EMERGENZA GAS

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

FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI

RELAZIONE DI CALCOLO DELL' IMBARCADERO

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	12/02/2024

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	GENERALITA'	5
2.2	SCOPO DEL DOCUMENTO	6
2.3	DOCUMENTI DI PROGETTO	6
2.4	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
2.5	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	6
2.6	SOFTWARE	7
3	**CONCLUSIONI**	**8**
4	**DATI DI PROGETTO**	**9**
4.1	DATI GEOTECNICI	9
4.2	DATI METEO-MARINI ONDA E CORRENTE OPERATIVE	10
4.3	ACCRESCIMENTO MARINO	10
4.4	COEFFICIENTI IDRODINAMICI	10
4.5	SPESSORE DI CORROSIONE	11
4.6	CARICHI DI ORMEGGIO / CARICHI AI PARABORDI	11
4.7	ENERGIA DI ACCOSTO	11
5	**PREMESSE DI ANALISI**	**13**
5.1	GENERALITA'	13
5.2	FILOSOFIA DI PROGETTAZIONE	13
5.3	STRUTTURA DI ORMEGGIO	13
5.4	STRUTTURA DI ACCOSTO	13
5.5	MODELLAZIONE E VERIFICHE STRUTTURALI	14
6	**ANALISI GLOBALE IN SACS**	**15**
6.1	GEOMETRIA IMBARCADERO	15
6.2	UNITÀ DI MISURA	16
6.3	SISTEMA DI RIFERIMENTO	16
6.4	PROGRAMMA DI CALCOLO	16
6.5	MODELLO DI CALCOLO	16
6.5.1	Criteri di Modellazione	17
7	**CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO**	**20**

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

7.1	Carichi Permanenti	20
7.1.1	Peso Proprio Strutturale - DEAZ	20
7.1.2	Pesi Strutture passerelle, capitello e pianetti	21
7.2	Carichi Variabili	22
7.3	Carichi Ambientali	22
7.3.1	Carichi di Vento	22
7.3.2	Onda e corrente	22
7.4	Carichi di accosto	23
7.5	Carichi di ormeggio	23
7.6	Risultanti dei Carichi	23
7.7	Combinazioni di Carico	23
7.7.1	Combinazioni Operative/Storm SLU	23
8	**RISULTATI DELL'ANALISI**	**25**
8.1	Verifiche strutturali degli elementi (struttura supporto, slleve e palo)	25
8.2	Verifiche nodi tubolari	27
9	**VERIFICHE DEL PALO DI FONDAZIONE**	**27**
9.1	Modello Ipile	27
9.2	Dati geotecnici	28
9.3	Condizione di carico	29
9.4	Risultati analisi	29
9.5	Verifiche Strutturali	31
9.6	Verifica dell'energia assorbita	32
9.7	Verifica della capacità portante	33
10	**APPENDICE 1: UNIFILARE MODELLO SACS**	**35**

INDICE DELLE FIGURE

Figura 5-1: Struttura imbarcadero 15
Figura 5-2: Sistema di riferimento del modello 16
Figura 5-3: Modello SACS della struttura dell'imbarcadero 17
Figura 5-4: Modello SACS – Schema di vincolo 19
Figura 5-5: Modello SACS - releases interni struttura di supporto parabordi 19
Figura 6-1: Modello SACS - 21
Figura 7-1: Massimi UC > 0.40 – Inviluppo SLU 26

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

Figura 8-1: Modello Lpile (testa palo a +1.0m) 28
Figura 8-2: Dati Geotecnici Lpile 29
Figura 8-3: Diagrammi momento (kNm) 30
Figura 8-4: Diagrammi taglio (kN) 30
Figura 8-5: Diagrammi spostamento (m) 31

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 3-1: Parametri Geotecnici di progetto 9
Tabella 3-2: Coefficienti idrodinamici 10
Tabella 6-1: Risultanti condizioni di carico 23
Tabella 6-2: Combinazioni SLU 24
Tabella 7-1: Verifiche elementi strutturali UC > 0.70 26
Tabella 7-2: UC > 0.10 – Verifica a punzonamento 27
Tabella 8-1: Verifiche strutturali - ISO 19902 31

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 GENERALITA'

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 dell'imbarcadero BL-1 & BL-2. L'imbarcadero è costituito da due strutture indipendenti supportate da pali verticali da 1500mm progettati per l'impatto di accosto dei mezzi per carico/scarico merci con dislocamento massimo di 1000t.

Le due strutture montano coppie di parabordi cilindrici e scalette alla marinara di accesso alla passerella di sommità. Le passerelle montate in testa ai "boat landing" ripristinano la continuità del pontile Petra esistente in corrispondenza della piattaforma di scarico costituendone anche una via di fuga.

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

2.3 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

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

[A8] 001-CI-E-017000 Basi di Progettazione Strutturale

[A9] 0001-CI-E-012803 Analisi di ormeggio – Condizioni limite di ormeggio FSRU in assenza della diga frangiflutti

[A10] 001-CI-E-017320 BA - Relazione di progettazione statica strutturale in sito

[A11] 001-CI-E-017350 BO - Relazione di progettazione statica strutturale in sito

[A12] 0001-CI-E-017380 Relazione di calcolo passerelle statica e sismica

[A13] 0001-CD-B-017304 Imbarcadero assieme

2.5 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

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

[B4] ISO 19902 Fixed Steel Offshore

[B5] EN 1993 Progettazione delle strutture in acciaio

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

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

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

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

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

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

[B12] PIANC WG121 Harbour Approach Channels – Design Guidelines

[B13] OCMIF (MEG4) Mooring Equipment Guidelines

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

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

[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

2.6 SOFTWARE

[B19] SACS" Structural Analysis Computer System by Engineering Dynamics,Inc.

[B20] 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.

3 CONCLUSIONI

La struttura dell'imbarcadero è una struttura intelaiata preinstallata su uno sleeve cementato su un palo OD 1500mm con spessore variabile 40/60 mm. La struttura è stata verificata per la condizione di accosto abnormal (che copre la verifica sismica) e per le condizioni statiche in servizio. Le verifiche considerano un a quota fondale a -15.4m.

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 struttura dell'imbarcadero è stata verificata per le due condizioni di carico dimensionanti:

Condizione di carico 1 – ALS

Analisi allo stato limite ultimo eccezionale (Abnormal ALS) considerando le azioni opportunamente fattorizzate del fender in condizioni di accosto con la massima reazione.

È stato verificato che il palo è adeguato per assorbire l'energia di accosto di una barca con dislocamento di 1000t e velocità di accosto di 500 mm/s:

$E_{accosto}$ = 214 kNm < E_{palo} = 276 kNm

Condizione di carico 2 – ULS

Analisi allo stato limite ultimo (ULS) considerando le azioni opportunamente fattorizzate della bitta con la concomitanza dei carichi ambientali in condizioni di ormeggio. La struttura è stata anche verificata per la condizione di onda estrema come da [A8].

Dalle analisi strutturali il massimo valore di utilizzo (U.C. = Unity Check) risulta:

- U.C.Max = 0.49 < 1.00 verifica palo sopra quota fondale
- U.C.Max = 0.53 < 1.00 verifica palo sotto quota fondale
- U.C.Max = 0.65 < 1.00 verifica struttura

Si nota che l'imbarcadero è dimensionato dalle considerevoli azioni orizzontali, la verifica per la capacità portante riportata al Par. 9.7 risulta ampiamente soddisfatta.

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

4 DATI DI PROGETTO

4.1 DATI GEOTECNICI

I dati geotecnici preliminari sono riportati nel documento [A8].

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. [A8] con la penalizzazione assunta in progetto:

Profondità terreno m	Quota s.l.m. m	Z Lpile m	γ' kN/m^3	Cu kPa	Φ °
0.0	-15.4	16.4	8	6 [5]	-
5.0	-19.0	20.0	8	6 [5]	-
5.0	-19.0	20.0	8	18 [14]	-
10.0	-24.0	25.0	8	18 [14]	-
10.0	-24.0	25.0	8	29 [24]	-
15.0	-29.0	30.0	8	29 [24]	-
15.0	-29.0	30.0	8	-	30°[25°]
16.5	-30.5	31.5	8	-	30°[25°]
16.5	-30.5	31.5	10	40 [32]	-
70.0	-84.0	90.0	10	150 [120]	-

Tabella 4-1: Parametri Geotecnici di progetto

NOTE:

- La profondità del mare in condizioni non dragate è assunta pari a15.4 m
- Le coordinate Z per il software Lpile sono positive, misurate partendo dalla testa palo (asse parabordi) assunto a quota + 1.0 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.

4.2 DATI METEO-MARINI ONDA E CORRENTE OPERATIVE

La verifica dell'imbarcadero considera le seguenti condizioni:

- Le condizioni meteomarine estreme (T_R=100 yrs) ed operative (T_R=10 yrs) definite nel documento [A8];
- La condizione meteo durante l'ormeggio associata al tiro della bitta. Per questa condizione sono state fatte le stesse ipotesi delle analisi delle briccole (vedi [A11]) che considera un'onda operativa con H_s = 2.0 m quindi H_{max} = 1.8 x 2.0 = 3.6 m (4.0 m considerati)

  Conseguentemente si utilizza:

  - H max = 4.0 m T = 6.0 sec (al diminuire di T aumenta il carico sul monopalo)

  Come corrente si considera il valore con periodo di ritorno di un anno:

  - V costante = 0.44 m/sec

4.3 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 densità 1.56 t/m^3

4.4 COEFFICIENTI IDRODINAMICI

Le forze d'onda vengono calcolate utilizzando i coefficienti di drag e inerzia indicati nella tabella seguente:

Hydrodynamic Coefficient	Stabilità sul fondo		Analisi in servizio			Analisi a fatica		
	Aste Tubolari	Profili Piatti[2]	Aste Tubolari		Profili Piatti[2]	Aste Tubolari		Profili Piatti
	Liscio		Liscio	Ruvido[1]		Liscio	Ruvido[1]	
Drag - C_d	0.65	2.00	0.65	1.05	2.00	0.50	0.80	2.00
Inerzia - C_m	1.60	2.10	1.60	1.20	Nota 2	2.0	2.0	Nota 2

Tabella 4-2: Coefficienti idrodinamici

Note:

1. Aste ruvide: con accrescimento marino
2. I valori devono essere calcolati per la geometria dell'elemento
3. I coefficienti di resistenza per gli elementi primari al di sotto del LAT con anodi sono aumentati del 10%.
4. Per il controllo della stabilità sul fondo tutti gli elementi sono considerati lisci.

