

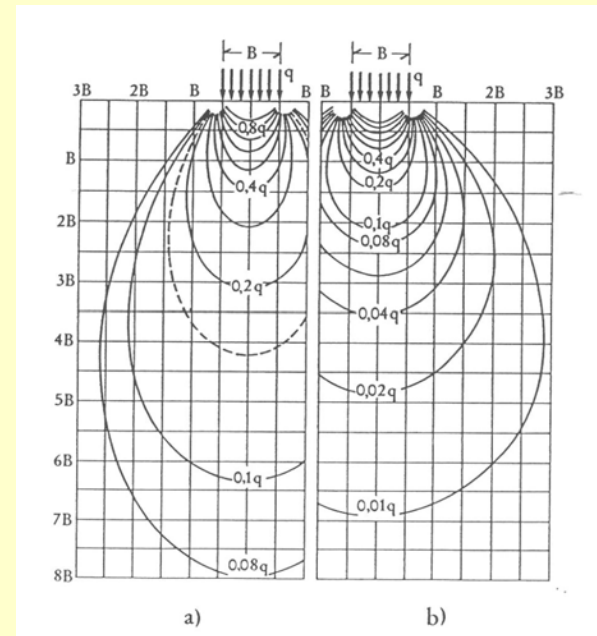
Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel. 075/5003198 - Fax 075/5004095



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

VERIFICA DI PORTANZA DELLE FONDAZIONI



Horae srl -
www.horae.it



Portanza delle fondazioni

Capitolo 6.4 - OPERE DI FONDAZIONE

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di **stato limite ultimo**, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della **resistenza del terreno** (SLU tipo GEO) e al raggiungimento della **resistenza degli elementi strutturali** (SLU tipo STR) che compongono la fondazione stessa.

Non è più consentita la verifica alle tensioni ammissibili (elastica)

$\sigma_{t,max}$ = massima tensione sul terreno

$\bar{\sigma}_t$ = tensione ammissibile terreno

~~$$\sigma_{t,max} \leq \bar{\sigma}_t$$~~



Portanza delle fondazioni

Capitolo 6.4 - OPERE DI FONDAZIONE

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di **stato limite ultimo**, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismi di collasso determinati dalla mobilitazione della **resistenza del terreno** (SLU tipo GEO) e al raggiungimento della **resistenza degli elementi strutturali** (SLU tipo STR) che compongono la fondazione stessa.

- SLU di tipo geotecnico (GEO)
 - collasso per carico limite dell'insieme fondazione-terreno
 - collasso per scorrimento sul piano di posa
 - stabilità globale
- SLU di tipo strutturale (STR)
 - raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali



Portanza delle fondazioni

Verifiche allo SLU

Per le diverse combinazioni di carico deve risultare:

$$E_d \leq R_d$$

Effetto delle azioni

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

Resistenza

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

Azioni e resistenza dipendono da: **coefficienti ponderali**



Portanza delle fondazioni

Verifiche allo SLU

Si possono adottare in alternativa due diversi approcci progettuali

Approccio 1

Si adottano due diverse combinazioni dei coefficienti parziali da applicare alle azioni (A) ai materiali (M) ed alla resistenza globale del sistema (R)

Combinazione 1: (A1+M1+R1)

Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2

Si adottano un'unica combinazioni dei coefficienti parziali da applicare alle azioni (A) ai materiali (M) ed alla resistenza globale del sistema (R)

Combinazione 1: (A1+M1+R3)



Portanza delle fondazioni

Verifiche allo SLU

Approccio 1

Combinazione 1: (A1+M1+R1)

Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2

Combinazione 1: (A1+M1+R3)

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

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3



Portanza delle fondazioni

Verifiche allo SLU

Approccio 1

Combinazione 1: (A1+M1+R1)

Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2

Combinazione 1: (A1+M1+R3)

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0



Portanza delle fondazioni

Verifiche allo SLU

Approccio 1

Combinazione 1: (A1+M1+R1)

Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2

Combinazione 1: (A1+M1+R3)

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$



Portanza delle fondazioni

Fondazioni profonde

Approccio 1

Combinazione 1: (A1+M1+R1)

Combinazione 2: (A2+M2+R2)

Approccio 2

Combinazione 1: (A1+M1+R3)

Tabella 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche.

Resistenza	Simbolo	Pali infissi			Pali trivellati			Pali ad elica continua		
		(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)	(R1)	(R2)	(R3)
Base	γ_b	1,0	1,45	1,15	1,0	1,7	1,35	1,0	1,6	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15	1,0	1,45	1,15
Totale (*)	γ_t	1,0	1,45	1,15	1,0	1,6	1,30	1,0	1,55	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25	1,0	1,6	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.



Portanza delle fondazioni

Fondazioni profonde

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad (6.2.10)$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,cal})_{media}}{\xi_3}, \frac{(R_{t,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad (6.2.11)$$

Tabella 6.4.IV – Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate.

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21



Portanza delle fondazioni

Capacità portante della fondazione

Fondazioni superficiali

Per la valutazione della capacità portante delle fondazioni possono essere utilizzate:

- le formule d'interazione (M, N, H) dell'ANNESSO F dell'EC 8 Parte 5
- altre formule d'interazione (M, N, H) disponibili in letteratura
- la formula generale di Brinch-Hansen



Portanza delle fondazioni

Capacità portante della fondazione

Fondazioni superficiali (Brinch-Hansen)

$$q_{lim} = q \cdot N_q \cdot \Psi_q \cdot i_q \cdot d_q \cdot b_q \cdot g_q \cdot s_q + c \cdot N_c \cdot \Psi_c \cdot i_c \cdot d_c \cdot b_c \cdot g_c \cdot s_c + \frac{1}{2} \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma$$

→ contributo coesione
 → contributo sovraccarico
 → contributo attrito

Fondazioni su pali

$$q_{lim} = q_{punta} + q_{lat} - p_{pal} - p_{attr}$$

→ contributo attrito
 → peso del palo
 → portanza laterale
 → resistenza alla punta



Portanza delle fondazioni

Capacità portante della fondazione

Fondazioni superficiali (Brinch-Hansen)

Caratteristiche geometriche della fondazione:

q = carico sul piano di fondazione

B = lato minore della fondazione

L = lato maggiore della fondazione

D = profondità della fondazione

α = inclinazione base della fondazione

G = peso specifico del terreno

B' = larghezza di fondazione ridotta = $B - 2 eB$

L' = lunghezza di fondazione ridotta = $L - 2 eL$

Caratteristiche di carico sulla fondazione:

H = risultante delle forze orizzontali

N = risultante delle forze verticali

eB = eccentricità del carico verticale lungo B

eL = eccentricità del carico verticale lungo L

FhB = forza orizzontale lungo B

FhL = forza orizzontale lungo L

Caratteristiche del terreno di fondazione:

b = inclinazione terreno a valle

$c = c_u$ = coesione non drenata (condizioni U)

$c = c'$ = coesione drenata (condizioni D)

G = peso specifico apparente (condizioni U)

$G = G'$ = peso specifico sommerso (condizioni D)

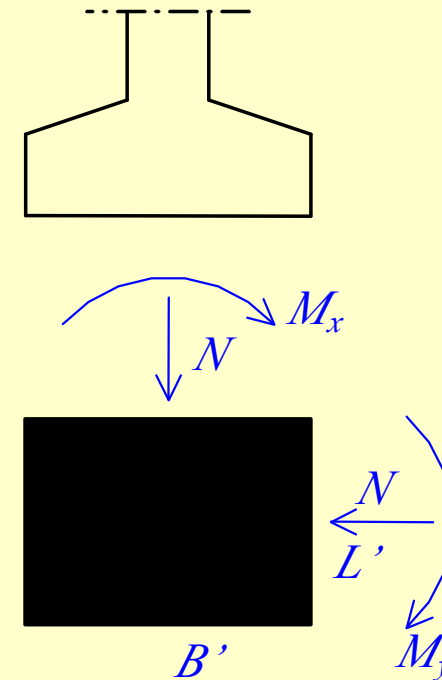
$f = 0$ = angolo di attrito interno (condizioni U)

$f = f'$ = angolo di attrito interno (condizioni D)

Portanza delle fondazioni

Formula generale di Brinch-Hansen

Si considera un'impronta efficace della fondazione ridotta rispetto a quella reale



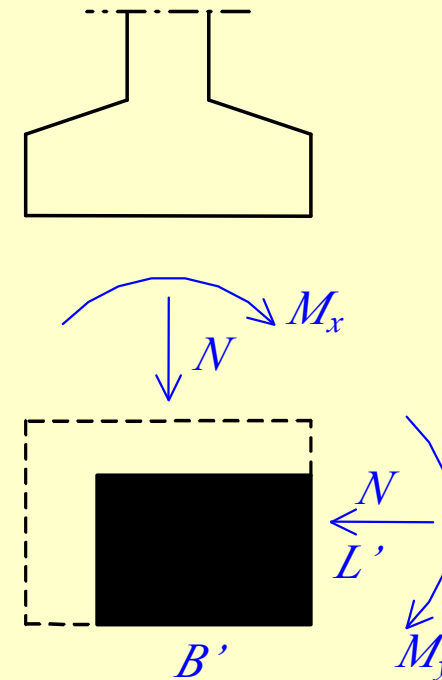
Portanza delle fondazioni

Formula generale di Brinch-Hansen

Si considera un'impronta efficace della fondazione ridotta rispetto a quella reale

$$\begin{cases} B' = B - 2e_y & e_y = \frac{M_x}{N} \\ L' = L - 2e_x & e_x = \frac{M_y}{N} \end{cases}$$

La riduzione dell'area di impronta è legata alle eccentricità dei carichi ed ha lo scopo di simulare la non resistenza a trazione del terreno





Portanza delle fondazioni

Formula generale di Brinch-Hansen: **limiti**

- Il comportamento non lineare e la non resistenza a trazione del terreno sono tenuti in conto in forma approssimata
- Permette la valutazione della portanza dei singoli elementi strutturali di fondazione e non dell'intero sistema di fondazione nella sua globalità
- Può essere applicata solo a plinti, diretti o su pali, ed a travi rovesce ma non alle platee di fondazione, per le quali non è corretto operare una riduzione della superficie di impronta



Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto

Il metodo di verifica proposto consiste nella valutazione del coefficiente di sicurezza dell'insieme terreno-fondazione

$$\lambda_u = \frac{R_d}{E_d}$$

R_d = Resistenza

E_d = Effetto delle azioni

A tale scopo è condotta un'analisi non lineare quasi statica incrementale sulla sottostruttura di fondazione estrapolata dall'intero sistema strutturale

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel. 075/5003198 - Fax 075/5004095



S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: sottostruttura di fondazione

È composta da tutti gli elementi strutturali a contatto con il suolo (travi rovesce, platee, plinti) e da quelli, non di fondazione, che giacciono sul piano di posa degli elementi di fondazione

Horae srl -

www.horae.it

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel. 075/5003198 - Fax 075/5004095

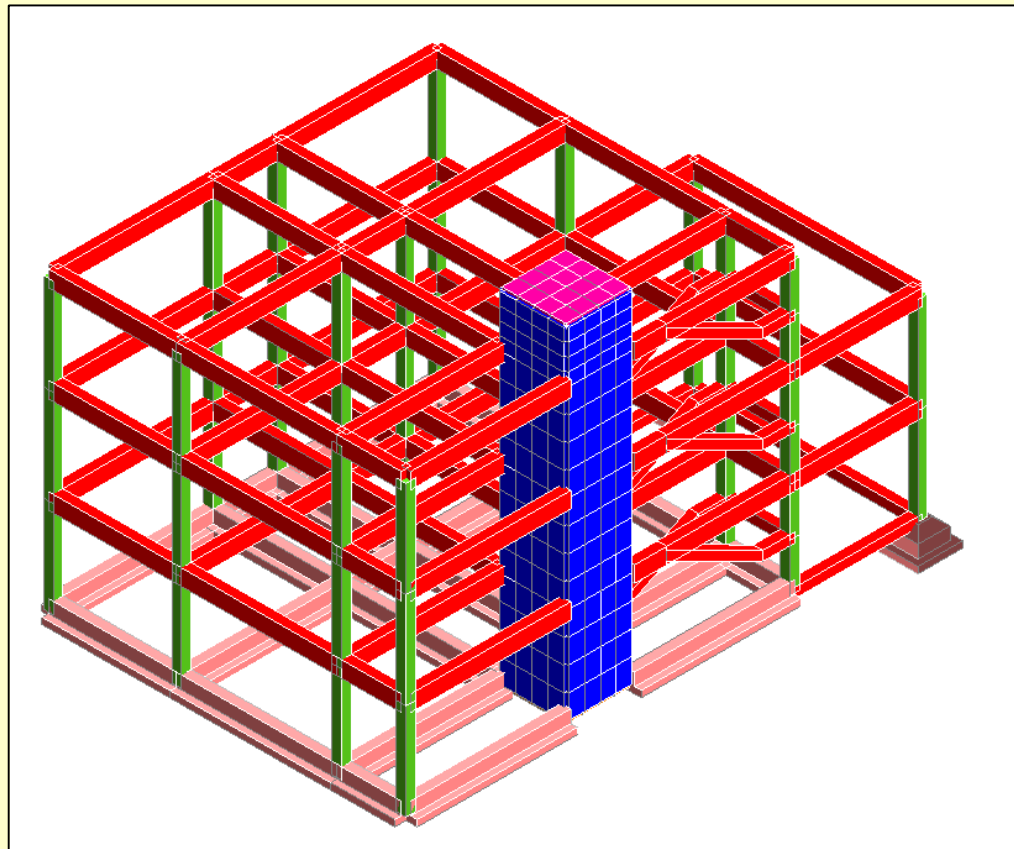


S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: **sottostruttura di fondazione**



Modello intero sistema strutturale

Horae srl -

www.horae.it

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel. 075/5003198 - Fax 075/5004095

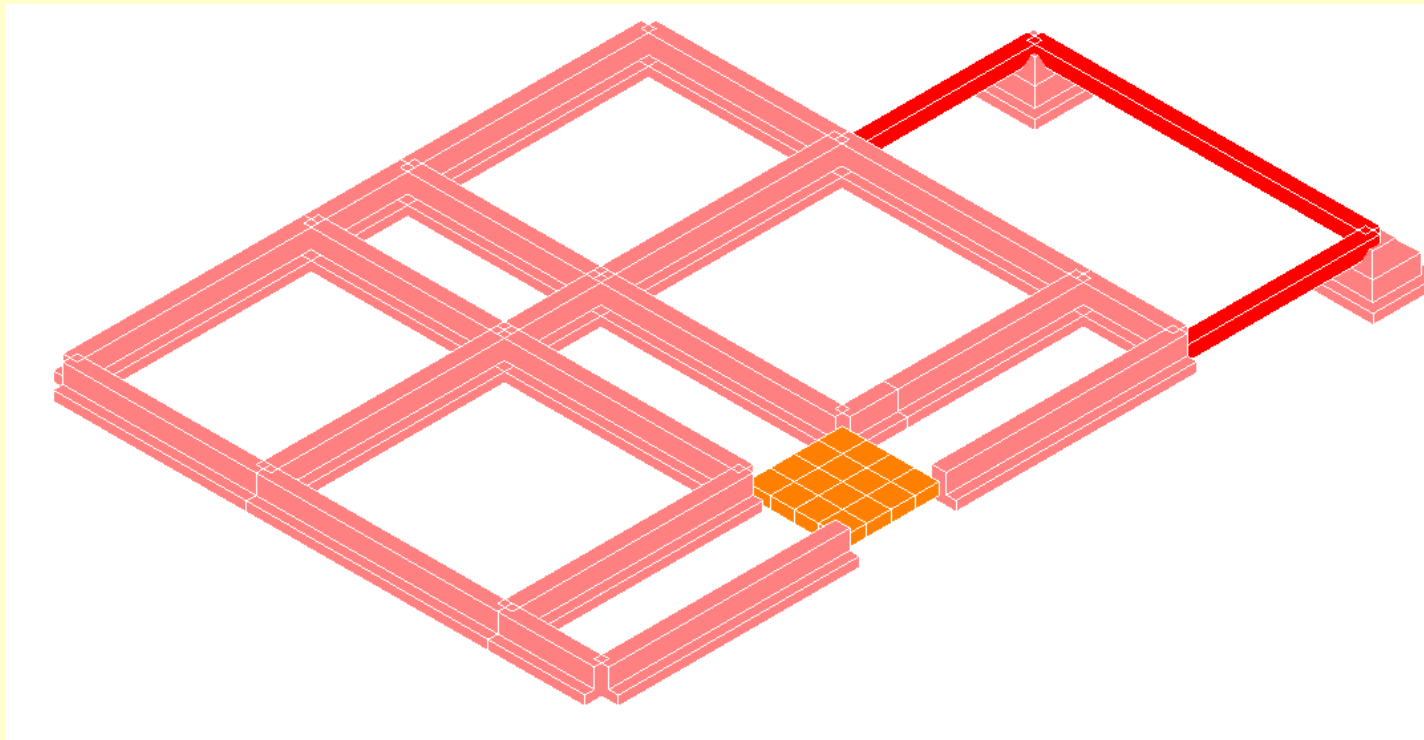


S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: **sottostruttura di fondazione**



