



Città Metropolitana  
di VENEZIA

Regione VENETO

PROGETTO

**Ampliamento "Vetreria Zignago Vetro"**  
di Fossalta di Portogruaro  
**Sezione I**  
**Sistemazione Area, Viabilità e Depositi**  
Progetto Definitivo

COMMITTENTE

 **Zignago Vetro S.p.A.**

Viale Ita Marzotto, 8  
30025 - Villanova di Fossalta di Portogruaro  
VENEZIA

TITOLO ELABORATO

**RELAZIONE DI CALCOLO DELLE STRUTTURE**  
**Deposito Sabbia**

NUMERO ELABORATO

**PD-DS-ST-R02**

DATA PRIMA EMISSIONE  
03.07.2017

PROGETTISTI

Ing. Marco Pujatti

Ing. Pieralberto Fadalti

FIRME COMMITTENTE



## INDICE ANALITICO

1. PREMESSA.....	1
2. DESCRIZIONE DEL FABBRICATO.....	2
3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ADOTTATI.....	5
5. PARAMETRI FONDAMENTALI (D.M. 14-01-08) .....	6
6. COMBINAZIONE DELLE AZIONI (§ 2.5.3 D.M. 14-01-08) .....	8
7. ANALISI DEI CARICHI.....	9
8. VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI .....	16
9. VALIDAZIONE E CONCLUSIONI .....	17



## 1. PREMESSA

La presente relazione si inserisce nel contesto del *progetto definitivo* promosso dal committente Zignago Vetro S.p.a. riferito all'ampliamento della vetreria con la costruzione di un nuovo forno fusorio in località Villanova di Fossalta di Portogruaro (VE), in Via Ita Marzotto n°8 (CAP 30025).

I riferimenti catastali, per l'identificazione dei lotti interessati dal progetto, sono indicativamente i seguenti:

Foglio 15, Mappale 791;

Foglio 15, Mappale 786;

Foglio 15, Mappale 813;

Foglio 15, Mappale 811;

Foglio 15, Mappale 69.



Figura 1: Veduta del progetto nella sua interezza.

L'opera nel suo complesso si presenta come un insieme di strutture industriali a destinazione differente, fisicamente circondanti al forno e funzionalmente asserventi ad esso quali magazzini, depositi per macchinari, materie prime e materiale finito, locali per la manutenzione ed altri a servizio dei lavoratori; insieme anche a tutte le opere accessorie che si rendono necessarie per il funzionamento sinergico delle parti, come strade, parcheggi e strutture per l'approvvigionamento energetico.

In particolare, oggetto del presente elaborato è la struttura "*deposito Sabbia*", identificata in figura con il numero 1.

## 2. DESCRIZIONE DEL FABBRICATO

La struttura, avente misure planimetriche 50x70 m e altezza  $h=10$  m, è realizzata a partire dalla sommità di una parete in cls con altezza pari a 5m, ed è costituita da una serie di portali posti a passo costante di circa 6 m e così realizzati: n°3 colonne in profilo HEB300 a passo 35 m, n°2 capriate a traliccio a due falde con corrente superiore in doppio profilo L120x10, corrente inferiore in doppio L120x12, traliccio interno in profili variabili tra angolari doppi L100x8, L90x8 e L70x5.

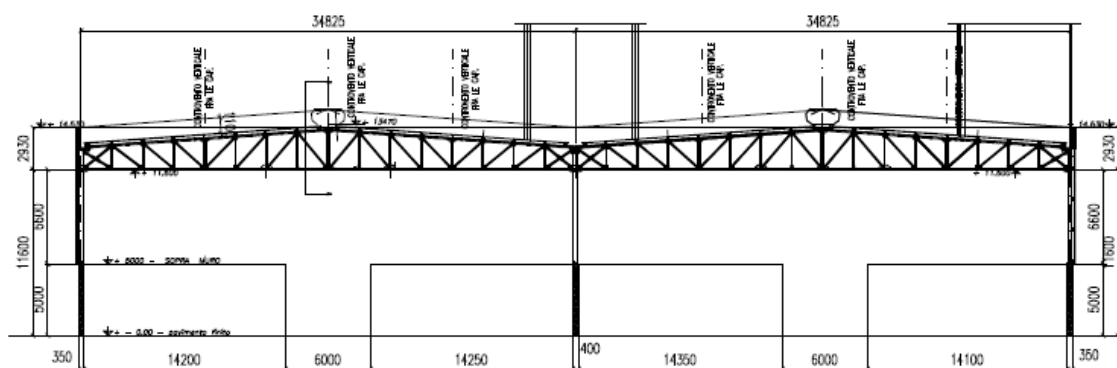


Figura 2: Sezione trasversale caratteristica

Il collegamento tra i vari portali viene eseguito a livello della copertura tramite travette tralicciate poste circa ai terzi delle campate da 35 m, mentre a livello delle colonne da controventi con schema a croce di Sant'Andrea poste all'inizio e alla fine della stilata delle colonne stesse.

