

## PROGETTO DEFINITIVO OPERE DI TRASFERIMENTO OPERATORI PORTUALI



Tav.	Stato Progetto	DEFINITIVO	Rev. 03	Data	Apr. 2014	Scala
------	----------------	------------	---------	------	-----------	-------

# TO

Descrizione

**MP5 - Relazione di calcolo**

# S.05

Committente

**M.Y.R. Marsala Yachting Resort S.r.l.**  
Via Favara 452/c bis- T. +39 0923 722319

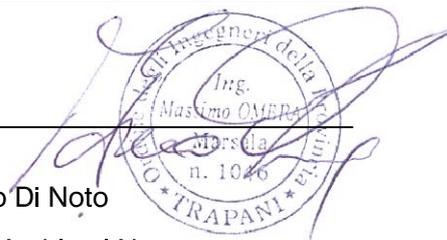
**myR**  
Marsala Yachting Resort

Capo Progetto

**Ing. Massimo Ombra**

Ordine degli Ing. della Provincia di Trapani n° 1046

Timbro e Firma



Progettisti

Coordinamento gruppo di progettazione:

Ing. Francesco Di Notò

Progettazione Architettonica:

Itinerlab Srl - Architetti Nuzzo

Ingegneria marittima / civile e studi ambientali:

Ing. Antonio D'Arrigo

Collaborazioni

Opere marittime:

Ing. Agostino La Rosa

Analisi strutturali e geotecniche:

Ing. Nicola Rustica

Impianti idrici:

Ing. Giovanni Berbiglia

Impianti elettrici e di illuminazione:

Ing. Pietro Inferrera / Ing. Massimo Brancatelli

Aspetti ambientali:

Ing. Domenico Mangano

Studi geologici e geotecnici:

Dott. Piero Merk Ricordi

**REGIONE SICILIANA**



**COMUNE DI MARSALA**

*Provincia di Trapani*



\*\*\*\*\*

## **PROGETTO DEL PORTO TURISTICO**

### **Marina di Marsala**

\*\*\*\*\*

**Committente: M.Y.R. Marsala Yachting Resort S.r.l**

\*\*\*\*\*

**TRASFERIMENTO OPERATORI PORTUALI  
EDIFICIO MP5 – RELAZIONE DI CALCOLO**

\*\*\*\*\*

# INDICE

<b>1. GENERALITA' .....</b>	<b>3</b>
1.1. PREMESSA .....	3
<b>1.2. DESCRIZIONE EDIFICIO.....</b>	<b>3</b>
1.3. NORMATIVA ADOTTATA .....	4
1.4. RELAZIONI DI RIFERIMENTO .....	4
1.5. MATERIALI IMPIEGATI .....	4
1.6. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA.....	6
1.7. CODICI DI CALCOLO .....	7
1.8. AFFIDABILITA' DEI CODICI UTILIZZATI.....	7
<b>2. AZIONI SULLA STRUTTURA .....</b>	<b>8</b>
2.1. PREMESSA .....	8
2.2. ANALISI DEI CARICHI.....	8
2.3. AZIONE DELLA NEVE .....	9
2.4. AZIONE DEL VENTO .....	9
2.5. AZIONE DELLA TEMPERATURA .....	12
2.6. AZIONE SISMICA .....	13
2.7. CALCOLO SOLAI.....	21
2.8. CALCOLO TAMPONATURE .....	23
<b>3. TABULATO DI CALCOLO.....</b>	<b>24</b>
3.1. TABULATO STRUTTURALE.....	24
3.2. TABULATO GEOTECNICO .....	81

# **1. GENERALITA'**

## **1.1. PREMESSA**

La presente relazione si riferisce ai calcoli delle strutture edilizie da realizzarsi nell'ambito della costruzione del Porto Turistico di Marsala. In particolare la relazione si riferisce ai calcoli delle strutture dell'edificio MP5 – posto in corrispondenza dell'area di Trasferimento operatori portuali. Con parere di “fattibilità sismica” ai sensi del D.M. 14.01.2008, reso nella conferenza dei servizi del 20 giugno 2013, l'Ufficio del Genio Civile di Trapani in merito all'edificio in oggetto ha mosso le seguenti osservazioni:

- annoverare tra le condizioni di carico anche lo stress termico, da combinare, unitamente al carico da neve e al carico da vento, con le altre secondo le previsioni del DM 14/01/2008.

In particolare si è ritenuto opportuno procedere nel seguente modo:

- è stato annoverato tra le condizioni di carico anche lo stress termico.

A seguito delle integrazioni e con parere di “fattibilità sismica” ai sensi del D.M. 14.01.2008, reso nella conferenza dei servizi del 10 ottobre 2013, l'Ufficio del Genio Civile di Trapani in merito all'edificio in oggetto, esprimendo parere favorevole, si è espresso nel seguente modo:

- è stata introdotta la condizione di carico dello stress termico.

Comunque, in seguito a delle modifiche architettoniche effettuate durante l'iter approvativo del progetto si è ritenuto opportuno procedere al nuovo calcolo dell'edificio.

## **1.2. DESCRIZIONE EDIFICIO**

L'edificio in oggetto ha pianta pressochè quadrata con dimensioni in pianta di 10.00\*9.95 m. La struttura è intelaiata in c.a. ed è costituita da 3 telai in direzione X e 3 telai in direzione Y. In totale la struttura è formata da 9 pilastri e dalle travi che collegano in modo regolare i pilastri stessi.

La copertura è piana, non praticabile ed è prevista la realizzazione con un solaio tipo plastbau metal dello spessore adeguato in funzione della luce che deve coprire e dei carichi che devono essere portati. Le fondazioni sono state previste con travi rovesce in cemento armato con sezione a T rovescia in modo da limitare l'altezza della trave e mantenere una buona base di appoggio per evitare tensioni elevate in presenza di terreni con scarse caratteristiche e per evitare, ove possibile lo scavo in acqua.

Le differenze sostanziali rispetto al progetto già approvato sono le seguenti:

- tutti i pilastri sono a quota 3.75 m mentre prima i pilastri erano tutti a quota 5.85 m.

### 1.3.        **NORMATIVA ADOTTATA**

Nei calcoli si sono adottate le seguenti norme:

- D.M. 14.Gen.2008                Norme Tecniche sulle Costruzioni
- Circ. 02.Feb.2009 n.ro 617   Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14.Gen.2008
- Linee Guida sul calcestruzzo strutturale

### 1.4.        **RELAZIONI DI RIFERIMENTO**

Per la redazione della presente relazione si è fatto riferimento alle seguenti relazioni generali:

[1] Relazione geologica – redatta dal Dott. Geol. Piero Merk Ricordi

[2] Relazione Geotecnica

### 1.5.        **MATERIALI IMPIEGATI**

Per la scelta delle caratteristiche dei calcestruzzi si fa riferimento alle Linee Guida sul Calcestruzzo strutturale redatte dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri. Ai fini della classe di esposizione gli edifici in oggetto sono "*strutture sulla costa o in prossimità di essa*" che sono "*esposte ad atmosfera salina ma non in contatto diretto con l'acqua di mare*" per cui la classe di esposizione deve essere XS1. Le caratteristiche che deve avere il calcestruzzo per ottenere una classe di esposizione XS1 sono:

- contenuto minimo di cemento 320 kg/mc
- resistenza caratteristica minima 37-40 N/mm<sup>2</sup>.

Pertanto si assume con classe di resistenza la C30/37 (Tabella 6.2.2 delle linee guida" che nella nuova norma corrisponde ad una classe di resistenza C32/40 ( Tabella 4.1.1 – Classi di resistenza delle NTC 2008).

Per le strutture in c.a. si utilizzano quindi i materiali con le seguenti caratteristiche:

<u>CLS classe C32/40</u>	$R_{ck} = 400 \text{ kg/cm}^2$	(resistenza caratt. cubica a compressione)
	$f_{ck} = 320 \text{ kg/cm}^2$	(resistenza caratt. cilindrica a compr.)
<u>Armatura tipo B450C</u>	$f_{yk} = 4.500 \text{ kg/cm}^2$	(tensione caratteristica di snervamento)
	$f_{tk} = 5.400 \text{ kg/cm}^2$	(tensione caratteristica di rottura)

I valori nominali delle altre proprietà del materiale saranno determinati con le seguenti relazioni di Normativa (§ 11.2.10 e § 4.1.2.1.1.4 D.M. 14/01/2008):

- Resistenza cil. media a compr.  $f_{cm} = f_{ck} + 80$  [kg/cm<sup>2</sup>]
- Modulo elastico longitudinale  $E_c = 220.000 \cdot (f_{cm}/100)^{0,3}$
- Resistenza cil. media a trazione  $f_{ctm} = 3,0 \cdot (f_{ck}/10)^{2/3}$  [kg/cm<sup>2</sup>]
- Resistenza cil. caratt. a trazione  $f_{ctk} = 0,7 \cdot f_{ctm}$  [kg/cm<sup>2</sup>]
- Resist. tang. caratt. di aderenza  $f_{bk} = 2,25 \cdot 1,00 \cdot f_{ctk}$  [kg/cm<sup>2</sup>]
- Coefficiente di Poisson  $\nu_c = 0,00$  (CLS fessurato)  
 $\nu_c = 0,20$  (CLS non fessurato)
- Coeff. espansione termica lin.  $\alpha_c = 1,0 \times 10^{-5}$  per °C<sup>-1</sup>
- Peso specifico  $\gamma_c = 2.500$  [kg/m<sup>3</sup>]

Valori delle resistenze		
Classe del calcestruzzo	C32/40	
Resistenza cilindrica caratteristica a compr.	$f_{ck} =$	320 kg/cmq
Resistenza cubica caratteristica a compr.	$R_{ck} =$	400 kg/cmq
Resistenza cilindrica media a compr.	$f_{cm} =$	400 kg/cmq
Modulo elastico longitudinale	$E =$	333458 kg/cmq
Resistenza media a trazione	$f_{ctm} =$	30.24 kg/cmq
Resistenza caratteristica a trazione	$f_{ctk} =$	21.17 kg/cmq
Res. Tang. Caratteristica di aderenza	$f_{bk} =$	47.63 kg/cmq

**Tabella 1.1 – Valori di resistenza del materiale**

Ai fini delle verifiche agli SLU, i valori di calcolo delle resistenze del c.a. valgono, rispettivamente:

- Resist. di calcolo a compr. CLS  $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$  [kg/cm<sup>2</sup>]
- Coeff. carichi di lunga durata  $\alpha_{cc} = 0,85$
- Coeff. parz. di sicurezza CLS  $\gamma_c = 1,50$
- Resist. di calcolo a traz. CLS  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c$  [kg/cm<sup>2</sup>]
- Resist. di calcolo acciaio  $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$  [kg/cm<sup>2</sup>]
- Coeff. parz. di sicurezza acciaio  $\gamma_s = 1,15$
- Resist. tang. aderenza di calcolo  $f_{bd} = f_{bk} / \gamma_c$  [kg/cm<sup>2</sup>]
- " per sovr. in zona tesa  $f'_{bd} = f_{bd} / 1,5$  [kg/cm<sup>2</sup>]

I calcoli delle resistenze sono riportati nella Tabella 1.2.

Calcolo delle resistenze allo SLU		
Coeff. Carichi lunga durata	$\alpha_{cc} =$	0.85
Coeff. Parziale di sicurezza	$\gamma_c =$	1.50
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} =$	181.33 kg/cmq
Resistenza a trazione del calcestruzzo	$f_{ctd} =$	14.11 kg/cmq
Acciaio tipo B450 C	$f_{yk} =$	4500.00 kg/cmq
Coeff. Parziale di sicurezza acciaio	$\gamma_s =$	1.15
Resistenza di calcolo dell'acciaio	$f_{yd} =$	3913.04 kg/cmq
Resistenza tang. Aderenza di calcolo	$f_{bd} =$	31.75 kg/cmq
Rest. Aderenza sovr. In zona tesa	$f'_{bd} =$	21.17 kg/cmq

Tabella 1.2 – Valori delle resistenze allo SLU

## 1.6. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Per la caratterizzazione geologica e geotecnica dei terreni in corrispondenza all'edificio oggetto di calcolo, si è fatto riferimento alla Relazione Geologica [1] e alla Relazione Geotecnica [2]. I terreni in corrispondenza dell'area di trasferimento sono stati caratterizzati mediante una serie di indagini condotte in corrispondenza della radice del molo di sottoflutto.

In generale occorre rilevare che tutta l'area oggetto di intervento è caratterizzata da uno strato superficiale di terreno di riporto che si riscontra in corrispondenza delle aree a terra, da uno strato di limo sabbioso con scarse caratteristiche geotecniche e dallo strato di base che è costituito da calcareniti miste a sabbia e limo che si presenta alterato negli strati superficiali e più compatto negli strati profondi, anche se nella formazione si riscontrano livelli e livelletti di limi sabbiosi. In corrispondenza dell'edificio in esame i terreni superficiali sono costituiti da riporti che sono stati caratterizzati nella Relazione Geotecnica e per i quali sono state assunte le seguenti caratteristiche geotecniche.

### - terreni di riporto

$$\gamma = 1.80 \text{ ton/mc}$$

$$\gamma_{\text{sat}} = 1.90 \text{ ton/mc}$$

$$c = 0.00 \text{ kg/cmq}$$

$$\varphi = 25^\circ$$

$$E = 200 \text{ kg/cmq}$$

$$\nu = 0.30$$

$$k(\text{Wincler}) = 1.16 \text{ kg/cmc}$$

## **1.7. CODICI DI CALCOLO**

Per la redazione del presente progetto sono stati utilizzati i seguenti codici di calcolo:

- a) Fogli elettronici autoprodotti;
- b) Programma di calcolo PRO-SAP – Professional Structural Analysis Program – Versione ENTRY (build 2011-06-155) – Produttore –Distributore – 2SI – Software e Servizi per l’Ingegneria srl – Ferrara – Licenza free-ware

## **1.8. AFFIDABILITA’ DEI CODICI UTILIZZATI**

Il codice di calcolo è stato verificato dal produttore che ha verificato l’affidabilità e la robustezza attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell’analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.



▪	$G_{2c}$	CP coibentazione:	=	30,00 kg/m <sup>2</sup>
▪	$G_{2d}$	CP allettamento e intonaco:	0,03·2200	= 66,00 kg/m <sup>2</sup>
▪	$G_{2e}$	CP controsoffitti ed impianti:	=	60,00 kg/m <sup>2</sup>
<hr/>				
▪	$G_{2copertura}$	CP solaio di copertura	=	276,00 kg/m <sup>2</sup>

Tale carico va considerato permanente, non strutturale e compiutamente definito.

In merito ai carichi variabili d'esercizio della copertura, essendo quest'ultima non accessibile se non per la sola manutenzione, si adotta il valore relativo alla Cat. H1 della tabella 3.1.II del D.M 14/01/2008, ovvero:

▪	$Q_{k1\ Cop}$	CE solaio copertura:	=	50,00 kg/m <sup>2</sup>
---	---------------	----------------------	---	-------------------------

### 2.3. AZIONE DELLA NEVE

Il carico neve  $q_s$  è valutato con la seguente espressione (§ 3.4 D.M. 14/01/2008):

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

in cui  $q_s$  è il carico neve sulla copertura,  $\mu_i$  è il coefficiente di forma della copertura,  $q_{sk}$  è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo,  $C_E$  è il coefficiente di esposizione ed infine  $C_t$  è il coefficiente termico.

Trovandoci in Zona III ed essendo il sito in cui è localizzato l'immobile posto a quota  $a_s \leq 200$  ml sul l.m.m., si assume  $q_{sk} = 60$  kg/mq.

Il coefficiente di forma  $\mu_i$  è funzione del numero e dell'angolo  $\alpha$  di inclinazione delle falde. La copertura in oggetto è piana ed orizzontale, per cui si assume  $\mu_i = 0,80$ .

I coefficienti  $C_t$  e  $C_E$  sono posti pari all'unità, trattandosi di un'area classificabile nella categoria normale di topografia e di una struttura con normali caratteristiche di isolamento termico. Nel caso in oggetto, il carico neve vale, dunque:

$$q_s = 0,8 \cdot 60,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 48,0 \text{ kg/m}^2$$

### 2.4. AZIONE DEL VENTO

La pressione  $p$  trasmessa dal vento sulla struttura è valutata quale azione statica equivalente normale alla superficie, con la relazione (§ 3.3.4 D.M. 14/01/2008):

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

in cui  $q_b$  è la pressione cinetica di riferimento,  $c_e$  è il coefficiente di esposizione,  $c_p$  è il coefficiente di forma o aerodinamico, ed infine  $c_d$  è il coefficiente dinamico.

La pressione cinetica di riferimento  $q_b$  in  $N/m^2$  viene determinata con la relazione:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

in cui  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$  è la densità dell'aria e  $v_b$  è la velocità di riferimento del vento, data dall'espressione:

$$\begin{cases} v_b = v_{b,0} & \text{per } a_s \leq a_0 \\ v_b = v_{b,0} + k_a \cdot (a_s - a_0) & \text{per } a_0 \leq a_s \leq 1500 \text{ m} \end{cases}$$

in cui  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ , e  $k_a$  sono parametri tabellati in funzione della macrozonazione del territorio (tab. 3.3.1 D.M. 14/01/2008).

Nel nostro caso si ha:  $v_{ref,0} = 28 \text{ m/s}$ ,  $a_0 = 500 \text{ m}$ ,  $k_a = 0.020 \text{ 1/s}$  (zona 4). L'altitudine  $a_s$  del sito ove sorge la costruzione sul l.m.m., è inferiore a 1500 m, per cui si ha,  $v_b = v_{b,0} = 28,0 \text{ m/s}$ . Si ottiene dunque che la pressione cinetica di riferimento è pari a:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 28^2 = 490,00 \text{ N/m}^2 = 49,00 \text{ kg/m}^2$$

Per calcolare il coefficiente di esposizione  $c_e(z)$ , si adotta la seguente relazione:

$$c_e(z) = \begin{cases} k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0) \cdot [7 + c_t \cdot \ln(z/z_0)] & \text{per } z \geq z_{\min} \\ c_e(z_{\min}) & \text{per } z < z_{\min} \end{cases} \Rightarrow c_e = 1,80 \text{ m/s}$$

in cui  $z = 2,00 \text{ ml}$ ,  $z_0 = 0,05 \text{ ml}$ ,  $k_r = 0,19$ ,  $c_t = 1,00$ ,  $z_{\min} = 4,00$ ,  $\ln(z/z_0) = \ln(2,00/0,05) = 3,69$ ,  $\ln(z_{\min}/z_0) = \ln(4,00/0,05) = 4,38$  (zona 4, classe di rugosità D, categoria di esposizione del sito II).

Il coefficiente di forma  $c_p$  si determina in funzione della tipologia e della geometria della costruzione. La pressione esterna per edifici a pianta rettangolare con coperture piane a falda inclinate o curve si valuta come segue:

- per elementi sopravento con inclinazione  $\alpha \geq 60^\circ$ , si pone  $c_{pe} = +0,80$ ;
- per elem. sopravento con inclin.  $20^\circ < \alpha < 60^\circ$ , si pone  $c_{pe} = +0,03 \cdot \alpha - 1$ ;
- per elem. sopravento con inclin.  $0^\circ \leq \alpha \leq 20^\circ$  e per elementi sottovento, si pone  $c_{pe} = -0,40$ .

Per la valutazione della pressione interna si fa riferimento alle seguenti regole:

- per costruzioni che hanno (o possono anche avere in condizioni eccezionali) una parete con aperture di superficie minore di 1/3 di quella totale, si pone  $c_{pi} = \pm 0,20$
- per costruzioni che hanno (o possono anche avere in condizioni eccezionali) una parete con aperture di superficie non minore di 1/3 di quella totale, si pone:
  - $c_{pi} = +0,80$  quando la parete aperta è sopravvento,
  - $c_{pi} = -0,50$  quando la parete aperta è sottovento o parallela al vento;
- per costruzioni che presentano su due pareti opposte, normali alla direzione del vento, aperture di superficie non minore di 1/3 di quella totale, si pone:
  - $c_{pe} + c_{pi} = \pm 1,2$  per gli elementi normali alla direzione del vento,
  - $c_{pi} = \pm 0,2$  per i rimanenti elementi.

I casi sopra enunciati sono riassunti nella seguente figura:

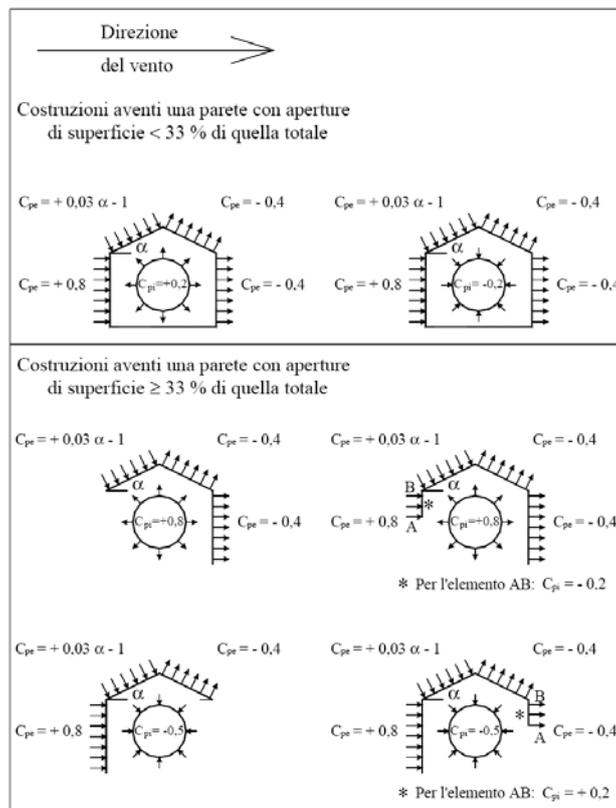


Figura 2.1 – Rif. C.3.3.3 Istruzioni D.M. 14/01/2008 (Cons. Sup. LL.PP.) Coefficienti di forma per edifici

Per quanto riguarda la pensilina perimetrale sbalzante dalla copertura, si fa riferimento al par. C3.3.10.3.2 delle Istruzioni per l'applicazione del D.M. 14/01/2008 a cura del Consiglio Superiore

dei LL.PP., che suggerisce l'adozione del valore  $c_p = \pm 1,20$  per tettoie e pensiline di qualsiasi tipologia, con spioventi orizzontali.

Nel nostro caso si assumono i seguenti valori:

- $c_{pe\ PV+}$  pressione esterna pareti verticali sopravento = + 0,80
- $c_{pe\ PV-}$  pressione esterna pareti verticali sottovento = - 0,40
- $c_{pi\ PV}$  pressione interna pareti verticali =  $\pm 0,20$
- $c_{p\ PH}$  pressione sbalzi copertura =  $\pm 1,20$

Assumendo infine  $c_d = 1,00$ , la pressione netta ortogonale sui vari elementi considerati, risulta pari a:

- $p_{pe\ PV+}$   $49,00 \cdot 1,80 \cdot 1,00 \cdot 0,80$  = + 70,56 kg/m<sup>2</sup>
- $p_{pe\ PV-}$   $49,00 \cdot 1,80 \cdot 1,00 \cdot (-0,40)$  = - 35,28 kg/m<sup>2</sup>
- $p_{pi\ PV}$   $49,00 \cdot 1,80 \cdot 1,00 \cdot (\pm 0,20)$  =  $\pm 17,64$  kg/m<sup>2</sup>
- $p_{p\ PH}$   $49,00 \cdot 1,80 \cdot 1,00 \cdot (\pm 1,20)$  =  $\pm 105,84$  kg/m<sup>2</sup>

Essendo le azioni da vento sopra calcolate di entità certamente inferiore rispetto all'azione sismica, sono state trascurate nel calcolo globale delle strutture.

## 2.5. AZIONE DELLA TEMPERATURA

Con riferimento al paragrafo 3.5.5 delle NTC 2008 si adottano le seguenti variazioni di temperatura come definito nella tabella 3.5.II:

Tipo di struttura	$\Delta T_u$
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15$ °C
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10$ °C
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25$ °C
Strutture in acciaio protette	$\pm 15$ °C

Per il fabbricato in oggetto, in acciaio, si fa riferimento ai seguenti valori:

- Elementi strutturali esposti  $\Delta T_u = \pm 25$  °C
- Elementi strutturali protetti  $\Delta T_u = \pm 15$  °C

A favore di sicurezza è stato adottato il valore di variazione termica previsto per gli elementi esposti ossia  $\Delta T_u = \pm 25^\circ\text{C}$ .

Tali azioni risulteranno combinate con le altre azioni variabili con l'applicazione dei coefficienti di cui alla tabella 2.5.I delle NTC 2008, di seguito riportati:

- $\psi_{0j} = 0,6$
- $\psi_{1j} = 0,5$
- $\psi_{2j} = 0,0$

## 2.6. AZIONE SISMICA

Ai fini delle norme NTC 2008, l'azione sismica è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X ed Y ed una verticale contrassegnata da Z, da considerare tra di loro indipendenti.

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, definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla *pericolosità sismica* del sito.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite di esercizio ed ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli **stati limite di esercizio** sono:

- *Stato Limite di Operatività (SLO)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- *Stato Limite di Danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di

resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli **stati limite ultimi** sono:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- *Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  cui riferirsi per individuare l'azione sismica per gli stati limite considerati, sono riportate nella tabella successiva:

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%

**Tabella 2.1 – Rif. Tab. 3.2.I D.M. 14/01/2008**

Le condizioni del sito di riferimento rigido in generale non corrispondono a quelle effettive. È necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della *risposta sismica locale*. Le modifiche sopra citate corrispondono a:

- *effetti stratigrafici*, legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- *effetti topografici*, legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende dunque necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, come riportate nelle seguenti tabelle:

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

**Tabella 2.2 – Rif. Tab. 3.2.II D.M. 14/01/2008**

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

**Tabella 2.3 – Rif. Tab. 3.2.III D.M. 14/01/2008**

In riferimento alle possibili configurazioni topografiche si può fare riferimento alla seguente classificazione:

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

**Tabella 2.4 – Rif. Tab. 3.2.IV D.M. 14/01/2008**

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali X ed Y è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale ed è definito dalle seguenti relazioni:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

nelle quali  $T$  ed  $S_e$  sono, rispettivamente, il periodo di vibrazione e l'accelerazione spettrale orizzontale,  $S$  è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la seguente relazione:

$$S = S_S \cdot S_T$$

essendo  $S_S$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica ed  $S_T$  è il coefficiente di amplificazione topografica, definiti nelle seguenti tabelle:

Categoria sottosuolo	$S_s$
<b>A</b>	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

**Tabella 2.5 – Rif. Tab. 3.2.V D.M. 14/01/2008**

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 del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

**Tabella 2.6 – Rif. Tab. 3.2.VI D.M. 14/01/2008**

Nelle espressioni dello spettro elastico, inoltre,  $\eta$  è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione

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

dove  $\xi$  (espressa in percentuale) è valutata sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;  $F_0$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale;  $T_C$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da:

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

dove  $T_C^*$  è il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale e  $C_C$  è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo tabellato come segue:

Categoria sottosuolo	$C_C$
A	1,00
B	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

**Tabella 2.7 – Rif. Tab. 3.2.V D.M. 14/01/2008**

$T_B = T_C/3$  è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;  $T_D$ , infine, è il periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6$$

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale  $Z$  è definito dalle seguenti espressioni:

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

nelle quali  $T$  e  $S_{ve}$  sono, rispettivamente, il periodo di vibrazione e l'accelerazione spettrale verticale, mentre  $F_v$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

Per la componente verticale del sisma, i valori di  $S_S$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ , sono riportati di seguito:

Categoria di sottosuolo	$S_s$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

**Tabella 2.8 – Rif. Tab. 3.2.VII D.M. 14/01/2008**

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

Per gli **stati limite ultimi**, ai fini del progetto o 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 sovrarresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni. In tal caso, 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  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura, funzione della tipologia strutturale dell'opera. Si assumerà comunque  $S_d(T) \geq 0,2 \cdot a_g$ .

Nel caso in esame, si assume un terreno appartenente alla categoria di sottosuolo di riferimento C, una categoria topografica  $T_1$ , una Vita Nominale  $V_N$  della costruzione di 50 anni, un Coefficiente d'Uso  $C_U$  pari ad 1,00.

Il coefficiente  $V_N$  si determina attraverso la tabella seguente:

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

**Tabella 2.9 – Rif. Tab. 2.4.I D.M. 14/01/2008**

Il coefficiente d'uso  $C_U$  dipende dalla classe d'uso della costruzione, scelta fra quelle riportate di seguito:

- 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 D.M. 5 novembre 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.

per come definito nella seguente tabella:

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

**Tabella 2.10 – Rif. Tab. 2.4.II D.M. 14/01/2008**

Il fattore di struttura  $q = K_R \cdot q_0$  è stato infine desunto dal valore del fattore riduttivo  $K_R = 1,00$  trattandosi di struttura regolare in altezza (§ 7.3.1 D.M. 14/01/2008) e dalla seguente tabella relativa alle costruzioni in calcestruzzo (Tabella 7.4.1).

Tipologia	$q_0$	
	CD" B "	CD" A "
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste	$3,0 \alpha_u / \alpha_1$	$4,5 \alpha_u / \alpha_1$
Strutture a pareti non accoppiate	3,0	$4,0 \alpha_u / \alpha_1$
Strutture deformabili torsionalmente	2,0	3,0
Strutture a pendolo inverso	1,5	2,0

**Tabella 2.11 – Rif. Tab. 7.4.I D.M. 14/01/2008**

Trattandosi di strutture a telaio in classe di duttilità CD" B " e trattandosi di strutture regolari in pianta, a telaio e ad una elevazione si assume  $\alpha_u / \alpha_1 = 1.1$  per cui il coefficiente di struttura è pari a  $q = 3.00 \cdot 1.10 = 3.30$ . Ai fini della caratterizzazione del suolo di fondazione, come si evince dai risultati delle prove riportate nella Relazione Geotecnica [2], la categoria del suolo che deve essere assunta nei calcoli è la categoria B.