Sottostruttura di fondazione

Horae srl -

www.horae.it

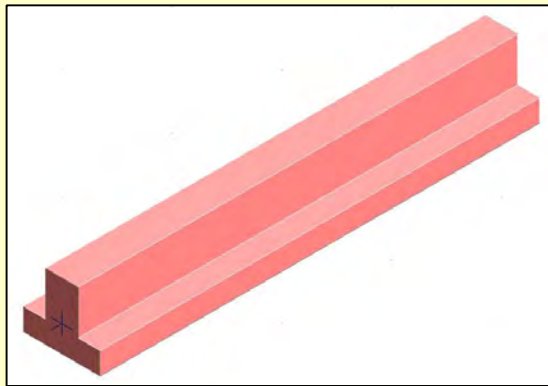
Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: sottostruttura di fondazione

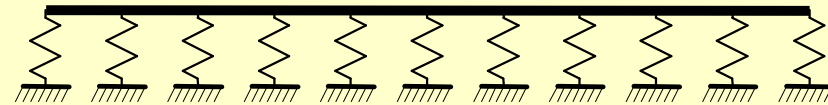
Tutti gli elementi della sottostruttura di fondazione sono modellati a comportamento elastico lineare

Gli elementi di fondazione sono schematizzati come poggianti su un letto di molle a comportamento non lineare

Travi rovesce



Elemento strutturale



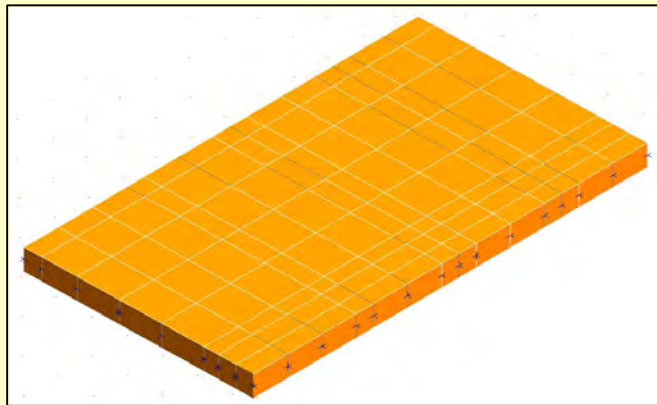
Schema statico

Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: sottostruttura di fondazione

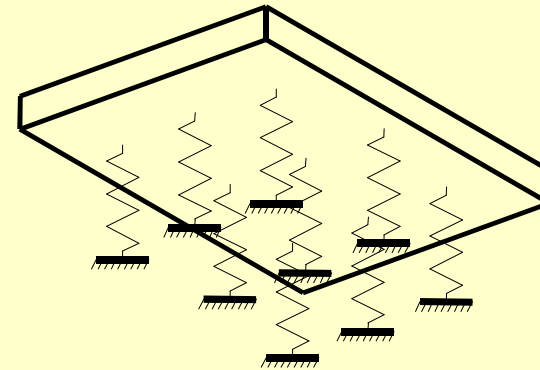
Tutti gli elementi della sottostruttura di fondazione sono modellati a comportamento elastico lineare

Gli elementi di fondazione sono schematizzati come poggianti su un letto di molle a comportamento non lineare



Elemento strutturale

Platee



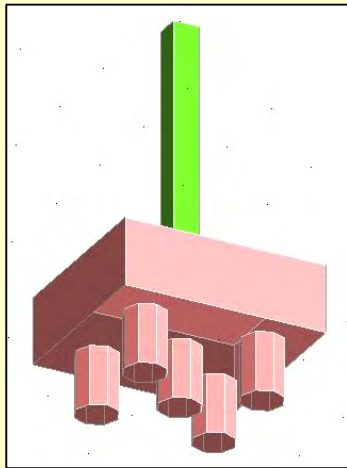
Schema statico

Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: sottostruttura di fondazione

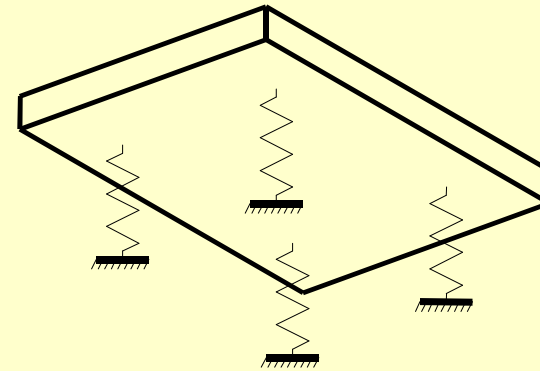
Tutti gli elementi della sottostruttura di fondazione sono modellati a comportamento elastico lineare

Gli elementi di fondazione sono schematizzati come poggianti su un letto di molle a comportamento non lineare



Elemento strutturale

Plinti



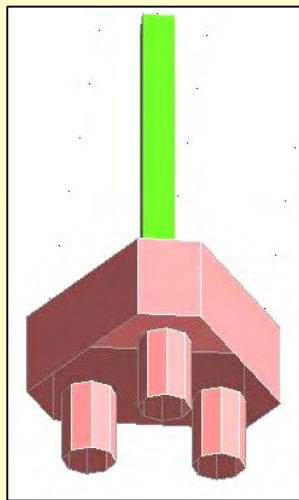
Schema statico

Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: sottostruttura di fondazione

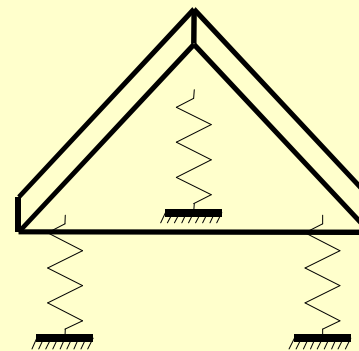
Tutti gli elementi della sottostruttura di fondazione sono modellati a comportamento elastico lineare

Gli elementi di fondazione sono schematizzati come poggianti su un letto di molle a comportamento non lineare



Elemento strutturale

Plinti



Schema statico

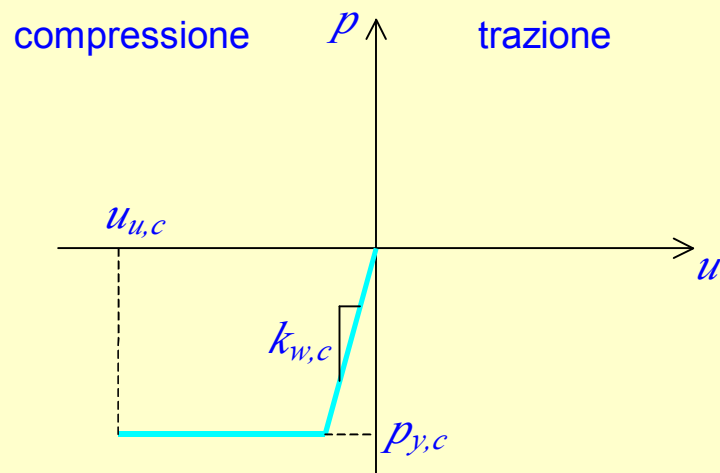


Portanza delle fondazioni

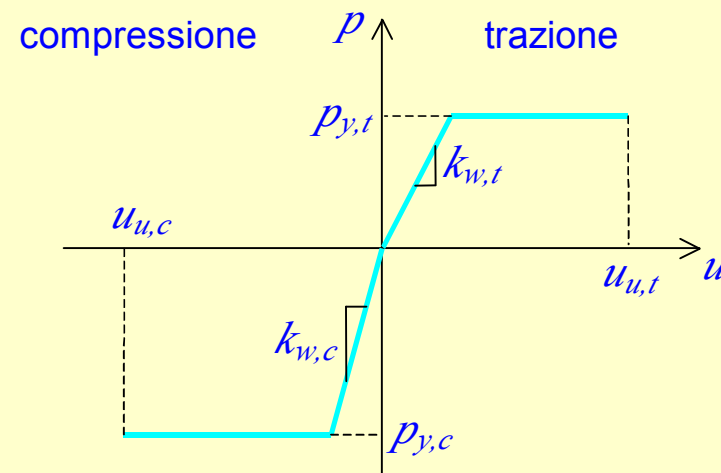
Nuovo approccio proposto: sottostruttura di fondazione

I legami costitutivi forza-spostamento ($p-u$) delle molle sono di tipo non lineare

Fondazioni superficiali



Fondazioni profonde





Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: sottostruttura di fondazione

Per le fondazioni superficiali la rigidezza iniziale $k_{w,c}$ del legame è valutata a partire dalla costante di Winkler del terreno

Per le fondazioni profonde la rigidezze iniziali $k_{w,c}$ e $k_{w,t}$ sono valutate tenendo conto delle caratteristiche del terreno e della geometria del palo

Le forze di limite elastico $p_{y,c}$ e $p_{y,t}$ sono dedotte dai valore della capacità portante ultima calcolata con le normali teorie di Brinch-Hansen e Vesic non effettuando però la riduzione della superficie di impronta efficace di contatto fra fondazione e terreno

Gli spostamenti ultimi $u_{u,c}$ ed $u_{u,t}$ sono fissati sulla base di valori teorico-sperimentali riportati nella letteratura tecnica



Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: analisi

Sulla sottostruttura di fondazione è applicato un sistema di forze nodali determinate come gli scarichi in fondazione derivanti dalla sovrastruttura

L'analisi è condotta facendo crescere monotonamente le forze applicate sulla sottostruttura di fondazione fino al raggiungimento di uno stato limite geotecnico o strutturale

La procedura è ripetuta per tutte le combinazioni di carico previste, e consente la determinazione del moltiplicatore a rottura dei carichi, che ovviamente coincide con il coefficiente di sicurezza



Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: verifiche

Sono tenuti in conto gli SLU tipo GEO (meccanismi di collasso determinati dalla crisi del terreno) e tipo STR (meccanismi di collasso determinati dalla crisi degli elementi strutturali)

SLU tipo GEO

- crisi per perdita dell'equilibrio (il suolo risulta interamente plasticizzato e non è più in grado di equilibrare incrementi delle forze applicate)
- crisi per eccesso di abbassamento (sotto le forze applicate lo spostamento attinge ad un valore ultimo u_u)

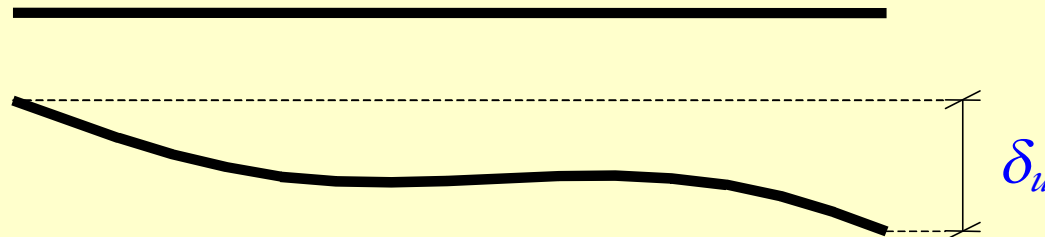
Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: verifiche

Sono tenuti in conto gli SLU tipo GEO (meccanismi di collasso determinati dalla crisi del terreno) e tipo STR (meccanismi di collasso determinati dalla crisi degli elementi strutturali)

SLU tipo STR

- crisi per eccesso di spostamento relativo (sotto le forze applicate lo spostamento relativo fra i nodi di un elemento strutturale attinge ad un valore ultimo δ_u)



Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: verifiche

In particolare si assume che sia stato raggiunto lo stato limite ultimo del terreno se lo spostamento sotto una delle molle non lineari attinge al valore ultimo. Inoltre si ha lo stato limite ultimo nel terreno se tutte le molle che modellano il suolo hanno raggiunto la fase plastica del legame costitutivo. In questa condizione infatti non è più possibile equilibrare ulteriori incrementi di carico.

Per quanto riguarda gli elementi strutturali, essendo questi ipotizzati a comportamento elastico lineare, la verifica allo stato limite è ricondotta ad una verifica degli spostamenti relativi. Lo stato limite ultimo si ritiene raggiunto se la differenza fra gli spostamenti di due nodi dell'elemento risulta superiore ad $1/50$ della distanza fra i nodi.

Le verifiche sono analoghe nel caso in cui sia condotta una verifica classica di portanza delle fondazioni, con la sola differenza che in questo caso lo spostamento ultimo del terreno è assunto pari a quello di limite elastico.

