EMERGENZA GAS

INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17.05.2022 , N. 50)

FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI

PIATTAFORMA SCALANDRONE SUD - SISMICA

RELAZIONE DI CALCOLO

Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data
C	Emesso per Approvazione	F. Biancheri	J. Albagli	M. Raimondi	07/05/2024
B	Emesso per Approvazione (Revisione per commenti RINA)	F. Biancheri	J. Albagli	M. Raimondi	02/04/2024
A	Emesso per Approvazione	F. Biancheri	J. Albagli	M. Raimondi	06/03/2024

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

File dati: 0001-CI-E-017529_C - PIATTAFORMA SCALANDRONE SUD - SISMICA

INDICE

		PAGINA
1	**OGGETTO DELLA REVISIONE C**	**6**
2	**INTRODUZIONE**	**6**
2.1	Generalità	6
2.2	Scopo del Documento	7
3	**DEFINIZIONI ED ABBREVIAZIONI**	**7**
3.1	Definizioni	7
3.2	Abbreviazioni	7
4	**RIFERIMENTI**	**8**
4.1	Documenti Di Progetto	8
4.2	Documenti Di Riferimento	8
4.3	Normative Di Riferimento	8
4.4	Software	9
5	**CONCLUSIONI**	**10**
6	**DESCRIZIONE PIATTAFORMA SCALANDRONE SUD**	**11**
7	**CRITERI DI PROGETTAZIONE**	**13**
7.1	Materiali	13
7.2	Criteri di Progettazione	15
7.2.1	Generalità	15
7.2.2	Combinazione delle azioni e fattori di azione parziale per analisi sismiche	15
7.2.3	Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari	15
7.2.4	Resistenza minima nodi tubolari	16
7.2.5	Fattore di resistenza parziale per sezioni non tubolari	16
7.2.6	Fattore di resistenza parziale per capacità assiale del palo	16
7.3	Criteri di Accettazione	18
7.3.1	Elementi della struttura	18
7.3.2	Pali di fondazione	19
8	**MODELLO DI CALCOLO**	**20**
8.1	Unità di Misura	20
8.2	Sistema di Riferimento	20
8.3	Programma di Calcolo	21
8.4	Modello di Calcolo	21

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

8.4.1 Criteri di Modellazione 22
8.5 Modellazione Della Fondazione 25
9 DATI DI PROGETTO AMBIENTALI 26
9.1 Dati Meteo-Marini 26
9.1.1 Batimetria 26
9.1.2 Splash Zone 26
9.1.3 Accrescimento Marino 26
9.1.4 Spessore di Corrosione 26
9.2 Dati Sismici 27
9.3 Dati Geotecnici 31
10 ANALISI SISMICA 32
10.1 Introduzione 32
10.2 Analisi Statica 33
10.2.1 Carichi gravitazionali 33
10.2.2 Riassunto carichi verticali 36
10.2.3 Combinazione di carico 37
10.3 Analisi Modale 38
10.3.1 Modello Dinamico 38
10.3.2 Linearizzazione della Fondazione 39
10.3.3 Massa strutturale e Modi di vibrare 39
10.4 Analisi Spettrale 43
10.4.1 Procedura 43
10.4.2 Risultati Analisi Spettrale 44
11 RISULTATI DELL'ANALISI 46
11.1.1 Verifiche strutturali della struttura della piattaforma 46
11.1.2 Verifiche dei Pali infissi (fondazioni) 49
12 APPENDICE A – SCHEMI UNIFILARI 52
13 APPENDICE B – PROPRIETA' GRUPPI 53
14 APPENDICE C – CURVE DI CAPACITA' PORTANTE PALI 54
15 APPENDICE D – SACS FILES DI INPUT 55

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 4-1: Max. Trazione e Compressione in testa palo 10
Tabella 6-1: Proprietà acciaio 13
Tabella 6-2: Classi di acciaio e standard 13
Tabella 6-3: Proprietà dell'acciaio relative allo spessore (UNI EN 10025) 14
Tabella 6-4: Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari 15
Tabella 6-5: Fattori di resistenza parziale per i nodi tubolari 16
Tabella 6-6: Fattori di resistenza parziale per sezioni non tubolari 16
Tabella 6-7: Fattori di resistenza parziale per la capacità assiale del palo 17
Tabella 7-1: Composizione pali sotto il fondale marino 25
Tabella 8-1: Parametri sismici al variare del tempo di ritorno T_R 28
Tabella 8-2: Dati geotecnici di progetto 31
Tabella 9-1: Coefficienti parziali azioni per condizioni in servizio 33
Tabella 9-2: Peso strutture modellate – LOADCN DEAZ 34
Tabella 9-3: Contributi strutture modellate, accr. marino, buoyancy – LOADCN DEAZ 34
Tabella 9-4: Strutture non modellate - LOADCN PERZ 35
Tabella 9-5: Carichi Equipaggiamento 35
Tabella 9-6: Carichi Piping - LOADCN LIVZ 36
Tabella 9-7: Risultanti condizioni di carico gravitazionali 36
Tabella 9-8: Riassunto carichi verticali 36
Tabella 9-9: Combinazione gravitazionale statica 37
Tabella 9-10: Risultanti Combinazioni SLV gravitazionali 37
Tabella 9-11: Masse per analisi modale 39
Tabella 9-12: Modi di vibrare principali della struttura 40
Tabella 9-13: Primi 20 modi di vibrare della struttura 42
Tabella 9-14: Fattori di partecipazione modali 42
Tabella 9-15: Condizioni di carico – Analisi spettrale 43
Tabella 9-16: Combinazioni di verifica SLV 44
Tabella 9-17: Risultanti spettri di risposta direzionali (CQC) 44
Tabella 9-18: Risultante Spettrale globale (SRSS) 44
Tabella 9-19: Combinazioni di verifica SLV 45
Tabella 10-1: Verifiche e max UC per gruppi 46
Tabella 10-2: Max. spostamenti e forze in testa palo & max. UC 49

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

Tabella 10-3: Max. Trazione e Compressione in testa palo 50

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

1 OGGETTO DELLA REVISIONE C

La revisione C della presente revisione riguarda l'aggiornamento delle curve di capacità portante in accordo all'Appendice I della relazione geotecnica documento 0001-CI-E-012500.

2 INTRODUZIONE

2.1 GENERALITÀ

Nell'ambito delle iniziative legate alla realizzazione di nuove capacità di rigassificazione regolate dall'art.5 del DL n.50 del 17/5/2022 e mirate a diversificare le fonti di approvvigionamento di gas ai fini della sicurezza energetica nazionale, la Società Snam FSRU Italia, controllata al 100% da Snam S.p.A ("Snam"), ha ottenuto in data 07.11.2022 l'Autorizzazione Unica rilasciata dal Commissario straordinario di Governo, per realizzare le opere a mare ed a terra necessarie all'ormeggio di un mezzo navale tipo FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) in corrispondenza della piattaforma offshore esistente denominata Petra posta a circa 8,5 km a largo di Punta Marina (Ravenna) e il trasferimento del gas naturale fino al punto di collegamento con la Rete Nazionale Gasdotti in corrispondenza dell'impianto Nodo di Ravenna di Snam Rete.

L'FSRU sarà in grado di stoccare fino a 170 mila metri cubi di Gas Naturale Liquefatto (GNL).

Le opere previste nel Progetto FSRU Ravenna sono le seguenti:

1. Adeguamento e ampliamento della esistente piattaforma Petra inclusiva di tutte le opere impiantistiche necessarie allo scarico del gas naturale ed il suo convogliamento, tramite pipeline DN 650 (26'') – DP 100 barg, nella condotta sottomarina (c.d. sealine).

2. Posa di una nuova condotta sottomarina (c.d. sealine) DN 650 (26'') – DP 100 barg lunga circa 8,5 km, per collegare la piattaforma Petra ed il punto di arrivo a terra posto in corrispondenza dell'area impianto denominata ex-SAROM situata a Punta Marina a ridosso della linea di costa, inclusiva della realizzazione del microtunnel costiero e della posa del cavo a fibra ottica.

3. Posa del tratto di condotta a terra DN 650 (26'') – DP 100 barg lunga circa 2,5 km tra l'area ex-SAROM e l'impianto trappole previsto all'interno dell'area impianto PDE a Punta Marina.

4. Posa del tratto di condotta a terra DN 900 (36'') – DP 75 barg lunga circa 31,5 km tra l'impianto trappole previsto all'interno dell'area impianto PDE e l'area del Nodo di Ravenna di Snam Rete Gas. Il tratto include anche la realizzazione dell'impianto di correzione dell'Indice di Wobbe, dell'impianto di filtraggio, misura e regolazione PDE di Punta Marina e dell'impianto trappole e collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti denominato Nodo di Ravenna.

E' prevista l'installazione di un sistema di diga frangiflutti (break water) in prossimità del terminale.

Con riferimento ai lavori relativi all'adeguamento e ampliamento della esistente piattaforma Petra inclusiva di tutte le opere impiantistiche necessarie allo scarico del gas naturale ed il suo convogliamento nella condotta sottomarina.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

2.2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento illustra le verifiche sismiche della piattaforma scalandrone sud, secondo i dati di progetto (Rif. [A2]) e i criteri definiti dalle basi di progettazione strutturale (Rif. [A7], [A9]). Le verifiche sono condotte per le strutture del deck e dei pali di fondazione.

3 DEFINIZIONI ED ABBREVIAZIONI

3.1 DEFINIZIONI

Termine	Definizione
Committente	Snam Rete Gas S.p.A.
Appaltatore	Il Raggruppamento Temporaneo di Imprese (RTI) costituito da: Saipem S.p.A. (Mandataria) Micoperi S.r.l. (Mandante) Rosetti Marino S.p.A. (Mandante)
Direzione dei Lavori	Enereco S.p.A. (abbreviato DL)
Contratto	L'accordo Contrattuale concordato e firmato tra la COMMITTENTE e l'APPALTATORE
Progetto	ALLACCIAMENTO FSRU DI RAVENNA (Tratto a Mare) DN 650 (26") DP 100 bar

3.2 ABBREVIAZIONI

SLV	Stato Limite di Salvaguardia alla Vita
CQC	Combinazione Quadratica Completa
SRSS	Radice Quadrata della Somma dei Quadrati

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

4 RIFERIMENTI

4.1 DOCUMENTI DI PROGETTO

L'elenco dei documenti di Progetto suddiviso per categoria è riportato nel documento seguente:

[A1] 123A40-PML-PM-LIS-10004 Elenco Documenti

4.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

[A2] NQR22199/L02-0001-LF-E-05400- Dati Generali di Progetto

[A3] NQR22199/L02-0001-LF-E-05000 Dati di Base Meteomarini di Progetto

[A4] 0001-CI-E-012800 Studio Meteomarino per Analisi a Fatica

[A5] 000-ZA-E-17075 Studio Meteo-Marino (De Girolamo)

[A6] 000-ZX-E-17101 Relazione Geotecnica

[A7] 000-ZX-E-17083 Design Basis (FEED)

[A8] Codice di Rete SNAM RETE GAS. Ai sensi dell'art.24, com.5, DL 23/05/2000, n.164/00

[A9] 0001-CI-E-017000 Basi di Progettazione Strutturale

[A10] 0001-CI-E-017528 Piattaforma Scalandrone Sud - Statica

4.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

[B1] DM 17/01/2018 Norme Tecniche per le Costruzioni

[B2] ISO 19900 General requirements for offshore structures

[B3] ISO 19901 Part 1 to 8: Specific requirements for offshore structures

[B4] ISO 19902 Fixed Steel Offshore

[B5] EN 1993 Progettazione delle strutture in acciaio

[B6] BS 6349: Part 1 Code of practice for general criteria

[B7] BS 6349: Part 2 Design of quay walls jetties and dolphins

[B8] BS 6349: Part 4 Code of Practice for design of fendering and mooring system

[B9] BS 6349-1-1 Code of practice for planning and design for operations

[B10] BS 6349-1-2 General - Code of practice for assessment of actions

[B11] PIANC WG33 Guidelines for the design of fender system 2002

[B12] PIANC WG121 Harbour Approach Channels – Design Guidelines

[B13] OCMIF (MEG4) Mooring Equipment Guidelines

[B14] DNVGL-OTG-18 Guidance for long-term nearshore mooring systems

[B15] DNVGL-ST-N001 Marine operations and marine warranty

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

[B16] DNV-RP-C203 Fatigue design of offshore steel structures

[B17] DNV-RP-C204 Structural design against accidental loads

[B18] DNV-RP-C205 Environmental conditions and environmental loads

[B19] API RP-2A Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms

4.4 SOFTWARE

[B20] SACS Structural Analysis Computer System by Engineering Dynamics, Inc.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

5 CONCLUSIONI

Le analisi sismiche hanno dimostrato che la struttura della piattaforma è in grado di resistere ai carichi sismici di progetto, espressi in funzione di spettri di risposta secondo NTC2018 Rif. [B1], soddisfacendo le verifiche prescritte dalle normative di riferimento ISO 19902 Rif.[B4] (per le sezioni circolari), EN 1993 Rif.[B5] (per le sezioni I /H), e NTC2018 Rif.[B1] (verifiche geotecniche).

Per le condizioni sismiche, i massimi valori di UC (unity check, rapporto fra la sollecitazione agente e la capacità resistente dell'elemento) riscontrati sono:

- Deck: UC = 0.29 < 1.0
- Pali fuori terra: UC = 0.20 < 1.0
- Pali infissi: UC = 0.36 < 1.0

Le verifiche strutturali risultano tutte soddisfatte.

I massimi carichi assiali sui pali, i valori di capacità portante e rispettivi fattori di sicurezza sono riportati in Tabella 5-1:

Azioni sui Pali	Capacità di Progetto [MN]	Cond. Sismiche	
		N [MN]	SF (> 1.0)
Compressione	7.00	6.53	1.07
Trazione	4.00	3.67	1.09

Tabella 5-1: Max. Trazione e Compressione in testa palo

Le verifiche geotecniche risultano soddisfatte.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

6 DESCRIZIONE PIATTAFORMA SCALANDRONE SUD

In Figura 6-1 viene rappresentata la piattaforma scalandrone sud.