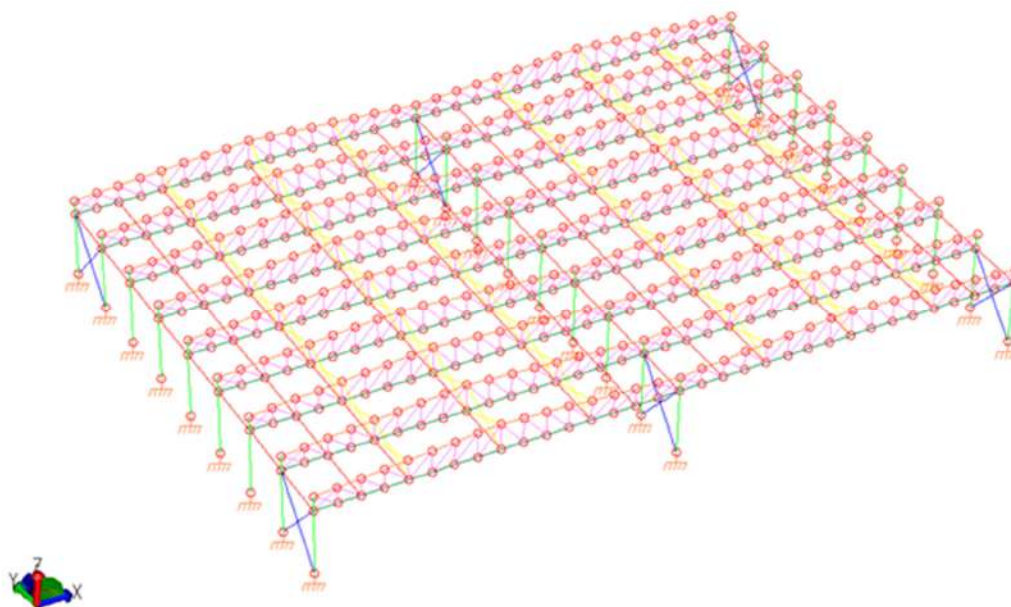
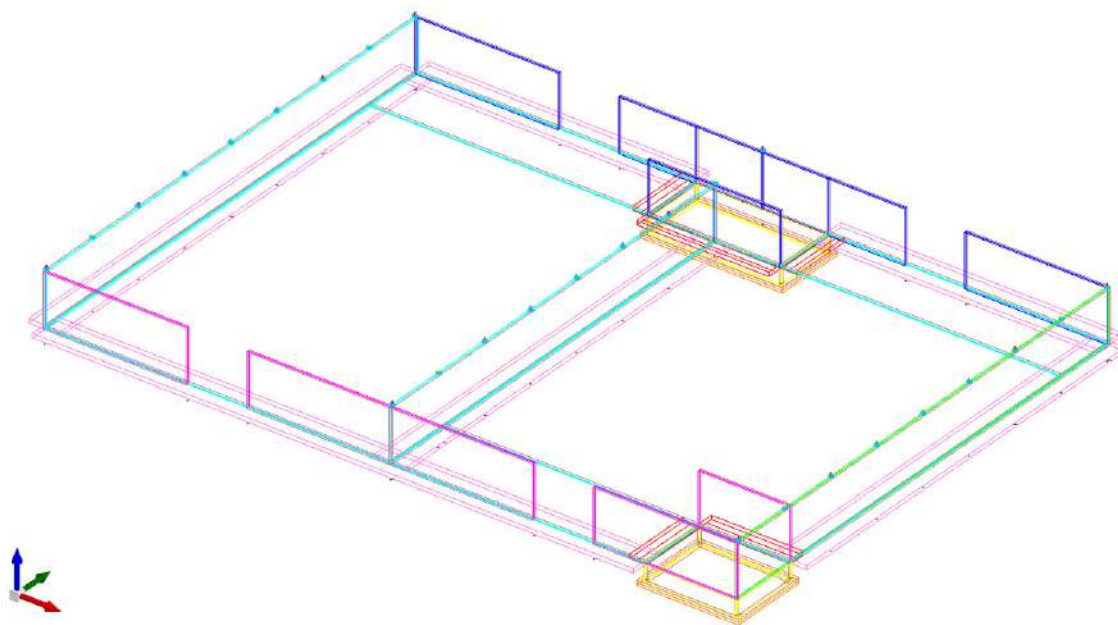


Figura 3: schema strutturale della copertura metallica del deposito sabbia

La copertura ed il tamponamento laterale vengono realizzati in semplice lamiera grecata fissata agli arcarecci/baraccati realizzati in profili a C sagomati e freddo.

Oggetto del presente elaborato sono le opere in c.a. a sostegno della struttura metallica della copertura: si tratta di pareti alte 5 m di spessore 35 cm.

Si prevede l'introduzione di un'armatura diffusa costituita da barre  $\varnothing 16/20$  in direzione verticale e  $\varnothing 16/15$  in direzione orizzontale, cui si sommano armature aggiuntive  $\varnothing 20/20$  in direzione verticale fino ad un'altezza di mezza parete, e  $\varnothing 20/10$  in concomitanza dei punti di scarico degli elementi di copertura.



*Figura 4: vista del modello di calcolo adottato per le opere in c.a.*

Le esigenze di esercizio richiedono la presenza due fosse (poste in adiacenza) e di una terza in posizione d'angolo, le quali presentino un approfondimento all'intradosso di 2,75m: tali opere verranno realizzate mediante una fondazione a platea, adeguatamente approfondita, in via prioritaria capaci di evitare le problematiche legate alla presenza di acqua di falda.

### **3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La progettazione degli interventi strutturali sarà condotta sulla base dei seguenti riferimenti normativi e bibliografici:

- LEGGE n. 1086 del 5/11/1971 che disciplina l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica.
- LEGGE n.64 del 2/02/1974 concernente provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- D.P.R. n. 380 del 2001 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia.
- D.M. 14/01/2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni sul Supplemento Ordinario della G.U. n. 29 del 4.02.2008
- Circolare n.617 del 02/02/2009 - Istruzioni per l'applicazione delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008.



#### 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ADOTTATI

Si riportano a seguire le specifiche meccaniche e resistenti dei materiali previsti per l'esecuzione delle opere di cui al presente elaborato.

<b>CALCESTRUZZO</b>							
<b>Classe C32/40 per pareti, travi di fondazione e platee</b>							
	$R_{ck}$	$f_{ck}$	$f_{cd}$	$f_{ctm}$	$f_{ctk}$	$f_{ctd}$	E
	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
<b>C25/30</b>	30,0	25	16,7	2,6	1,8	1,1	31476
<b>C32/40</b>	40,0	32	21,3	3,0	2,1	1,3	33346

<b>ACCIAIO PER C.A.</b>			
<b>B450C</b>			
$f_{tk}$	$f_{yk}$	$f_{yd}$	E
[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]
540	450	391	210000

<b>BULLONERIA</b>			
<b>Bulloni ad alta resistenza Classe 8.8</b>			
	$f_{yb}$	$f_{yd}$	$f_{tb}$
	[MPa]	[MPa]	[MPa]
<b>8.8</b>	649	519	800


## 5. PARAMETRI FONDAMENTALI (D.M. 14-01-08)

La progettazione strutturale del fabbricato è stata svolta in conformità alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008 che prevedono l'impiego del metodo semiprobabilistico agli stati limite, con valutazione sia degli stati limite ultimi che di esercizio, che si possono verificare durante la vita nominale di cui al §2.4 del D.M. 14/01/2008.

