EMERGENZA GAS

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

FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI

PIATTAFORMA – DECK + JACKET + PALI – ANALISI SISMICA

RELAZIONE DI CALCOLO

Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data
B	Emesso per Approvazione	F. Biancheri	J. Albagli	M. Raimondi	07/05/2024
A	Emesso per Approvazione	F. Biancheri	J. Albagli	M. Raimondi	31/01/2024

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

INDICE

		PAGINA
1	**OGGETTO DELLA REVISIONE B**	**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 DI SCARICO**	**11**
6.1	Deck	12
6.2	Jacket	14
7	**CRITERI DI PROGETTAZIONE**	**15**
7.1	Materiali	15
7.2	Criteri di Progettazione	17
7.2.1	Generalità	17
7.2.2	Combinazione delle azioni e fattori di azione parziale per analisi sismiche	17
7.2.3	Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari	17
7.2.4	Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari	18
7.2.5	Resistenza minima nodi tubolari	18
7.2.6	Fattore di resistenza parziale per sezioni non tubolari	19
7.2.7	Fattore di resistenza parziale per capacità assiale del palo	19
7.3	Criteri di Accettazione	20
7.3.1	Elementi della struttura	20
7.3.2	Pali di fondazione	21
8	**MODELLO DI CALCOLO**	**22**
8.1	Unità di Misura	22

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

8.2 Sistema di Riferimento 22
8.3 Programma di Calcolo 23
8.4 Modello di Calcolo 23
8.4.1 Criteri di Modellazione 25
8.5 Modellazione Della Fondazione 28
9 DATI DI PROGETTO AMBIENTALI 29
9.1 Dati Meteo-Marini 29
9.1.1 Batimetria 29
9.1.2 Splash Zone 29
9.1.3 Accrescimento Marino 29
9.1.4 Spessore di Corrosione 29
9.2 Dati Sismici 30
9.3 Dati Geotecnici 34
10 ANALISI SISMICA 35
10.1 Introduzione 35
10.2 Analisi Statica 36
10.2.1 Carichi gravitazionali 36
10.2.2 Combinazione di carico 39
10.3 Analisi Modale 41
10.3.1 Modello Dinamico 41
10.3.2 Linearizzazione della Fondazione 42
10.3.3 Massa strutturale e Modi di vibrare 42
10.3.4 Analisi modale per verifiche a fatica 47
10.4 Analisi Spettrale 48
10.4.1 Procedura 48
10.4.2 Risultati Analisi Spettrale 49
11 RISULTATI DELL'ANALISI 51
11.1.1 Verifiche strutturali della struttura della piattaforma 51
11.1.2 Verifiche nodi tubolari 57
11.1.3 Verifiche dei Pali infissi (fondazioni) 59
12 APPENDICE A – SCHEMI UNIFILARI 62
13 APPENDICE B – PROPRIETA' GRUPPI 63
14 APPENDICE C – CURVE DI CAPACITA' PORTANTE PALI 64

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 15
Tabella 6-2: Classi di acciaio e standard 15
Tabella 6-3: Proprietà dell'acciaio relative allo spessore (UNI EN 10025) 16
Tabella 6-4: Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari 17
Tabella 6-5: Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari 18
Tabella 6-6: Fattori di resistenza parziale per i nodi tubolari 18
Tabella 6-7: Fattori di resistenza parziale per sezioni non tubolari 19
Tabella 6-8: Fattori di resistenza parziale per la capacità assiale del palo 19
Tabella 7-1: Composizione pali sotto il fondale marino 28
Tabella 8-1: Parametri sismici al variare del tempo di ritorno T_R 31
Tabella 8-2: Dati geotecnici di progetto 34
Tabella 9-1: Coefficienti parziali azioni per condizioni in servizio 36
Tabella 9-2: Peso strutture modellate – LOADCN DEAZ 37
Tabella 9-3: Strutture non modellate - LOADCN PERZ 37
Tabella 9-4: Carichi Piping - LOADCN PIPZ 38
Tabella 9-5: Carichi Equipaggiamento 38
Tabella 9-6: Carichi Piping - LOADCN LIVZ 39
Tabella 9-7: Risultanti condizioni di carico gravitazionali 39
Tabella 9-8: Pre-combinazioni di carico 39
Tabella 9-9: Combinazione gravitazionale statica 40
Tabella 9-10: Risultanti Combinazioni SLV gravitazionali 40
Tabella 9-11: Masse per analisi modale 42
Tabella 9-12: Modi di vibrare principali della struttura 43
Tabella 9-13: Primi 30 modi di vibrare della struttura 45
Tabella 9-14: Fattori di partecipazione modali 46
Tabella 9-15: Condizioni di carico – Analisi spettrale 48
Tabella 9-16: Combinazioni di verifica SLV 49
Tabella 9-17: Risultanti spettri di risposta direzionali (CQC) 49
Tabella 9-18: Risultante Spettrale globale (SRSS) 50
Tabella 9-19: Combinazioni di verifica SLV 50

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

Tabella 10-1: Verifiche elementi strutturali UC > 0.50 52
Tabella 10-2: Verifiche e max UC per gruppi 53
Tabella 10-3: UC > 0.20 nodi Piattaforma – Ver. Punzonamento 58
Tabella 10-4: Massimi UC nodi Jacket – Resistenza 58
Tabella 10-5: Max. spostamenti e forze in testa palo & max. UC 60
Tabella 10-6: Max. Trazione e Compressione in testa palo 60

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 B

La revisione B 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, posta a circa 300m ad est della piattaforma di ormeggio Petra.

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 nuova piattaforma di scarico, 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 Jacket, 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-017251 Jacket – Analisi Statica in Servizio

[A11] 0001-CI-E-017150 Deck – Relazione di progettazione statica strutturale in sito

[A12] 0001-CI-E-012500 Relazione Geotecnica

[A13] 0001-CI-E-017252 Jacket – Analisi a fatica in servizio

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

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

[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

[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:

- Sul Jacket: UC = 0.48 < 1.0
- Sul Deck: UC = 0.68 < 1.0
- Sui pali fuori terra: UC = 0.57 < 1.0
- Sui pali infissi: UC = 0.61 < 1.0
- Punzonamento nodi tubolari: UC = 0.67 < 1.0
- Resistenza nodi tubolari: UC = 0.91 <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	18.35	15.2	1.20
Trazione	12.55	2.0	6.25

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 DI SCARICO

In Figura 6-1 viene rappresentata la nuova piattaforma di scarico.

È costituita da un deck 54x48m, a sua volta costituito da due semideck, che poggia sulle quattro gambe del Jacket e su due false gambe nei lati nord e sud.

Il Jacket poggia su un fondale variabile tra -14.0m e -18.0m s.l.m.m.. Dentro le gambe del jacket, sono inseriti i pali di fondazione, con una profondità di infissione di c.ca 71m.

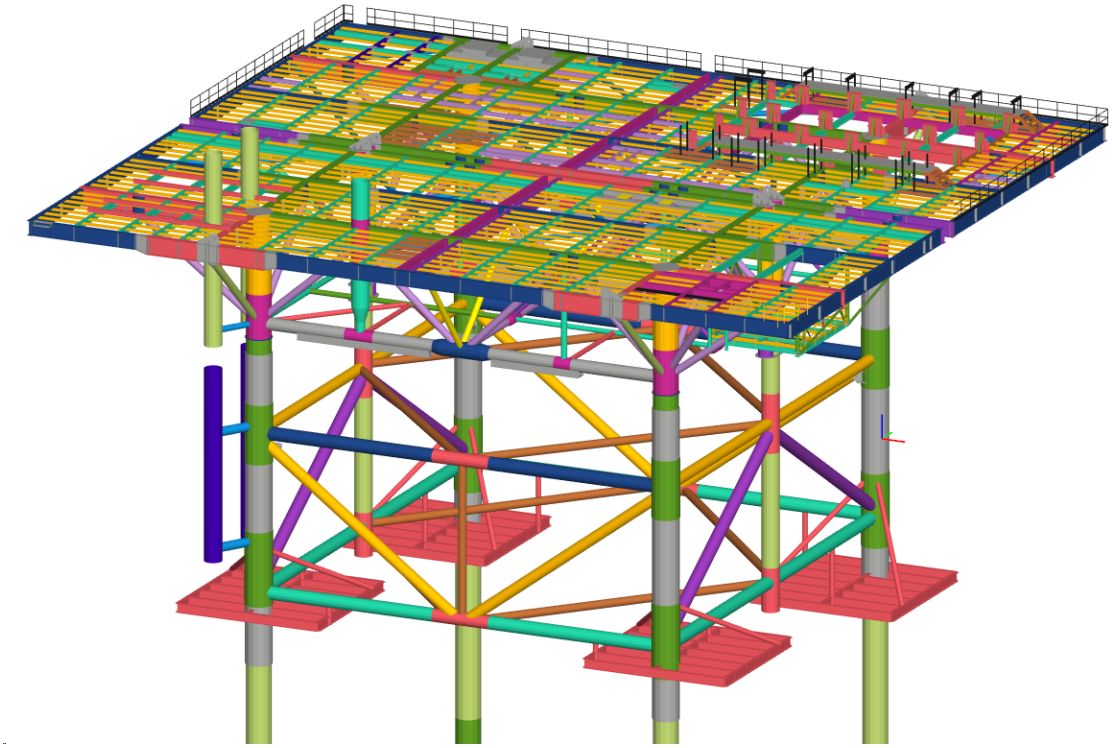


Figura 6-1: Nuova piattaforma di scarico

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

6.1 DECK

Il deck è costituito da due semideck, formando un impalcato di travi sorrette da strutture reticolari, connesse a due gambe principali e due secondarie, di connessione con il Jacket.

Sull'impalcato sono presenti:

- Gru da 40t
- Fiaccola con struttura triangolale con interasse fra vertici 2.5m e altezza 30m.
- N.2 Bracci di carico da 55t
- Condotte e valvole
- Locali pompe
- Serbatoi
- Scalandrone
- Cabinato di controllo
- Impianti

Le caratteristiche dell'impalcato sono:

- Dimensioni globali: 54.0mx48.0mx9.5m
- Dimensioni semideck: 54.0mx23.25m
- Interasse gambe principali: 32.0mx29.0m
- Interasse gambe e false gambe: 15.25m

Quote di riferimento (s.l.m.m.):

- Deck – piano principale: El. +11.50m
- Deck – piano inferiore: El. +4.00m
- Intersezione deck-pali: El. +3.00m

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

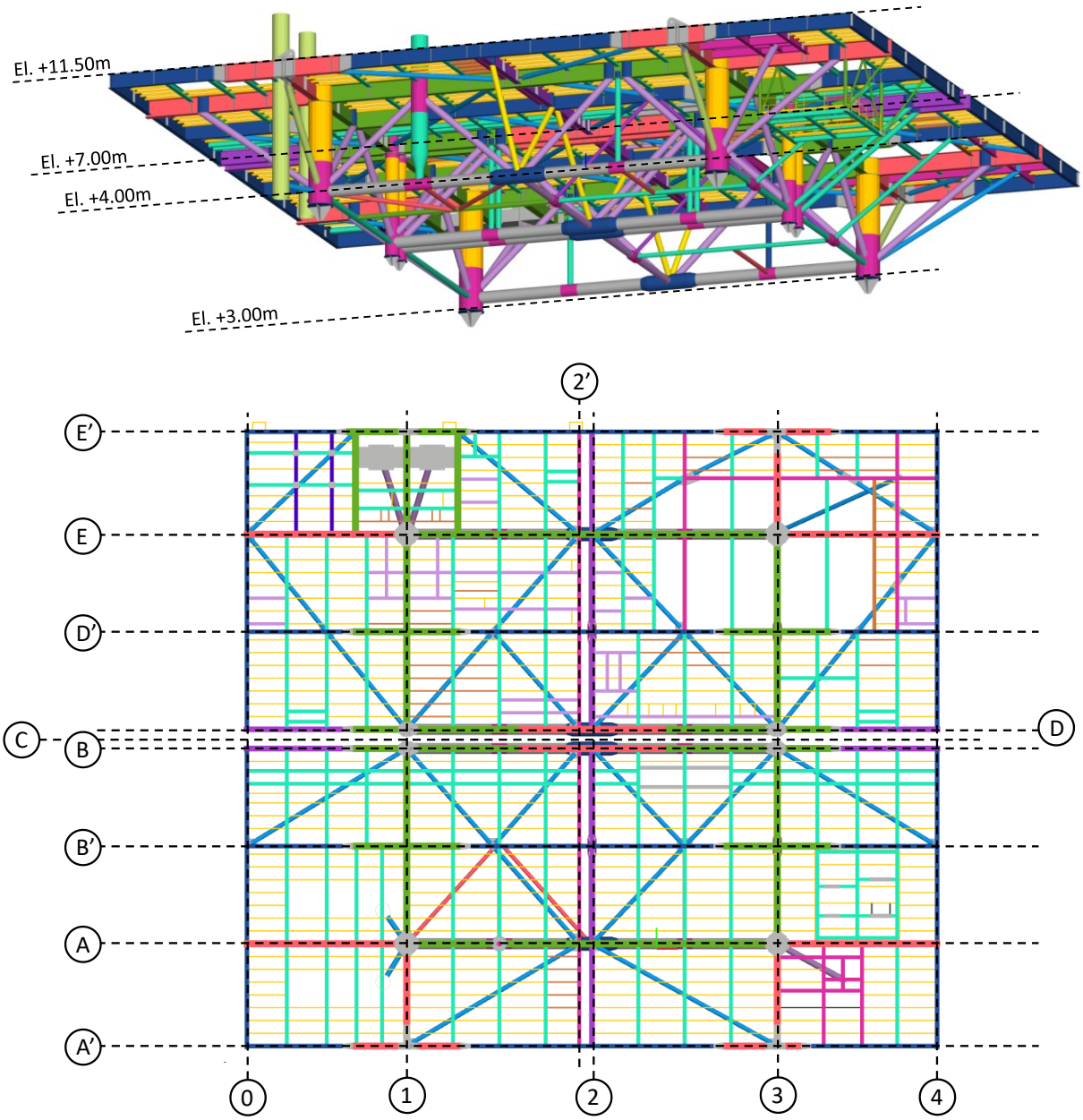


Figura 6-2: Piattaforma di scarico: Deck

6.2 JACKET

Il Jacket è costituito da una struttura principale a pianta rettangolare 29mx32m, da quattro gambe principali e da due false gambe per l'alloggiamento dei due semideck.

