

Affidamento in «Concessione mediante project financing del servizio di assistenza passeggeri e di Stazione Marittima nel porto di Ravenna, nonché delle aree per la realizzazione e gestione della nuova Stazione Marittima e degli altri beni strumentali e/o complementari alla prestazione del suddetto servizio da realizzare sulla banchina crociere di Porto Corsini (RA) e aree demaniali adiacenti»

CUP: C61B21002130003 - CIG: 8709330E77 – CUI L92033190395202100009

Progetto Esecutivo – Relazione Geotecnica



Committente



Progettista Definitivo ed Esecutivo



Atelier(S) Alfonso Femia / AF517

55 rue des petites Ecuries 75010 Paris
tel. +33 1 42 46 28 94
paris@atelierfemia.com

via interiano 3/11 16124 Genova
tel. +39 010 54 00 95
genova@atelierfemia.com

via cadolini 32/38 20137 Milano
tel. +39 02 54 01 97 01
milano@atelierfemia.com

Lead Architect

Simonetta Cenci, Alfonso Femia

Project Manager

Carola Picasso

Design Team

Stefania Bracco, Francesca Raffaella Pirrello, Sara Traverso,
Fabio Marchiori, Alessandro Bellus, Simone Giglio,
Fernando Cannata

Responsabile progettazione prevenzione incendi

AFCS Srl

Ing. Antonio Corbo
antonio.corbo@afcsrl.it
www.afcsrl.it

Immagini

DIORAMA

DIORAMA Paris & Atelier(s) Alfonso Femia
modello 3d e visualizzazioni

Paesaggio

ARCHITETTURA E PAESAGGIO MICHELANGELO PUGLIESE

STUDIO DI ARCHITETTURA E PAESAGGIO
Arch. Michelangelo Pugliese
Landscape architect PhD

Acustica

ACU.TO



Rina Consulting S.p.A.

Via Cecchi, 6 – 16129 GENOVA – ITALIA
tel. +39 010 31961

info@rina.org

<http://www.rinagroup.org>

Technical Director

Alessandro Odasso

Project Manager

Antonio De Ferrari, Alessandra Canale

Investment Analyst

Cristina Migliaro

Structural Engineers

Alaeddine Fatnassi, Simone Caffè, Alex Riolfo (AREA)

Geotechnical Engineers

Roberto Pedone, Luca Buraschi, Veronica Minardi (CEAS)

Sustainability, Energy Efficiency, LEED

Fabrizio Tavaroli, Eva Raggi

MEP

Diego Rattazzi, Andrea Guerra, Fabio Mantelli, Igor Ruscelli

Roads and Parkings

Nunzio Piscichio, Andrea Marengo

Environment

Pierluigi Guiso

H&S

Federico Barabino

Security

Giovanni Napoli, Davide Zanardi

BIM Manager

Fabio Figini, Michela Cirelli

Legal

Avv. Luigi Cocchi

Rev	Data	Verificato	Approvato	Oggetto Revisione
0	24/10/2022	RINA/LB	RINA/AO	Prima emissione

INDICE

	Pag.	
1	PREMESSA	4
2	OBIETTIVI E STRUTTURA DEL DOCUMENTO	5
3	NORMATIVA E RIFERIMENTI	5
4	CARATTERIZZAZIONE GEOTENICA	6
4.1	GENERALITÀ	6
4.2	STRATIGRAFIA DI PROGETTO	6
4.2.1	Strato 1 (A1/A2)	6
4.2.2	Strato 2 (B)	6
4.2.3	Strato 3 (C)	6
4.2.4	Strato 4 (D)	6
4.2.5	Falda	7
4.3	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI PROGETTO	7
4.3.1	Parametri di stato	7
4.3.2	Parametri di resistenza e deformabilità in condizioni drenate	7
4.3.3	Parametri di resistenza e deformabilità in condizioni non drenate	7
4.3.4	Cedimento di lungo periodo	7
4.4	ASPETTI SISMICI	7
5	PROGETTO DELLE SOTTOFONDAZIONI	8
5.1	SCELTA DELLE TIPOLOGIE	8
5.2	SCHEMA PALI E DIMENSIONI	8

1 PREMESSA

Ravenna Civitas Cruise Port (RCCP) è una società a capitale pubblico e privato costituita come concessionaria per la costruzione e l'esercizio del futuro Terminal crociere di Ravenna.

