

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 1 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

EMERGENZA GAS
INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17.05.2022 , N. 50)
FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI

RELAZIONE GEOTECNICA

B	Emesso per Approvazione – Addendum aggiunto	G. Beverina	J. Albagli	M.Raimondi	03/04/2024
A	Emesso per Approvazione	G. Beverina	J. Albagli	M.Raimondi	20/12/2023
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 2 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

Indice

1.	INTRODUZIONE	4
1.1	Generalità e scopo del lavoro	4
2.	RIFERIMENTI	6
2.1	Norme e prescrizioni	6
2.2	Documenti di progetto	6
2.3	Bibliografia	7
3.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO E PROFILI DI PROGETTO	9
3.1	Generalità	9
3.2	Caratterizzazione geotecnica da indagini del 1984 (Rif. 2.2.1)	10
3.3	Caratterizzazione geotecnica di cui alle Design Basis (2022, Rif. 2.2.2 e 2.2.3)	12
3.4	Caratterizzazione geotecnica ri-elaborata per il presente documento	13
3.4.1	Parametri geotecnici per la stima della capacità portante e dei cedimenti attesi per le fondazioni temporanee della piattaforma	14
4.	DATI DEI PALI DI FONDAZIONE	17
5.	CAPACITÀ ASSIALE PALI IN ACCIAIO BATTUTI	19
5.1	Capacità assiale: approccio di calcolo	19
5.2	Resistenza assiale di progetto di un palo battuto: approccio Normativo NTC-18	22
5.3	Resistenza assiale dei pali battuti: risultati	23
6.	VERIFICHE GEOTECNICHE PER LE FONDAZIONI TEMPORANEE (MUDMAT)	25
6.1	Capacità portante: domini di resistenza	25
6.1.1	Generalità	25
6.1.2	Metodologia di calcolo	25
6.1.2.1	Capacità portante verticale ultima in condizioni non drenate	25
6.1.2.2	Resistenza allo scorrimento in condizioni non drenate	27
6.1.3	Risultati ottenuti	27
6.2	Cedimenti attesi e relativo decorso nel tempo	28
6.2.1	Generalità	28
6.2.2	Geometria delle fondazioni e carichi applicati	28
6.2.3	Stima dei cedimenti di breve e lungo termine	29

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 3 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

6.2.4	Decorso del cedimento nel tempo a seguito dell'installazione dei mudmat	30
TABELLE		32
FIGURE		34
APPENDICE I		63
1.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO	64
1.1	Descrizione della nuova campagna di indagini	64
1.1.1	Procedura interpretativa delle prove	67
1.1.1.1	Terreni granulari	67
1.1.1.2	Terreni coesivi	67
1.1.2	Risultati dell'interpretazione	68
1.1.3	Modello geotecnico aggiornato sulla base dei risultati	78
1.1.4	Capacità portante dei pali di fondazione	81

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 4 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

1. Introduzione

1.1 Generalità e scopo del lavoro

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 nella condotta sottomarina;
2. Posa di una nuova condotta sottomarina - 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 ridotto 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 900 - 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 e 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;
4. È prevista l'installazione di un sistema di diga frangiflutti (break water) in prossimità del terminale.

La nuova piattaforma di ormeggio sarà posizionata a circa 8km dalla costa Punta Marina, a largo di Ravenna (Emilia Romagna), in corrispondenza dell'esistente struttura PIR/PETRA in disuso da almeno un decennio e il cui utilizzo è previsto solo come via di fuga, in quanto si prevede lo smantellamento di tutte le apparecchiature attualmente installate (vedi Figura 1). Il dimensionamento geotecnico delle opere di fondazione della nuova piattaforma di ormeggio è oggetto del presente documento, basato sulle indagini geotecniche attualmente disponibili.

	 SAIPER  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 5 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

Si precisa che è attualmente in programma una campagna di indagini geotecniche dedicata alla presente fase progettuale, i cui risultati saranno utilizzati nel prossimo futuro. In attesa della disponibilità dei relativi risultati, nella presente relazione si forniscono elaborazioni e analisi basate sui dati geotecnici pregressi disponibili nell'area da precedenti indagini e studi.

Il presente documento si propone pertanto di riassumere le condizioni geotecniche del terreno attese (sulla base delle indagini esistenti in zona e delle assunzioni delle precedenti fasi progettuali) e di definire le resistenze a carico assiale dei pali battuti di fondazione previsti per le opere di ormeggio e la nuova piattaforma metallica e sulla quale sarà realizzato l'impianto di ricezione di una Floating and Storage Regasification Unit (FSRU); sulla base delle condizioni geotecniche verranno anche definite le capacità portanti e i cedimenti attesi per le fondazioni temporanee (mudmat) che sosterranno la struttura prima della battitura dei pali di fondazione.

I calcoli geotecnici oggetto del presente studio sono stati eseguiti sulla base della schematizzazione stratigrafica e della caratterizzazione geotecnica basata sui dati disponibili dalla campagna di indagini eseguita in zona nel 1984 (Rif. 2.2.1), tenendo anche in considerazione una "modifica" di questi ultimi riportata nelle recenti Design Basis di cui al Rif. 2.2.3 (e richiamata all'interno delle verifiche di battitura dei pali di cui al Rif. 2.2.2) e una ulteriore "ri-elaborazione" indipendente a cura degli scriventi, come dettagliato al Par. 3.

La resistenza assiale dei pali è stata calcolata sulla base delle attuali *Norme Tecniche per le Costruzioni*, con riferimento al DM 17 gennaio 2018 e relativa Circolare (Rif. 2.1.1, 2.1.2).

La presente relazione fornisce:

- definizione dei profili di progetto e relativi parametri geotecnici;
- calcolo della capacità portante a carico assiale ultima e di progetto in compressione e in trazione per i pali battuti previsti come fondazione della piattaforma;
- calcolo della capacità portante e dei cedimenti attesi per le fondazioni temporanee (mudmat) che sosterranno la struttura prima della battitura dei pali di fondazione.

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 6 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

2. Riferimenti

2.1 Norme e prescrizioni

- 2.1.1 D.M. 17 gennaio 2018. “Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”” (G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018)
- 2.1.2 Circolare 21 gennaio 2019, n.7 “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.” (Supp. Ordinario alla G.U. n.35 del 11 febbraio 2019)
- 2.1.3 ANSI/API Recommended Practice 2GEO - Geotechnical and Foundation Design Considerations, First Edition, April 2011

2.2 Documenti di progetto

- 2.2.1 Aquater/Snamprogetti, Rel. N. 1134/1/INSU - PUNTA MARINA (RAVENNA) - Terminale di Ormeggio della SONE - Rapporto Geotecnico, 22/10/1984 (disponibile come allegato del Rif. 2.2.6)
- 2.2.2 Technip Energies / SNAM, Doc. n. 000-CI-E-17038 - EMERGENZA GAS - Incremento di capacità di rigassificazione (DL 17 Maggio 2022, n. 50) - FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti - Relazione Pali di fondazione per Piattaforma, rev.0, 15/11/2022, Novembre 2022
- 2.2.3 Technip Energies / SNAM, Doc. n. 000-ZX-E-17083 - EMERGENZA GAS - Incremento di capacità di rigassificazione (DL 17 Maggio 2022, n. 50) - FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti - Design Basis, rev.0, Novembre 2022
- 2.2.4 Technip Energies / SNAM, Doc. n. 000-ZX-E-17002 - EMERGENZA GAS - Incremento di capacità di rigassificazione (DL 17 Maggio 2022, n. 50) - FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti - Descrizione dei Lavori per Ingegneria, Approvvigionamento, Costruzione e Installazione (EPCI) per l’Impianto di Ricezione offshore per l’ormeggio della FSRU - APPENDICE 6 - Risultati Indagini Geofisiche E Geotecniche, rev.1, 16/11/2022

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 7 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

- 2.2.5 Technip Energies / SNAM, Doc. n. 000-ZX-E-17000 - EMERGENZA GAS - Incremento di capacità di rigassificazione (DL 17 Maggio 2022, n. 50) - FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti - Relazione Geologica, rev.0, 15/11/2022 (incluso in Ref. 2.2.4)
- 2.2.6 Technip Energies / SNAM, Doc. n. 000-ZX-E-17001 - EMERGENZA GAS - Incremento di capacità di rigassificazione (DL 17 Maggio 2022, n. 50) - FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti - Relazione Geologica, rev.0, 15/11/2022 (incluso in Ref. 2.2.4)
- 2.2.7 Saipem/Rosetti Marino/Micoperi, Doc. n. 0001-CD-B-017083 Rev. B 25/09/2023 - FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti - Composizione Pali - Riser e Scalandrone Sud
- 2.2.8 Saipem/Rosetti Marino/Micoperi, Doc. n. 0001-CD-B-017259 Rev. A 19/09/2023 - FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti - Jacket - Composizione Pali
- 2.2.9 Saipem/Rosetti Marino/Micoperi, Doc. n. 0001-CD-B-017301 Rev. B 19/09/2023 - FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti - BL - Composizione Pali
- 2.2.10 Saipem/Rosetti Marino/Micoperi, Doc. n. 0001-CD-B-017082 Rev. B 19/09/2023 - FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti - Composizione Pali - Passerelle 1
- 2.2.11 Saipem/Rosetti Marino/Micoperi, Doc. n. 0001-CD-B-017323 Rev. B 19/09/2023 - FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti - Briccole di Accosto - Composizione Palo
- 2.2.12 Saipem/Rosetti Marino/Micoperi, Doc. n. 0001-CD-B-017353 Rev. B 19/09/2023 - FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti - Briccole di Ormeaggio - Composizione Palo

2.3 Bibliografia

- 2.3.1 Skempton, A. W. (1954) 'Discussion: Sensitivity of clays and the c/p ratio in normally consolidated soils', in Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Separate 478, pp. 19-22.

