EMERGENZA GAS

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

FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI

RELAZIONE DI CALCOLO DELLA STRUTTURA DI SUPPORTO DEL RISER E JTUBE ANALISI STATICA IN SERVIZIO

Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data
B	Emesso per Approvazione	K.Caldera	J. Albagli	M. Raimondi	07/05/2024
A	Emesso per Approvazione	K.Caldera	J. Albagli	M. Raimondi	06/02/2024

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

INDICE

PAGINA

1 OGGETTO DELLA REVISIONE B 5

2 INTRODUZIONE 5

2.1 Generalità 5

2.2 Scopo del Documento 6

3 DEFINIZIONI ED ABBREVIAZIONI 6

3.1 Definizioni 6

3.2 Abbreviazioni 6

4 RIFERIMENTI 7

4.1 Documenti Di Progetto 7

4.2 Documenti Di Riferimento 7

4.3 Normative Di Riferimento 7

4.4 Software 8

5 CONCLUSIONI 9

6 DESCRIZIONE STRUTTURA RISER GUARD 10

7 CRITERI DI PROGETTAZIONE 11

7.1 Materiali 11

7.2 Criteri di Progettazione 13

7.2.1 Generalità 13

7.2.2 Combinazione delle azioni e fattori di azione parziale per le analisi in servizio 13

7.2.3 Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari 14

7.2.4 Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari 14

7.2.5 Resistenza minima nodi tubolari 15

7.2.6 Fattore di resistenza parziale per sezioni non tubolari 15

7.3 Criteri di Accettazione 16

7.3.1 Elementi della struttura 16

7.3.2 Palo di fondazione 17

8 DATI DI PROGETTO AMBIENTALI 18

8.1 Dati Meteo-Marini 18

8.1.1 Batimetria 18

8.1.2 Vento 18

8.1.3 Onde 18

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

8.1.1 Corrente 18
8.1.2 Splash Zone 19
8.1.3 Accrescimento Marino 19
9 MODELLO DI CALCOLO 19
9.1 Unità di Misura 19
9.2 Sistema di Riferimento 19
9.3 Programma di Calcolo 19
9.4 Modello di Calcolo 20
9.4.1 Criteri di Modellazione 20
10 CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO 24
10.1 Carichi Permanenti 25
10.1.1 Peso Proprio Strutturale - DEAZ 25
10.1.2 Pesi Strutture non modellate 25
10.1.3 Reazione sui supporti del riser 25
10.2 Carichi Variabili 26
10.2.1 Carico Variabile distribuito – LIVZ 26
10.3 Carichi Ambientali 27
10.3.1 Carichi di Vento 27
10.3.2 Onda e corrente 27
10.4 Risultanti dei Carichi 28
10.5 Combinazioni di Carico 28
10.5.1 Combinazioni Operative/Storm SLU 28
11 RISULTATI DELL'ANALISI 31
11.1 Verifiche strutturali degli elementi (struttura supporto, jtube e palo) 31
11.2 Verifiche nodi tubolari 33
12 VERIFICHE DEL PALO DI FONDAZIONE 34
12.1 Modello lpile 35
12.2 Dati geotecnici 36
12.3 Condizione di carico 37
12.4 Risultati analisi 37
12.5 Verifiche Strutturali 39
12.6 Verifica della capacità portante 39
13 VERIFICA DELLA CLAMPA DI SUPPORTO RISER 41

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

13.1 Verifica dei bulloni 41
13.2 Verifica del piatto 42
14 APPENDICE A – SCHEMI UNIFILARI 43
15 APPENDICE B – PROPRIETA' GRUPPI 51
15.1 Proprietà gruppi 51
15.2 Proprietà Sezioni 51

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 6-1: Proprietà acciaio 11
Tabella 6-2: Gradi di acciaio secondo standard per classi di design 12
Tabella 6-3: Proprietà dell'acciaio relative allo spessore (secondo EN 10025-2 & 4) 12
Tabella 6-4: Fattori di azione parziale per l'analisi in servizio 13
Tabella 6-5: Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari 14
Tabella 6-6: Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari 15
Tabella 6-7: Fattori di resistenza parziale per i nodi tubolari 15
Tabella 6-8: Fattori di resistenza parziale per sezioni non tubolari 16
Tabella 7-1 – Vento di progetto 18
Tabella 7-2 – Onde di progetto 18
Tabella 7-3 – Corrente di progetto 19
Tabella 9-1: Coefficienti parziali azioni per condizioni in servizio 24
Tabella 9-2: Reazioni riser dedotte da Rif. [A15] 26
Tabella 9-3: Risultanti condizioni di carico 28
Tabella 9-4: Combinazioni SLU Operative 29
Tabella 10-1: Verifiche elementi strutturali UC > 0.70 31
Tabella 10-2: Verifiche e max UC per gruppi 32
Tabella 10-3: UC > 0.10 – Verifica a punzonamento 34
Tabella 11-1: Forze in testa palo 35
Tabella 11-2: Verifiche strutturali - ISO 19902 39

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

1 OGGETTO DELLA REVISIONE B

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

2 INTRODUZIONE

2.1 GENERALITÀ

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

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

Le opere previste nel Progetto FSRU Ravenna sono le seguenti:

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

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

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

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

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

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

2.2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente documento illustra le verifiche strutturali della struttura di supporto e di protezione del riser e dei Jtubes, nonché la verifica del palo TG-1 (1675mm) per le condizioni statiche in servizio, secondo i dati di progetto (Rif. [A2]) e i criteri definiti dalle basi di progettazione strutturale (Rif.[A7]).

3 DEFINIZIONI ED ABBREVIAZIONI

3.1 DEFINIZIONI

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

3.2 ABBREVIAZIONI

SLU	Stato Limite Ultimo
UC	Unity Check
OD	Diametro

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

4 RIFERIMENTI

4.1 DOCUMENTI DI PROGETTO

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

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

4.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

[A6] 0001-CI-E-012500 Relazione Geotecnica

[A7] 0001-CI-E-017000 Basi di Progettazione Strutturale

[A8] 0001-CB-B-017001 Layout generale del pontile

[A9] 0001-CD-B-017453 Tubo camicia riser 26" - Assieme

[A10] 0001-CD-B-017454 Tubo camicia riser 26" - Struttura - Pianta e elevazioni

[A11] 0001-CD-B-017455 Tubo camicia riser 26" - Testata supporto passerelle

[A12] 0001-CD-B-017456 Tubo camicia riser 26" - Struttura protezione riser

[A13] 0001-CD-B-017457 Tubo camicia riser 26" - dettaglio supporto flangia

[A14] 0001-CD-B-017457 Tubo camicia riser 26" - dettaglio clampa

[A15] 0001-ZX-E-014381 Relazione di calcolo per analisi stress tubazioni con CAESAR II

[A16] 0001-CI-E-017544 Analisi a fatica della struttura di supporto del riser

[A17] 0001-CI-E-017032 Analisi dei pali di fondazione delle passerelle

[A18] 0001-CI-E-017535 Calcolo degli spostamenti passerelle

4.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

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

[B2] ISO 19900 General requirements for offshore structures

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

[B4] ISO 19902 Fixed Steel Offshore

[B5] EN 1993 Progettazione delle strutture in acciaio

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

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

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

[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

4.4 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.

5 CONCLUSIONI

La presente relazione presenta la verifica statica in servizio della struttura di supporto e di protezione del riser, di n°2 Jtubes 16" e il palo di fondazione TG-1 con diametro di 1675 sp.60mm.

La presente relazione non copre la verifica del riser.

L'analisi della configurazione statica in servizio ha dimostrato che la struttura è in grado di resistere alle condizioni operative ed estreme di progetto, in termini di carichi gravitazionali, ambientali (azione del vento e onda) e variazione termica sulla tubazione, 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].

Le verifiche per le condizioni sismiche sono riportate nella relazione di calcolo Rif.[A17].

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

- Telaio di supporto: UC = 0.34 < 1.0 OK
- Punzonamento dei nodi : UC = 0.54 < 1.0 OK
- Jtubes 16" UC < 0.10 < 1.0 OK
- Palo 1675mm sopra quota fondale: UC = 0.30 < 1.0 OK
- Palo 1675mm sotto quota fondale: UC = 0.16 < 1.0 OK
- Capacità portante: FS = 1.26 >1.0
- Clampe: UC = 0.61 < 1.0 OK

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

6 DESCRIZIONE STRUTTURA RISER GUARD

La struttura di supporto delle clampe del riser e dei jtubes è prefabbricata su sleeve e supportata da un palo verticale di diametro 1675 mm.

Lo sleeve sostiene una struttura tubolare di supporto alle clampe del riser 26" e due J-tubes 16", nonché la piattaforma di supporto passerelle.

La testata sarà cementata rigidamente sul palo eventualmente tagliato in quota al termine dell'infissione.

In Figura 6-1 è rappresentato il modello 3D di analisi generato con il programma [B20], -15.4m è la quota del fondale assunta per la verifica.

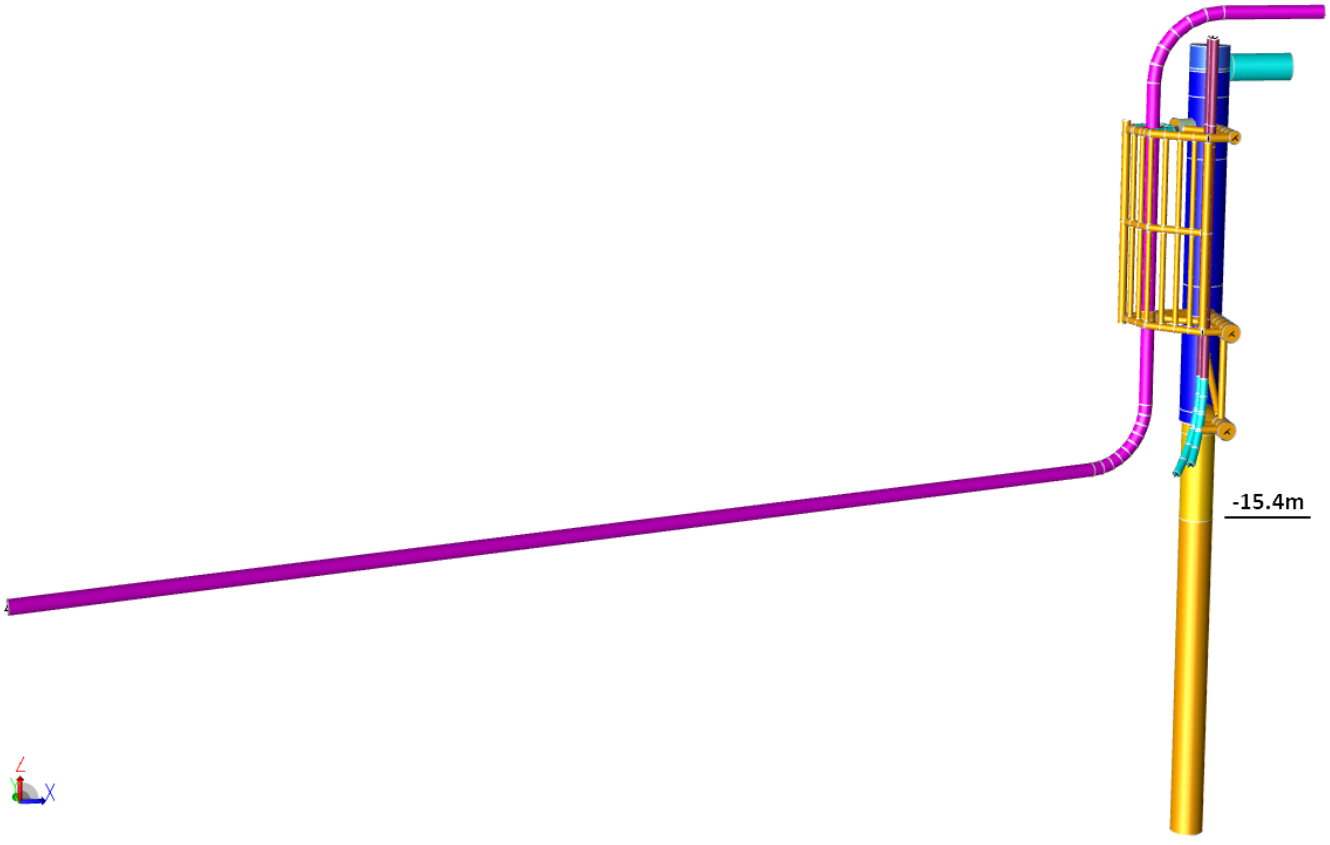


Figura 6-1: Vista 3D completa del modello di calcolo

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

7 CRITERI DI PROGETTAZIONE

7.1 MATERIALI

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

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

Tabella 7-1: Proprietà acciaio

I gradi di acciaio da utilizzare sono riportati in

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

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

Tabella 7-2: Gradi di acciaio secondo standard per classi di design

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

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 7-3: 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.

7.2 CRITERI DI PROGETTAZIONE

7.2.1 Generalità

I criteri di progettazione sono conformi ai metodi stati limite degli standard ISO 19900 Rif.[B1] ISO 19901 Rif.[B3] ISO 19902 Rif.[B4] ed EN 1993 Rif.[B5] (per le sezioni I /H) che sono generalmente considerati lo standard applicabile per la progettazione della struttura.

7.2.2 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 7-4: 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.

7.2.3 Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari

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

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

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

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

Tabella 7-5: Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari

7.2.4 Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari

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

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].

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

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

Tabella 7-6: Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari

7.2.5 Resistenza minima nodi tubolari

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

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

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

7.2.6 Fattore di resistenza parziale per sezioni non tubolari

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

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

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 7-8: Fattori di resistenza parziale per sezioni non tubolari

7.3 CRITERI DI ACCETTAZIONE

7.3.1 Elementi della struttura

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

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

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) 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.

7.3.2 Palo di fondazione

Il palo della struttura sarà progettato per sopportare la massima azione di compressione che agisce durante le condizioni in servizio.

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

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

dove:

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

NOTA:

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

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

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

8 DATI DI PROGETTO AMBIENTALI

8.1 DATI METEO-MARINI

La progettazione strutturale deve considerare i dati di vento, onde e corrente in mare aperto, senza il contributo di abbattimento generato dall'installazione del muro paraonde prevedendo un periodo intermedio di progetto (vita di progetto di riferimento) senza diga di 5 anni.

I dati meteo-marini inerenti vento, onde, corrente, sono riportati nel documento Basi di progettazione strutturale Rif.[A7]

E riassunti nei paragrafi seguenti.

8.1.1 Batimetria

La quota di fondo del mare è variabile da -14m (lato ovest) a -18.00m (lato est) s.l.m.m.

Viene assunto per i calcoli la quota a -15.4m, a favore di sicurezza.

La variazione della profondità data dalla marea è di +0.60 m.