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

4.5 SPESSORE DI CORROSIONE

Si assume prudenzialmente una riduzione di spessore corrosione di 4.0 mm nella zona di splash zone da -3m a +4m.

4.6 CARICHI DI ORMEGGIO / CARICHI AI PARABORDI

Si considerano i seguenti carichi:

- Tiro bitta a +0.945m: 25 ton
- Parabordi cilindrici in gomma 70 ton (35ton su ogni parabordo)

4.7 ENERGIA DI ACCOSTO

L'Imbarcadero è dimensionato per l'accosto di navi per carico e scarico merci con stazza lorda min. 200t e max. 500t.

Di seguito il faglio con il calcolo dell'energia.

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

BERTHING ENERGY CALCULATIONS

PROJECT INFORMATION

Project Title	FSRU RAVENNA
Country	Not Stated
Project Reference	SNAM
Prepared By	TECON

SHIP DATA

Ship Category		Passenger Ship	
Select Dimensions By		Displacement	
Deadweight	dwt	1.000 t	
Displacement	M_D	1.030 t	
Overall Length	L_{OA}	64,0 m	
Length Between Perpendiculars	L_{BP}	60,0 m	
Beam	B	12,10 m	
Laden Draft	D	2,60 m	
Freeboard	F	2,30 m	
Block Coefficient	C_B	0,532	

BERTHING DATA

Berthing Mode		Dolphin Berthing	
Structure Type		Open Structure	
Eccentricity Calculation Method		Full Calculation	
Under Keel Clearance	K_D	2,00 m	
Impact from Bow	x	25,00 %	
		15,00 m	
Radius of Gyration	K	12,66 m	
Impact to Centre of Mass	R	16,17 m	
Berthing Angle	α	10,00 deg	
Velocity Vector Angle	Φ	58,03 deg	
Added Mass Coefficient	C_M	1,500	**PIANC (2002)**
Eccentricity Coefficient	C_E	0,554	
Berth Configuration Coefficient	C_C	1,000	
Softness Coefficient	C_S	1,000	

BERTHING ENERGY

Berthing Velocity	V_B	500 mm/s*
Normal Energy	E_N	107 kNm 10,9 t-m
Factor of Safety	F_S	2,00 *
	E_A	214 kNm 21,8 t-m

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

5 PREMESSE DI ANALISI

5.1 GENERALITA'

Questa sezione descrive la metodologia e le ipotesi principali che vengono utilizzate per la progettazione strutturale per le strutture di ormeggio e accosto.

La progettazione viene eseguita in conformità con i requisiti dei codici:

- BS 6349-1-2 Rif.[B10] per la determinazione delle azioni e fattori di carico
- ISO 19902Rif.[B4] per la verifica degli elementi tubolari
- EN 1993 Rif,[B5] per la verifica dei profilati (sezioni I /H) ed altri elementi
-

5.2 FILOSOFIA DI PROGETTAZIONE

La norma che definisce esaurientemente una filosofia di progettazione per azioni derivanti da azioni su linee di ormeggio e accosto su fender è la BS 6349-1-2 Rif.[B10] conseguentemente questa viene utilizzata nella determinazione delle azioni sulle briccole derivanti dei ganci a scocco (QRH) e spinte derivanti dai fenders.

La norma definisce coefficienti di carico e combinazione (γf , Ψi) per le tre tipologie di azioni:

- ALS Abnormal Limit State
- ULS Ultimate Limit State
- SLS Serviceability Limit State

5.3 STRUTTURA DI ORMEGGIO

ULS

La norma BS 6349-1-2 Rif.[B10] stabilisce le seguenti azioni

- F = 1.30xT (Load factor γf = 1.30)

In concomitanza con il tiro al gancio la norma considera inoltre l'onda operativa con coefficiente di combinazione ULS Ψ_1 = 0.60.

5.4 STRUTTURA DI ACCOSTO

ULS

La norma BS 6349-1-2 Rif.[B10] stabilisce le seguenti azioni

- F1 = 1.35*Fmax Normal (Normal Energy) (Load factor γf = 1.35)
- F2 = 1.20*Fmax Abmormal (Abnormal Energy) (Load factor γf = 1.20)

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

5.5 MODELLAZIONE E VERIFICHE STRUTTURALI

L'analisi strutturale dell'imbarcadero è stata svolta generando un modello globale in Sacs [B19], per la verifica del palo di fondazione si è ricorsi al programma LPile [B20] che considera l'interazione non lineare terreno struttura e presenta risultati di azioni interne e deformazioni estremamente leggibili.

Le verifiche strutturali vengono effettuate in accordo con le seguenti normative:

- ISO 19902Rif.[B4] per la verifica degli elementi tubolari
- EN 1993 Rif,[B5] per la verifica dei profilati ed altri elementi strutturali

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

6 ANALISI GLOBALE IN SACS

6.1 GEOMETRIA IMBARCADERO

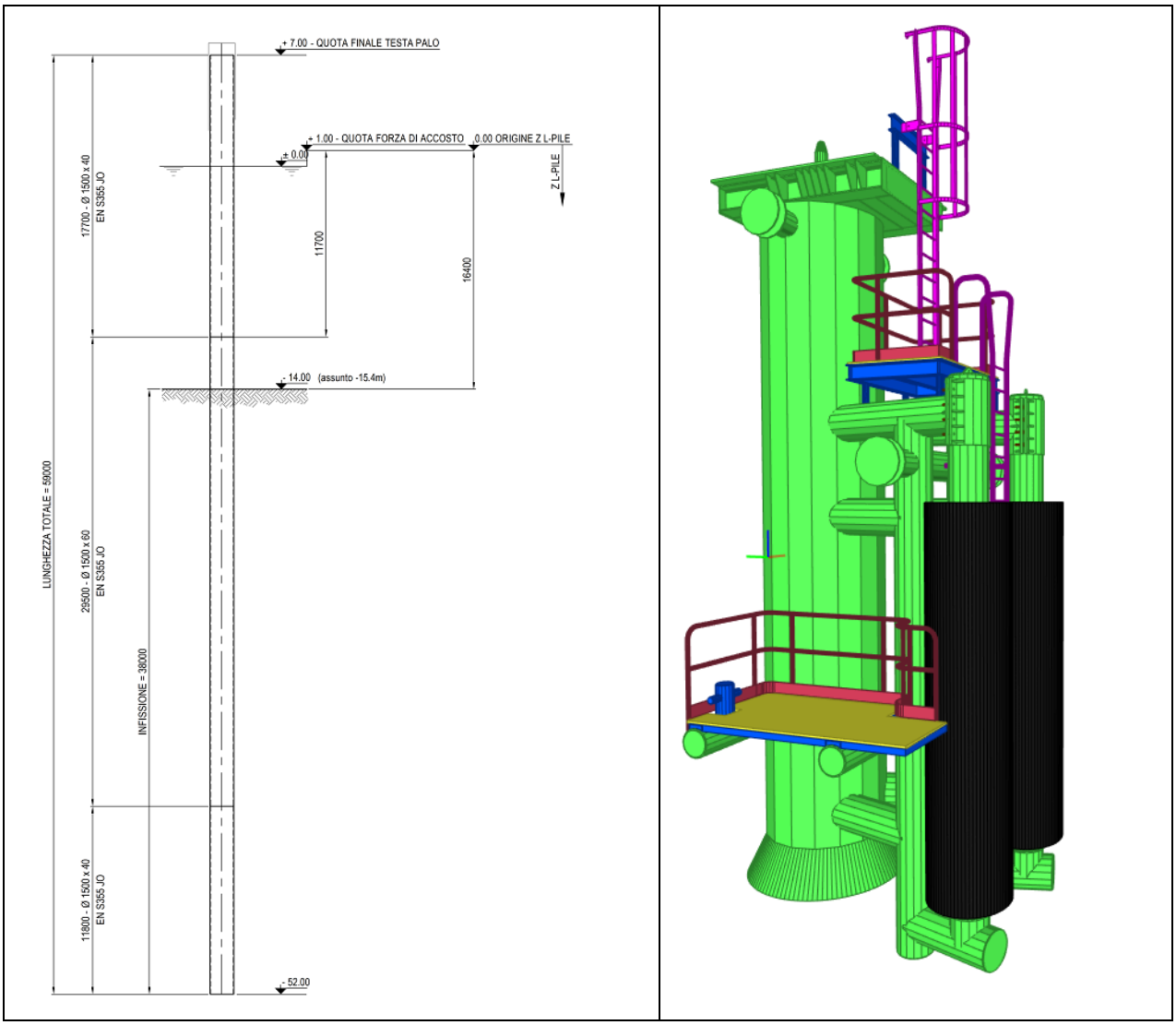


Figura 6-1: Struttura imbarcadero

La figura precedente descrive la composizione del palo dell'imbarcadero OD 1500mm con spessore variabile 40/60 mm.

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 (asse parabordo) assunto a quota + 1.0m.

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

6.2 UNITÀ DI MISURA

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

6.3 SISTEMA DI RIFERIMENTO

Il sistema di riferimento ha origine sull'asse palo con le seguenti caratteristiche (vedi Figura 6-2):

- 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).

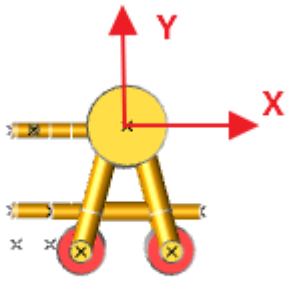


Figura 6-2: Sistema di riferimento del modello

6.4 PROGRAMMA DI CALCOLO

Il software utilizzato per l'analisi in oggetto è il SACS v.15.0 (Rif. [B19]).

6.5 MODELLO DI CALCOLO

Il modello include:

- Il palo OD1500 a sezione variabile da quota -1.05m a quota fondale a -15.4m;
- Sezione composta tipo "tub" sleeve + palo da quota +7m a -1.05;
- Palo equivalente di fondazione da -15.4m a -36m. la lunghezza del palo equivalente (circa 14 diametri) è stata stimata con un'analisi comparativa degli spostamenti in L-pile.
- Struttura di supporto dei parabordi costituita da elementi tubolari OD508mm
- Struttura di supporto della bitta da 25t

Il modello 3D è rappresentato in Figura 6-3.

