



”DECARBONIZZAZIONE DEL SISTEMA PORTUALE SICILIANO – PORTO DI SIRACUSA”  
CUP: G31B21004600001 – CIG: 95453120A7

### PROGETTO ESECUTIVO

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO	Ing. Marco Brandaleone	IL PRESIDENTE	On. Renato Schifani
IL DIRIGENTE GENERALE	Ing. Antonio Martini	IL SEGRETARIO GENERALE	Avv. Maria Mattarella
INCARICATO DELLA PROGETTAZIONE	Ing. Nicolò Faggioni	COORDINATORE SICUREZZA PROGETTAZIONE	Arch. Luciano Franchi

Progettista incaricato:



Azienda certificata **ISO 9001:2015**  
**RINA n.5923/01/S IQNet n.IT-19510**

Sede legale:  
Piazza Roma, 19  
32045 S. Stefano di Cadore (BL)  
tel +39.0422.693511

Sede secondaria:  
Via Pietro Chiesa, 9  
16149 Genova (GE)  
tel +39.0422.693511

Raggruppamento temporaneo di imprese

Capogruppo:

Mandataria:



Responsabile di commessa:

Ing. Mario Corace

Responsabile di commessa:

Ing. Giuseppe Vito Moramarco

NOME FILE: 32016019PE0STRREL03R0	SCALA: –	PAGINA: –
----------------------------------	----------	-----------

TITOLO	ELABORATO
Relazione Tecnica – Parte Strutture Geotecnica e Sismica fondazioni Torre Faro	32016019 PE0 STR REL 03 R0

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
0	Lug. 2025	Prima emissione	M. De Luca	E. Barattin	N. Faggioni

  	<p><b>“Decarbonizzazione del sistema portuale siciliano - Elettrificazione banchine - Porto di Siracusa”</b></p> <p><b>CUP G31B21004600001 – CIG: 95453120A7</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>
 <b>REGIONE SICILIANA</b>	<p>RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO</p> <p>32016019PE0STRREL03R0</p> <p style="text-align: right;">Pag. 1 di 17</p>

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE GENERALE .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INSERIMENTO DEL PROGETTO NEL TERRITORIO .....</b>	<b>3</b>
2.1	AREA DELL'INTERVENTO .....	3
2.2	IL TERMINAL .....	4
<b>3</b>	<b>ALLEGATI .....</b>	<b>5</b>
3.1	RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO.....	5
3.2	AZIONI PROVENIENTI DALLA STRUTTURA IN ELEVAZIONE .....	5
3.3	CODICE DI CALCOLO E GIUDIZIO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI.....	5
3.4	VERIFICHE DELLA STRUTTURA.....	6
3.4.1	GEOMETRIA DEL PLINTO E CARATTERISTICHE DEL TERRENO .....	6
<b>4</b>	<b>VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE DEL SINGOLO PALO .....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>VERIFICHE DEI PALI .....</b>	<b>12</b>
5.1	SOLLECITAZIONI PALI CONDIZIONE STR.....	12
5.2	SOLLECITAZIONI PALI CONDIZIONE <b>SIS</b> .....	13
<b>6</b>	<b>VERIFICHE DI RESISTENZA (AGLI S.L.U.) .....</b>	<b>14</b>
6.1	VERIFICHE ARMATURE DELLA SOLETTA.....	14
6.2	VERIFICHE PALO IN ACCIAIO .....	15
<b>7</b>	<b>RIEPILOGO VERIFICHE .....</b>	<b>16</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>17</b>

  	<p><b>“Decarbonizzazione del sistema portuale siciliano - Elettrificazione banchine - Porto di Siracusa”</b></p> <p><b>CUP G31B21004600001 – CIG: 95453120A7</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>
 <b>REGIONE SICILIANA</b>	<p>RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO</p> <p>32016019PE0STRREL03R0</p> <p style="text-align: right;">Pag. 2 di 17</p>

## 1 INTRODUZIONE GENERALE

Il presente documento costituisce la relazione descrittiva degli sviluppi progettuali definiti a partire dal Progetto di Fattibilità Tecnico Economica e modificati per effetto dei pareri conclusivi del processo di Conferenza dei Servizi, nonché dei pareri raccolti nelle opportune sedi durante i successivi incontri indetti dalla Stazione Appaltante. I principali interventi previsti a progetto sono:

- L'elettrificazione delle banchine del Porto Grande Siracusa per l'alimentazione da terra di navi da *Cruise* (di seguito anche *Cold Ironing*);
- La realizzazione di punti presa dedicati a rifornire le imbarcazioni da diporto di energia elettrica;
- La realizzazione di impianti fotovoltaici;
- L'ottimizzazione dell'illuminazione delle aree a progetto.

Nel suo complesso l'intervento si inserisce in un contesto di iniziative molto ampio promosso dalla Commissione Europea nell'ambito degli interventi tesi ad assicurare “Energia pulita nei trasporti”. Invito raccolto e sviluppato dal Governo italiano che, nell'ambito degli interventi previsti dal PNRR ha riservato importanti risorse su questo tema. Un'attenzione crescente è infatti posta a livello nazionale ed europeo sugli aspetti ambientali connessi all'attività portuale. La riduzione dei consumi energetici delle aree portuali e soprattutto la riduzione delle emissioni inquinanti in atmosfera, sono perseguiti grazie a molteplici iniziative che portano ognuna il suo contributo.