Poggia direttamente sul fondale, variabile fra -14.0m e -18.0m s.l.m.m., e all'interno delle sue quattro gambe principali vengono inseriti i pali per l'infissione al suolo.

È caratterizzato da un sistema di controventi a V per l'assorbimento delle forze orizzontali.

Le principali caratteristiche del Jacket sono:

- Altezza totale: 21.0m
- Due orizzontamenti alle quote: El. -3.40m; -14.15m
- Interasse gambe principali: 29.0mx32.0m
- Quota superiore: El. +2.0m
- Quota inferiore: El. -19.0m
- Dimensioni pali di fondazione: Φ1675mm x 92m (lunghezza Infissione 75m)

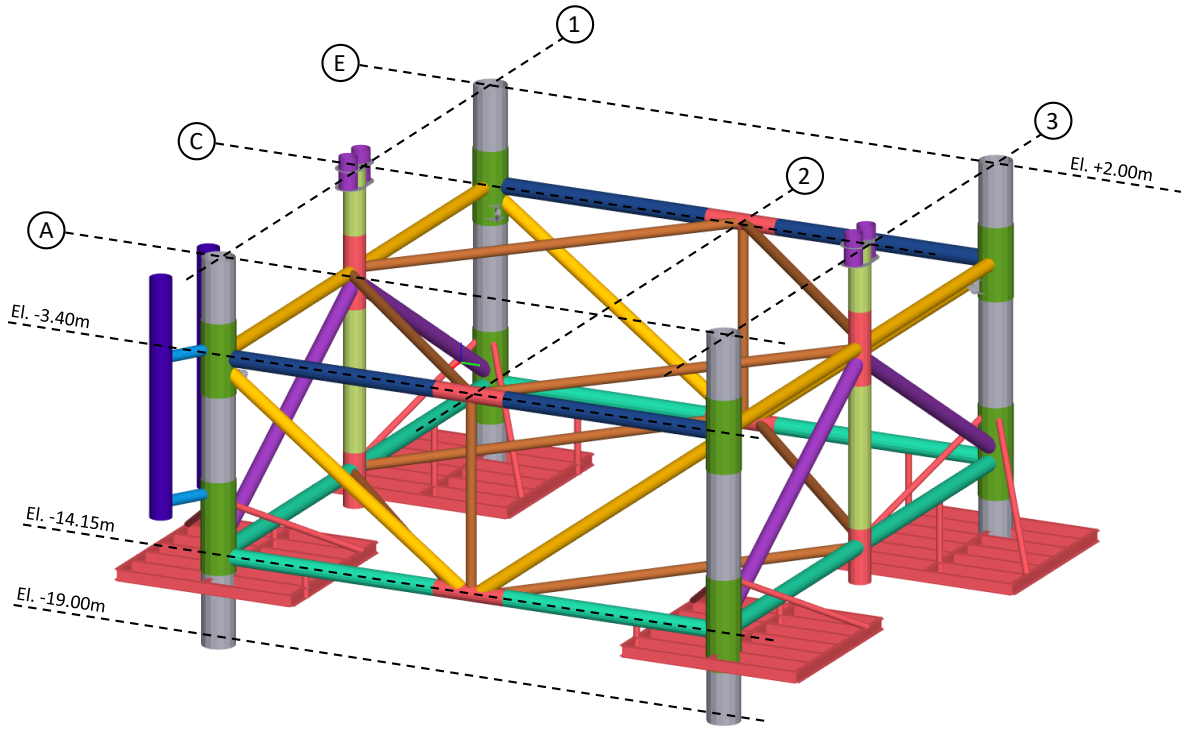


Figura 6-3: Piattaforma di scarico: Jacket

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 S460	API 5L X52 / S355 J0 UNI EN 10025 API 5L X65 / S460 M 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 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.

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 7-5: Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari

7.2.5 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 7-6: 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).

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

7.2.6 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 7-7: Fattori di resistenza parziale per sezioni non tubolari

7.2.7 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.

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 7-8: 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:

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

- 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].

7.3 CRITERI DI ACCETTAZIONE

7.3.1 Elementi della struttura

Il progetto della piattaforma al servizio dell'impianto FSRU 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

7.3.2 Pali di fondazione

I pali della struttura saranno 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.7.2.7 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.7.2.7).

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.

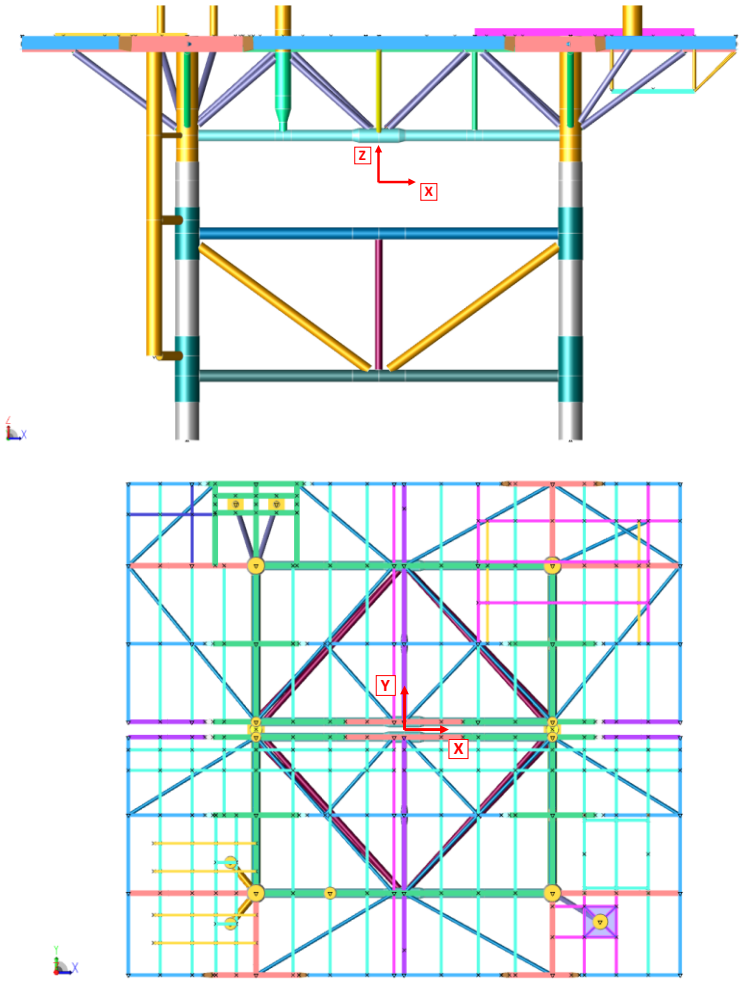


Figura 8-1: Sistema di riferimento del modello

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 di scarico in tutti i suoi elementi principali.

Sono stati modellati:

- La struttura principale del Jacket (gambe, diagonali, nodi, controventi, elementi orizzontali e verticali
- La struttura principale del deck (piano orizzontale, gambe, diagonali)
- I pali di fondazione fino alla quota del fondo (-18.0m)
- Caissons
- Fiaccola
- Gru
- Bracci di carico

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

Gli equipaggiamenti sono inseriti a modello come carichi. Bracci di carico, gru e fiaccola sono stati modellati tenendo conto della loro distribuzione di massa, in modo da stimare correttamente i modi principali e le sollecitazioni da queste applicate sulla struttura.

Il modello 3D della piattaforma di scarico è rappresentato in Figura 8-2.

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

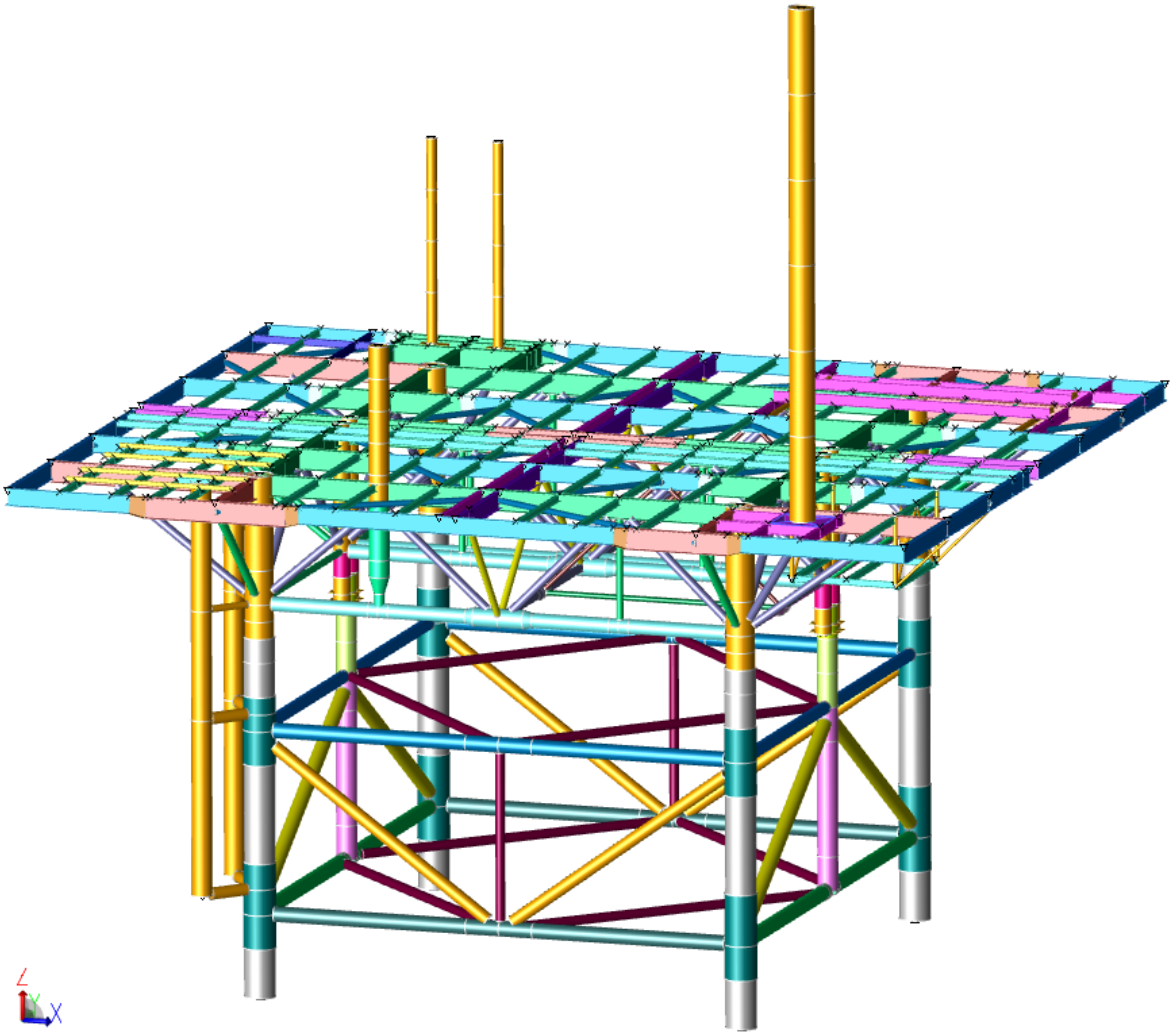


Figura 8-2: Modello SACS della piattaforma

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.
- I pali sono connessi alle gambe del Jacket in tre punti: in corrispondenza dei due piani orizzontali, in cui si scambiano solo forze di taglio, e in sommità alla gamba del jacket, tramite una "crown plate", in cui si scambiano anche forze verticali. La connessione fra i due elementi in questi punti viene modellata con dei "Wishbones", elementi dummy adimensionali e senza peso, che permettono la connessione fra i due elementi tra due punti coincidenti e permettendo lo scambio di forze orizzontali e verticali.
- 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.

