

ING. FABRIZIO
TONELLA

Studio - Asolo (TV) - Via Foresto Nuovo, 32/A - Tel. - Fax. 0423/952442
Abitazione - Crespano d. Grappa (TV) - Via Aldo Moro, 28 - Tel. 0423/53577
n° 846 ordine di Treviso - C.F.TNL FRZ 52E18 D157I - P.IVA 01249070267

COMUNE DI **GIOIA TAURO**

PROVINCIA DI **REGGIO CALABRIA**

PROGETTO

**INSTALLAZIONE DI APPARECCHIATURA
PER LA SCANSIONE RADIOGRAFICA DI CONTAINER SU MEZZI DI TRASPORTO
DA COLLOCARSI NELL'AREA PORTUALE DI GIOIA TAURO (RC)**

COMMITTENTE: AGENZIA DELLE DOGANE

DITTA: SMITHS DETECTION - Rue Charles Heller, 36 - Vitry sur Seine Cédex - FRANCE

- RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI

Asolo, li 12/02/2018

PROGETTISTA DELLE STRUTTURE


Ing. Fabrizio Tonella



DIRETTORE LAVORI DELLE STRUTTURE

TERRENO E FONDAZIONI

LOCALIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA DEL TERRENO

Per quanto riguarda la tipologia del terreno si è fatto riferimento alla *Relazione geologica*, alla *Relazione geotecnica e sulle indagini* e alla *Relazione di pericolosità sismica* redatte dal Dott. Geol. Luigi Carbone, delle quali si allega copia.

L'area in oggetto è situata nell'area portuale di Gioia Tauro, lungo il litorale tirrenico compreso tra il Fosso Budello a sud, ed il Fiume Mesima a nord, nel territorio comunale di Gioia Tauro, e si trova alla quota topografica di 5.00 metri s.l.m.

Per definire la stratigrafia del terreno e la categoria sismica di sottosuolo, sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche dinamiche in data 27/06/2013, realizzate in corrispondenza dei vertici del sedime della nuova costruzione, ed un'indagine sismica di tipo MASW.

Successivamente, nel mese di luglio 2015, la ditta "IDROPALM" ha eseguito le seguenti indagini:

- n. 1 sondaggio a rotazione e carotaggio continuo;
- n. 2 prelievi di campioni semi – disturbati;
- n. 2 prove penetrometriche dinamiche tipo S.P.T.

Sui campioni prelevati, la ditta "TECNO-SUD" ha eseguito delle analisi granulometriche per setacciatura.

Si riportano di seguito degli estratti con ubicazione delle prove e profondità di indagine.



TIPO PROVA	SIGLA PROVA	PROFONDITA' (m)	NOTE
PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE PESANTI	DPM 1	9,80	stima dei parametri fisico - meccanici
	DPM 2	9,80	stima dei parametri fisico - meccanici
	DPM 3	9,30	stima dei parametri fisico - meccanici
	DPM 4	5,70	stima dei parametri fisico - meccanici
SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO	S1	15	ricostruzione litostratografica prelevati n° 2 campioni semi - disturbati eseguite n. 2 SPT in foro
PROVA SISMICA MASW	MASW 1	30,00	calcolo delle Vs, delle Vs30 e della categoria di sottosuolo

Tab. 2 – Sintesi indagini in sito

In base ai risultati e alla correlazione tra i dati rilevati dalle indagini penetrometriche e quelli desunti dal sondaggio a rotazione e carotaggio continuo, è stato ricostruito il modello geologico dell'area di intervento.

Al di sotto del terreno di riporto, il terreno si configura come una successione di strati caratterizzati da una forte eterogeneità, sia da un punto di vista granulometrico, sia rispetto al grado di addensamento, con una composizione prevalentemente sabbioso-ghiaiosa, attribuibili ai depositi di spiaggia affioranti nell'area del Porto di Gioia Tauro.

I terreni presenti, seppur nella loro eterogeneità, sono stati distinti in quattro complessi differenti:

- *Bitume e materiale di riporto*
- *Sabbie ghiaiose debolmente limose*
- *Sabbie con ghiaie debolmente limose*
- *Ghiaie e sabbie con ciottoli di piccole dimensioni o di dimensioni centimetriche*

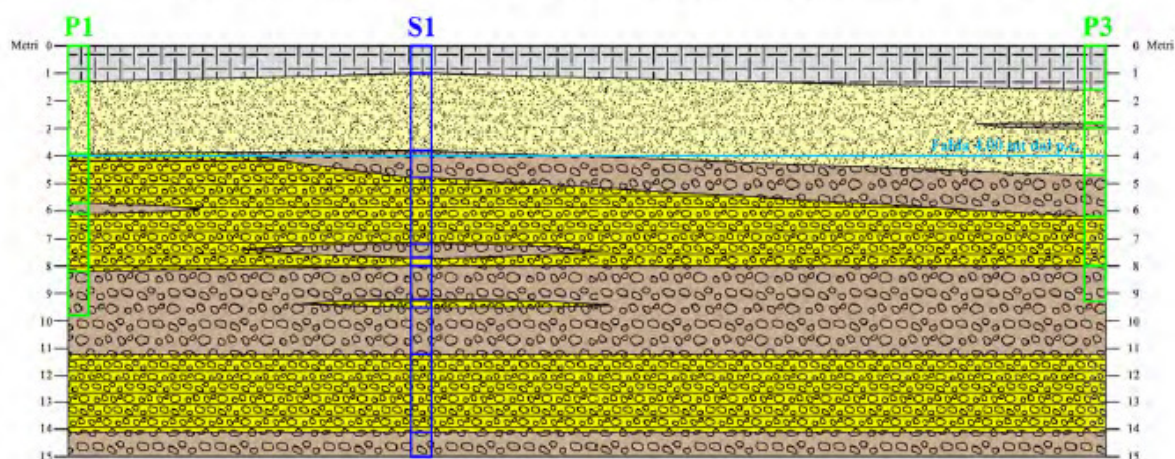
La falda, nel corso delle prove penetrometriche effettuate in data 27/06/2013, è stata rilevata ad una profondità compresa di 5.50 metri dal p.c. e 6.60 metri dal p.c., mentre il sondaggio a rotazione ha evidenziato la risalita della falda sino alla profondità di 4.00 metri dal p.c..

Si riportano di seguito degli estratti delle relazioni geologica e sulle indagini, con riportata la stratigrafia desunta dai dati delle prove penetrometriche e a carotaggio continuo.





Per i valori dei parametri geotecnici dei vari strati si rimanda alle relazioni in allegato.