8.1.2 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

Tabella 8-1 – Vento di progetto

8.1.3 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

Tabella 8-2 – Onde di progetto

8.1.1 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°	

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

Tabella 8-3 – Corrente di progetto

8.1.2 Splash Zone

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

8.1.3 Accrescimento Marino

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

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

9 MODELLO DI CALCOLO

9.1 UNITÀ DI MISURA

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

9.2 SISTEMA DI RIFERIMENTO

Il sistema di riferimento ha origine sull'asse palo con le seguenti caratteristiche (vedi Figura 9-1):

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

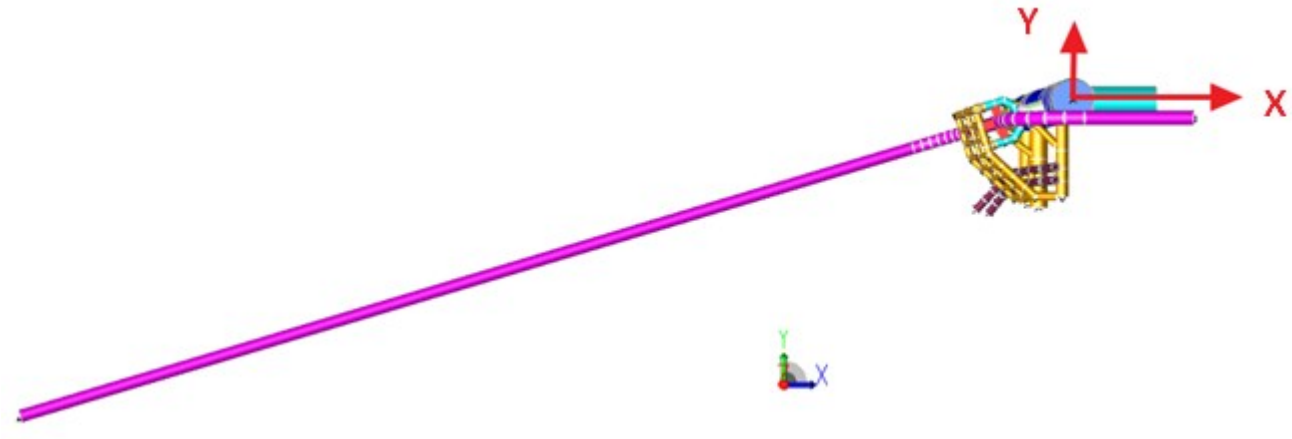


Figura 9-1: Sistema di riferimento del modello

9.3 PROGRAMMA DI CALCOLO

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

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

9.4 MODELLO DI CALCOLO

A partire dal modello globale 3D utilizzato per la verifica dei pali di fondazione (Rif.[A17]) è stato isolato il palo TG-1 con la struttura di supporto del riser. In corrispondenza della sezione di interfaccia sono state applicate le molle che tengono conto della continuità del modello.

Il modello è limitato:

- Alla struttura principale delle sovrastruttura;
- Palo 1675mm+ sleeve;
- Il riser fino al limite di batteria
- N°2 Jtubes 16"x26.19 mm il tratto rettilineo e la curva 16"x21.44 mm

Il modello 3D è rappresentato in Figura 9-2.

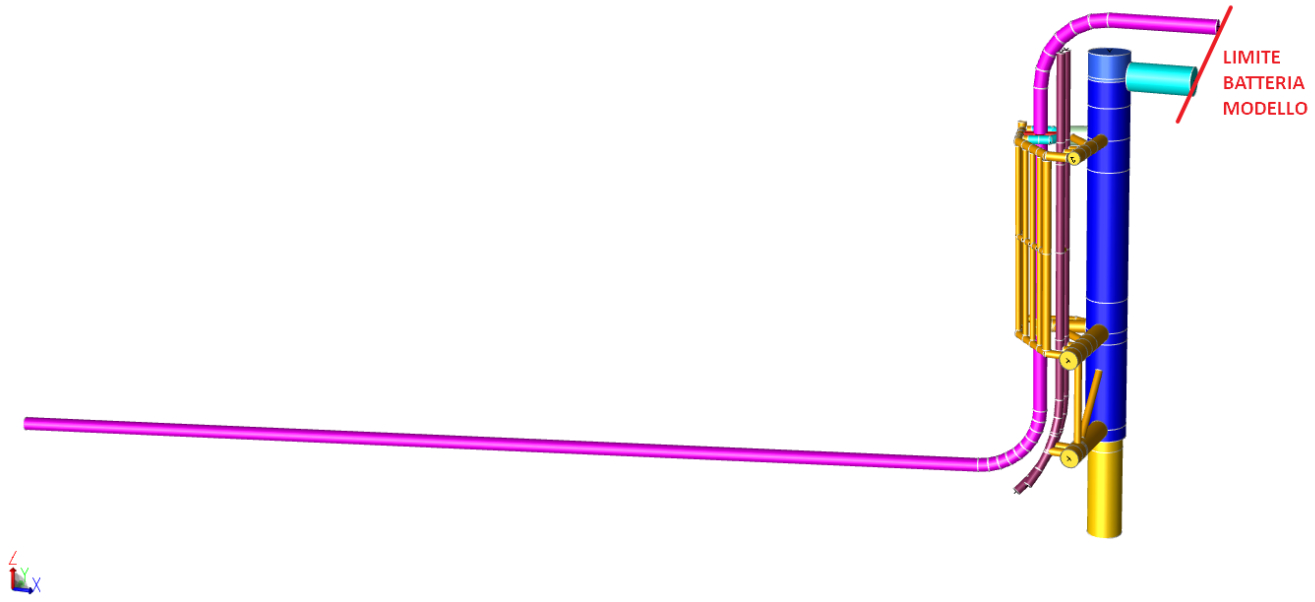


Figura 9-2: Modello SACS della struttura di supporto del riser

Il struttura del capitello è definita nel modello con un carico verticale alla testa palo.

9.4.1 Criteri di Modellazione

Di seguito sono illustrati i criteri di modellazione utilizzati:

- Gli elementi trave (beam) sono modellati da punto a punto; i profili tubolari sono modellati lungo il proprio asse, mentre i profilati sono modellati sul bordo superiore, per impostare la quota in maniera corretta. Gli assi locali di ogni trave sono x (assiale), y e z. La connessione fra travi avviene ai nodi di estremità.
- Ogni elemento è associato ad un gruppo (Member Group), che è caratterizzato da specifiche proprietà sezionali e materiali. La corrispondenza fra elemento del modello e gruppo, la lista

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

dei gruppi utilizzati e le relative proprietà sono elencate in APPENDICE A – SCHEMI UNIFILARI e APPENDICE B – PROPRIETA' GRUPPI.

- Le travi vengono caratterizzate dalla loro sezione, materiale (densità γ, snervamento F_y), e dalle lunghezze di libera inflessione (L_y, L_z) e di sbandamento laterale (L_b)
- Le piastre vengono modellate a partire dai punti delle travi, sulla superficie media, a cui vengono assegnati materiale (densità γ, snervamento F_y) e spessore.
- Alle travi vengono assegnati eventuali "release" agli estremi, ovvero vengono svincolate alle estremità in accordo alla loro connessione reale. L'assegnazione di un release avviene settando il valore del corrispondente grado di libertà interno in quella direzione in "1", lasciando "0" quando si vuole mantenere il vincolo. Ogni estremità possiede 6 gradi di libertà, in accordo al sistema di riferimento locale: primi tre gradi di libertà sono le traslazioni del nodo di estremità lungo le tre direzioni locali, gli altri tre sono le rotazioni attorno agli stessi assi. I *release* interni assegnati sono mostrati in Figura 9-5.
- Ai punti vengono assegnati dei vincoli esterni, vengono vincolati i gradi di libertà di un punto (6 totali) andando a settare il valore di "1" a quel grado di libertà, lasciando il valore di "0" se vuole mantenersi lo sposamento lungo quella direzione. I primi tre gradi di libertà sono le traslazioni del punto lungo le tre direzioni globali, gli altri tre sono le rotazioni attorno agli stessi assi.

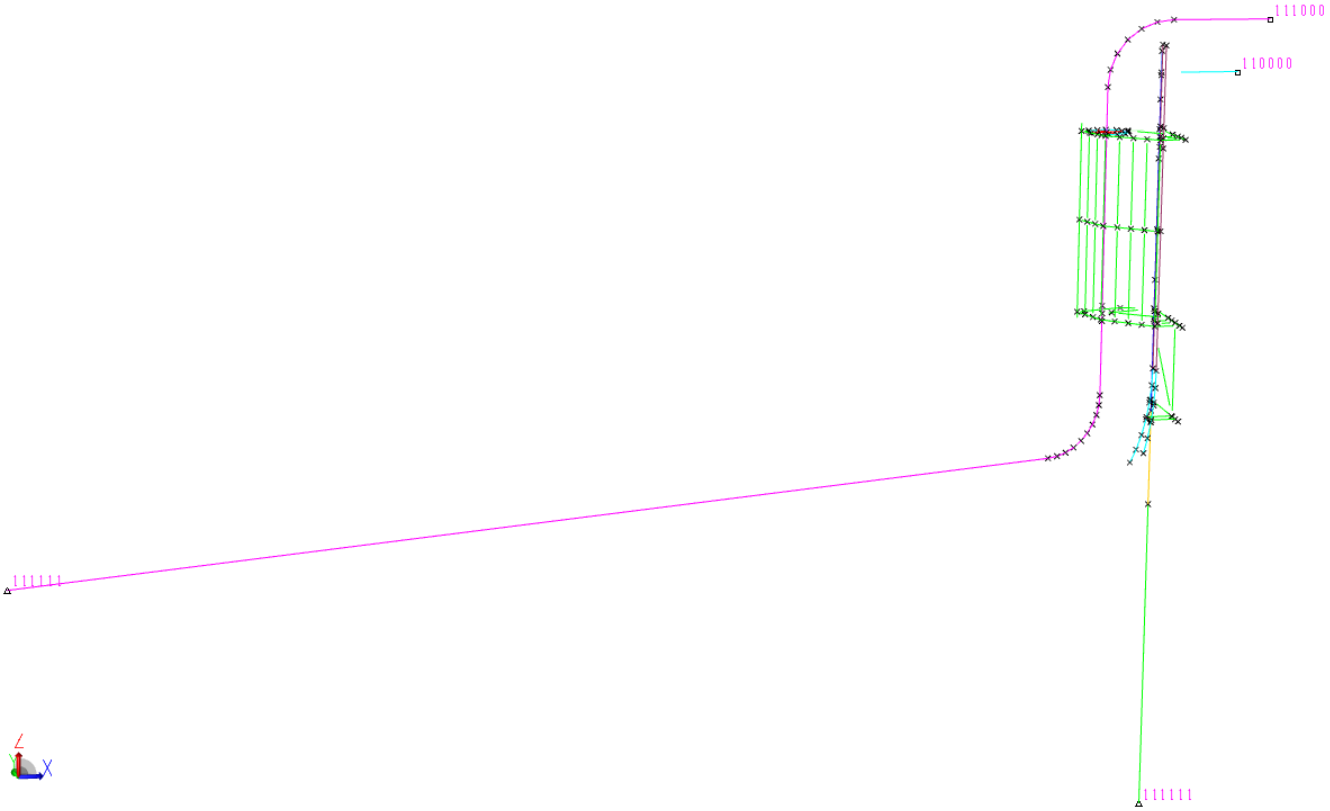


Figura 9-3: Modello SACS – Schema di vincolo

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

Il modello è stato vincolato nelle seguenti parti:

- Il palo di fondazione è stato modellato con un palo equivalente di lunghezza pari a 10OD (lunghezza stimata con una comparazione degli spostamenti con un modello in L-pile).
- Vincolo fisso di tutti i gradi di libertà alla base del riser in un nodo a circa 50 m di distanza rappresentativo dello spool.
- Molla trasversale e longitudinale all'interfaccia del tubo di collegamento dei pali e del riser a qt. +9.0m. La rigidezza di entrambe le molle è stata stimata con modelli Sacs:
    - La molla longitudinale corrisponde alla rigidezza del telaio longitudinale dei pali collegati dal tubo OD 1320mm ed è pari a 14800 kN/m
    - La molla trasversale corrisponde alla rigidezza della briccola MD1 (fondata su 4 pari) ed è pari a 21750 kN/m.

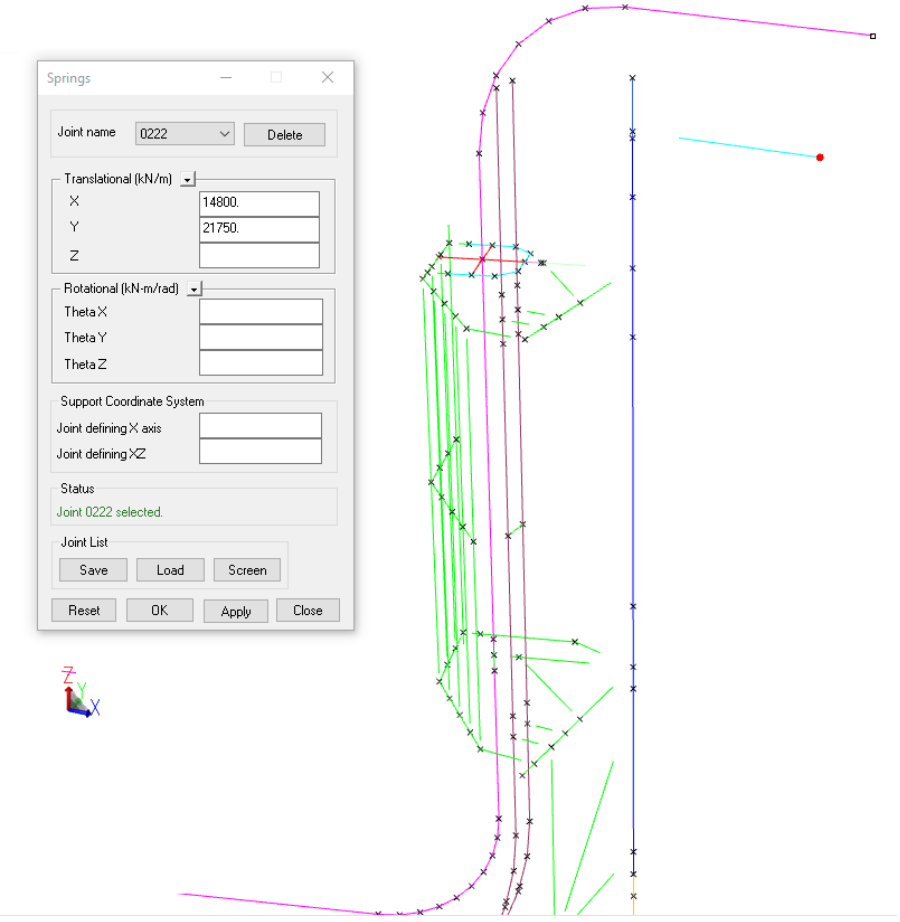


Figura 9-4: Modello SACS – vincoli elastici

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

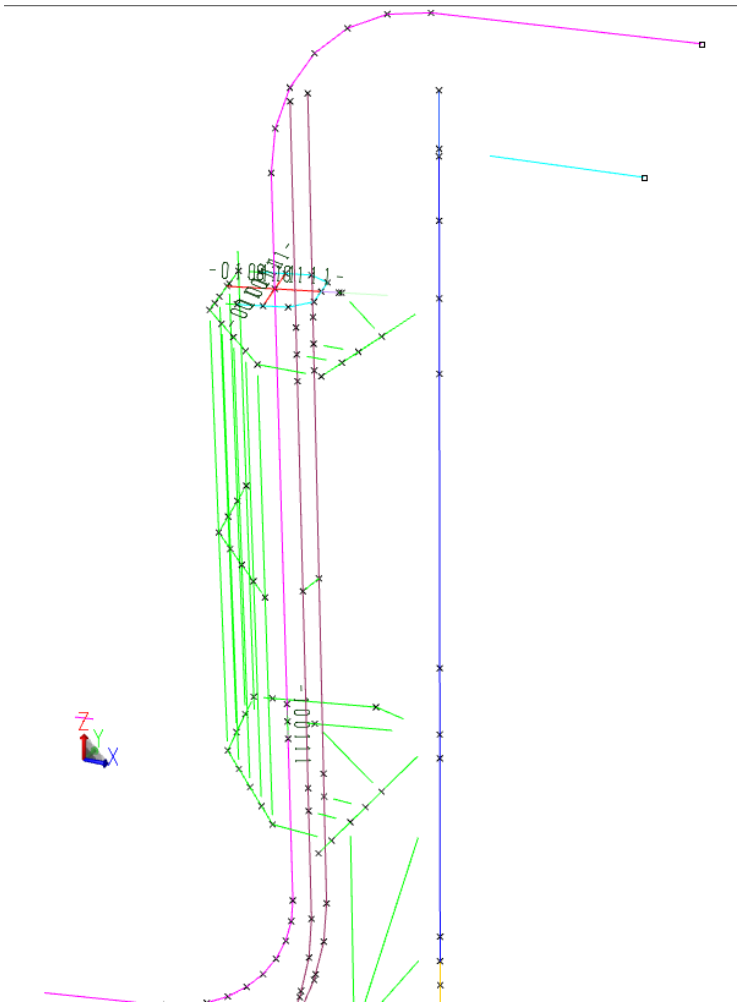


Figura 9-5: Modello SACS - releases interni ai supporti del riser

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

10 CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO

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);

