

COMMESSA

RIF. COMMESSA 2851



Hera S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali
Via Romea Nord 180/182
48122 Ravenna (Ra)

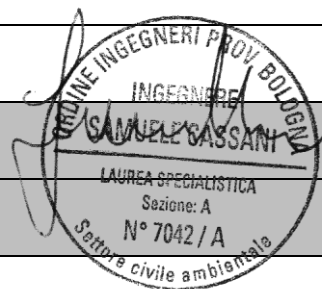
ELABORATO	VS – 01
OGGETTO	VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA DI UN EDIFICIO MONOPIANO IN MURATURA PORTANTE ALL'INTERNO DI UN CENTRO DI RACCOLTA SITO PRESSO IL COMUNE DI ZOLA PREDOSA (BO)
IMMOBILE	Centro di raccolta HERA S.p.A. Via Roma, 65 - 40069 Zola Predosa (BO)

EMISSIONE	23/09/2016
REVISIONE	n. 00

CONTENUTO:

**NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO
MATERIALI IMPIEGATI
PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL SITO
VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA RELATIVA A EDIFICIO MONOPIANO IN MURATURA**


Tecnico incaricato:	dott. ing. Samuele Cassani
Collaboratore	dott. ing. Daniela Roveri




Galileo Ingegneria s.r.l.

Via Cartiera, 120 – 40037 SASSO MARCONI (BO)
Telefono 051 6781325 Fax 051 6783082 - e-mail: info@galileo-ingegneria.it
Web: www.galileo-ingegneria.it
Partita IVA e C.F. 02171351204



	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	


	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

INDICE

1.	INTRODUZIONE	5
2.	NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO	5
3.	INQUADRAMENTO GENERALE	6
3.1.	DESCRIZIONE DEL CONTESTO EDILIZIO	6
3.2.	DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, MORFOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DEL SITO.....	7
4.	EDIFICIO MONOPIANO	13
4.1.	DESCRIZIONE GENERALE DELLA STRUTTURA	13
4.2.	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	14
4.3.	AZIONI IN CONDIZIONI STATICHE	15
4.3.1.	<i>Analisi dei carichi</i>	<i>15</i>
4.3.2.	<i>Azioni variabili dovute alla neve</i>	<i>15</i>
4.3.3.	<i>Azioni variabili dovute al vento.....</i>	<i>15</i>
4.4.	AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	16
4.5.	VALUTAZIONI SUL FATTORE DI STRUTTURA Q ADOTTATO	18
4.6.	CASI DI CARICO E COMBINAZIONI DEI CARICHI.....	19
4.7.	LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA	25
4.7.1.	<i>Premesse, definizioni e metodo</i>	<i>25</i>
4.7.2.	<i>Il livello di conoscenza.....</i>	<i>27</i>
4.7.3.	<i>I fattori di confidenza.....</i>	<i>28</i>
4.8.	MATERIALI ADOTTATI PER LE VERIFICHE.....	28
4.9.	CRITERI DI VALUTAZIONE E MODELLAZIONE	29
4.10.	NUMERAZIONE DELLE PARETI	31
4.11.	METODI DI ANALISI E SINTESI ANALISI SISMICA	32
4.11.1.	<i>Valutazione dell'azione sismica</i>	<i>32</i>
4.11.2.	<i>Rappresentazione delle configurazioni deformate</i>	<i>34</i>
4.12.	VERIFICA NEI CONFRONTI DEI CARICHI STATICI.....	36
4.12.1.	<i>Sollecitazioni membrature principali</i>	<i>36</i>
4.12.2.	<i>Verifiche membrature principali</i>	<i>37</i>
4.13.	VERIFICHE SLV - ANALISI DEI MECCANISMI GLOBALI	39
4.13.1.	<i>Sollecitazioni membrature principali (SLV)</i>	<i>39</i>
4.13.1.	<i>Verifiche membrature principali</i>	<i>42</i>
4.14.	VERIFICHE SLV - ANALISI DEI MECCANISMI LOCALI	46

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf	

4.15.	VERIFICHE SLE.....	49
4.16.	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI	50
4.17.	CARATTERISTICHE E AFFIDABILITÀ DEL CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO.....	50
5.	CONCLUSIONI	51
5.1.	INDICATORI DI RISCHIO (SLV).....	51
5.2.	FATTORI DI SICUREZZA (SLU)	52
5.3.	CONSIDERAZIONI FINALI	53

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

1. INTRODUZIONE

La presente relazione descrive la valutazione della sicurezza condotta su un edificio in muratura portante della stazione ecologica gestita da Gruppo Hera.

Preme sottolineare che la data di realizzazione dell'opera non è nota, e che le verifiche condotte e descritte all'interno della presente sono volte all'accertamento di conformità alla normativa vigente.

2. NORMATIVA TECNICA DI RIFERIMENTO

La valutazione della sicurezza delle strutture esistenti è stata condotta in conformità alle norme tecniche vigenti con particolare riferimento alle seguenti:


- ❖ D.M. 14/01/2008, “*Norme Tecniche per le Costruzioni*”; (nel seguito richiamata come NTC);
- ❖ Circolare 02/02/2009, Istruzioni per l'applicazione delle “*Norme Tecniche per le Costruzioni*” di cui al D.M. 14/01/2008; (nel seguito richiamata come Circolare);
- ❖ D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 “Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia”.

E la specifica normativa regionale:

- ❖ L.R. 30/10/2008, n.19 “Norme per la riduzione del rischio sismico”.

Si sono inoltre tenute in considerazione, ove non in contrasto con le norme su indicate, le prescrizioni delle corrispondenti norme europee in particolare:

- ❖ UNI EN 1998-1, Eurocodice 8, “*Progettazione delle strutture per la resistenza sismica, Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici*”.

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

3. INQUADRAMENTO GENERALE


3.1. Descrizione del contesto edilizio

La stazione ecologica oggetto della presente relazione, svolge un ruolo di supporto della fase di raccolta, costituendo un punto di stoccaggio e trasferimento dei rifiuti su mezzi e attrezzature funzionali al trasporto agli impianti di trattamento.

L'area all'interno della quale sorge la stazione ecologica è di proprietà comunale e si colloca ad Est rispetto al centro di Zola Predosa, in una zona pressoché pianeggiante a carattere prevalentemente industriale/artigianale.



fig.1. Inquadramento territoriale della stazione ecologica

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf	

3.2. Descrizione delle caratteristiche geologiche, morfologiche e idrogeologiche del sito

La normativa in materia di Costruzioni (NTC 2008) prevede che “*ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto si rende necessario valutare l’effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi come indicato al § 7.11.3*” della medesima normativa.


In assenza delle suddette analisi si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento come riportato nella *tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo, §3.2.2 (NTC)*.

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso) la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità. Essa viene calcolata con la seguente relazione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [\text{m/s}]$$

Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile la classificazione può essere effettuata in base al numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) nei terreni a prevalente grana grossa e della resistenza non drenata equivalente nei terreni a prevalente grana fine. Di seguito sono riportate le rispettive formule:

$$N_{\text{SPT},30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{\text{SPT},i}}} \quad c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}}$$

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf	

Si riporta un estratto della relazione geologica redatta dal Dott. Geol. Graziano Grimandi (Studio Geologico Associato GEO-PROBE) in una zona limitrofa, nella quale viene descritta la caratterizzazione generale dei terreni in esame con riferimenti qualitativi e quantitativi sufficienti per le finalità della presente relazione.

4. INDAGINE GEOGNOSTICA

Nell'area interessata dall'intervento, allo scopo di verificare la successione stratigrafica che caratterizza i terreni del primo sottosuolo e valutare le caratteristiche fisico meccaniche degli stessi, è stata eseguita un'indagine geognostica in sito e un'indagine sismica locale, al fine di determinare il parametro Vs30 e classificare il suolo di fondazione del sito.

4.1. Indagine geognostica in sito

L'indagine geognostica in sito, eseguita dalla Geo-Probe S.r.l., è consistita nell'esecuzione di n. 6 penetrometrie statiche con punta meccanica (CPT) che, rispetto al p.c. attuale, hanno raggiunto profondità comprese tra 19,40 m e 20,00 m e n. 6 sondaggi con il metodo della trivellazione a secco di lunghezza compresa tra 5,00 m e 10,00 m.

I punti di indagine sono stati posizionati per essere rappresentativi dell'area oggetto di intervento; l'esatta ubicazione degli stessi viene riportata di seguito nella TAV. 2.

Il penetrometro statico utilizzato, montato su Unimog Mercedes U400L con cella di carico da 200 kN, impiega una punta conica con apertura di 60° e superficie di 10 cm² per la misurazione della resistenza alla punta ed un manicotto di frizione (*friction jacket*) della superficie di 150 cm² per la misurazione dell'attrito laterale locale (punta meccanica tipo *Begemann*).

I risultati delle penetrometrie statiche vengono rappresentati in forma diagrammatica nelle apposite tavole allegate, dove viene riportato il valore q_c (resistenza alla punta), il valore f_s (resistenza attrito laterale locale), espressi rispettivamente in MPa e kPa, ed il rapporto R_f che orientativamente ci permette una classificazione dei terreni attraversati (*Schmertmann J.H., 1978*).

Le suddette letture vengono eseguite per avanzamenti di 20 cm.

Le trivellazioni a secco sono state eseguite mediante aste elicoidali del diametro di 120 mm mosse da propulsore idraulico posto sull'autocarro Mercedes.

Tutti i fori di sondaggio stati attrezzati con piezometro a tubo aperto tipo Norton del diametro di 63 mm protetti da chiusini metallici forniti di lucchetto, al fine di misurare nel tempo l'eventuale presenza di una falda freatica.

Le stratigrafie ottenute vengono riportate in allegato negli appositi moduli.

4.2. Indagine sismica

Allo scopo di definire la frequenza di risonanza dei terreni e la velocità media delle onde sismiche di taglio Vs, è stata eseguita un'indagine sismica locale mediante metodologia di sismica passiva con misura del Rumore Sismico Passivo (microtremori).

Lo strumento utilizzato è il tromografo digitale Tromino prodotto dalla Micromed S.p.A.; si tratta di un sismografo di dimensioni molto contenute che contiene tre sensori elettrodinamici ortogonali (velocimetri) che permettono la registrazione del microtremore nel campo di frequenze compreso tra 0 e 256 Hz.

Il metodo di indagine utilizzato è quello a stazione singola dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (HVSr).

Il segnale di microtremore, dopo essere stato acquisito dai tre velocimetri, ad una frequenza di campionamento di 128Hz per un intervallo di tempo di 20', amplificato e digitalizzato a 24 bit equivalenti, viene suddiviso in intervalli di pochi secondi e mediante il software Grilla per ogni intervallo viene eseguita un'analisi spettrale nelle tre componenti e il calcolo dei rapporti spettrali H/V.

Il valore di tale rapporto è direttamente correlato alla frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza mentre la frequenza di risonanza è legata allo spessore e alla velocità delle onde di taglio Vs dalla relazione:

$$f_i = V_{si}/4h_i$$

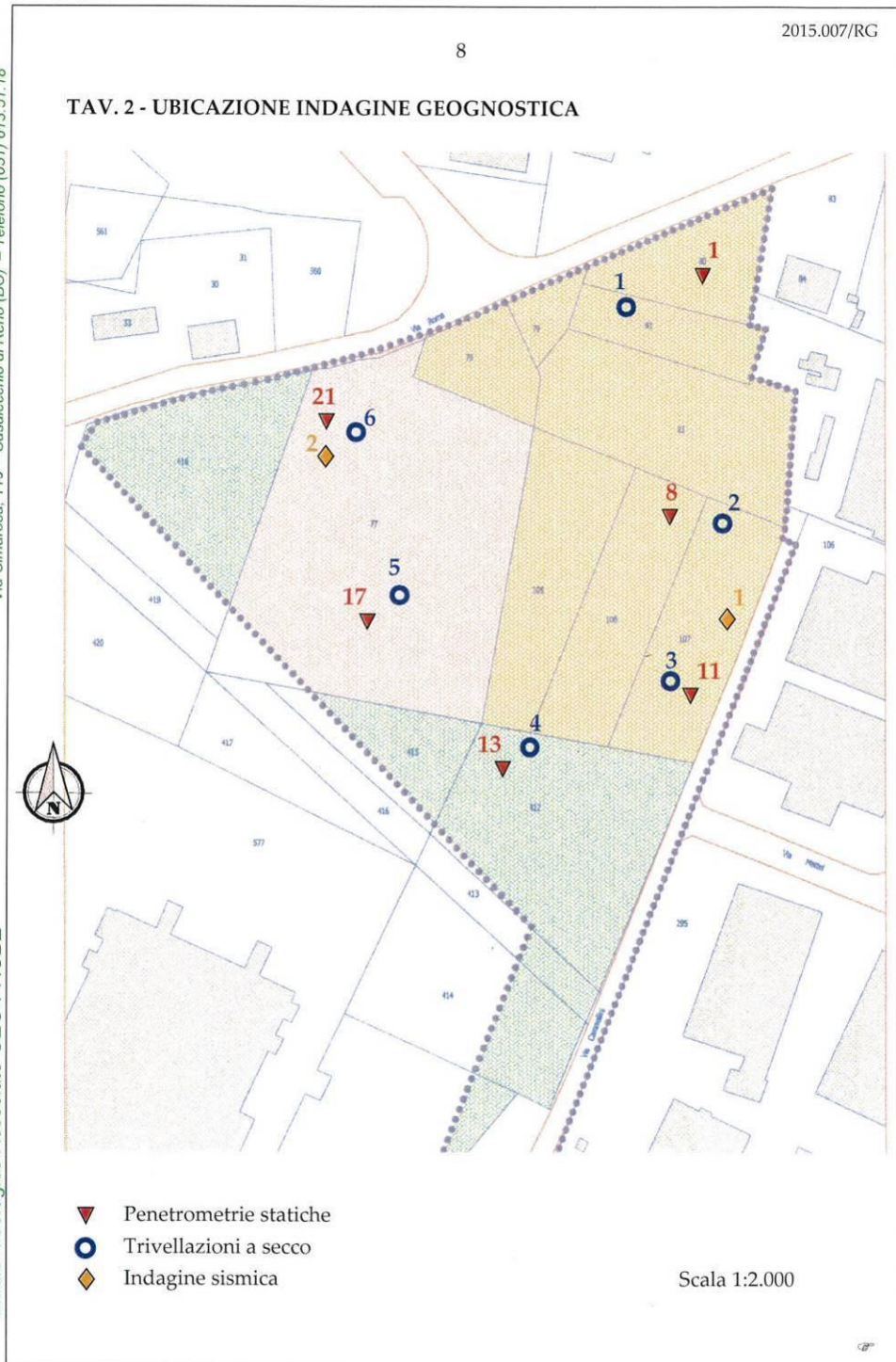
dove:

f_i = frequenza dello strato i-esimo;

V_{si} = velocità delle onde S dello strato i-esimo;

h_i = spessore dello strato i-esimo.