L'investimento comprenderà:

- La zona pavimentata subito antistante il Terminal, dotata di pensilina
- L'edificio "Terminal" avente funzione di check in e sbarco passeggeri
- I "Volumi Commerciali" (chioschi) dotati di pergolato
- Il sistema "Passerella" con 5 magazzini sottostanti ed i sottoservizi di banchina
- Il sistema "PBB" che collega sul molo la passerella con la nave (oggetto di un'altra gara d'appalto)
- I parcheggi, le strade di accesso, le aree verdi retrostanti il Terminal, i relativi servizi (oggetti di un'altra gara d'appalto)

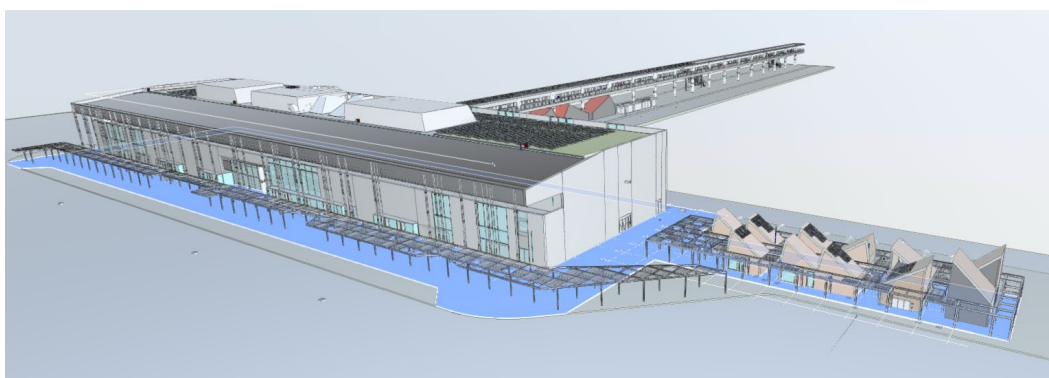


Figura: Terminal, Volumi Commerciali e Passerella



Figure: Vista Aerea

2 OBIETTIVI E STRUTTURA DEL DOCUMENTO

La presente relazione geotecnica illustra i criteri adottati per la caratterizzazione dei terreni che costituiscono il Volume Significativo dell'intervento dell'Edificio Terminal Traghetti e Passerella all'interno della Stazione Marittima nel porto di Ravenna nell'ambito della costruzione del Modello Geotecnico del Sottosuolo di riferimento da impiegarsi per lo sviluppo del calcolo delle fondazioni dell'opera.

3 NORMATIVA E RIFERIMENTI

Nella presente relazione si fa riferimento al quadro normativo ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 ed in particolare ai suoi capitolo 6 e 7.

- ✓ D.M. 17 gennaio 2018 - "Norme tecniche per le costruzioni" con la relativa circolare applicativa del 11 febbraio 2019 n. 617 - "Istruzione per l'applicazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni".

Nei casi in cui le enunciate normative italiane si presentino carenti di informazioni in relazione a particolari studi specifici, si fa riferimento a normative europee e al sistema degli eurocodici, in particolare:

- ✓ UNI EN 1990:2006 - EUROCODICE 0 - "Criteri generali di progettazione strutturale" con il relativo NAD del 24.09.2010;
- ✓ UNI EN 1997-1:2005 - EUROCODICE 7 parte 1 - "Progettazione geotecnica - Regole generali" con il relativo NAD del 24.09.2010;
- ✓ UNI EN 1998-1:2005 - EUROCODICE 8 parte 1 - "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici" con il relativo NAD del 24.09.2010;
- ✓ UNI EN 1998-5:2005 - EUROCODICE 8 parte 5 - "Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici" con il relativo NAD del 25.02.2011.