Tra queste vi è l'elettrificazione delle banchine, anche nota sotto altri nomi quali: *Cold Ironing*, *shore to ship power*, *Alternative Maritime Power (AMP)*, *High Voltage Shore Connection (HVSC)*, etc.

L'apporto del traffico marittimo all'emissione globale di gas serra è stimato prossimo al 2,8% e quindi presenta una incidenza doppia, ad esempio, rispetto al traffico aereo; il tema acquista ancora maggiore rilevanza considerando che le previsioni di crescita dei volumi di merci spedite via nave stima un aumento che varia dal 50% al 250% entro il 2050.

Anche il settore crocieristico è interessato ad una ripresa dei volumi, infatti, in base alle analisi della *Cruise Lines International Association (CILA)*, il 2023 ha fatto registrare un incremento del 6% del numero di passeggeri rispetto ai dati pre-pandemia mentre, lato armatori, si prevede una crescita ancora maggiore nei prossimi anni. Sono previsti infatti investimenti sulle flotte, sia per quanto riguarda il *retrofitting* dei sistemi propulsori, sia per quanto riguarda la possibilità di ricevere energia elettrica da terra nonché per la realizzazione di nuove imbarcazioni. Dal 2023 al 2028, tra le compagnie che hanno reso noti i dati a CILA, è prevista la consegna di 44 nuove imbarcazioni da crociera con l'obiettivo di aumentare la capacità di trasporto arrivando a 746.000 posti letto.

Questi dati esplicano il contributo che l'industria dei trasporti marittimi da all'inquinamento globale e rendono altresì evidente l'interesse degli Enti, che gestiscono queste infrastrutture, nell'introduzione di soluzioni che consentano di ridurre tale contributo inquinante. Rispetto ad altri accorgimenti che vengono utilizzati per raggiungere gli obiettivi di riduzione dei consumi energetici, il *Cold Ironing* consiste nel fornire direttamente energia elettrica alle navi in ormeggio in maniera tale da consentire alle stesse di spegnere i propri generatori diesel che hanno l'effetto di contribuire all'inquinamento locale in modo significativo. Il *Cold Ironing* si pone quindi l'obiettivo di annullare integralmente le emissioni locali durante l'ormeggio ed è particolarmente efficace per i porti prossimi ad aree urbane.

  	<p><b>“Decarbonizzazione del sistema portuale siciliano - Elettrificazione banchine - Porto di Siracusa”</b></p> <p>CUP G31B21004600001 – CIG: 95453120A7</p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>
 <b>REGIONE SICILIANA</b>	<p>RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO</p> <p>32016019PE0STRREL03R0</p> <p style="text-align: right;">Pag. 3 di 17</p>

## 2 INSERIMENTO DEL PROGETTO NEL TERRITORIO

### 2.1 AREA DELL'INTERVENTO

L'area di intervento è localizzata nel settore costiero della Sicilia, nell'area urbana di Siracusa.



**Figura 1: Inquadramento territoriale del porto di Siracusa**

Il Porto di Siracusa è situato nel sud-est della Sicilia, nella zona orientale, proprio di fronte all'omonima città. La sua posizione strategica sul Mar Ionio lo rende un punto d'accesso importante per le rotte commerciali e turistiche che collegano la Sicilia con la Calabria, l'Italia continentale e anche con destinazioni internazionali. Sebbene sia corretto indicare la struttura portuale di Siracusa come porto unico, va specificato che essa si compone in realtà di tre distinte aree portuali di competenza dell'autorità marittima del comune di Siracusa. Due di queste sono il porto Grande e il porto Marmoreo (detto anche Lakkios o Piccolo), esse si trovano nei due opposti versanti dell'isola di Ortigia, dichiarata Patrimonio dell'umanità UNESCO, ma comunicano tra loro grazie ad un canale sormontato da due ponti.

La terza area si trova invece a nord della città, oltre capo Santa Panagia, nella rada omonima, ed è costituito dal porto Rifugio e dal pontile di attracco per le attività petrolchimiche; qui ha sede la Sezione Staccata Santa Panagia della capitaineria di porto di Siracusa, la cui sede centrale si trova nel Piazzale IV Novembre, all'imboccatura del porto Grande.

  	<p><b>“Decarbonizzazione del sistema portuale siciliano - Elettrificazione banchine - Porto di Siracusa”</b></p> <p><b>CUP G31B21004600001 – CIG: 95453120A7</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>
 <b>REGIONE SICILIANA</b>	<p>RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO</p> <p>32016019PE0STRREL03R0</p> <p style="text-align: right;">Pag. 4 di 17</p>

Il complesso portuale della città di Siracusa oltre ad annoverare uno dei più importanti pontili industriali d'Europa, può ospitare nelle sue due e comunicanti aree portuali circa 1000 imbarcazioni di diversa taglia, e questo fa di Siracusa uno dei più ampi porti della nautica da diporto.

Essendo l'intera area comunale affacciata sul mare, al di là dei tre approdi maggiori ve ne sono altri di minore entità siti in periferia che fanno parte del sistema portuale del comune e vengono gestiti dal circondario marittimo di Siracusa: essi sono il porticciolo di Ognina, sito nell'omonima baia, e il porticciolo di Fontane Bianche; entrambi siti a sud della città, nei pressi di Cassibile.