TABELLA 10 – MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA DI INTERVENTO (SONDAGGIO A ROTAZIONE E CAROTTAGGIO CONTINUO)		
LITOLOGIA	PROFONDITA' (Metri)	
Bitume e materiale di riporto	0.00	0.70
Sabbie ghiaiose debolmente limose	0.70	3.80
Ghiaie con sabbie e locali ciottoli di dimensioni centimetriche	3.80	4.80
Sabbie con ghiaie debolmente limose	4.80	7.20
Ghiaie e sabbie con ciottoli di dimensioni centimetriche	7.20	7.70
Sabbie con ghiaie debolmente limose	7.70	8.00
Ghiaie e sabbie con ciottoli di dimensioni centimetriche	8.00	9.20
Sabbie con ghiaie debolmente limose	9.20	9.50
Ghiaie e sabbie con ciottoli di piccole dimensioni	9.50	11.20
Sabbie con ghiaie debolmente limose	11.20	14.10
Ghiaie con sabbie e ciottoli di piccole dimensioni	14.10	15.00

CORRELAZIONE LITOSTRATIGRAFICA - Scala 1:200
Prove penetrometriche dinamiche P1 - P3; Sondaggio a rotazione e carottaggio continuo S1



Legenda:

-  Bitume e materiale di riporto
-  Sabbie ghiaiose debolmente limose
-  Sabbie con ghiaie debolmente limose
-  Ghiaie e sabbie con ciottoli di piccole dimensioni o centimetriche

LIQUEFAZIONE

Dai risultati ottenuti dalle indagini penetrometriche, dalle SPT e dalle analisi granulometriche, è stato rilevato che **i terreni nell'area d'intervento risultano potenzialmente liquefacibili.**

Il fenomeno della liquefazione consiste nella: *“diminuzione di resistenza al taglio e/o rigidità, causata dall'aumento di pressione interstiziale, in un terreno saturo, non coesivo, durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative con l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno stesso”*.

La liquefazione può verificarsi nei primi 10÷15 metri di profondità dal piano campagna, e riguarda depositi sabbiosi aventi densità inferiore alla densità critica, a granulometria rientrante nel fuso granulometrico critico ed in presenza di falda, specie quando i terreni risultano confinati all'interno di strati impermeabili che impediscono la dispersione rapida delle sovrappressioni neutre indotte dalle sollecitazioni cicliche.

Dallo studio effettuato in proposito è emerso che **i terreni analizzati rientrano all'interno del fuso critico, e quindi sono, dal punto di vista granulometrico, potenzialmente liquefacibili.**

Quindi, nel caso in oggetto, il terreno potrebbe essere interessato a diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale a seguito di un evento sismico, con conseguenti effetti di cedimenti differenziali e diminuzione della capacità portante.

CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO

Per quanto riguarda la categoria del sottosuolo, con riferimento ai risultati dell'indagine MASW eseguita dal geologo, al livello del piano di campagna, così come alla quota d'imposta della platea in progetto (~ -0.30 m da quota p.c), essa risulta essere di tipo C (D.M. 14/01/08 punto 3.2.2):

“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti 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 $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).”

Tuttavia, poiché il terreno risulta potenzialmente liquefacibile per uno spessore di circa 15 m, ai sensi del D.M. 14/01/08 punto 3.2.2, il sottosuolo è classificato **S2**:

“Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.”

Per sottosuoli appartenenti alla categoria S2 è necessario:

- predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensitività possa comportare fenomeni di collasso del terreno;

ed in alternativa:

- effettuare interventi per la diminuzione o l'abbattimento del potenziale di liquefazione.

Per l'abbattimento del rischio della liquefazione di un terreno libero in superficie ci sono diversi metodi.

Le tecniche più efficaci si basano sui seguenti principi:

- miglioramento della compattezza con metodi dinamici;
- abbassamento della falda;
- iniezioni cementizie o con resine sintetiche per il miglioramento dei legami intergranulari;
- aumento della permeabilità interstiziale attraverso installazione di dreni.

Nel caso in oggetto si è optato per la soluzione dei dreni di ghiaia (pali incapsulati drenanti).

Si tratta di pali realizzati con geotessile tubolare flessibile con funzione di armatura e incapsulamento del riempimento in ghiaia, infissi negli strati liquefacibili, usualmente disposti a quinconce, o anche a maglia quadrata.

Il diametro dei dreni, il loro interasse e la profondità sono definiti da opportuni calcoli che tengono conto dei parametri della stratigrafia del sito e dell'entità del sisma.

Un dreno di un diametro d_w e disposto ad un interasse S rispetto agli altri è in grado di drenare un cilindro di diametro equivalente d_e pari a 1.05 volte l'interasse S dei dreni se questi sono disposti a quinconce e pari 1,13 S nel caso essi siano disposti a maglia quadrata.

L'introduzione negli strati liquefacibili dei dreni ha come effetto il passaggio del terreno dalla categoria di sottosuolo **S2** a alla categoria **C**, e la possibilità di calcolare la fondazione come platea superficiale considerando la portata del terreno come da stratigrafia definita.

MODELLO COMPLESSO FONDAZIONE TERRENO

In base ai dati forniti dalla relazione geologica e dalle indagini effettuate in situ è stato ricostruito il modello terreno-fondazione.

Pur considerando il contributo dei dreni, che elimina il pericolo di liquefazione, eseguendo il calcolo della platea superficiale con i parametri geotecnici riportati nelle relazioni geologico-geotecniche, i cedimenti della platea sono risultati elevati sia in termini assoluti che differenziali, di valore inaccettabile vista la tipologia della macchina scanner.

Cio è dovuto ai valori del modulo edometrico dei vari strati di terreno, di bassa entità e quindi penalizzante per i cedimenti della fondazione.

Per contenere i cedimenti entro valori compatibili con l'utilizzo dello scanner si è deciso di associare alla realizzazione dei dreni di ghiaia quella di pali trivellati in c.a. infissi per 3 m nello strato profondo di ghiaie e sabbie con ciottoli, per avere la sicurezza di trasmettere il carico agli strati di terreno non interessati dalla liquefazione.

A favore di sicurezza per i pali, oltre alla portanza di punta, è stata calcolata la portanza laterale solamente per i 3 m di infissione nello strato finale di ghiaie e sabbie con ciottoli, trascurando cautelativamente gli strati superiori interessati dalla liquefazione, nel caso in cui i dreni non dovessero essere sufficienti a contrastare il fenomeno.

In conclusione per la fondazione dell'hangar la scelta progettuale finale è quella di una platea su pali, previo abbattimento del pericolo di liquefazione con dreni di ghiaia.

La platea avrà dimensioni massime in pianta di 40.00x19.60 m ed uno spessore di 30 cm; l'estradosso sarà a quota +10 cm rispetto alla quota media del piano di campagna.

La prima fase prevede la realizzazione dei pali in c.a., successivamente saranno posti in opera i dreni e quindi si procederà alla costruzione della platea superficiale.

I pali avranno lunghezza di 17 m (da quota intradosso platea di fondazione) e saranno intestati per circa 3 m nello strato di ghiaie e sabbie con ciottoli, rilevato nel sondaggio a rotazione e carotaggio continuo, che presenta buone caratteristiche geomeccaniche; saranno del tipo trivellato, con diametro Ø60 cm, armatura longitudinale costituita da n. 8Ø16, con barre aggiuntive in testa per i primi 4 m in numero di 8Ø20 e armatura trasversale costituita da una spirale Ø8/20 per tutta la lunghezza del palo.

