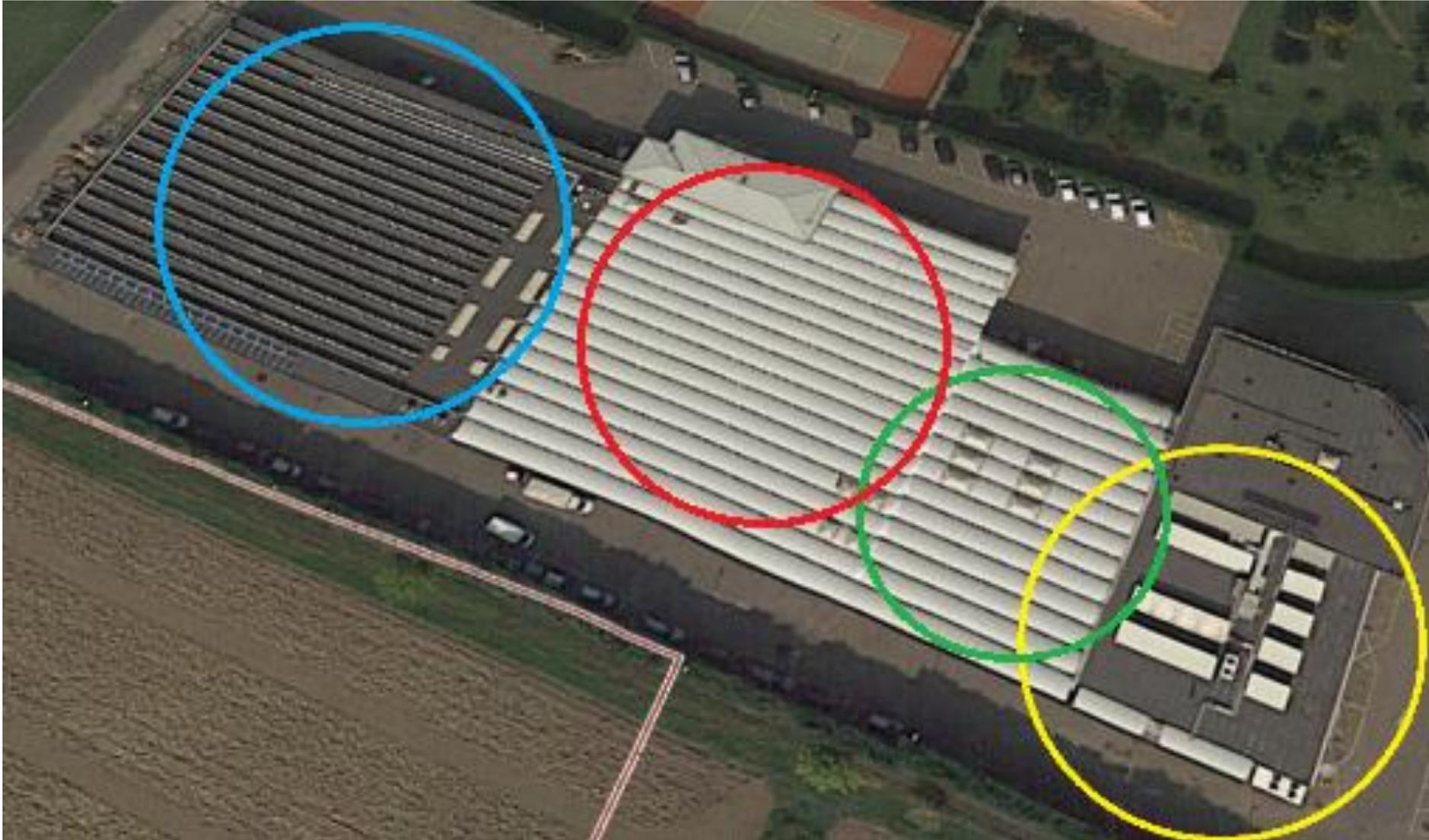


**ORDINE degli INGEGNERI di TREVISO - 9 novembre 2017**  
**VULNERABILITA' SISMICA PER UN FABBRICATO INDUSTRIALE**



Dati di ingresso:

- CLASSE D'USO II
- ZONA SISMICA 3
- TIPO DI TERRENO C

**ORDINE degli INGEGNERI di TREVISO - 9 novembre 2017**  
**VULNERABILITA' SISMICA PER UN FABBRICATO INDUSTRIALE**

Danni rilevati:

- Spostamento fra travi e pilastri
- Danno ai tamponamenti
- Distacco dei lucernari di copertura



Interventi in progetto:

- Connessione delle travi di copertura con i pilastri
- Riparazione e nuovo collegamento dei lucernari con la copertura
- Inserimento di controventi metallici interni ed esterni
- Riparazione tamponamenti

# ORDINE degli INGEGNERI di TREVISO - 9 novembre 2017

## VULNERABILITA' SISMICA PER UN FABBRICATO INDUSTRIALE

### Raccolta informazioni:

- pratiche strutturali esistenti
- riscontri con sclerometro e pacometro
- riscontri geometrici

**MATERIALI**

Calcestruzzo a 330 kg/m<sup>3</sup> di cemento 325 per mc. di impasto della classe R 180 per sottofondazioni.

Calcestruzzo a 400 kg/m<sup>3</sup> di cemento 525 per mc. di impasto della classe R 500 per TUTTE LE OPERE PREFABBRICATE.

FERRO TONDO DEL TIPO FE B44 K

ACCIAIO PER PRECOMPRESSO f<sub>ptk</sub> = 18500 PER TRAVI.

**SOLLECITAZIONI**

I calcoli sono stati eseguiti secondo le regole della Scienza delle costruzioni nel rispetto delle Norme Vigenti.