## 2.2 IL TERMINAL

Il ruolo del terminal del porto di Siracusa è fondamentale per la gestione delle attività marittime e logistiche della città, poiché il porto di Siracusa è uno dei principali punti di accesso per il commercio e il trasporto nella zona orientale della Sicilia. Il terminal portuale è ben collegato alla rete stradale siciliana, con facile accesso alla SS114, la strada che collega Siracusa ad altre città siciliane. Questo rende il porto accessibile sia per il traffico commerciale che per il turismo. La vicinanza con l'aeroporto di Catania Fontanarossa, a circa 50 km, favorisce inoltre i collegamenti per merci e passeggeri. Le funzioni principali del terminal includono:

- **Trasporto merci e passeggeri:** Il terminal facilita l'arrivo e la partenza di navi merci e traghetti, gestendo il carico e scarico di merci come prodotti industriali, materie prime, container, e anche il trasporto di passeggeri tramite traghetti per destinazioni regionali.
- **Infrastrutture logistiche:** Il terminal è dotato di strutture adeguate per l'imbarco e lo sbarco di merci, tra cui banchine, gru, magazzini, e container terminal. Ciò permette una gestione efficiente dei flussi di merci sia nazionali che internazionali.
- **Attività industriali e petroliere:** Siracusa ha una forte vocazione industriale, in particolare nel settore chimico e petrolchimico. Il porto, grazie alle sue strutture e alla sua vicinanza con le raffinerie e gli impianti industriali, è essenziale per il trasporto di materie prime, prodotti petroliferi e chimici.
- **Rifornimento e manutenzione navale:** Il porto di Siracusa ospita anche attività di rifornimento di carburante e manutenzione per le navi che transitano nel Mar Ionio.
- **Turismo crocieristico:** Sebbene non sia uno dei porti più grandi per le crociere, il terminal portuale di Siracusa gestisce anche il traffico crocieristico, attirando turisti grazie alla sua posizione storica e alla vicinanza alle attrazioni culturali della città, come il Parco Archeologico della Neapolis.

L'esigenza di un utilizzo diportistico e crocieristico del Porto Grande si è manifestata sin da quando la città, negli anni 2000, si è aperta maggiormente alla sua vocazione turistica. Per questa ragione, negli ultimi anni, sono stati fatti investimenti per modernizzare il terminal e aumentarne la capacità operativa, per far fronte alla crescita del traffico commerciale e passeggeri.

Il Terminal del Porto di Siracusa è dunque una struttura vitale per l'economia locale e per la logistica regionale, con un ruolo che spazia dal supporto al trasporto commerciale alla promozione del turismo marittimo. La sua posizione strategica, unita a infrastrutture moderne e a una gestione efficiente, lo rende un punto di riferimento importante nel panorama portuale siciliano.

  	<p><b>“Decarbonizzazione del sistema portuale siciliano - Elettrificazione banchine - Porto di Siracusa”</b></p> <p><b>CUP G31B21004600001 – CIG: 95453120A7</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>
 <b>REGIONE SICILIANA</b>	<p>RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO</p> <p>32016019PE0STRREL03R0</p> <p style="text-align: right;">Pag. 5 di 17</p>

### 3 ALLEGATI

La presente sezione descrive le valutazioni strutturali, geotecniche e sismiche relative alla progettazione delle fondazioni della Torri Faro presenti nel progetto. Le analisi sono state svolte sulla base delle caratteristiche geologiche e geotecniche del sito al fine di garantire la sicurezza e l'affidabilità dell'opera in esercizio.

#### 3.1 RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO

La fondazione è di tipo indiretto, formata da un plinto monolitico in c.a. classe calcestruzzo C30/37 costituito da una soletta di base di dimensioni 5,0x5,0 m e spessore 1,00 m inglobante i tirafondi di collegamento alla fondazione. L'altezza complessiva del plinto è di 1,00 m. Al di sotto della fondazione è stato previsto un getto di calcestruzzo magro di 10 cm. La portanza della fondazione è garantita da 8 micropali di diametro 0,30 m, approfonditi fino a -17,0 m dal piano campagna e armati con tubo Ø127x6,3mm in acciaio S235.

La relazione geologica geotecnica a firma del dott. Geol. Aldo Battaglia datata luglio 2025; evidenzia la possibilità di liquefacibilità per alcune stratigrafie del terreno.

La verifica viene condotta considerando la condizione STR senza attivazione della liquefazione e la condizione Sismica con cui i fenomeni si attivano.

#### 3.2 AZIONI PROVENIENTI DALLA STRUTTURA IN ELEVAZIONE

Le azioni sulle fondazioni vengono cumulate secondo le condizioni di carico tali da essere più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche. Le massime sollecitazioni nelle condizioni limite di esercizio, trasmesse dalla struttura in elevazione ed agenti all'estradosso del plinto, sono state desunte dalla relazione di calcolo di Tecnopali S.r.l. redatta dall'ing. A. Albertini datata 02/07/2025