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 8 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

- 2.3.2 Consolidated-undrained Direct-simple Shear Test on Saturated Clays, Charles C. Ladd, Lewis Edgers, Soil Mechanics Division, Department of Civil Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1972
- 2.3.3 Verbrugge, J.-C., Schroeder, C., Geotechnical Correlations for Soils and Rocks, Wiley 2018
- 2.3.4 Duncan, J.M., and Buchignani, A.L., 1976: "An engineering manual for settlement studies", Department of Civil Engineering, University of California, Berkeley, June 1976
- 2.3.5 Kulhawy, F.H., and Mayne, P.H., 1990: "Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design", Report EL-6800 Electric Power Research Institute, EPRI, August 1990, Cornell University Ithaca, New York
- 2.3.6 Terzaghi, K., Peck, R.B. (1948) Soil Mechanics in Engineering, Wiley, New York
- 2.3.7 Sivaram, B., Swamee, P.K. (1977). A computational method for consolidation coefficient, Soil and Foundations, 17(2):48-52
- 2.3.8 NAVFAC (1982) "Soil Mechanics (DN 7.1)", Naval Facilities Engineering Command, Alexandria, Virginia, 355p.
- 2.3.9 Rad, N.S. and Lunne, T. (1988), "Direct Correlations between Piezocone Test Results and Undrained Shear Strength of Clay", in De Ruiter, J. (Ed.), Penetration Testing 1988: Proceedings of the First International Symposium on Penetration Testing, ISOPT-1, Orlando, 20-24 March 1988, Vol. 2, A.A. Balkema, Rotterdam, pp. 911-917.
- 2.3.10 Jamiolkowski, M., Lo Presti, D.C.F. and Manassero, M. (2003), "Evaluation of Relative Density and Shear Strength of Sands from CPT and DMT", in Germaine, J.T., Sheahan, T.C. and Whitman, R.V. (Eds.), Soil Behavior and Soft Ground Construction: Proceedings of the Symposium, October 5-6, 2001, Cambridge, Massachusetts, Geotechnical Special Publication, No. 119, American Society of Civil Engineers, Reston, pp. 201-238.
- 2.3.11 Schmertmann, J. H. (1978). Guidelines for cone penetration test: performance and design (No. FHWA-TS-78-209). United States. Federal Highway Administration.
- 2.3.12 Robertson, P. K., & Wride, C. E. (1998). Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test. Canadian geotechnical journal, 35(3), 442-459.

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 9 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

3. Caratterizzazione geotecnica del sito e profili di progetto

3.1 Generalità

I dati geotecnici disponibili fanno riferimento all'indagine geotecnica eseguita nell'anno 1984 (Rif. 2.2.1), sulla base dei quali sono stati successivamente assunti i dati di progetto per eseguire (non a cura degli scriventi) anche delle verifiche di battitura dei pali (Rif. 2.2.2), come introdotto nella sezione 1.1.

Pertanto, nel presente documento si è deciso di eseguire i calcoli relativi alla valutazione della capacità portante assiale dei pali battuti di fondazione considerando n.3 profili di progetto alternativi (con associati parametri). Una relazione separata tratterà le analisi di battitura per i pali in progetto.

In dettaglio, sono stati considerati i seguenti profili:

- profili/parametri geotecnici “originali”, così come forniti all'interno del report geotecnico di cui al Rif. 2.2.1, sulla base delle indagini del 1984;
- profili/parametri geotecnici assunti all'interno delle “Design Basis” e per le verifiche di battitura dei pali (Rif. 2.2.3 e 2.2.2);
- profili/parametri geotecnici re-interpretati dagli scriventi a valle del riesame dei dati disponibili e dei due profili assunti in precedenza (di cui ai punti sopra).

Le stratigrafie del terreno e i parametri geotecnici associati ad ognuno dei tre casi di cui sopra sono meglio descritti e dettagliati nelle sezioni seguenti. Si precisa che i risultati associati al “terzo” profilo (ri-elaborato in modo indipendente dagli scriventi) sono da ritenersi applicabili ai fini della fase progettuale in oggetto, in attesa della disponibilità futura dei risultati della campagna geotecnica dedicata in programma.

	 SAIPER  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 10 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

3.2 Caratterizzazione geotecnica da indagini del 1984 (Rif. 2.2.1)

La campagna di indagini del 1984 ha compreso l'esecuzione di n.4 sondaggi a carotaggio continuo (S1, S2, S3 ed S4) spinti a profondità massime comprese tra 60 e 70 metri dal fondale, con prelievo di campioni disturbati e indisturbati successivamente sottoposti a un programma di laboratorio (prove di classificazione, analisi granulometriche, prove di compressione triassiale del tipo UU e CU, prove di taglio diretto, prove di compressione ad espansione laterale libera, prove di compressione edometrica e prove per il contenuto di carbonati) ed esecuzione di n.22 prove scissometriche in foro di sondaggio (in totale sulle 4 verticale).

I sondaggi geotecnici di cui sopra sono stati integrati con n.4 prove penetrometriche statiche CPT a punta meccanica, eseguite a una distanza di circa 2m in pianta da ciascun sondaggio e spinte ad una profondità massima di 20m dal fondale.

L'ubicazione dei sondaggi/CPT del 1984 rispetto al layout di progetto è riportato in Figura 2 (estratta dalla Figura 9-1 del Rif. 2.2.5).

Le indagini di cui sopra hanno consentito l'identificazione di una stratigrafia caratterizzata dalla prevalenza di terreni limosi-argillosi, subordinatamente sabbiosi, appartenenti al complesso dei Depositi di Fondali attuali (Unità 1 - "DFA"), sovrapposti ad alternanze di limi argillosi grigi e argille limose consistenti da grigio-marroni a grigio-azzurri, con livelli sabbiosi-limosi addensati casualmente intercalati di origine continentale (Unità 3 - "DST"). A profondità comprese tra circa 15 e 16.5 metri dal fondale, le prove CPT e i sondaggi hanno evidenziato la presenza di uno strato di sabbie fini limose grigiastre a tratti frammiste a livelli argillosi, appartenenti alla formazione sabbiosa trasgressiva (Unità 2 - "DAS").

I parametri geotecnici assunti si riconducono perciò alle seguenti unità geotecniche:

- Unità 1 - DFA - Depositi di fondale attuale: Argilla limosa grigia da molto soffice a soffice, normalmente consolidata (da fondo mare a -15.00m da f.m.);
- Unità 2 - DST - Depositi sabbiosi trasgressivi intermedi: Sabbia fine limosa da poco a mediamente compatta (da -15.00m a -16.00m da f.m.);

	 SAIPER  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 11 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

- Unità 3 - DAS - Depositi argillosi-limosi sabbiosi profondi: Alternanze di argilla limosa, poco sovraconsolidata, da mediamente compatta a compatta con presenza di livelli sabbiosi-limosi (da -16.50m a -70.00m da f.m.).

La relazione geotecnica di riferimento (Rif. 2.3.1) fornisce i parametri geotecnici per ciascuna delle unità geotecniche di cui sopra, come riportato nel seguito. Tali parametri sono stati utilizzati nel “primo” calcolo di capacità portante dei pali di cui al presente documento:

- Unità 1 - DFA - Depositi di fondale attuale
Peso naturale del terreno (γ): 18.0kN/m³;
Resistenza al taglio in condizioni non drenate (s_u): $0.2x\sigma'_v$ kPa (ove σ'_v è lo sforzo verticale efficace alla profondità considerata);
- Unità 2 - DST - Depositi sabbiosi trasgressivi intermedi
Peso naturale del terreno (γ): 18.5kN/m³;
Angolo di attrito (φ'): 28°;
Coesione efficace (c'): 5-10kPa;
- Unit 3 - DAS - Depositi argillosi-limosi sabbiosi profondi
Peso naturale del terreno (γ): 19.5 kN/m³;
Resistenza al taglio in condizioni non drenate (s_u): $0.3x\sigma'_v$ kPa.

La stratigrafia del terreno e i relativi parametri geotecnici (già richiamati qui sopra) sono anche riassunti in Tabella 5; per maggiori dettagli inerenti le prove eseguite e i risultati ottenuti si rimanda allo specifico Rapporto Geotecnico (Rif. 2.2.1).

Nella Figura 3 è rappresentato il profilo di progetto “originale” della resistenza al taglio non drenata di cui sopra (linea azzurra continua), confrontato con quello di cui ai profili alternativi discussi nelle sezioni seguenti.

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 12 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

3.3 Caratterizzazione geotecnica di cui alle Design Basis (2022, Rif. 2.2.2 e 2.2.3)

All'interno delle Design Basis 2022 (Rif. 2.2.3, Tabella 10-1) e subordinatamente nella "Relazione Pali di fondazione per Piattaforma" dello stesso anno (Rif. 2.2.2, Tabella 5-2) viene definito un profilo geotecnico modificato, derivato, anche in questo caso, da quello originariamente proposto nel Rif. 2.2.1 e discusso nel precedente Par. 3.2, riassunto di seguito e nella Tabella 6 allegata.

Tale profilo è stato utilizzato per il secondo "set" di calcoli di portata assiale presentati nel presente documento.