Le sollecitazioni risultanti massime sono le seguenti:

Pilastri:  $\sigma_c$  max = 85 Kg/cm<sup>2</sup>

Travi:  $\sigma_c$  max = 94 Kg/cm<sup>2</sup>

Solai:  $\sigma_c$  max =

ACCIAIO AD ADERENZA MIGLIORATA  $\sigma_s$  = 2600 Kg/cm<sup>2</sup>

ACCIAIO ARMONICO  $\sigma_{sp}$  = 11100 Kg/cm<sup>2</sup>

ASOCIETA' ITALIANA DELLE IMPRESE PREFABBRICATE

IL DIRIGENTE DEI LAVORI

DATA



**SEZIONE CALCESTRUZZI**

Prot. N. 1722/11  
Parma, 10/6/87

Ns. Rif. n. 790/87 del 28/5/87  
Vs. Rif. n. del

**CERTIFICATO DI PROVE A COMPRESIONE**

Committente STAI PREFABBRICATI S.P.A.

Indirizzo VIA FELICE MONTANARI, 144 ACQUANEGRA S/CHIESE (MN)

Provenienza dei campioni COME SOPRA

Proprietà STAI PREFABBRICATI S.P.A.

Natura dei campioni PRODUZIONE PROPRIA

Data di consegna in laboratorio 28/5/87

Tipo cemento R \*\*\*\*\* Dosaggio \*\*\*\*\* Classe C.L.S. \*\*\*\*\*

**RISULTATI DELLE PROVE**

N.	Contrassegno	Dimensioni cm.	Peso Kgf	Area compressa cm <sup>2</sup>	Resistenza unitaria MPa	Data	
						dichiarata del getto	della prova
1	*****	15X15X15	8.200	225	76.5	28/4/87	5/6/87
2	*****	15X15X15	8.240	225	68.3	"	"
3	*****	15X15X15	8.080	225	60.4	"	"
4	*****	15X15X15	8.190	225	70.7	"	"

\* 1 MPa = 10,2 kgf/cm<sup>2</sup>

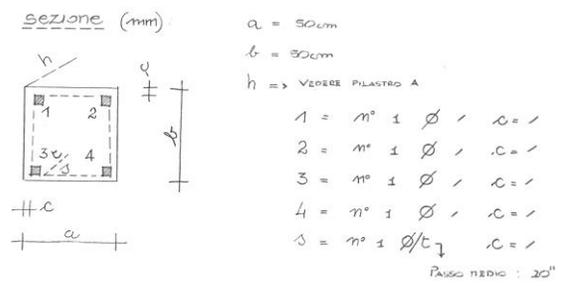
OSSERVAZIONI: Tipo di fottura bipiramidale.

LA DIREZIONE  
(Dot. Ing. F. ZATTI) (Dot. Ing. P. BASSI)

A.L.I. ASSOCIAZIONE LABORATORI INGEGNERIA per esperienze sui materiali da costruzione mod. C/P

Cantiere: NAVY GROUP S.P.A.  
posizione: B

RISCONTRI sulla CONSISTENZA ed ARMATURA di un PILASTRO in cemento armato

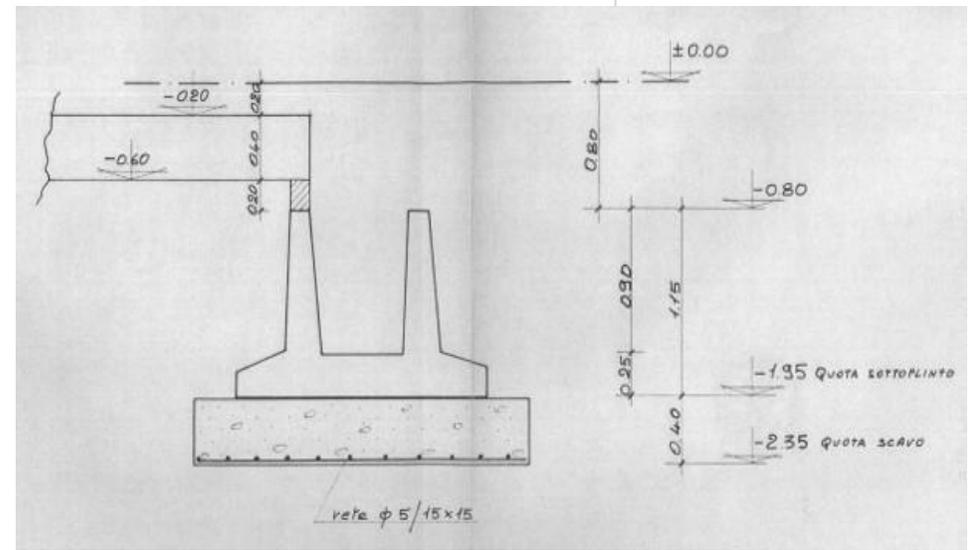


**FC = 1,35**

rimbalzo medio:  
S<sub>b</sub> > R<sub>ex</sub> 800 d<sub>l</sub>/cm<sup>2</sup>

strumentazione impiegata e modalità di misurazione

metro rigido - media di n°3 misurazioni  
distancometro laser - "  
pacometro - "  
sclerometro - media di n°10 misurazioni