##### STR

$$M = 56976.78 \text{ daNm}$$

$$T = 3145.56 \text{ daN}$$

$$N = 2467.23 \text{ daN}$$

##### SIS

$$M = 18275.27 \text{ daNm}$$

$$T = 793.46 \text{ daN}$$

$$N = 2235.37 \text{ daN}$$

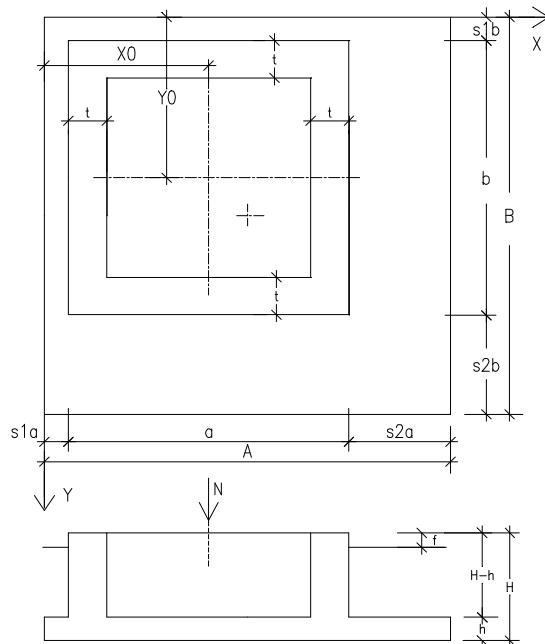
#### 3.3 CODICE DI CALCOLO E GIUDIZIO DI ACCETTABILITÀ DEI RISULTATI

Si riportano la verifica e l'armatura del plinto, la verifica dei pali di fondazione, e le verifiche agli S.L.U.. Le verifiche riportate sono eseguite con l'ausilio di fogli elettronici utilizzando i criteri di calcolo della Scienza delle Costruzioni. (per quanto concerne il cap. 10.2 del D.M. 17.01.2018 si specifica non è stato utilizzato alcun codice di calcolo automatico).

 <b>GEOMO</b> 	<p style="text-align: center;"><b>“Decarbonizzazione del sistema portuale siciliano - Elettrificazione banchine - Porto di Siracusa”</b></p> <p style="text-align: center;">CUP G31B21004600001 – CIG: 95453120A7</p> <p style="text-align: center;"><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>
 <b>REGIONE SICILIANA</b>	<p style="text-align: center;">RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO</p> <p style="text-align: center;">32016019PE0STRREL03R0</p> <p style="text-align: right;">Pag. 6 di 17</p>

### 3.4 VERIFICHE DELLA STRUTTURA

#### 3.4.1 GEOMETRIA DEL PLINTO E CARATTERISTICHE DEL TERRENO



Posizione del centro palo (m)  $X_0$  e  $Y_0$ : 2,50 e 2,50

Dimensioni soletta (m)  $A \times B =$  5,00x4,00

Altezza soletta (m)  $h =$  1,00

Altezza totale (m)  $H =$  1,00

Fuori terra (m)  $f =$  0,10

Peso specifico cls (KN/m<sup>3</sup>): 25,00 Peso specifico terreno (KN/m<sup>3</sup>): 18,00

Volume del calcestruzzo (m<sup>3</sup>): 25,00 Peso (KN): 625,00

Volume del terreno (m<sup>3</sup>): 0,00 Peso (KN): 0,00

  	<b>"Decarbonizzazione del sistema portuale siciliano - Elettrificazione banchine - Porto di Siracusa"</b> <b>CUP G31B21004600001 – CIG: 95453120A7</b>
	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
 <b>REGIONE SICILIANA</b>	<b>RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO</b> <b>32016019PE0STRREL03R0</b> <span style="float: right;">Pag. 7 di 17</span>

#### 4 VERIFICA DELLA CAPACITA' PORTANTE DEL SINGOLO PALO

CASO STR SENZA CONSIDERARE LA LIQUEFAZIONE

CALCOLO PORTANZA PALI TRIVELLATI (M1-R3)															
Portata laterale	strato	z	Do	$\gamma (\gamma')$	Cu	$\alpha$	$\Delta\sigma^v(l/2)$	$\sigma^v(l/2)$	$\sigma^v(\text{tot})$	$\phi'$	k	$f_s$	$\Delta L$	$\Delta P$	P
	m	m	cm	daN/m <sup>3</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	cm	daN	daN
p.c.		0													
da -0 a -1	1	0	1800	0,00		1	0,090	0,090	0,180	26	0,8	0,03	100	0	0
da -1 a -2	2	30	1800	0,00		1	0,090	0,270	0,360	26	0,8	0,08	100	773	773
da -2 a -3	3	30	800	0,00		1	0,040	0,400	0,440	31	0,8	0,15	100	1394	2167
da -3 a -4	4	30	800	0,00		1	0,040	0,480	0,520	31	0,8	0,18	100	1672	3839
da -4 a -12,5	12,5	30	800	0,00		1	0,340	0,860	1,200	28	0,8	0,28	850	22717	26556
da -12,5 a -17	17	30	800	0,00		1	0,180	1,380	1,560	26	0,8	0,42	450	17786	44342
														1600	
Fattore di riduzione lunghezza palo L=				$\xi =$	1,7										
Portata limite fusto =															
$\gamma s \text{ comp} =$	1,15														
$\gamma s \text{ traz} =$	1,25														
pali trivellati															
Pcl =							22682 daN								
Ptl =							20867 daN								
compressione laterale															
trazione laterale															
Portata di punta =															
dati	Do	Ap	z	$\sigma^v(\text{tot})$	Nq	Nc	Rp	Pp							
	cm	cm <sup>2</sup>	m	daN/cm <sup>2</sup>	-	-	daN/cm <sup>2</sup>	daN							
1° metodo	30	707	17,0	1,560	10	5,14	15,60	11027							
$\gamma s \text{ comp} =$	1,35														
pali trivellati															
Pcp =							4805 daN								
compressione punta															
Portata limite in cpr totale															daN 27.486
Portata limite in trz totale															daN 20.867

