EMERGENZA GAS

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

FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI

CALCOLO CAPITELLO DI SUPPORTO PASSERELLE

Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data
B	Emesso per Approvazione	K.Caldera	J. Albagli	M. Raimondi	11/03/2024
A	Emesso per Approvazione	K.Caldera	J. Albagli	M. Raimondi	07/02/2024

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

INDICE

		PAGINA
1	**INTRODUZIONE**	**5**
1.1	Generalità	5
1.2	Scopo del Documento	5
2	**DEFINIZIONI ED ABBREVIAZIONI**	**6**
2.1	Definizioni	6
2.2	Abbreviazioni	6
3	**RIFERIMENTI**	**7**
3.1	Documenti Di Progetto	7
3.2	Documenti Di Riferimento	7
3.3	Normative Di Riferimento	8
3.4	Software	8
4	**CONCLUSIONI**	**9**
5	**DESCRIZIONE STRUTTURA PASSERELLE**	**10**
6	**CRITERI DI PROGETTAZIONE**	**12**
6.1	Materiali	12
6.2	Criteri di Progettazione	15
6.2.1	Generalità	15
6.2.2	Combinazione delle azioni e fattori di azione parziale per le analisi in servizio	15
6.2.3	Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari	16
6.2.4	Fattore di resistenza parziale per sezioni non tubolari	16
6.3	Criteri di Accettazione	17
7	**DATI DI PROGETTO AMBIENTALI**	**18**
7.1	Vento	18
7.2	SISMICA	18
8	**MODELLO DI CALCOLO**	**19**
8.1	Unità di Misura	19
8.2	Sistema di Riferimento	19
8.3	Programma di Calcolo	19
8.4	Modello di Calcolo	19
8.4.1	Criteri di Modellazione	20
9	**CARICHI E COMBINAZIONI DI CARICO**	**22**

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

9.1 Carichi Permanenti 23
9.1.1 Peso Proprio Strutturale - DEAZ 23
9.1.2 Pesi Strutture non modellate 23
9.1.3 Reazioni appoggio passerelle (SLU) 23
9.2 Carichi Ambientali 27
9.2.1 Carichi di Vento 27
9.3 Carichi di blast 27
9.4 Risultanti dei Carichi 27
9.5 Combinazioni di Carico 28
9.5.1 Combinazioni Operative SLU 28
10 RISULTATI DELL'ANALISI 31
10.1 Verifiche strutturali DEL CAPITELLO 31
10.1.1 Capitello tipo 1 31
10.1.2 Capitello tipo 2 33
10.1.3 Capitello tipo 3 34
11 CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA 35
12 APPENDICE A – SCHEMI UNIFILARI 36
12.1 capitello tipo 1 36
12.2 capitello tipo 2 36
12.3 capitello tipo 3 37
13 APPENDICE B – PROPRIETA' GRUPPI 37
13.1 Proprietà gruppi 37
14 FILE INPUT ANALISI 37

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 6-1: Proprietà acciaio 12
Tabella 6-2: Gradi di acciaio secondo standard per classi di design 13
Tabella 6-3: Proprietà dell'acciaio relative allo spessore (secondo EN 10025-2 & 4) 14
Tabella 6-4: Fattori di azione parziale per l'analisi in servizio 15
Tabella 6-5: Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari 16
Tabella 6-8: Fattori di resistenza parziale per sezioni non tubolari 16
Tabella 7-1: Dati Vento 18
Tabella 9-1: Coefficienti parziali azioni per condizioni in servizio 22

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

Tabella 9-8: Risultanti condizioni di carico applicate- TIPO 1 27
Tabella 9-9: Risultanti condizioni di carico applicate- TIPO 2 28
Tabella 9-10: Risultanti condizioni di carico applicate- TIPO 3 28
Tabella 9-15: Combinazioni SLU - TIPO 1 29
Tabella 9-15: Combinazioni SLU - TIPO 2 29
Tabella 9-15: Combinazioni SLU - TIPO 3 30
Tabella 9-17: Risultanti combinazioni di carico- TIPO 1 30
Tabella 9-18: Risultanti combinazioni di carico- TIPO 2 30
Tabella 9-19: Risultanti combinazioni di carico- TIPO 3 31
Tabella 10-1: Verifiche elementi strutturali UC > 0.40 – TIPO 1 32
Tabella 10-1: Verifiche elementi strutturali UC > 0.40 – TIPO 2 33
Tabella 10-1: Verifiche elementi strutturali UC > 0.40 – TIPO 3 34

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

1 INTRODUZIONE

1.1 GENERALITÀ

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

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

Le opere previste nel Progetto FSRU Ravenna sono le seguenti:

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

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

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

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

E' prevista l'installazione di un sistema di diga frangiflutti (break water) in prossimità del terminale, posta a circa 80m ad est della piattaforma di ormeggio Petra.

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

1.2 SCOPO DEL DOCUMENTO

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

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

2 DEFINIZIONI ED ABBREVIAZIONI

2.1 DEFINIZIONI

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

2.2 ABBREVIAZIONI

SLU	Stato Limite Ultimo
UC	Unity Check

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

3 RIFERIMENTI

3.1 DOCUMENTI DI PROGETTO

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

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

3.2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

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

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

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

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

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

[A7] 0001-LF-E-05400 Dati di progetto

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

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

[A10] 0001-CB-B-017001 Layout generale del pontile

[A11] 0001-CD-B-017086 Testata supporto passerelle Tipo 1 - piante sezioni & dettagli

[A12] 0001-CD-B-017087 Testata supporto passerelle Tipo 2 (tubo gas) - piante sezioni & dettagli

[A13] 0001-CD-B-017088 Testata supporto passerelle Tipo 3 (tubo gas) - piante sezioni & dettagli

[A14] 0001-CD-B-017089 Testata supporto passerelle Tipo 4 (tubo gas) - piante sezioni & dettagli

[A15] 0001-CD-B-017091 Testata supporto passerelle Tipo 7 (tubo gas) - piante sezioni & dettagli

[A16] 0001-CD-B-017092 Testata supporto passerelle Tipo 5 - piante sezioni & dettagli

[A17] 0001-CD-B-017094 Testata supporto passerelle Tipo 6 - piante sezioni & dettagli

[A18] 0001-CD-B-017096 Testata supporto passerelle -Dettagli tipici

[A19] 0001-CI-E-017030 Passerelle di sostegno tubo Gas 26 in - Analisi statica in servizio

[A20] 0001-CI-E-017033 Passerelle di sostegno tubo Gas 26 in - Analisi Sismica

[A21] 0001-CI-E-017380 Relazione di calcolo delle passerelle - statica e sismica

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

3.3 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

[B1]	DM 17/01/2018	Norme Tecniche per le Costruzioni
[B2]	ISO 19900	General requirements for offshore structures
[B3]	ISO 19901	Part 1 to 8: Specific requirements for offshore structures
[B4]	ISO 19902	Fixed Steel Offshore
[B5]	EN 1993	Progettazione delle strutture in acciaio
[B6]	BS 6349: Part 1	Code of practice for general criteria
[B7]	BS 6349: Part 2	Design of quay walls jetties and dolphins
[B8]	BS 6349: Part 4	Code of Practice for design of fendering and mooring system
[B9]	BS 6349-1-1	Code of practice for planning and design for operations
[B10]	BS 6349-1-2	General - Code of practice for assessment of actions
[B11]	PIANC WG33	Guidelines for the design of fender system 2002
[B12]	PIANC WG121	Harbour Approach Channels – Design Guidelines
[B13]	OCMIF (MEG4)	Mooring Equipment Guidelines
[B14]	DNVGL-OTG-18	Guidance for long-term nearshore mooring systems
[B15]	DNVGL-ST-N001	Marine operations and marine warranty
[B16]	DNV-RP-C203	Fatigue design of offshore steel structures
[B17]	DNV-RP-C204	Structural design against accidental loads
[B18]	DNV-RP-C205	Environmental conditions and environmental loads
[B19]	API RP-2A	Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms

3.4 SOFTWARE

[B20]	SACS	Structural Analysis Computer System by Engineering Dynamics,Inc.
[B21]	LPILE	Analysis for Laterally loaded piles by Ensoft (Lymon C. Reese)

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

4 CONCLUSIONI

La presente relazione presenta la verifica statica in servizio e sismica di tre tipologie di capitelli ritenute le più significative per:

- Massimo carico piping: capitello di supporto della passerella PAS-TG3 sulla quale sono installate le valvole. E' un capitello con la geometria più ricorrente sul pontile.
  - Testata di supporto passerelle tipo "3" (tubo gas) [A13] **TIPO 1**
- Più punti di supporto: capitello all'intersezione tra le passerelle tubo gas e le passerelle.
  - Testata di supporto passerelle tipo "6" [A17] **TIPO 2**
- Capitello con massima estensione: capitello ubicato allo snodo delle passerelle tubo gas
  - Testata di supporto passerelle tipo "4" tubo gas [A14] **TIPO 3**

Le analisi si riferiscono alla condizione statica in servizio, inclusa la condizione di blast , quest'ultima copre copre la verifica sismica a cui corrisponde delle reazioni trasferite dalle passerelle inferiori (vedi 11).

Le analisi in configurazione statica in servizio hanno dimostrato che le testate sono in grado di resistere alle condizioni operative ed estreme di progetto, in termini di carichi gravitazionali, ambientali (azione del vento) e eccezionale di blast, 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].

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

- TIPO 1: UC = 0.51 < 1.0 OK
- TIPO 2: UC = 0.54 < 1.0 OK
- TIPO 3: UC = 0.71 < 1.0 OK

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

5 DESCRIZIONE STRUTTURA PASSERELLE

In Figura 5-2 è rappresentato la planimetria generale del pontile con evidenziate le testate oggetto di verifica.