I risultati dell'indagine sismica vengono restituiti in forma diagrammatica nelle apposite tavole allegate, dove vengono riportate gli spettri delle singole componenti del moto, le curve relative al rapporto spettrale orizzontale su verticale H/V e il grafico Vs/profondità.



8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Nel sito di indagine sono state effettuate due misure di microtremore della durata di 20' ciascuna, allo scopo di definire le frequenze di risonanza fondamentali dei terreni del sottosuolo e, tramite inversione, di ricostruire il modello di sottosuolo in termini di profondità e velocità delle onde di taglio.

L'indagine sismica è stata condotta su terreno naturale duro e asciutto in condizioni meteo buone, in presenza di vento di debole entità tale da non creare disturbo durante la registrazione.

Gli spettri delle singole componenti del moto non mostrano particolari andamenti imputabili a fonti di rumore antropico; anche l'accoppiamento dello strumento con il terreno risulta di buona qualità, dato che le tre curve presentano un andamento concordante, pertanto i picchi evidenziati nel diagramma HVSR sono da considerarsi naturali.

I diagrammi HVSR mostrano a 3,0 Hz, un picco generato dal contrasto di impedenza dovuto al passaggio tra le argille limose e/o viceversa di consistenza elevata e le ghiaie di addensamento medio evidenziate ad una profondità media di circa 12,60 m ad Est e 15,60 m nella fascia Nord/Ovest.

Tali picchi sono stati utilizzati per ancorare il diagramma H/V ai dati stratigrafici ricavando una curva H/V teorica che consente di stimare l'andamento della velocità sismica lungo la verticale indagata.

La buona sovrapposizione della curva sintetica H/V alla curva misurata, confermano la correttezza del modello di sottosuolo ottenuto con l'inversione.

La definizione dei sismostrati in termini di velocità delle onde di taglio permettono di calcolare il parametro Vs30 richiesto dall'attuale normativa, secondo l'equazione:

$$V_{s30} = 30 / \sum (h_i / V_{si})$$

dove:

h_i = spessore dello strato i-esimo;

V_{si} = velocità dello strato i-esimo.

Nel caso in esame per i valori considerati i terreni del primo sottosuolo con riferimento al p.c. presentano una Vs30 variabile da 206 m/s a 220 m/sec (fascia Est).

La frequenza caratteristica di risonanza del sito, ricavabile dal diagramma HVSR rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di doppia risonanza.

Categorie aggiuntive di sottosuolo

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{a,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Come riportato in precedenza, i terreni del primo sottosuolo, presentano una V_{s30} media compresa tra 206 m/sec e 220 m/sec, pertanto ricadono nella Categoria C, che comprende *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{sPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < C_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine”)*.

10.6. Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per configurazioni semplici può essere adottata la seguente tabella.

Tabella 3.2.IV

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$


Ad ogni categoria topografica è associato un coefficiente di amplificazione topografica come da tabella seguente:

Tabella 3.2.VI

CATEGORIA	T1	T2	T3	T4
COEFFICIENTE S_t	1	1,2	1,2	1,4

L'area in esame si pone in un settore di pressoché pianeggiante, perciò si configura una categoria topografica tipo T1 cui è associato un coefficiente di amplificazione topografica pari a 1,0.

In base ai risultati delle prove eseguite dallo Studio Geo-Probe, si assume un terreno di **Categoria C** ed una **categoria topografica T₁**.

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf	

4. EDIFICIO MONOPIANO

4.1. Descrizione generale della struttura

Il fabbricato oggetto della presente relazione è un edificio monopiano in muratura portante in blocchi semipieni.

La pianta è rettangolare di dimensioni pari a 5,2x3,9mt circa ed altezza di 3,8mt; le pareti sono realizzate in muratura a due teste per uno spessore complessivo di 28cm. La copertura è piana e si ipotizza che il solaio sia realizzato in latero-cemento ed ordito longitudinalmente.

Si riportano in seguito alcuni schemi grafici relativi alla struttura.

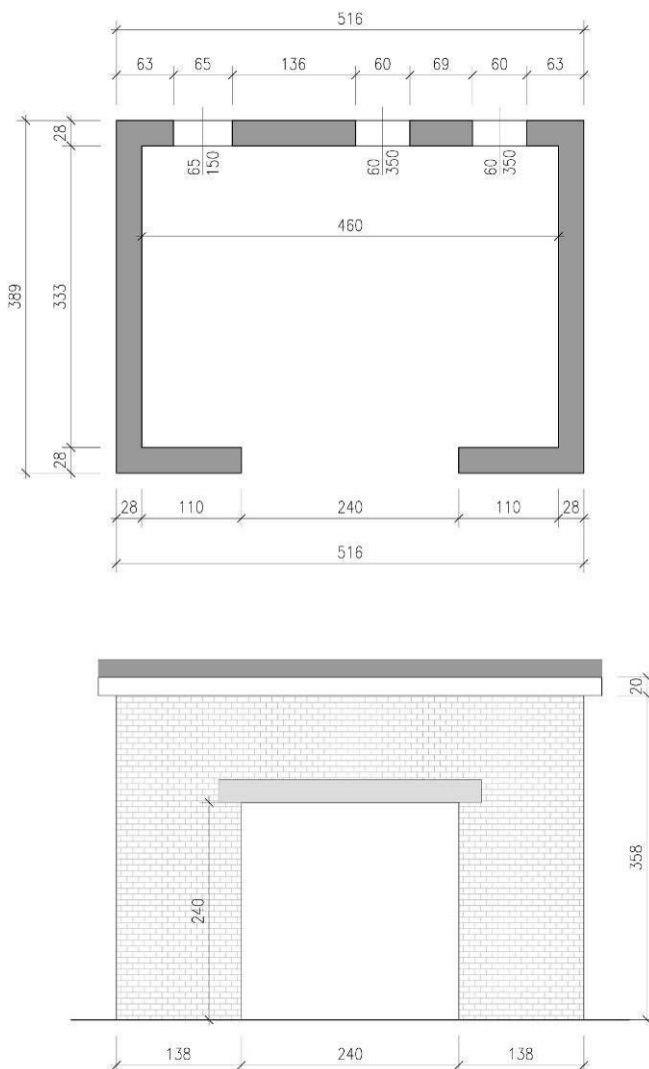



fig.2. Pianta e prospetto lato frontale del fabbricato

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

4.2. Documentazione fotografica


Di seguito si riportano alcune immagini dell'edificio scattate durante il sopralluogo effettuato.



fig.3. Fabbricato – vista frontale



fig.4. Fabbricato – vista interno

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcmdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

4.3. Azioni in condizioni statiche

4.3.1. Analisi dei carichi

La struttura esistente è soggetta ai carichi e sovraccarichi indicati in seguito.

Il peso proprio delle pareti è stato assunto direttamente dal programma.

Solaio di copertura: latero-cemento

Peso proprio elementi strutturali	325	daN/m ²
Peso proprio elementi non strutturali	50	daN/m ²
Sovraccarico variabile neve (q _s)	120	daN/m ²
Totale	495	daN/m²

4.3.2. Azioni variabili dovute alla neve

Il carico neve è valutato mediante la seguente espressione (§3.4.1. delle NTC2008):

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

Zona Neve = I Mediterranea

C_e (coeff. di esposizione al vento) = 1,00

C_t (coeff. termico) = 1,00

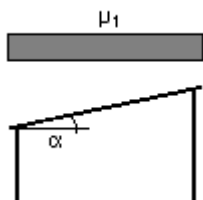
Valore caratteristico del carico al suolo (q_{sk} C_e) = 150 daN/m²

Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda $\alpha = 0,0^\circ$


$\mu_i = 0,80$ **q_s = 120 daN/m²**

Schema di carico:



4.3.3. Azioni variabili dovute al vento

Non vengono effettuate valutazioni specifiche inerenti le pressioni del vento in quanto per la tipologia in esame tali sovraccarichi risultano essere non dimensionanti.

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

4.4. Azione sismica di riferimento

Per le costruzioni soggette ad azioni sismiche si applica quanto riportato al § 2.4 delle NTC, relativamente a vita nominale (V_N), classi d'uso e periodo di riferimento per l'azione sismica (V_R).

L'opera in oggetto, è classificata in **classe I** in base alla normativa vigente (*NTC 2008 e Circolare 02/02/2009*).

I parametri della pericolosità sismica di base del sito in oggetto (e relativi parametri spettrali), correlati dai dati sulla vita nominale e classe d'uso della costruzione (la cui combinazione identifica il periodo di riferimento per l'azione sismica) sono riportati nelle figure seguenti.

Passo 1

Classe d'uso

☒ I edifici di minor importanza per la sicurezza pubblica (edifici agricoli...)

☐ II edifici ordinari

☐ III edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (scuole, teatri...)

☐ IV edifici la cui funzionalità ha importanza fondamentale per la protezione civile (ospedali, municipi...)

Osservazioni:

Pericolosità e zonazione

pericolosità sismica

☐ Modalità di progettazione semplificata per zona 4

Strutture esistenti

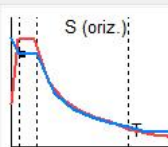
☒ LC1: conoscenza limitata

☐ LC2: conoscenza adeguata

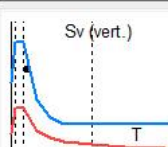
☐ LC3: conoscenza accurata

Fattore di confidenza FC: 1.35

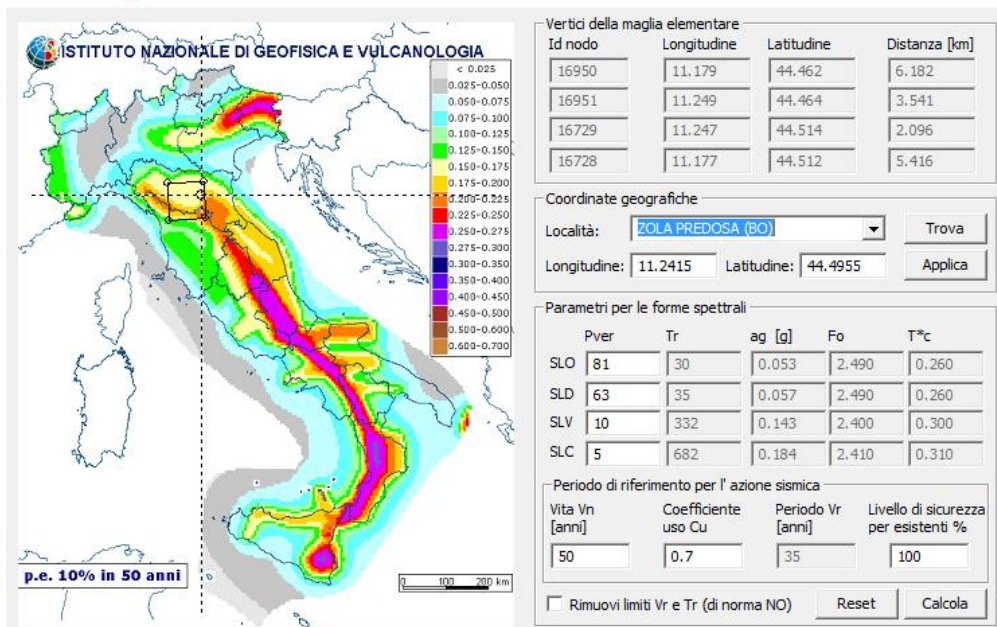
S (oriz.)




Sv (vert.)