Si è considerato il coefficiente  $\xi_3 = 1,7$

Portata di calcolo a compressione:  $N_{c,Rd} = 27486$  daN

Portata di calcolo a trazione:  $N_{t,Rd} = 20867$  daN

  	<p><b>“Decarbonizzazione del sistema portuale siciliano - Elettrificazione banchine - Porto di Siracusa”</b></p> <p><b>CUP G31B21004600001 – CIG: 95453120A7</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>
 <b>REGIONE SICILIANA</b>	<p>RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO</p> <p>32016019PE0STRREL03R0</p> <p style="text-align: right;">Pag. 8 di 17</p>

La relazione geologica del dott. Geol. Aldo Battaglia ha considerato tre diverse stratigrafie rappresentanti la zona oggetto di intervento.

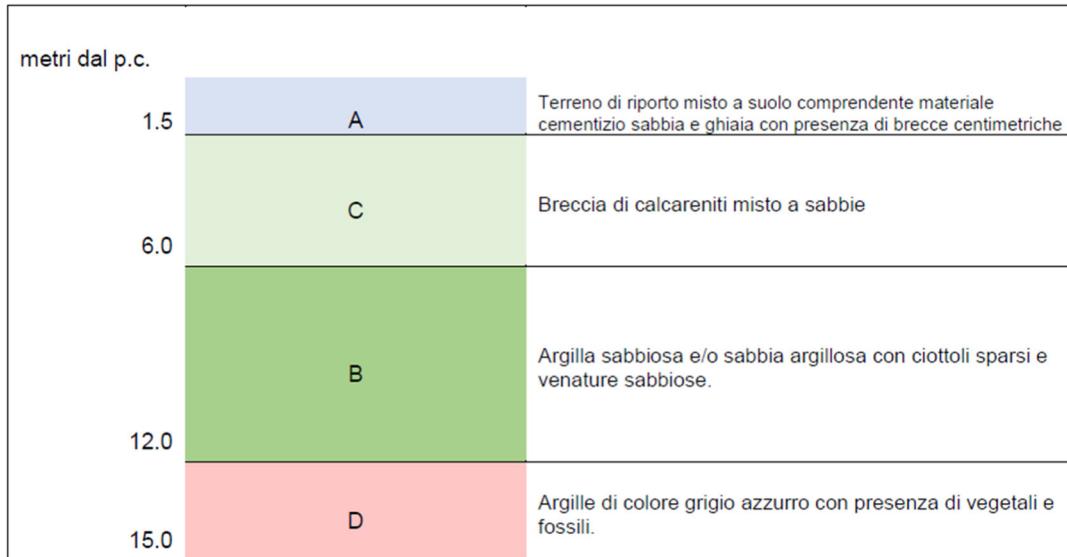


**Figura 2: ubicazione prove geologiche**

metri dal p.c.		
2.0	A	Terreno di riporto misto a suolo comprendente materiale cementizio sabbia e ghiaia con presenza di brecce centimetriche
4.0	C	Breccia di calcareniti misto a sabbie
12.5	B	Argilla sabbiosa e/o sabbia argillosa con ciottoli sparsi e venature sabbiose.
15.0	D	Argille di colore grigio azzurro con presenza di vegetali e fossili.

**Figura 3 stratigrafia corrispondente punto SG1**

  	<p><b>“Decarbonizzazione del sistema portuale siciliano - Elettrificazione banchine - Porto di Siracusa”</b></p> <p><b>CUP G31B21004600001 – CIG: 95453120A7</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>
 <b>REGIONE SICILIANA</b>	<p>RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO</p> <p>32016019PE0STRREL03R0</p> <p style="text-align: right;">Pag. 9 di 17</p>



**Figura 4 stratigrafia corrispondente punto SG4**



**Figura 5 stratigrafia corrispondente punto SG4**

La collocazione delle torri faro è distribuita all'interno dell'area al fine del dimensionamento si è considerata la stratigrafia di caratteristiche peggiori, ovvero la SG1. È stata considerata la falda a quota -2.0m.

  	<p><b>“Decarbonizzazione del sistema portuale siciliano - Elettrificazione banchine - Porto di Siracusa”</b></p> <p><b>CUP G31B21004600001 – CIG: 95453120A7</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>
 <b>REGIONE SICILIANA</b>	<p>RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO</p> <p>32016019PE0STRREL03R0</p> <p style="text-align: right;">Pag. 10 di 17</p>

Sigla	$\gamma_{nat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma_{sat}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	C' [kPa]	$\varphi$ [°]	Ed [MPa]
A	18	19	0.0	26	3-4
C	18	19	0.0	31-32	9-10
B	18	19	0.0	28-32	7-10
D	18	19	0.0	26*	3-4

$\gamma_{nat}$  = peso di volume naturale;  $\gamma_{sat}$  = peso di volume saturo; E = modulo edometrico; C' = coesione efficace;  
 $\varphi$  = angolo di attrito efficace

**Figura 6 parametri generali unità litotecniche**

  	<b>"Decarbonizzazione del sistema portuale siciliano - Elettrificazione banchine - Porto di Siracusa"</b> <b>CUP G31B21004600001 – CIG: 95453120A7</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO</b>
 <b>REGIONE SICILIANA</b>	<b>RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO</b> <b>32016019PE0STRREL03R0</b> <b>Pag. 11 di 17</b>