Nel dettaglio si prevedono n. 3 file di pali, in corrispondenza dei binari del gantry e delle colonne della struttura in acciaio dell'hangar, ed una quarta fila in corrispondenza della parte sporgente della platea all'angolo sud-est, per un totale di n. 23 pali:

- ***fila nord:*** dovendo sostenere i carichi del capannone in acciaio, del gantry e dell'automezzo sottoposto a scansione, sarà costituita da n. 8 pali, interassi variabili 4.00 m, 5.00 m e 5.50 m;
- ***fila centrale:*** in corrispondenza binario del gantry, n. 7 pali, interassi variabili 4.00 m e 6.75 m;
- ***fila sud:*** in corrispondenza colonne hangar, n. 6 pali, interasse 7.00 m;
- ***fila sud-est:*** n. 2 pali, interasse 5.50 m;

In corrispondenza delle file di pali sono previste delle travi di irrigidimento di spessore 70 cm (30 cm sp. platea più 40 cm intradossati).

I dreni avranno una disposizione a triangoli (a quinconce) e occuperanno tutto il sedime della platea dell'hangar e dell'adiacente container per gli operatori, avranno diametro d_w Ø80 cm, interasse $S=320$ cm ($d_e=336$ cm, diametro equivalente del cilindro di terreno che drena).

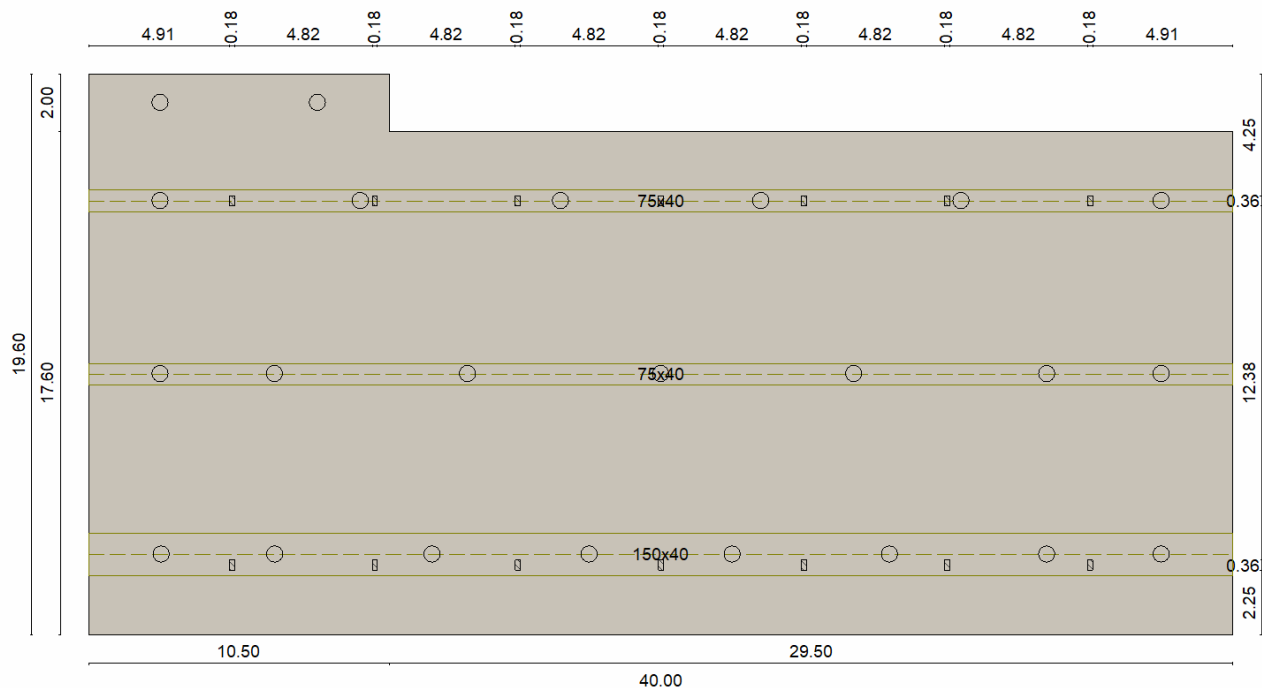
Saranno realizzati a partire da circa 1 m da quota p.c. (35÷65 cm all'interno dello strato di riporto ghiaioso) ed intestati a -16.00 m, per una lunghezza di 15 m, così da superare la profondità critica alla quale è possibile il verificarsi del fenomeno della liquefazione, in quanto per profondità superiori la pressione geostatica genera sufficiente compattezza sugli strati granulari tale da impedire che possano divenire liquefacibili.

Il dimensionamento dei dreni è stato eseguito mediante il programma *Geostru Software*.

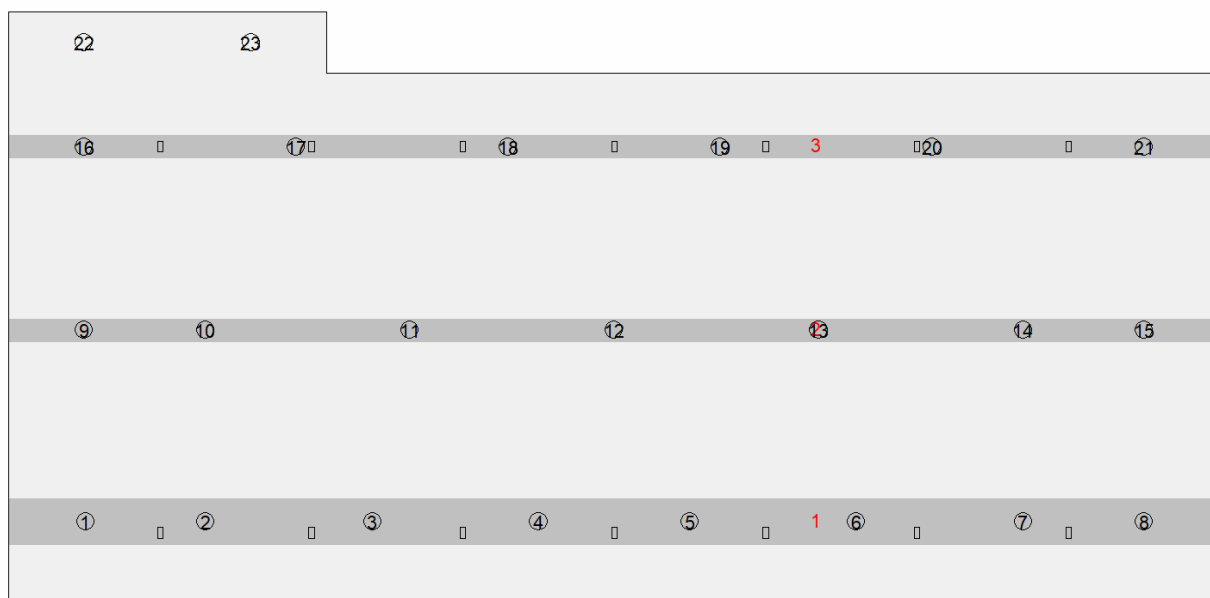
Il calcolo della platea su pali è stato effettuato secondo l'*Approccio 2*, uno dei metodi previsti dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni del 14.01.2008*.