La relazione geotecnica ha usato come input / output fondamentali i presenti elaborati di progetto:

- ✓ RAV PE-H1-Relazione geologica
- ✓ RAV PE-H1-Relazione inquadramento sismico
- ✓ RAV PE-H1-Disciplinare descrittivo e prestazionale-strutture e geotecnica
- ✓ RAV PE-H1-Relazione sulla risoluzione delle interferenze
- ✓ RAV PE-H21-Sottofondazioni Terminal
- ✓ RAV PE-H21-Fondazioni Terminal Scavi
- ✓ RAV PE-H21-Fondazioni Terminal Sezioni e Dettagli
- ✓ RAV PE-H21-Fondazioni Terminal Pianta
- ✓ RAV PE-H21-Fondazioni Terminal Platea Armature
- ✓ RAV PE-H21-Fondazioni Terminal Ringrossi Antipunzonamento
- ✓ RAV PE-H21-Fondazioni Terminal Dettagli Ascensori

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTENICA

4.1 GENERALITÀ

I criteri di interpretazione delle indagini geotecniche partono dalla Relazione Geologica a sua volta basata su:

- ✓ sondaggi geotecnici con prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati;
- ✓ prove penetrometriche dinamiche SPT in foro;
- ✓ prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU;
- ✓ prove di laboratorio di classificazione di resistenza e di deformabilità su campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno, prelevati nei fori di sondaggio;

Dal punto di vista dei criteri di caratterizzazione geotecnica e geomeccanica sono state distinte due tipologie di materiale:

- ✓ materiali a grana grossa (sabbie e ghiaie più o meno limose);
- ✓ materiali a grana fine (limi e argille più o meno sabbioso-ghiaiose);

L'individuazione del tipo di materiale, e quindi la scelta del metodo di interpretazione, è fatta principalmente sulla base:

- ✓ della descrizione stratigrafica dei sondaggi;
- ✓ laddove disponibili, delle prove di laboratorio sui campioni di terreno e sulle carote di roccia.

4.2 STRATIGRAFIA DI PROGETTO

4.2.1 Strato 1 (A1/A2)

Questo primo strato, di spessore compreso tra 4 e 5 metri, è costituito da materiale di riporto a granulometria fine (A1) o grossolana (A2), quest'ultimo localizzato nella porzione sud dell'area.

Dal profilo di sismica down-hole questo strato presenta una velocità delle onde S intorno a 150-160 m/s e P intorno a 300-500 m/s.

4.2.2 Strato 2 (B)

Questo secondo strato ha estradosso alla profondità di 4 – 5 m ed è spinto fino alla profondità di 12 m. Esso è costituito da un'alternanza di sabbie pulite e limose, mediamente addensate.

Dal profilo della prova down-hole questo strato presenta una velocità delle onde S intorno ai 180 m/s e delle onde P intorno a 1000 m/s.

4.2.3 Strato 3 (C)

Questo terzo strato ha estradosso alla profondità di 12 m ed è spinto fino alla profondità di 29 m. Esso è costituito da argille e limi argillosi del prodelta marino.

Dal profilo della prova down-hole questo strato presenta una velocità delle onde S crescente quasi linearmente dai 150 m/s ai 250 m/s e delle onde P intorno a 1400 m/s.

4.2.4 Strato 4 (D)

Questo quarto strato ha estradosso alla profondità di 29 m e continua fino a fine indagine (ragionevolmente si riscontra fino a 40 m).

Esso è costituito da alternanze di sabbie limose e limi argillosi, debolmente sovraconsolidati.

Dal profilo della prova down-hole questo strato presenta una velocità delle onde S intorno ai 250 m/s e delle onde P intorno a 1500 m/s.