### CASO SIS CONSIDERANDO LA LIQUEFAZIONE

CALCOLO PORTANZA PALI TRIVELLATI (M1-R3)														
Portata laterale	z	Do	$\gamma (\gamma')$	Cu	$\alpha$	$\Delta\sigma'v (l/2)$	$\sigma'v (l/2)$	$\sigma'v (tot)$	$\varphi'$	k	$f_s$	$\Delta L$	$\Delta P$	P
strato	m	cm	daN/m <sup>3</sup>	daN/cm <sup>2</sup>		daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>	daN/cm <sup>2</sup>			daN/cm <sup>2</sup>	cm	daN	daN
p.c.	0													
da -0 a -1	1	0	1800	0,00	1	0,090	0,090	0,180	26	0,8	0,03	100	0	0
da -1 a -2	2	30	1800	0,00	1	0,090	0,270	0,360	26	0,8	0,08	100	773	773
da -2 a -3	3	30	800	0,00	1	0,040	0,400	0,440	31	0,8	0,15	100	1394	2167
da -3 a -4	4	30	800	0,00	1	0,040	0,480	0,520	31	0,8	0,18	100	1672	3839
da -4 a -12,5	12,5	30	800	0,00	1	0,340	0,860	1,200	0	0,8	0,00	850	0	3839
da -12,5 a -17	17	30	800	0,00	1	0,180	1,380	1,560	26	0,8	0,42	450	17786	21625
													<b>1600</b>	
Fattore di riduzione		$\xi =$		<b>1,7</b>										
lunghezza palo L=														
Portata limite fusto =														
$\gamma s \text{ comp} =$	<b>1,15</b>													
$\gamma s \text{ traz} =$	<b>1,25</b>													
pali trivellati														
Pcl =						<b>11062 daN</b>								
Ptl =							<b>10177 daN</b>							
compressione laterale														
trazione laterale														
Portata di punta =														
dati	Do	Ap	z	$\sigma'v (tot)$	Nq	Nc	Rp	Pp						
	cm	cm <sup>2</sup>	m	daN/cm <sup>2</sup>	-	-	daN/cm <sup>2</sup>	daN						
1° metodo	30	707	17,0	1,560	<b>10</b>	<b>5,14</b>	<b>15,60</b>	11027						
$\gamma s \text{ comp} =$	<b>1,35</b>													
pali trivellati														
Pcp =						<b>4805 daN</b>								
compressione punta														
Portata limite in cpr totale														<b>daN 15.866</b>
Portata limite in trz totale														<b>daN 10.177</b>

Portata di calcolo a compressione:  $N_{c,Rd} = 15866 \text{ daN}$

Portata di calcolo a trazione:  $N_{t,Rd} = 10177 \text{ daN}$



**PROGETTO ESECUTIVO**



REGIONE SICILIANA

RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO

32016019PE0STRREL03R0

Pag. 12 di 17

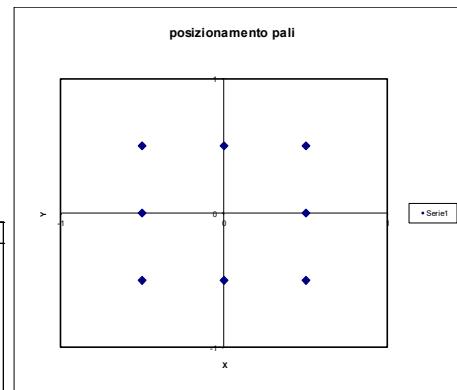
## 5 VERIFICHE DEI PALI

### 5.1 SOLLECITAZIONI PALI CONDIZIONE STR

La palificata è composta da 8 micropali di diametro 300mm spinti fino ad una profondità di -17,00 m dal p.c.

Si verifica la palificata per le massime azioni dovute al vento con ghiaccio in diagonale. Le sollecitazioni massime alla base sono pari a:

N. pali	8	N. pali eq.	8
baricentro x		0	
y		0	
COND A1-M1		$\gamma \cdot g =$	1,3
N PALO=	2468	N plinto:	62500
Mx =	40289	Vy	2225
My =	40289	Vx	2225
* azioni rispetto al baricentro dei pali			



PESO PROPRIO PLINTO		prof. imposta plinto (+)	1 m
peso calcestruzzo	2500 daN/mc	base soletta:	5 m
peso terreno	1800 daN/mc	altezza soletta:	1 m
		base dado:	1 m
		altezza dado:	0
		Vuoto dado:	0 m
Volume plinto:	25,00 mc	Peso totale:	62500 daN
Volume terreno:	0,00 mc	Peso terreno:	0 daN

x	y	$\phi$	Pesi	$x^*p$	$y^*p$	x rel	y rel	$p^*x_{rel}^2$	$p^*y_{rel}^2$	Jy	Jx	N		
1 2,2	-2,2	0,3	1	2,2	-2,2	2,2	-2,2	4,84	4,84	10465	0,5	-0,5		
2 2,2	0	0,3	1	2,2	0	2,2	0	4,84	0	13685	0,5	0		
3 2,2	2,2	0,3	1	2,2	2,2	2,2	2,2	4,84	4,84	16906	0,5	0,5		
4 0	2,2	0,3	1	0	2,2	0	2,2	0	4,84	13685	0	0,5		
5 -2,2	2,2	0,3	1	-2,2	2,2	-2,2	2,2	4,84	4,84	10465	-0,5	0,5		
6 -2,2	0	0,3	1	-2,2	0	-2,2	0	4,84	0	7244	-0,5	0		
7 -2,2	-2,2	0,3	1	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	4,84	4,84	4023	-0,5	-0,5		
8 0	-2,2	0,3	1	0	-2,2	0	-2,2	0	4,84	7244	0	-0,5		
0	0	m	8	0	0	0	0	29,04	29,04	83718	0	0	MAX	
													MIN	

A tali azioni va aggiunto il peso del palo, pari a N = 2826daN allo SLU.

