologica e singolarità costruttiva (anche dovuta alle trasformazioni subite nel corso della storia dell'edificio e allo stato di conservazione) non consentono di indicare una strategia univoca ed affidabile di modellazione ed analisi. In queste valutazioni spesso si riscontrano incertezze in merito sia al modello di comportamento, sia ai parametri che lo definiscono.

Pur nella consapevolezza che non sempre si possono applicare ai beni culturali tutelati le prescrizioni di modellazione e verifica indicate per gli edifici ordinari, è comunque necessario calcolare i livelli delle azioni sismiche corrispondenti al raggiungimento di ciascuno stato limite previsto per la tipologia strutturale dell'edificio, nella situazione precedente e nella situazione successiva all'eventuale intervento. A tale fine dovranno essere impiegati i modelli ritenuti più affidabili.

Se anche a seguito degli interventi, venga conservato il comportamento originario della struttura, si ammette che **il modello di calcolo possa non riprodurre completamente la realtà e che i risultati da questo forniti possano essere integrati da valutazioni qualitative.**

Si ribadisce pertanto che per i beni culturali tutelati è possibile derogare rispetto all'adeguamento così come previsto ordinariamente e, dal punto di vista operativo, una possibile procedura in applicazione ai concetti espressi nelle more della vigente direttiva è la seguente:

- *valutazione dell'indice di sicurezza sismica nella situazione ante operam (funzionamento accertato): in questa fase si dovrà tenere debitamente conto anche di valutazioni qualitative su situazioni di vulnerabilità riconosciute ma difficilmente quantificabili;*
- *valutazione dell'indice di sicurezza sismica al quale il manufatto può essere portato con interventi compatibili con le esigenze di tutela:*
  - a. se l'indice di sicurezza sismica raggiungibile, che tiene conto della pericolosità del sito, delle caratteristiche del manufatto e della sua destinazione d'uso, è maggiore o uguale ad uno, l'intervento di miglioramento è pienamente soddisfacente anche dal punto di vista della sicurezza, valutata attraverso un procedimento quantitativo;*
  - b. se l'indice di sicurezza sismica raggiungibile è inferiore a quello auspicabile, ovvero sarebbero necessari interventi troppo invasivi, il progettista può giustificare l'intervento ricorrendo anche a valutazioni qualitative, che dovranno essere tradotte in termini quantitativi, adeguatamente giustificati in una relazione esplicativa ad integrazione della relazione di calcolo.*

L'obiettivo è evitare opere superflue, favorendo quindi il criterio del minimo intervento, ma anche evidenziare i casi in cui sia opportuno agire in modo più incisivo. La valutazione delle azioni sismiche corrispondenti al raggiungimento di determinati stati limite consente infatti, da un lato di giudicare se l'intervento progettato è realmente efficace (dal confronto tra lo stato attuale e quello di progetto), dall'altro fornisce una misura del livello di sicurezza sismica del manufatto a valle dell'intervento (in termini di vita nominale). Da questa impostazione risulta che spesso è opportuno accettare consapevolmente un livello di rischio sismico più elevato rispetto a quello delle strutture ordinarie, piuttosto che intervenire in modo contrario ai criteri di conservazione del patrimonio culturale.

#### **4. CARATTERISTICHE DEL SITO**

- *topografia: **T1** (superficie pianeggiante)*
- *categoria del suolo: **C***

#### **5. LIVELLO DI CONOSCENZA**

L'acquisizione del livello di conoscenza delle strutture secondo quanto previsto dalla vigente normativa è stato eseguito attraverso la realizzazione di un rilievo geometrico dell'intero complesso, unitamente ad una serie di indagini in situ limitate, consistenti in esami visivi della superficie muraria e della relativa consistenza, al fine di verificare forma e dimensioni dei blocchi ed eventuali ammorsature tra le pareti; è stata inoltre valutata in maniera approssimata la compattezza della malta.

Il livello di conoscenza raggiunto in seguito alle indagini effettuate è di tipo **LC1** ed il relativo fattore di confidenza è pari a **FC=1.35** secondo quanto previsto dalla vigente normativa.