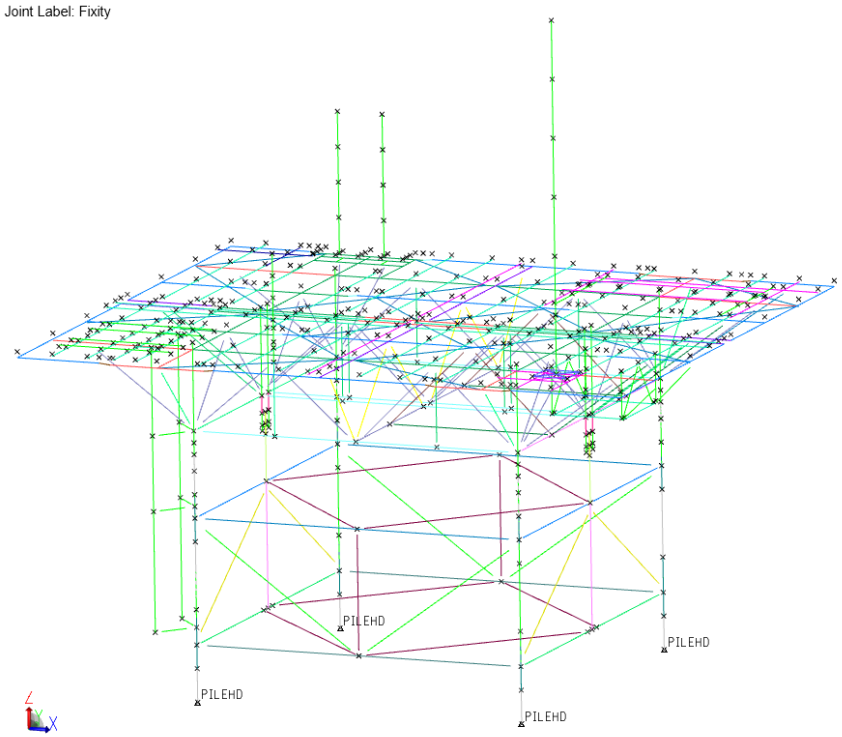


Figura 8-3: Modello SACS - Vincoli esterni: testa pali

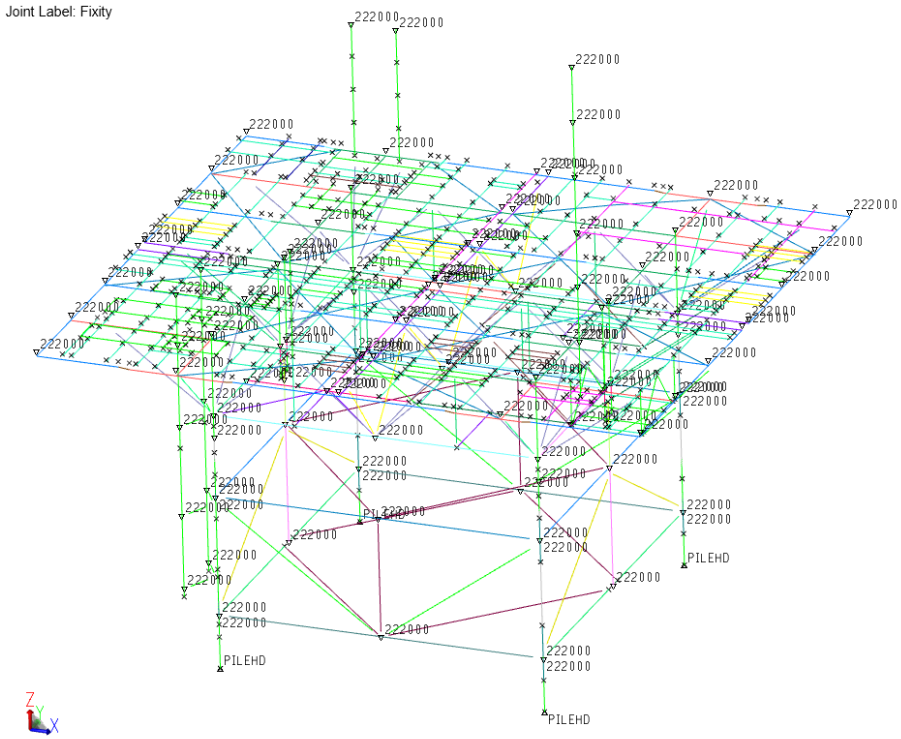


Figura 8-4: Modello SACS – Masse concentrate

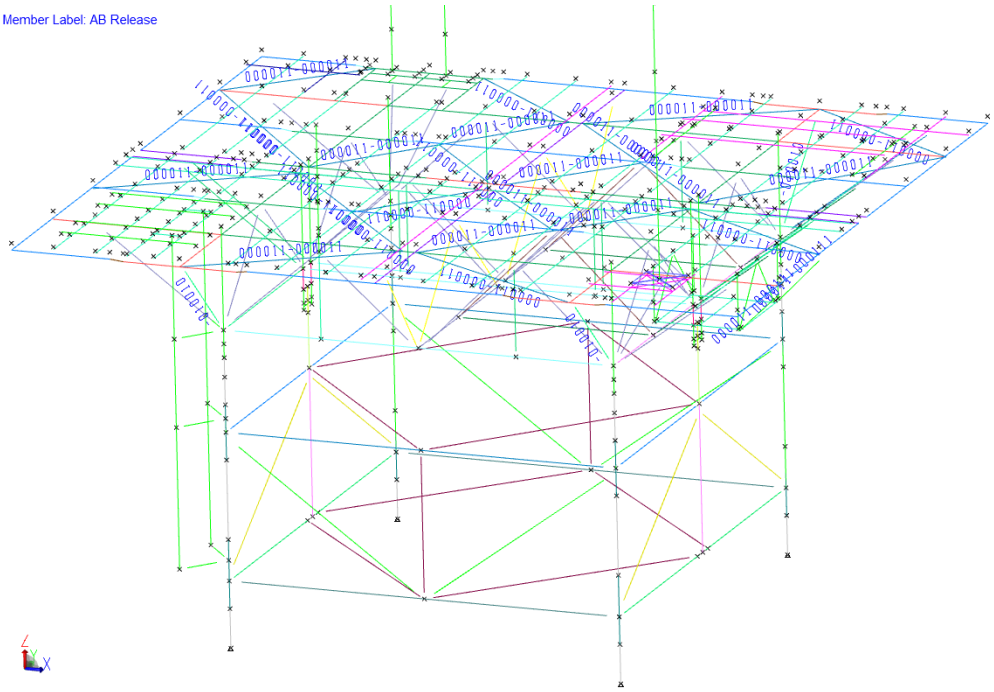


Figura 8-5: Modello SACS - *releases* interni

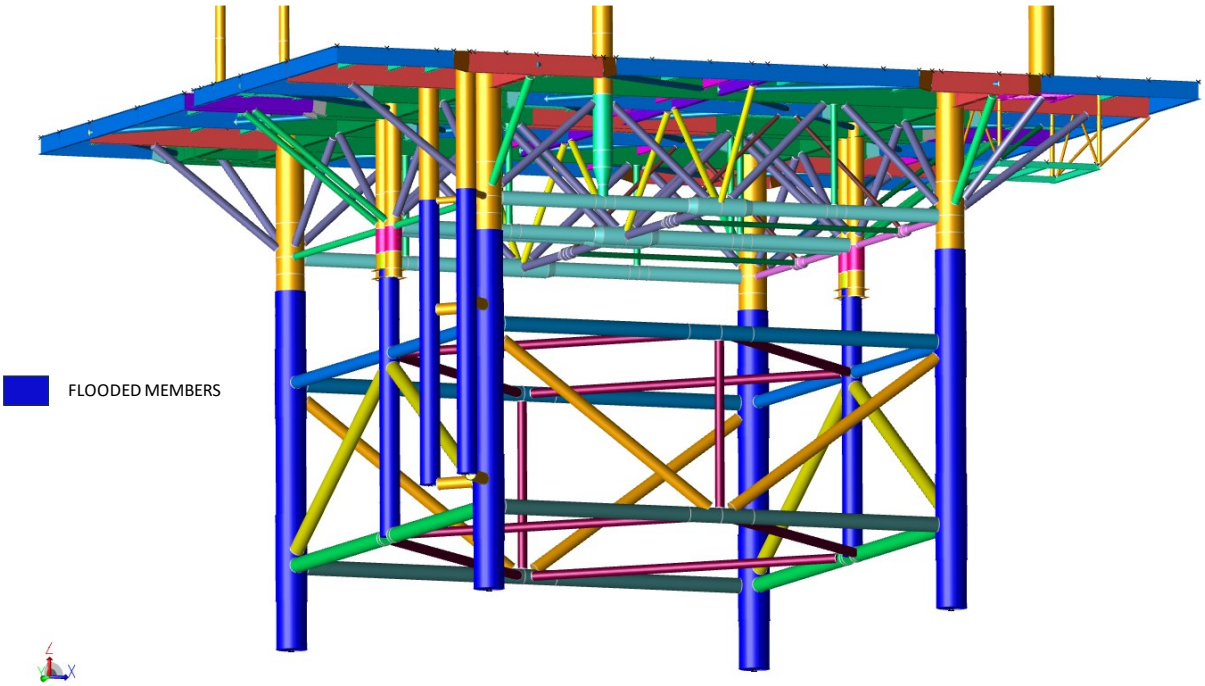


Figura 8-6: Modello SACS – Elementi allagati (*flooded*)

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

8.5 MODELLAZIONE DELLA FONDAZIONE

I pali del Jacket, battuti all'interno delle sue gambe, e connesse alla loro sommità tramite una "crown plate", sono modellati all'interno del terreno (sotto il fondo a -18.0m) usando il modulo SACS^{TM} 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
Gamba A1, A3, E1, E3	Φ 1675 mm	60 mm	12.85 m
Gamba A1, A3, E1, E3	Φ 1675 mm	40 mm	61.95 m

Tabella 8-1: Composizione pali sotto il fondale marino

Dalle curve di capacità del palo, calcolate nella Relazione Geotecnica (Rif.[A12]), e riportate in APPENDICE C, sono ricavate:

- Max. Compressione di progetto: Rcd = 18.35 MN
- Max. Trazione di progetto: Rtd = 12.55 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 variabile da -14m (lato est) a -18.00m (lato ovest) s.l.m.m.

Viene assunto per i calcoli in servizio la quota a -18.00m, a favore di sicurezza.

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.

Per l'analisi a fatica, si assume la metà del valore di corrosione di progetto, dunque 2mm, per tener conto della corrosione media durante la vita di progetto della struttura, nel calcolo del danno.

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:

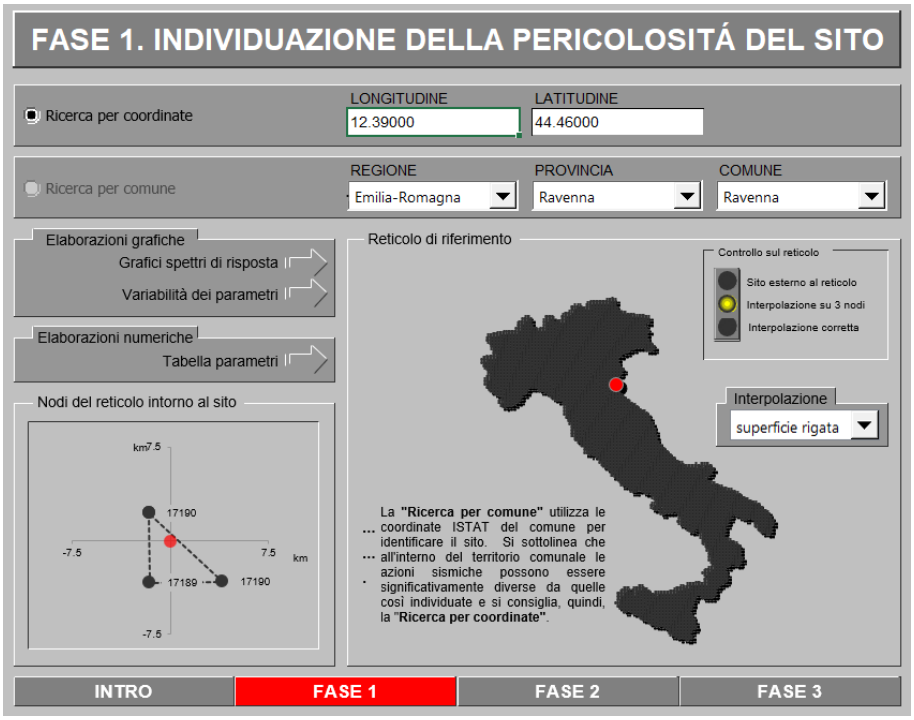
- 0001-CI-E-017000 - Basi di Progettazione Strutturale Rif. [A9].

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. [A12]):

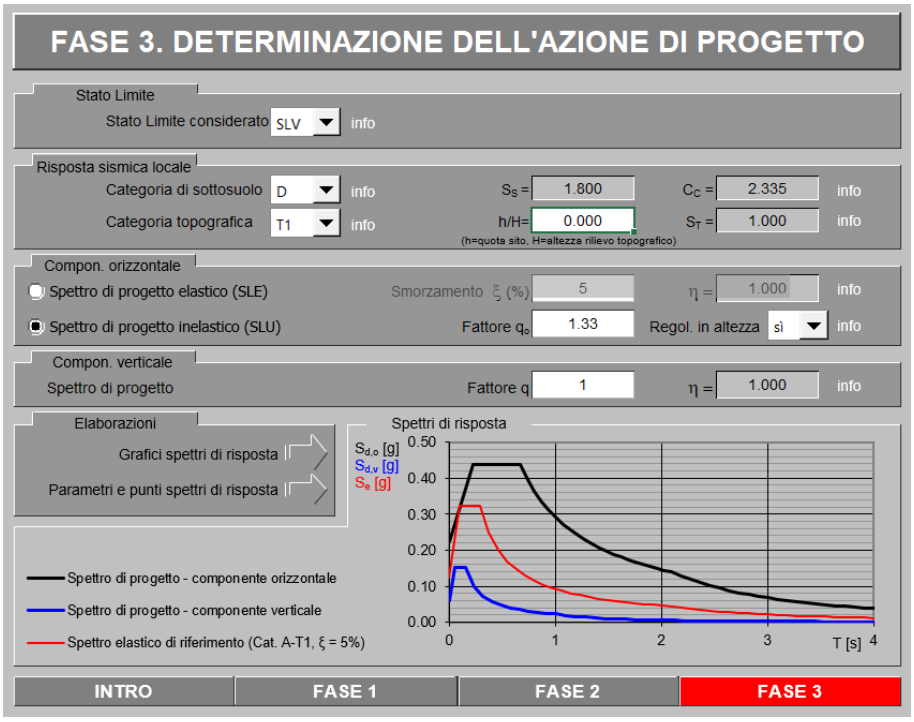
- Tipo di categoria del suolo: D
- Categoria topografica: T1

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)

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

- Fattore di comportamento base: q_0 = 2.0 (Tab. 7.3.II, NTC2018 [B1] "Strutture in acciaio con controventi concentrici a V")
- 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]).

