EMERGENZA GAS

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

FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI

ANALISI DEI PALI DI FONDAZIONE DELLE PASSERELLE

Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data
2	Emissione Finale - Revisione per commenti SNAM	K.Caldera	J. Albagli	M. Raimondi	28/04/2024
1	Emissione Finale - Revisione per commenti RINA	K.Caldera	J. Albagli	M. Raimondi	18/03/2024
0	Emissione Finale	K.Caldera	J. Albagli	M. Raimondi	21/02/2024
A	Emesso per Approvazione	K.Caldera	J. Albagli	M. Raimondi	22/01/2024

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

INDICE

PAGINA

1 INTRODUZIONE 6
1.1 Generalità 6
1.2 Scopo del Documento 6
2 DEFINIZIONI ED ABBREVIAZIONI 7
2.1 Definizioni 7
2.2 Abbreviazioni 7
3 RIFERIMENTI 8
3.1 Documenti Di Progetto 8
3.2 Documenti Di Riferimento 8
3.3 Normative Di Riferimento 8
3.4 Software 9
4 CONCLUSIONI 10
5 STRUTTURA PASSERELLE TUBO GAS E PLANIMETRIA PALI 11
6 CRITERI DI PROGETTAZIONE 13
6.1 Materiali 13
6.2 Criteri di Progettazione 15
6.2.1 Generalità 15
6.2.2 Combinazione delle azioni e fattori di azione parziale per le analisi in servizio 15
6.2.3 Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari 16
6.2.4 Resistenza minima nodi tubolari 16
6.2.5 Fattore di resistenza parziale per sezioni non tubolari 17
6.3 Criteri di Accettazione 17
7 DATI DI PROGETTO 18
7.1 DATI GEOTECNICI 18
7.2 Vento 19
7.3 Onde 19
7.4 Corrente 19
7.5 ACCRESCIMENTO MARINO 19
7.6 SPESSORE DI CORROSIONE 19
7.7 SISMICITA' 19
8 ANALISI STATICA DEL MODELLO GLOBALE 20

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

8.1 Generalità carichi e combinazioni 20
8.2 Carichi Permanenti 20
8.2.1 Peso Proprio Strutturale - DEAZ 20
8.2.2 Pesi permanenti e variabili sulle passerelle 20
8.2.3 Peso piattaforma verricello 22
8.2.4 Reazioni flange di supporto riser 22
8.2.5 Reazioni punto fisso tubazioni 23
8.3 Carichi Ambientali 24
8.3.1 Carichi di Vento 24
8.3.2 Carichi onda e corrente 25
8.4 Risultanti dei Carichi 26
8.5 Combinazioni di Carico 28
8.5.1 Combinazioni base 28
8.5.2 Combinazioni Operative/Estreme SLU 28
8.6 RISULTATI DELL'ANALISI 37
8.6.1 Verifiche strutturali dei pali 37
8.6.2 Verifica dei nodi 39
8.6.3 Forze alla testa palo 40
9 VERIFICA STATICA IN SERVIZIO DEL PALO DI FONDAZIONE OD 1500MM 42
9.1 Modello lpile 42
9.2 Dati geotecnici 42
9.3 Condizione di carico 43
9.4 Risultati analisi 44
9.5 Verifiche Strutturali 46
9.6 Verifiche capacita' portante 47
10 VERIFICA SISMICA DEI PALI SOPRA QUOTA FONDALE 49
10.1 Determinazione azione sismica 49
10.2 Condizioni di carico 51
10.2.1 Peso Proprio Strutturale 51
10.2.2 Peso massa d'acqua 51
10.2.3 Pesi permanenti e variabili sulle passerelle 52
10.2.4 Reazioni flange di supporto riser 53
10.2.5 Reazioni punto fisso tubazioni 54

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

10.2.6 **RISULTANTI DEI CARICHI** 55
10.3 Combinazioni di Carico 56
10.3.1 Combinazioni base 56
10.3.2 Combinazioni Sismiche 56
10.4 Risultati dell'analisi 57
10.4.1 Verifiche strutturali dei pali 57
10.4.2 Verifica dei nodi 58
10.4.3 Forze alla testa palo 58
11 VERIFICA SISMICA DEL PALO DI FONDAZIONE OD 1500MM 59
11.1 Condizione di carico sismica 59
11.2 Risultati analisi 59
11.3 Verifiche Strutturali 60
11.4 Verifiche capacita' portante 61
12 APPENDICE 1: SACS FILE INPUT 63

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 6-1: Proprietà acciaio 13
Tabella 6-2: Gradi di acciaio secondo standard per classi di design 13
Tabella 6-3: Proprietà dell'acciaio relative allo spessore (secondo EN 10025-2 & 4) 14
Tabella 6-4: Fattori di azione parziale per l'analisi in servizio 15
Tabella 6-5: Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari 16
Tabella 6-6: Fattori di resistenza parziale per i nodi tubolari 16
Tabella 6-7: Fattori di resistenza parziale per sezioni non tubolari 17
Tabella 7-1: Parametri Geotecnici di progetto 18
Tabella 8-1: Pesi portati passerelle 21
Tabella 8-2: Pressione del vento in accordo profilo API 24
Tabella 8-3: Condizioni di carico onde + corrente 26
Tabella 8-4: Risultanti condizioni di carico elementari 27
Tabella 8-5: Combinazioni Base 28
Tabella 8-6: Combinazioni SLU Operative ed Estreme – max Compressione 32
Tabella 8-7: Combinazioni SLU Estreme – max trazione 33
Tabella 8-8: Risultanti combinazioni di carico- max compressioni 36
Tabella 8-9: Risultanti combinazioni di carico- max trazioni 36

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

Tabella 8-10: Verifiche e max UC per gruppi – Max compressioni 38
Tabella 8-11: Verifiche e max UC per gruppi – Max trazioni 39
Tabella 8-12: Forze in testa al palo di fondazione (SLU) – max Compressioni 41
Tabella 8-13: Forze in testa al palo di fondazione (SLU) – max Trazioni 41
Tabella 9-1: Verifiche strutturali - ISO 19902 46
Tabella 10-1: Risultanti condizioni di carico applicate per analisi sismica 55
Tabella 10-2: Combinazioni Base 56
Tabella 10-3: Combinazioni SLU 56
Tabella 10-4: Risultanti combinazioni di carico sismiche 56
Tabella 10-5: Verifiche e max UC per gruppi 57
Tabella 10-6: Forze in testa al palo di fondazione (SLU) – condizione sismica 59
Tabella 11-1: Verifiche strutturali - ISO 19902 61

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

1 INTRODUZIONE

1.1 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 80m 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.

1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento illustra le verifiche strutturali dei pali OD 1500mm di supporto delle passerelle per le condizioni statica e sismica in servizio, secondo i dati di progetto (Rif. [A2]) e i criteri definiti dalle basi di progettazione strutturale (Rif. [A7], [A9]).

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

2 DEFINIZIONI ED ABBREVIAZIONI

2.1 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

2.2 ABBREVIAZIONI

SLU	Stato Limite Ultimo
UC	Unity Check
F.S.	Fattore di sicurezza
OD	diametro esterno

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

3 RIFERIMENTI

3.1 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

3.2 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] 0001-LF-E-05400 Dati di progetto

[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-CB-B-017001 Layout generale del pontile

[A11] 0001-ZX-E-014381 Relazione di calcolo per analisi stress tubazioni con CAESAR II

[A12] 0001-ZX-E-014382 Relazione di calcolo per analisi stress tubazioni con CAESAR II - Antincendio

[A13] 0001-CI-E-017030 Passerelle di sostegno tubo Gas 26 in - Analisi statica in servizio

[A14] 0001-CI-E-017033 Passerelle di sostegno tubo gas 26 in - Analisi sismica

[A15] 0001-CI-E-017380 Relazione di calcolo delle passerelle -statica e sismica

[A16] 0001-CI-E-017535 Calcolo degli spostamenti passerelle

[A17] 0001-CD-B-017082 Composizione pali – passerelle

[A18] 0001-CD-B-017450 Relazione di calcolo della struttura di supporto del riser

3.3 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

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

[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

[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

3.4 SOFTWARE

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

[B21] LPILE Analysis for Laterally loaded piles by Ensoft (Lymon C. Reese)

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

4 CONCLUSIONI

La presente relazione presenta la verifica statica e sismica in servizio dei pali di fondazione delle passerelle.

I pali hanno diametro 1500mm con spessore costante di 40 mm (in acciaio S355), lunghezza totale di 55 m ed infissione di 34.35m (quota fondale a -14.00m).

La verifica del palo TG- 1 di supporto della struttura di supporto del riser è coperto dalla relazione di calcolo Rif. [A18].

I parametri geotecnici di resistenza di progetto sono stati prudenzialmente penalizzati del 20%, considerando quindi l'80% dei valori registrati nell'indagine geotecnica attualmente disponibile.

Le analisi in configurazione statica e sismica in servizio hanno dimostrato che i pali sono in grado di resistere alle condizioni operative ed estreme di progetto, in termini di carichi gravitazionali, ambientali (azione del vento onda) e eccezionale di blast e simica, secondo quanto prescritto dalle normative di riferimento ISO 19902 Rif.[B4] (per le sezioni circolari), EN 1993 Rif.[B5] (per le sezioni I /H), ed secondo NTC2018 Rif. [B1].

I pali sono stati verificati per le condizioni sismiche considerando un fattore di struttura q = 1.33 come da documento [A2]. Considerando il periodo di 1.70 sec (al fine di massimizzare le forze sismiche) è stata determinata un'accelerazione SLV approssimata a favore di sicurezza a = 0.20 g.

Per le condizioni analizzate, i massimi valori di UC (unity check, rapporto fra la sollecitazione agente e la capacità resistente dell'elemento) per le singole tipologie:

Condizioni statiche:

- Palo sopra quota fondale: UC = 0.28 < 1.0 OK
- Palo di fondazione: UC = 0.34 < 1.0 OK
- Tubolare OD1320 di collegamento tra i pali UC = 0.20 < 1.0 OK
- Verifica a punching dei nodi UC = 0.81 < 1.0 OK
- Tubolare di collegamento con le briccole UC = 0.38 < 1.0 OK
- Capacità portante F.S. = 1.48 > 1.00 Ok

Condizioni sismica:

- Palo sopra quota fondale: UC = 0.35 < 1.0 OK
- Palo di fondazione: UC = 0.36 < 1.0 OK

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

- Tubolare OD1320 di collegamento tra i pali UC = 0.31 < 1.0 OK
- Verifica a punching dei nodi UC = 0.81 < 1.0 OK
- Capacità portante F.S. = 1.35 > 1.00 Ok

5 STRUTTURA PASSERELLE TUBO GAS E PLANIMETRIA PALI

In Figura 5-2 è rappresentato la planimetria generale del pontile con evidenziate le passerelle di supporto della tubazione gas.

Le passerelle tubo gas a sud, le prime cinque passerelle dal palo di supporto riser TG-1 al palo TG-6 sono in semplice appoggio sui capitelli mentre a nord del giunto (al palo TG-6) le passerelle sono collegate longitudinalmente.

Da palo riser al palo TG-5:

passerelle con schema cerniera carrello: PAS TG1/TG2/TG3/TG4/TG5

i pali sono collegati longitudinalmente con tubo OD1320x40mm alla quota +7.14m

Da palo TG-5 alla piattaforma:

Passerelle collegate longitudinalmente con schema trave continua:

PAS TG6/TG7/TG8/TG9/TG10

Tutti i pali di supporto delle passerelle presentano uno schema a telaio nella direzione longitudinale e a mensola in quella trasversale.

I pali di supporto delle passerelle antincendio sono a mensola in entrambe le direzioni.

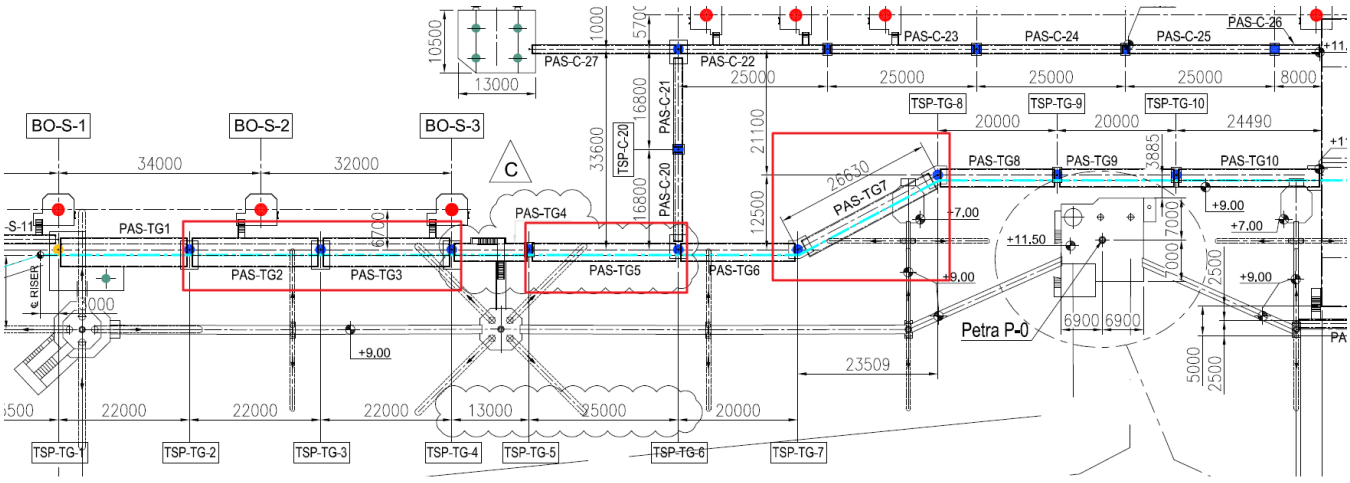


Figura 5-1: Planimetria passerelle tubo gas

L'analisi dei pali è stata svolta seguendo la seguente procedura:

- Il modello globale del pontile utilizzato per il calcolo degli spostamenti delle passerelle indotti dalle onde e descritto nella relazione di calcolo Rif. [A16] è stato utilizzato per la verifica dei pali sopra quota fondale e la determinazione delle azioni (tagli e momenti) a quota fondale. Nel modello globale i pali di fondazione sono stati modellati con un palo equivalente di lunghezza pari a 10 volte il diametro (valutato con un'analisi comparativa degli spostamenti con un modello in L-pile).
- La verifica del palo infisso è stata svolta mediante l'ausilio del programma L-Pile.
- Dalla relazione di calcolo delle passerelle Rif.[A13] [A15] sono stati estrapolate le risultanti dei carichi agenti sulle passerelle in termini di carichi verticali portati (peso permanente, carico variabile) e l'azione trasversale del vento. Tali risultanti sono state applicate in termici di forze concentrate applicate alla testa palo nel modello globale 3D.
- Dalla relazione di stress della tubazione gas è stata ricavata la massima reazione longitudinale nei punti fissi per la condizione operativa e la condizione sismica. Il punto tubo gas fisso è ubicato sulla passerella PAS-TG4 mentre il punto fisso della tubazione antincendio è sulla passerella PAS – C – 23. Dall'analisi di stress sono state ricavate anche le reazioni in corrispondenza delle clampe di supporto del riser implementate poi nel modello globale. La verifica di dettaglio della struttura di supporto del riser è riportata nel documento Rif. [A18].

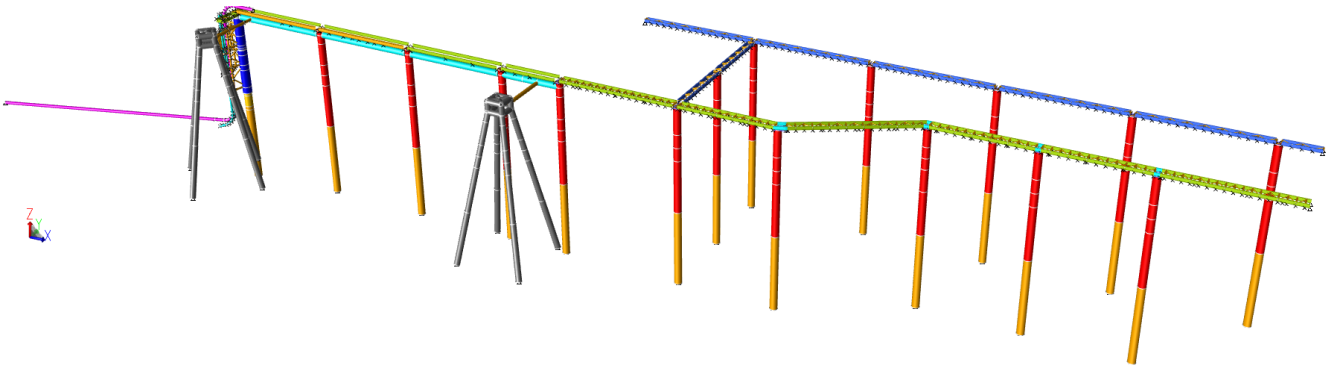


Figura 5-2: Modello globale del pontile (Rif. [A16])

6 CRITERI DI PROGETTAZIONE

6.1 MATERIALI

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

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 6-1: Proprietà acciaio

I gradi di acciaio da utilizzare sono riportati in tabella.

Classe di Design	Sigla Materiale	Standard Materiale		
		Piatti/Lamiere (anche per tubi saldati)	Sezioni Laminate	Sezioni cave a parete sottile (e tubolari)
DC1	S420 or S355	EN 10225 S420 G2+M + option 18	N/A	N/A
		EN 10225 S355 G10+M + option 18	N/A	N/A
DC2	S420 or S355	EN 10225 S420 G2+M	N/A	N/A
		EN 10225 S355 G10+M	EN 10225 S355 G12+M	EN 10225 S355 G15
DC3	S420 or S355	EN 10025-4 S420M	N/A	
		EN 10025-4 S355M	EN 10025-4 S355M	EN 10025-4 S355M
DC4	S355 or S275 or S235	EN 10025-3 S355N		EN 10210-1 S355NH
		EN 10025-3 S275N		EN 10210-1 S275NH
		EN 10025-2 S235 J0		EN 10210-1 S275J0H

Tabella 6-2: Gradi di acciaio secondo standard per classi di design

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

La tensione di snervamento minima dell'acciaio in funzione dello spessore della lamiera è riportato in Tabella 6-3.

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
S420	t ≤ 16	420	520
	16 < t ≤ 40	400	520
	40 < t ≤ 63	390	500
	63 < t ≤ 80	380	480
	80 < t ≤ 100	370	470
	100 < t ≤ 150	365	460
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 6-3: Proprietà dell'acciaio relative allo spessore (secondo EN 10025-2 & 4)

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

6.2 CRITERI DI PROGETTAZIONE

6.2.1 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.

6.2.2 Combinazione delle azioni e fattori di azione parziale per le analisi in servizio

La combinazione delle azioni agli SLU secondo NTC2018 (Rif. [B1]) è la seguente:

$$F_d = \gamma_{f,G1}\, G1 + \gamma_{f,G2}\, G2 + \gamma_{f,Q1}\, Q1 + \gamma_{f,Q2}\, Q2 + \gamma_{f,E}(E + \gamma_{f,D} D)$$

Dove:

- E (E_o E_e o E_a) sono rispettivamente le azioni Operative Ambientali Estreme Ambientali o Eccezionali
- D (D_o D_e o D_a), sono rispettivamente l'azione quasi-statica che rappresenta la risposta dinamica causata da condizioni di ambientali E_o E_e o E_a.

I fattori di azione parziale per le condizioni di analisi in servizio sono riportati nella tabella seguente.

Combinazioni		Permanenti		Variabili		Operativi Ambientali		Estremi Ambientali		Eccezionali	
		G1	G2	Q1	Q2	Eo	Do	Ee	De	Ea	Da
Operative Gravità		1.3	1.3	1.5	1.5	-	-	-	-	-	-
Operative Ambientali		1.3	1.3	1.5	1.5	1.215	1.25	-	-	-	-
Estreme Ambientali	Max Compress	1.1	1.1	1.1	-	-	-	1.35	1.25	-	-
	Max Trazione	0.9	0.9	-	-	-	-	1.35	1.25	-	-
Eccezionali		1.0	1.0	1.0	-	-	-	-	-	1.0	1.25

Tabella 6-4: Fattori di azione parziale per l'analisi in servizio

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

6.2.3 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 6-5: Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari

6.2.4 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 6-6: Fattori di resistenza parziale per i nodi tubolari

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

6.2.5 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 collegamenti

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

6.3 CRITERI DI ACCETTAZIONE

Il progetto dei pali è stato redatto in accordo alle normative di riferimento, in particolare in accordo alle ISO 19902 Rif.[B4] (per le sezioni circolari).

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) 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)
- 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 DATI DI PROGETTO

I dati di progetto sono stati ricavati dal documento Dati Generali di Progetto Rif. [A2] e sono qui di seguito riassunti.

7.1 DATI GEOTECNICI

I dati geotecnici preliminari sono riportati nel documento [A9].

I parametri geotecnici di resistenza di progetto sono stati prudenzialmente penalizzati del 20%, considerando quindi l'80% dei valori registrati nell'indagine geotecnica attualmente disponibile.

La seguente tabella riassume i valori riportati nel Rif.[A2] con la penalizzazione assunta in progetto:

Profondità terreno m	Quota s.l.m. m	Z Lpile m	g' kN/m³	Cu kPa	F °
0.0 5.0	-14.0 -19.0	22.5 27.5	8 8	6 [5] 6 [5]	- -
5.0 10.0	-19.0 -24.0	22.5 27.5	8 8	18 [14] 18 [14]	- -
10.0 15.0	-24.0 -29.0	22.5 27.5	8 8	29 [24] 29 [24]	- -
15.0 16.5	-29.0 -30.5	22.5 27.5	8 8	- -	30°[25°] 30°[25°]
16.5 70.0	-30.5 -84.0	22.5 27.5	10 10	40 [32] 150 [120]	- -

Tabella 7-1: Parametri Geotecnici di progetto

NOTE:

- La profondità del mare in condizioni non dragate è assunta pari a14.0 m
- Le coordinate Z per il software Lpile sono positive, misurate partendo dalla testa palo assunto a quota + 8.25 m: Z_{Lpile} = |Quota s.l.m.| + 8.25 m
- I valori […] rappresentano le resistenze assunte in progetto penalizzate del 20%.

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

7.2 VENTO

VENTO DI PROGETTO (profilo API)	
Condizione Operativa	**Condizione Estrema**
32.9m/s a 10 m dal livello del mare	38.2m/s a 10 m dal livello del mare

7.3 ONDE

ONDA DI PROGETTO					
Condizione Operativa			**Condizione Estrema**		
Direzione	**H_{max} [m]**	**T [s]**	**Direzione**	**H_{max} [m]**	**T [s]**
Grecale - direzione 0°-90°	7.86	8.03	Grecale - direzione 0°-90°	9.31	8.32
Scirocco - direzione 91°-160°	5.80	8.03	Scirocco - direzione 91°-160°	6.90	8.32

7.4 CORRENTE

CORRENTE DI PROGETTO	
Condizione Operativa	**Condizione Estrema**
0.44m/s alla profondità di 10m	0.50m/s alla profondità di 10m
Direzione: 0° - 20° e 160°-180°	

7.5 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 densità 1.56 t/m^3

7.6 SPESSORE DI CORROSIONE

Per i pali si assume una corrosione di 4.0 mm in corrispondenza della zona di bagnasciuga e 1.0 mm per la zona interrata.

