

STUDIO DI INGEGNERIA

COMUNE DI FOSSOMBRONE

Prov. di Pesaro ed Urbino

OPERA

**LAVORI DI COSTRUZIONE DI N.88 LOCULI E N.40
OSSARI NEL CIMITERO DEL CAPOLUOGO**

SITO

Via SS. Annunziata – Comune di Fossombrone

PERM. DI COSTRUIRE

-

PROPRIETA'

AMM. COMUNALE DI FOSSOMBRONE

COMMITTENTE

AMM. COMUNALE DI FOSSOMBRONE
Resp. Settore II: Arch. Gostoli Gianluca

**PROGETTISTA
DELLE STRUTTURE**

Ing. Gentili Carlo Luciano
Via E. Mattei, n.31
61034 Fossombrone

D.L. STRUTTURALE

-

IMPRESA

-

B1 – RELAZIONE TECNICA ILLUSTRATIVA E SUI MATERIALI

C1 – RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE

E1 – RELAZIONE GEOTECNICA E FONDAZIONI

**Il tecnico
Ing. Gentili Carlo Luciano**

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			1 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			2 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

INDICE

1	B1 - DESCRIZIONE DELL'OPERA.....	5
2	B1 - ALLEGATI.....	7
3	B1 - UNITA' DI MISURA.....	8
4	B1 - NORMATIVA e REFERENZE TECNICHE DI RIFERIMENTO	9
5	B1 - RELAZIONE SUI MATERIALI.....	10
5.1	CALCESTRUZZO	10
5.1.1.	Qualità e quantità dei vari costituenti:.....	10
5.1.2.	Confezionamento, stagionatura e disarmo	11
5.1.3.	Caratteristiche meccaniche del cls	12
5.2	ACCIAIO PER C.A.....	16
5.2.1.	Caratteristiche meccaniche dell'acciaio.....	16
5.3	TOLLERANZE	17
5.4	DURABILITA'	17
5.5	PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO	18
6	B1 – DESCRIZIONE VERIFICHE	19
7	B1 – VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO.....	20
8	B1 – AZIONI E ANALISI DEI CARICHI	21
8.1	STRUTTURA DI BASE	21
8.2	SOLAIO DI COPERTURA	25
8.3	CARICHI ACCIDENTALI	26
8.4	CARICO DA NEVE	28
8.5	AZIONI SISMICHE.....	32
8.6	FATTORE DI STRUTTURA q	37
8.7	SPETTRO DI PROGETTO ALLO SLE	41
8.8	SPETTRO DI PROGETTO ALLO SLU	42
8.9	COMBINAZIONI DI CARICO	44
9	C1 – CALCOLO.....	49
9.1	CALCOLO SISMICO.....	49
9.2	CRITERI DI MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E AZIONE SISMICA.....	49
9.3	ANALISI LINEARE.....	50
9.4	ANALISI LINEARE DINAMICA	52
9.5	SOFTWARE UTILIZZATO	54
9.6	MODELLO DI CALCOLO.....	56
9.7	ANALISI STRUTTURALE	57
9.8	VERIFICHE SPOSTAMENTI	60
10	E1 – RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI	61

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			3 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

10.1	MODELLO GEOTECNICO E DATI DEL SUOLO DI FONDAZIONE	61
10.2	VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI	63
10.3	AZIONI.....	65
10.4	RESISTENZE	66
10.5	VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO	68
10.6	FONDAZIONI SUPERFICIALI	68
10.7	VERIFICHE PORTANZA	69
10.8	CONTROLLO DEI CEDIMENTI.....	71

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			4 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

1 B1 - DESCRIZIONE DELL'OPERA

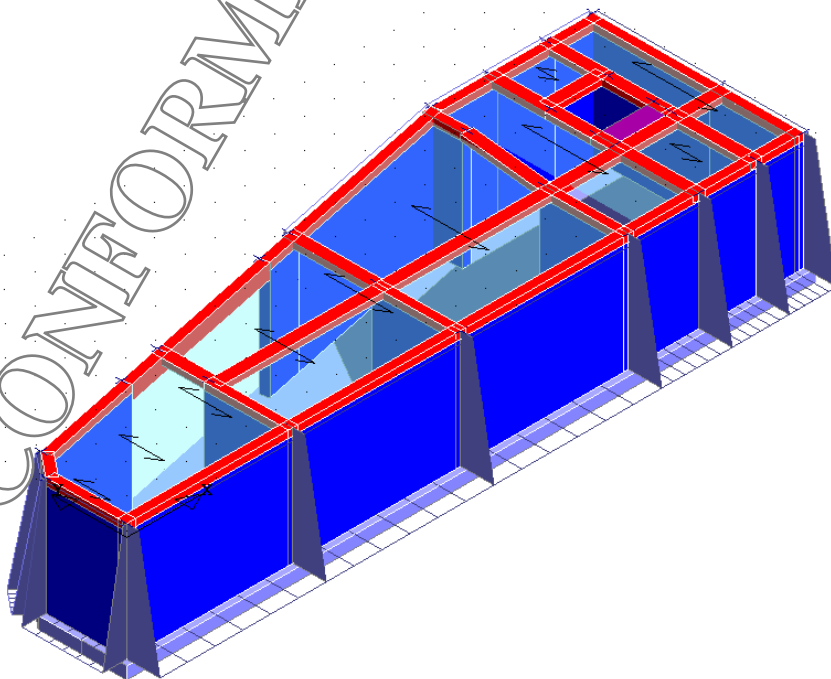
La presente relazione tecnica descrittiva si riferisce ai lavori di costruzione di n.88 loculi e n.40 ossari nel Cimitero di Fossombrone.

Il cimitero nel quale sorge la nuova opera è distinto al catasto al foglio 53, mappale 7.

La costruzione da realizzare sarà composta da una struttura in c.a. interamente interrata, di forma trapezoidale aventi dimensioni massime di 23.40 x 7.00 m ed altezza dalla base di fondazione all'estradosso di copertura di circa 4.50 m.

Nello specifico, l'opera in progetto prevede:

- realizzazione di platea di fondazione in c.a. di spessore 40 cm armata con ferri $\phi 12/25$ cm nelle due direzioni principali X e Y, sopra e sotto;
- realizzazione di setti verticali in c.a. di spessore 30 cm armati con ferri $\phi 12/25$ disposti verticalmente e $\phi 8/15$ disposti orizzontalmente;
- posa in opera tra i setti di loculi e ossari in elementi prefabbricati;
- realizzazione di solaio piano di copertura in lastre predalle di spessore pari a 24 cm con cordoli rompitratta in c.a. di dimensioni 40 x 20 cm, posti al di sopra delle lastre prefabbricate del solaio.



Modello 3D

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			5 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

Relativamente alla normativa vigente si tratta di un intervento di nuova costruzione con struttura intelaiata in c.a, Cod. **NI**.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva con i dati salienti riguardanti la struttura.

TABELLA RIASSUNTIVA		
Sito	Fossombrone	
Latitudine	43.6792	
Longitudine	12.7975	
Altezza s.l.m.	<200 m	
Categoria sottosuolo	B	
Categoria topografica	T1	
Vita nominale	50	Anni
Classe d'uso	II	
Zona sismica	II	



Vista ortofotogrammetrica

I contenuti verranno descritti nei paragrafi seguenti.

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			6 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

Alla presente relazione sono allegati i seguenti elaborati:

TAVOLA D.1 – Fondazioni

TAVOLA D.2 – Elevazioni

TAVOLA D.3 – Copertura e sezione

TAVOLA D.4 – Travi copertura

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			7 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

3 B1 - UNITA' DI MISURA

Lunghezza	m, mm
Area	m ² , cm ²
Forza	kN, N t, daN
Massa	kg
Pressione	kg/cm ² , N/mm ² =MPa
Peso specifico	kN/m ³ , t/m ³

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			8 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

NORMATIVA:

Legge N. 1086 5 novembre 1971: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica."

Legge n. 64 del 2 febbraio 1974 - "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".

Decreto ministeriale 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".

REFERENZE TECNICHE:

UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1 Regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 206-1/2001 Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità

UNI EN 1993-1-1 - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici

UNI EN 1998-1 – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni

EUROCODICE 3

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			9 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

5 B1 - RELAZIONE SUI MATERIALI

I materiali impiegati per la realizzazione degli elementi strutturali dell'edificio sono:

- Calcestruzzo;
- Acciaio per c.a..

5.1 CALCESTRUZZO

Il conglomerato cementizio è ottenuto miscelando acqua, cemento, inerti e additivi.

5.1.1. Qualità e quantità dei vari costituenti:

Inerti:

Gli inerti, naturali o di frantumazione, impiegati nella miscela devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, e privi di sostanze argillose, limose ed organiche. Questi devono provenire da roccia silicea anziché calcarea; in ogni caso è da escludere la presenza di silice amorfa che insieme con gli alcali (sodio e potassio) potrebbe provocare la pericolosa reazione alcalin-aggregati e quindi il verificarsi del fenomeno del "pop-out". Le caratteristiche, di resistenza e deformabilità dell'inerte, devono essere confrontabili con quelle della malta cementizia. La scabrezza dei grani deve essere tale da garantire un'adeguata aderenza tra grani e malta, quindi sono preferibili gli inerti spigolosi a quelli arrotondati. La composizione delle varie pezzature degli aggregati, usati nella miscela cementizia, deve essere tale per cui la curva granulometrica degli inerti sia compresa all'interno di un fuso granulometrico, costruito intorno alla curva di Bolomey, questo ci garantisce la minima presenza di vuoti e la massima compattazione. Il diametro massimo degli inerti utilizzati nella miscela, deve essere commisurato alle caratteristiche geometriche della carpenteria della struttura, ed all'ingombro delle armature.

Cemento:

Il legante idraulico impiegato nel conglomerato è il "Cemento portland". Il dosaggio minimo è da ritenersi pari a 300kg/mc, il tipo di cemento da utilizzare è il 425. In altre parole in quantitativo e il tipo di cemento deve essere tale, da assicurare la minima resistenza di progetto, e allo stesso tempo garantire uno sviluppo minimo del calore di

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			10 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

idratazione, in modo da evitare una probabile micro fessurazione.

Acqua:

L'acqua di impasto deve essere priva di sostanze nocive, in relazione al tipo di cemento impiegato. La concentrazione dei solfati e cloruri deve essere minima. Il rapporto acqua/cemento deve essere tale, da garantire la resistenza prevista, e allo stesso tempo consentire una buona lavorabilità.

Additivi:

L'additivo utilizzato è quello fluidificante. Questo additivo, a parità di rapporto acqua/cemento, aumenta la lavorabilità dell'impasto. In ogni caso l'additivo, deve essere compatibile (non dannoso) con gli altri componenti dell'impasto.

5.1.2. Confezionamento, stagionatura e disarmo

L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei, e il dosaggio, dei componenti, eseguito con modalità atte a garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto. Il conglomerato deve essere trasportato in cantiere in modo da escludere pericoli di segregazione. Questo deve essere posto in opera in condizioni climatiche favorevoli, quindi si devono evitare getti a temperature inferiori ai 5°C, e nello stesso tempo a temperature troppo elevate. Posto nei casseri, il cls deve essere adeguatamente compattato tramite degli adeguati strumenti di vibrazione. Il getto deve essere fatto in modo da evitare fenomeni di segregazione.

La stagionatura deve avvenire, in condizioni di umidità relativa RH pari a circa 85%, quindi è necessario che la superficie dei getti, sia mantenuta umida per almeno tre giorni.

Il disarmo deve avvenire per gradi, e questo non deve avvenire prima che la resistenza del conglomerato abbia raggiunto il valore minimo necessario, in relazione al successivo impiego della struttura.

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			11 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

5.1.3. Caratteristiche meccaniche del cls

CALCESTRUZZO				
γ	25	KN/m ³	Peso cls armato	
CLASSE	C12/15			
E_{28gg}	$= 22000 \times (f_{cm}/10)^{0,3} =$	27267 N/mm ²		
$E_{28gg} / 2$	$=$	13633 N/mm ²	Per calcolo con rigidezza dimezzata	
ν		0,2		
α_T		$10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$		
R_{ck}	$=$	15 N/mm ²		
f_{ck}	$= 0.83 \times R_{ck} =$	12,45 N/mm ²		
f_{cm}	$= f_{ck} + 8 =$	20,45 N/mm ²		
f_{ctm}	$= 0,3 \times f_{ck}^{2/3} =$	1,61 N/mm ²	per classi \leq C50/60	
f_{ctm}	$= 2,12 \times \ln(1+f_{cm}/10)$	2,45 N/mm ²	per classi $>$ C50/60	
f_{ctk}	$= 0,7 \times f_{ctm} =$	1,13 N/mm ²		
f_{ctm}	$= 1,2 \times f_{ctm} =$	1,93 N/mm ²		
γ_c	$=$	1,5	Coef. Materiale	
f_{cd}	$= \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c =$	7,1 N/mm ²		
α_{cc}		0,85		
f_{cd}	$= f_{ctk} / \gamma_c =$	0,8 N/mm ²		
f_{bk}	$= 2,25 \times n \times f_{ctk} =$	2,54 N/mm ²		
n		1,0	Per barre dia < 32 mm	
f_{bd}	$= f_{bk} / \gamma_c =$	1,7 N/mm ²		
$f_{bd, dist}$	$= f_{bd} / 1,5 =$	1,1 N/mm ²		
σ_t	$= f_{ctm} / 1,2 =$	1,3 N/mm ²		

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE

DOC.TYPE

DATA

INDICE

DISEGNO.

PAGINA.

REV.NO.