Le massime azioni in compressione valgono:

$$N_{compr} = 16906 + 2826 \times 1,3 = 20580 \text{ daN}$$

I pali non vanno in trazione

Portata di calcolo a compressione:  $N_{c,Rd} = 27486 \text{ daN}$   $> N_{c,Sd} = 20580 \text{ daN}$   $\rightarrow 74.87\%$

**La verifica risulta soddisfatta con sfruttamento massimo dell' 74,9%.**



**GEOMO**  
Nidec  
Conversion

"Decarbonizzazione del sistema portuale siciliano - Elettrificazione banchine  
- Porto di Siracusa"

CUP G31B21004600001 – CIG: 95453120A7

### PROGETTO ESECUTIVO



REGIONE SICILIANA

RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO

32016019PE0STRREL03R0

Pag. 13 di 17

## 5.2 SOLLECITAZIONI PALI CONDIZIONE SIS

Le sollecitazioni massime alla base sono pari a:

N. pali	8	N. pali eq.	8
baricentro x	0		
y	0		
COND A1-M1		γ g=	1
N PALO=	2236	N plinto:	62500
Mx =	12923	Vy	561
My =	12923	Vx	561

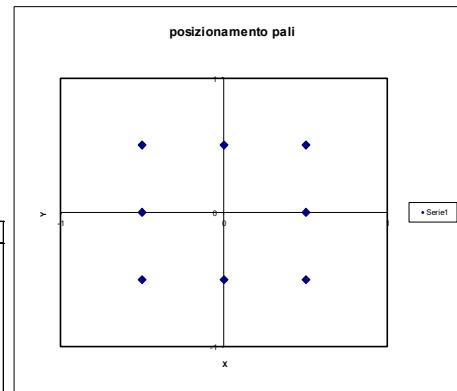
\* azioni rispetto al baricentro dei pali

$$N = 64736 \text{ daN}$$

$$M_x = 13485 \text{ daNm}$$

$$M_y = 13485 \text{ daNm}$$

PESO PROPRIO PLINTO		prof. imposta plinto (+)	
peso calcestruzzo	2500	daN/mc	1 m
peso terreno	1800	daN/mc	5 m
			altezza soletta: 1 m
			base dado: 1 m
			altezza dado: 0
			Vuoto dado: 0 m
Volume plinto:	25,00	mc	Peso totale: 62500 daN
Volume terreno:	0,00	mc	Peso terreno: 0 daN



x	y	φ	Pesi	x*p	y*p	x rel	y rel	p*x_rel^2	p*y_rel^2	N	Jy	Jx	
1	2,2	-2,2	0,3	1	2,2	-2,2	2,2	-2,2	4,84	4,84	8092	0,5	-0,5
2	2,2	0	0,3	1	2,2	0	2,2	0	4,84	0	9114	0,5	0
3	2,2	2,2	0,3	1	2,2	2,2	2,2	2,2	4,84	4,84	10135	0,5	0,5
4	0	2,2	0,3	1	0	2,2	0	2,2	0	4,84	9114	0	0,5
5	-2,2	2,2	0,3	1	-2,2	2,2	-2,2	2,2	4,84	4,84	8092	-0,5	0,5
6	-2,2	0	0,3	1	-2,2	0	-2,2	0	4,84	0	7070	-0,5	0
7	-2,2	-2,2	0,3	1	-2,2	-2,2	-2,2	-2,2	4,84	4,84	6049	-0,5	-0,5
8	0	-2,2	0,3	1	0	-2,2	0	-2,2	0	4,84	7070	0	-0,5
	0			8	0	0	0	0	29,04	29,04	64736	0	0
											MAX	10135	
											MIN	0	

A tali azioni va aggiunto il peso del palo, pari a  $N = 2826 \text{ daN}$  allo SLU.

Le massime azioni in compressione valgono:

$$N_{\text{compr}} = 10135 + 2826 \times 1,0 = 12961 \text{ daN}$$

Le massime azioni a trazione valgono: i pali non sono in trazione

Portata di calcolo a compressione:  $N_{c,Rd} = 15866 \text{ daN}$   $> N_{c,Sd} = 12961 \text{ daN}$   $\rightarrow 81,7\%$

**La verifica risulta soddisfatta con sfruttamento massimo dell' 82%.**

  	<p><b>“Decarbonizzazione del sistema portuale siciliano - Elettrificazione banchine - Porto di Siracusa”</b></p> <p><b>CUP G31B21004600001 – CIG: 95453120A7</b></p> <hr/> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>
 <b>REGIONE SICILIANA</b>	<p>RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO</p> <p>32016019PE0STRREL03R0</p> <p style="text-align: right;">Pag. 14 di 17</p>

## 6 VERIFICHE DI RESISTENZA (AGLI S.L.U.)

### 6.1 VERIFICHE ARMATURE DELLA SOLETTA

Si riporta la verifica di resistenza della sezione in c.a.