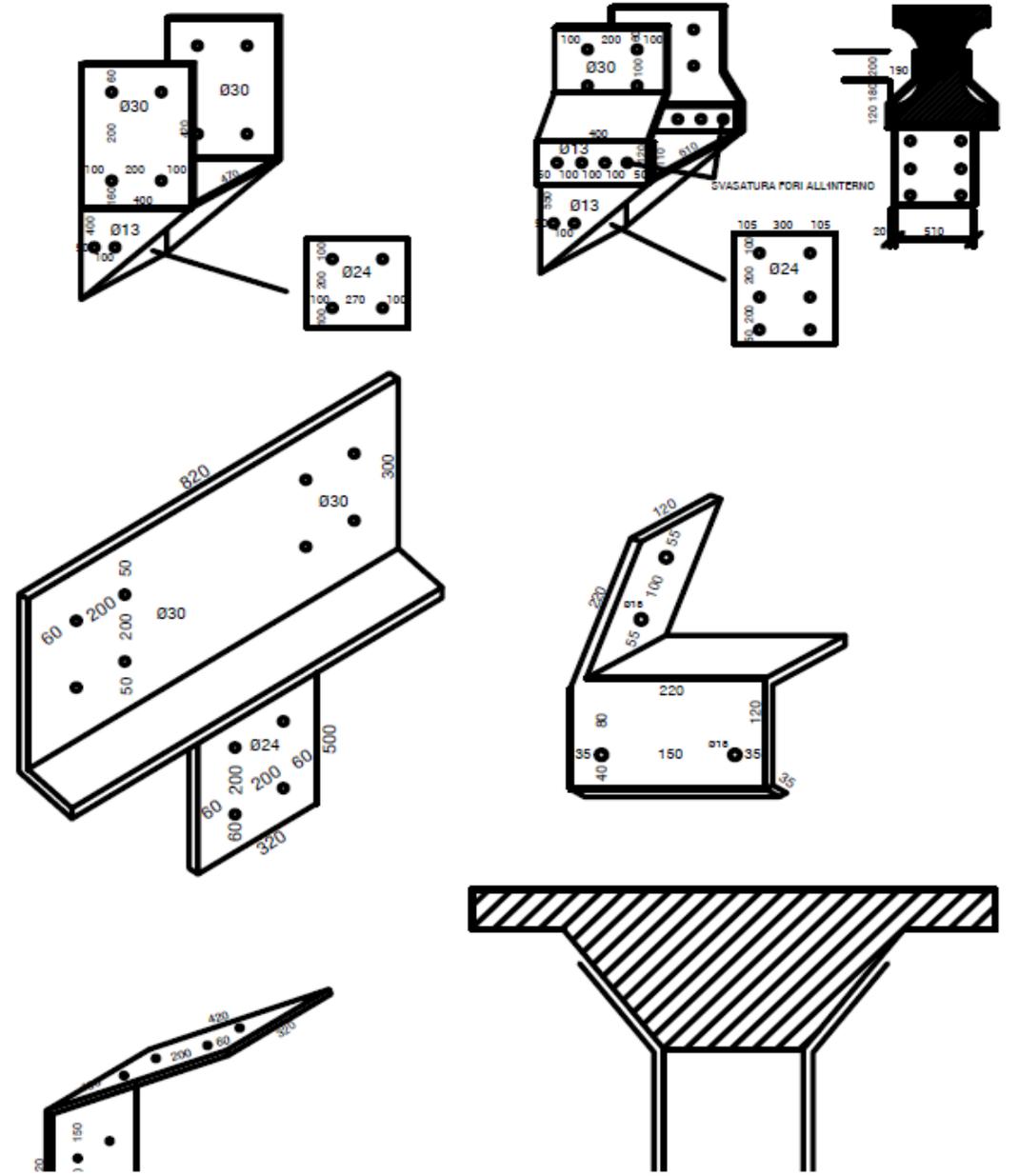


**INTERVENTI DI FASE 1:\***

\* Definiti con procedimenti semplificati

**connessioni tra elementi  
e sicurezza scaffalature**

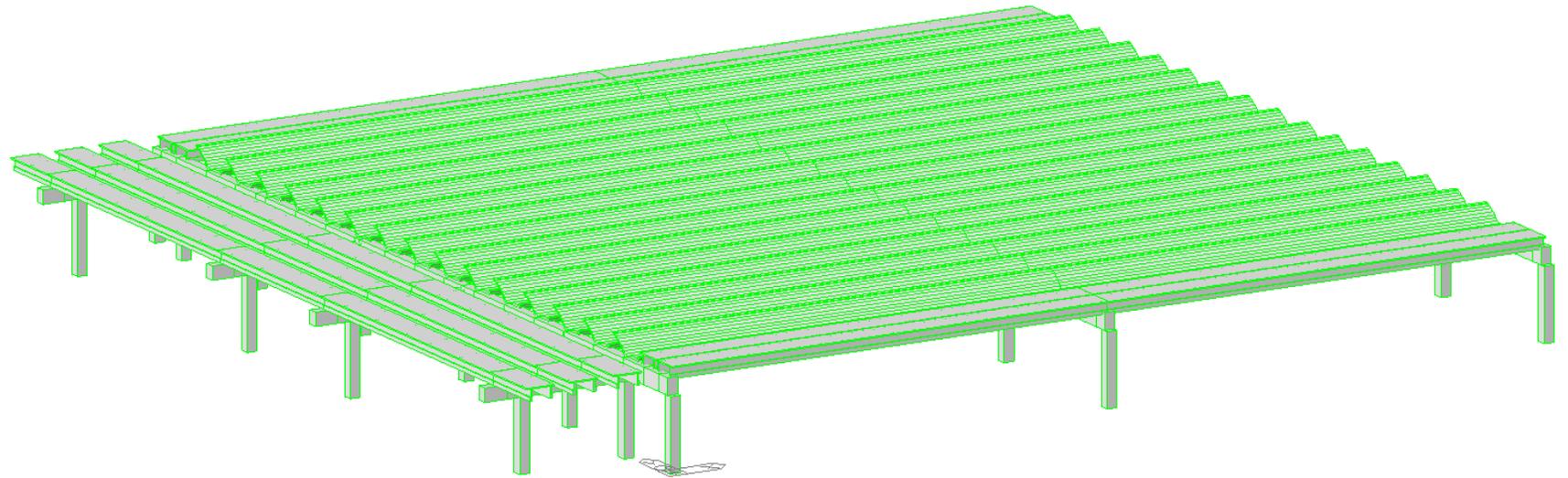
- per riduzione vulnerabilità
- per continuità strutture