LOCALITA': Comune di Fossombrone

17.10.2018

COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone

12
DI
71

0

STUDIO DI INGEGNERIA

CALCESTRUZZO

γ	25	KN/m ³	Peso cls armato
CLASSE	C28/35		
E_{28gg}	$= 22000 \times (f_{cm}/10)^{0,3} =$	32588 N/mm ²	
$E_{28gg} / 2$	=	16294 N/mm ²	Per calcolo con rigidità dimezzata
ν		0,2	
α_T		$10 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	
Rck	=	35 N/mm ²	
f_{ck}	$= 0,83 \times Rck =$	29,05 N/mm ²	
f_{cm}	$= f_{ck} + 8 =$	37,05 N/mm ²	
f_{ctm}	$= 0,3 \times f_{ck}^{2/3} =$	2,83 N/mm ²	per classi \leq C50/60
f_{ctm}	$= 2,12 \times \ln(1 + f_{cm}/10) =$	3,41 N/mm ²	per classi $>$ C50/60
f_{ctk}	$= 0,7 \times f_{ctm} =$	1,98 N/mm ²	
f_{ctm}	$= 1,2 \times f_{ctm} =$	3,40 N/mm ²	
γ_c	=	1,5	Coef. Materiale
f_{cd}	$= \alpha_{cc} f_{ck} / \gamma_c =$	16,5 N/mm ²	
α_{cc}		0,85	
f_{cd}	$= f_{ctk} / \gamma_c =$	1,3 N/mm ²	
f_{bk}	$= 2,25 \times n \times f_{ctk} =$	4,47 N/mm ²	
n		1,0	Per barre dia < 32 mm
f_{bd}	$= f_{bk} / \gamma_c =$	3,0 N/mm ²	
$f_{bd, dist}$	$= f_{bd} / 1,5 =$	2,0 N/mm ²	
σ_t	$= f_{ctm} / 1,2 =$	2,4 N/mm ²	

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			13 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

PROSPETTO CLASSI DI ESPOSIZIONE E COMPOSIZIONE UNI EN 206-1 (UNI 11104 MARZO 2004)

Denom. della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione	UNI 9858	A/C MAX	R'ck min.	Dos. Min. Cem. KG.
1 Assenza di rischio di corrosione o attacco						
X0	Per calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo e disgelo o attacco chimico. Calcestruzzi con armatura o inserti metallici: in ambiente molto asciutto	Interno di edifici con umidità relativa molto bassa. Calcestruzzo non armato all'interno di edifici. Calcestruzzo non armato immerso in suolo non aggressivo o in acqua non aggressiva. Calcestruzzo non armato soggetto ad cicli di bagnato asciutto ma non soggetto ad abrasioni, gelo o attacco chimico		---	15	---
2 Corrosione indotta da carbonatazione Nota - Le condizioni di umidità si riferiscono a quelle presenti nel copriferro e nel ricoprimento di inserti metallici, ma in molti casi si può considerare che tali condizioni riflettano quelle dell'ambiente circostante, in questi la classificazione dell'ambiente circostante può essere adeguata. Questo può non essere il caso se c'è una barriera fra il calcestruzzo ed il suo ambiente.						
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Interni di edifici con umidità relativa bassa. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con le superfici all'interno di strutture con eccezione delle parti esposte a condensa o immerse in acqua	2a	0,60	30	300
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Parti di strutture di contenimento liquidi, fondazioni. Calcestruzzo armato ordinario o precompresso prevalentemente immerso in acqua o terreno non aggressivo.	2a	0,60	30	300
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici esterne riparate dalla pioggia o in interni con umidità da moderata ad alta	5a	0,55	35	320
XC4	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in esterni con superfici soggette ad alternanze di asciutto ed umido. Calcestruzzi a vista in ambienti urbani.	4a, 5b	0,50	40	340
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare						
XD1	Umidità moderata	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in superfici o parti di ponti e viadotti esposti a spruzzi d'acqua contenenti cloruri	5a	0,55	35	320
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso in elementi strutturali totalmente immersi in acqua industriali contenente cloruri (piscine)	4a, 5b	0,50	40	340
XD3	Ciclicamente asciutto e bagnato	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso, di elementi strutturali direttamente soggetti agli agenti disgelanti o agli spruzzi contenenti agenti disgelanti. Calcestruzzo armato o precompresso, elementi con una superficie immersa in acqua contenente cloruri e l'altra esposta all'aria. Parti di ponti, pavimentazioni e parcheggi per auto.	5c	0,45	45	360
4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare						
XS1	Esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali sulle coste o in prossimità	4a, 5b	0,50	40	340
XS2	Permanentemente sommerso	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso di strutture marine completamente immerse in acqua	5c	0,45	45	360
XS3	Zone esposte agli spruzzi oppure alla marea	Calcestruzzo armato ordinario o precompresso con elementi strutturali esposti alla battuta o alle zone soggette agli spruzzi ed onde del mare	5c	0,45	45	360
5 Attacco dei cicli gelo/disgelo con o senza disgelanti (NB: XF2 - XF3 - XF4 contenuto minimo aria 3%)						
XF1	Moderata saturazione d'acqua, in assenza di agente disgelante	Superfici verticali di calcestruzzo come facciate o colonne esposte alla pioggia ed al gelo. Superfici non verticali e non soggette alla completa saturazione ma esposte al gelo, alla pioggia o all'acqua	4a, 5b	0,50	40	320
XF2*	Moderata saturazione d'acqua in presenza di agente disgelante	Elementi come parti di ponti che in altro modo sarebbero classificati come XF1 ma che sono esposti direttamente o indirettamente agli agenti disgelanti	3, 4b	0,50	30	340
XF3*	Elevata saturazione d'acqua in assenza di agente disgelante	Superfici orizzontali in edifici dove l'acqua può accumularsi e che possono essere soggetti ai fenomeni di gelo, elementi soggetti a frequenti bagnature ed esposti al gelo	2b, 4b	0,50	30	340
XF4*	Elevata saturazione d'acqua con presenza di agente antigelo oppure acqua di mare	Superfici orizzontali quali strade o pavimentazioni esposte al gelo ed ai sali disgelanti in modo diretto od indiretto, elementi esposti al gelo e soggetti a frequenti bagnature in presenza di agenti disgelanti o di acqua di mare	3, 4b	0,45	35	360
6 Attacco chimico **)						
XA1	Ambiente chimicamente debolmente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Contentori di fanghi e vasche di decantazione. Contentori e vasche per acqua reflue	5a	0,55	35	320
XA2	Ambiente chimicamente moderatamente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di terreni aggressivi	5b	0,50	40	340
XA3	Ambiente chimicamente fortemente aggressivo secondo il prospetto 2 della UNI EN 206-1	Elementi strutturali o pareti a contatto di acqua industriali fortemente aggressive. Contentori di foraggi, mangimi e liquami provenienti dall'allevamento animale. Torri di raffreddamento di fumi e gas di scarico industriali.	5c	0,45	45	360

*) il grado di saturazione della seconda colonna riflette la relativa frequenza con cui si verifica il gelo in condizioni di saturazione: moderato occasionalmente gelato in condizioni di saturazione; elevato alta frequenza di gelo in condizioni di saturazione.

**) da parte di acque del terreno o acqua fluenti

CLASSE DI ESPOSIZIONE

Ordinarie	X0	XC1	XC2	XC3	XF1		
Aggressive	XC4	XD1	XS1	XA1	XA2	XF2	XF3
Molto aggressive	XD2	XD3	XS2	XS3	XA3	XF4	
Elemento	Magrone	Platea	Setti	Cordoli	-	-	-
Classe	X0	XC2	XC2	XC2	-	-	-

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			14 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

Gruppi di esigenze	Cond. Ambientali	Combinazione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	ordinarie	frequente	ap. fessure	<w2	ap. fessure	<w3
		quasi perm	ap. fessure	<w1	ap. fessure	<w2
b	aggressive	frequente	ap. fessure	<w1	ap. fessure	<w2
		quasi perm	decompressione	-	ap. fessure	<w1
c	molto aggressive	frequente	form. Fessure	-	ap. fessure	<w1
		quasi perm	decompressione	-	ap. fessure	<w1

$$w_1 = 0,2 \text{ mm}$$
$$w_2 = 0,3 \text{ mm}$$
$$w_3 = 0,4 \text{ mm}$$

S3-S4

SECONDO UNI EN 12620

25.0 mm

COPRIFERRO:

C _{min}	C ₀	Combinazione	Barre c.a.		Barre c.a.	
			Elementi a piastra		altri elementi	
			$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$C_{min} \leq C < C_0$
25/30	35/45	ordinarie	15	20	20	25
28/35	40/50	aggressive	25	30	30	35
35/45	45/55	molto aggressive	35	40	40	45

Cmin	Co	Combinazione	Cavi da c.a.p		Cavi da c.a.p	
			Elementi a piastra		altri elementi	
			$C \geq C_0$	$Cmin \leq C < C_0$	$C \geq C_0$	$Cmin \leq C < C_0$
25/30	35/45	ordinarie	25	30	30	35
28/35	40/50	aggressive	35	40	40	45
35/45	45/55	molto aggressive	45	50	50	50

Aggiungere 10 mm di tolleranza e 10 mm per vita utile pari a 100 anni e 5 mm per $C < C_{min}$.

SECONDO UNI EN 934-2

SECONDO UNI EN 1008:2003

AGGIUNTE UNI EN 450-1; UNI EN 206-2:2006 1; UNI 11104:2006; UNI EN 12263-1

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE ---	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone		17.10.2018			15 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

5.2 ACCIAIO PER C.A.

L'acciaio nel cemento armato è utilizzato sotto forma di barre ad "aderenza migliorata". Per il c.a. è necessario che le barre siano prive di screpolature superficiali e di qualsiasi tipo di difetti, non presentino segni di attacco di corrosione e caratteri di fragilità, ciò vale a dire che devono potersi facilmente piegare.

5.2.1. Caratteristiche meccaniche dell'acciaio

ACCIAIO PER C.A.			
γ	78,5	KN/m ³	Peso acciaio
TIPO	B450C		
$f_{y\text{ nom}}$	450	N/mm ²	
$f_{t\text{ nom}}$	540	N/mm ²	
$f_{y\text{ k}}$	$> f_{y\text{ nom}}$	450	N/mm ²
$f_{t\text{ k}}$	$> f_{t\text{ nom}}$	540	N/mm ²
$(f_t / f_y)_k$	$\geq 1,15 < 1,35$		
$(f_y / f_{y\text{ nom}})_k$	$\leq 1,25$		
Allungamento $(A_{gt})_{,k}$	$\geq 7,5\%$		
γ_s	=	1,15	Coef. Materiale
f_{yd}	$= f_{yk} / 1,15 =$	391,3	N/mm ²

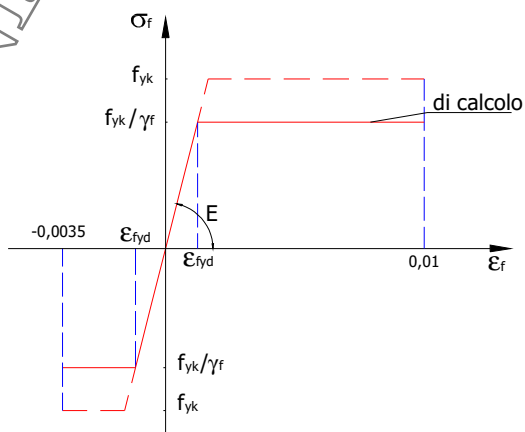


Diagramma costitutivo

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			16 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

5.3 TOLLERANZE

Nei calcoli si è fatto riferimento ai valori nominali delle grandezze geometriche ipotizzando che le tolleranze ammesse in fase di realizzazione siano conformi alle euronorme EN 1992-1-1 - EN206 - EN 1992-2-1:

Copriferro		-5 mm (EC2 4.4.1.3)
Per dimensioni	≤150mm	± 5 mm
Per dimensioni	≤400 mm	± 15 mm
Per dimensioni	≥2500 mm	± 30 mm

Per i valori intermedi interpolare linearmente.

5.4 DURABILITA'

Per garantire la durabilità della struttura sono state prese in considerazione opportuni stati limite di esercizio (SLE) in funzione dell'uso e dell'ambiente in cui la struttura dovrà vivere limitando sia gli stati tensionali che, nel caso delle opere in calcestruzzo, l'ampiezza delle fessure. La definizione quantitativa delle prestazioni, la classe di esposizione e le verifiche sono riportati nel fascicolo delle elaborazioni numeriche allegate.

Inoltre, per garantire la durabilità, così come tutte le prestazioni attese, è necessario che si ponga adeguata cura sia nell'esecuzione che nella manutenzione e gestione della struttura e si utilizzino tutti gli accorgimenti utili alla conservazione delle caratteristiche fisiche e dinamiche dei materiali e delle strutture. La qualità dei materiali e le dimensioni degli elementi sono coerenti con tali obiettivi.

Durante le fasi di costruzione il direttore dei lavori implementerà severe procedure di controllo sulla qualità dei materiali, sulle metodologie di lavorazione e sulla conformità delle opere eseguite al progetto esecutivo nonché alle prescrizioni contenute nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni".

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			17 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

5.5 PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre, relativamente alle prestazioni attese, esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17/01/2018.

Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle le azioni pari a quelle di esercizio.

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			18 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

6 B1 – DESCRIZIONE VERIFICHE

Le strutture sono verificate secondo il metodo semiprobabilistico agli stati limite, secondo cui la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni.

L'opera strutturale è verificata:

1. Per gli stati limite ultimi che possono presentarsi in conseguenza alle diverse combinazioni delle azioni (SLU);
2. Per gli stati limite d'esercizio definiti in base alle prestazioni attese (SLE).

La verifica della sicurezza nei riguardi degli SLU di resistenza si effettua con il "metodo dei coefficienti parziali" di sicurezza espresso dall'equazione:

$$R_d \geq E_d$$

R_d = resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate;

E_d = valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto

$F_{dj} = F_{kj} \cdot \gamma_{Fj}$ delle azioni, come indicato più avanti (e come riportato in § 2.5.3 della Normativa), o direttamente $E_{dj} = E_{kj} \cdot \gamma_{Ej}$.

I coefficienti parziali di sicurezza, γ_{Mi} e γ_{Fj} , associati rispettivamente al materiale i-esimo e all'azione j-esima, tengono conto della variabilità delle rispettive grandezze, delle incertezze relative alle tolleranze geometriche ed alla affidabilità del modello di calcolo (vd. paragrafi successivi della presente).

La verifica di sicurezza nei riguardi degli SLE si esprime controllando aspetti di funzionalità e stato tensionale.

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			19 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

7 B1 – VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Per la presente opera si considera una vita nominale V_N pari a **50** anni, in quanto si considera un tipo di opera **ORDINARIA**, in base alla tabella 2.4.I riportata in Normativa.

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

La classe d'uso dell'opera è la Classe **II**, in base alla quale si determina, dalla tabella 2.4.II, il valore del coefficiente d'uso C_U pari a **1**

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Stabiliti V_N e C_U si ricava, per la struttura in esame, il periodo di riferimento V_R per le azioni sismiche.

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 > 35 \text{ anni.}$$

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITÀ: Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			20 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

8 B1 – AZIONI E ANALISI DEI CARICHI

Le azioni vengono classificate in base alla variazione della loro intensità nel tempo.

Sono definite azioni:

1. Permanenti G: dove G_1 rappresenta il peso di tutti gli elementi strutturali e G_2 il peso proprio di tutti gli elementi non strutturali.
2. Variabili Q.
3. Sismiche E.

Si procede, dunque, alla definizione dell'analisi dei carichi agenti sulla struttura.