La vita nominale, la classe d'uso e il periodo di riferimento per l'azione sismica dell'edificio, sono stati scelti in conformità sia alle prescrizioni della normativa nazionale che di quella regionale.

In particolare si sono assunti:

SISMA							
$V_N=$		50 anni	vita nominale				
Classe d'uso		II					
$C_u=$		1	coefficiente d'uso				
$V_R=V_N C_u=$		50	periodo di riferimento per l'azione sismica				
Cat. del sottosuolo		C					
Cat. topografica		T1					
$S_T=$		1					
Località <b>Fossalta di Portogruaro (VE), viale Ita Marzotto</b>							
Tabella parametri di riferimento per l'azione sismica							
	SL	$T_R$	$a_g/g$	$F_0$	$T^*_c$	$S_S$	$S_T$
	SLO	30	0,0325	2,575	0,217	1,50	1,00
	SLD	50	0,0392	2,615	0,26	1,50	1,00
	SLV	475	0,0974	2,596	0,378	1,50	1,00



Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS84)
45.77177379	12.89833546

## Fattore di struttura

Dal momento che sono state fornite direttamente le reazioni della struttura di copertura anche in riferimento alle combinazioni sismiche, si è deciso di procedere al calcolo delle strutture in c.a. mediante un approccio non dissipativo, ovvero utilizzando un fattore di struttura unitario  $q=1$ .

### Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

#### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,099 g
$F_o^*$	2,592
$T_C^*$	0,376 s
$S_S$	1,500
$C_C$	1,450
$S_T$	1,000
$q$	1,000

#### Parametri dipendenti

$S$	1,500
$\eta$	1,000
$T_B$	0,182 s
$T_C$	0,545 s
$T_D$	1,995 s

#### Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

#### Punti dello spettro di risposta

	T [s]	$S_e$ [g]
	0,000	0,148
$T_B \leftarrow$	0,182	0,384
$T_C \leftarrow$	0,545	0,384
	0,614	0,341
	0,683	0,306
	0,752	0,278
	0,821	0,255
	0,890	0,235
	0,959	0,218
	1,028	0,204
	1,097	0,191
	1,166	0,179
	1,235	0,169
	1,305	0,160
	1,374	0,152
	1,443	0,145
	1,512	0,138
	1,581	0,132
	1,650	0,127
	1,719	0,122
	1,788	0,117
	1,857	0,113
	1,926	0,109
$T_D \leftarrow$	1,995	0,105
	2,091	0,096
	2,186	0,087
	2,282	0,080
	2,377	0,074
	2,473	0,068

## 6. COMBINAZIONE DELLE AZIONI (§ 2.5.3 D.M. 14-01-08)

Combinazione

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

SLE rara  $G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02}Q_{k2} + \psi_{03}Q_{k3} + \dots$

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

SLE quasi perm.  $G_1 + G_2 + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \psi_{23}Q_{k3} + \dots$

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

Valori dei coefficienti parziali per le azioni (Tabella §2.6.1 D.M. 14-01-2008)

## 7. ANALISI DEI CARICHI

La presente analisi dei carichi è stata svolta sulla base degli elementi costruttivi indicati negli elaborati grafici di progetto e con l'adozione dei carichi variabili previsti dalla normativa vigente: D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Nell'analisi delle sollecitazioni agenti sulle opere in c.a. si farà riferimento alle informazioni trasmesse dal calcolatore delle opere di copertura, per la determinazione delle sollecitazioni che queste trasmettono alla sottostruttura.

Per quanto invece riguarda le opere in c.a., esse sono soggette, oltre ai carichi superiori, alla spinta del materiale depositato all'interno ed al peso proprio.

### ***Carichi trasmessi dalla sovrastruttura***

La tabella a seguire funge da Legenda per l'identificazione dei casi di carico elementari all'interno della tabella delle caratteristiche sollecitanti.

Num.	Descrizione
16	SISMA +X AZIONE BASE
17	SISMA +Y AZIONE BASE
18	VENTO +X AZIONE BASE
19	VENTO +Y AZIONE BASE
20	NEVE AZIONE BASE
21	P.P.+P.Perm. AZIONE BASE

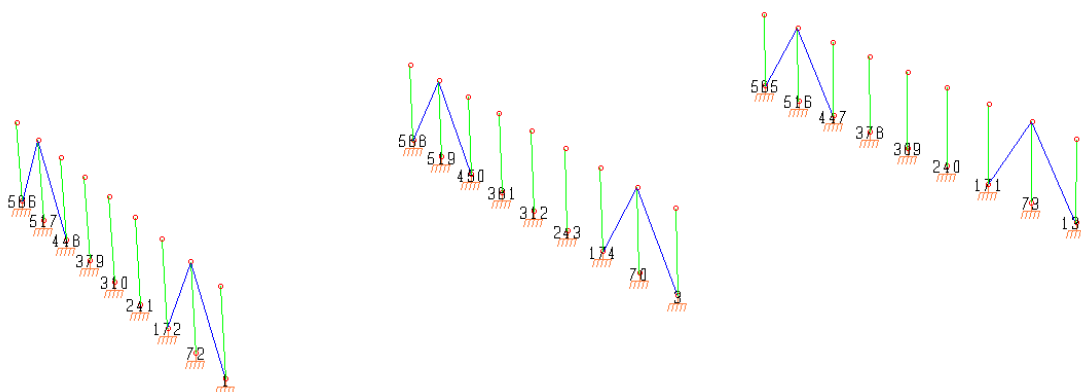


Figura 5: nomenclatura adottata per gli elementi metallici a sostegno della copertura

Si riportano di seguito, in forma aggregata, i valori delle caratteristiche della sollecitazione individuate nel corso dell'analisi della sovrastruttura metallica.