## 6. PARAMETRI MECCANICI DELLE MURATURE

I valori dei parametri meccanici delle murature fanno riferimento alla Tab. C8A.2.1 della Circ. 02/02/2009 n.617 e sono stati assunti in funzione del livello di conoscenza acquisito, ossia:

### LC1

Resistenze: valori minimi degli intervalli riportati in Tab. C8A.2.1

Moduli elastici: valori minimi degli intervalli riportati in Tab. C8A.2.1

I valori riportati nella suddetta tabella sono riferiti ad una muratura nelle seguenti condizioni: *malta di caratteristiche scarse, assenza di ricorsi (listature), paramenti semplicemente accostati o mal collegati, muratura non consolidata.*

Tipologia di muratura	$f_m$	$t_0$	E	G	w
	N/cm <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	kN/mc
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100	2.0	870	290	19

## 7. INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO IPOTIZZATI

Visto lo stato di conservazione delle strutture afferenti il complesso archeologico, valutati sia i materiali costituenti le murature che le relative dimensioni geometriche, si è proceduto alla valutazione della vulnerabilità sismica delle strutture attraverso il calcolo del fattore di accelerazione definito come rapporto tra l'accelerazione al suolo che porta al raggiungimento delle condizioni di collasso e l'accelerazione al suolo corrispondente al periodo di ritorno di riferimento; tale fattore, considerando la vita utile delle strutture pari a **50 anni** dovrebbe assumere valore pari a **1 (100%)**.

Come sintetizzato nel seguente paragrafo 8, le risultanze della valutazione della vulnerabilità sismica delle strutture in esame secondo le due direzioni principali X e Y allo stato attuale (*ante – operam*) riportano valori compresi tra l'8% e circa il 10 %.

Al fine di migliorare il comportamento delle strutture in esame sotto sisma, nel rispetto delle direttive ministeriali circa 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 14/01/2008, si ritiene opportuno effettuare degli interventi di consolidamento degli apparecchi murari consistenti essenzialmente in **n. 2 tipologie** come di seguito riportato:

### A. Consolidamento con iniezioni di miscele leganti:

L'intervento in questione dovrà interessare circa il **30% della superficie muraria** esistente e consisterà nelle iniezioni di miscele leganti iniettate attraverso appositi fori nella muratura, facendo attenzione a curare la compatibilità fisico – chimico – meccanica della miscela con la tipologia muraria oggetto di intervento.

### B. Realizzazione di elementi di connessione trasversale tra i paramenti:

Tale intervento consiste nell'apposizione di elementi di connessione trasversale tra i paramenti murari, in metallo, disposti nelle due direzioni del corpo di fabbrica, debitamente ancorati alle murature mediante capo chiave (a paletto o piastra) al fine di favorire il comportamento d'assieme del fabbricato, conferendo un elevato grado di connessione tra le murature ortogonali ed un efficace vincolo contro il ribaltamento fuori piano dei pannelli murari.

## **8. VULNERABILITA' SISMICA**

In base alle considerazioni sopra esposte, ed in riferimento all'incremento dei coefficienti di calcolo, dettati dalla vigente norma, per interventi di miglioramento sopra detti, sono state effettuate le verifiche di vulnerabilità delle strutture murarie *post – operam*, il cui fascicolo dei calcoli viene riportato in allegato alla presente relazione e ne costituisce parte integrante.

Si riassumono di seguito i principali risultati ottenuti.

### **Vulnerabilità ante-operam:**

Direzione Y      $a_{SLV} / a_g = 0.0884 = \mathbf{8.84\%}$

Direzione X      $a_{SLV} / a_g = 0.0991 = \mathbf{9.91\%}$

### **Vulnerabilità post-operam:**

Direzione Y      $a_{SLV} / a_g = 0.1725 = \mathbf{17.25\%}$

Direzione X      $a_{SLV} / a_g = 0.1931 = \mathbf{19.31\%}$

In conclusione si conclude che l'applicazione degli interventi di miglioramento sulle strutture, arreca un incremento della resistenza sismica delle strutture in esame amplificando il fattore di accelerazione di un rapporto pari a circa **1.95**.