8.1 STRUTTURA DI BASE

STRUTTURA DI BASE (IN ASSENZA DI LOCULI)

Si considera 1 m² di pavimentazione

	Materiale	i (m)	B (m)	Spessore [m]	γ [daN/m ³]	Peso	Um
G₁	Platea in c.a.			0,40	2500	1000	daN/m ²
	Totale peso proprio					1000	daN/m²
G₂	Massetti			0,10	2000	200	daN/m ²
	Pavimentazione			0,05	2000	100	daN/m ²
	Totale carichi permanenti					300	daN/m²
G₁+G₂	Totale carichi					1300	daN/m²
Q_k	Carico variabile Cat. C					200	daN/m ²
	Carico totale					1500	daN/m²

STRUTTURA DI BASE (CON LOCULI)

Si considera 1 m² di pavimentazione

	Materiale	n°	B (m)	Spessore [m]	γ [daN/m ³]	Peso	Um
G₁	Platea in c.a.			0,40	2500	1000	daN/m ²
	Totale peso proprio					1000	daN/m²
G₂	Basamento per loculi			0,25	2400	600	daN/m ²
	N.4 file di loculi prefabbricati (Vd. nota 1)					1800	daN/m ²
	Soletta di copertura dei loculi			0,25	2400	600	daN/m ²
	Sovraccarico dei loculi (Vd. nota 2)	4			250 [daN/m ²]	1000	daN/m ²
	Totale carichi permanenti					4000	daN/m²
G₁+G₂	Totale carichi					5000	daN/m²
	Carico totale					5000	daN/m²

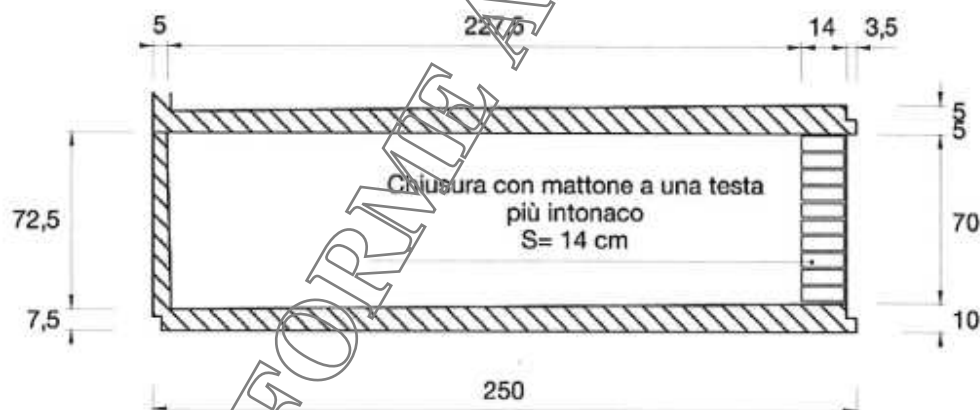
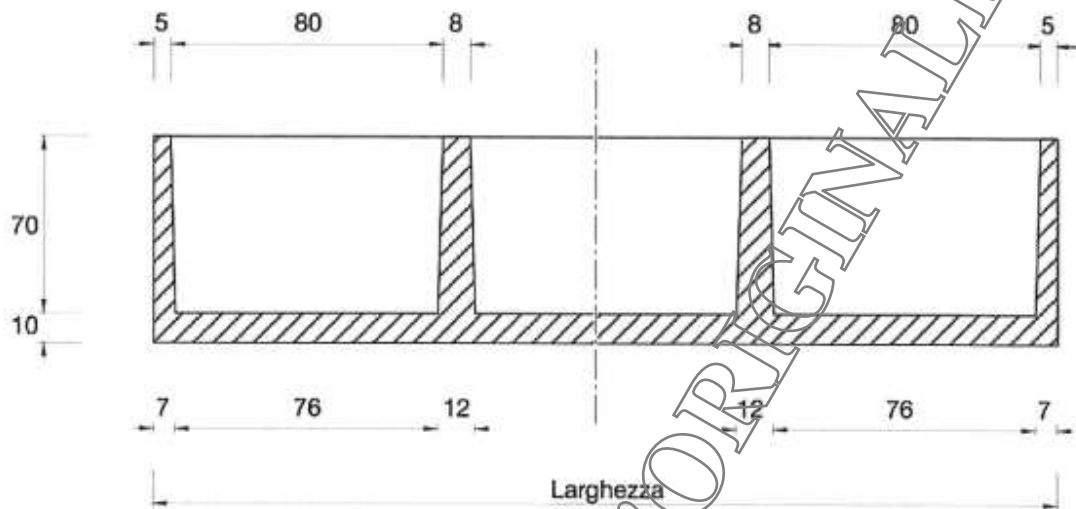
Nota 1:

Il carico dovuto ai loculi ed agli ossari prefabbricati viene valutato riportando il caico complessivo degli elementi sull'area sulla quale insistono.

Si riporta di seguito le caratteristiche di elementi simili o equivalenti a quelli che verranno posti in opera.

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			21 DI 71	
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						0

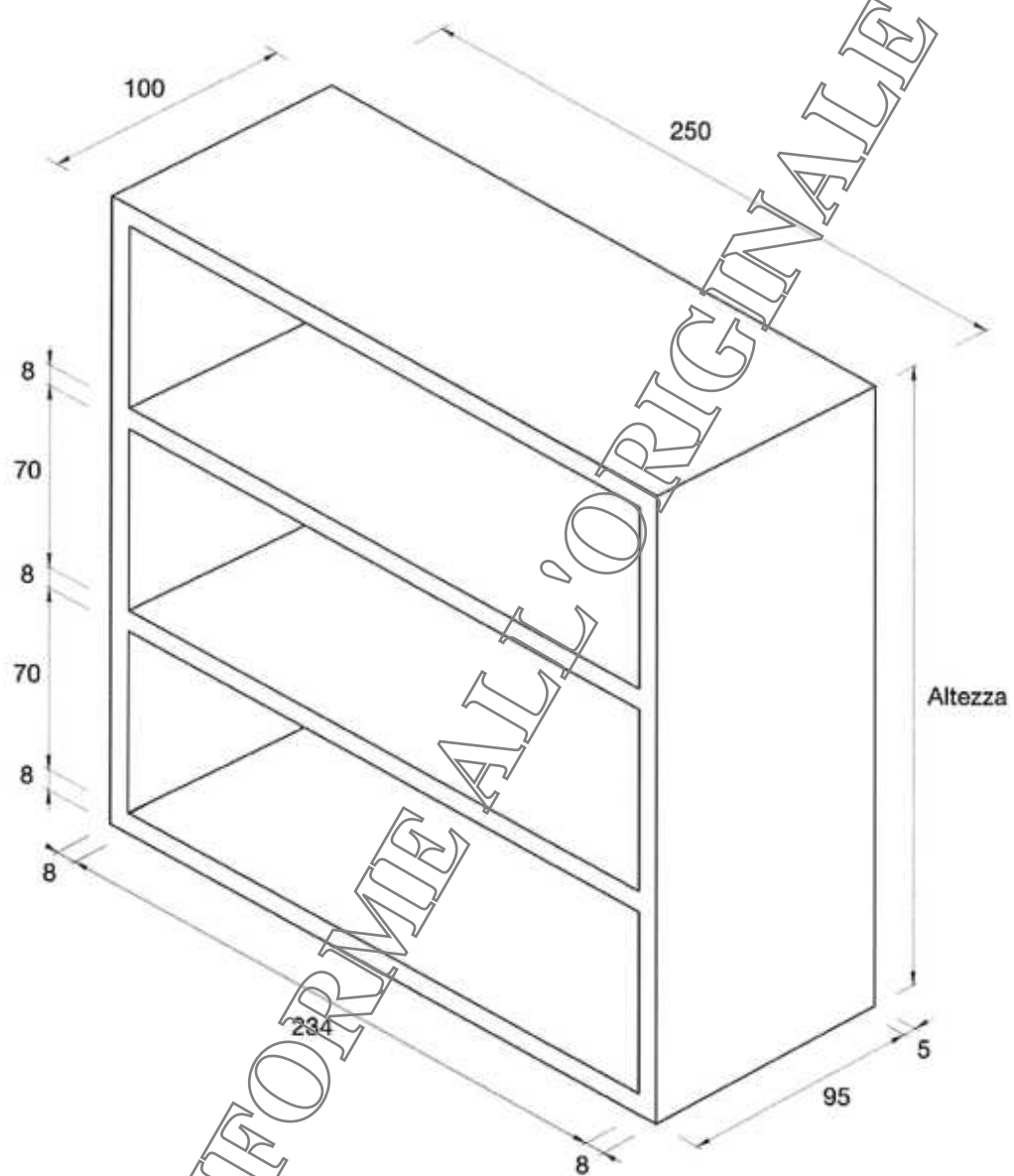
STUDIO DI INGEGNERIA



Tipo					
Larghezza (espressa in cm)	178	266	354	442	530
Peso (espresso in Kg)	2.000	2.800	3.800	4.700	5.600

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			22 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

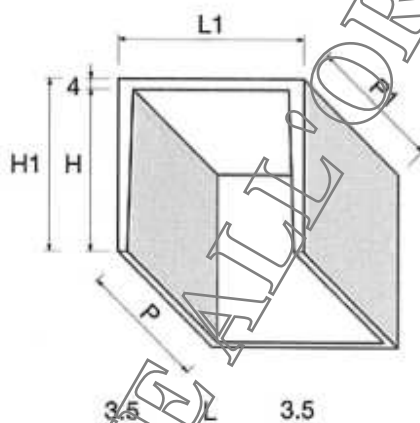
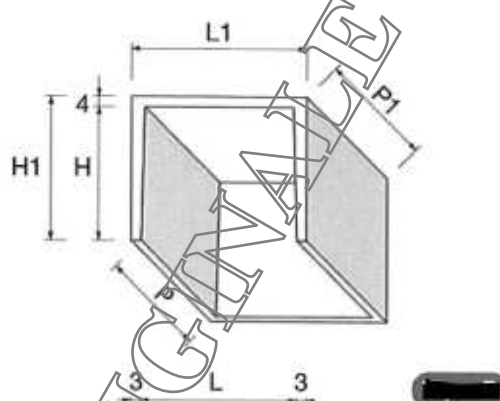
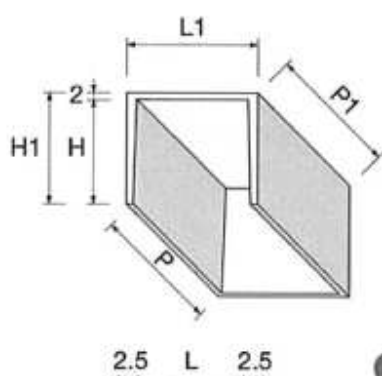
STUDIO DI INGEGNERIA



Tipo					
Altezza (espressa in cm)	164	242	320	398	473
Peso (espresso in Kg)	2.500	3.700	4.800	5.700	6.900

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			23 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA



Tipo	Larghezza		Altezza		Profondità		Note
	L	L1	H	H1	P	P1	
	30	35	30	32	70	72.5	*
	36	41	32	34	74	76.5	**
	48	54	41	45	60	63.0	**
	62	69	60	64	90	93.5	*

A favore di sicurezza, si considera solamente il carico massimo degli elementi prefabbricati, relativo ai **loculi di dimensione 2.50 m x 5.30 m di peso pari a 56 kN**.

Si prevede di accatastare loculi di tale tipologia in quattro file sovrapposte, pertanto si ha:

Peso del singolo blocco di loculi: 56 kN

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			24 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

Peso di 4 file di blocchi di loculi sovrapposte: $56 \text{ kN} \times 4 \text{ file} = 224 \text{ kN}$

Area della base dei loculi: $2.50 \text{ m} \times 5.30 \text{ m} = 13.25 \text{ m}$

Pressione sulla base esercitata da quattro file sovrapposte di blocchi di loculi:

$$224 \text{ kN} / 13.25 \text{ m} = \mathbf{18 \text{ kN/m}^2}.$$

Nota 2:

Il sovraccarico dei loculi, considerato pari a 250 kg/m^2 per ogni singola fila di loculi, è stato desunto dall'Art.76 del D.P.R. 10/09/1990 n.285 "Approvazione del regolamento di polizia mortuaria".

8.2 SOLAIO DI COPERTURA

SOLAIO DI COPERTURA

Si considera 1 m^2 di solaio

	Materiale	i (m)	B (m)	Spessore (m)	γ [daN/m ³]	Peso	Um
G₁	Solaio in lastre predalle Sp. 24 cm					345	daN/m ²
	Totale peso proprio					345	daN/m²
G₂	Massetti			0,10	2000	200	daN/m ²
	Pavimentazione			0,05	2000	100	daN/m ²
	Totale carichi permanenti					300	daN/m²
G₁+G₂	Totale carichi					645	daN/m²
Q_k	Carico variabile Cat. C					400	daN/m ²
Q_N	Carico da neve					120	daN/m ²
	Carico totale					1165	daN/m²

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			25 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

8.3 CARICHI ACCIDENTALI

I valori dei carichi variabili sono desunti, per le diverse categorie di edifici, dalla Tabella 3.1.II della Normativa, sotto riportata.

I carichi accidentali relative ad un Cimitero non vengono esplicitati in Normativa, quindi sono stati considerati assimilabili a quelli della **Categoria C**.

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00

STUDIO DI INGEGNERIA

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,80	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	$\geq 6,00$	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 100 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	da valutarsi caso per caso e comunque non minori di		
		5,00	2 x 50,00	1,00**
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

Per il carico variabile della pavimentazione di base, vista la destinazione d'uso a Cimitero, e la presumibile bassa entità dell'affollamento che può verificarsi, si considera un carico accidentale pari 2.00 kN/m² (vedi analisi dei carichi al paragrafo precedente).