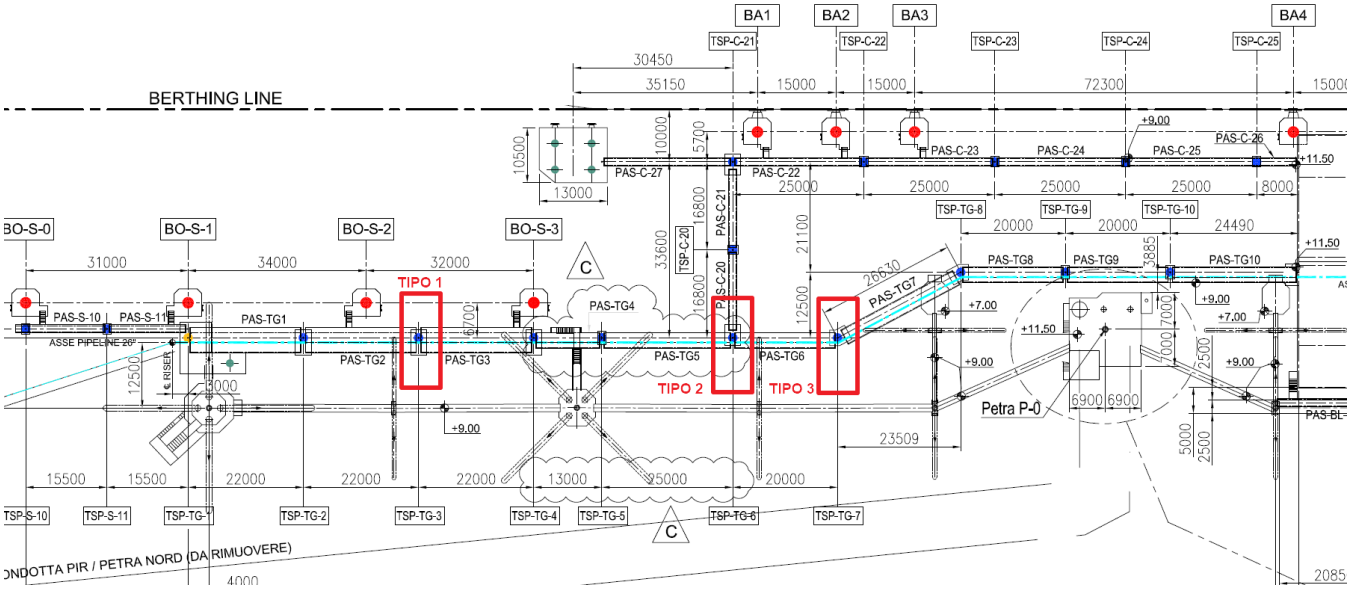


Figura 5-1: Planimetria generale del pontile – individuazione testate analizzate

La struttura prefabbricata della testata è costituita da un telaio di travi HEA360 localmente irrigidito con piatti in corrispondenza dei supporti sul quale è saldato un piatto spessore 30mm. Sulla testata è saldato il pin di fermo delle passerelle ai fini della ritenuta delle azioni trasversali dovute a vento, blast e sisma. In corrispondenza dell'impronta dei supporti sono previsti i piatti di spessoramento che irrigidiscono ulteriormente la testata.

Per la verifica strutturale del capitello è stato generato un modello in Sacs, come illustrato nelle seguenti figure.

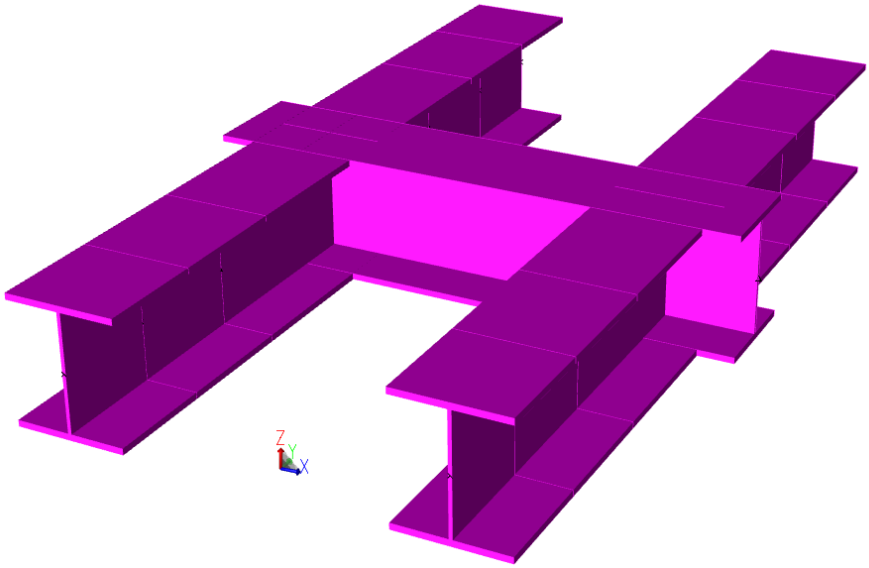


Figura 5-2: Struttura capitello Tipo 1 – Vista modello Sacs

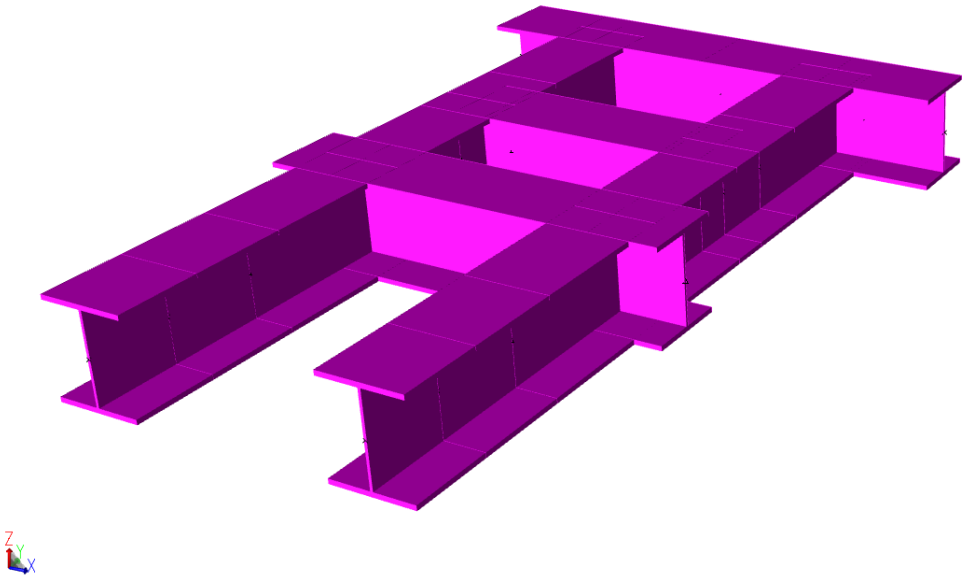


Figura 5-3: Struttura capitello Tipo 2 – Vista modello Sacs

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

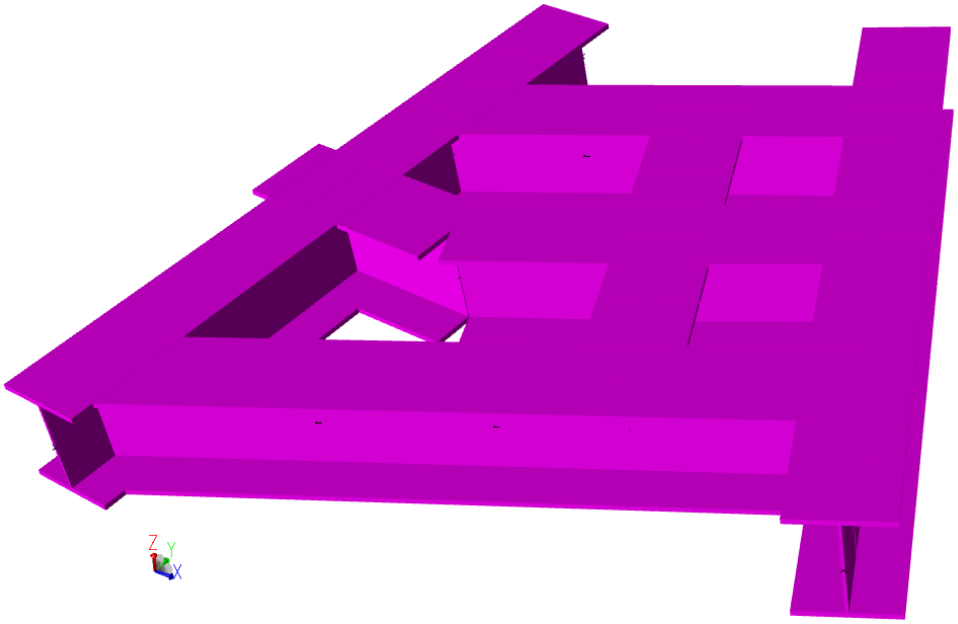


Figura 5-4: Struttura capitello Tipo 3 – Vista modello Sacs

6 CRITERI DI PROGETTAZIONE

6.1 MATERIALI

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

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

Tabella 6-1: Proprietà acciaio

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

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

Tabella 6-2: 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 6-3.

Acciaio	Spessore t [mm]	F_y [MPa]	F_u [MPa]
S235	t ≤ 16	235	340
	16 < t ≤ 40	225	340
	40 < t ≤ 63	215	340
	63 < t ≤ 100	215	340
	100 < t ≤ 150	215	340
S355	t ≤ 16	355	470
	16 < t ≤ 40	345	470
	40 < t ≤ 63	335	470
	63 < t ≤ 80	325	470
	800 < t ≤ 100	315	470
	100 < t ≤ 150	295	450

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

S420	t ≤ 16	420	520
	16 < t ≤ 40	400	520
	40 < t ≤ 63	390	500
	63 < t ≤ 80	380	480
	80 < t ≤ 100	370	470
	100 < t ≤ 150	365	460
S460	t ≤ 16	460	540
	16 < t ≤ 40	440	540
	40 < t ≤ 63	430	530
	63 < t ≤ 80	410	510
	80 < t ≤ 100	400	500
	100 < t ≤ 150	385	490

Tabella 6-3: Proprietà dell'acciaio relative allo spessore (secondo EN 10025-2 & 4)

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

6.2 CRITERI DI PROGETTAZIONE

6.2.1 Generalità

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

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

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

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

Dove:

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

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

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

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

6.2.3 Fattori di resistenza parziali per sezioni tubolari

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

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

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

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

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

6.2.4 Fattore di resistenza parziale per sezioni non tubolari

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

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

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

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

6.3 CRITERI DI ACCETTAZIONE

Il progetto delle testate 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 DATI DI PROGETTO AMBIENTALI

7.1 VENTO

Vengono di seguiti tabulati i dati di vento caratterizzanti il sito di interesse, in termini di velocità del vento, direzione di provenienza, per differenti tempi di ritorno (1, 10, 100, 1000, 10000 anni) e mediati su tempi differenti (3'',1',10',1h).