- Unità 1 - DFA - Depositi di fondale attuale
Peso naturale del terreno (γ): 18.0kN/m³;
Resistenza al taglio in condizioni non drenate (s_u): 5.8kPa (0-5m); 18kPa (5-10m); 29kPa (10-15m);
- Unità 2 - DST - Depositi sabbiosi trasgressivi intermedi
Peso naturale del terreno (γ): 18.5kN/m³;
Angolo di attrito (ϕ'): 28-32° (30°);
Coesione efficace (c'): 0-10kPa.
- Unit 3 - DAS - Depositi argillosi-limosi sabbiosi profondi
Peso naturale del terreno (γ): 19.5kN/m³;
Resistenza al taglio in condizioni non drenate (s_u): 40-150kPa.

Nonostante le unità geotecniche identificate siano le medesime (in termini di profondità e spessori) definite precedentemente nel Rif. 2.2.1 (Par. 3.2), il profilo proposto nelle Design Basis 2022 (Rif. 2.2.3, Tabella 10-1) presenta delle differenze relativamente all'assegnazione dei parametri geotecnici.

Per quanto riguarda l'Unità 1, per la resistenza al taglio non drenata viene infatti proposta una curva a "gradini", con valori più elevati di quelli corrispondenti alla crescita lineare di cui al profilo originale del Rif. 2.2.1 (Par. 3.2).

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 13 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

Anche per l'Unità 2 (granulare) viene assegnato un angolo di resistenza al taglio "medio" (30°) superiore rispetto a quello di cui al Rif. 2.2.1 (Par. 3.2).

Per l'Unità coesiva profonda (Unità 3) è infine fornita una legge di crescita lineare della resistenza non drenata con un gradiente inferiore rispetto a quello di cui al Rif. 2.2.1 (Par. 3.2).

Nella già citata Figura 3 allegata il profilo di resistenza al taglio non drenata di cui sopra (linea viola tratteggiata), è confrontato con quello "originale" di cui al Rif. 2.2.1 (linea azzurra continua) e con quello ri-elaborato per il presente documento, discusso nella seguente sezione 3.4.

3.4 Caratterizzazione geotecnica ri-elaborata per il presente documento

Infine, per il terzo e ultimo set di calcoli di capacità portante assiale dei pali, nel presente documento si è proceduto a una re-interpretazione ragionata dei parametri geotecnici di resistenza della prima (DFA) e della terza unità (DAS); per la seconda unità (DST) si è fatto invece riferimento a quanto già definito nel Rapporto Geotecnico del 1984 (Rif. 2.2.1):

- Unità 1 - DFA - Depositi di fondale attuale
Peso naturale del terreno (γ): 18.0kN/m³;
Resistenza al taglio in condizioni non drenate (s_u): 0-26.4kPa.
- Unità 2 - DST - Depositi sabbiosi trasgressivi intermedi
Peso naturale del terreno (γ): 18.5kN/m³;
Angolo di attrito (ϕ'): 28° ;
Coesione effettiva (c'): 5-10kPa.
- Unit 3 - DAS - Depositi argillosi-limosi sabbiosi profondi
Peso naturale del terreno (γ): 19.5 kN/m³;
Resistenza al taglio in condizioni non drenate (s_u): 50-160kPa (16.5-54m); 160-180kPa (54-70m).

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 14 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

Il profilo di progetto re-interpretato della resistenza non drenata (riassunto anche in Tabella 7) è rappresentato nella già citata Figura 3 (linea rossa tratto-punto), confrontato con le due curve relative ai profili di progetto alternativi richiamati nei due paragrafi precedenti.

3.4.1 Parametri geotecnici per la stima della capacità portante e dei cedimenti attesi per le fondazioni temporanee della piattaforma

Per quanto concerne gli scopi del presente documento, che includono anche le verifiche geotecniche di capacità portante e cedimenti attesi (con loro decorso nel tempo) per le fondazioni temporanee della piattaforma (mudmat), si è anche reso necessario definire dei parametri geotecnici di progetto “aggiuntivi” rispetto a quelli definiti in precedenza per i calcoli di capacità portante dei pali. In particolare, tali parametri sono stati definiti per la sola Unità geotecnica 1, in quanto questa risulta essere la sola interessata dai previsti incrementi di pressione dovuti ai carichi applicati dai mudmat (come anche dettagliato nel successivo paragrafo 6.2).

Nello specifico, mentre per la valutazione della capacità portante dei mudmat sono sufficienti i parametri di classificazione e resistenza già richiamati per l’Unità 1 al precedente Par. 3.4 e nella Tabella 7, per le valutazioni dei cedimenti e la stima del loro decorso nel tempo è necessario definire anche il profilo di progetto dei parametri di deformabilità, come dettagliato nel seguito.

Per quanto riguarda la definizione del profilo di progetto proposto per il modulo edometrico (M_{ds}), in assenza di dati di laboratorio dedicati all’interno della unità geotecnica di interesse, si è ritenuto ragionevole procedere a una valutazione per mezzo di correlazioni di letteratura a partire dai risultati delle prove CPT disponibili per i materiali in corrispondenza degli strati di interesse. Nello specifico, si è innanzitutto provveduto a definire un profilo minimo cautelativo dell’andamento della resistenza alla punta (q_c) con la profondità, involupando ragionevolmente i risultati delle 4 CPT disponibili dalle indagini del 1984, come rappresentati nella Figura 6-1 del Rif. 2.2.6. Il profilo di q_c ottenuto è variabile linearmente da 0 a 0.95MPa dal fondale a 15m di profondità (base dell’Unità 1). Successivamente, dal profilo di resistenza alla punta “netta”, q_{net} , (ottenuto sottraendo alla q_c lo sforzo verticale totale preesistente in sito: $q_{net} = q_c - \sigma_{v0}$) si è provveduto ad ottenere il profilo di rigidità edometrica drenata, M_{ds} , adottando un coefficiente moltiplicativo α pari a 4.5, selezionato sulla base dei suggerimenti di letteratura (e.g.: Rif. 2.3.3). Ne è risultata una variazione lineare della rigidità

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 15 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

con la profondità, espressa come $M_{ds} = 0.50-3.06z$ [MPa], nel medesimo intervallo di quote di cui sopra (e imponendo un valore >0 sul fondale, per evitare irrealistiche sovrastime dei cedimenti).

A partire dal profilo del modulo edometrico (M_{ds}) sopra definito, il profilo del modulo di Young (E') è stato ricavato mediante l'uso della teoria dell'elasticità, come mostrato nella formula di seguito, assumendo un valore costante del coefficiente di Poisson pari a $\nu = 0.33$.

$$E' = M \frac{(1 + \nu)(1 - 2\nu)}{(1 - \nu)}$$

Per quanto riguarda il modulo non drenato (E_u), il relativo profilo di progetto è stato invece ottenuto a partire dal profilo di progetto della resistenza al taglio non drenata (s_u , secondo la re-interpretazione di cui al Par. 3.4) e facendo riferimento alla correlazione proposta da Duncan and Buchignani (Rif. 2.3.4, Figura 4) in funzione del grado di sovraconsolidazione (OCR) e dell'indice di plasticità (PI) del materiale in esame. Per il caso in studio, sulla base delle condizioni di normale consolidazione (o leggera sovraconsolidazione) attesa per l'unità di riferimento e delle caratteristiche di plasticità ($PI=20\div30\%$) evidenziate dalle prove di laboratorio disponibili (Rif. 2.2.1 e 2.2.6), si è ritenuto ragionevole considerare un rapporto $E_u/s_u=800$. Combinando tale rapporto al profilo sopra richiamato, è stato possibile definire un profilo con crescita lineare di E_u , da 0.5 a 21MPa nei primi 15m di profondità dal fondale (Unità 1).

Per quanto concerne la valutazione dei cedimenti di consolidazione differiti nel tempo attesi per lo strato coesivo superficiale a seguito dell'installazione delle fondazioni temporanee (mudmat), è stato ritenuto necessario definire un ragionevole range di variabilità per il coefficiente di consolidazione verticale (c_v). Per gli scopi del presente rapporto, si è ritenuto opportuno considerare come “low estimate” di tale parametro il valore ottenuto dall'unica prova edometrica eseguita nel corso delle indagini del 1984 all'interno di tale unità ($c_{v,LE}=1\times10^{-8}m^2/s$, come riportato al Rif. 2.2.6); come “best estimate” si è considerato un valore incrementato pari a $c_{v,BE}=6\times10^{-8}m^2/s$ (tenendo in considerazione, come discusso al Rif. 2.2.6, i favorevoli effetti sui tempi di consolidazione associati alla probabile presenza di casuali livelletti sabbiosi all'interno dell'Unità 1); infine, come “high estimate” si è considerato un valore stimabile sulla base del limite liquido del materiale, a partire dalla correlazione di letteratura proposta al Rif. 2.3.5 (cfr. Figura 5): è stato ottenuto un valore pari a $c_{v,HE}=3\times10^{-7}m^2/s$, ipotizzando un limite liquido “minimo” pari al 40%, sulla base dei dati di laboratorio

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 16 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

disponibili. È opportuno sottolineare che la letteratura tecnica considerata (Rif. 2.3.5) raccomandi cautela nella valutazione dei valori da assegnare al coefficiente di consolidazione e, come fatto per il presente studio, suggerisca di considerarne un ragionevole intervallo di variabilità, alla luce delle intrinseche difficoltà associate alla scelta di valori effettivamente rappresentativi del reale comportamento da attendersi in sito.

	 SAIPER  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 17 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

4. Dati dei pali di fondazione

Come anticipato, l'impianto di ricezione e alloggiamento delle apparecchiature necessarie al funzionamento del nuovo sistema FSRU sarà realizzato su una nuova piattaforma metallica, il cui top-side sarà sorretto da una struttura a traliccio (jacket), le cui gambe ospiteranno i pali di fondazione (main piles). Il jacket della piattaforma presenta anche quattro mudmat posizionati alla base di ogni gamba, la cui funzione è da ritenersi temporanea.