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			27 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

$$q_s = \mu \times q_{sk} \times C_E \times C_t$$

ZONA I ALPINA

$$q_{sk} = 1,5 \quad as \leq 200$$

$$q_{sk} = 1.39 \times (1 + (as/728)^2) = 1,494909 \quad as > 200$$

$$q_{sk} = 1,50 \text{ KN/m}^2$$

ZONA I MEDITERRANEA

$$q_{sk} = 1,5 \quad as \leq 200$$

$$q_{sk} = 1.35 \times (1 + (as/602)^2) = 1,499005 \quad as > 200$$

$$q_{sk} = 1,50 \text{ KN/m}^2$$

ZONA II

$$q_{sk} = 1 \quad as \leq 200$$

$$q_{sk} = 0,85 \times (1 + (as/481)^2) = 0,996956 \quad as > 200$$

$$q_{sk} = 1,00 \text{ KN/m}^2$$

ZONA III

$$q_{sk} = 0,6 \quad as \leq 200$$

$$q_{sk} = 0,51 \times (1 + (as/481)^2) = 0,598174 \quad as > 200$$

$$q_{sk} = 0,60 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{sk} = 1,50 \text{ KN/m}^2 \quad \text{ZONA I MEDITERRANEA}$$

$$C_E = 1 \text{ NORMALE}$$

$$C_t = 1$$

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			29 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

COEFFICIENTI DI FORMA

Coeff.forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \times (60 - \alpha) / 30$	0

FALDE CENTRALI

FALDA SINISTRA

$\alpha_1 = 8,1^\circ$

Coeff.forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
μ_1	0,80	1,38	0

Riassunto	
μ_1	0,80

FALDA DESTRA

$\alpha_2 = 0^\circ$

Coeff.forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
μ_1	0,80	1,60	0

Riassunto	
μ_1	0,80

FALDE LATERALI O TERRAZZE

TERRAZZA SINISTRA

$\alpha_3 = 0^\circ$

Coeff.forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
μ_1	0,80	1,60	0

Riassunto	
μ_1	0,80

TERRAZZA DESTRA

$\alpha_4 = 0,0^\circ$

Coeff.forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
μ_1	0,80	1,60	0

Riassunto	
μ_1	0,80

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			30 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

CONDIZIONI DI CARICO DA NEVE

KN/m ² 1,20	0,80	$\mu_1(\alpha_1)$	$\mu_1(\alpha_2)$	0,80	KN/m ² 1,20	Caso 1
0,60	0,40	$0,5 \mu_1(\alpha_1)$	$\mu_1(\alpha_2)$	0,80	1,20	Caso 2
1,20	0,80	$\mu_1(\alpha_1)$	$0,5 \mu_1(\alpha_2)$	0,4	0,60	Caso 3

RIASSUNTO AZIONI MASSIME NEVE

q _{max} KN/m ²				q _c KN/m
FALDA SINISTRA	FALDA DESTRA	TERRAZZA SINISTRA	TERRAZZA DESTRA	CORN.
1,20	1,20	-	-	0,48

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			31 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

8.5 AZIONI SISMICHE

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al Paragr. 3.2.2), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , come definite nel Paragr. 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel Paragr. 2.4 della Normativa, nonché nel Cap.6 della presente.

Ai fini della normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

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.

Per il sito considerato si determinano i valori di a_g , F_0 e T_C^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

In base allo stato limite considerato si determina, dalla tabella 3.2.I, il periodo di riferimento P_{VR} :

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			32 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

In base alla classe d'uso dell'opera si assumono i seguenti stati limite di verifica:

Stati limite		
Stati limite di esercizio	SLO	
	SLD	X
Stati limite ultimi	SLV	X
	SLC	

Per la definizione dell'azione sismica si individua il terreno in base alle categorie di sottosuolo definite in tabella 3.2.II:

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

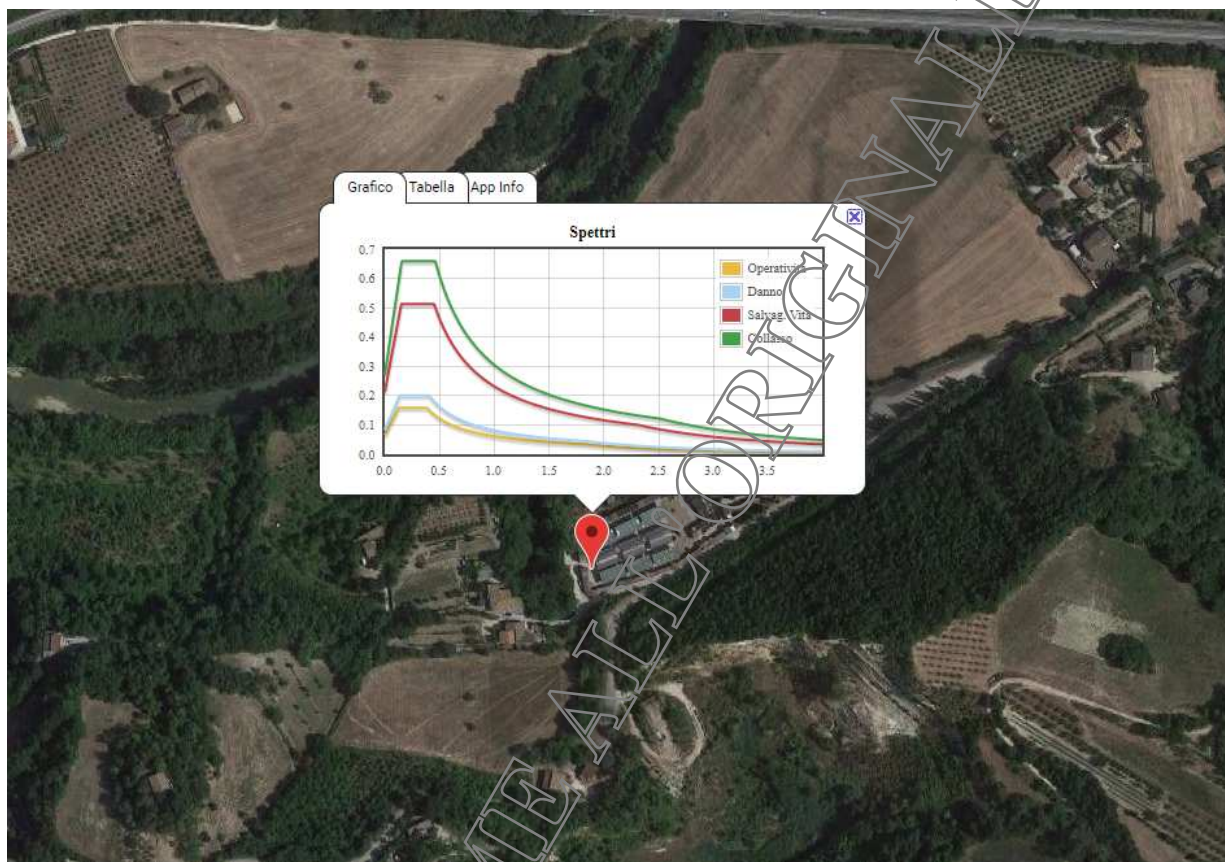
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La categoria del suolo di fondazione del sito in esame è la **B**.

Le coordinate del sito sono:

- Latitudine: 43.6792
- Longitudine: 12.7975

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			33 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						



In base ad esse si determinano i fattori:

- accelerazione orizzontale massima al sito a_g
- fattore di amplificazione dello spettro orizzontale F_0
- periodo T_c^*

Parametri di Pericolosità Sismica

Stato Limite	T_r	$a_g = A_g/g$	F_0	T_c^*
Operatività (SLO)	30	0.054	2.444	0.27
Danno (SLD)	50	0.069	2.424	0.287
Salvag. Vita (SLV)	475	0.177	2.413	0.329
Collasso (SLC)	975	0.229	2.446	0.339

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			34 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

Determinazione dello Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali:

Lo spettro di risposta è definito dalle seguenti espressioni (3.2.3.2.1 della normativa sotto riportate):

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

dove:

S = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente

$$S = S_S \cdot S_T$$

dove S_S è il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.IV sotto riportata) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.V sotto riportata);

h = fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali x diversi dal 5%, mediante la relazione

$$h = \sqrt{10/(5 + x)} \geq 0,55$$

dove x (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

F_o = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2 (determinato come sopra riportato);

T_C = periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da

$$T_C = C_C \times T_C^*$$

dove

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			35 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

T_C^* è stato precedentemente determinato, mentre C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (vedi Tab. 3.2.IV di normativa sotto riportata);

T_B = periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, pari a

$$T_B = T_C / 3$$

T_D = periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot (a_g/g) + 1,6$$

Sono di seguito riportate le tabelle per la determinazione dei coefficienti:

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_C

Categoria sottosuolo	S_s	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Per il presente caso si ha:

$S_T = 1,0$

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			36 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

8.6 FATTORE DI STRUTTURA q

Le costruzioni devono avere, quanto più possibile, una struttura iperstatica caratterizzata da regolarità in pianta e in altezza. Se necessario, al fine di una più corretta valutazione dell'azione sismica, la struttura in esame può essere suddivisa, mediante giunti, in unità tra loro dinamicamente indipendenti.

La regolarità in pianta e in altezza comporta a livello sismico, un comportamento della struttura governato principalmente da modi di vibrare traslazionali lungo due direzioni ortogonali, caratterizzati anche da spostamenti crescenti in maniera lineare con l'altezza.

Una costruzione è considerata regolare in pianta se tutte le seguenti condizioni sono rispettate (Cap.7 – § 7.2.1 Norme Tecniche per le Costruzioni):

VERIFICA REGOLARITA' IN PIANTA (§ 7.2.1 NTC 2018)	
CONDIZIONE	VERIFICA
La distribuzione di masse e rigidezze è approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali e la forma in pianta è compatta, ossia il contorno di ogni orizzontamento è convesso; il requisito può ritenersi soddisfatto, anche in presenza di rientranze in pianta, quando esse non influenzano significativamente la rigidezza nel piano dell'orizzontamento e, per ogni rientranza, l'area compresa tra il perimetro dell'orizzontamento e la linea convessa circoscritta all'orizzontamento non supera il 5% dell'area dell'orizzontamento.	SODDISFATTA
Il rapporto tra i lati del rettangolo circoscritto alla pianta di ogni orizzontamento è inferiore a 4.	NON SODDISFATTA
Ciascun orizzontamento ha una rigidezza nel proprio piano tanto maggiore della corrispondente rigidezza degli elementi strutturali verticali da potersi assumere che la sua deformazione in pianta influenzi in modo trascurabile la distribuzione delle azioni sismiche tra questi ultimi e ha resistenza sufficiente a garantire l'efficacia di tale distribuzione.	SODDISFATTA
La struttura qui considerata risulta quindi essere	NON REGOLARE IN PIANTA

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			37 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

Sempre riferendosi agli edifici, una costruzione si definisce regolare in altezza se tutte le seguenti condizioni sono rispettate:

VERIFICA REGOLARITA' IN ALTEZZA (§ 7.2.1 NTC 2018)	
CONDIZIONE	VERIFICA
Tutti i sistemi resistenti alle azioni orizzontali si estendono per tutta l'altezza della costruzione o, se sono presenti parti aventi differenti altezze, fino alla sommità della rispettiva parte dell'edificio.	SODDISFATTA
Massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, dalla base alla sommità della costruzione (la variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25%, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%); ai fini della rigidezza si possono considerare regolari in altezza strutture dotate di pareti o nuclei in c.a. o pareti e nuclei in muratura di sezione costante sull'altezza o di telai controventati in acciaio, ai quali sia affidato almeno il 50% dell'azione sismica alla base.	SODDISFATTA
Il rapporto tra la capacità e la domanda allo SLV non è significativamente diverso, in termini di resistenza, per orizzontamenti successivi (tale rapporto, calcolato per un generico orizzontamento, non deve differire più del 30% dell'analogo rapporto calcolato per l'orizzontamento adiacente); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti.	SODDISFATTA
Eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengano con continuità da un orizzontamento al successivo; oppure avvengano in modo che il rientro di un orizzontamento non superi il 10% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante, nè il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento. Fa eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro orizzontamenti, per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.	SODDISFATTA
La struttura qui considerata risulta quindi essere	REGOLARE IN ALTEZZA

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			38 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

In secondo luogo, al fine dell'analisi sismica, si calcola il fattore di comportamento q ; questo fattore (§ 7.3.1 della Normativa), da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale.

Esso può essere calcolato tramite la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

dove:

q_0 = valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto a_u/a_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;

K_R = fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza.

Per le costruzioni regolari in pianta, poiché non si procede ad un'analisi non lineare finalizzata alla valutazione del rapporto a_u/a_1 , si adottano i valori indicati in seguito per le diverse tipologie costruttive (struttura e materiale).

Per le costruzioni non regolari in pianta, si possono adottare valori di a_u/a_1 pari alla media tra 1,0 ed i valori di volta in volta forniti per le diverse tipologie costruttive.

Per la componente verticale dell'azione sismica il valore di q utilizzato è $q = 1,5$ per qualunque tipologia strutturale e di materiale (tranne che per i ponti per i quali è $q = 1$).

Nel caso in esame la costruzione è stata considerata non regolare in pianta e regolare in altezza.

Il valore adottato deve dar luogo ad azioni di progetto agli stati limite ultimi coerenti con le azioni di progetto assunte per gli stati limite di esercizio.

Lo studio della struttura prevede:

- Verifica con analisi dinamica modale della struttura.

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			39 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

- COSTRUZIONI IN CALCESTRUZZO (Capitolo 7.4)

La struttura oggetto della presente si considera in CLASSE DI DUTTILITÀ B.

Dalla Tabella 7.3.II della normativa (vedi sotto) si valuta il fattore q_0 pari a 3.

Tipologia strutturale	q_0	
	CD "A"	CD "B"
Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	$4,5 \alpha_0 / \alpha_1$	$3,0 \alpha_0 / \alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	$4,0 \alpha_0 / \alpha_1$	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5

Per il caso in esame non è quindi necessaria l'individuazione del fattore α_0/α_1 .