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

IN SERVIZIO	Coefficienti Parziali delle Azioni	
Caso Base	Gravità G	Cond. Operative ULS1
G_1	1.3	1.3
G_2	1.3	1.3
Q_1	1.5	1.5
Q_2	1.5	1.5
E_o	-	1.5
E_e	1.0	1.0

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

Fra le azioni permanenti rientrano:

- Peso proprio delle strutture
- Reazione di appoggio della passerella (struttura e tubazioni) e del capitello
- Peso riser sulla hanger flange

Fra le azioni ambientali rientrano:

- Vento (sulla tubazione e sulla struttura)
- Onde e corrente
- Temperatura e pressione nel riser (reazioni trasferite alle clampe)

Fra le azioni variabili rientrano:

- Carico accidentale sulla passerella

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

10.1 CARICHI PERMANENTI

10.1.1 Peso Proprio Strutturale - DEAZ

Il peso proprio della struttura modellata (palo, traliccio di supporto, Jtubes) viene automaticamente calcolato dal software SACS, utilizzando le proprietà sezionali, la lunghezza e la densità dei vari elementi. Le seguenti densità sono utilizzate:

- Carpenteria Metallica: 7.85 t/m^3

Il peso della struttura è definito con la condizione di carico DEAZ o definito nei carichi d'onda. Al peso è stata applicata una contingency del 20% (che copre il peso del rivestimento di protezione di parti della struttura).

Il peso del riser è stato invece considerato in termini di reazione verticale sulla flangia superiore di supporto.

10.1.2 Pesi Strutture non modellate

Il peso della passerella TG-1 comprensivo di grigliati, corrimani, canaline elettriche e tubazione è stato dedotto dalla relazione Rif. [A17] e corrisponde a 460 kN.

- Reazione di appoggio passerella tubo gas: 230 kN
- Reazione di appoggio passerella PAS-S11: 138 kN

La condizione di carico assegnata è denominata PASP.

Il peso del capitello e del tubo di collegamento OD1320mm corrisponde alla condizione di carico PCAP pari a:

- Peso capitello: 70 kN
- Peso tubo di collegamento: 18.62m/2 x 1263 kg/m /1000 = 11.7 ton
  = 115 kN

10.1.3 Reazione sui supporti del riser

I carichi da piping sono stati dedotti dalla relazione di calcolo di stress della tubazione Rif. [A15] associati alla condizione operativa più gravosa:

- Le reazioni al supporto qt. +4.285m corrispondono al nodo 5000 della stress
- Le reazioni al supporto qt. -4.95m corrispondono al nodo 5360 della stress

A favore di sicurezza sono state combinati i valori massimi in termini assoluti nelle tre direzioni.

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

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

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

Tabella 10-2: Reazioni riser dedotte da Rif. [A15]

10.2 CARICHI VARIABILI

10.2.1 Carico Variabile distribuito – LIVZ

Il carico variabile sulla passerella TG-1 è stato dedotto dalla relazione Rif. [A17] e corrisponde a 460 kN.

- Reazione di appoggio passerella gas: 84/2 = 42 kN
- Reazione di appoggio passerella : 90/2 = 45 kN

La condizione di carico assegnata è denominata PASL.

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

10.3 CARICHI AMBIENTALI

10.3.1 Carichi di Vento

I carichi del vento sono automaticamente generati dal software SACS sulla base di input quali la velocità e l'altezza di riferimento, secondo un profilo prestabilito che in questo caso è quello API.

- Condizioni Storm: Profilo API con 38 m/s a 10 m dal livello del mare
- Condizioni Operative: Profilo API con 32.9 m/s a 10 m dal livello del mare

Le forze sono generate su tutta la struttura modellata investita dal profilo di vento.

La condizione di carico assegnata è:

- WO1X vento operativo sulla struttura in direzione long.
- WO1Y vento operativo sulla struttura in direzione tras.
- WS1X vento storm sulla struttura in direzione long.
- WS1Y vento storm sulla struttura in direzione tras.
- WOPY vento sulla passerella in direzione trasv. operativo
- WSPY vento sulla passerella in direzione trasv. operativo

  Su un'altezza di 1.5m (vedi Rif.[A17])

10.3.2 Onda e corrente

Tra l'elenco delle onde definite nel modello globale descritto nel documento [A18], sono ste selezionate quelle con cresta in corrispondenza del palo TG-1.

Le onde definite sono pertanto:

- W101 onda +corrente estrema a 45°
- W201 onda +corrente estrema a 90°
- W301 onda +corrente estrema a 135°
- W401 onda +corrente operativa a 45°
- W501 onda +corrente operativa a 90°
- W601 onda +corrente operativa a 135°

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

10.4 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 *********				********* Y - DIRECTION *********				********* Z - DIRECTION *********			
		FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
1	DEAZ	0.00				0.00				-1836.62	-0.20	-0.65	-2.41
2	WS1Y	0.34	-2.32	-3.45	4.28	21.36	-0.43	-1.11	6.02	0.00			
3	WS1X	16.20	-1.20	-1.37	5.09	0.34	-2.32	-3.45	4.28	-0.69	-1.85	-0.90	8.73
4	WO1Y	0.26	-2.32	-3.45	4.28	16.33	-0.44	-1.11	6.00	0.00			
5	WO1X	12.42	-1.20	-1.37	5.08	0.26	-2.32	-3.45	4.28	-0.52	-1.85	-0.90	8.73
6	FRIX	100.00	-3.00	-0.90	-4.95	0.00				0.00			
7	FRIY	0.00				10.00	-3.00	-0.90	-4.95	0.00			
8	HRIX	350.00	-3.00	-0.90	4.28	0.00				0.00			
9	HRIY	0.00				100.00	-3.00	-0.90	4.28	0.00			
10	HRIZ	0.00				0.00				-200.00	-3.00	-0.90	4.28
11	PASL	0.00				0.00				-90.00	0.00	0.00	8.22
12	WSPY	0.00				24.00	0.00	0.00	8.22	0.00			
13	WOPY	0.00				17.00	0.00	0.00	8.22	0.00			
14	PASP	0.00				0.00				-370.00	0.00	0.00	8.22
15	W101	609.57	-1.88	-1.74	-2.56	500.68	0.42	-1.03	-1.86	-1682.03	-0.07	-0.64	-3.12
16	W201	97.37	0.99	-1.49	-0.02	1252.04	-2.11	-1.61	-1.84	-1668.05	-0.78	-0.90	-3.70
17	W301	-1014.29	-2.32	-1.80	-2.11	1021.28	-4.67	-2.31	-3.00	-1583.39	0.25	-0.60	-3.44
18	W401	408.53	-1.97	-1.73	-3.20	330.32	0.97	-0.86	-2.28	-1734.38	-0.08	-0.65	-2.85
19	W501	74.56	-1.29	-2.08	-1.14	832.36	-1.58	-1.45	-2.09	-1695.23	-0.65	-0.85	-3.41
20	W601	-697.91	-2.55	-1.87	-2.54	711.10	-5.27	-2.47	-3.54	-1630.88	0.14	-0.61	-3.20
21	PCAP	0.00				0.00				-186.00	0.00	0.00	8.22

Tabella 10-3: Risultanti condizioni di carico

10.5 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. 7.2.2.

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).

10.5.1 Combinazioni Operative/Storm SLU

Le combinazioni di carico operative SLU utilizzate per le verifiche strutturali sono riportate in Tabella 10-4.

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																			
	DEAZ	PASP	HRIZ	PCAP	PASL	HRIX	HRIY	FRIX	FRIY	W101	W201	W301	W401	W501	W601	WS1X	WS1Y	WSPY	WO1X	WO1Y	WOPY
0100	1,300	1,300	1,300	1,300																	
0101	1,300	1,300	1,300	1,300	1,500																
0200	1,300	1,300	1,300	1,300	1,500	1,500	1,500	-1,500	-1,500												
0201	1,300	1,300	1,300	1,300	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500												
0202	1,300	1,300	1,300	1,300	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500												
0203	1,300	1,300	1,300	1,300	1,500	-1,500	1,500	1,500	-1,500												
0300		1,100	1,100	1,300	1,500	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,350						0,950	0,950	0,950			
0301		1,100	1,100	1,300	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500	1,350						0,950	0,950	0,950			
0302		1,100	1,100	1,300	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,350						0,950	0,950	0,950			
0303		1,100	1,100	1,300	1,500	-1,500	1,500	1,500	-1,500	1,350						0,950	0,950	0,950			
0304		1,100	1,100	1,300	1,500	1,500	1,500	-1,500	-1,500		1,350						1,350	1,350			
0305		1,100	1,100	1,300	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500		1,350						1,350	1,350			
0306		1,100	1,100	1,300	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500		1,350						1,350	1,350			
0307		1,100	1,100	1,300	1,500	-1,500	1,500	1,500	-1,500		1,350						1,350	1,350			
0308		1,100	1,100	1,300	1,500	1,500	1,500	-1,500	-1,500			1,350				-0,950	0,950	0,950			
0309		1,100	1,100	1,300	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500			1,350				-0,950	0,950	0,950			
0310		1,100	1,100	1,300	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500			1,350				-0,950	0,950	0,950			
0311		1,100	1,100	1,300	1,500	-1,500	1,500	1,500	-1,500			1,350				-0,950	0,950	0,950			
0400		0,900	0,900	1,300	1,500	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,350						0,950	0,950	0,950			
0401		0,900	0,900	1,300	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500	1,350						0,950	0,950	0,950			
0402		0,900	0,900	1,300	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,350						0,950	0,950	0,950			
0403		0,900	0,900	1,300	1,500	-1,500	1,500	1,500	-1,500	1,350						0,950	0,950	0,950			
0404		0,900	0,900	1,300	1,500	1,500	1,500	-1,500	-1,500		1,350						1,350	1,350			
0405		0,900	0,900	1,300	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500		1,350						1,350	1,350			
0406		0,900	0,900	1,300	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500		1,350						1,350	1,350			
0407		0,900	0,900	1,300	1,500	-1,500	1,500	1,500	-1,500		1,350						1,350	1,350			
0408		0,900	0,900	1,300	1,500	1,500	1,500	-1,500	-1,500			1,350				-0,950	0,950	0,950			
0409		0,900	0,900	1,300	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500			1,350				-0,950	0,950	0,950			
0410		0,900	0,900	1,300	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500			1,350				-0,950	0,950	0,950			
0411		0,900	0,900	1,300	1,500	-1,500	1,500	1,500	-1,500			1,350				-0,950	0,950	0,950			
0500		1,300	1,300	1,300	1,500	1,500	1,500	-1,500	-1,500				1,215						0,860	0,860	0,860
0501		1,300	1,300	1,300	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500				1,215						0,860	0,860	0,860
0502		1,300	1,300	1,300	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500				1,215						0,860	0,860	0,860
0503		1,300	1,300	1,300	1,500	-1,500	1,500	1,500	-1,500				1,215						0,860	0,860	0,860
0504		1,300	1,300	1,300	1,500	1,500	1,500	-1,500	-1,500					1,215						1,215	1,215
0505		1,300	1,300	1,300	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500					1,215						1,215	1,215
0506		1,300	1,300	1,300	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500					1,215						1,215	1,215
0507		1,300	1,300	1,300	1,500	-1,500	1,500	1,500	-1,500					1,215						1,215	1,215
0508		1,300	1,300	1,300	1,500	1,500	1,500	-1,500	-1,500						1,215				-0,860	0,860	0,860
0509		1,300	1,300	1,300	1,500	-1,500	-1,500	1,500	1,500						1,215				-0,860	0,860	0,860
0510		1,300	1,300	1,300	1,500	1,500	-1,500	-1,500	1,500						1,215				-0,860	0,860	0,860
0511		1,300	1,300	1,300	1,500	-1,500	1,500	1,500	-1,500						1,215				-0,860	0,860	0,860