ORDINE degli INGEGNERI di TREVISO - 9 novembre 2017  
*VULNERABILITA' SISMICA PER UN FABBRICATO INDUSTRIALE*

**Creazione modello f.e.m.**

- conformità geometrica e dei materiali
- Coerenza nell'applicazione dei vincoli (ex.in fondazione)\*
- coerenza alle caratteristiche del terreno
  
- Rigidezza rotazionale dei plinti commisurata al momento di possibile ribaltamento



**Soluzione modello f.e.m.**

- individuazione dell'azione sismica
- definizione del fattore di struttura
- definizione dei carichi elementari e delle combinazioni di carico

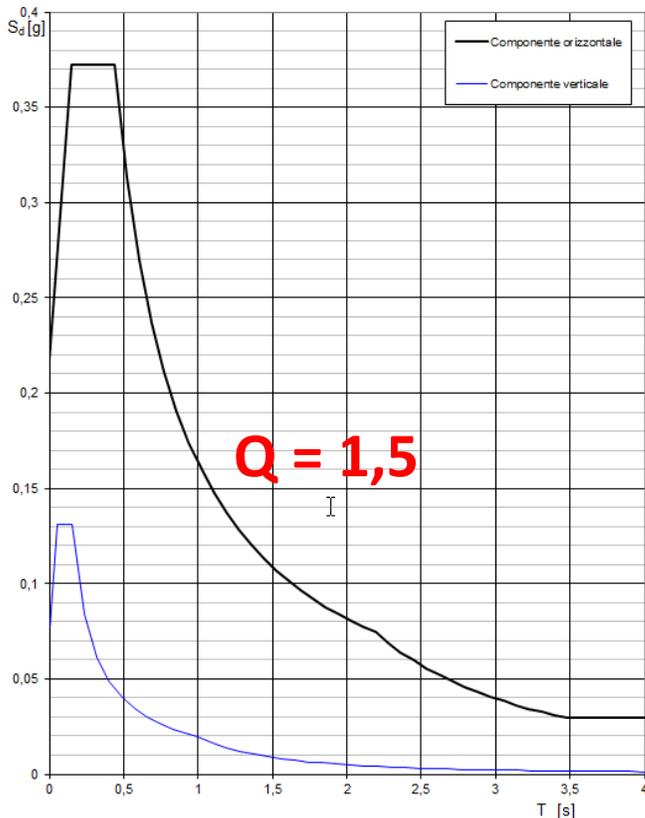
- **Combinazione fondamentale**, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

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

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

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

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



	Permanente strutturale	Permanente non strutturale	variabile
SLU statico	1,3	1,5	1,5
SLV sismico	1	1	0 (neve)

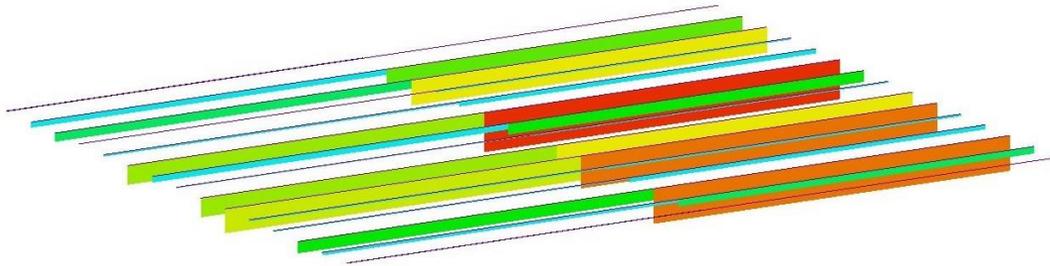
**ORDINE degli INGEGNERI di TREVISO - 9 novembre 2017**  
**VULNERABILITA' SISMICA PER UN FABBRICATO INDUSTRIALE**

**Soluzione modello f.e.m.**

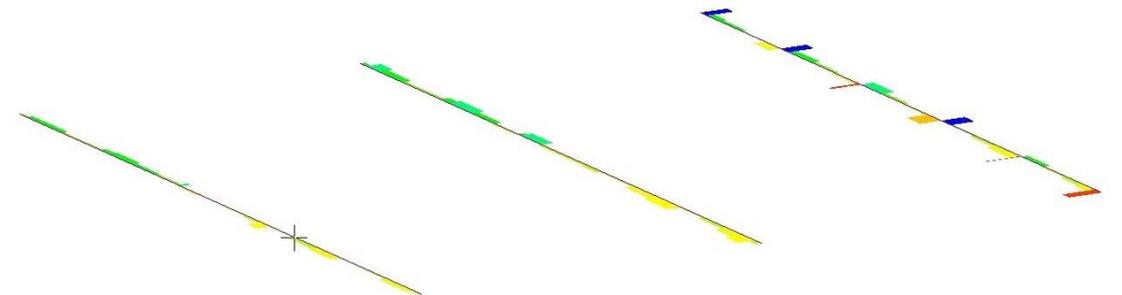
- analisi ex.dinamica lineare
- verifica dell'idoneità dei dimensionamenti attribuiti nella fase 1
- riconoscimento dei componenti più gravati