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel. 075/5003198 - Fax 075/5004095



S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

Portanza delle fondazioni

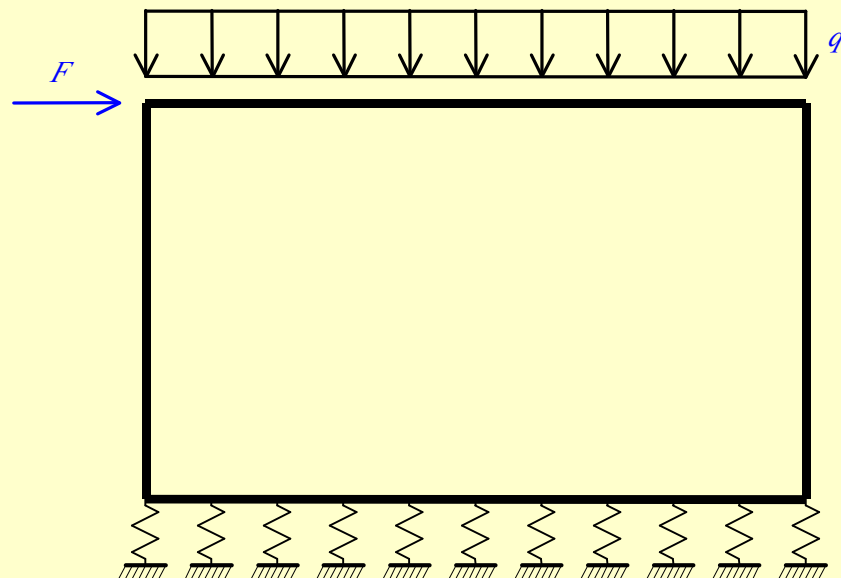
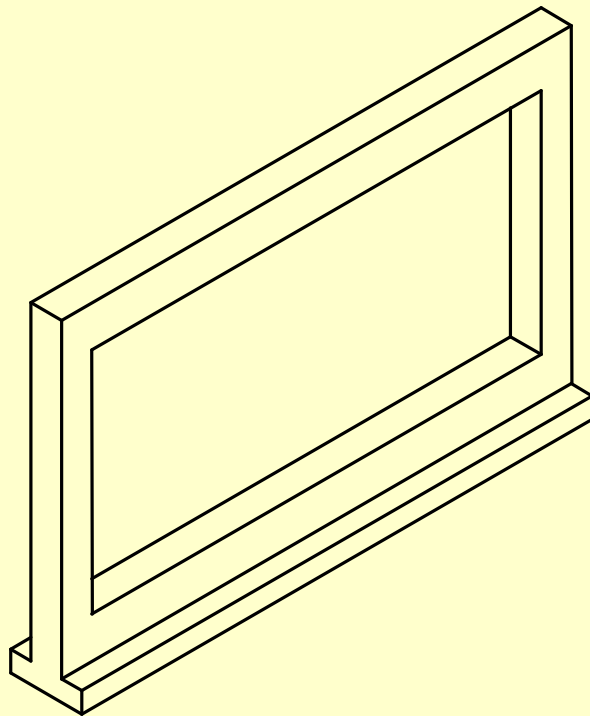
Nuovo approccio proposto: accuratezza

Sono state eseguite prove di validazione della procedura descritta analizzando singoli elementi strutturali di fondazione e sistemi di fondazione composti

Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: accuratezza

Trave rovescia telaio ad una campata

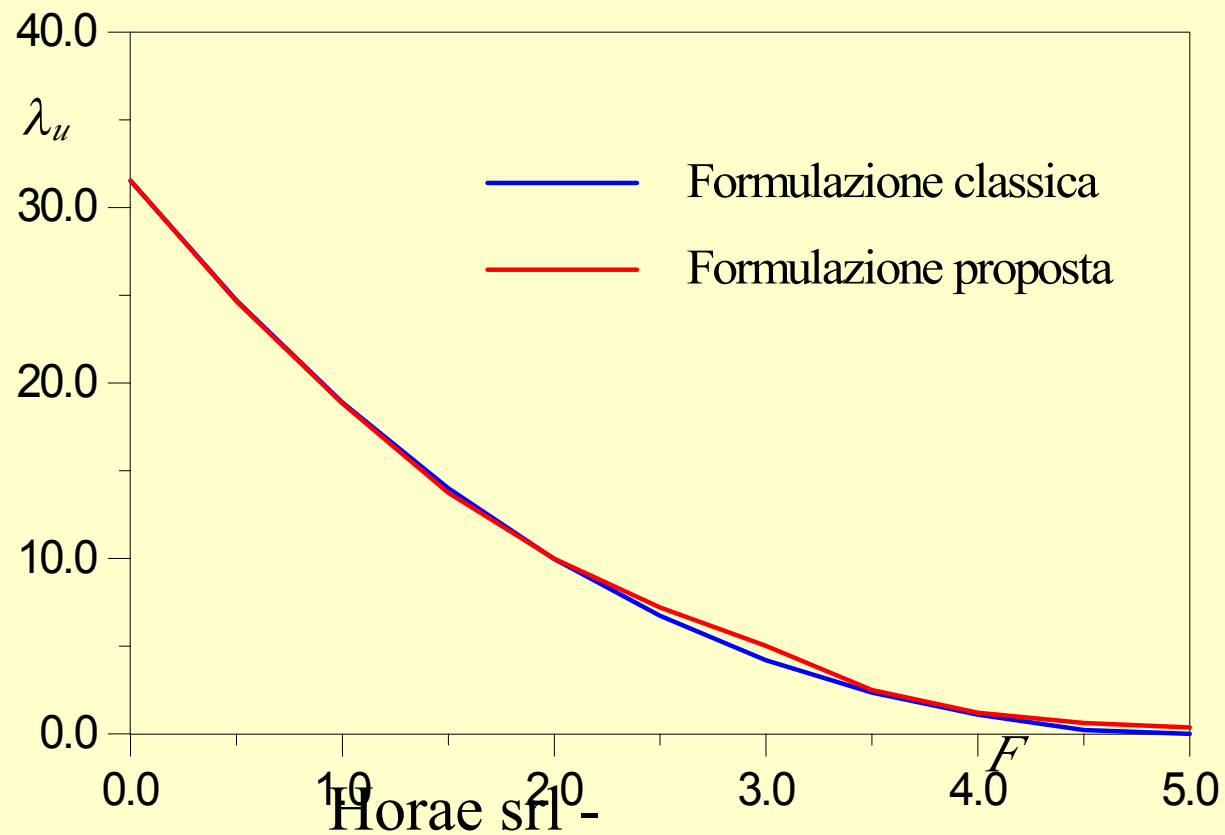




Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: accuratezza

Trave rovescia telaio ad una campata

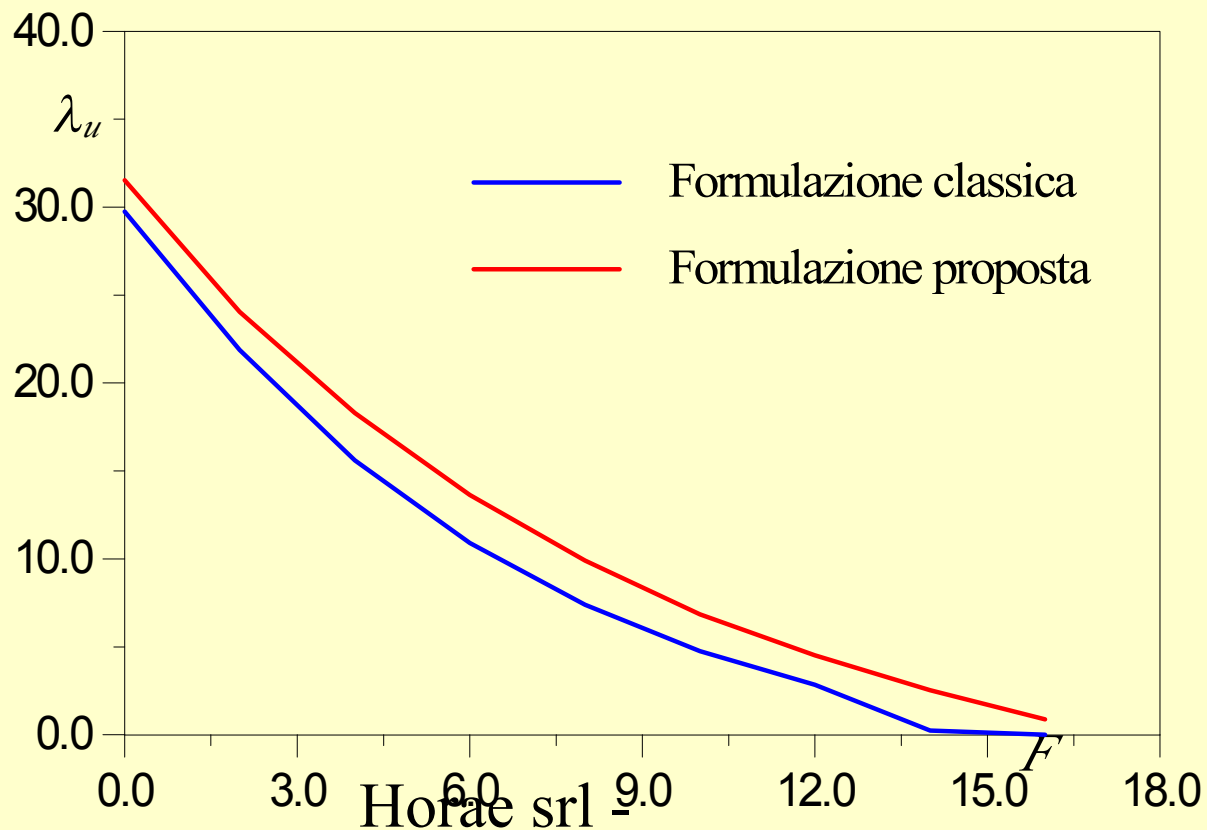




Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: accuratezza

Trave rovescia telaio a tre campate

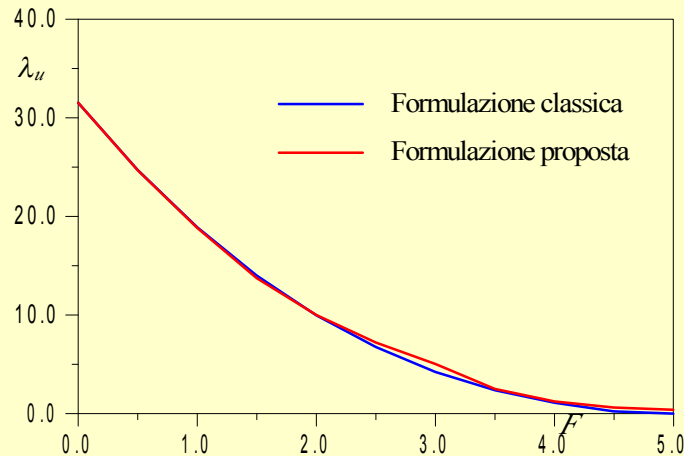




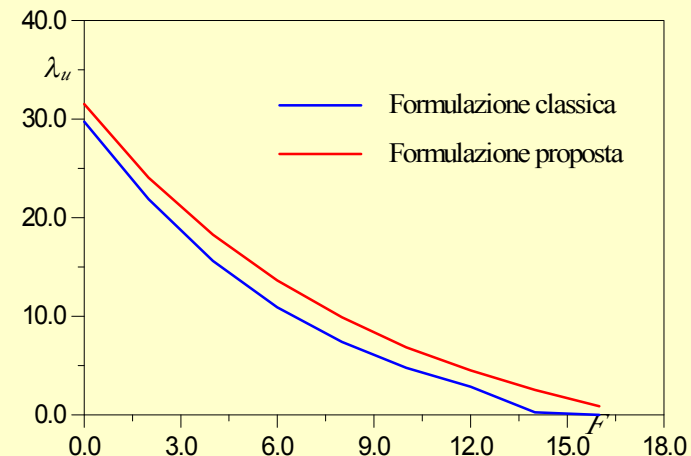
Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: accuratezza

Telaio ad una campata



Telaio a tre campate



Nel caso di una singola asta si ha un pressoché perfetto accordo fra le formulazioni classica e proposta. Nel caso di più aste la formulazione proposta fornisce un coefficiente di sicurezza maggiore perché è in grado di cogliere gli effetti della redistribuzione delle tensioni sul terreno

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel. 075/5003198 - Fax 075/5004095



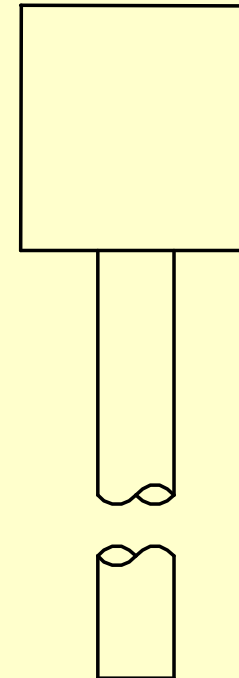
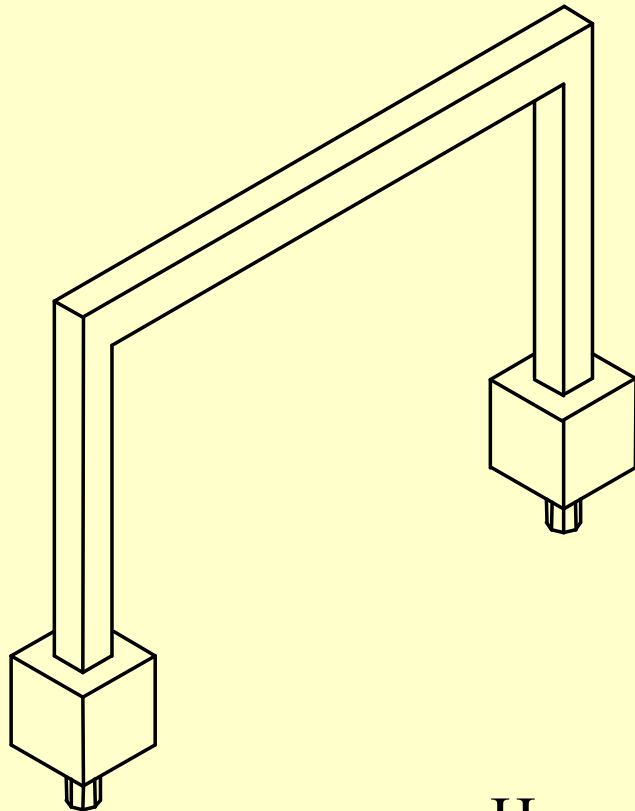
S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: accuratezza