SRG - FSRU - DHI data - Jan. 1979 - Dec. 2021 - Punta Marina - 44.460 N, 12.389 E

Whole Year extreme wind speed - 10 m above sea level

Return period		1 Year				10 Year				100 Year				1000 Year				10000 Year			
Wind incoming Direction	(°N)	Ws-3'' (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)	Ws-3'' (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)	Ws-3'' (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)	Ws-3'' (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)	Ws-3'' (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)
	0.0	20.6	18.6	17.1	15.9	27.2	24.4	22.2	20.5	33.9	30.1	27.1	24.9	40.5	35.7	32.0	29.1	47.3	41.4	36.8	33.2
	30.0	25.7	23.1	21.1	19.5	31.5	28.0	25.4	23.3	36.8	32.6	29.3	26.8	41.9	36.9	33.0	30.0	46.8	40.9	36.4	32.9
	60.0	25.3	22.7	20.7	19.2	29.4	26.2	23.8	21.9	32.9	29.3	26.5	24.3	36.2	32.0	28.8	26.4	39.1	34.5	31.0	28.2
	90.0	22.3	20.1	18.4	17.1	28.3	25.3	23.0	21.2	34.2	30.4	27.4	25.1	39.9	35.2	31.6	28.7	45.6	40.0	35.6	32.2
	120.0	19.4	17.5	16.1	15.0	24.2	21.8	19.9	18.5	28.9	25.9	23.5	21.7	33.6	29.8	26.9	24.7	38.2	33.7	30.3	27.6
	150.0	19.8	17.9	16.4	15.3	23.8	21.4	19.5	18.1	27.4	24.6	22.4	20.6	30.9	27.6	25.0	23.0	34.3	30.4	27.4	25.1
	180.0	16.2	14.7	13.6	12.7	20.1	18.2	16.7	15.6	23.9	21.5	19.6	18.2	27.4	24.5	22.3	20.6	30.8	27.5	24.9	22.9
	210.0	15.1	13.8	12.8	12.0	19.2	17.4	16.0	15.0	23.1	20.8	19.1	17.7	26.9	24.1	21.9	20.3	30.5	27.2	24.7	22.7
	240.0	17.7	16.0	14.8	13.8	21.9	19.8	18.1	16.8	25.9	23.2	21.2	19.6	29.7	26.5	24.1	22.2	33.4	29.7	26.8	24.6
	270.0	16.4	14.9	13.8	12.9	20.2	18.2	16.8	15.6	23.8	21.4	19.6	18.2	27.4	24.6	22.4	20.6	31.0	27.6	25.0	23.0
	300.0	19.1	17.3	15.9	14.9	23.6	21.3	19.4	18.0	28.1	25.1	22.8	21.1	32.5	28.9	26.1	24.0	36.8	32.6	29.3	26.8
	330.0	18.0	16.3	15.0	14.0	23.4	21.0	19.3	17.9	28.8	25.8	23.4	21.6	34.4	30.5	27.5	25.2	40.0	35.2	31.6	28.8
	Omnidir	27.6	24.7	22.5	20.8	32.9	29.3	26.5	24.3	38.2	33.7	30.3	27.6	43.3	38.0	34.0	30.8	48.4	42.2	37.5	33.9

Tabella 7-1: Dati Vento

Valori di progetto assunti:

- Condizioni di Storm: Profilo API con 38.2m/s a 10 m dal livello del mare

Per il progetto delle passerelle la condizione di vento storm agente sulla tubazione (implicito nelle reazioni dei supporti dedotti dall'analisi di stress della tubazione) e sulla struttura è stata trattata a favore di sicurezza come una condizione operativa.

Analogamente la stessa assunzione è stata presa per le analisi in oggetto.

7.2 SISMICA

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

I dati di dettaglio inerenti la sismicità riportati nel documento Rif.[A9], considerando per i pali delle passerelle un coefficiente di struttura q = 1.33 a cui corrisponde un'accelerazione pari a 0.2g.

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

8 MODELLO DI CALCOLO

8.1 UNITÀ DI MISURA

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

8.2 SISTEMA DI RIFERIMENTO

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

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

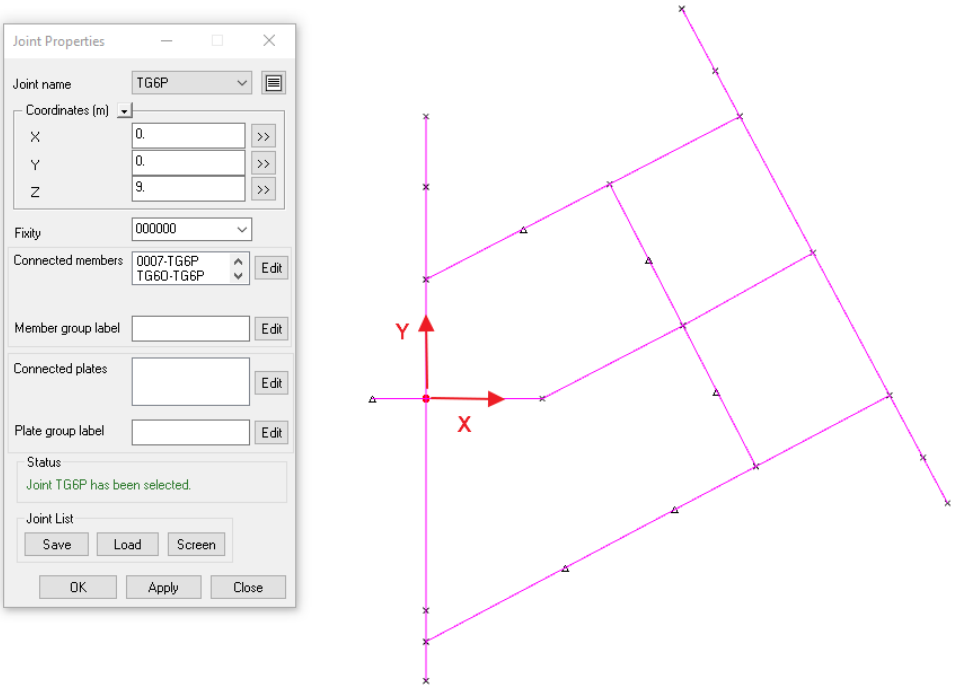


Figura 8-1: Sistema di riferimento del modello

8.3 PROGRAMMA DI CALCOLO

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

8.4 MODELLO DI CALCOLO

È stato prodotto un modello di calcolo tridimensionale per ciascuna tipologia di capitello, in ambiente SACS (Rif. [B20]), che riproduce il telaio principale costituito da travi HEA360.

Gli elementi secondari costituiti dai piatti di irrigidimento verticali e i piatti orizzontali di chiusura sono inserite a modello come carichi.

8.4.1 Criteri di Modellazione

Di seguito sono illustrati i criteri di modellazione utilizzati:

- Gli elementi trave (beam) sono modellati da punto a punto; i profili tubolari sono modellati lungo il proprio asse, mentre i profilati sono modellati sul bordo superiore, per impostare la quota in maniera corretta. Gli assi locali di ogni trave sono x (assiale), y e z. La connessione fra travi avviene ai nodi di estremità.
- 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 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.
- il telaio è stato vincolato con delle cerniere in corrispondenza dei punti di intersezione delle travi HEA360 con l'impronta circolare del palo OD1500mm. 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.

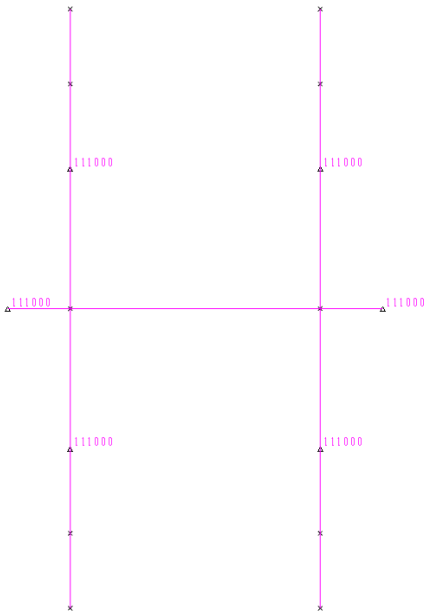


Figura 8-2: Modello SACS - Vincoli di estremità capitello TIPO 1

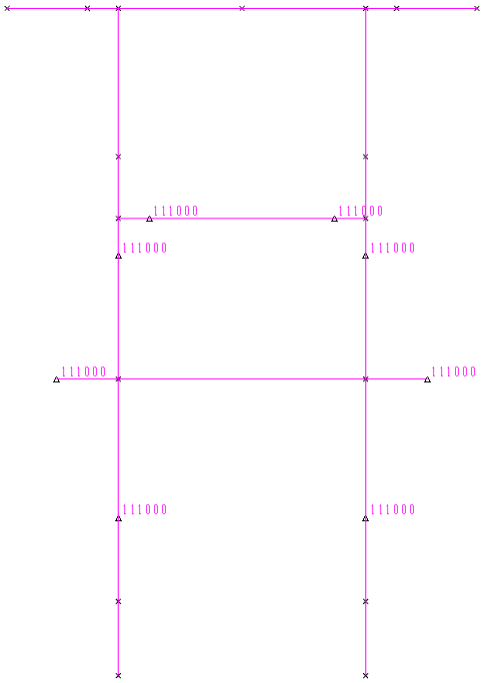


Figura 8-3: Modello SACS - Vincoli di estremità capitello TIPO 2

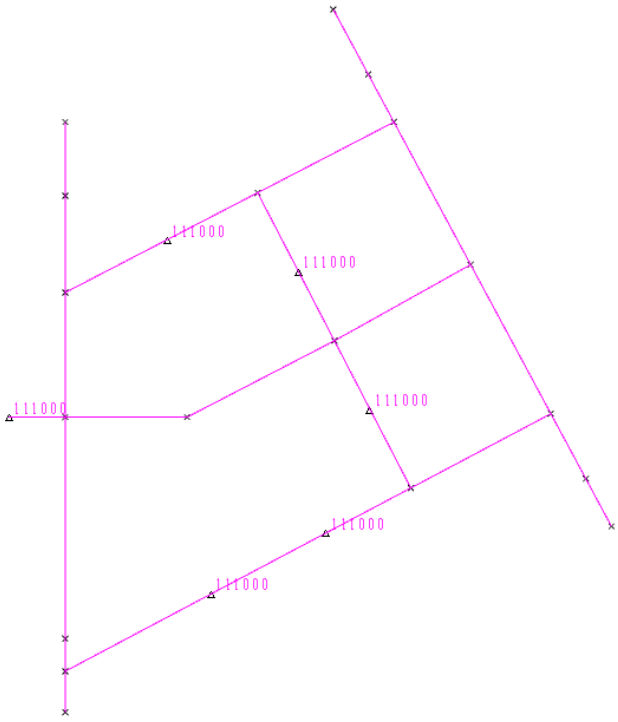


Figura 8-4: Modello SACS - Vincoli di estremità capitello TIPO 3

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

9 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 9-1: Coefficienti parziali azioni per condizioni in servizio

Fra le azioni permanenti rientrano:

- Peso proprio delle strutture
- Reazioni verticali supporti passerelle

Fra le azioni ambientali rientrano:

- Vento (sulla tubazione e sulla struttura)
- Attrito delle tubazioni (dalle reazioni longitudinali dei supporti)

Fra le azioni variabili rientrano:

- Carico accidentale sulle zone di passaggio

Fra le azioni eccezionali rientrano:

- Blasting

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

9.1 CARICHI PERMANENTI

9.1.1 Peso Proprio Strutturale - DEAZ

Il peso proprio della struttura modellata 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

La condizione di carico assegnata è la DEAZ.