La fondazione da adottare è del tipo palo infisso, comunemente usato per piattaforme offshore tradizionali di Oil&Gas, come largamente presenti nell'area.

La struttura Jacket, top side e pali di fondazione vengono strutturalmente interfacciati presso i quattro transition joints posizionati a quota 2.5 metri dal livello medio del mare. Successivamente al posizionamento del jacket sul fondale marino, l'infissione dei pali avverrà direttamente all'interno delle gambe del jacket, che fungeranno da guida e da limite per eventuali flessioni laterali.

Oltre ai pali utilizzati per le fondazioni della struttura del jacket, nel seguito verranno forniti anche i calcoli di capacità portante per i pali di fondazione di altre opere connesse alla realizzazione della FSRU, tra cui la i pali per la piattaforma "Riser", i pali per la realizzazione delle passerelle e dello scalandrone, della struttura di "boat landing", delle briccole di accosto e di ormeggio. Nei calcoli effettuati i pali sono assunti tutti come verticali (battente 0°). Inoltre, alcuni dei pali previsti per le strutture sovra citate presentano una geometria a spessore variabile. A favore di sicurezza, nel seguito verranno riportati i calcoli relativi agli spessori minori per ogni diametro considerato presenti alla base dei pali stessi. In dettaglio, le geometrie dei pali adottata nel calcolo di capacità portante assiale è riassunta di seguito:

- Pali piattaforma esistente - diametro esterno: 1117mm; spessore: 20.6mm.
- Pali per passerelle/boat landing – diametro esterno: 1500mm; spessore: 40mm (Ref.2.2.9 e Ref. 2.2.10).
- Pali per jacket - diametro esterno: 1675mm; spessore: 40mm (Ref.2.2.8).
- Pali per Riser/Scalandrone – diametro esterno: 1800mm, spessore: 40mm (Ref. 2.2.7).

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 18 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

- Pali per briccole - diametro esterno: 3000mm; spessore: 60mm (Ref. 2.2.11 e Ref. 2.2.12).
- Pali di diametro: 2100mm; spessore: 30mm.

I risultati dei calcoli di capacità portante caratteristici e di progetto sono riportati nel capitolo seguente.

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 19 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

5. Capacità assiale pali in acciaio battuti

5.1 Capacità assiale: approccio di calcolo

Il metodo adottato per il calcolo della capacità assiale ultima (non fattorizzata) si basa sulle raccomandazioni ANSI/API Recommended Practice 2GEO (API-2GEO) (Rif. 2.1.3) la cui procedura di calcolo è descritta di seguito.

La capacità portante a carico assiale del palo soggetto a compressione è calcolata come la somma dei contributi derivanti dall'attrito laterale e dalla base del palo agenti in riferimento ai diversi strati di materiale definiti per le rispettive profondità, come riportato nella seguente formula (Rif. 2.1.3):

$$Q_u = Q_s + Q_b + Q_{ba} = \sum (f_s A_s) + q_b A_b + q_{ba} A_{ba} \quad (1)$$

dove:

Q_u è la capacità portante a carico assiale ultima del palo;

Q_s è la capacità assiale ultima del contributo per attrito laterale del palo;

Q_b è la capacità portante ultima del contributo alla base con riferimento alla sezione interna del palo;

Q_{ba} è la capacità portante ultima del contributo alla base con riferimento alla sola sezione anulare;

f_s è l'attrito unitario laterale locale;

A_s è l'area laterale del palo;

q_b è la resistenza unitaria di base riferita alla sezione interna del palo;

A_b è l'area della sezione interna del palo;

q_{ba} è la resistenza unitaria di base riferita alla sola sezione anulare;

A_{ba} è l'area della sezione anulare.

I risultati dell'equazione sopra riportata (pali a base chiusa, condizione di palo "tappato") sono confrontati con i risultati (pali a base aperta, condizione di palo "stappato") ottenuti con l'equazione riportata di seguito:

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 20 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

$$Q_u = \sum (f_s A_s) + \sum (f_i A_i) + q_{ba} A_{ba} \quad (2)$$

dove f_i e A_i sono rispettivamente l'unità di attrito laterale e l'area laterale della sezione interna del palo.

Infatti, in accordo alla metodologia di installazione, la capacità portante a carico assiale ultima del palo a compressione è definita come la minore tra la resistenza calcolata sulla base chiusa (condizione di palo "tappato") e quella corrispondente all'attrito laterale sulle pareti interne (condizione di palo "stappato"), ridotta con un fattore 0.8.

Al fine di tener conto della possibile minore lunghezza della carota di terreno interna al palo e a seguito delle condizioni di installazione per battitura non prevedibili a priori, l'attrito laterale della sezione interna del palo viene quindi assunto proporzionale a quello della sezione esterna:

$$f_i = 0.8 \cdot f_s \quad (3)$$

Il valore minimo ottenuto dalle due espressioni è quello assunto come valore di capacità portante ultima a carico assiale per compressione, considerando unicamente la capacità di tipo statico.

La resistenza del palo ultima a carico assiale per trazione è invece calcolata a partire unicamente dal contributo di resistenza per attrito laterale, con un fattore di riduzione di 0.8, a favore di sicurezza:

$$Q_{u,T} = 0.8 \sum (f_s A_s) \quad (4)$$

Il calcolo delle capacità dell'unità di attrito e alla base del palo è ottenuto sia per terreni granulari (drenati) che per terreni coesivi (non drenati) come dettagliato di seguito.

Per terreni granulari l'unità di attrito laterale (f_s) e la portata specifica di base (q_b) sono calcolati come:

$$f_s = \beta \sigma'_v \leq f_{s \max}$$

$$q_b = q_{ba} = N_q \sigma'_v \leq q_{b \max} \quad (5)$$

dove:

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICA con ADDENDUM.docx

	 SAIPER  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 21 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

$f_{s \max}$ è l'attrito limite del terreno lungo l'asse del palo;

$q_{b \max}$ è la portata specifica di base limite dell'unità di terreno alla base del palo;

β è il coefficiente di attrito laterale dipendente dal tipo di materiale e dal grado di addensamento);

σ'_v è la tensione verticale efficace alla profondità di calcolo;

N_q è il fattore adimensionale di capacità portante (dipendente dal tipo di materiale e dal grado di addensamento).

I valori restrittivi di $f_{s \max}$ e $q_{b \max}$ sono complessivamente assunti in accordo con le prescrizioni API-2GEO (Rif. 2.1.3).

Per terreni coesivi, invece, e l'unità di resistenza all'attrito laterale (f_s) e la portata specifica di base (q_b) sono definite come segue:

$$f_s = \alpha s_u \quad (6)$$

$$q_b = 9 s_u$$

dove:

s_u è la resistenza a taglio in condizioni non drenate;

α è il fattore adesione (valutato secondo il metodo ISO 19901-4:2003, Rif. 2.1.3), calcolato come:

$$\begin{aligned} \alpha &= 0.5 \psi^{-0.5} \quad \text{per } \psi \leq 1.0 \\ \alpha &= 0.5 \psi^{-0.25} \quad \text{per } \psi \geq 1.0 \end{aligned} \quad (7)$$

dove:

$\psi = S_u/\sigma'_v$ e α varia tra 1.0 (per argille normal-consolidate) e un valore inferiore a 0.5 (per argille fortemente consolidate).

Nell'utilizzo delle espressioni sopra riportate si avrà l'accortezza di limitare la pressione ultima di base in prossimità del limite di passaggio tra strati di resistenza differente. In particolare, la portata di base del palo per uno strato più resistente di quello adiacente sarà valutata interpolando fra il valore corrispondente allo strato adiacente meno resistente e quello dello strato più resistente per un affondamento equivalente a tre volte il diametro, sia in prossimità del limite inferiore dello strato più resistente che del limite superiore.

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 22 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

5.2 Resistenza assiale di progetto di un palo battuto: approccio Normativo NTC-18

Le valutazioni riportate di seguito fanno riferimento alle prescrizioni italiane (NTC-2018, Rif. 2.1.1 e 2.1.2), che richiedono sia rispettata la seguente condizione di progetto:

$$E_d \leq R_d \quad (8)$$

dove E_d è il valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni e R_d è il valore di progetto della resistenza del terreno attorno al palo.

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata sia in condizioni statiche, impiegando l'Approccio 2 di gruppi di coefficienti parziali, come prescritto da normativa (NTC-18, Rif. 2.1.1): A1+M1+R3, sia in presenza di azioni sismiche, adottando quindi la combinazione A2+M1+R3. Si noti che nei calcoli effettuati si è trascurato il peso proprio del palo che quindi andrà aggiunto ai carichi esterni, debitamente fattorizzato.

Il valore di Progetto dell'azione o degli effetti delle azioni (E_d) viene definito mediante i coefficienti parziali indicati in Tabella 1 (NTC-18, Rif. 2.1.1), riportata per completezza. Per maggiori dettagli si rinvia allo specifico NTC-18 (Rif. 2.1.1).

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tabella 1 - Coefficienti parziali per le azioni o per gli effetti delle azioni (Rif. 2.1.1).

La resistenza di progetto (R_d), invece, viene determinata a partire dal valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno e applicando i coefficienti parziali γ_R riportati in Tabella 3 (NTC-18 Rif. 2.1.1). Nel presente caso risultano applicabili valori prescritti dalla normativa per i pali infissi.