La relazione di calcolo e le verifiche complete dei dreni e della platea sono riportate nella relazione di calcolo "*Calcoli strutturali*".

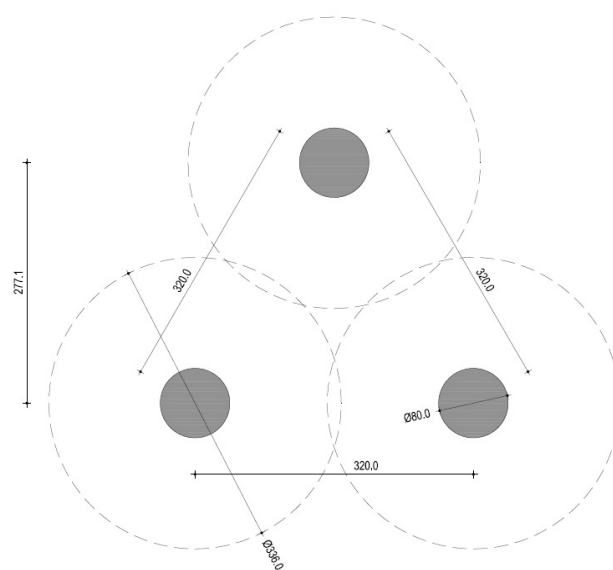
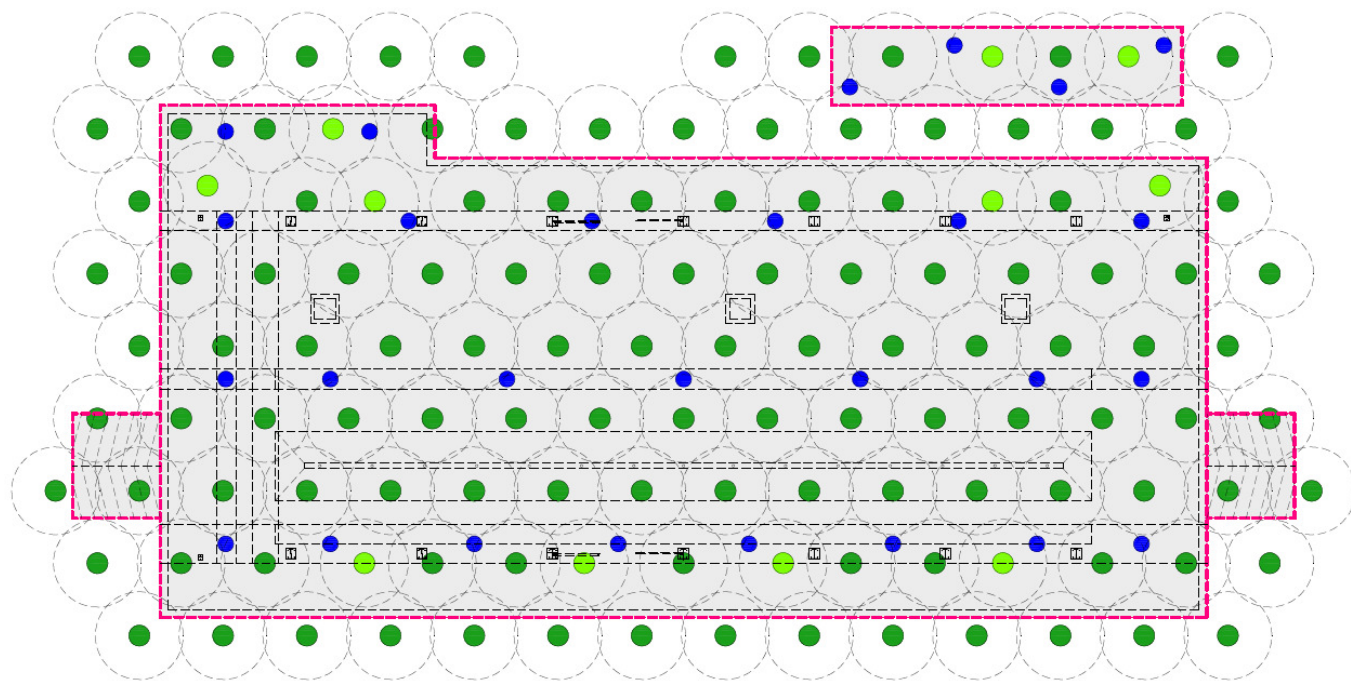
PIANTA PLATEA