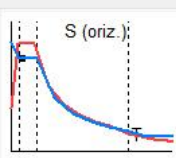
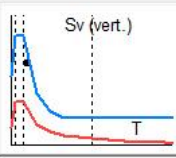


Valutazione della pericolosità sismica

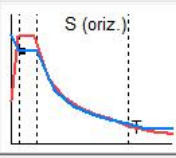
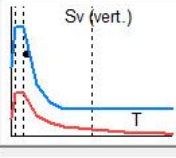


	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

Passo 2

Categoria di suolo di fondazione <input type="radio"/> A formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi <input type="radio"/> B depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti <input checked="" type="radio"/> C depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza <input type="radio"/> D depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente <input type="radio"/> E profili di terreno costituiti da stati superficiali alluvionali	Categoria topografica <input checked="" type="radio"/> T1 <input type="radio"/> T2 in sommità al pendio <input type="radio"/> T3 in cresta al rilievo con moderata pendenza <input type="radio"/> T4 in cresta al rilievo <input type="text" value="100"/> quota relativa (%)	 
Analisi dello smorzamento <input type="text" value="5"/> smorzamento (%) del suolo		

Passo 3

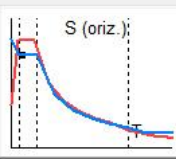
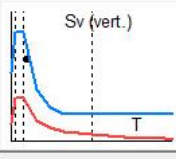
Parametri e fattori spettri									<input type="checkbox"/> Risposta Sismica Locale <input type="button" value="File RSL..."/> <input type="button" value="Infoma..."/>	 
S.L.	ag	eta	S	Fo	Fv	TB	TC	TD		
SLO	0.053	1.0	1.500	2.490	0.775	0.142	0.426	1.812		
SLD	0.057	1.0	1.500	2.490	0.800	0.142	0.426	1.826		
SLV	0.143		1.495	2.400	1.223	0.156	0.469	2.170		
SLC	0.184		1.434	2.410	1.394	0.160	0.479	2.335		
Verticale per tutti:			1.000			0.050	0.150	1.000		
Fattore di struttura q x-x: 2.8 q y-y: 2.8 q z-z: 1.5 <input type="button" value="Aiuto..."/>			Edifici isolati periodo Tis: 2.0 Smorz. esi: 10.0		Classe di duttilità <input type="radio"/> Alta <input checked="" type="radio"/> Bassa					


Accelerazioni spettrali per i periodi notevoli

S(T) per sisma dir x-x				S(T) per sisma dir y-y				S(T) per sisma dir z-z			
	T=0	T=TB-TC	T=TD		T=0	T=TB-TC	T=TD		T=0	T=TB-TC	T=TD
SLO	0.080	0.198	0.047	SLO	0.080	0.198	0.047	SLO	0.017	0.041	0.006
SLD	0.085	0.211	0.049	SLD	0.085	0.211	0.049	SLD	0.018	0.045	0.007
SLV	0.213	0.183	0.039	SLV	0.213	0.183	0.039	SLV	0.073	0.116	0.029
SLC	0.263	0.227	0.047	SLC	0.263	0.227	0.047	SLC	0.106	0.171	0.037

I tre valori notevoli dello spettro simbolicamente sono: "ag*S", "ag*S*eta*F" e "ag*S*eta*F*Tc/Td" [eta pari a 1/q per SLV e SLC]

Passo 4

Dati comuni per le analisi Quota spiccato [cm]: 0.0 Contributo carichi in fondazione: <input type="checkbox"/> Eccentricità aggiuntiva X: 5 Y: 5 Spost. relativo limite 1000/h: 3 5	Dati per analisi statica lineare e non lineare Altezza edificio [cm]: 368.0 <input type="radio"/> telai in acciaio <input checked="" type="radio"/> altri Fatt. Lambda [0.85 - 1]: 1.0 <input type="radio"/> telai in c.a. <input checked="" type="radio"/> utente Periodo T1 [prim. modo]: 0.199 dir. x-x: 0.199 dir. y-y: 0.199 dir. z-z: 0.199 Sd (T1) - SLU: 0.183 0.183 0.088 Se (T1) - SLD: 0.211 0.211 0.034	 
Dati per analisi dinamica N. modi: 25 N. modi rigidi: 0 Fattore per calcolo rigidezza secante: 1	opzione suggerita: <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> SI	

	<i>Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali</i> <i>Commessa: 2851</i>	<i>Rev.:00</i>	Data: 23.09.2016
	<i>Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa</i>	<i>File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf</i>	

4.5. Valutazioni sul fattore di struttura q adottato

La Circolare al § C8.7.1.2. prevede la possibilità di effettuare un'analisi lineare con fattore di struttura q, che consente di ridurre le ordinate dello spettro di risposta elastico.

Il fattore q adottato è stato ottenuto dalla seguente relazione:

$q = 2,0 \alpha_w / \alpha_1$ per edifici regolari in elevazione

$\alpha_w / \alpha_1 = 1,4$ per costruzioni in muratura ordinaria ad un piano

Pertanto il fattore di struttura assunto nelle analisi è pari a:

$$q = 2,0 \cdot 1,4 = 2,8$$

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcmdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

4.6. Casi di carico e Combinazioni dei carichi

Si riportano i casi di carico elementari introdotte nel modello f.e.m.

Il programma consente l'applicazione di diverse tipologie di casi di carico.

Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

	<i>Sigla</i>	<i>Tipo</i>	<i>Descrizione</i>
1	Ggk	A	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	NA	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	NA	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	A	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	A	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	Qtk	SA	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	Qvk	NA	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	Esk	SA	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	Edk	SA	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	Etk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
12	Pk	NA	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

Sono di tipo automatico A (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico: 1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

Sono di tipo semi-automatico SA (ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:

7-Qtk, in quanto richiede solo il valore della variazione termica;

9-Esk e 10-Edk, in quanto richiedono il valore dell'angolo di ingresso del sisma e l'individuazione dei casi di carico partecipanti alla definizione delle masse.

Sono di tipo non automatico NA ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali (si veda il precedente punto Modellazione delle Azioni) i restanti casi di carico.

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura, con l'indicazione dei dati

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf	

relativi al caso di carico stesso:

Numero Tipo e Sigla identificativa, Valore di riferimento del caso di carico (se previsto).

In successione, per i casi di carico non automatici, viene riportato l'elenco di nodi ed elementi direttamente caricati con la sigla identificativa del carico.

Per i casi di carico di tipo sismico (9-Esk e 10-Edk), viene riportata la tabella di definizione delle masse: per ogni caso di carico partecipante alla definizione delle masse viene indicata la relativa aliquota (partecipazione) considerata. Si precisa che per i caso di carico 5-Qsk e 6-Qnk la partecipazione è prevista localmente per ogni elemento solaio o copertura presente nel modello (si confronti il valore Sksol nel capitolo relativo agli elementi solaio) e pertanto la loro partecipazione è di norma pari a uno.

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Qnk	CDC=Qnk (carico da neve)	
4	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. 0)	partecipazione:1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura)
			partecipazione:1.00 per 2 CDC=G1sk (permanente solai-coperture)
			partecipazione:1.00 per 3 CDC=Qnk (carico da neve)
5	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
6	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
7	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
11	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
12	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcmdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

Per la combinazione dell'azione sismica con le altre azioni valgono i criteri di cui al § 3.2.4 delle NTC. Le diverse componenti dell'azione sismica vengono combinate con i criteri riportati al § 7.3.5.

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

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

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

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$

- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$

- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6):


$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omissi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .


Vengono specificati anche i coefficienti ψ adottati per le varie tipologie di sovraccarichi variabili.

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{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 Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0


	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcmdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 1	
2	SLU	Comb. SLU A1 2	
3	SLU	Comb. SLU A1 3	
4	SLU	Comb. SLU A1 4	
5	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 5	
6	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 6	
7	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 7	
8	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 8	
9	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 9	
10	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 10	
11	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 11	
12	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 12	
13	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 13	
14	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 14	
15	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 15	
16	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 16	
17	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 17	
18	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 18	
19	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 19	
20	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 20	
21	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 21	
22	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 22	
23	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 23	
24	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 24	
25	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 25	
26	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 26	
27	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 27	
28	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 28	
29	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 29	
30	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 30	
31	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 31	
32	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 32	
33	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 33	
34	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 34	
35	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 35	
36	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 36	
37	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 37	
38	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 38	
39	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 39	
40	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 40	
41	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 41	
42	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 42	
43	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 43	
44	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 44	
45	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 45	
46	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 46	
47	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 47	
48	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 48	
49	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 49	
50	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 50	
51	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 51	
52	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 52	
53	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 53	
54	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 54	
55	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 55	
56	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 56	
57	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 57	
58	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 58	
59	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 59	
60	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 60	
61	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 61	
62	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 62	
63	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 63	
64	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 64	


	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcmdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
65	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 65	
66	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 66	
67	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 67	
68	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 68	
69	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 69	
70	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 70	
71	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 71	
72	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 72	
73	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 73	
74	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 74	
75	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 75	

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...
1	1.30	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
2	1.30	1.30	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
3	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
4	1.00	1.00	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
5	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
6	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
7	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
8	1.00	1.00	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
9	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
10	1.00	1.00	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
11	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
12	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
13	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
14	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
15	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
16	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	
17	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	
18	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	
19	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	
20	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
21	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
22	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
23	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
24	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	
25	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	
26	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	
27	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	
28	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
29	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
30	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
31	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
32	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
33	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
34	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
35	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
36	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
37	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
38	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
39	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
40	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
41	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
42	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
43	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	
44	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	
45	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	
46	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	
47	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	
48	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30	
49	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30	

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...
50	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30	
51	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30	
52	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	
53	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	
54	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	
55	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	
56	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	
57	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	
58	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	
59	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	
60	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	
61	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	
62	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	
63	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	
64	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	
65	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	
66	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0	
67	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0	
68	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00	
69	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00	
70	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00	
71	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00	
72	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	
73	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	
74	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	
75	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcmdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

4.7. Livelli di conoscenza e fattori di confidenza

4.7.1. Premesse, definizioni e metodo

Tenuto conto della fondamentale importanza che, nello studio delle costruzioni esistenti, riveste la conoscenza delle strutture medesime (con particolare riferimento alla loro geometria, ai particolari costruttivi ed alle caratteristiche dei materiali impiegati per la costruzione), le norme definiscono ed impongono l'utilizzo nelle analisi dei così detti Fattori di Confidenza (DM14/01/2008 punto 8.2, Circ. Min. n. 617 Appendice C8A) mediante i quali, nella sostanza, si riducono i valori medi di resistenza dei materiali e si ricavano i valori da adottare in sede di esecuzione delle verifiche. Il valore che, volta per volta, deve essere adottato per detti Fattori di Confidenza discende strettamente dal Livello di Conoscenza conseguito nelle indagini.

La relazione tra livelli di conoscenza e fattori di confidenza è illustrata nella tabella di seguito riportata (si noti che la medesima tabella definisce, in funzione del livello di conoscenza, il metodo di analisi da utilizzare per l'individuazione dei livelli di sicurezza).

Tabella C8A.1.2 – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza per edifici in calcestruzzo armato o in acciaio

Livello di Conoscenza	Geometria (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e limitate verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e limitate prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1.35
LC2		Disegni costruttivi incompleti con limitate verifiche in situ oppure estese verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con limitate prove in-situ oppure estese prove in-situ	Tutti	1.20
LC3		Disegni costruttivi completi con limitate verifiche in situ oppure esaustive verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto con estese prove in situ oppure esaustive prove in-situ	Tutti	1.00

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcmdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

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		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		1.35
LC2	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 estese ed esaustive	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	Tutti	1.20
LC3			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

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

4.7.2. Il livello di conoscenza

Come si può evincere dall'esame della tabella dianzi riportata, le fonti da considerare per la acquisizione dei dati necessari sono:


- ❖ documenti di progetto con particolare riferimento a relazioni geologiche, geotecniche e strutturali ed elaborati grafici strutturali;
- ❖ eventuale documentazione acquisita in tempi successivi alla costruzione;
- ❖ rilievo strutturale geometrico e dei dettagli esecutivi;
- ❖ prove in situ e in laboratorio volte all'individuazione delle caratteristiche dei materiali impiegati per la costruzione.

In generale dovranno quindi essere acquisiti dati sugli aspetti seguenti:

- ❖ identificazione delle categorie di suolo secondo quanto indicato al punto 3.2.2 del D.M. 14/01/2008;
- ❖ identificazione dell'organismo strutturale e verifica del rispetto dei criteri di regolarità sulla base dei disegni originali di progetto opportunamente verificati con indagini in situ;
- ❖ informazione sulle dimensioni geometriche degli elementi strutturali, dei quantitativi delle armature, delle proprietà meccaniche dei materiali, dei collegamenti;
- ❖ informazioni su possibili difetti locali dei materiali e su possibili difetti nei particolari costruttivi (dettagli delle armature, eccentricità travi-pilastro, eccentricità pilastro-pilastro, collegamenti trave-colonna e colonna-fondazione, etc.);
- ❖ informazioni sulle norme impiegate nel progetto originale incluso il valore delle eventuali azioni sismiche di progetto;
- ❖ descrizione della classe d'uso, della categoria e della vita nominale secondo il punto 2.4 del D.M. 14/01/2008;
- ❖ rivalutazione dei carichi variabili, in funzione della destinazione d'uso.

Come si può evincere dall'esame della tabella dianzi riportata, ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti:

- ❖ LC1: Conoscenza Limitata;
- ❖ LC2: Conoscenza Adeguata;
- ❖ LC3: Conoscenza Accurata.

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf	

4.7.3. I fattori di confidenza

Ai fattori di confidenza indicati nella Tabella C8A.1 si affida il duplice compito:

- ❖ definire le resistenze dei materiali da utilizzare nelle formule di capacità delle strutture duttili e fragili (le resistenze medie, ottenute dalle prove in situ e dalle informazioni aggiuntive, sono infatti divise per i fattori di confidenza);
- ❖ tenere conto delle differenze di comportamento di elementi duttili e fragili nell'ambito della medesima costruzione (in questo caso le resistenze medie degli elementi duttili, ottenute dalle prove in situ e dalle informazioni aggiuntive, sono infatti moltiplicate per i fattori di confidenza).

Si intende che i fattori di confidenza possono anche essere valutati in modo differenziato per i diversi materiali, sulla base di considerazioni statistiche condotte su un insieme significativo di dati raccolti per gli elementi in esame e mediante l'utilizzo di metodi di valutazione di comprovata validità.

4.8. Materiali adottati per le verifiche

Sulla base delle caratteristiche minime relative ai materiali strutturali impiegabili, sono di seguito attribuite le proprietà meccaniche dei materiali strutturali dei manufatti.

A partire dalla tabella C8A.2.1. della Circolare si sono ottenuti i seguenti valori dei parametri meccanici della muratura delle pareti del fabbricato, costituite da *mattoni semipieni con malta cementizia*:


f_m	resistenza media a compressione	5,00	N/mm ²
E	modulo di elasticità normale	4550	N/mm ²
G	modulo di elasticità tangenziale	1137,5	N/mm ²
γ	peso specifico	15	kN/m ³

Per la verifica è stato adottato un coefficiente di sicurezza sui materiali γ_M pari a 2.

Essendo in LC1 (livello di conoscenza limitata) è stato impiegato un fattore di confidenza pari a FC = 1,35.

Pertanto la resistenza di calcolo a compressione delle pareti risulta:

$$f_d = \frac{f_m}{FC \cdot \gamma_M} = \frac{5,00}{1,35 \cdot 2} = 1,85 \text{ N/mm}^2$$

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf	

4.9. Criteri di valutazione e modellazione

Nella definizione del modello strutturale, si è tenuto conto del fatto che (DM 14/01/2008 punto 8.2):

- ❖ la geometria e i dettagli costruttivi sono definiti e la loro conoscenza dipende solo dalla documentazione disponibile e dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive;
- ❖ la conoscenza delle proprietà meccaniche dei materiali non risente delle incertezze legate alla produzione e posa in opera ma solo della omogeneità dei materiali stessi all'interno della costruzione, del livello di approfondimento delle indagini conoscitive e dell'affidabilità delle stesse;
- ❖ i carichi permanenti sono definiti e la loro conoscenza dipende dal livello di approfondimento delle indagini conoscitive.