Il valore caratteristico della resistenza (R_{ck}) è calcolato con riferimento alle procedure analitiche che prevedono l'utilizzo di parametri geotecnici ed è dato dal minore dei valori ottenuti applicando i coefficienti di riduzione ξ_3 , ξ_4 , forniti in Tabella 2 al valore medio e al valore minimo delle capacità calcolate secondo il metodo adottato (API-2GEO, Rif. 2.1.3).

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 23 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,cal})_{medio}}{\xi_3}, \frac{(R_{c,cal})_{min}}{\xi_4} \right\} \quad (9)$$

I valori ξ_3 e ξ_4 sono selezionati in base al numero (n) di verticali di indagini investigate e disponibili in corrispondenza delle future fondazioni. Ai fini del conteggio delle verticali di indagine per la scelta dei coefficienti, si devono prendere solo le verticali lungo le quali la singola indagine sia stata spinta ad una profondità superiore alla lunghezza dei pali, in grado di consentire una completa identificazione del modello geotecnico di sottosuolo, fatta salva la necessità di almeno una verticale di indagine. Poiché gli unici sondaggi ad oggi disponibili (campagna 1984, Rif. 2.2.1) non superano una profondità di 70m dal fondale, ed è invece attualmente prevista una lunghezza dei pali di fondazione pari circa 80m, è stato considerato cautelativamente un valore di $n = 1$, per cui le resistenze dei pali faranno riferimento a $\xi_3 = 1.7$ and $\xi_4 = 1.7$.

Tab. 6.4.IV - Fattori di correlazione ξ per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate

Numero di verticali indagate	1	2	3	4	5	7	≥ 10
ξ_3	1,70	1,65	1,60	1,55	1,50	1,45	1,40
ξ_4	1,70	1,55	1,48	1,42	1,34	1,28	1,21

Tabella 2 – Fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate (Rif. 2.1.1).

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi	Pali trivellati	Pali ad elica continua
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

Tabella 3 - Coefficienti parziali da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali.

5.3 Resistenza assiale dei pali battuti: risultati

Le curve di capacità ultima portante a carico assiale del palo battuto (non fattorizzate) mostrano l'andamento con la profondità delle resistenze di calcolo (limite) di base e laterale per le geometrie di palo considerate, ottenute in accordo con il metodo citato precedentemente.

La resistenza assiale di progetto di pali battuti è calcolata a partire dai valori di capacità assiale ultima (R_{cal}) ottenuta seguendo il metodo di calcolo esplicitato nel Par. 5.1 (API-2GEO, Rif. 2.1.3) per i casi di

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 24 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

trazione e compressione e considerando i rispettivi fattori di correzione del Par. 5.2 (NTC-18 Rif. 2.1.1), sia considerando l'approccio statico che quello sismico.

I risultati ottenuti con l'approccio statico sono equivalenti ai risultati che seguono l'approccio sismico a seguito dell'assunzione di trascurare il carico permanente del palo, infatti, i due approcci si differenziano unicamente per i coefficienti parziali da associare ai carichi agenti (ivi compreso il peso del palo).

I risultati sono stati elaborati considerando i tre profili descritti nei Par. 3.2, 3.3, 3.4. per tutte le geometrie dei pali descritte al Par. 4. Di seguito è riportata una tabella riassuntiva dei casi analizzati ai fini di semplificare la visualizzazione dei risultati.

D (mm)	S (mm)	Profilo Par. 3.2 (Indagini 1984)	Profilo Par. 3.3 (Design Basis 2022)	Profilo Par. 3.4 (Profilo rielaborato)
1117	20.6	Figura 6	Figura 7	Figura 8
1500	40	Figura 9	Figura 10	Figura 11
1675	40	Figura 12	Figura 13	Figura 14
1800	40	Figura 15	Figura 16	Figura 17
3000	60	Figura 18	Figura 19	Figura 20
2100	30	Figura 21	Figura 22	Figura 23

Tabella 4 – Risultati di calcolo di capacità portante relativi alle diverse geometrie dei pali considerate e ai diversi profili del terreno descritti nei Par. 3.2, 3.3, 3.4.

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 25 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

6. Verifiche geotecniche per le fondazioni temporanee (mudmat)

6.1 Capacità portante: domini di resistenza

6.1.1 Generalità

Per quanto riguarda le verifiche geotecniche di resistenza delle fondazioni temporanee (capacità portante assiale e resistenza allo scivolamento) si è preliminarmente considerato uno spettro di variabilità della geometria dei mudmat, andando a definire dei domini di resistenza per le casistiche di seguito elencate:

- 10m × 10m con gonne di profondità 1.0m;
- 10m × 10m con gonne di profondità 2.0m;
- 12m × 12m con gonne di profondità 1.5m;
- 13m × 13m con gonne di profondità 2.0m;
- 15m × 15m con gonne di profondità 2.0m.

Le verifiche sono state eseguite secondo la metodologia discussa nel seguito e in accordo alle prescrizioni normative di cui al DM 2018 (Rif. 2.1.1 e 2.1.2), e in particolare alla combinazione A1+M1+R3. Si precisa che si è considerato il caso di carichi perfettamente centrati (eccentricità nulla).

6.1.2 Metodologia di calcolo

6.1.2.1 Capacità portante verticale ultima in condizioni non drenate

Alla luce della presenza dei materiali coesivi appartenenti all'Unità 1 (la cui caratterizzazione geotecnica comprensiva di profilo di progetto è discussa al Par. 3.4) nei primi 15m dal fondale, si è proceduto al calcolo della capacità portante ultima (Q_{LIM}) in condizioni non drenate. Questa può essere valutata a mezzo della seguente espressione, in accordo all'approccio proposto al Rif. 2.1.3:

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICA con ADDENDUM.docx

	 SAIPER  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 26 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

$$Q_{LIM} = \left[F \left(N_c s_{u,0} + k B' / 4 \right) k_c \right] A$$

nella quale:

- $s_{u,0}$ = valore caratteristico della resistenza non drenata alla quota di infissione delle gonfe (deducibile, in funzione dell'affondamento delle gonfe nei vari casi considerati, dal profilo di crescita lineare di S_u proposto al Par. 3.4);
- N_c = fattore di capacità portante, pari a $\pi+2=5.14$;
- K = tasso di crescita con la profondità della resistenza non drenata;
- B' = dimensione minima efficace della fondazione (nel presente caso, in assenza di eccentricità e fondazioni a geometria quadrata, pari al lato del mudmat);
- K_c = fattore di correzione che tiene conto dell'inclinazione del carico, della forma della fondazione e dell'affondamento delle gonfe;
- F = fattore di correzione dipendente dal rapporto $kB'/s_{u,0}$ (dettagli al Rif. 2.1.3);
- A' = area efficace della fondazione (nel presente caso, con fondazione quadrata e carichi centrati, pari a $B \times B$).

Il fattore di correzione K_c è definito come segue:

$$K_c = (1 + s_c + d_c - i_c),$$

in cui i coefficienti s_c , d_c e i_c sono calcolati come segue:

$$s_c = 0.18 \cdot (1 - 2 \cdot i_c) \cdot \left(\frac{B'}{L'} \right)$$

$$d_c = 0.3 \cdot \arctan \left(\frac{D}{B'} \right)$$

$$i_c = 0.5 - 0.5 \sqrt{1 - \frac{H}{A \cdot s_u}}$$

dove:

- s_c = fattore di correzione per la forma della fondazione;
- d_c = fattore di correzione per l'affondamento della fondazione;
- i_c = fattore di correzione per l'inclinazione del carico;
- D = affondamento della fondazione (pari alla profondità di infissione delle gonfe);
- H = carico orizzontale applicato

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 27 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

Per l'ottenimento della capacità portante “di progetto” la resistenza “ultima” sopra definita è stata ridotta a mezzo del fattore parziale di resistenza pari a $\gamma_R=2.3$ (in accordo all'approccio A1+M1+R3 della normativa applicabile, Rif. 2.1.1 e 2.1.2).

6.1.2.2 Resistenza allo scorrimento in condizioni non drenate

La resistenza “ultima” allo scorrimento all'interno di materiali coesivi può essere determinata in accordo alla seguente formulazione:

$$H_{LIM} = s_{u,0} \times A$$

nella quale:

$s_{u,0}$ = valore caratteristico della resistenza non drenata alla quota di infissione delle gonne (già definita al precedente paragrafo);

A = area totale della fondazione.

Per l'ottenimento della resistenza a scorrimento “di progetto” la resistenza “ultima” sopra definita va poi ridotta a mezzo del fattore parziale di resistenza assunto nel presente caso pari a $\gamma_R=1.5$ (incrementato a favore di sicurezza rispetto al coefficiente 1.1 che sarebbe applicabile in accordo alla Tabella 6.4.I della normativa applicabile, DM 2018, Rif. 2.1.1).

Si precisa che, in funzione delle dimensioni effettive che saranno previste per il mudmat e la profondità stimata delle gonne, dovrà essere valutata la necessità di adottare gonne interne, in modo da garantire la mobilitazione delle resistenze alla quota assunta nei calcoli di capacità portante. Si precisa anche che nelle valutazioni di cui sopra il contributo di resistenza orizzontale (spinta passiva) lungo la faccia delle gonne è stato cautelativamente trascurato nel calcolo della resistenza allo scorrimento orizzontale.

6.1.3 Risultati ottenuti

L'involuppo che definisce i carichi verticali e orizzontali massimi sostenibili dalla fondazione a rottura (nominato “characteristic envelope - not factored” nelle figure allegate e rappresentato con una linea di colore nero) è stato ottenuto attraverso la combinazione delle formulazioni di cui ai due

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 28 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

paragrafi precedenti, per la capacità portante e la resistenza allo scivolamento, senza l'applicazione dei coefficienti parziali sulle resistenze.