Nodo	c.c.	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	16	-2.519e+003	-3.450e+003	-3.254e+003	+9.731e+004	-1.232e+006	-1.885e+003
1	17	+3.342e+000	-7.185e+003	-9.309e+003	-1.362e+005	-1.417e+004	+7.087e+001
1	18	-1.809e+003	-1.629e+003	-6.119e+003	+3.474e+004	-4.458e+005	+1.574e+002

Nodo	c.c.	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
1	19	+3.776e+001	-8.995e+003	-7.389e+003	+5.641e+005	+2.058e+004	+1.234e+002
1	20	+2.888e+002	+1.443e+003	+6.585e+003	-2.634e+004	+4.128e+004	-3.321e+002
1	21	+2.366e+002	+1.155e+003	+6.590e+003	-2.000e+004	+3.350e+004	-2.680e+002
3	16	-3.859e+003	-1.562e+001	-1.752e+002	-6.204e+002	-1.553e+006	-1.151e+003
3	17	+1.302e+001	-1.216e+004	-1.543e+004	-2.095e+005	+5.500e+003	+4.582e+000
3	18	-7.977e+002	-3.688e+003	-1.303e+004	+7.312e+004	-3.295e+005	-2.468e+002
3	19	+1.252e+001	-1.783e+004	-1.434e+004	+1.134e+006	+4.839e+003	+2.970e+000
3	20	-2.573e+001	+4.226e+003	+1.487e+004	-8.383e+004	-9.654e+003	-5.398e+000
3	21	-1.810e+001	+3.248e+003	+1.357e+004	-6.509e+004	-6.681e+003	-3.510e+000
70	16	-4.428e+003	+4.278e+000	+2.296e+001	-8.509e+002	-1.687e+006	+1.744e+000
70	17	+1.626e+001	+1.345e+003	+8.475e+002	-2.600e+005	+6.176e+003	+1.484e-001
70	18	-9.302e+002	-1.532e+002	-1.195e+004	+4.057e+004	-3.599e+005	+8.571e-001
70	19	+1.782e+001	-7.242e+001	-5.876e+003	+3.911e+004	+6.336e+003	+1.335e-001
70	20	-3.733e+001	+1.758e+002	+1.364e+004	-4.654e+004	-1.310e+004	-2.686e-001
70	21	-2.663e+001	+1.301e+002	+1.172e+004	-3.454e+004	-9.271e+003	-1.850e-001
72	16	-2.669e+003	-2.423e+002	-9.254e+002	+6.047e+004	-1.260e+006	+4.889e+000
72	17	-2.574e+002	+8.435e+002	+5.122e+002	-1.691e+005	-5.269e+004	-1.327e+001
72	18	-2.921e+003	-8.507e+001	-5.985e+003	+2.146e+004	-6.015e+005	+5.825e+000
72	19	-2.165e+002	+7.654e+000	-3.174e+003	+1.047e+004	-3.509e+004	-5.448e+000
72	20	+3.731e+002	+7.044e+001	+6.684e+003	-1.778e+004	+5.629e+004	-1.657e+000
72	21	+2.911e+002	+5.119e+001	+6.178e+003	-1.304e+004	+4.337e+004	-2.328e+000
73	16	-3.423e+003	+9.826e+001	+9.886e+002	-2.732e+004	-1.445e+006	+5.695e+000
73	17	+1.693e+002	+8.411e+002	+4.795e+002	-1.684e+005	+3.553e+004	+1.322e+001
73	18	-1.202e+003	-1.161e+001	-6.119e+003	+3.425e+003	-3.442e+005	+9.247e-001
73	19	+2.790e+002	+2.182e+001	-3.195e+003	+7.291e+003	+5.432e+004	+5.131e+000
73	20	-5.737e+002	+3.054e+001	+7.193e+003	-8.828e+003	-1.133e+005	+2.533e+000
73	21	-4.613e+002	+1.870e+001	+6.263e+003	-5.755e+003	-9.048e+004	+3.039e+000
138	16	-2.683e+003	+2.516e+003	+2.640e+003	-7.606e+004	-1.267e+006	-1.599e+003
138	17	-2.717e+001	-7.259e+003	-9.360e+003	-1.370e+005	+1.323e+004	-1.597e+001
138	18	-7.617e+002	-7.043e+002	-5.499e+003	+4.602e+003	-2.900e+005	-5.507e+002
138	19	-2.144e+001	-8.930e+003	-7.356e+003	+5.617e+005	-1.323e+004	-1.293e+002
138	20	-3.410e+002	+1.293e+003	+6.800e+003	-2.032e+004	-6.016e+004	+3.737e+002
138	21	-2.811e+002	+1.014e+003	+6.569e+003	-1.526e+004	-4.834e+004	+3.091e+002
171	16	-3.415e+003	+2.190e+003	-2.050e+003	-2.218e+004	-1.445e+006	+1.582e+003
171	17	+5.221e+000	-7.388e+003	+8.788e+003	-1.163e+005	-1.482e+003	+1.578e+002
171	18	-1.125e+003	+2.827e+001	-7.448e+003	+4.020e+003	-3.291e+005	+5.426e+002
171	19	+2.806e+002	-3.850e+003	+2.497e+002	+9.983e+003	+5.396e+004	+2.129e+002
171	20	-6.594e+002	+3.885e+002	+8.114e+003	-8.437e+003	-1.320e+005	-3.743e+002
171	21	-5.039e+002	+2.641e+002	+6.805e+003	-5.577e+003	-1.004e+005	-2.977e+002
172	16	-3.612e+003	-3.054e+003	+2.388e+003	+2.370e+004	-1.486e+006	+1.837e+003
172	17	+2.474e+001	-7.320e+003	+8.681e+003	-1.147e+005	+1.351e+004	-2.086e+002
172	18	-3.282e+003	-8.203e+002	-6.389e+003	+1.045e+004	-6.857e+005	-1.874e+002
172	19	-2.803e+002	-3.910e+003	+2.340e+002	+1.078e+004	-4.847e+004	-2.100e+002
172	20	+6.737e+002	+5.817e+002	+7.572e+003	-9.980e+003	+1.240e+005	+3.431e+002
172	21	+5.201e+002	+4.007e+002	+6.777e+003	-6.643e+003	+9.602e+004	+2.657e+002
174	16	-4.453e+003	-1.663e+001	+1.845e+002	-1.133e+003	-1.690e+006	+1.117e+003
174	17	+1.159e+001	-1.231e+004	+1.429e+004	-1.977e+005	+5.093e+003	-3.295e+000
174	18	-9.511e+002	-2.103e+003	-1.258e+004	+3.224e+004	-3.650e+005	+2.418e+002
174	19	+8.774e+000	-7.765e+003	+4.579e+002	+4.015e+004	+4.629e+003	-1.791e+000
174	20	-1.595e+001	+2.417e+003	+1.437e+004	-3.707e+004	-9.146e+003	+3.087e+000
174	21	-1.061e+001	+1.737e+003	+1.209e+004	-2.695e+004	-6.349e+003	+1.924e+000