Ciò premesso, l'analisi del comportamento delle costruzioni è stata condotta attraverso la messa a punto dei necessari ed adeguati modelli numerici. La modellazione della struttura deve riproporre il più fedelmente possibile la geometria e le condizioni di vincolo in essere; particolare cura deve essere dedicata alla modellazione dell'impalcato, la cui rigidità nel piano influenza in modo determinante la modalità di distribuzione delle azioni tra gli elementi verticali. Per determinare le azioni agenti sulla struttura è stato realizzato un modello tridimensionale agli elementi finiti (FEM), attraverso l'utilizzo del software PRO_SAP prodotto dalla 2S.I. di Ferrara.

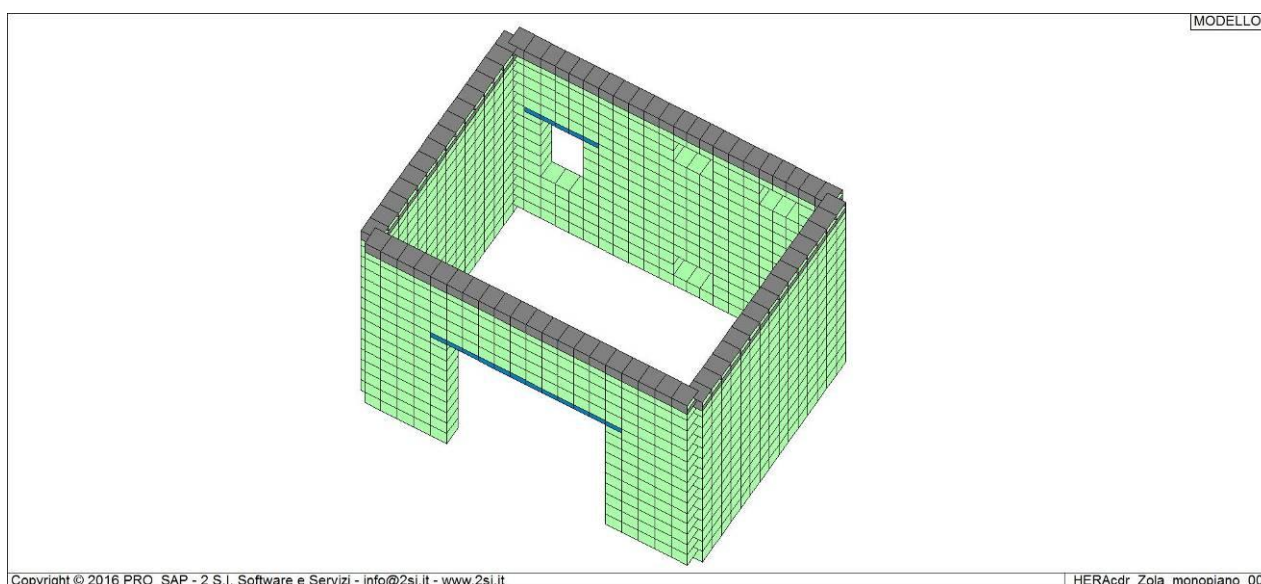



fig.5. Vista solida modello f.e.m.

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf	

Si evidenziano i seguenti aspetti rilevanti ai fini della modellazione numerica:

- ❖ la struttura in elevazione è stata verificata mediante un modello f.e.m. con nodi al piede incastrati;
- ❖ gli impalcati, poiché realizzati in latero-cemento con soletta collaborante, sono considerati infinitamente rigidi;
- ❖ le pareti in muratura sono state modellate mediante elementi tipo *shell*.

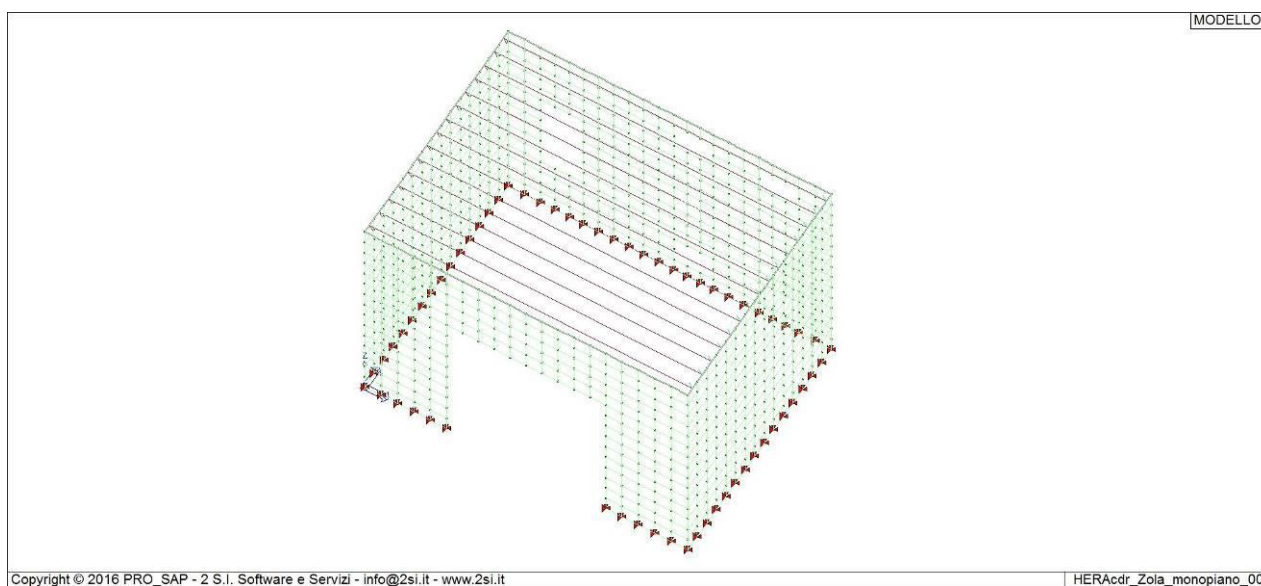


fig.6. Vista unifilare modello f.e.m. con vincoli in evidenza

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf	

4.10. Numerazione delle pareti

Lo schema resistente è composto da elementi murari portanti disposti in direzione X e da elementi in direzione Y. A ciascun elemento è stato associato un codice identificativo alfanumerico. La prima lettera indica la direzione (X o Y), mentre a seguire i numeri indicano il progressivo.

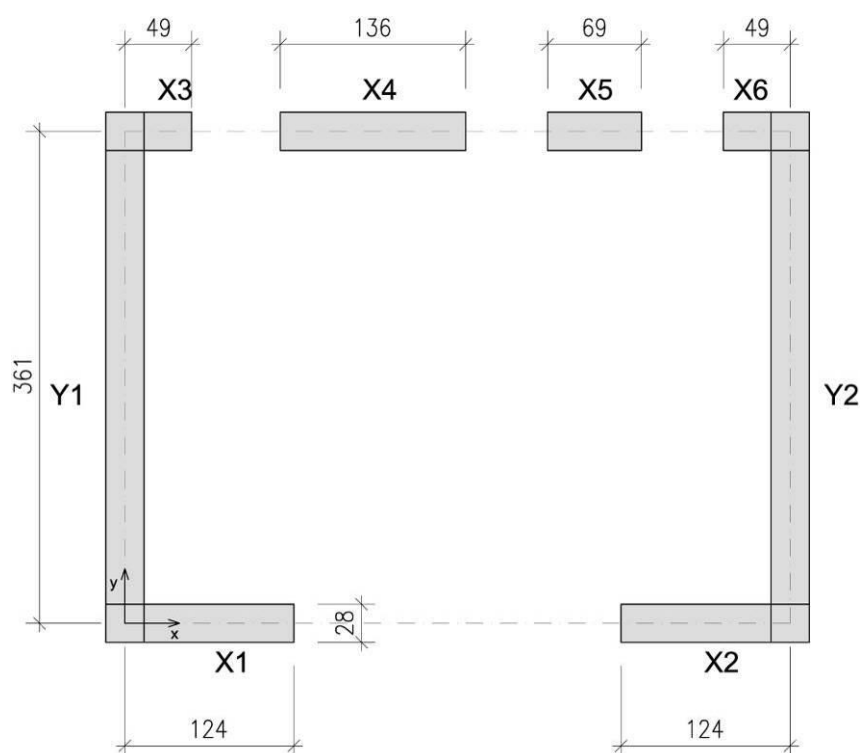



fig.7. Pianta del fabbricato: numerazione maschi murari

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcmdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

4.11. Metodi di analisi e sintesi analisi sismica

Il metodo di analisi utilizzato per la valutazione delle azioni sismiche sulla struttura è l'analisi modale con spettro di risposta.

4.11.1. Valutazione dell'azione sismica

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Per punti non coincidenti con il reticolo di riferimento e periodi di ritorno non contemplati direttamente si opera come indicato nell'allegato alle NTC (rispettivamente media pesata e interpolazione).

L'azione sismica viene definita in relazione ad un periodo di riferimento V_r che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{ver} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;

F_0 : 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;

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita V_n [anni]	Coeff. Uso	Periodo V_r [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
I	50.0	0.7	35.0	C	T1

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali riportati in tabella:

S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_s \cdot S_t$ (3.2.5);


F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale;

F_v è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima verticale, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ag su sito di riferimento rigido orizzontale;

T_b è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

T_c è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante;

T_d è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcmdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
Loc.	11.242	44.496	Km
16950	11.179	44.462	6.182
16951	11.249	44.464	3.541
16729	11.247	44.514	2.096
16728	11.177	44.512	5.416

SL	Pver	Tr	ag	Fo	T*c
		Anni	g		sec
SLO	81.0	30.0	0.053	2.490	0.260
SLD	63.0	35.0	0.057	2.490	0.260
SLV	10.0	332.0	0.143	2.400	0.300
SLC	5.0	682.0	0.184	2.410	0.310

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec
SLO	0.053	1.500	2.490	0.775	0.142	0.426	1.812
SLD	0.057	1.500	2.490	0.800	0.142	0.426	1.826
SLV	0.143	1.495	2.400	1.223	0.156	0.469	2.170
SLC	0.184	1.434	2.410	1.394	0.160	0.479	2.335

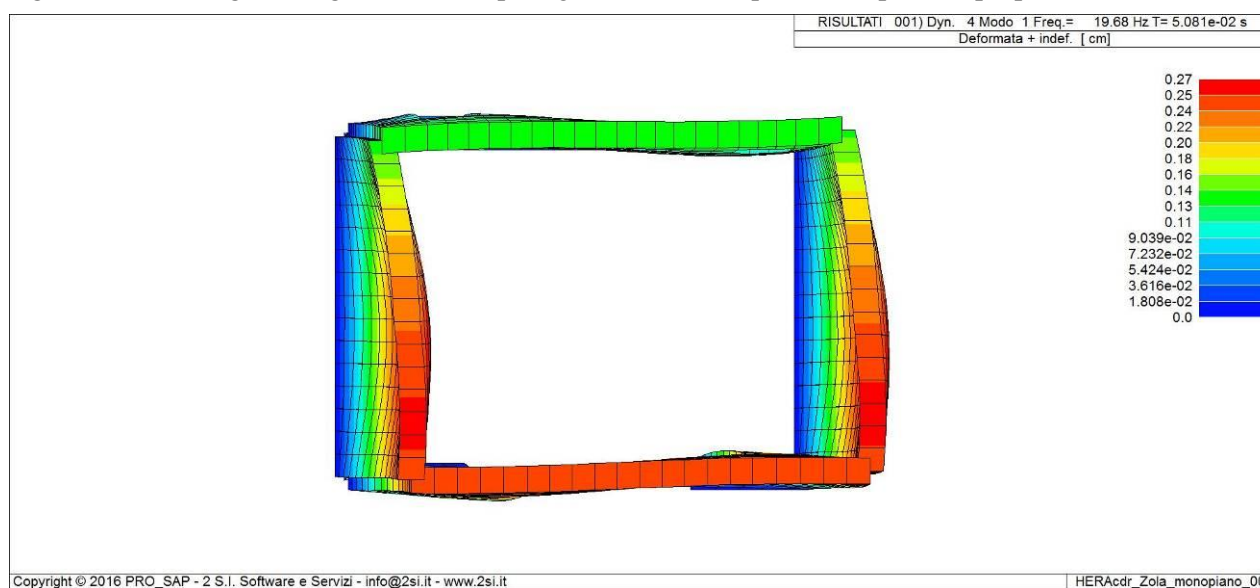
CDC	Tipo	Sigla Id	Note
4	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. 0)	
			verifica esistenti: fattore FC 1.350
			categoria suolo: C
			fattore di sito S = 1.495
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.183 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: nulla
			periodo proprio T1: 0.049 sec.
			fattore di struttura q: 2.800
			fattore per spost. mu d: 10.000
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 25
			combinaz. modale: CQC