## 2.7. CALCOLO SOLAI

### DATI

L : Luce netta  
 Hp : Altezza pignatte  
 Bp : Larghezza pignatte  
 Bt : Larghezza travetto  
 Hs : Solettina collaborante  
 Cop : Copriferro  
 BtSx : Base trave a sinistra  
 BtDx : Base trave a destra

L [cm]	Hp [cm]	Bp [cm]	Bt [cm]	Hs [cm]	Cop [cm]	BtSx [cm]	BtDx [cm]
500	14	49	11	4	2	30	30

Fattori di sicurezza parziali per le azioni sulla struttura

Coeff. $\gamma_g$ (Azioni permanenti)	Coeff. $\gamma_{gns}$ (Azioni perm. non strutt.)	Coeff. $\gamma_q$ (Azioni variabili)
1.5	1.3	1.5

Coefficienti di combinazione

Coeff. $\psi_1$	Coeff. $\psi_2$
0.50	0.30

### CARATTERISTICHE MATERIALI

#### Materiale CLS

Nome	Classe	Rck [daN/cm <sup>2</sup> ]	v	ps [daN/m <sup>2</sup> ]	$\alpha_t$ [1/°C]	Ec [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\gamma_{m,c}$	Ect/Ec	fck [daN/cm <sup>2</sup> ]	fed SLU [daN/cm <sup>2</sup> ]	fctd SLU [daN/cm <sup>2</sup> ]	fctk,0.05 [daN/cm <sup>2</sup> ]	fctm [daN/cm <sup>2</sup> ]	$\epsilon_{c2}$ [%]	$\epsilon_{cu2}$ [%]
C25/30	C25/30	300	0.15	2500.00	1.0E-005	314758.06	1.50	0.50	250.00	141.67	11.97	17.95	25.65	2.00	3.50

#### Materiale Acciaio Armature

Nome	Tipo	$\gamma_m$	$\gamma_E$	Es [daN/cm <sup>2</sup> ]	fyk [daN/cm <sup>2</sup> ]	ftk [daN/cm <sup>2</sup> ]	fd SLU [daN/cm <sup>2</sup> ]	k	eud [%]
B450C	B450C	1.15	-	2100000.00	4500.00	5400.00	3913.04	1.00	10.00

### ANALISI DEI CARICHI

Peso trav. e pignatte [daN/m <sup>2</sup> ]	Peso solett. coll. [daN/m <sup>2</sup> ]	Sovracc. perm. [daN/m <sup>2</sup> ]	Infl. tramezz. [daN/m <sup>2</sup> ]	Car. exerc. [daN/m <sup>2</sup> ]	TOTALE CARICHI [daN/m <sup>2</sup> ]
80	100	276	0	50	506

Carico esercizio concentrato esaminato = 120 daN

Altezza solaio = 18 cm

Interasse travetto = 60 cm

Carico per travetto = 304 daN/ml

### RISULTATO CALCOLO

Verifica a flessione	x = 0 cm	x = 250 cm	x = 500 cm
Momento flettente daNcm	-112165	112165	-112165
Armatura inferiore (cm <sup>2</sup> )	2.01	4.02	2.01
Armatura superiore (cm <sup>2</sup> )	4.02	2.01	4.02
Momento resistente daNcm	-215616	215616	-215616
Coefficiente di sicurezza	1.92	1.92	1.92

**Ferri:**

Diritti superiori = 1ø16  
 Sagomati = 1ø16  
 Diritti inferiori = 1ø16  
 Carico esercizio = CONCENTRATO

**VERIFICA A TAGLIO**

Verifica soddisfatta con:  
 Fascia Semi-piena Sx pari a 20cm  
 Fascia Semi-piena Dx pari a 20cm

**VERIFICHE D'ESERCIZIO**

Stato tensionale	x = 0 cm	x = 250 cm	x = 500 cm
Momento soll. Caratteristiche [daNcm]	-79945.2	79945.2	-79945.2
$\sigma$ calc. cls [daN/cm <sup>2</sup> ]	90.58	36.43	90.58
$\sigma$ limite cls [daN/cm <sup>2</sup> ]	120	120	120
$\sigma$ calc. Acc. [daN/cm <sup>2</sup> ]	-1459.08	-1375.06	-1459.08
$\sigma$ limite Acc [daN/cm <sup>2</sup> ]	3600	3600	3600
Coefficiente sicurezza	1.32	2.62	1.32
Momento soll. Freq. [daNcm]	-71995.2	71995.2	-71995.2
$\sigma$ calc. cls [daN/cm <sup>2</sup> ]	81.57	32.81	81.57
$\sigma$ limite cls [daN/cm <sup>2</sup> ]	90	90	90
$\sigma$ calc. Acc. [daN/cm <sup>2</sup> ]	-1313.99	-1238.32	-1313.99
$\sigma$ limite Acc [daN/cm <sup>2</sup> ]	3600	3600	3600
Coefficiente sicurezza	1.1	2.74	1.1
Momento soll. QPerm. [daNcm]	-68815.2	68815.2	-68815.2
$\sigma$ calc. cls [daN/cm <sup>2</sup> ]	77.97	31.36	77.97
$\sigma$ limite cls [daN/cm <sup>2</sup> ]	90	90	90
$\sigma$ calc. Acc. [daN/cm <sup>2</sup> ]	-1255.95	-1183.62	-1255.95
$\sigma$ limite Acc [daN/cm <sup>2</sup> ]	3600	3600	3600
Coefficiente sicurezza	1.15	2.87	1.15

Fessurazione	x = 0 cm	x = 250 cm	x = 500 cm
Momento soll. Caratteristiche [daNcm]	-79945.2	79945.2	-79945.2
Fessura di calc. [mm]	0	0	0
Fessura limite [mm]	0.2	0.2	0.2
Coefficiente sicurezza	100000	100000	100000
Momento soll. Freq. [daNcm]	-71995.2	71995.2	-71995.2
Fessura di calc. [mm]	0	0	0
Fessura limite [mm]	0.4	0.4	0.4
Coefficiente sicurezza	100000	100000	100000
Momento soll. QPerm. [daNcm]	-68815.2	68815.2	-68815.2
Fessura di calc. [mm]	0	0	0
Fessura limite [mm]	0.3	0.3	0.3
Coefficiente sicurezza	100000	100000	100000

Deformabilità	Def. di calc. (f/l)	Def. lim. (f/l)	Coeff. Sic.
Comb. Caratteristica	0.0001	0.002	20
Comb. Freq.	0.0001	0.002	20
Comb. Q. Perm.	0.0001	0.002	20

#### VERIFICA A PUNZONAMENTO SOLETTINA COLLABORANTE

Su area 5.00 cm x 5.00 cm di Solettina dello spessore di 4 cm  
 Carico di calcolo = 180.00 daN  
 Taglio resistente = 720 daN  
 Coefficiente di sicurezza = 4.00  
 Esito verifica a punzonamento = SODDISFATTO

## 2.8. CALCOLO TAMPONATURE

Poiché la prestazione consistente nell'evitare collassi fragili e prematuri e la possibile espulsione sotto l'azione della Fa delle tamponature si può ritenere conseguita con l'inserimento di leggere reti da intonaco sui due lati della muratura, collegate tra loro ed alle strutture circostanti a distanza non superiore a 500 mm sia in direzione orizzontale sia in direzione verticale così come previsto dalla CIRCOLARE MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP. non è necessario effettuare il calcolo visto l'accorgimento proposto.

### 3. TABULATO DI CALCOLO

#### 3.1. TABULATO STRUTTURALE

Azioni di progetto sulla costruzione

Nei capitoli “**modellazione delle azioni**” e “**schematizzazione dei casi di carico**” sono indicate le azioni sulla costruzioni.

Nel prosieguo si indicano tipo di analisi strutturale condotta (statico,dinamico, lineare o non lineare) e il metodo adottato per la risoluzione del problema strutturale nonché le metodologie seguite per la verifica o per il progetto-verifica delle sezioni. Si riportano le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti; le configurazioni studiate per la struttura in esame ***sono risultate effettivamente esaustive per la progettazione-verifica.***

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza delle costruzioni. L’analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici. L’analisi strutturale è condotta con il metodo dell’analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

L’analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell’ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F} \quad \text{dove } \mathbf{K} = \text{matrice di rigidezza}$$

$\mathbf{u}$  = vettore spostamenti nodali  
 $\mathbf{F}$  = vettore forze nodali

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all’elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l’asse Z verticale ed orientato verso l’alto.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

- Elemento tipo **TRUSS** (biella-D2)
- Elemento tipo **BEAM** (trave-D2)
- Elemento tipo **MEMBRANE** (membrana-D3)
- Elemento tipo **PLATE** (piastra-guscio-D3)
- Elemento tipo **BOUNDARY** (molla)
- Elemento tipo **STIFFNESS** (matrice di rigidezza)
- Elemento tipo **BRICK** (elemento solido)
- Elemento tipo **SOLAIO** (macro elemento composto da più membrane)

## Modello numerico

In questa parte viene descritto il modello numerico utilizzato (o i modelli numerici utilizzati) per l'analisi della struttura. La presentazione delle informazioni deve essere, coerentemente con le prescrizioni del paragrafo 10.2 delle NTC-08, tale da garantirne la leggibilità, la corretta interpretazione e la riproducibilità

Tipo di analisi strutturale	
Statica lineare	SI
Statica non lineare	NO
Sismica statica lineare	NO
Sismica dinamica lineare	SI
Sismica statica non lineare (prop. masse)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo)	NO
Sismica statica non lineare (triangolare)	NO
Non linearità geometriche (fattore P delta)	NO

Di seguito si indicano l'origine e le caratteristiche dei codici di calcolo utilizzati riportando titolo, produttore e distributore, versione, estremi della licenza d'uso:

Informazioni sul codice di calcolo	
Titolo:	PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program
Produttore-Distributore:	2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara
Dati utente finale:	Antonio D'Arrigo
Codice Licenza:	Licenza Freeware

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software **ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico**. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

Affidabilità dei codici utilizzati
2S.I. ha verificato l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche. E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link: <a href="http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm">http://www.2si.it/Software/Affidabilità.htm</a>

Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:	
nodi	18
elementi D2 (per aste, travi, pilastri...)	33
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	0
elementi solaio	4
elementi solidi	0

<b>Dimensione del modello strutturale [cm]:</b>	
X min =	0.00
Xmax =	970.00
Ymin =	0.00
Ymax =	965.00
Zmin =	-0.00
Zmax =	390.00
<b>Strutture verticali:</b>	
Elementi di tipo asta	NO
Pilastrì	SI
Pareti	NO
Setti (a comportamento membranale)	NO
<b>Strutture non verticali:</b>	
Elementi di tipo asta	NO
Travi	SI
Gusci	NO
Membrane	NO
<b>Orizzontamenti:</b>	
Solai con la proprietà piano rigido	SI
Solai senza la proprietà piano rigido	NO
<b>Tipo di vincoli:</b>	
Nodi vincolati rigidamente	NO
Nodi vincolati elasticamente	NO
Nodi con isolatori sismici	NO
Fondazioni puntuali (plinti/plinti su palo)	NO
Fondazioni di tipo trave	SI
Fondazioni di tipo platea	NO
Fondazioni con elementi solidi	NO

#### Modellazione delle azioni

Si veda il capitolo **“Schematizzazione dei casi di carico”** per le informazioni necessarie alla comprensione ed alla ricostruzione delle azioni applicate al modello numerico, coerentemente con quanto indicato nella parte **“2.6. Azioni di progetto sulla costruzione”**.

#### Combinazioni e/o percorsi di carico

Si veda il capitolo **“Definizione delle combiazioni”** in cui sono indicate le combinazioni di carico adottate e, nel caso di calcoli non lineari, i percorsi di carico seguiti.

<b>Combinazioni dei casi di carico</b>	
APPROCCIO PROGETTUALE	Approccio 2
Tensioni ammissibili	NO
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	SI
SLC	NO
SLD	SI
SLO	NO
SLU GEO A2 (per approccio 1)	NO

SLU EQU	NO
Combinazione caratteristica (rara)	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente (SLE)	SI
SLA (accidentale quale incendio)	SI

### Principali risultati

I risultati devono costituire una sintesi completa ed efficace, presentata in modo da riassumere il comportamento della struttura, per ogni tipo di analisi svolta.

#### 2.8.1. Risultati dell'analisi modale

Viene riportato il tipo di analisi modale condotta, restituiti i risultati della stessa e valutate le informazioni desumibili in merito al comportamento della struttura.

#### 2.8.2. Deformate e sollecitazioni per condizioni di carico

Vengono riportati i principali risultati atti a descrivere il comportamento della struttura, in termini di stati di sollecitazione e di deformazione generalizzata, distinti per condizione elementare di carico o per combinazioni omogenee delle stesse.

2.8.3. Inviluppo delle sollecitazioni maggiormente significative L'analisi e la restituzione degli involuppi (nelle combinazioni considerate agli SLU e agli SLE) delle caratteristiche di sollecitazione devono essere finalizzate alla valutazione dello stato di sollecitazione nei diversi elementi della struttura.

#### 2.8.4. Reazioni vincolari

Vengono riportate le reazioni dei vincoli nelle singole condizioni di carico e/o nelle combinazioni considerate.

#### 2.8.5. Altri risultati significativi

Nella presente parte vengono riportati tutti gli altri risultati che il progettista ritiene di interesse per la descrizione e la comprensione del/i modello/i e del comportamento della struttura.

La presente relazione, oltre a illustrare in modo esaustivo i dati in ingresso e i risultati delle analisi in forma tabellare, riporta una serie di immagini:

per i dati in ingresso:

- modello solido della struttura
- numerazione di nodi e ed elementi
- configurazioni di carico statiche
- configurazioni di carico sismiche con baricentri delle masse e eccentricità

per le combinazioni più significative (statisticamente più gravose per la struttura)

- configurazioni deformate
- diagrammi e involuppi delle azioni interne
- mappe delle tensioni
- reazioni vincolari
- mappe delle pressioni sul terreno

per il progetto-verifica degli elementi

- diagrammi di armatura
- percentuali di sfruttamento
- mappe delle verifiche più significative per i vari stati limite

#### Informazioni generali sull'elaborazione e giudizio motivato di accettabilità dei risultati.

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni anormali. Si può pertanto asserire che l'elaborazione sia corretta e completa. I risultati delle elaborazioni sono stati sottoposti a controlli che ne comprovano l'attendibilità. Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali e adottati, anche in fase di primo proporzionamento della struttura. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni. Si allega al termine della presente relazione elenco sintetico dei controlli svolti (verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparazioni tra i risultati delle analisi e quelli di valutazioni semplificate, etc.) .

#### Verifiche agli stati limite ultimi

Nel capitolo relativo alla progettazione degli elementi strutturali agli SLU vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità ed i criteri seguiti per valutare la sicurezza della struttura nei confronti delle possibili situazioni di crisi ed i risultati delle valutazioni svolte. In via generale, oltre alle verifiche di resistenza e di spostamento, devono essere prese in considerazione verifiche nei confronti dei fenomeni di instabilità, locale e globale, di fatica, di duttilità, di degrado.

#### Verifiche agli stati limite di esercizio

Nel capitolo relativo alla progettazione degli elementi strutturali agli SLU vengono indicate, con riferimento alla normativa adottata, le modalità seguite per valutare l'affidabilità della struttura nei confronti delle possibili situazioni di perdita di funzionalità (per eccessive deformazioni, fessurazioni, vibrazioni, etc.) ed i risultati delle valutazioni svolte.

#### RELAZIONE SUI MATERIALI

Il capitolo Materiali riporta informazioni esaustive relative all'elenco dei materiali impiegati e loro modalità di posa in opera e ai valori di calcolo.

## NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. D.Min. Infrastrutture Min. Interni e Prot. Civile 14 Gennaio 2008 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
2. D.Min. Infrastrutture e trasporti 14 Settembre 2005 e allegate "Norme tecniche per le costruzioni".
3. D.M. LL.PP. 9 Gennaio 1996 "Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche".
4. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>".
5. D.M. LL.PP. 16 Gennaio 1996 "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche".
6. Circolare 4/07/96, n.156AA.GG./STC. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche relative ai <<Criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi>>" di cui al D.M. 16/01/96.
7. Circolare 10/04/97, n.65AA.GG. istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/96.
8. D.M. LL.PP. 20 Novembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
9. Circolare 4 Gennaio 1989 n. 30787 "Istruzioni in merito alle norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento".
10. D.M. LL.PP. 11 Marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
11. D.M. LL.PP. 3 Dicembre 1987 "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni prefabbricate".
12. UNI 9502 - Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso - edizione maggio 2001
13. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modificazioni e integrazioni.
14. UNI EN 1990:2006 13/04/2006 Eurocodice 0 - Criteri generali di progettazione strutturale.
15. UNI EN 1991-1-1:2004 01/08/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-1: Azioni in generale - Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi per gli edifici.
16. UNI EN 1991-2:2005 01/03/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 2: Carichi da traffico sui ponti.
17. UNI EN 1991-1-3:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve.
18. UNI EN 1991-1-4:2005 01/07/2005 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
19. UNI EN 1991-1-5:2004 01/10/2004 Eurocodice 1 - Azioni sulle strutture - Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche.
20. UNI EN 1992-1-1:2005 24/11/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
21. UNI EN 1992-1-2:2005 01/04/2005 Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio.
22. UNI EN 1993-1-1:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
23. UNI EN 1993-1-8:2005 01/08/2005 Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti.
24. UNI EN 1994-1-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-

- calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
25. UNI EN 1994-2:2006 12/01/2006 Eurocodice 4 - Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo - Parte 2: Regole generali e regole per i ponti.
  26. UNI EN 1995-1-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 1-1: Regole generali – Regole comuni e regole per gli edifici.
  27. UNI EN 1995-2:2005 01/01/2005 Eurocodice 5 - Progettazione delle strutture di legno - Parte 2: Ponti.
  28. UNI EN 1996-1-1:2006 26/01/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata.
  29. UNI EN 1996-3:2006 09/03/2006 Eurocodice 6 - Progettazione delle strutture di muratura - Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata.
  30. UNI EN 1997-1:2005 01/02/2005 Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.
  31. UNI EN 1998-1:2005 01/03/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
  32. UNI EN 1998-3:2005 01/08/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici.
- UNI EN 1998-5:2005 01/01/2005 Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

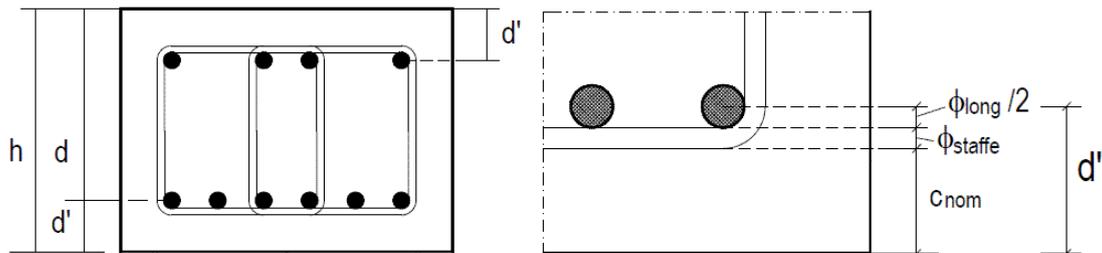
NOTA sul capitolo "normativa di riferimento": riporta l'elenco delle normative implementate nel software. Le norme utilizzate per la struttura oggetto della presente relazione sono indicate nel precedente capitolo "RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE" "ANALISI E VERIFICHE SVOLTE CON L'AUSILIO DI CODICI DI CALCOLO". Laddove nei capitoli successivi vengano richiamate norme antecedenti al DM 14.01.08 è dovuto o a progettazione simulata di edificio esistente o ad applicazione del punto 2.7 del DM 14.01.08

# MATERIALI E COPRIFERRI PER STRUTTURE IN CA

Classe di esposizione ambientale	Copriferrto $c_{min,dur}$ [mm]							
	15	25	30	35	40	45	50	55
XC1	C25/30, 0.60, 300							
XC2	C25/30, 0.60, 300							
XC3	C28/35, 0.55, 320							
XC4	C32/40, 0.50, 340							
XD1	C28/35, 0.55, 320							
XD2	C35/45, 0.45, 360							
XD3	C35/45, 0.45, 360							
XS1	C28/35, 0.55, 320							
XS2	C35/45, 0.45, 360							
XS3	C35/45, 0.45, 360							
XF1	C28/35, 0.50, 320							
XF2 – XF3	C25/30, 0.50, 340							
XF4	C28/35, 0.45, 360							
XA1	C28/35, 0.55, 320							
XA2	C32/40, 0.50, 340							
XA3	C35/45, 0.45, 360							

$$c_{nom} = \max(c_{min,b}, c_{min,dur}) + 10 \text{ (mm)} \geq 20 \text{ mm}$$

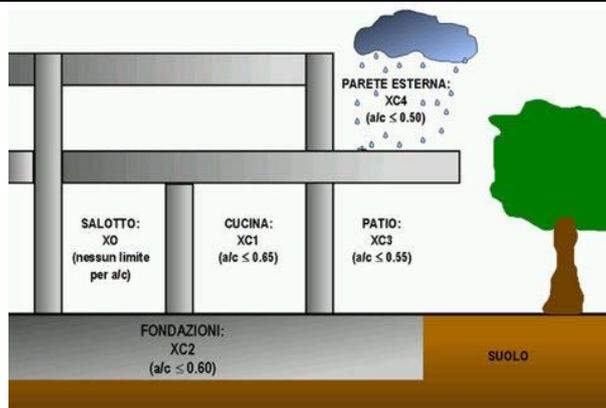
$c_{min,b} = \phi \sqrt{n_b}$   $n_b$  numero di barre di un eventuale gruppo di barre; per barra singola  $n_b = 1$ .

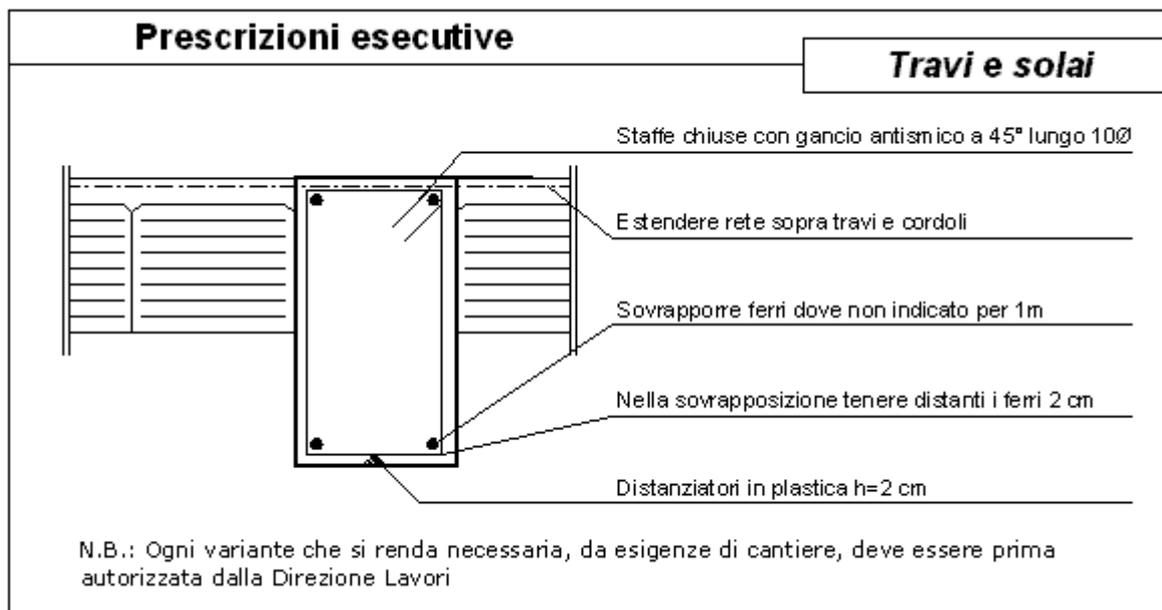


Altezze  $d$  e  $d'$

## DURABILITA'

<b>1 Nessun rischio di corrosione o di attacco</b>		
X0	Calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Calcestruzzo con armatura o inserti metallici molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa.
<b>2 Corrosione indotta da carbonatazione</b>		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa. Calcestruzzo costantemente immerso in acqua
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo. Molte fondazioni
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria moderata oppure elevata. Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2
<b>3 Corrosione indotta da cloruri</b>		
XD1	Umidità moderata	Superfici di calcestruzzo esposte a nebbia salina
XD2	Bagnato, raramente asciutto	Piscine. Calcestruzzo esposto ad acque industriali contenenti cloruri
XD3	Ciclicamente bagnato ed asciutto	Parti di ponti esposte a spruzzi contenenti cloruri Pavimentazioni stradali e di parcheggi
<b>4 Corrosione indotta da cloruri presenti nell'acqua di mare</b>		
XS1	Esposto a nebbia salina ma non in contatto diretto con acqua di mare	Strutture prossime oppure sulla costa
XS2	Permanentemente sommerso	Parti di strutture marine
XS3	Zone esposte alle onde, agli spruzzi oppure alle maree	Parti di strutture marine
<b>5 Attacco di cicli gelo/disgelo</b>		
XF1	Moderata saturazione d'acqua, senza impiego di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF2	Moderata saturazione d'acqua, con uso di agente antigelo	Superfici verticali di calcestruzzo di strutture stradali esposte al gelo e nebbia di agenti antigelo
XF3	Elevata saturazione d'acqua, senza antigelo	Superfici orizzontali di calcestruzzo esposte alla pioggia e al gelo
XF4	Elevata saturazione d'acqua, con antigelo oppure acqua di mare	Strade e impalcati da ponte esposti agli agenti antigelo Superfici di calcestruzzo esposte direttamente a nebbia contenente agenti antigelo e al gelo
<b>6. Attacco chimico</b>		
XA1	Ambiente chimico debolmente aggressivo	Suoli naturali ed acqua del terreno
XA2	Ambiente chimico moderatamente aggressivo	Suoli naturali ed acqua del terreno
XA3	Ambiente chimico fortemente aggressivo	Suoli naturali ed acqua del terreno





- Sovrapporre i ferri nelle riprese per almeno 60 diametri ;
- Impiegare distanziatori in plastica o pasta di cemento per garantire un copriferro (misurato dall'esterno ferro e non dal baricentro ferro ) di almeno cm 2,5 per le travi e cm 3 per i pilastri (a meno di prescrizioni superiori per esigenze di REI) ;
- Estendere la rete nella soletta dei solai fino all'esterno cordolo o travi ;
- Sovrapporre le reti di cui sopra per almeno cm 20 ;
- Ancorare i ferri aggiuntivi superiori dei solai all'esterno delle travi di bordo, curando di tenere il baricentro a circa 2.5 cm dal filo superiore del getto della caldana del solaio ;
- Nella giunzione per sovrapposizione dei ferri, non legare i due ferri fra loro, ma tenerli distanziati di almeno cm 2 (interferro).

**CARATTERISTICHE MATERIALI UTILIZZATI**  
**LEGENDA TABELLA DATI MATERIALI**

Il programma consente l'uso di materiali diversi. Sono previsti i seguenti tipi di materiale:

1	materiale tipo cemento armato
2	materiale tipo acciaio
3	materiale tipo muratura
4	materiale tipo legno
5	materiale tipo generico

I materiali utilizzati nella modellazione sono individuati da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni materiale vengono riportati in tabella i seguenti dati:

<i>Young</i>	modulo di elasticità normale
<i>Poisson</i>	coefficiente di contrazione trasversale
<i>G</i>	modulo di elasticità tangenziale
<i>Gamma</i>	peso specifico
<i>Alfa</i>	coefficiente di dilatazione termica

I dati soprariportati vengono utilizzati per la modellazione dello schema statico e per la determinazione dei carichi inerziali e termici. In relazione al tipo di materiale vengono riportati inoltre:

1	<b><i>cemento armato</i></b>	Rck	resistenza caratteristica cubica
		Fctm	resistenza media a trazione semplice
2	<b><i>acciaio</i></b>	Ft	tensione di rottura a trazione
		Fy	tensione di snervamento
		Fd	resistenza di calcolo
		Fdt	resistenza di calcolo per spess. t>40 mm
		Sadm	tensione ammissibile
		Sadmt	tensione ammissibile per spess. t>40 mm
3	<b><i>muratura</i></b>	Resist. Fk	resistenza caratteristica a compressione
		Resist. Fvko	resistenza caratteristica a taglio
4	<b><i>legno</i></b>	Resist. fc0k	Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per compressione
		Resist. ft0k	Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per trazione
		Resist. fmk	Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per flessione
		Resist. fvk	Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per taglio
		Modulo E0,05	Modulo elastico parallelo caratteristico
		Lamellare	lamellare o massiccio

Con riferimento al **Documento di Affidabilità** “*Test di validazione del software di calcolo PRO\_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO\_SAP Modulo Geotecnico, PRO\_CAD nodi acciaio e PRO\_MST*” - versione Maggio 2011, disponibile per il download sul sito [www.2si.it](http://www.2si.it), si segnalano i seguenti esempi applicativi:

#### Modellazione di strutture in c.a.

Test N°	Titolo
41	GERARCHIA DELLE RESISTENZE PER TRAVI IN C.A.
42	GERARCHIA DELLE RESISTENZE PER PILASTRI IN C.A.
43	VERIFICA ALLE TA DI STRUTTURE IN C.A.
44	VERIFICA AGLI SLU DI STRUTTURE IN C.A.
45	VERIFICA A PUNZONAMENTO ALLO SLU DI PIASTRE IN C.A.
46	VERIFICA A PUNZONAMENTO ALLO SLU DI TRAVI IN C.A.
47	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 9/1/96
48	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 14/1/2008
49	VERIFICA ALLO SLE (TENSIONI E FESSURAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
50	VERIFICA ALLO SLE (DEFORMAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
51	FATTORE DI STRUTTURA
52	SOVRARESISTENZE
53	DETTAGLI COSTRUTTIVI C.A.: LIMITI D'ARMATURA PILASTRI E NODI TRAVE-PILASTRO
54	PARETI IN C.A. SNELLE IN ZONA SISMICA
80	ANALISI PUSHOVER DI UN EDIFICIO IN C.A.
120	PROGETTO E VERIFICA DI TRAVI PREM

#### Modellazione di strutture in acciaio

Test N°	Titolo
55	VERIFICA DI STABILITA' DI ASTE COMPRESSE IN ACCIAIO – METODO OMEGA
56	LUCE LIBERA DI TRAVI E ASTE IN ACCIAIO
57	LUCE LIBERA DI COLONNE IN ACCIAIO
58	SVERGOLAMENTO DI TRAVI IN ACCIAIO
59	FATTORE DI STRUTTURA
60	ACCIAIO D.M.2008
61	ACCIAIO EC3
62	GERARCHIA RESISTENZE STRUTTURE IN ACCIAIO
63	STABILITA' DI ASTE COMPOSTE IN ACCIAIO
73	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO CON PRESENZA IRRIGIDIMENTI TRASVERSALI
74	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO CON PRESENZA

	DI UN PIATTO DI RINFORZO SALDATO ALL'ANIMA DELLA COLONNA
75	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO CON PRESENZA DI DUE PIATTI DI RINFORZO SALDATI ALL'ANIMA DELLA COLONNA
76	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO A DUE VIE SU ALI COLONNA
77	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO A UNA VIA CON DUE COMBINAZIONI DI CARICO
78	COLLEGAMENTI IN ACCIAIO: NODO TRAVE COLONNA FLANGIATO SU ANIMA SENZA RINFORZI A QUATTRO FILE DI BULLONI DI CUI UNA SU PIASTRA INFERIORE E UNA SU PIASTRA SUPERIORE
79	VERIFICA DELLA PIASTRA NODO TRAVE COLONNA
85	TELAIO ACCIAIO: CONTROVENTI CONCENTRICI

#### Modellazione di strutture in muratura

Test N°	Titolo
81	ANALISI PUSHOVER DI UNA STRUTTURA IN MURATURA
84	ANALISI ELASTO PLASTICA INCREMENTALE, PARETE IN MURATURA
86	VERIFICA NON SISMICA DELLE MURATURE (D.M. 87 TA)
87	VERIFICA NON SISMICA DELLE MURATURE (D.M. 2005 SL)
88	FATTORE DI STRUTTURA

#### Modellazione di strutture in legno

Test N°	Titolo
17	SOLAIO: MISTO LEGNO-CALCESTRUZZO
89	VERIFICA ALLO SLU DI STRUTTURE IN LEGNO SECONDO EC5
90	VERIFICA ALLO SLE DI STRUTTURE IN LEGNO SECONDO EC5
91	FATTORE DI STRUTTURA
92	VERIFICHE EC5
93	SNELLEZZE EC5
94	VERIFICA AL FUOCO DI STRUTTURE IN LEGNO SECONDO EC5
117	PROGETTO E VERIFICA DI GUSCI IN MATERIALE XLAM
118	PROGETTO E VERIFICA DI PARETI IN MATERIALE XLAM E RELATIVI COLLEGAMENTI
119	PROGETTO E VERIFICA DI SOLAI IN MATERIALE XLAM

Id	Tipo / Note	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	
		daN/cm2	daN/cm2		daN/cm2	daN/cm3	
4	Calcestruzzo Classe C32/40		3.360e+05	0.12	1.500e+05	2.50e-03	1.00e-05
	Rck	400.0					
	fctm	31.0					

<b>Pareti c.a.</b>	<b>1/7/..</b>	<b>2/8/..</b>	<b>3/9/..</b>	<b>4/10/..</b>	<b>5/11/..</b>	<b>6/12/..</b>
<b>Generalità</b>						
Progetto armatura	Composto con parete sismica					
<b>Armatura</b>						
Inclinazione Av [ gradi ]	90.00					
Angolo Av-Ao [ gradi ]	90.00					
Minima tesa	0.25					
Massima tesa	4.00					
Maglia unica centrale	No					
Copriferro [ cm ]	2.00					
<b>Maglia V</b>						
diámetro	10					
passo	25					
diámetro aggiuntivi	12					
<b>Maglia O</b>						
diámetro	8					
passo	25					
diámetro aggiuntivi	8					
<b>Stati limite ultimi</b>						
Tensione fyk [daN/cm2 ]	4500.00					
Tipo acciaio	tipo C					
Coefficiente gamma s	1.15					
Coefficiente gamma c	1.50					
Verifiche con N costante	Si					
<b>Tensioni ammissibili</b>						
Tensione amm. cls [daN/cm2 ]	97.50					
Tensione amm. acciaio [daN/cm2 ]	2600.00					
Rapporto omogeneizzazione N	15.00					
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00					
<b>Parete sismica</b>						
Fattore amplificazione taglio V	1.50					
Hcrit. par. 7.4.4.5.1 [ cm ]	0.0					
Hcrit. par. 7.4.6.1.4 [ cm ]	0.0					
Usa diagramma di fig. 7.4.2	No					
Verifica come fascia	No					
<b>Zona confinata</b>						
Minima tesa	1.00					
Massima tesa	4.00					
Distanza barre [ cm ]	2.00					
Interferro	2					
<b>Armatura inclinata</b>						
Area barre [ cm2 ]	0.0					
Angolo orizzontale [ gradi ]	0.0					
Distanza di base [ cm ]	0.0					
<b>Resistenza al fuoco</b>						
3- intradosso	No					
3+ estradosso	No					
Tempo di esposizione R	15					

<b>Gusci c.a.</b>	<b>1/7/..</b>	<b>2/8/..</b>	<b>3/9/..</b>	<b>4/10/..</b>	<b>5/11/..</b>	<b>6/12/..</b>
<b>Armatura</b>						
Inclinazione Ax [ gradi ]	0.0					
Angolo Ax-Ay [ gradi ]	90.00					
Minima tesa	0.31					
Massima tesa	0.78					
Maglia unica centrale	No					
Copriferro [ cm ]	2.00					
<b>Maglia x</b>						
diámetro	10					
passo	20					
diámetro aggiuntivi	12					
<b>Maglia y</b>						
diámetro	10					
passo	20					
diámetro aggiuntivi	12					
<b>Stati limite ultimi</b>						
Tensione fyk [daN/cm2 ]	4500.00					