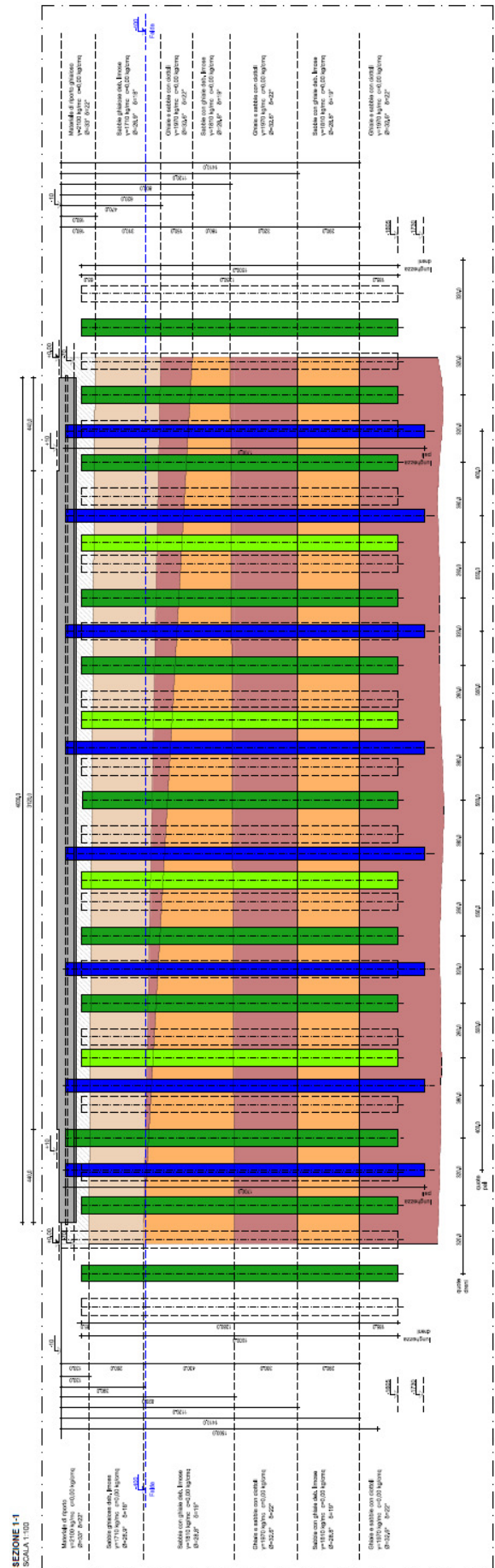
PIANTA PALI E TRAVI DI IRRIGIDIMENTO



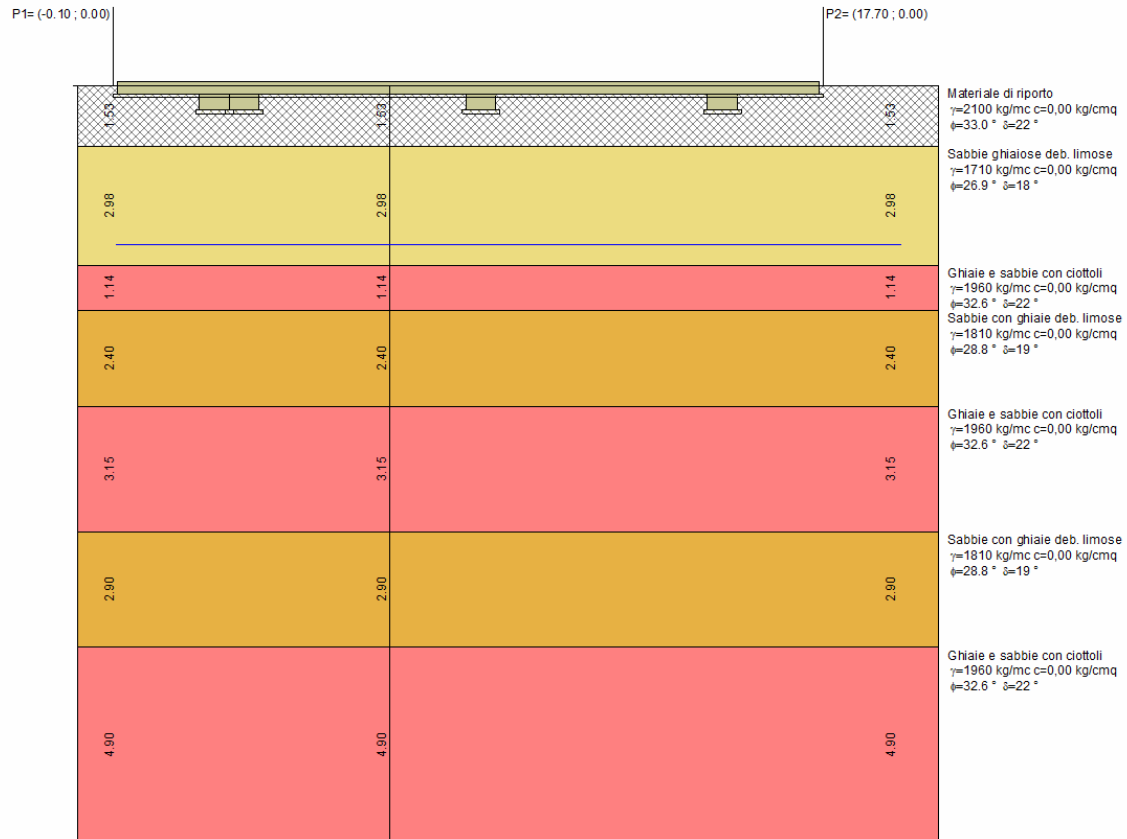
PIANTA E DETTAGLIO DRENI



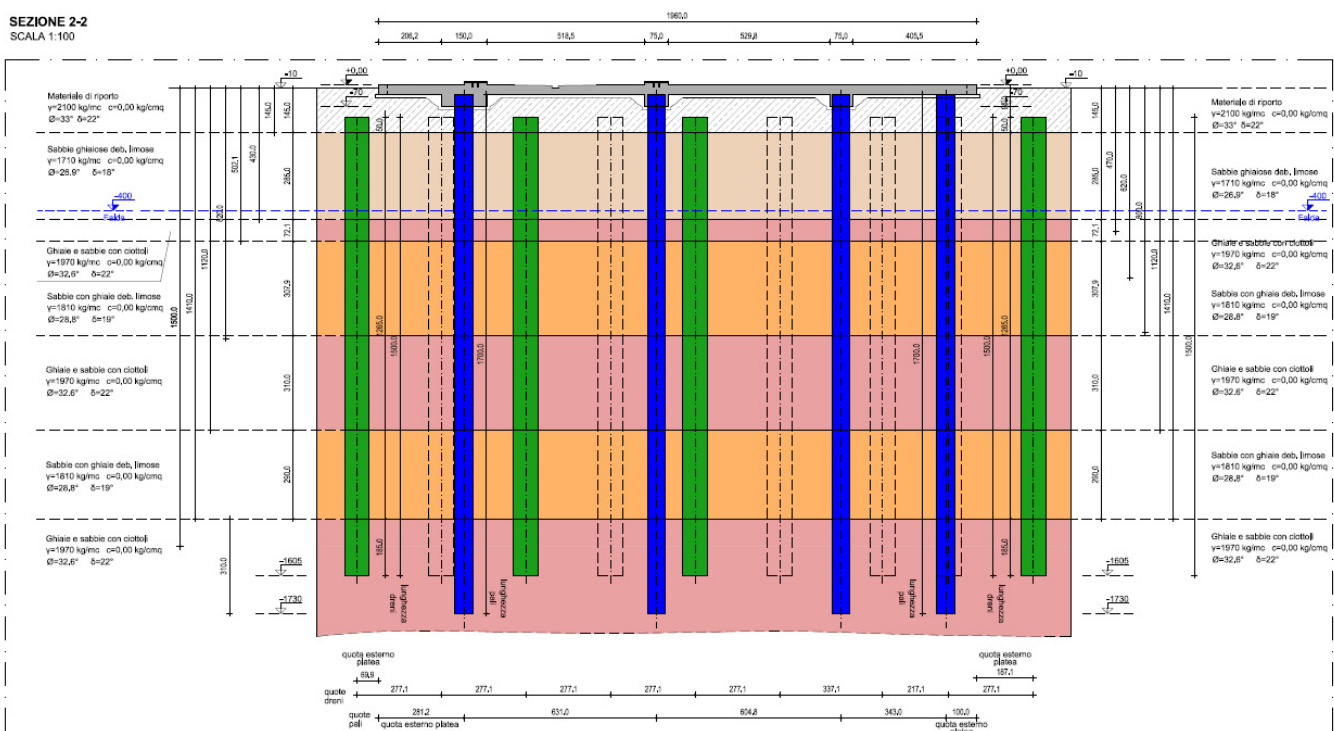
dw=80 cm
S=320 cm
de=1.05xS=336 cm

[illegible]