4.2.5 Falda

La falda, stabile e di acqua salmastra, è stata reperita alla profondità di 1.70 m dal piano di campagna.

4.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI PROGETTO

4.3.1 Parametri di stato

Strato	Unità	Profondità		Prove in sito		γ_n (kN/m ³)	PI (%)
		Top (m)	Bottom (m)	SPT	q_c (MPa)		
A	Riporti	0,00	4,00	-	1,00	16,20	
B	Sabbie	4,00	12,00	-	5,20	17,30	
C	Argille	12,00	29,00	-	1,20	16,20	
D	Sabbie limose di base	29,00	40,00	-	3	18,00	

4.3.2 Parametri di resistenza e deformabilità in condizioni drenate

Strato	Unità	Profondità		Condizioni Drenate		
		Top (m)	Bottom (m)	ϕ' (°)	c' (kPa)	E' (E50) (MPa)
A	Riporti	0,00	4,00	24	5	20
B	Sabbie	4,00	12,00	32	-	40
C	Argille	12,00	29,00	32	10	50
D	Sabbie limose di base	29,00	40,00	30	20	90

4.3.3 Parametri di resistenza e deformabilità in condizioni non drenate

Strato	Unità	Profondità		Condizioni Non Drenate						
		Top (m)	Bottom (m)	C_u (kPa)	E_u (MPa)	M o E_{ed} (MPa)	e_o (-)	C_c (-)	Cr (-)	C_v (cm ² /min)
A	Riporti	0,00	4,00	-	-	-	-	-	-	-
B	Sabbie	4,00	12,00	-	-	-	-	-	-	-
C	Argille	12,00	29,00	50	18	5,00	-	-	-	-
D	Sabbie limose di base	29,00	40,00	110	39	22	-	-	-	-

4.3.4 Cedimento di lungo periodo

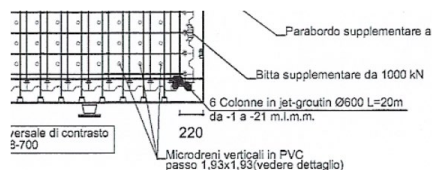
Lo strato argilloso C presenta un livello di permeabilità che lo porta ad avere cedimenti di lungo periodo di 200 mm.

4.4 ASPETTI SISMICI

Per gli aspetti sismici si faccia riferimento al documento RAV PE-H1-Relazione inquadramento sismico. Le variabili scelte nella caratterizzazione del pericolo di liquefazione sono:

- ✓ PGA= 0,16g, categoria C (come da tabelle NTC2018),
- ✓ Risposta sismica locale = come da report di caratterizzazione sismica
- ✓ Magnitudo = 5,5 (come da report di caratterizzazione sismica)

Sotto la passerella sono presenti microdreni antisismici



5 PROGETTO DELLE SOTTOFONDAZIONI

5.1 SCELTA DELLE TIPOLOGIE

Per gli edifici ancillari (**Volumi Commerciali, Cabina MT, Magazzini, Pergolato, Pensilina**) non sono necessarie sottofondazioni essendo tutti sufficientemente leggeri. Sono stati forniti tuttavia i parametri di rigidità del terreno per eseguire il calcolo delle fondazioni.

Per edificio **Passerella** l'unico sistema compatibile con la tipologia di struttura ed i sottoservizi di banchina è l'uso di pali.

Per edificio **Terminal** i sistemi più idonei sono **compattamento per vibroflottazione su tutta l'impronta del Terminal** (proposto nel progetto definitivo) oppure sistema su **pali**. In questa fase esecutiva è stata esclusa la vibroflottazione poiché:

- ✓ Esistono serie interferenze delle colonne di ghiaia con i tiranti di banchina, con rischio di cedimenti delle palancole di banchina (la presenza di tiranti è emersa in fase esecutiva su segnalazione dell'AdSP durante le fasi di progettazione dei sottoservizi)
- ✓ Occorre ridurre ogni rischio di cedimento verticale dello strato argilloso profondo di lungo periodo (200 mm), più difficile da trattare con vibroflottazione
- ✓ Occorre ridurre i costi / rischi della ricerca per bonifica bellica

Il sistema su pali presentato nei capitoli successivi ha costi superiori al sistema di vibroflottazione e può essere ottimizzato solo con un approfondimento geognostico di dettaglio.