<b>Gusci c.a.</b>	<b>1/7/..</b>	<b>2/8/..</b>	<b>3/9/..</b>	<b>4/10/..</b>	<b>5/11/..</b>	<b>6/12/..</b>
Tipo acciaio	tipo C					
Coefficiente gamma s	1.15					
Coefficiente gamma c	1.50					
Verifiche con N costante	Si					
Applica SLU da DIN	No					
<b>Tensioni ammissibili</b>						
Tensione amm. cls [daN/cm2 ]	97.50					
Tensione amm. acciaio [daN/cm2 ]	2600.00					
Rapporto omogeneizzazione N	15.00					
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00					
<b>Resistenza al fuoco</b>						
3- intradosso	No					
3+ estradosso	No					
Tempo di esposizione R	15					

<b>Travi c.a.</b>	<b>1/7/..</b>	<b>2/8/..</b>	<b>3/9/..</b>	<b>4/10/..</b>	<b>5/11/..</b>	<b>6/12/..</b>
<b>Generalità</b>						
Progetta a filo	No					
Af inf: da traliccio	Si					
Af inf: da q*L*L /	0.0					
<b>Armatura</b>						
Minima tesa	0.31					
Minima compressa	0.31					
Massima tesa	0.78					
Da sezione	Si					
Usa armatura teorica	No					
Diametro barre per correnti reggistaffa SUP.	16					
Diametro barre per aggiuntivi/spezioni SUP.	16					
Diametro barre per correnti reggistaffa INF.	16					
Diametro barre per aggiuntivi/spezioni INF.	16					
Diametro barre per armatura di parete	16					
<b>Stati limite ultimi</b>						
Tensione fyk [daN/cm2 ]	4500.00					
Tipo acciaio	tipo C					
Coefficiente gamma s	1.15					
Coefficiente gamma c	1.50					
Verifiche con N costante	Si					
Af slu: trasla per V	Si					
Fattore di redistribuzione	0.0					
<b>Modello per il confinamento</b>						
Relazione tensio-deformativa	Mander					
Incrudimento acciaio	5.000e-03					
Fattore lambda	1.00					
epsilon max,s	4.000e-02					
epsilon cu2	4.500e-03					
epsilon c2	0.0					
epsilon cy	0.0					
<b>Tensioni ammissibili</b>						
Tensione amm. cls [daN/cm2 ]	97.50					
Tensione amm. acciaio [daN/cm2 ]	2600.00					
Rapporto omogeneizzazione N	15.00					
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00					
<b>Staffe</b>						
Diametro staffe	0.0					
Passo minimo [ cm ]	5.00					
Passo massimo [ cm ]	30.00					
Passo raffittito [ cm ]	15.00					
Lunghezza zona raffittita [ cm ]	50.00					
Percentuale sagomati	0.0					
Luce di taglio per GR [ cm ]	1.00					
Adotta scorrimento medio	No					
Torsione non essenziale inclusa	Si					

<b>Pilastri c.a.</b>	<b>1/7/..</b>	<b>2/8/..</b>	<b>3/9/..</b>	<b>4/10/..</b>	<b>5/11/..</b>	<b>6/12/..</b>
<b>Generalità</b>						
Progetto armatura	Privilegia lati					
Progetta a filo	Si					

<b>Pilastrici c.a.</b>	<b>1/7/..</b>	<b>2/8/..</b>	<b>3/9/..</b>	<b>4/10/..</b>	<b>5/11/..</b>	<b>6/12/..</b>
Effetti del 2 ordine	Si					
Beta per 2-2	1.00					
Beta per 3-3	1.00					
<b>Armatura</b>						
Massima tesa	4.00					
Minima tesa	1.00					
<b>Stati limite ultimi</b>						
Tensione fyk [daN/cm2 ]	4500.00					
Tipo acciaio	tipo C					
Coefficiente gamma s	1.15					
Coefficiente gamma c	1.50					
Verifiche con N costante	Si					
<b>Modello per il confinamento</b>						
Relazione tensio-deformativa	Mander					
Incrudimento acciaio	5.000e-03					
Fattore lambda	1.00					
epsilon max,s	4.000e-02					
epsilon cu2	4.500e-03					
epsilon c2	0.0					
epsilon cy	0.0					
<b>Tensioni ammissibili</b>						
Tensione amm. cls [daN/cm2 ]	97.50					
Tensione amm. acciaio [daN/cm2 ]	2600.00					
Rapporto omogeneizzazione N	15.00					
<b>Staffe</b>						
Diametro staffe	0.0					
Passo minimo [ cm ]	5.00					
Passo massimo [ cm ]	25.00					
Passo raffittito [ cm ]	15.00					
Lunghezza zona raffittita [ cm ]	45.00					
Luce di taglio per GR [ cm ]	1.00					
Massimizza gerarchia	Si					

<b>Solai c.a.</b>	<b>1/7/..</b>	<b>2/8/..</b>	<b>3/9/..</b>	<b>4/10/..</b>	<b>5/11/..</b>	<b>6/12/..</b>
<b>Generalità</b>						
Usa tensioni ammissibili	No					
Af inf: da traliccio	Si					
Consenti armatura a taglio	No					
Incrementa armatura longitudinale per taglio	Si					
Af inf: da $q \cdot L \cdot L /$	20.00					
Incremento fascia piena [ cm ]	5.00					
<b>Armatura</b>						
Minima tesa	0.15					
Massima tesa	3.00					
Minima compressa	0.0					
Af/h [ cm ]	7.000e-02					
<b>Stati limite ultimi</b>						
Tensione fyk [daN/cm2 ]	4500.00					
Tipo acciaio	tipo C					
Coefficiente gamma s	1.15					
Coefficiente gamma c	1.50					
Fattore di redistribuzione	0.0					
<b>Tensioni ammissibili</b>						
Tensione amm. cls [daN/cm2 ]	85.00					
Tensione amm. acciaio [daN/cm2 ]	2600.00					
Rapporto omogeneizzazione N	15.00					
Massimo rapporto area compressa/tesa	1.00					
<b>Verifica freccia</b>						
Infinita	250.00					
Istantanea	500.00					
Fattore viscosità	3.00					
Usa J non fessurato	No					

**MODELLAZIONE DELLE SEZIONI**  
**LEGENDA TABELLA DATI SEZIONI**

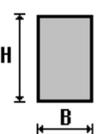
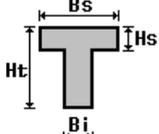
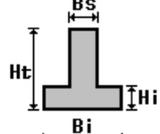
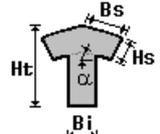
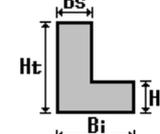
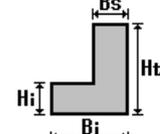
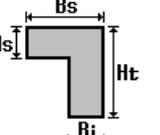
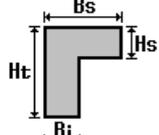
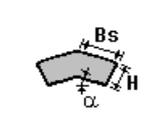
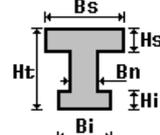
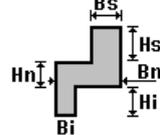
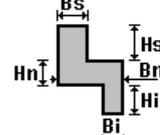
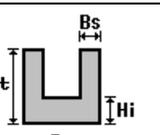
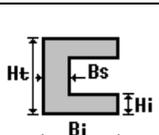
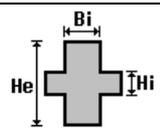
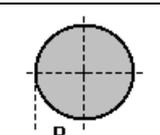
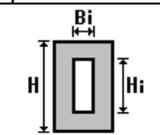
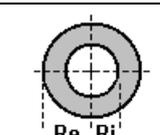
Il programma consente l'uso di sezioni diverse. Sono previsti i seguenti tipi di sezione:

- 1 sezione di tipo generico
- 2 profilati semplici
- 3 profilati accoppiati e speciali

Le sezioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni sezione vengono riportati in tabella i seguenti dati:

<b>Area</b>	area della sezione
<b>A V2</b>	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 2)
<b>A V3</b>	area della sezione/fattore di taglio (per il taglio in direzione 3)
<b>Jt</b>	fattore torsionale di rigidezza
<b>J2-2</b>	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 2
<b>J3-3</b>	momento d'inerzia della sezione riferito all'asse 3
<b>W2-2</b>	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 2
<b>W3-3</b>	modulo di resistenza della sezione riferito all'asse 3
<b>Wp2-2</b>	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 2
<b>Wp3-3</b>	modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'asse 3

I dati soprariportati vengono utilizzati per la determinazione dei carichi inerziali e per la definizione delle rigidezze degli elementi strutturali; qualora il valore di Area V2 (e/o Area V3) sia nullo la deformabilità per taglio V2 (e/o V3) è trascurata. La valutazione delle caratteristiche inerziali delle sezioni è condotta nel riferimento 2-3 dell'elemento.

 rettangolare	 a T	 a T rovescia	 a T di colmo	 a L	 a L specchiata
 a L specchiata rovescia	 a L rovescia	 a L di colmo	 a doppio T	 a quattro specchiata	 a quattro
 a U	 a C	 a croce	 circolare	 rettangolare cava	 circolare cava

Per quanto concerne i profilati semplici ed accoppiati l'asse 2 del riferimento coincide con l'asse x riportato nei più diffusi profilati.

Per quanto concerne le sezioni di tipo generico (tipo 1.):

i valori dimensionali con prefisso B sono riferiti all'asse 2

i valori dimensionali con prefisso H sono riferiti all'asse 3

Con riferimento al **Documento di Affidabilità** “*Test di validazione del software di calcolo PRO\_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO\_SAP Modulo Geotecnico, PRO\_CAD nodi acciaio e PRO\_MST*” - versione Maggio 2011, disponibile per il download sul sito [www.2si.it](http://www.2si.it), si segnalano i seguenti esempi applicativi:

Test N°	Titolo
1	CARATTERISTICHE GEOMETRICHE E INERZIALI
44	VERIFICA AGLI SLU DI STRUTTURE IN C.A.
47	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 9/1/96
48	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 14/1/2008
49	VERIFICA ALLO SLE (TENSIONI E FESSURAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
50	VERIFICA ALLO SLE (DEFORMAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
95	ANALISI DI RESISTENZA AL FUOCO

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
2	Rettangolare: b=30.00 h=50.00	1500.00	1250.00	1250.00	2.799e+05	1.125e+05	3.125e+05	7500.00	1.250e+04	1.125e+04	1.875e+04
37	T rovescia: bi=120.00 ht=90.00 hi=30.00 bs=40.00	6000.00	0.0	0.0	2.292e+06	4.640e+06	3.906e+06	7.733e+04	6.853e+04	9.280e+04	8.223e+04
43	Rettangolare: b=60.00 h=30.00	1800.00	1500.00	1500.00	3.699e+05	5.400e+05	1.350e+05	1.800e+04	9000.00	2.700e+04	1.350e+04
44	Rettangolare: b=30.00 h=60.00	1800.00	1500.00	1500.00	3.699e+05	1.350e+05	5.400e+05	9000.00	1.800e+04	1.350e+04	2.700e+04
45	Rettangolare: b=50.00 h=50.00	2500.00	2083.33	2083.33	8.785e+05	5.208e+05	5.208e+05	2.083e+04	2.083e+04	3.125e+04	3.125e+04

**MODELLAZIONE STRUTTURA: NODI**  
**LEGENDA TABELLA DATI NODI**

Il programma utilizza per la modellazione nodi strutturali.

Ogni nodo è individuato dalle coordinate cartesiane nel sistema di riferimento globale (X Y Z).

Ad ogni nodo è eventualmente associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale, ed un set di sei molle (tre per le traslazioni, tre per le rotazioni). Le tabelle sottoriportate riflettono le succitate possibilità. In particolare per ogni nodo viene indicato in tabella:

<b>Nodo</b>	numero del nodo.
<b>X</b>	valore della coordinata X
<b>Y</b>	valore della coordinata Y
<b>Z</b>	valore della coordinata Z

Per i nodi ai quali sia associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale o un set di molle viene indicato in tabella:

<b>Nodo</b>	numero del nodo.
<b>X</b>	valore della coordinata X
<b>Y</b>	valore della coordinata Y
<b>Z</b>	valore della coordinata Z
<b>Note</b>	eventuale codice di vincolo (es. v=110010 sei valori relativi ai sei gradi di libertà previsti per il nodo TxTyTzRxRyRz, il valore 1 indica che lo spostamento o rotazione relativo è impedito, il valore 0 indica che lo spostamento o rotazione relativo è libero).
<b>Note</b>	(FS = 1, 2,...) eventuale codice del tipo di fondazione speciale (1, 2,... fanno riferimento alle tipologie: plinto, palo, plinto su pali,...) che è collegato al nodo. (ISO = "id SIGLA") indice e sigla identificativa dell' eventuale isolatore sismico assegnato al nodo
<b>Rig. TX</b>	valore della rigidezza dei vincoli elastici eventualmente applicati al nodo, nello specifico TX (idem per TY, TZ, RX, RY, RZ).

Per strutture sismicamente isolate viene inoltre inserita la tabella delle caratteristiche per gli isolatori utilizzati; le caratteristiche sono indicate in conformità al cap. 7.10 del D.M. 14/01/08

**TABELLA DATI NODI**

<b>Nodo</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Nodo</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>	<b>Nodo</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Z</b>
	cm	cm	cm		cm	cm	cm		cm	cm	cm
1	290.0	965.0	0.0	2	290.0	965.0	390.0	3	970.0	965.0	0.0
4	970.0	965.0	390.0	5	0.0	965.0	0.0	6	0.0	965.0	390.0
7	970.0	482.5	0.0	8	970.0	482.5	390.0	9	970.0	0.0	0.0
10	970.0	0.0	390.0	11	290.0	0.0	0.0	12	290.0	0.0	390.0
13	0.0	482.5	0.0	14	0.0	482.5	390.0	15	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	390.0	17	290.0	482.5	0.0	18	290.0	482.5	390.0

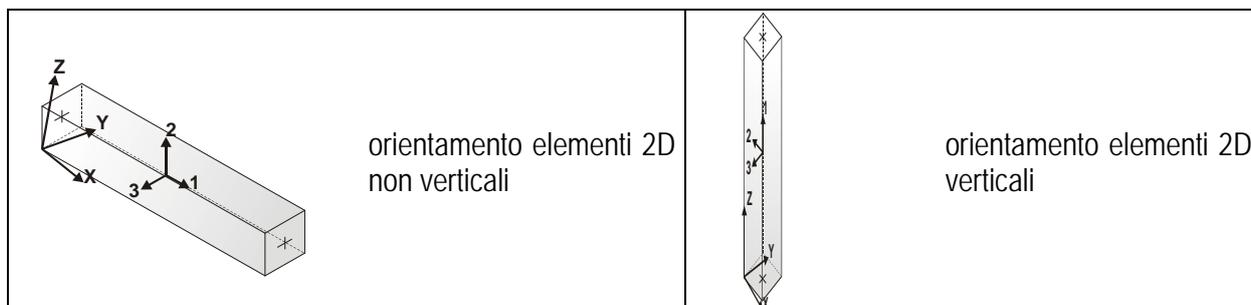
## MODELLAZIONE STRUTTURA: ELEMENTI TRAVE

### TABELLA DATI TRAVI

Il programma utilizza per la modellazione elementi a due nodi denominati in generale travi.

Ogni elemento trave è individuato dal nodo iniziale e dal nodo finale.

Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione.



In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

<b>Elem.</b>	numero dell'elemento
<b>Note</b>	codice di comportamento: trave, trave di fondazione, pilastro, asta, asta tesa, asta compressa
<b>Nodo I (J)</b>	numero del nodo iniziale (finale)
<b>Mat.</b>	codice del materiale assegnato all'elemento
<b>Sez.</b>	codice della sezione assegnata all'elemento
<b>Rotaz.</b>	valore della rotazione dell'elemento, attorno al proprio asse, nel caso in cui l'orientamento di default non sia adottabile; l'orientamento di default prevede per gli elementi non verticali l'asse 2 contenuto nel piano verticale e l'asse 3 orizzontale, per gli elementi verticali l'asse 2 diretto secondo X negativo e l'asse 3 diretto secondo Y negativo
<b>Svincolo I (J)</b>	codici di svincolo per le azioni interne; i primi sei codici si riferiscono al nodo iniziale, i restanti sei al nodo finale (il valore 1 indica che la relativa azione interna non è attiva)
<b>Wink V</b>	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione della trave su suolo elastico
<b>Wink O</b>	costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico orizzontale

Con riferimento al **Documento di Affidabilità** “*Test di validazione del software di calcolo PRO\_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO\_SAP Modulo Geotecnico, PRO\_CAD nodi acciaio e PRO\_MST*” - versione Maggio 2011, disponibile per il download sul sito [www.2si.it](http://www.2si.it), si segnalano i seguenti esempi applicativi:

Test N°	Titolo
2	TRAVI A UNA CAMPATA
3	TRAVE A PIU' CAMPATE
4	TRAVE A UNA CAMPATA SU TERRENO ALLA WINKLER
5	TRAVI SU TERRENO ALLA WINKLER CON CARICO TRASVERSALE
6	TELAI PIANI CON CERNIERE ALLA BASE
7	TELAI PIANI CON INCASTRI ALLA BASE
11	STRUTTURE SOGGETTE A VARIAZIONI TERMICHE
12	STRUTTURE SU TERRENO ALLA WINKLER SOTTOPOSTE A CARICHI DISTRIBUITI TRIANGOLARI
21	DRILLING
24	TENSIONI E ROTAZIONI RISPETTO ALLA CORDA DI ELEMENTI TRAVE
27	FRECCIA DI ELEMENTI TRAVE
41	GERARCHIA DELLE RESISTENZE PER TRAVI IN C.A.
42	GERARCHIA DELLE RESISTENZE PER PILASTRI IN C.A.
43	VERIFICA ALLE TA DI STRUTTURE IN C.A.
44	VERIFICA AGLI SLU DI STRUTTURE IN C.A.
46	VERIFICA A PUNZONAMENTO ALLO SLU DI TRAVI IN C.A.
47	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 9/1/96
48	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 14/1/2008
49	VERIFICA ALLO SLE (TENSIONI E FESSURAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
50	VERIFICA ALLO SLE (DEFORMAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
51	FATTORE DI STRUTTURA
52	SOVRARESISTENZE
53	DETTAGLI COSTRUTTIVI C.A.: LIMITI D'ARMATURA PILASTRI E NODI TRAVE-PILASTRO
55	VERIFICA DI STABILITA' DI ASTE COMPRESSE IN ACCIAIO – METODO OMEGA
56	LUCE LIBERA DI TRAVI E ASTE IN ACCIAIO
57	LUCE LIBERA DI COLONNE IN ACCIAIO
58	SVERGOLAMENTO DI TRAVI IN ACCIAIO
63	STABILITA' DI ASTE COMPOSTE IN ACCIAIO
68	VALUTAZIONE EFFETTO P- $\delta$ SU PILASTRATA
69	VALUTAZIONE EFFETTO P- $\delta$ SU TELAIO 3D
80	ANALISI PUSHOVER DI UN EDIFICIO IN C.A.
82	ANALISI ELASTO PLASTICA INCREMENTALE
83	ANALISI ELASTO PLASTICA INCREMENTALE
89	VERIFICA ALLO SLU DI STRUTTURE IN LEGNO SECONDO EC5

<b>90</b>	VERIFICA ALLO SLE DI STRUTTURE IN LEGNO SECONDO EC5
<b>93</b>	SNELLEZZE EC5
<b>120</b>	PROGETTO E VERIFICA DI TRAVI PREM

Elem.	Note	Nodo I	Nodo J	Mat.	Sez.	Rotaz. gradi	Svincolo I	Svincolo J	Wink V daN/cm3	Wink O daN/cm3
1	Pilas.	1	2	4	44					
2	Pilas.	3	4	4	43					
3	Pilas.	5	6	4	43					
4	Pilas.	7	8	4	43					
5	Pilas.	9	10	4	43					
6	Pilas.	11	12	4	44					
7	Pilas.	13	14	4	43					
8	Pilas.	15	16	4	43					
9	Pilas.	17	18	4	45					
10	Trave f.	5	1	4	37				1.86	1.08
11	Trave f.	1	3	4	37				1.86	1.08
12	Trave f.	13	17	4	37				1.86	1.08
13	Trave f.	17	7	4	37				1.86	1.08
14	Trave f.	15	11	4	37				1.86	1.08
15	Trave f.	11	9	4	37				1.86	1.08
16	Trave f.	15	13	4	37				1.86	1.08
17	Trave f.	13	5	4	37				1.86	1.08
18	Trave f.	11	17	4	37				1.86	1.08
19	Trave f.	17	1	4	37				1.86	1.08
20	Trave f.	9	7	4	37				1.86	1.08
21	Trave f.	7	3	4	37				1.86	1.08
22	Trave	16	12	4	2					
23	Trave	12	10	4	2					
24	Trave	14	18	4	2					
25	Trave	18	8	4	2					
26	Trave	6	2	4	2					
27	Trave	2	4	4	2					
28	Trave	16	14	4	2					
29	Trave	14	6	4	2					
30	Trave	12	18	4	2					
31	Trave	18	2	4	2					
32	Trave	10	8	4	2					
33	Trave	8	4	4	2					

MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA: ELEMENTI SOLAIO  
 LEGENDA TABELLA DATI SOLAI

Il programma utilizza per la modellazione elementi a tre o più nodi denominati in generale solaio.  
 Ogni elemento solaio è individuato da una poligonale di nodi 1,2, ..., N.  
 L'elemento solaio è utilizzato in primo luogo per la modellazione dei carichi agenti sugli elementi strutturali. In secondo luogo può essere utilizzato per la corretta ripartizione delle forze orizzontali agenti nel proprio piano.  
 L'elemento balcone è derivato dall'elemento solaio.  
 I carichi agenti sugli elementi, raccolti in un archivio, sono direttamente assegnati agli elementi utilizzando le informazioni raccolte nell' archivio (es. i coefficienti combinatori). La tabella seguente riporta i dati utilizzati per la definizione dei carichi e delle masse.

<b>Id.Arch.</b>	Identificativo dell' archivio
<b>Tipo</b>	Tipo di carico <i>Variab.</i> Carico variabile generico <i>Var. rid.</i> Carico variabile generico con riduzione in funzione dell' area (c.5.5. ...) <i>Neve</i> Carico di neve
<b>G1k</b>	carico permanente (comprensivo del peso proprio)
<b>G2k</b>	carico permanente non strutturale e non compiutamente definito
<b>Qk</b>	carico variabile
<b>Fatt. A</b>	fattore di riduzione del carico variabile (0.5 o 0.75) per tipo "Var.rid."
<b>S sis.</b>	fattore di riduzione del carico variabile per la definizione delle masse sismiche per D.M. 96 (vedi NOTA sul capitolo "normativa di riferimento")
<b>Psi 0</b>	Coefficiente combinatorio dei valori caratteristici delle azioni variabili: <i>per valore raro</i>
<b>Psi 1</b>	Coefficiente combinatorio dei valori caratteristici delle azioni variabili: <i>per valore frequente</i>
<b>Psi 2</b>	Coefficiente combinatorio dei valori caratteristici delle azioni variabili: <i>per valore quasi permanente</i>
<b>Psi S 2</b>	Coefficiente di combinazione che fornisce il valore quasi-permanente dell'azione variabile: <i>per la definizione delle masse sismiche</i>
<b>Fatt. Fi</b>	Coefficiente di correlazione dei carichi per edifici

Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione. In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

<b>Elem</b>	numero dell'elemento
<b>Tipo</b>	codice di comportamento <i>S</i> elemento utilizzato solo per scarico <i>C</i> elemento utilizzato per scarico e per modellazione piano rigido <i>M</i> scarico monodirezionale <i>B</i> scarico bidirezionale
<b>Id.Arch.</b>	Identificativo dell' archivio
<b>Mat</b>	codice del materiale assegnato all'elemento
<b>Spessore</b>	spessore dell'elemento (costante)
<b>Orditura</b>	angolo (rispetto all'asse X) della direzione dei travetti principali
<b>Gk</b>	carico permanente (comprensivo del peso proprio)
<b>Qk</b>	carico variabile
<b>Nodi</b>	numero dei nodi che definiscono l'elemento (5 per riga)

Nel caso in cui si sia proceduto alla progettazione con le tensioni ammissibili vengono riportate le massime tensioni nell'elemento (massima compressione nel calcestruzzo, massima tensione nell'acciaio, massima tensione tangenziale); nel caso in cui si sia proceduto alla progettazione con il metodo degli stati limite vengono riportati il rapporto  $x/d$  e le verifiche per sollecitazioni proporzionali nonché le verifiche in esercizio.

In particolare i simboli utilizzati in tabella assumono il seguente significato:

Elem.	numero identificativo dell'elemento
Stato	Codici di verifica relativi alle tensioni normali e alle tensioni tangenziali
Note	Viene riportato il codice relativo alla sezione(s) e relativo al materiale(m);
Pos.	Ascissa del punto di verifica
F ist, F infi	Frecce istantanee e a tempo infinito
Momento	Momento flettente
Taglio	Sollecitazione di taglio
Af inf.	Area di armatura longitudinale posta all'intradosso della trave
Af sup.	Area di armatura longitudinale posta all'estradosso della trave
AFV	Area dell'armatura atta ad assorbire le azioni di taglio
Beff	Base della sezione di cls per l'assorbimento del taglio
<i>simboli utilizzati con il metodo delle tensioni ammissibili:</i>	
sc max	Massima tensione di compressione del calcestruzzo
sf max	Massima tensione nell'acciaio
tau max	Massima tensione tangenziale nel cls
<i>simboli utilizzati con il metodo degli stati limite:</i>	
x/d	rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile alla rottura della sezione (per sola flessione)
verif.	rapporto $S_d/S_u$ con sollecitazioni ultime proporzionali: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
Verif.V	rapporto $S_d/S_u$ con sollecitazioni taglianti proporzionali: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
rRfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione $f_{ck}$ in combinazioni rare [normalizzato a 1]
rFfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione $f_{ck}$ in combinazioni frequenti [normalizzato a 1]
rPfck	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione $f_{ck}$ in combinazioni quasi permanenti [normalizzato a 1]
rRfyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione $f_{yk}$ in combinazioni frequenti [normalizzato a 1]
rFyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione $f_{yk}$ in combinazioni rare [normalizzato a 1]
rPfyk	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione $f_{yk}$ in combinazioni quasi permanenti [normalizzato a 1]
wR	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni rare [mm]
wF	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni frequenti [mm]
wP	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni quasi permanenti [mm]

Con riferimento al **Documento di Affidabilità** "Test di validazione del software di calcolo PRO\_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO\_SAP Modulo Geotecnico, PRO\_CAD nodi acciaio e

PRO\_MST<sup>®</sup> - versione Maggio 2011, disponibile per il download sul sito [www.2si.it](http://www.2si.it), si segnalano i seguenti esempi applicativi:

Test N°	Titolo
14	ANALISI DEI CARICHI PER UN SOLAIO DI COPERTURA
15	EFFETTI DELLO SPESSORE SULLA RIGIDEZZA DEI SOLAI
16	SOLAIO: CONFRONTO FRA RIGIDO E DEFORMABILE
17	SOLAIO: MISTO LEGNO-CALCESTRUZZO
28	FRECCIA DI SOLAI IN C.A.
119	PROGETTO E VERIFICA DI SOLAI IN MATERIALE XLAM

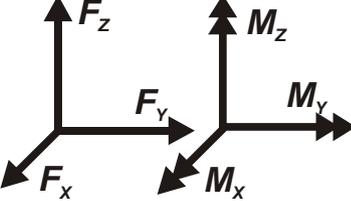
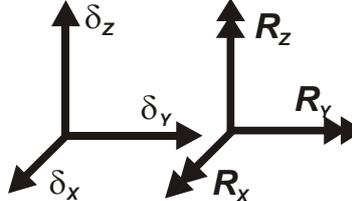
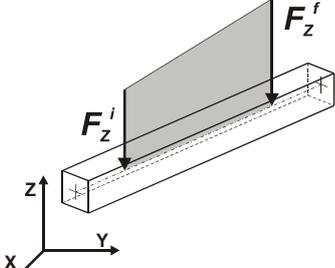
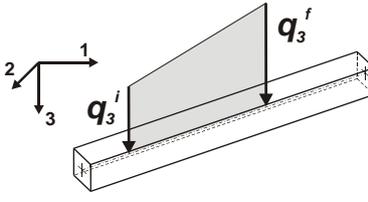
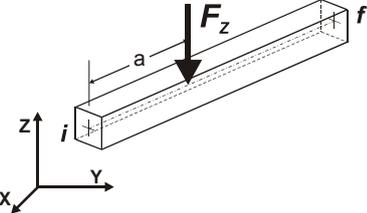
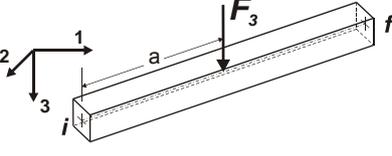
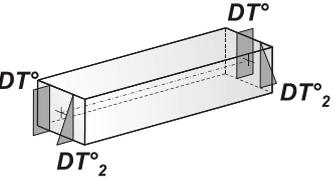
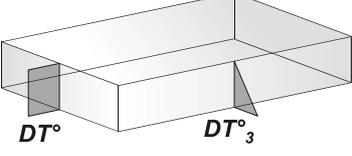
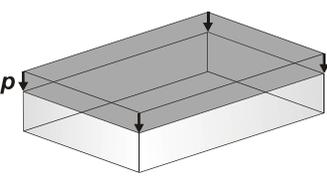
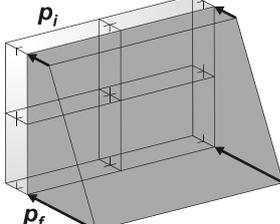
ID Arch.	Tipo	G1k daN/cm2	G2k daN/cm2	Qk daN/cm2	Fatt. A	s sis.	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Psi S 2	Fatt. Fi
1	Variab.	5.00e-02		4.80e-03		1.00	0.50	0.20	0.0	0.0	1.00

Elem.	Tipo	ID Arch.	Nodo 1/6..	Nodo 2/7..	Nodo 3/8..	Nodo..	Nodo..
1	CM	1	12	18	14	16	
2	CM	1	18	2	6	14	
3	CM	1	10	8	18	12	
4	CM	1	8	4	2	18	

MODELLAZIONE DELLE AZIONI  
 LEGENDA TABELLA DATI AZIONI

Il programma consente l'uso di diverse tipologie di carico (azioni). Le azioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni azione applicata alla struttura viene di riportato il codice, il tipo e la sigla identificativa. Le tabelle successive dettagliano i valori caratteristici di ogni azione in relazione al tipo. Le tabelle riportano infatti i seguenti dati in relazione al tipo:

<b>1</b>	<b>carico concentrato nodale</b> 6 dati (forza $F_x$ , $F_y$ , $F_z$ , momento $M_x$ , $M_y$ , $M_z$ )
<b>2</b>	<b>spostamento nodale impresso</b> 6 dati (spostamento $T_x$ , $T_y$ , $T_z$ , rotazione $R_x$ , $R_y$ , $R_z$ )
<b>3</b>	<b>carico distribuito globale su elemento tipo trave</b> 7 dati ( $f_x$ , $f_y$ , $f_z$ , $m_x$ , $m_y$ , $m_z$ , ascissa di inizio carico) 7 dati ( $f_x$ , $f_y$ , $f_z$ , $m_x$ , $m_y$ , $m_z$ , ascissa di fine carico)
<b>4</b>	<b>carico distribuito locale su elemento tipo trave</b> 7 dati ( $f_1$ , $f_2$ , $f_3$ , $m_1$ , $m_2$ , $m_3$ , ascissa di inizio carico) 7 dati ( $f_1$ , $f_2$ , $f_3$ , $m_1$ , $m_2$ , $m_3$ , ascissa di fine carico)
<b>5</b>	<b>carico concentrato globale su elemento tipo trave</b> 7 dati ( $F_x$ , $F_y$ , $F_z$ , $M_x$ , $M_y$ , $M_z$ , ascissa di carico)
<b>6</b>	<b>carico concentrato locale su elemento tipo trave</b> 7 dati ( $F_1$ , $F_2$ , $F_3$ , $M_1$ , $M_2$ , $M_3$ , ascissa di carico)
<b>7</b>	<b>variazione termica applicata ad elemento tipo trave</b> 7 dati (variazioni termiche: uniforme, media e differenza in altezza e larghezza al nodo iniziale e finale)
<b>8</b>	<b>carico di pressione uniforme su elemento tipo piastra</b> 1 dato (pressione)
<b>9</b>	<b>carico di pressione variabile su elemento tipo piastra</b> 4 dati (pressione, quota, pressione, quota)
<b>10</b>	<b>variazione termica applicata ad elemento tipo piastra</b> 2 dati (variazioni termiche: media e differenza nello spessore)
<b>11</b>	<b>carico variabile generale su elementi tipo trave e piastra</b> 1 dato descrizione della tipologia 4 dati per segmento (posizione, valore, posizione, valore) la tipologia precisa l'ascissa di definizione, la direzione del carico, la modalità di carico e la larghezza d'influenza per gli elementi tipo trave
<b>12</b>	<b>gruppo di carichi con impronta su piastra</b> 9 dati (numero di ripetizioni in direzione X e Y, valore di ciascun carico, posizione centrale del primo, dimensioni dell'impronta, interasse tra i carichi)

 <p>Carico concentrato nodale</p>	 <p>Spostamento impresso</p>
 <p>Carico distribuito globale</p>	 <p>Carico distribuito locale</p>
 <p>Carico concentrato globale</p>	 <p>Carico concentrato locale</p>
 <p>Carico termico 2D</p>	 <p>Carico termico 3D</p>
 <p>Carico pressione uniforme</p>	 <p>Carico pressione variabile</p>

**Tipo** variazione termica applicata a trave

Id	Tipo	DT uniforme	DT iniziale	DT finale	DT 2-2 ini	DT 2-2 fin	DT 3-3 ini	DT 3-3 fin
4	T2:DT=15.00	15.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

## SCHEMATIZZAZIONE DEI CASI DI CARICO

### LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO

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

Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

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

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

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

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

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

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

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso:

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

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

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

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gsk	CDC=G1sk (permanente solai-coperture)	
3	Qsk	CDC=Qsk (variabile solai)	
4	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	partecipazione:1.00 per 1 CDC=Ggk (peso proprio della struttura)
			partecipazione:1.00 per 2 CDC=G1sk (permanente solai-coperture)
			partecipazione:1.00 per 3 CDC=Qsk (variabile solai)

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
5	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
6	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
7	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	come precedente CDC sismico
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	come precedente CDC sismico
11	Qk	CDC=Qk (variabile termico)	D2 :da 1 a 9 Azione : T2:DT=15.00
			D2 :da 22 a 33 Azione : T2:DT=15.00

DEFINIZIONE DELLE COMBINAZIONI  
 LEGENDA TABELLA COMBINAZIONI DI CARICO

Il programma combina i diversi tipi di casi di carico (CDC) secondo le regole previste dalla normativa vigente. Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

La prima tabella delle combinazioni riportata di seguito comprende le seguenti informazioni: *Numero, Tipo, Sigla identificativa*. Una seconda tabella riporta il *peso nella combinazione*, assunto per ogni caso di carico.