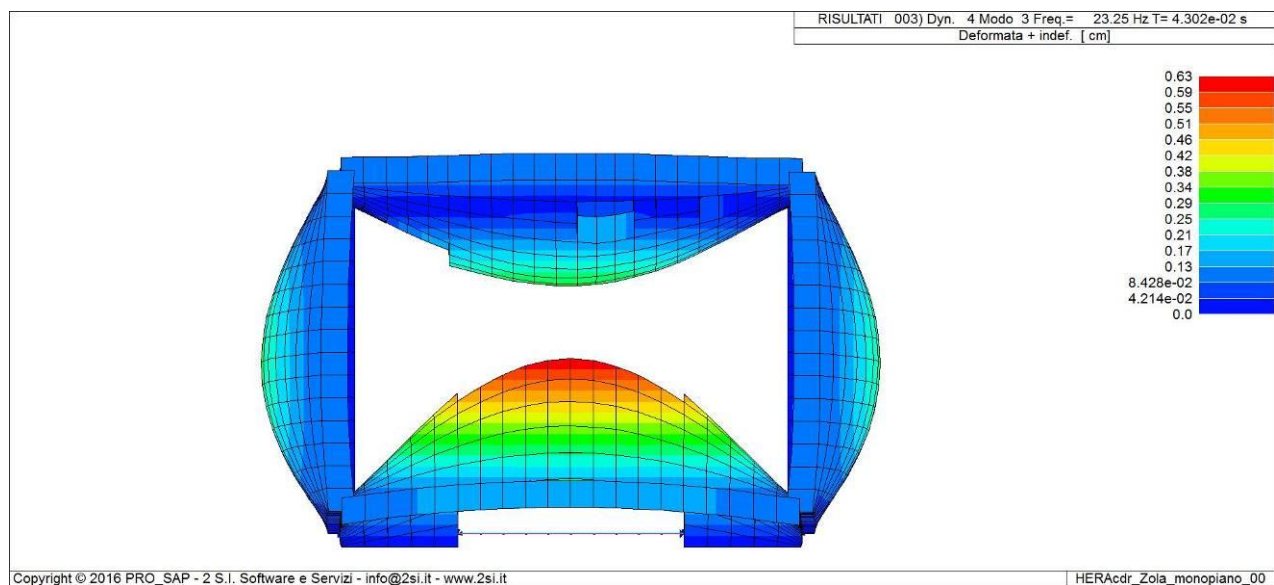
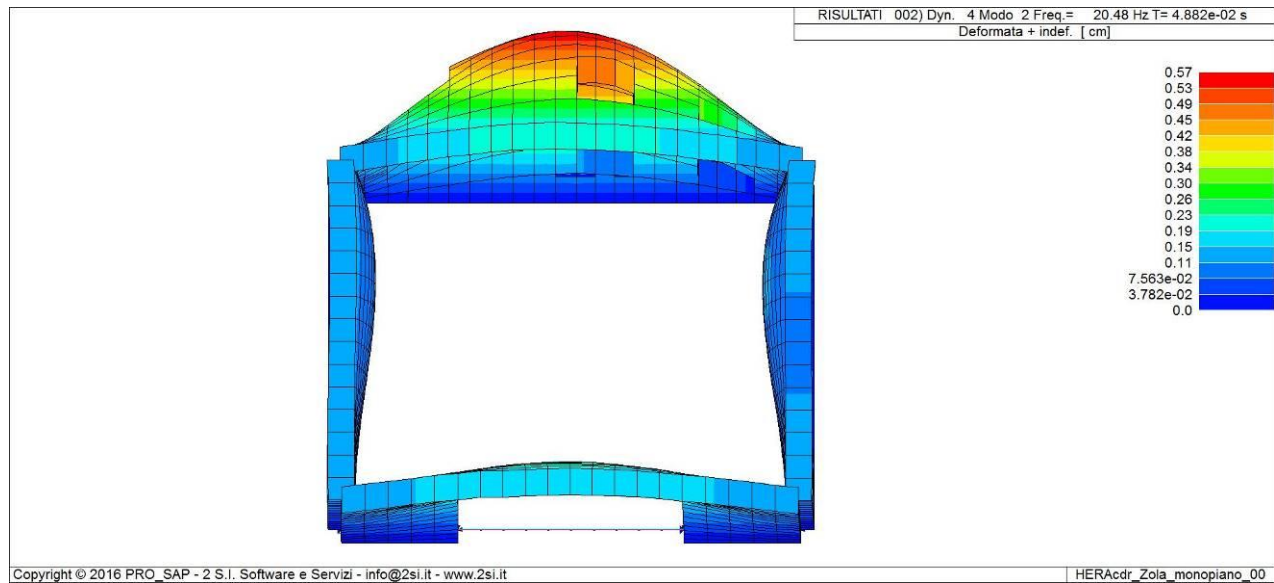
Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	rapp. r/Ls	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
m	daN	m	m	m	m	m	m			
3.68	8977.47	2.44	1.80	0.0	0.0	2.44	0.67	1.439	0.0	0.217
3.43	1687.80	2.40	1.74	0.0	0.0	2.44	0.61	1.435	0.014	0.214
3.19	1625.97	2.36	1.67	0.0	0.0	2.44	1.70	1.419	0.030	0.003
2.94	1687.80	2.40	1.74	0.0	0.0	2.44	1.80	1.420	0.015	0.007
2.70	1749.62	2.44	1.80	0.0	0.0	2.44	1.80	1.420	0.0	7.1366e-04
2.45	2154.96	2.35	1.67	0.0	0.0	2.44	1.74	1.419	0.038	0.007
2.21	1435.35	2.52	2.03	0.0	0.0	2.44	1.74	1.419	0.030	0.034
1.96	1435.35	2.52	2.03	0.0	0.0	2.44	1.74	1.419	0.030	0.034
1.72	1435.35	2.52	2.03	0.0	0.0	2.44	1.74	1.419	0.030	0.034
1.47	1435.35	2.52	2.03	0.0	0.0	2.44	1.74	1.419	0.030	0.034
1.23	1435.35	2.52	2.03	0.0	0.0	2.44	1.74	1.419	0.030	0.034
0.98	1468.84	2.48	2.07	0.0	0.0	2.44	1.80	1.420	0.015	0.032
0.74	1440.50	2.40	2.04	0.0	0.0	2.44	1.70	1.419	0.017	0.039
0.49	1378.68	2.35	1.97	0.0	0.0	2.44	1.70	1.419	0.036	0.031
0.25	1440.50	2.40	2.04	0.0	0.0	2.44	1.80	1.420	0.017	0.028
Risulta	3.079e+04									


Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	19.680	0.051	0.203	2.442e+04	79.3	12.08	3.92e-02	5.92e-03	1.92e-05	0.0	0.0
2	20.482	0.049	0.203	8.50	2.76e-02	1.747e+04	56.7	0.13	4.35e-04	0.0	0.0
3	23.245	0.043	0.205	0.50	1.62e-03	3962.15	12.9	0.08	2.47e-04	0.0	0.0
4	31.352	0.032	0.207	270.26	0.9	1187.85	3.9	0.48	1.55e-03	0.0	0.0
5	31.709	0.032	0.207	264.69	0.9	1464.30	4.8	0.95	3.10e-03	0.0	0.0
6	33.114	0.030	0.207	38.38	0.1	38.96	0.1	6.57e-03	2.13e-05	0.0	0.0
7	36.562	0.027	0.208	3.16	1.03e-02	362.47	1.2	0.03	9.88e-05	0.0	0.0
8	37.501	0.027	0.208	737.40	2.4	3.86	1.25e-02	0.19	6.08e-04	0.0	0.0
9	49.093	0.020	0.209	21.33	6.93e-02	22.31	7.25e-02	0.01	3.47e-05	0.0	0.0
10	52.060	0.019	0.209	298.25	1.0	49.25	0.2	2.13	6.93e-03	0.0	0.0
11	52.635	0.019	0.209	63.00	0.2	0.10	3.26e-04	9.02	2.93e-02	0.0	0.0
12	55.012	0.018	0.209	8.12	2.64e-02	1773.40	5.8	11.77	3.82e-02	0.0	0.0
13	62.738	0.016	0.210	1.30	4.23e-03	69.97	0.2	0.90	2.91e-03	0.0	0.0
14	66.844	0.015	0.210	1439.68	4.7	0.77	2.51e-03	3.78	1.23e-02	0.0	0.0
15	70.951	0.014	0.210	0.31	1.00e-03	130.35	0.4	7378.27	24.0	0.0	0.0
16	74.773	0.013	0.210	0.41	1.34e-03	136.95	0.4	4299.97	14.0	0.0	0.0
17	75.812	0.013	0.210	93.35	0.3	9.84	3.19e-02	3.35	1.09e-02	0.0	0.0
18	76.343	0.013	0.210	0.23	7.44e-04	4.97	1.61e-02	20.03	6.51e-02	0.0	0.0
19	76.873	0.013	0.210	9.58	3.11e-02	0.75	2.43e-03	167.62	0.5	0.0	0.0
20	77.922	0.013	0.211	2.49	8.09e-03	89.50	0.3	53.04	0.2	0.0	0.0
21	78.124	0.013	0.211	3.66	1.19e-02	1.14	3.70e-03	28.01	9.10e-02	0.0	0.0
22	81.098	0.012	0.211	39.65	0.1	15.21	4.94e-02	101.07	0.3	0.0	0.0
23	81.451	0.012	0.211	280.44	0.9	0.09	2.93e-04	60.89	0.2	0.0	0.0
24	83.737	0.012	0.211	2.41	7.82e-03	227.28	0.7	1.179e+04	38.3	0.0	0.0
25	85.670	0.012	0.211	0.81	2.64e-03	508.30	1.7	344.99	1.1	0.0	0.0
Risulta				2.801e+04		2.754e+04		2.428e+04			
In percentuale				90.97		89.46		78.86			

4.11.2. Rappresentazione delle configurazioni deformate

Si rappresentano le deformate modali relative ai primi tre modi di vibrare propri della struttura (nella legenda dell'immagine vengono indicati, per ogni modo, la frequenza e il periodo proprio).



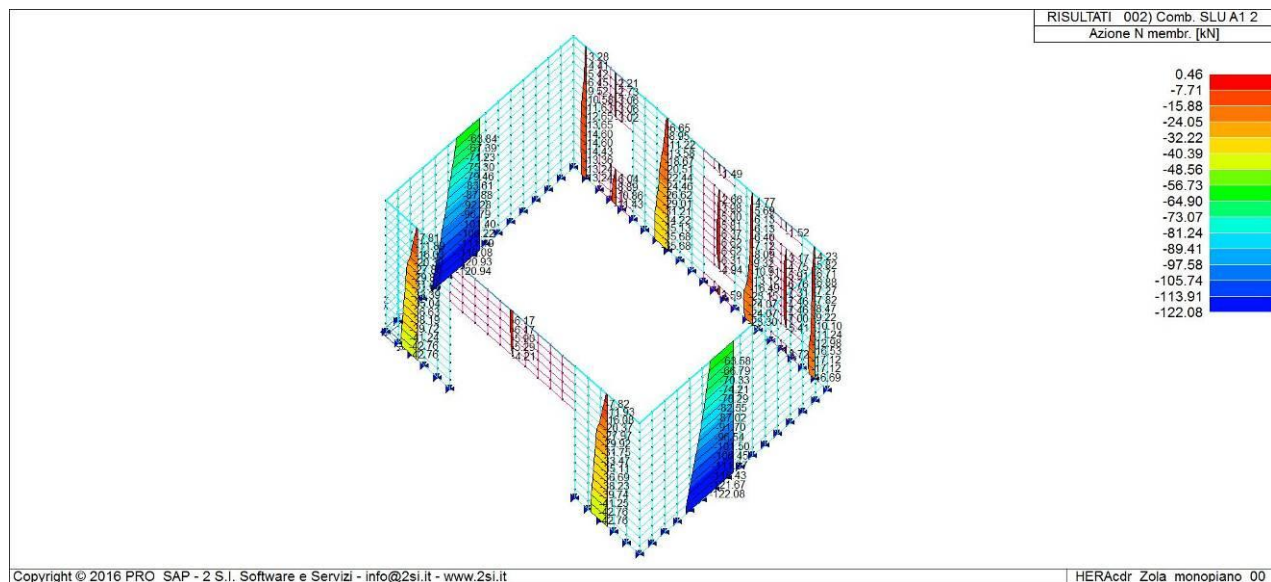


	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

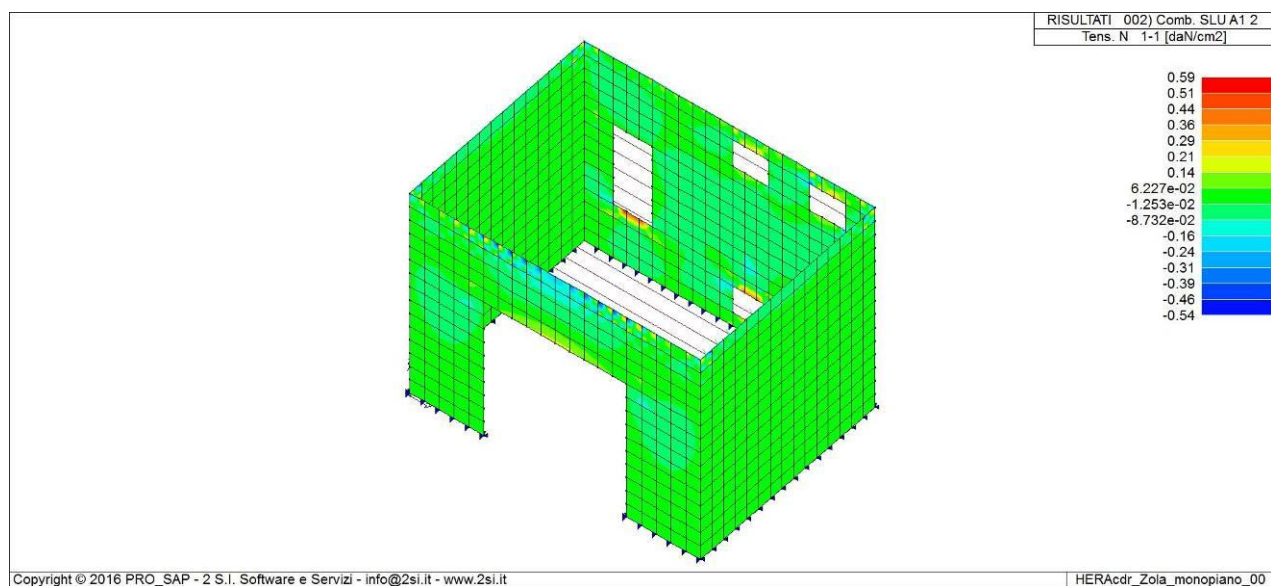
4.12. Verifica nei confronti dei carichi statici


4.12.1. Sollecitazioni membrature principali

Si riportano le massime sollecitazioni assiali associate ai maschi murari in combinazione SLU.



Si riportano inoltre le tensioni di compressione della muratura in combinazione SLU per valutarne la distribuzione e i valori massimi.



	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcmdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

4.12.2. Verifiche membrature principali

In relazione alle combinazioni di carico statiche (SLU) vengono condotte le verifiche per i maschi murari. Le ipotesi per quanto riguarda la modellazione numerica e la caratterizzazione dei materiali sono le medesime adottate per le verifiche numeriche associate alle combinazioni sismiche.