*Progetto Coperture: manutenzione ordinaria e straordinaria delle coperture,  
delle strutture murarie e degli apparati decorativi di "Villa Regina"  
presso gli Scavi di Boscoreale*

## **9. FASCICOLO DEI CALCOLI**



ANALISI DEI CARICHI ELEMENTARI

Solaio di Copertura

Manto di copertura	60	Kg/mq
Struttura in legno	30	Kg/mq
Residui permanenti	10	Kg/mq
Totale Permanente non strutturale	100	Kg/mq
Variabile cat. H1	50	Kg/mq
Carico totale	150	Kg/mq

## CALCOLO SEMPLIFICATO VULNERABILITA' EDIFICIO IN MURATURA ANTE OPERAM

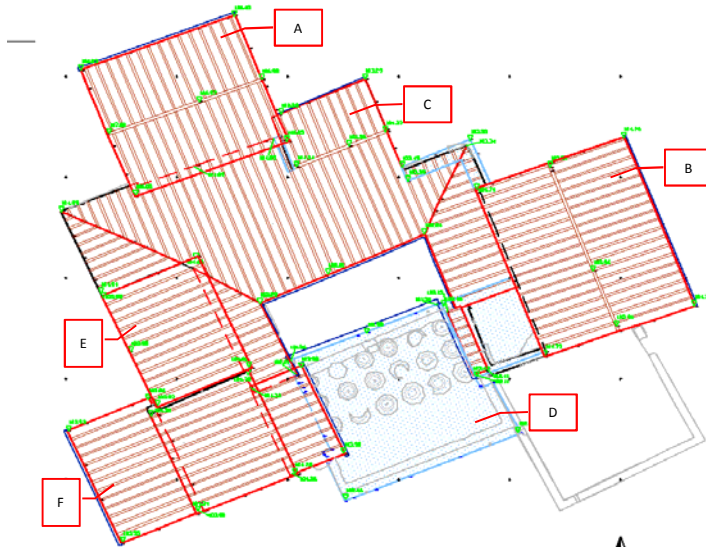
### CALCOLO MASSA SISMICA DELL'EDIFICIO

#### Copertura

	p	
	m <sub>q</sub> (kg/mq)	P (kg)
A	50	5000
B	64,5	6450
C	127	12700
D	58	2900
E	28,7	2870
F	61,5	6150
tot		36070

#### Muri

	V	w	P
	(mc)	(kg/mc)	(kg)
Dir Y	152,2	1900	289127
Dir X	300,5	1900	570995
			860122



#### VALORI DEI PARAMETRI MECCANICI DELLE MURATURE

	Tipologia di muratura	$f_m$	$\tau_0$	E	G	w
		N/cm <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	kN/mc
COEFFICIENTI CORRETTIVI	Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100	2,0	870	290	19
	Malta di buone caratteristiche	1,5	1,5	1,5	1,5	
	Presenza ricorsi o listature	1	1	1	1	
	Parametri modificati applicando i coefficienti correttivi migliorativi (Tab. C8A.2.2 NTC 2008)	150	3,0	1305	435	19

Fattore di confidenza	FC=	1,35
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_M$ =	2
Valore di calcolo della resistenza a taglio della muratura	$\tau_{0d} = \tau_0 / (FC * \gamma_M) =$	1,11

# VULNERABILITA' SISMICA EDIFICIO IN DIREZIONE Y

Calcolo $A_{51}$ ( direzione y)					
Elemento	y(n) (m)	s(m) (m)	A(n) (m2)	h (m)	V(mc)
1	10,5	0,45	4,725	5,25	24,8
2	4,85	0,42	2,037	4,85	9,9
3	3,56	0,4	1,424	6,3	9,0
4	3,36	0,4	1,344	4,85	6,5
5	2	0,32	0,64	4	2,6
6	3,86	0,36	1,3896	5,25	7,3
7	2,65	0,3	0,795	5,25	4,2
8	6,34	0,33	2,0922	4,8	10,0
9	10,5	0,45	4,725	5,25	24,8
10	5,03	0,4	2,012	4,6	9,3
11	9,7	0,5	4,85	4,2	20,4
12	8,95	0,5	4,475	5,25	23,5
13	0	0,36	0		0,0
14	0	0,36	0		0,0
15	3,28	0,43	1,4104		0,0
			<b>31,9192</b>	<b>152,2</b>	