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

**Combinazione fondamentale SLU**

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + \gamma P \cdot P + \gamma Q1 \cdot Qk1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Qk2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

**Combinazione caratteristica (rara) SLE**

$$G1 + G2 + P + Qk1 + \psi 02 \cdot Qk2 + \psi 03 \cdot Qk3 + \dots$$

**Combinazione frequente SLE**

$$G1 + G2 + P + \psi 11 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

**Combinazione quasi permanente SLE**

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \psi 23 \cdot Qk3 + \dots$$

**Combinazione sismica**, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E

$$E + G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

**Combinazione eccezionale**, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

$$G1 + G2 + P + \psi 21 \cdot Qk1 + \psi 22 \cdot Qk2 + \dots$$

*Dove:*

NTC 2008 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	$\psi 0$	$\psi 1$	$\psi 2$
Categoria A residenziali	0,70	0,50	0,30
Categoria B uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli $\leq 30\text{kN}$ )	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli $> 30\text{kN}$ )	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota $\leq 1000$ m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota $> 1000$ m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa, due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

NTC 2008 Tabella 2.6.I

		Coefficiente $\gamma_f$	<b>EQU</b>	<b>A1</b>	<b>A2</b>
Carichi permanenti	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
1	SLU	Comb. SLU A1 1	
2	SLU	Comb. SLU A1 2	
3	SLU	Comb. SLU A1 3	
4	SLU	Comb. SLU A1 4	
5	SLU	Comb. SLU A1 5	
6	SLU	Comb. SLU A1 6	
7	SLU	Comb. SLU A1 7	
8	SLU	Comb. SLU A1 8	
9	SLU	Comb. SLU A1 9	
10	SLU	Comb. SLU A1 10	
11	SLU	Comb. SLU A1 11	
12	SLU	Comb. SLU A1 12	
13	SLU	Comb. SLU A1 13	
14	SLU	Comb. SLU A1 14	
15	SLU	Comb. SLU A1 15	
16	SLU	Comb. SLU A1 16	
17	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 17	
18	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 18	
19	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 19	
20	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 20	
21	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 21	
22	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 22	
23	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 23	
24	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 24	
25	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 25	
26	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 26	
27	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 27	
28	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 28	
29	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 29	
30	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 30	
31	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 31	
32	SLU	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 32	
33	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 33	
34	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 34	
35	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 35	
36	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 36	
37	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 37	
38	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 38	
39	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 39	
40	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 40	
41	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 41	
42	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 42	
43	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 43	
44	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 44	
45	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 45	
46	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 46	
47	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 47	
48	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 48	
49	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 49	
50	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 50	
51	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 51	
52	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 52	
53	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 53	
54	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 54	
55	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 55	
56	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 56	
57	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 57	
58	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 58	
59	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 59	
60	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 60	
61	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 61	
62	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 62	
63	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 63	
64	SLD(sis)	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 64	
65	SLU(acc.)	Comb. SLU (Accid.) 65	
66	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 66	
67	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 67	
68	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 68	

Cmb	Tipo	Sigla Id	effetto P-delta
69	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 69	
70	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 70	
71	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 71	
72	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 72	
73	SLE(r)	Comb. SLE(rara) 73	
74	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 74	
75	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 75	
76	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 76	
77	SLE(f)	Comb. SLE(freq.) 77	
78	SLE(p)	Comb. SLE(perm.) 78	

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
1	1.30	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.90		
2	1.30	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.90		
3	1.30	1.30	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.90		
4	1.30	1.30	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.90		
5	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.90		
6	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.90		
7	1.00	1.00	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.90		
8	1.00	1.00	1.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.90		
9	1.30	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.50		
10	1.30	1.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50		
11	1.30	1.30	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.50		
12	1.30	1.30	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50		
13	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.50		
14	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50		
15	1.00	1.00	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.50		
16	1.00	1.00	0.75	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.50		
17	1.00	1.00	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
18	1.00	1.00	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
19	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
20	1.00	1.00	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
21	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
22	1.00	1.00	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
23	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
24	1.00	1.00	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
25	1.00	1.00	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
26	1.00	1.00	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
27	1.00	1.00	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
28	1.00	1.00	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
29	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
30	1.00	1.00	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
31	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
32	1.00	1.00	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
33	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0		
34	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0		
35	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0	0.0		
36	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0	0.0		
37	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0		
38	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0		
39	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0		
40	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0		
41	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0		
42	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.30	0.0	0.0	0.0		
43	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	-0.30	0.0	0.0	0.0		
44	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.30	0.0	0.0	0.0		
45	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0		
46	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00	0.0	0.30	0.0	0.0		
47	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	-0.30	0.0	0.0		
48	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00	0.0	0.30	0.0	0.0		
49	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0		
50	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0		
51	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0	0.0	0.0		
52	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0	0.0	0.0		
53	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0		
54	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	1.00	0.0	0.0	0.0		
55	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	-1.00	0.0	0.0	0.0		
56	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	1.00	0.0	0.0	0.0		

Cmb	CDC 1/15...	CDC 2/16...	CDC 3/17...	CDC 4/18...	CDC 5/19...	CDC 6/20...	CDC 7/21...	CDC 8/22...	CDC 9/23...	CDC 10/24...	CDC 11/25...	CDC 12/26...	CDC 13/27...	CDC 14/28...
57	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0			
58	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	0.0	1.00	0.0			
59	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	-1.00	0.0			
60	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	0.0	1.00	0.0			
61	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	-1.00	0.0			
62	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.30	0.0	1.00	0.0			
63	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	-1.00	0.0			
64	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.30	0.0	1.00	0.0			
65	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
66	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.60			
67	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.60			
68	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.60			
69	1.00	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.60			
70	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00			
71	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00			
72	1.00	1.00	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-1.00			
73	1.00	1.00	0.50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.00			
74	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
75	1.00	1.00	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
76	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.50			
77	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.50			
78	1.00	1.00	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			

## AZIONE SISMICA VALUTAZIONE DELL' AZIONE SISMICA

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

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

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

ag: accelerazione orizzontale massima del terreno;

Fo: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T\*c: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

Parametri della struttura					
Classe d'uso	Vita $V_n$ [anni]	Coeff. Uso	Periodo $V_r$ [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica
II	50.0	1.0	50.0	B	T1

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

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

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

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

Tb è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.

Tc è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.

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

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza
			Km
Loc.	12.447	37.797	
46714	12.419	37.780	3.093
46715	12.482	37.780	3.598
46493	12.481	37.830	4.716
46492	12.418	37.830	4.452

SL	P <sub>ver</sub>	T <sub>r</sub>	ag	Fo	T*c
		Anni	g		sec
SLO	81.0	30.0	0.014	2.530	0.140
SLD	63.0	50.0	0.019	2.530	0.150
SLV	10.0	475.0	0.049	2.470	0.310
SLC	5.0	975.0	0.062	2.550	0.340

SL	ag	S	Fo	Fv	Tb	Tc	Td
	g				sec	sec	sec

<b>SL</b>	<b>ag</b>	<b>S</b>	<b>Fo</b>	<b>Fv</b>	<b>Tb</b>	<b>Tc</b>	<b>Td</b>
SLO	0.014	1.200	2.530	0.400	0.076	0.228	1.655
SLD	0.019	1.200	2.530	0.466	0.080	0.241	1.674
SLV	0.049	1.200	2.470	0.737	0.144	0.431	1.795
SLC	0.062	1.200	2.550	0.855	0.155	0.464	1.847

**RISULTATI ANALISI SISMICHE**  
**LEGENDA TABELLA ANALISI SISMICHE**

Il programma consente l'analisi di diverse configurazioni sismiche.

Sono previsti, infatti, i seguenti casi di carico:

- 9. Esk** caso di carico sismico con analisi statica equivalente
- 10. Edk** caso di carico sismico con analisi dinamica

Ciascun caso di carico è caratterizzato da un angolo di ingresso e da una configurazione di masse determinante la forza sismica complessiva (si rimanda al capitolo relativo ai casi di carico per chiarimenti inerenti questo aspetto).

Nella colonna Note, in funzione della norma in uso sono riportati i parametri fondamentali che caratterizzano l'azione sismica: in particolare possono essere presenti i seguenti valori:

<b>Angolo di ingresso</b>	di	Angolo di ingresso dell'azione sismica orizzontale
<b>Fattore di importanza</b>	di	Fattore di importanza dell'edificio, in base alla categoria di appartenenza
<b>Zona sismica</b>		Zona sismica
<b>Accelerazione ag</b>		Accelerazione orizzontale massima sul suolo
<b>Categoria suolo</b>		Categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione
<b>Fattore di struttura q</b>	di	Fattore dipendente dalla tipologia strutturale
<b>Fattore di sito S</b>		Fattore dipendente dalla stratigrafia e dal profilo topografico
<b>Classe di duttilità CD</b>	di	Classe di duttilità della struttura – "A" duttilità alta, "B" duttilità bassa
<b>Fattore di riduzione SLD</b>	riduz.	Fattore di riduzione dello spettro elastico per lo stato limite di danno
<b>Periodo proprio T1</b>		Periodo proprio di vibrazione della struttura
<b>Coefficiente Lambda</b>		Coefficiente dipendente dal periodo proprio T1 e dal numero di piani della struttura
<b>Ordinata spettro Sd(T1)</b>		Valore delle ordinate dello spettro di progetto per lo stato limite ultimo, componente orizzontale (verticale Svd)
<b>Ordinata spettro Se(T1)</b>		Valore delle ordinate dello spettro elastico ridotta del fattore SLD per lo stato limite di danno, componente orizzontale (verticale Sve)
<b>Ordinata spettro S (Tb-Tc)</b>		Valore dell' ordinata dello spettro in uso nel tratto costante
<b>numero di modi considerati</b>		Numero di modi di vibrare della struttura considerati nell'analisi dinamica

Per ciascun caso di carico sismico viene riportato l'insieme di dati sottoriportati (le masse sono espresse in unità di forza):

- a) **analisi sismica statica equivalente:**
  - quota, posizione del centro di applicazione e azione orizzontale risultante, posizione del baricentro delle rigidezze, rapporto r/Ls (per strutture a nucleo), indici di regolarità e/r secondo EC8 4.2.3.2

- azione sismica complessiva
- b) **analisi sismica dinamica con spettro di risposta:**
  - quota, posizione del centro di massa e massa risultante, posizione del baricentro delle rigidezze, rapporto  $r/L_s$  (per strutture a nucleo) , indici di regolarità  $e/r$  secondo EC8 4.2.3.2
  - frequenza, periodo, accelerazione spettrale, massa eccitata nelle tre direzioni globali per tutti i modi
  - massa complessiva ed aliquota di massa complessiva eccitata.

Per ciascuna combinazione sismica definita SLD o SLO viene riportato il livello di deformazione  $\eta_T$  (dr) degli elementi strutturali verticali. Per semplicità di consultazione il livello è espresso anche in unità  $1000 \cdot \eta_T/h$  da confrontare direttamente con i valori forniti nella norma ( es. 5 per edifici con tamponamenti collegati rigidamente alla struttura, 10.0 per edifici con tamponamenti collegati elasticamente, 3 per edifici in muratura ordinaria, 4 per edifici in muratura armata).

Qualora si applichi il D.M. 96 (vedi NOTA sul capitolo "normativa di riferimento") l'analisi sismica dinamica può essere comprensiva di sollecitazione verticale contemporanea a quella orizzontale, nel qual caso è effettuata una sovrapposizione degli effetti in ragione della radice dei quadrati degli effetti stessi. Per ciascuna combinazione sismica - analisi effettuate con il D.M. 96 (vedi NOTA sul capitolo "normativa di riferimento") - viene riportato il livello di deformazione  $\eta_T$ ,  $\eta_P$  e  $\eta_D$  degli elementi strutturali verticali. Per semplicità di consultazione il livello è espresso in unità  $1000 \cdot \eta_T/h$  da confrontare direttamente con il valore 2 o 4 per la verifica.

Per gli edifici sismicamente isolati si riportano di seguito le verifiche condotte sui dispositivi di isolamento. Le verifiche sono effettuate secondo l' allegato 10.A dell'Ordinanza 3274 e smi. In particolare la tabella, per ogni combinazione SLU (SLC per il DM 14-01-2008) sismica riporta il codice di verifica e i valori utilizzati per la verifica: spostamento  $dE$ , area ridotta e dimensione  $A_2$ , azione verticale, deformazioni di taglio dell' elastomero e tensioni nell' acciaio.

<b>Nodo</b>	Nodo di appoggio dell' isolatore
<b>Cmb</b>	Combinazione oggetto della verifica
<b>Verif.</b>	Codice di verifica ok – verifica positiva , NV – verifica negativa, ND – verifica non completata
<b>dE</b>	Spostamento relativo tra le due facce (amplificato del 20% per Ordinanza 3274 e smi) combinato con la regola del 30%
<b>Ang fi</b>	Angolo utilizzato per il calcolo dell' area ridotta $A_r$ (per dispositivi circolari)
<b>V</b>	Azione verticale agente
<b>Ar</b>	Area ridotta efficace
<b>Dim A2</b>	Dimensione utile per il calcolo della deformazione per rotazione
<b>Sig s</b>	Tensione nell' inserto in acciaio
<b>Gam c(a,s,t)</b>	Deformazioni di taglio dell' elastomero
<b>Vcr</b>	Carico critico per instabilità

Affinchè la verifica sia positiva deve essere:

- 1)  $V > 0$
- 2)  $\text{Sig } s < f_{yk}$
- 3)  $\text{Gam } t < 5$
- 4)  $\text{Gam } s < \text{Gam}^*$  (caratteristica dell' elastomero)

- 5)  $G_m s < 2$   
 6)  $V < 0.5 V_{cr}$

Con riferimento al **Documento di Affidabilità** “*Test di validazione del software di calcolo PRO\_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO\_SAP Modulo Geotecnico, PRO\_CAD nodi acciaio e PRO\_MST*” - versione Maggio 2011, disponibile per il download sul sito **www.2si.it**, si segnalano i seguenti esempi applicativi:

Test N°	Titolo
23	DM 2008: SPETTRO
29	SISMICA 1000/H, SOMMA V, EFFETTO P- $\delta$
30	ANALISI DI UN EDIFICIO CON ISOLATORI SISMICI
65	MASSE SISMICHE
70	PROGETTO DI ISOLATORI ELASTOMERICI
71	VERIFICA DI ISOLATORI ELASTOMERICI
72	VERIFICA DI ISOLATORI FRICTION PENDULUM

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
4	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.044 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.194 sec.
			fattore di struttura q: 3.300
			fattore per spost. mu d: 6.098
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 20
			combinaz. modale: CQC

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	rapp. r/Ls	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
390.00	7.681e+04	468.26	482.50	0.0	-48.25	446.74	482.50	1.360	0.040	0.0
Risulta	7.681e+04									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	5.143	0.194	0.044	7.483e+04	97.4	114.89	0.1	0.20	2.65e-04	0.0	0.0
2	5.877	0.170	0.044	324.09	0.4	7.206e+04	93.8	1.91e-03	2.48e-06	0.0	0.0
3	6.849	0.146	0.044	1071.84	1.4	3370.76	4.4	0.02	2.16e-05	0.0	0.0
4	17.703	0.056	0.053	272.25	0.4	1.95e-03	2.53e-06	1.748e+04	22.8	0.0	0.0
5	19.225	0.052	0.053	4.51e-03	5.87e-06	674.68	0.9	9.48	1.23e-02	0.0	0.0
6	19.382	0.052	0.054	67.76	8.82e-02	0.11	1.44e-04	5.924e+04	77.1	0.0	0.0
7	20.322	0.049	0.054	0.02	2.29e-05	563.32	0.7	0.07	9.17e-05	0.0	0.0
8	25.442	0.039	0.055	7.76	1.01e-02	0.0	0.0	45.00	5.86e-02	0.0	0.0
9	26.436	0.038	0.055	17.15	2.23e-02	0.0	0.0	3.36	4.38e-03	0.0	0.0
10	32.880	0.030	0.056	196.35	0.3	3.91e-06	0.0	10.00	1.30e-02	0.0	0.0

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
11	38.037	0.026	0.056	9.78e-04	1.27e-06	23.57	3.07e-02	0.0	0.0	0.0	0.0
12	42.537	0.024	0.056	16.91	2.20e-02	3.83e-06	0.0	26.37	3.43e-02	0.0	0.0
13	47.921	0.021	0.057	0.02	2.11e-05	0.31	4.05e-04	0.01	1.32e-05	0.0	0.0
14	53.565	0.019	0.057	0.84	1.09e-03	0.15	1.98e-04	2.82e-03	3.67e-06	0.0	0.0
15	65.472	0.015	0.057	0.06	7.79e-05	0.71	9.19e-04	9.67e-05	0.0	0.0	0.0
16	67.305	0.015	0.057	0.07	8.51e-05	0.24	3.16e-04	0.01	1.69e-05	0.0	0.0
17	74.986	0.013	0.057	0.20	2.60e-04	0.30	3.85e-04	0.01	1.50e-05	0.0	0.0
18	79.841	0.013	0.058	2.62e-03	3.41e-06	0.09	1.20e-04	1.38e-03	1.80e-06	0.0	0.0
19	83.561	0.012	0.058	7.17e-06	0.0	9.25e-03	1.20e-05	0.03	3.93e-05	0.0	0.0
20	89.150	0.011	0.058	0.04	5.62e-05	0.09	1.23e-04	7.78e-03	1.01e-05	0.0	0.0
Risulta				7.681e+04		7.681e+04		7.681e+04			
In percentuale				100.00		100.00		100.00			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
5	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.044 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.194 sec.
			fattore di struttura q: 3.300
			fattore per spost. mu d: 6.098
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 20
			combinaz. modale: CQC

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	rapp. r/Ls	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
390.00	7.681e+04	468.26	482.50	0.0	48.25	446.74	482.50	1.360	0.040	0.0
Risulta	7.681e+04									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	5.143	0.194	0.044	7.483e+04	97.4	114.89	0.1	0.20	2.65e-04	0.0	0.0
2	5.877	0.170	0.044	324.09	0.4	7.206e+04	93.8	1.91e-03	2.48e-06	0.0	0.0
3	6.849	0.146	0.044	1071.84	1.4	3370.76	4.4	0.02	2.16e-05	0.0	0.0
4	17.703	0.056	0.053	272.25	0.4	1.95e-03	2.53e-06	1.748e+04	22.8	0.0	0.0
5	19.225	0.052	0.053	4.51e-03	5.87e-06	674.68	0.9	9.48	1.23e-02	0.0	0.0
6	19.382	0.052	0.054	67.76	8.82e-02	0.11	1.44e-04	5.924e+04	77.1	0.0	0.0
7	20.322	0.049	0.054	0.02	2.29e-05	563.32	0.7	0.07	9.17e-05	0.0	0.0
8	25.442	0.039	0.055	7.76	1.01e-02	0.0	0.0	45.00	5.86e-02	0.0	0.0
9	26.436	0.038	0.055	17.15	2.23e-02	0.0	0.0	3.36	4.38e-03	0.0	0.0
10	32.880	0.030	0.056	196.35	0.3	3.91e-06	0.0	10.00	1.30e-02	0.0	0.0
11	38.037	0.026	0.056	9.78e-04	1.27e-06	23.57	3.07e-02	0.0	0.0	0.0	0.0
12	42.537	0.024	0.056	16.91	2.20e-02	3.83e-06	0.0	26.37	3.43e-02	0.0	0.0
13	47.921	0.021	0.057	0.02	2.11e-05	0.31	4.05e-04	0.01	1.32e-05	0.0	0.0
14	53.565	0.019	0.057	0.84	1.09e-03	0.15	1.98e-04	2.82e-03	3.67e-06	0.0	0.0
15	65.472	0.015	0.057	0.06	7.79e-05	0.71	9.19e-04	9.67e-05	0.0	0.0	0.0
16	67.305	0.015	0.057	0.07	8.51e-05	0.24	3.16e-04	0.01	1.69e-05	0.0	0.0
17	74.986	0.013	0.057	0.20	2.60e-04	0.30	3.85e-04	0.01	1.50e-05	0.0	0.0
18	79.841	0.013	0.058	2.62e-03	3.41e-06	0.09	1.20e-04	1.38e-03	1.80e-06	0.0	0.0
19	83.561	0.012	0.058	7.17e-06	0.0	9.25e-03	1.20e-05	0.03	3.93e-05	0.0	0.0
20	89.150	0.011	0.058	0.04	5.62e-05	0.09	1.23e-04	7.78e-03	1.01e-05	0.0	0.0
Risulta				7.681e+04		7.681e+04		7.681e+04			

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
In percentuale				100.00		100.00		100.00			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
6	Edk	CDC=Ed (dinamico SLU) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.044 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.169 sec.
			fattore di struttura q: 3.300
			fattore per spost. mu d: 6.867
			classe di duttilità CD: B
			numero di modi considerati: 20
			combinaz. modale: CQC

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	rapp. r/Ls	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
390.00	7.681e+04	468.26	482.50	-48.50	0.0	446.74	482.50	1.360	0.040	0.0
Risulta	7.681e+04									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	5.175	0.193	0.044	7.623e+04	99.2	0.0	0.0	0.21	2.80e-04	0.0	0.0
2	5.918	0.169	0.044	0.0	0.0	7.532e+04	98.1	0.0	0.0	0.0	0.0
3	6.851	0.146	0.044	0.0	0.0	226.68	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
4	17.703	0.056	0.053	271.90	0.4	0.0	0.0	1.747e+04	22.7	0.0	0.0
5	19.231	0.052	0.053	0.0	0.0	677.17	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
6	19.382	0.052	0.054	67.65	8.81e-02	0.0	0.0	5.925e+04	77.1	0.0	0.0
7	20.318	0.049	0.054	0.0	0.0	560.99	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
8	25.442	0.039	0.055	7.77	1.01e-02	0.0	0.0	45.00	5.86e-02	0.0	0.0
9	26.436	0.038	0.055	17.13	2.23e-02	0.0	0.0	3.35	4.36e-03	0.0	0.0
10	32.880	0.030	0.056	196.34	0.3	0.0	0.0	10.00	1.30e-02	0.0	0.0
11	38.047	0.026	0.056	0.0	0.0	24.01	3.13e-02	0.0	0.0	0.0	0.0
12	42.538	0.024	0.056	16.91	2.20e-02	0.0	0.0	26.38	3.43e-02	0.0	0.0
13	49.777	0.020	0.057	0.0	0.0	1.19	1.55e-03	0.0	0.0	0.0	0.0
14	52.548	0.019	0.057	0.81	1.06e-03	0.0	0.0	7.89e-03	1.03e-05	0.0	0.0
15	64.028	0.016	0.057	0.0	0.0	1.19	1.54e-03	0.0	0.0	0.0	0.0
16	66.654	0.015	0.057	0.02	2.37e-05	0.0	0.0	7.06e-03	9.19e-06	0.0	0.0
17	76.394	0.013	0.057	0.27	3.57e-04	0.0	0.0	0.03	3.33e-05	0.0	0.0
18	79.404	0.013	0.058	0.02	2.16e-05	0.0	0.0	1.92e-04	0.0	0.0	0.0
19	82.777	0.012	0.058	0.0	0.0	0.21	2.70e-04	0.0	0.0	0.0	0.0
20	89.703	0.011	0.058	1.57e-03	2.04e-06	0.0	0.0	0.03	4.25e-05	0.0	0.0
Risulta				7.681e+04		7.681e+04		7.681e+04			
In percentuale				100.00		100.00		100.00			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
7	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. +)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.058 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.194 sec.
			numero di modi considerati: 20
			combinaz. modale: CQC

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	rapp. r/Ls	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
390.00	7.681e+04	468.26	482.50	0.0	-48.25	446.74	482.50	1.360	0.040	0.0
Risulta	7.681e+04									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	5.143	0.194	0.058	7.483e+04	97.4	114.89	0.1	0.20	2.65e-04	0.0	0.0
2	5.877	0.170	0.058	324.09	0.4	7.206e+04	93.8	1.91e-03	2.48e-06	0.0	0.0
3	6.849	0.146	0.058	1071.84	1.4	3370.76	4.4	0.02	2.16e-05	0.0	0.0
4	17.703	0.056	0.047	272.25	0.4	1.95e-03	2.53e-06	1.748e+04	22.8	0.0	0.0
5	19.225	0.052	0.045	4.51e-03	5.87e-06	674.68	0.9	9.48	1.23e-02	0.0	0.0
6	19.382	0.052	0.045	67.76	8.82e-02	0.11	1.44e-04	5.924e+04	77.1	0.0	0.0
7	20.322	0.049	0.044	0.02	2.29e-05	563.32	0.7	0.07	9.17e-05	0.0	0.0
8	25.442	0.039	0.040	7.76	1.01e-02	0.0	0.0	45.00	5.86e-02	0.0	0.0
9	26.436	0.038	0.039	17.15	2.23e-02	0.0	0.0	3.36	4.38e-03	0.0	0.0
10	32.880	0.030	0.036	196.35	0.3	3.91e-06	0.0	10.00	1.30e-02	0.0	0.0
11	38.037	0.026	0.034	9.78e-04	1.27e-06	23.57	3.07e-02	0.0	0.0	0.0	0.0
12	42.537	0.024	0.033	16.91	2.20e-02	3.83e-06	0.0	26.37	3.43e-02	0.0	0.0
13	47.921	0.021	0.032	0.02	2.11e-05	0.31	4.05e-04	0.01	1.32e-05	0.0	0.0
14	53.565	0.019	0.031	0.84	1.09e-03	0.15	1.98e-04	2.82e-03	3.67e-06	0.0	0.0
15	65.472	0.015	0.029	0.06	7.79e-05	0.71	9.19e-04	9.67e-05	0.0	0.0	0.0
16	67.305	0.015	0.029	0.07	8.51e-05	0.24	3.16e-04	0.01	1.69e-05	0.0	0.0
17	74.986	0.013	0.029	0.20	2.60e-04	0.30	3.85e-04	0.01	1.50e-05	0.0	0.0
18	79.841	0.013	0.028	2.62e-03	3.41e-06	0.09	1.20e-04	1.38e-03	1.80e-06	0.0	0.0
19	83.561	0.012	0.028	7.17e-06	0.0	9.25e-03	1.20e-05	0.03	3.93e-05	0.0	0.0
20	89.150	0.011	0.028	0.04	5.62e-05	0.09	1.23e-04	7.78e-03	1.01e-05	0.0	0.0
Risulta				7.681e+04		7.681e+04		7.681e+04			
In percentuale				100.00		100.00		100.00			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
8	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=0.0 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.058 g
			angolo di ingresso:0.0
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.194 sec.
			numero di modi considerati: 20
			combinaz. modale: CQC

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	rapp. r/Ls	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
390.00	7.681e+04	468.26	482.50	0.0	48.25	446.74	482.50	1.360	0.040	0.0

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	rapp. r/Ls	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
Risulta	7.681e+04									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	5.143	0.194	0.058	7.483e+04	97.4	114.89	0.1	0.20	2.65e-04	0.0	0.0
2	5.877	0.170	0.058	324.09	0.4	7.206e+04	93.8	1.91e-03	2.48e-06	0.0	0.0
3	6.849	0.146	0.058	1071.84	1.4	3370.76	4.4	0.02	2.16e-05	0.0	0.0
4	17.703	0.056	0.047	272.25	0.4	1.95e-03	2.53e-06	1.748e+04	22.8	0.0	0.0
5	19.225	0.052	0.045	4.51e-03	5.87e-06	674.68	0.9	9.48	1.23e-02	0.0	0.0
6	19.382	0.052	0.045	67.76	8.82e-02	0.11	1.44e-04	5.924e+04	77.1	0.0	0.0
7	20.322	0.049	0.044	0.02	2.29e-05	563.32	0.7	0.07	9.17e-05	0.0	0.0
8	25.442	0.039	0.040	7.76	1.01e-02	0.0	0.0	45.00	5.86e-02	0.0	0.0
9	26.436	0.038	0.039	17.15	2.23e-02	0.0	0.0	3.36	4.38e-03	0.0	0.0
10	32.880	0.030	0.036	196.35	0.3	3.91e-06	0.0	10.00	1.30e-02	0.0	0.0
11	38.037	0.026	0.034	9.78e-04	1.27e-06	23.57	3.07e-02	0.0	0.0	0.0	0.0
12	42.537	0.024	0.033	16.91	2.20e-02	3.83e-06	0.0	26.37	3.43e-02	0.0	0.0
13	47.921	0.021	0.032	0.02	2.11e-05	0.31	4.05e-04	0.01	1.32e-05	0.0	0.0
14	53.565	0.019	0.031	0.84	1.09e-03	0.15	1.98e-04	2.82e-03	3.67e-06	0.0	0.0
15	65.472	0.015	0.029	0.06	7.79e-05	0.71	9.19e-04	9.67e-05	0.0	0.0	0.0
16	67.305	0.015	0.029	0.07	8.51e-05	0.24	3.16e-04	0.01	1.69e-05	0.0	0.0
17	74.986	0.013	0.029	0.20	2.60e-04	0.30	3.85e-04	0.01	1.50e-05	0.0	0.0
18	79.841	0.013	0.028	2.62e-03	3.41e-06	0.09	1.20e-04	1.38e-03	1.80e-06	0.0	0.0
19	83.561	0.012	0.028	7.17e-06	0.0	9.25e-03	1.20e-05	0.03	3.93e-05	0.0	0.0
20	89.150	0.011	0.028	0.04	5.62e-05	0.09	1.23e-04	7.78e-03	1.01e-05	0.0	0.0
Risulta				7.681e+04		7.681e+04		7.681e+04			
In percentuale				100.00		100.00		100.00			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
9	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. +)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.058 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: positiva
			periodo proprio T1: 0.175 sec.
			numero di modi considerati: 20
			combinaz. modale: CQC

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	rapp. r/Ls	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
390.00	7.681e+04	468.26	482.50	48.50	0.0	446.74	482.50	1.360	0.040	0.0
Risulta	7.681e+04									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	5.175	0.193	0.058	7.623e+04	99.2	0.0	0.0	0.21	2.80e-04	0.0	0.0
2	5.703	0.175	0.058	0.0	0.0	6.307e+04	82.1	0.0	0.0	0.0	0.0
3	6.924	0.144	0.058	0.0	0.0	1.248e+04	16.2	0.0	0.0	0.0	0.0
4	17.703	0.056	0.047	271.90	0.4	0.0	0.0	1.747e+04	22.7	0.0	0.0
5	19.221	0.052	0.045	0.0	0.0	672.44	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
6	19.382	0.052	0.045	67.65	8.81e-02	0.0	0.0	5.925e+04	77.1	0.0	0.0