9.1.2 Pesi Strutture non modellate

Il peso degli elementi non modellati è stato applicato in termini di carico uniforme sulle travi, tale peso è stato calcolato al fine di ottenere lo stesso peso del modello di disegno

La condizione di carico assegnata è la WPEZ.

9.1.3 Reazioni appoggio passerelle (SLU)

Le reazioni trasferite dalle passerelle sono state ricavate dalla lettura delle reazioni vincolari dei modelli analizzati nelle relazioni di calcolo [A19], [A20], [A21], per le combinazioni di carico tipo SLU e blast. A favore di sicurezza è stato considerato un appoggio di tipo puntuale.

Per la codifica delle condizioni di carico e per facilitarne la lettura è stato utilizzato il seguente criterio:

RUij	reazione vincolare massima per la condizione SLU
	i è il numero che identifica la trave (usato P per le passerelle che non supportano il tubo gas)
	j identifica la direzione X, Y, e Z
RBij	reazione vincolare massima per la condizione Blast
	i è il numero che identifica la trave (usato P per le passerelle che non supportano il tubo gas)
	j identifica la direzione X, Y, e Z

9.1.3.1 *Reazioni applicate al capitello TIPO 1*

Le reazioni risultanti dall'analisi della passerella TG-2 e TG-3 sono state applicate in corrispondenza dei nodi denominati con un codice che richiama la numerazione della passerella

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

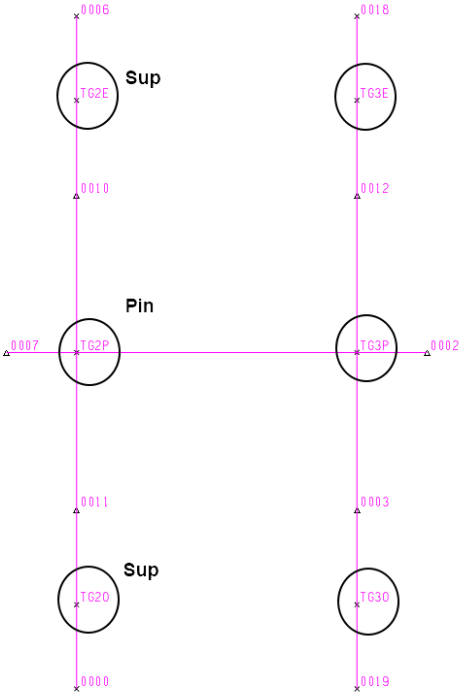


Figura 9-1: Modello SACS – punti di appoggio passerelle su capitello TIPO 1

Qui sotto l'estratto del file di input del programma con la definizione dei carichi.

```
LOADCNRU2Y
LOAD    TG2P            60.0000                         GLOB JOIN   PESO
LOADCNRU2Z
LOAD    TG2E                    -180.00                 GLOB JOIN   PESO
LOAD    TG2O                    -330.00                 GLOB JOIN   PESO
LOADCNRU3Y
LOAD    TG3P            60.0000                         GLOB JOIN   PESO
LOADCNRU3Z
LOAD    TG3E                    -180.00                 GLOB JOIN   PESO
LOAD    TG3O                    -660.00                 GLOB JOIN   PESO
LOADCNRB2Y
LOAD    TG2P            160.000                         GLOB JOIN   PESO
LOADCNRB2Z
LOAD    TG2E                    -90.000                 GLOB JOIN   PESO
LOAD    TG2O                    -270.00                 GLOB JOIN   PESO
LOADCNRB3Y
LOAD    TG3P            140.000                         GLOB JOIN   PESO
LOADCNRB3Z
LOAD    TG3E                    -80.000                 GLOB JOIN   PESO
LOAD    TG3O                    -410.00                 GLOB JOIN   PESO
```

9.1.3.2 *Reazioni applicate al capitello TIPO 2*

Le stesse reazioni della passerella TG-5 sono state applicate su entrambe i lati (valide anche per la TG-6).

I carichi della passerella PAS-C-20 sono stati ricavati scalando le reazioni della passerella tipica con L=25m analizzata in [A21].

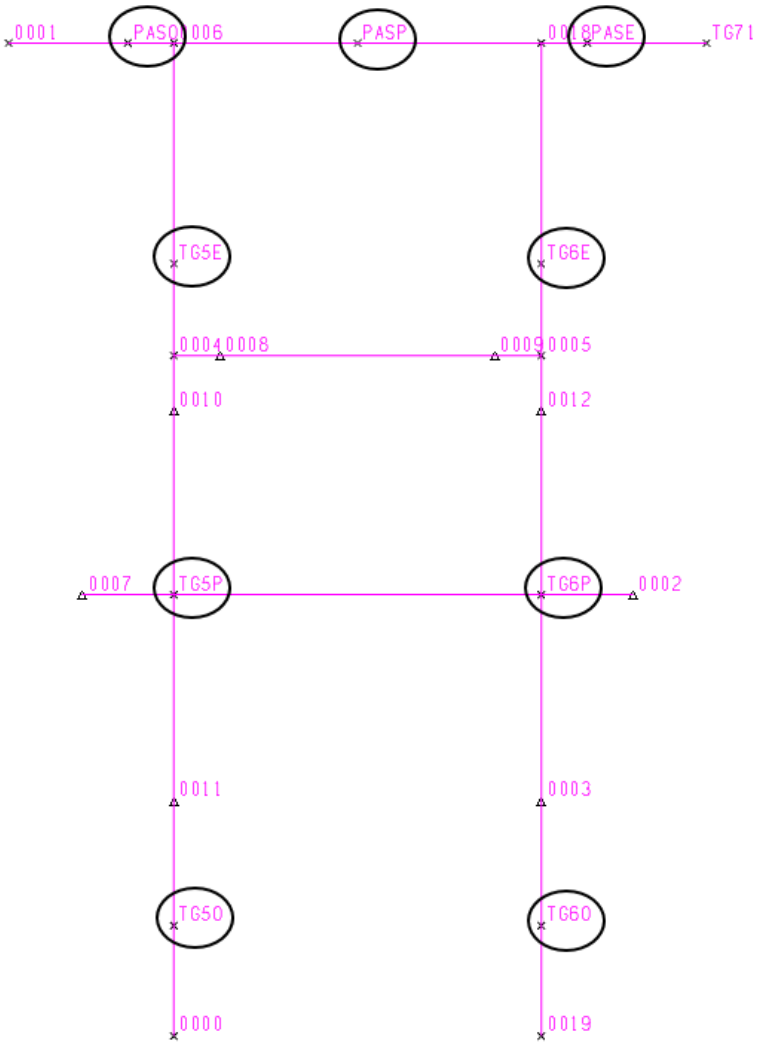


Figura 9-2: Modello SACS – punti di appoggio passerelle su capitello TIPO 2

Qui sotto l'estratto del file di input del programma con la definizione dei carichi.

```
LOADCNRU2Y
LOAD    TG2P            60.0000                         GLOB JOIN   PESO
LOADCNRU2Z
LOAD    TG2E                    -180.00                 GLOB JOIN   PESO
LOAD    TG2O                    -330.00                 GLOB JOIN   PESO
LOADCNRU3Y
LOAD    TG3P            60.0000                         GLOB JOIN   PESO
LOADCNRU3Z
LOAD    TG3E                    -180.00                 GLOB JOIN   PESO
LOAD    TG3O                    -660.00                 GLOB JOIN   PESO
LOADCNRB2Y
LOAD    TG2P            160.000                         GLOB JOIN   PESO
LOADCNRB2Z
LOAD    TG2E                    -90.000                 GLOB JOIN   PESO
LOAD    TG2O                    -270.00                 GLOB JOIN   PESO
LOADCNRB3Y
LOAD    TG3P            140.000                         GLOB JOIN   PESO
LOADCNRB3Z
LOAD    TG3E                    -80.000                 GLOB JOIN   PESO
LOAD    TG3O                    -410.00                 GLOB JOIN   PESO
```

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

9.1.3.3 *Reazioni applicate al capitello TIPO 3*

Le reazioni risultanti dall'analisi della passerella TG-5 e TG-7 sono state applicate in corrispondenza dei nodi denominati con un codice che richiama la numerazione della passerella.