Verifica N-M

I fenomeni del secondo ordine possono essere controllati mediante la *snellezza convenzionale* della parete, definita dal rapporto:

$$\lambda = h_0 / t \quad (4.5.1)$$

dove h_0 è la lunghezza libera di inflessione della parete valutata in base alle condizioni di vincolo ai bordi espresse dalla (4.5.6) e t è lo spessore della parete.

Il valore della snellezza λ non deve risultare superiore a 20.

Per la verifica a presso flessione per carichi laterali, nel caso di adozione dell'ipotesi di articolazione completa delle estremità della parete (v. § 4.5.5), è consentito far riferimento al metodo semplificato di seguito riportato.

La resistenza unitaria di progetto ridotta $f_{d,rid}$ riferita all'elemento strutturale si assume pari a

$$f_{d,rid} = \Phi f_d \quad (4.5.5)$$

in cui Φ è il coefficiente di riduzione della resistenza del materiale, riportato in Tab. 4.5.III in funzione della snellezza convenzionale λ e del coefficiente di eccentricità m definito più avanti (equazione 4.5.7).

Per valori non contemplati in tabella è ammessa l'interpolazione lineare; in nessun caso sono ammesse estrapolazioni.

Tabella 4.5.III - Valori del coefficiente Φ con l'ipotesi della articolazione (a cerniera)

Snellezza λ	Coefficiente di eccentricità $m=6$ e/t				
	0	0,5	1,0	1,5	2,0
0	1,00	0,74	0,59	0,44	0,33
5	0,97	0,71	0,55	0,39	0,27
10	0,86	0,61	0,45	0,27	0,16
15	0,69	0,48	0,32	0,17	---
20	0,53	0,36	0,23	---	---

Per la valutazione della snellezza convenzionale λ della parete secondo l'espressione (4.5.1) la lunghezza libera d'inflessione del muro h_0 è data dalla relazione

$$h_0 = \rho h \quad (4.5.6)$$

in cui il fattore ρ tiene conto dell'efficacia del vincolo fornito dai muri ortogonali e h è l'altezza interna di piano; ρ assume il valore 1 per muro isolato, e i valori indicati nella Tab. 4.5.IV, quando il muro non ha aperture ed è irrigidito con efficace vincolo da due muri trasversali di spessore non inferiore a 200 mm, e di lunghezza l non inferiore a $0,3 h$, posti ad interasse a .

Tabella 4.5.IV - Fattore laterale di vincolo

h/a	ρ
$h/a \leq 0,5$	1
$0,5 < h/a \leq 1,0$	$3/2 - h/a$
$1,0 < h/a$	$1/[1+(h/a)^2]$

Se un muro trasversale ha aperture, si ritiene convenzionalmente che la sua funzione di irrigidimento possa essere espletata quando lo stipite delle aperture disti dalla superficie del muro irrigidito almeno $1/5$ dell'altezza del muro stesso; in caso contrario si assume $\rho = 1$.

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf	

Nella tabella sottostante si riportano gli esiti delle verifiche relative ai maschi murari, indicando per ognuno il seguente rapporto:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{Rd}}$$

con

$$N_{Rd} = f_{d,rid} \cdot A$$

dove A è l'area della sezione del maschio murario ed N_{Ed} è lo sforzo normale sollecitante.

La verifica è soddisfatta se il valore massimo risulta < 1

PARETE	PRESSOFLESSIONE
X1	0,16
X2	0,16
X3	0,13
X4	0,12
X5	0,16
X6	0,16
Y1	0,16
Y2	0,16
Max N_{Ed}/N_{Rd}	0,16

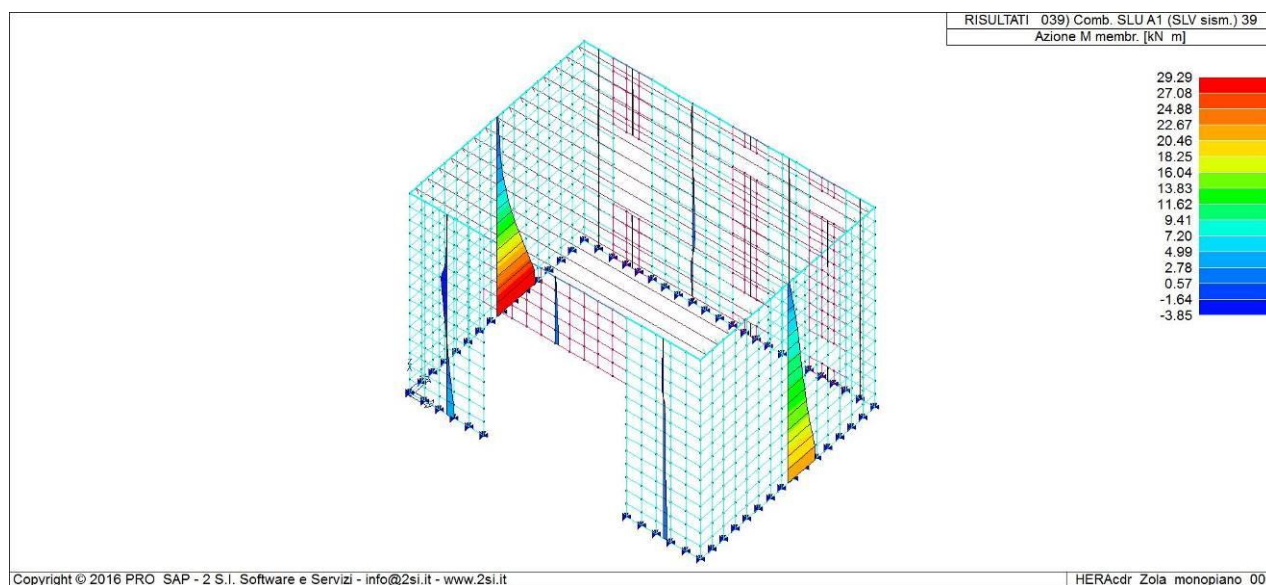
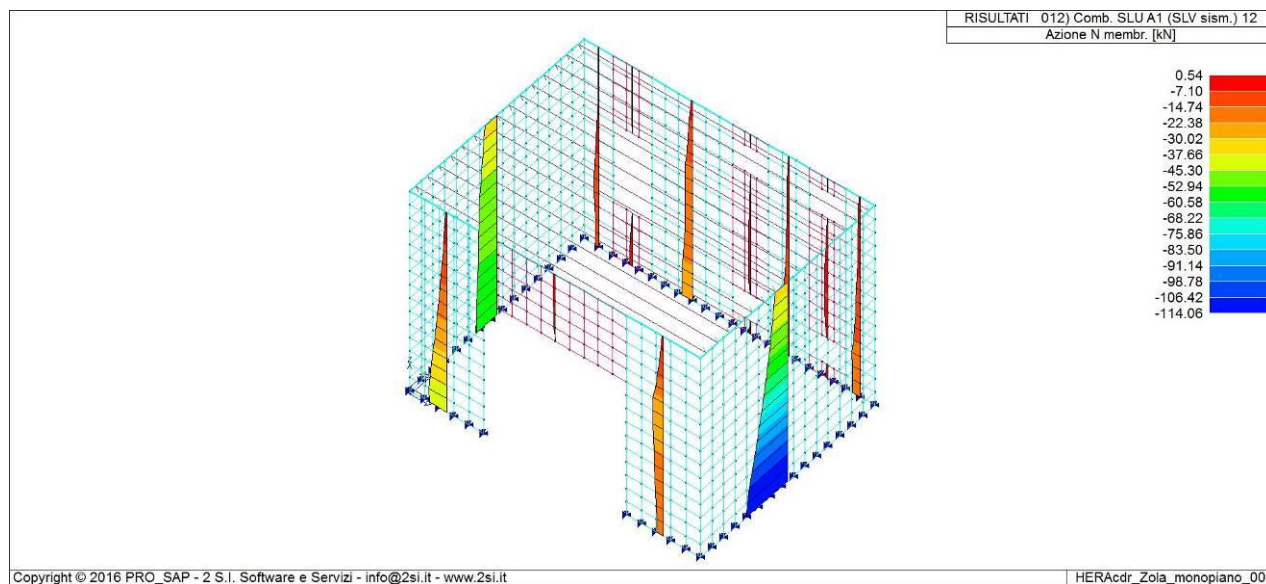
4.13. Verifiche SLV - Analisi dei meccanismi globali

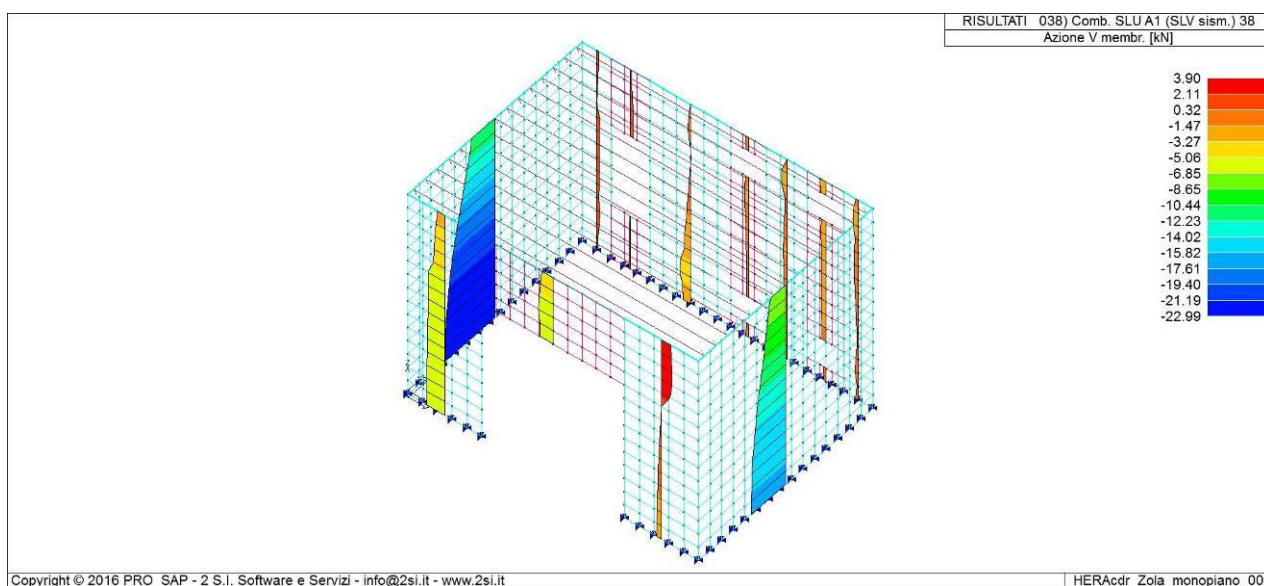
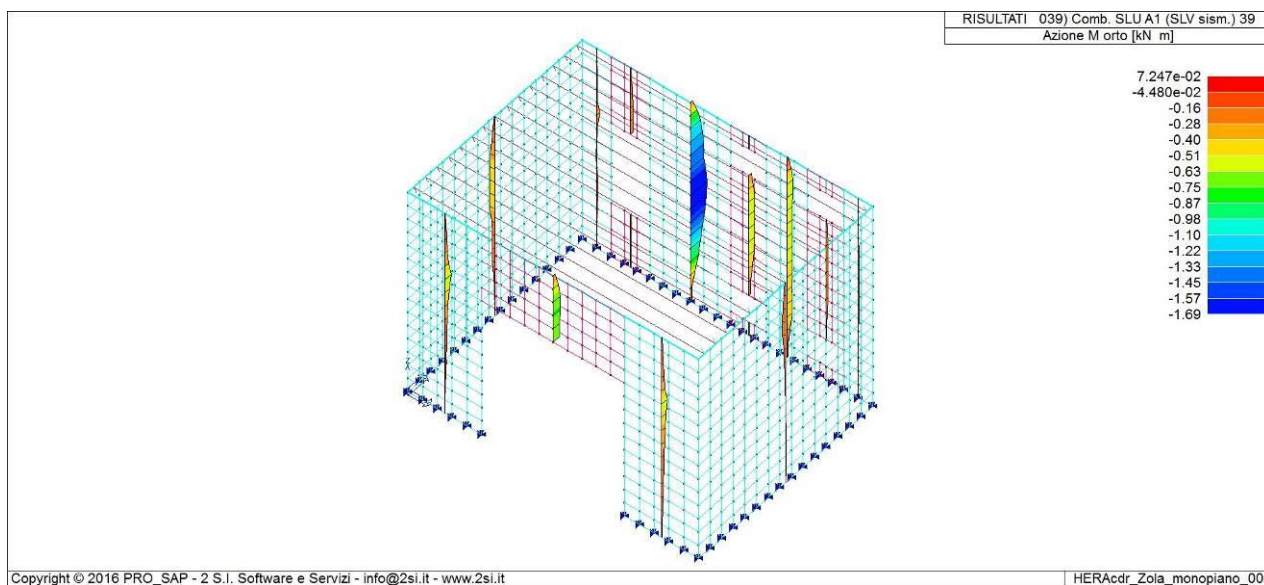
4.13.1. Sollecitazioni membrature principali (SLV)

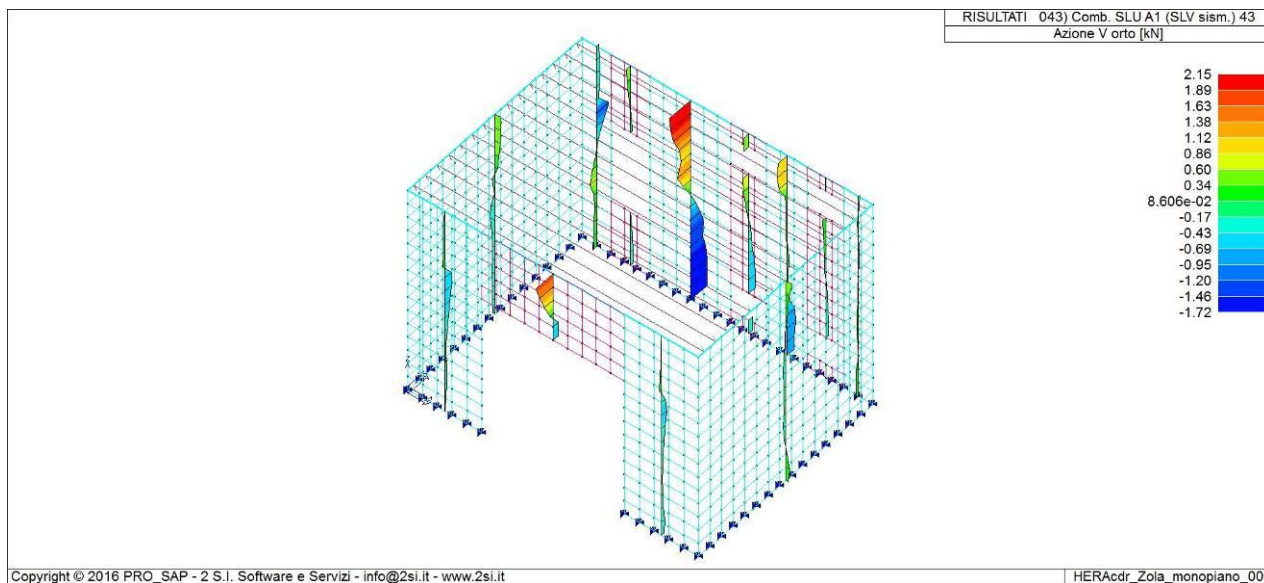
Si riporta la sintesi delle sollecitazioni che individua i valori massimi o minimi nelle combinazioni sismiche SLV considerate per la conduzione delle verifiche numeriche.