5.2 SCHEMA PALI E DIMENSIONI

Nel caso della **passerella** il sistema di pali compatibile con le azioni strutturali trasmesse in testa palo e le interferenze dei tiranti del molo risulta essere: D800, 72 pali maglia 2.4m*3.9m, lunghezza 30 m.

Rigidezze del palo singolo D800 (opportunamente ridotte per tenere in conto dell'effetto ombra):

In condizioni statiche

- ✓ $K_{vv} = 460 \text{ MN/m}$
- ✓ $K_{hh} -U2U2 \text{ e } U3U3 = 32 \text{ MN/m}$
- ✓ $K_{hr} = 60 \text{ MN/rad}$ (segno negativo sulla componente U2- R3)
- ✓ $K_{rr} = 240 \text{ MNm/rad}$

In condizioni sismiche

- ✓ $K_{vv} = 460 \text{ MN/m}$
- ✓ $K_{hh} = 18 \text{ MN/m}$
- ✓ $K_{hr} = 40 \text{ MN/rad}$ (segno negativo sulla componente U2- R3)
- ✓ $K_{rr} = 200 \text{ MNm/rad}$

Nel caso del **terminal** il sistema di pali compatibile con le azioni strutturali trasmesse in testa palo e le interferenze dei tiranti del molo risulta essere: pali D1000 passo 3.5 m e lunghezza 38 m. Più nel dettaglio:

TERMINAL	n. pali D1000
colonne da 120 cm	132
colonne da 60 cm	11
ascensori	15
scale mobili	9
TOTALE	167

Problema **dell'interferenza** con i tiranti della banchina e i tiranti della banchina laterale: considerando una deviazione dei tiranti pari al 2% della loro lunghezza e mantenendo un interasse dei pali pari a 3.5 m, lo schema proposto per il Terminal evita la maggior parte delle interferenze con gli stessi per i pali dei 4 + 4 pilastri a destra e sinistra dell'area centrale, tranne per il palo numerato A44 in tavola che può essere evitato in fase costruttiva procedendo con penetrazione cauta. I pali relativi ai pilastri centrali interferiscono con i tiranti provvisori della banchina che, come comunicato dall'Autorità portuale, possono essere tagliati (n.12 pali interferiti, n. 6 tiranti da tagliare).

Per la struttura in progetto, il problema geotecnico dimensionante, oltre a quello dei cedimenti, è quello della capacità portante orizzontale in condizioni sismiche e di liquefazione. Sulla base delle sollecitazioni ottenute forniamo di seguito una stima delle rigidità del palo singolo D1000:

in condizioni statiche

- ✓ $K_{vv} = 800 \text{ MN/m}$
- ✓ $K_{hh} = 48 \text{ MN/m}$
- ✓ $K_{hr} = 140 \text{ MN/rad}$ (segno negativo sulla componente U2- R3)
- ✓ $K_{rr} = 880 \text{ MNm/rad}$

in condizioni sismiche (no liquefazione)

- ✓ $K_{vv} = 800 \text{ MN/m}$
- ✓ $K_{hh} = 30 \text{ MN/m}$
- ✓ $K_{hr} = 100 \text{ MN/rad}$ (segno negativo sulla componente U2- R3)
- ✓ $K_{rr} = 750 \text{ MNm/rad}$.

---FINE RELAZIONE

Committente



Progettista Definitivo ed Esecutivo



Tutti i diritti, traduzione inclusa, sono riservati. Nessuna parte di questo documento può essere divulgata a terzi, per scopi diversi da quelli originali, senza il permesso scritto dei Proponenti.