L'applicazione di questi ultimi (in accordo alla normativa considerata) ha portato alla definizione dell'involuppo di progetto ("design envelope - DM2018" nelle figure allegate, linea di colore azzurro).

La rappresentazione grafica dei domini di resistenza, per le varie geometrie di mudmat elencate al precedente Par. 6.1.1, è riportata da Figura 24 a Figura 28.

6.2 Cedimenti attesi e relativo decorso nel tempo

6.2.1 Generalità

Sulla base dei profili e parametri geotecnici di calcolo definiti nel precedente Par. 3.4.1, nel seguito si procede alla valutazione dei cedimenti da attendersi a seguito dell'installazione della piattaforma su fondazioni temporanee (mudmat).

Nel seguito verranno stimati sia i cedimenti "immediati" (a breve termine) che quelli a decorso lento, da attendersi nel corso delle prime settimane successive all'installazione. I cedimenti a lungo termine sono da attribuirsi al processo di consolidazione primaria all'interno dei materiali coesivi).

È opportuno notare che i cedimenti di breve termine saranno qui considerati per semplicità (e a favore di sicurezza) come "immediati".

6.2.2 Geometria delle fondazioni e carichi applicati

Per gli scopi del presente report, sulla base delle indicazioni ricevute dal committente, la valutazione dei cedimenti attesi farà riferimento a fondazioni di tipo "mudmat" a pianta quadrata con lato B pari a 10m. La valutazione dei cedimenti è stata effettuata per una pressione uniforme di 30kPa a favore di sicurezza (è infatti un valore di pressione elevato rispetto a quanto ammissibile per la fondazione, come da valutazioni riportate nel paragrafo precedente).

	 SAIPER  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 29 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

6.2.3 Stima dei cedimenti di breve e lungo termine

All'atto dell'installazione della piattaforma sulle fondazioni temporanee (mudmat), è generalmente atteso il manifestarsi di cedimento (quasi) istantaneo, legato alla deformazione drenata in corrispondenza dei materiali granulari. Nel caso in esame, tale cedimento è considerato di minore rilevanza, a causa del fatto che la geometria della fondazione e il carico applicato non indurranno una diffusione dell'incremento di sforzo ad una profondità tale da interessare lo strato granulare presente ad oltre 15m dal fondale. Per tale ragione, verranno condotti i calcoli per la stima del cedimento "immediato" non drenato associato ai materiali coesivi e alla successiva evoluzione (aumento) nel tempo a seguito del processo di consolidazione atteso, nel corso di un periodo di alcune settimane. Tale arco temporale è ritenuto ragionevole per considerare il tempo intercorso tra l'installazione della piattaforma sul fondale e la battitura dei pali di fondazione che la sosterranno a lungo termine.

I cedimenti sono stati valutati in accordo alla teoria elastica (Boussinesq), brevemente richiamata nel seguito:

$$\delta_{tot} = \sum_i \delta_i$$

$$\delta_i = \frac{\Delta\sigma_{vi} \Delta H_i}{E_i}$$

nella quale:

- δ_i = cedimento del sub-strato i nel quale viene discretizzato il calcolo;
- $\Delta\sigma_{vi}$ = incremento di pressione verticale all'interno del sub-strato i a seguito della pressione applicata dalla fondazione (mudmat);
- E_i = rigidezza del sub-strato i. E' (modulo di Young) viene considerato per la stima del cedimento di lungo termine (alla fine della consolidazione primaria), e E_u (modulo non drenato) per la valutazione della deformazione "immediata" all'interno dei livelli coesivi.

La sommatoria dei cedimenti è estesa fino alla profondità alla quale l'incremento di pressione ($\Delta\sigma_{vi}$) risulti inferiore al 5% della preesistente pressione verticale efficace in sito (σ'_{vo}), pari nel caso in esame (geometria e carichi discussi al precedente Par. 6.2.2) a 14.5m dal fondale, quindi immediatamente sopra la base dell'unità coesiva superficiale (presente fino a 15m dal fondale).

È opportuno notare che la formulazione riportata è in principio applicabile al caso di fondazioni "flessibili". Le fondazioni temporanee tipo "mudmat" possono essere considerate come parzialmente

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 30 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

rigide; pertanto, i cedimenti calcolati rappresentano una stima cautelativa dei reali cedimenti attesi in situ.

In accordo alle formulazioni di cui sopra, il cedimento immediato è stato stimato quale pari a 8.5cm; il cedimento totale di lungo termine, alla fine della consolidazione primaria, può invece essere stimato circa pari a 32.6cm. Il decorso nel tempo del cedimento “differito” è pertanto calcolato nel paragrafo che segue, valutando lo sviluppo nel tempo del cedimento di consolidazione primaria, dato dalla differenza tra le due quantità di cui sopra e pari a 24.1cm.

6.2.4 Decorso del cedimento nel tempo a seguito dell’installazione dei mudmat

Come anticipato nel paragrafo precedente, secondo le valutazioni eseguite è atteso un cedimento differito di lungo termine pari a circa 24cm, il cui decorso avverrebbe teoricamente fino al termine del processo di consolidazione primaria all’interno del livello coesivo superficiale (Unità 1). Tuttavia, il carico dovuto al peso della piattaforma sarà in effetti scaricato sulle fondazioni temporanee (mudmats) soltanto per un periodo di alcune settimane (prima della battitura dei pali). Ne consegue che soltanto una quota parte del cedimento differito calcolato potrà verificarsi.

Al fine di valutare l’evoluzione nel tempo di tale cedimento, e consentire quindi la previsione di massima della deformazione verticale da attendersi, ci si può riferire all’approccio “classico” della teoria della consolidazione primaria (Rif. 2.3.6). In accordo a tale approccio, la durata della consolidazione primaria, tradizionalmente associate al tempo necessario per l’esaurimento del 90% del cedimento atteso ($t_{90\%}$), può essere stimata attraverso la seguente formula:

$$t_{90\%} = [T_{90\%} \times (H/2)^2] / c_v = [0.848 \times (H/2)^2] / c_v$$

dove:

- H = massimo spessore continuo del livello coesivo. H/2 è quindi il massimo percorso di drenaggio (per la dissipazione delle sovrappressioni), nell’ipotesi di doppio drenaggio (sia al tetto che alla base dello strato coesivo; perfettamente applicabile al caso in esame per l’Unità 1, il cui confine superiore è rappresentato dal fondale marino e quello inferiore dall’unità sabbiosa, ovviamente drenante);
- $T_{90\%}$ = coefficiente di tempo non dimensionale ($T_v=0.848$ per un grado di consolidazione pari al 90%);
- c_v = coefficiente di consolidazione verticale

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 31 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

In accordo al medesimo contesto teorico, Sivaram and Swamee (1977, Rif. 2.3.7) hanno sviluppato un'equazione parametrica semi-empirica che approssima la soluzione rigorosa di Terzaghi e Peck (1948, Rif. 2.3.6) per la teoria della consolidazione dei terreni. L'espressione derivata dagli autori citati permette la stima del grado di consolidazione (U_m) come funzione del coefficiente di tempo non dimensionale (T_v), il quale a sua volta dipende dallo spessore dello strato coesivo considerato e dal coefficiente di consolidazione del terreno (tramite l'inversione dell'equazione di cui sopra). Si ottiene la formula seguente:

$$U_m = \frac{\left(4 \times \frac{T_v}{\pi}\right)^{0.5}}{\left[1 + \left(4 \times \frac{T_v}{\pi}\right)^{2.8}\right]^{0.179}}$$

In accordo all'approccio sopra dettagliato, è stato per il presente caso valutato il grado di consolidazione raggiunto a diversi istanti temporali, per un periodo fino a 90 giorni trascorsi dall'installazione della piattaforma (coincidente con l'innesco del processo di consolidazione). Tale grado di consolidazione è stato quindi "applicato" al cedimento differito precedentemente stimato, in modo da poterlo aggiungere al cedimento "immediato" e ottenere la distribuzione nel tempo dei cedimenti.

I risultati ottenuti sono rappresentati graficamente in Figura 29; le tre curve mostrate in figura rappresentano la variabilità dei risultati in ragione del campo di variazione assunto per il coefficiente di consolidazione verticale, c_v , per il quale, come anticipato al Par. 3.4.1, sono stati assunti valori di Low Estimate (LE), Best Estimate (BE) e High Estimate (HE).