Tabella 10-4: Combinazioni SLU Operative

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

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

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

LOAD CASE	LOAD LABEL	********* X - DIRECTION ********* FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	********* Y - DIRECTION ********* FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)	********* Z - DIRECTION ********* FORCE (KN)	X (M)	Y (M)	Z (M)
22	0100	0.00				0.00				-3188.40	-0.40	-0.56	-0.06
23	0101	0.00				0.00				-3252.15	-0.39	-0.55	0.10
24	0200	375.00	-3.00	-0.90	7.98	135.00	-3.00	-0.90	5.31	-3252.15	-0.39	-0.55	0.10
25	0201	-375.00	-3.00	-0.90	7.98	-135.00	-3.00	-0.90	5.31	-3252.15	-0.39	-0.55	0.10
26	0202	375.00	-3.00	-0.90	7.98	-135.00	-3.00	-0.90	5.31	-3252.15	-0.39	-0.55	0.10
27	0203	-375.00	-3.00	-0.90	7.98	135.00	-3.00	-0.90	5.31	-3252.15	-0.39	-0.55	0.10
28	0300	1213.63	-2.22	-1.48	0.80	854.32	-0.15	-0.98	-0.27	-3049.95	-0.27	-0.54	-0.51
29	0301	463.63	-0.95	-2.41	-10.82	584.32	1.17	-1.02	-2.85	-3049.95	-0.27	-0.54	-0.51
30	0302	1213.63	-2.22	-1.48	0.80	584.32	1.17	-1.02	-2.85	-3049.95	-0.27	-0.54	-0.51
31	0303	463.63	-0.95	-2.41	-10.82	854.32	-0.15	-0.98	-0.27	-3049.95	-0.27	-0.54	-0.51
32	0304	506.91	-1.96	-1.06	5.90	1886.48	-2.11	-1.52	-1.03	-3030.42	-0.80	-0.74	-0.92
33	0305	-243.10	-5.16	-0.58	12.31	1616.48	-1.96	-1.62	-2.09	-3030.42	-0.80	-0.74	-0.92
34	0306	506.91	-1.96	-1.06	5.90	1616.48	-1.96	-1.62	-2.09	-3030.42	-0.80	-0.74	-0.92
35	0307	-243.10	-5.16	-0.58	12.31	1886.48	-2.11	-1.52	-1.03	-3030.42	-0.80	-0.74	-0.92
36	0308	-1009.36	-2.06	-2.13	-5.75	1556.50	-4.41	-2.14	-2.00	-2915.48	-0.04	-0.51	-0.62
37	0309	-1759.36	-2.46	-1.61	0.10	1286.50	-4.70	-2.40	-3.54	-2915.48	-0.04	-0.51	-0.62
38	0310	-1009.36	-2.06	-2.13	-5.75	1286.50	-4.70	-2.40	-3.54	-2915.48	-0.04	-0.51	-0.62
39	0311	-1759.36	-2.46	-1.61	0.10	1556.50	-4.41	-2.14	-2.00	-2915.48	-0.04	-0.51	-0.62
40	0400	1213.63	-2.22	-1.48	0.80	854.32	-0.15	-0.98	-0.27	-2963.95	-0.23	-0.55	-0.71
41	0401	463.63	-0.95	-2.41	-10.82	584.32	1.17	-1.02	-2.85	-2963.95	-0.23	-0.55	-0.71
42	0402	1213.63	-2.22	-1.48	0.80	584.32	1.17	-1.02	-2.85	-2963.95	-0.23	-0.55	-0.71
43	0403	463.63	-0.95	-2.41	-10.82	854.32	-0.15	-0.98	-0.27	-2963.95	-0.23	-0.55	-0.71
44	0404	506.91	-1.96	-1.06	5.90	1886.48	-2.11	-1.52	-1.03	-2944.42	-0.78	-0.75	-1.13
45	0405	-243.10	-5.16	-0.58	12.31	1616.48	-1.96	-1.62	-2.09	-2944.42	-0.78	-0.75	-1.13
46	0406	506.91	-1.96	-1.06	5.90	1616.48	-1.96	-1.62	-2.09	-2944.42	-0.78	-0.75	-1.13
47	0407	-243.10	-5.16	-0.58	12.31	1886.48	-2.11	-1.52	-1.03	-2944.42	-0.78	-0.75	-1.13
48	0408	-1009.36	-2.06	-2.13	-5.75	1556.50	-4.41	-2.14	-2.00	-2829.48	0.00	-0.51	-0.84
49	0409	-1759.36	-2.46	-1.61	0.10	1286.50	-4.70	-2.40	-3.54	-2829.48	0.00	-0.51	-0.84
50	0410	-1009.36	-2.06	-2.13	-5.75	1286.50	-4.70	-2.40	-3.54	-2829.48	0.00	-0.51	-0.84
51	0411	-1759.36	-2.46	-1.61	0.10	1556.50	-4.41	-2.14	-2.00	-2829.48	0.00	-0.51	-0.84
52	0500	882.27	-2.40	-1.37	1.65	565.22	-0.04	-0.85	0.01	-2972.27	-0.32	-0.54	0.02
53	0501	132.27	1.03	-4.06	-34.20	295.22	2.67	-0.81	-4.83	-2972.27	-0.32	-0.54	0.02
54	0502	882.27	-2.40	-1.37	1.65	295.22	2.67	-0.81	-4.83	-2972.27	-0.32	-0.54	0.02
55	0503	132.27	1.03	-4.06	-34.20	565.22	-0.04	-0.85	0.01	-2972.27	-0.32	-0.54	0.02
56	0504	465.91	-2.67	-1.13	6.20	1186.81	-1.69	-1.36	-0.94	-2924.26	-0.73	-0.68	-0.32
57	0505	-284.09	-3.55	-0.52	10.89	916.81	-1.31	-1.50	-2.78	-2924.26	-0.73	-0.68	-0.32
58	0506	465.91	-2.67	-1.13	6.20	916.81	-1.31	-1.50	-2.78	-2924.26	-0.73	-0.68	-0.32
59	0507	-284.09	-3.55	-0.52	10.89	1186.81	-1.69	-1.36	-0.94	-2924.26	-0.73	-0.68	-0.32
60	0508	-483.42	-2.17	-2.61	-10.53	1027.42	-4.83	-2.21	-2.08	-2845.62	-0.18	-0.51	-0.09
61	0509	-1233.42	-2.67	-1.57	0.73	757.42	-5.48	-2.68	-4.71	-2845.62	-0.18	-0.51	-0.09
62	0510	-483.42	-2.17	-2.61	-10.53	757.42	-5.48	-2.68	-4.71	-2845.62	-0.18	-0.51	-0.09
63	0511	-1233.42	-2.67	-1.57	0.73	1027.42	-4.83	-2.21	-2.08	-2845.62	-0.18	-0.51	-0.09

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

11 RISULTATI DELL'ANALISI

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

Questi consistono in:

- Verifiche strutturali della struttura di supporto e del palo;
- Verifica dei Jtubes;
- Verifica del palo di fondazione con il programma L-pile.

11.1 VERIFICHE STRUTTURALI DEGLI ELEMENTI (STRUTTURA SUPPORTO, JTUBE E PALO)

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) ed EN 1993 Rif.[B5] (per le sezioni I /H).

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

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

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

Le verifiche mostrano che la struttura è adeguata a sopportare i carichi imposti della configurazione in servizio, sia nel caso di condizioni operative che estreme.

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche che presentano UC > 0.70.

```
   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 **
```

Tabella 11-1: Verifiche elementi strutturali UC > 0.70

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

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
B01	0019-0000	0311	0.12	0.9	1.4	-19.7	44.9	.3E+03	.3E+06	.4E+03	.4E+03	TN+BN	0.87	0.87	0.85	0.85
B03	0013-0017	0311	0.13	0.5	4.8	-24.2	45.8	.3E+03	.1E+06	.4E+03	.4E+03	TN+BN	0.53	0.53	0.85	0.85
B04	0079-0060	0307	0.15	5.0	2.5	56.8	-26.2	328.6	1283.8	438.2	438.2	TN+BN	5.05	5.05	0.85	0.85
B06	0024-0061	0307	0.27	0.0	-3.5	-73.8	-87.7	292.4	363.4	441.1	441.1	ACBI	9.00	9.00	0.85	0.85
B05	0000-0002	0307	0.12	0.0	-1.9	44.2	-26.7	292.4	1054.5	443.9	443.9	ACBI	9.00	9.00	0.85	0.85
B11	0024-0026	0408	0.16	0.0	-3.0	0.8	-65.7	292.4	2423.8	432.4	432.4	ACBI	9.00	9.00	0.85	0.85
B10	0024-0056	0409	0.14	0.0	-3.9	-7.4	-56.3	.3E+03	.4E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	1.59	1.59	0.85	0.85
B07	0073-0084	0310	0.16	0.1	3.5	42.1	50.4	338.1	1001.5	448.7	448.7	TN+BN	4.10	4.10	0.85	0.85
B08	R100-0017	0504	0.28	0.9	-22.4	-80.2	0.4	.3E+03	.3E+05	.4E+03	.4E+03	BN+AX	0.89	0.89	0.60	0.40
CLR	0023-0037	0308	0.00	0.0	-0.0	0.1	-0.1	.3E+03	.9E+06	.4E+03	.4E+03	SHEAR	0.40	0.40	0.85	0.85
JT2	0045-0126	0301	0.06	0.0	-2.2	-21.4	-8.8	292.4	318.3	440.7	440.7	ACBI	11.00	11.00	0.85	0.85
P01	FP01-0038	0411	0.21	0.0	-8.8	-5.8	6.0	221.4	422.9	420.9	420.9	SHEAR	40.00	40.00	0.85	0.85
PLC	G071-0222	0404	0.17	0.0	-2.1	0.0	-68.2	.3E+03	.5E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	2.98	2.98	0.85	0.85
SJ1	0028-0029	0411	0.13	0.4	1.6	-56.4	3.6	.3E+03	.3E+06	.4E+03	.4E+03	TN+BN	0.39	0.39	0.85	0.85
SJ5	0045-0033	0307	0.11	1.3	-0.2	-42.5	21.2	.3E+03	.2E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	1.30	1.30	0.85	0.85
SL2	0040-G071	0404	0.13	0.1	-1.9	0.3	0.0	238.7	585.0	404.0	404.0	SHEAR	40.00	40.00	0.85	0.85
B02	0017-0031	0304	0.34	0.3	-15.2	-63.9	27.3	.3E+03	.3E+06	.3E+03	.3E+03	BN+AX	0.34	0.34	0.89	0.88
JT1	0007-0048	0307	0.08	0.3	-5.3	23.3	-13.6	292.4	1961.0	442.0	442.0	ACBI	4.60	4.60	0.85	0.85
SLI	0381-0041	0411	0.17	0.0	-4.1	-14.6	11.2	283.9	503.1	404.0	404.0	SHEAR	40.00	40.00	0.85	0.85
SJ2	0076-0077	0203	0.05	0.6	-0.0	-17.9	0.5	.3E+03	.7E+05	.4E+03	.4E+03	SHEAR	0.60	0.60	0.85	0.85
PF1	0036-FP01	0311	0.25	0.0	-9.1	77.1	-53.2	283.9	2411.8	420.9	420.9	ACBI	16.75	16.75	0.85	0.85

Tabella 11-2: 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.

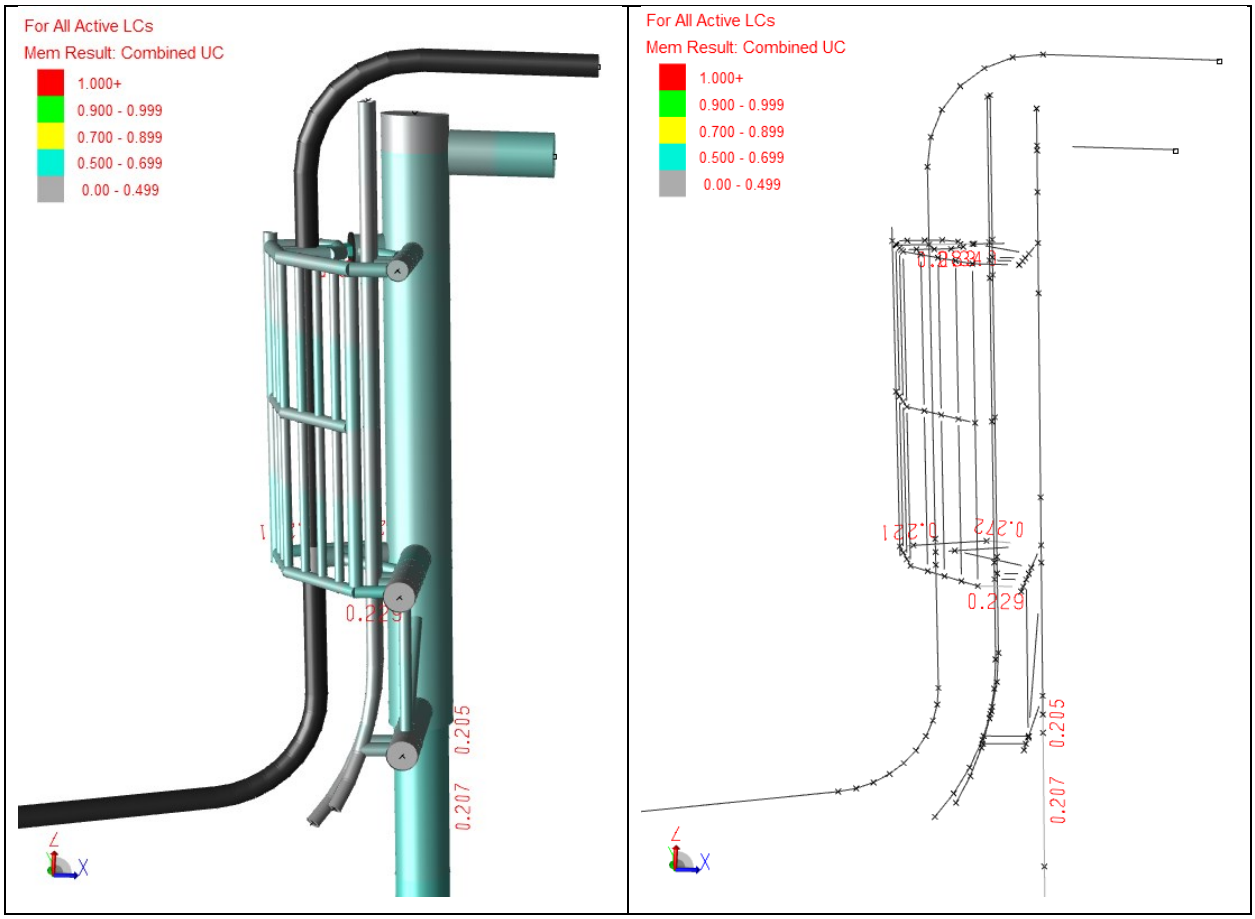


Figura 11-1: Massimi UC > 0.20 – Inviluppo SLU

11.2 VERIFICHE NODI TUBOLARI

Sono eseguite le verifiche a punzonamento di tutti i nodi tubolari in accordo ai requisiti delle ISO 19902.

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

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

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

(UNITY CHECK ORDER)

	ORIGINAL				DESIGN			
JOINT	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (N/MM2)	UC	DIAMETER (CM)	THICKNESS (CM)	YLD STRS (N/MM2)	UC
G071	195.000	5.000	335.000	0.540	195.000	5.000	335.000	0.540
0060	40.640	1.905	345.000	0.374	40.640	1.905	345.000	0.374
0023	75.140	2.000	345.000	0.246	75.140	2.000	345.000	0.246
0034	90.000	3.000	345.000	0.218	90.000	3.000	345.000	0.218
0062	40.640	1.905	345.000	0.205	40.640	1.905	345.000	0.205
0029	90.000	3.000	345.000	0.205	90.000	3.000	345.000	0.205
0008	40.640	1.905	345.000	0.186	40.640	1.905	345.000	0.186

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

0010	40.640	1.905	345.000	0.185	40.640	1.905	345.000	0.185
0024	195.000	7.810	335.000	0.167	195.000	7.810	335.000	0.167
0030	90.000	3.000	345.000	0.164	90.000	3.000	345.000	0.164
0082	34.760	1.505	345.000	0.156	34.760	1.505	345.000	0.156
0067	40.640	1.905	345.000	0.142	40.640	1.905	345.000	0.142
0064	35.560	1.905	345.000	0.138	35.560	1.905	345.000	0.138
0063	35.560	1.905	345.000	0.138	35.560	1.905	345.000	0.138
0068	40.640	1.905	345.000	0.130	40.640	1.905	345.000	0.130
0009	40.640	1.905	345.000	0.127	40.640	1.905	345.000	0.127
0033	90.000	3.000	345.000	0.122	90.000	3.000	345.000	0.122
0080	34.760	1.505	345.000	0.116	34.760	1.505	345.000	0.116
0000	195.000	7.810	335.000	0.114	195.000	7.810	335.000	0.114
0083	34.760	1.505	345.000	0.111	34.760	1.505	345.000	0.111
0084	34.760	1.505	345.000	0.110	34.760	1.505	345.000	0.110
0081	34.760	1.505	345.000	0.107	34.760	1.505	345.000	0.107
0016	40.640	1.905	345.000	0.106	40.640	1.905	345.000	0.106
0026	90.000	3.000	345.000	0.102	90.000	3.000	345.000	0.102
0005	60.960	3.659	345.000	0.102	60.960	3.659	345.000	0.102
0085	34.760	1.505	345.000	0.100	34.760	1.505	345.000	0.100

Tabella 11-3: UC > 0.10 – Verifica a punzonamento

12 VERIFICHE DEL PALO DI FONDAZIONE

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

- Palo 1675 mm spessore 60 mm infissione 39.1 m

Di seguito le azioni in testa palo che sono le forze interne dell'elemento modellante il palo equivalente.