Essendo il fattore riduttivo K_R pari a 1 (struttura regolare in altezza), si valuta il fattore di comportamento q .

$$q = q_0 \cdot K_R = 3.0 \times 1 = \mathbf{3.0}.$$

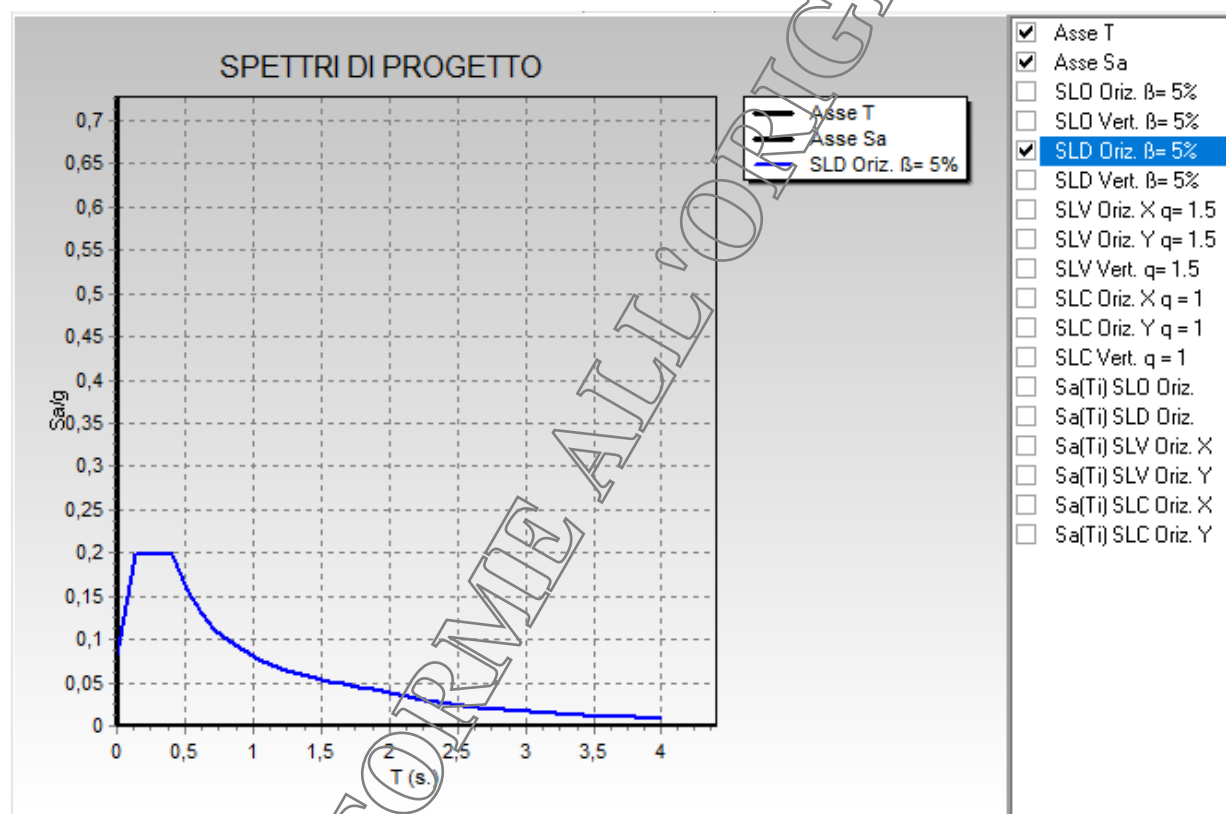
A favore di sicurezza, in fase di calcolo, si adotta un fattore di struttura pari 1.5.

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITÀ: Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			40 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

8.7 SPETTRO DI PROGETTO ALLO SLE

Per gli stati limite di esercizio lo spettro di progetto $S_d(T)$, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} .

Noti tutti i parametri lo spettro allo SLE è riportato in figura:



Spettro SLD

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			41 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

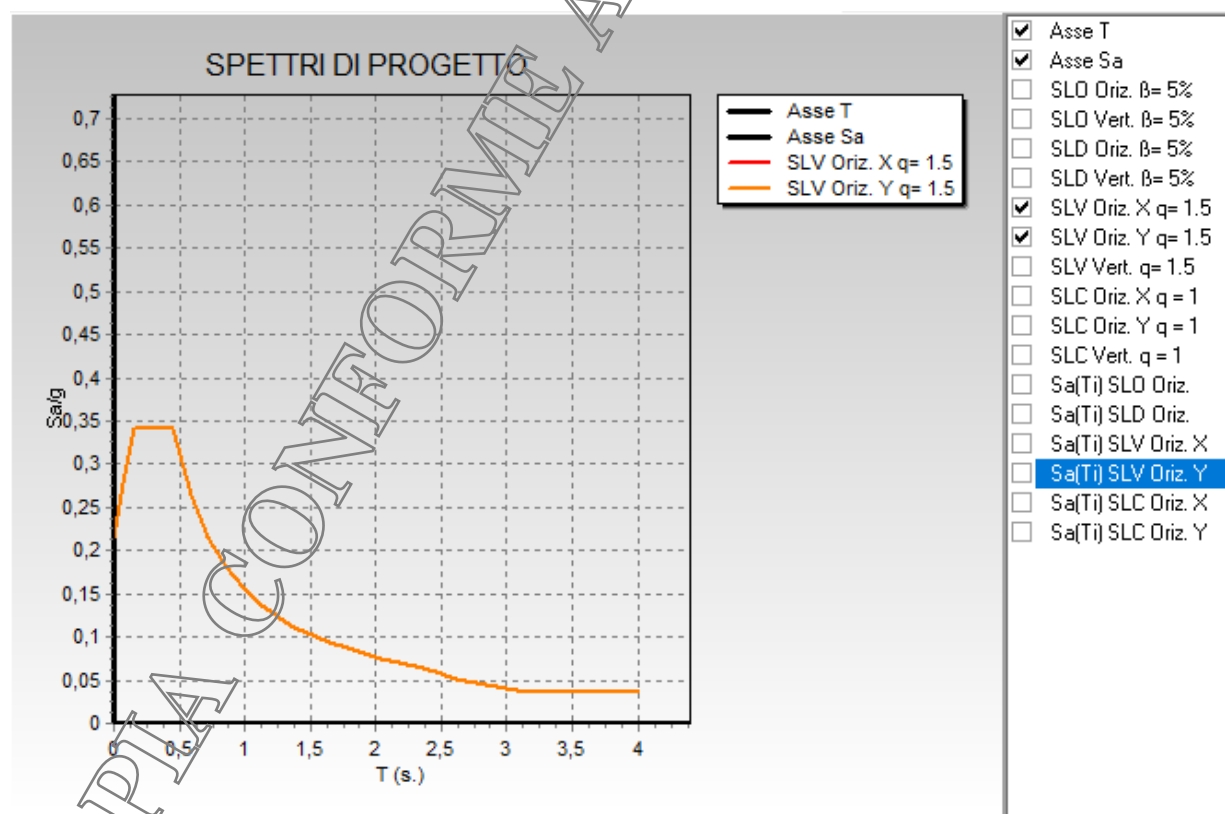
8.8 SPETTRO DI PROGETTO ALLO SLU

Le verifiche agli stati limite ultimi non verranno effettuate tramite l'uso di accelerogrammi ed analisi dinamiche al passo, quindi ai fini del progetto e della verifica delle strutture le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni.

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata, con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule η con $1/q$.

Si assumerà comunque $S_d(T) \geq 0,2a_g$.

Noti tutti i parametri lo spettro allo SLU relativo all'ampliamento è riportato in figura:



Spettro SLU

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			42 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

Lo spettro verticale è inutilizzato in quanto non si verifica nessuna delle seguenti situazioni:

- presenza di sbalzi con luce maggiore di 4 m;
- luci maggiori di 20 m;
- presenza di pilastri in falso.

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			43 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

8.9 COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.
(§ 2.5.3 della Normativa)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Altre combinazioni sono da considerare in funzione di specifici aspetti (p. es. fatica, ecc.).

I valori dei coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} sono dati nel Paragrafo 2.6.1 della Normativa dalla Tab. 2.6.I, più avanti riportata.

Nella definizione delle combinazioni delle azioni che possono agire contemporaneamente, i termini Q_{kj} rappresentano le azioni variabili della combinazione, con Q_{k1} azione variabile dominante e Q_{k2} , Q_{k3} , ... azioni variabili che possono agire contemporaneamente a quella dominante. Le azioni variabili Q_{kj} , precedentemente valutate, vengono combinate con i coefficienti di combinazione ψ_{0j} , ψ_{1j} e ψ_{2j} , i cui valori

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			44 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

sono forniti nel Paragrafo 2.5.3 della Normativa, Tab. 2.5.I, per edifici civili e industriali correnti (Vd.sotto).

Con riferimento alla durata percentuale relativa ai livelli di intensità dell'azione variabile, si definiscono:

- *valore quasi permanente* $\psi_{2j} \times Q_{kj}$: la media della distribuzione temporale dell'intensità;
- *valore frequente* $\psi_{1j} \times Q_{kj}$: il valore corrispondente al frattile 95 % della distribuzione temporale dell'intensità e cioè che è superato per una limitata frazione del periodo di riferimento;
- *valore raro (o di combinazione)* $\psi_{0j} \times Q_{kj}$: il valore di durata breve ma ancora significativa nei riguardi della possibile concomitanza con altre azioni variabili.

Tab. 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 - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
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

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			45 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

Nel caso di progetto si considerano solo i coefficienti da applicare:

- alla Categoria C pari a:

$$\Psi_{0j} = 0.7$$

$$\Psi_{1j} = 0.7$$

$$\Psi_{2j} = 0.6$$

- alla Categoria Neve pari a :

$$\Psi_{0j} = 0.5$$

$$\Psi_{1j} = 0.2$$

$$\Psi_{2j} = 0.0$$

Le verifiche agli stati limite devono essere eseguite per tutte le più gravose condizioni di carico che possono agire sulla struttura, valutando gli effetti delle combinazioni sopra definite.

-STATI LIMITE ULTIMI

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: STR
- lo stato limite di resistenza del terreno: GEO

La Tabella 2.6.I (sotto riportata) fornisce i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

Per le verifiche nei confronti dello stato limite ultimo di equilibrio come corpo rigido (EQU) si utilizzano i coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni riportati nella colonna EQU della Tabella sopra citate.

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali (STR) e geotecnici (GEO) si possono adottare, in alternativa, due diversi approcci progettuali:

- **Approccio 1** dove si impiegano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e, eventualmente per la resistenza globale del sistema (R). Nella **Combinazione 1** dell'Approccio 1, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			46 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

delle Tabelle sopra citate. Nella *Combinazione 2* dell'Approccio 1, si impiegano invece i coefficienti γ_F riportati nella colonna A2.

- *Approccio 2* dove si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le Azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) ed eventualmente per la resistenza globale (R). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1.

I coefficienti parziali γ_M per i parametri geotecnici e i coefficienti γ_R che operano direttamente sulla resistenza globale di opere e sistemi geotecnici sono definiti nel Capitolo 6 della Normativa.

Tab. 2.6.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

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

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

Il significato dei simboli è il seguente:

- γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;
- γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;
- γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili.

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			47 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

- STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Le verifiche agli stati limite di esercizio svolte per il presente caso sono:

- verifiche di deformabilità;
- controllo delle tensioni in esercizio;
- verifica delle fessurazioni.

Nella sezione di calcolo sono sviluppate nello specifico.

In conclusione, le combinazioni di verifica che si assumono nel presente calcolo sono:

- SLU
- SLE
- SISMICA

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			48 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

9 C1 – CALCOLO**9.1 CALCOLO SISMICO**

Sotto l'effetto delle azioni sismiche, deve essere garantito il rispetto degli stati limite ultimi e di esercizio, individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo il volume significativo di terreno, le strutture di fondazione, gli elementi strutturali, gli elementi non strutturali, gli impianti.

In mancanza di espresse indicazioni in merito, il rispetto dei vari stati limite si considera conseguito:

- nei confronti di tutti gli stati limite di esercizio, qualora siano rispettate le verifiche relative al solo *SLD*;
- nei confronti di tutti gli stati limite ultimi, qualora siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nel seguito e siano soddisfatte le verifiche relative al solo *SLV*.

Per contenere le incertezze e garantire un buon comportamento delle strutture sotto azioni sismiche, sono adottati provvedimenti specifici volti ad assicurare caratteristiche di duttilità agli elementi strutturali ed alla costruzione nel suo insieme.

Le strutture di fondazione devono resistere agli effetti risultanti della risposta del terreno e delle strutture sovrastanti, senza spostamenti permanenti incompatibili con lo stato limite di riferimento (Capitolo 7.11 della Normativa).

9.2 CRITERI DI MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA E AZIONE SISMICA

Il modello della struttura è tridimensionale e rappresenta in modo adeguato le effettive distribuzioni spaziali di massa, rigidezza e resistenza, con particolare attenzione alle situazioni nelle quali componenti orizzontali dell'azione sismica possono produrre forze d'inerzia verticali (travi di grande luce, sbalzi significativi, etc.).

Nella definizione del modello alcuni elementi strutturali, considerati "secondari", e gli elementi non strutturali autoportanti (tamponature e tramezzi), sono rappresentati unicamente in termini di massa, considerando il loro contributo alla rigidezza e alla resistenza del sistema strutturale solo qualora essi possiedano rigidezza e resistenza tali da modificare significativamente il comportamento del modello.

Gli orizzontamenti sono considerati infinitamente rigidi nel loro piano, a condizione che

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			49 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

siano realizzati in cemento armato, oppure in latero-cemento con soletta in c.a. di almeno 40 mm di spessore, o in struttura mista con soletta in cemento armato di almeno 50 mm di spessore collegata da connettori a taglio opportunamente dimensionati agli elementi strutturali in acciaio o in legno e purché le aperture presenti non ne riducano significativamente la rigidità.

Nel caso in esame il solaio di copertura è stato considerato rigido.

Per rappresentare la rigidità degli elementi strutturali si possono adottare modelli lineari, che trascurano le non linearità di materiale e geometriche, e modelli non lineari, che le considerano; in ambo i casi si deve tener conto della fessurazione dei materiali fragili. In caso non siano effettuate analisi specifiche, la rigidità flessionale e a taglio di elementi in muratura, cemento armato, acciaio-calcestruzzo, può essere ridotta sino al 50% della rigidità dei corrispondenti elementi non fessurati, tenendo debitamente conto dell'influenza della sollecitazione assiale permanente.

La rigidità delle travi è stata ridotta del 50%.

Le fondazioni sono state calcolate per rimanere in campo elastico, la rigidità non è stata decurtata.

Per tenere conto della variabilità spaziale del moto sismico, nonché di eventuali incertezze nella localizzazione delle masse, al centro di massa viene attribuita una eccentricità accidentale rispetto alla sua posizione quale deriva dal calcolo. Per i soli edifici ed in assenza di più accurate determinazioni l'eccentricità accidentale in ogni direzione non può essere considerata inferiore a 0,05 volte la dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica. Detta eccentricità è assunta costante, per entità e direzione, su tutti gli orizzontamenti.

L'analisi sismica svolta è di **tipo lineare**.

9.3 ANALISI LINEARE

L'analisi lineare è utilizzata per calcolare gli effetti delle azioni sismiche sia nel caso di sistemi dissipativi sia nel caso di sistemi non dissipativi.

Quando si utilizza l'analisi lineare per sistemi non dissipativi, come avviene per gli stati limite di esercizio, gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati, quale che sia la

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITÀ: Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			50 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

modellazione per esse utilizzata, riferendosi allo spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura q unitario (Vedere § 3.2.3.4 della Normativa).

Quando si utilizza l'analisi lineare per sistemi dissipativi, come avviene per gli stati limite ultimi, gli effetti delle azioni sismiche sono calcolati, quale che sia la modellazione per esse utilizzata, riferendosi allo spettro di progetto ottenuto assumendo un fattore di struttura q , valutato nel Capitolo 7 della presente relazione.