È costituita da un deck 11.1x16.7m, che poggia su quattro pali Φ1500 a cui è connesso tramite degli sleeve Φ1780x60 lunghi 6m, cementati.

Il fondale si trova a -18.0m s.l.m.m..

Sul deck sono posizionati uno scalandrone, una valvola ed altri equipaggiamenti per il passaggio di cavi e tubazioni.

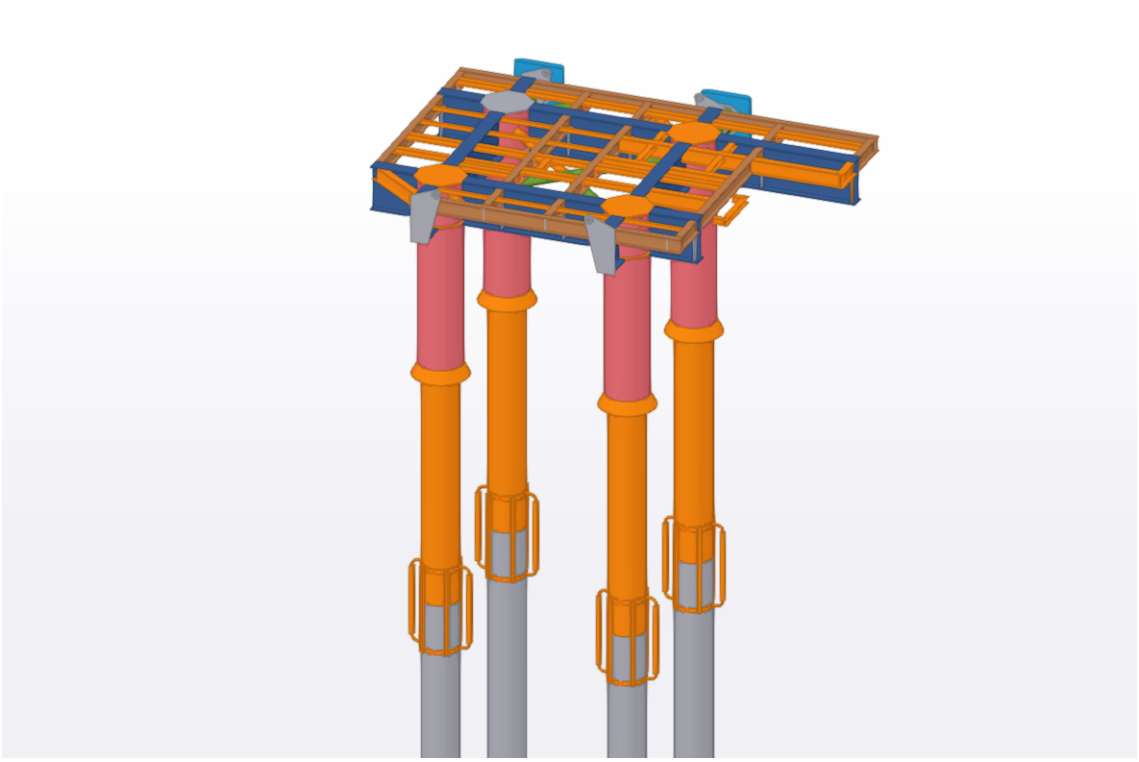


Figura 6-1: Nuova piattaforma scalandrone sud

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

Le principali caratteristiche della piattaforma sono:

- Altezza totale: 27.0m
- Piano del deck: El. +9.0m
- Interasse gambe principali: 7.0mx7.6m
- Quota superiore: El. +9.0m
- Quota inferiore: El. -18.0m
- Dimensioni pali di fondazione: Φ1500mm x 70m (lunghezza infissione 46m)

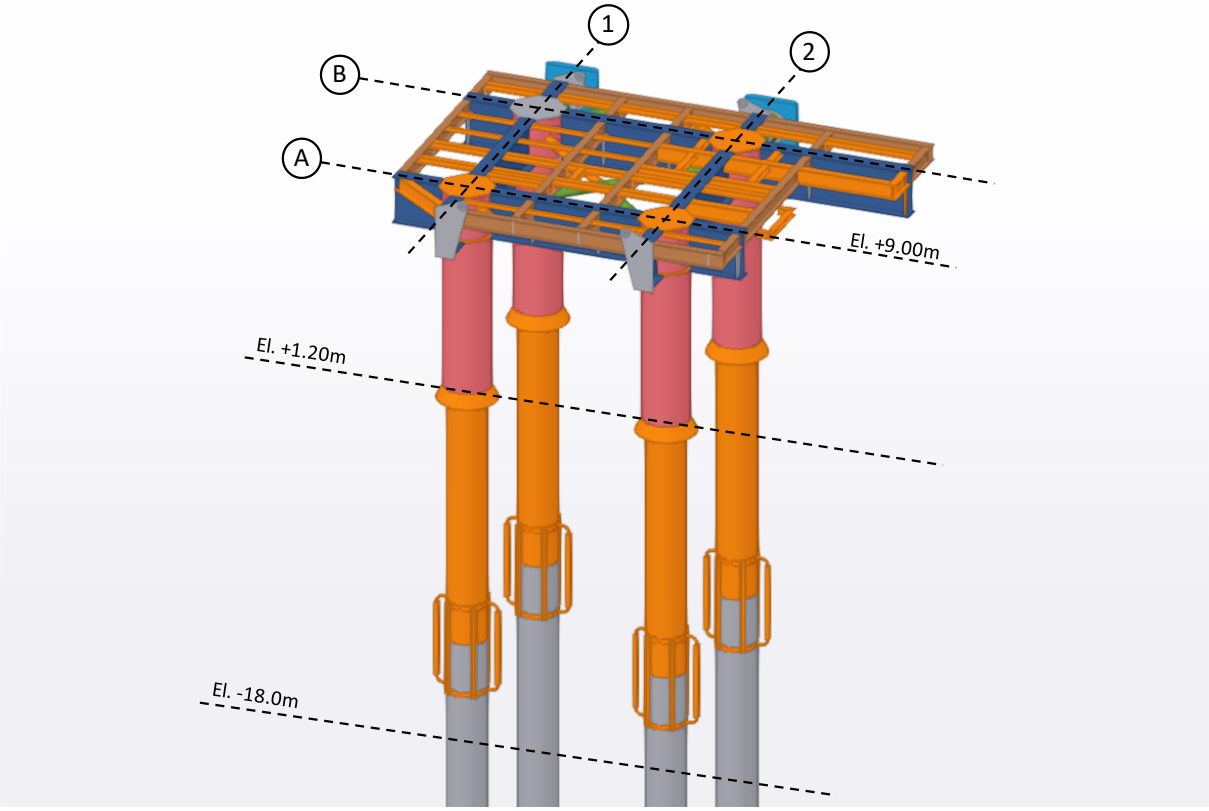


Figura 6-2: Piattaforma scalandrone sud – allineamenti ed elevazioni

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

7 CRITERI DI PROGETTAZIONE

7.1 MATERIALI

I parametri ingegneristici riguardanti l'acciaio utilizzato per la costruzione della piattaforma di scarico, secondo EN1993 Rif. [B5], sono riportati in Tabella 7-1.

Proprietà	Valore
Densità	7850 kg/m^3
Modulo di Young	210000 MPa
Modulo di Taglio	81000 MPa
Coefficiente di Poisson	0.30
Coefficiente di espansione termica	1.2x10^{-5}/°C

Tabella 7-1: Proprietà acciaio

Le classi di acciaio utilizzate sono riportate in Tabella 7-2.

Elementi strutturali	Codifica Acciaio	Standard
Tubi	S355	API 5L X52 / S355 J0 UNI EN 10025
Profilati e Piatti	S355	S355 UNI EN 10025
Lamiere	S355	S355 UNI EN 10025

Tabella 7-2: Classi di acciaio e standard

Nota: Per i materiali utilizzati nei nodi e piastre con carichi passanti per lo spessore, e con spessore uguale o superiore a 25 mm, si applica il requisito supplementare di materiale Z.

I profili devono essere selezionati fra quelli europei (ad esempio HEB, HEA, IPE, UAP).

La tensione di snervamento minima dell'acciaio in funzione dello spessore della lamiera è riportato in Tabella 7-3.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

Acciaio	Spessore t [mm]	F_y [MPa]	F_u [MPa]
S235	t ≤ 16	235	340
	16 < t ≤ 40	225	340
	40 < t ≤ 63	215	340
	63 < t ≤ 100	215	340
	100 < t ≤ 150	215	340
S355	t ≤ 16	355	470
	16 < t ≤ 40	345	470
	40 < t ≤ 63	335	470
	63 < t ≤ 80	325	470
	800 < t ≤ 100	315	470
	100 < t ≤ 150	295	450
S460	t ≤ 16	460	540
	16 < t ≤ 40	440	540
	40 < t ≤ 63	430	530
	63 < t ≤ 80	410	510
	80 < t ≤ 100	400	500
	100 < t ≤ 150	385	490

Tabella 7-3: Proprietà dell'acciaio relative allo spessore (UNI EN 10025)

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

7.2 CRITERI DI PROGETTAZIONE

7.2.1 Generalità

I criteri di progettazione sono conformi ai metodi stati limite degli standard ISO 19900 Rif.[B1] ISO 19901 Rif.[B3] ISO 19902 Rif.[B4] ed EN 1993 Rif.[B5] (per le sezioni I /H) che sono generalmente considerati lo standard applicabile per la progettazione della struttura. I criteri per la definizione dei carichi sismici e delle relative combinazioni sono conformi alle prescrizioni delle NTC 2018 Rif.[B1].

7.2.2 Combinazione delle azioni e fattori di azione parziale per analisi sismiche

La combinazione sismica per lo SLV secondo NTC 2018 (Rif. [B1]) è la seguente:

$$F_d = G1 + G2 + Q1 + Q2 + E$$

Dove:

- G1, G2 sono i carichi permanenti
- Q1, Q2 sono i carichi variabili
- E è l'azione sismica di progetto allo SLV

7.2.3 Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari

I fattori di resistenza mostrati di seguito sono applicabili a tutte le analisi, vale a dire condizioni di servizio e pre-servizio.

Nota: tutti i fattori di resistenza parziale per l'azione ambientale Eccezionale hanno valore 1,0.

I fattori di resistenza parziale per le sezioni tubolari sono riportati nella seguente tabella ISO 19902 Rif.[B4].

Fattore di resistenza	Valore	Definizione
$\gamma_{R,t}$	1.05	Fattore di resistenza parziale per resistenza alla trazione
$\gamma_{R,c}$	1.18	Fattore di resistenza parziale per resistenza assiale alla compressione
$\gamma_{R,b}$	1.05	Fattore di resistenza parziale per la resistenza alla flessione
$\gamma_{R,v}$	1.05	Fattore di resistenza parziale per la resistenza al taglio
$\gamma_{R,h}$	1.25	Fattore di resistenza parziale per la resistenza all'instabilità

Tabella 7-4: Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

7.2.4 Resistenza minima nodi tubolari

Tutti i nodi tubolari saranno dimensionati per soddisfare i requisiti minimi di resistenza in accordo con ISO 19902 Rif.[B4] Clausola 14.2.3. I fattori di resistenza parziale sono riportati nella tabella seguente.

Fattore di resistenza	Valore	Definizione
$\gamma_{R,j}$	1.05	Fattore di resistenza parziale per articolazioni
$\gamma_{R,z}$	1.17	Fattore di resistenza parziale supplementare per i membri a fallire prima del rendimento congiunto

Tabella 7-5: Fattori di resistenza parziale per i nodi tubolari

NOTA:

Come condizione aggiuntiva tutti i nodi critici del Jacket devono soddisfare il requisito minimo di resistenza basato sul 50%. della capacità di resistenza ultima dell'asta incidente (Strength Capacity).

7.2.5 Fattore di resistenza parziale per sezioni non tubolari

I fattori di resistenza parziale per le sezioni non tubolari in accordo con EN 1993 Rif.[B5] e per i giunti non tubulari sono riportati nelle seguenti tabelle.

Resistenza Fattore	Valore	Definizione
$\gamma_{M,0}$	1.00	Resistenza delle sezioni a snervamento e instabilità locale
$\gamma_{M,1}$	1.00	Resistenza delle aste a instabilità
$\gamma_{M,2}$	1.25	Resistenza a rottura delle sezioni soggette a trazione, resistenza dei collegamneti

Tabella 7-6: Fattori di resistenza parziale per sezioni non tubolari

7.2.6 Fattore di resistenza parziale per capacità assiale del palo

I fattori di resistenza parziale sulla capacità assiale del palo devono essere applicati in conformità con ISO 19902 Rif.[B4] nella tabella seguente.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

Fattore di resistenza	Valore	Definizione
$\gamma_{R,pp}$	1.50	Condizioni Ambientali Operative
$\gamma_{R,pe}$	1.25	Condizioni Ambientali Estreme
$\gamma_{R,pa}$	1.00	Condizioni Eccezionali
$\gamma_{R,ps}$	1.25	Condizione Sismica (ELE)
$\gamma_{R,ps}$	1.00	Condizione Sismica (ALE)

Tabella 7-7: Fattori di resistenza parziale per la capacità assiale del palo

NOTA:

Per conformità con la normativa italiana l'infissione dei pali viene anche calcolata secondo NTC 2018 Rif.[B1] seguendo l'approccio A1 + M1 + R3:

Vengono utilizzate le azioni provenienti dall'analisi, conseguentemente già fattorizzate comprendono la filosofia dei coefficienti A1 lato azioni.