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

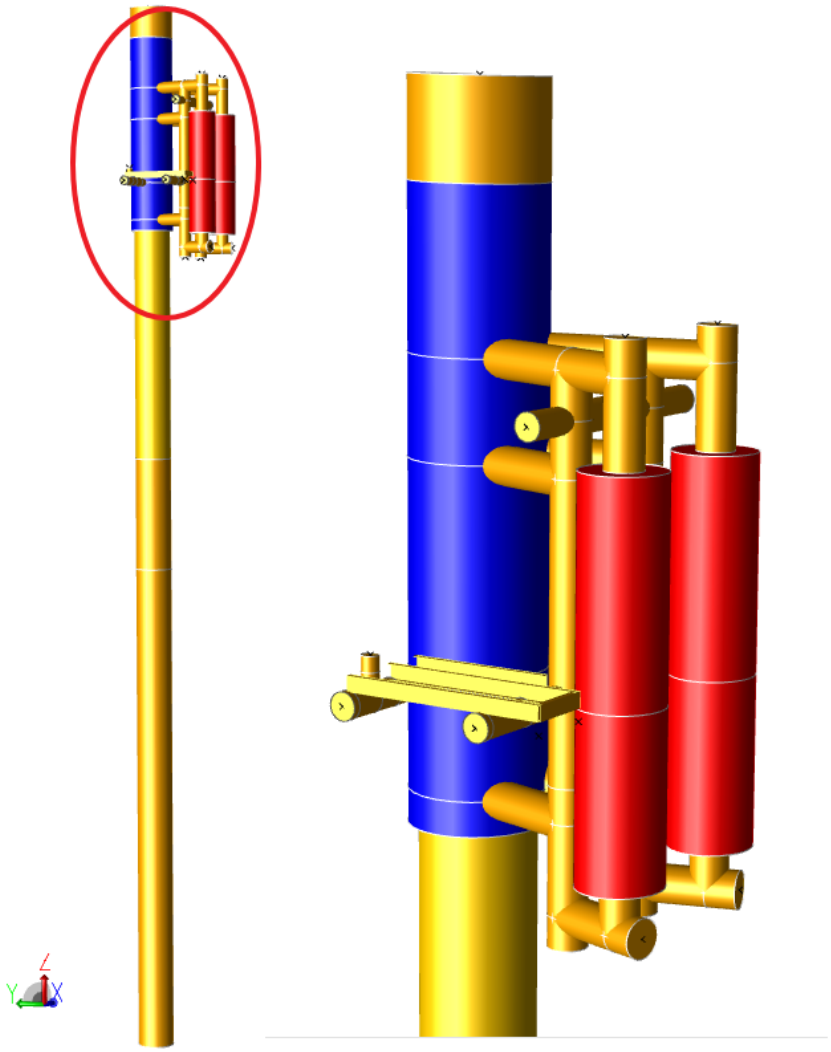


Figura 6-3: Modello SACS della struttura dell'imbarcadero

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

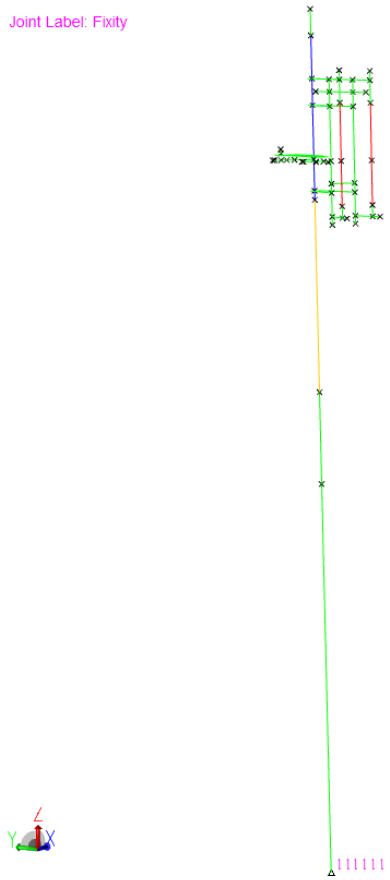
6.5.1 Criteri di Modellazione

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.

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

- 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 dei gruppi utilizzati e le relative proprietà sono elencate al capitolo 10.
- 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 6-5.
- 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.



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

Figura 6-4: Modello SACS – Schema di vincolo

Il modello è stato vincolato alla base del palo di fondazione che è stato modellato con un palo equivalente di lunghezza pari a 14OD (lunghezza stimata con una comparazione degli spostamenti con un modello in L-pile).

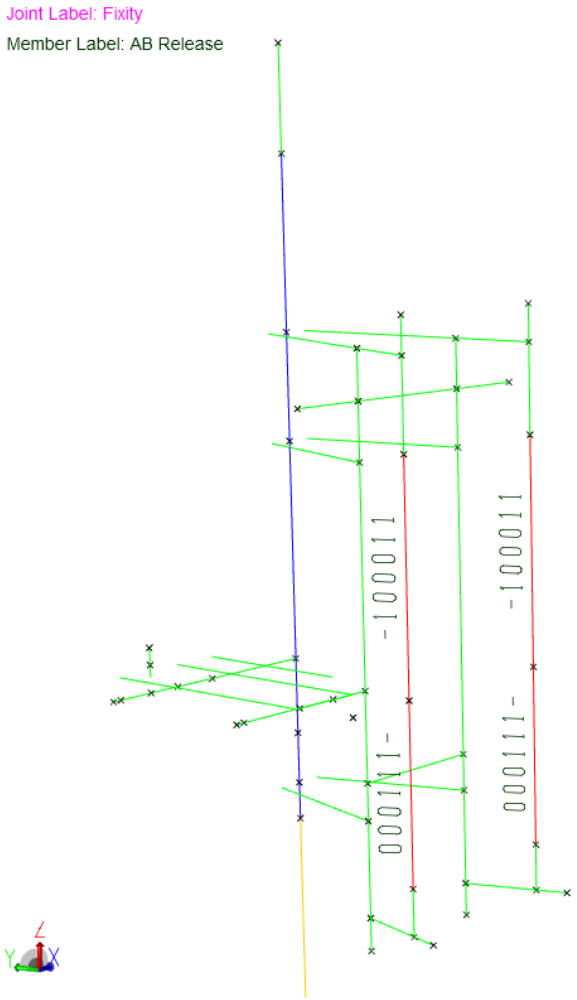


Figura 6-5: Modello SACS - releases interni struttura di supporto parabordi

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

7 CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO

Secondo le BS 6349 e le ISO 19902 (Rif. 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 delle strutture modellate
- Peso delle strutture secondarie non modellate (pianetti e scale)
- Reazione di appoggio della passerella (struttura e tubazioni) e del capitello

Fra le azioni ambientali rientrano:

- Vento (sulle passerelle e sulla struttura)
- Onde e corrente

Fra le azioni variabili rientrano:

- Carico accidentale sulle passerelle
- Tiro della bitta

Fra le azioni eccezionali rientrano:

- Azione di accosto condizione abnormal

7.1 Carichi Permanenti

7.1.1 Peso Proprio Strutturale - DEAZ

Il peso proprio della struttura modellata (palo, sleeve e traliccio di supporto) 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%.

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

7.1.2 Pesi Strutture passerelle, capitello e pianetti

Il peso della passerella con luce di 20.85m e 18.5m comprensivo di grigliati, corrimani, canaline elettriche e tubazione è stato dedotto dalla relazione Rif. [A12] e fattorizzato per il rapporto delle luci.

Dalla relazione [A13 il peso struttura e carico variabile della passerella tipica con luce di 25m è pari a:

- Peso della struttura 188 kN
- Carico variabile (4 kN/m^2) 150 kN
- Totale = 338 kN

Da ciò il peso delle passerelle risulta 282 kN (per luce 20.85m) e 287 kN (per luce 18.5m)

La condizione di carico assegnata è denominata PAS a cui corrisponde un peso di 280 kN alla quota +8.28m.

Il peso del capitello corrisponde alla condizione di carico CAP pari a 28 kN alla quota +8.28m.

Il peso delle piazzole di acceso e delle scale è stato applicato in termini di carichi concentrati alle diverse quote di appoggio e corrisponde alla condizione di carico PIAN, in figura la risultante dei carichi.

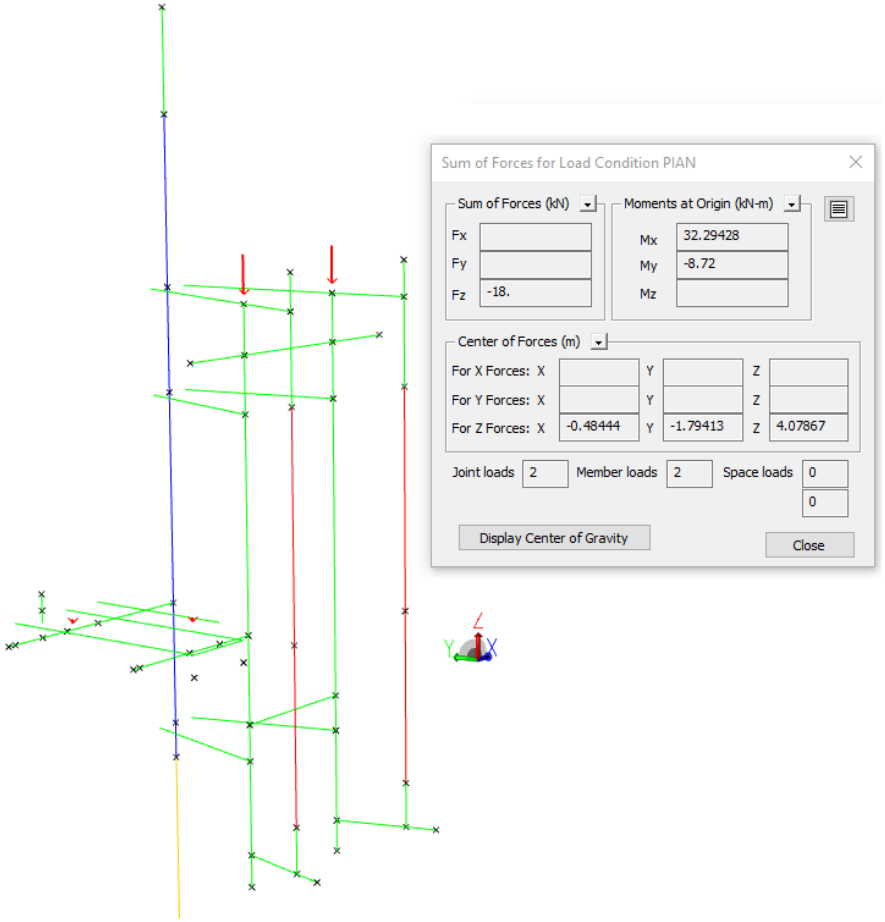


Figura 7-1: Modello SACS -

7.2 Carichi Variabili

Il carico variabile sulle passerelle è incluso nella reazione di appoggio delle passerelle.