Mode No	Period (sec)
1	0.8965
2	0.8263
3	0.7329

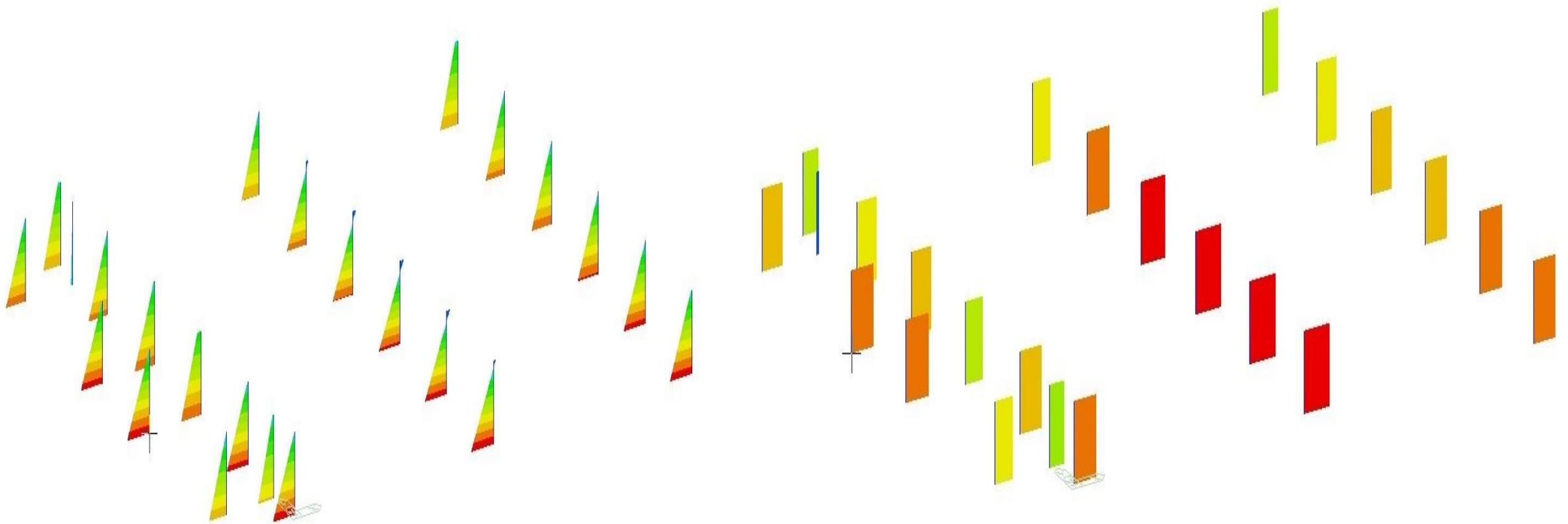
Mode No	TRAN-X MASS(%) SUM(%)	TRAN-Y MASS(%) SUM(%)	TRAN-Z MASS(%) SUM(%)	ROTN-X MASS(%) SUM(%)	ROTN-Y MASS(%) SUM(%)	ROTN-Z MASS(%) SUM(%)
1	79.8790	0.0007	0.0000	0.0000	0.0449	0.1312
2	0.1478	0.1816	0.0000	0.0000	0.0001	32.3798
3	0.0000	84.0165	0.0000	0.0402	0.0000	0.9123



Azione assiale nei tegoli di copertura,  
 con entità compatibile alle connessioni effettuate  
 alle travi di banchina



Azione tagliante trasversale nelle travi di banchina,  
 con entità compatibile alle connessioni effettuate  
 ai pilastri



### Soluzione modello f.e.m.

**PILASTRI** quali elementi maggiormente attivi nel contrasto al SISMA

Diagrammi di M e T per la combinazione di carico sismica (più gravosa) secondo X(1.0) –Y(0.3)  
con possibilità di riconoscimento degli elementi per i quali le sollecitazioni superano la capacità limite

CAPACITA' FLESSIONALE della sezione PILASTRO (SLV)

Concentric Max. Axial Load	$N_{Rdmax} = 545346 \text{ kgf}$	
Axial Load Ratio	$N_{Ed}/N_{Rd} = 7145.81 / 3413.33$	<b>= 2.094 &gt; 1.000 ..... N.G</b>
Moment Ratio	$M_{Ed}/M_{Rd} = 19647.9 / 9481.53$	<b>= 2.072 &gt; 1.000 ..... N.G</b>
	$M_{Edy}/M_{Rdy} = 0.75671 / 0.36401$	<b>= 2.079 &gt; 1.000 ..... N.G</b>
	$M_{Edz}/M_{Rdz} = 19647.9 / 9481.53$	<b>= 2.072 &gt; 1.000 ..... N.G</b>

domanda/capacità = **2.094**      capacità/domanda  $1/2.094 =$  **0,48**

Limitazione SPOSTAMENTO della sommità PILASTRO (SLD)

N°nodo	CdC	D <sub>SLC</sub> (mm)	D <sub>SLD</sub> (5/1000*H <sub>mm</sub> )
27	cLCB4	<b>31.3</b>	<b>17,5</b>