Si considerano poi per i pali infissi:

- M1 = 1.00
- R3 = 1.15 resistenza laterale compressione a compressione e portata di base
- R3 = 1.25 resistenza laterale a trazione

Vengono inoltre applicati i fattori di correlazione ξ_i per la determinazione dei valori di resistenza caratteristica in funzione del numero e tipologia dei sondaggi eseguiti.

La penetrazione di progetto verrà assunta considerando il risultato più conservativo tra i due approcci ISO 19902 Rf.[B4] e NTC 2018 Rif.[B1].

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

7.3 CRITERI DI ACCETTAZIONE

7.3.1 Elementi della struttura

Il progetto della Piattaforma Scalandrone Sud è stato redatto in accordo alle normative di riferimento, in particolare in accordo alle ISO 19902 Rif.[B4] (per le sezioni circolari) ed EN 1993 Rif.[B5] (per le sezioni I /H).

La verifica è condotta nel rispetto del metodo agli stati limite ultimi. In questo metodo, la sicurezza strutturale nei confronti degli stati limite ultimi deve essere verificata confrontando la capacità di progetto R_d, in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura o membratura strutturale, con il corrispondente valore di progetto della domanda E_d.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU/SLV) è espressa dall'equazione formale:

$$Rd \geq Ed$$

La resistenza di progetto delle membrature Rd si pone nella forma

$$Rd = \frac{R_k}{\gamma_M}$$

Dove:

- R_D = Resistenza di progetto
- E_D = Azione di progetto (fattorizzata agli SLU/SLV)
- R_k = Resistenza caratteristica
- γ_M= fattore parziale di resistenza

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

7.3.2 Pali di fondazione

I pali della struttura sono progettati per sopportare la massima azione di compressione e trazione che agisce sui pali durante le condizioni in servizio.

Secondo l'approccio ISO 19902 Rif.[B4] la capacità assiale del palo deve soddisfare le seguenti condizioni:

$$P_D \leq Q_D = \frac{Q_R}{\gamma_R}$$

dove:

- P_D = carico assiale su pali utilizzando carichi fattorizzati
- Q_D = capacità massima del palo assiale di progetto
- Q_R = capacità ultima del palo assiale
- γ_R= fattore di resistenza del palo, Riferimento Par.7.2.6 NTC 2018 Rif.[B1]

NOTA:

Per conformità con la normativa italiana l'infissione dei pali viene anche calcolata secondo NTC 2018 Rif.[B1] seguendo l'approccio A1 + M1 + R3 (Riferimento Par.7.2.6).

La penetrazione di progetto verrà assunta considerando il risultato più conservativo tra i due approcci ISO 19902 Rif.[B4] e NTC 2018 Rif.[B1].

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

8 MODELLO DI CALCOLO

8.1 UNITÀ DI MISURA

Il sistema mi misura internazionale (SI) è utilizzato per tutti i calcoli effettuati.

8.2 SISTEMA DI RIFERIMENTO

Il sistema di riferimento ha origine sul livello medio del mare (l.m.m.), con le seguenti caratteristiche (vedi Figura 8-1):

- L'asse X positivo è rivolto in direzione del lato Nord della piattaforma;
- Lasse Y positivo è rivolto in direzione del lato Ovest della piattaforma;
- L'asse Z positivo è rivolto verso l'alto.

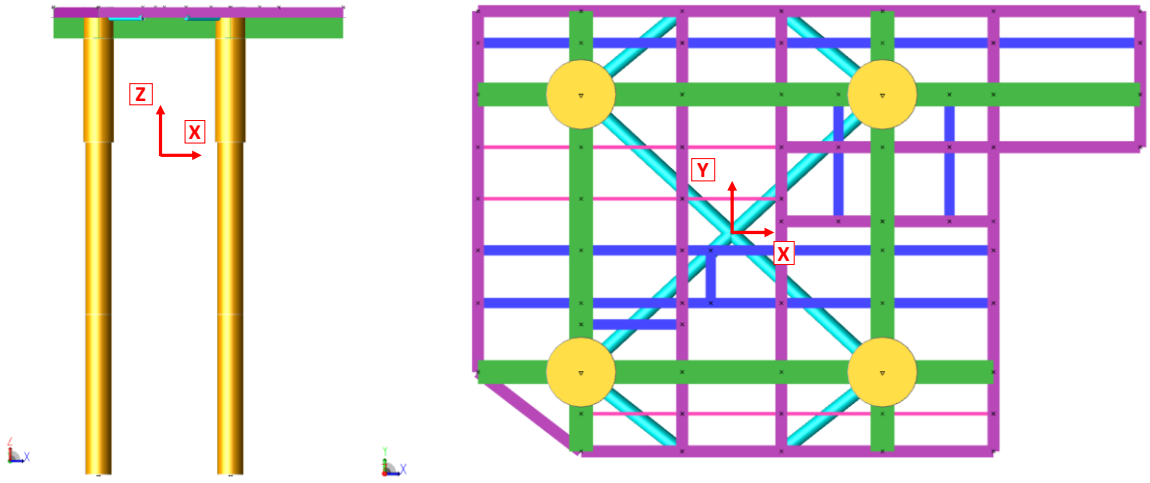


Figura 8-1: Sistema di riferimento del modello

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

8.3 PROGRAMMA DI CALCOLO

Il software utilizzato per l'analisi in oggetto è il SACS v.15.0 (Rif. [B20]).

8.4 MODELLO DI CALCOLO

È stato prodotto un modello di calcolo tridimensionale, in ambiente SACS (Rif. [B20]), che riproduce la piattaforma scalandrone sud in tutti i suoi elementi strutturali.

Le strutture secondarie (ad es. grigliati ecc.) sono inserite a modello come carichi.

Gli equipaggiamenti sono inseriti a modello come carichi.

Il modello 3D della piattaforma scalandrone sud è rappresentato in Figura 8-2.

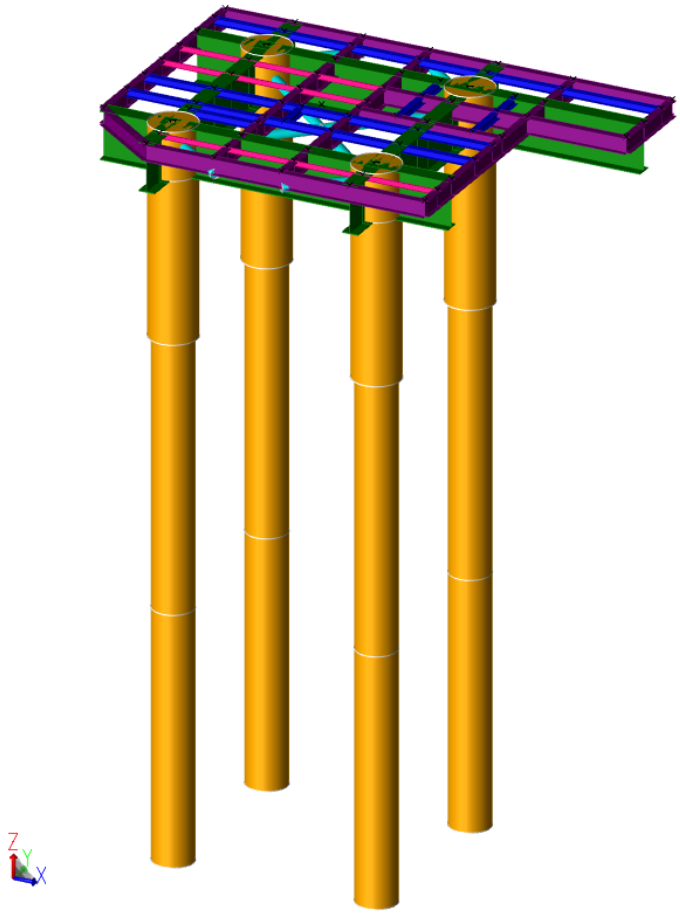


Figura 8-2: Modello SACS della piattaforma

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

8.4.1 Criteri di Modellazione

Di seguito sono illustrati i criteri di modellazione utilizzati:

- Gli elementi trave (beam) sono modellati da punto a punto; i profili tubolari sono modellati lungo il proprio asse, mentre i profilati sono modellati sul bordo superiore, per impostare la quota in maniera corretta. Gli assi locali di ogni trave sono x (assiale), y e z. La connessione fra travi avviene ai nodi di estremità.
- Le travi vengono caratterizzate dalla loro sezione, materiale (densità γ, snervamento F_y), e dalle lunghezze di libera inflessione (L_y, L_z) e di sbandamento laterale (L_b).
- Le piastre vengono modellate a partire dai punti delle travi, sulla superficie media, a cui vengono assegnati materiale (densità γ, snervamento F_y) e spessore.
- Alle travi vengono assegnati eventuali "release" agli estremi, ovvero vengono svincolate alle estremità in accordo alla loro connessione reale. L'assegnazione di un release avviene settando il valore del corrispondente grado di libertà interno in quella direzione in "1", lasciando "0" quando si vuole mantenere il vincolo. Ogni estremità possiede 6 gradi di libertà, in accordo al sistema di riferimento locale: primi tre gradi di libertà sono le traslazioni del nodo di estremità lungo le tre direzioni locali, gli altri tre sono le rotazioni attorno agli stessi assi. I *release* interni assegnati sono mostrati in Figura 8-5.
- Ai punti vengono assegnati dei vincoli esterni, vengono vincolati i gradi di libertà di un punto (6 totali) andando a impostare il valore di "1" a quel grado di libertà, lasciando il valore di "0" se vuole mantenersi lo sposamento lungo quella direzione. I primi tre gradi di libertà sono le traslazioni del punto lungo le tre direzioni globali, gli altri tre sono le rotazioni attorno agli stessi assi.
- I pali sono modellati come elementi trave fino all'intersezione col fondo del mare. Lì viene assegnato un particolare vincolo al nodo di base, chiamato "PILEHD", e la restante parte del palo viene modellata attraverso il modulo PSI del SACS, come descritto al par. 8.5. Il sistema di vincolo del modello è rappresentato in Figura 8-3.
- Gli elementi allagati vengono definiti assegnandovi la proprietà "flooded", in questo modo si considera la presenza d'acqua all'interno di quell'elemento. La proprietà è mostrata in Figura 8-6.
- La massa del modello, in parte modellata e in parte assegnata come carico, viene concentrata in alcuni punti chiave della struttura come massa inerziale per calcolarne i modi principali (metodo delle masse concentrate), assegnando a tali punti il valore di "2" ai gradi di libertà traslazionali (es. "222000" per considerare la massa inerziale nelle tre direzioni principali). I gradi di libertà rotazionali danno contributi trascurabili ai modi della struttura. La definizione delle masse concentrate è mostrata in Figura 8-4.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