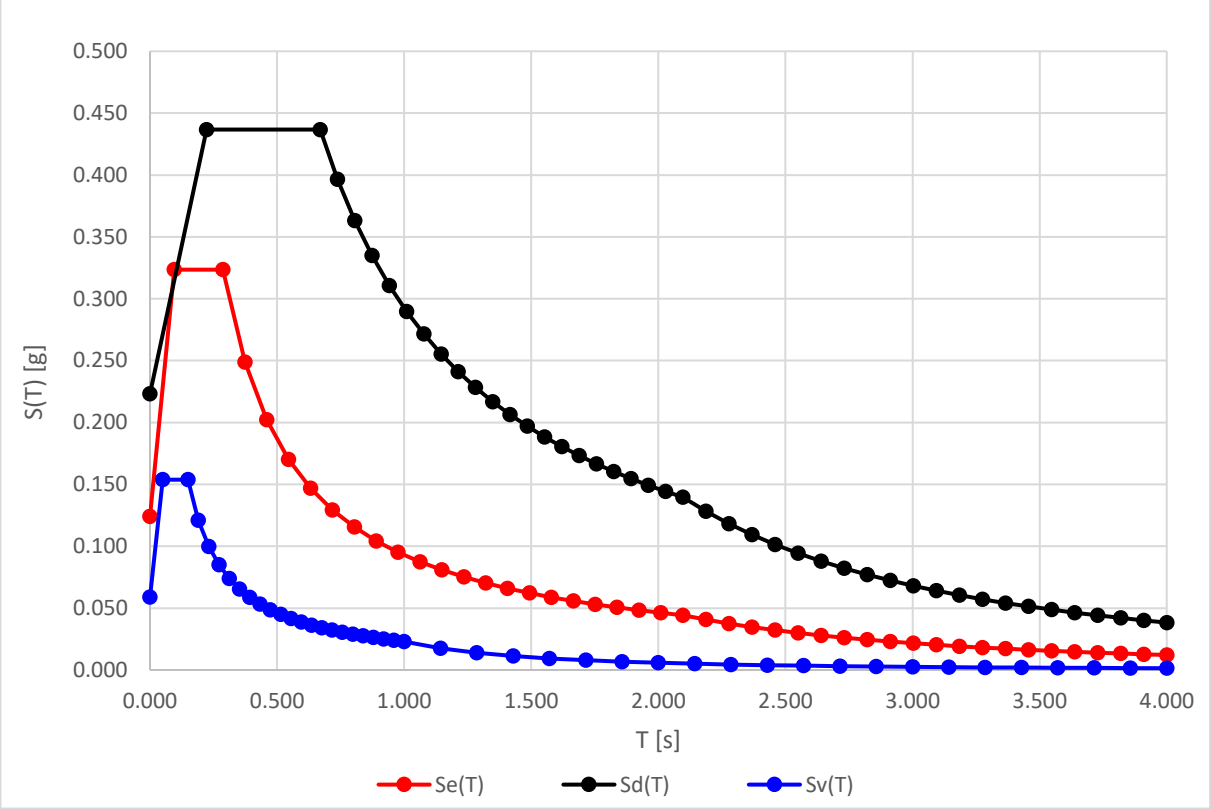


Figura 9-1: Spettri di Risposta

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. [A12]

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], [A11]) 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
- Zone di manutenzione 9.0 kN/m^2
- Zone di carico/scarico (laydown) 15.0 kN/m^2

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

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

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 del Jacket (Rif. [A10]) e del Deck (Rif. [A11]); 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 (Jacket, Deck, Caissons, 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	15420
TOTALE		**15420**

Tabella 10-2: Peso strutture modellate – LOADCN DEAZ

2. Peso strutture non modellate – PERZ

Tutte le strutture secondarie non modellate vengono assegnate come carico.

Tali strutture sono elencate in Tabella 10-3.

Loadcn	Descrizione	Fz [kN]
PERZ	Grigliati 50 kg/m^2	1321
	Travi Secondarie IPE180	433
	Fireproofing	1050
	Corrimani	31
	Piastre	109
	Strutture a completamento	691
TOTALE		**3635**

Tabella 10-3: Strutture non modellate - LOADCN PERZ

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

3. Piping – PIPZ

Tali carichi sono assegnati secondo la corretta distribuzione in pianta., e tengono conto di un 5% di contingency.

Loadcn	Descrizione	Fz [kN]
PIPZ	Piping	2470
TOTALE		**2470**

Tabella 10-4: Carichi Piping - LOADCN PIPZ

4. 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]
BRAC	Bracci di carico 2 x 55 tons	1100
GRU	Gru da 45 ton	450
CATR	Cable tray + fireproofing	1505
CTRZ	Cabinato di controllo	1776
FLAR	Fiaccola 30m	250
SCAL*	Scalandrone	150
EQES	Equipaggiamenti lato EST (Serbatoi, locali pompe, trappola...)	3341
EQWE	Equipaggiamenti lato OVEST (Serbatoi, skid, cabinati...)	693
TOTALE		**9265**

Tabella 10-5: Carichi Equipaggiamento

*Nota: allo scalandrone è associato anche un momento di -500 kNm secondo la convenzione dei segni di SACS.

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	9335
	9.0 kN/m^2	1001
	15.0 kN/m^2	45
TOTALE		**10381**

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	GRU	0.00				0.00				-450.00	-7.25	-16.00	16.50
2	BRAC	0.00				0.00				-1100.00	-14.50	22.00	11.50
3	CATR	0.00				0.00				-1504.99	13.17	1.19	11.10
8	CTRZ	0.00				0.00				-1776.30	14.44	14.56	11.21
9	DEAZ	0.00				0.00				-15152.88	-0.57	-0.46	1.07
10	EQES	0.00				0.00				-3348.78	-5.17	-12.60	11.12
11	EQWE	0.00				0.00				-693.10	-1.29	9.58	11.35
16	FLAR	0.00				0.00				-250.00	19.63	-18.80	11.50
21	LIVZ	0.00				0.00				-10380.88	-0.35	-0.27	11.21
22	PERZ	0.00				0.00				-3566.07	0.41	0.39	10.63
23	PESO	0.00				0.00				-20109.78	-0.58	-0.51	-2.02
24	PIPZ	0.00				0.00				-2470.00	-5.13	0.44	11.37
25	SCAL	0.00				0.00				-150.00	-21.75	21.10	11.50

Tabella 10-7: Risultanti condizioni di carico gravitazionali

10.2.2 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.

	Permanenti										
COMB.	PERZ	PIPZ	RACK	CTRZ	BRAC	CATR	SCAL	GRU	FLAR	EQWE	EQES
STA1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Tabella 10-8: Pre-combinazioni di carico

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

COMB.	Permanenti		Variabili
	DEAZ	STA1	LIVZ
STAT	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)
22	STAT	0.00				0.00				-24244.14	-0.17	-0.44	4.96

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.

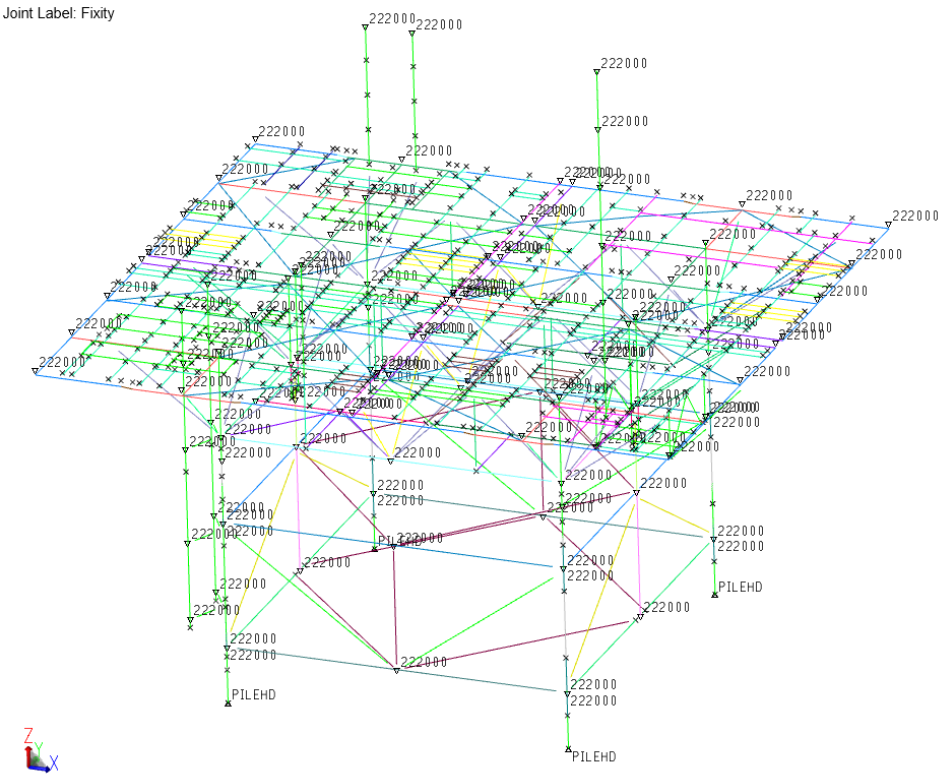


Figura 10-1: Modello a masse concentrate

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 del deck, del jacket 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	21975.670	21975.670	21975.670	-0.311	-0.704	-1.715
MEMBER ELEMENT NORMAL ADDED MASS	8869.306	8674.461	4287.607	-0.906	-0.837	-8.940
FLOODED MEMBER ELEMENT ENTRAPPED FLUID	2395.137	2395.137	2395.137	-1.725	-1.709	-8.484
LOAD CASES CONVERTED TO WEIGHTS	22430.978	22430.978	22430.978	-0.527	0.871	12.133
********** TOTAL **********	55671.092	55476.247	51089.393	-0.554	-0.131	3.441

Tabella 10-11: Masse per analisi modale

Dall'analisi modale eseguita sulla base di quanto esplicato e delle masse sopraindicate, vengono estratti i primi 30 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	Descrizione	Frequenza [Hz]	Periodo [s]
5	1° modo traslazionale in direzione X	0.50	2.00
6	1° modo traslazionale in direzione Y	0.51	1.97
7	1° modo torsionale attorno a Z	0.55	1.80

Tabella 10-12: Modi di vibrare principali della struttura

Di seguito vengono riportate le tre forme modali principali.

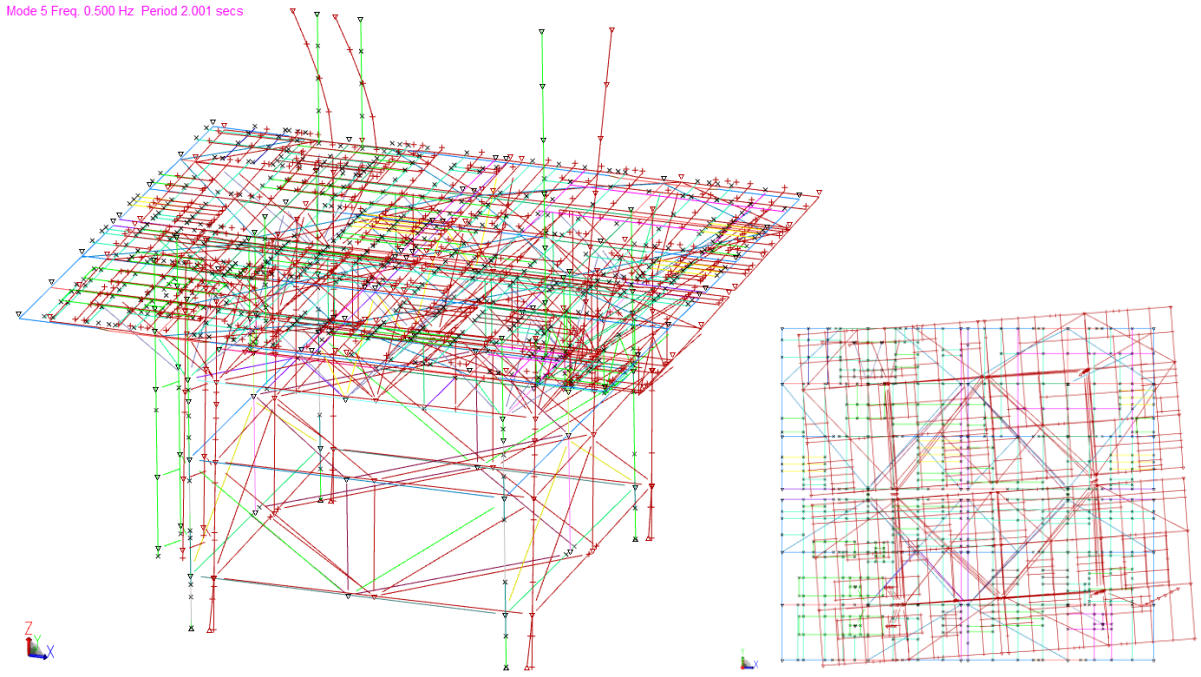


Figura 10-2: Modo principale trazlazionale in X (T = 2.03s)

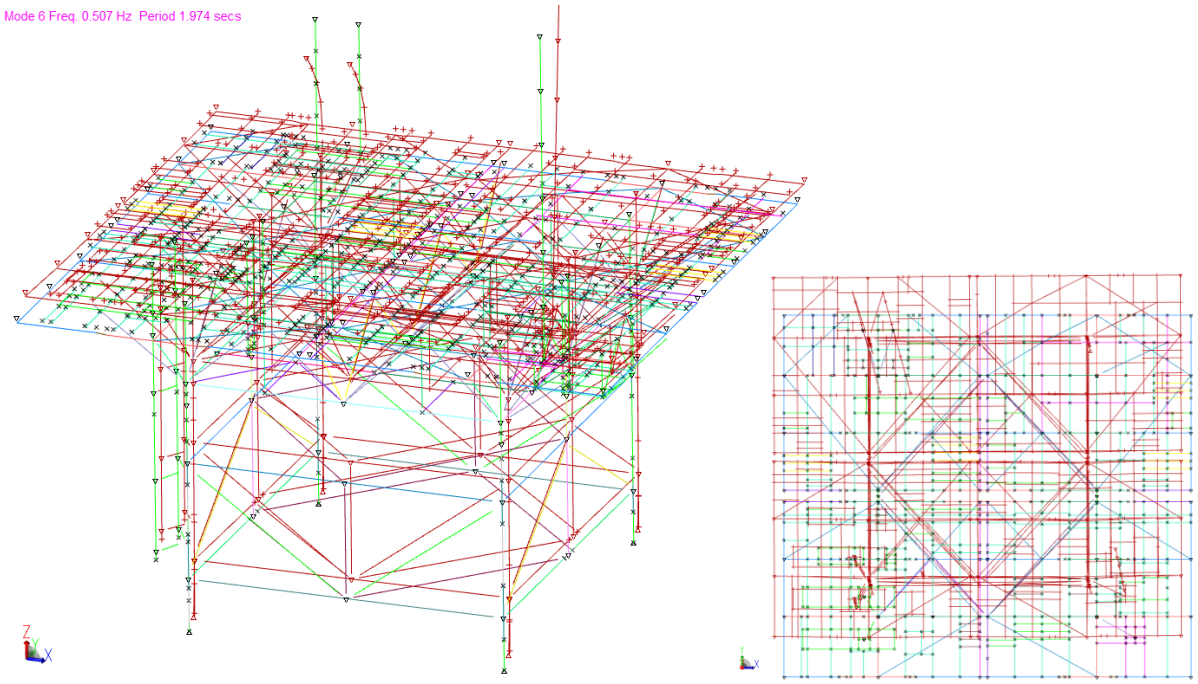


Figura 10-3: Modo principale trazlazionale in Y (T = 2.00s)