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]
0036-FP01	FP01	PF1	100,00	-3370	-62	-61	87	-579	-456	737
			101,00	-3434	-62	-61	87	-579	-456	737
			200,00	-3474	-70	-80	106	-394	75	401
			201,00	-3394	-55	-42	69	-763	-987	1248
			202,00	-3477	-73	-39	83	-861	32	861
			203,00	-3391	-52	-83	97	-297	-944	989
			300,00	-3308	-334	-336	474	-956	-728	1202
			301,00	-3229	-319	-298	437	-1325	-1790	2227
			302,00	-3312	-337	-296	449	-1422	-771	1618
			303,00	-3225	-316	-339	463	-858	-1747	1946
			304,00	-3198	-63	-678	681	-1078	307	1121
			305,00	-3118	-49	-640	641	-1447	-755	1632
			306,00	-3201	-67	-637	640	-1545	264	1567
			307,00	-3115	-45	-680	682	-981	-712	1212
			308,00	-3010	399	-585	709	-799	1704	1882
			309,00	-2931	414	-547	686	-1168	642	1333
			310,00	-3014	396	-545	673	-1266	1660	2088
			311,00	-2927	418	-588	721	-702	685	981
			400,00	-3195	-330	-335	470	-946	-701	1177
			401,00	-3115	-316	-297	433	-1315	-1762	2199
			402,00	-3198	-334	-295	445	-1412	-744	1596
			403,00	-3112	-312	-338	460	-848	-1719	1917
			404,00	-3084	-59	-677	679	-1068	334	1119
			405,00	-3005	-45	-638	640	-1437	-727	1611
			406,00	-3088	-63	-636	639	-1535	291	1562
			407,00	-3001	-41	-679	680	-971	-684	1188
			408,00	-2897	403	-584	710	-789	1731	1903
			409,00	-2818	418	-546	688	-1158	669	1338
			410,00	-2901	400	-544	675	-1256	1688	2104
			411,00	-2814	421	-587	722	-692	713	993
			500,00	-3233	-238	-238	336	-764	-480	902
			501,00	-3153	-223	-200	299	-1133	-1542	1913
			502,00	-3236	-241	-197	311	-1230	-523	1337
			503,00	-3150	-219	-240	325	-666	-1498	1640
			504,00	-3126	-65	-450	454	-871	221	898
			505,00	-3047	-51	-412	415	-1240	-841	1498
			506,00	-3130	-69	-409	415	-1337	177	1349
			507,00	-3043	-47	-452	455	-773	-798	1111
			508,00	-3007	233	-400	463	-681	1177	1360
			509,00	-2928	248	-362	438	-1050	115	1056
			510,00	-3011	229	-359	426	-1148	1134	1613
			511,00	-2924	251	-402	474	-584	158	605
			max	-2814	421	-39	722	-297	1731	2227
			min	-3477	-337	-680	69	-1545	-1790	401

Tabella 12-1: Forze in testa palo

Il palo di fondazione è stato verificato con un modello in L-pile.

12.1 MODELLO LPILE

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

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

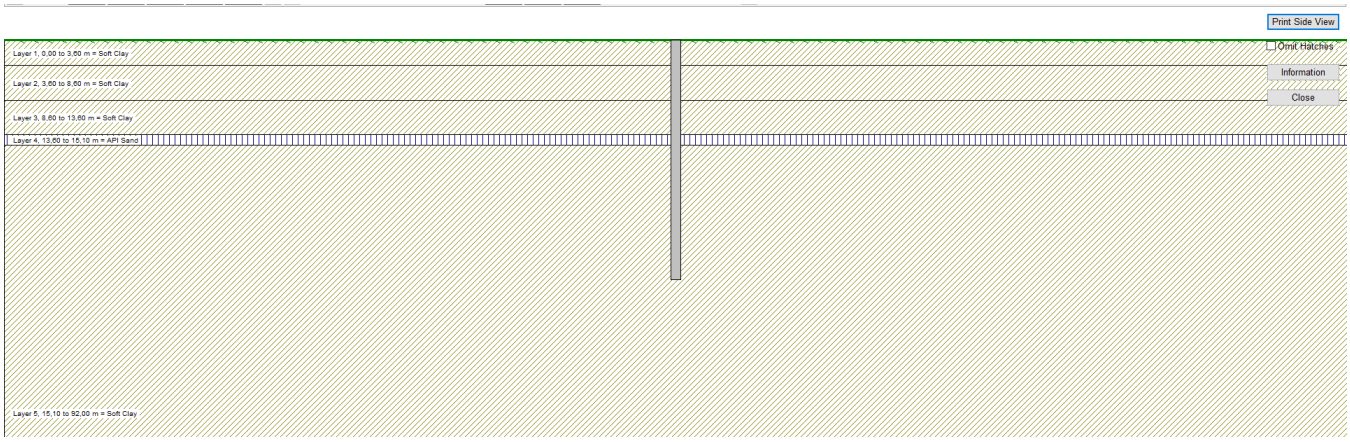
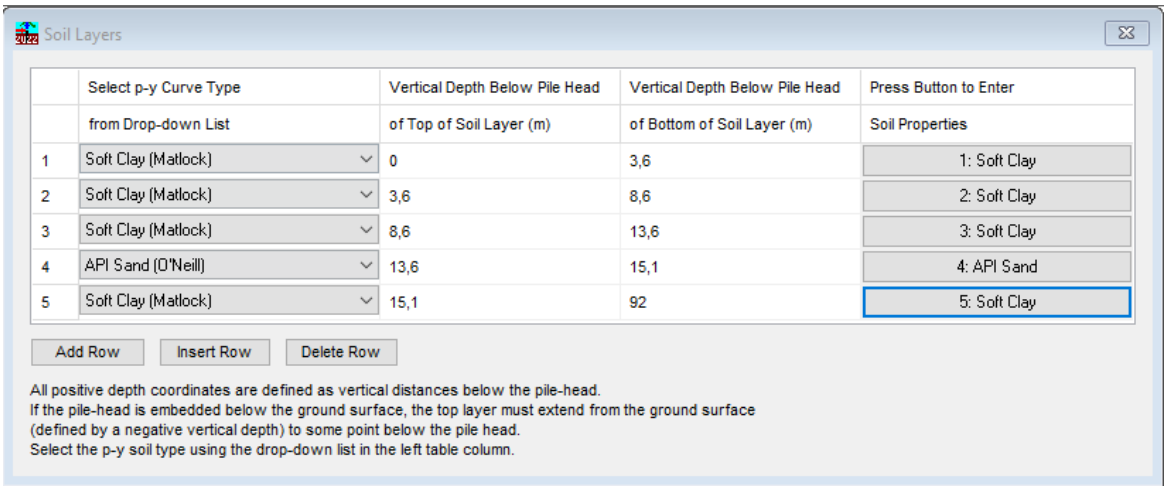


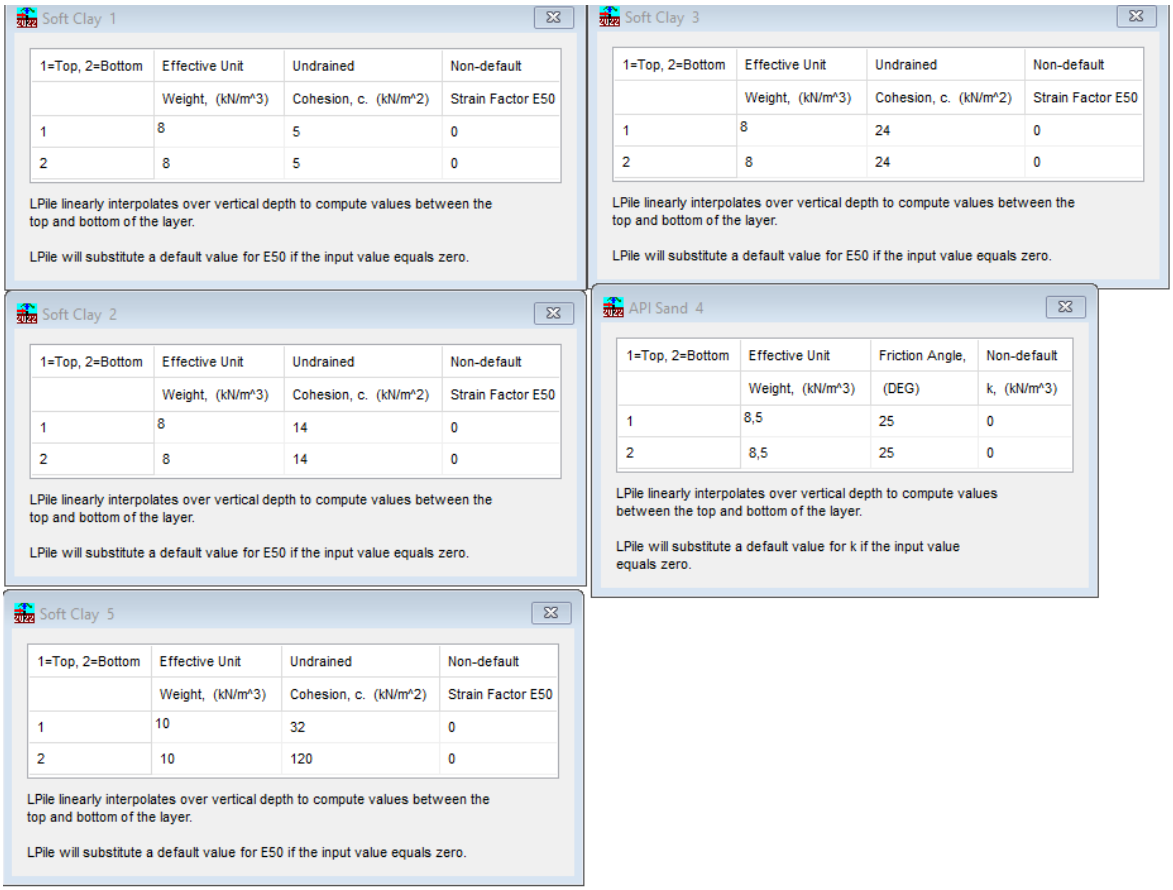
Figura 12-1: Modello Lpile

12.2 DATI GEOTECNICI

I dati geotecnici sono in accordo al Rif. [A7] 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.



Soft Clay 1

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight, (kN/m^3)	Undrained Cohesion, c. (kN/m^2)	Non-default Strain Factor E50
1	8	5	0
2	8	5	0

LPile linearly interpolates over vertical depth to compute values between the top and bottom of the layer.

LPile will substitute a default value for E50 if the input value equals zero.

Soft Clay 3

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight, (kN/m^3)	Undrained Cohesion, c. (kN/m^2)	Non-default Strain Factor E50
1	8	24	0
2	8	24	0

LPile linearly interpolates over vertical depth to compute values between the top and bottom of the layer.

LPile will substitute a default value for E50 if the input value equals zero.

Soft Clay 2

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight, (kN/m^3)	Undrained Cohesion, c. (kN/m^2)	Non-default Strain Factor E50
1	8	14	0
2	8	14	0

LPile linearly interpolates over vertical depth to compute values between the top and bottom of the layer.

LPile will substitute a default value for E50 if the input value equals zero.

API Sand 4

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight, (kN/m^3)	Friction Angle, (DEG)	Non-default k, (kN/m^3)
1	8,5	25	0
2	8,5	25	0

LPile linearly interpolates over vertical depth to compute values between the top and bottom of the layer.

LPile will substitute a default value for k if the input value equals zero.

Soft Clay 5

1=Top, 2=Bottom	Effective Unit Weight, (kN/m^3)	Undrained Cohesion, c. (kN/m^2)	Non-default Strain Factor E50
1	10	32	0
2	10	120	0

LPile linearly interpolates over vertical depth to compute values between the top and bottom of the layer.

LPile will substitute a default value for E50 if the input value equals zero.

Figura 12-2: Dati Geotecnici Lpile

12.3 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 750 kN
- Momento assunto pari a 2300 kNm

12.4 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.

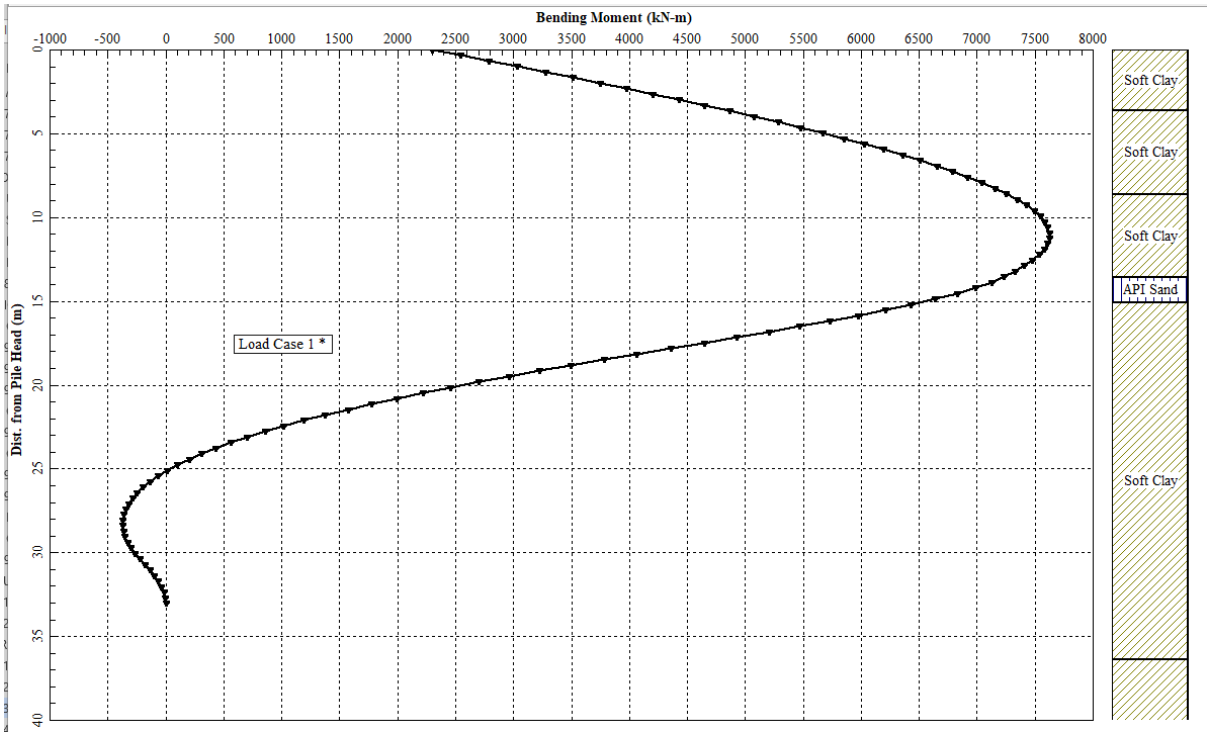
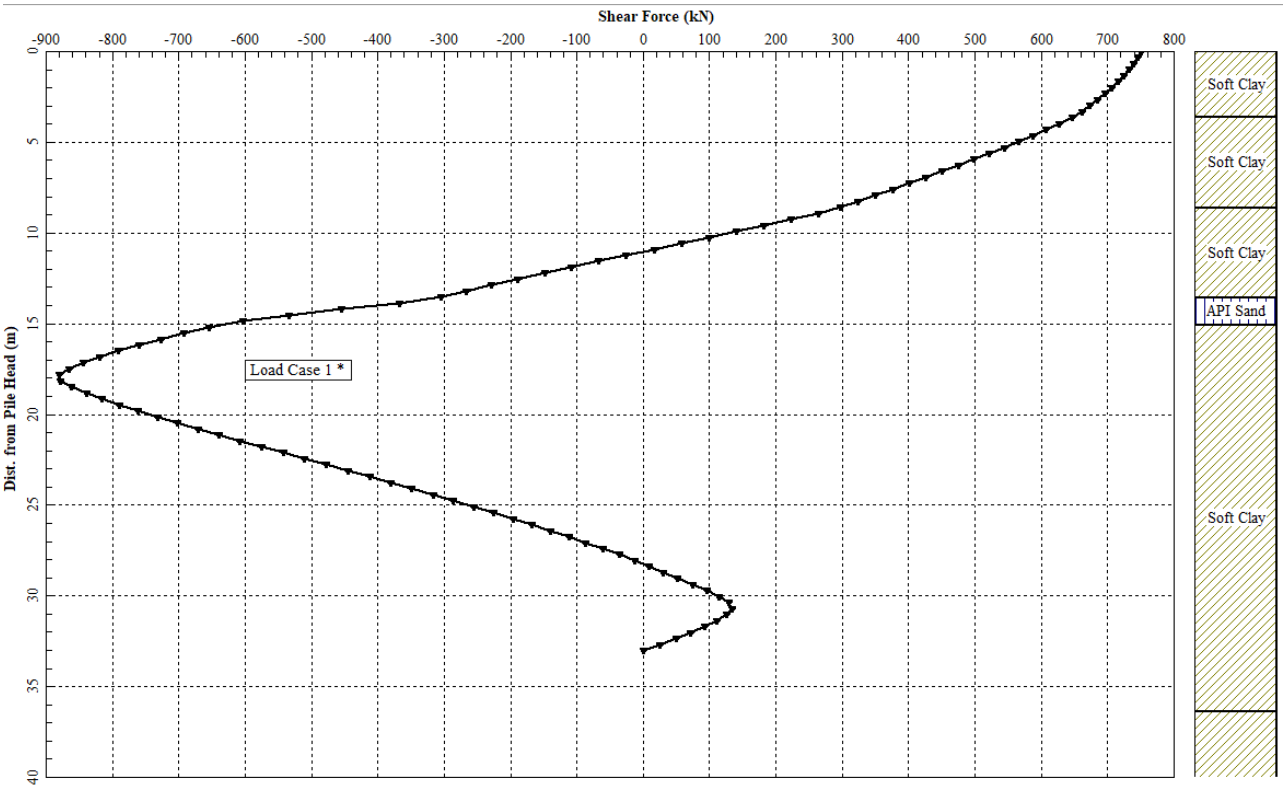