7.7 SISMICITA'

In conformità all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274 del 2003, la provincia di Ravenna era definita ricadere in un'area caratterizzata da una bassa sismicità, "zona 3".

I dati di dettaglio inerenti la sismicità riportati nel documento Rif. [A9], considerando per i pali delle passerelle un coefficiente di struttura q = 1.33.

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

8 ANALISI STATICA DEL MODELLO GLOBALE

8.1 GENERALITÀ CARICHI E COMBINAZIONI

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);
- Azioni Ambientali (E_0, D_0);
- Azioni Accidentale (E_e, D_e);

Fra le azioni permanenti rientrano:

- Peso proprio dei pali (condizione di carico DEAD o definito nel carico d'onda)
- Peso permanente portato dalle passerelle (corrimani, grigliati, dei cavi elettrici e il rivestimento antincendio e peso tubazioni)

Fra le azioni ambientali rientrano:

- Vento (sulla tubazione e sulla struttura)
- Deformazione termica tubazione con reazione punto fisso (dedotta dalle reazioni vincolari dell'analisi di stress)

Fra le azioni variabili rientrano:

- Carico accidentale sulle zone di passaggio

Fra le azioni eccezionali rientrano:

- Sismica

8.2 CARICHI PERMANENTI

8.2.1 Peso Proprio Strutturale - DEAZ

Il peso proprio dei pali e della struttura di supporto del riser (il perso della passerella è stato assegnato in termini di forza) viene automaticamente calcolato dal software SACS con una contingency del 15%.

La condizione di carico assegnata è:

- DEAZ: peso automatico Sacs
- Oppure implicito nella condizione di carico dell'onda

8.2.2 Pesi permanenti e variabili sulle passerelle

I carichi portati dalle passerelle tubo gas sono stati dedotti dalla relazione di calcolo [A13] che copre la verifica delle passerelle tipologiche PAS-TG2/TG3/TG5 eTG7. Dalle risultanti sono stati ricavati, facendo una proporzione tra le lunghezze, i carichi per le altre tipologie di passerelle.

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

I carichi portati dalle passerelle antincendio sono stati dedotti dalla relazione di calcolo [A15].

In tabella sono riassunti i carichi permanenti portati dalle passerelle.

PESO TOTALE DELLE PASSERELLE					
Passerella	**Luce**	**Condizione di carico [kN]**			
	[m]	VERT	PIOZ	Peso	LIVZ
Passerella tubo gas					
TG1	22	398	62	460	84
TG2	22	398	222	620	84
TG3	22	398	636	1034	84
TG4	13	235	50	285	50
TG5	25	325	137	462	97
TG7	25	325	147	472	97
Passerelle					
PAS	25	188	42	230	150

VERT permanenti incluso peso strutturale
PIOZ tubazione
LIVZ accidentale

Tabella 8-1: Pesi portati passerelle

La condizione di carico assegnata è:

- PASP: reazione verticale passerelle per carichi permanenti
- PASL: reazione verticale passerelle per carichi variabili (4 kN/m^2)

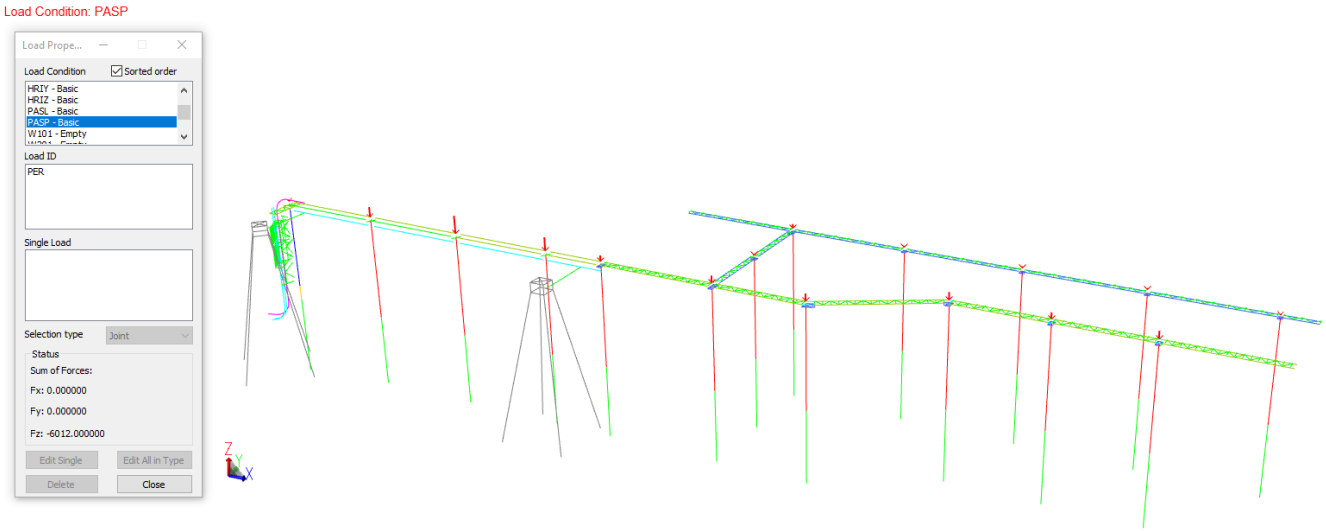


Figura 8-1: Carichi permanenti passerelle – PASP

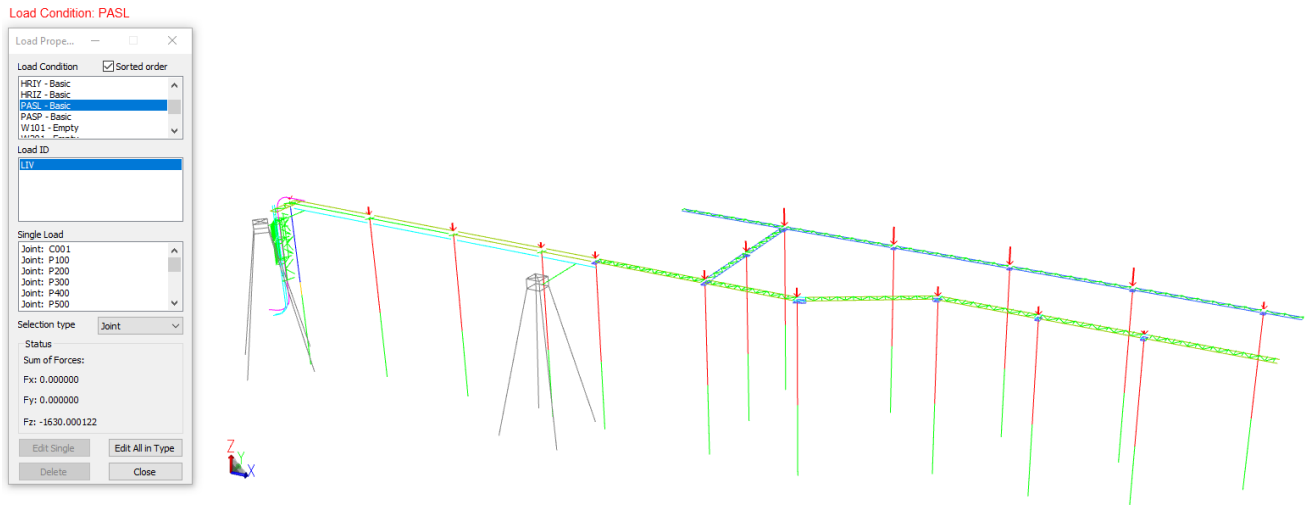


Figura 8-2: Carichi variabili passerelle – PASL

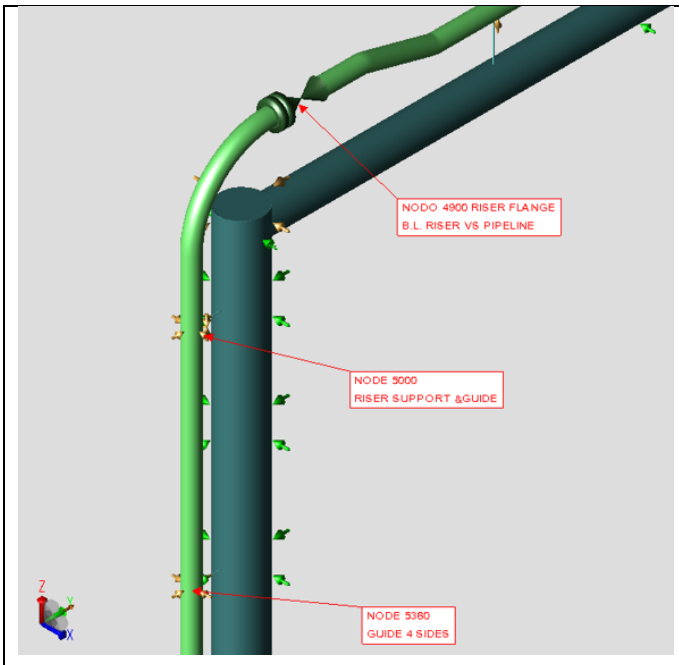
8.2.3 Peso piattaforma verricello

In corrispondenza dei due punti di appoggio della piattaforma verricello sono state applicate due forze pari a 150 kN con la condizione di carico PWIN rappresentative del peso della piattaforma pari a circa 30t e un carico uniformemente distribuito di 500 kg/m^2 sull'intera area.

Rtot = 2x150 = 300 kN

8.2.4 Reazioni flange di supporto riser

Le reazioni vincolari in corrispondenza dei supporti del riser sono state dedotte dall'analisi di stress Rif. [A11] e sono riassunte in tabella.



SUPPORTO		5000		
		Trasv.	Long.	Vert.
CONDIZIONE		Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
OPERATING	max	13	-21	-1
	min	-11	-319	-189
BLAST	max	96	-315	-134
	min	-95	-319	-134
SISMICA	max	30	-317	-150
	min	-29	-327	-152
SUSTAIN	max			-1
	min			-108

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

SUPPORTO		5360		
		Trasv.	Long.	Vert.
CONDIZIONE		Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
OPERATING	max	0	77	0
	min	-1	1	0
BLAST	max	5	73	0
	min	-7	1	0
SISMICA	max	7	81	0
	min	-8	65	0
SUSTAIN	max			0
	min			0

Figura 8-3: Reazioni flange di supporto riser

Le condizioni di carico implementate nel modello globale sono le seguenti:

- HRIX: forza longitudinale flangia superiore pari a 350 kN
- HRIY: forza trasversale flangia superiore pari a 100 kN
- HRIZ: forza verticale flangia superiore pari a 200 kN
- FRIX: forza longitudinale flangia inferiore pari a 100 kN
- FRIY: forza trasversale flangia inferiore pari a 10 kN

8.2.5 Reazioni punto fisso tubazioni

Le reazioni in corrispondenza dei punti fissi sono state dedotte dall'analisi di stress Rif. [A11] e risultano:

Punto fisso tubazione gas: operativo 150 kN
sismica 350 kN

Punto fisso antincendio: operativo/sismica 50 kN

Le condizioni di carico implementate nel modello globale sono le seguenti:

- LIMO: reazioni punto fisso in condizioni operative
- LIMS: reazioni punto fisso in condizioni sismiche

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

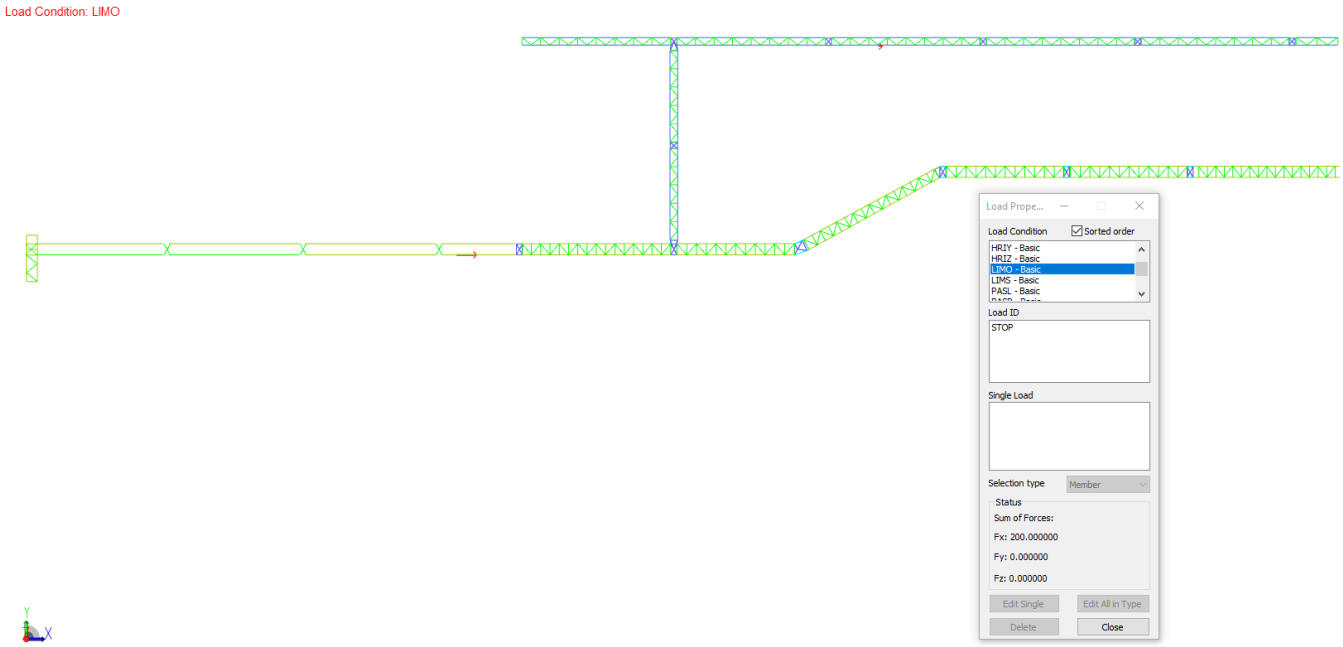


Figura 8-4: Reazioni punto fisso – Condizioni operative

8.3 CARICHI AMBIENTALI

8.3.1 Carichi di Vento

La risultante dell'azione trasversale del vento sulle passerelle è applicata in termini di risultante alla testa palo, ed è stata definita come:

$F_{wind} = p \times L \times H$

Dove:

p è la pressione del vento come da tabella (il valore di p è stato assegnato nelle combinazioni di carico per semplicità)

U_0 [m/sec]	z [m]	DESCRIPTION	t [sec]	C	U (z) [m/sec]	I_u (z)	u (z,t) [m/sec]	p [kN/m^2]
32,90	10,00	Reference height - OPE	60	0,140	32,9	0,14	40,90	1,02
38,20	10,00	Reference height - STORM	60	0,149	38,2	0,16	48,37	1,43

Tabella 8-2: Pressione del vento in accordo profilo API

L lunghezza passerella

H altezza area esposta al vento assunta pari a 1.5m (Cs=1.0)

La condizione di carico assegnata è:

- WINY vento trasversale sulle passerelle per pressione unitaria

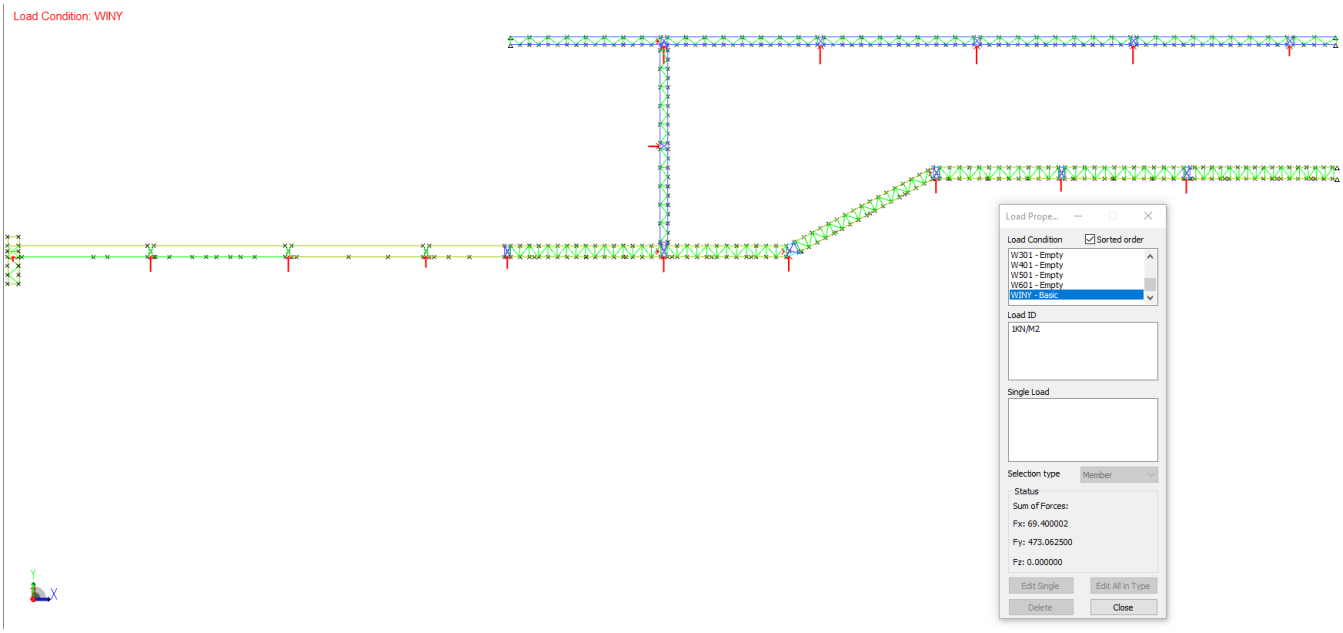


Figura 8-5: Azione del vento sulle passerelle (corrispondente a p=1 kN/m^2)

8.3.2 Carichi onda e corrente

Nella tabella sotto le condizioni d'onda definite nel modello definite al fine di massimizzare il taglio in corrispondenza dei singoli pali (le onde sono le stesse utilizzate nel modello di analisi degli spostamenti Rif. [A16]).

Condizione onda	Posizione cresta	altezza	periodo	direzione	fase	Condizione onda	Posizione cresta	altezza	periodo	direzione	fase
	palo	[m]	[sec]	[deg]	[deg]		palo	[m]	[sec]	[deg]	[deg]
condizione storm 100yrs						condizione operativa 10yrs					
W101	TG1	6,9	8,82	45	340	W401	TG1	5,8	8,82	45	340
W102	TG2	6,9	8,82	45	45	W402	TG2	5,8	8,82	45	45
W103	TG3	6,9	8,82	45	95	W403	TG3	5,8	8,82	45	95
W104	TG4	6,9	8,82	45	150	W404	TG4	5,8	8,82	45	150
W105	TG5	6,9	8,82	45	205	W405	TG5	5,8	8,82	45	205
W106	TG6	6,9	8,82	45	260	W406	TG6	5,8	8,82	45	260
W107	TG7	6,9	8,82	45	315	W407	TG7	5,8	8,82	45	315
W108	TG8	6,9	8,82	45	55	W408	TG8	5,8	8,82	45	55
W109	TG9	6,9	8,82	45	110	W409	TG9	5,8	8,82	45	110
W110	TG10	6,9	8,82	45	165	W410	TG10	5,8	8,82	45	165
W201	TG1 A TG7	9,31	8,82	90	350	W201	W501	7,86	8,82	90	350
W208	TG8 A TG10	9,31	8,82	90	35	W208	W502	7,86	8,82	90	35
W301	TG1	9,31	8,82	135	350	W301	W601	7,86	8,82	135	350
W302	TG2	9,31	8,82	135	300	W302	W602	7,86	8,82	135	300
W303	TG3	9,31	8,82	135	250	W303	W603	7,86	8,82	135	250
W304	TG4	9,31	8,82	135	195	W304	W604	7,86	8,82	135	195
W305	TG5	9,31	8,82	135	145	W305	W605	7,86	8,82	135	145
W306	TG6	9,31	8,82	135	95	W306	W606	7,86	8,82	135	95
W307	TG7	9,31	8,82	135	40	W307	W607	7,86	8,82	135	40
W308	TG8	9,31	8,82	135	15	W308	W608	7,86	8,82	135	15
W309	TG9	9,31	8,82	135	320	W309	W609	7,86	8,82	135	320
W310	TG10	9,31	8,82	135	270	W310	W610	7,86	8,82	135	270

Tabella 8-3: Condizioni di carico onde + corrente

Posizione della cresta: ad ogni condizione d'onda corrisponde una specifica posizione della cresta, definita specificando la fase dell'onda, che massimizza il taglio in corrispondenza del palo riportato nella colonna "Posizione della cresta".

A titolo di esempio: la condizione W101 definisce l'onda in condizioni storm diretta a 45° con cresta in corrispondenza del palo TG1 (palo di supporto del riser).

Le risultanti dei carichi d'onda sono riportate nel sottostante estratto del file di uscita del programma.

Le condizioni di carico d'onda non includono il peso della struttura che è invece definito con la condizione DEAZ.