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 32 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

TABELLE

FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

Relazione Geotecnica

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 33 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

Profondità da fondo mare (m)		Descrizione	γ	Cu (kPa)		ϕ'
Da	A	-	(kN/m ³)	Da	A	(°)
0	15	Limo - depositi normalconsolidati	18	0.2 σ'_v		-
15	16.5	Sabbie fini limose	18.5	-		28
16.5	80	Limi argillosi	19.5	0.3 σ'_v		-

Tabella 5 - Profilo geotecnico proposto nel Rif. 2.2.1

Profondità da fondo mare (m)		Descrizione	γ	Cu (kPa)		φ'
Da	A	-	(kN/m3)	Da	A	(°)
0	5	Limo - depositi normalconsolidati	18	5.8		-
5	10			18		
10	15			29		
15	16.5	Sabbie fini limose	18.5	-		30
16.5	70	Limi argillosi	20	40	150	-
70	80			150	170	

Tabella 6 – Profilo geotecnico di progetto utilizzato nel Rif. 2.2.2

Profondità da fondo mare (m)		Descrizione	γ	Cu (kPa)		ϕ'
Da	A	-	(kN/m ³)	Da	A	(°)
0	15	Limo - depositi normalconsolidati	18	0	26.4	-
15	16.5	Sabbie fini limose	18.5	-		28
16.5	54	Limi argillosi	19.5	50	160	-
54	70			160	180	
70	80			180	180	

Tabella 7 – Profilo geotecnico di progetto ri-elaborato per la presente relazione

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 34 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

FIGURE

FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

Relazione Geotecnica

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 35 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500



Figura 1 – Inquadramento geografico delle opere in progetto

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 36 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

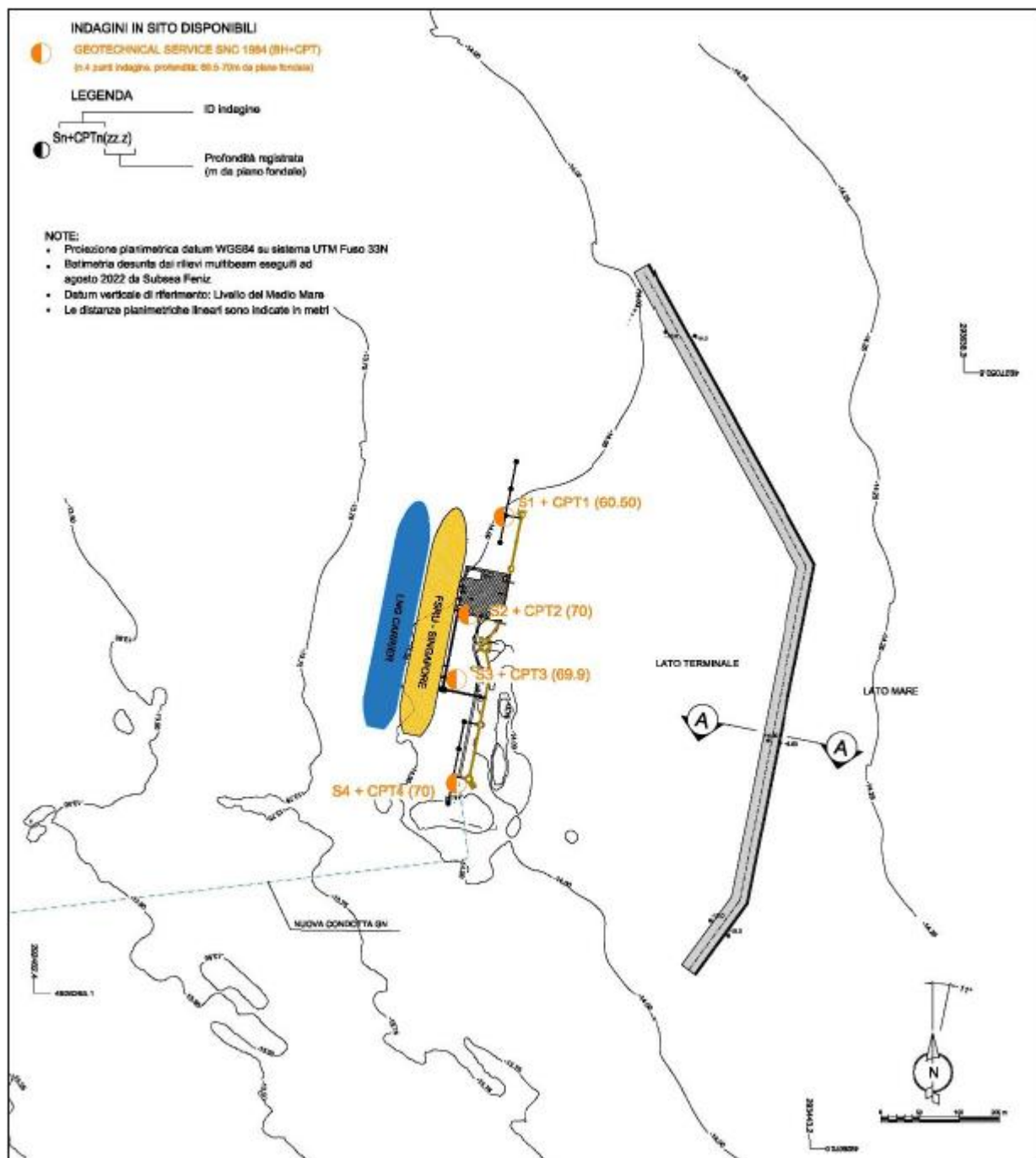


Figura 2 – Planimetria con ubicazione sondaggi disponibili – Campagna 1984 (Rif. 2.2.5)

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 37 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

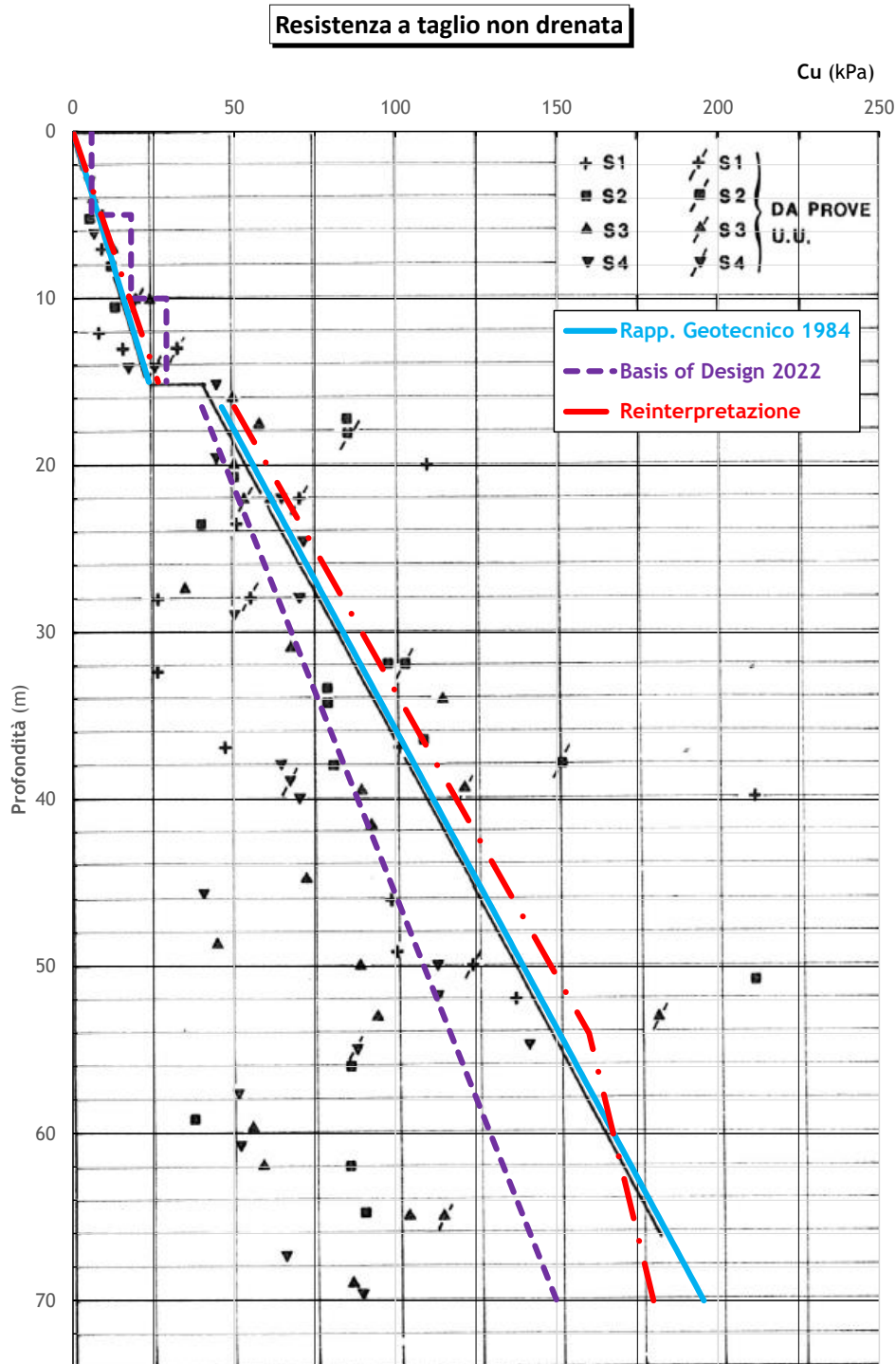


Figura 3 – Confronto dei profili di progetto di resistenza al taglio non drenata considerati nei calcoli di capacità portante assiale (dettagli ai paragrafi 3.2, 3.3 e 3.4; figura di sfondo estratta dal Rif. 2.2.1)

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 38 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

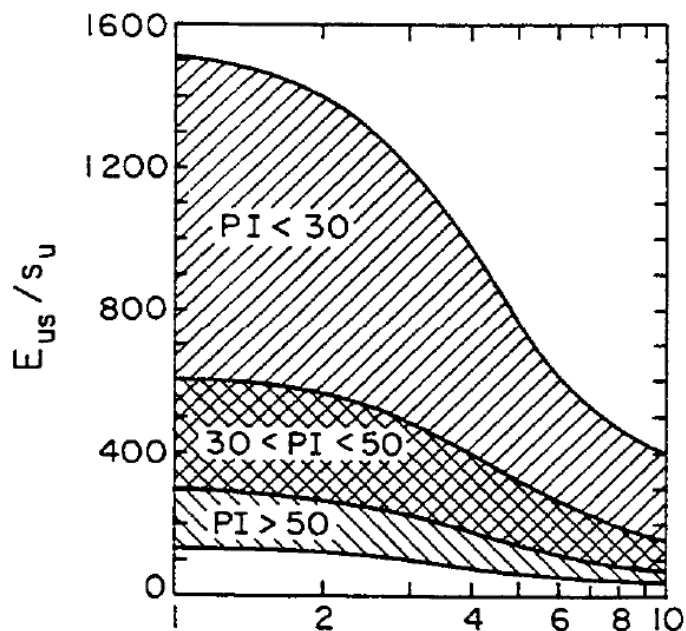


Figura 4 – Correlazione del rapporto E_u/s_u con il grado di sovraconsolidazione (OCR) e l'indice di plasticità (PI), in accordo al Rif. 2.3.4 (come riportata al Rif. 2.3.5)