Figura 12-3: Diagrammi momento (kNm)



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

Figura 12-4: Diagrammi taglio (kN)

12.5 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	33,10	0,00	33,10	1675	60	1	1673	59	28,4	Ok	S355	335	442	116.610	153.763	49.058	7.700	0,16	1

Tabella 12-2: Verifiche strutturali - ISO 19902

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

U.C.Max = 0.16 < 1.00 OK

12.6 Verifica della capacità portante

La reazione di compressione in testa palo è pari a 3480 kN (agli SLU)

Il peso del palo infisso sommerso vale:

Peso palo infisso = 677 kN x 1.3 = 880 kN

A cui corrisponde una compressione totale pari a 3300 + 880 = 4360 kN

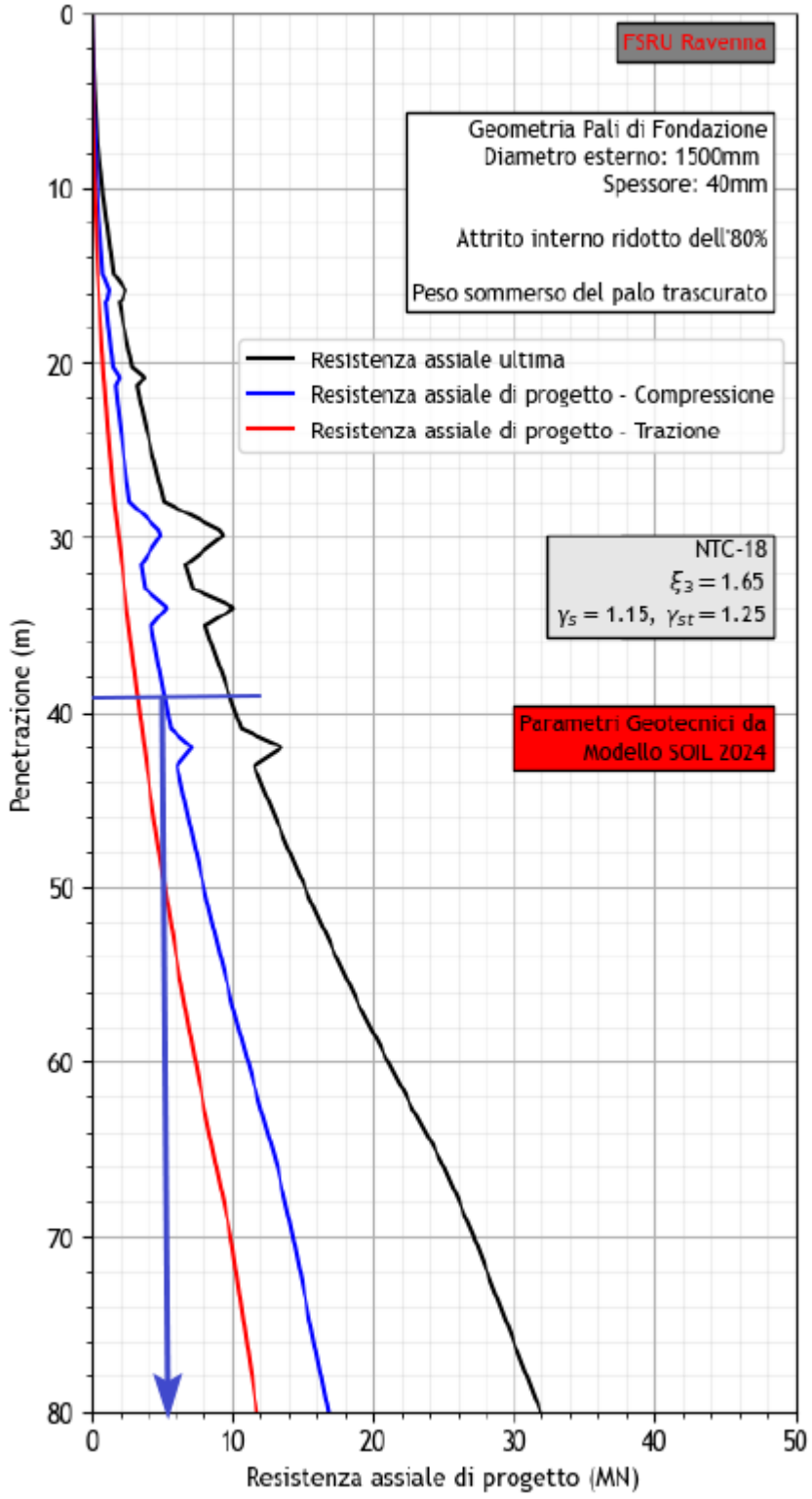
Dalle curve di capacità del palo secondo NTC2018 (Rif. [B1]) calcolate in Relazione Geotecnica [A6], la massima capacità di compressione del palo per infissione minima di 39.1m vale 5.5 MN.

Si eseguono le verifiche di capacità portante dei pali:

- Compressione 4360 kN < 5500 kN FS=1.26

Le verifiche di capacità portante del palo sono soddisfatte.

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



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

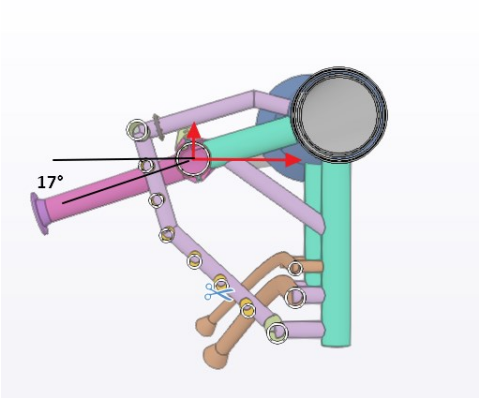
13 VERIFICA DELLA CLAMPA DI SUPPORTO RISER

La clampa è stata verificata per il trasferimento delle forze dedotta dall'analisi di stress del tubo al nodo 5360, pari a:

Vx = 100 kN taglio longitudinale

Vz = 10 kN taglio trasversale

Che scomposte nel sistema locale del bullone corrispondono a:



$N_{,Sd}$ = 100 kN x 1.5 = 150 kN azione assiale nei bulloni allo SLU

$V_{,Sd}$ = 40 kN x 1.5 = 60 kN taglio nei bulloni allo SLU

La clampa è costituita da 4+4 M30 classe 8.8

13.1 VERIFICA DEI BULLONI

PROPRIETA' BULLONI			
Class	8,8		Classe dei bulloni
fyb =	640	MPa	snervamento
fub =	800	MPa	Resistenza a rottura
d =	30	mm	diametro nominale
d0 =	33	mm	Diametro foro
As =	561,0	mm^2	area resistente bullone
Ab =	706,9	mm^2	area totale
γM2 =	1,25		coefficiente parziale di sicurezza

CARICHI DI PROGETTO			
FEd,V = FXZ =	60	kN	Azione taglio nel bullone
FEd,T = FY =	150	kN	azione trasversale ultima
n =	8		Numero bulloni
Fv,Ed = FEd,V / n =	7,5	kN	Azione taglio nel bullone
Ft,Ed = FEd,T / n =	18,8	kN	Azione normale bullone

COPPIA DI SERRAGGIO			
μ =	0,15		Coef. Attrito
Ts.min1 = μ Ft,Ed d =	84	Nm	momento torcente 1
Ts.min2 = μ (0.5 fyb As) d =	808	Nm	momento torcente 2
Ts =	1830	Nm	Coppia di serraggio

1.1 - VERIFICA A TAGLIO DEL BULLONE			
αv =	0,6		fattore di taglio
A = As =	561,0	mm^2	area bullone
Fv,Rd = αv fub A / γM2 =	215,4	kN	Resistenza a taglio
Fv,Ed =	7,5	kN	< Fv,Rd - UC = 0,03

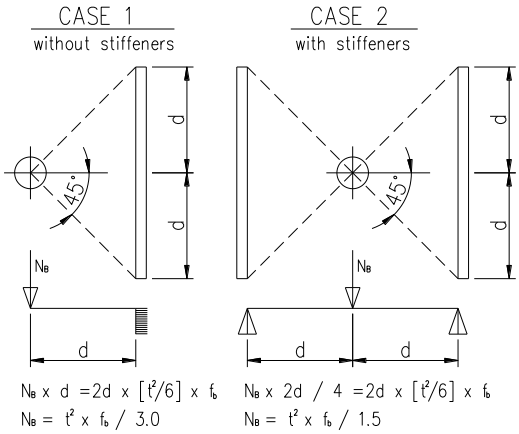
1.2 - VERIFICA A RIFOLLAMENTO			
t =	25,0	mm	Spessore piatto
fu =	470	MPa	Resistenza ultima materiale
e1 =	45,0	mm	distanza dal bordo (> 1.2 d0)
p1 =	45,0	mm	interasse (> 2.2 d0)
e2 =	45,0	mm	distanza (> 1.2 d0)
p2 =	45,0	mm	interasse perp. (> 2.4 d0)
αb =	0,205		Bearing factor α
k1 =	0,21		Bearing factor k
Fb,Rd = k1 αb fu d t / γM2 =	12	kN	Plate bearing resistance
Fb,Ed = Fv,Ed =	7,5	kN	< Fb,Rd - UC = 0,62

1.3 - RESISTENZA A TRAZIONE			
k2 =	0,90		Fattore di trazione
Ft,Rd = k2 fub As / γM2 =	323,1	kN	resistenza a trazione bullone
Ft,Ed =	18,8	kN	< Ft,Rd - UC = 0,06

1.4 - VERIFICA DEI BULLONI		
Fv,Ed/Fv,Rd + Ft,Ed/1.4Ft,Rd =	0,08	< 1.00

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

13.2 VERIFICA DEL PIATTO



Massima forza nel bullone: Fb = 20 kN

Schema di carico (tipo 2 con piatti di rinforzo):

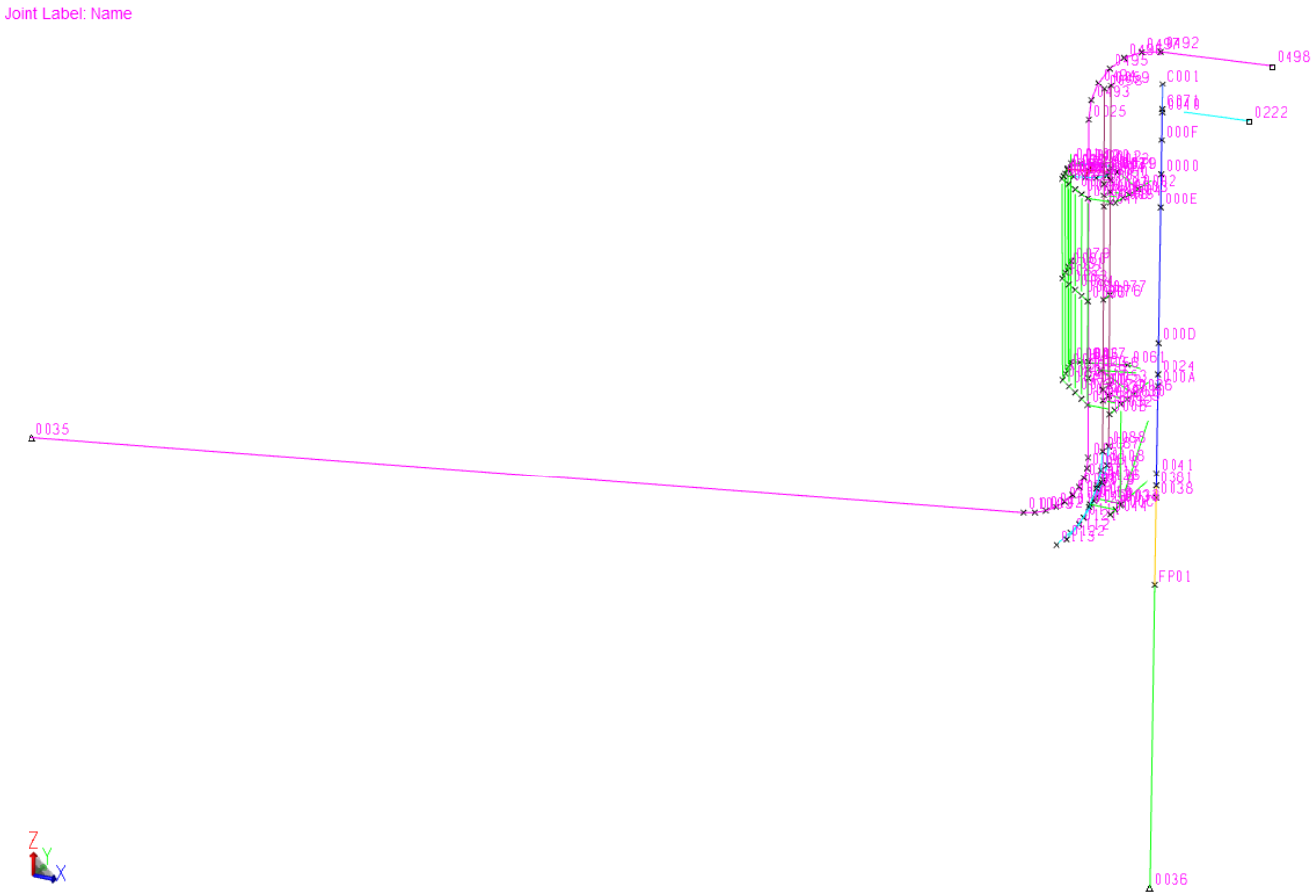
Piatto spessore 25mm in acciaio S355

$N_{b\ allow.} = t^2 \times f_{b\ allow} / 1.50 = 25^2 \times [\ 355] / 1.50 / 1000 = 148$ kN