Plinti telaio ad una campata



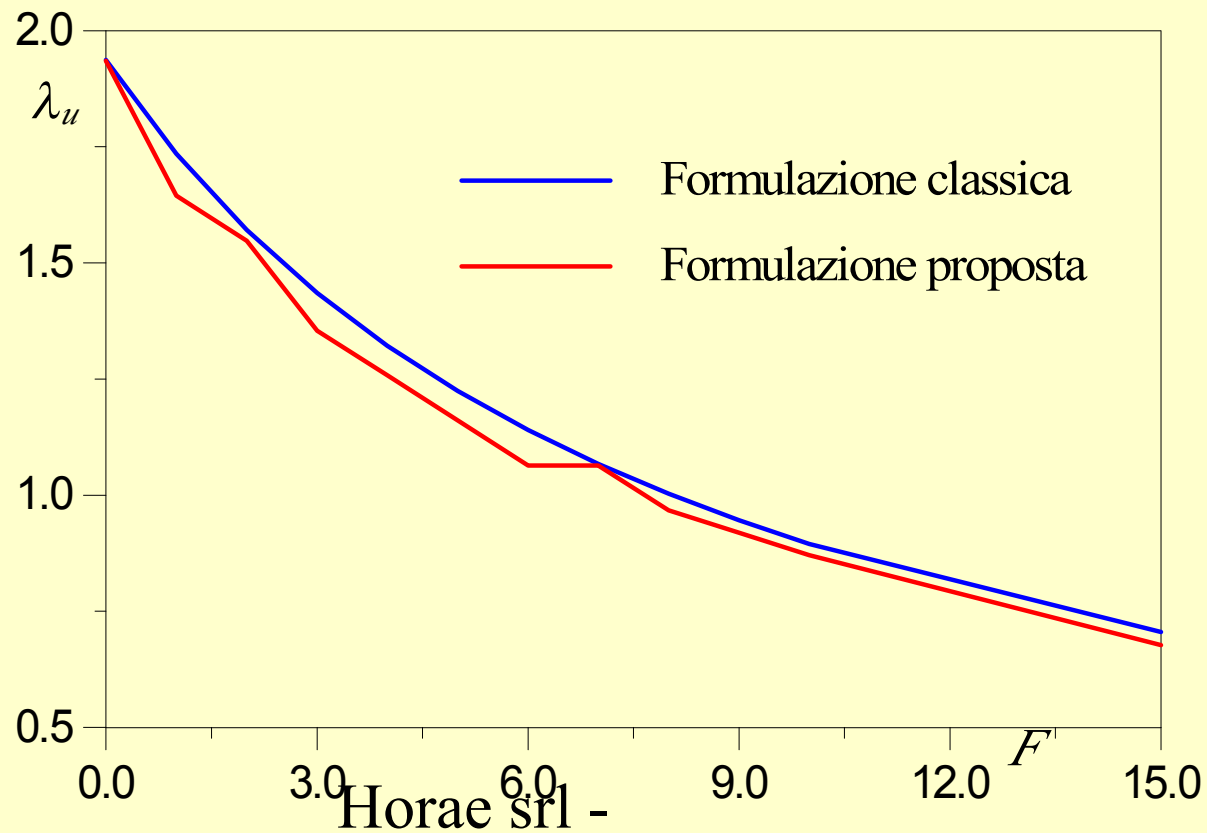
Horae srl -
www.horae.it



Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: accuratezza

Plinti telaio ad una campata

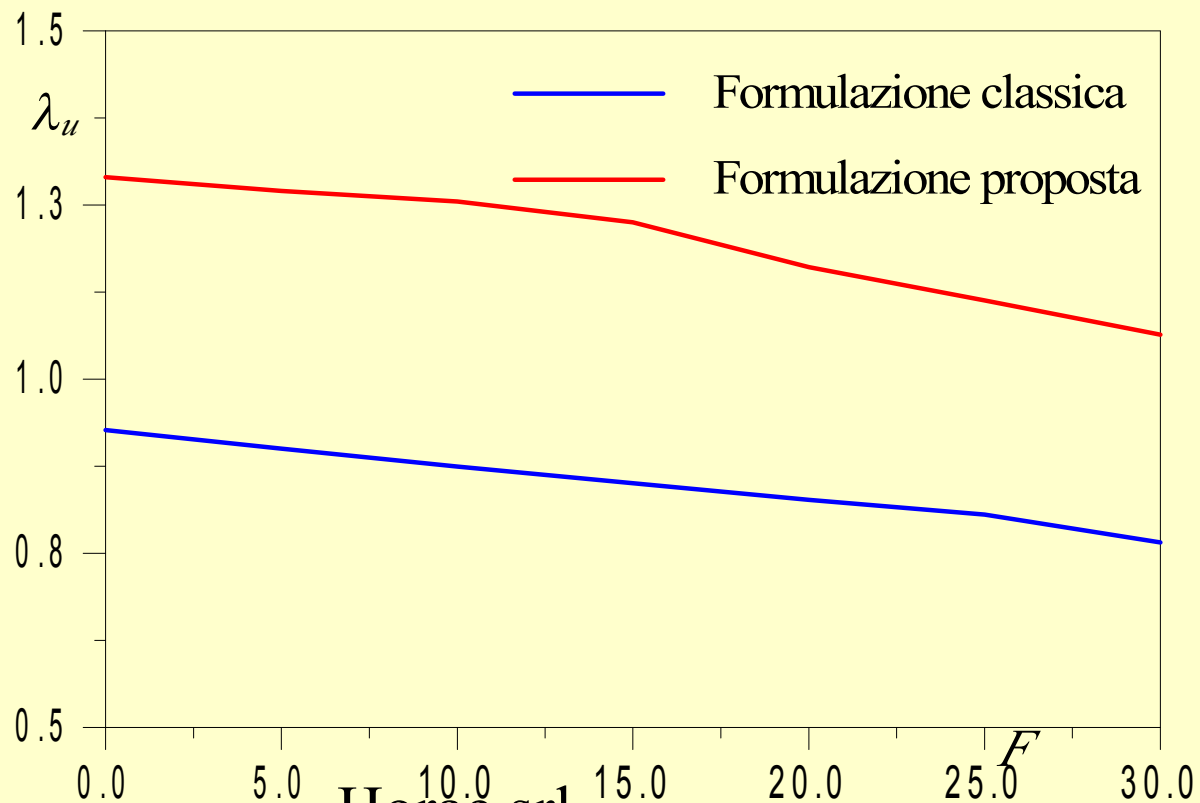




Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: accuratezza

Plinti telaio a tre campata

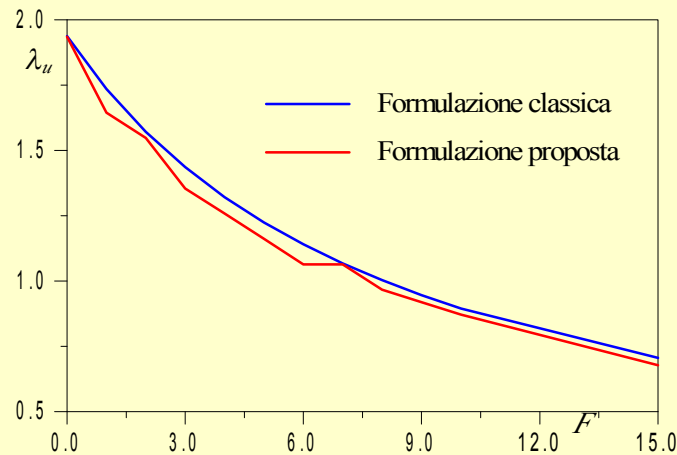




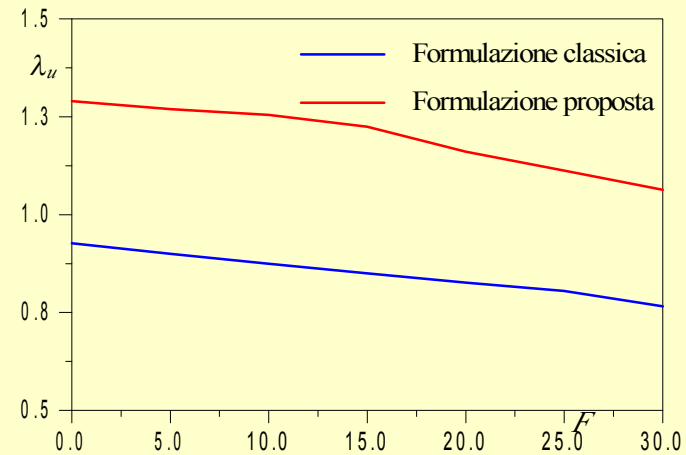
Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: accuratezza

Telaio ad una campata



Telaio a tre campate



Nel caso di una singola asta si ha un pressoché perfetto accordo fra le formulazioni classica e proposta. Nel caso di più aste la formulazione proposta fornisce un coefficiente di sicurezza maggiore perché è in grado di cogliere gli effetti della redistribuzione delle tensioni sul terreno

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel.075/5003198 - Fax 075/5004095



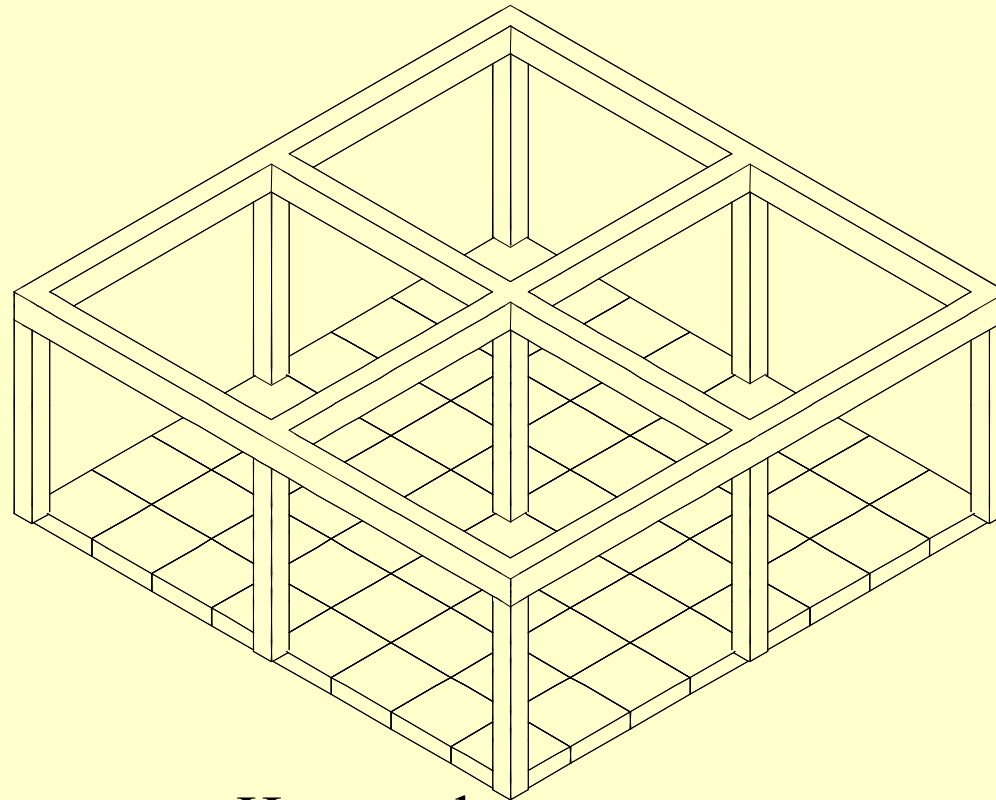
S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: accuratezza

Platea di fondazioe



Horae srl -

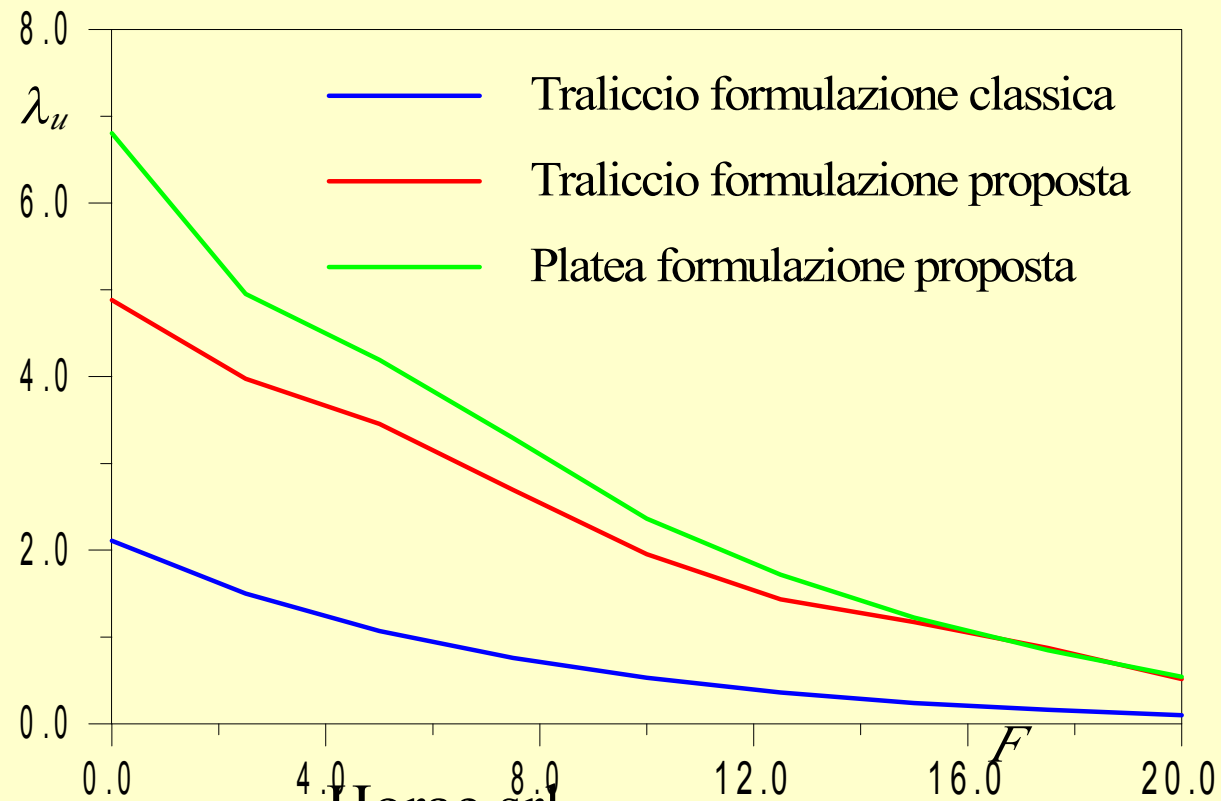
www.horae.it



Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: accuratezza

Platea di fondazione





Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: vantaggi

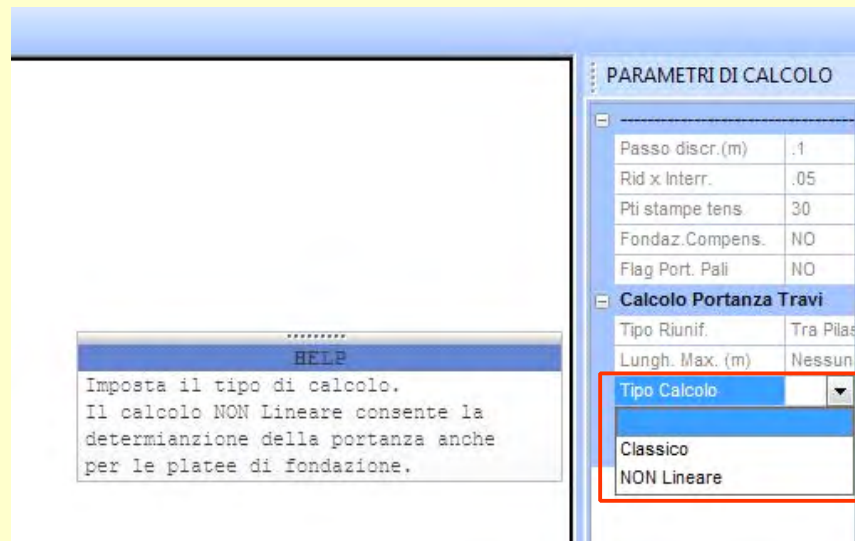
- il sistema di fondazione è studiato nella sua globalità e non analizzando singolarmente gli elementi strutturali che lo compongono
- si riesce a tenere conto degli effetti della redistribuzione delle tensioni sul suolo di fondazione
- si riesce a tenere conto della non resistenza a trazione del terreno senza ricorrere a riduzioni (fortemente approssimate) dell'impronta efficace della fondazione
- non interviene alcuna complicazione nello studio di elementi di fondazione bidimensionali (platee di fondazione)



Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: software C.D.G. *Win*

È possibile scegliere fra le analisi classica e non lineare



Nella nuova versione di C.D.G. *Win* anche nel caso di analisi classica sono analizzate e verificate le platee di fondazione

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel.075/5003198 - Fax 075/5004095



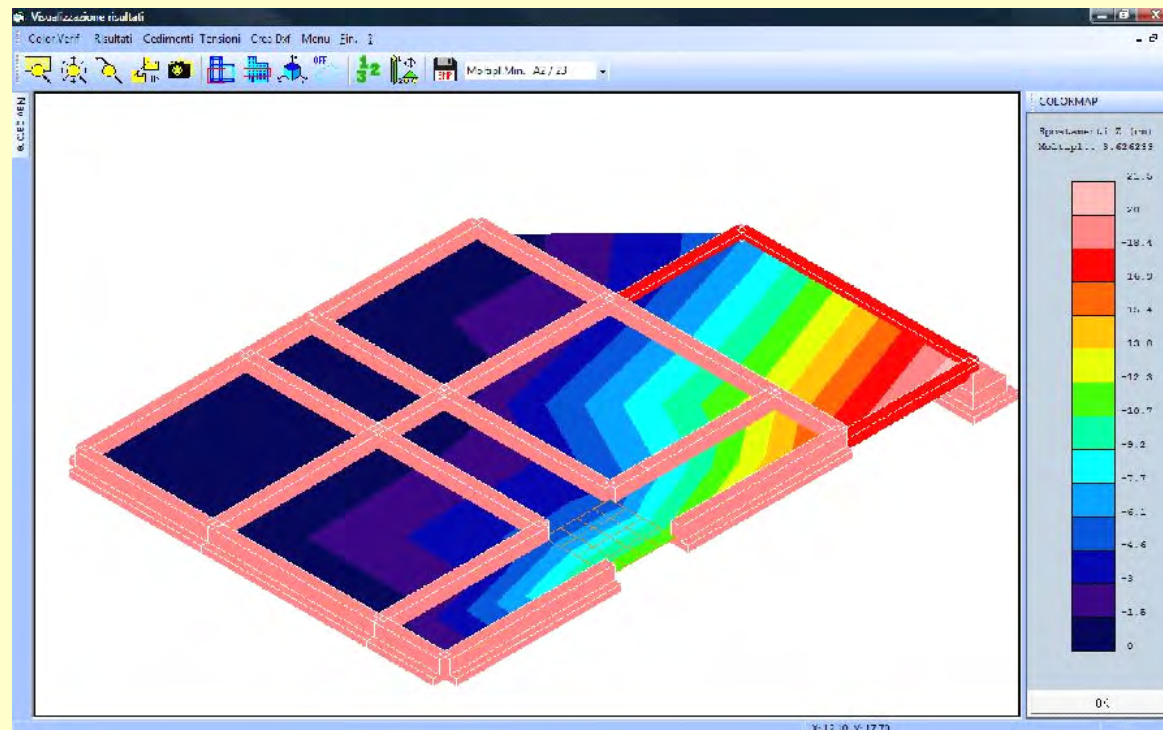
S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: software C.D.G. *Win*