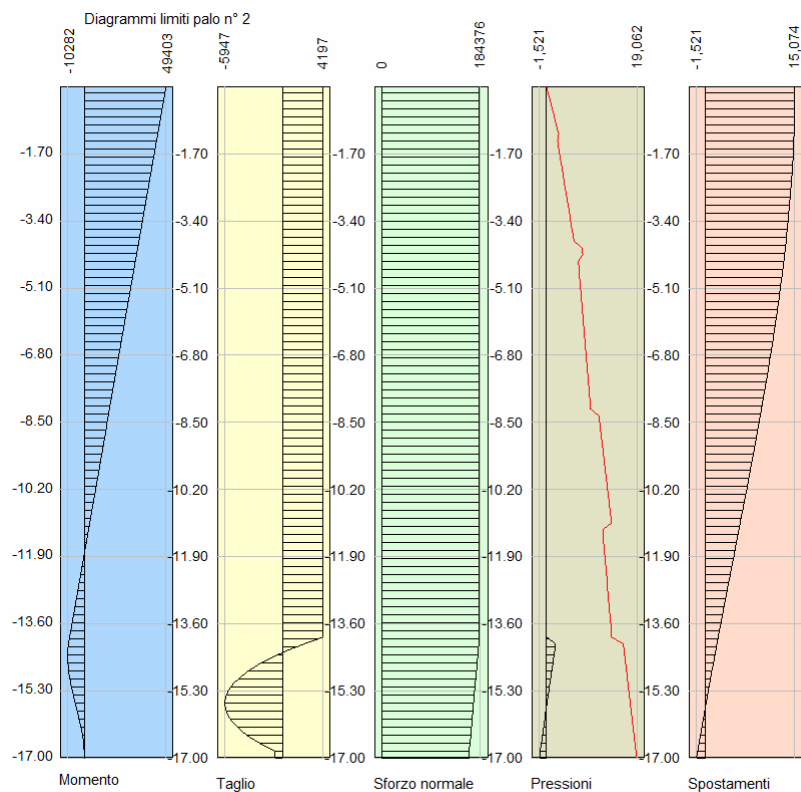
SEZIONE TRASVERSALE



SEZIONE 2-2
SCALA 1:100

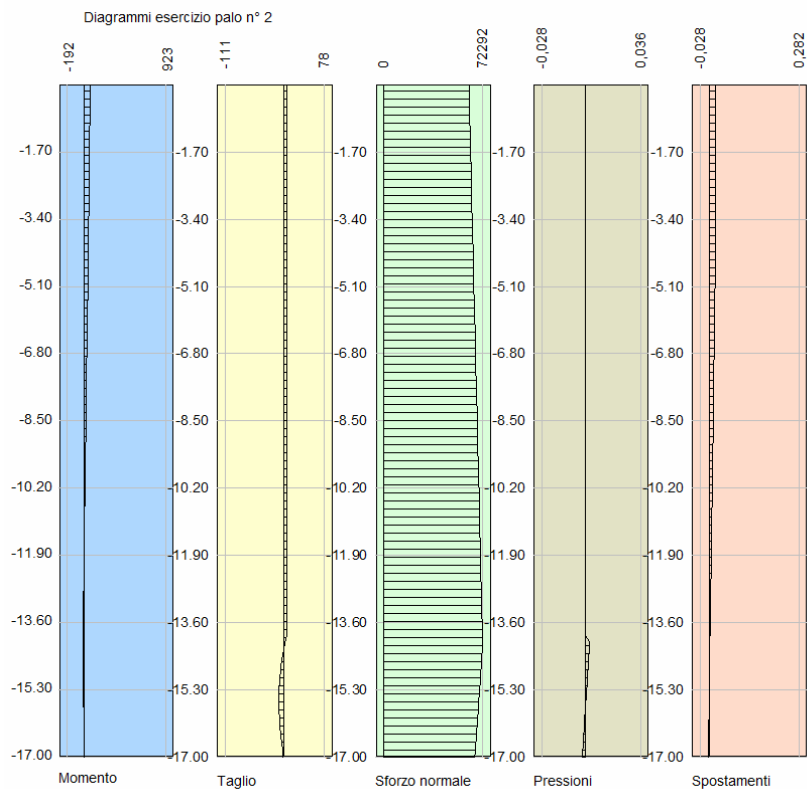


DIAGRAMMI LIMITE SOLLECITAZIONI E SPOSTAMENTI PALI

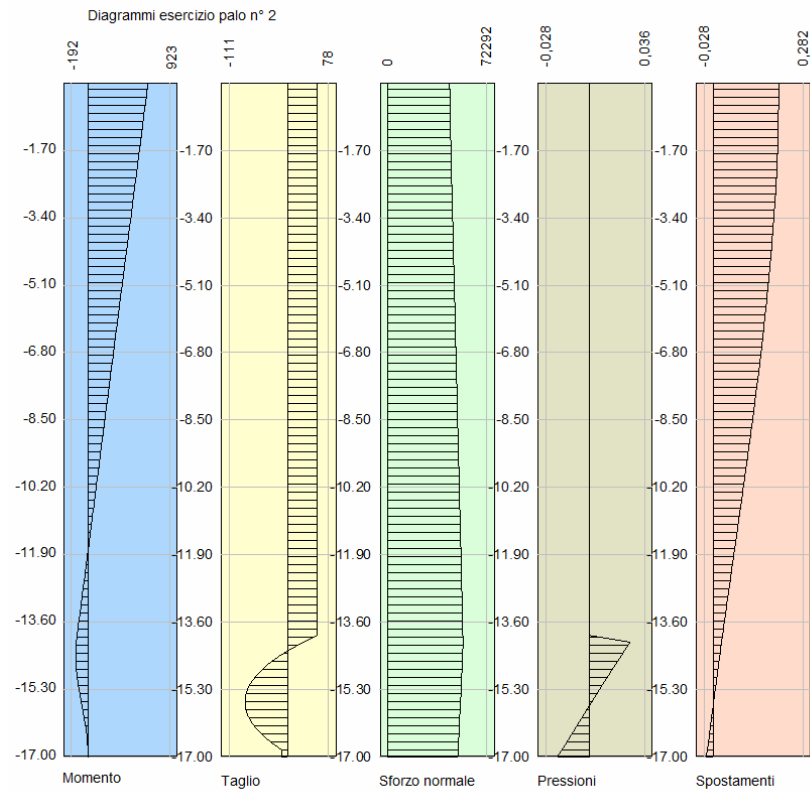


DIAGRAMMI ESERCIZIO SOLLECITAZIONI E SPOSTAMENTI PALI

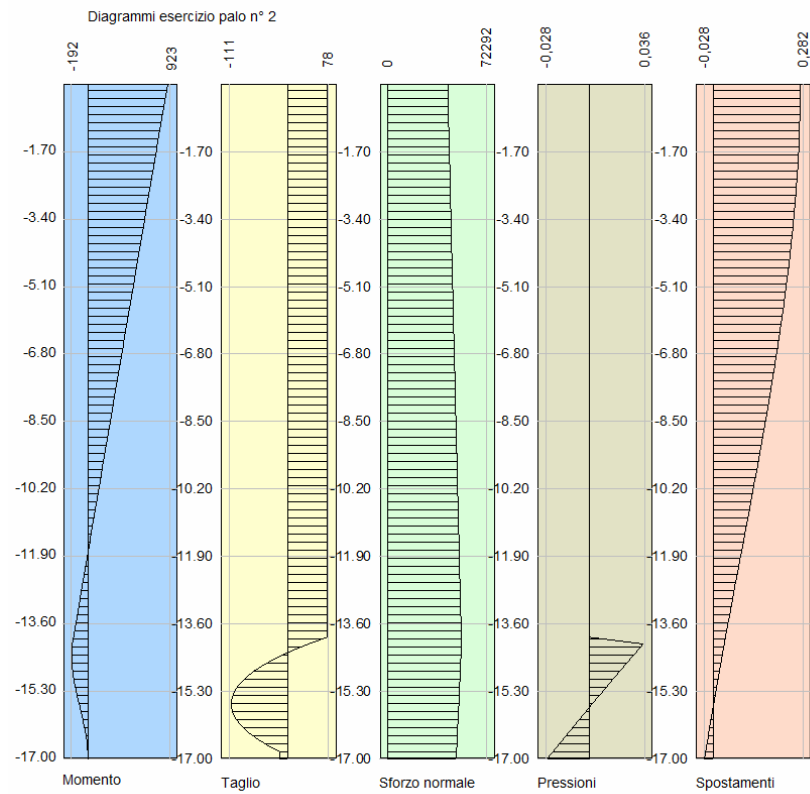
Comb. 1 SLU statica



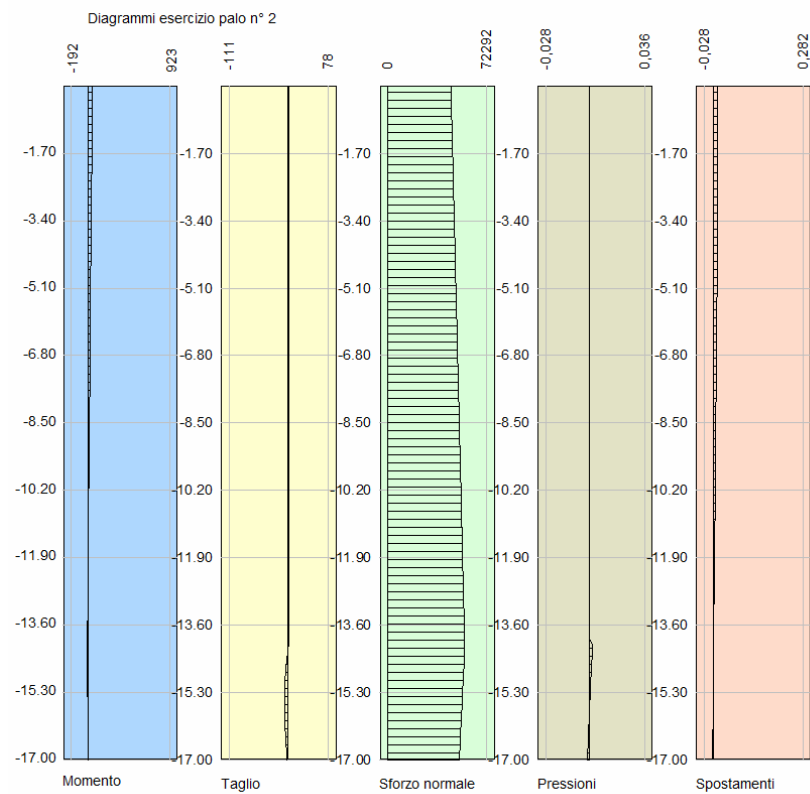
Comb. 2 SLU sisma x



Comb. 3 SLU sisma y



Comb. 4 SLE



SCARICHI IN TESTA PALI

SLU

N_{max}

Palo nr. 2 [1]				×
D =	60,00 cm	L =	17,00 m	
M _x =	15,18 kgm	M _y =	69,09 kgm	
T _x =	-1,29 kg	T _y =	5,87 kg	
N =	62342,55 kg	T =	6,01 kg	
Portanza del palo				
PL _{med} =	18987 kg	Pp _{med} =	163180 kg	
PL _{min} =	18987 kg	Pp _{min} =	163180 kg	
Wp=	12017 kg	Pd =	<u>76619 kg</u>	
Tu=	4197 kg			

M_x - T_x max

Palo nr. 2 [2]				×
D =	60,00 cm	L =	17,00 m	
M _x =	-673,97 kgm	M _y =	18,93 kgm	
T _x =	57,26 kg	T _y =	1,61 kg	
N =	45157,24 kg	T =	57,28 kg	
Portanza del palo				
PL _{med} =	18987 kg	Pp _{med} =	163180 kg	
PL _{min} =	18987 kg	Pp _{min} =	163180 kg	
Wp=	12017 kg	Pd =	<u>76619 kg</u>	
Tu=	1936 kg			