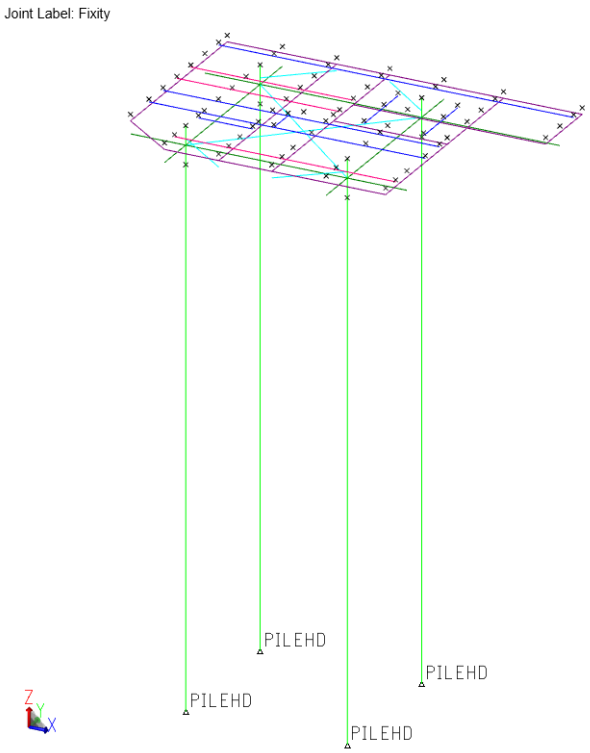


Figura 8-3: Modello SACS - Vincoli esterni: testa pali

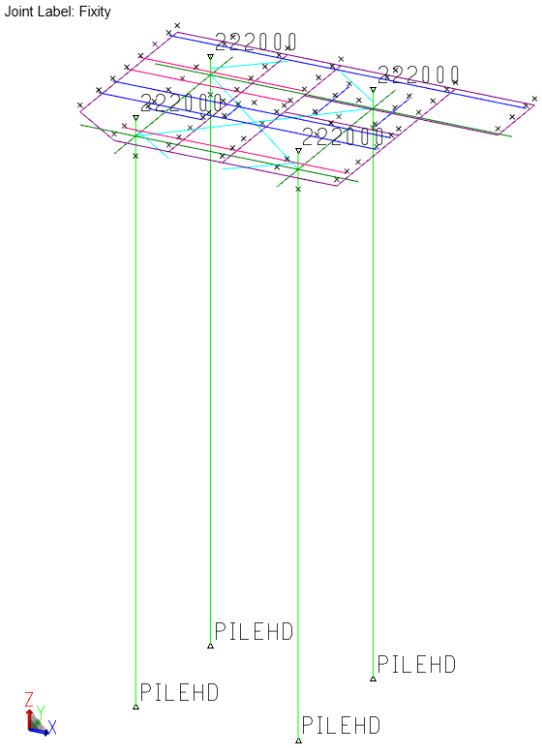


Figura 8-4: Modello SACS – Masse concentrate

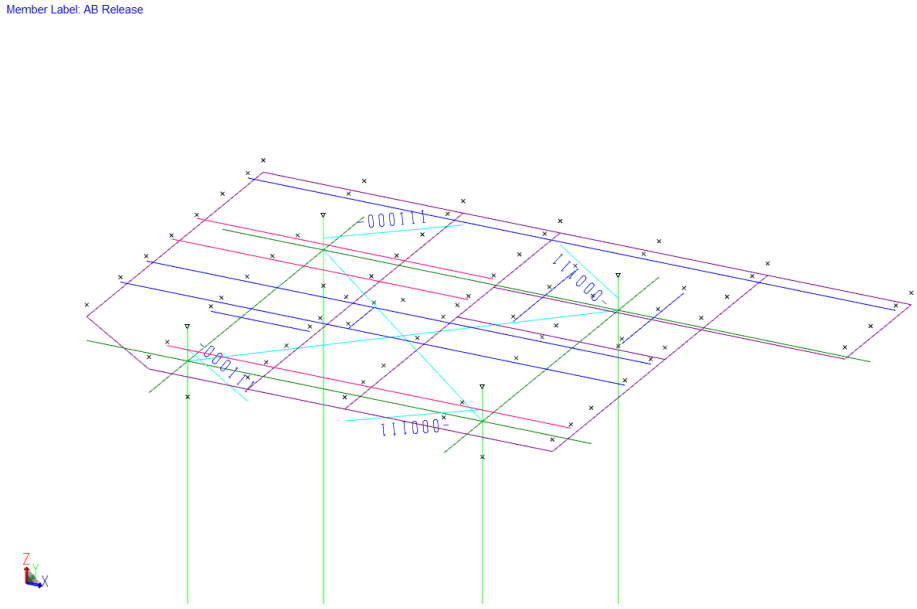


Figura 8-5: Modello SACS - *releases* interni

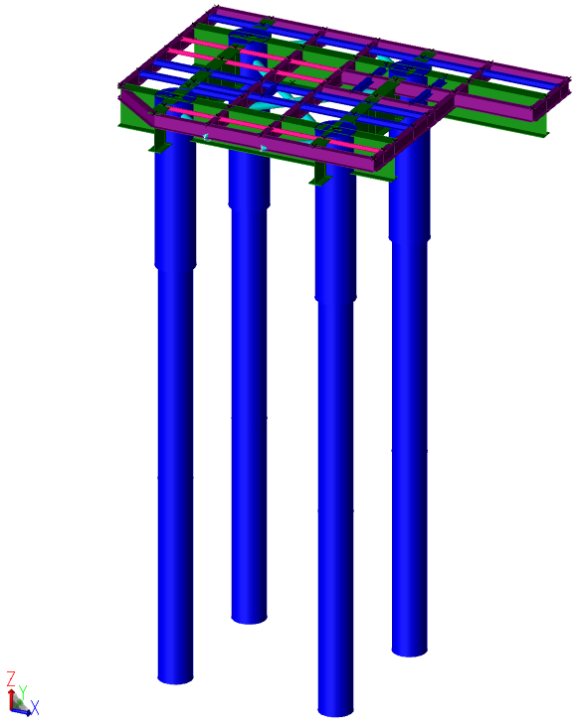


Figura 8-6: Modello SACS – Elementi allagati (*flooded*)

8.5 MODELLAZIONE DELLA FONDAZIONE

I pali sono modellati all'interno del terreno (sotto il fondale a -18.0m) usando il modulo SACS™ PSI (Pile – Structure – Interaction), in modo da tener conto della loro geometria e dell'interazione suolo-struttura, considerando il comportamento non-lineare del terreno sullo sviluppo trasversale e longitudinale del palo.

La porzione di palo sotto il fondale marino è modellata nel modulo PSI con le corrette proprietà di lunghezza, sezioni, materiale, e peso fino alla sua massima profondità di infissione. Nel modello SACS, i nodi corrispondenti alla testa dei pali, vincolati alla quota -18.0m s.l.m.m. con la proprietà "PILEHD", vengono caratterizzati da delle molle non lineari che tengono conto dell'interazione palo-terreno durante l'analisi.

Il suolo, caratterizzato dalle proprietà riportate al Par.9.3, è stato modellato con il modulo PSI tramite le sue curve T-z, che simulano il comportamento assiale lungo il palo, le curve Q-z che rappresentano la portata di punta del palo alla quota di infissione raggiunta, e le curve P-y che ne modellano il comportamento orizzontale. Tali curve sono state generate dal PSI in accordo alle proprietà del suolo, secondo l'approccio API (Rif. [B19]).

Le proprietà dei pali sotto il fondale marino sono riportate in Tabella 8-1.

Palo	Sezione	Spessore	Lunghezza di infissione
A1, A2, B1, B2	Φ 1500 mm	40 mm	45.75 m

Tabella 8-1: Composizione pali sotto il fondale marino

Dalle curve di capacità del palo, calcolate nella Relazione Geotecnica (Rif.[A6]), e riportate in APPENDICE C, sono ricavate:

- Max. Compressione di progetto: R_{cd} = 7.45 MN
- Max. Trazione di progetto: R_{td} = 4.65 MN

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

9 DATI DI PROGETTO AMBIENTALI

9.1 DATI METEO-MARINI

I dati meteomarini sono riportati nei documenti:

- 0001-CI-E-012800 - Studio Meteo-Marino per analisi a fatica Rif. [A4]
- 0001-CI-E-017000 - Basi di Progettazione Strutturale Rif. [A9].

9.1.1 Batimetria

La quota di fondo del mare è a -18.00m s.l.m.m.

9.1.2 Splash Zone

La splash zone risulta essere ad un'altitudine compresa tra -3.00 a +4.00 slm.

9.1.3 Accrescimento Marino

La crescita biologica marina sugli elementi strutturali ha le caratteristiche seguenti:

- Da 1 a 20 m di profondità: 15 cm di spessore con 1.56 t/m^3

9.1.4 Spessore di Corrosione

La corrosione viene applicata esclusivamente alla splash-zone: +4.00m ÷ -3.00m slm, per gli elementi tubolari dal solo lato esterno.

La velocità di corrosione sulla nuova piattaforma viene assunta pari a 0.15 mm/anno, corrispondenti a 3.75 mm di corrosione a fine vita dell'opera.

Si assume il valore di progetto 4.00 mm in favore di sicurezza.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

9.2 DATI SISMICI

I dati inerenti la sismicità del sito, parametri e coefficienti di riferimento, di seguito riportati, sono dettagliati e giustificati nel documento:

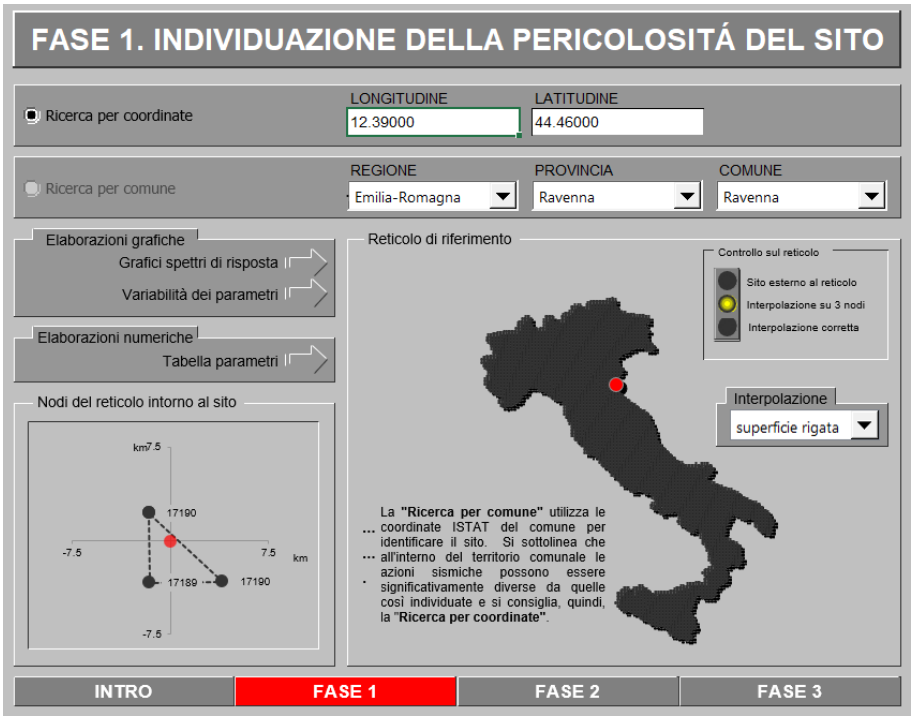
- 0001-CI-E-017000 - Basi di Progettazione Strutturale Rif. [A9].

I carichi sismici di progetto sono definiti secondo la norma italiana NTC2018 (Rif. [B1]).

Si riporta in questa sezione la definizione dello spettro di risposta di progetto per lo Stato limite di Salvaguardia alla Vita "SLV", ai sensi delle NTC2018 (Rif. [B1]), definito attraverso l'utilizzo del software fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

L'individuazione delle coordinate della piattaforma Petra nella tavola "Layout generale del pontile – disegno di tracciato georeferenziato" (Doc. 0001-CB-B-017537) restituisce:

- Latitudine: 44°27'50.5235'' N
- Longitudine: 12°23'53.4877'' E



Di seguito si elencano i dati sismici ipotizzati per la definizione dello spettro di risposta di progetto:

- Vita nominale della struttura: 25 anni
- Classe d'uso: IV



I parametri sismici caratterizzanti il sito in esame per diversi tempi di ritorno sono riportati in Tabella 9-1.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.038	2.527	0.260
SLD	50	0.048	2.493	0.279
SLV	475	0.124	2.609	0.287
SLC	975	0.163	2.572	0.291

Tabella 9-1: Parametri sismici al variare del tempo di ritorno T_R

Di seguito sono elencati i parametri riguardanti suolo e topografia, in accordo al report geotecnico (Rif.[A6]):

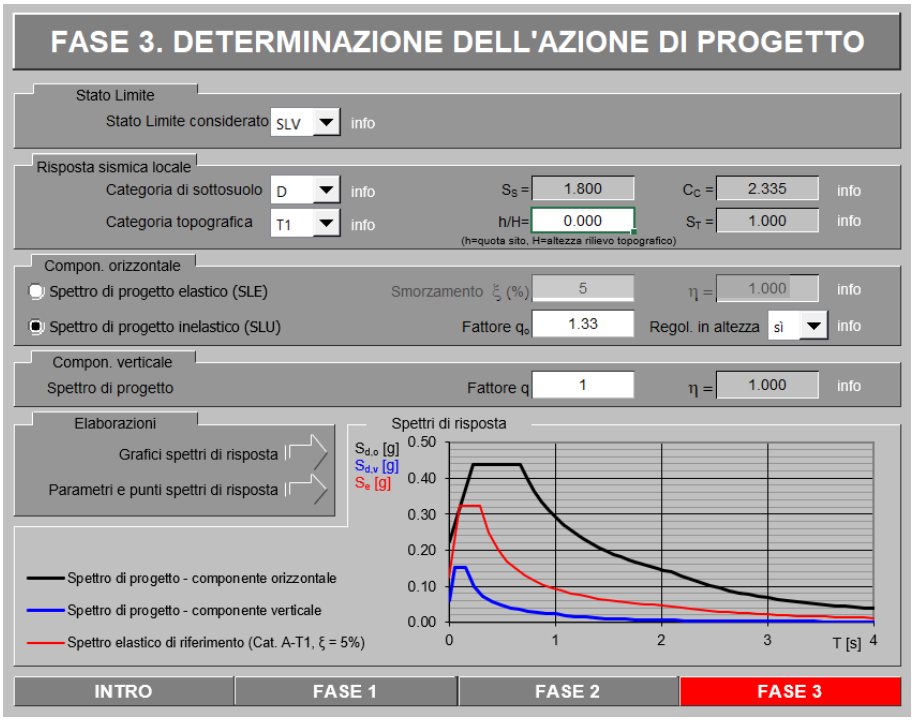
- Tipo di categoria del suolo: D
- Categoria topografica: T1

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

Si assumono i seguenti parametri strutturali, secondo quanto prescritto nella sezione 7.3.1 delle NTC2018 (Rif. [B1]):

• Classe di duttilità: Struttura non dissipativa (a favore di sicurezza)

- Fattore di comportamento base: q_0 = 2.0 (Tab. 7.3.II, NTC2018 [B1] "Strutture in acciaio a pendolo inverso")
- Coefficiente di regolarità in altezza: K_R = 1.0 (regolare)
- Fattore struttura a bassa duttilità: $q_{CD"B"} = q_0 * K_R$ = 2.0 ([7.3.1], NTC2018 [B1])
- Fattore struttura non dissipativa: $q_{ND} = 2/3*q_{CD"B"}$ = 1.33
- Fattore di comportamento verticale: q_v = 1.0



Nella figura seguente sono riportati gli spettri di risposta di progetto secondo NTC2018 (Rif.[B1]).