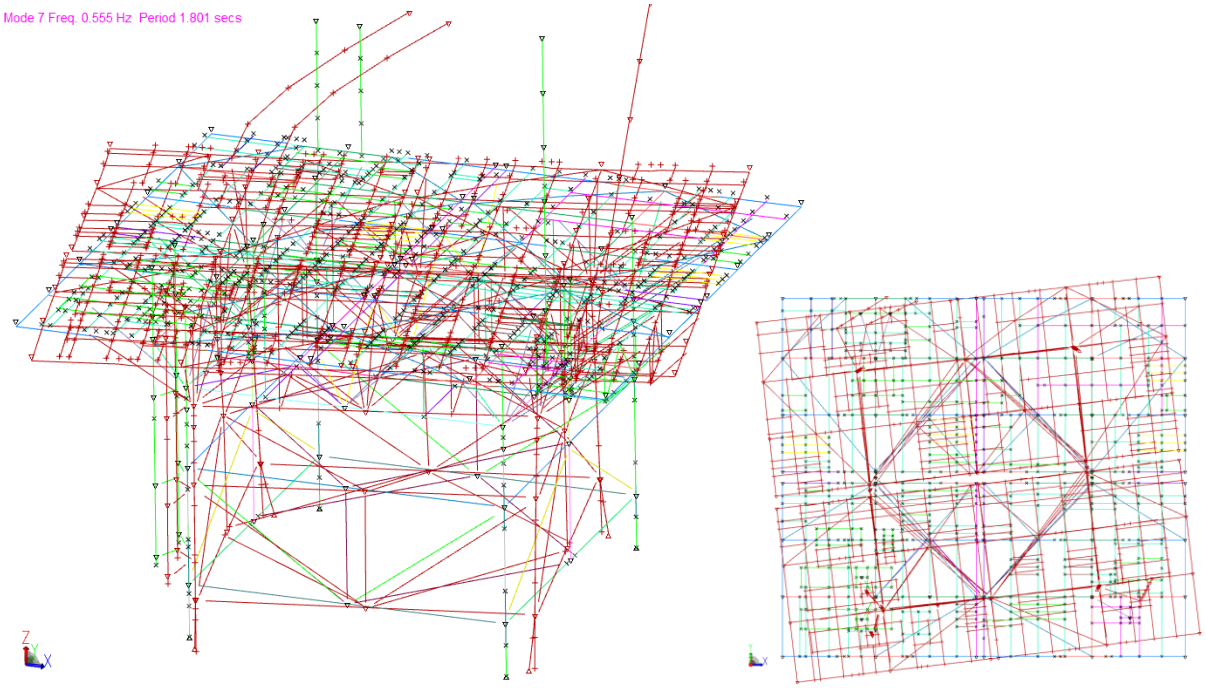


Figura 10-4: Modo principale rotazionale attorno Z (T = 1.82s)

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 30 modi della struttura nel seguente estratto dell'output SACS:

MODE	FREQ.(CPS)	GEN. MASS	EIGENVALUE	PERIOD(SECS)
1	0.379280	1.9680615E+02	1.7608415E-01	2.6365743
2	0.385751	1.7090513E+02	1.7022611E-01	2.5923460
3	0.401463	1.0433202E+02	1.5716228E-01	2.4908870
4	0.402525	1.0926664E+02	1.5633463E-01	2.4843196
5	0.499831	9.1333100E+02	1.0138982E-01	2.0006774
6	0.506634	1.0727808E+03	9.8685057E-02	1.9738111
7	0.555192	1.1395566E+03	8.2177538E-02	1.8011772
8	0.837879	9.3868493E+00	3.6080962E-02	1.1934904
9	0.861316	9.0185664E+00	3.4144051E-02	1.1610139
10	1.568945	3.7812385E+02	1.0290221E-02	0.6373709
11	1.672343	1.6881096E+02	9.0571073E-03	0.5979634
12	1.713440	3.2990429E+02	8.6278465E-03	0.5836212
13	2.027458	9.9827660E+01	6.1622096E-03	0.4932284
14	2.057798	7.8718105E+01	5.9818405E-03	0.4859564
15	2.139253	6.2127216E+01	5.5349783E-03	0.4674529
16	2.174887	1.6670392E+02	5.3550887E-03	0.4597939
17	2.277081	3.3119799E+01	4.8852087E-03	0.4391586
18	2.395340	4.7792454E+01	4.4147485E-03	0.4174773
19	2.566209	1.1114737E+02	3.8464167E-03	0.3896799
20	2.724988	1.0713563E+02	3.4112298E-03	0.3669741
21	2.921958	7.4323152E+01	2.9668271E-03	0.3422362
22	2.953838	1.2500506E+02	2.9031334E-03	0.3385426
23	3.177387	3.8996468E+01	2.5089955E-03	0.3147240
24	3.252946	5.8894747E+01	2.3937924E-03	0.3074136
25	3.412473	1.6177638E+02	2.1752134E-03	0.2930426
26	3.460926	1.2984730E+02	2.1147331E-03	0.2889400
27	3.536729	4.2642476E+02	2.0250539E-03	0.2827471
28	3.627521	3.7953400E+01	1.9249540E-03	0.2756703
29	4.041894	2.9315887E+01	1.5504954E-03	0.2474088
30	4.246320	5.2590692E+01	1.4048011E-03	0.2354980

Tabella 10-13: Primi 30 modi di vibrare della struttura

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

I fattori di partecipazione dei modi sono riportati nel seguito:

	******* MASS PARTICIPATION FACTORS *******			***** CUMULATIVE FACTORS *****		
MODE	X	Y	Z	X	Y	Z
1	0.0665635	0.0476690	0.0000009	0.066563	0.047669	0.000001
2	0.0527022	0.0832232	0.0000002	0.119266	0.130892	0.000001
3	0.0001340	0.0002692	0.0000000	0.119400	0.131161	0.000001
4	0.0000304	0.0000293	0.0000002	0.119430	0.131191	0.000001
5	0.7602846	0.0510745	0.0000012	0.879715	0.182265	0.000003
6	0.0499496	0.8011513	0.0000034	0.929664	0.983416	0.000006
7	0.0584593	0.0031005	0.0000029	0.988124	0.986517	0.000009
8	0.0001792	0.0031092	0.0000063	0.988303	0.989626	0.000015
9	0.0018516	0.0000686	0.0000266	0.990154	0.989695	0.000042
10	0.0000012	0.0000215	0.0004173	0.990156	0.989716	0.000459
11	0.0000038	0.0006889	0.0140796	0.990159	0.990405	0.014539
12	0.0000140	0.0000023	0.0132676	0.990173	0.990408	0.027806
13	0.0003867	0.0003289	0.0057093	0.990560	0.990736	0.033516
14	0.0011019	0.0019584	0.0123314	0.991662	0.992695	0.045847
15	0.0000021	0.0001565	0.0055109	0.991664	0.992851	0.051358
16	0.0060147	0.0006134	0.0011732	0.997679	0.993465	0.052531
17	0.0006032	0.0020372	0.0007499	0.998282	0.995502	0.053281
18	0.0000244	0.0035022	0.0136511	0.998306	0.999004	0.066932
19	0.0000713	0.0000087	0.0001050	0.998378	0.999013	0.067037
20	0.0000219	0.0000026	0.0064905	0.998399	0.999015	0.073528
21	0.0001889	0.0000011	0.2319973	0.998588	0.999016	0.305525
22	0.0000717	0.0000000	0.3538062	0.998660	0.999017	0.659331
23	0.0000050	0.0000788	0.0231997	0.998665	0.999095	0.682531
24	0.0003023	0.0000226	0.0358546	0.998967	0.999118	0.718386
25	0.0000006	0.0000008	0.0133627	0.998968	0.999119	0.731748
26	0.0001156	0.0000001	0.0346448	0.999084	0.999119	0.766393
27	0.0000323	0.0000307	0.0005274	0.999116	0.999149	0.766921
28	0.0000098	0.0000000	0.0012633	0.999126	0.999150	0.768184
29	0.0000004	0.0000004	0.0837936	0.999126	0.999150	0.851977
30	0.0000032	0.0000157	0.0425099	0.999129	0.999166	0.894487

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.

10.3.4 Analisi modale per verifiche a fatica

Per le verifiche a fatica del Jacket i periodi principali della struttura risultano essere minori di quelli osservati per l'analisi sismica. Questo è dovuto alle seguenti ragioni:

- Viene considerato un carico variabile di 0.25 volte quello in servizio (c.ca 1 kN/m^2 su tutta l'area del deck) come media agente durante la vita utile di 25 anni della struttura, e non la metà, riducendone la massa sismica;
- Viene considerata la metà dell'accrescimento marino come media sull'arco della vita utile di 25 anni, e non il totale, riducendone la massa sismica;
- La linearizzazione della fondazione viene eseguita con l'onda del centro di danno (H_{ref} = 1.50m, T_{ref} = 5.30s), il cui taglio è molto minore rispetto al taglio sismico.

Le ragioni elencate sono dovute al fatto che le verifiche a fatica non sono delle verifiche allo stato limite ultimo ma tengono conto delle condizioni medie a cui è realmente soggetta la struttura durante i 25 anni di vita di progetto per cui è realizzata.

Il periodo principale della struttura per le verifiche a fatica è dunque c.ca T = 1.30s < 2.0s.

Si rimanda alla relazione di calcolo "Jacket – Analisi a fatica in servizio" (Rif.[A13]) per una descrizione più dettagliata dell'analisi modale relativa alle verifiche a fatica del Jacket.

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. Altre due combinazioni vengono prodotte allo stesso modo per le verifiche dei nodi, per un totale di n.4 combinazioni sismiche. 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
Verifica nodi strutturali	3	1.00	1.00
	4	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) KN	FORCE(Y) KN	FORCE(Z) KN	MOMENT(X) KN-M	MOMENT(Y) KN-M	MOMENT(Z) KN-M
1	-6960.124	-1537.688	-11926.638	-24063.729	111641.664	-16147.367
2	-588.782	-6997.276	-10920.474	-153481.188	10049.192	-4803.373
3	-15.344	-32.400	-2438.117	-1091.913	-1410.946	49.596

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	-6985.046	-7164.318	-16360.181	-149997.000	112262.484	-19248.131

Tabella 10-18: Risultante Spettrale globale (SRSS)

****** 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
3		PRST	1.000	EQK + STAT JOIN						
	1				P	STAT	1.000000	000	000	0
	2				S	1	1.000000	000	000	0
4		PRSC	1.000	EQK + STAT JOIN						
	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, gambe, diagonali, controventi, pali fuori terra)
- Verifiche strutturali dei nodi (connessioni tubolari)
- 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 il jacket e il deck (profili tubolari, profili I/H, coni di transizione, diagonali, caissons, gambe, pali fuori terra), presenti nel modello 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.

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche per gli elementi strutturali del Jacket che presentano UC > 0.50.

SACS-IV MEMBER UNITY CHECK RANGE SUMMARY

GROUP II - UNITY CHECKS GREATER THAN 0.50 AND LESS THAN 1.00

MEMBER	GROUP ID	MAXIMUM COMBINED UNITY CK	LOAD COND NO.	DIST FROM END	AXIAL STRESS N/MM2	BENDING STRESS Y N/MM2	BENDING STRESS Z N/MM2	SHEAR FORCE FY KN	SHEAR FORCE FZ KN	KLY/RY	KLZ/RZ	SECOND-HIGHEST UNITY CHECK	SECOND-HIGHEST LOAD COND	THIRD-HIGHEST UNITY CHECK	THIRD-HIGHEST LOAD COND
0191-0391	G11	0.500	2	5.7	-28.85	67.82	-12.12	-8.74	46.78	60.0	60.0	0.368	1	-0.000	
0192-0391	G11	0.514	2	6.0	-27.88	72.15	7.61	5.40	42.05	63.0	63.0	0.381	1	-0.000	
P002-P003	P03	0.554	2	0.0	-34.09	123.36	134.72	-1846.17	-1648.52	20.5	20.5	0.455	1	-0.000	
P005-P006	P03	0.570	2	0.0	-33.90	132.96	-135.22	1854.31	-1782.56	20.5	20.5	0.472	1	-0.000	
P008-P009	P03	0.514	2	0.0	-31.84	-133.75	-103.26	1408.62	1796.10	20.5	20.5	0.420	1	-0.000	
P001-P002	P04	0.538	2	2.0	-34.10	118.92	129.84	2010.90	1863.99	35.0	35.0	0.439	1	-0.000	

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

P004-P005 P04	0.554	2	2.0	-33.91	128.26	-130.39	2012.94	2004.45	35.0	35.0	0.456	1	-0.000
0213-0563 PG2	0.522	1	1.4	13.62	-28.84	-137.51	-305.22	-235.97	15.9	64.3	0.489	2	-0.000
0531-0529 600	0.679	1	0.0	5.22	156.49	130.37	-159.71	-619.48	5.7	20.3	0.669	2	-0.000
0532-0531 600	0.538	1	1.2	5.15	101.07	132.60	176.53	457.89	5.0	17.7	0.525	2	-0.000
0642-0177 260	0.509	1	1.1	3.20	17.30	-159.54	-68.84	25.29	33.0	16.8	0.499	2	-0.000
0408-0636 260	0.584	1	0.0	5.78	-50.71	150.49	-107.94	56.57	13.7	11.6	0.581	2	-0.000