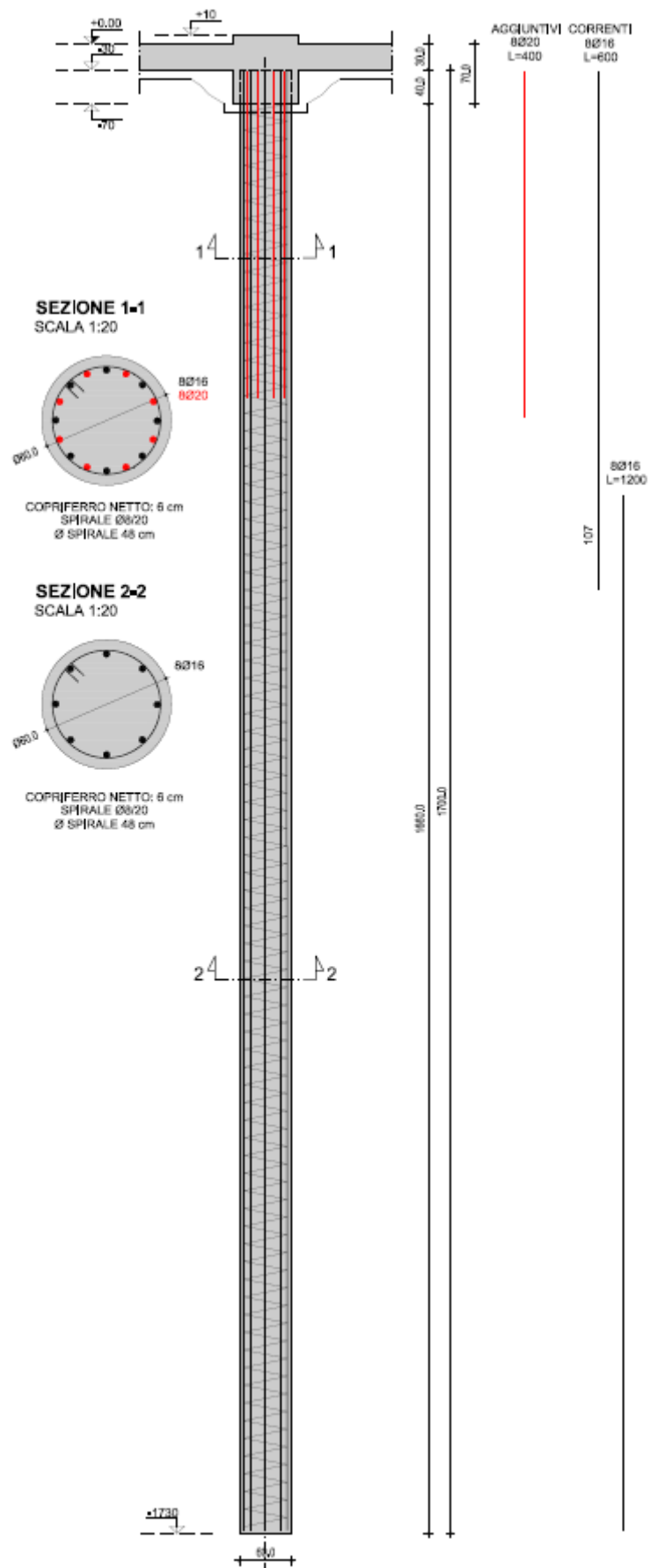
M_y - T_y max

Palo nr. 2 [3]				×
D =	60,00 cm	L =	17,00 m	
M _x =	33,50 kgm	M _y =	893,62 kgm	
T _x =	-2,85 kg	T _y =	75,92 kg	
N =	43891,10 kg	T =	75,98 kg	
Portanza del palo				
PL _{med} =	18987 kg	Pp _{med} =	163180 kg	
PL _{min} =	18987 kg	Pp _{min} =	163180 kg	
Wp=	12017 kg	Pd =	<u>76619 kg</u>	
Tu=	1936 kg			

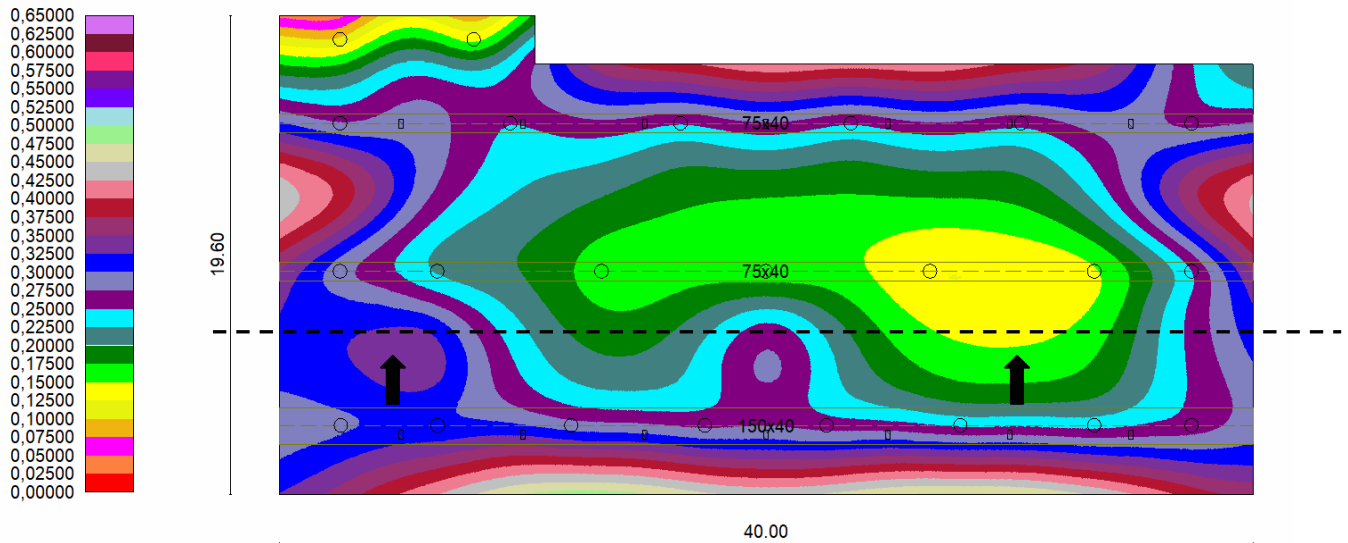
SLE

Palo nr. 2 [4]				×
D =	60,00 cm	L =	17,00 m	
M _x =	10,12 kgm	M _y =	46,04 kgm	
T _x =	-0,86 kg	T _y =	3,91 kg	
N =	46351,30 kg	T =	4,00 kg	
Portanza del palo				
PL _{med} =	18987 kg	Pp _{med} =	163180 kg	
PL _{min} =	18987 kg	Pp _{min} =	163180 kg	
Wp=	12017 kg	Pd =	<u>105511 kg</u>	
Tu=	4197 kg			

PALO TIPO



DEFORMATA PLATEA AGLI SLE



Spostamenti

Spostamenti massimi e minimi della piastra

Simbologia adottata

Ic	Indice della combinazione
w _{max}	Spostamento verticale massimo espresso in [cm]
ux _{max}	Spostamento direzione x massimo spresso in [cm]
uy _{max}	Spostamento direzione y massimo spresso in [cm]
w _{min}	Spostamento verticale minimo espresso in [cm]
ux _{min}	Spostamento direzione x minimo spresso in [cm]
uy _{min}	Spostamento direzione y minimo spresso in [cm]
p _{max}	Pressione massima sul terreno espressa in [kg/cm ²]
p _{med}	Pressione media sul terreno espressa in [kg/cm ²]

Ic	w _{max}	ux _{max}	uy _{max}	w _{min}	ux _{min}	uy _{min}	p _{max}	p _{med}
4	0,4848	0,0051	0,0171	0,0342	-0,0046	-0,0029	0,1115	0,0592

Spostamenti nodali [4]

Nodo 5517 (X = 2950,82 Y = 631,19 cm)

w = 0,146238 cm
fx = -0,000066°
fy = 0,006708°
ux = -0,001373 cm
uy = 0,002172 cm
u = 0,002569 cm
p = 0,033635 kg/cm²

Spostamenti nodali [4]

Nodo 444 (X = 491,80 Y = 631,19 cm)

w = 0,336461 cm
fx = 0,002129°
fy = 0,008168°
ux = -0,001351 cm
uy = 0,014794 cm
u = 0,014856 cm
p = 0,077386 kg/cm²

- w: spostamenti lungo z;
- fx, fy: rotazioni
- ux, uy: spostamenti nel piano x e y
- u = ux + uy
- pressioni al suolo

Massima deformata relativa: 0.190223 cm