7.3 Carichi Ambientali

7.3.1 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 Ormeggio: Profilo API con 18.67 m/s a 10 m dal livello del mare

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

I carichi vento definiti nel modello sono le seguenti:

- WI-Y vento in Dir. 270°
- WI45 vento in Dir. 225°

Il vento sulle passerelle è stato applicato con una forza in direzione Y alla testa palo, calcolata come segue.

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]
19,00	10,00	Reference height	60	0,112	19,0	0,11	22,48	0,31

p = 0.31 kN/m2 è la pressione del vento

A = L x H = 19.68 x 1.5 ≅ 30 m^2 area esposta

F = p x A = 9.14 kN 10 kN assunto con la condizione di carico WOPY

7.3.2 Onda e corrente

La struttura è stata verificata per le seguenti condizioni:

- Accosto abnormal in assenza di onda
- Ormeggio l'ormeggio tiro nella bitta concomitante con onda ammissibile durante
- Estrema azione dell'onda estrema come da [A8]

Le onde definite nel modello sono le seguenti:

- WO-Y onda +corrente H_{max} = 4.0 m Dir. 270°
- WO45 onda +corrente H_{max} = 4.0 m Dir. 225°
- WE45 onda +corrente estrema H_{max} = 5.8 m Dir. 45°
- WE90 onda +corrente estrema H_{max} = 7.86 m Dir. 90°
- WE13 onda +corrente estrema H_{max} = 7.86 m Dir. 135°

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

7.4 Carichi di accosto

Si considera una forza di accosto per la condizione abnormal pari a 700 kN (350 kN su ciascun parabordo) applicata alla quota +1.0m (la condizione di carico corrispondente e ABN).

7.5 Carichi di ormeggio

Il tiro di 250 kN nella bitta installata a quota +0.945 m è applicato in due direzioni (225°e 270°) con le condizioni di carico seguenti.

Le condizioni di carico definite sono le seguenti:

- H000 tiro in Dir. 270°
- H045 tiro in Dir. 225°.

7.6 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				-935.09	-0.02	-0.23	-1.29
2	WI-Y	COUPLE				-3.09	-0.07	-1.12	4.06	0.00			
3	WI45	-2.45	-0.05	-1.11	4.11	-2.18	-0.04	-1.12	4.06	0.00			
4	WO-Y	COUPLE				-118.47	-0.06	-1.35	-1.22	-836.29	-0.01	-0.11	-1.67
5	WO45	-84.92	-0.05	-1.34	-1.29	-80.84	-0.06	-1.32	-1.27	-834.78	-0.02	-0.11	-1.68
6	WE45	178.60	0.02	-1.06	-1.54	145.11	0.02	-1.04	-1.58	-777.07	-0.02	-0.03	-2.08
7	WE90	-45.38	-0.08	-1.04	-1.48	375.59	-0.05	-1.05	-0.38	-732.34	-0.02	-0.01	-2.54
8	WE13	-354.91	-0.09	-1.08	-0.41	296.16	-0.08	-1.08	-0.50	-730.34	-0.02	-0.01	-2.56
9	WOPY	0.00				-10.00	0.00	0.00	8.28	0.00			
10	ABN	0.00				700.00	0.00	-2.80	1.00	0.00			
11	H000	0.00				-250.00	-2.16	0.00	1.27	0.00			
12	H045	-176.75	-2.16	0.00	1.27	-176.75	-2.16	0.00	1.27	0.00			
13	PAS	0.00				0.00				-280.00	0.00	0.00	8.28
14	CAP	0.00				0.00				-28.00	0.00	0.00	8.28
15	PIAN	0.00				0.00				-18.00	-0.48	-1.79	4.08

Tabella 7-1: Risultanti condizioni di carico

7.7 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 quanto descritto al Par. 5.2.

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).

7.7.1 Combinazioni Operative/Storm SLU

Le combinazioni di carico operative SLU utilizzate per le verifiche strutturali sono riportate in Tabella 7-2.

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	PIAN	CAP	PAS	V100	ABN	H000	H045	V101	WO-Y	WI-Y	WOPY	WO45	WI45	WE45	WE90	WE13
V100	1,300	1,400	1,300	1,400													
V101		1,400	1,300	1,400													
A100					1,000	1,200											
O200					1,000		1,300										
O201					1,000			1,300									
O202							1,300		1,000	0,780							
O203							1,300		1,000	0,780	0,780	0,780					
O204								1,300	1,000				0,780				
O205							1,300		1,000			0,780	0,780	0,780			
E001		1,100	1,100	1,100											1,350		
E002		1,100	1,100	1,100												1,350	
E003		1,100	1,100	1,100													1,350

Tabella 7-2: Combinazioni SLU

Dove:

- Il peso delle passerelle include il carico variabile è quindi fattorizzato per 1.4
- 0.78 = 0.6x1.3 fattore di carico per vento concomitante ad onda secondo [B6]
- 1.35 coefficiente oda estrema secondo [B6

Nel seguente estratto SACS sono riportate le risultanti delle combinazioni 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)
  16  V100         0.00                                     0.00                                  -1669.22     -0.02     -0.19      1.25
  17  V101         0.00                                     0.00                                   -453.60     -0.03     -0.10      8.05
  18  A100         0.00                                   840.00      0.00     -2.80      1.00   -1669.22     -0.02     -0.19      1.25
  19  O200         0.00                                  -325.00     -2.16      0.00      1.27   -1669.22     -0.02     -0.19      1.25
  20  O201      -229.78     -2.16      0.00      1.27    -229.78     -2.16      0.00      1.27   -1669.22     -0.02     -0.19      1.25
  21  O202       COUPLE                                 -417.41     -1.70     -0.30      0.72   -1105.90     -0.02     -0.11      2.32
  22  O203       COUPLE                                 -427.62     -1.66     -0.30      0.88   -1105.90     -0.02     -0.11      2.32
  23  O204      -296.01     -1.69     -0.30      0.70    -292.83     -1.71     -0.28      0.72   -1104.73     -0.02     -0.11      2.31
  24  O205       -68.15     -0.05     -1.33     -1.14    -397.56     -1.77     -0.21      1.02   -1104.73     -0.02     -0.11      2.31
  25  E001       241.11      0.02     -1.06     -1.54     195.90      0.02     -1.04     -1.58   -1407.64     -0.02     -0.05      0.50
  26  E002       -61.26     -0.08     -1.04     -1.48     507.04     -0.05     -1.05     -0.38   -1347.25     -0.02     -0.04      0.28
  27  E003      -479.13     -0.09     -1.08     -0.41     399.82     -0.08     -1.08     -0.50   -1344.56     -0.02     -0.03      0.27
```

8 RISULTATI DELL'ANALISI

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

Questi consistono in:

- Verifiche strutturali della struttura di supporto dei parabordi e del palo;
- Verifica dell'energia assorbita
- Verifica del palo di fondazione con il programma L-pile;

8.1 Verifiche strutturali degli elementi (struttura supporto, slleve 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 di ormeggio, estreme dei carichi d'onda e di accosto accidentale.

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 **
```

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

* * * 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
P02	FP01-0381	A100	0.43	0.0	-6.1	143.2	-0.4	53.0	69.5	422.7	422.7	ACBI	88.00	88.00	0.85	0.85
S01	0001-0000	V100	0.02	0.0	-1.7	0.0	0.0	74.7	97.9	411.6	411.6	ACBI	88.00	88.00	0.85	0.85
SLI	0003-0024	A100	0.06	0.0	-2.8	8.8	-0.2	65.8	86.3	405.8	405.8	ACBI	88.00	88.00	0.85	0.85
P01	0381-0003	A100	0.49	0.0	-8.1	145.7	-0.5	54.3	71.1	417.2	417.2	ACBI	88.00	88.00	0.85	0.85
B01	0038-0026	O205	0.17	1.1	0.5	-7.5	-1.4	.3E+03	.5E+05	.4E+03	.4E+03	SHEAR	1.09	1.09	0.85	0.85
B02	0026-0025	O203	0.13	0.0	-4.0	2.3	-49.7	.3E+03	.2E+05	.4E+03	.4E+03	ACBI	1.58	1.58	0.85	0.85
B03	0038-0044	O205	0.49	0.0	-0.6	-20.7	212.8	.3E+03	.1E+06	.4E+03	.4E+03	ACBI	0.49	0.49	0.85	0.85
BIT	0030-0041	O203	0.65	0.0	-0.0	-190.2	0.0	.3E+03	.5E+06	.4E+03	.4E+03	SHEAR	0.15	0.15	0.85	0.85