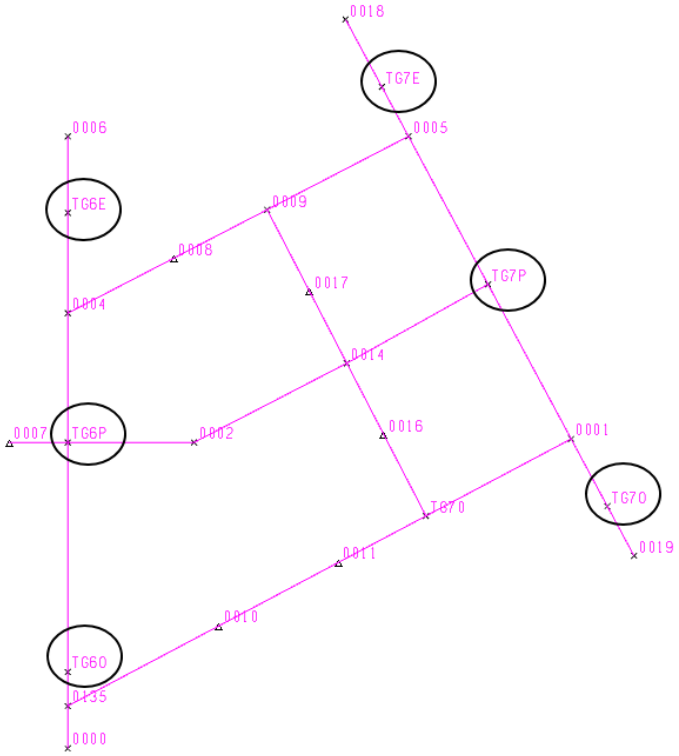


Figura 9-3: Modello SACS – punti di appoggio passerelle su capitello TIPO 3

Qui sotto l'estratto del file di input del programma con la definizione dei carichi.

```
LOADCNRU6X
LOAD    TG6E     -290.00                              GLOB JOIN   PESO
LOAD    TG6O     300.000                              GLOB JOIN   PESO
LOADCNRU6Y
LOAD    TG6P            -90.000                       GLOB JOIN   PESO
LOADCNRU6Z
LOAD    TG6E                  -130.00                 GLOB JOIN   PESO
LOAD    TG6O                  -350.00                 GLOB JOIN   PESO
LOADCNRU7X
LOAD    TG7E     203.000 108.                         GLOB JOIN   PESO
LOAD    TG7O     -256.00 -136.                        GLOB JOIN   PESO
LOADCNRU7Y
LOAD    TG7P         47.   -88.                       GLOB JOIN   PESO
LOADCNRU7Z
LOAD    TG7E                  -100.00                 GLOB JOIN   PESO
LOAD    TG7O                  -310.00                 GLOB JOIN   PESO
LOADCNRB6X
LOAD    TG6E     -430.00                              GLOB JOIN   PESO
LOAD    TG6O     430.000                              GLOB JOIN   PESO
LOADCNRB6Y
LOAD    TG6P            -180.                         GLOB JOIN   PESO
LOADCNRB6Z
LOAD    TG6E                  -60.00                  GLOB JOIN   PESO
LOAD    TG6O                  -250.00                 GLOB JOIN   PESO
LOADCNRB7X
LOAD    TG7E     335.000   157.                       GLOB JOIN   PESO
LOAD    TG7O     -335.00  -157.                       GLOB JOIN   PESO
LOADCNRB7Y
LOAD    TG7P         75.  -141.                       GLOB JOIN   PESO
LOADCNRB7Z
LOAD    TG7E                  -50.00                  GLOB JOIN   PESO
LOAD    TG7O                  -240.00                 GLOB JOIN   PESO
```

(per la TG-7 sono state inserite scomposte le componenti nel sistema globale del modello).

9.2 CARICHI AMBIENTALI

9.2.1 Carichi di Vento

I carichi del vento sulla passerella è incluso nelle reazioni vincolari definite al paragrafo sopra (è la componente trasversale Y delle reazioni.

I carichi del vento sulla struttura del capitello 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 di Storm: Profilo API con 38 m/s a 10 m dal livello del mare

Le forze sono generate su tutta la struttura modellata investita dal profilo di vento e sull'area assegnata corrispondente ad una superficie di altezza 1.5m sul lato trasversale del modello.

La condizione di carico assegnata è:

- WO1Y vento trasversale in direzione Y sulla struttura (il vento sulla tubazione è implicito nei carichi piping)

9.3 CARICHI DI BLAST

L'azione di blasting è implicita nella definizione delle reazioni trasmesse dalla passerella.

9.4 RISULTANTI DEI CARICHI

Si riportano le risultanti delle condizioni di carico applicate su tutte le tipologie, 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				-6.92	0.50	0.00	9.00
2	WO1Y	0.00				1.56	0.50	-0.99	9.41	0.00			
3	WPEZ	0.00				0.00				-7.56	0.50	0.00	9.00
4	RU2Y	0.00				60.00	0.00	0.00	9.00	0.00			
5	RU2Z	0.00				0.00				-510.00	0.00	-0.26	9.00
6	RU3Y	0.00				60.00	1.00	0.00	9.00	0.00			
7	RU3Z	0.00				0.00				-840.00	1.00	-0.51	9.00
8	RB2Y	0.00				160.00	0.00	0.00	9.00	0.00			
9	RB2Z	0.00				0.00				-360.00	0.00	-0.45	9.00
10	RB3Y	0.00				140.00	1.00	0.00	9.00	0.00			
11	RB3Z	0.00				0.00				-490.00	1.00	-0.61	9.00
12	PERZ	0.00				0.00				-15.21	0.50	0.00	9.00
13	PPUZ	0.00				0.00				-1350.00	0.62	-0.42	9.00
14	PPBZ	0.00				0.00				-850.00	0.58	-0.54	9.00

Tabella 9-2: Risultanti condizioni di carico applicate- TIPO 1

********** 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				-10.77	0.50	0.44	9.00
2	WO1Y	0.00				3.41	0.12	-0.73	9.77	0.00			
3	WO1X	2.24	0.22	0.07	9.00	0.00				0.00			
4	WPEZ	0.00				0.00				-18.13	0.50	0.44	9.00
5	RU5Y	0.00				100.00	0.00	0.00	9.00	0.00			
6	RU5Z	0.00				0.00				-490.00	0.00	-0.34	9.00
7	RU6Y	0.00				-60.00	1.00	0.00	9.00	0.00			
8	RU6Z	0.00				0.00				-310.00	1.00	-0.45	9.00
9	RUPX	70.00	0.50	1.50	9.00	0.00				0.00			
10	RUPZ	0.00				0.00				-170.00	0.50	1.50	9.00
11	RB5Y	0.00				170.00	0.00	0.00	9.00	0.00			

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

12	RB5Z	0.00				0.00				-320.00	0.00	-0.47	9.00
13	RB6Y	0.00				-110.00	1.00	0.00	9.00	0.00			
14	RB6Z	0.00				0.00				-210.00	1.00	-0.52	9.00
15	RBPX	150.00	0.50	1.50	9.00	0.00				0.00			
16	PERZ	0.00				0.00				-30.34	0.50	0.44	9.00
17	PPUZ	0.00				0.00				-970.00	0.41	-0.05	9.00
18	PPBZ	0.00				0.00				-700.00	0.42	-0.01	9.00

Tabella 9-3: Risultanti condizioni di carico applicate- TIPO 2

********** 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				-13.09	0.85	0.20	9.00
2	WO1Y	-0.10	-0.63	-1.03	9.00	1.57	0.93	-0.16	6.01	0.00			
3	WPEZ	0.00				0.00				-14.30	0.85	0.20	9.00
4	RU6X	10.00	0.00	-53.10	9.00	0.00				0.00			
5	RU6Y	0.00				-90.00	0.00	0.00	9.00	0.00			
6	RU6Z	0.00				0.00				-480.00	0.00	-0.41	9.00
7	RU7X	-53.00	5.50	-6.55	9.00	-28.00	5.53	-6.59	9.00	0.00			
8	RU7Y	47.00	1.65	0.62	9.00	-88.00	1.65	0.62	9.00	0.00			
9	RU7Z	0.00				0.00				-410.00	1.90	0.15	9.00
10	RB6X	COUPLE				COUPLE				0.00			
11	RB6Y	84.00	0.00	0.00	9.00	-1.59	0.00	0.00	9.00	0.00			
12	RB6Z	0.00				0.00				-310.00	0.00	-0.55	9.00
13	RB7X	COUPLE				155.43	1.22	1.41	9.00	0.00			
14	RB7Y	75.00	1.65	0.62	9.00	-1.41	1.65	0.62	9.00	0.00			
15	RB7Z	0.00				0.00				-290.00	1.96	0.03	9.00
16	PERZ	0.00				0.00				-28.76	0.85	0.20	9.00
17	PPUZ	0.00				0.00				-890.00	0.88	-0.15	9.00
18	PPBZ	0.00				0.00				-600.00	0.95	-0.27	9.00

Tabella 9-4: Risultanti condizioni di carico applicate- TIPO 3

9.5 COMBINAZIONI DI CARICO

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

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

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

9.5.1 Combinazioni Operative SLU

Le combinazioni di carico operative SLU utilizzate per le verifiche strutturali sono riportate in Tabella 9-5.

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	WPEZ	RU6Z	RU7Z	RB6Z	RB7Z	PERZ	PPUZ	RU6X	RU7X	RU6Y	RU7Y	WO1Y	PPBZ	RB6X	RB7X	RB6Y	RB7Y
PERZ	1,050	1,050																
PPUZ			1,000	1,000														
PPBZ					1,000	1,000												
SLU1							1,300	1,000	1,000	1,000								
SLU2							1,300	1,000			1,000	1,000	1,500					
SLU3							1,300	1,000	-1,000	-1,000								
SLU4							1,300	1,000			-1,000	-1,000	-1,500					
SLU5							1,300	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500					
SLU6							1,300	1,000	-1,000	-1,000	1,000	1,000	1,500					
SLU7							1,300	1,000	1,000	1,000	-1,000	-1,000	-1,500					
SLU8							1,300	1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,500					
BLA1							1,000							1,000	1,000	1,000		
BLA2							1,000							1,000			1,000	1,000
BLA3							1,000							1,000	-1,000	-1,000		
BLA4							1,000							1,000			-1,000	-1,000
BLA5							1,000							1,000	1,000	1,000	1,500	1,000
BLA6							1,000	1,000	-1,000							-1,000	1,000	1,000
BLA7							1,000	1,000	1,000							1,000	-1,500	-1,000
BLA8							1,000	1,000							-1,000	-1,000	-1,000	-1,000

Tabella 9-5: Combinazioni SLU - TIPO 1

LOAD COMB	LOAD CASES																	
	DEAZ	WPEZ	RU5Z	RU6Z	RUPZ	RB5Z	RB6Z	PERZ	PPUZ	RU6Y	RU5Y	WO1Y	RUPX	WO1X	PPBZ	RBPX	RB5Y	RB6Y
PERZ	1,050	1,050																
PPUZ			1,000	1,000	1,000													
PPBZ					1,000	1,000	1,000											
SLU1								1,300	1,000	1,000	1,000	1,500						
SLU2								1,300	1,000				1,000	1,500				
SLU3								1,300	1,000	-1,000	-1,000	-1,500						
SLU4								1,300	1,000				-1,000	-1,500				
SLU5								1,300	1,000	0,700	0,700	1,050	0,700	1,050				
SLU6								1,300	1,000	-0,700	0,700	1,050	-0,700	-1,050				
SLU7								1,300	1,000	-0,700	-0,700	-1,050	0,700	1,050				
SLU8								1,300	1,000	-0,700	-0,700	-1,050	-0,700	-1,050				
BLA1								1,000							1,000	1,000		
BLA2								1,000							1,000		1,000	1,000
BLA3								1,000							1,000	1,000	1,000	1,000