#### CALCOLO DELLA SOLETTA CON LO SCHEMA A MENSOLA TOZZA.

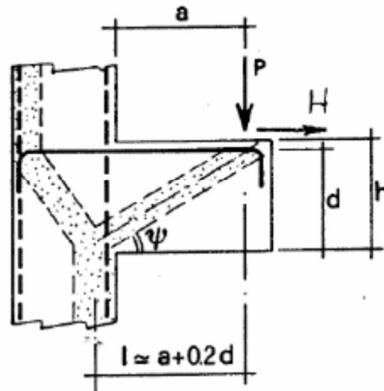
Azioni esterne:

<b>P =</b>	<b>169060 N</b>
<b>H =</b>	<b>393 N</b>

Si considera il 75% della risultante complessiva

Caratteristiche geometriche:

<b>a =</b>	<b>3000 mm</b>
<b>d =</b>	<b>960 mm</b>
<b>l =</b>	<b>3192 mm</b>
<b>λ =</b>	<b>3,69</b>
<b>B =</b>	<b>2200 mm</b>



Armatura longitudinale tesa sulla soletta

<b>n =</b>	<b>12</b>
<b>Ø =</b>	<b>16 mm</b>
area	<b>2413 mmq</b>

$$P_R = P_{Rs} = (A_s f_{yd} - H_{Ed}) \frac{1}{\lambda}$$

Caratteristiche acciaio:

f<sub>yd</sub> = **391 N/mmq**

Caratteristiche CLS:

f<sub>cd</sub> = **14,1 N/mmq**

$$P_{Rc} = 0,4 b d f_{cd} \frac{c}{1+\lambda^2} \geq P_{Rs}$$

Portanza della mensola

**P<sub>Rs</sub> = 255245 N**

Resistenza del puntone in CLS

**P<sub>Rc</sub> = 813144 N**

Portanza della mensola:

**P<sub>Rd</sub> = 25524daN >**

**P<sub>Sd</sub> = 16906 daN**

La verifica è soddisfatta con sfruttamento massimo del 66%.

  	<p><b>“Decarbonizzazione del sistema portuale siciliano - Elettrificazione banchine - Porto di Siracusa”</b></p> <p><b>CUP G31B21004600001 – CIG: 95453120A7</b></p> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>
 <b>REGIONE SICILIANA</b>	<p>RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO</p> <p>32016019PE0STRREL03R0</p> <p style="text-align: right;">Pag. 15 di 17</p>

## 6.2 VERIFICHE PALO IN ACCIAIO

A del palo 0,07065 mq  
 L palo 16 m  
 peso palo 2826 daN

terreno incarerente

V = 3146 daN  
 n pali 8  
 φ = 26 0,45 rad  
 γ = 1800 daN/mc

K<sub>p</sub> = 2,56 0,04 rad spinta passiva

P = 393 daN azione su ogni palo  
 d = 0,3 m diametro palo

e = 0,8 m distanza della testa del palo dalla base della fondazione

f = 0,82 (P/ (γ x d x K<sub>p</sub>))<sup>0,5</sup> 0,44 m ordinata del momento massimo sul palo

M = P (e + 0,67 f) 430 daN m momento massimo sul palo

<b>Tubo 127x6,3</b>	<b>S 235</b>	<b>235</b>
<b>g M1</b>		<b>1,05</b>

W pl = 91,9 cmc

Mrd = Wpl x f yd /1,05 = 2057 daN m

M<sub>sd</sub> = 430 daNm < M<sub>Rd</sub> = 2057daNm

**LA VERIFICA È SODDISFATTA.**

  	<p><b>“Decarbonizzazione del sistema portuale siciliano - Elettrificazione banchine - Porto di Siracusa”</b></p> <p><b>CUP G31B21004600001 – CIG: 95453120A7</b></p> <hr/> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>
 <b>REGIONE SICILIANA</b>	<p>RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO</p> <p>32016019PE0STRREL03R0</p>

Pag. 16 di 17

## 7 RIEPILOGO VERIFICHE

Lo stato generale di sfruttamento del **plinto su pali** per i carichi previsti allo stato di progetto è il seguente:

<b>VERIFICA</b>	<b>COEFFICIENTE DI SFRUTTAMENTO</b>
Compressione palo	82%
Trazione palo	-
Armatura soletta	66%

Le fondazioni presentano caratteristiche sufficienti per resistere alle sollecitazioni di progetto, con uno sfruttamento massimo dell'82%.

  	<p><b>“Decarbonizzazione del sistema portuale siciliano - Elettrificazione banchine - Porto di Siracusa”</b></p> <p><b>CUP G31B21004600001 – CIG: 95453120A7</b></p> <hr/> <p><b>PROGETTO ESECUTIVO</b></p>
 <b>REGIONE SICILIANA</b>	<p>RELAZIONE TECNICA - PARTE STRUTTURE GEOTECNICA E SISMICA FONDAZIONI TORRE FARO</p> <p>32016019PE0STRREL03R0</p>

Pag. 17 di 17

## 8 CONCLUSIONI

Viste le verifiche di cui sopraplinto su pali esistenti risultano verificati, la resistenza delle sezioni in c.a. della soletta e dei pali sono sufficienti per resistere alle sollecitazioni previste allo stato di progetto