Le non linearità geometriche sono prese in conto, quando necessario, attraverso il fattore q in seguito definito.

In particolare, per le costruzioni civili ed industriali esse possono essere trascurate nel caso in cui ad ogni orizzontamento risulti:

$$v = (P \cdot d_r) / (V \cdot h) \leq 0,1$$

dove:

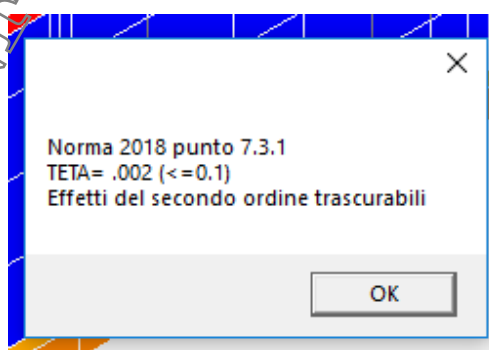
P = carico verticale totale della parte di struttura sovrastante l'orizzontamento in esame

d_r = spostamento orizzontale medio d'interpiano, ovvero la differenza tra lo spostamento orizzontale dell'orizzontamento considerato e lo spostamento orizzontale dell'orizzontamento immediatamente sottostante;

V = forza orizzontale totale in corrispondenza dell'orizzontamento in esame;

h = distanza tra l'orizzontamento in esame e quello immediatamente sottostante.

Quando v è compreso tra 0,1 e 0,2 gli effetti delle non linearità geometriche possono essere presi in conto incrementando gli effetti dell'azione sismica orizzontale di un fattore pari a $1/(1-v)$; v non può comunque superare il valore 0,3.



Il metodo d'analisi lineare di riferimento per determinare gli effetti dell'azione sismica, sia su sistemi dissipativi sia su sistemi non dissipativi, è l'analisi modale con spettro di risposta o "analisi lineare dinamica".

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			51 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

In essa l'equilibrio è trattato dinamicamente e l'azione sismica è modellata direttamente attraverso lo spettro di progetto definito nei paragrafi precedenti (sia per struttura non dissipativa che per struttura dissipativa).

Per le sole costruzioni la cui risposta sismica, in ogni direzione principale, non dipenda significativamente dai modi di vibrare superiori, è possibile utilizzare, sia su sistemi dissipativi sia su sistemi non dissipativi, il metodo delle forze laterali o "analisi lineare statica". In essa l'equilibrio è trattato staticamente, l'analisi della struttura è lineare, si modella l'azione sismica direttamente attraverso lo spettro di progetto definito (sia per struttura non dissipativa che struttura dissipativa).

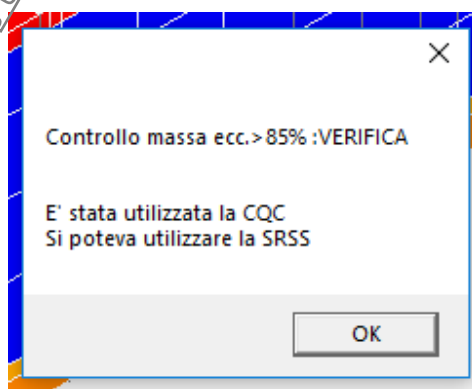
9.4 ANALISI LINEARE DINAMICA

Lo studio della struttura dell'ampliamento sotto l'azione sismica si è svolto seguendo l'analisi lineare dinamica, di seguito spiegata.

L'analisi dinamica lineare consiste:

- nella determinazione dei modi di vibrare della costruzione (analisi modale);
- nel calcolo degli effetti dell'azione sismica, rappresentata dallo spettro di risposta di progetto, per ciascuno dei modi di vibrare individuati;
- nella combinazione di questi effetti.

Sono considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. Sono considerati a tal riguardo tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore all'85%, come riportato negli elaborati di calcolo di seguito.



Per la combinazione degli effetti relativi ai singoli modi deve essere utilizzata una

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			52 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

combinazione quadratica completa degli effetti relativi a ciascun modo, quale quella indicata nella seguente espressione:

$$E = \left(\sum_j \sum_i \rho_{ij} \cdot E_i \cdot E_j \right)^{1/2}$$

con:

E_j = valore dell'effetto relativo al modo j ;

ρ_{ij} = coefficiente di correlazione tra il modo i e il modo j , calcolato con formule di comprovata validità quale:

$$\rho_{ij} = \frac{8\xi^2 \beta_{ij}^{3/2}}{(1 + \beta_{ij})[(1 - \beta_{ij})^2 + 4\xi^2 \beta_{ij}]}$$

ξ smorzamento viscoso dei modi i e j ;

β_{ij} è il rapporto tra l'inverso dei periodi di ciascuna coppia i - j di modi ($\beta_{ij} = T_j/T_i$).

Per gli edifici, gli effetti della eccentricità accidentale del centro di massa sono determinati mediante l'applicazione di carichi statici costituiti da momenti torcenti di valore pari alla risultante orizzontale della forza agente al piano moltiplicata per l'eccentricità accidentale del baricentro delle masse rispetto alla sua posizione di calcolo.

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			53 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

9.5 SOFTWARE UTILIZZATO

CDSWin versione 2018 con licenza chiave n° 13576 intestata all'ing. A. Carbonari
prodotto dalla:

S.T.S. s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l.

Via Tre Torri n°11 – Compl. Tre Torri

95030 Sant'Agata li Battiati (CT).

Come previsto dalle norme tecniche l'affidabilità del codice utilizzato è stata verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

Il software è inoltre dotato di filtri e controlli di autodiagnostica che agiscono a vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio.

I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- filtri per la congruenza geometrica del modello di calcolo generato;
- controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate;
- filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su eventuali mal condizionamenti delle matrici, verifica dell'indice di condizionamento;
- controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata;
- controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

Valutazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			54 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari diano valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Le sollecitazioni ottenute sulle travi per i carichi verticali direttamente agenti sono stati confrontati con semplici schemi a trave continua.

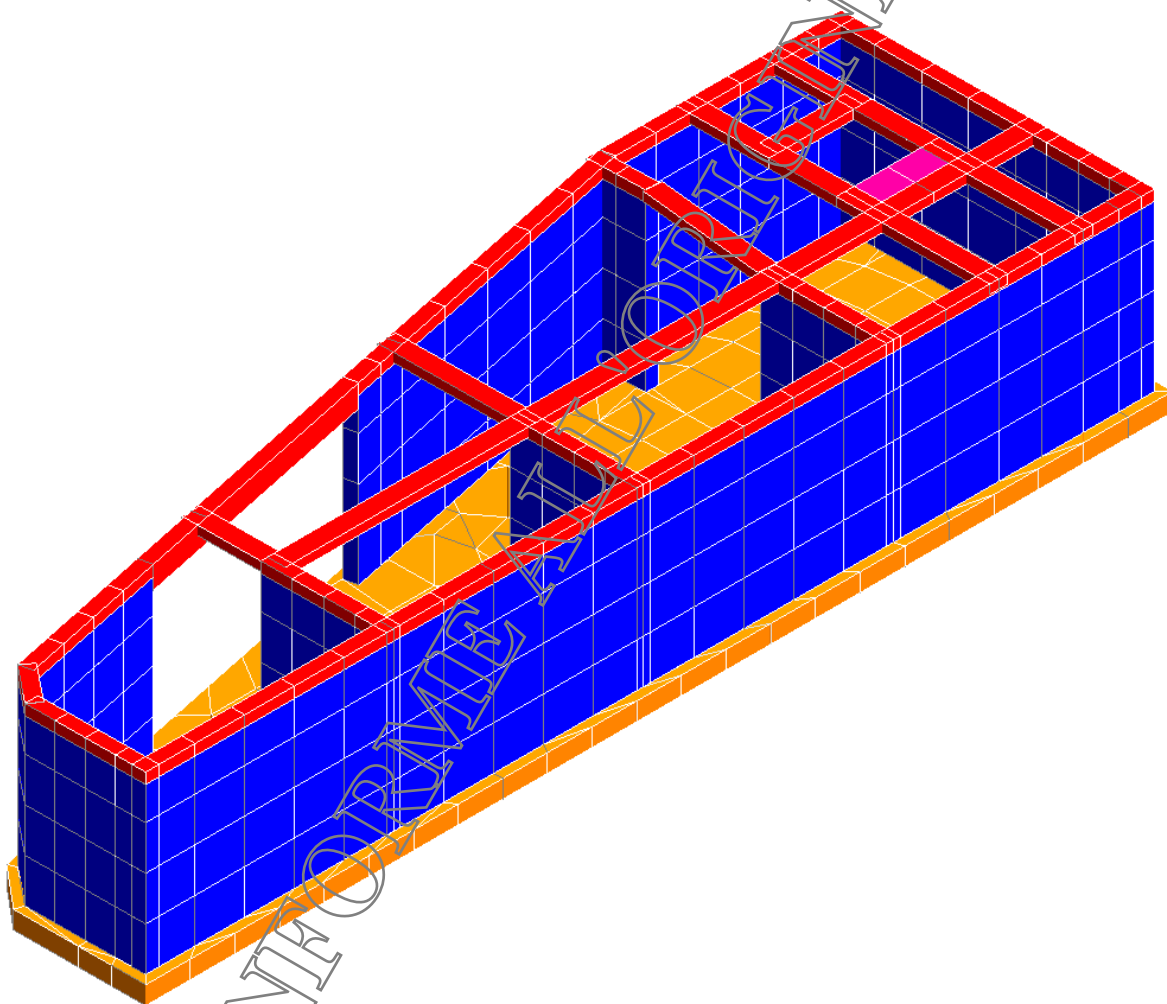
Per gli elementi inflessi di tipo bidimensionale si è provveduto a confrontare i valori ottenuti dall'analisi FEM con i valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			55 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

9.6 MODELLO DI CALCOLO

Per la struttura in esame è stato utilizzato il seguente modello di calcolo tridimensionale agli elementi finiti:



Modello tridimensionale

La platea in c.a. ed i setti in c.a. sono stati modellati come elementi “shell”, mentre tra e cordoli come elementi beam.

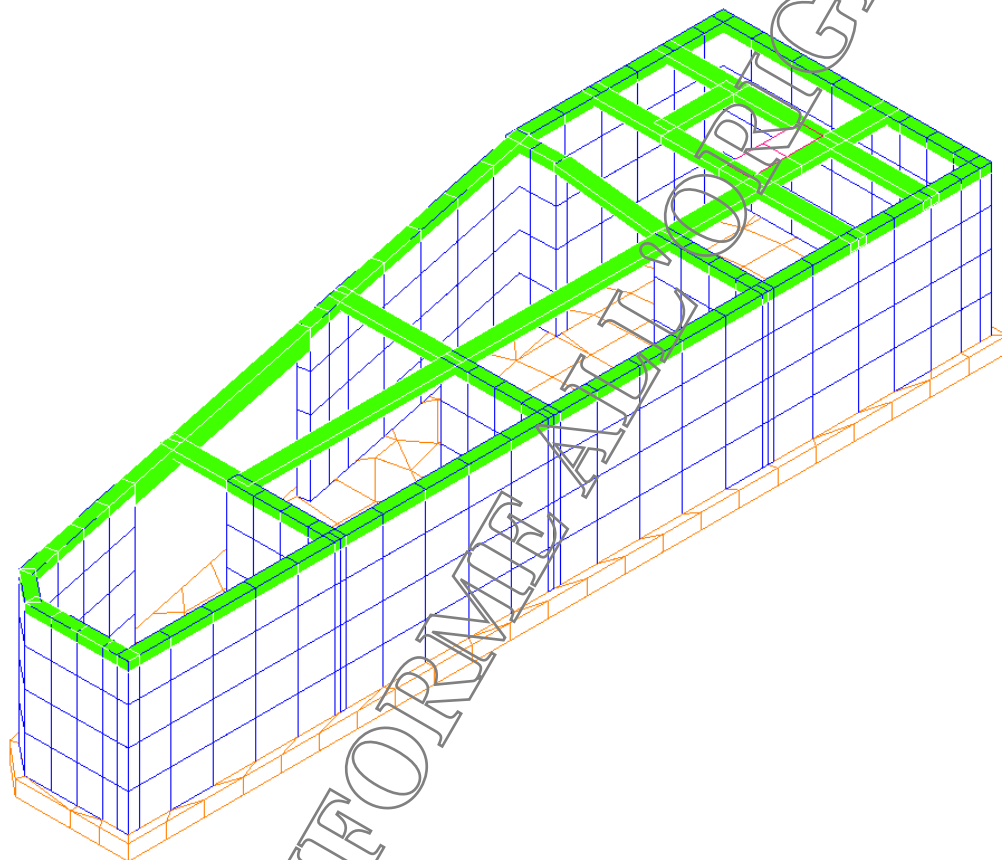
I solai e i loculi prefabbricati non sono stati modellati ma sono stati considerati solamente come carichi applicati alla struttura.

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			56 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

9.7 ANALISI STRUTTURALE

Di seguito si riporta il riassunto delle principali verifiche.

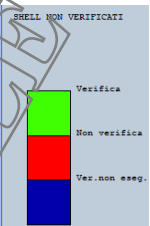
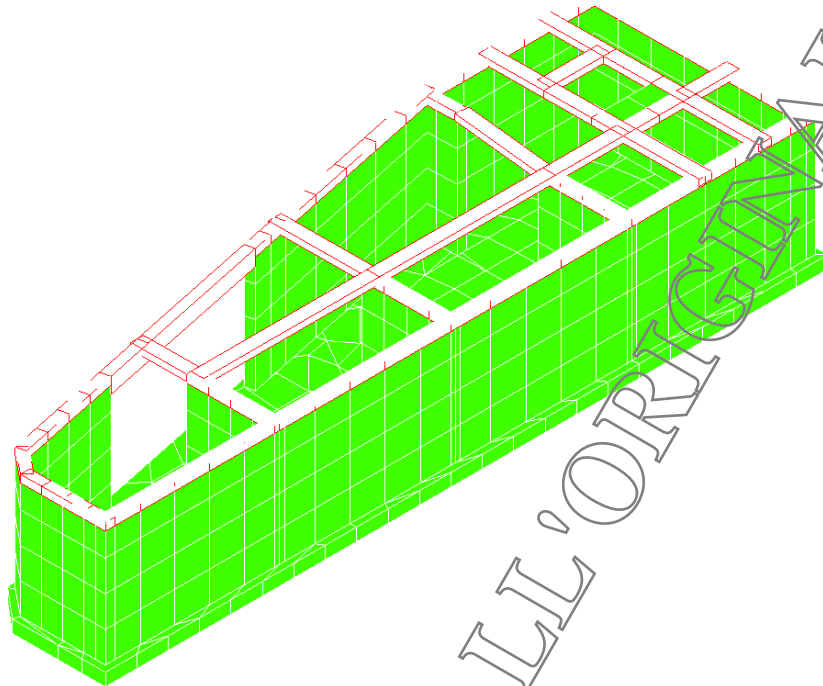
Le verifiche di resistenza agli SLU e le verifiche agli SLE risultano soddisfatte. Vedi tabulati.