D<sub>SLD</sub>/ D<sub>SLC</sub> = **0,56**

**Determinazione dell'indice di vulnerabilità IS-V**

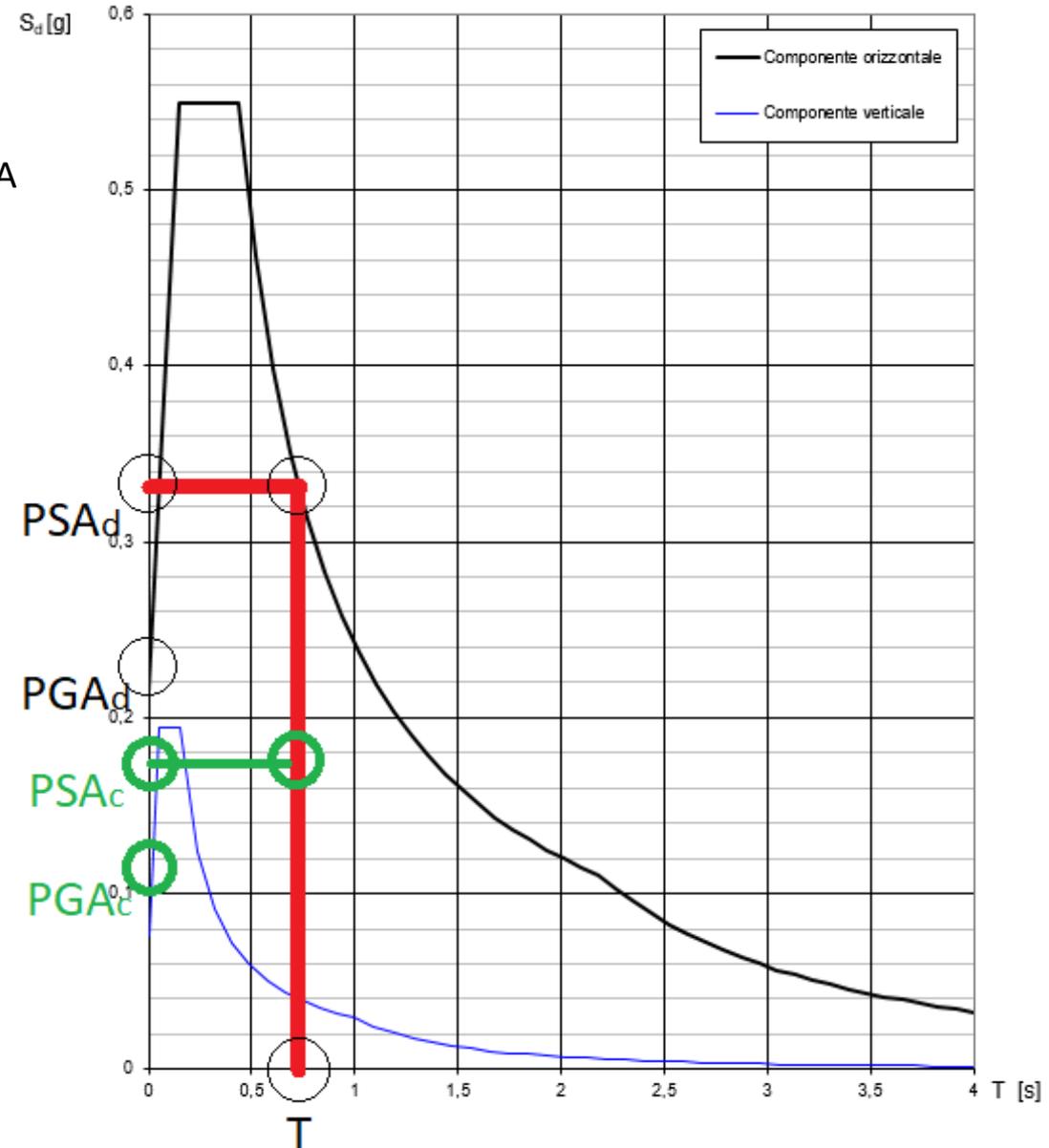
rapporto lineare tra pseudoaccelerazione (PSA) ed accelerazione al suolo (PGA)

$$PSAd/PSAc = PGAd/PGAc = 2.094$$

$$PSAc/PSAd = PGAc/PGAd = 1/2.094$$

$$\underline{IS-V} = 1/2.094 = \underline{0,48}$$

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	$A_{IS-V}^+$
$100\% \geq IS-V > 80\%$	$A_{IS-V}$
$80\% \geq IS-V > 60\%$	$B_{IS-V}$
$60\% \geq IS-V > 45\%$	<b><math>C_{IS-V}</math></b>
$45\% \geq IS-V > 30\%$	$D_{IS-V}$
$30\% \geq IS-V > 15\%$	$E_{IS-V}$
$IS-V \leq 15\%$	$F_{IS-V}$