Tabella 11-1: Verifiche elementi strutturali UC > 0.50

I valori massimi degli UC per ogni gruppo di elementi è invece specificato 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
1A3	0371-0373	2	0.33	0.8	-4.4	-47.7	3.1	150.4	218.7	163.3	588.7	BN+COM	10.50	10.50	0.92	0.58
1A4	0268-0267	1	0.08	0.8	14.0	-8.8	-11.0	345.0	154.3	392.8	534.7	BN+AX	9.37	12.50	0.00	0.00
260	0408-0636	1	0.58	0.0	5.8	-50.7	150.5	.4E+03	.1E+05	.4E+03	.4E+03	BN+AX	1.50	0.75	0.00	0.00
360	0146-0364	1	0.29	1.8	10.9	-65.7	44.4	355.0	633.1	374.3	537.0	BN+AX	8.50	1.85	0.00	0.00
2A3	0165-0166	2	0.35	0.8	-1.7	-42.9	5.0	111.2	142.4	134.4	348.4	BN+COM	25.00	12.50	0.90	0.98
400	0146-0054	2	0.16	1.6	-2.5	-5.9	-72.6	345.0	899.4	373.9	524.2	BN+AX	8.00	3.00	0.98	0.40
600	0531-0529	1	0.68	0.0	5.2	156.5	130.4	345.0	4810.3	378.8	528.7	BN+AX	1.43	1.43	0.00	0.00
B01	0191-0569	2	0.08	0.0	-16.0	-10.3	-3.5	258.9	838.4	439.6	439.6	ACBI	8.29	8.29	0.85	0.85
B02	0393-0335	2	0.22	0.0	-11.4	-34.6	-9.2	78.0	102.3	447.2	447.2	ACBI	14.50	6.90	0.85	0.85
B03	0391-0251	1	0.10	9.0	11.0	-25.5	-14.2	338.1	202.2	455.9	455.9	TN+BN	9.00	9.00	0.85	0.85
B04	0198-0039	2	0.18	0.0	-35.6	-9.9	-12.3	236.4	460.9	447.5	447.5	ACBI	9.04	9.04	0.85	0.85
B06	0191-0531	2	0.38	7.7	-27.3	94.8	-79.2	292.4	1002.2	434.2	434.2	ACBI	7.68	7.68	0.85	0.85
B07	0395-0121	1	0.14	4.0	6.4	41.8	-32.9	338.1	1023.4	455.9	455.9	TN+BN	4.00	4.00	0.85	0.85
B08	0396-0403	2	0.08	5.0	-10.0	-14.6	3.6	179.3	244.2	463.6	463.6	ACBI	4.96	4.96	0.85	0.85
B09	0219-0393	2	0.20	7.2	-10.0	-45.3	-6.4	95.7	125.4	444.5	444.5	ACBI	14.50	7.25	0.85	0.85
B10	0201-0219	2	0.19	0.0	-13.7	-58.7	5.8	188.7	264.8	446.9	446.9	ACBI	9.26	9.26	0.85	0.85
BPI	0102-0574	2	0.22	0.0	-21.9	0.0	0.0	101.5	133.1	449.9	449.9	ACBI	14.64	14.64	0.85	0.85
CAI	0382-0380	2	0.07	2.0	-3.2	12.8	-16.7	292.4	587.6	373.6	373.6	ACBI	24.00	2.00	0.85	0.85
G01	0032-0013	1	0.06	0.4	14.9	5.8	3.6	.3E+03	.1E+05	.4E+03	.4E+03	TN+BN	7.40	7.40	0.85	0.85
G02	0013-0043	1	0.13	0.0	32.7	9.8	4.4	.3E+03	.1E+05	.4E+03	.4E+03	TN+BN	7.40	7.40	0.85	0.85
G05	0035-0047	2	0.18	4.0	-26.7	-33.7	6.2	.3E+03	.3E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	4.00	4.00	0.85	0.85
G06	0074-0075	2	0.22	0.0	-20.1	-61.7	2.4	.3E+03	.3E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	3.00	3.00	0.85	0.85
G10	0201-0073	2	0.31	0.0	-24.1	-61.5	9.0	141.3	185.3	434.3	434.3	ACBI	14.00	6.79	0.85	0.85
G11	0192-0391	2	0.51	6.0	-27.9	72.2	7.6	293.4	496.9	501.5	501.5	JUNBUK	7.12	7.12	0.85	0.85
G13	0198-0155	2	0.27	2.0	-14.7	15.6	14.7	253.5	721.3	401.3	401.3	JUNBUK	7.25	14.50	0.85	0.85
G19	0116-0140	2	0.19	10.2	-22.3	-20.8	-35.1	213.1	353.5	438.2	438.2	ACBI	10.25	10.25	0.85	0.85
G20	0081-0202	2	0.16	1.5	-17.2	41.0	18.3	.3E+03	.3E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	3.00	3.00	0.85	0.85
G21	0202-0575	2	0.10	0.0	-2.8	36.0	-10.3	292.4	2825.5	435.3	435.3	ACBI	8.00	8.00	0.85	0.85
G22	0200-0393	1	0.38	6.1	13.0	52.8	8.7	328.6	200.3	399.7	399.7	JUNYLD	15.20	7.12	0.85	0.85
G23	0145-0201	1	0.17	6.4	7.7	-60.6	9.7	319.0	747.3	428.7	428.7	TN+BN	6.41	14.50	0.85	0.85

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

G24 0145-0389	2	0.37	0.6	-4.8	-25.9	-43.7	292.0	6839.2	365.6	365.6	JUNBUK	7.30	7.30	0.85	0.85
G25 0389-0227	1	0.18	0.0	-1.7	-19.3	14.1	292.4	6237.8	430.9	430.9	SHEAR	7.30	1.20	0.85	0.85
J01 0035-0029	2	0.48	0.0	-84.2	59.0	-5.7	243.6	574.8	433.3	433.3	ACBI	17.00	17.00	0.85	0.85
J02 0035-0040	2	0.39	0.0	-56.6	72.3	-4.8	247.7	627.5	413.7	413.7	ACBI	14.48	14.48	0.85	0.85
J03 0035-0059	2	0.22	0.0	-17.7	-37.6	-1.8	134.1	175.8	429.0	429.0	ACBI	20.35	20.35	0.85	0.85
J04 0034-0055	2	0.12	0.0	-7.5	-35.4	-12.6	292.4	1049.2	397.7	397.7	ACBI	13.58	13.58	0.85	0.85
J05 0034-0053	2	0.35	0.0	-73.4	-16.6	-4.7	238.1	516.4	430.9	430.9	ACBI	15.86	15.86	0.85	0.85
OR1 0026-0053	2	0.24	0.0	-52.9	-17.9	6.7	265.3	1035.0	417.1	417.1	ACBI	13.58	13.58	0.85	0.85
OR2 0028-0052	1	0.21	0.0	33.7	-43.4	6.4	328.6	953.6	417.1	417.1	TN+BN	14.08	14.08	0.85	0.85
P01 0191-0563	2	0.14	2.0	-4.7	35.4	30.5	.3E+03	.1E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	8.00	8.00	0.85	0.85
P02 P211-0191	2	0.20	1.0	-20.0	39.7	-39.7	.3E+03	.1E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	7.40	7.40	0.85	0.85
P03 P005-P006	2	0.57	0.0	-33.9	133.0	-135.2	283.9	4689.0	420.9	420.9	ACBI	10.75	10.75	0.85	0.85
P04 P004-P005	2	0.55	2.0	-33.9	128.3	-130.4	283.9	1611.1	420.9	420.9	ACBI	20.00	20.00	0.85	0.85
P05 P006-0004	2	0.38	0.4	-54.5	-46.8	53.4	.3E+03	.1E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	7.40	7.40	0.85	0.85
PG1 0037-0253	2	0.37	0.0	-5.5	-59.2	-60.2	138.8	188.5	240.7	691.4	BN+COM	25.00	12.50	0.73	0.49
PG2 0213-0563	1	0.52	1.4	13.6	-28.8	-137.5	345.0	478.0	345.0	345.0	BN+AX	8.00	8.00	0.00	0.00
PG3 0373-0060	2	0.38	0.0	-5.1	-48.6	32.7	83.0	100.9	171.6	832.1	BN+COM	10.50	10.50	0.84	0.40
PG4 0111-0140	2	0.25	3.1	-0.8	39.8	24.9	71.5	103.1	163.3	857.1	BN+COM	6.25	12.50	0.61	0.40
SU2 0201-0337	2	0.21	0.0	-3.9	-83.5	-23.3	292.4	8146.6	434.3	434.3	ACBI	2.11	2.11	0.85	0.85
SUP 0032-0412	1	0.08	0.0	2.0	-27.4	-9.6	.3E+03	.2E+05	.4E+03	.4E+03	TN+BN	3.33	1.66	0.85	0.85
V01 0031-0035	2	0.11	8.7	-0.3	38.8	-25.0	292.4	3036.1	408.3	408.3	ACBI	10.75	10.75	0.85	0.85
V02 0047-0066	2	0.22	0.9	-26.5	-51.4	-2.8	292.4	7049.5	395.9	395.9	ACBI	6.90	6.90	0.85	0.85
W.B 0027-P005	1	0.47	0.0	0.0	20.1	-20.6	.3E+03	.1E+08	.4E+03	.4E+03	SHEAR	0.15	0.15	0.85	0.85
BOX 0354-0365	2	0.19	0.0	0.3	-40.3	-14.0	.3E+03	.8E+05	.3E+03	.3E+03	BN+AX	2.00	2.00	0.00	0.00
240 0664-0666	1	0.17	1.0	0.0	-0.1	-94.5	355.0	1389.3	378.8	545.8	BN+AX	1.01	1.01	0.00	0.00
180 0487-0597	2	0.23	0.0	-6.7	31.3	13.8	71.6	85.1	257.0	1214.5	BN+COM	3.12	3.12	0.68	0.40

Tabella 11-2: Verifiche e max UC per gruppi

Si nota che il valore massimo di UC = 0.68 appartiene all'elemento 0531-0529 (Gruppo 600), per la combinazione 1.

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.