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

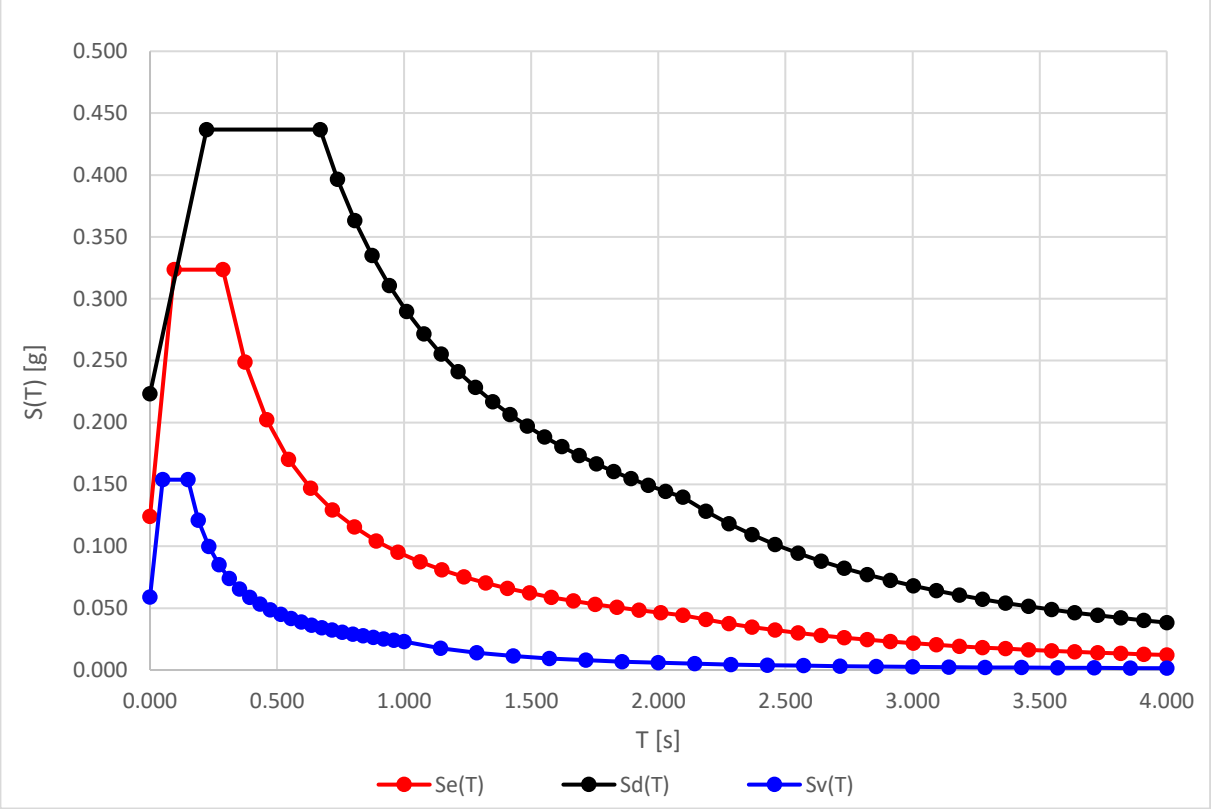


Figura 9-1: Spettri di Risposta

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

9.3 DATI GEOTECNICI

I dati geotecnici sono riportati nel documento:

- NQR22199/L02-0001-LF-E-05400- Dati Generali di Progetto Rif. [A2]
- 0001-CI-E-012500 – Relazione Geotecnica Rif. [A6].

I dati geotecnici sono riassunti in Tabella 9-2.

STRATI	Profondità	Tipo di terreno	γ		φ'	Cu		c'
/	*m*	/	*t/m3*	*kN/m3*	°	*KPa*	*KN/cm2*	*KPa*
1)Da 0 a -15	0-5 5m-10m 10m-15m	Limo- depositi normalconsolidati	1.8	18	22	5.8 18 29	0.00058 0.0018 0.0029	0
2)	Da -15 a -16.5	Sabbie fini limose	1.85	18-19	28-32**(30)**	/	/	0-10
3)	Da -16.5 a 70	limi argillosi	2	20	28	40-150**(95)**	0.0095	18

Tabella 9-2: Dati geotecnici di progetto

NB: i valori riportati nella tabella precedente sono ridotti del 20%, in favore di sicurezza, essendo riferiti all'indagine geotecnica eseguita nel 1984.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

10 ANALISI SISMICA

10.1 INTRODUZIONE

L'analisi sismica viene eseguita seguendo il metodo dello spettro di risposta utilizzato per valutare la risposta della piattaforma ai carichi sismici, secondo quanto prescritto dalla NTC2018 (Rif.[B1]).

Il modello di calcolo è simile al modello di analisi in servizio, con le opportune modifiche necessarie per ottenere la risposta dinamica tenendo in considerazione la massa dell'acqua intrappolata nella struttura e la massa aggiunta esterna partecipante.

L'analisi sismica con spettro di risposta richiede che l'intera struttura si comporti in modo lineare elastico, pertanto il comportamento non lineare dei pali viene linearizzato con il taglio sismico e applicando alla base del modello una matrice di rigidezza equivalente (super-element creato dal modulo PSI di SACS).

Viene eseguita un'analisi modale per determinare i periodi naturali della piattaforma e le forme della modalità di vibrazione. Il numero di forme modali deve essere sufficiente per ottenere un fattore di partecipazione di massa cumulativo superiore all'85% in ciascuna delle direzioni principali.

La risposta strutturale agli spettri di risposta lungo le direzioni principali viene calcolata attraverso un'analisi dinamica con sovrapposizione modale. L'effetto dei singoli modi viene combinato attraverso una combinazione quadratica completa (CQC) mentre l'effetto del sisma nelle tre direzioni x, y, z viene combinato attraverso la somma dei quadradi (SRSS) delle risposte direzionali. La risposta sismica globale agli spettri di risposta viene poi combinata con i carichi verticali agenti sulla struttura in condizioni sismiche.

Lo scopo dell'analisi dinamica è dunque calcolare le sollecitazioni interne agli elementi strutturali dovute alle forze inerziali a cui sono soggetti durante l'evento sismico.

Nell'analisi sismica viene utilizzato un fattore di smorzamento viscoso pari al 5% dello smorzamento critico.

L'analisi sismica e il calcolo delle sollecitazioni negli elementi strutturali avviene seguendo la procedura seguente:

1. Analisi statica della struttura per carichi verticali (SACS);
2. Linearizzazione della fondazione (SACS PSI);
3. Analisi modale della struttura ed estrazione dei modi (SACS DYNPAC);
4. Analisi dinamica e calcolo della risposta mediante spettri di risposta e combinazione modale CQC (SACS DYNAMIC RESPONSE);
5. Combinazione delle risposte sismiche direzionali SRSS e combinazione con risposta statica (SACS DYNAMIC RESPONSE);
6. Verifica degli elementi strutturali (SACS POST);
7. Verifica dei pali (SACS PSI).

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

10.2 ANALISI STATICA

Viene eseguita un'analisi statica della struttura, in modo da calcolare le sollecitazioni interne degli elementi dovute ai carichi gravitazionali e sommarle alle sollecitazioni inerziali dovute alla risposta sismica.

L'analisi statica viene eseguita utilizzando il modello dell'analisi in servizio (Rif. [A10]) ed i relativi carichi gravitazionali.

10.2.1 Carichi gravitazionali

I carichi considerati per questa analisi sono quelli gravitazionali, di seguito riportati.

Secondo le ISO 19902 (Rif. [B4]) e le NTC2018 (Rif. [B1]) i carichi sono divisi nelle seguenti categorie:

- Azioni Permanenti (G_1, G_2);
- Azioni Variabili (Q_1, Q_2);
- Azione Sismica (E)

I coefficienti parziali delle azioni per la condizione sismica sono riportati nella tabella seguente:

ANALISI SISMICA	Coefficienti Parziali delle Azioni	
Caso Base	Gravità G	Cond. Sismica SLV1
G_1	1.0	1.0
G_2	1.0	1.0
Q_1	1.0	1.0
Q_2	1.0	1.0
E	-	1.0

Tabella 10-1: Coefficienti parziali azioni per condizioni in servizio

Fra le azioni permanenti rientrano:

- Peso proprio delle strutture
- Carichi di galleggiamento
- Peso accrescimento marino
- Peso proprio di piping ed equipaggiamenti

Fra le azioni variabili rientrano:

- Zone di passaggio 4.0 kN/m^2

Nota: per l'analisi sismica i carichi variabili vengono considerati al 50%.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

Fra le azioni ambientali rientrano:

- Sisma (Spettro di risposta)

L'assegnazione dei carichi gravitazionali è ampiamente discussa nei report relativi all'analisi statica in servizio della piattaforma scalandrone sud (Rif. [A10]), si rimanda a tali relazioni per una descrizione dettagliata. Di seguito vengono riportati i carichi considerati in questa analisi con i relativi valori.

1. Peso Proprio strutturale - DEAZ

Il peso proprio della struttura modellata (Deck, Pali) viene automaticamente calcolato dal software SACS, utilizzando le proprietà sezionali, la lunghezza e la densità dei vari elementi, includendo un 10% di incremento per contingency, e tenendo conto delle forze di galleggiamento sugli elementi immersi e dell'accrescimento marino.

Loadcn	Descrizione	Fz [kN]
DEAZ	Peso strutture modellate, accrescimento marino, galleggiamento	3772
TOTALE		**3772**

Tabella 10-2: Peso strutture modellate – LOADCN DEAZ

Si riportano separatamente i contributi al peso totale (DEAZ) delle parti strutturali, della buoyancy e dell'accrescimento marino nella seguente tabella.

Loadcn	Componente	Contributo	Fz [kN]
DEAZ	Struttura	Deck	856
		Pali	2598
	Tot. Struttura		3454
	Accr. marino	Accr.marino	1053
	Buoyancy	Struttura	-154
		Accr. marino	-581
	Tot. Buoyancy		-735
TOTALE			**3772**

Tabella 10-3: Contributi strutture modellate, accr. marino, buoyancy – LOADCN DEAZ

Di seguito viene riportato un estratto dell'output del SACS in cui sono elencati separatamente i contributi alla condizione di carico DEAZ: il peso secco degli elementi modellati, il carico da galleggiamento e l'accrescimento marino.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

```
                    ****** RESULTS FOR LOAD CASE DEAZ ******
                    DEAD
                ****** SUMMARY OF SEASTATE GENERATED DEAD AND BUOYANCY LOADS ******

                                        WATER DEPTH =       18.600 M.

                                     ELEMENT WEIGHT =     3454.131 KN
                                MARINE GROWTH WEIGHT =     1053.365 KN

                                   TOTAL DEAD WEIGHT  =     4507.497 KN
                                CENTER OF GRAVITY  -X-   =        0.941 M.
                                                   -Y-   =        0.315 M.
                                                   -Z-   =       -1.460 M.

                                     ELEMENT BUOYANCY =      153.860 KN
                                MARINE GROWTH BUOYANCY =      581.487 KN

                            TOTAL BUOYANCY LOAD (DISPLACEMENT) =      735.347 KN
                                     CENTER OF BUOYANCY  -X-   =        0.800 M.
                                                         -Y-   =        0.250 M.
                                                         -Z-   =       -8.595 M.
                                *NOTE: BUOYANCE LOAD SHOWN BASED ON MARINE METHOD

                ****** SUMMATION OF FORCES AND MOMENTS FOR LOAD CASE DEAZ ******
                       (MOMENTS ABOUT MUDLINE AT ELEVATION  -18.00 M.  )

                              SUM FX        SUM FY        SUM FZ        SUM MX        SUM MY        SUM MZ
                               KN            KN            KN            KN-M          KN-M          KN-M

SEASTATE GENERATED            0.000         0.000     -3772.150     -1237.471      3655.184         0.000
        USER INPUT            0.000         0.000         0.000         0.000         0.000         0.000
```

2. Peso strutture non modellate – PERZ

Tutte le strutture secondarie non modellate vengono assegnate come carico.

Tali strutture sono elencate in Tabella 10-4.

Loadcn	Descrizione	Fz [kN]
PERZ	Grigliati 40 kg/m^2	65
TOTALE		**65**

Tabella 10-4: Strutture non modellate - LOADCN PERZ

3. Equipaggiamenti

Tali carichi sono assegnati secondo la corretta distribuzione in pianta, tenendo conto del 5% e 10% di contingency a seconda del carico, e sono elencati in Tabella 10-5.

Loadcn	Descrizione	Fz [kN]
EQUZ	Scalandrone, Valvole, portali, cabinati...	410
TOTALE		**410**

Tabella 10-5: Carichi Equipaggiamento

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

5. Carico variabile distribuito – LIVZ

Viene assegnato in tutte le zone libere il seguente carico variabile, correttamente posizionato a seconda della destinazione dell'area.

Loadcn	Descrizione	Fz [kN]
LIVZ	4.0 kN/m^2	620
TOTALE		**620**

Tabella 10-6: Carichi Piping - LOADCN LIVZ

Nota: il carico variabile nelle combinazioni sismiche sarà considerato al 50%.

Di seguito si riportano le risultanti delle condizioni di carico gravitazionali:

********** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT **********
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN

LOAD CASE	LOAD LABEL	********* X - DIRECTION ********* FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	********* Y - DIRECTION ********* FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	********* Z - DIRECTION ********* FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
1	DEAZ	0.00				0.00				-3772.15	0.97	0.33	-0.07
17	PERZ	0.00				0.00				-65.00	1.83	0.81	8.62
18	LIVZ	0.00				0.00				-620.01	1.83	0.81	8.62
19	EQUZ	0.00				0.00				-410.00	2.77	1.81	8.76

Tabella 10-7: Risultanti condizioni di carico gravitazionali

10.2.2 Riassunto carichi verticali

Il peso totale della struttura è dato dai contributi esposti nella seguente tabella.

Componente	Peso Modellato	Carico Permanente	Carico Variabile	Totale
Deck	856	475	310*	1641
Pali	2598			2598
Accr. Marino	1053			1053
Buoyancy	-735			-735
TOTALE				4557

Tabella 10-8: Riassunto carichi verticali

*Carico variabile al 50%.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

10.2.3 Combinazione di carico

La combinazione di carichi gravitazionali per analisi sismica secondo la NTC2018 (Rif. [B1]), come descritto ai par.7.2.2 e 10.2.1, è riportata in Tabella 10-9.

COMB.	Permanenti			Variabili
	DEAZ	PERZ	EQUZ	LIVZ
STAT	1.00	1.00	1.00	0.50

Tabella 10-9: Combinazione gravitazionale statica

Di seguito si riportano le risultanti delle combinazioni sismiche SLV:

********** SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT **********
RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN

LOAD CASE	LOAD LABEL	********* X - DIRECTION ********* FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	********* Y - DIRECTION ********* FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	********* Z - DIRECTION ********* FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
25	STAT	0.00				0.00				-4557.15	1.20	0.50	1.44

Tabella 10-10: Risultanti Combinazioni SLV gravitazionali

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

10.3 ANALISI MODALE

È stata condotta un'analisi modale della piattaforma, al fine di valutarne i periodi naturali e le relative forme modali. Tale analisi è necessaria per determinare la risposta della struttura alle forzanti sismiche tramite metodo con spettro di risposta.