Numerazione maschi murari in direzione Y

- $a_g$	accelerazione al suolo di calcolo	0,142	x	9,8	1,39 m/sec <sup>2</sup>	0,012559
- S	Coefficiente stratigrafico				1,5	T1= 0,167185
- $a_{SLV}$	accelerazione al suolo che porta al raggiungimento delle condizioni di di collasso	$q \cdot F_{slv} / (e \cdot M \cdot F_0 \cdot S)$			0,12 m/sec <sup>2</sup>	C= 0,05
- e	Frazione di massa partecipante sul primo modo di vibrazione				1,00	H= 5
- M	massa sismica dell' edificio				914,48 kNmassa	
- $F_0$	coefficiente di amplificazione spettrale massima				2,42	Tr= Vr / ln(1-Pvr)= 28,47366
- q	coefficiente di struttura				2,25	vr= 3,000
- $F_{slv}$	resistenza a taglio dell' edificio	$\mu_{yi} \cdot \zeta_{vy} \cdot A \cdot \tau_{di} / \beta_{yi} \cdot \kappa_i =$			181,58 kN	pvr 0,1
- $\mu_{yi}$	coefficiente che considera l'omogeneità di rigidezza e resistenza dei maschi murari				0,80	
- $\zeta_{vy}$	coefficiente legato alla resistenza delle fasce murarie di piano in direzione Y				0,80	
- $\zeta_{vi}$	coefficiente legato ala tipo di rottura				1,00	
- $\beta_{yi}$	coefficiente di irregolarità in pianta				1,25	
- $\kappa_i$	rapporto tra la risultante delle forze sismiche al piano i-esimo e la forza sismica totale				1,00	
- $A_i$	area totale della muratura in dir. Y				31,92 m <sup>2</sup>	
- $\sigma_{0i}$	tensione media dei maschi murari al piano i-esimo				0,00 KN/m <sup>2</sup>	
- $\tau_{0d}$	resistenza a taglio di calcolo				11,11 KN/m <sup>2</sup>	
- $\tau_{di}$	resistenza a taglio di calcolo ( in presenza di compressione sui maschi murari)	$\tau_{0d} \cdot (1 + (\sigma_{0i} / 1,5 \cdot \tau_{0d}))^{0,5}$			11,11 KN/m <sup>2</sup>	

$a_{SLV} / a_g =$  **0,0884** = **8,84%**      Fattore di accelerazione (rapporto fra accelerazione al suolo che porta al raggiungimento delle condizioni di collasso e l'accelerazione al suolo corrispondente al periodo di ritorno di riferimento)

VULNERABILITA' SISMICA EDIFICIO IN DIREZIONE X

Calcolo $A_{ij}$ ( direzione x)					
Elemento	x(n)	s(m)	A(n)	h (m)	V(mc)
	(m)	(m)	(m2)		
20	2	0,45	0,9	4,6	4,1
21	4,55	0,41	1,8655	4,85	9,0
22	5,05	0,3	1,515	4,6	7,0
23	18,07	0,4	7,228	6,3	45,5
24	6,96	0,5	3,48	5,4	18,8
25	4,25	0,35	1,4875	6,3	9,4
26	6,97	0,5	3,485	5,4	18,8
27	3,6	0,3	1,08	27	29,2
28	4,3	0,4	1,72	4,2	7,2
29	4,3	0,4	1,72	4,2	7,2
30	8,45	0,4	3,38	30	101,4
31	10,25	0,46	4,715	5,4	25,5
32	2,34	0,48	1,1232	4,6	5,2
33	4,37	0,4	1,748	6,3	11,0
34	1	0,3	0,3	4	1,2
35,7472				300,5	