Nodo	c.c.	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
240	16	-2.510e+003	+1.538e+002	+9.882e+002	-4.095e+004	-1.214e+006	-4.563e+000
240	17	-4.882e+001	+5.459e+002	-4.351e+001	-9.121e+004	-1.245e+004	+3.231e+001
240	18	-1.209e+003	-2.249e+001	-7.777e+003	+6.091e+003	-3.525e+005	+8.985e-001
240	19	+1.843e+002	+5.097e+000	-4.217e+003	+1.203e+004	+2.896e+004	+1.037e+001
240	20	-4.098e+002	+5.230e+001	+9.074e+003	-1.413e+004	-6.647e+004	-1.156e+000
240	21	-3.074e+002	+3.744e+001	+7.345e+003	-1.023e+004	-4.952e+004	-3.261e-002
241	16	-3.576e+003	-2.302e+001	-6.925e+002	+3.594e+003	-1.476e+006	-2.233e+000
241	17	-1.796e+000	+5.469e+002	-2.554e+001	-9.157e+004	+3.844e+003	-3.175e+001
241	18	-3.303e+003	-1.524e+001	-7.466e+003	+3.339e+003	-6.904e+005	+4.224e-001
241	19	-3.026e+002	+1.925e+001	-4.168e+003	+8.004e+003	-5.400e+004	-9.664e+000
241	20	+6.972e+002	+1.706e+001	+8.425e+003	-3.960e+003	+1.288e+005	-3.115e-001
241	21	+5.279e+002	+1.020e+001	+7.233e+003	-2.311e+003	+9.782e+004	-1.004e+000
243	16	-4.522e+003	+4.150e+000	-4.458e+001	-9.170e+002	-1.702e+006	-2.388e+000
243	17	+1.614e+001	+1.010e+003	-9.101e+001	-1.742e+005	+5.799e+003	+1.966e-001
243	18	-9.461e+002	-6.348e+001	-1.527e+004	+1.675e+004	-3.645e+005	-2.122e-001
243	19	+2.122e+001	-3.796e+001	-8.089e+003	+3.037e+004	+7.117e+003	+1.446e-001
243	20	-4.599e+001	+7.318e+001	+1.741e+004	-1.931e+004	-1.520e+004	-2.473e-001
243	21	-3.363e+001	+5.265e+001	+1.405e+004	-1.393e+004	-1.102e+004	-1.532e-001
309	16	-3.464e+003	+4.636e+001	+2.685e+002	-1.312e+004	-1.450e+006	-4.046e+000
309	17	+9.272e+000	+5.266e+002	+2.063e+001	-8.626e+004	+4.155e+003	+3.348e+001
309	18	-1.072e+003	-4.861e+000	-7.756e+003	+1.609e+003	-3.188e+005	-1.254e-001
309	19	+3.274e+002	+2.860e+001	-4.139e+003	+6.003e+003	+6.482e+004	+9.651e+000
309	20	-7.362e+002	+1.356e+001	+8.924e+003	-4.134e+003	-1.473e+005	-4.873e-001
309	21	-5.511e+002	+1.013e+001	+7.218e+003	-3.103e+003	-1.100e+005	-3.242e-001
310	16	-3.516e+003	+2.899e+001	-6.771e+002	-1.013e+004	-1.458e+006	-4.657e+000
310	17	+1.388e+001	+5.224e+002	-7.437e-001	-8.527e+004	+5.123e+003	-3.311e+001
310	18	-3.311e+003	+6.117e+000	-7.562e+003	-2.240e+003	-6.918e+005	+1.174e-002
310	19	-3.151e+002	+3.515e+001	-4.204e+003	+3.949e+003	-5.738e+004	-9.011e+000
310	20	+7.148e+002	-3.280e+000	+8.537e+003	+1.275e+003	+1.327e+005	-7.596e-001
310	21	+5.377e+002	-3.113e+000	+7.293e+003	+1.191e+003	+1.000e+005	-5.330e-001
312	16	-4.416e+003	+2.848e+000	+1.761e+002	-5.894e+002	-1.676e+006	-2.267e+000
312	17	+8.978e+000	+9.843e+002	-1.074e+001	-1.676e+005	+3.944e+003	+1.846e-001
312	18	-9.639e+002	+8.981e-001	-1.546e+004	-1.488e+002	-3.687e+005	-1.561e-001
312	19	+5.579e+000	+8.939e+000	-8.169e+003	+1.817e+004	+3.439e+003	+1.043e-001
312	20	-1.010e+001	-7.011e-001	+1.767e+004	+9.779e+001	-6.819e+003	-1.639e-001
312	21	-6.806e+000	-5.910e-001	+1.419e+004	+8.391e+001	-4.772e+003	-9.356e-002
378	16	-2.517e+003	+8.369e+001	+7.735e+002	-2.241e+004	-1.209e+006	-8.674e+000
378	17	-6.797e+001	+5.472e+002	+1.905e+001	-9.154e+004	-1.299e+004	+3.223e+001
378	18	-1.211e+003	-6.733e+000	-7.748e+003	+2.129e+003	-3.530e+005	-4.562e-001
378	19	+1.864e+002	+3.510e+001	-4.159e+003	+4.274e+003	+2.983e+004	+1.011e+001
378	20	-4.088e+002	+2.270e+001	+9.003e+003	-6.422e+003	-6.493e+004	-1.520e+000
378	21	-3.096e+002	+1.867e+001	+7.293e+003	-5.178e+003	-4.913e+004	-1.896e+000
379	16	-3.499e+003	+7.300e+001	-7.192e+002	-2.164e+004	-1.450e+006	-5.867e+000
379	17	+3.326e+001	+5.484e+002	+2.503e+001	-9.197e+004	+7.171e+003	-3.173e+001
379	18	-3.293e+003	+2.580e+001	-7.478e+003	-7.379e+003	-6.880e+005	-3.625e-001
379	19	-3.111e+002	+5.474e+001	-4.144e+003	-1.124e+003	-5.764e+004	-8.886e+000
379	20	+6.966e+002	-2.273e+001	+8.437e+003	+6.293e+003	+1.298e+005	-1.062e+000
379	21	+5.262e+002	-1.558e+001	+7.243e+003	+4.481e+003	+9.822e+004	+3.366e-002
381	16	-4.457e+003	+2.277e+000	-9.401e-001	-4.654e+002	-1.679e+006	-2.438e+000
381	17	+1.089e+001	+1.010e+003	+9.432e+001	-1.742e+005	+3.978e+003	+1.910e-001
381	18	-9.520e+002	+6.532e+001	-1.526e+004	-1.706e+004	-3.661e+005	-8.080e-002