Ogni immagine riporta in legenda la tipologia di sollecitazione presa in esame (N, M, V), l'unità di misura adottata, i valori di massimo e minimo individuati e le combinazioni di interesse (SLV).

Per le sollecitazioni assiali il segno positivo corrisponde a sforzi di trazione mentre il segno negativo corrisponde a sforzi di compressione.







	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcmdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

4.13.1. Verifiche membrane principali

Attraverso l'analisi globale mediante modello f.e.m. vengono determinati:

- ❖ N sforzo normale;
- ❖ V_x taglio agente in direzione x;
- ❖ M_x momento agente in direzione x;
- ❖ T_y taglio agente in direzione y;
- ❖ M_y momento agente in direzione y.

A partire dalle sopracitate sollecitazioni si procede effettuando le seguenti verifiche:

- ❖ pressoflessione nel piano delle pareti;
- ❖ taglio per scorrimento;
- ❖ taglio per fessurazione diagonale;
- ❖ pressoflessione fuori dal piano.

Verifica N-M (pressoflessione nel piano)


Il momento ultimo viene valutato considerando la muratura non reagente a trazione ed assumendo una distribuzione non lineare delle compressioni. Tuttavia, in analogia a quanto si considera per il c.a., la distribuzione non lineare delle compressioni può essere sostituita da una distribuzione uniforme delle compressioni agente su un'area opportunamente ridotta rispetto all'area di muratura compressa.

Il momento ultimo resistente della sezione rettangolare può essere valutato con la seguente espressione (§7.8.2.2.1 delle NTC):

$$M_u = \left(l^2 \cdot t \cdot \frac{\sigma_0}{2} \right) \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{0,85 \cdot f_d} \right)$$

dove

- M_u è il momento corrispondente al collasso per pressoflessione;
- l è la lunghezza complessiva della parete, comprensiva della zona tesa;
- t è lo spessore della parete;
- σ_0 è la tensione normale media, riferita all'area totale della sezione;
- f_d è la resistenza a compressione media di calcolo della muratura.

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf	

Verifica V (taglio per scorrimento)

La resistenza a taglio per scorrimento si determina con la seguente espressione (§7.8.2.2.2 delle NTC):

$$V_u = t \cdot l' \cdot f_{vd}$$

con

$$f_{vd} = \frac{f_{vk}}{FC \cdot \gamma_M} = \frac{f_{vm0} + 0,4\sigma_n}{FC \cdot \gamma_M}$$

dove

- l' è la lunghezza della parte compressa;
- t è lo spessore della parete;
- f_{vd} è la resistenza a taglio di progetto;
- σ_n è la tensione di compressione;
- FC è il fattore di confidenza;
- γ_M è il coefficiente di sicurezza dei materiali per l'azione sismica.

dove $\sigma_n = N/l' \cdot t$


Verifica V (taglio per fessurazione diagonale)

La resistenza a taglio della sezione del pannello si determina nel seguente modo:

$$V_u = l \cdot t \cdot \frac{f_{td}}{b} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{f_{td}}}$$

dove

- l è la lunghezza complessiva della parete;
- t è lo spessore della parete;
- σ_0 è la tensione normale media, riferita all'area totale della sezione;
- f_{td} è il valore di calcolo della resistenza a trazione media per fessurazione diagonale.
- b coefficiente correttivo pari a:
 - $b=1$ per pannelli tozzi ($h/l \leq 1$)
 - $b=1,5$ per pannelli snelli ($h/l \geq 1$)

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf	

Verifica N-M (pressoflessione fuori piano)

Il momento ultimo viene valutato considerando la muratura non reagente a trazione ed assumendo una distribuzione uniforme delle compressioni ed un valore della resistenza pari a $0,85 f_d$.

Si è scelto di considerare come momento ultimo, un momento simile a quello considerato nel caso della pressoflessione ma ottenuto invertendo le dimensioni delle pareti:

$$M_{u,fp} = \left(t^2 \cdot l \cdot \frac{\sigma_0}{2} \right) \cdot \left(1 - \frac{\sigma_0}{0,85 \cdot f_d} \right)$$

l è la lunghezza complessiva della parete;

t è lo spessore della parete;

σ_0 è la tensione normale media, riferita all'area totale della sezione;

f_d è il valore di calcolo della resistenza a compressione media della muratura.

Nella tabella sottostante si riportano gli esiti delle verifiche relative ai maschi murari, indicando per ognuno il seguente rapporto:

$$\frac{E_d}{R_d}$$

con

E_d azione sollecitante

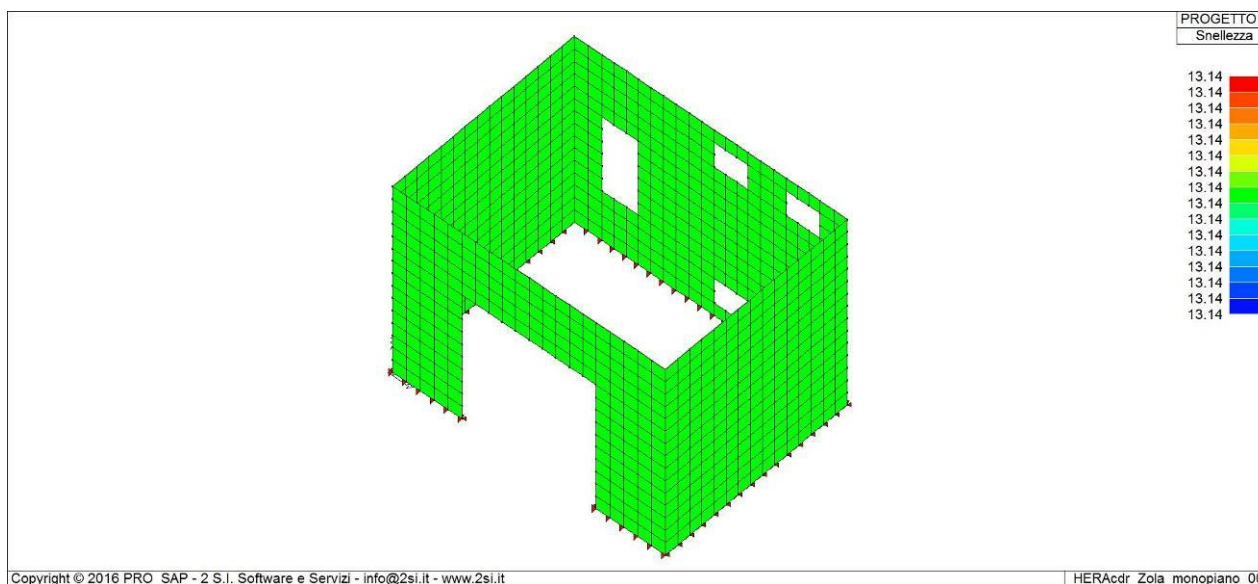
R_d resistenza dell'elemento

La verifica è soddisfatta se il valore massimo risulta < 1

	Pressoflessione nel piano	Taglio per scorrimento	Taglio per fessurazione diagonale	Pressoflessione fuori piano
	M_{Ed}/M_{Rd}	V_{Ed}/V_{Rd}	V_{Ed}/V_{Rd}	M_{Ed}/M_{Rd}
X1	0,44	0,53	0,36	0,12
X2	0,44	0,53	0,36	0,12
X3	0,22	0,22	0,19	0,20
X4	0,22	0,29	0,26	0,41
X5	0,17	0,32	0,28	0,25
X6	0,17	0,32	0,28	0,05
Y1	0,16	0,22	0,17	0,10
Y2	0,14	0,21	0,17	0,08
Max E_d/R_d	0,44	0,53	0,36	0,41

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf	

Nella seguente immagine vengono evidenziati i valori relativi alla snellezza delle pareti che risultano essere inferiori ai valori massimi consentiti ($\lambda_{\max} \leq 20$) in base a quanto riportato al §4.5.4 delle NTC; i valori rilevati sono indicati nella legenda.




Infatti si ha:

$$\lambda = \frac{h_0}{t} = \frac{368 \text{ cm}}{28 \text{ cm}} = 13,14$$

dove t è lo spessore delle pareti ed h_0 la lunghezza libera di inflessione pari a:

$$h_0 = \rho \cdot h_{\text{parete}} = 1 \cdot 368 = 368 \text{ cm}$$

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf	

4.14. Verifiche SLV - Analisi dei meccanismi locali

Le NTC 2008 e la relativa Circolare 2 febbraio 2009 n. 617, al § C8.7.1.1 riguardante gli edifici esistenti, indicano che la valutazione della sicurezza sismica degli edifici in muratura va eseguita, oltre che con riferimento al comportamento sismico globale, anche con riferimento all'analisi dei meccanismi locali di collasso.

Per gli edifici esistenti le verifiche di danno e collasso per i meccanismi locali ritenuti significativi per la struttura sono condotte con l'analisi limite dell'equilibrio secondo la metodologia cinematica. Tale analisi limite si sviluppa in sintesi con la scelta del meccanismo di collasso e la determinazione dell'azione orizzontale in grado di innescare il cinematismo previsto.

La procedura si basa sulla suddivisione in blocchi del sistema murario considerato, caratterizzato dalle seguenti ipotesi:

- ❖ resistenza a trazione nulla della muratura;
- ❖ assenza di scorrimento tra i blocchi;
- ❖ resistenza a compressione infinita della muratura.


La resistenza nulla a trazione rappresenta un'ipotesi a favore di sicurezza e porta a sottostimare le capacità reali della struttura mentre l'ipotesi di infinita resistenza a compressione risulta a sfavore di sicurezza. Tuttavia l'analisi limite è eseguibile a condizione che si considerino le cerniere adeguatamente arretrate rispetto allo spigolo della sezione. Il meccanismo prevede, quindi, la schematizzazione della muratura come uno o più blocchi rigidi collegati da cerniere in modo da formare una catena cinematica.

L'analisi cinematica lineare consente di valutare il moltiplicatore orizzontale α_0 dei carichi che attiva il previsto meccanismo.

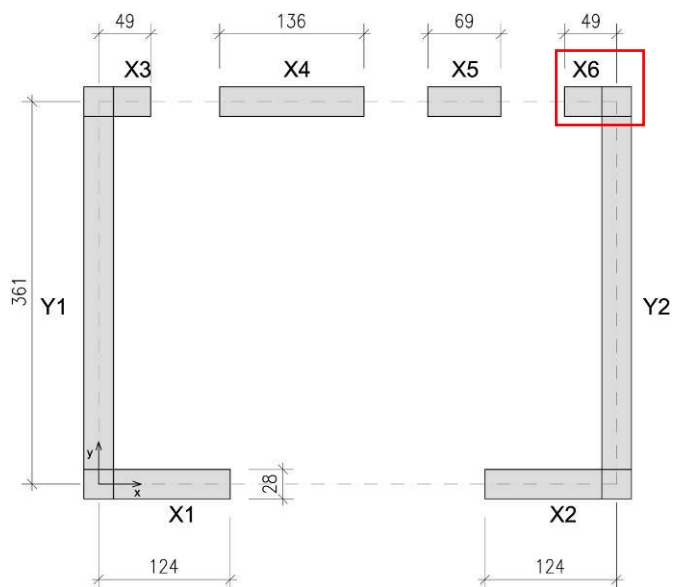
Le verifiche sismiche dei meccanismi di collasso locali fuori piano, eseguite mediante l'analisi cinematica lineare, sono state svolte mediante l'utilizzo dell'applicativo C.I.N.E. (*Condizioni d'instabilità negli edifici*) prodotto da RELUIS (versione 1.0.4, Settembre 2009).

Nello specifico è stato analizzato il meccanismo di collasso di ribaltamento con cerniera in mezzeria.

Il meccanismo di ribaltamento con formazione della cerniera alla base della parete non è attivabile a causa del vincolamento sommitale tra solaio e parete, della pressione di contatto tra le superfici dei due elementi e a causa dello spessore della parete stessa.

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf	

A seguire si individua la parete del fabbricato sulla quale è stata eseguita la suddetta verifica.