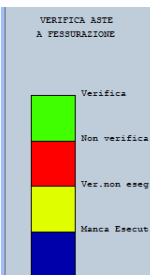
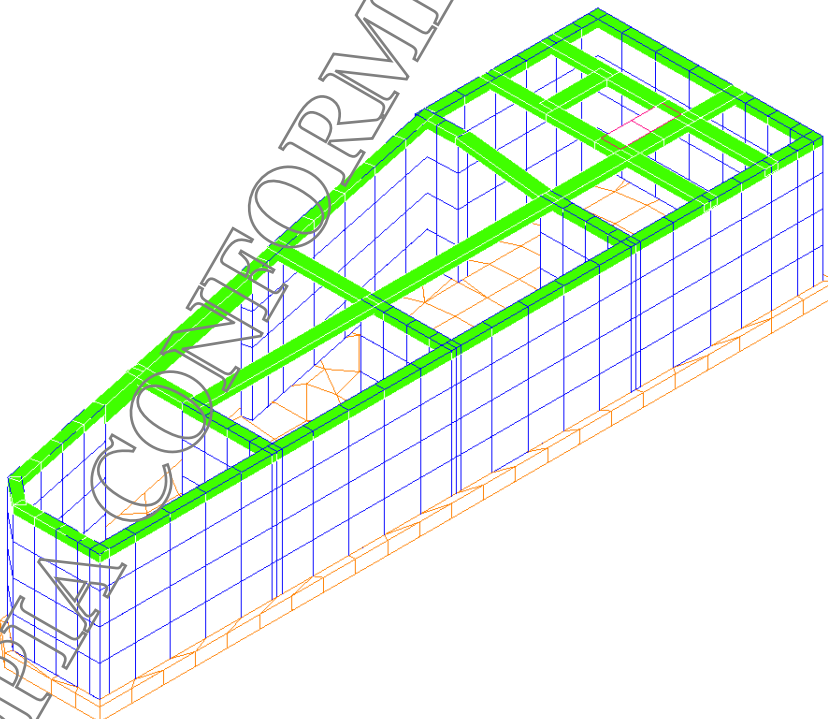
VERIFICA ASTE	
■	Verifica
■	Non verifica
■	Ver. non eseg.
■	Manca Esecut.

Verifiche di resistenza agli SLU elementi beam in c.a.

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			57 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						



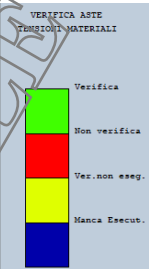
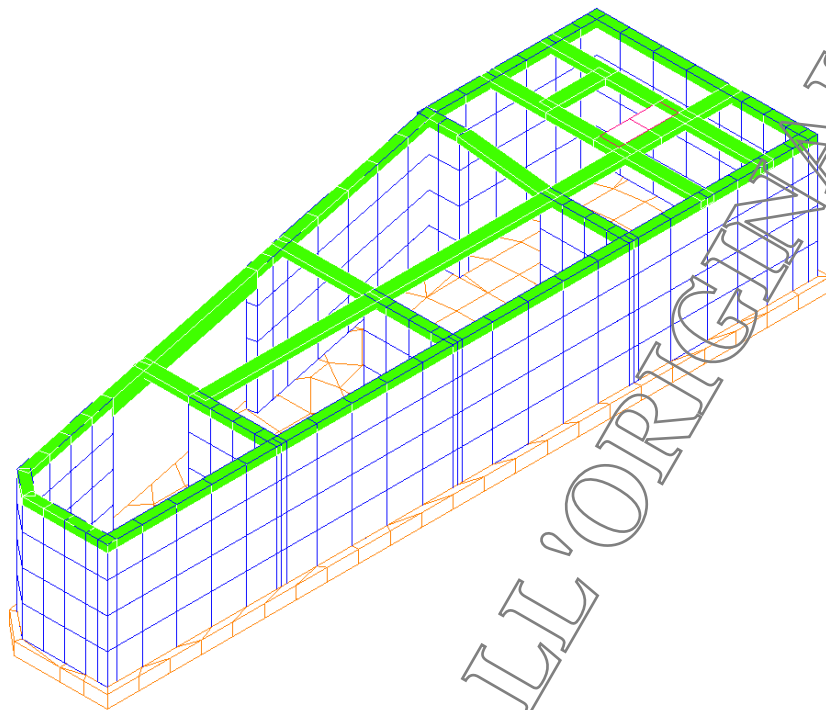
Verifiche di resistenza agli SLU elementi shell in c.a.



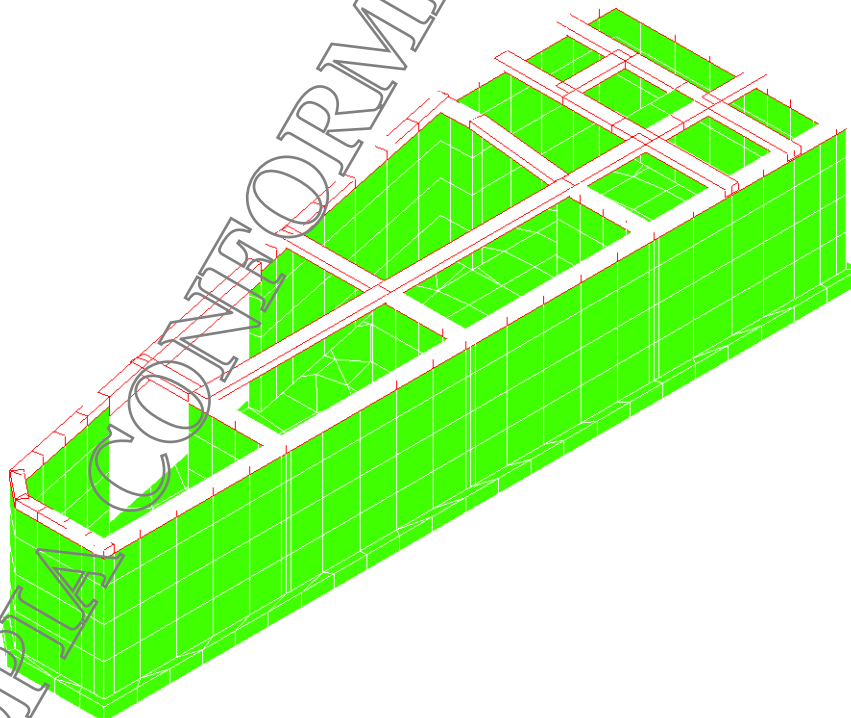
Verifiche fessurazione agli SLE elementi beam in c.a.

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			58 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

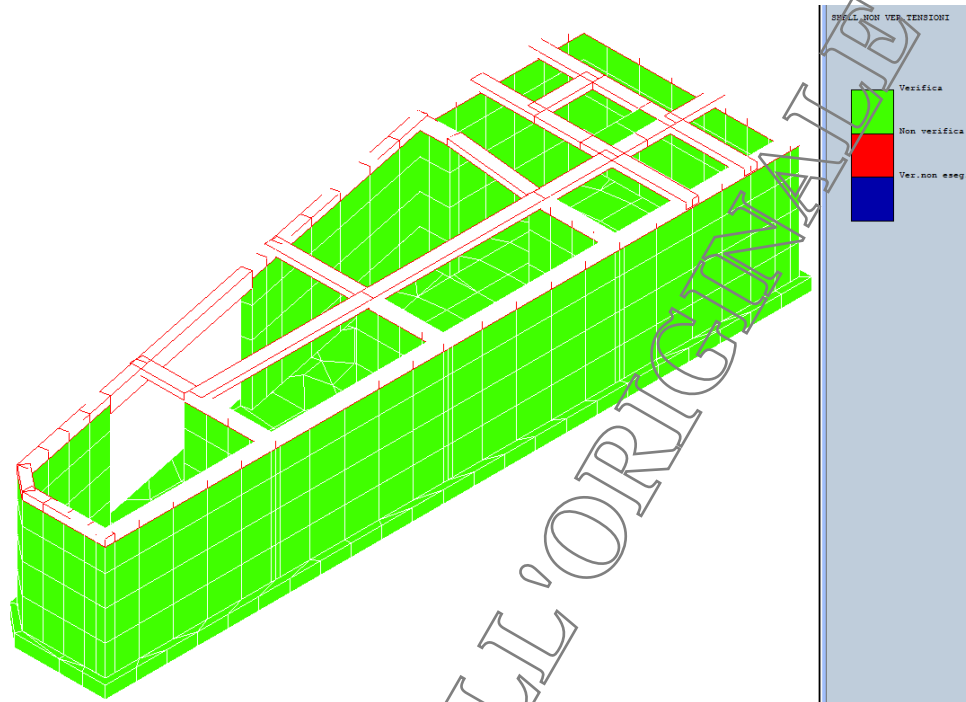


Verifiche tensioni agli SLE elementi beam in c.a.



Verifiche fessurazione agli SLE elementi shell in c.a.

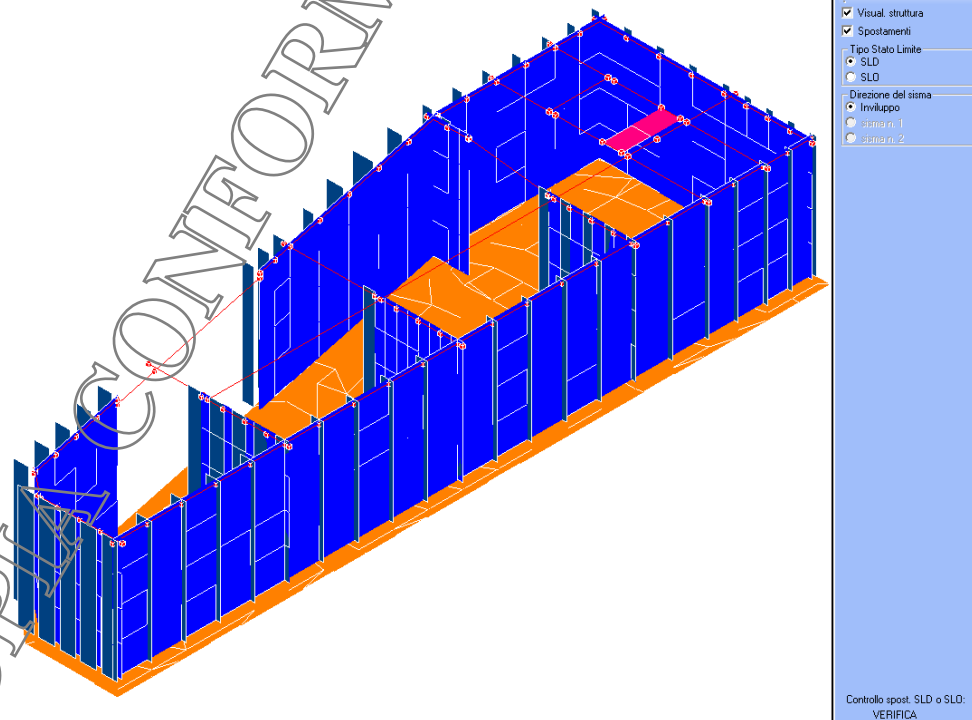
REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			59 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						



Verifiche tensioni agli SLE elementi shell in c.a.

9.8 VERIFICHE SPOSTAMENTI

Sono stati verificati gli spostamenti allo SLD (di seguito l'immagine):



Controllo spost. SLD o SLO.
VERIFICA

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			60 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

10 E1 – RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI

10.1 MODELLO GEOTECNICO E DATI DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali.

I risultati dello studio rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica sono esposti nella specifica relazione geologica, redatta dal Dott. Geol. Valeriano Bassani; lo scopo è quello di ricostruire i caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio.

I valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni sono ottenuti tramite l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito, come specificato in relazione Geologica.

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico si intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato.

Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico.

I dati relativi alla caratteristiche meccaniche del terreno sono desunti dalla Relazione Geologica, la quale riporta il seguenti strato per la costruzione in esame:

- Orizzonte "A" sabbia limosa con clasti sparsi: dal p.c. a profondità di almento 9.2 m.;

Dalla relazione geologica emerge che, nella parte Nord dell'area oggetto d'intervento, è presente uno strato di roccia ad una profondità di circa 2.40, tuttavia, a favore di sicurezza, in fase di calcolo verrà considerato solamente lo strato di sabbia sopra indicato.

Inoltre, considerando le pressioni esercitate dalla struttura sul terreno di fondazione, come verrà mostrato di seguito, si esclude la possibilità del verificarsi di cedimenti differenziali.

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			61 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

I parametri geotecnici riportati sono quelli di calcolo relativi all Orizzonte "A"

- ORIZZONTE LITOLOGICO "A" Sabbia limosa con clasti sparsi (Valori medi):

Peso di volume γ = 18.3 kN/m³

Angolo di attrito φ = 31.3°

Modulo Elastico E = 63.9 kg/cm²

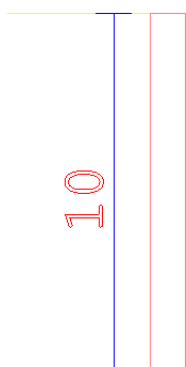
- ORIZZONTE LITOLOGICO "A" Sabbia limosa con clasti sparsi (valori caratteristici):

Peso di volume γ = 18.1 kN/m³

Angolo di attrito φ = 29.8°

Modulo Elastico E = 51.1 kg/cm²

0 Riferimento Quote



Strato 1: Sabbia limosa con cl

Modello geotecnico considerato nel programma di calcolo

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			62 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

10.2 VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) devono essere effettuate nel rispetto dei principi e delle procedure di seguito descritte.

- VERIFICA ALLO STATO LIMITE ULTIMO (SLU)

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione

$$E_d \leq R_d$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione

$$E_d = E \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

ovvero

$$E_d = \gamma_E E \left[F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

con $\gamma_E = \gamma_F$ e dove R_d è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico:

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right]$$

Effetto delle azioni e resistenza sono espresse in funzione delle azioni di progetto $\gamma_F F_k$, dei parametri di progetto X_k/γ_M e della geometria di progetto a_d . L'effetto delle azioni può anche essere valutato direttamente come $E_d = E_k \gamma_E$. Nella formulazione della resistenza R_d , compare esplicitamente un coefficiente γ_R che opera direttamente sulla resistenza del sistema.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3).