Da NTC2018 (Rif. [B1]), sono stati calcolati un numero di modi sufficiente a raggiungere una massa partecipante totale di almeno l'85% in ogni direzione.

Le analisi sono state condotte mediante il pacchetto SACS DYN.

10.3.1 Modello Dinamico

Il modello della piattaforma dell'analisi statica in servizio (Rif. [A10]) è stato utilizzato per generare il modello dinamico per l'analisi modale, considerando una riduzione del 50% dei carichi variabili del deck. Per la descrizione del modello di calcolo si fa riferimento al par. 8, mentre i carichi agenti sulla piattaforma sono descritti al par.10.2.

Le masse della struttura sono state concentrate in una serie di punti tali da catturare i principali modi di vibrare della struttura (metodo delle masse concentrate): per ogni punto in cui deve essere concentrata la massa vengono assegnati dei vincoli ai suoi gradi di libertà traslazionali, assegnando lo stato di vincolo "222000" come in Figura 10-1, per concentrare in quel punto la massa inerziale nelle direzioni principali. I gradi di libertà rotazionali vengono trascurati, non avendo impatto sui modi di vibrare.

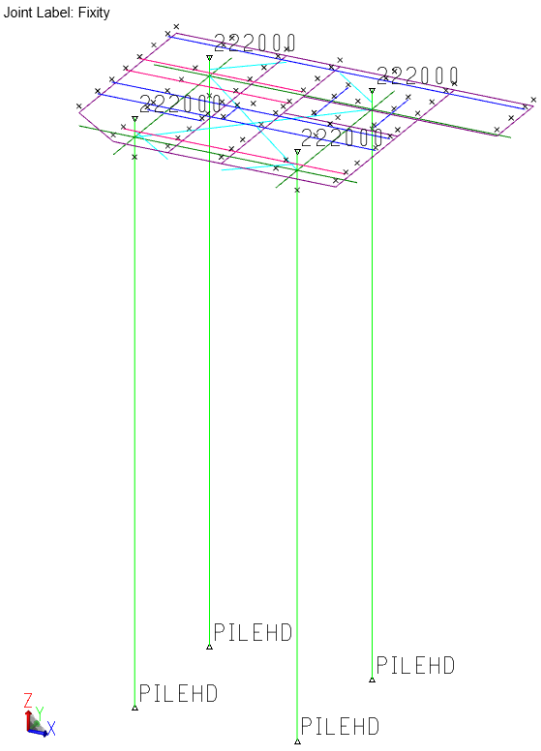


Figura 10-1: Modello a masse concentrate

10.3.2 Linearizzazione della Fondazione

I pali, modellati attraverso il modulo SACS PSI per tener conto dell'interazione non-lineare terreno-fondazione, vengono linearizzati in modo da poter eseguire l'analisi modale (lineare): viene generato il superelemento, che consiste in una matrice di rigidezza lineare contenente le proprietà linearizzate dei pali e del terreno, a partire dalle curve P-y e T-z, inserita a modello in forma di molle elastiche ai punti determinati come testa palo (PILEHD). Le molle simulano il comportamento della fondazione sotto il fondale marino.

La linearizzazione viene effettuata attraverso il modulo SACS PSI, tenendo conto dei carichi verticali del modello e delle forze orizzontali pari ai tagli sismici nelle due direzioni principali.

10.3.3 Massa strutturale e Modi di vibrare

Le masse strutturali della piattaforma sono generate tramite il modulo SEASTATE prima dell'analisi modale. I carichi utilizzati per la generazione delle masse sono quelli appartenenti alla combinazione STAT (vedi par. 10.2).

Le masse della struttura e degli equipaggiamenti (modellati o assegnati come carichi) sono trasformate in carichi e concentrate ai punti come descritto al par.10.3.1. Il SEASTATE trasforma in masse anche l'accrescimento marino, la massa d'acqua intrappolata nei tubi e la massa aggiunta data dal volume d'acqua spostato dai corpi immersi, con coefficiente unitario.

Le masse considerate nell'analisi dinamica sono riportate nel seguito (SACS output):

********** WEIGHT AND CENTER OF GRAVITY SUMMARY **********

********** ITEM DESCRIPTION **********	********** WEIGHT **********			******** CENTER OF GRAVITY ********		
	X	Y	Z	X	Y	Z
	KN	KN	KN	M	M	M
MEMBER ELEMENTS	4280.443	4280.443	4280.443	0.949	0.319	-2.662
MEMBER ELEMENT NORMAL ADDED MASS	1926.596	1926.596	0.000	0.800	0.250	0.000
FLOODED MEMBER ELEMENT ENTRAPPED FLUID	1156.289	1156.289	1156.289	0.800	0.250	-5.400
LOAD CASES CONVERTED TO WEIGHTS	785.010	785.010	785.010	2.323	1.329	9.000
********** TOTAL **********	8148.338	8148.338	6221.742	1.025	0.390	-1.700

Tabella 10-11: Masse per analisi modale

Dall'analisi modale eseguita sulla base di quanto esplicato e delle masse sopraindicate, vengono estratti i primi 20 modi di vibrare della struttura, tali da raggiungere la soglia dell'85% della massa partecipante.

Nella Tabella 10-12 i tre modi principali della struttura vengono riportati:

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

Modo	Frequenza [Hz]	Periodo [s]
1	0.67	1.50
2	0.70	1.44
3	0.73	1.38

Tabella 10-12: Modi di vibrare principali della struttura

Di seguito vengono riportate le tre forme modali principali.

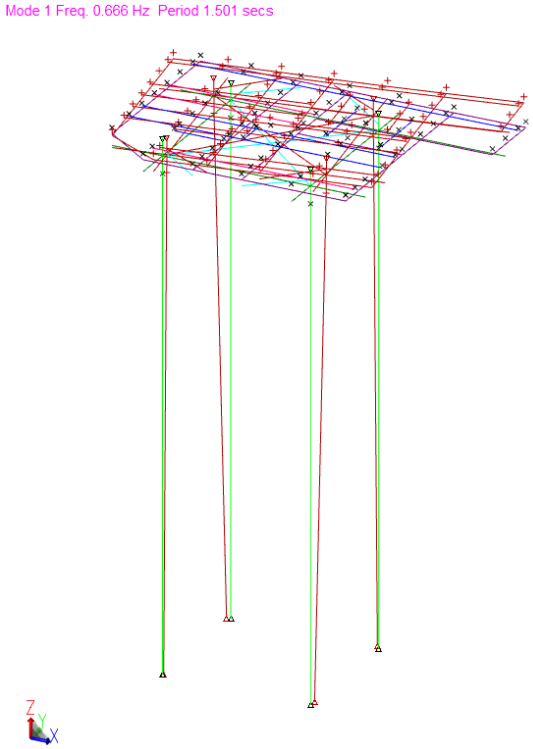


Figura 10-2: 1 Modo principale (T = 1.50s)

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

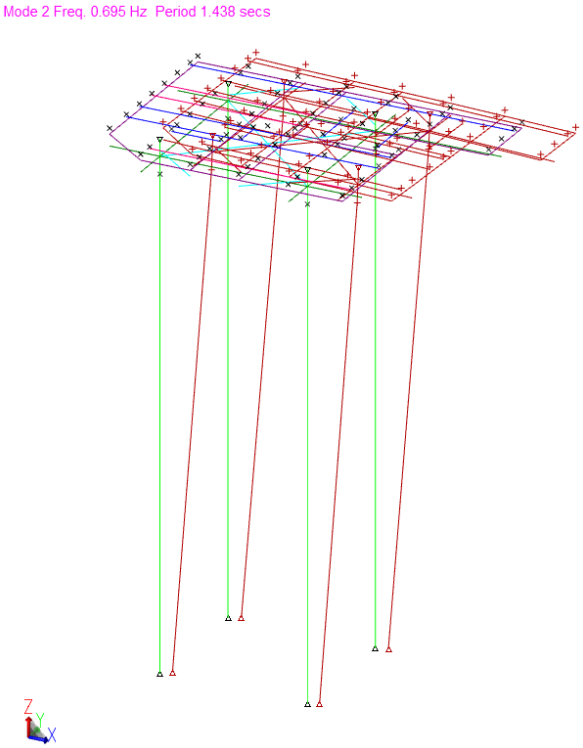


Figura 10-3: 2 Modo principale (T = 1.44s)

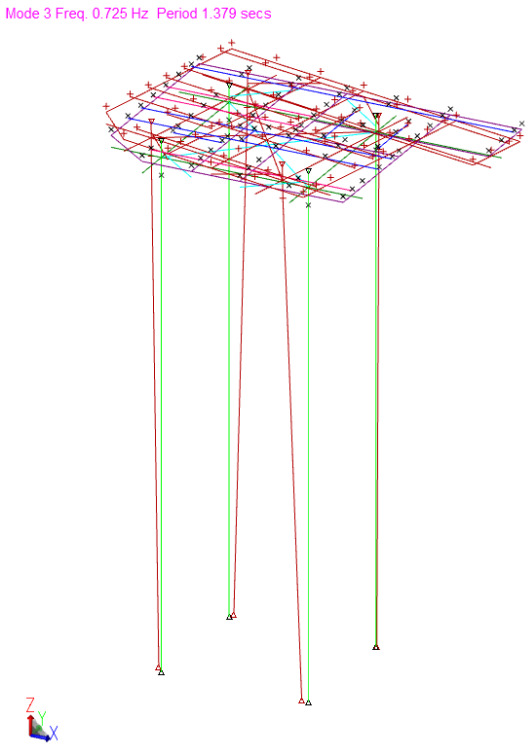


Figura 10-4: 3 Modo principale (T = 1.38s)

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

Di seguito sono riportati i primi 20 modi della struttura nel seguente estratto dell'output SACS:

SACS IV-FREQUENCIES AND GENERALIZED MASS

MODE	FREQ.(CPS)	GEN. MASS	EIGENVALUE	PERIOD(SECS)
1	0.666375	4.0707538E+02	5.7043118E-02	1.5006572
2	0.695223	5.9812430E+02	5.2407290E-02	1.4383869
3	0.725345	3.7566611E+02	4.8144958E-02	1.3786540
4	3.093977	7.4626241E+02	2.6460991E-03	0.3232086
5	3.208235	3.4379512E+02	2.4609786E-03	0.3116978
6	3.217732	3.2810689E+02	2.4464730E-03	0.3107779
7	3.233075	2.1707125E+02	2.4233090E-03	0.3093031
8	3.235925	2.1811981E+02	2.4190422E-03	0.3090307
9	3.862935	2.9037490E+02	1.6974831E-03	0.2588705
10	3.890127	3.5790397E+02	1.6738354E-03	0.2570610
11	4.101201	3.8136129E+02	1.5059766E-03	0.2438310
12	9.873377	2.0208501E+02	2.5984168E-04	0.1012825
13	10.899541	2.1829554E+02	2.1321800E-04	0.0917470
14	11.390172	2.2485645E+02	1.9524489E-04	0.0877950
15	11.848268	1.9123047E+02	1.8043903E-04	0.0844005
16	19.189674	2.5090117E+02	6.8786789E-05	0.0521114
17	22.343250	1.7739478E+02	5.0739661E-05	0.0447562
18	24.972087	1.7295584E+02	4.0619125E-05	0.0400447
19	26.536858	1.7611645E+02	3.5970066E-05	0.0376834
20	27.184069	1.7245365E+02	3.4277672E-05	0.0367863

Tabella 10-13: Primi 20 modi di vibrare della struttura

I fattori di partecipazione dei modi sono riportati nel seguito:

	******* MASS PARTICIPATION FACTORS *******			***** CUMULATIVE FACTORS *****		
MODE	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.1042858	0.3500636	0.0000003	0.104286	0.350064	0.000000
2	0.6161456	0.2358837	0.0000083	0.720431	0.585947	0.000009
3	0.1349819	0.2690979	0.0000000	0.855413	0.855045	0.000009
4	0.0000207	0.0000091	0.0000775	0.855434	0.855054	0.000086
5	0.0000260	0.0000008	0.0000542	0.855460	0.855055	0.000140
6	0.0000156	0.0000010	0.0000630	0.855476	0.855056	0.000203
7	0.0000046	0.0000003	0.0000014	0.855480	0.855056	0.000205
8	0.0000008	0.0000004	0.0000032	0.855481	0.855057	0.000208
9	0.0111313	0.1170077	0.0000066	0.866612	0.972065	0.000214
10	0.1259600	0.0157944	0.0003753	0.992572	0.987859	0.000590
11	0.0062946	0.0110839	0.0000046	0.998867	0.998943	0.000594
12	0.0005640	0.0001652	0.3576994	0.999431	0.999108	0.358294
13	0.0002092	0.0000000	0.6005684	0.999640	0.999108	0.958862
14	0.0001633	0.0007766	0.0215723	0.999803	0.999885	0.980435
15	0.0001954	0.0001137	0.0119815	0.999999	0.999998	0.992416
16	0.0000000	0.0000000	0.0001156	0.999999	0.999998	0.992532
17	0.0000002	0.0000004	0.0005818	0.999999	0.999999	0.993113
18	0.0000000	0.0000000	0.0000406	0.999999	0.999999	0.993154
19	0.0000000	0.0000000	0.0000463	0.999999	0.999999	0.993200
20	0.0000000	0.0000000	0.0000076	0.999999	0.999999	0.993208

Tabella 10-14: Fattori di partecipazione modali

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

10.4 ANALISI SPETTRALE

10.4.1 Procedura

Gli spettri di risposta lungo le direzioni principali X, Y e Z, definiti secondo quanto dichiarato al par. 9.2, sono applicati separatamente alla struttura. Tali spettri sono rappresentati in Figura 9-1. La risposta strutturale a queste forzanti viene calcolata eseguendo l'analisi dinamica, secondo quanto previsto dalle NTC2018 (Rif.[B1]), come descritto nel seguito.