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
7	20.327	0.049	0.044	0.0	0.0	568.97	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
8	25.442	0.039	0.040	7.75	1.01e-02	0.0	0.0	44.99	5.86e-02	0.0	0.0
9	26.435	0.038	0.039	17.15	2.23e-02	0.0	0.0	3.38	4.39e-03	0.0	0.0
10	32.880	0.030	0.036	196.34	0.3	0.0	0.0	10.00	1.30e-02	0.0	0.0
11	38.028	0.026	0.034	0.0	0.0	23.07	3.00e-02	0.0	0.0	0.0	0.0
12	42.538	0.024	0.033	16.89	2.20e-02	0.0	0.0	26.38	3.43e-02	0.0	0.0
13	47.688	0.021	0.032	0.0	0.0	0.05	6.61e-05	0.0	0.0	0.0	0.0
14	52.269	0.019	0.031	0.80	1.05e-03	0.0	0.0	4.54e-03	5.91e-06	0.0	0.0
15	67.060	0.015	0.029	6.57e-03	8.56e-06	0.0	0.0	0.01	1.66e-05	0.0	0.0
16	69.217	0.014	0.029	0.0	0.0	1.10	1.43e-03	0.0	0.0	0.0	0.0
17	73.933	0.014	0.029	0.22	2.89e-04	0.0	0.0	4.49e-04	0.0	0.0	0.0
18	79.550	0.013	0.028	0.11	1.38e-04	0.0	0.0	0.04	5.63e-05	0.0	0.0
19	84.171	0.012	0.028	7.18e-05	0.0	0.0	0.0	0.01	1.32e-05	0.0	0.0
20	86.195	0.012	0.028	0.0	0.0	0.45	5.86e-04	0.0	0.0	0.0	0.0
Risulta In percentuale				7.681e+04 100.00		7.681e+04 100.00		7.681e+04 100.00			

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
10	Edk	CDC=Ed (dinamico SLD) alfa=90.00 (ecc. -)	
			categoria suolo: B
			fattore di sito S = 1.200
			ordinata spettro (tratto Tb-Tc) = 0.058 g
			angolo di ingresso:90.00
			eccentricità aggiuntiva: negativa
			periodo proprio T1: 0.169 sec.
			numero di modi considerati: 20
			combinaz. modale: CQC

Quota	M Sismica x g	Pos. GX	Pos. GY	E agg. X-X	E agg. Y-Y	Pos. KX	Pos. KY	rapp. r/Ls	rapp. ex/rx	rapp. ey/ry
cm	daN	cm	cm	cm	cm	cm	cm			
390.00	7.681e+04	468.26	482.50	-48.50	0.0	446.74	482.50	1.360	0.040	0.0
Risulta	7.681e+04									

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
	Hz	sec	g	daN		daN		daN			
1	5.175	0.193	0.058	7.623e+04	99.2	0.0	0.0	0.21	2.80e-04	0.0	0.0
2	5.918	0.169	0.058	0.0	0.0	7.532e+04	98.1	0.0	0.0	0.0	0.0
3	6.851	0.146	0.058	0.0	0.0	226.68	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
4	17.703	0.056	0.047	271.90	0.4	0.0	0.0	1.747e+04	22.7	0.0	0.0
5	19.231	0.052	0.045	0.0	0.0	677.17	0.9	0.0	0.0	0.0	0.0
6	19.382	0.052	0.045	67.65	8.81e-02	0.0	0.0	5.925e+04	77.1	0.0	0.0
7	20.318	0.049	0.044	0.0	0.0	560.99	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
8	25.442	0.039	0.040	7.77	1.01e-02	0.0	0.0	45.00	5.86e-02	0.0	0.0
9	26.436	0.038	0.039	17.13	2.23e-02	0.0	0.0	3.35	4.36e-03	0.0	0.0
10	32.880	0.030	0.036	196.34	0.3	0.0	0.0	10.00	1.30e-02	0.0	0.0
11	38.047	0.026	0.034	0.0	0.0	24.01	3.13e-02	0.0	0.0	0.0	0.0
12	42.538	0.024	0.033	16.91	2.20e-02	0.0	0.0	26.38	3.43e-02	0.0	0.0
13	49.777	0.020	0.032	0.0	0.0	1.19	1.55e-03	0.0	0.0	0.0	0.0
14	52.548	0.019	0.031	0.81	1.06e-03	0.0	0.0	7.89e-03	1.03e-05	0.0	0.0
15	64.028	0.016	0.030	0.0	0.0	1.19	1.54e-03	0.0	0.0	0.0	0.0
16	66.654	0.015	0.029	0.02	2.37e-05	0.0	0.0	7.06e-03	9.19e-06	0.0	0.0
17	76.394	0.013	0.029	0.27	3.57e-04	0.0	0.0	0.03	3.33e-05	0.0	0.0
18	79.404	0.013	0.028	0.02	2.16e-05	0.0	0.0	1.92e-04	0.0	0.0	0.0
19	82.777	0.012	0.028	0.0	0.0	0.21	2.70e-04	0.0	0.0	0.0	0.0
20	89.703	0.011	0.028	1.57e-03	2.04e-06	0.0	0.0	0.03	4.25e-05	0.0	0.0

Modo	Frequenza	Periodo	Acc. Spettrale	M efficace X x g	%	M efficace Y x g	%	M efficace Z x g	%	Energia	Energia x v
Risulta In percentuale				7.681e+04 100.00		7.681e+04 100.00		7.681e+04 100.00			

Cmb	Pilas. 1000 etaT/h	etaT cm	inter. h cm	Pilas. 1000 etaT/h	etaT cm	inter. h cm	Pilas. 1000 etaT/h	etaT cm	inter. h cm			
33	1	0.13	0.05	390.0	2	0.11	0.04	390.0	3	0.12	0.05	390.0
	4	0.14	0.06	390.0	5	0.17	0.07	390.0	6	0.18	0.07	390.0
	7	0.15	0.06	390.0	8	0.17	0.07	390.0	9	0.16	0.06	390.0
34	1	0.16	0.06	390.0	2	0.13	0.05	390.0	3	0.15	0.06	390.0
	4	0.13	0.05	390.0	5	0.13	0.05	390.0	6	0.16	0.06	390.0
	7	0.15	0.06	390.0	8	0.15	0.06	390.0	9	0.16	0.06	390.0
35	1	0.08	0.03	390.0	2	0.10	0.04	390.0	3	0.09	0.03	390.0
	4	0.11	0.04	390.0	5	0.11	0.04	390.0	6	0.09	0.03	390.0
	7	0.10	0.04	390.0	8	0.10	0.04	390.0	9	0.09	0.03	390.0
36	1	0.06	0.02	390.0	2	0.10	0.04	390.0	3	0.06	0.03	390.0
	4	0.12	0.05	390.0	5	0.14	0.06	390.0	6	0.10	0.04	390.0
	7	0.09	0.04	390.0	8	0.11	0.04	390.0	9	0.08	0.03	390.0
37	1	0.14	0.06	390.0	2	0.12	0.05	390.0	3	0.14	0.05	390.0
	4	0.14	0.05	390.0	5	0.15	0.06	390.0	6	0.17	0.07	390.0
	7	0.15	0.06	390.0	8	0.16	0.06	390.0	9	0.16	0.06	390.0
38	1	0.15	0.06	390.0	2	0.12	0.05	390.0	3	0.14	0.05	390.0
	4	0.13	0.05	390.0	5	0.14	0.06	390.0	6	0.17	0.07	390.0
	7	0.15	0.06	390.0	8	0.16	0.06	390.0	9	0.16	0.06	390.0
39	1	0.07	0.03	390.0	2	0.09	0.03	390.0	3	0.08	0.03	390.0
	4	0.11	0.04	390.0	5	0.13	0.05	390.0	6	0.10	0.04	390.0
	7	0.10	0.04	390.0	8	0.11	0.04	390.0	9	0.09	0.03	390.0
40	1	0.07	0.03	390.0	2	0.11	0.04	390.0	3	0.08	0.03	390.0
	4	0.12	0.05	390.0	5	0.13	0.05	390.0	6	0.09	0.04	390.0
	7	0.09	0.04	390.0	8	0.10	0.04	390.0	9	0.08	0.03	390.0
41	1	0.16	0.06	390.0	2	0.13	0.05	390.0	3	0.15	0.06	390.0
	4	0.13	0.05	390.0	5	0.13	0.05	390.0	6	0.16	0.06	390.0
	7	0.15	0.06	390.0	8	0.15	0.06	390.0	9	0.16	0.06	390.0
42	1	0.18	0.07	390.0	2	0.17	0.07	390.0	3	0.17	0.07	390.0
	4	0.14	0.06	390.0	5	0.11	0.04	390.0	6	0.13	0.05	390.0
	7	0.15	0.06	390.0	8	0.12	0.05	390.0	9	0.16	0.06	390.0
43	1	0.10	0.04	390.0	2	0.14	0.06	390.0	3	0.11	0.04	390.0
	4	0.12	0.05	390.0	5	0.10	0.04	390.0	6	0.06	0.02	390.0
	7	0.09	0.04	390.0	8	0.06	0.03	390.0	9	0.08	0.03	390.0
44	1	0.09	0.03	390.0	2	0.11	0.04	390.0	3	0.10	0.04	390.0
	4	0.11	0.04	390.0	5	0.10	0.04	390.0	6	0.08	0.03	390.0
	7	0.10	0.04	390.0	8	0.09	0.03	390.0	9	0.09	0.03	390.0
45	1	0.17	0.07	390.0	2	0.14	0.06	390.0	3	0.16	0.06	390.0
	4	0.13	0.05	390.0	5	0.12	0.05	390.0	6	0.15	0.06	390.0
	7	0.15	0.06	390.0	8	0.14	0.05	390.0	9	0.16	0.06	390.0
46	1	0.17	0.07	390.0	2	0.15	0.06	390.0	3	0.16	0.06	390.0
	4	0.14	0.05	390.0	5	0.12	0.05	390.0	6	0.14	0.06	390.0
	7	0.15	0.06	390.0	8	0.14	0.05	390.0	9	0.16	0.06	390.0
47	1	0.09	0.04	390.0	2	0.13	0.05	390.0	3	0.10	0.04	390.0
	4	0.12	0.05	390.0	5	0.11	0.04	390.0	6	0.07	0.03	390.0
	7	0.09	0.04	390.0	8	0.08	0.03	390.0	9	0.08	0.03	390.0
48	1	0.10	0.04	390.0	2	0.13	0.05	390.0	3	0.11	0.04	390.0
	4	0.11	0.04	390.0	5	0.09	0.03	390.0	6	0.07	0.03	390.0
	7	0.10	0.04	390.0	8	0.08	0.03	390.0	9	0.09	0.03	390.0
49	1	0.07	0.03	390.0	2	0.11	0.04	390.0	3	0.05	0.02	390.0
	4	0.12	0.05	390.0	5	0.15	0.06	390.0	6	0.13	0.05	390.0
	7	0.08	0.03	390.0	8	0.12	0.05	390.0	9	0.09	0.04	390.0
50	1	0.13	0.05	390.0	2	0.14	0.05	390.0	3	0.12	0.05	390.0
	4	0.11	0.04	390.0	5	0.10	0.04	390.0	6	0.07	0.03	390.0
	7	0.09	0.03	390.0	8	0.06	0.02	390.0	9	0.10	0.04	390.0
51	1	0.08	0.03	390.0	2	0.10	0.04	390.0	3	0.07	0.03	390.0
	4	0.10	0.04	390.0	5	0.11	0.04	390.0	6	0.08	0.03	390.0
	7	0.07	0.03	390.0	8	0.07	0.03	390.0	9	0.07	0.03	390.0
52	1	0.08	0.03	390.0	2	0.12	0.05	390.0	3	0.07	0.03	390.0
	4	0.11	0.04	390.0	5	0.12	0.05	390.0	6	0.08	0.03	390.0
	7	0.06	0.02	390.0	8	0.07	0.03	390.0	9	0.07	0.03	390.0
53	1	0.07	0.03	390.0	2	0.10	0.04	390.0	3	0.06	0.02	390.0

	4	0.11	0.04	390.0	5	0.14	0.05	390.0	6	0.13	0.05	390.0
	7	0.09	0.03	390.0	8	0.12	0.05	390.0	9	0.10	0.04	390.0
54	1	0.13	0.05	390.0	2	0.15	0.06	390.0	3	0.12	0.05	390.0
	4	0.12	0.05	390.0	5	0.11	0.04	390.0	6	0.07	0.03	390.0
	7	0.08	0.03	390.0	8	0.05	0.02	390.0	9	0.09	0.04	390.0
55	1	0.08	0.03	390.0	2	0.12	0.05	390.0	3	0.07	0.03	390.0
	4	0.11	0.04	390.0	5	0.12	0.05	390.0	6	0.08	0.03	390.0
	7	0.06	0.02	390.0	8	0.07	0.03	390.0	9	0.07	0.03	390.0
56	1	0.08	0.03	390.0	2	0.11	0.04	390.0	3	0.07	0.03	390.0
	4	0.10	0.04	390.0	5	0.10	0.04	390.0	6	0.08	0.03	390.0
	7	0.07	0.03	390.0	8	0.07	0.03	390.0	9	0.07	0.03	390.0
57	1	0.11	0.04	390.0	2	0.09	0.04	390.0	3	0.10	0.04	390.0
	4	0.10	0.04	390.0	5	0.11	0.04	390.0	6	0.11	0.04	390.0
	7	0.11	0.04	390.0	8	0.11	0.04	390.0	9	0.11	0.04	390.0
58	1	0.11	0.04	390.0	2	0.09	0.04	390.0	3	0.11	0.04	390.0
	4	0.09	0.04	390.0	5	0.09	0.03	390.0	6	0.12	0.04	390.0
	7	0.11	0.04	390.0	8	0.11	0.04	390.0	9	0.11	0.04	390.0
59	1	0.09	0.03	390.0	2	0.07	0.03	390.0	3	0.08	0.03	390.0
	4	0.08	0.03	390.0	5	0.08	0.03	390.0	6	0.10	0.04	390.0
	7	0.09	0.04	390.0	8	0.10	0.04	390.0	9	0.09	0.04	390.0
60	1	0.09	0.04	390.0	2	0.09	0.04	390.0	3	0.09	0.04	390.0
	4	0.09	0.04	390.0	5	0.08	0.03	390.0	6	0.09	0.03	390.0
	7	0.09	0.03	390.0	8	0.08	0.03	390.0	9	0.09	0.03	390.0
61	1	0.12	0.04	390.0	2	0.09	0.03	390.0	3	0.11	0.04	390.0
	4	0.09	0.04	390.0	5	0.09	0.04	390.0	6	0.11	0.04	390.0
	7	0.11	0.04	390.0	8	0.11	0.04	390.0	9	0.11	0.04	390.0
62	1	0.11	0.04	390.0	2	0.11	0.04	390.0	3	0.11	0.04	390.0
	4	0.10	0.04	390.0	5	0.09	0.04	390.0	6	0.11	0.04	390.0
	7	0.11	0.04	390.0	8	0.10	0.04	390.0	9	0.11	0.04	390.0
63	1	0.09	0.03	390.0	2	0.08	0.03	390.0	3	0.08	0.03	390.0
	4	0.09	0.04	390.0	5	0.09	0.04	390.0	6	0.09	0.04	390.0
	7	0.09	0.03	390.0	8	0.09	0.04	390.0	9	0.09	0.03	390.0
64	1	0.10	0.04	390.0	2	0.08	0.03	390.0	3	0.10	0.04	390.0
	4	0.08	0.03	390.0	5	0.07	0.03	390.0	6	0.09	0.03	390.0
	7	0.09	0.04	390.0	8	0.08	0.03	390.0	9	0.09	0.04	390.0

**Cmb**                    **1000 etaT/h**  
0.18

## VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO

### LEGENDA TABELLA VERIFICHE PER ELEMENTI IN ACCIAIO

Il programma consente la verifica dei seguenti tipi di elementi:

1. **aste**                      2. **travi**                      3. **pilastr**

L'esito delle verifiche è espresso con un codice come di seguito indicato

**Ok:**                      verifica con esito positivo

**NV:**                      verifica con esito negativo

**Nr:**                      verifica non richiesta.

Per comodità gli elementi vengono raggruppati in tabelle in relazione al tipo.

Ai fini delle verifiche (come da D.M. 14 Gennaio 2008 e circ. 2 Febbraio 2009 n.617) i tipi elementi differiscono per i seguenti aspetti:

Verifica	Aste	Travi	Pilastr
4.2.3.1      Classificazione	X	X	X
4.2.4.1.2    Trazione, Compressione	X	X	X
Taglio, Torsione		X	X
Flessione, taglio e forza assiale		X	X
4.2.4.1.3.1   Aste compresse	X	X	X
4.2.4.1.3.2   Instabilità flesso-torsionale		X	X
4.2.4.1.3.3   Membrature inflesse e compresse		X	X

Ai fini delle verifiche per strutture dissipative (come da D.M. 14 Gennaio 2008 e circ. 2 Febbraio 2009 n.617 per strutture intelaiate e a controventi concentrici) si considerano le verifiche del capitolo 4 con azioni amplificate e le verifiche del capitolo 7:

Verifica	Travi	Pilastr
4.2.4.1.2    Trazione, Compressione	X	X
Taglio, Torsione		X
Flessione, taglio e forza assiale	X	X
4.2.4.1.3.1   Aste compresse	X	X
4.2.4.1.3.2   Instabilità flesso-torsionale		X
7.5.3        Sfruttamento per momento	X	
7.5.4        Sfruttamento per sforzo normale	X	
7.5.5        Sfruttamento per taglio da capacità flessionale	X	
7.5.9        Sfruttamento per taglio amplificato		X

Viene inoltre riportata la verifica del par. 7.5.4.3 Gerarchia delle resistenze trave-colonna per ogni colonna, considerando piede e testa in entrambe le direzioni globali X e Y.

L'insieme delle verifiche soprariportate è condotto sugli elementi purchè dotati di sezione idonea come da tabella seguente:

Azione	SEZIONI GENERICHE	PROFILI SEMPLICI	PROFILI ACCOPPIATI
4.2.3.1      Classificazione automatica	L, doppio T, C, rettangolare cava,	Tutti	Da profilo semplice

		circolare cava		
4.2.3.1	Classificazione di default 2	Circolare		
4.2.3.1	Classificazione di default 3	restanti		
4.2.4.1.2	Trazione	si	si	si
4.2.4.1.2	Compressione	si	si	si
4.2.4.1.2	Taglio, Torsione	si	si	si
4.2.4.1.2	Flessione, taglio e forza assiale	si	si	si
4.2.4.1.3.1	Aste compresse	si	si	per elementi ravvicinati e a croce o coppie calstrellate
4.2.4.1.3.2	Travi inflesse	doppio T simmetrica	doppio T	no

Le verifiche sono riportate in tabelle con il significato sottoindicato; le verifiche sono espresse dal rapporto tra l'azione di progetto e la capacità ultima, pertanto la verifica ha esito positivo per rapporti non superiori all'unità.

<b>Asta</b>	<b>Trave</b>	<b>Pilastro</b>	numero dell'elemento			
<b>Stato</b>			codice di verifica per resistenza, stabilità, svergolamento			
<b>Note</b>			sezione e materiali adottati per l'elemento			
<b>V N</b>			(ASTE) verifica come da par. 4.2.4.1.2 per punto (4.2.6) e (4.2.10)			
<b>V V/T</b>			(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.2 per azioni taglio-torsione			
<b>V N/M</b>			(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.2 per azioni composte con riduzione per taglio (4.2.41) ove richiesto			
<b>N</b>	<b>M3</b>	<b>M2</b>	<b>V2</b>	<b>V3</b>	<b>T</b>	sollecitazioni di interesse per la verifica
<b>V stab</b>			(ASTE) verifica come da par. 4.2.4.1.3 per punto (4.2.42)			
<b>V stab</b>			(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.3 per punti (C4.2.32) o (C4.2.36) (membrature inflesse e compresse senza/con presenza di instabilità flesso-torsionale)			
<b>BetaxL</b>	<b>B22xL</b>	<b>B33xL</b>	lunghezze libere di inflessione (se indicato riferiti al piano di normale 22 o 33 rispettivamente)			
<b>Snellezza</b>			snellezza massima			
<b>Classe</b>			classe del profilo			
<b>Chi mn</b>			coefficiente di riduzione (della capacità) per la modalità di instabilità pertinente			
<b>Rif. cmb</b>			combinazioni in cui si sono rispettivamente attinti i valori di verifica più elevati			
<b>V flst</b>			(TRAVI E PILASTRI) verifica come da par. 4.2.4.1.3 per punto (4.2.29)			
<b>B1-1 x L</b>			Beta1-1 x L: interasse tra i ritegni torsionali			
<b>Chi LT</b>			coefficiente di riduzione (della capacità) per la modalità di instabilità flesso-torsionale			
<b>Snell adim</b>			Valore della snellezza adimensionale, utilizzato per il controllo previsto al par. 7.5.5			
<b>v.Omeg</b>			Valore del rapporto capacità/domanda per l'azione di interesse (momento per travi e azione assiale per aste) utilizzato per l'amplificazione delle azioni			
<b>f.Om. N</b>			Fattore di amplificazione delle azioni assiali per travi e colonne (prodotto di 1.1 x Omega x gamma rd materiale); utilizzato come specificato al par. 7.5.5			
<b>f.Om. T</b>			Fattore di amplificazione delle azioni (assiali, flettenti e taglianti) per colonne (prodotto di 1.1 x Omega x gamma rd materiale); utilizzato come specificato al par. 7.5.4			
<b>V.7.5.3 M Ed</b>			Verifica come prevista al punto 7.5.3 e valore dell'azione flettente			
<b>V.7.5.4 N Ed</b>			Verifica come prevista al punto 7.5.4 e valore dell'azione assiale			
<b>V.7.5.5 V Ed,G V Ed,M</b>			Verifica come prevista al punto 7.5.5 e valore dei tagli dovuti ai carichi e alla capacità			
<b>V.7.5.9 V Ed</b>			Verifica come prevista al punto 7.5.9 e valore dell'azione di taglio			
<b>sovr. Xi (Xf, Yi, Yf)</b>			Valore della sovraresistenza come prevista al par. 7.5.4.3 (i valori non sono normalizzati pertanto saranno maggiori uguali a gamma rd classe di duttilità)			

Con riferimento al **Documento di Affidabilità** “*Test di validazione del software di calcolo PRO\_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO\_SAP Modulo Geotecnico, PRO\_CAD nodi acciaio e PRO\_MST*” - versione Maggio 2011, disponibile per il download sul sito **www.2si.it**, si segnalano i seguenti esempi applicativi:

<b>Test N°</b>	<b>Titolo</b>
<b>55</b>	VERIFICA DI STABILITA' DI ASTE COMPRESSE IN ACCIAIO – METODO OMEGA
<b>56</b>	LUCE LIBERA DI TRAVI E ASTE IN ACCIAIO
<b>57</b>	LUCE LIBERA DI COLONNE IN ACCIAIO
<b>58</b>	SVERGOLAMENTO DI TRAVI IN ACCIAIO
<b>63</b>	STABILITA' DI ASTE COMPOSTE IN ACCIAIO
<b>68</b>	VALUTAZIONE EFFETTO P- $\delta$ SU PILASTRATA
<b>69</b>	VALUTAZIONE EFFETTO P- $\delta$ SU TELAIO 3D

## VERIFICHE ELEMENTI TRAVE C.A.

### LEGENDA TABELLA VERIFICHE ELEMENTI TRAVE C.A.

In tabella vengono riportati per ogni elemento il numero dello stesso ed il codice di verifica.

Nel caso in cui si sia proceduto alla progettazione con le tensioni ammissibili vengono riportate le massime tensioni nell'elemento (massima compressione nel calcestruzzo, massima compressione media nel calcestruzzo, massima tensione nell'acciaio, massima tensione tangenziale) con l'indicazione delle combinazioni in cui si sono attinti i rispettivi valori.

Nel caso in cui si sia proceduto alla progettazione con il metodo degli stati limite vengono riportati il rapporto  $x/d$ , le verifiche per sollecitazioni proporzionali e la verifica per compressione media con l'indicazione delle combinazioni in cui si sono attinti i rispettivi valori.

Per gli elementi tipo pilastro sono riportati numero e diametro dei ferri di vertice, numero e diametro di ferri disposti lungo i lati L1 (paralleli alla base della sezione) e lungo i lati L2 (paralleli all'altezza della sezione).

Per gli elementi tipo trave sono riportati infine le quantità di armatura inferiore e superiore.

In particolare i simboli utilizzati con il metodo delle tensioni ammissibili assumono il seguente significato:

<b>M_P X Y</b>	Numero della pilastrata e posizione in pianta
<b>M_T Z P P</b>	Numero della travata, quota media pilastrata iniziale e finale (nodo in assenza di pilastrata)
<b>Pilas. o Trave</b>	numero identificativo dell'elemento
<b>Note</b>	Viene riportato il codice relativo alla sezione(s) e relativo al materiale(m); nella terza riga viene riportato il valore delle snellezze in direzione 2-2 e 3-3
<b>Stato</b>	Codici di verifica relativi alle tensioni normali e alle tensioni tangenziali
<b>Quota</b>	Ascissa del punto di verifica
<b>%Af</b>	Percentuale di area di armatura rispetto a quella di calcestruzzo
<b>Armat. long.</b>	Numero e diametro dei ferri di armatura longitudinale: ferri di vertice + ferri di lato (vedi seguente figura)
<b>Af inf.</b>	Area di armatura longitudinale posta all'intradosso della trave
<b>Af sup</b>	Area di armatura longitudinale posta all'estradosso della trave
<b>Sc max</b>	Massima tensione di compressione del calcestruzzo
<b>Sc med</b>	Massima tensione media di compressione del calcestruzzo
<b>Sf max</b>	Tensione massima nell'acciaio
<b>staffe</b>	Vengono riportati i dati del tratto di staffatura in cui cade la sezione di verifica; in particolare: numero dei bracci, diametro, passo, lunghezza tratto
<b>Tau max</b>	Tensione massima tangenziale nel cls
<b>Rif. comb</b>	Combinazioni in cui si generano i seguenti valori di tensione: Sc max, Sc med, Sf max, Tau max
<b>AfV</b>	area dell'armatura atta ad assorbire le azioni di taglio
<b>AfT</b>	area dell'armatura atta ad assorbire le azioni di torsione
<b>Scorr. P</b>	Scorrimento dei piegati
<b>Af long.</b>	Area del ferro longitudinale aggiuntivo per assorbire la torsione

Mentre i simboli utilizzati con il metodo degli stati limite assumono il seguente significato:

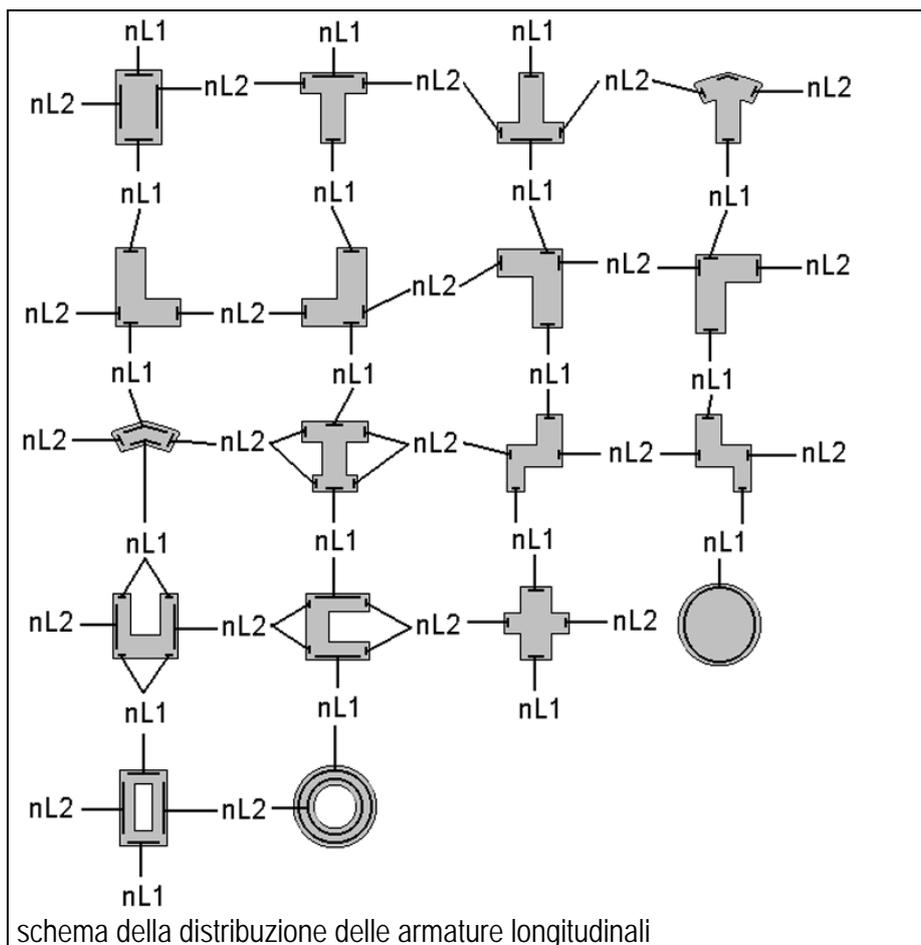
<b>r. snell.</b>	Rapporto $\lambda$ su $\lambda^*$ : valore superiore a 1 per elementi snelli, caso in cui viene effettuata la verifica con il metodo diretto dello stato di equilibrio
<b>Verifica(verif.)</b>	rapporto $S_d/S_u$ con sollecitazioni ultime proporzionali o a sforzo normale costante: valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
<b>ver.sis</b>	rapporto $N_d/N_u$ con $N_u$ calcolato come al punto 7.4.4.2.2.1; valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
<b>ver.V/T</b>	rapporto $S_d/S_u$ con sollecitazioni taglianti e torcenti proporzionali valore minore o uguale a 1 per verifica positiva
<b>x/d</b>	rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile alla rottura della sezione (per sola flessione)

Per gli elementi progettati secondo il criterio della gerarchia delle resistenze (pilastri e travi) si riporta una ulteriore tabella di seguito descritta:

<b>M negativo i</b>	Valore del momento resistente negativo (positivo) all' estremità iniziale i (finale f) della trave
<b>V M-i M+f</b>	Taglio generato dai momenti resistenti negativo i e positivo f (positivo i e negativo f)
<b>V totale</b>	Massimo valore assoluto ottenuto per combinazione del taglio isostatico e dei tagli concomitanti (p.to 7.4.4.1.1.)
<b>Verif. V</b>	Rapporto tra il taglio massimo e $V_{r1}$ (p.to 7.4.4.1.2.2);
<b>Sovr. 2-2 i</b>	Sovreresistenza del pilastro (come da formula 7.4.4). Rapporto tra i momenti resistenti delle travi e dei pilastri. Il valore del fattore rispettivamente per il momento 2-2 (3-3) alla base i ed alla sommità f del pilastro deve essere maggiore del $\gamma_{Rd}$ adottato
<b>M 2-2 i</b>	Valore del momento resistente rispettivamente per 2-2 (3-3) alla base i ed alla sommità f del pilastro (massimo momento in presenza dello sforzo normale di calcolo)
<b>Luce per V</b>	Luce di calcolo per la definizione del taglio (generato dai momenti resistenti)
<b>V M2-2</b>	Valore del taglio generato dai momenti resistenti 2-2 (3-3)

Per i nodi trave-pilastro viene riportata la seguente tabella relativa al calcolo delle armature di confinamento e alla verifica di resistenza del nodo (richiesta solo per strutture in classe di duttilità alta); le caselle vuote indicano parametri non riportati in quanto non necessari.

<b>Stato</b>	Esito della verifica (come da formula 7.4.8) per resistenza a compressione del nodo (solo CDA)
<b>I 7.4.29</b>	Passo delle staffe di confinamento come richiesto dalla formula 7.4.29
<b>Bj2(3)</b>	Dimensione del nodo per il taglio in direzione 2 (3)
<b>Hjc2(2)</b>	Distanza tra le giaciture di armatura del pilastro per il taglio in direzione 2 (3)
<b>V. 7.4.8</b>	Rapporto tra il taglio $V_{jbd}$ e il taglio resistente come da formula 7.4.8 (solo CDA)
<b>I 7.4.10</b>	Passo delle staffe valutato in funzione della formula 7.4.10 (solo CDA)



Con riferimento al **Documento di Affidabilità** “*Test di validazione del software di calcolo PRO\_SAP e dei moduli aggiuntivi PRO\_SAP Modulo Geotecnico, PRO\_CAD nodi acciaio e PRO\_MST*” - versione Maggio 2011, disponibile per il download sul sito [www.2si.it](http://www.2si.it), si segnalano i seguenti esempi applicativi:

Test N°	Titolo
24	TENSIONI E ROTAZIONI RISPETTO ALLA CORDA DI ELEMENTI TRAVE
27	FRECCIA DI ELEMENTI TRAVE
41	GERARCHIA DELLE RESISTENZE PER TRAVI IN C.A.
42	GERARCHIA DELLE RESISTENZE PER PILASTRI IN C.A.
43	VERIFICA ALLE TA DI STRUTTURE IN C.A.
44	VERIFICA AGLI SLU DI STRUTTURE IN C.A.
46	VERIFICA A PUNZONAMENTO ALLO SLU DI TRAVI IN C.A.
47	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 9/1/96
48	PROGETTAZIONE A TAGLIO DI STRUTTURE IN C.A. SECONDO IL D.M. 14/1/2008
49	VERIFICA ALLO SLE (TENSIONI E FESSURAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.