Nodo	c.c.	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
381	19	+1.334e+001	+5.846e+001	-8.018e+003	+5.240e+003	+4.563e+003	+9.754e-002
381	20	-2.798e+001	-7.451e+001	+1.741e+004	+1.948e+004	-9.515e+003	-1.512e-001
381	21	-2.020e+001	-5.379e+001	+1.405e+004	+1.408e+004	-6.829e+003	-8.493e-002
447	16	-3.518e+003	-2.345e+003	-1.615e+003	+2.010e+004	-1.449e+006	-1.516e+003
447	17	+9.815e+000	-7.431e+003	-8.799e+003	-1.156e+005	+8.896e+003	+1.666e+002
447	18	-1.101e+003	-4.890e+001	-7.561e+003	-4.320e+003	-3.244e+005	-5.468e+002
447	19	+3.276e+002	-2.609e+003	-6.950e+003	-6.900e+003	+6.543e+004	-1.381e+002
447	20	-7.067e+002	-3.867e+002	+8.328e+003	+8.493e+003	-1.388e+005	+3.902e+002
447	21	-5.402e+002	-2.601e+002	+6.983e+003	+5.654e+003	-1.058e+005	+3.095e+002
448	16	-3.475e+003	+3.217e+003	+2.627e+003	-3.184e+004	-1.440e+006	-1.531e+003
448	17	+9.652e+000	-7.457e+003	-8.814e+003	-1.147e+005	-1.933e+003	-1.630e+002
448	18	-3.253e+003	+8.753e+002	-6.302e+003	-1.226e+004	-6.793e+005	+2.685e+002
448	19	-3.051e+002	-2.538e+003	-6.856e+003	-7.936e+003	-5.784e+004	+1.422e+002
448	20	+6.593e+002	-6.263e+002	+7.499e+003	+1.102e+004	+1.229e+005	-3.989e+002
448	21	+5.063e+002	-4.379e+002	+6.717e+003	+7.608e+003	+9.443e+004	-3.156e+002
450	16	-4.412e+003	-3.196e+001	+1.844e+000	-1.243e+002	-1.665e+006	-1.114e+003
450	17	+8.196e+000	-1.231e+004	-1.430e+004	-1.978e+005	+3.132e+003	+2.494e+000
450	18	-9.456e+002	+2.085e+003	-1.258e+004	-3.262e+004	-3.641e+005	-2.391e+002
450	19	+7.982e+000	-4.171e+003	-1.231e+004	-9.028e+003	+3.063e+003	+2.871e+000
450	20	-1.630e+001	-2.401e+003	+1.433e+004	+3.736e+004	-6.301e+003	-6.085e+000
450	21	-1.163e+001	-1.723e+003	+1.206e+004	+2.719e+004	-4.489e+003	-4.333e+000
516	16	-3.428e+003	-1.723e+002	+7.635e+002	+4.350e+004	-1.433e+006	-6.383e+000
516	17	-1.522e+002	+8.385e+002	-4.943e+002	-1.677e+005	-2.806e+004	+1.330e+001
516	18	-1.192e+003	+2.719e+001	-6.099e+003	-6.667e+003	-3.410e+005	-1.534e+000
516	19	+2.438e+002	+1.241e+002	-3.402e+003	-1.911e+004	+4.795e+004	+6.080e+000
516	20	-5.879e+002	-6.220e+001	+7.131e+003	+1.554e+004	-1.154e+005	-1.867e+000
516	21	-4.727e+002	-4.284e+001	+6.219e+003	+1.087e+004	-9.241e+004	-2.499e+000
517	16	-3.398e+003	+1.433e+002	-8.178e+002	-3.981e+004	-1.425e+006	-6.789e+000
517	17	+1.677e+002	+8.335e+002	-4.939e+002	-1.666e+005	+3.399e+004	-1.329e+001
517	18	-3.149e+003	+5.694e+001	-5.961e+003	-1.563e+004	-6.571e+005	-6.047e+000
517	19	-2.266e+002	+1.194e+002	-3.406e+003	-1.833e+004	-4.146e+004	-5.953e+000
517	20	+5.513e+002	-5.003e+001	+6.669e+003	+1.356e+004	+1.016e+005	+1.634e+000
517	21	+4.463e+002	-3.318e+001	+6.185e+003	+9.314e+003	+8.248e+004	+2.342e+000
519	16	-4.308e+003	+1.166e+000	+2.294e+001	-1.452e+002	-1.644e+006	-5.443e+000
519	17	+7.620e+000	+1.345e+003	-8.511e+002	-2.600e+005	+2.922e+003	+1.562e-001
519	18	-9.326e+002	+1.555e+002	-1.195e+004	-4.100e+004	-3.600e+005	-9.066e-001
519	19	+7.169e+000	+1.843e+002	-6.573e+003	-2.779e+004	+2.874e+003	+1.349e-001
519	20	-1.509e+001	-1.778e+002	+1.365e+004	+4.693e+004	-6.073e+003	-2.602e-001
519	21	-1.087e+001	-1.318e+002	+1.173e+004	+3.486e+004	-4.373e+003	-1.764e-001
585	16	-2.746e+003	-2.721e+003	+2.739e+003	+9.356e+004	-1.270e+006	+1.522e+003
585	17	+3.488e+001	-7.301e+003	+9.399e+003	-1.364e+005	-8.042e+003	-2.498e+001
585	18	-7.393e+002	+6.937e+002	-5.455e+003	-8.103e+003	-2.832e+005	+5.503e+002
585	19	+2.585e+002	-4.492e+003	+1.270e+002	+2.530e+005	+4.943e+004	+1.987e+002
585	20	-3.797e+002	-1.312e+003	+6.759e+003	+2.757e+004	-6.926e+004	-3.855e+002
585	21	-3.110e+002	-1.026e+003	+6.535e+003	+2.078e+004	-5.557e+004	-3.174e+002
586	16	-2.730e+003	+3.542e+003	-3.643e+003	-9.056e+004	-1.265e+006	+1.533e+003
586	17	-2.337e+001	-7.328e+003	+9.422e+003	-1.351e+005	+1.309e+004	+2.090e+001
586	18	-1.885e+003	+1.668e+003	-6.248e+003	-3.315e+004	-4.623e+005	-2.479e+002
586	19	-2.458e+002	-4.428e+003	+5.058e+001	+2.539e+005	-4.385e+004	-2.021e+002
586	20	+3.530e+002	-1.478e+003	+6.689e+003	+2.538e+004	+5.736e+004	+3.926e+002
586	21	+2.919e+002	-1.185e+003	+6.697e+003	+1.913e+004	+4.697e+004	+3.225e+002