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

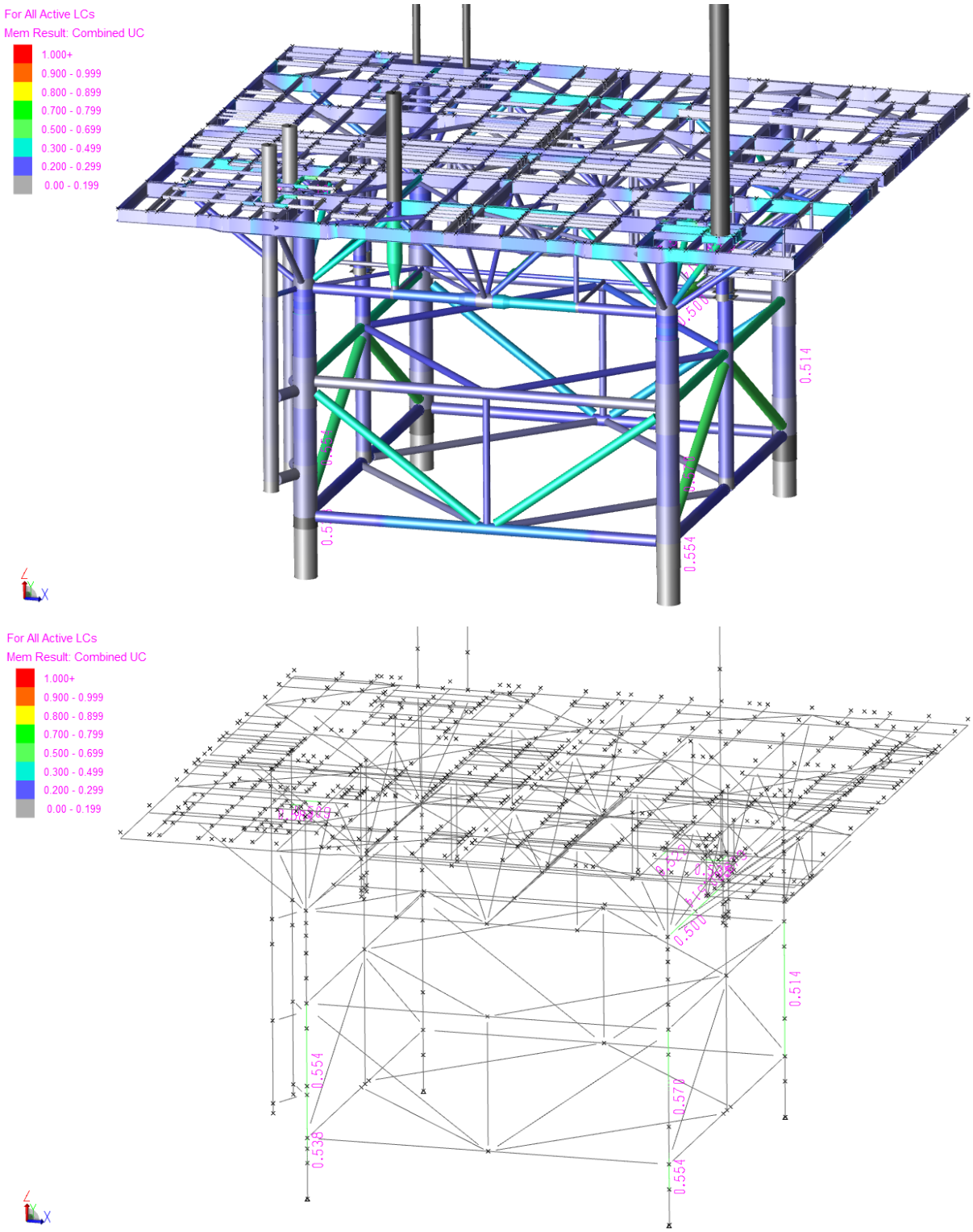


Figura 11-1: Massimi UC > 0.50 - elementi Piattaforma – Inviluppo SLV

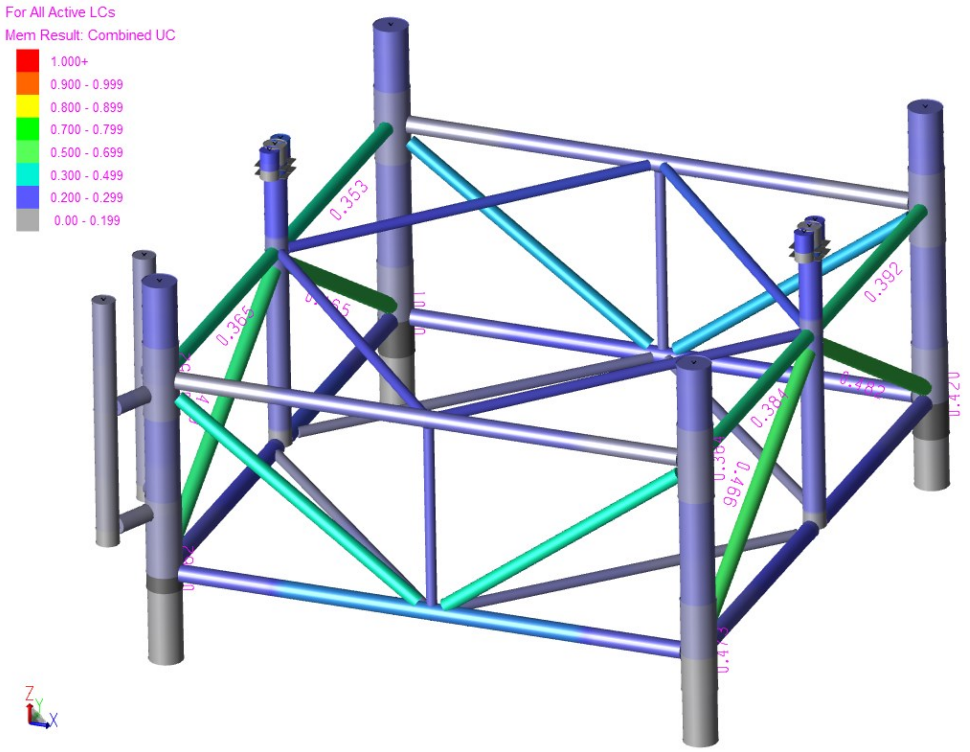


Figura 11-2: Massimi UC > 0.35 - Jacket – Inviluppo SLV

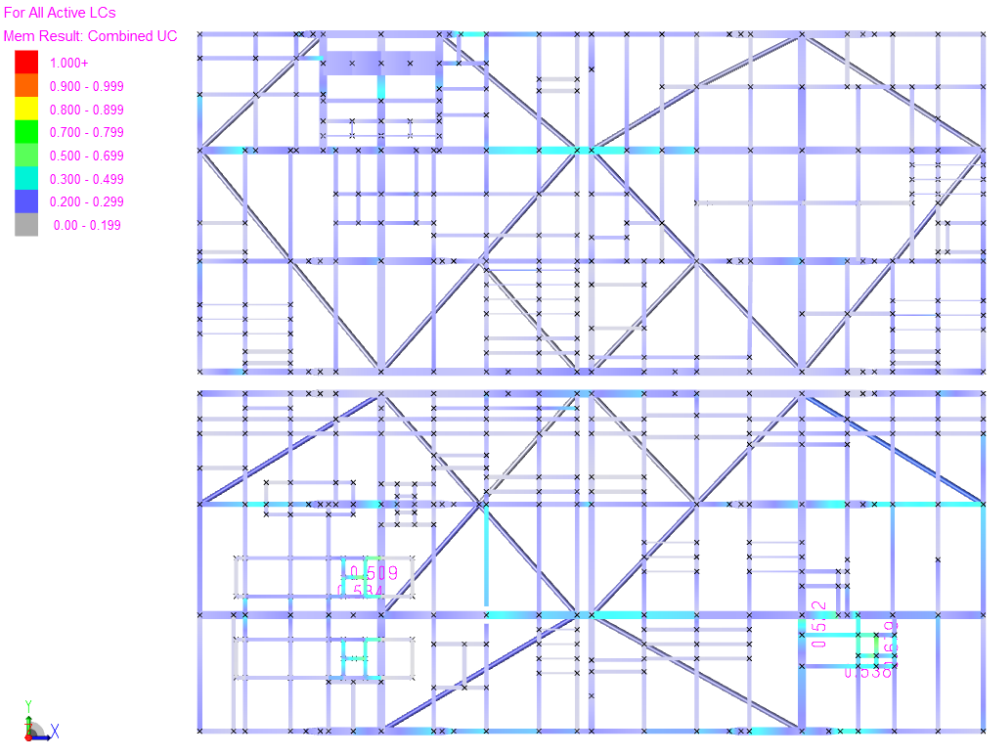


Figura 11-3: Massimi UC > 0.50 - Deck El.+11.5m – Inviluppo SLV

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

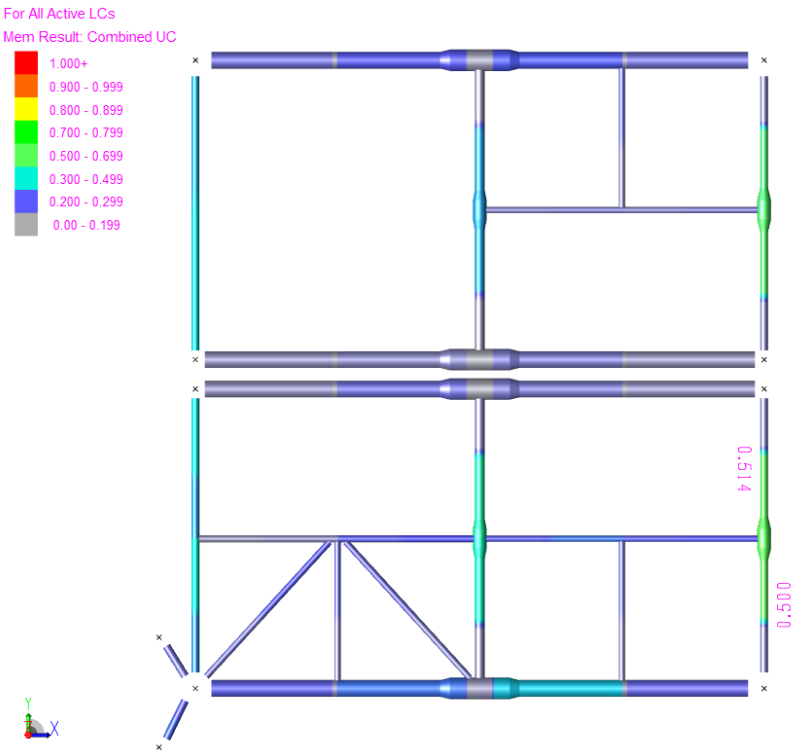


Figura 11-4: Massimi UC > 0.50 - Deck El.+4.0m – Inviluppo SLV

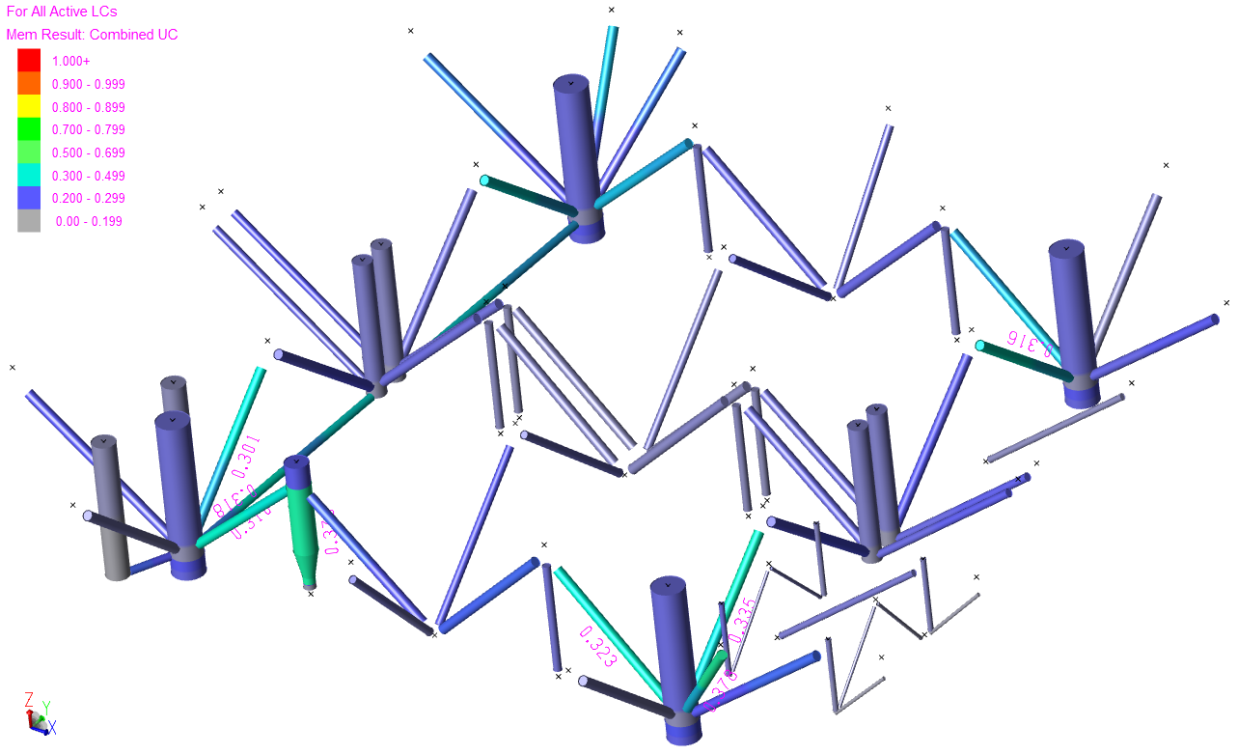


Figura 11-5: Massimi UC > 0.30 - diagonali e montanti Deck– Inviluppo SLV

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

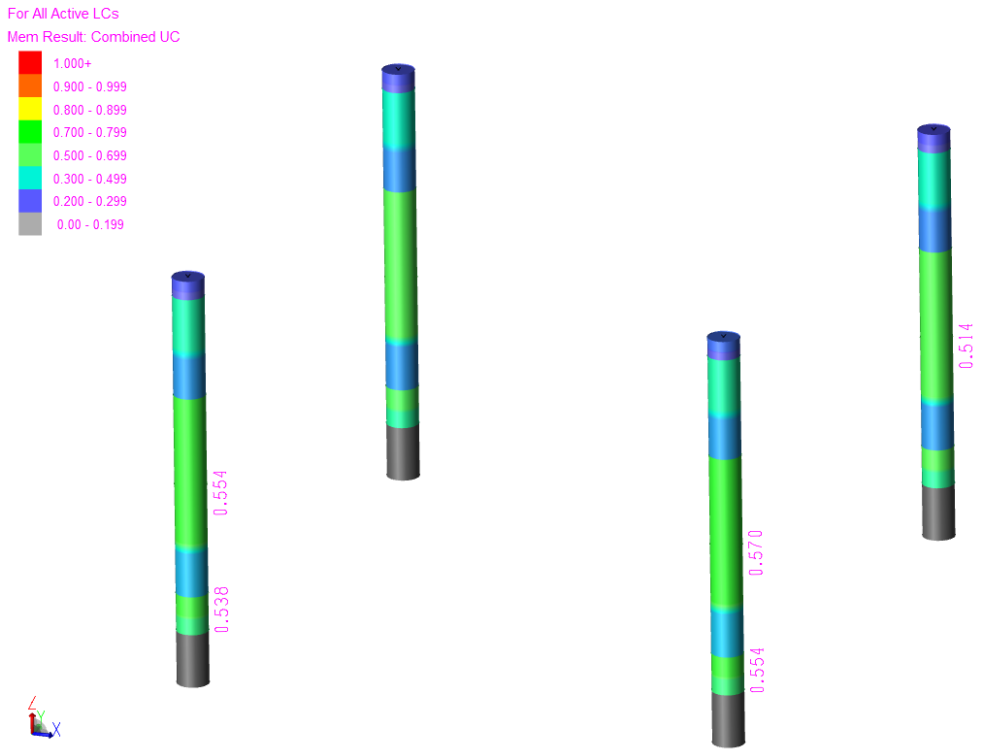


Figura 11-6: Massimi UC > 0.30 – Pali fuori terra – Inviluppo SLV

11.1.2 Verifiche nodi tubolari

Sono eseguite le verifiche a punzonamento di tutti i nodi tubolari della piattaforma; vengono inoltre eseguite anche le verifiche di resistenza per i nodi del Jacket, secondo l'approccio API 50%. Tutte le verifiche sono eseguite in accordo ai requisiti delle ISO 19902 (Rif. [B4]).

Le verifiche sono eseguite dal post-processore di SACS. I risultati vengono espressi in termini di Unity Check (UC), rapporto fra sollecitazione applicata e resistenza.

Vengono mostrati gli UC > 0.20 dei nodi della piattaforma per le verifiche a punzonamento nella Tabella 11-3.