L'analisi dinamica spettrale eseguita tramite il programma SACS DYNAMIC RESPONSE calcola la risposta strutturale alla forzante sismica definita tramite spettro nelle tre direzioni principali separatamente: viene calcolata la singola risposta modale, e queste vengono poi combinate applicando il metodo CQC – combinazione quadratica completa ("*Complete Quadratic Combination*"), che tiene conto della cross-correlazione e dell'accoppiamento fra le risposte modali. Le risposte direzionali così calcolate vengono poi combinate insieme attraverso la SRSS – somma dei quadrati ("*Square Root of the Sum of the Squares*").

L'analisi dinamica spettrale è stata eseguita assumendo un fattore di smorzamento viscoso modale pari a $\xi_i = 5\%$.

Una volta calcolata la risposta sismica globale, essa viene combinata linearmente alla risposta statica data dai carichi verticali applicati alla struttura, ottenuta da analisi statica descritta al par. 10.2. La combinazione fra le due risposte avviene con coefficienti unitari, come da combinazione sismica (par. 7.2.2).

Vengono dunque generate tre condizioni di carico e quattro combinazioni di carico, secondo lo schema seguente.

Vengono generate tre condizioni di carico indipendenti, che consistono negli spettri di risposta orizzontali e verticali applicati nelle tre direzioni principali. L'analisi spettrale restituisce per ogni direzione delle forzanti inerziali lungo la direzione di applicazione dello spettro, e i risultati sono dati dalla sovrapposizione delle risposte modali direzionali tramite metodo CQC.

Condizione carico	Rx	Ry	Rz
1	1.00		
2		1.00	
3			1.00

Tabella 10-15: Condizioni di carico – Analisi spettrale

Le risposte direzionali delle combinazioni di carico generate vengono condensate in un'unica condizione di carico sismica, data dalla sovrapposizione degli effetti delle tre direzioni tramite metodo SRSS:

$$RS_d = \sqrt{R_x^2 + R_y^2 + R_z^2}$$

Per gli elementi della struttura modellata, l'analisi spettrale restituisce dunque sollecitazioni interne senza segno: le sollecitazioni dinamiche assiali, in particolare, vengono applicate agli elementi della struttura una volta in trazione (+) e una volta in compressione (-) in modo da tener conto dell'alternanza di segno nella forzante sismica (cambio di verso).

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

Il modulo di SACS dunque genera n.2 combinazioni di carico, dove la componente dinamica della forza assiale viene considerata una volta di trazione e una volta di compressione; queste combinazioni vengono utilizzate per le verifiche degli elementi strutturali. Conservativamente, le altre sollecitazioni interne (momenti, torsioni, tagli) vengono assunti con lo stesso segno di quelli statici. A tutte le combinazioni create dall'analisi spettrale vengono linearmente sommati gli effetti statici.

	Combinazione	Analisi Statica STAT	Analisi Spettrale(1) RS_d
Verifica elementi strutturali	1	1.00	1.00
	2	1.00	-1.00

(1) Analisi dinamica: 1.00 → Trazione
-1.00 → Compressione

Tabella 10-16: Combinazioni di verifica SLV

Le combinazioni di carico sismiche finali, riportate in Tabella 10-16, sono utilizzate per eseguire le verifiche della struttura.

10.4.2 Risultati Analisi Spettrale

Si riportano nei seguenti estratti di SACS le risultanti sismiche direzionali (dopo sovrapposizione modale tramite CQC) e le risultanti totali (sovrapposizione degli effetti direzionali tramite SRSS).

FORCES AND MOMENTS SUMMARY
*** MOMENTS SUMMED ABOUT ORIGIN ***

LOAD CASE	FORCE(X)	FORCE(Y)	FORCE(Z)	MOMENT(X)	MOMENT(Y)	MOMENT(Z)
	********** KN **********			********** KN-M **********		
1	-1570.211	-364.415	-4688.390	-9224.685	25514.754	182.272
2	-489.825	-1532.117	-4785.812	-35148.691	10856.696	-1195.372
3	-17.815	-14.693	-912.143	-918.419	1056.294	6.779

Tabella 10-17: Risultanti spettri di risposta direzionali (CQC)

FORCES AND MOMENTS SUMMARY
*** MOMENTS SUMMED ABOUT ORIGIN ***

LOAD CASE	FORCE(X)	FORCE(Y)	FORCE(Z)	MOMENT(X)	MOMENT(Y)	MOMENT(Z)
	********** KN **********			********** KN-M **********		
1	-1644.984	-1575.102	-6762.868	-36659.473	28341.252	-898.036

Tabella 10-18: Risultante Spettrale globale (SRSS)

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

****** COMBINE PROGRAM OPTIONS ******
DYNAMIC ANALYSIS

LOAD CASE	NUMB COMB	COMB TYPE	AMOD FACT	LOAD CASE DESCRIPTION	UNIT	ORIG LC =	FACTOR	SIGN CHANGE ROT XYZ	DEFL XYZ	STRES
1		PRST	1.000	EQK + STAT MEMB						
	1				P	STAT	1.000000	000	000	0
	2				S	1	1.000000	000	000	0
2		PRSC	1.000	EQK + STAT MEMB						
	1				P	STAT	1.000000	000	000	0
	2				S	1	1.000000	000	000	0

Tabella 10-19: Combinazioni di verifica SLV

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

11 RISULTATI DELL'ANALISI

I risultati dell'analisi sismica sono riportati in questo paragrafo.

Questi consistono in:

- Verifiche strutturali degli elementi della piattaforma (profili tubolari, profili I/H, diagonali, controventi, pali fuori terra)
- Verifiche strutturali e geotecniche dei pali di fondazione (sotto fondo mare)

Le verifiche sono condotte per le combinazioni di carico presentate in Tabella 10-16 allo SLV, in accordo alle NTC2018 (Rif.[B1]).

11.1.1 Verifiche strutturali della struttura della piattaforma

Vengono riportate le verifiche di resistenza degli elementi che compongono la struttura della piattaforma modellati in SACS.

Le verifiche sono superate se gli elementi soddisfano i criteri previsti dalle ISO 19902 Rif.[B4] (per le sezioni circolari) ed EN 1993 Rif.[B5] (per le sezioni I /H).

I criteri di accettazione sono proposti al Par.7.3.1.

Le verifiche vengono eseguite dal post-processore di SACS che tiene in considerazione:

- Le proprietà sezionali e del materiale dell'elemento
- Le proprietà di snellezza/stabilità dell'elemento
- I coefficienti parziali di resistenza secondo le normative

I risultati vengono espressi in termini di Unity Check (UC), ovvero il rapporto fra l'azione agente sull'elemento e la sua resistenza: UC = S_d/R_d.

Le verifiche mostrano che la struttura della piattaforma adeguata a sopportare i carichi sismici.

I valori massimi degli UC per ogni gruppo di elementi sono specificati nel seguito.

* * * M E M B E R G R O U P S U M M A R Y * * *
ISO 19902:2007 / EC3:2005
(EN 1993-1-1:2005/NA NONE)

GRUP ID	CRITICAL MEMBER	LOAD COND	MAX. UNITY CHECK	DIST FROM END M	* APPLIED STRESSES * AXIAL N/MM2	BEND-Y N/MM2	BEND-Z N/MM2	*** ALLOWABLE STRESSES *** AXIAL N/MM2	EULER N/MM2	BEND-Y N/MM2	BEND-Z N/MM2	CRIT COND	EFFECTIVE LENGTHS KLY M	KLZ M	CM * VALUES * Y	Z
PG1	0072-0005	2	0.29	1.1	-1.2	-105.4	5.3	345.0	2787.7	386.5	536.0	BN+AX	6.70	3.35	0.88	0.71
600	0049-0051	1	0.13	0.0	0.3	-27.6	29.0	345.0	2294.3	388.7	529.3	BN+AX	4.20	2.10	0.00	0.00
260	0047-0051	1	0.11	0.0	9.4	-19.7	-10.1	345.0	1126.3	345.0	345.0	BN+AX	2.80	2.80	0.00	0.00
180	0057-0058	2	0.21	0.0	-8.6	-31.3	4.2	88.7	109.0	289.7	1176.6	BN+COM	2.80	2.80	0.60	0.40
BRA	0018-0005	2	0.09	5.2	-1.7	-34.8	1.1	292.4	267.3	437.3	437.3	ACBI	10.33	5.17	0.85	0.85
COP	0074-0005	2	0.20	1.8	-8.8	46.4	50.1	283.9	409.4	408.6	408.6	ACBI	42.00	42.00	0.85	0.85
PIL	0074-0097	2	0.20	6.0	-11.5	43.6	-47.5	283.9	341.3	414.6	414.6	ACBI	40.00	40.00	0.85	0.85

Tabella 11-1: Verifiche e max UC per gruppi

Si nota che il valore massimo di UC = 0.29 appartiene all'elemento 0072-0005 (Gruppo PG1), per la combinazione 2.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

I valori massimi di UC per tutte le combinazioni SLV analizzate per gli elementi della piattaforma sono mostrati nelle figure seguenti.

Tutti gli elementi presentano UC < 1.0, per cui le verifiche allo SLV sono soddisfatte.

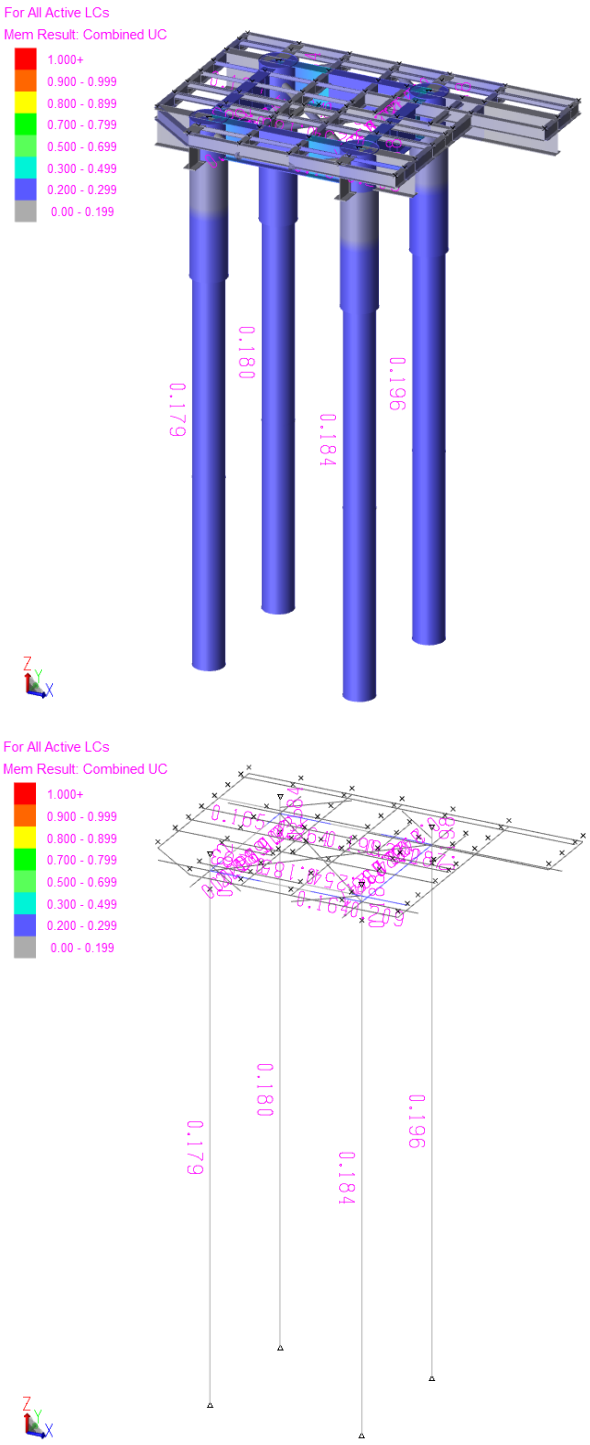


Figura 11-1: Massimi UC – Inviluppo SLV

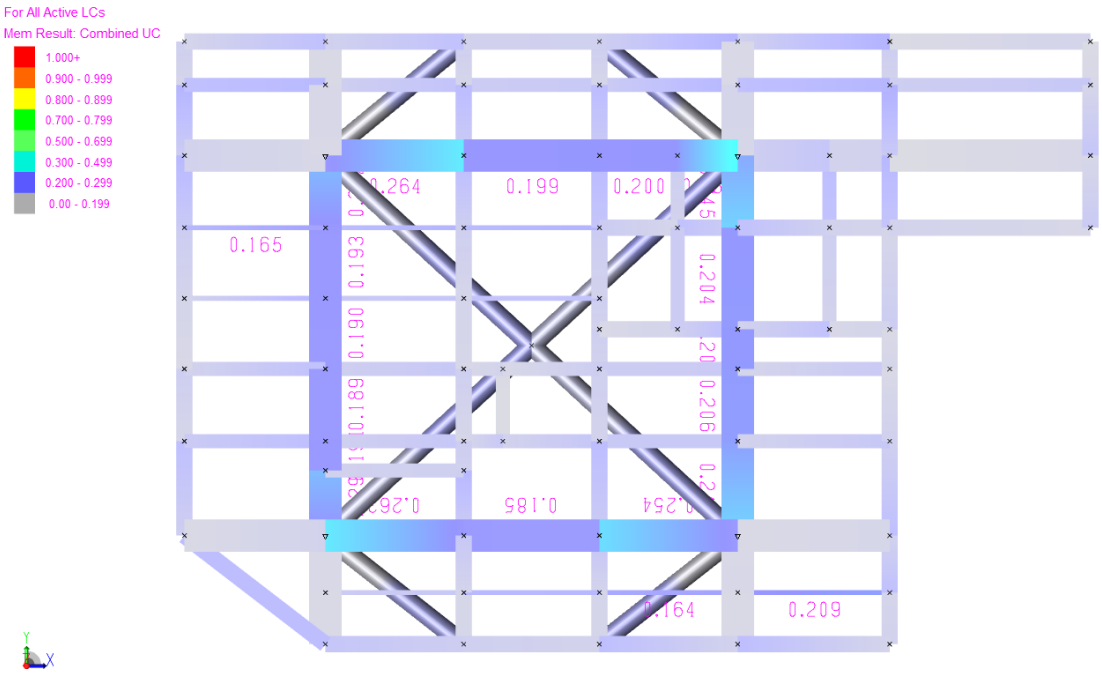


Figura 11-2: Massimi UC - Deck El.+9.0m – Inviluppo SLV

11.1.2 Verifiche dei Pali infissi (fondazioni)

Vengono riportate le verifiche dei pali di fondazione sotto il livello di fondo mare. Sono eseguite sia verifiche strutturali delle sezioni dei pali lungo la loro infissione, che verifiche geotecniche di capacità portante.