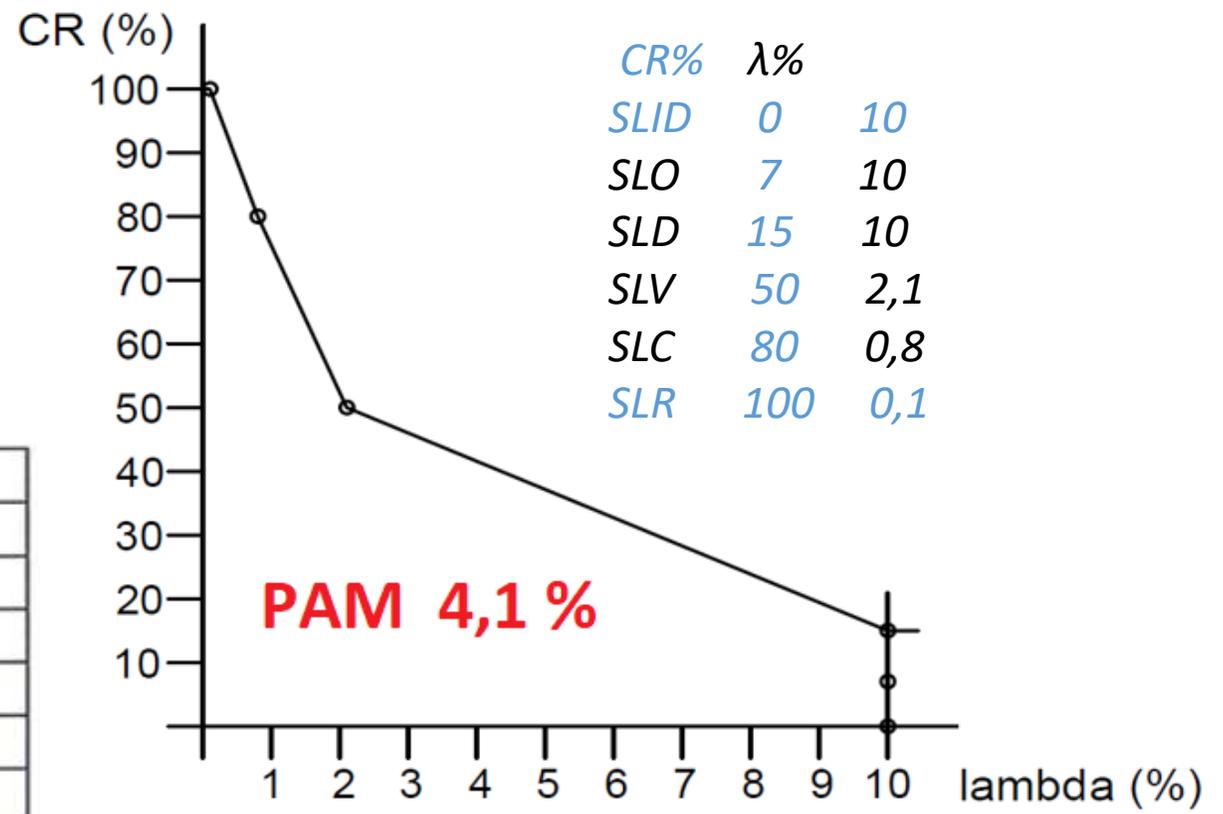


Determinazione del periodo di ritorno  $Trc = Trd(PGAc/PGAd)^{1/0,41}$  e della frequenza  $\lambda = 1/Trc$  per i vari SL

$(1/0,41=2,8)$  (SLV Trd = 475)  
 (SLD Trd = 50)

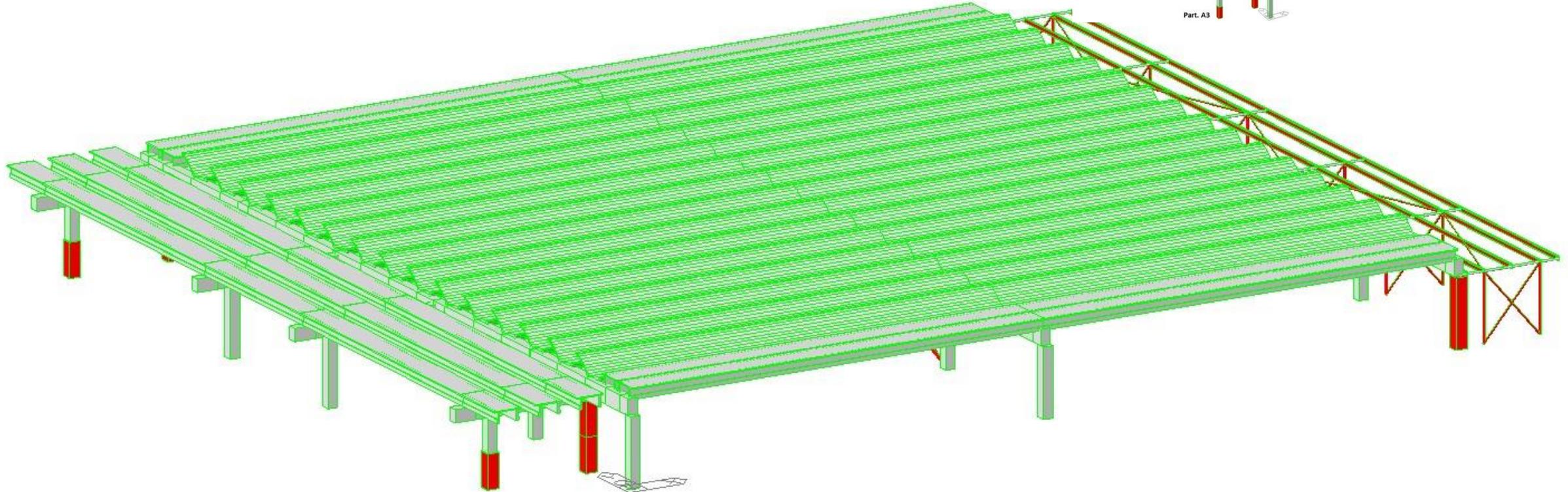
- SLID  $\lambda = 10\%$
- SLO  $\lambda = 1,67 * 10\% \rightarrow 16,7 \rightarrow 10\%$
- SLD  $Trc = 50(0,56)^{2,8} = 10$  anni  
 $\lambda = 1/10 = 0,1 \rightarrow 10\%$
- SLV  $Trc = 475(0,48)^{2,8} = 61$  anni  
 $\lambda = 1/61 = 0,021 \rightarrow 2,1\%$
- SLC  $\lambda = 0,487 * 1,6\% \rightarrow 0,8\%$
- SLR  $\lambda = 0,1\%$

Perdita Media Annuale attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	A <sup>+</sup> <sub>PAM</sub>
$0,50\% < PAM \leq 1,0\%$	A <sub>PAM</sub>
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	B <sub>PAM</sub>
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	C <sub>PAM</sub>
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	D <sub>PAM</sub>
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	E <sub>PAM</sub>
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	F <sub>PAM</sub>
$7,5\% \leq PAM$	G <sub>PAM</sub>