Tabella 9-6: Combinazioni SLU - TIPO 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	WPEZ	RU6Z	RU7Z	RB6Z	RB7Z	PERZ	PPUZ	RU6X	RU7X	RU6Y	RU7Y	WO1Y	PPBZ	RB6X	RB7X	RB6Y	RB7Y
PERZ	1,050	1,050																
PPUZ			1,000	1,000														
PPBZ					1,000	1,000												
SLU1							1,300	1,000	1,000	1,000								
SLU2							1,300	1,000			1,000	1,000	1,500					
SLU3							1,300	1,000	-1,000	-1,000								
SLU4							1,300	1,000			-1,000	-1,000	-1,500					
SLU5							1,300	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500					
SLU6							1,300	1,000	-1,000	-1,000	1,000	1,000	1,500					
SLU7							1,300	1,000	1,000	1,000	-1,000	-1,000	-1,500					
SLU8							1,300	1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,000	-1,500					
BLA1							1,000							1,000	1,000	1,000		
BLA2							1,000							1,000			1,000	1,000
BLA3							1,000							1,000	-1,000	-1,000		
BLA4							1,000							1,000			-1,000	-1,000
BLA5							1,000							1,000	1,000	1,000	1,500	1,000
BLA6							1,000	1,000	-1,000							-1,000	1,000	1,000
BLA7							1,000	1,000	1,000							1,000	-1,500	-1,000
BLA8							1,000	1,000							-1,000	-1,000	-1,000	-1,000

Tabella 9-7: Combinazioni SLU - TIPO 3

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

********** 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)
12	PERZ	0.00				0.00				-15.21	0.50	0.00	9.00
13	PPUZ	0.00				0.00				-1350.00	0.62	-0.42	9.00
14	PPBZ	0.00				0.00				-850.00	0.58	-0.54	9.00
15	SLU1	0.00				122.33	0.50	-0.02	9.01	-1369.77	0.62	-0.41	9.00
16	SLU2	0.00				-122.33	0.50	-0.02	9.01	-1369.77	0.62	-0.41	9.00
17	BLA1	0.00				300.00	0.47	0.00	9.00	-865.21	0.58	-0.53	9.00
18	BLA2	0.00				-300.00	0.47	0.00	9.00	-865.21	0.58	-0.53	9.00

Tabella 9-8: Risultanti combinazioni di carico- TIPO 1

********** 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)
16	PERZ	0.00				0.00				-30.34	0.50	0.44	9.00
17	PPUZ	0.00				0.00				-970.00	0.41	-0.05	9.00
18	PPBZ	0.00				0.00				-700.00	0.42	-0.01	9.00
19	SLU1	0.00				45.11	-1.32	-0.08	9.09	-1009.45	0.41	-0.03	9.00
20	SLU2	73.36	0.49	1.43	9.00	0.00				-1009.45	0.41	-0.03	9.00
21	SLU3	0.00				-45.11	-1.32	-0.08	9.09	-1009.45	0.41	-0.03	9.00
22	SLU4	-73.36	0.49	1.43	9.00	0.00				-1009.45	0.41	-0.03	9.00
23	SLU5	51.35	0.49	1.43	9.00	31.58	-1.32	-0.08	9.09	-1009.45	0.41	-0.03	9.00
24	SLU6	-51.35	0.49	1.43	9.00	115.58	0.37	-0.02	9.02	-1009.45	0.41	-0.03	9.00
25	SLU7	51.35	0.49	1.43	9.00	-31.58	-1.32	-0.08	9.09	-1009.45	0.41	-0.03	9.00
26	SLU8	-51.35	0.49	1.43	9.00	-31.58	-1.32	-0.08	9.09	-1009.45	0.41	-0.03	9.00
27	BLA1	150.00	0.50	1.50	9.00	0.00				-730.34	0.42	0.01	9.00
28	BLA2	0.00				60.00	-1.83	0.00	9.00	-730.34	0.42	0.01	9.00
29	BLA3	150.00	0.50	1.50	9.00	60.00	-1.83	0.00	9.00	-730.34	0.42	0.01	9.00

Tabella 9-9: Risultanti combinazioni di carico- TIPO 2

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)
16	PERZ	0.00				0.00				-28.76	0.85	0.20	9.00
17	PPUZ	0.00				0.00				-890.00	0.88	-0.15	9.00
18	PPBZ	0.00				0.00				-600.00	0.95	-0.27	9.00
19	SLU1	-43.00	6.78	4.28	9.00	-28.00	5.53	-6.59	9.00	-927.38	0.87	-0.14	9.00
20	SLU2	46.85	1.66	0.63	9.00	-175.65	0.81	0.31	9.04	-927.38	0.87	-0.14	9.00
21	SLU3	43.00	6.78	4.28	9.00	28.00	5.53	-6.59	9.00	-927.38	0.87	-0.14	9.00
22	SLU4	-46.85	1.66	0.63	9.00	175.65	0.81	0.31	9.04	-927.38	0.87	-0.14	9.00
23	SLU5	COUPLE				-203.65	1.46	-0.64	9.03	-927.38	0.87	-0.14	9.00
24	SLU6	89.85	4.11	2.37	9.00	-147.65	-0.08	1.62	9.05	-927.38	0.87	-0.14	9.00
25	SLU7	-89.85	4.11	2.37	9.00	147.65	-0.08	1.62	9.05	-927.38	0.87	-0.14	9.00
26	SLU8	COUPLE				203.65	1.46	-0.64	9.03	-927.38	0.87	-0.14	9.00
27	BLA1	COUPLE				155.43	1.22	-0.93	9.00	-628.76	0.94	-0.25	9.00
28	BLA2	159.00	0.78	0.29	9.00	-3.00				-628.76	0.94	-0.25	9.00
29	BLA3	COUPLE				-155.43	1.22	-0.93	9.00	-628.76	0.94	-0.25	9.00
30	BLA4	-159.00	0.78	0.29	9.00	3.00				-628.76	0.94	-0.25	9.00
31	BLA5	201.00	-0.86	-0.43	9.00	151.64	1.24	-0.96	9.00	-628.76	0.94	-0.25	9.00
32	BLA6	149.00	2.82	0.18	9.00	-158.43	1.21	1.39	9.00	-918.76	0.87	-0.14	9.00
33	BLA7	-191.00	2.20	0.14	9.00	159.23	1.21	1.38	9.00	-918.76	0.87	-0.14	9.00
34	BLA8	-159.00	-1.09	-0.55	9.00	-152.43	1.23	-0.95	9.00	-918.76	0.87	-0.14	9.00

Tabella 9-10: Risultanti combinazioni di carico- TIPO 3

10 RISULTATI DELL'ANALISI

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

10.1 VERIFICHE STRUTTURALI DEL CAPITELLO

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 del capitello è adeguata a sopportare i carichi imposti della configurazione in servizio, sia nel caso di condizioni operative che estreme.

10.1.1 Capitello tipo 1

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche che presentano UC > 0.40.

SACS-IV MEMBER UNITY CHECK RANGE SUMMARY

GROUP II - UNITY CHECKS GREATER THAN 0.40 AND LESS THAN 0.90

MEMBER	GROUP ID	MAXIMUM COMBINED UNITY CK	LOAD COND NO.	DIST FROM END	AXIAL STRESS N/MM2	BENDING STRESS Y N/MM2	BENDING STRESS Z N/MM2	SHEAR FORCE FY KN	SHEAR FORCE FZ KN	KLY/RY	KLZ/RZ	SECOND-HIGHEST UNITY CHECK	SECOND-HIGHEST LOAD COND	THIRD-HIGHEST UNITY CHECK	THIRD-HIGHEST LOAD COND
TG2O-0011	H01	0.509	SLU1	0.3	-0.07	-59.42	0.00	0.00	-332.01	7.9	16.1	0.509	SLU2	0.416	BLA1

SACS-IV MEMBER UNITY CHECK RANGE SUMMARY

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

MEMBER	GROUP ID	MAXIMUM COMBINED UNITY CK	LOAD COND NO.	DIST FROM END	AXIAL STRESS N/MM2	BENDING STRESS Y N/MM2	BENDING STRESS Z N/MM2	SHEAR FORCE FY KN	SHEAR FORCE FZ KN	KLY/RY	KLZ/RZ	SECOND-HIGHEST UNITY CHECK	SECOND-HIGHEST LOAD COND	THIRD-HIGHEST UNITY CHECK	THIRD-HIGHEST LOAD COND
0003-TG3O	H01	101.015	SLU1	0.0	-0.07	-118.76	0.00	0.00	662.01	7.9	16.1	101.015	SLU2	0.631	BLA1

Tabella 10-1: Verifiche elementi strutturali UC > 0.40 – TIPO 1

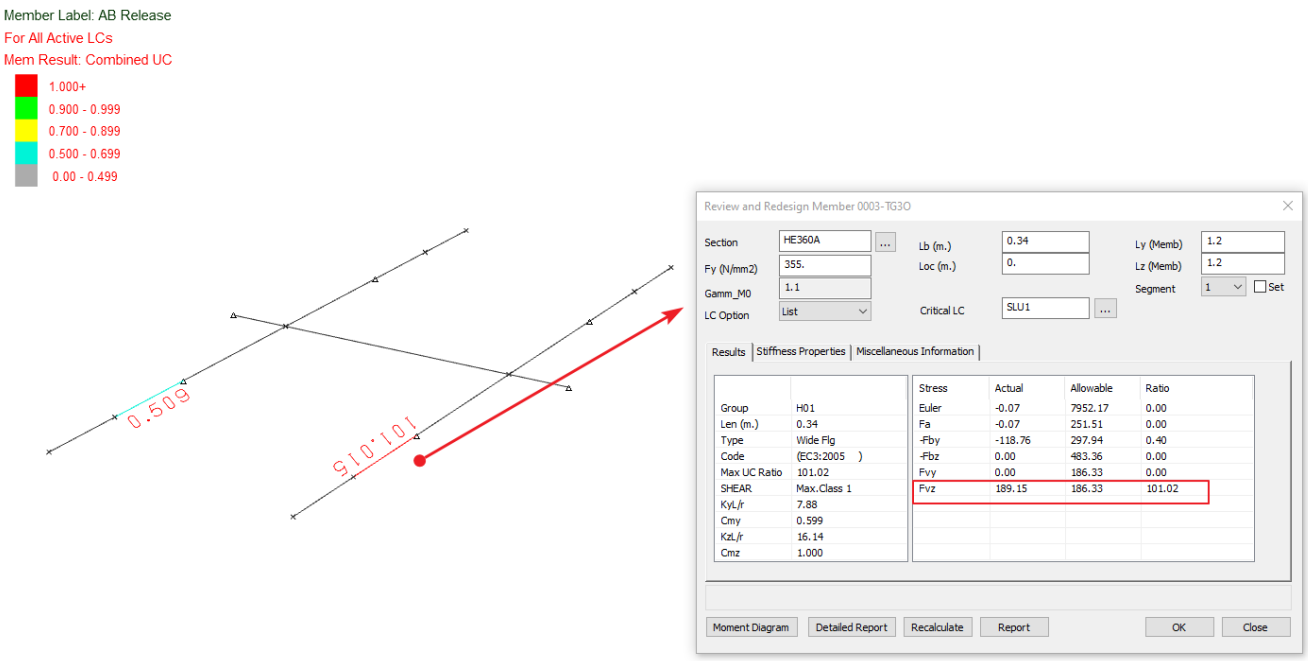
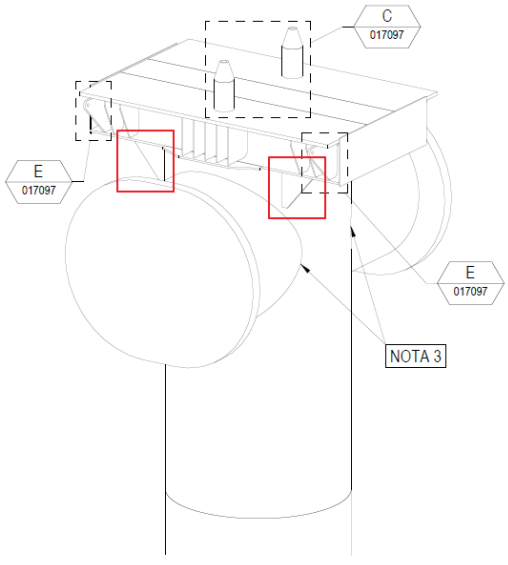


Figura 10-1: Massimi UC > 0.40 -TIPO 1 – Inviluppo SLU/BLAST

La verifica presentata dal Sacs è la verifica della sezione HEA360 che non risulta verificata a taglio per la componente totale di taglio. La verifica non tiene però conto del piatto sp. 20mm saldato sul palo al di sotto del capitello.