	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Commessa: 2851		
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

MECCANISMI DI FLESSIONE VERTICALE DI PARETE MONOLITICA (CINEMATISMI AD 1 PIANO)

DATI INIZIALI	CARATTERIZZAZIONE GEOMETRICA DELLA PARETE					
	Spessore della parete s [m]	Altezza della parete (interpiano) h [m]	Braccio orizzontale del carico trasmesso dai piani superiori rispetto al carrello in B d [m]	Braccio orizzontale dell'azione di archi o volte rispetto al carrello in B d_v [m]	Braccio verticale dell'azione di archi o volte rispetto al carrello in B h_v [m]	Braccio orizzontale del carico trasmesso dal solaio rispetto al carrello in B a [m]
	0,28	3,58	0,00		0,00	0,09
	AZIONI SUI MACROELEMENTI					
	Peso specifico della muratura γ_1 [kN/m ³]	Peso proprio della parete W [kN]	Carico trasmesso dal solaio P_s [kN]	Carico trasmesso alla parete dai piani superiori N [kN]	Componente verticale della spinta di archi o volte F_v [kN]	Componente orizzontale della spinta di archi o volte F_H [kN]
	11,0	11,0	1,5	0,0		

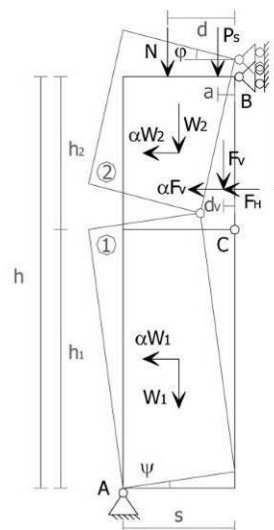


Fig. 1 - Schema di calcolo

DATI DI CALCOLO	Valore minimo assunto da α_0	Valore di h_1 per α_0 minimo [m]	Valore assunto da α_0 per $h_2 = h_v$			
	0,254	3,01	N.C.			
MULTIPLICATORE α_0	Valore minimo assunto da α_0	Quota di formazione della cerniera rispetto alla base della parete h_1 [m]	Fattore di Confidenza FC	Massa partecipante M^*	Frazione massa partecipante e^*	Accelerazione spettrale a_0^* [m/sec ²]
	0,254	3,01	1,35	1,124	1,000	1,846

CALCOLO DELLE PGA PER LA VERIFICA DELLO STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA CIRCOLARE N. 617 DEL 02-02-2009 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC 14-01-2008				
PARAMETRI DI CALCOLO	Fattore di struttura q		2,80	
	Coefficiente di amplificazione topografica S_T		1,00	
	Categoria suolo di fondazione		C	
	PGA di riferimento $a_g(P_{vib})$ [g]		0,143	
	Fattore di amplificazione massima dello spettro F_0		2,400	
	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro T_C^* [sec]		0,300	
	Fattore di smorzamento η		1,000	
	Quota di base del macroelemento rispetto alla fondazione [m]		0,000	
	Altezza della struttura H [m]		3,68	
	Coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s		1,494	
	Coefficiente C_C		1,562	
	Fattore di amplificazione locale del suolo di fondazione S		1,494	
	Numero di piani dell'edificio N		1	
	Coefficiente di partecipazione modale γ		1,000	
	Primo periodo di vibrazione dell'intera struttura T_1 [sec]		0,133	
Baricentro delle linee di vincolo Z [m]		$\psi(Z) = Z/H$	$a_g(SLV)$ (C8A.4.9)	$S_a(T_1)$ (C8A.4.10)
1,790		0,486	0,353	-
PGA-SLV	$a_g(SLV)$ min(C8A.4.9; C8A.4.10)			
	0,353			

4.15. Verifiche SLE

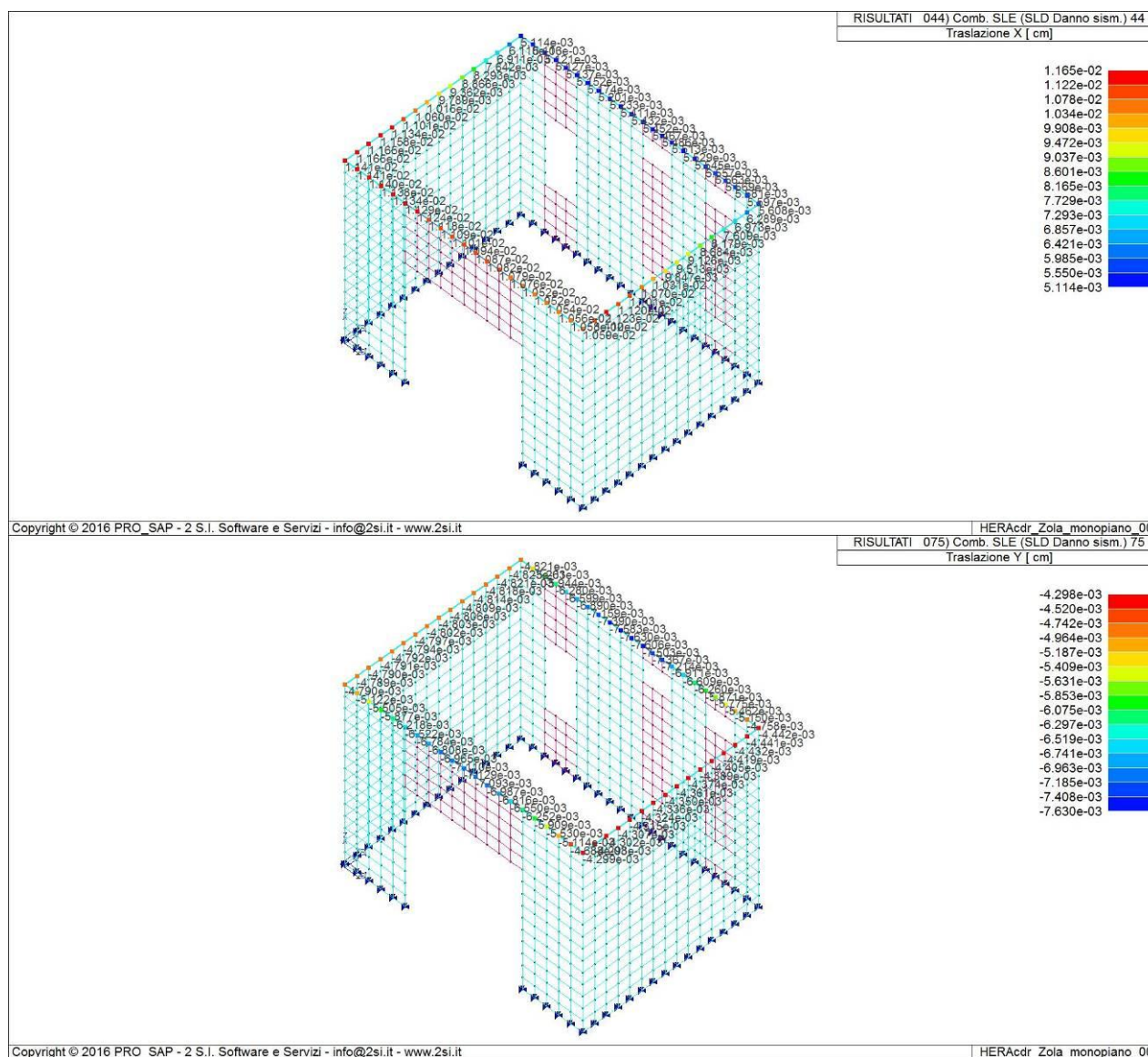
I valori limite di spostamento di interpiano consigliati per costruzioni con struttura portante in muratura ordinaria per la verifica allo Stato limite di danno sono quelli forniti al §7.3.7.2 delle NTC, riportati di seguito:

$$d_r < 0,003 h$$

con

$h = 358\text{cm}$ (altezza di interpiano)

SLE considerato	a_g/g	Drift dom. (cm) - SLD	d_r (cm)	Verifica
SLD (x)	0,057	$d_r < 0,003 h = 1,07$	0,011	VERIFICATO
SLD (y)	0,057	$d_r < 0,003 h = 1,07$	0,008	VERIFICATO



	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcmdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

4.16. Giudizio motivato di accettabilità dei risultati

I risultati delle elaborazioni effettuate dal programma di calcolo sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti dal progettista con metodi tradizionali e schemi limite, adottati nella valutazione del comportamento strutturale del corpo in oggetto.

4.17. Caratteristiche e affidabilità del codice di calcolo utilizzato

Dichiarazione del produttore-distributore di PRO_SAP PROfessional SAP
 riguardante l'affidabilità del codice (D.M. 14/01/2008 - Paragrafo 10.2)

Dichiarazione affidabilità



Origine e caratteristiche dei codici di calcolo
Titolo: PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Autore-Produttore: 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara

Affidabilità dei codici

- Inquadramento teorico della metodologia
 L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensiodeformativo indotto da carichi statici. L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensiodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico). Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

Elemento tipo TRUSS (asta)*

Elemento tipo BEAM (trave)*

Elemento tipo MEMBRANE (membrana)*

Elemento tipo PLATE (piastra-guscio)*

Elemento tipo BRICK (solido)*

Elemento tipo BOUNDARY (molla)*

Elemento tipo STIFFNESS
(matrice di rigidità)

* anche non lineare

- Casi prova che consentano un riscontro dell'affidabilità
 2S.I. ha verificato, in collaborazione con il DISTART dell'Università di Bologna e con il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Ferrara, l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche. E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link:
["http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm"](http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm)

- Filtri di autodiagnostica
 Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi.

Garanzia di qualità
 Dal 1 dicembre 1999 2S.I. ha prodotto un manuale di qualità in funzione dei requisiti della norma di riferimento UNI EN ISO 9001. Tutte le attività dell'azienda sono regolate dalla documentazione e dalle procedure in esso contenute. In relazione alla attività di validazione dei prodotti software si dichiara inoltre quanto segue:
 - la fase di progetto degli algoritmi è preceduta dalla ricerca di risultati di confronto reperibili in bibliografia o riproducibili con calcoli manuali;
 - la fase di implementazione degli algoritmi è continuamente validata con strumenti automatici (tools di sviluppo) e attraverso confronti;
 - il software che implementa gli algoritmi è testato, confrontato e controllato anche da tecnici qualificati che non sono intervenuti nelle precedenti fasi.
 Nella produzione del solutore fem 2S.I. implementa componenti sviluppati da Computing Objects SARL spin-off dell'Ecole Centrale Paris, France. E' disponibile la documentazione di affidabilità di tali componenti all'indirizzo web:
http://www.2si.it/software/download/manuali/pro_sap_quaderni/Affidabilità/benchmarks_e_sap.zip



Software e Servizi
per l'Ingegneria s.r.l.

Pitta Schiatti, 8 - 44121 Ferrara (FE)
 Tel. 0532/20.00.91 - Fax 0532/20.00.86 - www.2si.it - info@2si.it

PRO_SAP

PROfessional Structural Analysis Program

Rev. n.4 del 07/10/2010

5. CONCLUSIONI

5.1. Indicatori di rischio (SLV)

Per quanto riguarda la situazione di vulnerabilità della struttura in caso di occorrenza di un sisma raro, si riportano nelle seguenti tabelle di sintesi, gli indicatori di rischio e le capacità di resistenza sismica delle diverse componenti dell'edificio, che rappresentano le criticità evidenziate dalle verifiche numeriche condotte; ad ognuno di questi meccanismi è associato un livello di accelerazione al suolo PGA di attivazione (Tabella B). Il rapporto fra questo livello di PGA di attivazione e la PGA associata al rischio del sito della scuola definisce l'Indice di Sicurezza sismica $I_{s,SLV,PGA}$ (Tabella A).

L'Indice di sicurezza sismica vale:
$$I_{s,SLV,PGA} = \frac{a_{g,SLV}}{a_{g,SLV,rif}}$$

Indici di sicurezza superiori a 1 rappresentano una condizione di VERIFICA nei confronti di azioni sismiche previste per un edificio di nuova costruzione in ottemperanza alla normativa vigente (NTC).


$$a_{g,SLV,rif} = 0,143g$$

Tipologia di verifica	Pareti $I_{s,SLV,PGA}$
Verifica N-M (pressoflessione nel piano)	2,248
Verifica V (taglio per scorrimento)	1,893
Verifica V (taglio per fessurazione diagonale)	2,785
Verifica N-M (pressoflessione fuori piano)	2,431
Ribaltamento con cerniera in mezzeria	2,472

Tabella A – Indice di Sicurezza sismica in termini di accelerazione (a_g)

Tipologia di verifica	Pareti a_g [g]
Verifica N-M (pressoflessione nel piano)	0,321
Verifica V (taglio per scorrimento)	0,270
Verifica V (taglio per fessurazione diagonale)	0,398
Verifica N-M (pressoflessione fuori piano)	0,347
Ribaltamento con cerniera in mezzeria	0,353

Tabella B – Accelerazione $a_{g,SLV}$ di attivazione dei meccanismi

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcd_r_Zola Predosa_VS_00.pdf	

5.2. Fattori di sicurezza (SLU)

Sulla base dei risultati ottenuti a seguito delle verifiche SLU si riportano i fattori di sicurezza FS associati.

Il fattore di sicurezza è definito come segue: $FS = \frac{R_d}{E_d}$

con

R_d resistenza di progetto

E_d azione sollecitante

Tipologia di verifica	FS
Verifica N-M (pressoflessione)	6,14

Tabella C – Fattori di sicurezza - combinazioni SLU statiche

I valori inferiori a 1 rappresentano una condizione di NON VERIFICA

I valori superiori a 1 rappresentano una condizione di VERIFICA

	Committente: HERA S.p.A. – Direzione Servizi Ambientali Commessa: 2851	Rev.: 00	Data: 23.09.2016
	Documento: Valutazione della sicurezza CDR Zola Predosa	File: HERAcmdr_Zola Predosa_VS_00.pdf	

5.3. Considerazioni finali

In considerazione delle ipotesi assunte a monte delle verifiche condotte, preme sottolineare che per formalizzare la correttezza della presente valutazione della sicurezza occorre condurre le seguenti indagini conoscitive sulla struttura ai fini di ottenere il minimo livello di conoscenza (LC=1) delle opere strutturali in ottemperanza alle NTC:

- ❖ saggio demolitivo in una zona intradossale del solaio volto ad individuare orditura del solaio, tipologia e stratigrafia del medesimo e armatura presente nei travetti;
- ❖ saggi demolitivi sulle murature portanti volti a determinare l'effettiva tipologia di muratura presente con particolare riferimento alla tipologia di muratura e di malta e alla percentuale di foratura;
- ❖ saggio demolitivo volto all'identificazione del sistema fondale (geometria e armatura).

Sulla base delle analisi e verifiche svolte, nel caso in cui le indagini conoscitive sopra descritte confermino le ipotesi assunte o resituiscano parametri migliorativi rispetto a quelli adottati, si può concludere che il fabbricato risulta conforme alla normativa vigente sia per le azioni statiche che per quelle sismiche.

Dott. Ing Samuele Cassani