8.4 RISULTANTI DEI CARICHI

Si riportano le risultanti delle condizioni di carico applicate su tutte le passerelle, come da paragrafi precedenti, nel seguente estratto di SACS.

```
                                  ************* SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *************
                                                RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN
 LOAD   LOAD        ********* X - DIRECTION *********      ********* Y - DIRECTION *********      ********* Z - DIRECTION *********
 CASE   LABEL       FORCE       X         Y         Z        FORCE       X         Y         Z        FORCE       X         Y         Z
                     (KN)      (M)       (M)       (M)        (KN)      (M)       (M)       (M)        (KN)      (M)       (M)       (M)
    1   DEAZ         0.00                                     0.00                                  -11806.41    75.70     4.99     -1.12
    2   W101      1382.84     15.16      1.06     -2.65     1151.46     10.39     1.10     -2.38      -20.05    -4.82    -4.98      0.44
    3   W201       471.69     54.83      0.34     -3.65     4307.19     66.38     4.00     -2.00      COUPLE
    4   W301     -1868.38     55.57      6.46     -1.78     1583.12     55.95     7.07     -1.37      COUPLE
```

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

5	W401	913.93	12.43	0.97	-2.85	747.38	4.43	0.80	-2.46	-22.95	-0.55	-1.79	-0.57
6	W501	338.54	56.27	1.03	-4.00	2831.92	71.29	5.47	-2.53	-28.63	-44.94	16.16	7.09
7	W601	-1225.09	44.12	4.27	-2.07	1017.24	42.87	4.59	-1.66	COUPLE			
8	W102	388.06	183.37	24.22	-3.99	268.18	230.97	31.65	-3.36	-68.69	2.37	-0.72	-1.29
9	W402	213.61	213.63	30.40	-5.08	123.36	315.08	47.45	-4.73	-54.57	2.85	-0.67	-1.37
10	W302	-2120.20	71.52	3.44	-2.37	1876.58	72.73	3.60	-2.13	122.90	-6.11	1.74	-2.00
11	W602	-1481.71	61.34	2.54	-3.12	1291.09	61.14	2.52	-2.90	97.61	-6.16	1.23	-1.74
12	W103	563.30	170.32	8.83	-3.62	453.42	186.07	9.09	-3.14	COUPLE			
13	W403	379.41	189.17	9.79	-3.97	300.05	211.38	10.23	-3.51	COUPLE			
14	W303	-674.42	68.38	0.70	-3.61	560.52	66.15	0.01	-3.11	17.10	-19.21	8.91	-3.62
15	W603	-726.82	92.65	5.32	-3.81	626.47	93.67	5.40	-3.48	17.95	-15.05	7.01	-4.03
16	W104	720.40	44.47	-4.05	-7.72	-227.58	20.43	-11.72	-9.01	COUPLE			
17	W404	644.88	54.13	-2.24	-7.14	-227.15	43.51	-6.92	-7.74	COUPLE			
18	W304	-286.23	38.80	13.74	-0.07	134.73	-8.64	22.19	6.03	21.31	53.24	-10.73	-7.07
19	W604	-117.67	61.32	22.69	-2.66	11.41	-86.62	183.19	27.04	15.25	40.27	-9.02	-6.39
20	W105	129.78	138.62	22.68	-3.30	7.62	890.54	291.85	36.83	21.51	34.50	-7.23	-6.16
21	W405	139.64	124.09	13.45	-4.52	41.44	203.46	31.96	-1.47	19.67	32.90	-5.54	-5.94
22	W305	-1420.45	79.03	-0.97	-0.55	1219.90	77.83	-1.75	0.09	-31.65	98.15	-26.88	13.41
23	W605	-731.01	79.58	0.45	-1.55	585.09	77.96	-0.63	-0.64	19.48	43.71	-0.75	-5.38
24	W106	462.55	33.98	3.43	-3.51	361.66	16.54	2.46	-2.87	37.55	-4.63	0.66	-2.39
25	W406	336.22	13.85	3.14	-3.78	255.82	-10.57	1.96	-3.14	42.08	-3.61	0.00	-1.92
26	W306	-696.69	107.96	4.28	-2.64	567.77	109.42	3.91	-1.96	COUPLE			
27	W606	-544.72	105.29	2.42	-2.02	438.87	106.60	1.77	-1.15	COUPLE			
28	W107	1285.27	15.20	-0.82	-3.10	1084.45	8.76	-1.18	-2.80	38.01	0.28	4.61	-1.48
29	W407	926.53	11.12	-0.84	-3.30	773.34	2.96	-1.31	-3.00	20.05	-0.53	5.78	-1.50
30	W307	-578.89	160.13	18.11	-1.44	420.98	188.39	22.31	-0.14	-135.88	0.27	-1.60	-1.67
31	W607	-376.41	149.67	15.88	-1.95	257.96	180.45	20.18	-0.49	-105.47	0.67	-1.85	-1.71
32	W108	387.26	206.09	23.57	-3.74	280.47	250.36	28.96	-3.09	-51.08	3.37	-1.44	-1.59
33	W408	216.07	249.58	29.59	-4.56	137.00	343.17	41.53	-3.91	-42.25	3.60	-1.32	-1.62
34	W208	283.60	82.83	4.40	-4.13	850.47	299.84	56.82	-0.47	-131.84	-0.38	1.42	-1.26
35	W508	243.96	80.80	4.25	-4.45	499.81	365.90	77.72	-1.49	-102.66	-0.56	1.93	-1.26
36	W308	-1208.58	78.84	11.12	-1.38	985.55	82.30	12.60	-0.69	-146.71	-0.86	-0.43	0.37
37	W608	-816.91	72.82	9.13	-1.93	657.34	74.84	10.29	-1.19	-109.96	-0.02	-0.58	-0.06
38	W109	639.02	155.90	5.19	-3.24	513.36	169.49	4.96	-2.66	COUPLE			
39	W409	438.82	171.78	5.78	-3.69	347.20	190.84	5.69	-3.15	COUPLE			
40	W309	-2272.00	56.90	2.29	-2.16	1986.24	57.06	2.28	-1.88	86.33	-9.05	5.55	-5.56
41	W609	-1500.47	50.99	2.35	-2.88	1285.63	50.29	2.33	-2.62	83.53	-5.86	-0.60	-1.69
42	W110	577.48	132.20	0.30	-2.22	425.86	147.15	-0.96	-1.12	16.81	56.77	-0.37	-5.85
43	W410	428.98	141.90	0.24	-2.91	313.84	160.93	-1.07	-1.96	13.01	47.48	1.83	-5.94
44	W310	-1206.73	80.73	3.51	-3.69	1066.46	80.93	3.60	-3.43	26.47	-15.12	10.00	-4.41
45	W610	-1098.06	87.82	5.50	-3.63	975.43	88.26	5.72	-3.39	29.01	-12.26	6.47	-3.78
46	PASP	0.00				0.00				-6012.00	100.89	9.27	8.22
47	PASL	0.00				0.00				-1630.00	118.75	17.66	8.22
48	HRIX	350.00	-3.00	-0.90	4.28	0.00				0.00			
49	HRIY	0.00				100.00	-3.00	-0.90	4.28	0.00			
50	HRIZ	0.00				0.00				-200.00	-3.00	-0.90	4.28
51	FRIX	100.00	-3.00	-0.90	-4.95	0.00				0.00			
52	FRIY	0.00				10.00	-3.00	-0.90	-4.95	0.00			
53	WINY	69.40	112.69	13.91	8.22	473.06	118.09	14.87	8.22	0.00			
54	LIMO	200.00	89.32	7.57	8.22	0.00				0.00			
55	LIMS	400.00	81.12	3.33	8.22	0.00				0.00			
56	PWIN	0.00				0.00				-300.00	4.00	-4.90	7.34

Tabella 8-4: Risultanti condizioni di carico elementari

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

8.5 COMBINAZIONI DI CARICO

Sono state generate le combinazioni di carico corrispondenti alle condizioni critiche tenendo conto della probabilità di simultanea occorrenza dei vari carichi.

Le combinazioni di carico allo SLU sono state generate secondo le ISO 19902 (Rif.[B4]) e le NTC2018 (Rif. [B1]) secondo quanto esposto al Par. 6.2.2.

Gli effetti dei carichi sulle strutture vengono poi utilizzati per eseguire le verifiche strutturali secondo le ISO 19902 Rif.[B4] (per le sezioni circolari) ed EN 1993 Rif.[B5] (per le sezioni I /H).

8.5.1 Combinazioni base

Il carico vento è stato definito con le seguenti combinazioni di carico:

LOAD COMB	LOAD CASES			
	DEAZ	PASP	HRIZ	PASL
WOPE				
WEXT				
TEST	0,900	0,900	0,900	0,900

Tabella 8-5: Combinazioni Base

8.5.2 Combinazioni Operative/Estreme SLU

Le combinazioni di carico operative/estreme SLU utilizzate per le verifiche strutturali sono:

- Ai fini di massimizzare la compressione sui pali Tabella 8-6

  (a favore di sicurezza le azioni trasversali del riser sono sempre combinate con fattore 1.5 con onda estrema/operativa)

- Ai fini di massimizzare le trazioni sui pali Tabella 8-6

  (azioni permanenti + azioni estreme vento/onda)

- Il peso della piattaforma verricello è stato combinato con i coefficienti delle azioni variabili

LOAD COMB	LOAD CONDITION				
	DEAZ	PASP	HRIZ	PWIN	PASL
0100	1,300	1,300	1,300	1,500	
0101	1,300	1,300	1,300	1,500	1,500
PEST	1,100	1,100	1,100	1,500	1,500
POPE	1,300	1,300	1,300	1,500	1,500

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

LOAD COMB	LOAD CONDITION					
	0101	HRIX	HRIY	FRIX	FRIY	LIMO
0200	1,000	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500
0201	1,000	-1,500	-1,500	1,500	1,500	1,500
0202	1,000	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500
0203	1,000	-1,500	1,500	1,500	-1,500	1,500
0204	1,000	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500
0205	1,000	-1,500	-1,500	1,500	1,500	-1,500
0206	1,000	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500
0207	1,000	-1,500	1,500	1,500	-1,500	-1,500

LOAD COMB																		
	PEST	POPE	WEXT	WOPE	HRIX	HRIY	FRIX	FRIY	LIMO	W101	W201	W301	W401	W501	W601	W102	W302	W402
0300	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,350								
0301	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500	1,350								
0302	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500	1,350								
0303	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500	1,350								
0304	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500		1,350							
0305	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500		1,350							
0306	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500		1,350							
0307	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500		1,350							
0308	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500			1,350						
0309	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500			1,350						
0310	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500			1,350						
0311	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500			1,350						
0312		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500				1,215					
0313		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500				1,215					
0314		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500				1,215					
0315		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500				1,215					
0316		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500					1,215				
0317		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500					1,215				
0318		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500					1,215				
0319		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500					1,215				
0320		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500						1,215			
0321		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500						1,215			
0322		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500						1,215			
0323		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500						1,215			
0400	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500							1,350		
0401	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500							1,350		
0402	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500							1,350		
0403	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500							1,350		
0408	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500								1,350	
0409	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500								1,350	
0410	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500								1,350	
0411	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500								1,350	
0412		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500									1,215
0413		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500									1,215
0414		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500									1,215
0415		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500									1,215

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

LOAD COMB	PEST	POPE	WEXT	WOPE	HRIX	HRIY	FRIX	FRIY	LIMO	W602	W103	W303	W403	W603	W104	W304	W404	W604	W105	W305	W405	W605
0420		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,215												
0421		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500	1,215												
0422		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500	1,215												
0423		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500	1,215												
0500	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500		1,350											
0501	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500		1,350											
0502	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500		1,350											
0503	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500		1,350											
0508	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500			1,350										
0509	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500			1,350										
0510	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500			1,350										
0511	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500			1,350										
0512		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500				1,215									
0513		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500				1,215									
0514		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500				1,215									
0515		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500				1,215									
0520		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500					1,215								
0521		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500					1,215								
0522		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500					1,215								
0523		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500					1,215								
0600	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500						1,350							
0601	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500						1,350							
0602	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500						1,350							
0603	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500						1,350							
0608	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500							1,350						
0609	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500							1,350						
0610	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500							1,350						
0611	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500							1,350						
0612		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500								1,215					
0613		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500								1,215					
0614		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500								1,215					
0615		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500								1,215					
0620		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500									1,215				
0621		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500									1,215				
0622		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500									1,215				
0623		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500									1,215				
0700	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500										1,350			
0701	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500										1,350			
0702	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500										1,350			
0703	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500										1,350			
0708	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500											1,350		
0709	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500											1,350		
0710	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500											1,350		
0711	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500											1,350		
0712		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500												1,215	
0713		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500												1,215	
0714		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500												1,215	
0715		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500												1,215	
0720		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500													1,215
0721		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500													1,215
0722		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500													1,215
0723		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500													1,215

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

LOAD COMB																							
	PEST	POPE	WEXT	WOPE	HRIX	HRIY	FRIX	FRIY	LIMO	W106	W306	W406	W606	W107	W307	W407	W607	W108	W208	W308	W408	W508	W608
0800	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,350													
0801	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500	1,350													
0802	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500	1,350													
0803	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500	1,350													
0808	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500		1,350												
0809	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500		1,350												
0810	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500		1,350												
0811	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500		1,350												
0812		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500			1,215											
0813		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500			1,215											
0814		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500			1,215											
0815		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500			1,215											
0820		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500				1,215										
0821		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500				1,215										
0822		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500				1,215										
0823		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500				1,215										
0900	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500					1,350									
0901	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500					1,350									
0902	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500					1,350									
0903	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500					1,350									
0908	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500						1,350								
0909	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500						1,350								
0910	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500						1,350								
0911	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500						1,350								
0912		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500							1,215							
0913		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500							1,215							
0914		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500							1,215							
0915		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500							1,215							
0920		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500								1,215						
0921		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500								1,215						
0922		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500								1,215						
0923		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500								1,215						
1000	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500									1,350					
1001	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500									1,350					
1002	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500									1,350					
1003	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500									1,350					
1004	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500										1,350				
1005	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500										1,350				
1006	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500										1,350				
1007	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500										1,350				
1008	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500											1,350			
1009	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500											1,350			
1010	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500											1,350			
1011	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500											1,350			
1012		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500												1,215		
1013		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500												1,215		
1014		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500												1,215		
1015		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500												1,215		
1016		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500													1,215	
1017		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500													1,215	
1018		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500													1,215	
1019		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500													1,215	
1020		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500														1,215
1021		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500														1,215
1022		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500														1,215
1023		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500														1,215

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

LOAD COMB	PEST	POPE	WEXT	WOPE	HRIX	HRIY	FRIX	FRIY	LIMO	W109	W309	W409	W609	W110	W310	W410	W610
1100	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,350							
1101	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500	1,350							
1102	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500	1,350							
1103	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500	1,350							
1108	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500		1,350						
1109	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500		1,350						
1110	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500		1,350						
1111	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500		1,350						
1112		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500			1,215					
1113		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500			1,215					
1114		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500			1,215					
1115		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500			1,215					
1120		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500				1,215				
1121		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500				1,215				
1122		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500				1,215				
1123		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500				1,215				
1200	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500					1,350			
1201	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500					1,350			
1202	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500					1,350			
1203	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500					1,350			
1208	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500						1,350		
1209	1,000		1,350		1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500						1,350		
1210	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500						1,350		
1211	1,000		-1,350		1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500						1,350		
1212		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500							1,215	
1213		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500							1,215	
1214		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500							1,215	
1215		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500							1,215	
1220		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500								1,215
1221		1,000		1,215	1,500	1,500	-1,500	-1,500	-1,500								1,215
1222		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500								1,215
1223		1,000		-1,215	1,500	-1,500	-1,500	1,500	-1,500								1,215

Tabella 8-6: Combinazioni SLU Operative ed Estreme – max Compressione

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

LOAD COMB	LOAD CASES																																
	TEST	W101	W201	W301	W401	W102	W302	W402	W103	W303	W403	W104	W304	W404	W105	W305	W405	W106	W306	W406	W107	W307	W407	W108	W208	W308	W408	W109	W309	W409	W110	W310	W410
T101	1,000	1,350																															
T102	1,000		1,350																														
T103	1,000			1,350																													
T104	1,000				1,350																												
T105	1,000					1,350																											
T106	1,000						1,350																										
T107	1,000							1,350																									
T108	1,000								1,350																								
T109	1,000									1,350																							
T110	1,000										1,350																						
T111	1,000											1,350																					
T112	1,000												1,350																				
T113	1,000													1,350																			
T114	1,000														1,350																		
T115	1,000															1,350																	
T116	1,000																1,350																
T117	1,000																	1,350															
T118	1,000																		1,350														
T119	1,000																			1,350													
T121	1,000																				1,350												
T122	1,000																					1,350											
T123	1,000																						1,350										
T124	1,000																							1,350									
T125	1,000																								1,350								
T126	1,000																									1,350							
T127	1,000																										1,350						
T128	1,000																											1,350					
T129	1,000																												1,350				
T130	1,000																													1,350			
T131	1,000																														1,350		
T132	1,000																															1,350	
T133	1,000																																1,350

Tabella 8-7: Combinazioni SLU Estreme – max trazione

Nel seguente estratto SACS sono riportate le risultanti delle combinazioni sopra elencate:

********** 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)
57	WOPE	70.79	112.69	13.91	8.22	482.52	118.09	14.87	8.22	0.00			
58	WEXT	99.24	112.69	13.91	8.22	676.48	118.09	14.87	8.22	0.00			
59	0100	0.00				0.00				-23873.93	81.74	6.14	2.16
60	0101	0.00				0.00				-26318.93	85.18	7.21	2.72
61	0200	675.00	38.03	2.86	8.09	135.00				-26318.93	85.18	7.21	2.72
62	0201	-75.00				-135.00				-26318.93	85.18	7.21	2.72
63	0202	675.00	38.03	2.86	8.09	-135.00				-26318.93	85.18	7.21	2.72
64	0203	-75.00				135.00				-26318.93	85.18	7.21	2.72
65	0204	75.00				135.00				-26318.93	85.18	7.21	2.72
66	0205	-675.00	38.03	2.86	8.09	-135.00				-26318.93	85.18	7.21	2.72
67	0206	75.00				-135.00				-26318.93	85.18	7.21	2.72
68	0207	-675.00	38.03	2.86	8.09	135.00				-26318.93	85.18	7.21	2.72
69	PEST	0.00				0.00				-22715.25	85.48	7.35	2.83
70	POPE	0.00				0.00				-26318.93	85.18	7.21	2.72
71	0300	2675.81	25.81	2.16	0.60	2602.72	47.48	5.83	1.74	-22742.32	85.38	7.33	2.82
72	0301	2075.81	7.46	0.60	-1.60	2602.72	47.48	5.83	1.74	-22742.32	85.38	7.33	2.82
73	0302	2407.85	16.15	0.85	-0.25	506.22	-180.34	-23.21	-23.55	-22742.32	85.38	7.33	2.82
74	0303	1807.85	-8.14	-1.37	-3.05	506.22	-180.34	-23.21	-23.55	-22742.32	85.38	7.33	2.82
75	0304	1445.76	52.35	2.78	2.93	6862.95	71.90	5.35	-0.49	-22736.04	85.30	7.37	2.84
76	0305	845.76	26.12	-0.62	-0.83	6862.95	71.90	5.35	-0.49	-22736.04	85.30	7.37	2.84
77	0306	1177.80	38.62	0.24	1.72	4766.46	58.44	2.05	-4.16	-22736.04	85.30	7.37	2.84
78	0307	577.80	-14.02	-7.36	-5.02	4766.46	58.44	2.05	-4.16	-22736.04	85.30	7.37	2.84
79	0308	-1713.33	58.02	7.30	-6.45	3185.45	71.26	8.97	1.66	-22698.20	85.56	7.37	2.83
80	0309	-2313.33	66.14	7.37	-2.64	3185.45	71.26	8.97	1.66	-22698.20	85.56	7.37	2.83
81	0310	-1981.28	65.41	8.19	-4.46	1088.96	11.14	1.52	-10.24	-22698.20	85.56	7.37	2.83
82	0311	-2581.28	70.97	8.05	-1.52	1088.96	11.14	1.52	-10.24	-22698.20	85.56	7.37	2.83
83	0312	1871.43	26.27	2.25	1.61	1629.33	44.71	5.72	2.03	-22743.13	85.38	7.34	2.82
84	0313	1271.43	-3.48	-0.26	-1.52	1629.33	44.71	5.72	2.03	-22743.13	85.38	7.34	2.82
85	0314	1699.42	17.53	1.07	0.94	COUPLE				-22743.13	85.38	7.34	2.82
86	0315	1099.42	-21.66	-2.48	-3.04	COUPLE				-26346.81	85.08	7.20	2.72
87	0316	1172.33	49.91	3.03	3.85	4162.04	75.47	6.58	-0.76	-26353.72	85.00	7.22	2.73
88	0317	572.33	8.59	-1.73	-0.72	4162.04	75.47	6.58	-0.76	-26353.72	85.00	7.22	2.73
89	0318	1000.32	39.11	1.16	3.10	2719.51	64.88	3.75	-5.23	-26353.72	85.00	7.22	2.73
90	0319	400.32	-36.14	-8.45	-4.56	2719.51	64.88	3.75	-5.23	-26353.72	85.00	7.22	2.73
91	0320	-727.48	41.67	4.43	-12.70	1957.21	62.24	7.29	1.78	-26330.88	85.15	7.21	2.72
92	0321	-1327.48	63.21	5.85	-3.25	1957.21	62.24	7.29	1.78	-26330.88	85.15	7.21	2.72
93	0322	-899.50	55.25	6.24	-8.70	514.68	-30.78	-5.69	-14.75	-26330.88	85.15	7.21	2.72
94	0323	-1499.50	68.88	6.77	-1.93	514.68	-30.78	-5.69	-14.75	-26330.88	85.15	7.21	2.72
95	0400	1332.85	102.66	12.37	3.35	1410.29	135.48	17.67	4.97	-22807.99	85.15	7.31	2.81
96	0401	732.85	113.58	16.30	-0.63	1410.29	135.48	17.67	4.97	-22807.99	85.15	7.31	2.81
97	0402	1064.90	100.14	11.98	2.13	-686.21	34.71	2.92	13.76	-22807.99	85.15	7.31	2.81
98	0403	464.90	114.10	17.67	-5.73	-686.21	34.71	2.92	13.76	-22807.99	85.15	7.31	2.81
99	0408	-2053.29	79.84	2.95	-6.50	3581.63	81.44	6.31	0.79	-22549.33	86.16	7.39	2.86
100	0409	-2653.29	81.98	4.00	-3.17	3581.63	81.44	6.31	0.79	-22549.33	86.16	7.39	2.86
101	0410	-2321.24	83.63	4.22	-4.80	1485.14	51.72	-2.92	-9.16	-22549.33	86.16	7.39	2.86
102	0411	-2921.24	84.80	4.91	-2.13	1485.14	51.72	-2.92	-9.16	-22549.33	86.16	7.39	2.86
103	0412	1020.54	88.98	10.80	4.75	871.14	133.22	18.03	5.54	-26385.23	84.97	7.19	2.71
104	0413	420.54	88.50	15.40	-0.20	871.14	133.22	18.03	5.54	-26385.23	84.97	7.19	2.71
105	0414	848.52	84.17	10.17	4.05	-571.39	37.81	2.60	10.93	-26385.23	84.97	7.19	2.71
106	0415	COUPLE				-571.39	37.81	2.60	10.93	-26385.23	84.97	7.19	2.71
107	0420	-1039.28	72.23	1.39	-11.34	2289.94	71.94	5.48	0.43	-26200.34	85.59	7.24	2.74
108	0421	-1639.28	78.49	3.65	-4.18	2289.94	71.94	5.48	0.43	-26200.34	85.59	7.24	2.74
109	0422	-1211.29	77.98	3.17	-8.56	847.41	31.95	-5.48	-11.91	-26200.34	85.59	7.24	2.74
110	0423	-1811.29	81.74	4.63	-3.00	847.41	31.95	-5.48	-11.91	-26200.34	85.59	7.24	2.74
111	0500	1569.44	108.50	6.70	2.42	1660.37	133.31	11.46	3.79	-22716.30	85.49	7.34	2.83
112	0501	969.44	120.38	6.16	-1.16	1660.37	133.31	11.46	3.79	-22716.30	85.49	7.34	2.83
113	0502	1301.48	107.64	5.21	1.23	-436.13	-14.81	18.11	23.27	-22716.30	85.49	7.34	2.83
114	0503	701.48	123.31	3.20	-4.75	-436.13	-14.81	18.11	23.27	-22716.30	85.49	7.34	2.83
115	0508	COUPLE				1804.95	87.26	7.46	3.25	-22692.16	85.59	7.34	2.83
116	0509	-701.49	107.03	1.97	-7.00	1804.95	87.26	7.46	3.25	-22692.16	85.59	7.34	2.83
117	0510	-369.44	139.90	1.54	-20.69	-291.55	196.83	46.15	36.28	-22692.16	85.59	7.34	2.83
118	0511	-969.44	108.60	5.27	-2.80	-291.55	196.83	46.15	36.28	-22692.16	85.59	7.34	2.83
119	0512	1221.99	100.30	6.25	3.55	1085.82	134.35	11.35	3.92	-26319.37	85.18	7.21	2.72
120	0513	621.99	110.90	4.98	-0.96	1085.82	134.35	11.35	3.92	-26319.37	85.18	7.21	2.72
121	0514	1049.98	98.27	5.00	2.78	-356.71	-23.08	13.64	19.11	-26319.37	85.18	7.21	2.72
122	0515	449.98	110.21	1.57	-4.47	-356.71	-23.08	13.64	19.11	-26319.37	85.18	7.21	2.72
123	0520	COUPLE				1482.42	94.52	8.57	1.95	-26297.13	85.26	7.21	2.73
124	0521	-722.08	138.56	8.47	-6.37	1482.42	94.52	8.57	1.95	-26297.13	85.26	7.21	2.73
125	0522	-294.10	223.88	13.48	-27.60	COUPLE				-26297.13	85.26	7.21	2.73
126	0523	-894.10	133.58	9.51	-3.56	COUPLE				-26297.13	85.26	7.21	2.73
127	0600	1781.52	47.16	-0.08	-0.53	741.01	136.52	23.03	14.83	-22709.00	85.49	7.35	2.83
128	0601	1181.52	25.75	-3.97	-4.98	741.01	136.52	23.03	14.83	-22709.00	85.49	7.35	2.83
129	0602	1513.56	35.56	-2.56	-2.08	-1355.48	83.89	7.27	4.03	-22709.00	85.49	7.35	2.83
130	0603	913.56	0.25	-9.21	-8.85	-1355.48	83.89	7.27	4.03	-22709.00	85.49	7.35	2.83
131	0608	422.57	61.00	-3.58	15.59	1230.13	86.06	14.22	7.58	-22686.49	85.52	7.37	2.84
132	0609	COUPLE				1230.13	86.06	14.22	7.58	-22686.49	85.52	7.37	2.84
133	0610	COUPLE				-866.37	125.82	10.88	8.23	-22686.49	85.52	7.37	2.84
134	0611	-445.38	130.25	21.96	1.23	-866.37	125.82	10.88	8.23	-22686.49	85.52	7.37	2.84
135	0612	1544.53	50.36	0.89	0.37	445.28	127.60	23.60	17.23	-26313.58	85.18	7.21	2.72
136	0613	944.53	25.61	-3.35	-4.62	445.28	127.60	23.60	17.23	-26313.58	85.18	7.21	2.72
137	0614	1372.52	42.54	-0.74	-0.61	-997.25	81.06	6.71	3.41	-26313.58	85.18	7.21	2.72
138	0615	772.52	6.22	-7.19	-7.47	-997.25	81.06	6.71	3.41	-26313.58	85.18	7.21	2.72
139	0620	618.04	43.03	-0.18	10.59	735.13	91.99	15.15	8.04	-26300.40	85.21	7.22	2.73
140	0621	COUPLE				735.13	91.99	15.15	8.04	-26300.40	85.21	7.22	2.73
141	0622	446.02	16.17	-5.62	11.51	-707.40	98.99	8.56	7.30	-26300.40	85.21	7.22	2.73
142	0623	COUPLE				-707.40	98.99	8.56	7.30	-26300.40	85.21	7.22	2.73