Tabella 8-1: Verifiche elementi strutturali UC > 0.70

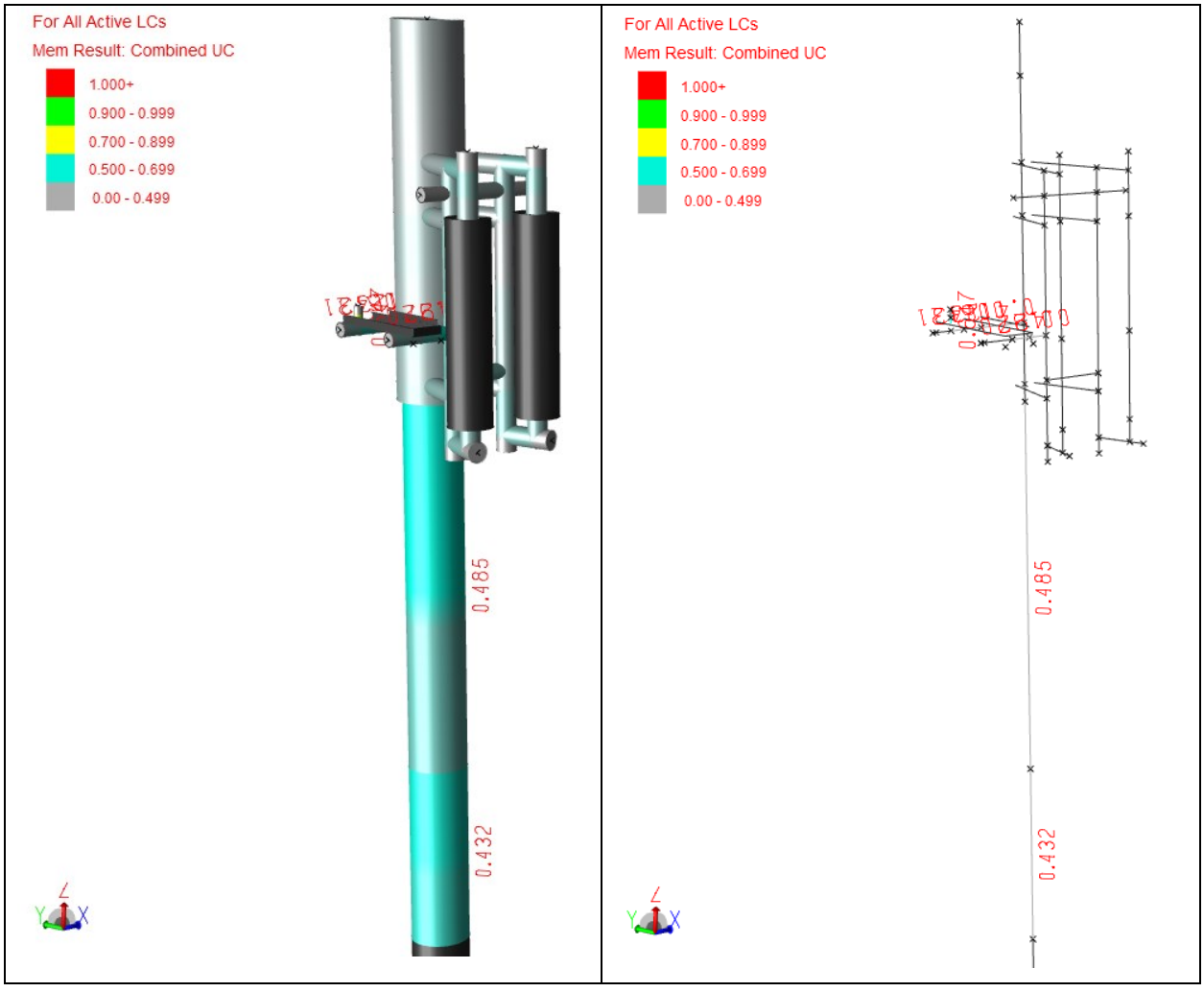


Figura 8-1: Massimi UC > 0.40 – Inviluppo SLU

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

8.2 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 8-2.

* * 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
0038	49.280	2.140	345.000	0.680	49.280	2.140	345.000	0.680
0030	34.760	1.505	345.000	0.609	34.760	1.505	345.000	0.609
0026	49.280	2.140	345.000	0.185	49.280	2.140	345.000	0.185
0015	49.280	2.140	345.000	0.159	49.280	2.140	345.000	0.159
0037	175.200	6.096	335.000	0.122	175.200	6.096	335.000	0.122
0010	49.280	2.140	345.000	0.120	49.280	2.140	345.000	0.120
0011	49.280	2.140	345.000	0.120	49.280	2.140	345.000	0.120
0023	49.280	2.140	345.000	0.109	49.280	2.140	345.000	0.109
0027	49.280	2.140	345.000	0.100	49.280	2.140	345.000	0.100
0025	49.280	2.140	345.000	0.061	49.280	2.140	345.000	0.061
0004	50.080	2.540	345.000	0.060	50.080	2.540	345.000	0.060
0005	50.080	2.540	345.000	0.060	50.080	2.540	345.000	0.060
0024	175.200	6.096	335.000	0.058	175.200	6.096	335.000	0.058
0032	50.080	2.540	345.000	0.049	50.080	2.540	345.000	0.049
0028	49.280	2.140	345.000	0.045	49.280	2.140	345.000	0.045
0006	50.080	2.540	345.000	0.040	50.080	2.540	345.000	0.040
0007	50.080	2.540	345.000	0.040	50.080	2.540	345.000	0.040
0012	49.280	2.140	345.000	0.031	49.280	2.140	345.000	0.031
0013	49.280	2.140	345.000	0.031	49.280	2.140	345.000	0.031
0029	175.200	6.096	335.000	0.030	175.200	6.096	335.000	0.030
0033	50.080	2.540	345.000	0.027	50.080	2.540	345.000	0.027
0002	176.000	6.403	335.000	0.011	176.000	6.403	335.000	0.011

Tabella 8-2: UC > 0.10 – Verifica a punzonamento

9 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 1500 mm spessore 40/60 mm infissione 36.6 m

Il palo di fondazione è stato verificato con un modello in L-pile per la condizione di carico più gravosa che è quella di accosto ABN.

9.1 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.

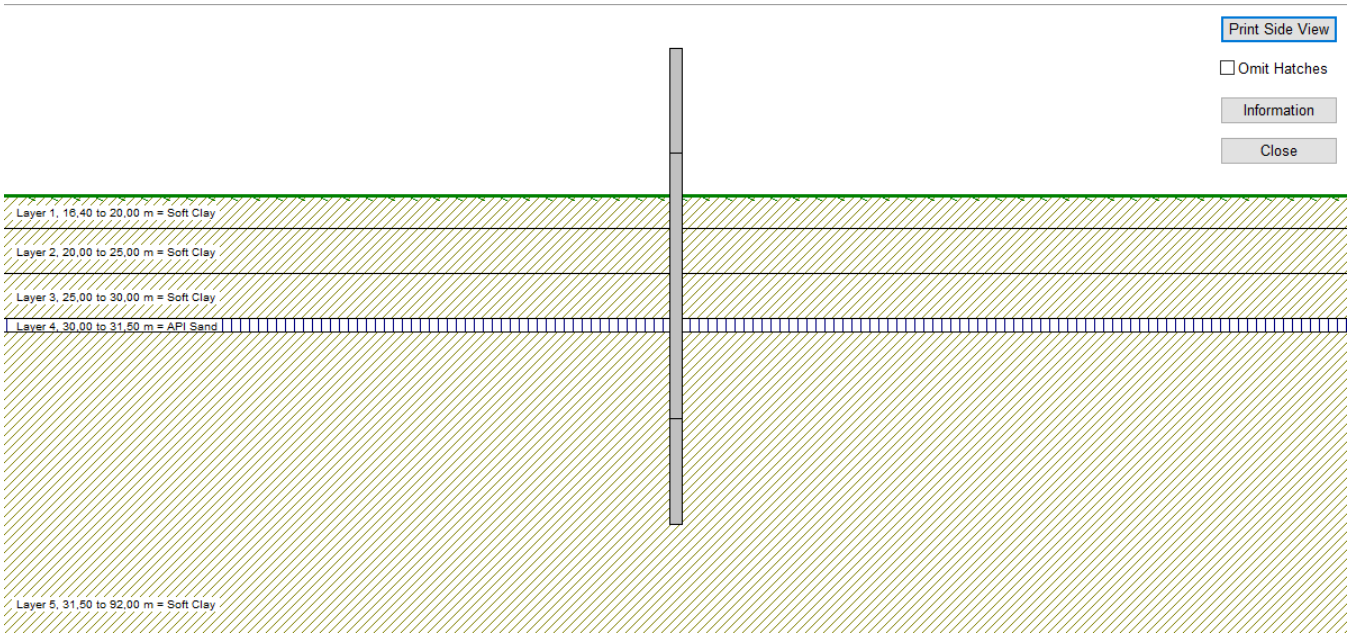


Figura 9-1: Modello Lpile (testa palo a +1.0m)

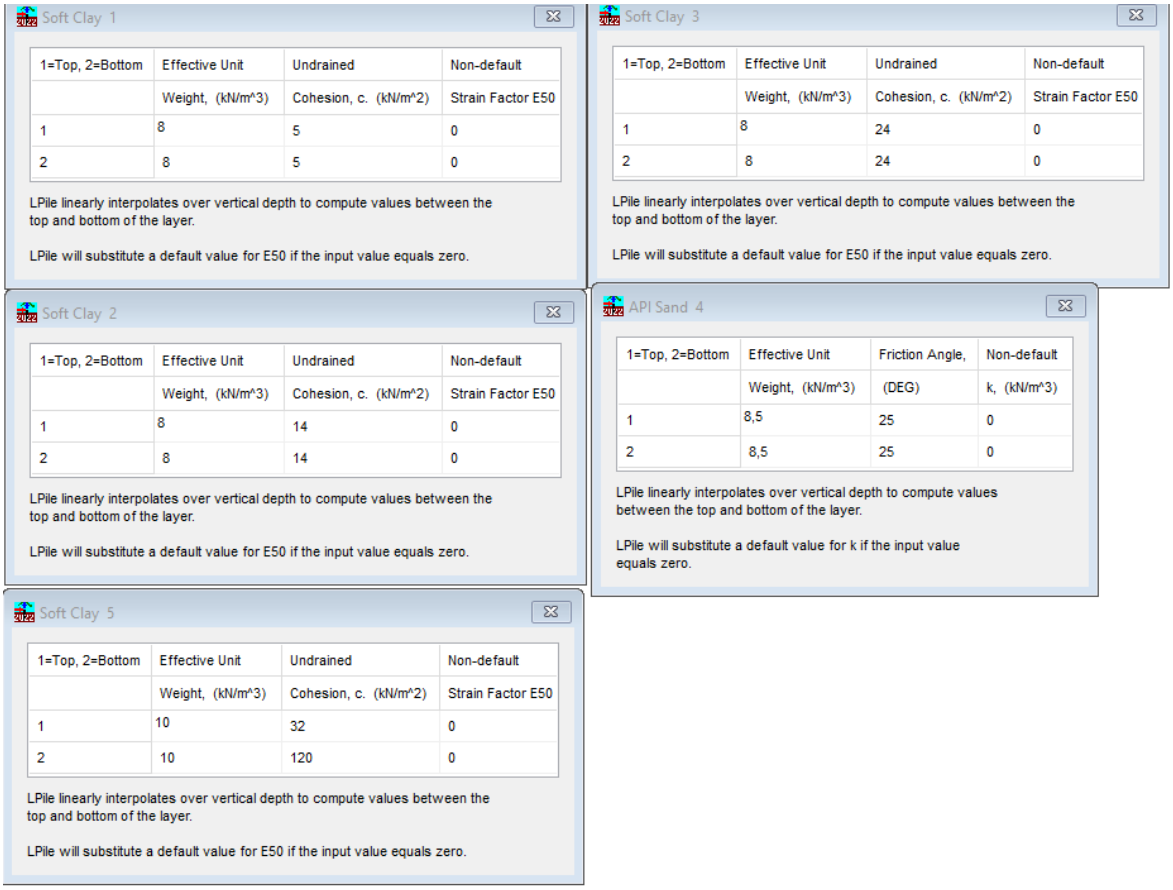
9.2 Dati geotecnici

I dati geotecnici sono in accordo al paragrafo 4.1 e sono riportati nelle seguenti immagini estratte da Lpile.