Nella visualizzazione dei risultati sono rappresentati a colori gli abbassamenti



Horae srl -
www.horae.it

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel.075/5003198 - Fax 075/5004095



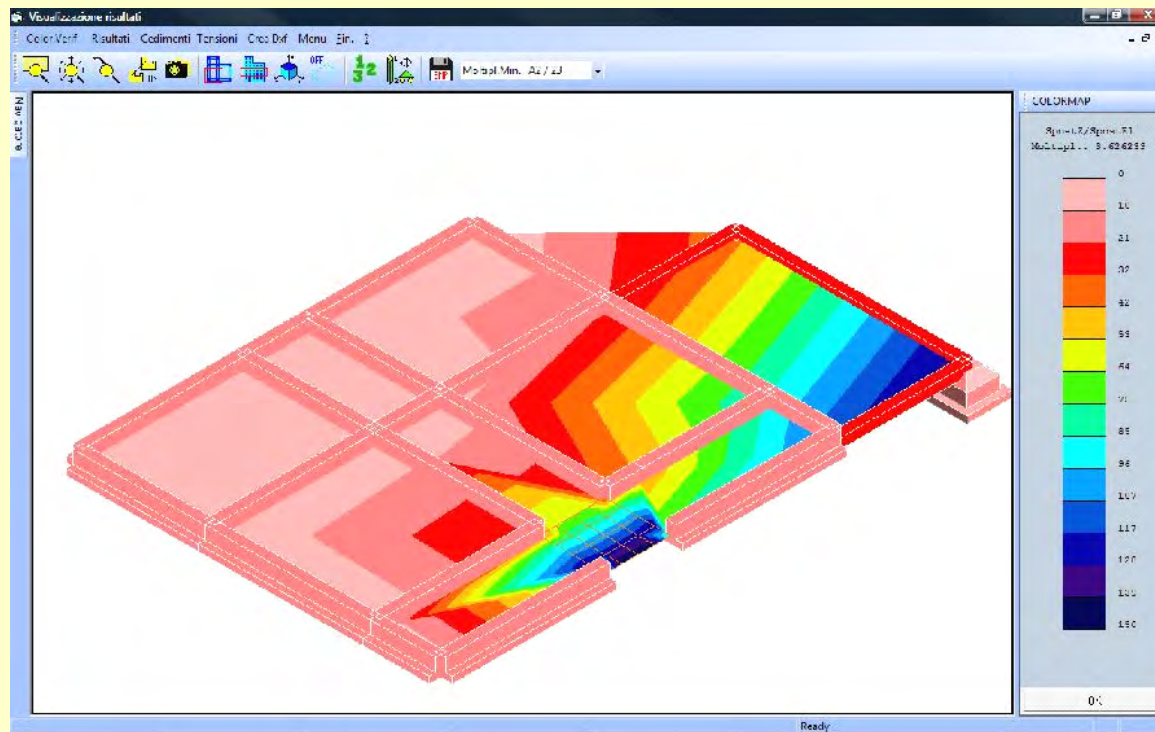
S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: software C.D.G. *Win*

Nella visualizzazione dei risultati sono rappresentati a colori gli abbassamenti e le plasticizzazioni del suolo di fondazione



Horae srl -
www.horae.it

Horaevia C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel.075/5003198 - Fax 075/5004095**S.T.S. s.r.l.****Software Tecnico Scientifico**

Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: software C.D.G. *Win*

Nella stampa dei risultati sono riportati i moltiplicatori a collasso delle forze applicate

PORTANZA GLOBALE - MOLTIPLICATORI DI COLLASSO															
		DRENATE		NON DRENATE		RISULTATI				DRENATE		NON DRENATE		RISULTATI	
Comb N.ro	Moltip. Collasso	%Pl. Moll	Moltip. Collasso	%Pl. Moll	Moltip. Minimo	STATUS (m)		Comb N.ro	Moltip. Collasso	%Pl. Moll	Moltip. Collasso	%Pl. Moll	Moltip. Minimo	STATUS (m)	
A1 / 1	12.542	51				OK		A2 / 1	5.258	99				OK	
A2 / 2	4.532	100				OK		A2 / 3	4.531	99				OK	
A2 / 4	4.532	100				OK		A2 / 5	4.530	100				OK	
A2 / 6	3.640	70				OK		A2 / 7	3.636	70				OK	
A2 / 8	3.642	70				OK		A2 / 9	3.638	70				OK	
A2 / 10	4.441	98				OK		A2 / 11	4.499	99				OK	
A2 / 12	4.525	100				OK		A2 / 13	4.501	99				OK	
A2 / 14	4.474	98				OK		A2 / 15	4.476	98				OK	
A2 / 16	4.475	98				OK		A2 / 17	4.476	98				OK	
A2 / 18	4.219	95				OK		A2 / 19	4.220	95				OK	
A2 / 20	4.225	95				OK		A2 / 21	4.227	95				OK	
A2 / 22	3.628	74				OK		A2 / 23	3.626	74				OK	
A2 / 24	3.635	74				OK		A2 / 25	3.633	74				OK	
A2 / 26	4.465	98				OK		A2 / 27	4.463	98				OK	
A2 / 28	4.480	99				OK		A2 / 29	4.477	99				OK	
A2 / 30	3.631	73				OK		A2 / 31	3.633	73				OK	
A2 / 32	3.639	73				OK		A2 / 33	3.641	74			3.641	OK	

Horae srl -
www.horae.it



Portanza delle fondazioni

Nuovo approccio proposto: software C.D.G. *Win*

Nella stampa dei risultati sono riportati i moltiplicatori a collasso delle forze applicate e gli abbassamenti nodali

PORTANZA GLOBALE - ABBASSAMENTI COMBINAZ.:A2 / 33														
Nodo3d N.ro	DRENATE		NON DRENATE		Nodo3d N.ro	DRENATE		NON DRENATE		Nodo3d N.ro	DRENATE		NON DRENATE	
	SpostZ (cm)	SpostZ/ SpostEl	SpostZ (cm)	SpostZ/ SpostEl		SpostZ (cm)	SpostZ/ SpostEl	SpostZ (cm)	SpostZ/ SpostEl		SpostZ (cm)	SpostZ/ SpostEl	SpostZ (cm)	SpostZ/ SpostEl
1	-2.309	15			3	-10.987	73			5	-9.292	62		
7	-10.243	65			9	-9.337	57			11	-1.202	8		
13	-5.377	35			15	-3.906	25			17	-7.154	46		
19	-0.056	ELAST.			21	-0.261	2			23	-0.177	1		
25	-0.672	4			27	-0.152	ELAST.			29	-0.097	ELAST.		
31	-0.071	ELAST.			33	-0.075	ELAST.			35	-0.027	ELAST.		
42	-4.640	29			94	-6.569	82			95	-8.137	101		
96	-9.695	121			97	-4.929	61			98	-6.306	76		
99	-7.800	94			100	-9.289	112			101	-10.681	133		
102	-4.593	57			103	-5.985	72			104	-7.440	89		
105	-8.884	107			106	-10.252	128			107	-4.268	53		
108	-5.581	67			109	-7.052	85			110	-8.493	102		
111	-9.742	121			112	-5.062	63			113	-6.648	83		
114	-8.196	102												

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel.075/5003198 - Fax 075/5004095



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

LIQUEFAZIONE

Esempio pratico:



Horae srl -
www.horae.it



LIQUEFAZIONE

Normativa:

7.11.3.4 Stabilità nei confronti della liquefazione

7.11.3.4.1 Generalità

Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

Normativa:

LIQUEFAZIONE

7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione

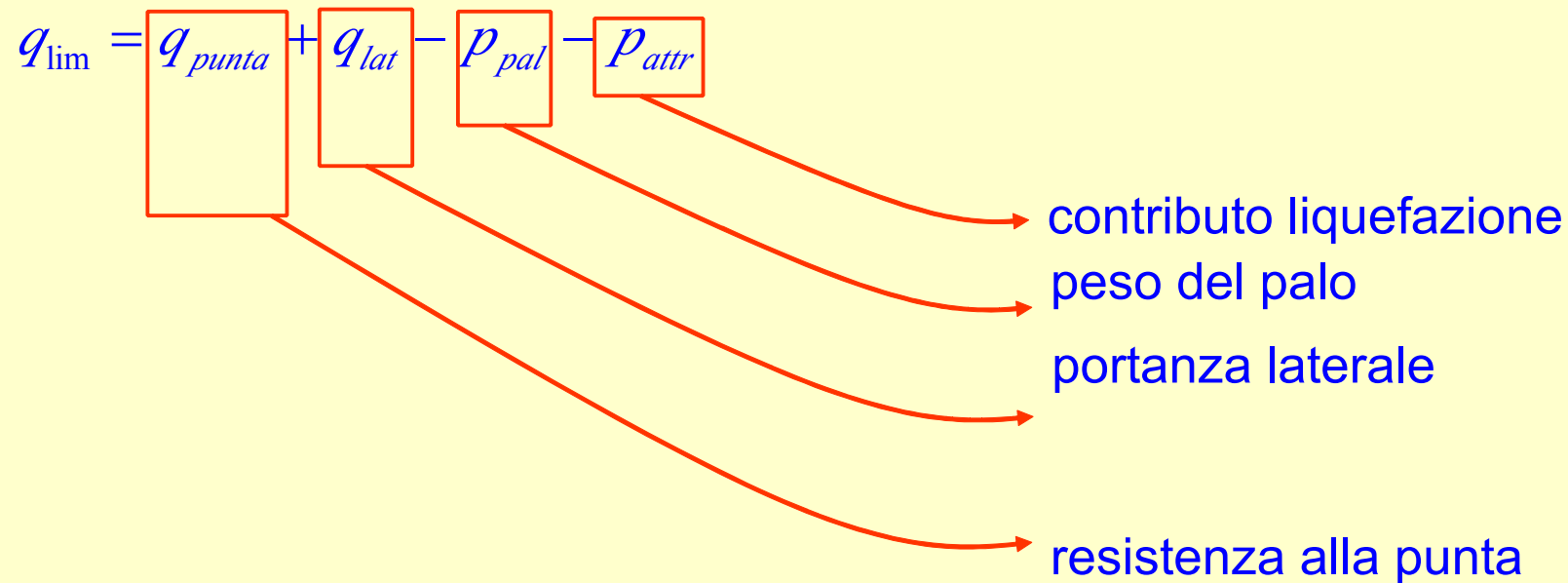
La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
3. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Portanza delle fondazioni

Capacità portante della fondazione

Fondazioni su pali

$$q_{lim} = q_{punta} + q_{lat} - P_{pal} - P_{attr}$$


- resistenza alla punta
- portanza laterale
- peso del palo
- contributo liquefazione

Horaevia C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel.075/5003198 - Fax 075/5004095**S.T.S. s.r.l.**
Software Tecnico Scientifico

LIQUEFAZIONE

esempio:

PORTANZA PALI IN CONDIZIONI DRENATE																					
PORTANZA PALI IN CONDIZIONI DRENATE																					
<u>Plin</u>	<u>Quot</u>	<u>St</u>	<u>SgmEf</u>	<u>Coeff</u>	<u>Coef</u>	<u>Fj*</u>	<u>Rig.</u>	<u>AlfaQ</u>	<u>EtaV</u>	<u>Coeff.</u>	<u>Coeff.</u>	<u>QultP</u>	<u>QultL</u>	<u>Peso</u>	<u>Qneg</u>	<u>Eff.</u>	<u>QlimCmp</u>	<u>QlimTrz</u>	<u>Comb.</u>	<u>QPalo</u>	<u>Status</u>
<u>N.ro</u>	<u>m</u>	<u>Nr</u>	<u>t/mq</u>	<u>Ks</u>	<u>Attr</u>	<u>rid.</u>	<u>rid.</u>	<u>Berez</u>	<u>Vesic</u>	<u>Nq</u>	<u>Nc</u>	(t)	(t)	(t)	(t)		(t)	(t)		(t)	<u>Verif.</u>
1	0.0	1	1.1	0.500	0.58																
	6.9	1	14.4	0.500	0.58	27.0	0	0.610	0.000	21.19	0.00	31.0	17.5	4.95	0.00	1.00	33.87	17.92	A1/1	38.72	NOVER
2	0.0	1	1.1	0.500	0.58																
	6.9	1	14.4	0.500	0.58	27.0	0	0.610	0.000	21.19	0.00	31.0	17.5	4.95	0.00	1.00	33.87	17.92	A1/1	63.13	NOVER
3	0.0	1	1.1	0.500	0.58																
	6.9	1	14.4	0.500	0.58	27.0	0	0.610	0.000	21.19	0.00	31.0	17.5	4.95	0.00	1.00	33.87	17.92	A1/1	63.07	NOVER
PORTANZA PALI IN CONDIZIONI DRENATE																					
PORTANZA PALI IN CONDIZIONI DRENATE																					
<u>Plin</u>	<u>Quot</u>	<u>St</u>	<u>SgmEf</u>	<u>Coeff</u>	<u>Coef</u>	<u>Fj*</u>	<u>Rig.</u>	<u>AlfaQ</u>	<u>EtaV</u>	<u>Coeff.</u>	<u>Coeff.</u>	<u>QultP</u>	<u>QultL</u>	<u>Peso</u>	<u>Qneg</u>	<u>Eff.</u>	<u>QlimCmp</u>	<u>QlimTrz</u>	<u>Comb.</u>	<u>QPalo</u>	<u>Status</u>
<u>N.ro</u>	<u>m</u>	<u>Nr</u>	<u>t/mq</u>	<u>Ks</u>	<u>Attr</u>	<u>rid.</u>	<u>rid.</u>	<u>Berez</u>	<u>Vesic</u>	<u>Nq</u>	<u>Nc</u>	(t)	(t)	(t)	(t)		(t)	(t)		(t)	<u>Verif.</u>
1	0.0	1	1.1	0.500	0.58																
	6.9	1	14.4	0.500	0.58	27.0	0	0.610	0.000	21.19	0.00	31.0	17.5	4.95	21.16	1.00	15.47	17.92	A1/1	38.72	NOVER
2	0.0	1	1.1	0.500	0.58																
	6.9	1	14.4	0.500	0.58	27.0	0	0.610	0.000	21.19	0.00	31.0	17.5	4.95	21.16	1.00	15.47	17.92	A1/1	63.13	NOVER
3	0.0	1	1.1	0.500	0.58																
	6.9	1	14.4	0.500	0.58	27.0	0	0.610	0.000	21.19	0.00	31.0	17.5	4.95	21.16	1.00	15.47	17.92	A1/1	63.07	NOVER
4	0.0	1	1.1	0.500	0.58																

Horae srl -
www.horae.it

LIQUEFAZIONE

esempio:

Patr neg: CARICO DA ATTRITO NEGATIVO

Patr neg = 0

in terreni coesivi in condizioni non drenate

Patr neg = $As \times \beta \times \sigma'_m$

in terreni incoerenti o coesivi in condizioni drenate

essendo

β = coeff. di Lambe

σ'_m = pressione verticale efficace media lungo lo strato deformabile

```

*****
HELP
Parametro per attrito negativo palo
0          = Nessun attrito negativo
0,35/0,50 = Riporti Sabbiosi
0,25/0,35 = Riporti Limosi
0,20/0,25 = Riporti Argillosi
    
```




EFFETTI CINEMATICI

In presenza di moto sismico, nei pali si sviluppano sollecitazioni dovute sia alle forze inerziali trasmesse dalla sovrastruttura (interazione inerziale) sia all'interazione tra palo e terreno (interazione cinematica).

È opportuno che i momenti flettenti dovuti all'interazione cinematica siano valutati per le costruzioni di classe d'uso III e IV, per sottosuoli di tipo D o peggiori, in siti a sismicità media o alta ($a_g > 0,25g$) e in presenza di elevati contrasti di rigidezza al contatto fra strati contigui di terreno.