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

143	0700	984.18	66.10	7.90	6.08	1058.53	110.15	15.55	8.13	-22686.22	85.55	7.36	2.84
144	0701	384.18	29.84	8.41	2.73	1058.53	110.15	15.55	8.13	-22686.22	85.55	7.36	2.84
145	0702	716.22	48.67	5.65	5.28	-1037.96	94.68	10.08	7.56	-22686.22	85.55	7.36	2.84
146	0703	COUPLE				-1037.96	94.68	10.08	7.56	-22686.22	85.55	7.36	2.84
147	0708	-1108.63	99.92	-5.10	-6.87	2695.11	87.42	3.93	3.11	-22757.97	85.51	7.28	2.85
148	0709	-1708.63	96.20	-0.65	-1.57	2695.11	87.42	3.93	3.11	-22757.97	85.51	7.28	2.85
149	0710	-1376.58	102.41	-1.40	-3.93	598.62	34.63	-27.30	-13.50	-22757.97	85.51	7.28	2.85
150	0711	-1976.58	98.44	1.32	-0.24	598.62	34.63	-27.30	-13.50	-22757.97	85.51	7.28	2.85
151	0712	930.68	60.62	5.82	5.80	771.61	102.47	13.23	7.08	-26295.03	85.22	7.22	2.73
152	0713	330.68	8.55	2.63	1.41	771.61	102.47	13.23	7.08	-26295.03	85.22	7.22	2.73
153	0714	758.66	48.81	3.98	5.25	-670.92	87.32	10.42	8.36	-26295.03	85.22	7.22	2.73
154	0715	COUPLE				-670.92	87.32	10.42	8.36	-26295.03	85.22	7.22	2.73
155	0720	COUPLE				1432.15	86.75	5.69	3.55	-26295.26	85.21	7.22	2.73
156	0721	-727.17	122.27	2.49	-3.59	1432.15	86.75	5.69	3.55	-26295.26	85.21	7.22	2.73
157	0722	-299.18	182.84	-1.12	-20.47	COUPLE				-26295.26	85.21	7.22	2.73
158	0723	-899.18	120.44	4.68	-1.33	COUPLE				-26295.26	85.21	7.22	2.73
159	0800	1433.43	43.24	4.14	3.05	1536.49	75.18	9.54	4.44	-22664.55	85.69	7.36	2.84
160	0801	833.43	10.07	1.68	-0.67	1536.49	75.18	9.54	4.44	-22664.55	85.69	7.36	2.84
161	0802	1165.47	27.28	1.90	1.86	-560.01	177.43	21.89	17.18	-22664.55	85.69	7.36	2.84
162	0803	565.47	-38.55	-4.12	-4.89	-560.01	177.43	21.89	17.18	-22664.55	85.69	7.36	2.84
163	0808	COUPLE				1814.74	105.42	9.07	3.70	-22717.96	85.52	7.33	2.83
164	0809	-731.56	156.33	6.52	-5.62	1814.74	105.42	9.07	3.70	-22717.96	85.52	7.33	2.83
165	0810	-399.51	227.70	9.90	-17.12	-281.75	83.65	37.14	34.52	-22717.96	85.52	7.33	2.83
166	0811	-999.51	144.63	8.50	-1.91	-281.75	83.65	37.14	34.52	-22717.96	85.52	7.33	2.83
167	0812	1169.52	35.07	3.77	3.95	1032.09	63.50	8.92	4.42	-26267.80	85.35	7.22	2.73
168	0813	569.52	-22.08	-0.23	-0.54	1032.09	63.50	8.92	4.42	-26267.80	85.35	7.22	2.73
169	0814	997.50	21.69	2.02	3.22	-410.45	175.69	19.46	15.86	-26267.80	85.35	7.22	2.73
170	0815	397.50	-80.40	-6.35	-4.34	-410.45	175.69	19.46	15.86	-26267.80	85.35	7.22	2.73
171	0820	COUPLE				1254.49	100.17	7.61	3.93	-26323.32	85.19	7.20	2.72
172	0821	-500.82	175.54	6.02	-5.13	1254.49	100.17	7.61	3.93	-26323.32	85.19	7.20	2.72
173	0822	COUPLE				COUPLE				-26323.32	85.19	7.20	2.72
174	0823	-672.84	159.47	8.04	-1.72	COUPLE				-26323.32	85.19	7.20	2.72
175	0900	2544.09	26.39	0.93	0.47	2512.25	47.87	4.67	1.64	-22663.93	85.68	7.35	2.84
176	0901	1944.09	6.97	-1.12	-1.93	2512.25	47.87	4.67	1.64	-22663.93	85.68	7.35	2.84
177	0902	2276.14	16.23	-0.60	-0.45	415.76	-227.58	-36.53	-29.65	-22663.93	85.68	7.35	2.84
178	0903	1676.14	-9.93	-3.52	-3.55	415.76	-227.58	-36.53	-29.65	-22663.93	85.68	7.35	2.84
179	0908	COUPLE				1616.57	132.69	16.17	5.04	-22898.69	84.80	7.27	2.79
180	0909	-572.52	240.98	26.02	-4.81	1616.57	132.69	16.17	5.04	-22898.69	84.80	7.27	2.79
181	0910	-240.47	476.43	58.56	-22.80	-479.93	0.77	1.62	17.30	-22898.69	84.80	7.27	2.79
182	0911	-840.47	200.08	22.16	-0.66	-479.93	0.77	1.62	17.30	-22898.69	84.80	7.27	2.79
183	0912	1886.74	25.38	1.16	1.30	1660.87	43.11	4.44	1.63	-26294.57	85.25	7.21	2.73
184	0913	1286.74	-4.44	-1.83	-1.93	1660.87	43.11	4.44	1.63	-26294.57	85.25	7.21	2.73
185	0914	1714.72	16.62	-0.12	0.60	COUPLE				-26294.57	85.25	7.21	2.73
186	0915	1114.72	-22.52	-4.26	-3.50	COUPLE				-26294.57	85.25	7.21	2.73
187	0920	303.67	-108.95	-13.61	23.24	1034.68	121.18	14.42	5.20	-26447.08	84.77	7.17	2.70
188	0921	-296.33	292.50	29.27	-7.17	1034.68	121.18	14.42	5.20	-26447.08	84.77	7.17	2.70
189	0922	COUPLE				-407.85	30.08	5.57	13.95	-26447.08	84.77	7.17	2.70
190	0923	-468.35	226.46	23.63	-1.52	-407.85	30.08	5.57	13.95	-26447.08	84.77	7.17	2.70
191	1000	1331.78	111.51	12.10	3.46	1426.88	141.73	17.12	4.94	-22784.21	85.24	7.32	2.81
192	1001	731.78	129.71	15.82	-0.45	1426.88	141.73	17.12	4.94	-22784.21	85.24	7.32	2.81
193	1002	1063.83	111.22	11.65	2.26	-669.62	18.88	3.73	14.03	-22784.21	85.24	7.32	2.81
194	1003	463.83	139.55	16.92	-5.45	-669.62	18.88	3.73	14.03	-22784.21	85.24	7.32	2.81
195	1004	1191.83	60.81	4.60	4.18	2196.38	205.65	35.83	3.50	-22893.23	84.82	7.30	2.80
196	1005	591.83	31.92	1.59	0.08	2196.38	205.65	35.83	3.50	-22893.23	84.82	7.30	2.80
197	1006	923.88	45.77	1.90	3.00	COUPLE				-22893.23	84.82	7.30	2.80
198	1007	323.88	-34.91	-8.61	-6.66	COUPLE				-22893.23	84.82	7.30	2.80
199	1008	-822.61	106.81	17.45	-10.72	2378.74	91.20	12.71	3.07	-22913.30	84.74	7.28	2.81
200	1009	-1422.61	99.43	13.28	-2.73	2378.74	91.20	12.71	3.07	-22913.30	84.74	7.28	2.81
201	1010	-1090.56	108.26	16.58	-6.07	282.24	7.31	11.70	-32.38	-22913.30	84.74	7.28	2.81
202	1011	-1690.56	101.54	13.38	-1.00	282.24	7.31	11.70	-32.38	-22913.30	84.74	7.28	2.81
203	1012	1023.53	98.56	10.65	4.85	887.72	141.88	17.47	5.50	-26370.26	85.02	7.19	2.71
204	1013	423.53	111.66	15.01	0.09	887.72	141.88	17.47	5.50	-26370.26	85.02	7.19	2.71
205	1014	851.52	95.71	9.99	4.17	-554.82	21.10	3.04	11.15	-26370.26	85.02	7.19	2.71
206	1015	COUPLE				-554.82	21.10	3.04	11.15	-26370.26	85.02	7.19	2.71
207	1016	1057.42	56.09	4.15	4.58	1328.54	219.06	42.00	3.49	-26443.66	84.77	7.19	2.70
208	1017	457.42	12.51	-0.33	-0.19	1328.54	219.06	42.00	3.49	-26443.66	84.77	7.19	2.70
209	1018	885.40	45.10	2.25	3.88	COUPLE				-26443.66	84.77	7.19	2.70
210	1019	285.40	-47.87	-8.92	-5.26	COUPLE				-26443.66	84.77	7.19	2.70
211	1020	COUPLE				1519.94	84.61	11.07	3.02	-26452.53	84.74	7.17	2.71
212	1021	-831.54	108.84	12.60	-3.79	1519.94	84.61	11.07	3.02	-26452.53	84.74	7.17	2.71
213	1022	-403.56	139.50	20.63	-16.52	COUPLE				-26452.53	84.74	7.17	2.71
214	1023	-1003.56	109.50	12.82	-1.73	COUPLE				-26452.53	84.74	7.17	2.71
215	1100	1671.66	104.84	4.95	2.25	1741.28	129.16	9.71	3.67	-22715.34	85.50	7.33	2.83
216	1101	1071.66	113.53	3.48	-1.09	1741.28	129.16	9.71	3.67	-22715.34	85.50	7.33	2.83
217	1102	1403.71	103.34	3.24	1.11	-355.21	-28.21	28.21	28.33	-22715.34	85.50	7.33	2.83
218	1103	803.71	113.81	0.00	-4.19	-355.21	-28.21	28.21	28.33	-22715.34	85.50	7.33	2.83
219	1108	-2258.22	59.23	1.42	-5.84	3729.67	69.83	5.24	0.85	-22598.71	85.97	7.36	2.87
220	1109	-2858.22	65.55	2.71	-2.89	3729.67	69.83	5.24	0.85	-22598.71	85.97	7.36	2.87
221	1110	-2526.18	64.90	2.75	-4.35	1633.17	27.90	-4.51	-8.12	-22598.71	85.97	7.36	2.87
222	1111	-3126.18	69.59	3.67	-1.94	1633.17	27.90	-4.51	-8.12	-22598.71	85.97	7.36	2.87
223	1112	1294.18	98.09	4.80	3.24	1143.12	130.64	9.62	3.68	-26317.32	85.19	7.20	2.72
224	1113	694.18	105.68	2.40	-1.06	1143.12	130.64	9.62	3.68	-26317.32	85.19	7.20	2.72
225	1114	1122.16	95.86	3.40	2.48	-299.41	-39.01	20.70	22.93	-26317.32	85.19	7.20	2.72
226	1115	522.16	103.37	-1.39	-4.11	-299.41	-39.01	20.70	22.93	-26317.32	85.19	7.20	2.72
227	1120	-1062.06	54.23	1.09	-10.74	2283.31	64.55	5.36	0.64	-26217.44	85.53	7.24	2.74
228	1121	-1662.06	66.90	3.43	-3.90	2283.31	64.55	5.36	0.64	-26217.44	85.53	7.24	2.74
229	1122	-1234.08	62.38	2.88	-8.10	840.78	11.57	-5.91	-11.44	-26217.44	85.53	7.24	2.74
230	1123	-1834.08	71.19	4.41	-2.76	840.78	11.57	-5.91	-11.44	-26217.44	85.53	7.24	2.74
231	1200	1588.58	90.54	2.54	3.04	1623.16	118.31	7.95	4.67	-22692.55	85.51	7.35	2.84
232	1201	988.58	91.28	-0.51	-0.10	1623.16	118.31	7.95	4.67	-22692.55	85.51	7.35	2.84
233	1202	1320.62	86.05	0.23	1.99	-473.34	48.26	29.60	18.73	-22692.55	85.51	7.35	2.84

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

234	1203	720.62	83.32	-5.88	-3.20	-473.34	48.26	29.60	18.73	-22692.55	85.51	7.35	2.84
235	1208	-820.11	110.64	2.34	-15.33	2487.97	90.02	7.49	1.32	-22679.52	85.64	7.34	2.84
236	1209	-1420.11	101.63	4.55	-5.38	2487.97	90.02	7.49	1.32	-22679.52	85.64	7.34	2.84
237	1210	-1088.07	111.15	5.19	-9.53	391.48	23.19	-21.16	-33.62	-22679.52	85.64	7.34	2.84
238	1211	-1688.07	103.39	6.04	-3.22	391.48	23.19	-21.16	-33.62	-22679.52	85.64	7.34	2.84
239	1212	1282.22	85.26	2.54	3.62	1102.58	118.08	7.43	4.34	-26303.12	85.20	7.21	2.73
240	1213	682.22	81.70	-1.88	-0.42	1102.58	118.08	7.43	4.34	-26303.12	85.20	7.21	2.73
241	1214	1110.20	81.01	0.78	2.91	-339.95	21.95	26.49	18.48	-26303.12	85.20	7.21	2.73
242	1215	510.20	71.24	-7.21	-3.33	-339.95	21.95	26.49	18.48	-26303.12	85.20	7.21	2.73
243	1220	-573.13	142.73	7.35	-19.20	1906.42	90.97	8.06	0.79	-26283.68	85.31	7.21	2.73
244	1221	-1173.13	115.41	7.46	-5.18	1906.42	90.97	8.06	0.79	-26283.68	85.31	7.21	2.73
245	1222	-745.15	135.80	8.86	-12.87	463.88	77.12	-3.93	-20.60	-26283.68	85.31	7.21	2.73
246	1223	-1345.15	115.07	8.29	-3.46	463.88	77.12	-3.93	-20.60	-26283.68	85.31	7.21	2.73

Tabella 8-8: Risultanti combinazioni di carico- max compressioni

********** 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)
59	TEST	0.00				0.00				-17683.57	86.18	7.29	2.57
60	T101	1866.83	15.16	1.06	-2.65	1554.47	10.39	1.10	-2.38	-17710.64	86.04	7.27	2.57
61	T102	636.78	54.83	0.34	-3.65	5814.70	66.38	4.00	-2.00	-17704.36	85.94	7.32	2.59
62	T103	-2522.31	55.57	6.46	-1.78	2137.21	55.95	7.07	-1.37	-17666.51	86.27	7.32	2.58
63	T104	1233.81	12.43	0.97	-2.85	1008.96	4.43	0.80	-2.46	-17714.54	86.02	7.27	2.56
64	T105	523.88	183.37	24.22	-3.99	362.04	230.97	31.65	-3.36	-17776.30	85.74	7.25	2.55
65	T106	-2862.27	71.52	3.44	-2.37	2533.38	72.73	3.60	-2.13	-17517.65	87.05	7.34	2.61
66	T107	288.37	213.63	30.40	-5.08	COUPLE				-17757.24	85.83	7.26	2.55
67	T108	760.46	170.32	8.83	-3.62	612.12	186.07	9.09	-3.14	-17684.62	86.19	7.28	2.57
68	T109	-910.47	68.38	0.70	-3.61	756.70	66.15	0.01	-3.11	-17660.48	86.31	7.29	2.58
69	T110	512.21	189.17	9.79	-3.97	405.06	211.38	10.23	-3.51	-17684.05	86.19	7.28	2.57
70	T111	972.54	44.47	-4.05	-7.72	-307.24	20.43	-11.72	-9.01	-17677.31	86.19	7.30	2.57
71	T112	-386.40	38.80	13.74	-0.07	181.88	-8.64	22.19	6.03	-17654.80	86.23	7.32	2.59
72	T113	870.59	54.13	-2.24	-7.14	-306.65	43.51	-6.92	-7.74	-17677.63	86.19	7.30	2.57
73	T114	COUPLE				COUPLE				-17654.53	86.26	7.31	2.58
74	T115	-1917.61	79.03	-0.97	-0.55	1646.87	77.83	-1.75	0.09	-17726.29	86.21	7.21	2.60
75	T116	188.52	124.09	13.45	-4.52	COUPLE				-17657.02	86.26	7.31	2.58
76	T117	624.45	33.98	3.43	-3.51	488.24	16.54	2.46	-2.87	-17632.87	86.44	7.31	2.58
77	T118	-940.53	107.96	4.28	-2.64	766.49	109.42	3.91	-1.96	-17686.27	86.23	7.27	2.57
78	T119	453.90	13.85	3.14	-3.78	345.36	-10.57	1.96	-3.14	-17626.75	86.47	7.31	2.58
79	T121	1735.11	15.20	-0.82	-3.10	1464.00	8.76	-1.18	-2.80	-17632.25	86.43	7.30	2.58
80	T122	-781.50	160.13	18.11	-1.44	568.32	188.39	22.31	-0.14	-17867.01	85.29	7.20	2.53
81	T123	1250.81	11.12	-0.84	-3.30	1044.00	2.96	-1.31	-3.00	-17656.50	86.31	7.29	2.58
82	T124	522.80	206.09	23.57	-3.74	378.63	250.36	28.96	-3.09	-17752.53	85.85	7.26	2.55
83	T125	382.86	82.83	4.40	-4.13	1148.13	299.84	56.82	-0.47	-17861.55	85.31	7.23	2.53
84	T126	-1631.58	78.84	11.12	-1.38	1330.49	82.30	12.60	-0.69	-17881.62	85.21	7.20	2.55
85	T127	291.70	249.58	29.59	-4.56	184.94	343.17	41.53	-3.91	-17740.60	85.91	7.26	2.56
86	T128	862.68	155.90	5.19	-3.24	693.04	169.49	4.96	-2.66	-17683.65	86.19	7.28	2.57
87	T129	-3067.20	56.90	2.29	-2.16	2681.42	57.06	2.28	-1.88	-17567.02	86.81	7.30	2.62
88	T130	592.41	171.78	5.78	-3.69	468.72	190.84	5.69	-3.15	-17681.78	86.19	7.28	2.57
89	T131	779.60	132.20	0.30	-2.22	574.91	147.15	-0.96	-1.12	-17660.87	86.21	7.30	2.58
90	T132	-1629.09	80.73	3.51	-3.69	1439.73	80.93	3.60	-3.43	-17647.83	86.38	7.28	2.58
91	T133	579.12	141.90	0.24	-2.91	423.68	160.93	-1.07	-1.96	-17666.00	86.22	7.30	2.58

Tabella 8-9: Risultanti combinazioni di carico- max trazioni

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

8.6 RISULTATI DELL'ANALISI

I risultati dell'analisi statica in servizio sono riportati in questo paragrafo.

Questi consistono in:

- Verifiche strutturali dei pali sopra il fondale
- Verifica dei nodi tra palo ed elemento tubolare di collegamento
- Tagli e momenti in testa al palo di fondazione

8.6.1 Verifiche strutturali dei pali

Vengono riportate le verifiche di resistenza degli elementi presenti nel modello SACS.

Le verifiche sono superate se gli elementi soddisfano i criteri previsti dalle ISO 19902 Rif.[B4] (per le sezioni circolari).