<b>50</b>	VERIFICA ALLO SLE (DEFORMAZIONE) DI STRUTTURE IN C.A.
<b>52</b>	SOVRARESISTENZE
<b>53</b>	DETTAGLI COSTRUTTIVI C.A.: LIMITI D'ARMATURA PILASTRI E NODI TRAVE-PILASTRO
<b>68</b>	VALUTAZIONE EFFETTO P-δ SU PILASTRATA
<b>69</b>	VALUTAZIONE EFFETTO P-δ SU TELAIO 3D
<b>120</b>	PROGETTO E VERIFICA DI TRAVI PREM

Pilas.	Note	Stato	Quota cm	%Af	<b>M_P= 1</b>	<b>X=0.0</b>	<b>Y=0.0</b>	ver.sis	Staffe L=cm	v V/T cls	v V/T acc	Rif. cmb
					r. snell.	Armat. long.	verif.					
8s=43,m=4	ok,ok	ok,ok	0.0	1.03	0.44	4d14 4+4 d14	0.15	0.02	4+2d8/10 L=70	0.25	0.24	11,20,30,30
			195.0	1.03	0.44	4d14 4+4 d14	0.07	0.014+2d8/15 L=250	0.25	0.37	11,20,30,30	
			[b=1.0;1.0]	390.0	1.03	0.44	4d14 4+4 d14	0.13	9.20e-03 4+2d8/10 L=70	0.25	0.24	12,20,30,30
Pilas. 6s=44,m=4	Note ok,ok	Stato ok,ok	0.0	1.03	0.57	4d14 2+6 d14	0.11	0.06	2+4d8/10 L=70	0.27	0.27	19,26,22,22
			195.0	1.03	0.57	4d14 2+6 d14	0.10	0.052+4d8/15 L=250	0.27	0.40	3,26,22,22	
			[b=1.0;1.0]	390.0	1.03	0.57	4d14 2+6 d14	0.24	0.05 2+4d8/10 L=70	0.27	0.27	4,26,22,22
Pilas. 5s=43,m=4	Note ok,ok	Stato ok,ok	0.0	1.03	0.26	4d14 4+4 d14	0.24	0.03	4+2d8/10 L=70	0.28	0.25	12,30,29,29
			195.0	1.03	0.26	4d14 4+4 d14	0.16	0.034+2d8/15 L=250	0.28	0.38	11,30,29,29	
			[b=1.0;1.0]	390.0	1.03	0.26	4d14 4+4 d14	0.45	0.03 4+2d8/10 L=70	0.28	0.25	12,30,29,29
Pilas. 7s=43,m=4	Note ok,ok	Stato ok,ok	0.0	1.03	0.44	4d14 4+4 d14	0.08	0.03	4+2d8/10 L=70	0.26	0.25	11,23,25,25
			195.0	1.03	0.44	4d14 4+4 d14	0.03	0.034+2d8/15 L=250	0.26	0.38	4,23,25,25	
			[b=1.0;1.0]	390.0	1.03	0.44	4d14 4+4 d14	0.10	0.02 4+2d8/10 L=70	0.26	0.25	11,23,25,25
Pilas. 9s=45,m=4	Note ok,ok	Stato ok,ok	0.0	1.23	0.22	4d14 8+8 d14	0.13	0.07	2+2d8/5 L=65	0.29	0.22	20,22,28,20
			195.0	1.23	0.22	4d14 8+8 d14	0.11	0.072+2d8/15 L=260	0.29	0.66	3,22,28,20	
			[b=1.0;1.0]	390.0	1.23	0.22	4d14 8+8 d14	0.29	0.06 2+2d8/5 L=65	0.29	0.22	4,22,28,20
Pilas. 4s=43,m=4	Note ok,ok	Stato ok,ok	0.0	1.03	0.32	4d14 4+4 d14	0.33	0.06	4+2d8/10 L=70	0.30	0.27	12,21,26,26
			195.0	1.03	0.32	4d14 4+4 d14	0.20	0.054+2d8/15 L=250	0.30	0.40	3,21,26,26	
			[b=1.0;1.0]	390.0	1.03	0.32	4d14 4+4 d14	0.64	0.05 4+2d8/10 L=70	0.30	0.27	4,21,26,26
Pilas. 3s=43,m=4	Note ok,ok	Stato ok,ok	0.0	1.03	0.44	4d14 4+4 d14	0.15	0.02	4+2d8/10 L=70	0.25	0.24	11,23,25,25
			195.0	1.03	0.44	4d14 4+4 d14	0.07	0.014+2d8/15 L=250	0.25	0.37	11,23,25,25	
			[b=1.0;1.0]	390.0	1.03	0.44	4d14 4+4 d14	0.13	9.20e-03 4+2d8/10 L=70	0.25	0.24	12,23,25,25
Pilas. 1s=44,m=4	Note ok,ok	Stato ok,ok	0.0	1.03	0.57	4d14 2+6 d14	0.11	0.06	2+4d8/10 L=70	0.27	0.27	24,29,17,17
			195.0	1.03	0.57	4d14 2+6 d14	0.10	0.052+4d8/15 L=250	0.27	0.40	3,29,17,17	
			[b=1.0;1.0]	390.0	1.03	0.57	4d14 2+6 d14	0.24	0.05 2+4d8/10 L=70	0.27	0.27	4,29,17,17
Pilas. 2s=43,m=4	Note ok,ok	Stato ok,ok	0.0	1.03	0.26	4d14 4+4 d14	0.24	0.03	4+2d8/10 L=70	0.28	0.25	12,25,26,26
			195.0	1.03	0.26	4d14 4+4 d14	0.16	0.034+2d8/15 L=250	0.28	0.38	11,25,26,26	
			[b=1.0;1.0]	390.0	1.03	0.26	4d14 4+4 d14	0.45	0.03 4+2d8/10 L=70	0.28	0.25	12,25,26,26
<b>Pilas.</b>				<b>%Af</b>	<b>r. snell.</b>		<b>verif.</b>	<b>ver.sis</b>		<b>v V/T cls</b>	<b>v V/T acc</b>	
				1.23	0.57		0.64	0.07		0.30	0.66	

Pilas.	sovr. Xi	sovr. Xf	sovr. Yi	sovr. Yf	M 2-2 i daN cm	M 2-2 f daN cm	M 3-3 i daN cm	M 3-3 f daN cm	Luce per V cm	V M2-2 daN	V M3-3 daN
1	0.0	0.0	0.0	0.0	9.657e+05	9.483e+05	2.116e+06	2.078e+06	365.00	5820.42	1.276e+04
2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.032e+06	1.991e+06	9.228e+05	9.054e+05	365.00	1.225e+04	5561.88
3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.942e+06	1.900e+06	8.849e+05	8.674e+05	365.00	1.170e+04	5333.46
4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.149e+06	2.109e+06	9.723e+05	9.552e+05	365.00	1.295e+04	5860.26
5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.032e+06	1.991e+06	9.228e+05	9.054e+05	365.00	1.225e+04	5561.88

6	0.0	0.0	0.0	0.0	9.657e+05	9.483e+05	2.116e+06	2.078e+06	365.00	5820.42	1.276e+04
7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.014e+06	1.973e+06	9.155e+05	8.981e+05	365.00	1.214e+04	5517.99
8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.942e+06	1.900e+06	8.849e+05	8.674e+05	365.00	1.170e+04	5333.46
9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.845e+06	2.804e+06	2.845e+06	2.804e+06	365.00	1.715e+04	1.715e+04

Pilas.

<b>M 2-2 i</b>	<b>M 2-2 f</b>	<b>M 3-3 i</b>	<b>M 3-3 f</b>	<b>V M2-2</b>	<b>V M3-3</b>
2.845e+06	2.804e+06	2.845e+06	2.804e+06	1.715e+04	1.715e+04

Nodo	Stato	Pilas.	Diam st mm	I 7.4.29 cm	n. br. 2	Bj2 cm	Hjc2 cm	n. br. 3	Bj3 cm	Hjc3 cm	V. 7.4.8	I 7.4.10	Rif. cmb
2		1	8	8.0	2	30.0		4	45.0				
4		2	8	8.0	4	45.0		2	30.0				
6		3	8	8.0	4	45.0		2	30.0				
8		4	8	8.0	4	45.0		2	30.0				
10		5	8	8.0	4	45.0		2	30.0				
12		6	8	8.0	2	30.0		4	45.0				
14		7	8	8.0	4	45.0		2	30.0				
16		8	8	8.0	4	45.0		2	30.0				
18		9	8	5.0	2	50.0		2	50.0				

Nodo

I 7.4.29  
5.00

V. 7.4.8 I 7.4.10

Trave	Note	Pos. cm	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	M_T= 1 x/d	Z=0.0 V N/M	P=7 V V/T cls	P=9 V V/T acc	Staffe	Rif. cmb
10	ok,ok	0.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.02	0.04	0.02	2d8/15 L=83	11,12,10
	s=37,m=4	145.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.05	0.05	0.05	2d8/15 L=78	11,12,3
		290.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.16	0.08	0.11	2d8/15 L=83	11,12,3
11	ok,ok	0.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.13	0.08	0.15	2d8/15 L=103	11,4,4
	s=37,m=4	340.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.07	0.14	0.02	0.03	2d8/15 L=428	12,12,24
		680.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.07	0.04	0.07	0.11	2d8/15 L=103	12,12,4
12	ok,ok	0.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.02	0.02	0.05	2d8/15 L=88	12,12,12
	s=37,m=4	145.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.08	0.05	0.10	2d8/15 L=73	3,4,4
		290.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.24	0.08	0.17	2d8/15 L=88	4,4,4
13	ok,ok	0.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.17	0.09	0.17	2d8/15 L=203	3,3,3
	s=37,m=4	340.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.07	0.12	0.02	0.04	2d8/15 L=233	4,4,4
		680.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.07	0.07	0.05	0.10	2d8/15 L=203	12,11,11
14	ok,ok	0.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.02	0.04	0.02	2d8/15 L=88	11,12,10
	s=37,m=4	145.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.05	0.05	0.05	2d8/15 L=68	11,12,3
		290.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.16	0.08	0.11	2d8/15 L=88	11,12,3
15	ok,ok	0.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.13	0.08	0.15	2d8/15 L=203	11,4,4
	s=37,m=4	340.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.07	0.14	0.02	0.03	2d8/15 L=228	12,12,20
		680.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.07	0.04	0.07	0.11	2d8/15 L=203	12,12,4
16	ok,ok	0.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.04	0.06	0.08	2d8/15 L=83	9,12,4
	s=37,m=4	241.3	0.32	18.8	19.3	0.0	0.07	0.08	0.03	0.02	2d8/15 L=256	12,12,25
		482.5	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.09	0.07	0.11	2d8/15 L=83	11,12,4
17	ok,ok	0.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.09	0.07	0.11	2d8/15 L=83	11,12,4
	s=37,m=4	241.3	0.32	18.8	19.3	0.0	0.07	0.08	0.03	0.02	2d8/15 L=256	12,12,32
		482.5	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.04	0.06	0.08	2d8/15 L=83	9,12,4
18	ok,ok	0.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.03	0.04	0.07	2d8/15 L=83	12,12,3
	s=37,m=4	241.3	0.32	18.8	19.3	0.0	0.07	0.06	0.02	0.03	2d8/15 L=276	12,12,4
		482.5	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.13	0.07	0.14	2d8/15 L=83	11,3,3
19	ok,ok	0.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.13	0.07	0.14	2d8/15 L=83	11,3,3
	s=37,m=4	241.2	0.32	18.8	19.3	0.0	0.07	0.06	0.02	0.03	2d8/15 L=276	12,12,4
		482.5	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.03	0.04	0.07	2d8/15 L=83	12,12,3
20	ok,ok	0.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.04	0.06	0.10	2d8/15 L=83	11,12,4
	s=37,m=4	241.3	0.32	18.8	19.3	0.0	0.07	0.08	0.02	0.02	2d8/15 L=256	12,12,25
		482.5	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.10	0.07	0.13	2d8/15 L=83	11,3,4
21	ok,ok	0.0	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.10	0.07	0.13	2d8/15 L=83	11,3,4
	s=37,m=4	241.3	0.32	18.8	19.3	0.0	0.07	0.08	0.02	0.02	2d8/15 L=256	12,12,32

		482.5	0.32	18.8	19.3	0.0	0.10	0.04	0.06	0.10	2d8/15 L=83	11,12,4
							<b>M_T= 7</b>	<b>Z=390.0</b>	<b>P=1</b>	<b>P=3</b>		
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb
22	ok,ok	0.0	0.67	10.1	8.6	0.0	0.15	0.15	0.35	0.32	2d8/10 L=50	11,26,17
	s=2,m=4	145.0	0.67	10.1	8.6	0.0	0.14	0.30	0.36	0.67	2d8/20 L=145	11,26,17
		290.0	0.94	10.1	14.1	0.0	0.18	0.37	0.38	0.35	2d8/10 L=50	11,26,17
23	ok,ok	0.0	0.94	10.1	14.1	0.0	0.18	0.72	0.29	0.28	2d8/10 L=50	11,30,17
	s=2,m=4	340.0	0.78	11.6	5.6	0.0	0.17	0.71	0.16	0.28	2d8/20 L=535	11,30,17
		680.0	0.61	9.1	8.6	0.0	0.14	0.66	0.27	0.25	2d8/10 L=50	11,30,17
							<b>M_T= 8</b>	<b>Z=390.0</b>	<b>P=4</b>	<b>P=6</b>		
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb
24	ok,ok	0.0	0.67	10.1	9.1	0.0	0.15	0.47	0.32	0.31	2d8/10 L=50	11,28,17
	s=2,m=4	145.0	0.78	8.6	11.7	0.0	0.16	0.46	0.33	0.65	2d8/20 L=150	11,28,17
		290.0	0.90	7.1	13.4	0.0	0.19	0.88	0.35	0.34	2d8/10 L=50	11,28,17
25	ok,ok	0.0	1.29	10.1	19.3	0.0	0.22	0.89	0.41	0.40	2d8/10 L=50	11,18,17
	s=2,m=4	340.0	1.07	16.1	5.6	0.0	0.23	0.85	0.16	0.32	2d8/20 L=540	11,18,17
		680.0	0.88	8.0	13.3	0.0	0.18	0.83	0.38	0.38	2d8/10 L=50	11,18,17
							<b>M_T= 9</b>	<b>Z=390.0</b>	<b>P=7</b>	<b>P=9</b>		
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb
26	ok,ok	0.0	0.78	11.6	8.6	0.0	0.16	0.11	0.37	0.34	2d8/10 L=50	11,29,17
	s=2,m=4	145.0	0.78	11.6	8.6	0.0	0.14	0.30	0.39	0.71	2d8/20 L=145	11,29,17
		290.0	0.94	11.6	14.1	0.0	0.17	0.37	0.40	0.37	2d8/10 L=50	11,29,17
27	ok,ok	0.0	0.94	11.6	14.1	0.0	0.17	0.72	0.29	0.28	2d8/10 L=50	11,25,17
	s=2,m=4	340.0	0.78	11.6	5.6	0.0	0.17	0.71	0.16	0.28	2d8/20 L=535	11,25,17
		680.0	0.61	9.1	8.6	0.0	0.14	0.66	0.28	0.26	2d8/10 L=50	11,25,17
							<b>M_T= 10</b>	<b>Z=390.0</b>	<b>P=1</b>	<b>P=7</b>		
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb
28	ok,ok	0.0	0.40	6.0	5.6	0.0	0.12	0.47	0.17	0.17	2d8/10 L=50	11,25,17
	s=2,m=4	241.3	0.47	7.1	5.6	0.0	0.13	0.57	0.13	0.24	2d8/20 L=323	11,25,17
		482.5	0.54	5.6	8.0	0.0	0.14	0.75	0.20	0.19	2d8/10 L=50	11,25,17
29	ok,ok	0.0	0.54	5.6	8.0	0.0	0.14	0.75	0.20	0.19	2d8/10 L=50	11,30,17
	s=2,m=4	241.3	0.47	7.1	5.6	0.0	0.13	0.57	0.13	0.24	2d8/20 L=323	11,30,17
		482.5	0.40	6.0	5.6	0.0	0.12	0.47	0.17	0.17	2d8/10 L=50	11,30,17
							<b>M_T= 11</b>	<b>Z=390.0</b>	<b>P=2</b>	<b>P=8</b>		
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb
30	ok,ok	0.0	0.61	9.1	9.1	0.0	0.14	0.38	0.24	0.21	2d8/10 L=50	11,20,17
	s=2,m=4	241.3	0.67	10.1	8.0	0.0	0.15	0.68	0.21	0.35	2d8/20 L=343	11,20,17
		482.5	0.78	8.0	11.7	0.0	0.16	0.65	0.27	0.24	2d8/10 L=50	11,20,17
31	ok,ok	0.0	0.78	8.0	11.7	0.0	0.16	0.65	0.27	0.24	2d8/10 L=50	11,23,17
	s=2,m=4	241.2	0.67	10.1	8.0	0.0	0.15	0.68	0.21	0.35	2d8/20 L=342	11,23,17
		482.5	0.61	9.1	9.1	0.0	0.14	0.38	0.24	0.21	2d8/10 L=50	11,23,17
							<b>M_T= 12</b>	<b>Z=390.0</b>	<b>P=3</b>	<b>P=9</b>		
Trave	Note	Pos.	%Af	Af inf.	Af. sup	Af long.	x/d	V N/M	V V/T cls	V V/T acc	Staffe	Rif. cmb
32	ok,ok	0.0	0.58	8.6	8.0	0.0	0.14	0.23	0.23	0.16	2d8/10 L=50	15,17,17
	s=2,m=4	241.3	0.58	8.6	8.0	0.0	0.14	0.44	0.22	0.30	2d8/20 L=323	11,17,17
		482.5	0.61	8.0	9.1	0.0	0.14	0.53	0.24	0.17	2d8/10 L=50	9,17,17
33	ok,ok	0.0	0.61	8.0	9.1	0.0	0.14	0.53	0.24	0.17	2d8/10 L=50	9,22,17
	s=2,m=4	241.3	0.58	8.6	8.0	0.0	0.14	0.44	0.22	0.30	2d8/20 L=323	11,22,17
		482.5	0.58	8.6	8.0	0.0	0.14	0.23	0.23	0.16	2d8/10 L=50	15,22,17
<b>Trave</b>			<b>%Af</b>	<b>Af inf.</b>	<b>Af. sup</b>	<b>Af long.</b>	<b>x/d</b>	<b>V N/M</b>	<b>V V/T cls</b>	<b>V V/T acc</b>		
			1.29	18.81	19.29	0.0	0.23	0.89	0.41	0.71		

TraveM	negativo iM	positivo iM	negativo fM	positivo fM	Luce per V	V M-i	M+f	V M+i	M-f	VEd,min	VEd,max	Vr1	As
	daN cm	daN cm	daN cm	daN cm	cm	daN	daN	daN	daN	daN	daN	daN	cm2
22	1.393e+06	1.607e+06	2.212e+06	1.606e+06	245.00	1.224e+04	1.559e+04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
23	2.212e+06	1.606e+06	1.393e+06	1.462e+06	635.00	5786.09	4723.17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
24	1.464e+06	1.606e+06	2.115e+06	1.159e+06	250.00	1.049e+04	1.489e+04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	2.983e+06	1.606e+06	2.089e+06	1.302e+06	640.00	6694.72	5772.14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	1.393e+06	1.848e+06	2.212e+06	1.848e+06	245.00	1.323e+04	1.657e+04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	2.212e+06	1.848e+06	1.393e+06	1.462e+06	635.00	5787.26	5104.22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
28	9.243e+05	9.961e+05	1.303e+06	9.249e+05	422.50	4376.78	5441.13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	1.303e+06	9.249e+05	9.243e+05	9.961e+05	422.50	5441.13	4376.78	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	1.464e+06	1.464e+06	1.848e+06	1.302e+06	442.50	6251.17	7486.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	1.848e+06	1.302e+06	1.464e+06	1.464e+06	442.50	7486.15	6251.17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
32	1.302e+06	1.393e+06	1.464e+06	1.302e+06	422.50	6162.95	6762.08	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
33	1.464e+06	1.302e+06	1.302e+06	1.393e+06	422.50	6762.08	6162.95	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

TraveM	negativo iM	positivo iM	negativo fM	positivo fM	V M-i	M+f	V M+i	M-f	VEd,min	VEd,max	Vr1	As
									0.0			
	2.983e+06	1.848e+06	2.212e+06	1.848e+06	1.323e+04	1.657e+04	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

**STATI LIMITE D' ESERCIZIO**  
**LEGENDA TABELLA STATI LIMITE D' ESERCIZIO**

In tabella vengono riportati i valori di interesse per il controllo degli stati limite d'esercizio.

In particolare vengono riportati, in relazione al tipo di elemento strutturale, i risultati relativi alle tre categorie di combinazione considerate:

- Combinazioni rare
- Combinazioni frequenti
- Combinazioni quasi permanenti.

I valori di interesse sono i seguenti:

<b>rRfck</b>	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione fck in combinazioni rare <i>[normalizzato a 1]</i>
<b>rRfyk</b>	rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione fyk in combinazioni rare <i>[normalizzato a 1]</i>
<b>rPfck</b>	rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione fck in combinazioni quasi permanenti <i>[normalizzato a 1]</i>
<b>wR</b>	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni rare <i>[mm]</i>
<b>wF</b>	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni frequenti <i>[mm]</i>
<b>wP</b>	apertura caratteristica delle fessure in combinazioni quasi permanenti <i>[mm]</i>
<b>dR</b>	massima deformazione in combinazioni rare
<b>dF</b>	massima deformazione in combinazioni frequenti
<b>dP</b>	massima deformazione in combinazioni quasi permanenti

Per ognuno dei nove valori soprariportati viene indicata (Rif.cmb) la combinazione in cui si è verificato.

In relazione al tipo di elemento strutturale i valori sono selezionati nel modo seguente:

pilastr	<b>rRfck</b>	<b>rRfyk</b>	<b>rPfck</b>	per sezioni significative
travi	<b>rRfck</b>	<b>rRfyk</b>	<b>rPfck</b>	per sezioni significative
	<b>wR</b>	<b>wF</b>	<b>wP</b>	per sezioni significative
	<b>dR</b>	<b>dF</b>	<b>dP</b>	massimi in campata
	<b>rRfck</b>	<b>rRfyk</b>	<b>rPfck</b>	massimi nei nodi dell'elemento
setti e gusci	<b>wR</b>	<b>wF</b>	<b>wP</b>	massimi nei nodi dell'elemento

Si precisa che i valori di massima deformazione per travi sono riferiti al piano verticale (piano locale 1-2 con momenti flettenti 3-3).

Pilas.	Pos. cm	rRfck	rRfyk	rPfck	Rif. cmb	Pos. cm	rRfck	rRfyk	rPfck	Rif. cmb
1	0.0	0.08	0.05	0.07	73,73,78	195.0	0.08	0.06	0.10	68,68,78
	390.0	0.22	0.18	0.26	73,73,78					
2	0.0	0.18	0.16	0.15	73,73,78	195.0	0.12	0.09	0.14	72,72,78
	390.0	0.34	0.45	0.37	73,73,78					
3	0.0	0.13	0.12	0.04	72,70,78	195.0	0.05	0.05	0.04	72,72,78
	390.0	0.10	0.12	0.12	68,73,78					
4	0.0	0.23	0.21	0.24	73,73,78	195.0	0.14	0.07	0.16	68,68,78
	390.0	0.47	0.61	0.55	69,69,78					
5	0.0	0.18	0.16	0.15	73,73,78	195.0	0.12	0.09	0.14	72,72,78
	390.0	0.34	0.45	0.37	73,73,78					
6	0.0	0.08	0.05	0.07	73,73,78	195.0	0.08	0.06	0.10	68,68,78
	390.0	0.22	0.18	0.26	73,73,78					
7	0.0	0.04	0.03	0.03	72,72,78	195.0	0.02	0.02	0.03	69,69,78
	390.0	0.06	0.04	0.05	72,72,78					
8	0.0	0.13	0.12	0.04	72,70,78	195.0	0.05	0.05	0.04	72,72,78
	390.0	0.10	0.12	0.12	68,73,78					
9	0.0	0.09	0.06	0.10	69,69,78	195.0	0.08	0.06	0.10	68,68,78
	390.0	0.21	0.18	0.26	69,69,78					

Pilas.	rRfck	rRfyk	rPfck	rRfck	rRfyk	rPfck
	0.47	0.61	0.55			

Trave	Pos. cm	rRfck	rRfyk	rPfck	Rif. cmb	wR mm	wF mm	wP mm	Rif. cmb	dR cm	dF cm	dP cm	Rif. cmb
10	0.0	9.52e-03	0.02	8.91e-03	72,72,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0	-0.03	-0.02	-6.24e-03	71,77,78
	145.0	0.02	0.04	0.02	72,72,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
	290.0	0.07	0.13	0.08	72,72,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
11	0.0	0.06	0.12	0.06	72,72,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0	0.09	0.08	0.07	73,77,78
	340.0	0.04	0.13	0.04	73,73,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
	680.0	9.67e-03	0.04	8.69e-03	73,73,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
12	0.0	5.58e-03	0.02	2.89e-03	73,73,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0	-0.04	-0.03	-0.03	68,76,78
	145.0	0.03	0.07	0.04	68,68,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
	290.0	0.10	0.20	0.12	68,69,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
13	0.0	0.07	0.15	0.08	68,68,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0	0.05	0.05	0.05	69,77,78
	340.0	0.03	0.12	0.04	69,69,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
	680.0	0.02	0.07	0.02	73,73,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
14	0.0	9.52e-03	0.02	8.91e-03	72,72,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0	-0.03	-0.02	-6.24e-03	71,77,78
	145.0	0.02	0.04	0.02	72,72,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
	290.0	0.07	0.13	0.08	72,72,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
15	0.0	0.06	0.12	0.06	72,72,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0	0.09	0.08	0.07	73,77,78
	340.0	0.04	0.13	0.04	73,73,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
	680.0	9.67e-03	0.04	8.69e-03	73,73,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
16	0.0	0.02	0.03	2.74e-03	70,70,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0	-0.06	-0.04	-0.03	73,77,78
	241.3	0.02	0.07	0.02	73,73,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
	482.5	0.04	0.07	0.04	72,72,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
17	0.0	0.04	0.07	0.04	72,72,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0	-0.06	-0.04	-0.03	73,77,78
	241.3	0.02	0.07	0.02	73,73,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
	482.5	0.02	0.03	2.74e-03	70,70,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
18	0.0	6.77e-03	0.02	4.26e-03	73,73,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0	-0.03	0.02	0.01	72,76,78
	241.3	0.01	0.05	0.02	73,73,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
	482.5	0.06	0.11	0.06	72,72,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
19	0.0	0.06	0.11	0.06	72,72,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0	-0.03	0.02	0.01	72,76,78
	241.2	0.01	0.05	0.02	73,73,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
	482.5	6.77e-03	0.02	4.26e-03	73,73,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
20	0.0	0.02	0.03	8.40e-03	72,72,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0	0.05	0.04	0.02	71,77,78
	241.3	0.02	0.07	0.02	73,73,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
	482.5	0.04	0.08	0.05	72,72,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
21	0.0	0.04	0.08	0.05	72,72,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0	0.05	0.04	0.02	71,77,78
	241.3	0.02	0.07	0.02	73,73,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
	482.5	0.02	0.03	8.40e-03	72,72,78	0.0	0.0	0.0	0,0,0				
22	0.0	0.10	0.50	0.02	73,72,78	0.21	0.0	0.0	72,0,0	0.03	0.02	0.02	73,77,78
	145.0	0.12	0.61	0.06	73,72,78	0.24	0.0	0.0	72,0,0				
	290.0	0.19	0.50	0.16	73,72,78	0.17	0.10	0.0	72,76,0				
23	0.0	0.32	0.67	0.33	73,72,78	0.23	0.17	0.10	72,76,78	-0.72	-0.73	-0.48	68,76,78
	340.0	0.26	0.68	0.26	73,72,78	0.26	0.17	0.08	72,76,78				
	680.0	0.19	0.71	0.15	73,72,78	0.28	0.15	0.0	72,76,0				

24	0.0	0.13	0.68	0.03	73,72,78	0.33	0.15	0.0	72,76,0	-0.13	-0.13	-0.05	68,76,78
	145.0	0.19	0.65	0.09	73,72,78	0.31	0.15	0.0	72,76,0				
	290.0	0.28	0.75	0.25	73,72,78	0.32	0.18	0.07	72,76,78				
25	0.0	0.50	0.75	0.52	73,72,78	0.26	0.20	0.14	72,76,78	-1.01	-0.81	-0.80	68,75,78
	340.0	0.42	0.73	0.41	73,72,78	0.26	0.18	0.11	72,76,78				
	680.0	0.32	0.74	0.29	73,72,78	0.28	0.18	0.08	72,76,78				
26	0.0	0.10	0.46	0.02	73,70,78	0.22	0.0	0.0	70,0,0	0.02	0.02	0.02	73,77,78
	145.0	0.12	0.61	0.06	73,72,78	0.23	0.0	0.0	72,0,0				
	290.0	0.18	0.50	0.16	73,72,78	0.17	0.10	0.0	72,76,0				
27	0.0	0.31	0.67	0.32	73,72,78	0.23	0.17	0.10	72,76,78	-0.72	-0.73	-0.48	68,76,78
	340.0	0.26	0.68	0.26	73,72,78	0.26	0.17	0.08	72,76,78				
	680.0	0.19	0.71	0.15	73,72,78	0.28	0.15	0.0	72,76,0				
28	0.0	0.14	0.72	0.09	73,72,78	0.39	0.0	0.0	72,0,0	-0.38	-0.05	-0.05	72,76,78
	241.3	0.12	0.67	0.09	73,72,78	0.30	0.0	0.0	72,0,0				
	482.5	0.17	0.71	0.18	73,72,78	0.29	0.17	0.0	72,76,0				
29	0.0	0.17	0.71	0.18	73,72,78	0.29	0.17	0.0	72,76,0	-0.09	-0.05	-0.05	68,76,78
	241.3	0.12	0.67	0.09	73,72,78	0.30	0.0	0.0	72,0,0				
	482.5	0.14	0.72	0.09	73,72,78	0.39	0.0	0.0	72,0,0				
30	0.0	0.16	0.70	0.05	73,72,78	0.35	0.16	0.0	72,76,0	-0.55	-0.24	-0.05	72,76,78
	241.3	0.17	0.71	0.08	73,72,78	0.34	0.16	0.0	72,76,0				
	482.5	0.21	0.69	0.15	73,72,78	0.31	0.16	0.0	72,76,0				
31	0.0	0.21	0.69	0.15	73,72,78	0.31	0.16	0.0	72,76,0	-0.26	-0.24	-0.05	68,76,78
	241.2	0.17	0.71	0.08	73,72,78	0.34	0.16	0.0	72,76,0				
	482.5	0.16	0.70	0.05	73,72,78	0.35	0.16	0.0	72,76,0				
32	0.0	0.13	0.66	0.02	71,72,78	0.32	0.0	0.0	72,0,0	-0.43	-0.02	-0.02	72,76,78
	241.3	0.12	0.69	0.03	73,72,78	0.33	0.0	0.0	72,0,0				
	482.5	0.14	0.69	0.06	71,70,78	0.34	0.16	0.0	70,76,0				
33	0.0	0.14	0.69	0.06	71,70,78	0.34	0.16	0.0	70,76,0	-0.43	-0.02	-0.02	70,76,78
	241.3	0.12	0.69	0.03	73,72,78	0.33	0.0	0.0	72,0,0				
	482.5	0.13	0.66	0.02	71,72,78	0.32	0.0	0.0	72,0,0				
<b>Trave</b>		<b>rRfck</b>	<b>rRfyk</b>	<b>rPfck</b>		<b>wR</b>	<b>wF</b>	<b>wP</b>		<b>dR</b>	<b>dF</b>	<b>dP</b>	
		0.50	0.75	0.52		0.39	0.20	0.14		0.09	0.08	0.07	

### 3.2. TABULATO GEOTECNICO

#### CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENI :

Per la determinazione del carico limite del complesso terreno-fondazione, inteso come valore asintotico del diagramma carico-cedimento, si fa riferimento a due principali meccanismi di rottura: il “meccanismo generale” e quello di “punzonamento”. Il primo è caratterizzato dalla formazione di una superficie di scorrimento, il terreno sottostante la fondazione rifluisce lateralmente e verso l'alto, in modo che la superficie del terreno circostante la fondazione è interessata da un meccanismo di sollevamento ed emersione della superficie di scorrimento. Il secondo meccanismo, è caratterizzato dalla assenza di una superficie di scorrimento ben definita; il terreno sotto la fondazione si comprime ed in corrispondenza della superficie del terreno circostante la fondazione si osserva un abbassamento generalizzato. Questo ultimo meccanismo non consente una precisa individuazione del carico limite, in quanto la curva dei cedimenti in funzione del carico applicato non raggiunge mai un valore asintotico ma cresce indefinitamente. Il VESIC ha studiato il fenomeno della rottura per punzonamento assimilando il terreno ad un mezzo elasto-plastico e la rottura per carico limite all'espansione di una cavità cilindrica. In questo caso il fenomeno risulta retto da un indice di rigidezza “ $I_r$ ” così definito:

$$I_r = \frac{G}{c' + \sigma' \cdot \operatorname{tg}(\varphi)}$$

Per la determinazione del modulo di rigidezza a taglio si utilizzeranno le seguenti relazioni:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}; \quad E = E_{ed} \frac{1 - \nu - 2 \cdot \nu^2}{1 - \nu}; \quad \nu = \frac{k_0}{1 + k_0}; \quad k_0 = 1 - \operatorname{sen}(\varphi).$$

Indice di rigidezza viene confrontato con l'indice di rigidezza critico “ $I_{r,crit}$ ”, avente la seguente espressione:

$$I_{r,crit} = \frac{e^{\left[ \left( 3.3 - 0.45 \frac{B}{L} \right) \cdot \operatorname{ctg} \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right]}}{2}$$

La rottura per punzonamento del terreno di fondazione avviene quando l'indice di rigidità si mantiene minore di quello critico. Tale teoria comporta l'introduzione di coefficienti correttivi all'interno della formula trinomia del carico limite detti "Coefficienti di punzonamento" i quali sono funzione dell'indice di rigidità, dell'angolo d'attrito e della geometria dell'elemento di fondazione. La loro espressione è la seguente:

- se  $I_r < I_{r,crit}$  si ha :

$$\Psi_\gamma = \Psi_q = e^{\left[ \left( 0.6 \frac{B}{L} - 4.4 \right) \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + \frac{3.07 \cdot \operatorname{sen}(\varphi) \cdot \log_{10}(2 \cdot I_r)}{1 + \operatorname{sen}(\varphi)} \right]} \quad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow \Psi_\gamma = \Psi_q = 1$$

$$\Psi_c = \Psi_q - \frac{1 - \Psi_q}{N_c \cdot \operatorname{tg}(\varphi)} \quad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow \Psi_c = 0.32 + 0.12 \cdot \frac{B}{L} + 0.6 \cdot \log_{10}(I_r)$$

- se  $I_r > I_{r,crit}$  si ha che  $\Psi_\gamma = \Psi_q = \Psi_c = 1$ .