U.C. = 20/148 = 0.14 < 1.0 OK

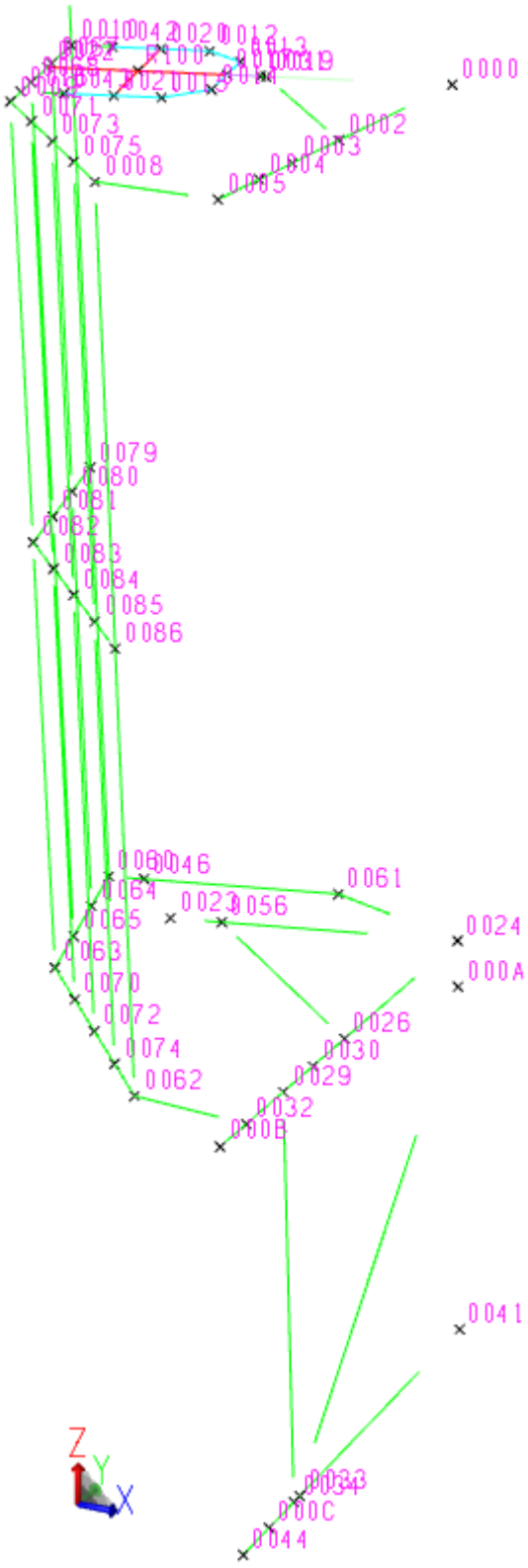
Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

14 APPENDICE A – SCHEMI UNIFILARI



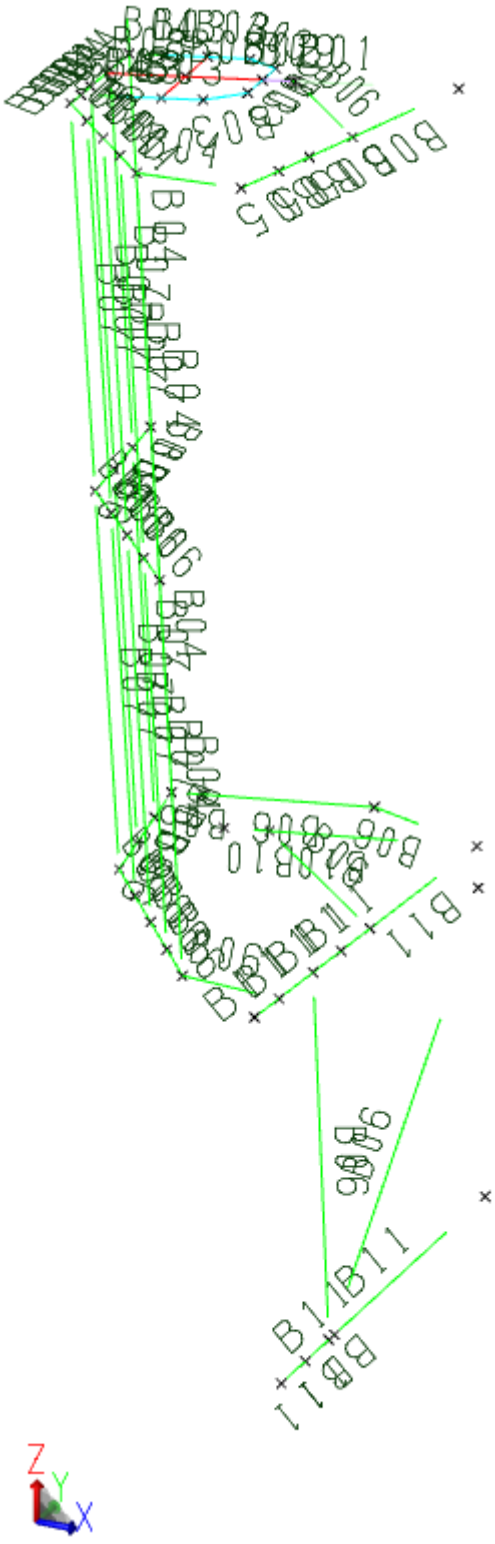
Modello globale

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



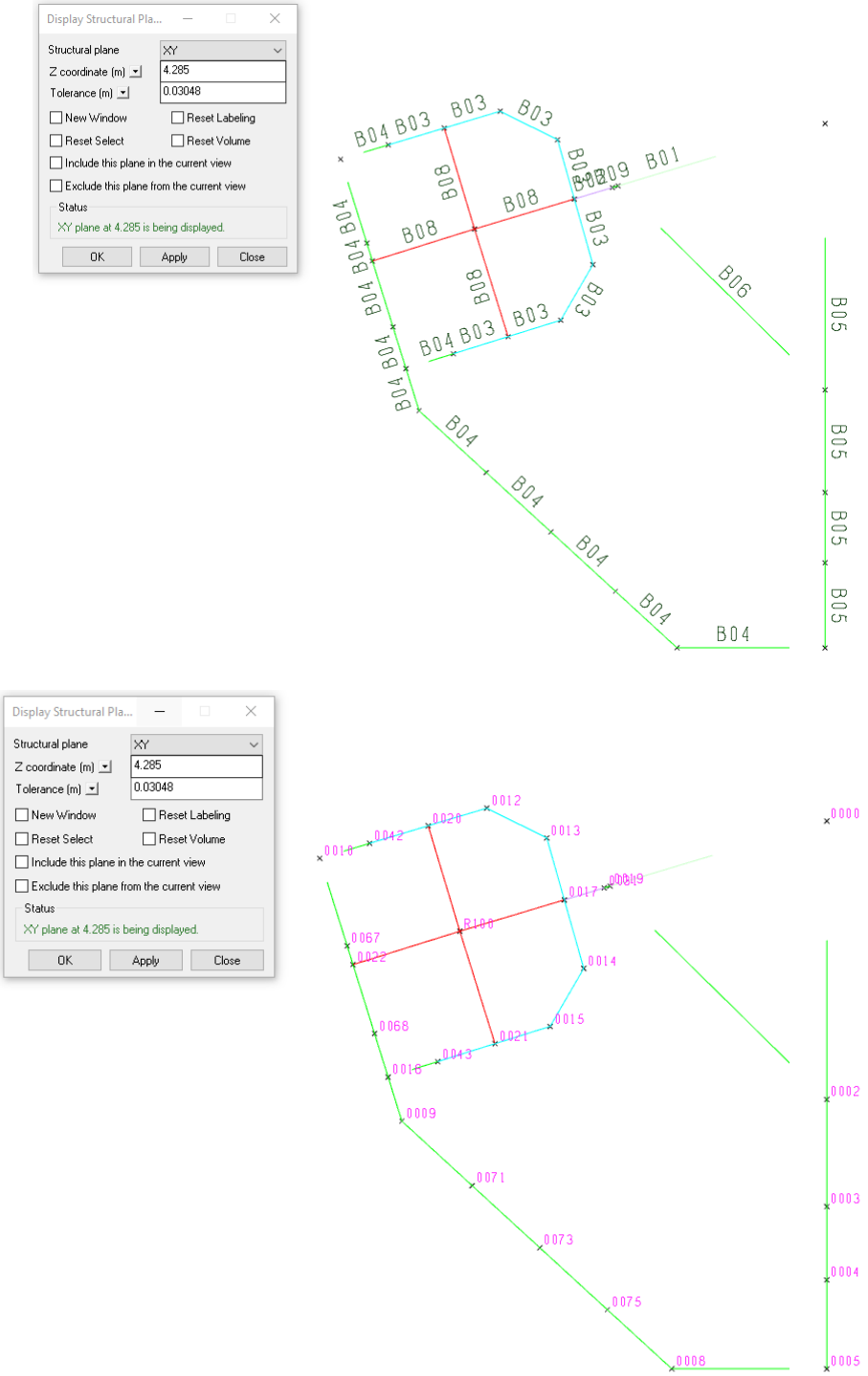
Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

Modello struttura di supporto – nodi

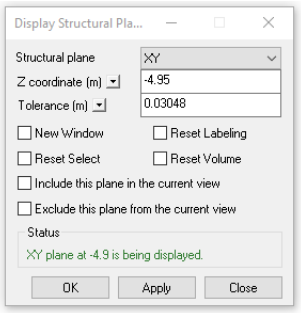


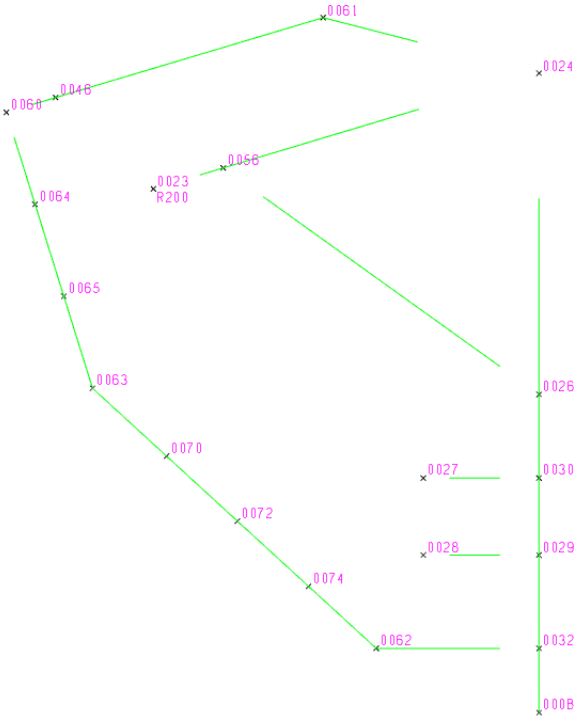
Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