VISTA 3D

10.1.2 Capitello tipo 2

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche che presentano UC > 0.40.

SACS-IV MEMBER UNITY CHECK RANGE SUMMARY

GROUP II - UNITY CHECKS GREATER THAN 0.40 AND LESS THAN 0.90

MEMBER	GROUP ID	MAXIMUM COMBINED UNITY CK	LOAD COND NO.	DIST FROM END	AXIAL STRESS N/MM2	BENDING STRESS Y N/MM2	BENDING STRESS Z N/MM2	SHEAR FORCE FY KN	SHEAR FORCE FZ KN	KLY/RY	KLZ/RZ	SECOND-HIGHEST UNITY CHECK	SECOND-HIGHEST LOAD COND	THIRD-HIGHEST UNITY CHECK	THIRD-HIGHEST LOAD COND
0004-0008	H01	0.403	SLU1	0.1	-0.01	-17.35	0.03	0.05	-262.53	0.8	1.7	0.402	SLU5	0.402	SLU6
TG5O-0011	H01	0.541	SLU1	0.3	-0.27	-62.34	0.01	-0.00	-352.58	7.9	16.1	0.541	SLU2	0.541	SLU3

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 10-2: Verifiche elementi strutturali UC > 0.40 – TIPO 2

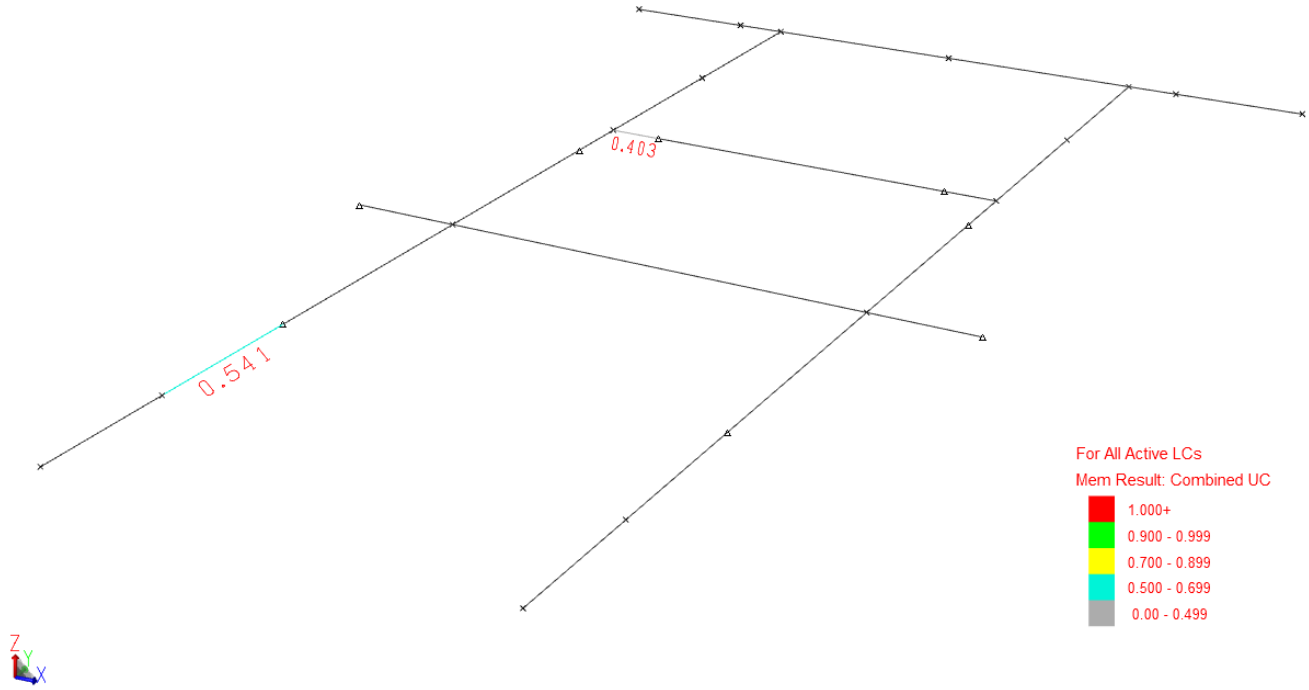


Figura 10-2: Massimi UC > 0.40 -TIPO 2 – Inviluppo SLU/BLAST

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

10.1.3 Capitello tipo 3

Di seguito vengono riportati i risultati delle verifiche che presentano UC > 0.40.

SACS-IV MEMBER UNITY CHECK RANGE SUMMARY

GROUP II - UNITY CHECKS GREATER THAN 0.40 AND LESS THAN 0.90

MEMBER	GROUP ID	MAXIMUM COMBINED UNITY CK	LOAD COND NO.	DIST FROM END	AXIAL STRESS N/MM2	BENDING STRESS Y N/MM2	BENDING STRESS Z N/MM2	SHEAR FORCE FY KN	SHEAR FORCE FZ KN	KLY/RY	KLZ/RZ	SECOND-HIGHEST UNITY CHECK	SECOND-HIGHEST LOAD COND	THIRD-HIGHEST UNITY CHECK	THIRD-HIGHEST LOAD COND
0004-0008	H01	0.423	BLA8	0.0	-34.41	0.16	153.68	-177.30	-32.33	3.1	6.3	0.423	BLA5	0.420	BLA3
0004-TG6E	H01	0.706	BLA8	0.0	14.15	-27.33	-284.03	380.00	131.67	9.9	20.2	0.663	BLA1	0.663	BLA5
0011-TG70	H01	0.468	SLU8	0.4	27.32	-109.37	26.20	35.99	25.15	2.6	5.2	0.467	SLU5	0.434	SLU1
TG70-0001	H01	0.495	SLU4	0.0	1.46	-109.51	19.37	-28.35	322.83	4.2	8.7	0.495	SLU7	0.495	SLU8
TG70-0016	H01	0.458	SLU4	0.4	-2.80	-56.05	-1.79	11.87	-298.81	2.4	4.8	0.458	SLU7	0.458	SLU8
0016-0014	H01	0.413	SLU2	0.0	-1.71	-57.26	1.79	-21.14	269.41	2.1	4.2	0.413	SLU5	0.413	SLU6
0001-TG7O	H01	0.525	BLA6	0.0	11.02	-49.36	168.76	-295.76	311.26	9.9	20.2	0.525	BLA7	0.525	BLA8

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 10-3: Verifiche elementi strutturali UC > 0.40 – TIPO 3

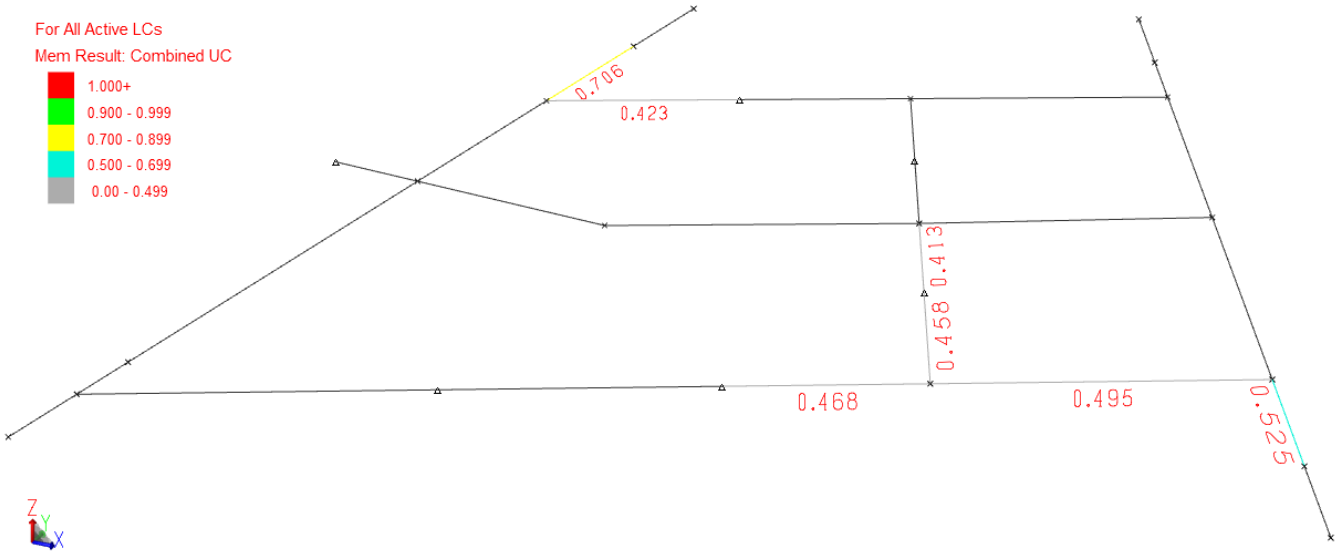


Figura 10-3: Massimi UC > 0.40 -TIPO 3 – Inviluppo SLU/BLAST

11 CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA

In condizioni sismiche le reazioni orizzontali trasferite dalle passerelle al capitello corrispondono alle seguenti forze.