Numerazione maschi murari in direzione X

- $a_g$	accelerazione al suolo di calcolo	0,142	x	9,8	1,39 m/sec <sup>2</sup>
- S	Coefficiente stratigrafico				1,5
- $a_{SLV}$	accelerazione al suolo che porta al raggiungimento delle condizioni di di collasso	$q \cdot F_{slv} / (e \cdot M \cdot F_0 \cdot S)$			0,14 m/sec <sup>2</sup>
- e	Frazione di massa partecipante sul primo modo di vibrazione				1,00
- M	massa sismica dell' edificio				914,48 kNmassa
- $F_0$	coefficiente di amplificazione spettrale massima				2,42
- q	coefficiente di struttura				2,25
- $F_{slv}$	resistenza a taglio dell' edificio	$\mu_{xi} \cdot \zeta_{xi} \cdot A \cdot \tau_{di} / \beta_{xi} \cdot \kappa_i =$			203,36 kN
- $\mu_{xi}$	coefficiente che considera l'omogeneità di rigidezza e resistenza dei maschi murari				0,80
- $\zeta_{xi}$	coefficiente legato alla resistenza delle fasce murarie di piano in direzione Y				0,80
- $\zeta_{xi}$	coefficiente legato ala tipo di rottura				1,00
- $\beta_{xi}$	coefficiente di irregolarità in pianta				1,25
- $\kappa_i$	rapporto tra la risultante delle forze sismiche al piano i-esimo e la forza sismica totale				1,00
- $A_i$	area totale della muratura in dir. Y				35,75 m <sup>2</sup>
- $\sigma_{0i}$	tensione media dei maschi murari al piano i-esimo				0,00 KN/m <sup>2</sup>
- $\tau_{0d}$	resistenza a taglio di calcolo				11,11 KN/m <sup>2</sup>
- $\tau_{di}$	resistenza a taglio di calcolo ( in presenza di compressione sui maschi murari)	$\tau_{0d} \cdot (1 + (\sigma_{0i} / 1,5 \cdot \tau_{0d}))^{0,5}$			11,11 KN/m <sup>2</sup>

$a_{SLV}/a_g =$     **0,099**    =    **9,91%**    Fattore di accelerazione (rapporto fra accelerazione al suolo che porta al raggiungimento delle condizioni di collasso e l'accelerazione al suolo corrispondente al periodo di ritorno di riferimento)

CALCOLO SEMPLIFICATO VULNERABILITA' EDIFICIO IN MURATURA POST OPERAM

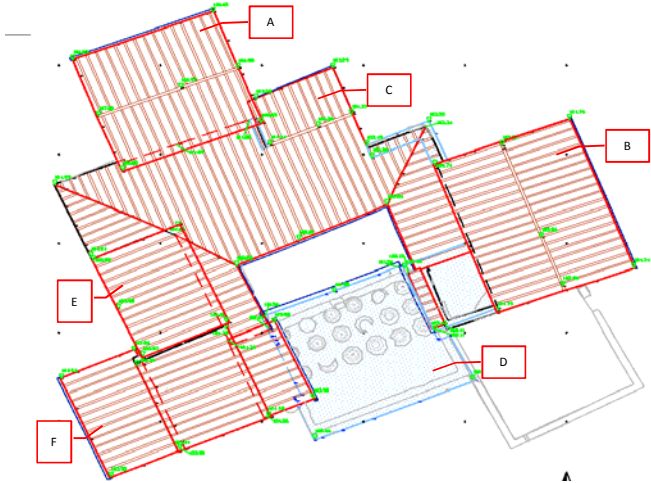
CALCOLO MASSA SISMICA DELL'EDIFICIO

Copertura

	p		P (kg)
	mq	(kg/mq)	
A	50	100	5000
B	64,5	100	6450
C	127	100	12700
D	58	50	2900
E	28,7	100	2870
F	61,5	100	6150
tot			36070

Muri

	V	w	P
	(mc)	(kg/mc)	(kg)
Dir Y	152,2	1900	289127
Dir X	300,5	1900	570995
			860122



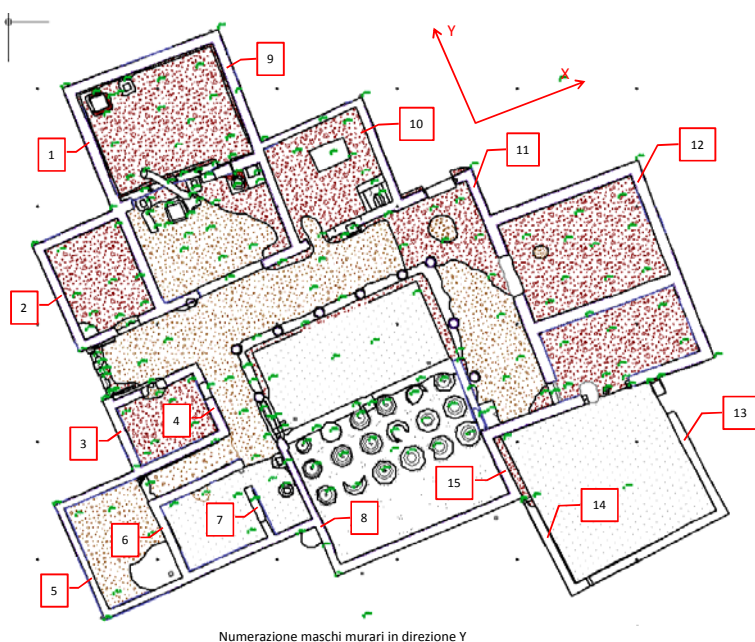
VALORI DEI PARAMETRI MECCANICI DELLE MURATURE