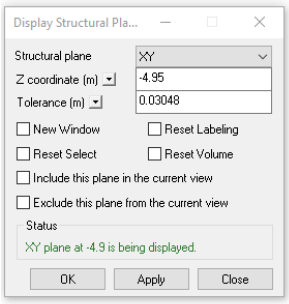
Modello struttura di supporto – gruppi

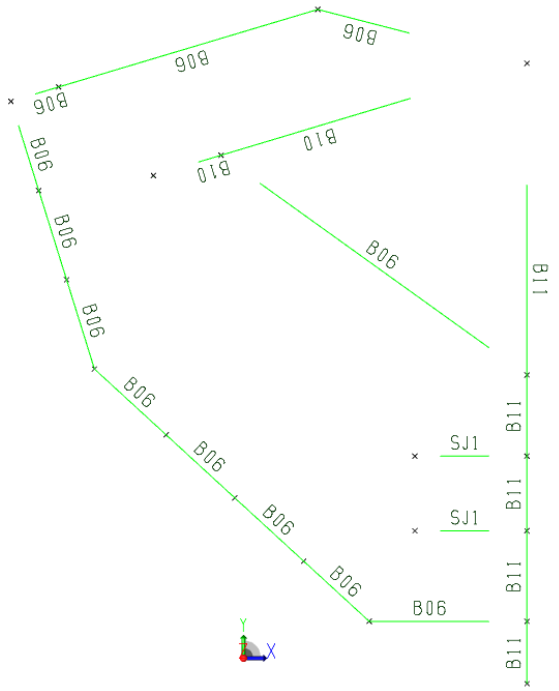


Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

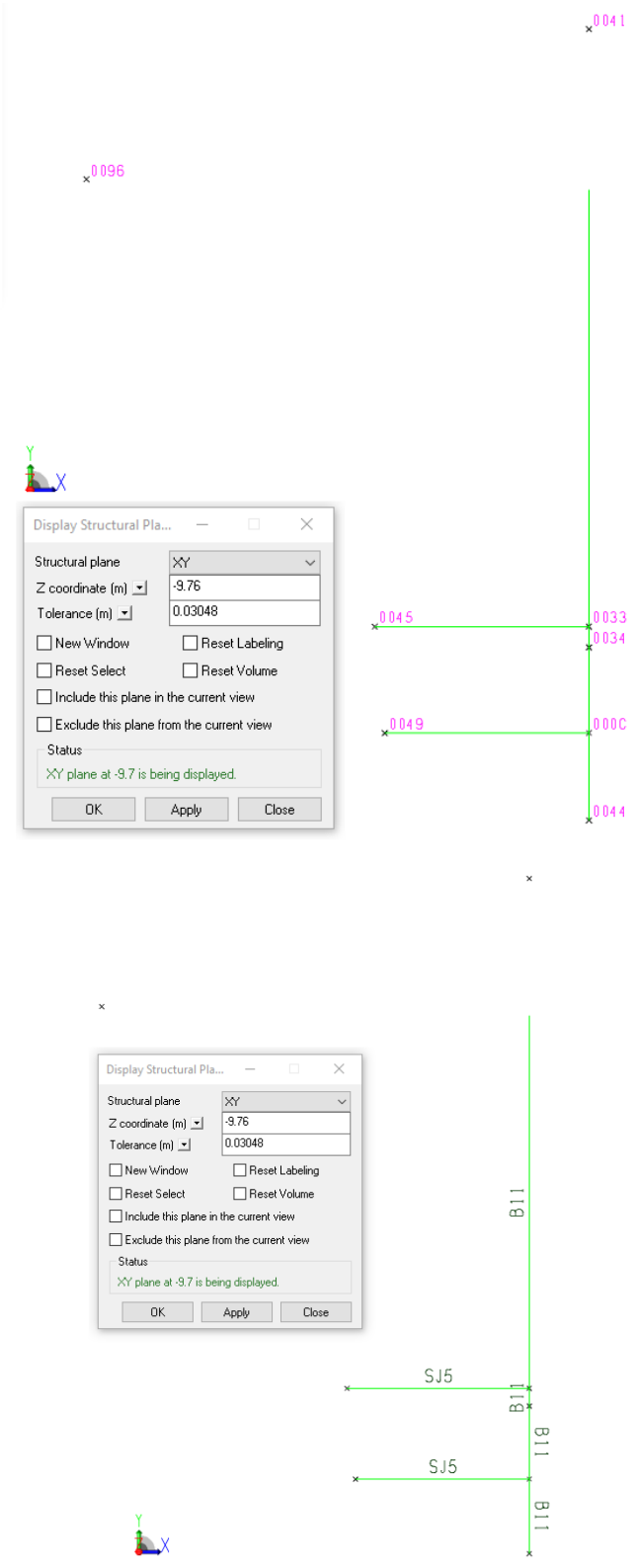




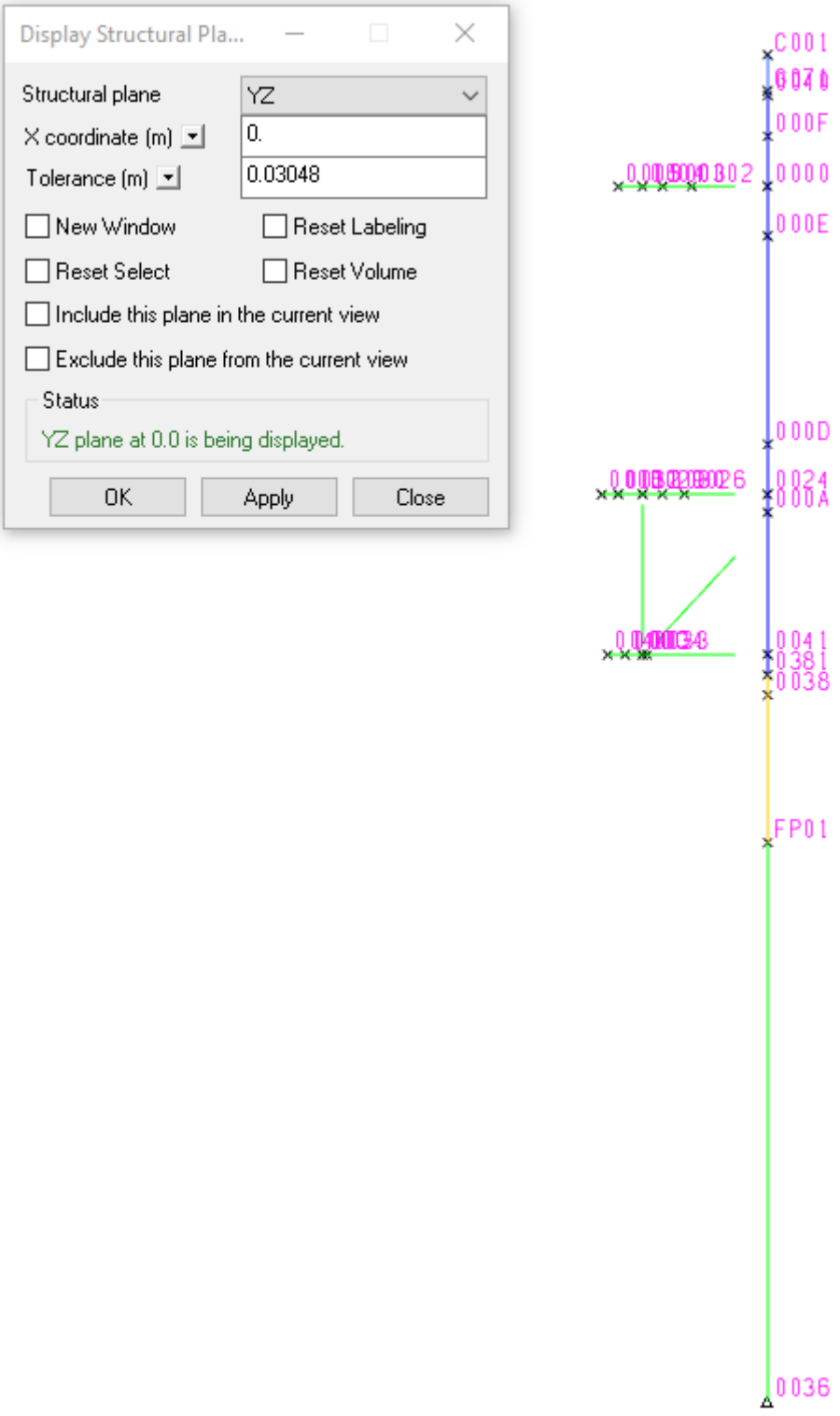


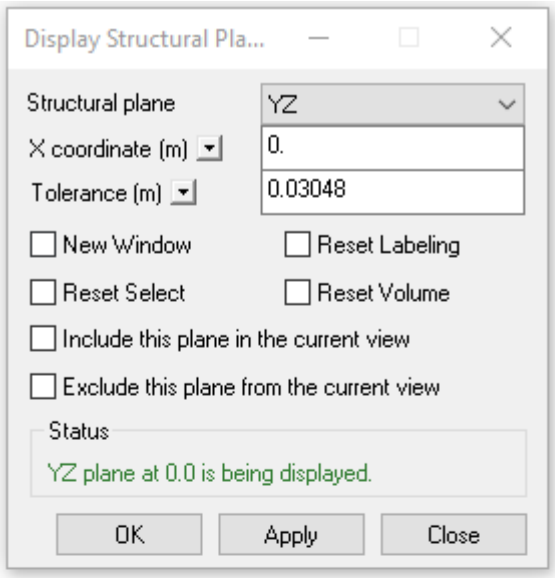


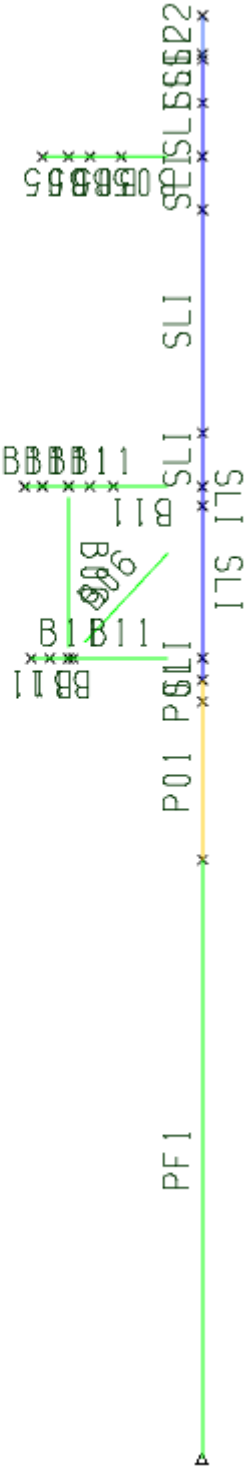
Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.



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


Display Structural Pla...
Structural plane
YZ
X coordinate (m)
0.
Tolerance (m)
0.03048
New Window
Reset Labeling
Reset Select
Reset Volume
Include this plane in the current view
Exclude this plane from the current view
Status
YZ plane at 0.0 is being displayed.
OK
Apply
Close
C001
000F
0000
000E
000D
000A
0041
0038
FP01
0036





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

15 APPENDICE B – PROPRIETA' GRUPPI

15.1 PROPRIETÀ GRUPPI

****** SEASTATE INITIAL GROUP DESCRIPTION ******

GROUP LABEL	SECTION LABEL	***** AREAS ***** CONST. (CM**2)	DISPL.	** DIAMETERS ** Y (CM)	Z	* SECTION * TYPE	* MATL. * LENGTH	DENSITY (TONNE/M**3)	* JOINT * THICK (M.)	FLOOD	** DRAG AND INERTIA COEFFICIENTS ** CDY	CDZ	CMY	CMZ	CDT	CMT
B01		819.96	6361.72	90.00	90.00	TUB		7.850	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
B02	BOX1	424.00	2296.00	28.00	82.00	BOX		7.850	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
B03		312.83	1297.17	40.64	40.64	TUB		7.850	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
B04		231.82	1297.17	40.64	40.64	TUB		7.850	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
B05		658.68	2918.63	60.96	60.96	TUB		7.850	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
B06		201.42	993.15	35.56	35.56	TUB		7.850	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
B07		122.31	585.78	27.31	27.31	TUB		7.850	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
B08	BOX2	211.00	1025.00	25.00	41.00	BOX		7.850	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
B09		7850.84	7853.98	100.00	100.00	TUB		7.850	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
B10		452.28	2918.63	60.96	60.96	TUB		7.850	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
B11		819.96	6361.72	90.00	90.00	TUB		7.850	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
CLR		459.55	4434.37	75.14	75.14	TUB		7.850	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
JT1		312.83	1297.17	40.64	40.64	TUB		7.850	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
JT2		259.29	1297.17	40.64	40.64	TUB		7.850	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
P01		3044.20	22035.32	167.50	167.50	TUB		7.849	0.000	YES	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
PF1		3044.20	22035.32	167.50	167.50	TUB		0.001	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
PLC		1608.49	13684.77	132.00	132.00	TUB		0.000	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
RIS		364.17	3441.96	66.20	66.20	TUB		0.000	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
SJ1		231.82	1297.17	40.64	40.64	TUB		7.850	0.000	YES	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
SJ2		146.40	823.97	32.39	32.39	TUB		7.850	0.000	YES	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
SJ5		231.82	1297.17	40.64	40.64	TUB		7.850	0.000	YES	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
SL2		2984.51	29864.76	195.00	195.00	TUB		7.849	0.000	YES	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
SLI	SLE20	10873.64	29864.76	195.00	195.00	TUB		5.422	0.000	YES	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
WIS		364.17	3441.96	66.20	66.20	TUB		7.850	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00

15.2 PROPRIETÀ SEZIONI

TUBULAR MEMBER PROPERTIES
TUBULAR MEMBER PROPERTIES

GRP	M/S	JOINT THICK M	WALL THICK CM	OUTSIDE DIAM. CM	E 1000 KN/CM2	G 1000 KN/CM2	AXIAL AREA CM**2	***** MOMENTS OF INERTIA **** X-X CM**4	Y-Y CM**4	Z-Z CM**4	YIELD STRESS KN/CM2	KY	KZ	SHEAR AREA CM**2	RING SPACE M	SECT LENG M	TAPER
B01	1	0.00	3.000	90.00	21.0	8.1	819.96	0.15534E+07	0.77671E+06	0.77671E+06	34.5	1.0	1.0	409.98	0.00	0.00	
B03	1	0.00	2.619	40.64	21.0	8.1	312.83	0.11359E+06	56797.	56797.	34.5	1.0	1.0	156.42	0.00	0.00	
B04	1	0.00	1.905	40.64	21.0	8.1	231.82	87166.	43583.	43583.	34.5	1.0	1.0	115.91	0.00	0.00	
B05	1	0.00	3.659	60.96	21.0	8.1	658.68	0.54289E+06	0.27144E+06	0.27144E+06	34.5	1.0	1.0	329.34	0.00	0.00	
B06	1	0.00	1.905	35.56	21.0	8.1	201.42	57217.	28609.	28609.	34.5	1.0	1.0	100.71	0.00	0.00	
B07	1	0.00	1.509	27.31	21.0	8.1	122.31	20426.	10213.	10213.	35.5	1.0	1.0	61.16	0.00	0.00	
B09	9	0.00	49.000	100.00	21.0	8.1	7850.9	0.98175E+07	0.49088E+07	0.49088E+07	33.5	1.0	1.0	3925.43	0.00	0.00	
B10	1	0.00	2.461	60.96	21.0	8.1	452.28	0.38763E+06	0.19381E+06	0.19381E+06	34.5	1.0	1.0	226.14	0.00	0.00	
B11	1	0.00	3.000	90.00	21.0	8.1	819.96	0.15534E+07	0.77671E+06	0.77671E+06	34.5	1.0	1.0	409.98	0.00	0.00	
CLR	1	0.00	2.000	75.14	21.0	8.1	459.55	0.61505E+06	0.30753E+06	0.30753E+06	34.5	1.0	1.0	229.78	0.00	0.00	
JT1	1	0.00	2.619	40.64	21.0	8.1	312.83	0.11359E+06	56797.	56797.	34.5	1.0	1.0	156.42	0.00	0.00	
JT2	1	0.00	2.144	40.64	21.0	8.1	259.29	96363.	48181.	48181.	34.5	1.0	1.0	129.65	0.00	0.00	
P01	1	0.00	6.000	167.50	21.0	8.1	3044.2	0.19877E+08	0.99387E+07	0.99387E+07	33.5	1.0	1.0	1522.11	0.00	0.00	
PF1	1	0.00	6.000	167.50	21.0	8.1	3044.2	0.19877E+08	0.99387E+07	0.99387E+07	33.5	1.0	1.0	1522.11	0.00	0.00	
PLC	1	0.00	4.000	132.00	21.0	8.1	1608.5	0.65949E+07	0.32974E+07	0.32974E+07	34.5	1.0	1.0	804.25	0.00	0.00	
RIS	9	0.00	1.800	66.20	21.0	8.1	364.17	0.37789E+06	0.18894E+06	0.18894E+06	34.5	1.0	1.0	182.09	0.00	0.00	
SJ1	1	0.00	1.905	40.64	21.0	8.1	231.82	87166.	43583.	43583.	34.5	1.0	1.0	115.91	0.00	0.00	
SJ2	1	0.00	1.509	32.39	21.0	8.1	146.40	34986.	17493.	17493.	35.5	1.0	1.0	73.20	0.00	0.00	
SJ5	1	0.00	1.905	40.64	21.0	8.1	231.82	87166.	43583.	43583.	34.5	1.0	1.0	115.91	0.00	0.00	
SL2	1	0.00	5.000	195.00	21.0	8.1	2984.5	0.26954E+08	0.13477E+08	0.13477E+08	33.5	1.0	1.0	1492.26	0.00	0.00	
SLI	1	0.00	5.000	195.00	21.0	8.1	6028.7	0.46831E+08	0.23416E+08	0.23416E+08	33.5	1.0	1.0	3014.37	0.00	0.00	
WIS	9	0.00	1.800	66.20	21.0	8.1	364.17	0.37789E+06	0.18894E+06	0.18894E+06	34.5	1.0	1.0	182.09	0.00	0.00	

BOX MEMBER PROPERTIES

GRP	M/S	JOINT THICK M	HEIGHT CM	SIDE THICK CM	WIDTH CM	TOP/BOT THICK CM	E 1000 KN/CM2	G 1000 KN/CM2	AXIAL AREA CM**2	***** MOMENTS OF INERTIA ***** X-X CM**4	Y-Y CM**4	Z-Z CM**4	YIELD STRESS KN/CM2	KY	KZ	BRACE LENGTH M	SECT LEN. M
B02	1	0.00	28.00	2.000	82.00	2.000	21.0	8.1	424.0	0.1633E+06	0.6015E+05	0.3374E+06	34.5	1.0	1.0	0.0	0.00
B08	1	0.00	25.00	2.000	41.00	1.500	21.0	8.1	211.0	0.4450E+05	0.2055E+05	0.5072E+05	35.5	1.0	1.0	0.0	0.00

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