Le analisi per la valutazione delle sollecitazioni e degli spostamenti dei pali (dovute alle azioni inerziali e all'interazione cinematica) devono tener conto della rigidezza flessionale del palo e della dipendenza della rigidezza del terreno dallo stato tensionale e deformativo.

VERIFICHE SISMICHE...		
Interaz. Cinem. Palo		
<input type="checkbox"/> Interfaccia strati		
Profond. 'z' (m)		6
Vs1	m/s	150
Vs2	m/s	600
Rapp. Vs1eff/Vs1		0.7
Rapp. Vs2eff/Vs2		0.7
Num.picchi accel		19
<input type="checkbox"/> Strato Omogeneo		
Vs0	m/s	300
Rapp. Vs0eff/Vs0		0.7
Considera Inter.		SI



STATO LIMITE DI DANNO

Stato Limite di Danno

In aggiunta all'analisi della sicurezza del complesso fondazione-terreno rispetto allo stato limite ultimo, devono essere condotte verifiche nei confronti dello stato limite di danno. In particolare, devono essere valutati gli spostamenti permanenti indotti dal sisma, verificando che essi siano accettabili per la fondazione e siano compatibili con la funzionalità dell'intera opera.

CEDIMENTI ORIZZ. RESIDUI S.L.D. - FONDAZIONI SU PALI - CONDIZIONI DRENATE																
Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced. X cm	Ced. Y cm	Ced.Tot. cm		Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced. X cm	Ced. Y cm	Ced.Tot. cm		Filo N.ro	Combinaz N.ro	Ced. X cm	Ced. Y cm	Ced.Tot. cm
1	SLD 3	0.009	0.004	0.010		2	SLD 3	0.000	0.000	0.000		3	SLD 3	0.000	0.000	0.001
	SLD 4	0.009	0.004	0.010			SLD 4	0.000	0.000	0.000			SLD 4	0.000	0.000	0.000
	SLD 5	0.009	0.004	0.010			SLD 5	0.000	0.000	0.000			SLD 5	0.000	0.000	0.001
	SLD 6	0.009	0.004	0.010			SLD 6	0.000	0.000	0.000			SLD 6	0.000	0.000	0.000
	SLD 7	0.009	0.003	0.010			SLD 7	0.000	0.000	0.000			SLD 7	0.000	0.000	0.000
	SLD 8	0.009	0.003	0.010			SLD 8	0.000	0.000	0.000			SLD 8	0.000	0.000	0.000
	SLD 9	0.009	0.003	0.010			SLD 9	0.000	0.000	0.000			SLD 9	0.000	0.000	0.000
	SLD 10	0.009	0.003	0.010			SLD 10	0.000	0.000	0.000			SLD 10	0.000	0.000	0.000
	SLD 11	0.008	0.004	0.007			SLD 11	0.000	0.000	0.001			SLD 11	0.000	0.000	0.000

Horae

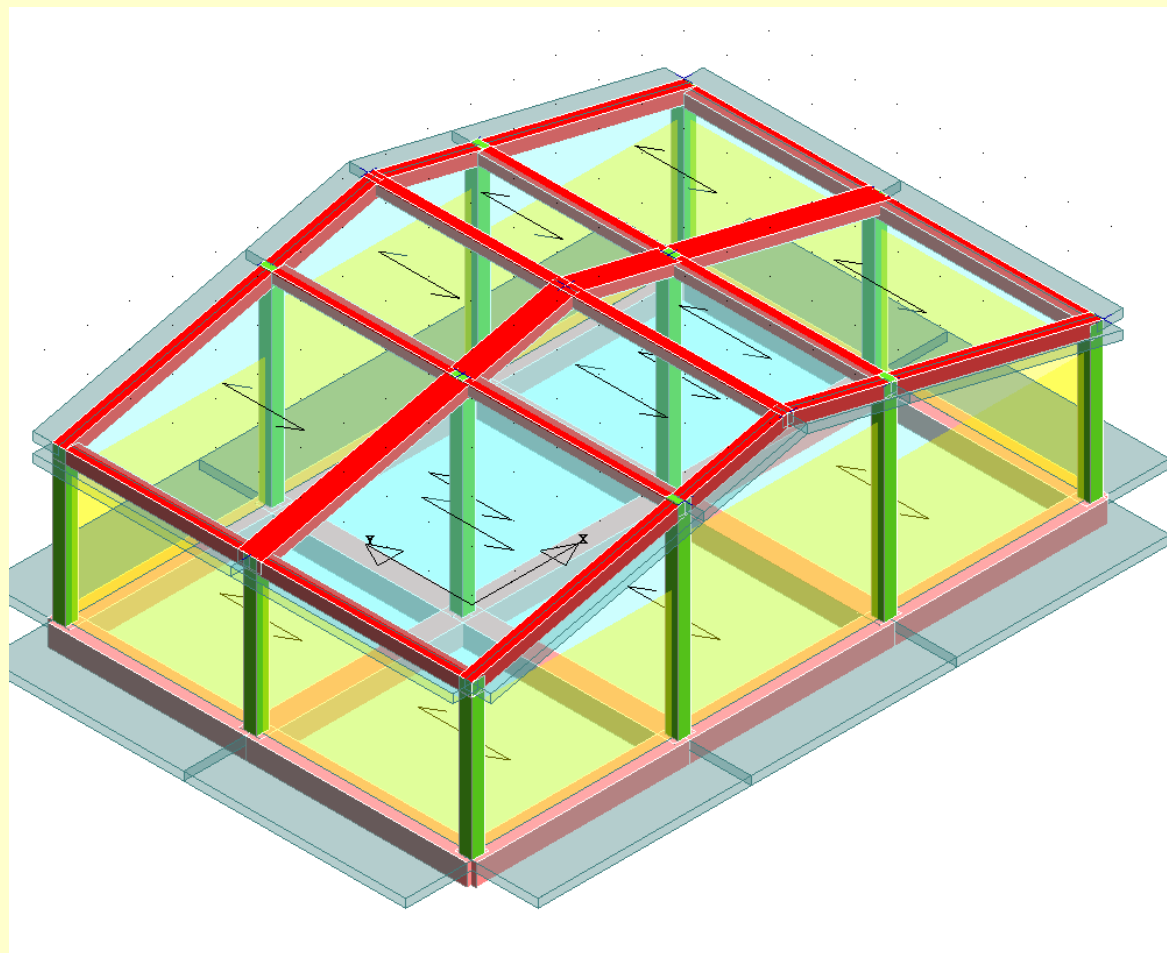
via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel. 075/5003198 - Fax 075/5004095



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

ESEMPI

fondazione diretta analisi lineare:



Horae srl -
www.horae.it

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel.075/5003198 - Fax 075/5004095

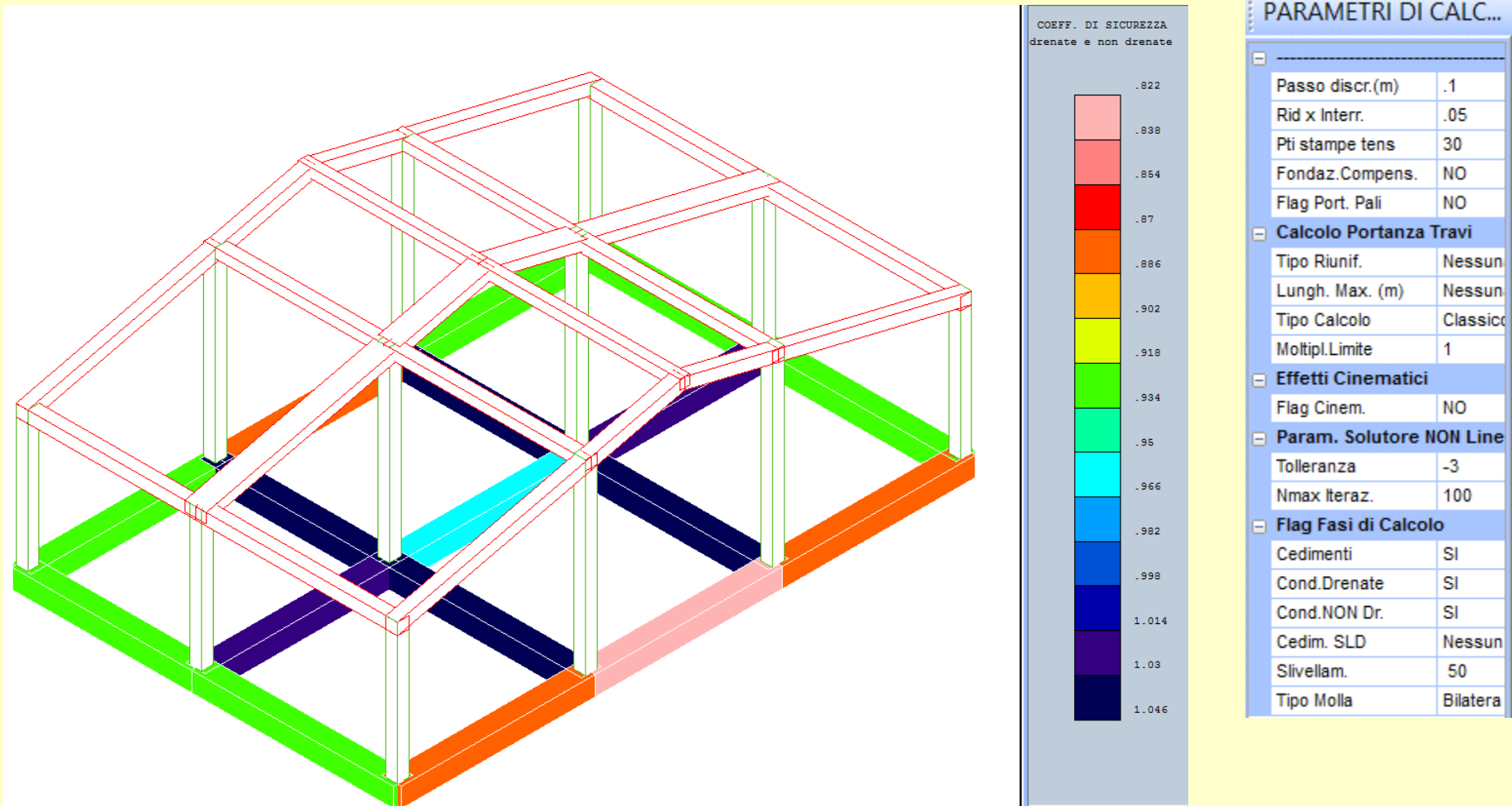


S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

ESEMPI

fondazione diretta analisi lineare: approccio 1- min .822



Horae srl -
www.horae.it

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel.075/5003198 - Fax 075/5004095

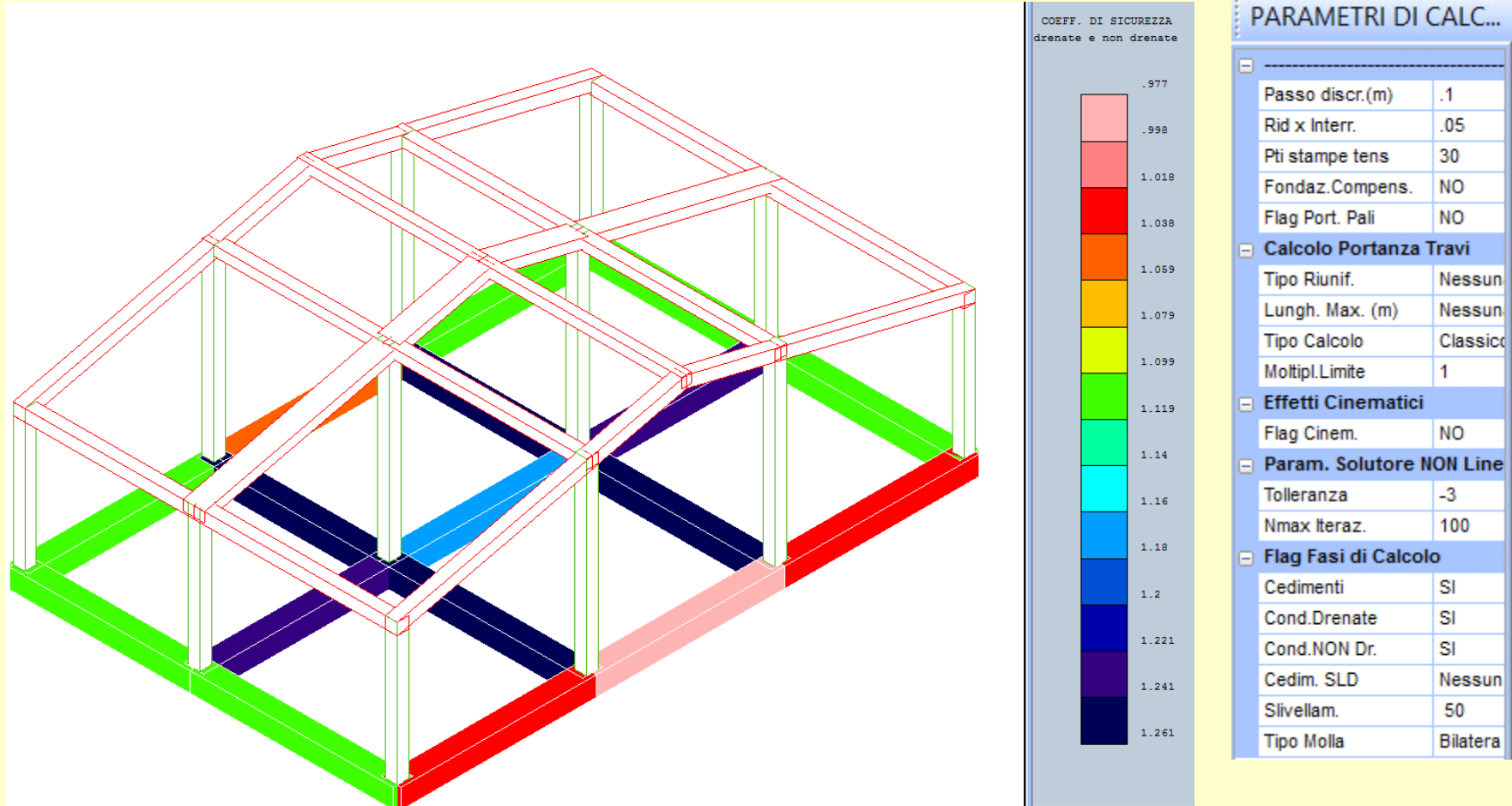


S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

ESEMPI

fondazione diretta analisi lineare: approccio 2 - min .977



Horae srl -
www.horae.it

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel.075/5003198 - Fax 075/5004095

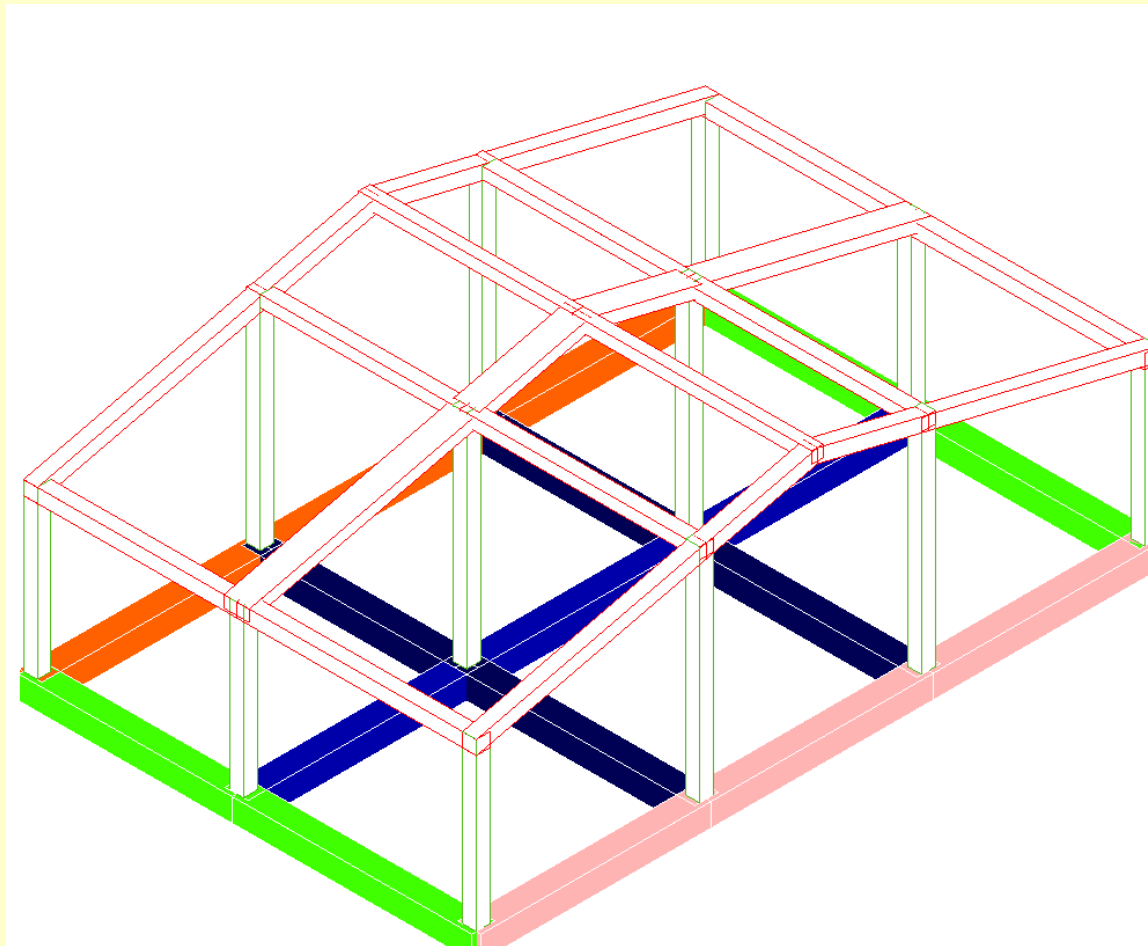


S.T.S. s.r.l.