Tipologia di muratura		$f_m$	$\tau_0$	E	G	w
		N/cm <sup>2</sup>	N/cm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	kN/mc
COEFFICIENTI CORRETTIVI	Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100	2,0	870	290	19
	Malta di buone caratteristiche	1,5	1,5	1,5	1,5	
	Iniezioni (sul 30% della superficie muraria)	1,3	1,3	1,3	1,3	
	Connessioni trasversali	1,5	1,5	1,5	1,5	
	Parametri modificati applicando i coefficienti correttivi migliorativi (Tab. C8A.2.2 NTC 2008)	292,5	5,85	2544,75	848,25	19

Fattore di confidenza	FC=	1,35
Coefficiente parziale di sicurezza	$\gamma_M$ =	2
Valore di calcolo della resistenza a taglio della muratura	$\tau_{0d}=\tau_0 / (FC * \gamma_M)$ =	2,17

# VULNERABILITA' SISMICA EDIFICIO IN DIREZIONE Y

Calcolo $A_{ij}$ ( direzione y)					
Elemento	y(n) (m)	s(m) (m)	A(n) (m2)	h (m)	V(mc)
1	10,5	0,45	4,725	5,25	24,8
2	4,85	0,42	2,037	4,85	9,9
3	3,56	0,4	1,424	6,3	9,0
4	3,36	0,4	1,344	4,85	6,5
5	2	0,32	0,64	4	2,6
6	3,86	0,36	1,3896	5,25	7,3
7	2,65	0,3	0,795	5,25	4,2
8	6,34	0,33	2,0922	4,8	10,0
9	10,5	0,45	4,725	5,25	24,8
10	5,03	0,4	2,012	4,6	9,3
11	9,7	0,5	4,85	4,2	20,4
12	8,95	0,5	4,475	5,25	23,5
13	0	0,36	0		0,0
14	0	0,36	0		0,0
15	3,28	0,43	1,4104		0,0
			<b>31,9192</b>		<b>152,2</b>



Numerazione maschi murari in direzione Y



						0,02449
- a <sub>g</sub>	accelerazione al suolo di calcolo	0,142	x	9,8	1,39 m/sec <sup>2</sup>	T1= 0,167185
- S	Coefficiente stratigrafico				1,5	C= 0,05
- a <sub>SLV</sub>	accelerazione al suolo che porta al raggiungimento delle condizioni di di collasso	q*F <sub>slv</sub> /(e*M*F <sub>0</sub> *S)			0,24 m/sec <sup>2</sup>	H= 5
- e	Frazione di massa partecipante sul primo modo di vibrazione				1,00	
- M	massa sismica dell' edificio				914,48 kNmassa	
- F <sub>0</sub>	coefficiente di amplificazione spettrale massima				2,42	Tr= Vr / ln(1-Pvr)= 28,47366
- q	coefficiente di struttura				2,25	vrr= 3
- F <sub>slv</sub>	resistenza a taglio dell' edificio	μ <sub>yi</sub> *ζ <sub>sy</sub> * ζ <sub>yil</sub> *A*τ <sub>di</sub> / β <sub>yi</sub> * κ <sub>i</sub> =			354,09 kN	pvr 0,1
- μ <sub>yi</sub>	coefficiente che considera l'omogeneità di rigidezza e resistenza dei maschi murari				0,80	
- ζ <sub>y</sub>	coefficiente legato alla resistenza delle fasce murarie di piano in direzione Y				0,80	
- ζ <sub>yil</sub>	coefficiente legato ala tipo di rottura				1,00	
- β <sub>yi</sub>	coefficiente di irregolarità in pianta				1,25	
- κ <sub>i</sub>	rapporto tra la risultante delle forze sismiche al piano i-esimo e la forza sismica totale				1,00	
- A <sub>i</sub>	area totale della muratura in dir. Y				31,92 m <sup>2</sup>	
- σ <sub>di</sub>	tensione media dei maschi murari al piano i-esimo				0,00 KN/m <sup>2</sup>	
- τ <sub>od</sub>	resistenza a taglio di calcolo				21,67 KN/m <sup>2</sup>	
- τ <sub>di</sub>	resistenza a taglio di calcolo ( in presenza di compressione sui maschi murari)	τ <sub>od</sub> *(1+(σ <sub>di</sub> /1,5*τ <sub>od</sub> )) <sup>0,5</sup>			21,67 KN/m <sup>2</sup>	
Fattore di accelerazione (rapprto fra accelerazione al suolo che porta al raggiungimento delle condizioni di collasso e l'accelerazione al suolo corrispondente al periodo di ritorno di riferimento)						
a <sub>SLV</sub> /a <sub>g</sub> =	0,1725	=	17,25%			