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 i pali sono adeguati a sopportare i carichi imposti della configurazione in servizio, sia nel caso di condizioni operative che estreme.

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

Combinazioni che massimizzano le compressioni:

```
                    SACS-IV   MEMBER UNITY CHECK RANGE SUMMARY

GROUP II  - UNITY CHECKS GREATER THAN    0.70 AND LESS THAN    0.90

   ** NO UNITY CHECKS IN THIS GROUP **


                    SACS-IV   MEMBER UNITY CHECK RANGE SUMMARY

GROUP III - UNITY CHECKS GREATER THAN    0.90 AND LESS THAN  999.00

   ** NO UNITY CHECKS IN THIS GROUP **


                  * * *  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
P01	FP01-0038	0309	0.16	0.0	-10.1	-14.4	21.4	221.4	422.9	420.9	420.9	SHEAR	40.00	40.00	0.85	0.85
P04	FP10-0098	1004	0.28	0.0	-5.6	91.5	-1.1	66.3	86.9	417.2	417.2	ACBI	80.00	40.00	0.85	0.85
PLC	0060-0222	0304	0.29	3.0	-1.1	21.4	121.0	.3E+03	.7E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	2.38	2.38	0.85	0.85

PU3	0129-0225	0708	0.38	0.0	7.5	-128.6	-75.7	328.6	1006.0	418.3	418.3	TN+BN	11.90	11.90	0.85	0.85
SL2	0040-0060	0310	0.06	0.0	-2.1	-6.0	5.8	292.4	641.6	410.3	410.3	SHEAR	40.00	40.00	0.85	0.85
SLI	0381-0033	0308	0.12	0.0	-4.8	-15.2	18.1	292.4	503.1	414.0	414.0	SHEAR	40.00	40.00	0.85	0.85
PU2	0067-0499	1108	0.52	0.0	11.4	-209.8	-43.6	328.6	1359.1	439.9	439.9	TN+BN	8.00	8.00	0.85	0.85

Tabella 8-10: Verifiche e max UC per gruppi – Max compressioni

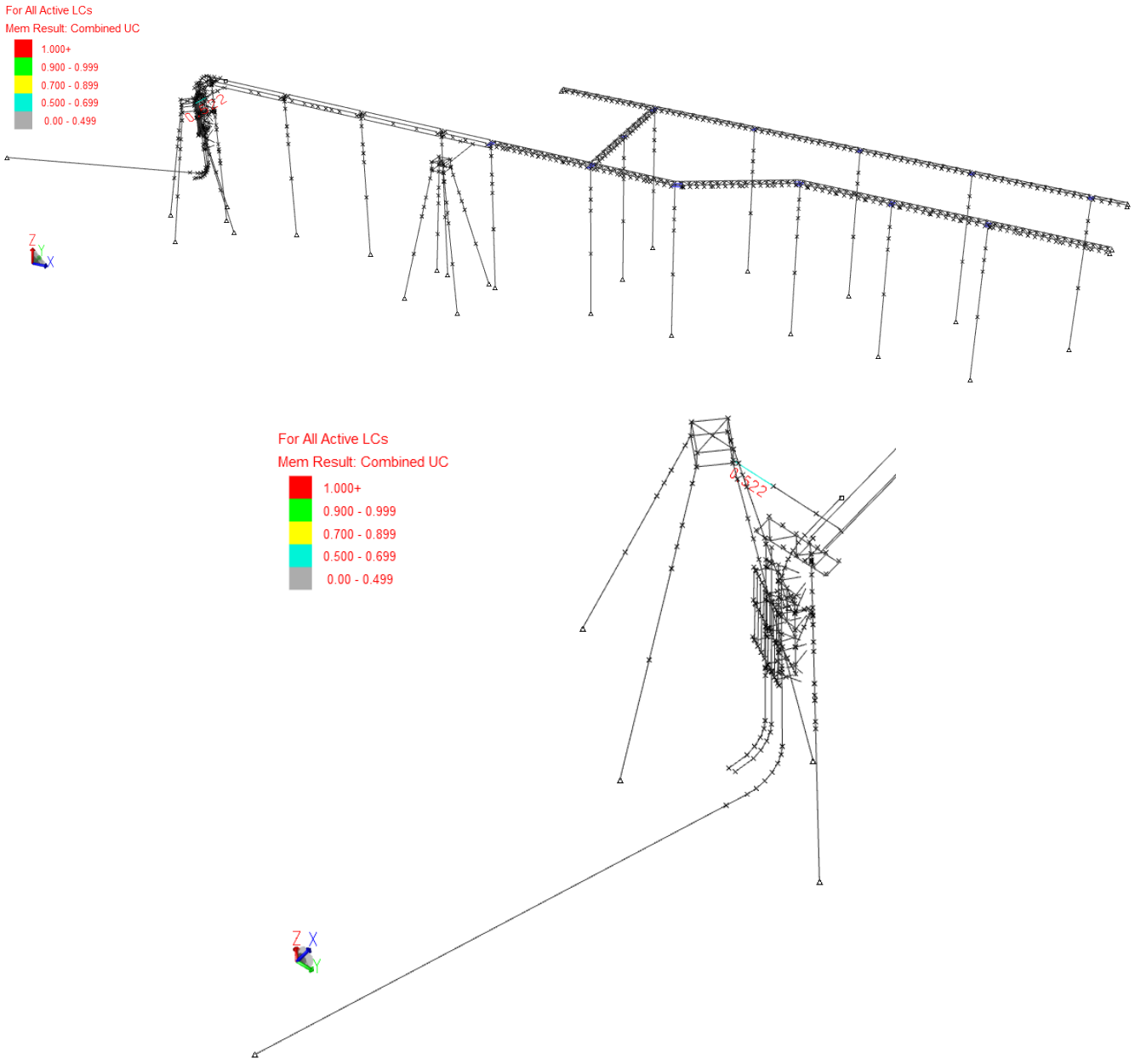


Figura 8-6: Massimi UC– Inviluppo SLU – Max. compressioni (UC>0.5)

Combinazioni che massimizzano le trazioni:

* * * 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
P01	FP01-0038	T103	0.16	0.0	-7.8	-12.3	19.1	221.4	422.9	420.9	420.9	SHEAR	40.00	40.00	0.85	0.85
P04	FP10-0098	T125	0.22	0.0	-4.5	72.0	-1.2	66.3	86.9	417.2	417.2	ACBI	80.00	40.00	0.85	0.85
PLC	0222-0083	T102	0.24	0.0	0.0	0.2	102.7	328.6	2231.1	426.9	426.9	TN+BN	13.80	13.80	0.85	0.85
PU3	0129-0225	T115	0.32	0.0	4.6	-120.9	-39.5	328.6	1006.0	418.3	418.3	TN+BN	11.90	11.90	0.85	0.85
SL2	0040-0060	T103	0.06	0.0	-1.4	-5.7	8.1	292.4	641.6	410.3	410.3	SHEAR	40.00	40.00	0.85	0.85
SLI	0381-0033	T103	0.12	0.0	-3.8	-14.1	16.9	292.4	503.1	414.0	414.0	SHEAR	40.00	40.00	0.85	0.85
PU2	0067-0499	T129	0.35	0.0	6.6	-142.7	-35.7	328.6	1359.1	439.9	439.9	TN+BN	8.00	8.00	0.85	0.85

Tabella 8-11: Verifiche e max UC per gruppi – Max trazioni

8.6.2 Verifica dei nodi

Di seguito la verifica a punching dei nodi tra palo e tubo di collegamento ricavata dall'estratto di uscita del programma.

Combinazioni che massimizzano le compressioni:

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

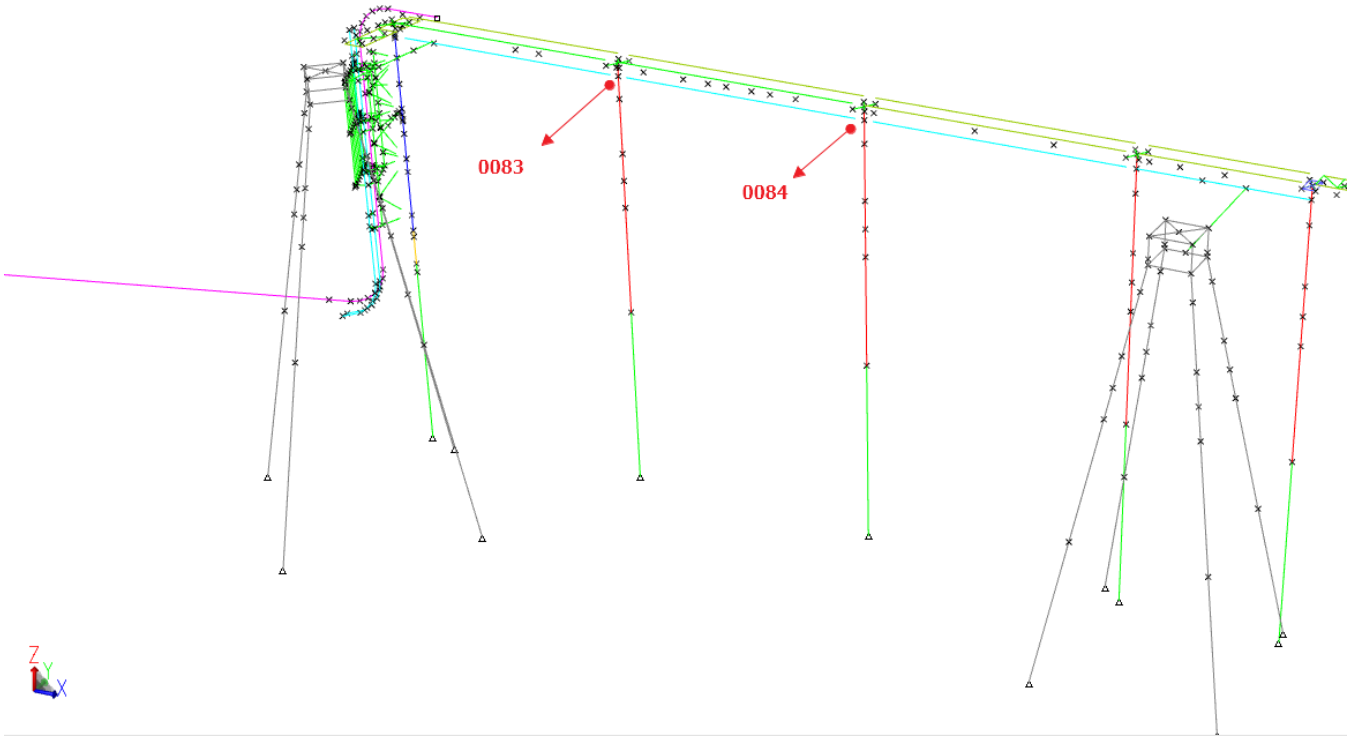
	ORIGINAL				DESIGN			
JOINT	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (N/MM2)	UC	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (N/MM2)	UC
0084	150.000	4.000	345.000	0.816	150.000	4.000	345.000	0.816
0222	132.000	4.000	345.000	0.708	132.000	4.000	345.000	0.708
0083	150.000	4.000	345.000	0.691	150.000	4.000	345.000	0.691
0060	204.000	5.000	345.000	0.543	204.000	5.000	345.000	0.543
0113	150.000	4.000	345.000	0.384	150.000	4.000	345.000	0.384
0225	132.000	4.000	345.000	0.382	132.000	4.000	345.000	0.382
0085	150.000	4.000	345.000	0.318	150.000	4.000	345.000	0.318

Combinazioni che massimizzano le trazioni:

* * 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
0083	150.000	4.000	345.000	0.673	150.000	4.000	345.000	0.673
0084	150.000	4.000	345.000	0.630	150.000	4.000	345.000	0.630
0222	132.000	4.000	345.000	0.425	132.000	4.000	345.000	0.425
0060	204.000	5.000	345.000	0.419	204.000	5.000	345.000	0.419
0085	150.000	4.000	345.000	0.312	150.000	4.000	345.000	0.312
0113	150.000	4.000	345.000	0.281	150.000	4.000	345.000	0.281
0225	132.000	4.000	345.000	0.270	132.000	4.000	345.000	0.270

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



8.6.3 Forze alla testa palo

Le forze alla testa del palo di fondazione agli SLU sono state estrapolate in termini di forze interne (sistema di riferimento locale degli elementi) degli elementi che modellano il palo equivalente e sono riassunte nella seguente tabella.

PF1 è il palo di fondazione riser OD 1675

PF4 è il palo di fondazione dei pali OD1500

Combinazioni che massimizzano le compressioni:

	MEMBER	MEMBER END	GROUP	LOAD CASE	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Fyz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	Myz [kNm]	REMARK
ALL LC	0078-FP01	0078	PF1	408,00	**-2690**	213	-365	422	-919	21	1509	1509	MAX Fx - min Fxz - min Fxy
	0078-FP01	FP01	PF1	1023,00	**-3752**	261	-250	362	-1866	-1697	928	1934	min Fx - MAX Fxz - MAX Fxy
	0078-FP01	0078	PF1	311,00	-3086	**608**	-607	859	-5154	-1712	1996	2630	MAX Fy
	0078-FP01	0078	PF1	300,00	-2921	**-469**	-413	625	-1056	-765	-850	1144	min Fy
	0078-FP01	0078	PF1	811,00	-3137	-43	**137**	143	1166	-326	-898	955	MAX Fz
	0078-FP01	0078	PF1	304,00	-2955	-163	**-742**	760	-2662	-1753	234	1768	min Fz
	0078-FP01	0078	PF1	309,00	-3054	588	-643	**871**	-5504	-1202	2073	2396	MAX Fyz
	0078-FP01	FP01	PF1	1201,00	-2982	0	7	**7**	133	-50	453	456	min Fyz
	0078-FP01	0078	PF1	1003,00	-3094	74	130	150	**1592**	-545	754	931	MAX Mx
	0078-FP01	0078	PF1	308,00	-2987	525	-643	830	**-5544**	-1200	2373	2659	min Mx
	0036-0078	0036	PF1	304,00	-2955	-163	-742	760	-2662	**10273**	2880	10669	MAX My
	0078-FP01	FP01	PF1	307,00	-3062	-80	-700	704	-2272	**-2828**	-207	2836	min My
	0036-0078	0036	PF1	300,00	-2921	-469	-413	625	-1056	5922	**6752**	8980	MAX Mz
	0036-0078	0036	PF1	311,00	-3086	608	-607	859	-5154	8128	**-7853**	11302	min Mz - MAX Mxz
	0036-0078	0036	PF1	308,00	-2987	525	-643	830	-5544	9216	-6136	11072	MAX Mxy
	0036-0078	0036	PF1	1212,00	-3434	-56	-14	57	4	20	1503	1504	min Mxy
	0078-FP01	FP01	PF1	1017,00	-3653	-72	-2	72	-28	-538	-2	538	min Mxz
	0036-0078	0036	PF1	309,00	-3054	588	-643	871	-5504	9208	-7458	**11849**	MAX Myz
	0078-FP01	FP01	PF1	608,00	-2996	-54	2	54	852	-23	-22	**32**	min Myz
					ASSIALE			TAGLIO				MOMENTO	

	MEMBER	MEMBER END	GROUP	LOAD CASE	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Fyz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	Myz [kNm]	REMARK
ALL LC	0409-FP16	0409	PF4	100,00	**-696**	0	0	**0**	0	0	-2	2	MAX Fx - min Mxy - min Fyz - min Fxz - min Fxy
	FP03-0063	FP03	PF4	1221,00	**-2169**	22	48	53	-229	400	-66	405	min Fx - MAX Fxz - MAX Fxy
	0128-FP11	0128	PF4	711,00	-780	**278**	-160	320	24	2581	**-6647**	7130	MAX Fy - MAX Mxz - min Mz
	FP02-0061	0061	PF4	300,00	-1548	**-176**	88	197	67	1647	-2953	3382	min Fy
	FP03-0063	0063	PF4	305,00	-1821	-43	**307**	310	-224	6012	-756	6059	MAX Fz
	00AO-FP10	00AO	PF4	1004,00	-1016	-14	**-491**	**491**	-65	**13577**	149	**13578**	min Fz - MAX Myz - MAX Mxy - MAX My - MAX Fyz
	000T-FP07	000T	PF4	1004,00	-1072	-49	-134	143	**938**	6229	1580	6426	MAX Mx
	FP04-0077	FP04	PF4	305,00	-1539	-55	204	211	**-1096**	267	-47	271	min Mx
	0382-FP13	0382	PF4	610,00	-940	-87	212	229	139	**-5788**	1189	5909	min My
	0128-FP11	0128	PF4	900,00	-776	-146	-143	205	52	3676	**3532**	5097	MAX Mz
	0382-FP13	FP13	PF4	100,00	-850	0	0	0	0	1	0	1	min Mxz
	0391-FP14	FP14	PF4	101,00	-1075	0	0	0	0	0	0	**0**	min Myz
					ASSIALE			TAGLIO				MOMENTO	

Tabella 8-12: Forze in testa al palo di fondazione (SLU) – max Compressioni

Combinazioni che massimizzano le trazioni:

	MEMBER	MEMBER END	GROUP	LOAD CASE	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Fyz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	Myz [kNm]	REMARK
ALL LC	0078-FP01	0078	PF1	T106	**-2057**	284	-377	472	-1034	531	913	1056	MAX Fx - min Fxz - min Fxy
	0078-FP01	FP01	PF1	T126	**-2605**	383	-399	553	-3863	-1571	1296	2036	min Fx - MAX Fxz - MAX Fxy
	0078-FP01	0078	PF1	T103	-2366	**596**	-642	**876**	**-5615**	-948	1789	2025	MAX Fy - min Mx - MAX Fyz
	0078-FP01	0078	PF1	T101	-2294	**-400**	-414	576	-1136	-461	-1429	1502	min Fy
	0078-FP01	0078	PF1	T118	-2430	-55	**127**	138	784	-35	-1099	1099	MAX Fz
	0078-FP01	0078	PF1	T102	-2331	-93	**-748**	754	-2756	-1363	-346	1406	min Fz
	0078-FP01	FP01	PF1	T133	-2311	13	21	**24**	85	-198	113	228	min Fyz
	0078-FP01	0078	PF1	T124	-2390	63	122	137	**1214**	-276	551	617	MAX Mx
	0036-0078	0036	PF1	T102	-2331	-93	-748	754	-2756	**10761**	1168	10824	MAX My - MAX Mxy
	0036-0078	0036	PF1	T124	-2390	63	122	137	1214	**-2253**	-471	2301	min My
	0036-0078	0036	PF1	T101	-2294	-400	-414	576	-1136	6251	**5057**	8040	MAX Mz
	0036-0078	0036	PF1	T103	-2366	596	-642	876	-5615	9448	**-7866**	**12294**	min Mz - MAX Myz - MAX Mxz
	0078-FP01	0078	PF1	T132	-2219	134	-211	250	136	67	355	361	min Mxy
	0036-0078	0036	PF1	T116	-2314	-14	-40	43	-84	372	-5	372	min Mxz
	0078-FP01	0078	PF1	T109	-2272	84	-119	146	702	-25	73	**77**	min Myz
					ASSIALE			TAGLIO				MOMENTO	

	MEMBER	MEMBER END	GROUP	LOAD CASE	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Fyz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	Myz [kNm]	REMARK
ALL LC	0409-FP16	0409	PF4	T106	**-545**	221	-319	388	-349	8398	-4410	9485	MAX Fx
	FP03-0063	FP03	PF4	T132	**-1511**	66	82	105	-341	329	-96	343	min Fx - MAX Fxz - MAX Fxy
	0128-FP11	0128	PF4	T115	-606	**254**	-204	326	6	4263	**-5793**	7192	MAX Fy - MAX Mxz - min Mz
	0400-FP15	0400	PF4	T131	-719	**-122**	-182	219	-61	4371	1887	4761	min Fy
	FP03-0063	0063	PF4	T102	-1459	-26	**285**	286	-236	5349	-418	5365	MAX Fz
	00AO-FP10	00AO	PF4	T125	-818	-14	**-433**	**433**	-11	**11399**	137	**11400**	min Fz - MAX Myz - MAX Mxy - MAX My - MAX Fyz
	0409-FP16	0409	PF4	T125	-548	-3	-155	155	-84	3215	48	3216	min Fxy
	0409-FP16	0409	PF4	T108	-549	-18	0	18	-14	41	647	649	min Fxz
	00AH-FP09	FP09	PF4	T112	-800	3	2	**4**	37	-33	11	35	min Fyz
	000T-FP07	000T	PF4	T125	-848	-39	-87	95	**731**	4464	1200	4622	MAX Mx
	FP04-0077	FP04	PF4	T102	-1254	-31	196	199	**-906**	85	4	85	min Mx
	0382-FP13	0382	PF4	T112	-719	-79	137	158	107	**-3016**	900	3148	min My
	0128-FP11	0128	PF4	T121	-602	-118	-103	157	18	2158	**2507**	3308	MAX Mz
	FP03-0063	FP03	PF4	T116	-1465	39	-57	68	6	6	-163	163	min Mxy
	0391-FP14	FP14	PF4	T125	-724	-2	-159	159	-1	1053	2	1053	min Mxz
	0128-FP11	FP11	PF4	T133	-609	-6	-2	6	-3	-13	3	**13**	min Myz
					ASSIALE			TAGLIO				MOMENTO	

Tabella 8-13: Forze in testa al palo di fondazione (SLU) – max Trazioni

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

Per i pali OD 1500mm le forze massime in testa al palo di fondazione risultano:

- Azione assiale compressione massima pari a 2169 kN (i pali non sono mai in trazione)
- Taglio massimo pari a 500 kN a cui corrisponde un momento massimo di 6000 kNm letto in corrispondenza del nodo FP10 per la condizione di carico 1004 (13577 kNm è il momento a quota incastro di base)

9 VERIFICA STATICA IN SERVIZIO DEL PALO DI FONDAZIONE OD 1500mm

I pali di fondazione sono stati verificati mediante il Software LPILE Rir.[B21] che considera l'interazione non lineare terreno struttura e presenta risultati di azioni interne e deformazioni estremamente leggibili.

Geometria del palo tipico:

OD 1500mm / 40mm

Fondale -15.4 m a cui corrisponde una lunghezza di penetrazione di 34.35m per il palo tipico e 33.35m per i pali da TG-1 a TG-4.

La figura riporta anche il sistema di riferimento del software Lpile:

Le coordinate Z per il software Lpile sono positive, misurate partendo dalla testa palo alla quota fondale.

9.1 MODELLO LPILE

La seguente figura descrive la segmentazione del modello Lpile e la schematizzazione del terreno.

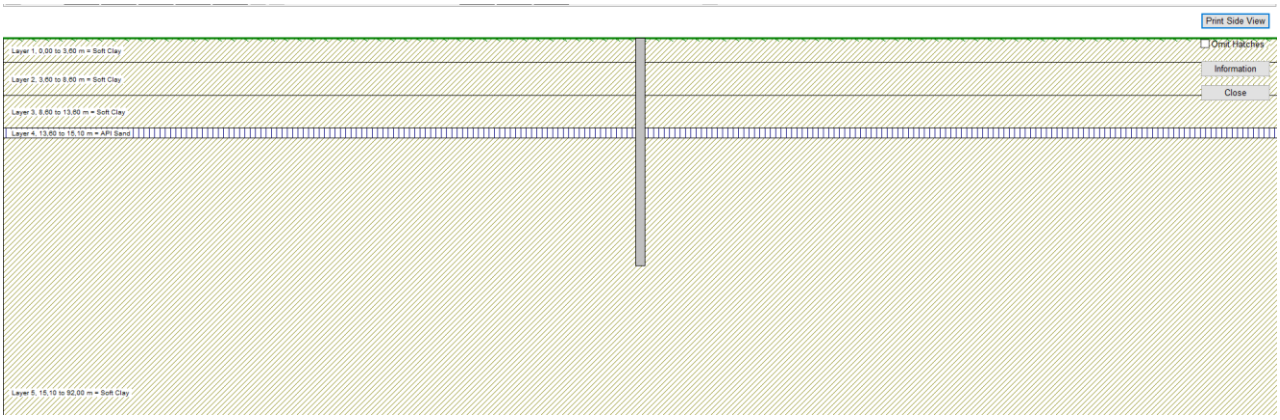


Figura 9-1: Modello Lpile

9.2 DATI GEOTECNICI

I dati geotecnici sono in accordo con quanto riportato al paragrafo 3.1 e sono riportati nelle seguenti immagini estratte da Lpile.

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

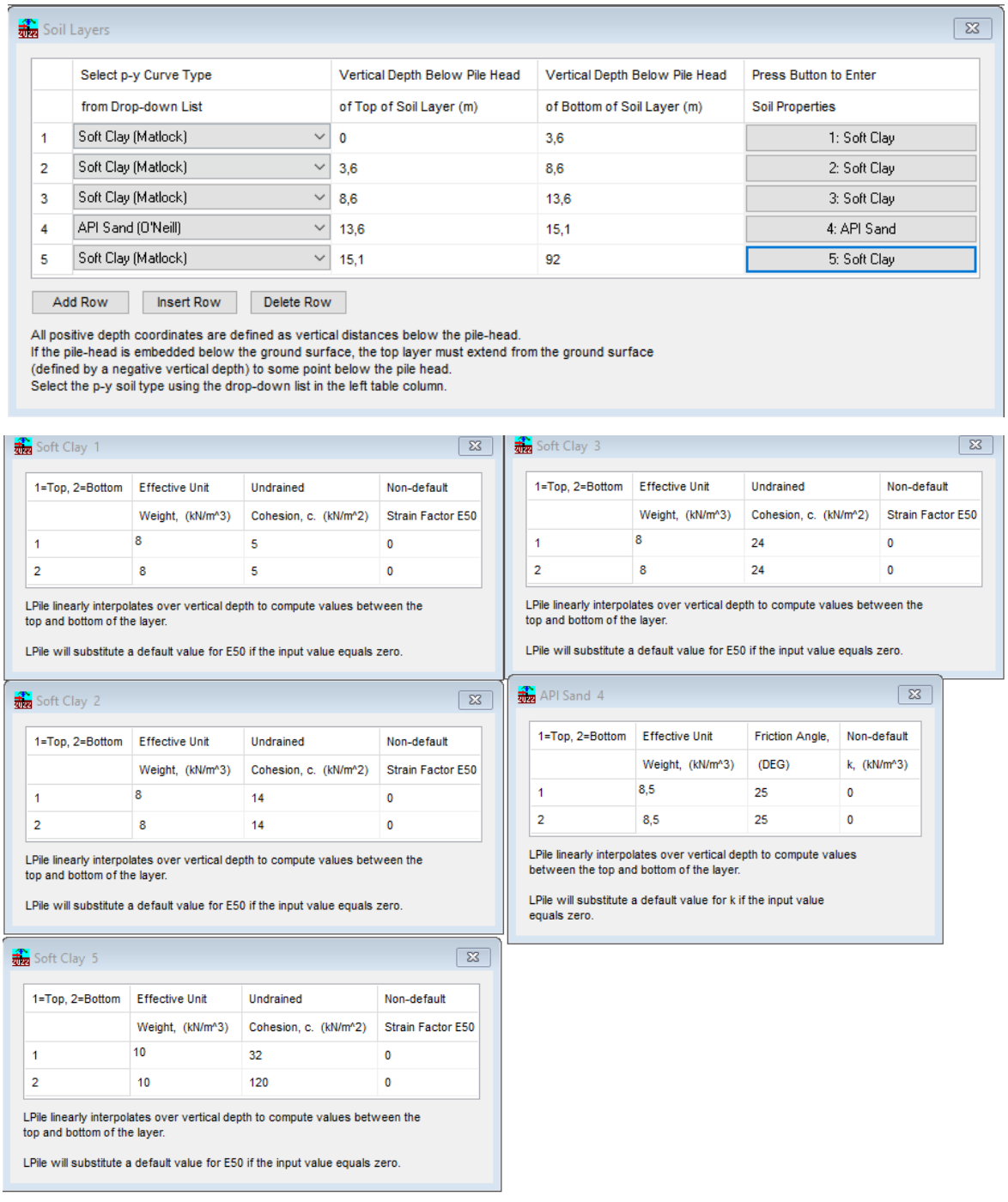


Figura 9-2: Dati Geotecnici Lpile

9.3 Condizione di carico

Le azoni massime dedotte dall'analisi Sacs sono state implementate nel modello L-pile in termini di (le forze sono fattorizzate):

- Taglio in testa palo pari a 500 kN
- Momento assunto pari a 6000 kNm

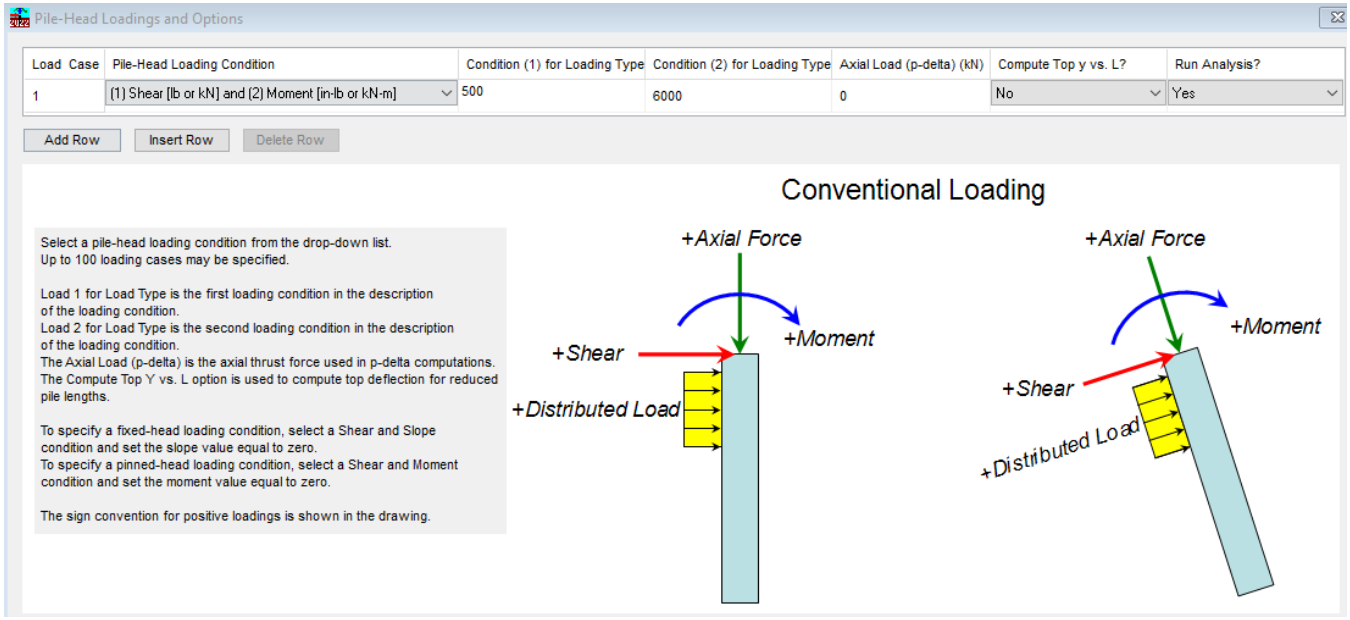


Figura 9-3: Carichi assegnati Lpile

9.4 Risultati analisi

Vengono riportati i diagrammi significativi delle azioni interne ottenute dall'analisi

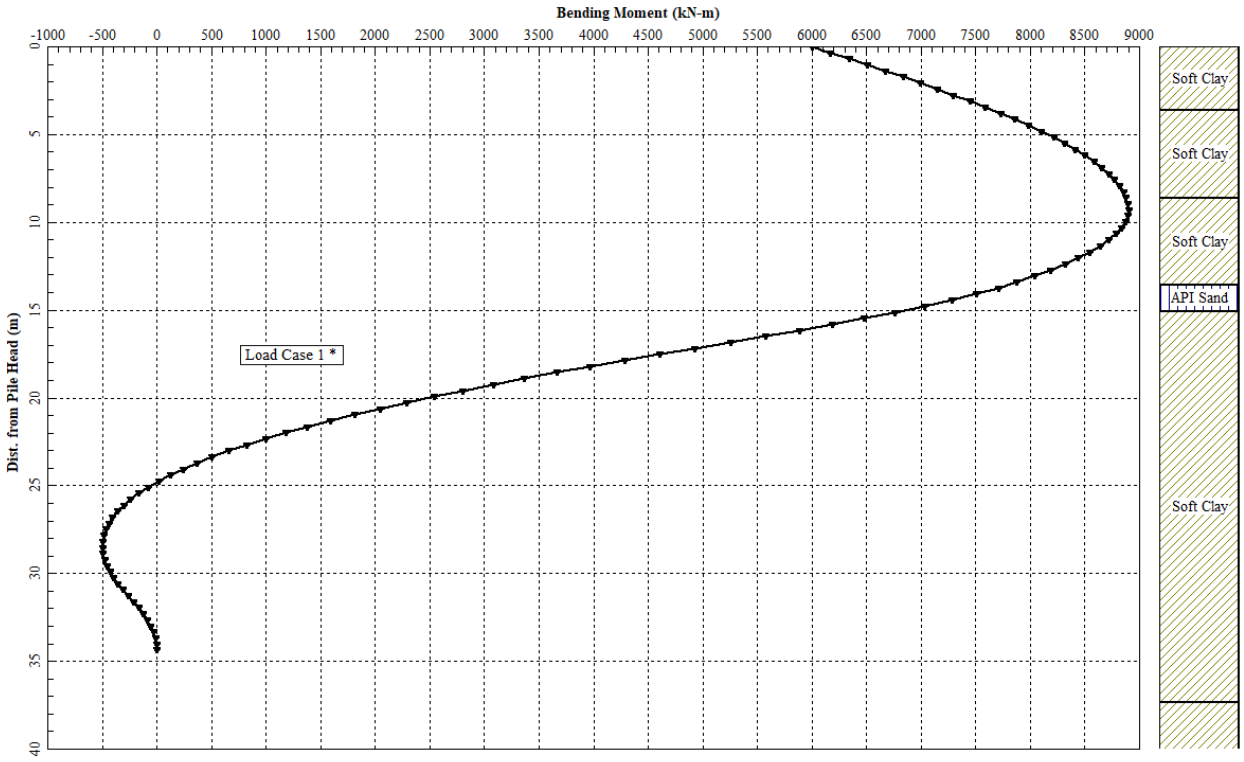


Figura 9-4: Diagrammi momento (kNm)

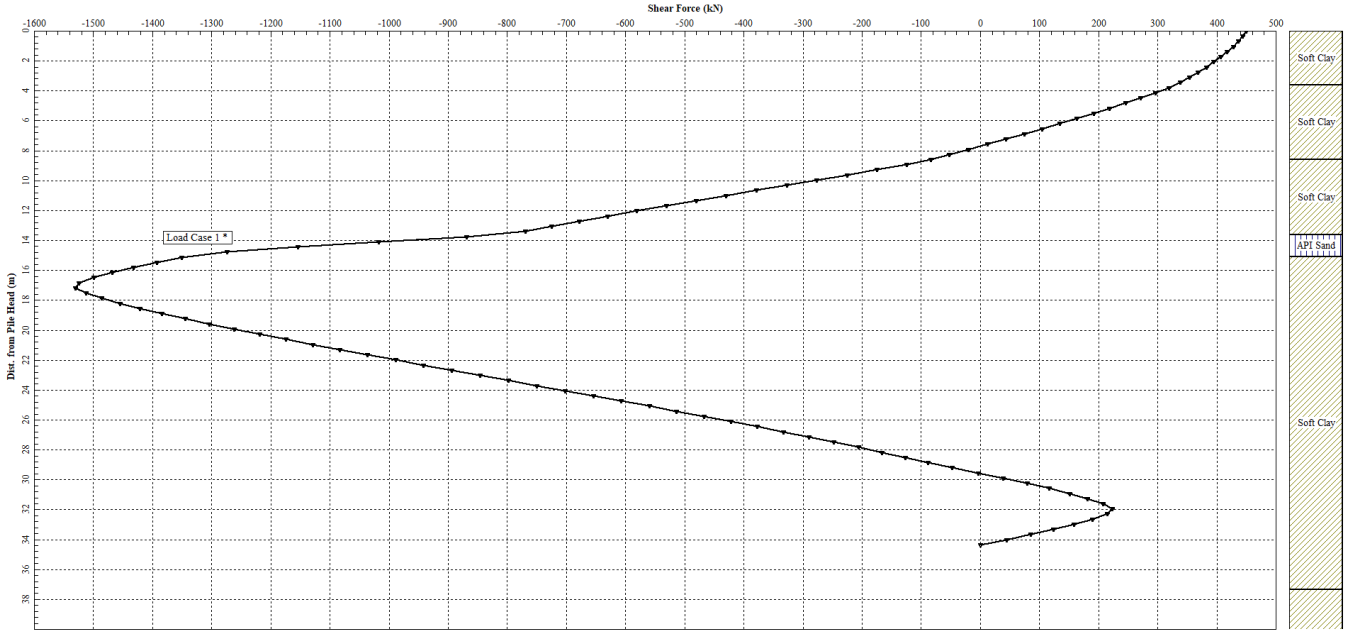


Figura 9-5: Diagrammi taglio (kN)

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

9.5 Verifiche Strutturali

Vengono riportate le verifiche strutturali per le varie sezioni tubolari in accordo con ISO 19902Rif.[B4].

PILE CHECKS - ISO19902 | **FSRU RAVENNA -VERIFICA BRICCOLA ORMEGGIO DIA 3000 mm**

Sec.	L Sec.	Lpile		D	t	Corr.	D	t	D/t	D/t	Mat.	F_y	f_b	Z_e	Z_p	M_{Res}	M_{Sd}	U.C.	Sec.
	m	Z_{Top}	Z_{Bottom}	mm	mm	mm	mm	mm	-	check		Mpa	Mpa	cm^3	cm^3	kNm	kNm	M_{Sd}/M_{Res}	
1	33,35	0,00	33,35	1500	40	1	1498	39	38,4	Ok	S355	345	436	63.550	83.038	26.389	9.000	0,34	1

Tabella 9-1: Verifiche strutturali - ISO 19902

massimo valore di utilizzo (U.C. = Unity Check) risulta:

U.C.Max = 0.34 < 1.00 OK

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

9.6 Verifiche capacita' portante

Il palo più caricato risulta il palo TG-3 che supporta la passerella su cui sono installate le valvole della tubazione gas.
I primi quattro pali presentano un'infissione di 33.35m.

Il peso del palo di fondazione: $W_0 = 411$ kN
Fattorizzando allo stato limite ultimo: $W_{sd} = 1.30 \times 411 = 535$ kN

La forza massima alla base del palo risulta:

$P_{sd} = 2170+535 = 2705$ kN

La capacità portante fattorizzata per l'infissione di 33 m, calcolata in accordo con NTC Rif.[B1] (figura successiva): risulta: $R_{cd} = 4000$ kN

F.S. = 4000 / 2705 = 1.48 > 1.00 Ok

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

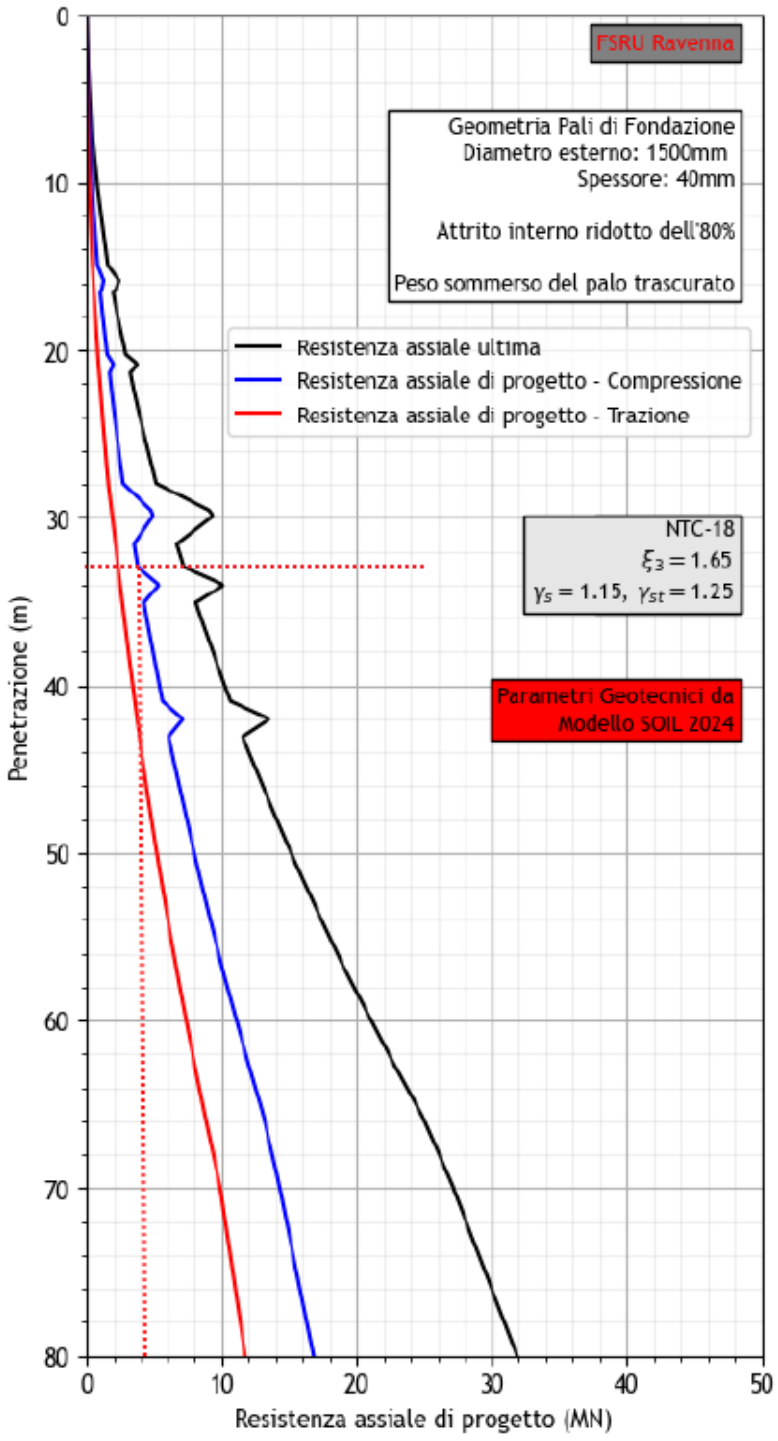


Figura 9-6:Curva capacità portante ultima fattorizzata in accordo con NTC

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

10 VERIFICA SISMICA DEI PALI SOPRA QUOTA FONDALE

10.1 Determinazione azione sismica

I pali di supporto delle passerelle si differenziano in due categorie:

- I pali di supporto del tubo gas presentano uno schema a telaio nella direzione longitudinale con periodo proprio circa pari a 1.7 sec e a mensola nella direzione trasversale con periodi pari a 2.9 sec.
- i palo di supporto delle passerelle di camminamento alle briccole sono a mensola in entrambe le direzioni con periodo proprio di 2.74 sec.

Da ciò, i pali più sollecitati in condizioni sismiche sono quelli di supporto del tubo gas a cui corrisponde la massa maggiore e il periodo inferiore.

Il calcolo dei periodi è descritto nell' Appendice A del doc. [A14], entrando nel diagramma dello spettro riportato nel documento "basi di progetto" [A2] al periodo di 1.7sec corrisponde un'accelerazione pari a 0.17g che è stata approssimata a 0.2g.