Soil Layers

	Select p-y Curve Type from Drop-down List	Vertical Depth Below Pile Head of Top of Soil Layer (m)	Vertical Depth Below Pile Head of Bottom of Soil Layer (m)	Press Button to Enter Soil Properties
1	Soft Clay (Matlock)	16,4	20	1: Soft Clay
2	Soft Clay (Matlock)	20	25	2: Soft Clay
3	Soft Clay (Matlock)	25	30	3: Soft Clay
4	API Sand (O'Neill)	30	31,5	4: API Sand
5	Soft Clay (Matlock)	31,5	92	5: Soft Clay

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 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:

- Cond 1:Taglio in testa palo pari a 840 kN forza di accosto SLU (1.2 fattore)
  Cond. 2:Taglio in testa palo pari a 700 kN forza di accosto nominale

9.4 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.

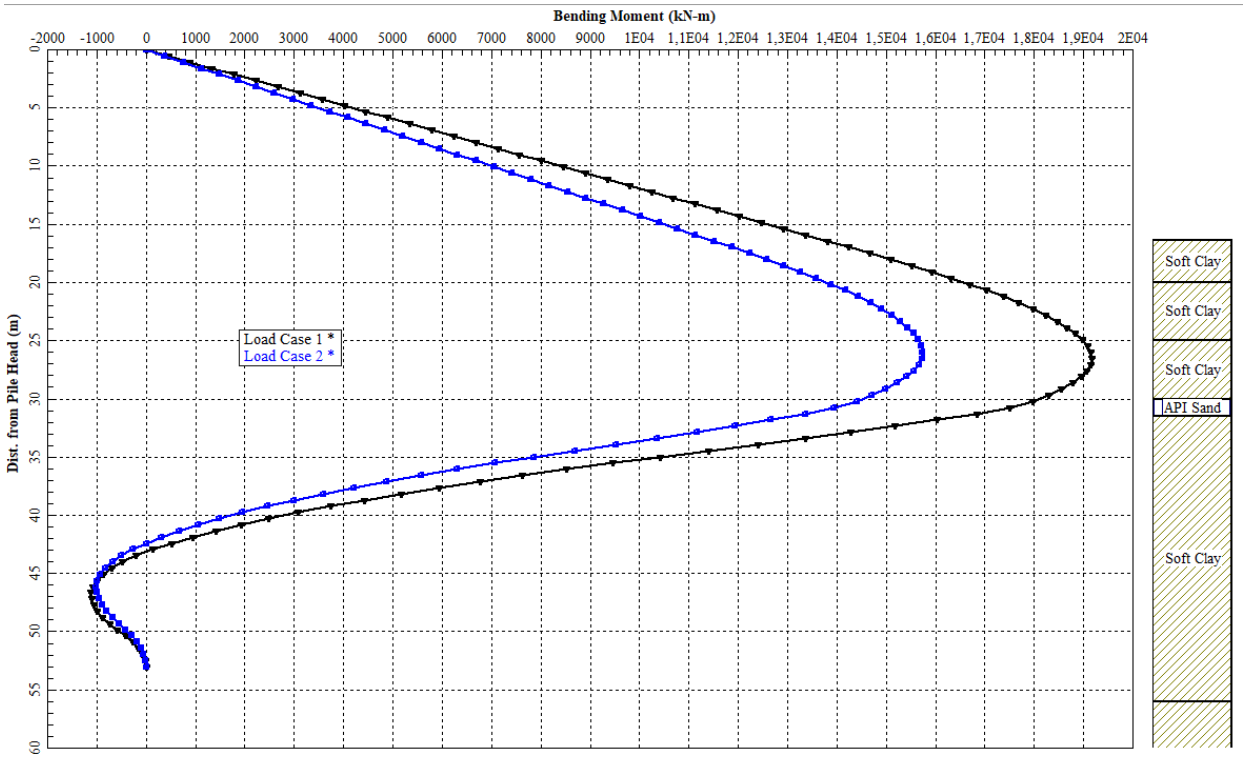


Figura 9-3: Diagrammi momento (kNm)

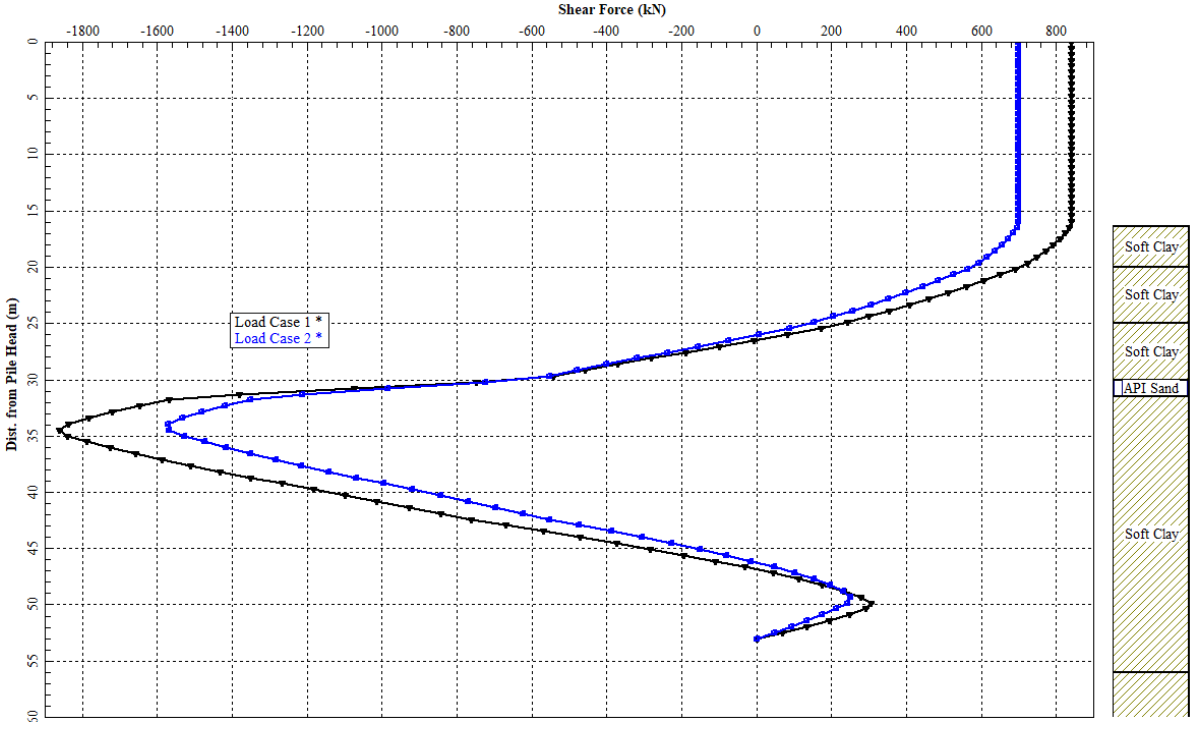


Figura 9-4: Diagrammi taglio (kN)

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

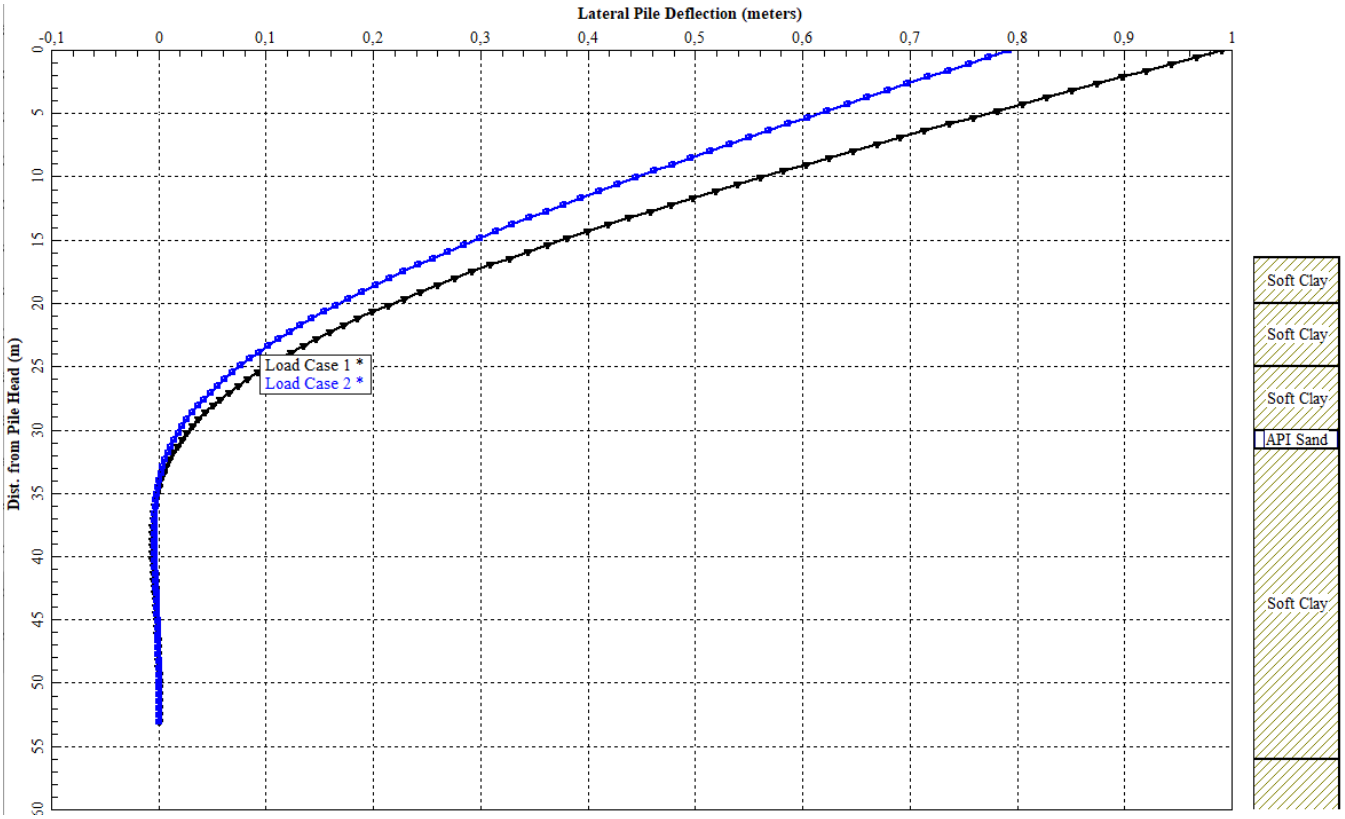


Figura 9-5: Diagrammi spostamento (m)