# VULNERABILITA' SISMICA EDIFICIO IN DIREZIONE X

Calcolo $A_{vj}$ ( direzione x)					
Elemento	x(n) (m)	s(m) (m)	A(n) (m2)	h (m)	V(mc)
20	2	0,45	0,9	4,6	4,1
21	4,55	0,41	1,8655	4,85	9,0
22	5,05	0,3	1,515	4,6	7,0
23	18,07	0,4	7,228	6,3	45,5
24	6,96	0,5	3,48	5,4	18,8
25	4,25	0,35	1,4875	6,3	9,4
26	6,97	0,5	3,485	5,4	18,8
27	3,6	0,3	1,08	27	29,2
28	4,3	0,4	1,72	4,2	7,2
29	4,3	0,4	1,72	4,2	7,2
30	8,45	0,4	3,38	30	101,4
31	10,25	0,46	4,715	5,4	25,5
32	2,34	0,48	1,1232	4,6	5,2
33	4,37	0,4	1,748	6,3	11,0
34	1	0,3	0,3	4	1,2
35,7472					300,5



Numerazione maschi murari in direzione X

- $a_g$	accelerazione al suolo di calcolo	0,142	x	9,8	1,39 m/sec <sup>2</sup>
- S	Coefficiente stratigrafico				1,5
- $a_{slv}$	accelerazione al suolo che porta al raggiungimento delle condizioni di di collasso	$q \cdot F_{slv} / (e \cdot M \cdot F_0 \cdot S)$			0,27 m/sec <sup>2</sup>
- e	Frazione di massa partecipante sul primo modo di vibrazione				1,00
- M	massa sismica dell' edificio				914,48 kNmassa
- $F_0$	coefficiente di amplificazione spettrale massima				2,42
- q	coefficiente di struttura				2,25
- $F_{slv}$	resistenza a taglio dell' edificio	$\mu_{xi} \cdot \zeta_{mx} \cdot \zeta_{xsi} \cdot A \cdot \tau_{di} / \beta_{xi} \cdot \kappa_i =$			396,56 kN
- $\mu_{xi}$	coefficiente che considera l'omogeneità di rigidezza e resistenza dei maschi murari				0,80
- $\zeta_x$	coefficiente legato alla resistenza delle fasce murarie di piano in direzione Y				0,80
- $\zeta_{xsi}$	coefficiente legato ala tipo di rottura				1,00
- $\beta_{xi}$	coefficiente di irregolarità in pianta				1,25
- $\kappa_i$	rapporto tra la risultante delle forze sismiche al piano i-esimo e la forza sismica totale				1,00
- $A_i$	area totale della muratura in dir. Y				35,75 m <sup>2</sup>
- $\sigma_{di}$	tensione media dei maschi murari al piano i-esimo				0,00 KN/m <sup>2</sup>
- $\tau_{di}$	resistenza a taglio di calcolo				21,67 KN/m <sup>2</sup>
- $\tau_{di}$	resistenza a taglio di calcolo ( in presenza di compressione sui maschi murari)	$\tau_{di} \cdot (1 + (\sigma_{di} / 1,5 \cdot \tau_{di}))^{0,5}$			21,67 KN/m <sup>2</sup>

$a_{slv} / a_g =$  **0,1931** = **19,31%**      Fattore di accelerazione (rapporto fra accelerazione al suolo che porta al raggiungimento delle condizioni di collasso e l'accelerazione al suolo corrispondente al periodo di ritorno di riferimento)