Capitello tipo 1:

- PASSERELLA TG2

Somma peso verticale (dedotte da 10.1.1) = 180+330 = 510 kN reazione verticale allo SLU

equivalente ad un carico nominale = 510 / 1.3 = 392 kN

che corrisponde ad una forza sismica orizzontale = 392 x 0.2 = 78 kN < 160 kN reazione trasversale in condizione di blast.

- PASSERELLA TG3

Somma peso verticale (dedotte da 10.1.1) =180+660 = 840 kN reazione verticale allo SLU

equivalente ad un carico nominale = 840 / 1.3 = 646 kN

che corrisponde ad una forza sismica orizzontale = 646 x 0.2 = 129 kN < 140 kN reazione trasversale in condizione di blast.

Capitello tipo 3:

- PASSERELLA TG5

Somma peso verticale (dedotte da 10.1.1) = 130+350 = 480 kN reazione verticale allo SLU

equivalente ad un carico nominale = 480 / 1.3 = 369 kN

che corrisponde ad una forza sismica orizzontale = 369 x 0.2 = 74 kN < 180 kN reazione trasversale in condizione di blast.

- PASSERELLA TG7

Somma peso verticale (dedotte da 10.1.3) =100+310 = 410 kN reazione verticale allo SLU

equivalente ad un carico nominale = 410 / 1.3 = 315 kN

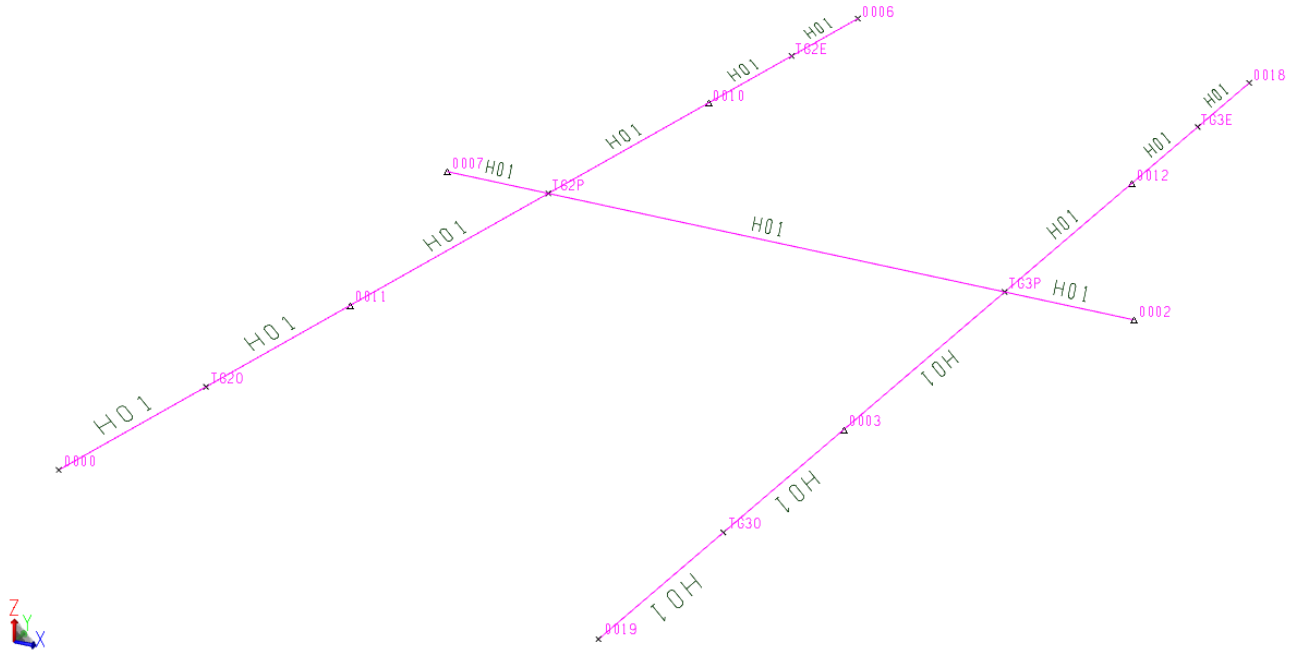
che corrisponde ad una forza sismica orizzontale = 315 x 0.2 = 63 kN < 141 kN reazione trasversale in condizione di blast.

Per tutte le tipologie di capitello le azioni sismiche delle passerelle trasferite ai capitelli risultano inferiore alle forze di blast assunte e verificate in condizione statica operativa. Pertanto si conclude che le verifiche sismiche sono coperte dalle verifiche di blast.

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

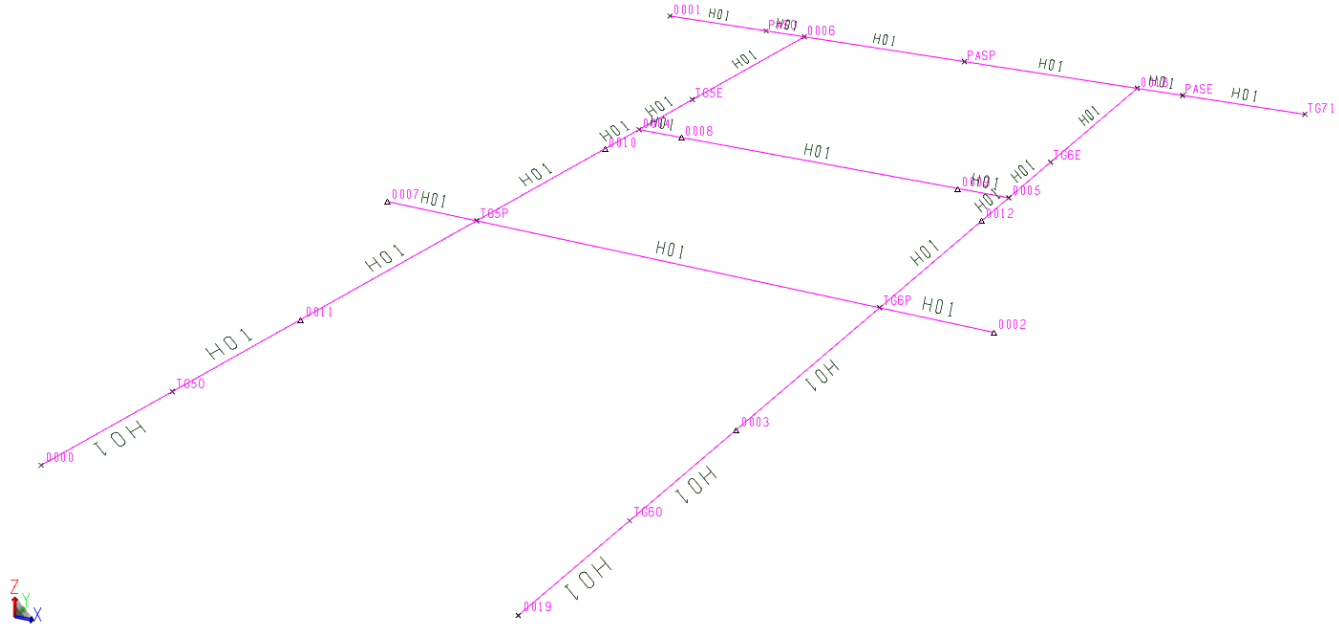
12 APPENDICE A – SCHEMI UNIFILARI

12.1 CAPITELLO TIPO 1



Pianta z=+9.0 m – numerazione nodi e gruppi

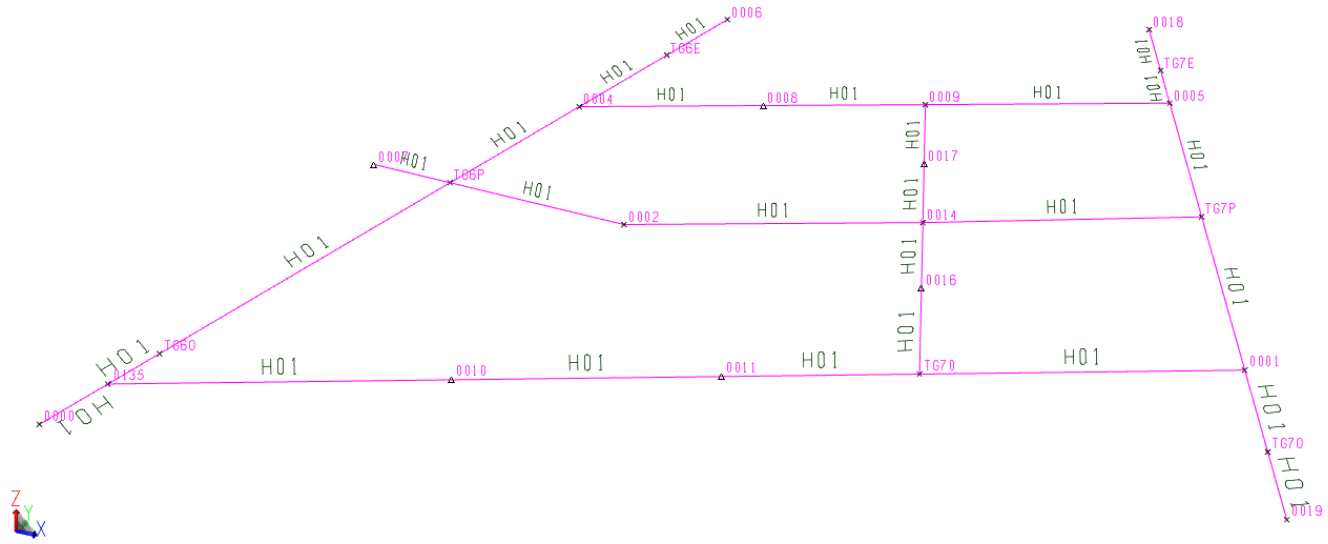
12.2 CAPITELLO TIPO 2



Pianta z=+9.0 m – numerazione nodi e gruppi

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

12.3 CAPITELLO TIPO 3



Pianta z=+9.0 m – numerazione nodi e gruppi

13 APPENDICE B – PROPRIETA' GRUPPI

13.1 PROPRIETÀ GRUPPI

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

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

GROUP LABEL	SECTION LABEL	AREAS CONST. (CM**2)	AREAS DISPL. (CM**2)	DIAMETERS Y (CM)	DIAMETERS Z (CM)	SECTION TYPE	MATL. LENGTH	MATL. DENSITY (TONNE/M**3)	JOINT THICK (M.)	FLOOD	DRAG AND INERTIA COEFFICIENTS CDY	CDZ	CMY	CMZ	CDT	CMT
H01	HE360A	142.75	142.75	35.00	30.00	WF		7.850	0.000	NO	0.62	0.61	1.39	1.39	0.00	0.00

14 FILE INPUT ANALISI

0001-CI-E-017031_A
-CALCOLO CAPITELL