Nodo	c.c.	FX	FY	FZ	MX	MY	MZ
588	16	-3.762e+003	-3.480e+001	+3.180e+001	-9.779e+001	-1.514e+006	+1.118e+003
588	17	+5.025e+000	-1.216e+004	+1.545e+004	-2.095e+005	+2.325e+003	-1.270e+000
588	18	-7.970e+002	+3.669e+003	-1.297e+004	-7.334e+004	-3.280e+005	+2.438e+002
588	19	+5.237e+000	-7.919e+003	-8.790e+002	+4.999e+005	+2.489e+003	-1.789e+000
588	20	-1.108e+001	-4.210e+003	+1.483e+004	+8.400e+004	-5.344e+003	+3.955e+000
588	21	-8.035e+000	-3.234e+003	+1.353e+004	+6.524e+004	-3.882e+003	+2.878e+000

### Carichi sulle opere in c.a.

Per il calcolo delle sollecitazioni indotte dal materiale di deposito si sono utilizzati per la sabbia un valore di 17kN/mc di peso per unità di volume, ed un angolo di attrito interno di 30° (il coefficiente di spinta attiva risulta essere pari a  $1/3=0.333$ ).

Si riportano i carichi agenti sulle opere in calcestruzzo armato.

CARICHI SULLE OPERE IN CALCESTRUZZO ARMATO							
PARETI IN C.A.							

Il valore dei carichi così determinato si è utilizzato in fase di modellazione della struttura in c.a., unitamente a quanto trasmesso dalla copertura.

Le combinazioni di carico sono state sviluppate ai sensi del 2.5.3 del D.M. 14/01/2008, curando opportunamente la compatibilità con le azioni superiori come trasmesse.

PLATEA DI FONDAZIONE - fondo fossa							
							kN/m <sup>2</sup>
Platea in c.a. da 20 cm di spessore				25kN/mc*0,2m=	<b>G<sub>k1</sub></b> =	<b>5,00</b>	
							kN/m <sup>2</sup>
Materiale di deposito, h=7m				17kN/mc*7m=	<b>Q</b> =	<b>119,00</b>	
<b>CARICO PERMANENTE:</b>					<b>G<sub>k1</sub></b> =	<b>5,00</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>
<b>CARICO VARIABILE:</b>					<b>Q<sub>k,max</sub></b> =	<b>119,00</b>	<b>kN/m<sup>2</sup></b>

Il carico dovuto all'azione del vento sulle opere in c.a. si è ritenuto trascurabile e in relazione all'azione sismica, e in considerazione del fatto che il materiale di deposito esercita un'azione maggiore (qualora fosse assente) o di protezione (se presente); si è invece tenuto conto dell'agire del vento sulla sovrastruttura metallica, data la maggior sensibilità della stessa.

VENTO							
ZONA 1							
$v_b =$				25	m/s		
$\rho =$				1,25			
$q_b = 0,5\rho v_b^2 =$				0,39	kN/m <sup>2</sup>		
Classe				B			
Categoria di esposizione				III			
$k_r =$				0,20			
$z_0 =$				0,10	m		
$z_{min} =$				5,00	m		
$z_{max} =$				5	m		
$C_d =$				1			
$C_t =$				1			
$C_e(z_{max}) = k_r^2 c_t \ln(z_{max}/z_0) [7 + c_t \ln(z_{max}/z_0)] =$				1,71			
$C_e(z_{min}) = k_r^2 c_t \ln(z_{min}/z_0) [7 + c_t \ln(z_{min}/z_0)] =$				1,71			
$p = q_b C_e C_d C_p$							
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-start;"> <div style="text-align: center;"> <math>C_{pe} = +0,03 \alpha - 1</math>  </div> <div style="text-align: center;"> <math>C_{pe} = -0,4</math>  </div> </div>							
Si intendono positive le pressioni dirette verso l'interno del fabbricato							
AZIONE DEL VENTO SULLE PARETI							
$p' = q_b C_e C_d =$				0,67	kN/m <sup>2</sup>		
$p(\text{sopravento}) = q_b C_e C_d C_{p(0,8)}$				0,53	kN/m <sup>2</sup>		
$p(\text{sottovento}) = q_b C_e C_d C_{p(0,4)}$				0,27	kN/m <sup>2</sup>		
<b>Oss:</b> dato il valore modesto della sollecitazione, considerando l'azione sismica dei rottami immagazzinati e la non contemporaneità degli eventi sismico e del vento, si considera trascurabile il contributo dell'ultimo.							