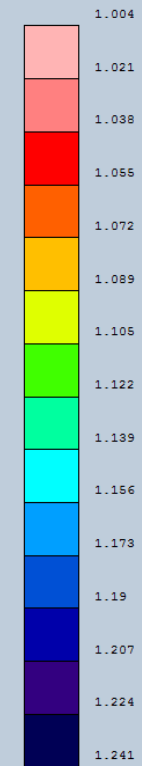
Software Tecnico Scientifico

ESEMPI

fondazione diretta analisi lineare: approccio 2 - riunificazione
min 1.044



COEFF. DI SICUREZZA
drenate e non drenate



PARAMETRI DI CALC...

Passo discr.(m)	.1
Rid x Interr.	.05
Pti stampe tens	30
Fondaz.Compens.	NO
Flag Port. Pali	NO
Calcolo Portanza Travi	
Tipo Riunif.	Allinear
Lungh. Max. (m)	Nessun
Tipo Calcolo	Classico
Moltip.Limite	1
Effetti Cinematici	
Flag Cinem.	NO
Param. Solutore NON Line	
Tolleranza	-3
Nmax Iteraz.	100
Flag Fasi di Calcolo	
Cedimenti	SI
Cond.Drenate	SI
Cond.NON Dr.	SI
Cedim. SLD	Nessun
Slivellam.	50
Tipo Molla	Bilatera

Horae srl -
www.horae.it

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel.075/5003198 - Fax 075/5004095

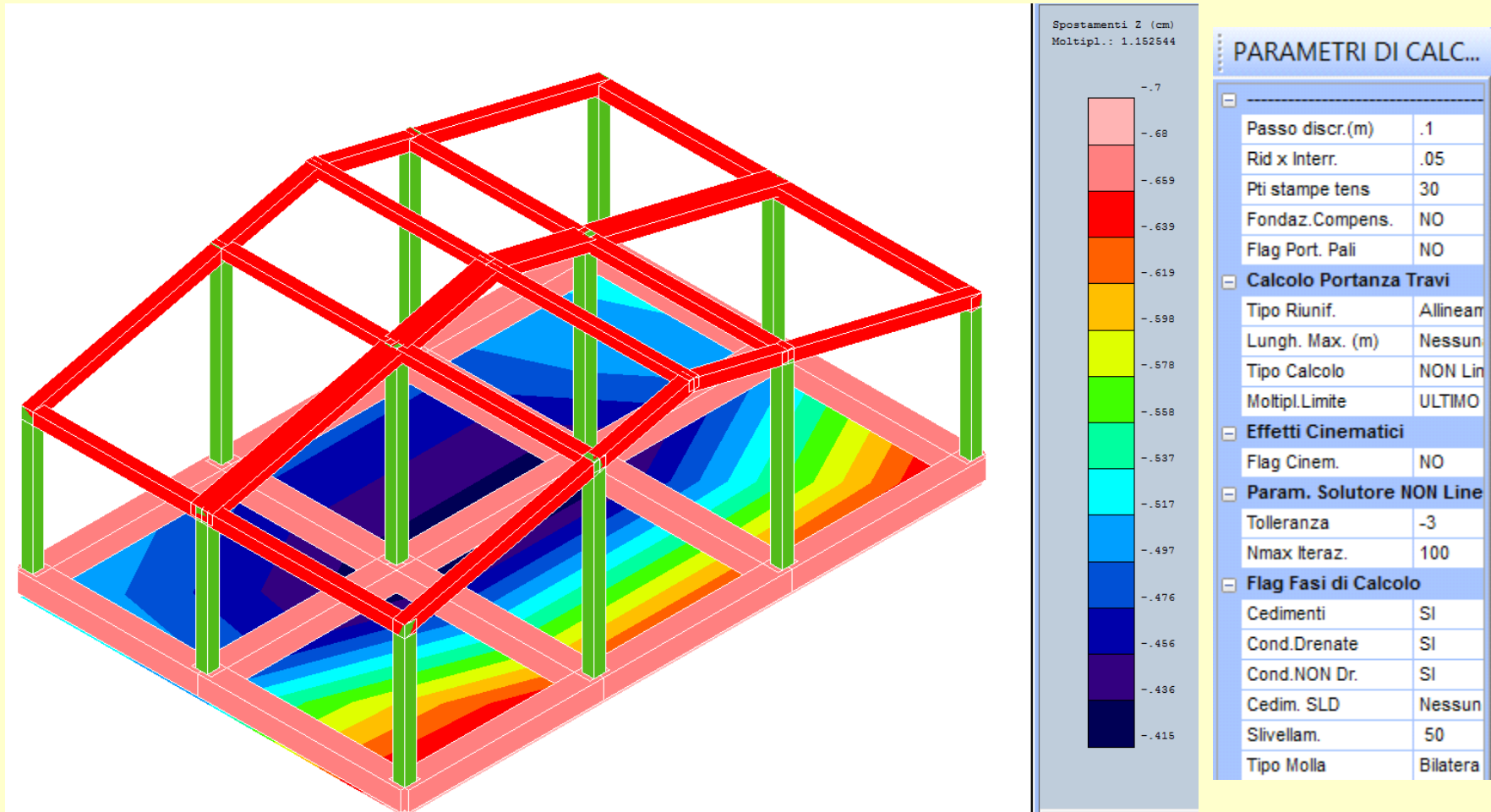


S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

ESEMPI

fondazione diretta analisi NON lineare: approccio 2 - min 1.15



Horae srl -
www.horae.it

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel. 075/5003198 - Fax 075/5004095

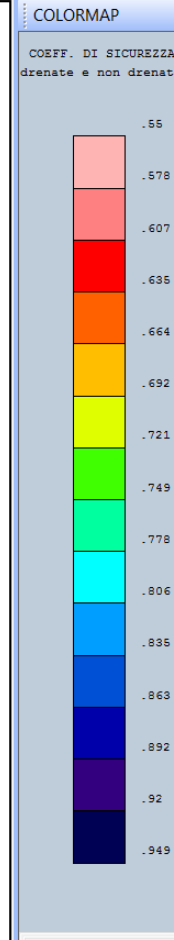
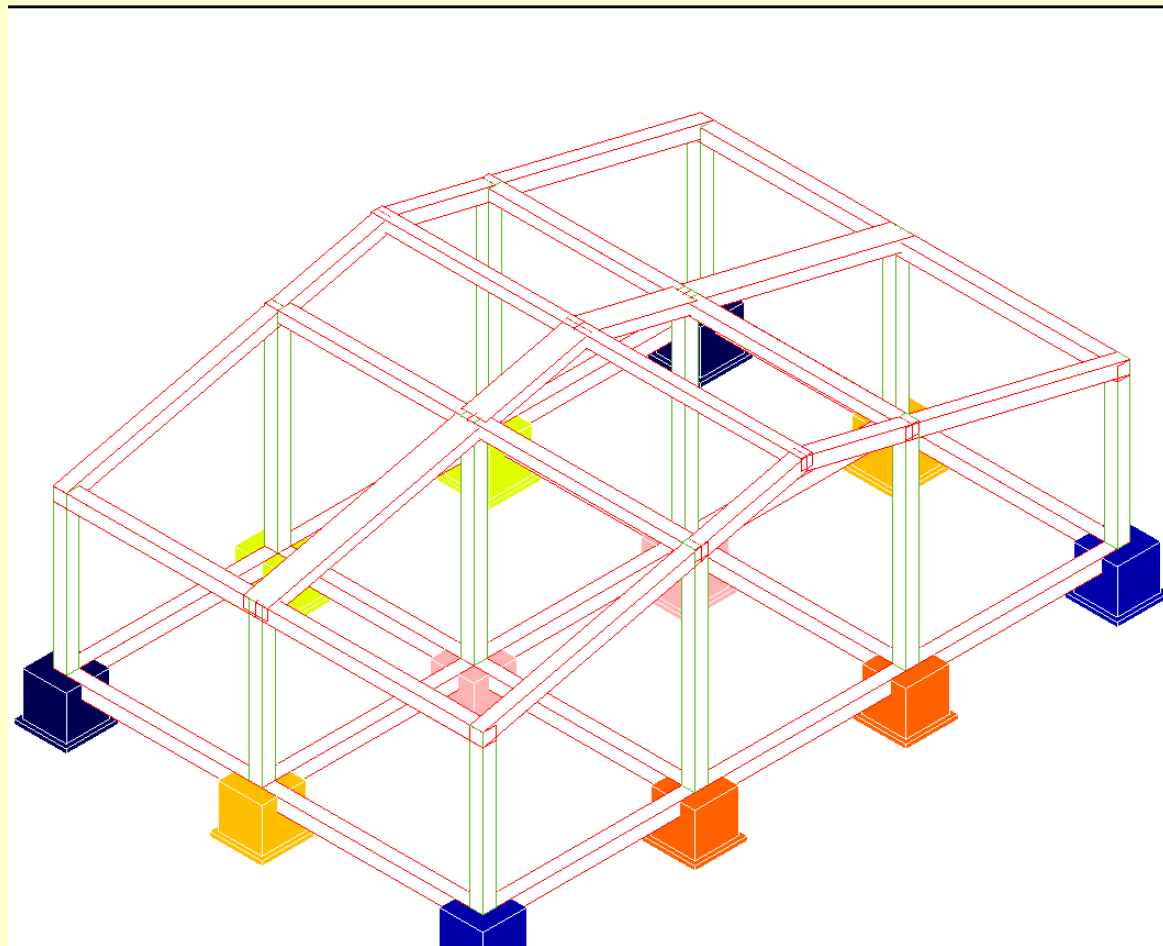


S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

ESEMPI

fondazione plinti diretti analisi lineare: approccio 1 - min 0.55



PARAMETRI DI CALC...

Passo discr. (m)	.1
Rid x Interr.	.05
Pti stampe tens	30
Fondaz. Compens.	NO
Flag Port. Pali	NO
Calcolo Portanza Travi	
Tipo Riunif.	Allinear
Lungh. Max. (m)	Nessun
Tipo Calcolo	Classico
Moltip. Limite	ULTIMO
Effetti Cinematici	
Flag Cinem.	NO
Param. Solutore NON Line	
Tolleranza	-3
Nmax Iteraz.	100
Flag Fasi di Calcolo	
Cedimenti	SI
Cond. Drenate	SI
Cond. NON Dr.	SI
Cedim. SLD	Nessun
Slivellam.	50
Tipo Molla	Bilatera

Horae srl -
www.horae.it

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel. 075/5003198 - Fax 075/5004095

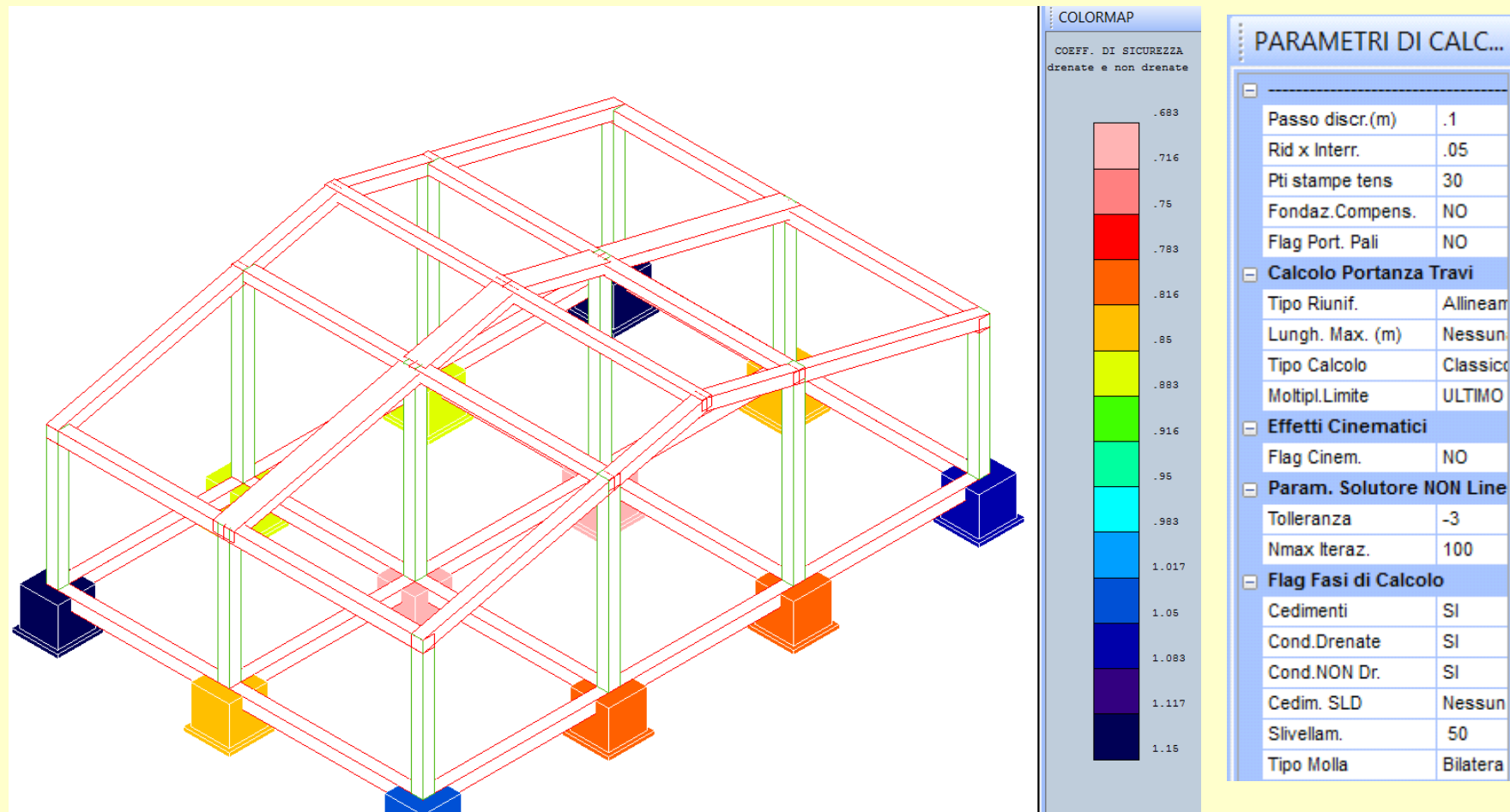


S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

ESEMPI

fondazione plinti diretti analisi lineare: approccio 2 - min 0.683



Horae srl -
www.horae.it

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel.075/5003198 - Fax 075/5004095