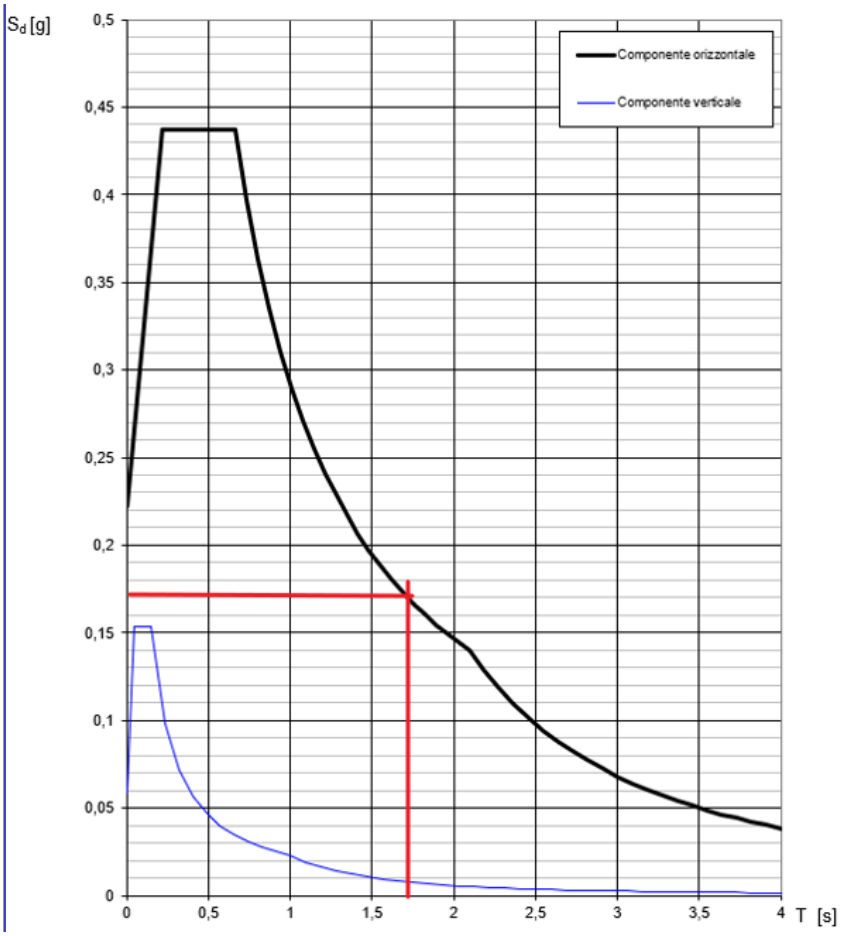


Figura 10-1:Spettro di progetto

L'analisi sismica del palo è stata condotta mediante un'analisi statica equivalente utilizzando il modello a telaio dei primi pali a sud del pontile.

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

Nell'analisi statica equivalente, la forza sismica nelle due direzioni di piano è definita moltiplicando la massa totale della passerella (i pesi verticali sono stati convertiti come forze nelle due direzioni X e Y) per il valore massimo di accelerazione pari a 0.2g.

Le azioni sismiche nelle due direzioni sono state tra loro linearmente combinate in accordo alla norma:

$$E_x"+"0.3E_y"+"0.3E_z$$

$$0.3E_x"+"E_y"+"0.3E_z$$

Nella seguente figura una vista 3D del modello di analisi sismica (statica equivalente) del telaio costituito dai primi cinque pali a sud del pontile collegati dal tubo OD 1320mm. Nel modello i pali di fondazione sono stati modellati con un palo equivalente di lunghezza pari a 10 volte il diametro.

Questo modello è stato ricavato dal modello globale utilizzato per la verifica statica descritto nei precedenti paragrafi.

Il vincolo esercitato dalle briccole esistenti è stato modellato con una molla trasversale di rigidezza pari a 21750 kN/m, ricavata dal modello della sola briccola.

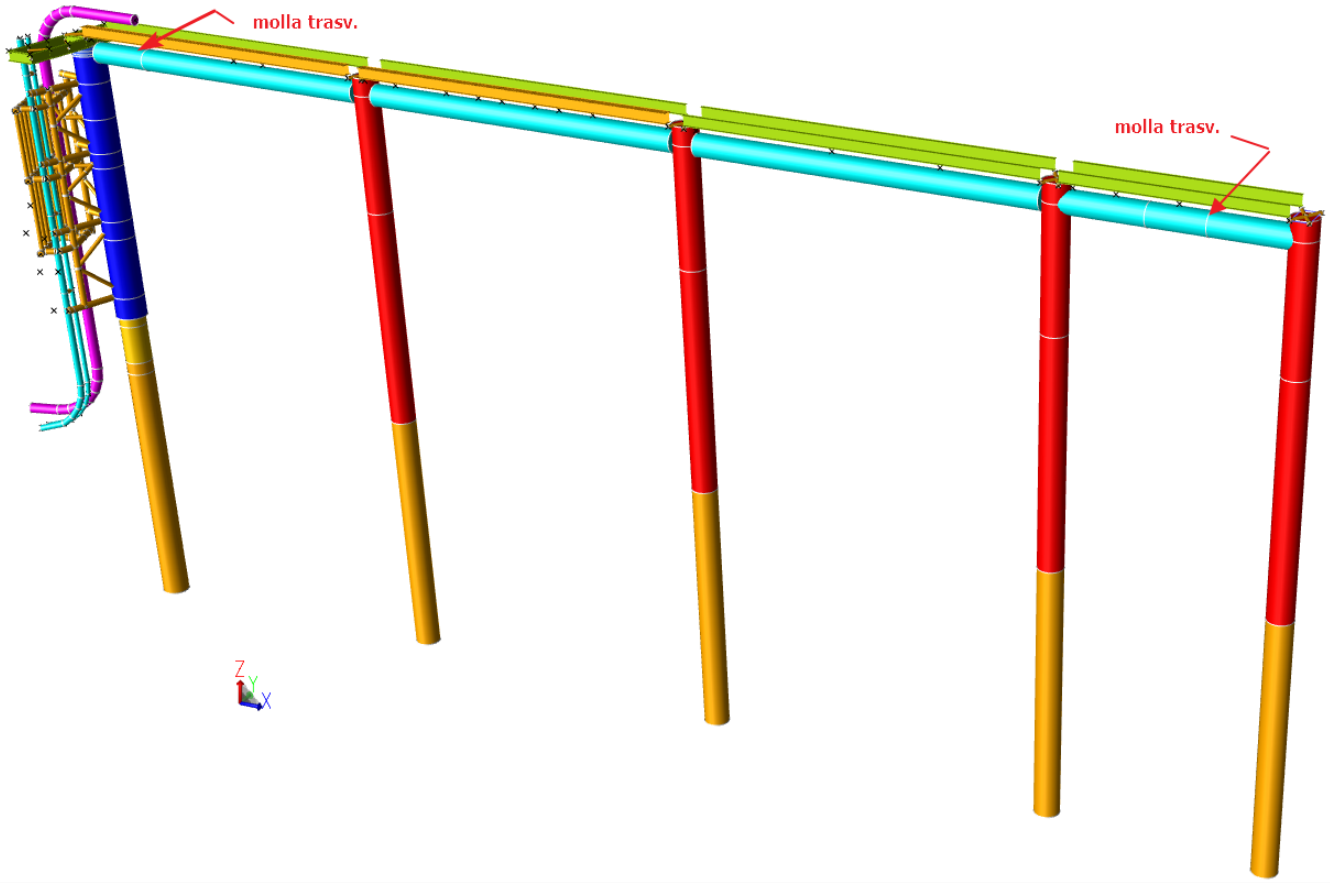


Figura 10-2:Modello analisi sismica dei pali

10.2 Condizioni di carico

Le condizioni di carico elementari sono state definite riprese dal modello della statica e sono qui sotto descritte.

10.2.1 Peso Proprio Strutturale

Il peso proprio dei pali e della struttura di supporto del riser (il perso della passerella è stato assegnato in termini di forza) viene automaticamente calcolato dal software SACS con una contingency del 15%.

La condizione di carico assegnata è:

- DEAZ peso in direzione Z
- DEAX peso in direzione X
- DEAY peso in direzione Y

10.2.2 Peso massa d'acqua

Il peso del volume d'acqua spostata sommato al peso dell'acqua intrappolata è circa pari a:

p_m = 1026 kg/m^3 x 2 Ax L = 1026x2x1.77x1x9.81/1000 ≅ 18 kN/m x 2 = 36.5 kN/m

dove A = area totale del tubo OD1500

L = 1 carico al m

La condizione di carico assegnata è:

- MASX peso in direzione X
- MASY peso in direzione Y

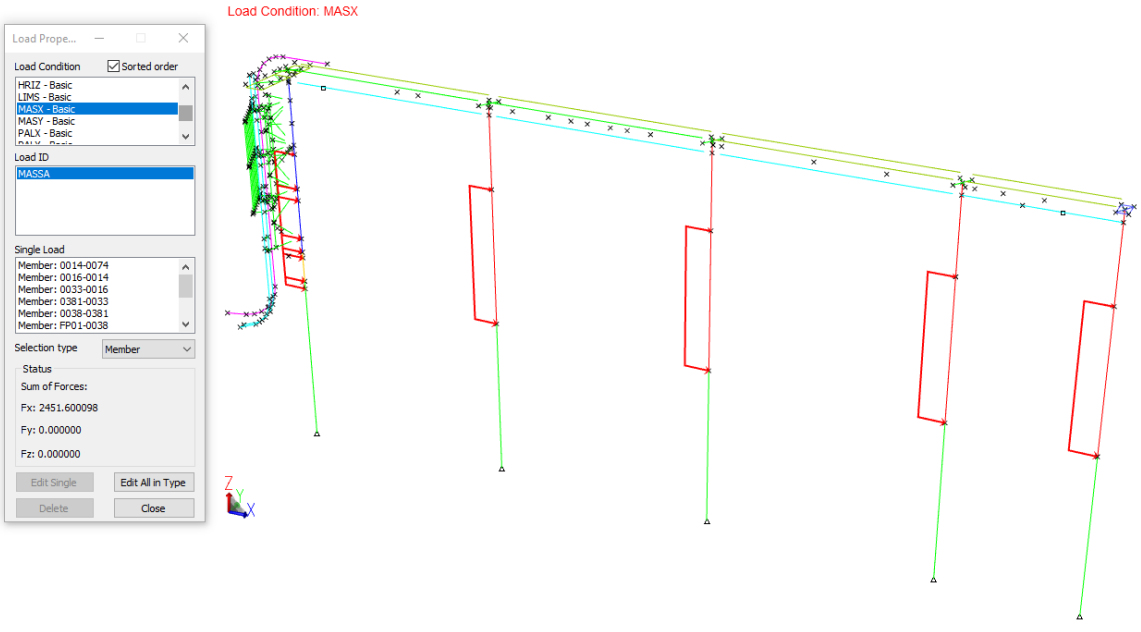


Figura 10-3: condizione di carico pari alla massa d'acqua spostata

10.2.3 Pesi permanenti e variabili sulle passerelle

I pesi della passerella comprensivo del peso della tubazione gas è lo stesso implementato nel modello della statica.

La condizione di carico assegnata è:

- PAPZ: carico permanente in direzione Z
- PAPX: carico permanente in direzione X
- PAPY: carico permanente in direzione Y
- PALZ: carico variabile in direzione Z (equivalente a 4 kN/m^2)
- PALX: carico variabile in direzione X (equivalente a 4 kN/m^2)
- PALY: carico variabile in direzione Y (equivalente a 4 kN/m^2)

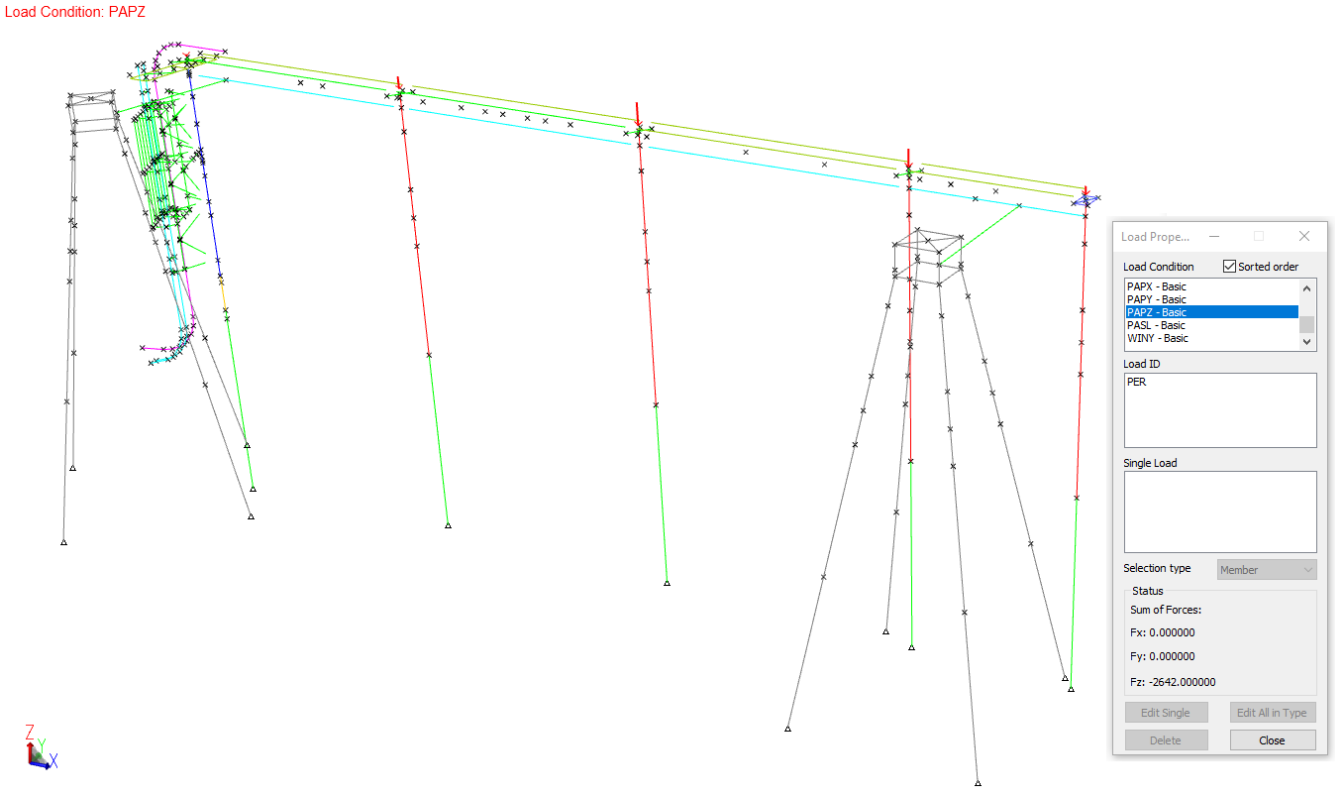


Figura 10-4: Carichi permanenti passerelle – PAPZ

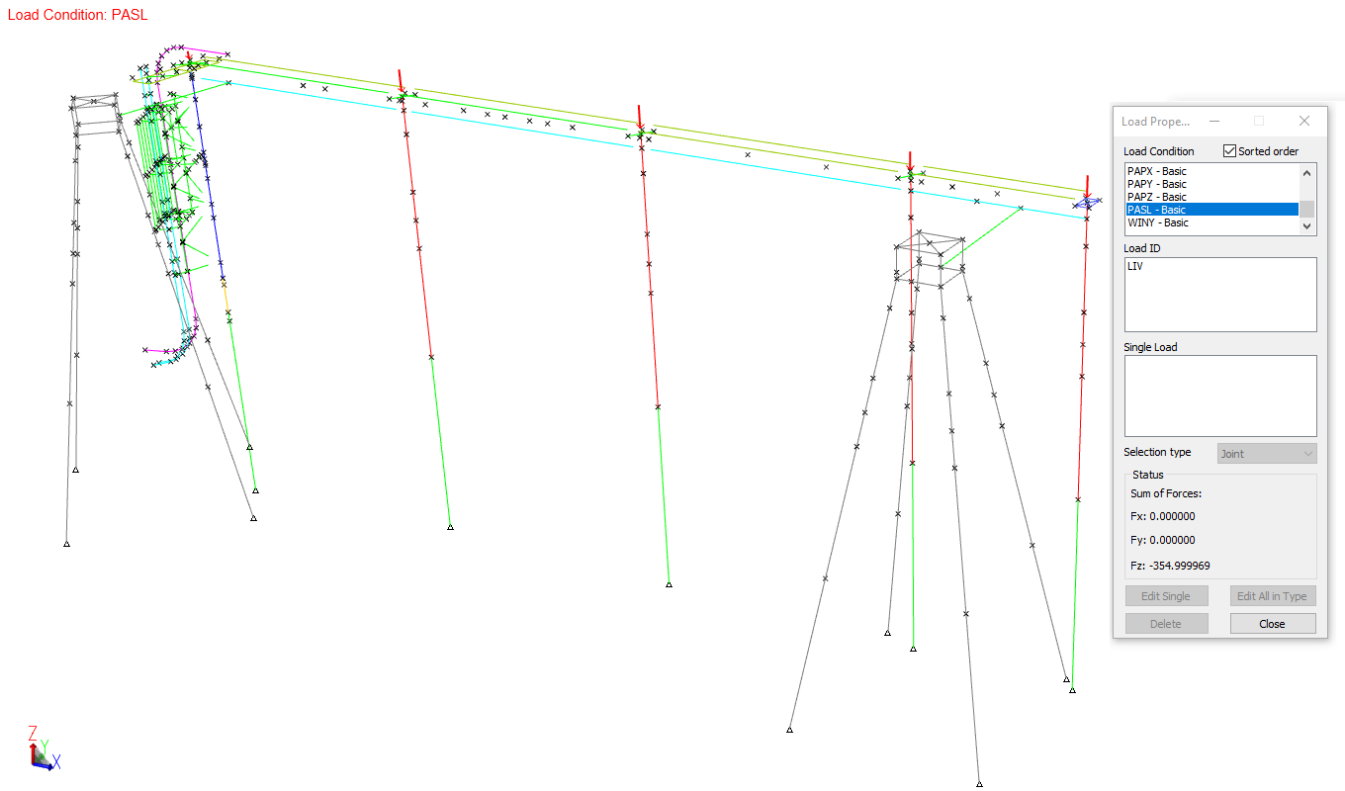
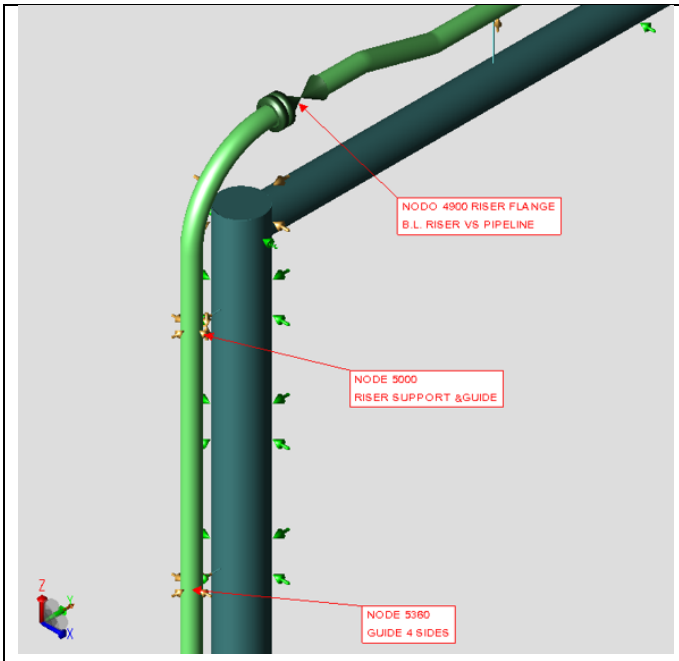


Figura 10-5: Carichi variabili passerelle – PALZ

10.2.4 Reazioni flange di supporto riser

Le reazioni vincolari in corrispondenza dei supporti del riser sono state dedotte dall'analisi di stress Rif. [A11] e sono riassunte in tabella.



SUPPORTO		5000		
		Trasv.	Long.	Vert.
CONDIZIONE		Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
OPERATING	max	13	-21	-1
	min	-11	-319	-189
BLAST	max	96	-315	-134
	min	-95	-319	-134
SISMICA	max	30	-317	-150
	min	-29	-327	-152
SUSTAIN	max			-1
	min			-108

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

SUPPORTO		5360		
		Trasv.	Long.	Vert.
CONDIZIONE		Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]
OPERATING	max	0	77	0
	min	-1	1	0
BLAST	max	5	73	0
	min	-7	1	0
SISMICA	max	7	81	0
	min	-8	65	0
SUSTAIN	max			0
	min			0

Figura 10-6: Reazioni flange di supporto riser

Le condizioni di carico implementate nel modello globale sono le seguenti:

- HRIX: forza longitudinale flangia superiore assunta pari a 350 kN
- HRIY: forza trasversale flangia superiore assunta pari a 50 kN
- HRIZ: forza verticale flangia superiore assunta pari a 200 kN
- FRIX: forza longitudinale flangia inferiore assunta pari a 100 kN
- FRIY: forza trasversale flangia inferiore pari a 10 kN

10.2.5 Reazioni punto fisso tubazioni

Le reazioni in corrispondenza dei punti fissi sono state dedotte dall'analisi di stress Rif. [A11] e risultano:

Punto fisso tubazione gas: sismica 350 kN

Le condizioni di carico implementate nel modello globale sono le seguenti:

- LIMS: reazioni punto fisso in condizioni sismiche

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

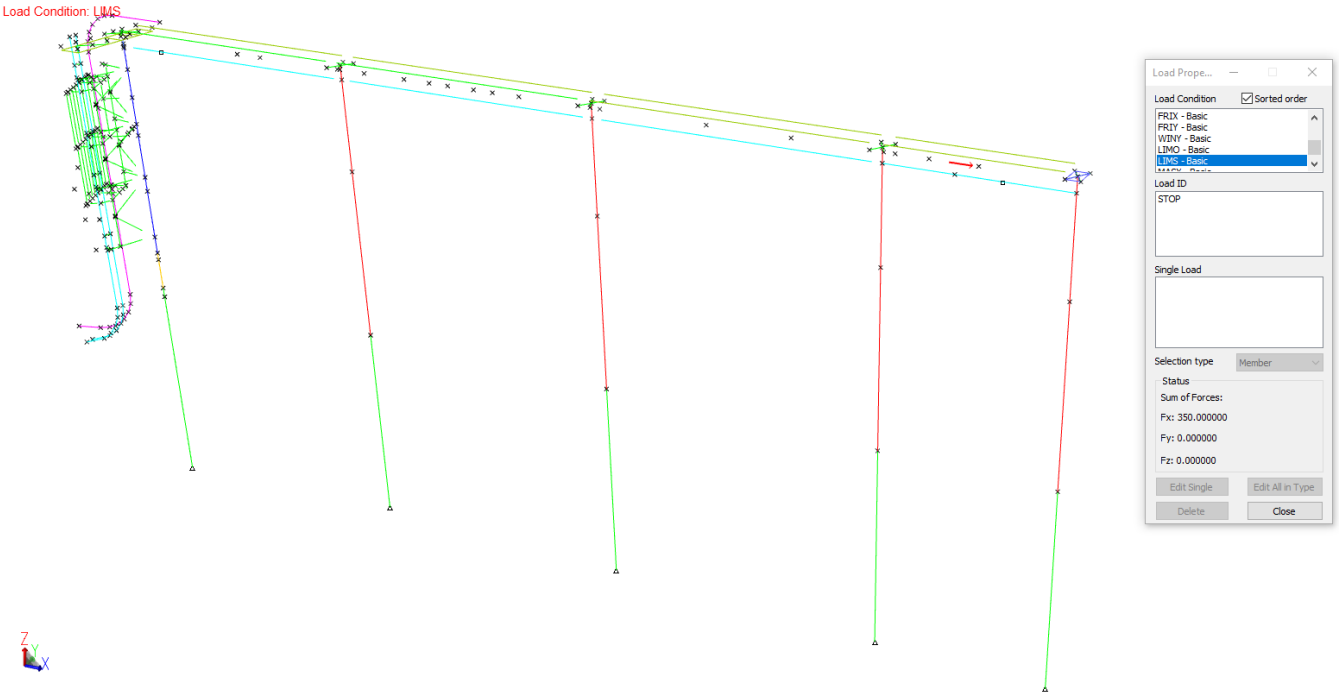


Figura 10-7: Reazioni punto fisso – Condizioni sismiche

10.2.6 RISULTANTI DEI CARICHI

Si riportano le risultanti delle condizioni di carico applicate come da paragrafi precedenti, nel seguente estratto di SACS.

********** 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				-4580.73	27.87	-0.27	-0.24
2	DEAX	4580.73	27.87	-0.27	-0.24	0.00				0.00			
3	DEAY	0.00				4580.73	27.87	-0.27	-0.24	0.00			
4	PAPZ	0.00				0.00				-2642.00	46.27	0.00	8.22
5	PAPX	2642.00	46.27	0.00	8.22	0.00				0.00			
6	PAPY	0.00				2642.00	46.27	0.00	8.22	0.00			
7	PALZ	0.00				0.00				-355.00	45.04	0.00	8.22
8	PALX	355.00	45.04	0.00	8.22	0.00				0.00			
9	PALY	0.00				355.00	45.04	0.00	8.22	0.00			
10	HRIX	350.00	-3.00	-0.90	4.28	0.00				0.00			
11	HRIY	0.00				100.00	-3.00	-0.90	4.28	0.00			
12	HRIZ	0.00				0.00				-200.00	-3.00	-0.90	4.28
13	FRIX	100.00	-3.00	-0.90	-4.95	0.00				0.00			
14	FRIY	0.00				10.00	-3.00	-0.90	-4.95	0.00			
15	LIMS	350.00	72.93	-0.90	8.22	0.00				0.00			
16	MASX	2451.60	41.83	0.00	-6.85	0.00				0.00			
17	MASY	0.00				2451.6	41.83	0.00	-6.85	0.00			

Tabella 10-1: Risultanti condizioni di carico applicate per analisi sismica

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

10.3 COMBINAZIONI DI CARICO

Sono state generate le combinazioni di carico corrispondenti alle condizioni critiche tenendo conto della probabilità di simultanea occorrenza dei vari carichi.

Le combinazioni di carico allo SLU sono state generate secondo le ISO 19902 (Rif.[B4]) e le NTC2018 (Rif. [B1]) secondo quanto esposto al Par. 6.2.2.

Gli effetti dei carichi sulle strutture vengono poi utilizzati per eseguire le verifiche strutturali secondo le ISO 19902 Rif.[B4] (per le sezioni circolari) ed EN 1993 Rif.[B5] (per le sezioni I /H).

10.3.1 Combinazioni base

La somma dei carichi verticali è definita con la combinazione denominata VERT come da tabella

LOAD COMB	LOAD CASES											
	DEAZ	PAPZ	PALZ	HRIZ	DEAX	PAPX	PALX	MASX	DEAY	PAPY	PALY	MASY
VERT	1,000	1,000	0,500	1,000								
FORX					1,000	1,000	1,000	1,000				
FORY									1,000	1,000	1,000	1,000

Tabella 10-2: Combinazioni Base

10.3.2 Combinazioni Sismiche

Le combinazioni di carico sismiche SLU sono riportate in tabella.

LOAD COMB	LOAD CASES									
	FORX	FORY	VERT	SISX	HRIX	LIMS	SISY	HRIY	FRIX	FRIY
SISX	0,200									
SISY		0,200								
SIS1			1,060	1,000	1,000	1,000	0,300	0,300	1,000	0,300
SIS2			1,060	0,300	0,300	0,300	1,000	1,000	0,300	1,000

Tabella 10-3: Combinazioni SLU

Nel seguente estratto SACS sono riportate le risultanti delle combinazioni estreme sopraelencate:

```
                                        ************* SEASTATE LOAD CASE CENTER REPORT *************
                                                      RELATIVE TO STRUCTURAL ORIGIN
LOAD  LOAD       ********* X - DIRECTION *********      ********* Y - DIRECTION *********      ********* Z - DIRECTION *********
CASE  LABEL       FORCE      X        Y        Z         FORCE      X        Y        Z         FORCE      X        Y        Z
                   (KN)      (M)      (M)      (M)         (KN)     (M)      (M)      (M)         (KN)     (M)      (M)      (M)
  18  VERT          0.00                                   0.00                                -7600.23    33.85    -0.19     3.02
  19  FORX      10029.33    36.73    -0.12     0.67         0.00                                    0.00
  20  FORY          0.00                                10029.33    36.73    -0.12     0.67        0.00
  21  SISX       2005.87    36.73    -0.12     0.67         0.00                                    0.00
  22  SISY          0.00                                 2005.87    36.73    -0.12     0.67        0.00
  23  SIS1       2805.87    34.88    -0.35     1.86       634.76    34.67    -0.16     0.81    -8056.25    33.85    -0.19     3.02
  24  SIS2        841.76    34.88    -0.35     1.86      2115.87    34.67    -0.16     0.81    -8056.25    33.85    -0.19     3.02
```

Tabella 10-4: Risultanti combinazioni di carico sismiche

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

10.4 Risultati dell'analisi

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

Questi consistono in:

- Verifiche strutturali dei pali sopra il fondale
- Verifica dei nodi tra palo ed elemento tubolare di collegamento
- Tagli e momenti in testa al palo di fondazione

10.4.1 Verifiche strutturali dei pali

Vengono riportate le verifiche di resistenza degli elementi presenti nel modello SACS.

Le verifiche sono superate se gli elementi soddisfano i criteri previsti dalle ISO 19902 Rif.[B4] (per le sezioni circolari).

Le verifiche mostrano che i pali sono adeguati a sopportare i carichi sismici.

I valori massimi degli UC per ogni gruppo di elementi sono invece 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
P01	0038-0381	SIS2	0.07	0.6	-7.8	-13.6	-7.1	221.4	422.9	420.9	420.9	ACBI	40.00	40.00	0.85	0.85
P04	0396-0083	SIS1	0.35	7.1	-7.0	-2.5	-112.6	61.3	80.4	417.2	417.2	ACBI	80.00	40.00	0.85	0.85
PLC	0060-0222	SIS1	0.32	0.0	-0.8	137.1	6.4	.3E+03	.3E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	4.00	4.00	0.85	0.85
SL2	0040-0060	SIS1	0.12	0.0	0.5	2.0	-47.8	328.6	641.6	410.3	410.3	TN+BN	40.00	40.00	0.85	0.85
SLI	0001-0040	SIS1	0.07	0.0	0.0	0.8	-30.6	328.6	503.1	414.0	414.0	TN+BN	40.00	40.00	0.85	0.85

Tabella 10-5: Verifiche e max UC per gruppi

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

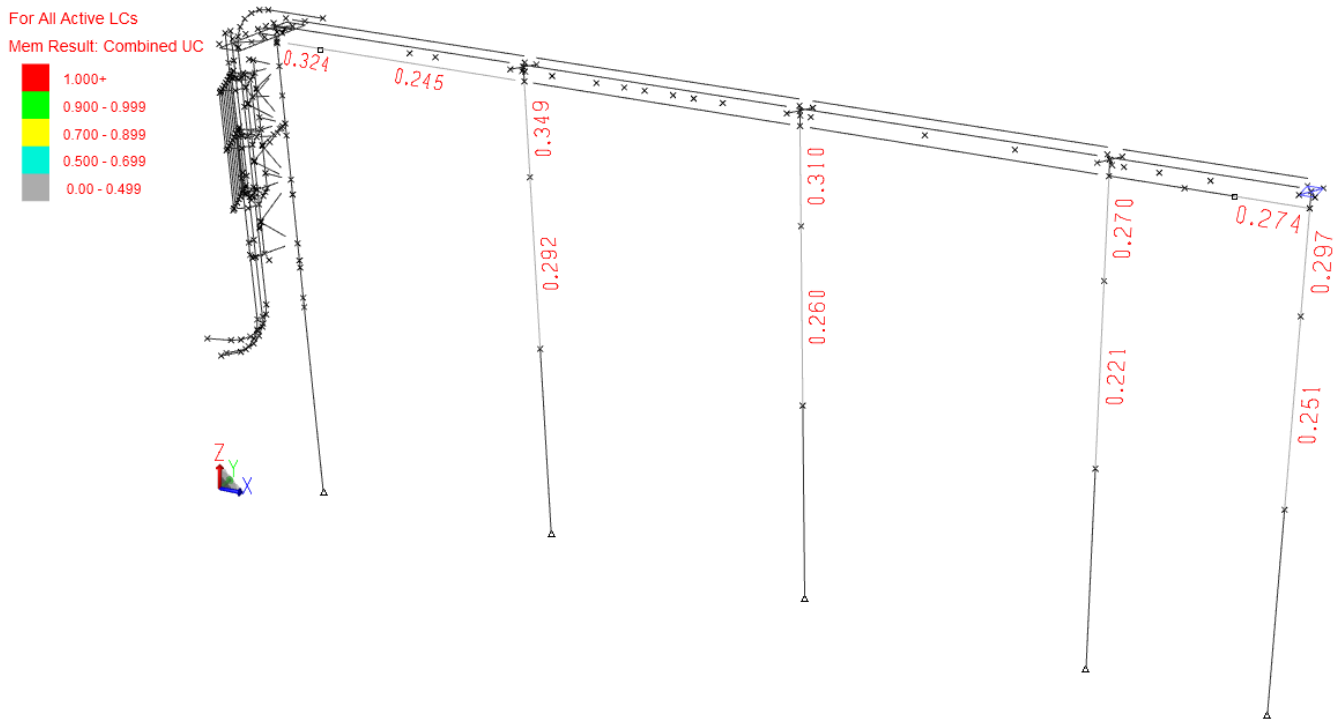


Figura 10-8: Massimi UC– Inviluppo SLU

10.4.2 Verifica dei nodi

Di seguito la verifica a punching dei nodi tra palo e tubo di collegamento ricavata dall'estratto di uscita del programma.

* * 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
0060	204.000	5.000	345.000	0.810	204.000	5.000	345.000	0.810
0083	150.000	4.000	345.000	0.718	150.000	4.000	345.000	0.718
0084	150.000	4.000	345.000	0.692	150.000	4.000	345.000	0.692
0113	150.000	4.000	345.000	0.632	150.000	4.000	345.000	0.632
0085	150.000	4.000	345.000	0.360	150.000	4.000	345.000	0.360

10.4.3 Forze alla testa palo

Le forze alla testa del palo di fondazione agli SLU sono state estrapolate in termini di forze interne (sistema di riferimento locale degli elementi) degli elementi che modellano il palo equivalente e sono riassunte nella seguente tabella.

PF1 è il palo di fondazione riser OD 1675

PF4 è il palo di fondazione dei pali OD1500

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

MEMBER	MEMBER END	GROUP	LOAD CASE	Fx [kN]	Fy [kN]	Fz [kN]	Fyz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	Myz [kNm]
FP05-0112	FP05	PF4	SIS1	-1728	-452	17	452	1728	452	1786
			SIS2	-1179	-131	55	142	1180	142	1189
FP04-0077	FP04	PF4	SIS1	-983	-507	38	509	984	509	1107
			SIS2	-1317	-148	131	198	1323	198	1338
FP03-0063	FP03	PF4	SIS1	-1633	-480	66	484	1634	484	1704
			SIS2	-1668	-136	221	259	1682	259	1702
FP02-0061	FP02	PF4	SIS1	-1705	-522	55	525	1706	525	1785
			SIS2	-1459	-148	173	228	1469	228	1487
0078-FP01	0078	PF1	SIS1	-2033	-849	-103	856	2035	856	2208
			SIS2	-2459	-279	-243	370	2471	370	2499
			max	**-983**			**856**			**2499**
				-2459			**142**			**1107**

Tabella 10-6: Forze in testa al palo di fondazione (SLU) – condizione sismica

11 VERIFICA SISMICA DEL PALO DI FONDAZIONE OD 1500mm

I pali di fondazione sono stati verificati mediante il Software LPILE Rir.[B21] che considera l'interazione non lineare terreno struttura e presenta risultati di azioni interne e deformazioni estremamente leggibili.

Geometria del palo tipico:

OD 1500mm / 40mm

Fondale -15.4 m a cui corrisponde una lunghezza di penetrazione di 34.35m per il palo tipico e 33.35m per i pali da TG-1 a TG-4.

Per l'analisi sismica è stato utilizzato lo stesso modello in L-pile usato per l'analisi statica e descritto al paragrafo 9.1.

11.1 Condizione di carico sismica

Le azoni massime dedotte dall'analisi Sacs sono state implementate nel modello L-pile in termini di (le forze sono fattorizzate):

- Taglio in testa palo pari a 900 kN
- Momento assunto pari a 2500 kNm

Load Case	Pile-Head Loading Condition	Condition (1) for Loading Type	Condition (2) for Loading Type	Axial Load (p-delta) (kN)	Compute Top y vs. L?	Run Analysis?
1	(1) Shear [lb or kN] and (2) Moment [in-lb or kN-m]	900	2500	0	No	Yes

Figura 11-1: Carichi assegnati Lpile

11.2 Risultati analisi

Vengono riportati i diagrammi significativi delle azioni interne ottenute dall'analisi

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

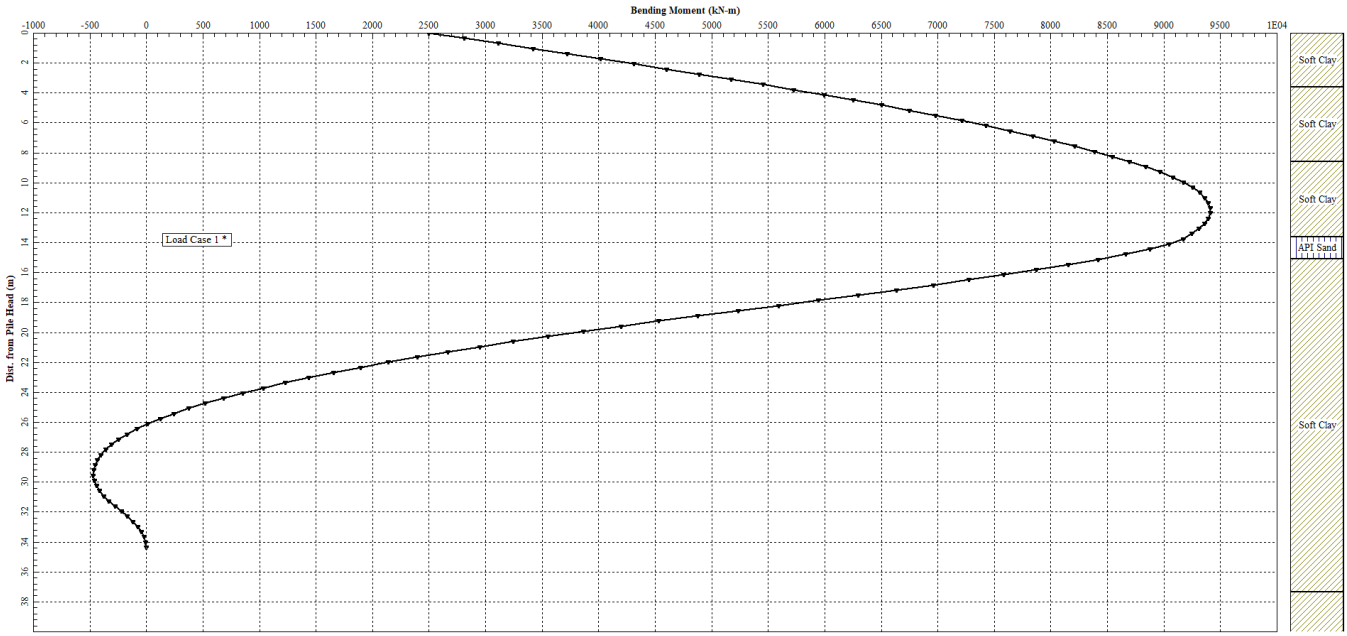


Figura 11-2: Diagrammi momento (kNm)

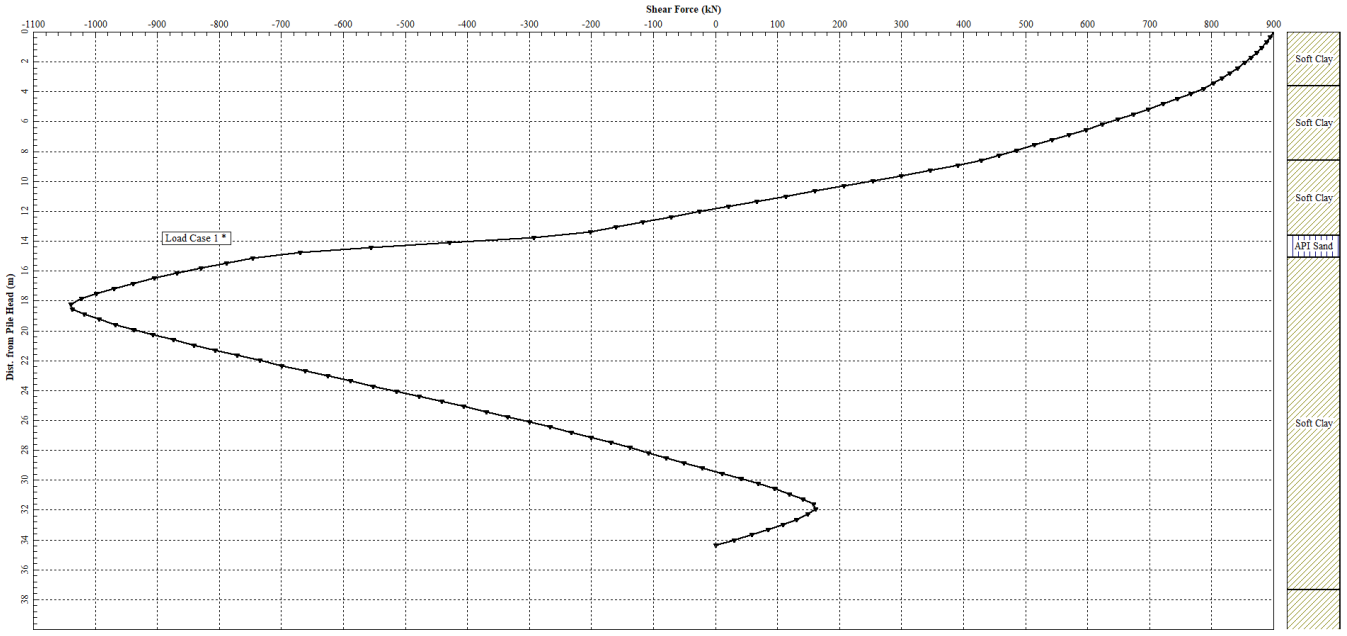


Figura 11-3: Diagrammi taglio (kN)

11.3 Verifiche Strutturali

Vengono riportate le verifiche strutturali per le varie sezioni tubolari in accordo con ISO 19902Rif.[B4].

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

PILE CHECKS - ISO19902 | **FSRU RAVENNA -VERIFICA BRICCOLA ORMEGGIO DIA 3000 mm**

Sec.	L Sec.	Lpile		D	t	Corr.	D	t	D/t	D/t	Mat.	F_y	f_b	Z_e	Z_p	M_{Res}	M_{Sd}	U.C.	Sec.
	m	Z_{Top}	Z_{Bottom}	mm	mm	mm	mm	mm	-	check		Mpa	Mpa	cm^3	cm^3	kNm	kNm	M_{Sd}/M_{Res}	
1	33,35	0,00	33,35	1500	40	1	1498	39	38,4	Ok	S355	345	436	63.550	83.038	26.389	9.400	0,36	1
2																			2

Tabella 11-1: Verifiche strutturali - ISO 19902

massimo valore di utilizzo (U.C. = Unity Check) risulta:

U.C.Max = 0.36 < 1.00 OK

11.4 Verifiche capacita' portante

Il peso del palo di fondazione: W_0 = 471 kN

La forza massima alla base del palo in condizioni sismiche risulta:

P_{sd} = 2460+ 471x1.05 = 2955 kN

Dove 2460 kN è l'azione massima dedotta da Tabella 10-6.

La capacità portante fattorizzata per l'infissione di 33 m, calcolata in accordo con NTC Rif.[B1] (figura successiva): risulta: R_{cd} = 4000 kN (come da Figura 5-1).

F.S. = 4000 / 2955 = 1.35 > 1.00 Ok

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

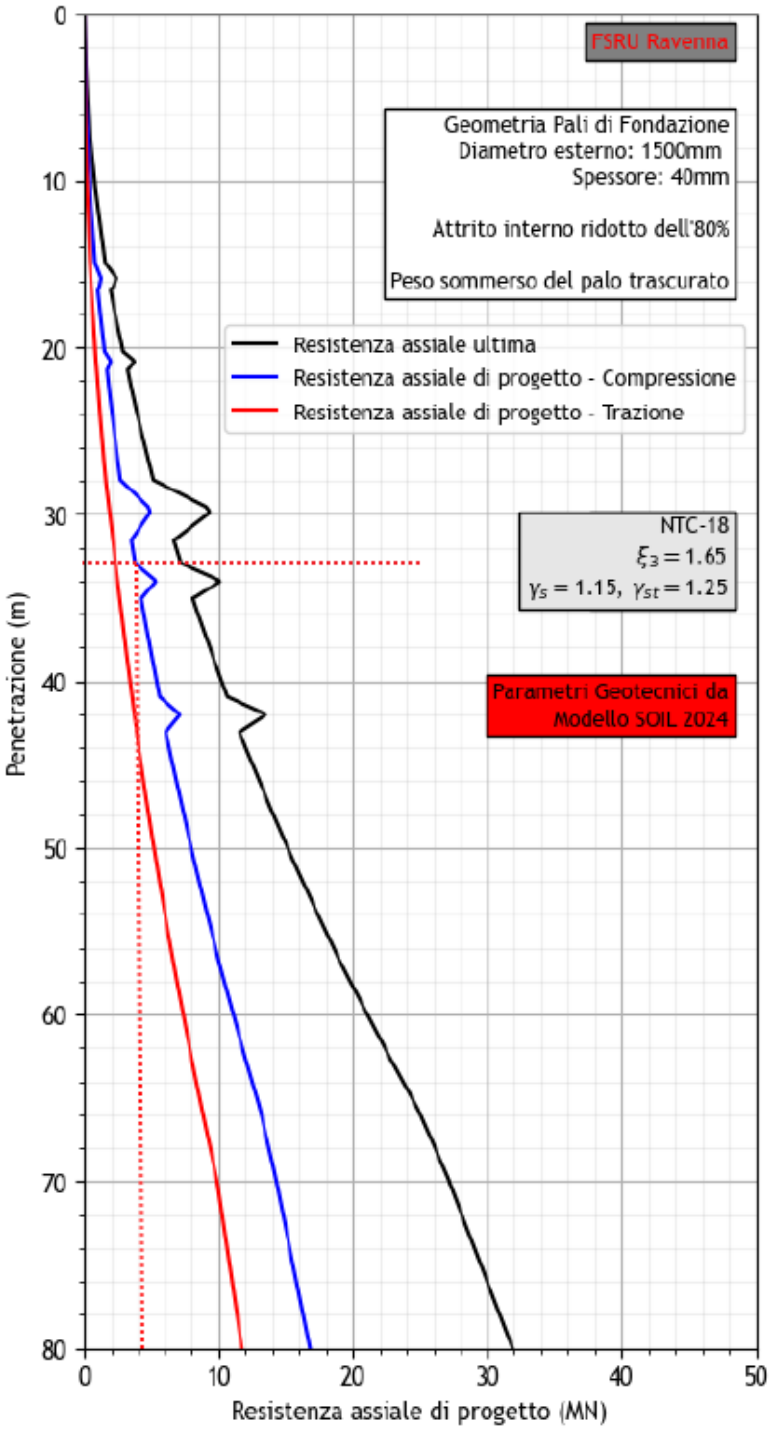


Figura 11-4:Curva capacità portante ultima fattorizzata in accordo con NTC

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

12 APPENDICE 1: SACS FILE INPUT



0001-CI-E-017032_2
- ANALISI DEI PALI DI

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