* * J O I N T C A N S U M M A R Y * *
(UNITY CHECK ORDER)

	ORIGINAL				DESIGN			
JOINT	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (N/MM2)	UC	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (N/MM2)	UC
0236	50.800	1.905	345.000	0.666	50.800	1.905	345.000	0.666
0037	50.800	1.905	345.000	0.637	50.800	1.905	345.000	0.637
0000	50.800	1.905	345.000	0.594	50.800	1.905	345.000	0.594
0041	50.800	1.905	345.000	0.584	50.800	1.905	345.000	0.584
0010	50.800	1.905	345.000	0.566	50.800	1.905	345.000	0.566
0207	50.800	1.905	345.000	0.537	50.800	1.905	345.000	0.537
0204	50.800	1.905	345.000	0.528	50.800	1.905	345.000	0.528
0035	120.000	6.000	335.000	0.454	120.000	6.000	335.000	0.454

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

0033	120.000	6.000	335.000	0.445	120.000	6.000	335.000	0.445
0191	167.500	5.000	335.000	0.367	167.500	5.000	335.000	0.367
0389	120.000	4.000	345.000	0.352	120.000	4.000	345.000	0.352
0039	40.640	1.588	355.000	0.341	40.640	1.588	355.000	0.341
0053	90.000	3.500	345.000	0.339	90.000	3.500	345.000	0.339
0393	69.200	2.600	345.000	0.338	69.200	2.600	345.000	0.338
0092	167.500	5.000	335.000	0.325	167.500	5.000	335.000	0.325
0201	167.500	5.000	335.000	0.323	167.500	5.000	335.000	0.323
0115	167.500	5.000	335.000	0.315	167.500	5.000	335.000	0.315
0029	187.000	7.000	325.000	0.313	187.000	7.000	325.000	0.313
0028	187.000	7.000	325.000	0.312	187.000	7.000	325.000	0.312
0027	187.000	7.000	325.000	0.303	187.000	7.000	325.000	0.303
0005	40.640	1.588	355.000	0.296	40.640	1.588	355.000	0.296
0233	50.800	1.905	345.000	0.291	50.800	1.905	345.000	0.291
0230	50.800	1.905	345.000	0.282	50.800	1.905	345.000	0.282
0194	50.800	1.905	345.000	0.281	50.800	1.905	345.000	0.281
0026	187.000	7.000	325.000	0.276	187.000	7.000	325.000	0.276
0197	50.800	1.905	345.000	0.257	50.800	1.905	345.000	0.257
0034	187.000	7.000	325.000	0.254	187.000	7.000	325.000	0.254
0057	90.000	3.500	345.000	0.252	90.000	3.500	345.000	0.252
0032	187.000	7.000	325.000	0.249	187.000	7.000	325.000	0.249
0145	84.200	2.600	335.000	0.241	84.200	2.600	335.000	0.241
0391	69.200	2.600	345.000	0.234	69.200	2.600	345.000	0.234
0040	187.000	7.000	325.000	0.210	187.000	7.000	325.000	0.210
0380	120.000	2.500	345.000	0.205	120.000	2.500	345.000	0.205

Tabella 11-3: UC > 0.20 nodi Piattaforma – Ver. Punzonamento

Tutti i nodi presentano UC < 1.00, per cui passano le verifiche a punzonamento. Il massimo UC = 0.67 per il nodo 0236.

Venono riportati gli UC dei nodi del jacket per le verifiche a resistenza secondo il metodo API 50% previsto dalle ISO 19902 in Tabella 11-4.

* * J O I N T C A N S U M M A R Y * *

(UNITY CHECK ORDER)

	ORIGINAL					LOAD DESIGN					STRENGTH ANALYSIS		
JOINT	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (N/MM2)	LOAD UC	STRN UC	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (N/MM2)	LOAD UC	STRN UC	BRACE JOINT	LOAD CASE
0030	120.000	6.000	335.000	0.209	0.912	120.000	6.000	335.000	0.209	0.912	0051	3
0031	120.000	6.000	335.000	0.197	0.912	120.000	6.000	335.000	0.197	0.912	0038	4
0035	120.000	6.000	335.000	0.547	0.894	120.000	6.000	335.000	0.547	0.894	0027	3
0033	120.000	6.000	335.000	0.537	0.893	120.000	6.000	335.000	0.537	0.893	0026	3
0052	90.000	2.500	345.000	0.083	0.837	90.000	2.500	345.000	0.083	0.837	0057	3
0051	90.000	2.500	345.000	0.074	0.837	90.000	2.500	345.000	0.074	0.837	0053	3
0036	90.000	2.500	345.000	0.083	0.836	90.000	2.500	345.000	0.083	0.836	0053	3
0038	90.000	2.500	345.000	0.083	0.836	90.000	2.500	345.000	0.083	0.836	0057	3
0053	90.000	3.500	345.000	0.361	0.728	90.000	3.500	345.000	0.361	0.728	0055	4
0057	90.000	3.500	345.000	0.267	0.725	90.000	3.500	345.000	0.267	0.725	0059	4
0055	90.000	3.500	345.000	0.142	0.722	90.000	3.500	345.000	0.142	0.722	0053	4
0059	90.000	3.500	345.000	0.165	0.721	90.000	3.500	345.000	0.165	0.721	0057	4
0032	187.000	7.000	325.000	0.254	0.719	187.000	7.000	325.000	0.254	0.719	0412	4
0026	187.000	7.000	325.000	0.283	0.612	187.000	7.000	325.000	0.283	0.612	0053	4
0027	187.000	7.000	325.000	0.311	0.612	187.000	7.000	325.000	0.311	0.612	0053	4
0029	187.000	7.000	325.000	0.321	0.612	187.000	7.000	325.000	0.321	0.612	0057	4
0034	187.000	7.000	325.000	0.259	0.528	187.000	7.000	325.000	0.259	0.528	0055	4
0040	187.000	7.000	325.000	0.206	0.528	187.000	7.000	325.000	0.206	0.528	0059	4
0042	187.000	7.000	325.000	0.195	0.528	187.000	7.000	325.000	0.195	0.528	0059	4

Tabella 11-4: Massimi UC nodi Jacket – Resistenza

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

Tutti i nodi hanno UC < 1.00, per cui passano le verifiche a resistenza. Il massimo UC = 0.91 per il nodo 0030.

11.1.3 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 11-7 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.

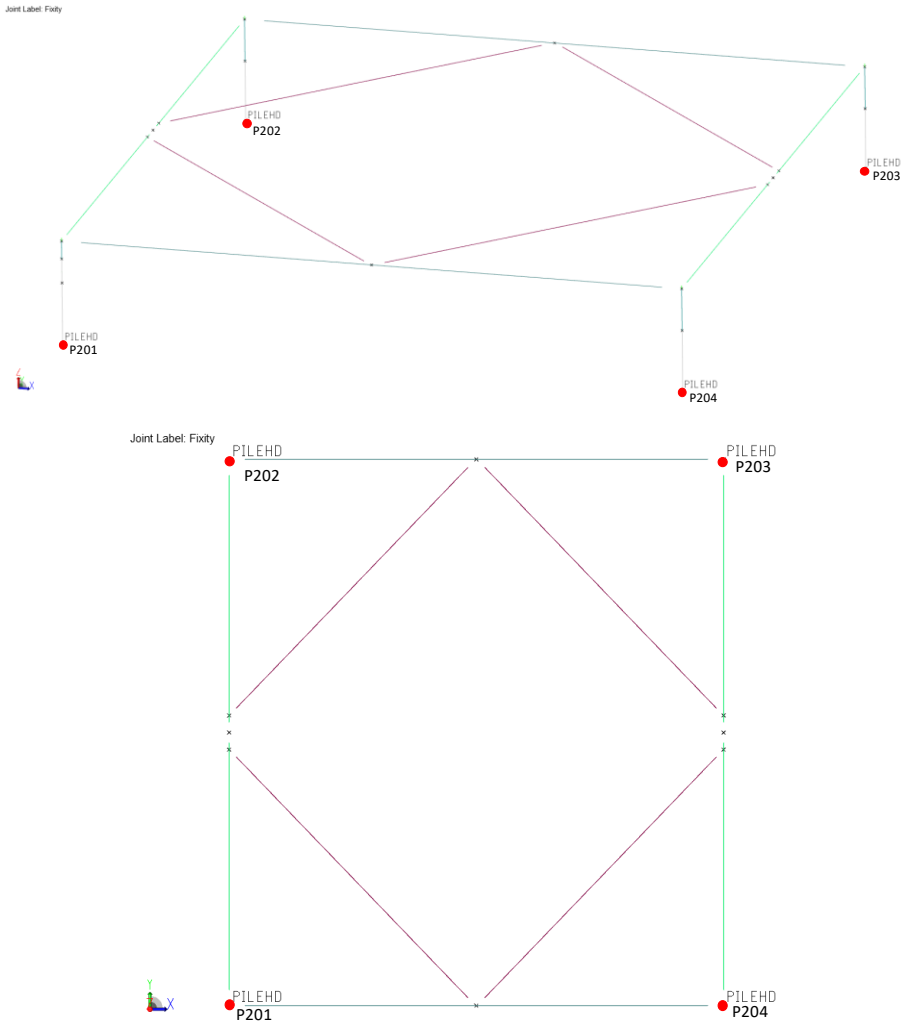


Figura 11-7: Denominazione nodi teste pali

I pali sono inseriti all'interno delle gambe del Jacket, scambiando forze orizzontali al livello dei telai orizzontali e sono connessi alla testa delle gambe del jacket per mezzo di crown plates.

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	P201	SS01	**-14 015**	2 743	10 903	16	179	0	15	-63	-161	0	0	-224	0.61	N MAX
	P203	SS02	**1 982**	2 806	10 015	-1	175	0	15	7	-156	0	0	163	0.41	N min
	P202	SS07	-6 326	**2 834**	10 948	7	181	0	15	-29	162	0	0	-190	0.49	V MAX
	P203	SS07	-13 416	2 751	**10 969**	15	178	0	15	-61	161	0	0	-221	0.60	M MAX
	P201	SS01	-14 015	2 743	10 903	**16**	179	0	15	-63	-161	0	0	-224	0.61	ax max
	P202	SS07	-6 326	2 834	10 948	7	**181**	0	15	-29	162	0	0	-190	0.49	lat MAX
	P202	SS07	-6 326	2 834	10 948	7	181	**0**	15	-29	162	0	0	-190	0.49	rot MAX
	P201	SS01	-14 015	2 743	10 903	16	179	0	15	-63	-161	0	0	-224	**0.61**	UC MAX

Tabella 11-5: Max. spostamenti e forze in testa palo & max. UC

Verifiche carpenteria metallica

Dai dati riportati in Tabella 11-5 si evince che le verifiche della carpenteria metallica sono soddisfatte: il massimo valore di UC registrato è UC = 0.61 per il palo P201.

Verifiche Geotecniche

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

Sforzo Normale	SLV
Compressione	14.0 MN
Trazione	2.0 MN

Tabella 11-6: 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 = 2.06t/m x 13m + 1.44 t/m x 62m = 115t = 1160 kN

Dalle curve di capacità del palo secondo NTC2018 (Rif. [B1]) calcolate in Relazione Geotecnica (Rif. [A12]) e riportate in Figura 11-8, la massima capacità di compressione del palo per infissione 78m vale 18.35 MN, e la massima trazione 12.55 MN.

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

- Compressione 14.0 MN + 1.16 MN = 15.2 MN < 18.35 MN (FS= 1.20> 1.0)
- Trazione 2.0 MN < 12.50 MN (FS = 6.25> 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.

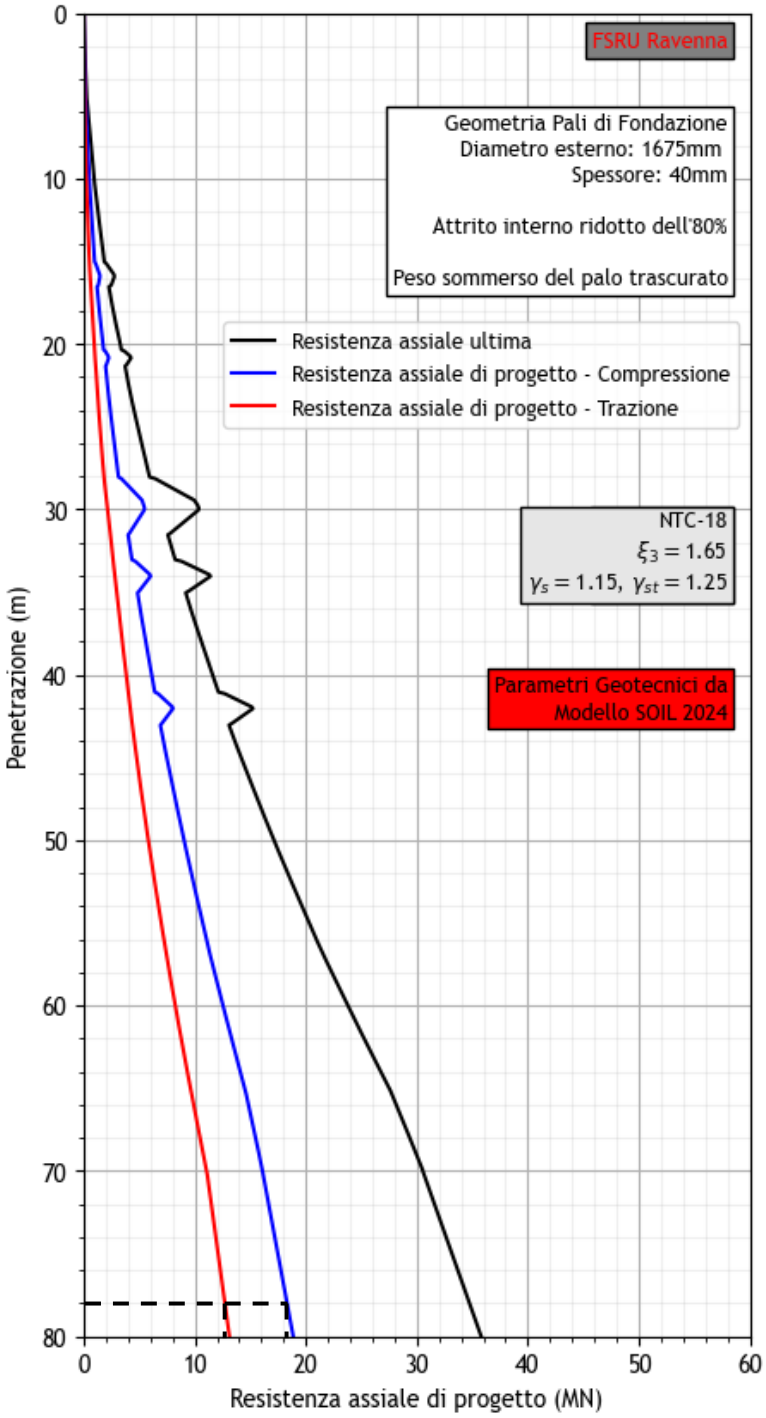


Figura 11-8: Curva di Capacità portante del palo NTC2018

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 del Jacket e del Deck sono mostrati nelle relazioni di calcolo dell'analisi statica in-servizio (Rif.[A10]/[A11]).

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 del Jacket e del Deck sono mostrati nelle relazioni di calcolo dell'analisi statica in-servizio (Rif.[A10]/[A11]).

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.[A12]), in accordo alle NTC 2018 (Rif.[B1]).