## 8. VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI

Per il dimensionamento e la verifica delle opere in c.a. e di fondazione verrà costruito un modello di calcolo semplificato, il programma utilizzato per la modellazione FEM è SISMICAD versione 12.9, fornito dalla ditta CONCRETE di Padova (numero di licenza SN#5881366).

La risposta sismica del fabbricato (struttura in pareti in c.a. non dissipativa) è stata valutata attraverso un'analisi lineare statica assumendo fattore di struttura  $q$  pari a **1.00**

Il modello agli elementi finiti utilizza elementi bidimensionali tipo plate per rappresentare le pareti in c.a. e le platee di fondazione poste nelle fosse; le travi di fondazione sono invece modellizzate mediante elementi monodimensionali tipo beam. I carichi trasmessi dalla struttura di copertura sono inseriti come carichi concentrati nelle posizioni in cui è previsto lo scarico dei pilastri, e la presenza del materiale di deposito è modellizzata come carico di tipo potenziale; i termini invece legati ai pesi propri sono determinati autonomamente dal codice di calcolo.

Nelle pagine a seguire si riportano nell'ordine: alcune immagini del modello, una breve descrizione del programma di calcolo, i dati di input per l'analisi, i principali risultati e le verifiche.

## 9. VALIDAZIONE E CONCLUSIONI

Per compiere una validazione dei risultati ottenuti, si è condotta un'analisi statica lineare sulla struttura in c.a. cui si sono sommate le azioni sismiche scaricate dalla struttura di copertura.

Al fine di individuare la massa sismica partecipante si è esclusa dal computo, oltre la quota parte afferente a strutture di fondazione, anche quella rappresentante la struttura di copertura, in quanto l'azione sismica competente tale massa è stata inserita come carico.

CALCOLO DELLA MASSA SISMICA							
CARICHI VERTICALI							
Platee fondo fossa		(14,2*7,3+10,1*8,1)*0,5*25				2318,4	kN
Pareti fossa		2*(7+9+13,2+6,2)*2,75*0,4*25				1947,0	kN
Travi di fondazione		[(50+43+43+61+56,8)*3,25+1,6*(16+25,6)]*0,4*25				8914,1	kN
Platea di ripartizione		(50*70-7*9-13,2*6,2)*0,2*25				16775,8	kN
Pareti		(13,2+58+58+50+50+43+9,1)*5*0,35*25				12306,9	kN
Copertura metallica						2391,3	kN
						44653,5	kN
W (sismica)						44003,93	kN
Δ% differenza						-1,45	%
Massa Sismica							
Pareti		(13,2+58+58+50+50+43+9,1)*5*0,35*25				12306,9	kN
Copertura metallica						0,0	kN
						12306,9	kN

DETERMINAZIONE DEL TAGLIO ALLA BASE				
$H = Z_c - Z_0 =$	5	m		altezza dell'edificio dallo zero sismico
$C =$	0,05			PAR. 7.3.3.2
$T_1 = C \cdot H^{3/4} =$	0,17	s		PAR. 7.3.3.2
Reg. in pianta	sì			PAR. 7.2.2
Reg. in elevazione	no			PAR. 7.2.3
Classe di duttilità:	1) non dissipativa			
$q =$	1,00			fattore di struttura - PAR. 7.3.1
Cat. Suolo	C			3.2.II
$T_B =$	0,186			3.2.8
$T_C =$	0,558			3.2.7
$C_C =$	1,537			TAB 3.2.V
$T^*_C =$	0,363			
$(a_g/g)_{SLV} =$	0,0853			accelerazione di aggancio allo SLV
$F_0 =$	2,591			fattore di amplificazione spettrale (3.2.3.2.1)
$S_s =$	1,50			c. di amplificazione stratigrafica - TAB 3.2.V
$S_T =$	1,00			c. di amplificazione topografica - TAB 3.2.V
$S = S_s \cdot S_T =$	1,5			
$\xi =$	5	%		smorzamento viscoso
$\eta = \max(0,55; \text{radq}(10/(5 + \xi))) =$	1,00			fattore controllo smorzamento viscoso
$S_e = S \cdot (a_g/g)_{SLV} \cdot \eta \cdot F_0 =$	0,332	g		spettro elastico orizzontale sul plateau
$S_d = S_e / q =$	0,332	g		spettro di progetto orizzontale sul plateau
$W_{sis} =$	12306,9	kN		massa sismica PAR. 3.2.4 - (3.2.17)
$\lambda =$	0,85			
$F_h = S_d \cdot \lambda \cdot W_{sis} =$	3468,0	kN		Taglio alla base - 7.3.6
$F_{h-c.a.-sismicad} =$	3592,3	kN		Taglio alla base da modello di calcolo
$F_{h-copertura} =$	953,2	kN		Taglio trasmesso dalla copertura
$F_h = S_d \cdot \lambda \cdot W_{sis} + F_{h-copertura} =$	4421,2	kN		Taglio alla base completo - 7.3.6
$F_{h-sismicad} + F_{h-copertura} =$	4545,5	kN		Taglio alla base completo da modello
$\Delta = (F_{hsismicad} - F_h) / F_h \cdot 100 =$	3	%		Differenza tra valore FEM e analitico