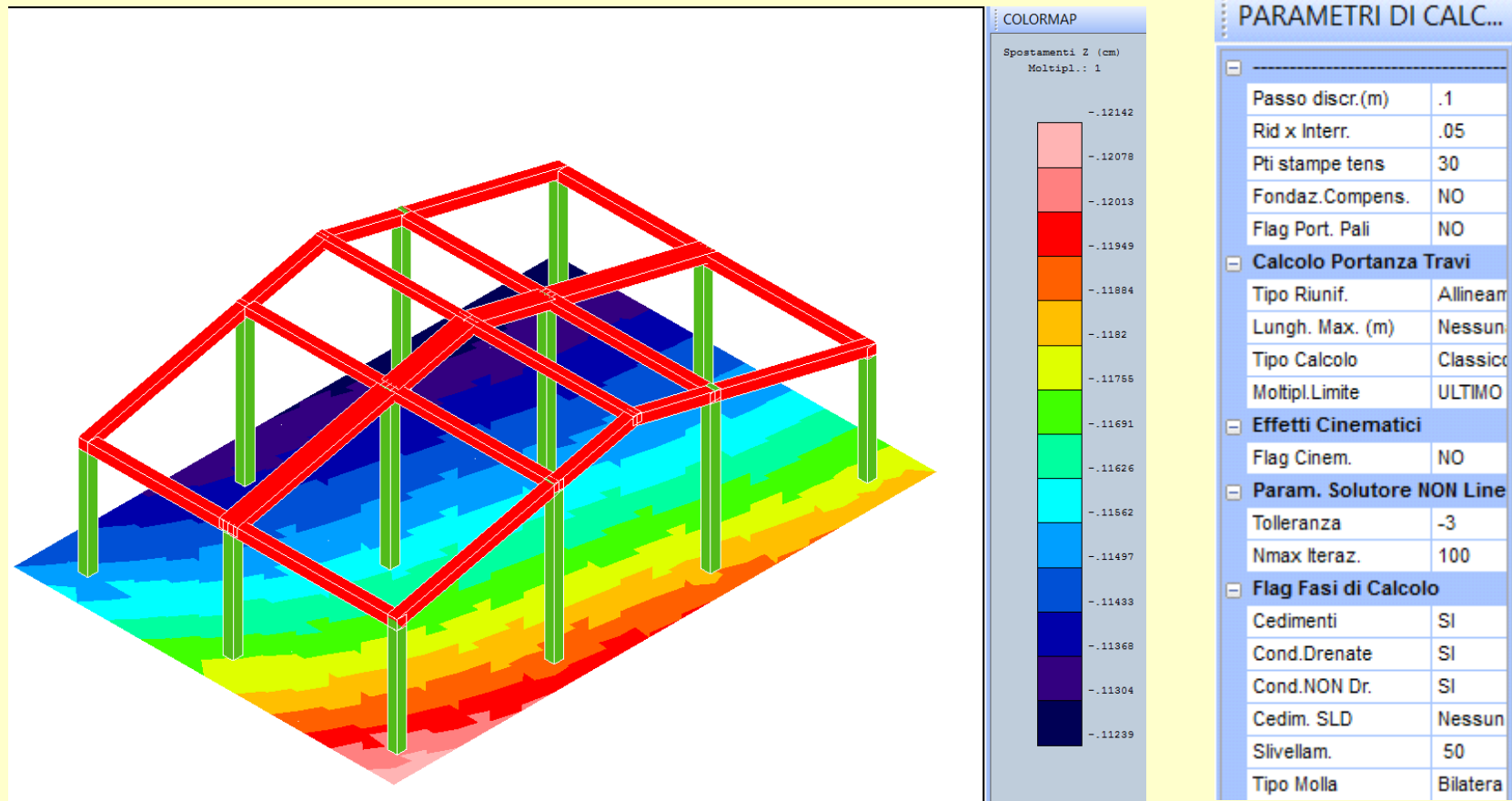


S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

ESEMPI

fondazione platea diretta analisi NON lineare con terreno a
comportamento lineare: approccio 2 - min 1.00



Horae srl -
www.horae.it

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel.075/5003198 - Fax 075/5004095

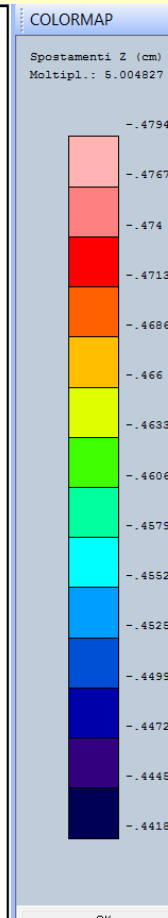
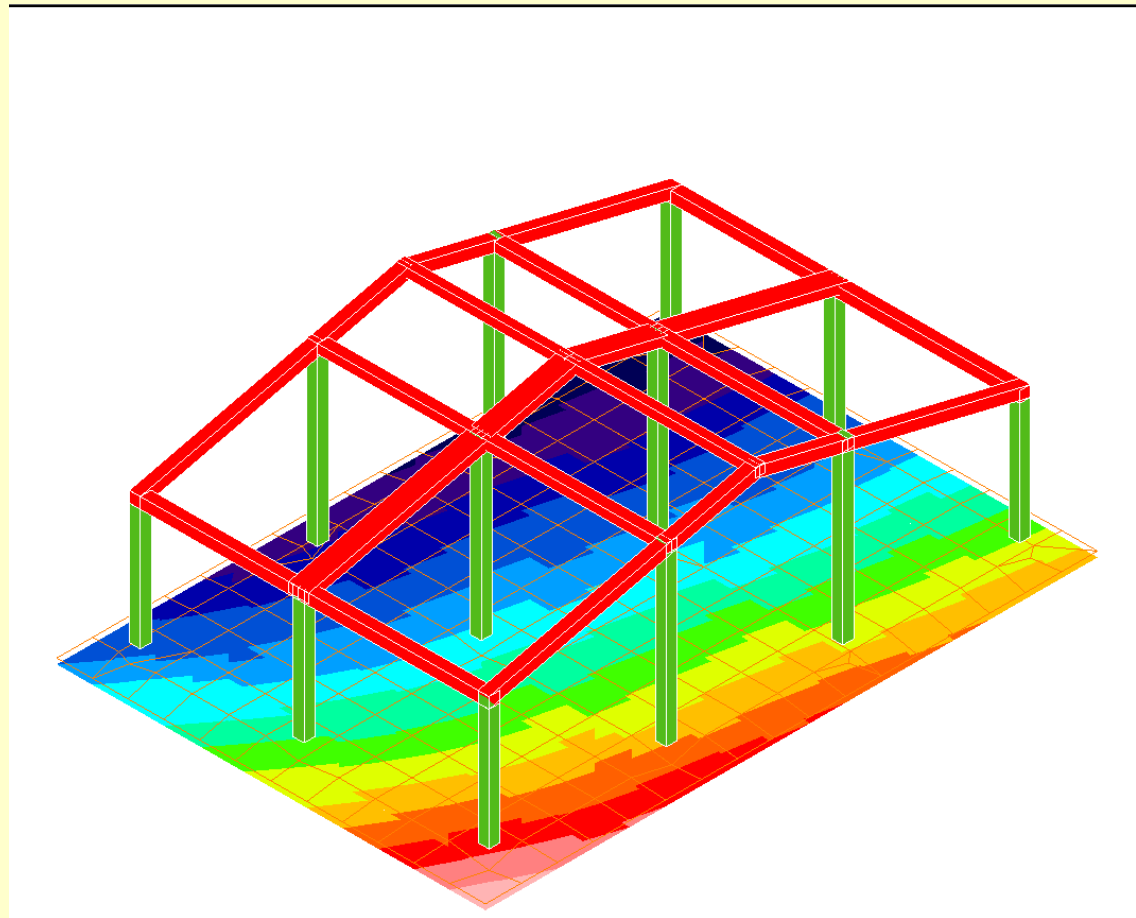


S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

ESEMPI

fondazione platea diretta analisi NON lineare con terreno a
comportamento NON lineare: approccio 2 - min 5.00



PARAMETRI DI CALC...

Passo discr.(m)	.1
Rid x Interr.	.05
Pti stampe tens	30
Fondaz.Compens.	NO
Flag Port. Pali	NO
Calcolo Portanza Travi	
Tipo Riunif.	Allinear
Lungh. Max. (m)	Nessun
Tipo Calcolo	NON Lin
Multipl.Limite	ULTIMO
Effetti Cinematici	
Flag Cinem.	NO
Param. Solutore NON Line	
Tolleranza	-3
Nmax Iteraz.	100
Flag Fasi di Calcolo	
Cedimenti	SI
Cond.Drenate	SI
Cond.NON Dr.	SI
Cedim. SLD	Nessun
Slivellam.	50
Tipo Molla	Bilatera

Horae srl -
www.horae.it

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel.075/5003198 - Fax 075/5004095

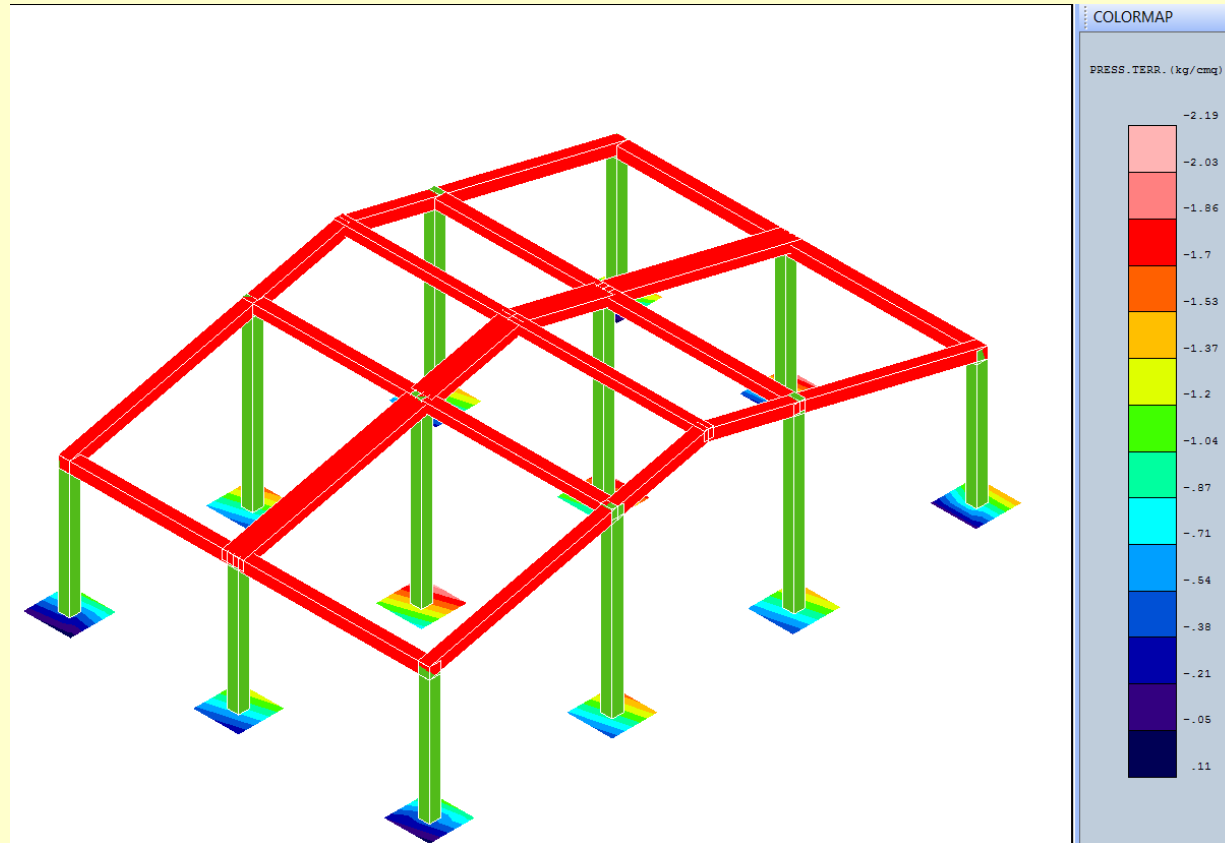


S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

ESEMPI

fondazione plinti diretti analisi lineare schematizzati con piastre:



i valori di pressione sul terreno variano tra 0.11 e - 2.19

Horae srl -

www.horae.it

Horae

via C. Colombo, 19/p6 - 06127 - Perugia
tel. 075/5003198 - Fax 075/5004095

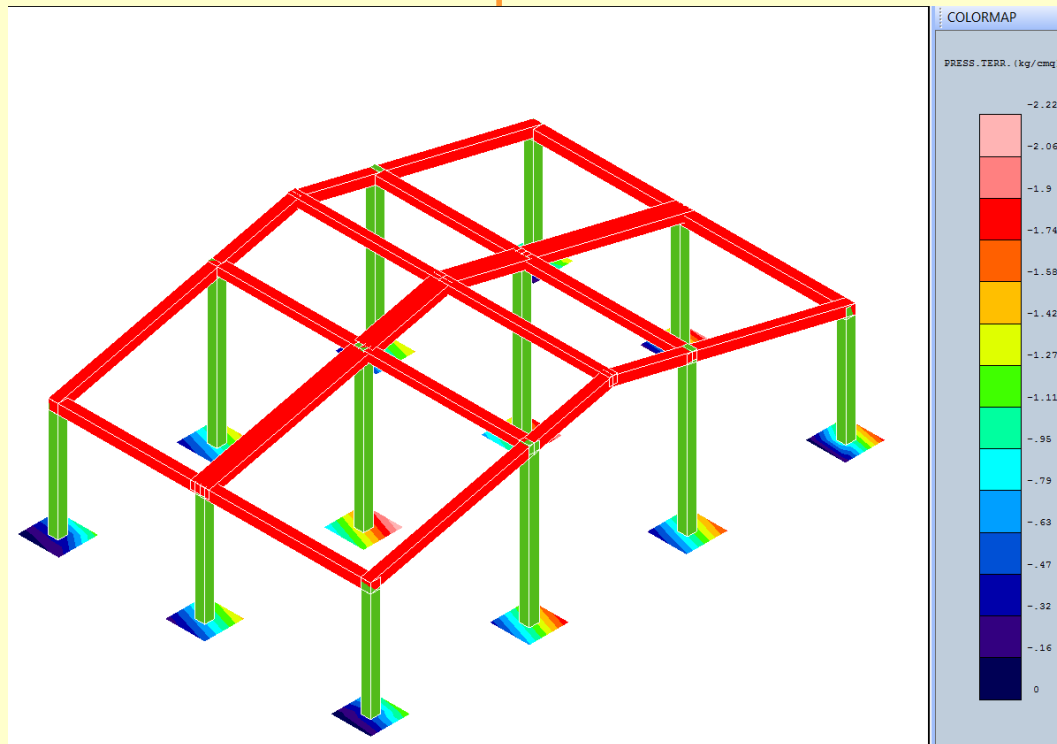


S.T.S. s.r.l.

Software Tecnico Scientifico

ESEMPI

fondazione plinti diretti analisi NON LINEARITA' MECCANICA
schematizzati con piastre:



i valori di pressione sul terreno variano tra 0.00 e - 2.22

Horae srl -

www.horae.it