Il significato dei simboli adottati nelle equazioni sopra riportate è il seguente:

- $E_{ed}$  è il modulo edometrico del terreno sottostante la fondazione;
- $\nu$  è il coefficiente di Poisson del terreno sottostante la fondazione;
- $k_0$  è il coefficiente di spinta a riposo del terreno sottostante la fondazione;
- $\varphi$  è l'angolo d'attrito efficace del terreno sottostante il piano di posa;
- $c'$  è la coesione in termini di tensioni efficaci;
- $\sigma'$  è la tensione litostatica effettiva a profondità  $D+B/2$ ;
- $L$  è la luce delle singole travi di fondazione;
- $D$  è la profondità del piano di posa della fondazione dal piano campagna;
- $B$  è la larghezza della trave di fondazione.

Definito il meccanismo di rottura si passa al calcolo del carico limite modellando il terreno come mezzo rigido perfettamente plastico. L'espressione del carico limite è la seguente:

$$q_{ult} = \gamma_1 \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \Psi_q + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot \Psi_c + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma$$

Il significato dei termini presenti nella relazione trinomia sopra riportata è il seguente:

- $N_q, N_c, N_\gamma$  sono i fattori adimensionali di portanza funzione dell'angolo d'attrito interno  $\varphi$  del terreno;
- $s_q, s_c, s_\gamma$  sono i coefficienti che rappresentano il fattore di forma;
- $d_q, d_c, d_\gamma$  sono i coefficienti che rappresentano il fattore dell'approfondimento;
- $i_q, i_c, i_\gamma$  sono i coefficienti che rappresentano il fattore di inclinazione del carico;
- $\gamma_1$  è il peso per unità di volume del terreno sovrastante il piano di posa;
- $\gamma_2$  è il peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa.

Si dimostra, per fondazioni aventi larghezza modesta, che il terzo termine non aumenta indefinitamente e per valori elevati di "B", secondo sia VESIC che DE BEER il valore limite è prossimo a quello di una fondazione profonda. BOWLES per fondazioni di larghezza maggiore di 2.00 metri propone il seguente fattore riduttivo:

$$r_\gamma = 1 - 0.25 \cdot \log_{10} \left( \frac{B}{2} \right) \quad \text{dove "B" va espresso in metri.}$$

Questa relazione risulta particolarmente utile per fondazioni larghe con rapporto D/B basso (platee e simili), caso nel quale il terzo termine dell'equazione trinomia è predominante.

Nel caso di carico eccentrico, il Meyerhof, consiglia di ridurre le dimensioni della superficie di contatto ( $A_f$ ) tra fondazione e terreno ( $B, L$ ) in tutte le formule del calcolo del carico limite. Tale riduzione è espressa dalle seguenti relazioni:

$$B_{rid} = B - 2 \cdot e_B \quad L_{rid} = L - 2 \cdot e_L \quad \text{dove } e_B, e_L \text{ sono le eccentricità relative alle dimensioni in esame.}$$

L'equazione trinomia del carico limite può essere risolta secondo varie formulazioni, di seguito si riportano quelle che sono state implementate:

**Formulazione di Hansen (1970) :**

$$N_q = tg^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se  $\varphi \neq 0$  si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - sen(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)}\right]^{\alpha_1} \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)}\right]^{\alpha_2} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

- se  $\varphi = 0$  si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}}\right)$$

#### Formulazione di Vesic (1975) :

$$N_q = tg^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se  $\varphi \neq 0$  si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - sen(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)}\right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)}\right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se  $\varphi = 0$  si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

#### Formulazione di Brinch-Hansen :

$$N_q = tg^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se  $\varphi \neq 0$  si ha:

$$s_q = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + sen(\varphi))}{L \cdot (1 - sen(\varphi))} \quad s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + sen(\varphi))}{L \cdot (1 - sen(\varphi))} \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B \cdot (1 + sen(\varphi))}{L \cdot (1 - sen(\varphi))}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \cdot (1 - \operatorname{sen}(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \operatorname{tg}(\varphi)}$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \operatorname{arctg}\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$i_q = \left[ 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \right]^m \quad i_\gamma = \left[ 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se  $\varphi = 0$  si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

#### Formulazione Eurocodice 7 :

$$N_q = \operatorname{tg}^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot \operatorname{tg}(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)$$

- se  $\varphi \neq 0$  si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot \operatorname{sen}(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.3 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = \frac{s_q \cdot (N_q - 1)}{N_q - 1}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \operatorname{tg}(\varphi) \cdot (1 - \operatorname{sen}(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \operatorname{arctg}\left(\frac{D}{B}\right)$$

- se H è parallela al lato B si ha:

$$i_q = \left[ 1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \right]^3 \quad i_\gamma = \left[ 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \right]^3 \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

- se H è parallela al lato L si ha:

$$i_q = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \quad i_\gamma = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)} \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

- se  $\varphi = 0$  si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 0.5 \cdot \left( 1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}} \right)$$

Si ricorda che, per le relazioni sopra riportate, nel caso in cui  $\varphi = 0 \Rightarrow N_q = 1.0$ ,  $N_\gamma = 1.0$  e  $N_c = 2 + \pi$ . Il significato dei termini presenti nelle relazioni su descritte è il seguente:

- V componente verticale del carico agente sulla fondazione;
- H componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L);
- $c_a$  adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione);
- $\alpha_1, \alpha_2$  esponenti di potenza che variano tra 2 e 5.

Nel caso in cui il cuneo di fondazione è interessato da falda idrica, il valore di  $\gamma_2$  nella formula trinomia assume la seguente espressione:

$$\gamma_2 = \frac{\gamma \cdot z + \gamma_{sat} \cdot (h_c - z)}{h_c} \quad h_c = \frac{B}{2} \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{90 + \varphi}{2}\right)$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- $\gamma$  è il peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa;
- $\gamma_{sat}$  è il peso per unità di volume saturo del terreno sottostante il piano di posa;
- $z$  è la profondità della falda dal piano di posa;
- $h_c$  è l'altezza del cuneo di rottura della fondazione.

Tutto ciò descritto è valido nell'ipotesi di terreno con caratteristiche geotecniche omogenee. Nella realtà i terreni costituenti il piano di posa delle fondazioni sono quasi sempre composti o comunque riconducibili a formazioni di terreno omogenee di spessore variabile che si sovrappongono (caso di terreni stratificati). In queste condizioni l'algoritmo implementato è il seguente:

- viene determinata l'altezza del cuneo di rottura in funzione delle caratteristiche geotecniche degli strati attraversati, quindi si determinano il numero degli strati interessati da esso;
- in corrispondenza di ogni superficie di separazione, partendo da quella immediatamente sottostante il piano di posa della fondazione e fino a raggiungere l'altezza del cuneo di rottura, viene determinata la capacità portante di ogni singolo strato come somma di due valori. Il primo valore scaturisce dall'applicazione della formula trinomia alla quota iesima dello strato, il secondo deriva dalla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato in esame;
- il minimo dei valori come sopra determinati sarà assunto come valore massimo della capacità portante della fondazione stratificata.

In forma analitica il procedimento su esposto può essere formulato nel seguente modo:

$$q'_{ult} = \left[ q''_{ult} + q_{resT} \right]_{\min} = \left[ q''_{ult} + \frac{p}{A_f} (P_V \cdot K_S \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + d \cdot c) \right]_{\min}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- $q''_{ult}$  è il carico limite per un'ipotetica fondazione posta alla quota dello strato interessato;
- $p$  è il perimetro della fondazione;
- $P_V$  è la spinta verticale del terreno dal piano di posa allo strato interessato;
- $K_S$  è il coefficiente di spinta laterale del terreno;
- $d$  è la distanza dal piano di posa allo strato interessato.

### **CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU ROCCIA :**

Per la determinazione del carico limite, nel caso di presenza di ammasso roccioso fra i vari strati interessati dal cuneo di rottura, bisogna valutare molto attentamente il grado di solidità della roccia stessa. Tale valutazione viene in genere eseguita stimando l'indice RQD (Rock Quality Designation) che rappresenta una misura della qualità di un ammasso roccioso. Tale indice che può variare da un valore minimo di 0 (caso in cui la lunghezza dei pezzi di roccia estratti dal carotiere è inferiore a 100 mm) ad un valore massimo di 1 (caso in cui la carota risulta integra) è calcolato nel seguente modo:

$$RQD = \frac{\sum \text{lunghezze dei pezzi di roccia intatta} > 100\text{mm}}{\text{lunghezza del carotiere}}$$

E' chiaro che se il valore di RQD è molto basso, quindi ci troviamo nel caso di roccia molto fratturata, il calcolo della capacità portante dell'ammasso roccioso va condotto alla stregua di un terreno sciolto, utilizzando tutte le formulazioni sopra descritte.

Per ricavare la capacità portante di rocce non assimilabili ad ammassi di terreno sciolto sono state implementate due formulazioni, quella del Terzaghi (1943) e quella di Stagg-Zienkiewicz (1968) e correlate all'indice RQD. In definitiva il valore della capacità portante sarà espresso dalla seguente relazione:

$$q'_{ult} = q''_{ult} \cdot RQD^2$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- $q'_{ult}$  è il carico limite calcolato dell'ammasso roccioso;
- $q''_{ult}$  è il carico limite calcolato alla Terzaghi o alla Stagg-Zienkiewicz.

L'equazione trinomia del carico limite nel caso in esame assume la seguente formulazione:

$$q_{ult} = \gamma_1 \cdot D \cdot N_q + c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

I termini presenti nell'equazione hanno lo stesso significato di quelli già descritti in precedenza. I coefficienti di forma assumeranno i seguenti valori:

$s_c = 1.0$  per fondazioni di tipo nastriforme

$s_c = 1.3$  per fondazioni di tipo quadrato;

$s_\gamma = 1.0$  per fondazioni di tipo nastriforme

$s_\gamma = 0.8$  per fondazioni di tipo quadrato.

I fattori adimensionali di portanza a seconda della formulazione adottata saranno:

**Formulazione di Terzaghi (1943) :**

$$N_q = \frac{e^{2 \cdot \left(0.75 \cdot \pi \cdot \frac{\varphi}{2}\right) \cdot \operatorname{tg}(\varphi)}}{2 \cdot \cos^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)} \quad N_\gamma = \frac{\operatorname{tg}(\varphi)}{2} \left( \frac{K_{p\gamma}}{\cos^2(\varphi)} - 1 \right) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)$$

se  $\varphi = 0 \Rightarrow N_c = 1.5 \cdot \pi + 1$

$\varphi$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$K_{p\gamma}$	10.8	12.2	14.7	18.6	25.0	35.0	52.0	82.0	141.0	298.0	800.0

**Formulazione di Stagg-Zienkiewicz (1968) :**

$$N_q = \operatorname{tg}^6\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \quad N_\gamma = N_q + 1 \quad N_c = 5 \cdot \operatorname{tg}^4\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)$$

### VERIFICA A ROTTURA PER SCORRIMENTO DI FONDAZIONI SUPERFICIALI :

Se il carico applicato alla base della fondazione non è normale alla stessa, bisogna effettuare anche una verifica per rottura a scorrimento. Rispetto al collasso per scorrimento la resistenza offerta dal sistema fondale viene valutata come somma di due componenti, la prima derivante dall'attrito fondazione-terreno, la seconda derivante dall'adesione. In generale oltre alle due componenti ora citate può essere tenuto in conto anche l'effetto della spinta passiva del terreno di ricoprimento esercita sulla fondazione, questa però fino ad un massimo del 30%. In forma analitica il procedimento su esposto può essere formulato nel seguente modo:

$$T_{Sd} \leq T_{Rd} = N_{Sd} \cdot \operatorname{tg}(\delta) + A_f \cdot c_a + S_p \cdot f_{Sp}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- $T_{Sd}$  componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L);
- $N_{Sd}$  componente verticale del carico agente sulla fondazione;
- $c_a$  adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione);
- $\delta$  angolo d'attrito fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione);
- $S_p$  spinta passiva del terreno di ricoprimento della fondazione;
- $f_{Sp}$  percentuale di partecipazione della spinta passiva;
- $A_f$  superficie di contatto del piano di posa della fondazione.

Va da se che tale tipo di verifica deve essere effettuata sia per componenti taglianti parallele al lato della base che per quelle ortogonali.

### DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI INDOTTE NEL TERRENO :

Ai fini del calcolo dei cedimenti è essenziale conoscere lo stato tensionale indotto nel terreno a varie profondità da un carico applicato in superficie. Tale determinazione viene eseguita ipotizzando che il terreno si comporti come un mezzo continuo, elastico-lineare, omogeneo e isotopo. Tale assunzione, utilizzata per la determinazione della variazione

delle tensioni verticali dovuta all'applicazione di un carico in superficie, è confortata dalla letteratura (Morgenstern e Phukan) perché la non linearità del materiale poco influenza la distribuzione delle tensioni verticali. Per ottenere un profilo verticale di pressioni si possono utilizzare tre metodi di calcolo; il primo è il **metodo di Boussinesq**, il secondo è il **metodo di Westergaard** e infine il terzo è il **metodo di Mindlin**, tutti basati sulla teoria del continuo elastico. Il secondo metodo differisce dal primo per la presenza del coefficiente di Poisson “ $\nu$ ”, quindi meglio si adatta ai terreni stratificati. Il terzo metodo differisce dai primi due per la possibilità di posizionare il carico all'interno del continuo elastico (i primi due pongono il carico esclusivamente sulla frontiera), quindi meglio si presta al caso di fondazioni poste a una profondità di una certa importanza (il metodo risulta equivalente a quello di Boussinesq nel caso di fondazioni poste sulla frontiera del continuo elastico). L'algoritmo implementato, basandosi sulle ben note equazioni ricavate per un carico puntiforme, cioè:

$$\text{Boussinesq} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{3 \cdot Q \cdot z^3}{2 \cdot \pi \cdot (r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} \quad \text{Westergaard} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot z^2} \cdot \frac{\sqrt{\frac{1-2 \cdot \nu}{2-2 \cdot \nu}}}{\left(\frac{1-2 \cdot \nu}{2-2 \cdot \nu} + \frac{r^2}{z^2}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- $Q$  carico puntiforme applicato sulla frontiera del mezzo;
- $r$  proiezione orizzontale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame;
- $z$  proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame.

$$\text{Mindlin} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot (1-\nu) \cdot D^2} \left( \frac{(1-2 \cdot \nu) \cdot (m-1)}{A^3} + \frac{(1-2 \cdot \nu) \cdot (m-1)}{B^3} - \frac{3 \cdot (m-1)^3}{A^5} - \frac{30 \cdot m \cdot (m+1)^3}{B^7} - \frac{3 \cdot (3-4 \cdot \nu) \cdot m \cdot (m+1)^2 - 3 \cdot (m+1) \cdot (5 \cdot m-1)}{B^5} \right)$$

$$n = \frac{r}{D}; \quad m = \frac{z}{D}; \quad A^2 = n^2 + (m-1)^2; \quad B^2 = n^2 + (m+1)^2$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- $Q$  carico puntiforme applicato sulla frontiera o all'interno del mezzo;
- $D$  proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dalla frontiera del mezzo;
- $r$  proiezione orizzontale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame;
- $z$  proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame.

esegue un'integrazione, delle equazioni di cui sopra, lungo la verticale di ogni punto notevole degli elementi fondali, estesa a tutte le aree di carico presenti sulla superficie del terreno; il tutto al fine della determinazione della variazione dello stato tensionale verticale “ $\Delta\sigma_v$ ”. Una nota esplicativa va fatta sul valore da assegnare a “ $Q$ ”, esso va definito, nel caso di pressione, come “pressione netta” ossia la pressione in eccesso rispetto a quella geostatica esistente, che può essere sopportata con sicurezza alla profondità “ $D$ ” del piano di posa delle fondazioni, questo perché i cedimenti sono causati solo da incrementi netti di pressione che si aggiungono all'esistente pressione geostatica.

## CALCOLO DEI CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE :

La determinazione dei cedimenti delle fondazioni, assume, in special modo nella fase di esercizio, una rilevanza notevole per il manufatto da realizzarsi. Nell'evolversi della fase di cedimento, il terreno passa da uno stato di sforzo corrente (dovuto al peso proprio) a uno nuovo, per effetto del carico addizionale applicato. La variazione dello stato tensionale di cui sopra, produce una serie di movimenti di rotolamento e scorrimento relativo tra i granuli del terreno nonché deformazioni elastiche e rotture delle particelle costituenti il mezzo, localizzate in una limitata zona d'influenza a ridosso dell'area di carico. L'insieme di questi fenomeni costituisce il cedimento, che nel caso in esame è quello verticale. Nonostante che la frazione elastica sia modesta, l'esperienza ha dimostrato che modellare il terreno (ai fini del calcolo dei cedimenti) come materiale pseudoelastico permette di ottenere risultati soddisfacenti. Diversi sono i metodi esistenti in letteratura per il calcolo dei cedimenti (si ricorda che qualunque sia il metodo di calcolo, la determinazione del valore del cedimento deve intendersi come la miglior stima delle deformazioni subite dal terreno da attendersi all'applicazione dei carichi) quelli implementati vengono di seguito descritti.

**Il metodo edometrico**, che si basa sulla nota relazione:

$$w_{ed} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_{ed,i}} \cdot \Delta z_i$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- $\Delta\sigma_{v,i}$  variazione stato tensionale verticale alla profondità “ $z_i$ ” dello strato i-esimo per l'applicazione del carico;
- $E_{ed,i}$  modulo edometrico del terreno relativo allo strato i-esimo;
- $\Delta z_i$  spessore dello strato i-esimo.

Si ricorda che tale metodo si basa sull'ipotesi edometrica, quindi l'approssimazione del risultato è tanto migliore quanto più ridotto è il rapporto tra lo spessore dello strato deformabile e la dimensione in pianta delle fondazioni. Tuttavia lo stesso è dotato di ottima approssimazione anche nel caso di strati deformabili di spessore notevole.

**Il metodo dell'elasticità**, che si basa sulle note relazioni:

$$w_{Imp.} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \Delta z_i \quad w_{Lib.} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \frac{1-2 \cdot \nu^2}{1-\nu} \cdot \Delta z_i$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- $w_{Imp.}$  cedimento in condizioni di deformazione laterale impedita;
- $w_{Lib.}$  cedimento in condizioni di deformazione laterale libera;
- $\Delta\sigma_{v,i}$  variazione stato tensionale verticale alla profondità “ $z_i$ ” dello strato i-esimo per l'applicazione del carico;
- $E_i$  modulo elastico del terreno relativo allo strato i-esimo;
- $\Delta z_i$  spessore dello strato i-esimo.

La doppia formulazione adottata consente di ottenere un intervallo di valori (valore minimo per  $w_{Imp.}$  e valore massimo per  $w_{Lib.}$ ) del cedimento elastico per la fondazione in esame.

### **SIMBOLOGIA ADOTTATA NEI TABULATI DI CALCOLO :**

Di seguito, per maggior chiarezza nella lettura dei tabulati di calcolo, viene riportata la descrizione dei simboli principali utilizzati nella stesura degli stessi. Per comodità di lettura la legenda è suddivisa in paragrafi con la stessa modalità in cui sono stampati i tabulati di calcolo.

#### ***Dati geometrici degli elementi costituenti le fondazioni superficiali :***

*per tipologie travi e plinti superficiali:*

- **Indice Strat.** indice della stratigrafia associata all'elemento;
- **Prof. Fon.** profondità del piano di posa dell'elemento dal piano campagna;
- **Base** larghezza della sezione trasversale dell'elemento;
- **Altezza** altezza della sezione trasversale dell'elemento;
- **Lung. Elem.** dimensione dello sviluppo longitudinale dell'elemento;
- **Lung. Travata** nel caso in cui l'elemento è un sottoinsieme di elementi costituenti lo stesso allineamento, rappresenta la dimensione dello sviluppo longitudinale dell'insieme.

*per tipologia platea:*

- **Indice Strat.** indice della stratigrafia associata all'elemento;
- **Prof. Fon.** profondità del piano di posa dell'elemento dal piano campagna;
- **Dia. Eq.** diametro del cerchio equivalente alla superficie dell'elemento;
- **Spessore** spessore dell'elemento;
- **Superficie** superficie dell'elemento;
- **Vert. Elem.** Numero dei vertici che costituiscono l'elemento;
- **Macro** nel caso in cui l'elemento è un sottoinsieme di elementi costituenti un'unica macrostruttura, rappresenta il numero identificativo della stessa.

Nel caso in cui si è scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea viene riportata un ulteriore elemento nel quale sono riportate le caratteristiche geometriche del plinto equivalente alla Macro in esame.

### ***Dati di carico degli elementi costituenti le fondazioni superficiali :***

*per tipologie travi e plinti superficiali:*

- Cmb numero della combinazione di carico (nel caso che essa sia di S.L.U. è riportata la tipologia);
- Tipologia tipologia della combinazione di carico;
- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame;
- Ecc. B valore dell'eccentricità del carico Normale agente sul piano di fondazione nella direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento;
- Ecc. L valore dell'eccentricità del carico Normale agente sul piano di fondazione nella direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento;
- S.Taglio B valore dello sforzo di taglio agente sul piano di fondazione nella direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento;
- S.Taglio L valore dello sforzo di taglio agente sul piano di fondazione nella direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento;
- S.Normale valore del carico Normale agente sul piano di fondazione;
- T.T.min minimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale;
- T.T.max massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale.

*per tipologia platea:*

- Cmb numero della combinazione di carico (nel caso che essa sia di S.L.U. è riportata la tipologia);
- Tipologia tipologia della combinazione di carico;
- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame;
- Press. N1 valore della tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 1 dell'elemento;
- Press. N2 valore della tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 2 dell'elemento;
- Press. N3 valore della tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 3 dell'elemento;
- Press. N4 valore della tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 4 dell'elemento;
- S.Taglio X valore dello sforzo di taglio agente sul piano di fondazione nella direzione parallela all'asse X del riferimento globale;
- S.Taglio Y valore dello sforzo di taglio agente sul piano di fondazione nella direzione parallela all'asse Y del riferimento globale.

Nel caso in cui si è scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea viene riportata un ulteriore elemento nel quale sono riportate le Macro Azioni (integrale delle azioni applicate sui singoli elementi platea) del plinto equivalente alla Macro in esame.

### ***Valori di calcolo della portanza per fondazioni superficiali :***

- Cmb numero della combinazione di carico (nel caso che essa sia di S.L.U. è riportata la tipologia);
- Strato Rot. strato nel quale si attinge il minor valore di portanza rispetto al numero di strati interessati dal cuneo di rottura;
- Ver.TB valore limite della resistenza a scorrimento nella direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento;
- S.T.B / TB rapporto tra lo sforzo di taglio agente e il valore limite della resistenza a scorrimento nella direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è  $< 1.0$ );
- Ver.TL valore limite della resistenza a scorrimento nella direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento;
- S.T.L / TL rapporto tra lo sforzo di taglio agente e il valore limite della resistenza a scorrimento nella direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è  $< 1.0$ );
- Sgm. Lt. tensione litostatica agente alla quota del piano di posa dell'elemento fondale;
- Qlim q valore del termine relativo al sovraccarico nella formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile);
- Qlim g valore del termine relativo alla larghezza della base di fondazione nella formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile);

- Qlim c valore del termine relativo alla coesione nella formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile);
- Qres T valore della capacità portante relativo alla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato di rottura. Tale valore risulta non nullo nel caso di terreni stratificati dove lo strato di rottura è diverso dal primo (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile);
- QLIM valore della capacità portante totale quale somma di Qlim q, Qlim g, Qlim c e di Qres T (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla portanza ammissibile);
- T.T. / QLIM rapporto tra il massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale e il valore della capacità portante (verifica positiva se il rapporto è < 1.0).

Nel caso in cui si è scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea viene riportata un ulteriore elemento nel quale sono riportate le verifiche di portanza del plinto equivalente alla Macro in esame.

#### **Valori di calcolo dei cedimenti per fondazioni superficiali :**

- Cmb numero della combinazione di carico e tipologia;
- Nodo vertice dell'elemento in cui viene calcolato il cedimento;
- Car. Netto valore del carico netto applicato sulla superficie del terreno;
- Cedimento/i valore del cedimento (nel caso di calcolo di cedimenti elastici i valori riportati sono due, il primo corrisponde al cedimento  $w_{Imp.}$ , mentre il secondo al cedimento  $w_{Lib.}$ ).

## **TABULATI DI CALCOLO :**

### **PARAMETRI DI CALCOLO :**

#### **Metodi di calcolo della portanza per fondazioni superficiali :**

Per terreni sciolti: Vesic  
Per terreni lapidei: Terzaghi

#### **Combinazioni di carico da approccio progettuale TIPO 2**

#### **Fattori utilizzati per il calcolo della portanza per fondazioni superficiali :**

Riduzione dimensioni per eccentricità : Si  
Fattori di forma della fondazione : Si  
Fattori di profondità del piano di posa : Si  
Fattori di inclinazione del carico : Si  
Fattori di punzonamento (Vesic) : Si  
Fattore riduzione effetto piastra (Bowles) : Si  
Fattore di riduzione dimensione Base equivalente platea : 20,00 %  
Fattore di riduzione dimensione Lunghezza equivalente platea : 20,00 %

#### **Effetti inerziali (Paolucci-Pecker):**

Coeff. sismico orizzontale  $K_h = 0,012$   
Angolo d'attrito alla quota di fond.= 20,0  
Fattore correttivo  $Z_c = 0,996$   
Fattore correttivo  $Z_q = 0,989$

#### **Coefficienti parziali di sicurezza per Tensioni Ammissibili, SLE e SLD nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali :**

Coeff. parziale di sicurezza Fc (statico) : 2,50  
Coeff. parziale di sicurezza Fq (statico) : 2,50  
Coeff. parziale di sicurezza Fg (statico) : 2,50  
Coeff. parziale di sicurezza Fc (sismico) : 3,00  
Coeff. parziale di sicurezza Fq (sismico) : 3,00  
Coeff. parziale di sicurezza Fg (sismico) : 3,00

#### **Coefficienti parziali di sicurezza per SLU nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali :**

Coeff. parz. di sicurezza Prop. Materiali per Tan(fi) (statico) : 1,25  
Coeff. parz. di sicurezza Prop. Materiali per c' (statico) : 1,25  
Coeff. parz. di sicurezza Prop. Materiali per Cu (statico) : 1,40

Coeff. parz. di sicurezza Prop. Materiali per Tan(fi)	(sismico)	: 1,25
Coeff. parz. di sicurezza Prop. Materiali per c'	(sismico)	: 1,25
Coeff. parz. di sicurezza Prop. Materiali per Cu	(sismico)	: 1,40
Coeff. R1 capacità portante		: 1,00
Coeff. R2 capacità portante		: 1,80
Coeff. R3 capacità portante		: 2,30
Coeff. R1 scorrimento		: 1,00
Coeff. R2 scorrimento		: 1,10
Coeff. R3 scorrimento		: 1,10

**Parametri per la verifica a scorrimento delle fondazioni superficiali :**

Fattore per l'adesione	$6 < Ca < 10$	: 8
Fattore per attrito ter.-fond.	$5 < Delta < 10$	: 7
Frazione di spinta passiva fSp		: 30,00 %

**Metodi e parametri per il calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali :**

Metodo di calcolo tensioni superficiali	: Boussinesq
Modalità d'interferenza dei bulbi tensionali	:
Metodo di calcolo dei cedimenti del terreno	: Cedimenti edometrici

**ARCHIVIO STRATIGRAFIE :**

Indice / Descrizione	: 001 / Nuova stratigrafia n° 1
Numero strati	: 1
Profondità falda	: Assente.

Strato n°	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	Effetto Attr. Neg.
1	da 0,0 a -5000,0 cm.	5000,0 cm.	001 / RIPORTO	Assente

**ARCHIVIO TERRENI :**

Indice / Descrizione terreno	: 001 / RIPORTO
Comportamento del terreno	: Condizione drenata

Peso Spec.	Peso Spec. Sat.	Angolo Res.	Coesione	Coes. non Dren.	Mod. Edo.	Mod. Ela.	Poisson	D.R.	RQD	C. Ades.
daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	Gradi (°)	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		%	%	
1,800 E-3	1,900 E-3	25,000	0,000	0,000	250,000	200,000	0,300	70,0	0,0	0,00

**DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI SUPERFICIALI :**

Elemento	Tipologia	Indice Strat.	Prof. Fon.	Base	Altezza	Lung. Elem.	Lung. Travata
		n°	cm	cm	cm	cm	cm
TRAVE N° 10	Trave	001	90,00	120,00	90,00	290,00	970,00
TRAVE N° 11	Trave	001	90,00	120,00	90,00	680,00	970,00
TRAVE N° 12	Trave	001	90,00	120,00	90,00	290,00	970,00
TRAVE N° 13	Trave	001	90,00	120,00	90,00	680,00	970,00
TRAVE N° 14	Trave	001	90,00	120,00	90,00	290,00	970,00
TRAVE N° 15	Trave	001	90,00	120,00	90,00	680,00	970,00
TRAVE N° 16	Trave	001	90,00	120,00	90,00	482,50	965,00
TRAVE N° 17	Trave	001	90,00	120,00	90,00	482,50	965,00
TRAVE N° 18	Trave	001	90,00	120,00	90,00	482,50	965,00
TRAVE N° 19	Trave	001	90,00	120,00	90,00	482,50	965,00
TRAVE N° 20	Trave	001	90,00	120,00	90,00	482,50	965,00
TRAVE N° 21	Trave	001	90,00	120,00	90,00	482,50	965,00

**VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI SUPERFICIALI :**

Ai fini dei calcoli di portanza le sollecitazioni SLU sismiche saranno considerate moltiplicate per un coef. GammaRD = 1.10

N.B. La relazione è redatta in forma sintetica. Verranno riportate le sole combinazioni maggiormente gravose per ogni verifica.