Al par. 8.5 sono descritte le proprietà dei segmenti di pali infissi e la relativa lunghezza di infissione.

Si riporta in Figura 11-3 la numerazione dei nodi del modello che rappresentano la testa dei pali infissi, la cui parte sotto il fondo mare è modellata con il modulo PSI SACS, come descritto al par. 8.5.

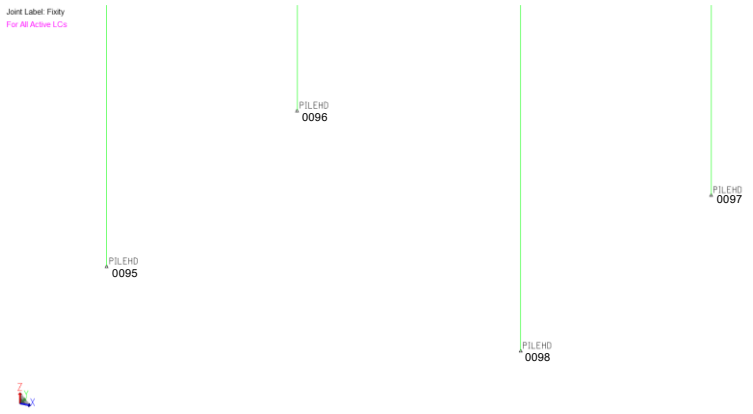


Figura 11-3: Denominazione nodi teste pali

Di seguito sono riportati i risultati per i pali in termini di massime azioni in testa palo, massimi spostamenti in testa palo, e massimi UC riferiti alle verifche della carpenteria metallica dei pali secondo le ISO 19902 Rif.[B4].

	NODO	COMB. CARICO	FORZE TESTA PALO			SPOSTAMENTI TESTA PALO			TENSIONI ALLE SEZIONI CON UC MASSIMO							DETTAGLI
			N [kN]	V [kN]	M [kNm]	ax [mm]	lat [mm]	rot [rad]	Depth [m]	fa [Mpa]	fby [Mpa]	fbz [Mpa]	fv [Mpa]	ftot [Mpa]	UC	
COMB. SLV	97	SS01	**-5 960**	561	4 152	9	66	0	6	-32	100	0	1	-132	0.36	N MAX
	95	SS02	**3 666**	585	4 351	-4	65	0	6	19	99	0	0	118	0.30	N min
	97	SS07	2 811	**590**	4 274	-3	65	0	6	14	-99	0	0	114	0.29	V MAX
	95	SS02	3 666	585	**4 351**	-4	65	0	6	19	99	0	0	118	0.30	M MAX
	97	SS01	-5 960	561	4 152	**9**	66	0	6	-32	100	0	1	-132	0.36	ax max
	98	SS03	-5 701	571	4 127	8	**66**	0	6	-30	101	0	1	-131	0.35	lat MAX
	98	SS03	-5 701	571	4 127	8	66	**0**	6	-30	101	0	1	-131	0.35	rot MAX
	97	SS01	-5 960	561	4 152	9	66	0	6	-32	100	0	1	-132	**0.36**	UC MAX

Tabella 11-2: Max. spostamenti e forze in testa palo & max. UC

Verifiche carpenteria metallica

Dai dati riportati in Tabella 11-2 si evince che le verifiche della carpenteria metallica sono soddisfatte: il massimo valore di UC registrato è UC = 0.36 per il palo 0097.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

Verifiche Geotecniche

I valori massimi di sforzo normale registrati in testa palo sono:

Sforzo Normale	SLV
Compressione	5.96 MN
Trazione	3.67 MN

Tabella 11-3: Max. Trazione e Compressione in testa palo

Il peso del palo infisso sommerso, secondo il make-up riportato in Tabella 8-1, vale:

Peso palo infisso = 1.23t/m x 46m = 56.6t = 566 kN

Dalle curve di capacità del palo secondo NTC2018 (Rif. [B1]) calcolate in Relazione Geotecnica (Rif.[A6]) e riportate in Figura 11-4, la massima capacità di compressione del palo per infissione 46m vale 7.00 MN, e la massima trazione 4.00 MN.

Si eseguono le verifiche di capacità portante dei pali per le massime azioni sismiche:

- Compressione 5.96 MN + 0.57 MN = 6.53 MN < 7.00 MN (FS=1.08 < 1.0)
- Trazione 3.67 MN < 4.00 MN (FS=1.09< 1.0)

Le verifiche di capacità portante del palo sono soddisfatte.

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

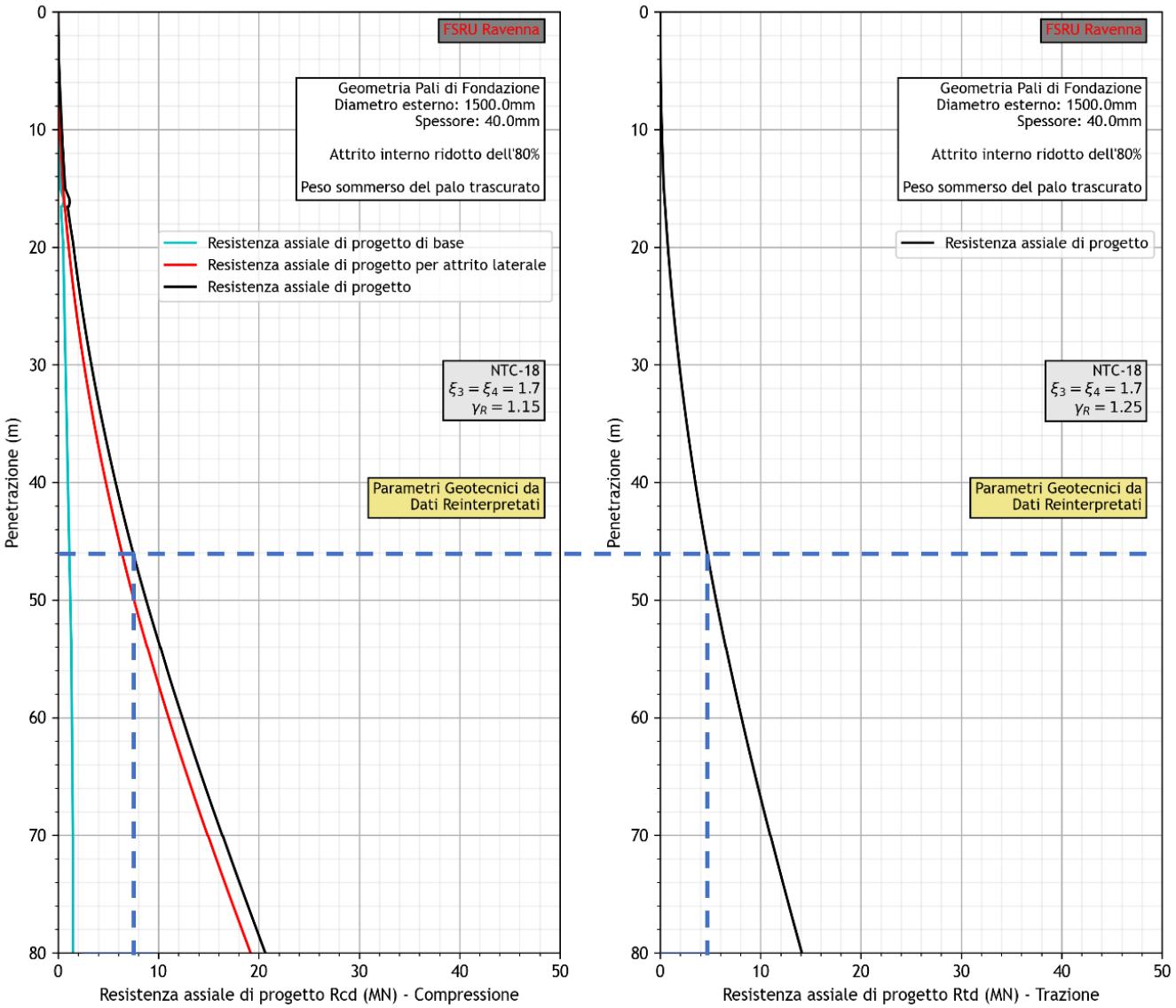


Figura 11-4: Curva di Capacità portante del palo NTC2018

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

12 APPENDICE A – SCHEMI UNIFILARI

Gli schemi unifilari per l'individuazione dei nomi dei nodi e dei gruppi per gli elementi della piattaforma sono mostrati nelle relazioni di calcolo dell'analisi statica in-servizio (Rif.[A10]).

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

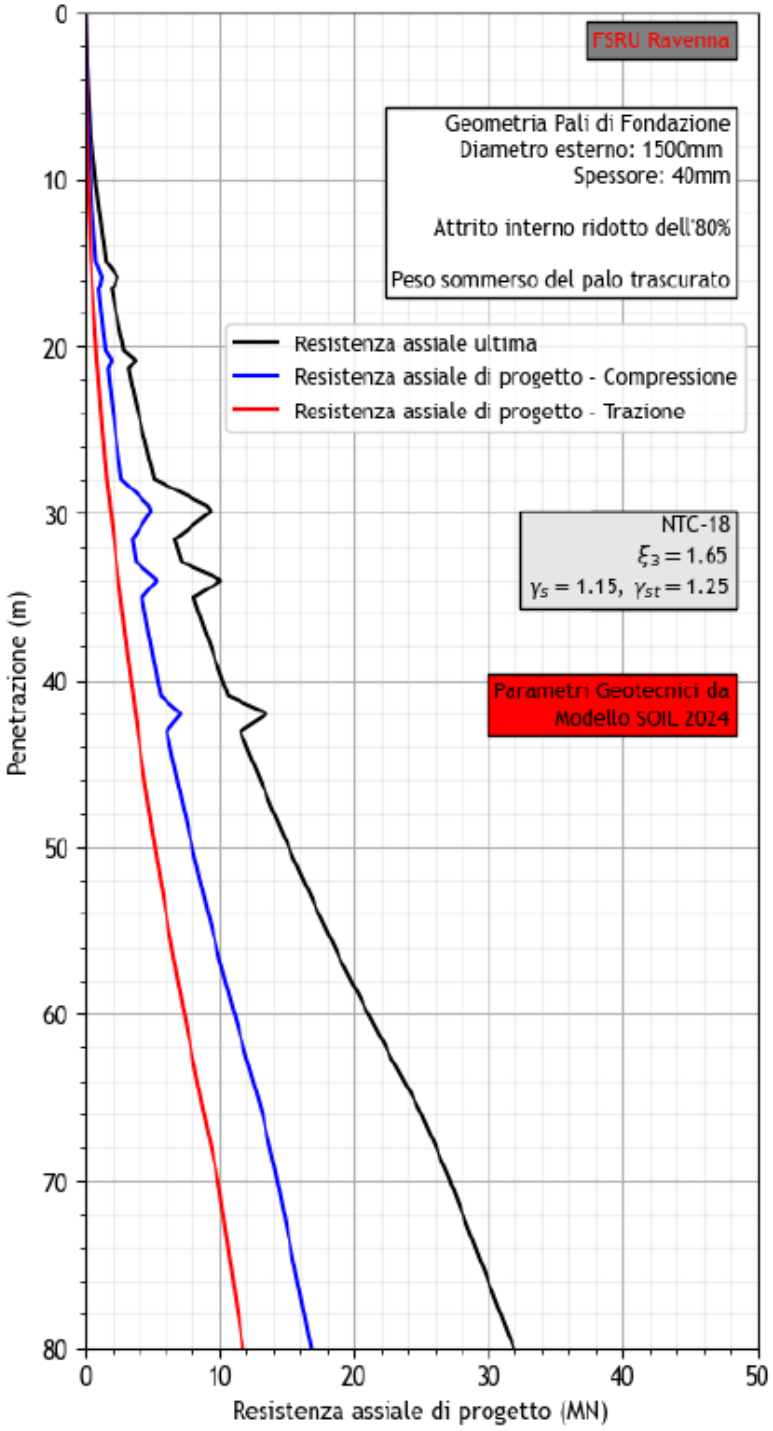
13 APPENDICE B – PROPRIETA' GRUPPI

Le proprietà dei gruppi e le sezioni assegnate agli elementi della piattaforma sono mostrati nelle relazioni di calcolo dell'analisi statica in-servizio (Rif.[A10]).

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

14 APPENDICE C – CURVE DI CAPACITA' PORTANTE PALI

Si riportano le curve di capacità portante dei pali della piattaforma calcolate nella Relazione Geotecnica (Rif.[A6]), in accordo alle NTC 2018 (Rif.[B1]).



15 APPENDICE D – SACS FILES DI INPUT



0001-CI-E-017529.zip

Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.