9.5 Verifiche Strutturali

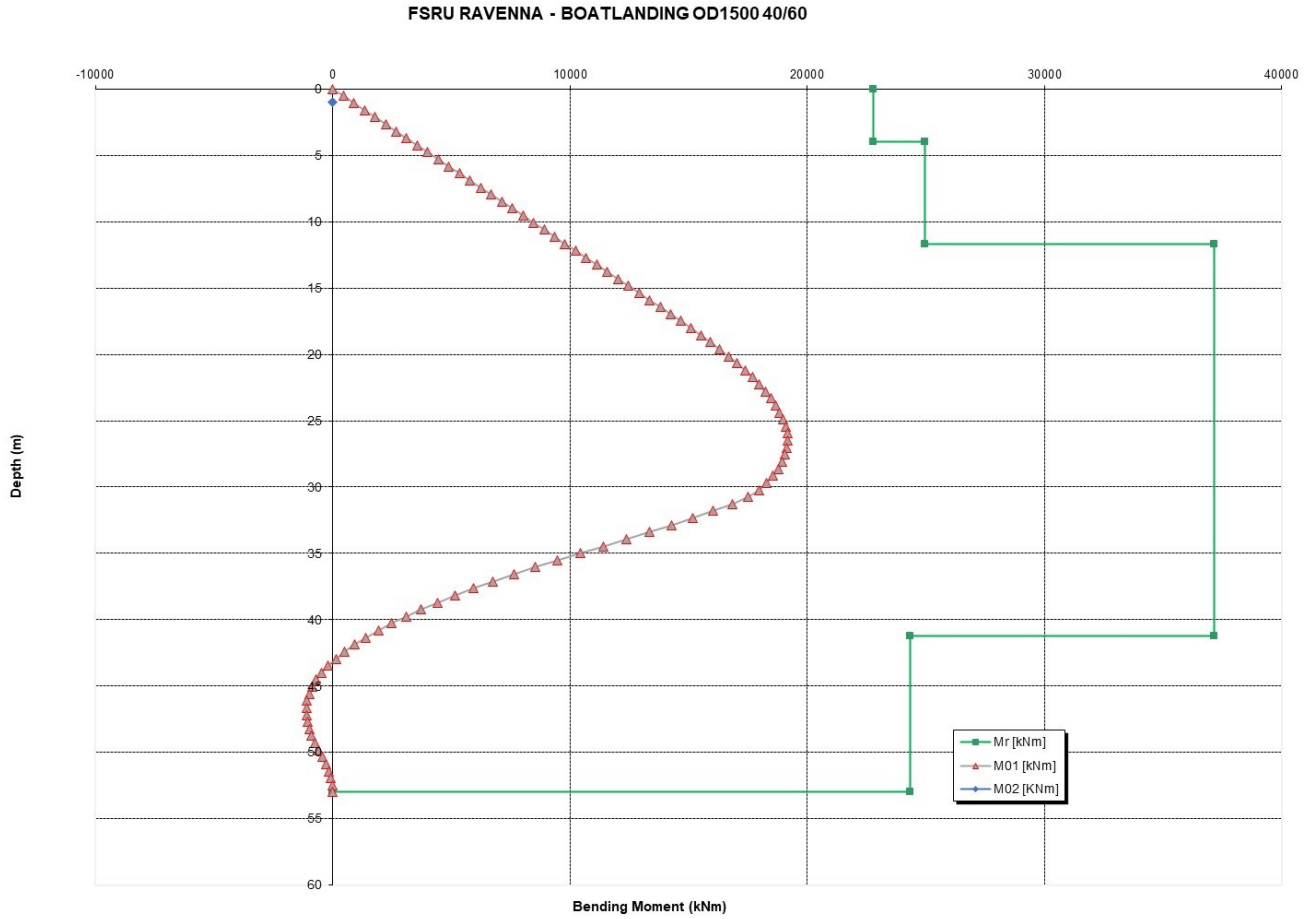
Vengono riportate le verifiche strutturali per le varie sezioni tubolari in accordo con ISO 19902Rif.[B4].

PILE CHECKS - ISO19902 | **FSRU RAVENNA -VERIFICA BRICCOLA ACCOSTO 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	4,00	0,00	4,00	1500	40	4	1492	36	41,4	Ok	S355	325	409	58.529	76.333	22.789	3.600	0,16	1
2	7,70	4,00	11,70	1500	40	2	1496	38	39,4	Ok	S355	335	423	61.874	80.797	24.953	10.000	0,40	2
3	29,50	11,70	41,20	1500	60	2	1496	58	25,8	Ok	S355	325	430	90.692	120.000	37.143	19.500	0,53	3
4	11,80	41,20	53,00	1500	40	2	1496	38	39,4	Ok	S356	325	413	61.874	80.797	24.329	3.100	0,13	4

Tabella 9-1: Verifiche strutturali - ISO 19902

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



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

U.C.Max = 0.16 < 1.00 OK

9.6 Verifica dell'energia assorbita

L'energia di accosto di navi con stazza lorda da 500 ton (dislocamento 1000t) viene assorbita dal palo OD 1500mm che presenta uno schema a mensola, dai risultati dell'analisi è stata calcolata l'energia assorbita che risulta:

$E = F \times s / 2 = 700 \times 0.79 / 2 = 276$ kNm $< E_{accosto} = 214$ kNm come da paragrafo 4.7

Dove:

F è la forza di accosto

S spostamento palo alla quota z=+1 m

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

9.7 Verifica della capacità portante

La reazione di compressione in testa palo è stata dedotta dall'analisi in Sacs ed è pari a 1670 kN (agli SLU).

Il peso del palo infisso sommerso vale:

- Spezzone 60 mm 24.8m x 1859 kg/m x 9.81/1000 = 452 kN
- Spezzone 60 mm 11.8m x 1257 kg/m x 9.81/1000 = 146 kN

Peso palo infisso = (452+146) kN x 1.3 = 778 kN

A cui corrisponde una compressione totale pari a 1670 + 778 = 2448 kN

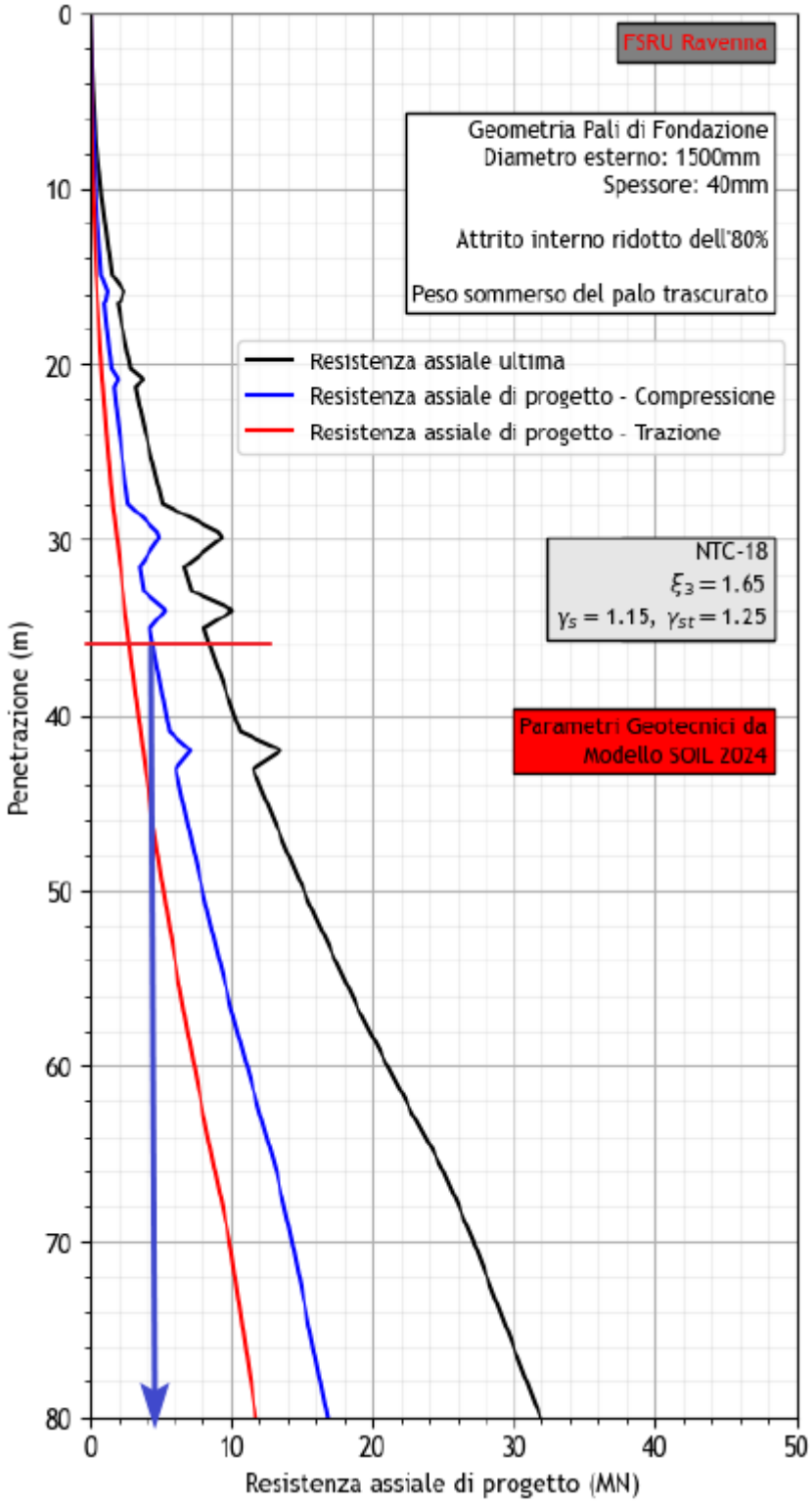
Dalle curve di capacità del palo secondo NTC2018 (Rif. [B1]) calcolate in Relazione Geotecnica [A6], la massima capacità di compressione del palo per infissione minima di 36.6m vale 4.2 MN.