**ELEMENTO : TRAVE N° 10**

Cmb	Tipologia	Sismica	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n°			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>

012	SLU STR	No	-0,6	-1,2	-197,0	-187,3	-11984,9	-0,326	-0,365
024	SLV A1	Si	-0,2	1,2	-0,2	-320,2	-8502,8	-0,233	-0,251
027	SLV A1	Si	-0,4	-0,2	-259,1	-136,4	-9088,6	-0,254	-0,268

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cm <sup>q</sup>	Qlim q daN/cm <sup>q</sup>	Qlim g daN/cm <sup>q</sup>	Qlim c daN/cm <sup>q</sup>	Qres T daN/cm <sup>q</sup>	QLIM daN/cm <sup>q</sup>	T.T. / QLIM
012/SLU STR 1 di 1		4855,9	0,041	4023,1	0,047	-0,162	-0,952	-0,460	0,000	0,000	-1,412	0,259
024/SLV A1 1 di 1		3857,8	0,000	3025,1	0,116	-0,162	-0,917	-0,434	0,000	0,000	-1,350	0,204
027/SLV A1 1 di 1		4025,8	0,071	3193,0	0,047	-0,162	-0,917	-0,437	0,000	0,000	-1,354	0,218

ELEMENTO : TRAVE N° 11

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm <sup>q</sup>	T.T. max daN/cm <sup>q</sup>
012	SLU STR	No	-0,5	6,1	-405,9	160,8	-25958,4	-0,288	-0,388
021	SLV A1	Si	-0,3	4,8	-238,2	538,9	-20036,1	-0,228	-0,288
031	SLV A1	Si	-0,4	4,3	-543,5	-1,3	-19984,4	-0,225	-0,289

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cm <sup>q</sup>	Qlim q daN/cm <sup>q</sup>	Qlim g daN/cm <sup>q</sup>	Qlim c daN/cm <sup>q</sup>	Qres T daN/cm <sup>q</sup>	QLIM daN/cm <sup>q</sup>	T.T. / QLIM
012/SLU STR 1 di 1		10771,7	0,038	8028,4	0,020	-0,162	-0,951	-0,460	0,000	0,000	-1,411	0,275
021/SLV A1 1 di 1		9074,2	0,029	6330,9	0,094	-0,162	-0,935	-0,447	0,000	0,000	-1,383	0,229
031/SLV A1 1 di 1		9059,3	0,066	6316,1	0,000	-0,162	-0,915	-0,437	0,000	0,000	-1,352	0,235

ELEMENTO : TRAVE N° 12

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm <sup>q</sup>	T.T. max daN/cm <sup>q</sup>
003	SLU STR	No	0,0	1,9	0,0	-88,2	-11883,2	-0,324	-0,350
023	SLV A1	Si	0,0	2,6	-28,3	-243,0	-8577,4	-0,230	-0,256
032	SLV A1	Si	0,1	1,9	176,9	-124,7	-8687,9	-0,236	-0,257

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cm <sup>q</sup>	Qlim q daN/cm <sup>q</sup>	Qlim g daN/cm <sup>q</sup>	Qlim c daN/cm <sup>q</sup>	Qres T daN/cm <sup>q</sup>	QLIM daN/cm <sup>q</sup>	T.T. / QLIM
003/SLU STR 1 di 1		4826,8	0,000	3994,0	0,022	-0,162	-0,970	-0,477	0,000	0,000	-1,447	0,242
023/SLV A1 1 di 1		3879,2	0,008	3046,4	0,088	-0,162	-0,929	-0,446	0,000	0,000	-1,375	0,205
032/SLV A1 1 di 1		3910,9	0,050	3078,1	0,045	-0,162	-0,932	-0,450	0,000	0,000	-1,382	0,205

ELEMENTO : TRAVE N° 13

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm <sup>q</sup>	T.T. max daN/cm <sup>q</sup>
003	SLU STR	No	0,0	-0,6	0,0	31,6	-26459,0	-0,306	-0,358
017	SLV A1	Si	0,0	0,5	-140,5	390,8	-19728,3	-0,228	-0,270
031	SLV A1	Si	-0,1	-0,3	-370,0	-67,3	-19281,6	-0,222	-0,264

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cm <sup>q</sup>	Qlim q daN/cm <sup>q</sup>	Qlim g daN/cm <sup>q</sup>	Qlim c daN/cm <sup>q</sup>	Qres T daN/cm <sup>q</sup>	QLIM daN/cm <sup>q</sup>	T.T. / QLIM
003/SLU STR 1 di 1		10915,2	0,000	8171,9	0,004	-0,162	-0,978	-0,484	0,000	0,000	-1,462	0,245
017/SLV A1 1 di 1		8985,9	0,017	6242,7	0,069	-0,162	-0,944	-0,457	0,000	0,000	-1,401	0,212
031/SLV A1 1 di 1		8857,9	0,046	6114,6	0,012	-0,162	-0,931	-0,451	0,000	0,000	-1,381	0,210

ELEMENTO : TRAVE N° 14

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm <sup>q</sup>	T.T. max daN/cm <sup>q</sup>
012	SLU STR	No	0,6	-1,2	197,0	-187,3	-11984,9	-0,326	-0,365
019	SLV A1	Si	0,3	1,0	0,2	-320,2	-8690,3	-0,238	-0,256
032	SLV A1	Si	0,1	0,5	259,1	-136,4	-8411,9	-0,235	-0,245

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cm <sup>q</sup>	Qlim q daN/cm <sup>q</sup>	Qlim g daN/cm <sup>q</sup>	Qlim c daN/cm <sup>q</sup>	Qres T daN/cm <sup>q</sup>	QLIM daN/cm <sup>q</sup>	T.T. / QLIM
012/SLU STR 1 di 1		4855,9	0,041	4023,1	0,047	-0,162	-0,952	-0,460	0,000	0,000	-1,412	0,259
019/SLV A1 1 di 1		3911,6	0,000	3078,8	0,114	-0,162	-0,918	-0,434	0,000	0,000	-1,352	0,208
032/SLV A1 1 di 1		3831,8	0,074	2999,0	0,050	-0,162	-0,913	-0,436	0,000	0,000	-1,349	0,200

ELEMENTO : TRAVE N° 15

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm <sup>q</sup>	T.T. max daN/cm <sup>q</sup>
012	SLU STR	No	0,5	6,1	405,9	160,8	-25958,4	-0,288	-0,388
018	SLV A1	Si	0,3	4,4	238,2	538,9	-19636,5	-0,225	-0,280
028	SLV A1	Si	0,1	3,2	543,5	-1,3	-18754,5	-0,215	-0,264

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cm <sup>q</sup>	Qlim q daN/cm <sup>q</sup>	Qlim g daN/cm <sup>q</sup>	Qlim c daN/cm <sup>q</sup>	Qres T daN/cm <sup>q</sup>	QLIM daN/cm <sup>q</sup>	T.T. / QLIM
012/SLU STR 1 di 1		10771,7	0,038	8028,4	0,020	-0,162	-0,951	-0,460	0,000	0,000	-1,411	0,275

018/SLV A1	1 di 1	8959,6	0,029	6216,4	0,095	-0,162	-0,935	-0,447	0,000	0,000	-1,382	0,223
028/SLV A1	1 di 1	8706,8	0,069	5963,5	0,000	-0,162	-0,912	-0,436	0,000	0,000	-1,348	0,215

**ELEMENTO : TRAVE N° 16**

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
012	SLU STR	No	0,1	-4,8	-122,8	-218,9	-18557,4	-0,305	-0,354
019	SLV A1	Si	0,0	-1,8	-359,4	66,2	-13460,5	-0,228	-0,245
032	SLV A1	Si	0,2	0,1	-105,4	-416,2	-13525,5	-0,229	-0,242

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
012/SLU STR	1 di 1	7682,8	0,016	5907,0	0,037	-0,162	-0,966	-0,472	0,000	0,000	-1,438	0,246
019/SLV A1	1 di 1	6221,9	0,064	4446,1	0,016	-0,162	-0,918	-0,441	0,000	0,000	-1,359	0,198
032/SLV A1	1 di 1	6240,5	0,019	4464,7	0,103	-0,162	-0,929	-0,443	0,000	0,000	-1,373	0,194

**ELEMENTO : TRAVE N° 17**

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
012	SLU STR	No	0,1	4,8	-122,8	218,9	-18557,4	-0,305	-0,354
024	SLV A1	Si	0,0	0,8	-359,4	-66,2	-13294,6	-0,226	-0,238
027	SLV A1	Si	0,2	3,4	-105,4	416,2	-14122,3	-0,233	-0,262

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
012/SLU STR	1 di 1	7682,8	0,016	5907,0	0,037	-0,162	-0,966	-0,472	0,000	0,000	-1,438	0,246
024/SLV A1	1 di 1	6174,3	0,064	4398,5	0,017	-0,162	-0,917	-0,440	0,000	0,000	-1,358	0,193
027/SLV A1	1 di 1	6411,6	0,018	4635,8	0,099	-0,162	-0,931	-0,444	0,000	0,000	-1,375	0,209

**ELEMENTO : TRAVE N° 18**

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
003	SLU STR	No	-0,3	2,4	-341,5	-23,5	-19537,0	-0,327	-0,353
019	SLV A1	Si	-0,1	0,9	-577,7	56,1	-14453,9	-0,245	-0,256
032	SLV A1	Si	-0,2	2,5	-329,0	-309,2	-14179,5	-0,237	-0,258

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
003/SLU STR	1 di 1	7963,6	0,043	6187,8	0,004	-0,162	-0,949	-0,460	0,000	0,000	-1,409	0,251
019/SLV A1	1 di 1	6506,6	0,098	4730,8	0,013	-0,162	-0,893	-0,422	0,000	0,000	-1,315	0,214
032/SLV A1	1 di 1	6428,0	0,056	4652,2	0,073	-0,162	-0,925	-0,444	0,000	0,000	-1,369	0,207

**ELEMENTO : TRAVE N° 19**

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
003	SLU STR	No	-0,3	-2,4	-341,5	23,5	-19537,0	-0,327	-0,353
024	SLV A1	Si	-0,1	-1,6	-577,7	-56,1	-14313,7	-0,242	-0,256
027	SLV A1	Si	-0,3	0,0	-329,0	309,2	-14640,9	-0,247	-0,262

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
003/SLU STR	1 di 1	7963,6	0,043	6187,8	0,004	-0,162	-0,949	-0,460	0,000	0,000	-1,409	0,251
024/SLV A1	1 di 1	6466,4	0,098	4690,7	0,013	-0,162	-0,893	-0,421	0,000	0,000	-1,314	0,214
027/SLV A1	1 di 1	6560,2	0,055	4784,4	0,071	-0,162	-0,926	-0,445	0,000	0,000	-1,371	0,210

**ELEMENTO : TRAVE N° 20**

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
012	SLU STR	No	1,2	-3,4	557,5	-179,1	-20304,4	-0,321	-0,400
018	SLV A1	Si	1,1	-0,7	604,1	-81,7	-15506,2	-0,250	-0,290
028	SLV A1	Si	1,0	0,3	294,9	-352,1	-14932,6	-0,242	-0,276

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cmq	Qlim q daN/cmq	Qlim g daN/cmq	Qlim c daN/cmq	Qres T daN/cmq	QLIM daN/cmq	T.T. / QLIM
012/SLU STR	1 di 1	8183,6	0,068	6407,8	0,028	-0,162	-0,932	-0,440	0,000	0,000	-1,372	0,292
018/SLV A1	1 di 1	6808,2	0,098	5032,5	0,018	-0,162	-0,895	-0,416	0,000	0,000	-1,311	0,244
028/SLV A1	1 di 1	6643,8	0,049	4868,0	0,080	-0,162	-0,931	-0,443	0,000	0,000	-1,374	0,221

**ELEMENTO : TRAVE N° 21**

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
-----------	-----------	---------	--------------	--------------	--------------------	--------------------	-------------------	---------------------	---------------------

012	SLU STR	No	1,2	3,4	557,5	179,1	-20304,4	-0,321	-0,400
021	SLV A1	Si	1,1	1,7	604,1	81,7	-15686,3	-0,253	-0,298
031	SLV A1	Si	1,1	2,6	294,9	352,1	-15474,2	-0,249	-0,298

Cmb n°	Strato Rot. n°	Ver. TB daN	S.T.B / TB	Ver. TL daN	S.T.L / TL	Sgm. Lt. daN/cm <sup>q</sup>	Qlim q daN/cm <sup>q</sup>	Qlim g daN/cm <sup>q</sup>	Qlim c daN/cm <sup>q</sup>	Qres T daN/cm <sup>q</sup>	QLIM daN/cm <sup>q</sup>	T.T. / QLIM
012/SLU STR	1 di 1	8183,6	0,068	6407,8	0,028	-0,162	-0,932	-0,440	0,000	0,000	-1,372	0,292
021/SLV A1	1 di 1	6859,9	0,097	5084,1	0,018	-0,162	-0,896	-0,416	0,000	0,000	-1,312	0,250
031/SLV A1	1 di 1	6799,1	0,048	5023,3	0,077	-0,162	-0,932	-0,443	0,000	0,000	-1,376	0,238

## VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI SUPERFICIALI :

### ELEMENTO : TRAVE N° 10

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm <sup>q</sup>	T.T. max daN/cm <sup>q</sup>
057	SLD	Si	-0,5	-1,0	-294,3	-24,5	-9337,1	-0,256	-0,281
064	SLD	Si	-0,1	0,8	167,7	-201,7	-8291,9	-0,231	-0,242

Cedimento massimo = -0.06 cm in Cmb n° 057

Cedimento minimo = 0.00 cm in Cmb n° 064

Cmb	Sismico	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm
057/SLD	Si	0.0 CE	-0,110	-0,35	145.0 CE	-0,107	-0,43	290.0 CE	-0,099	-0,56
		0.0 SX	-0,119	-0,10	145.0 SX	-0,113	-0,16	290.0 SX	-0,103	-0,16
		0.0 DX	-0,102	-0,47	145.0 DX	-0,101	-0,22	290.0 DX	-0,094	-0,54
064/SLD	Si	0.0 CE	-0,071	-0,18	145.0 CE	-0,077	-0,21	290.0 CE	-0,077	-0,37
		0.0 SX	-0,072	-0,08	145.0 SX	-0,079	-0,04	290.0 SX	-0,078	-0,08
		0.0 DX	-0,069	-0,22	145.0 DX	-0,076	-0,16	290.0 DX	-0,076	-0,43

### ELEMENTO : TRAVE N° 11

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm <sup>q</sup>	T.T. max daN/cm <sup>q</sup>
040	SLD	Si	-0,2	1,6	44,4	-377,3	-18665,7	-0,213	-0,260
057	SLD	Si	-0,5	5,2	-666,9	279,8	-20457,3	-0,230	-0,299

Cedimento massimo = -0.06 cm in Cmb n° 057

Cedimento minimo = 0.00 cm in Cmb n° 040

Cmb	Sismico	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm
040/SLD	Si	0.0 CE	-0,084	-0,47	170.0 CE	-0,064	-0,17	340.0 CE	-0,053	-0,10
		510.0 CE	-0,065	-0,17	680.0 CE	-0,096	-0,30	0.0 SX	-0,086	-0,09
		170.0 SX	-0,066	-0,03	340.0 SX	-0,055	-0,03	510.0 SX	-0,067	-0,03
		680.0 SX	-0,098	-0,08	0.0 DX	-0,082	-0,46	170.0 DX	-0,061	-0,09
		340.0 DX	-0,051	-0,03	510.0 DX	-0,062	-0,10	680.0 DX	-0,093	-0,36
057/SLD	Si	0.0 CE	-0,099	-0,56	170.0 CE	-0,082	-0,27	340.0 CE	-0,074	-0,20
		510.0 CE	-0,090	-0,30	680.0 CE	-0,129	-0,47	0.0 SX	-0,103	-0,16
		170.0 SX	-0,087	-0,08	340.0 SX	-0,080	-0,04	510.0 SX	-0,097	-0,09
		680.0 SX	-0,137	-0,11	0.0 DX	-0,094	-0,54	170.0 DX	-0,077	-0,12
		340.0 DX	-0,068	-0,04	510.0 DX	-0,083	-0,13	680.0 DX	-0,121	-0,54

### ELEMENTO : TRAVE N° 12

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm <sup>q</sup>	T.T. max daN/cm <sup>q</sup>
048	SLD	Si	0,0	2,9	96,6	-295,5	-8528,8	-0,227	-0,256
068	SLE rare	No	0,0	1,9	0,0	-68,7	-9086,8	-0,248	-0,267

Cedimento massimo = -0.10 cm in Cmb n° 068

Cedimento minimo = -0.02 cm in Cmb n° 048

Cmb	Sismico	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm
048/SLD	Si	0.0 CE	-0,066	-0,32	145.0 CE	-0,085	-0,30	290.0 CE	-0,092	-0,77
		0.0 SX	-0,065	-0,27	145.0 SX	-0,084	-0,24	290.0 SX	-0,092	-0,61
		0.0 DX	-0,066	-0,27	145.0 DX	-0,085	-0,24	290.0 DX	-0,092	-0,61
068/SLE rare	No	0.0 CE	-0,086	-0,50	145.0 CE	-0,101	-0,43	290.0 CE	-0,104	-0,96
		0.0 SX	-0,086	-0,42	145.0 SX	-0,101	-0,28	290.0 SX	-0,104	-0,70
		0.0 DX	-0,086	-0,42	145.0 DX	-0,101	-0,28	290.0 DX	-0,104	-0,70

**ELEMENTO : TRAVE N° 13**

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
039	SLD	Si	-0,1	-1,0	-99,2	-423,5	-18935,9	-0,217	-0,258
068	SLE rare	No	0,0	-0,6	0,0	26,2	-20224,0	-0,234	-0,274

Cedimento massimo = -0.10 cm in Cmb n° 068

Cedimento minimo = 0.00 cm in Cmb n° 039

Cmb	Sismico	Nodo n°	Car.Netto daN/cmq	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cmq	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cmq	Cedimenti mm
039/SLD	Si	0.0 CE	-0,092	-0,77	170.0 CE	-0,070	-0,19	340.0 CE	-0,056	-0,11
		510.0 CE	-0,065	-0,18	680.0 CE	-0,095	-0,53	0.0 SX	-0,093	-0,62
		170.0 SX	-0,071	-0,18	340.0 SX	-0,057	-0,03	510.0 SX	-0,066	-0,14
		680.0 SX	-0,096	-0,45	0.0 DX	-0,091	-0,61	170.0 DX	-0,069	-0,18
068/SLE rare	No	340.0 DX	-0,056	-0,03	510.0 DX	-0,064	-0,13	680.0 DX	-0,094	-0,45
		0.0 CE	-0,104	-0,96	170.0 CE	-0,086	-0,29	340.0 CE	-0,072	-0,19
		510.0 CE	-0,080	-0,28	680.0 CE	-0,112	-0,70	0.0 SX	-0,104	-0,70
		170.0 SX	-0,086	-0,18	340.0 SX	-0,072	-0,04	510.0 SX	-0,080	-0,17
		680.0 SX	-0,112	-0,53	0.0 DX	-0,104	-0,70	170.0 DX	-0,086	-0,18
		340.0 DX	-0,072	-0,04	510.0 DX	-0,080	-0,17	680.0 DX	-0,112	-0,53

**ELEMENTO : TRAVE N° 14**

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
057	SLD	Si	0,5	-1,0	-152,6	-32,5	-9343,7	-0,256	-0,281
060	SLD	Si	0,1	0,8	298,1	-170,4	-8286,2	-0,231	-0,242

Cedimento massimo = -0.06 cm in Cmb n° 057

Cedimento minimo = 0.00 cm in Cmb n° 060

Cmb	Sismico	Nodo n°	Car.Netto daN/cmq	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cmq	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cmq	Cedimenti mm
057/SLD	Si	0.0 CE	-0,111	-0,35	145.0 CE	-0,107	-0,43	290.0 CE	-0,099	-0,56
		0.0 SX	-0,103	-0,47	145.0 SX	-0,101	-0,22	290.0 SX	-0,094	-0,54
		0.0 DX	-0,119	-0,10	145.0 DX	-0,114	-0,16	290.0 DX	-0,103	-0,16
060/SLD	Si	0.0 CE	-0,070	-0,18	145.0 CE	-0,077	-0,21	290.0 CE	-0,077	-0,37
		0.0 SX	-0,069	-0,22	145.0 SX	-0,076	-0,16	290.0 SX	-0,076	-0,43
		0.0 DX	-0,072	-0,08	145.0 DX	-0,078	-0,04	290.0 DX	-0,078	-0,08

**ELEMENTO : TRAVE N° 15**

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
057	SLD	Si	0,5	4,8	-349,5	168,3	-20422,1	-0,230	-0,297
064	SLD	Si	0,1	2,6	635,0	24,6	-18507,9	-0,213	-0,258

Cedimento massimo = -0.06 cm in Cmb n° 057

Cedimento minimo = 0.00 cm in Cmb n° 064

Cmb	Sismico	Nodo n°	Car.Netto daN/cmq	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cmq	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cmq	Cedimenti mm
057/SLD	Si	0.0 CE	-0,099	-0,56	170.0 CE	-0,082	-0,27	340.0 CE	-0,074	-0,20
		510.0 CE	-0,089	-0,30	680.0 CE	-0,128	-0,46	0.0 SX	-0,094	-0,54
		170.0 SX	-0,077	-0,12	340.0 SX	-0,068	-0,03	510.0 SX	-0,083	-0,13
		680.0 SX	-0,120	-0,54	0.0 DX	-0,103	-0,16	170.0 DX	-0,087	-0,08
064/SLD	Si	340.0 DX	-0,079	-0,04	510.0 DX	-0,096	-0,09	680.0 DX	-0,135	-0,11
		0.0 CE	-0,077	-0,37	170.0 CE	-0,061	-0,16	340.0 CE	-0,052	-0,10
		510.0 CE	-0,064	-0,17	680.0 CE	-0,094	-0,30	0.0 SX	-0,076	-0,43
		170.0 SX	-0,060	-0,09	340.0 SX	-0,051	-0,03	510.0 SX	-0,062	-0,06
		680.0 SX	-0,093	-0,36	0.0 DX	-0,078	-0,08	170.0 DX	-0,062	-0,03
		340.0 DX	-0,053	-0,03	510.0 DX	-0,065	-0,03	680.0 DX	-0,096	-0,08

**ELEMENTO : TRAVE N° 16**

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
040	SLD	Si	0,0	-0,4	-454,7	-139,6	-13058,8	-0,223	-0,233
045	SLD	Si	0,5	-2,8	328,1	128,5	-14926,0	-0,245	-0,279

Cedimento massimo = -0.06 cm in Cmb n° 045

Cedimento minimo = 0.00 cm in Cmb n° 040

Cmb	Sismico	Nodo	Car.Netto	Cedimenti	Nodo	Car.Netto	Cedimenti	Nodo	Car.Netto	Cedimenti
-----	---------	------	-----------	-----------	------	-----------	-----------	------	-----------	-----------

040/SLD	Si	n°	daN/cm <sup>q</sup>	mm	n°	daN/cm <sup>q</sup>	mm	n°	daN/cm <sup>q</sup>	mm
		0.0 CE	-0,069	-0,18	120.6 CE	-0,063	-0,17	241.3 CE	-0,061	-0,16
		361.9 CE	-0,063	-0,17	482.5 CE	-0,066	-0,32	0.0 SX	-0,071	-0,08
		120.6 SX	-0,065	-0,03	241.3 SX	-0,061	-0,03	361.9 SX	-0,062	-0,03
		482.5 SX	-0,064	-0,10	0.0 DX	-0,066	-0,29	120.6 DX	-0,062	-0,14
045/SLD	Si	241.3 DX	-0,061	-0,18	361.9 DX	-0,064	-0,18	482.5 DX	-0,068	-0,36
		0.0 CE	-0,112	-0,36	120.6 CE	-0,099	-0,34	241.3 CE	-0,092	-0,31
		361.9 CE	-0,091	-0,31	482.5 CE	-0,091	-0,52	0.0 SX	-0,107	-0,09
		120.6 SX	-0,094	-0,10	241.3 SX	-0,086	-0,09	361.9 SX	-0,083	-0,09
		482.5 SX	-0,083	-0,14	0.0 DX	-0,117	-0,51	120.6 DX	-0,105	-0,16
241.3 DX	-0,099	-0,10	361.9 DX	-0,099	-0,21	482.5 DX	-0,100	-0,55		

**ELEMENTO : TRAVE N° 17**

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm <sup>q</sup>	T.T. max daN/cm <sup>q</sup>
045	SLD	Si	0,5	2,9	399,4	268,3	-14937,3	-0,245	-0,279
048	SLD	Si	0,0	0,5	-461,4	-111,1	-13074,1	-0,223	-0,234

Cedimento massimo = -0.06 cm in Cmb n° 045

Cedimento minimo = 0.00 cm in Cmb n° 048

Cmb	Sismico	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm
045/SLD	Si	0.0 CE	-0,091	-0,52	120.6 CE	-0,091	-0,31	241.3 CE	-0,093	-0,31
		361.9 CE	-0,100	-0,34	482.5 CE	-0,112	-0,36	0.0 SX	-0,083	-0,14
		120.6 SX	-0,083	-0,09	241.3 SX	-0,086	-0,09	361.9 SX	-0,094	-0,10
		482.5 SX	-0,106	-0,09	0.0 DX	-0,100	-0,55	120.6 DX	-0,099	-0,21
		241.3 DX	-0,099	-0,10	361.9 DX	-0,106	-0,17	482.5 DX	-0,117	-0,51
048/SLD	Si	0.0 CE	-0,066	-0,32	120.6 CE	-0,063	-0,17	241.3 CE	-0,061	-0,16
		361.9 CE	-0,064	-0,17	482.5 CE	-0,070	-0,18	0.0 SX	-0,064	-0,10
		120.6 SX	-0,062	-0,03	241.3 SX	-0,062	-0,03	361.9 SX	-0,065	-0,03
		482.5 SX	-0,072	-0,08	0.0 DX	-0,068	-0,36	120.6 DX	-0,064	-0,18
		241.3 DX	-0,061	-0,18	361.9 DX	-0,062	-0,14	482.5 DX	-0,067	-0,29

**ELEMENTO : TRAVE N° 18**

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm <sup>q</sup>	T.T. max daN/cm <sup>q</sup>
062	SLD	Si	-0,4	2,9	-142,2	-373,6	-14128,3	-0,234	-0,259
068	SLE rare	No	-0,3	2,2	-262,5	-21,3	-14947,3	-0,250	-0,270

Cedimento massimo = -0.10 cm in Cmb n° 062

Cedimento minimo = 0.00 cm in Cmb n° 062

Cmb	Sismico	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm
062/SLD	Si	0.0 CE	-0,078	-0,38	120.6 CE	-0,077	-0,27	241.3 CE	-0,080	-0,21
		361.9 CE	-0,087	-0,31	482.5 CE	-0,093	-0,78	0.0 SX	-0,082	-0,34
		120.6 SX	-0,081	-0,18	241.3 SX	-0,084	-0,04	361.9 SX	-0,091	-0,20
		482.5 SX	-0,097	-0,65	0.0 DX	-0,073	-0,30	120.6 DX	-0,072	-0,16
		241.3 DX	-0,075	-0,04	361.9 DX	-0,082	-0,19	482.5 DX	-0,089	-0,60
068/SLE rare	No	0.0 CE	-0,093	-0,52	120.6 CE	-0,092	-0,33	241.3 CE	-0,094	-0,31
		361.9 CE	-0,100	-0,43	482.5 CE	-0,104	-0,96	0.0 SX	-0,097	-0,47
		120.6 SX	-0,095	-0,21	241.3 SX	-0,098	-0,10	361.9 SX	-0,104	-0,23
		482.5 SX	-0,108	-0,73	0.0 DX	-0,090	-0,43	120.6 DX	-0,088	-0,14
		241.3 DX	-0,091	-0,09	361.9 DX	-0,097	-0,22	482.5 DX	-0,101	-0,68

**ELEMENTO : TRAVE N° 19**

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cm <sup>q</sup>	T.T. max daN/cm <sup>q</sup>
058	SLD	Si	-0,4	-2,9	-172,0	-307,1	-14130,2	-0,234	-0,259
068	SLE rare	No	-0,3	-2,2	-262,5	21,3	-14947,3	-0,250	-0,270

Cedimento massimo = -0.10 cm in Cmb n° 068

Cedimento minimo = 0.00 cm in Cmb n° 058

Cmb	Sismico	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cm <sup>q</sup>	Cedimenti mm
058/SLD	Si	0.0 CE	-0,093	-0,78	120.6 CE	-0,087	-0,31	241.3 CE	-0,080	-0,21
		361.9 CE	-0,077	-0,27	482.5 CE	-0,078	-0,38	0.0 SX	-0,097	-0,65
		120.6 SX	-0,091	-0,20	241.3 SX	-0,084	-0,04	361.9 SX	-0,081	-0,18
		482.5 SX	-0,082	-0,34	0.0 DX	-0,089	-0,60	120.6 DX	-0,082	-0,19
		241.3 DX	-0,075	-0,04	361.9 DX	-0,072	-0,16	482.5 DX	-0,073	-0,30
068/SLE rare	No	0.0 CE	-0,104	-0,96	120.6 CE	-0,100	-0,43	241.3 CE	-0,094	-0,31

361.9 CE	-0,092	-0,33	482.5 CE	-0,093	-0,52	0.0 SX	-0,108	-0,73
120.6 SX	-0,104	-0,23	241.3 SX	-0,098	-0,10	361.9 SX	-0,095	-0,21
482.5 SX	-0,097	-0,47	0.0 DX	-0,101	-0,68	120.6 DX	-0,097	-0,22
241.3 DX	-0,091	-0,09	361.9 DX	-0,088	-0,14	482.5 DX	-0,090	-0,43

**ELEMENTO : TRAVE N° 20**

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
044	SLD	Si	1,0	0,1	73,2	-114,6	-14682,0	-0,238	-0,271
068	SLE rare	No	1,0	0,0	314,5	-35,7	-15714,0	-0,255	-0,289

Cedimento massimo = -0.07 cm in Cmb n° 068

Cedimento minimo = -0.01 cm in Cmb n° 044

Cmb	Sismico	Nodo n°	Car.Netto daN/cmq	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cmq	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cmq	Cedimenti mm
044/SLD	Si	0.0 CE	-0,096	-0,30	120.6 CE	-0,091	-0,31	241.3 CE	-0,089	-0,29
		361.9 CE	-0,092	-0,31	482.5 CE	-0,095	-0,53	0.0 SX	-0,083	-0,33
		120.6 SX	-0,078	-0,13	241.3 SX	-0,076	-0,08	361.9 SX	-0,079	-0,13
		482.5 SX	-0,082	-0,48	0.0 DX	-0,109	-0,09	120.6 DX	-0,104	-0,10
068/SLE rare	No	241.3 DX	-0,102	-0,10	361.9 DX	-0,104	-0,10	482.5 DX	-0,108	-0,16
		0.0 CE	-0,114	-0,36	120.6 CE	-0,109	-0,43	241.3 CE	-0,107	-0,35
		361.9 CE	-0,110	-0,44	482.5 CE	-0,112	-0,70	0.0 SX	-0,100	-0,46
		120.6 SX	-0,095	-0,16	241.3 SX	-0,093	-0,10	361.9 SX	-0,096	-0,16
		482.5 SX	-0,098	-0,65	0.0 DX	-0,127	-0,10	120.6 DX	-0,122	-0,17
		241.3 DX	-0,121	-0,17	361.9 DX	-0,123	-0,17	482.5 DX	-0,126	-0,25

**ELEMENTO : TRAVE N° 21**

Cmb n°	Tipologia	Sismica	Ecc. B cm	Ecc. L cm	S. Taglio B daN	S. Taglio L daN	S. Normale daN	T.T. min daN/cmq	T.T. max daN/cmq
036	SLD	Si	1,0	-0,2	39,5	-173,9	-14664,6	-0,238	-0,270
068	SLE rare	No	1,0	0,0	314,5	35,7	-15714,0	-0,255	-0,289

Cedimento massimo = -0.07 cm in Cmb n° 068

Cedimento minimo = -0.01 cm in Cmb n° 036

Cmb	Sismico	Nodo n°	Car.Netto daN/cmq	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cmq	Cedimenti mm	Nodo n°	Car.Netto daN/cmq	Cedimenti mm
036/SLD	Si	0.0 CE	-0,095	-0,53	120.6 CE	-0,091	-0,31	241.3 CE	-0,089	-0,29
		361.9 CE	-0,090	-0,30	482.5 CE	-0,095	-0,30	0.0 SX	-0,082	-0,48
		120.6 SX	-0,078	-0,13	241.3 SX	-0,076	-0,08	361.9 SX	-0,078	-0,13
		482.5 SX	-0,082	-0,33	0.0 DX	-0,108	-0,16	120.6 DX	-0,104	-0,10
068/SLE rare	No	241.3 DX	-0,101	-0,10	361.9 DX	-0,103	-0,10	482.5 DX	-0,108	-0,08
		0.0 CE	-0,112	-0,70	120.6 CE	-0,110	-0,44	241.3 CE	-0,107	-0,35
		361.9 CE	-0,109	-0,43	482.5 CE	-0,114	-0,36	0.0 SX	-0,098	-0,65
		120.6 SX	-0,096	-0,16	241.3 SX	-0,093	-0,10	361.9 SX	-0,095	-0,16
		482.5 SX	-0,100	-0,46	0.0 DX	-0,126	-0,25	120.6 DX	-0,123	-0,17
		241.3 DX	-0,121	-0,17	361.9 DX	-0,122	-0,17	482.5 DX	-0,127	-0,10