**Intervento di FASE 2**  
**MIGLIORAMENTO SISMICO**

- Inserimento di controventi metallici
- Placcaggio pilastri
- Collegamento dei nuovi interventi alle fondazioni





**ORDINE degli INGEGNERI di TREVISO - 9 novembre 2017**  
**VULNERABILITA' SISMICA PER UN FABBRICATO INDUSTRIALE**

**Intervento di FASE 2**  
**MIGLIORAMENTO SISMICO**



**ORDINE degli INGEGNERI di TREVISO - 9 novembre 2017**  
**VULNERABILITA' SISMICA PER UN FABBRICATO INDUSTRIALE**

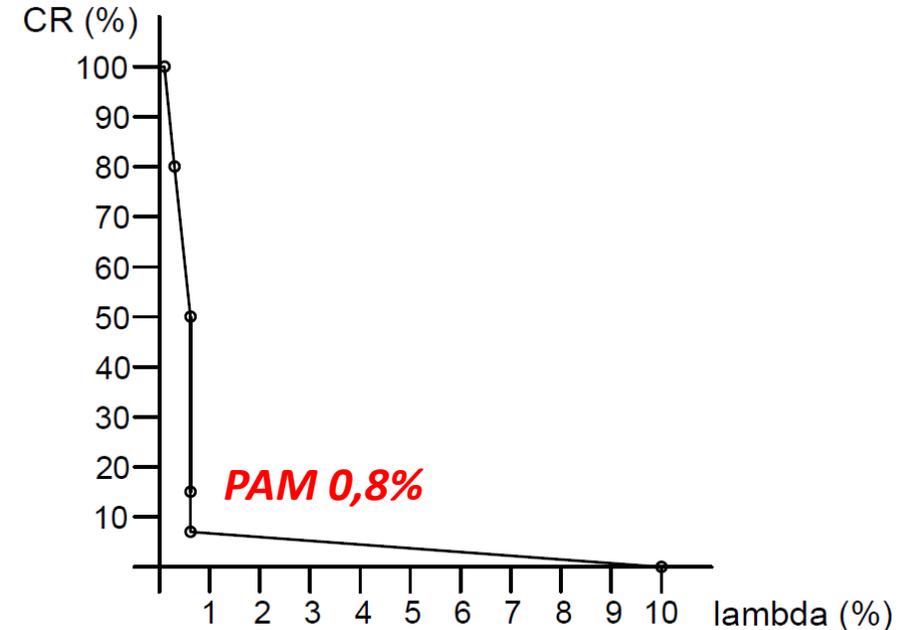
Capacità FLESSIONALE della sezione PILASTRO (**SLV**)

capacità/domanda = **0,68**

Limitazione SPOSTAMENTO della sommità PILASTRO (**SLD**)

domanda/capacità = **4,4**

Indice di Sicurezza	Classe IS-V
$100\% < IS-V$	$A^+_{IS-V}$
$100\% \geq IS-V > 80\%$	$A_{IS-V}$
$80\% \geq IS-V > 60\%$	$B_{IS-V}$
$60\% \geq IS-V > 45\%$	<b><math>C_{IS-V}</math></b>
$45\% \geq IS-V > 30\%$	$D_{IS-V}$
$30\% \geq IS-V > 15\%$	$E_{IS-V}$
$IS-V \leq 15\%$	$F_{IS-V}$



**SLID**  $\lambda = 10\%$

**SLO**  $\lambda = \underline{1,67} * 0,62 \rightarrow 1,04 \rightarrow 0,62\%$

**SLD**  $Trc = 50(4,4)^{2,8} = 3167$  anni  
 $\lambda = 1/3167 = 0,0003 \rightarrow 0,03\% \rightarrow 0,62\%$

**SLV**  $Trc = 475(0,68)^{2,8} = 161$  anni  
 $\lambda = 1/161 = 0,0062 \rightarrow 0,62\%$

**SLC**  $\lambda = \underline{0,487} * 0,62\% \rightarrow 0,3\%$

**SLR**  $\lambda = 0,1\%$

Perdita Media Annua attesa (PAM)	Classe PAM
$PAM \leq 0,50\%$	$A^+_{PAM}$
<b><math>0,50\% &lt; PAM \leq 1,0\%</math></b>	<b><math>A_{PAM}</math></b>
$1,0\% < PAM \leq 1,5\%$	$B_{PAM}$
$1,5\% < PAM \leq 2,5\%$	$C_{PAM}$
$2,5\% < PAM \leq 3,5\%$	$D_{PAM}$
$3,5\% < PAM \leq 4,5\%$	$E_{PAM}$
$4,5\% < PAM \leq 7,5\%$	$F_{PAM}$
$7,5\% \leq PAM$	$G_{PAM}$

	PRIMA ( $T=0,98-0,71$ sec)	DOPO ( $T=0,36-0,20$ sec)
Classe IS-V	C <sub>IS-V</sub>	C <sub>IS-V</sub>
Classe PAM	E <sub>PAM</sub>	A <sub>PAM</sub>
Classe	E	C

**Miglioramento di 2 classi**

**CONSIDERAZIONI:** SLD legato alla grande limitazione degli spostamenti, è stato condizionante per l'indice e classe PAM  
SLV legato al miglioramento della capacità pilastri, pur migliorando, non ha cambiato la classe IS-V

**L'intervento ha operato un irrigidimento, che ha determinato aumento dei taglianti sismici, comunque assorbiti dai controventi metallici, con riduzione della quota in pertinenza ai pilastri in c.a.**

Grazie per l'attenzione  
e per scaricare le diapositive  
**[www.studioprandi.com](http://www.studioprandi.com)**