Si eseguono le verifiche di capacità portante dei pali:

- Compressione 2448 kN < 4200 kN FS=1.71

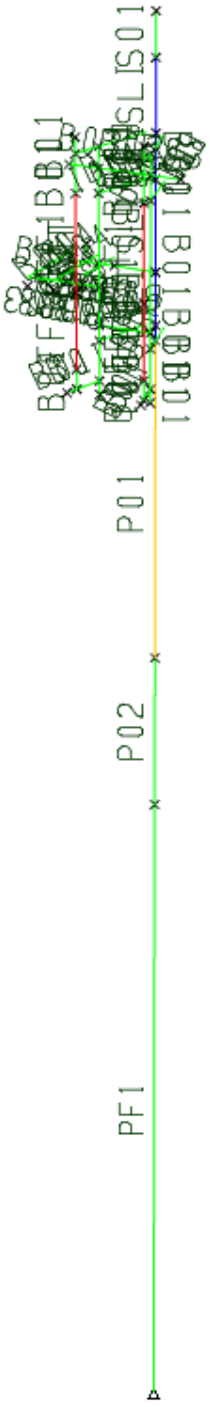
Le verifiche di capacità portante del palo ampliamente soddisfatte.

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



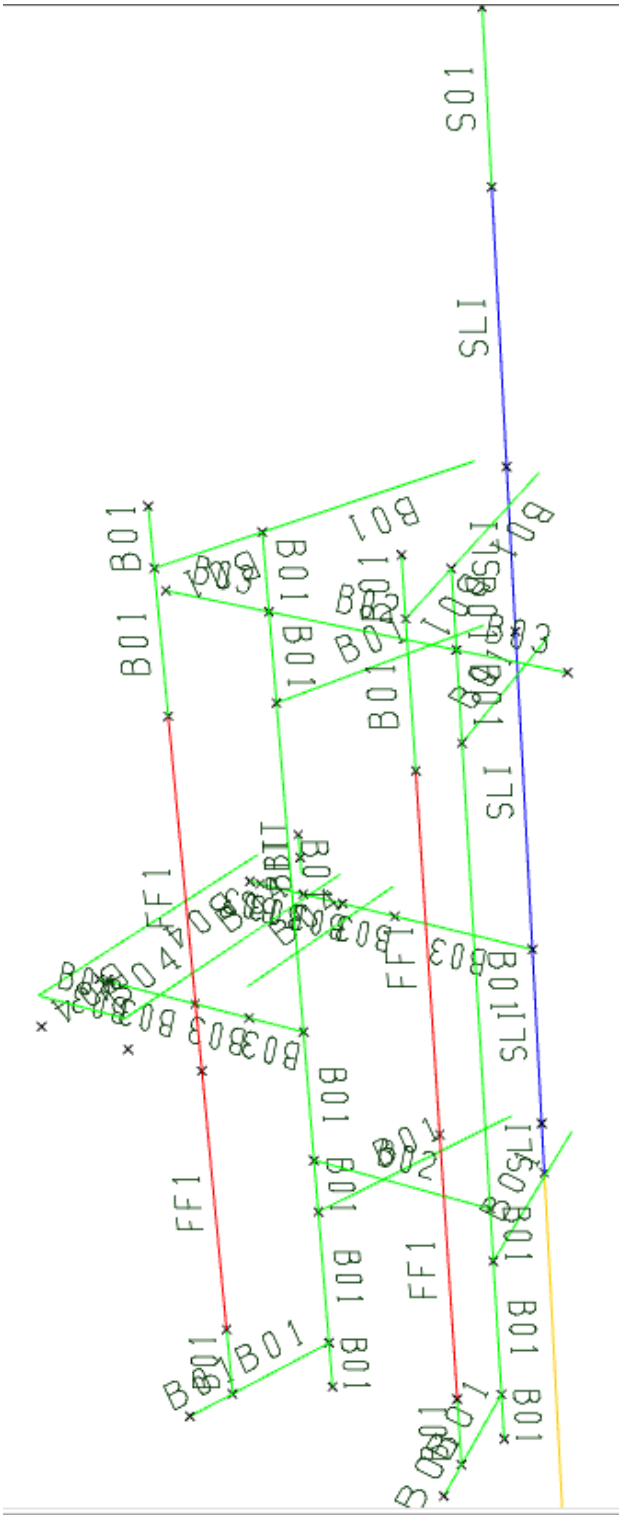
Documento di proprietà **Snam Rete Gas**. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

10 APPENDICE 1: UNIFILARE MODELLO SACS



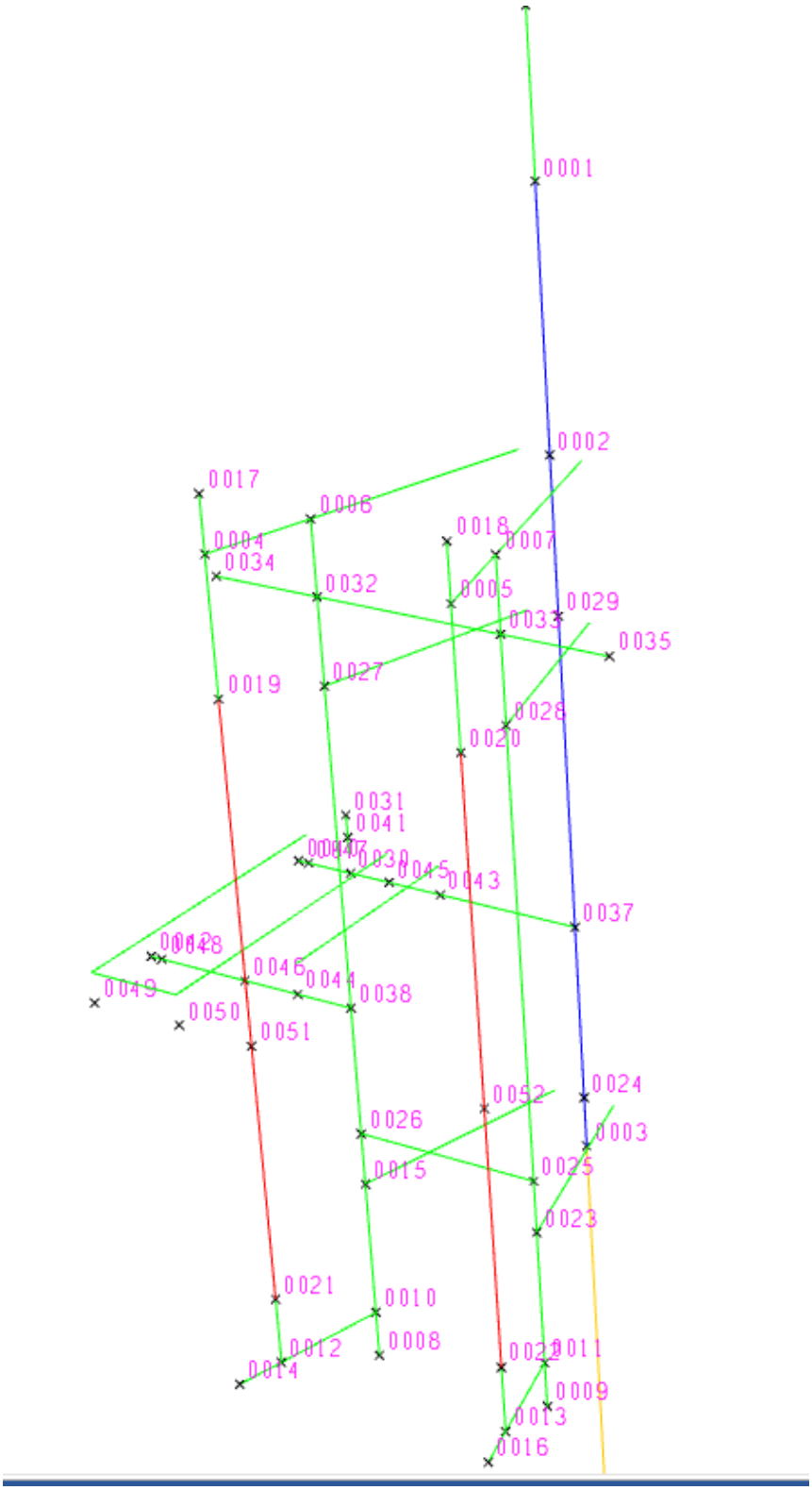
Vista globale 3D – gruppi

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



Dettaglio – Gruppi

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



Dettaglio – Nodi

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



Vista globale – nodi

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

****** 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
S01		2686.06	24328.49	176.00	176.00	TUB		7.849	0.000	YES	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
P01		1834.69	17671.46	150.00	150.00	TUB		7.849	0.000	YES	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
P02		2714.34	17671.46	150.00	150.00	TUB		7.849	0.000	YES	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
B01		379.35	1969.78	50.08	50.08	TUB		7.849	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
B02		231.82	1297.17	40.64	40.64	TUB		7.849	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
B03		201.42	993.15	35.56	35.56	TUB		7.849	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
BIT		78.50	377.03	21.91	21.91	TUB		7.849	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
PF1		2714.34	17671.46	150.00	150.00	TUB		0.001	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
FF1		9500.18	9503.32	110.00	110.00	TUB		0.001	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
B04	UPN200	32.20	32.20	20.00	7.50	CHL		7.850	0.000		0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
B05		54.22	222.46	16.83	16.83	TUB		7.849	0.000	NO	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00
SLI	SLE20	8491.72	24328.49	176.00	176.00	TUB		5.302	0.000	YES	0.75	0.75	2.00	2.00	0.00	0.00

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