I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti: la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			63 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico. Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche.

- Approccio 1: *Combinazione 1 = $(A1+M1+R1)$*
Combinazione 2 = $(A2+M2+R2)$
- Approccio 2: *Combinazione = $(A1+M1+R3)$*

Si adotta l'**Approccio 2.**

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			64 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

10.3 AZIONI

I coefficienti parziali γ_F relativi alle azioni sono indicati nella Tab. 6.2.I. della Normativa, di seguito riportata. Ad essi deve essere fatto riferimento con le precisazioni riportate nel Paragrafo “Combinazioni di carico” del Capitolo 7 della presente relazione.

Si deve comunque intendere che il terreno e l'acqua costituiscono carichi permanenti (strutturali) quando contribuiscono al comportamento dell'opera con le loro caratteristiche di peso, resistenza e rigidità.

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_r (o γ_F)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Nel presente caso si adottano i coefficienti parziali delle azioni relativi alla colonna A1, evidenziati:

$$\gamma_{G1} = 1.3$$

$$\gamma_{G2} = 1.5$$

$$\gamma_{Q1} = 1.5$$

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			65 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

10.4 RESISTENZE

Il valore di progetto della resistenza R_d può essere determinato:

- a) in modo analitico, con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, diviso per il valore del coefficiente parziale γ_M specificato nella successiva Tab. 6.2.II, sotto riportata, e tenendo conto, ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specificati nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- b) in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera;
- c) sulla base di misure dirette su prototipi, tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R riportati nelle tabelle contenute nei paragrafi relativi a ciascun tipo di opera.

Si utilizza il **metodo a**.

I coefficienti γ_F sono riportati in Tab.6.2-II in funzione del tipo di approccio.

Tab. 6.2.II - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_r	γ_γ	1,0	1,0

Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità strutturali.

Nel presente caso l'analisi viene condotta seguendo l'Approccio di tipo 2 (A1+M1+R3), dunque ai parametri geotecnici vengono applicati i seguenti coefficienti parziali (vedi Tab.6.2.II sopra riportata):

$$\gamma_F = 1.00$$

$$\gamma_{cu} = 1.00$$

$$\gamma_g = 1.00$$

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			66 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

STUDIO DI INGEGNERIA

I coefficienti parziali γ_R vengono valutati nel proseguo della relazione e sono in funzione del tipo di fondazione che si è deciso di adottare.

Nel presente caso, trattandosi di fondazioni superficiali, si considerano i seguenti coefficienti:

$\gamma_R = 2.3$ (riferito al carico limite)

$\gamma_R = 1.1$ (riferito allo scorrimento)

estrapolati dalla tabella sotto riportata per l'approccio 2 (R3) :

Tab. 6.4.1 – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			67 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

10.5 VERIFICHE ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO

Le opere e i sistemi geotecnici di cui al devono essere verificati nei confronti degli stati limite di esercizio. A tale scopo, il progetto deve esplicitare le prescrizioni relative agli spostamenti compatibili e le prestazioni attese per l'opera stessa.

Il grado di approfondimento dell'analisi di interazione terreno-struttura è funzione dell'importanza dell'opera.

Per ciascun stato limite di esercizio deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq C_d$$

dove

E_d = valore di progetto dell'effetto delle azioni

C_d = prescritto valore limite dell'effetto delle azioni.

Quest'ultimo deve essere stabilito in funzione del comportamento della struttura in elevazione.

Di seguito sono riportati i risultati di calcolo della fondazione.

10.6 FONDAZIONI SUPERFICIALI

Si prosegue nel presente paragrafo al calcolo della capacità portante e alla verifica delle fondazioni.

I parametri geotecnici di progetto dello strato in questione sono quelli descritti precedentemente.

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			68 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

10.7 VERIFICHE PORTANZA

Si procede al calcolo della capacità portante (carico limite) in maniera analitica secondo le formule geotecniche di letteratura.

CALCOLO DEL CARICO LIMITE

B =	3,60	[m]	$\phi =$	29,80	[°]	$ecc =$	0,00	
L =	23,00	[m]	$\delta =$	0,00	[°]	$\gamma =$	18,10	[kN/m ³]
D =	4,50	[m]	$\beta =$	0,00	[°]	$q_v =$	0,00	[kN/m ²]
ecc.B =	0,00	[m]	$\eta =$	0,00	[°]	$q_o =$	0,00	[kN/m ²]
ecc.L =	0,00	[m]	$c =$	0,00	[kN/m ²]	FS =	2,30	

Meyerhof:	Vesic:	Hansen:	Terzaghi:
Nq = 17,9891	Nq = 17,9891	Nq = 17,9891	Nq = 19,981
Nc = 29,6646	Nc = 29,6646	Nc = 29,6646	Nc = 34,242
Ng = 15,1474	Ng = 21,7503	Ng = 14,5946	Ng = 23,26

Fattori di forma	Fattori di forma	Fattori di forma	Fattori di forma
sc = 1,09316	sc = 1,09492	sc = 1,09492	sc = 1
sq = sg = 1,04658	sq = 1,08964	sq = 1,08964	sg = 1
	sg = 0,93739	sg = 0,93739	

Fattori di profondità	Fattori di profondità	Fattori di profondità
dc = 1,43127	dc = 1,00873	dc = 1,00873
dq = dg = 1,21564	dq = 1,01881	dq = 1,01881
	dg = 1	dg = 1

Fattori d'inclinazione	Fattori d'inclinazione	Fattori d'inclinazione
ic = iq = 1	ic = 1	ic = 1
ig = 1	iq = 1	iq = 1
	ig = 1	ig = 1

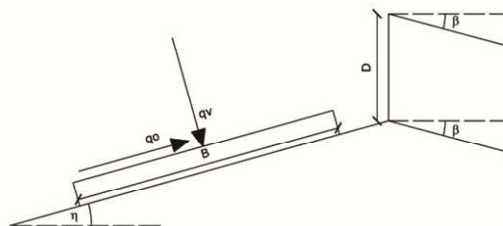
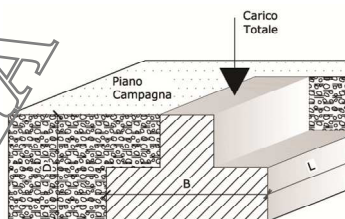
Kp = 2,975937	F. inclin. P. di posa	F. inclin. P. di posa
	bc = 1	bc = 1
	bq = bg = 1	bq = 1
		bg = 1

F. d'inclin. Terreno	F. d'inclin. Terreno
gc = 1	gc = 1
gq = gg = 1	gq = gg = 1

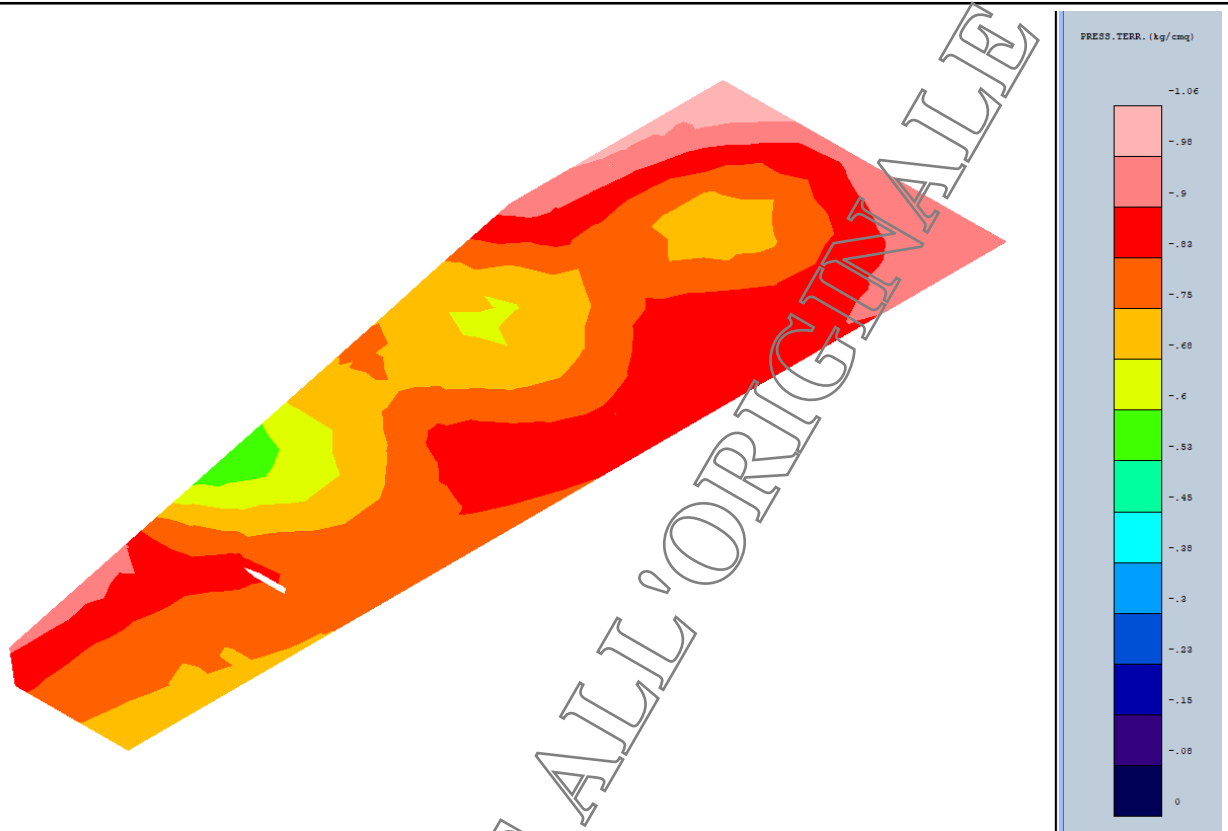
Capacità Portante:	Capacità Portante:	Capacità Portante:	Capacità Portante:
$q_{ult} = 2451,99$	$q_{ult} = 1663,29$	$q_{ult} = 1655,22$	$q_{ult} = 2385,26$ [kN/m ²]
$q = #####$	$q = #####$	$q = #####$	$q = #####$ [kN]
$Q_{amm} = 1083,48$	$Q_{amm} = 723,17$	$Q_{amm} = 719,66$	$Q_{amm} = 1037,07$ [kN/m ²]

LEGENDA:

B = Larghezza fondale
L = Lunghezza fondale
D = Profondità Piano di posa
ecc.B = Eccentricità in B
ecc.L = Eccentricità in L
 ϕ = Angolo d'attrito
 δ = A. d'attrito terreno Fondaz.
 β = Pendenza del pendio
 η = Inclinazione della Fondaz.
c = Coesione
ca = Adesione base Fondaz.
 γ = Peso di volume terreno
 q_v = Comp. Verticale del carico
 q_o = Comp. orizzont. del carico
FS = Fattore di sicurezza
q = Capacità Portante



REL. TEC.: REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC.TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			69 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						



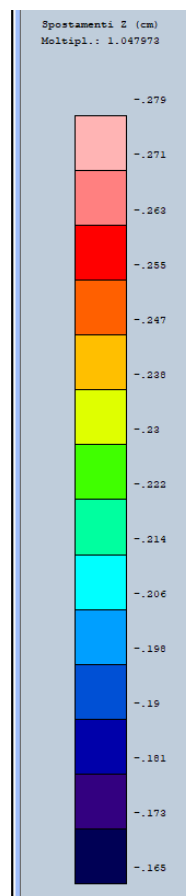
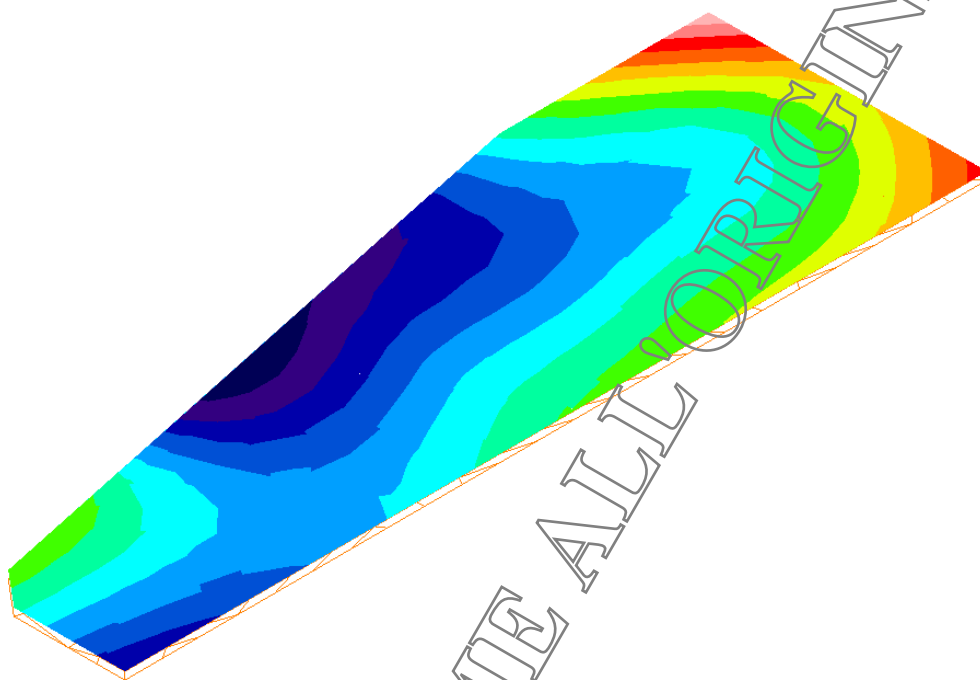
Pressioni scaricate sul terreno

Il valore massimo sollecitante q_{sd} è pari a **1.06 kg/cm²** ed è minore di quello minimo resistente $q_{srd} = 7.19 \text{ kg/cm}^2$, valore minimo ottenuto con la famiglia di coefficienti M1-R3 utilizzando le teorie presenti in letteratura.

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			70 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						

10.8 CONTROLLO DEI CEDIMENTI

Sono stati inoltre valutati i possibili cedimenti della struttura.



Cedimenti della struttura

Il cedimento massimo della struttura sotto l'azione dei carichi di progetto risulta essere di **circa 3.00 mm**, pertanto non risulta possibile l'avvenire di eventuali cedimenti differenziali tra la porzione di struttura fondata su sabbia e quella fondata su roccia.

REL. TEC. REALIZZAZIONE LOCULI CIMITERO DI FOSSOMBRONE	DOC. TYPE	DATA	INDICE	DISEGNO.	PAGINA.	REV.NO.
LOCALITA': Comune di Fossombrone	---	17.10.2018			71 DI 71	0
COMMITTENTE: Amm. Comunale di Fossombrone						