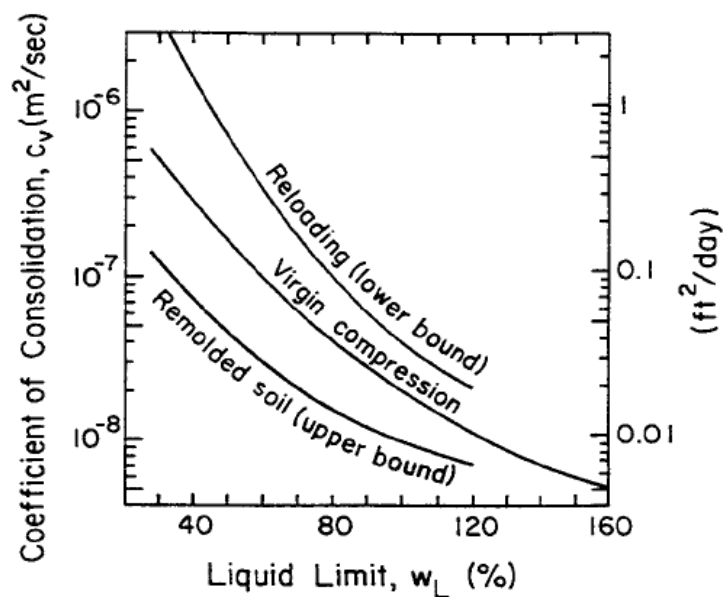


Figura 5 – Coefficiente di consolidazione verticale (c_v) in funzione del limite liquido (Rif. 2.3.8, come riportata al Rif. 2.3.5)

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 39 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

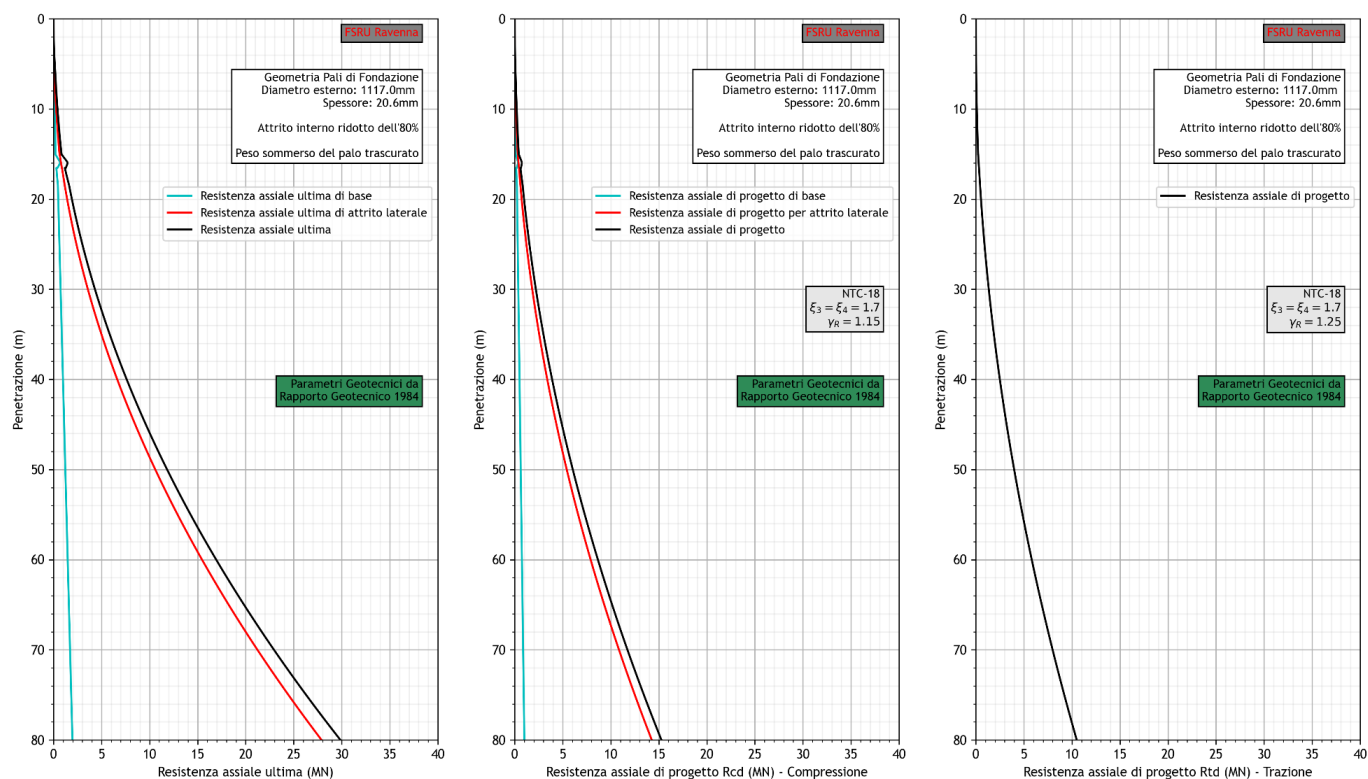


Figura 6 –Pali di fondazione - D=1117mm, s=20.6mm – Parametri geotecnici da Rapporto Geotecnico del 1994 (Rif. 2.2.1). Pan a) Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 40 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

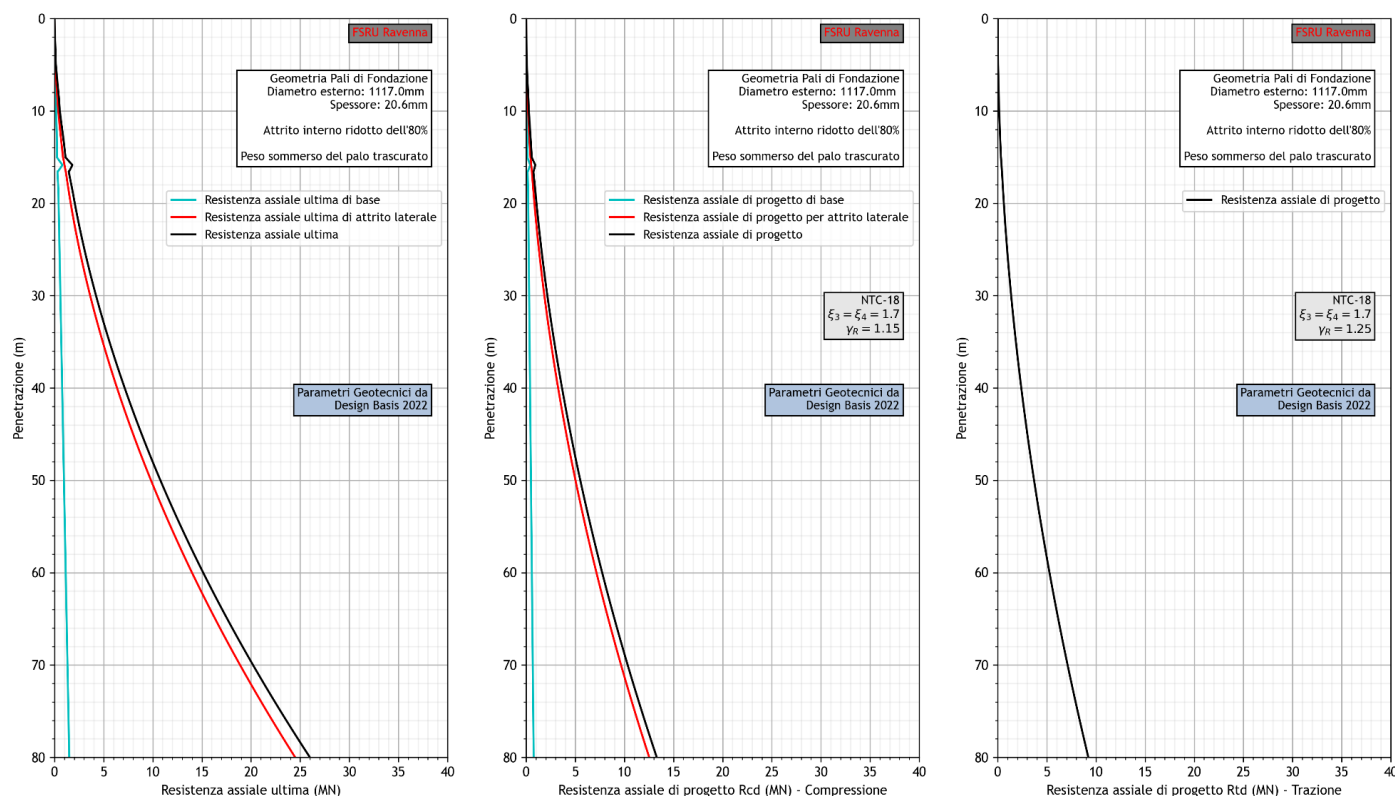


Figura 7 - Pali di fondazione - D=1117mm, s=20.6mm – Parametri geotecnici da Design Basis 2022 (Rif. 2.2.2). Pan a) Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 41 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

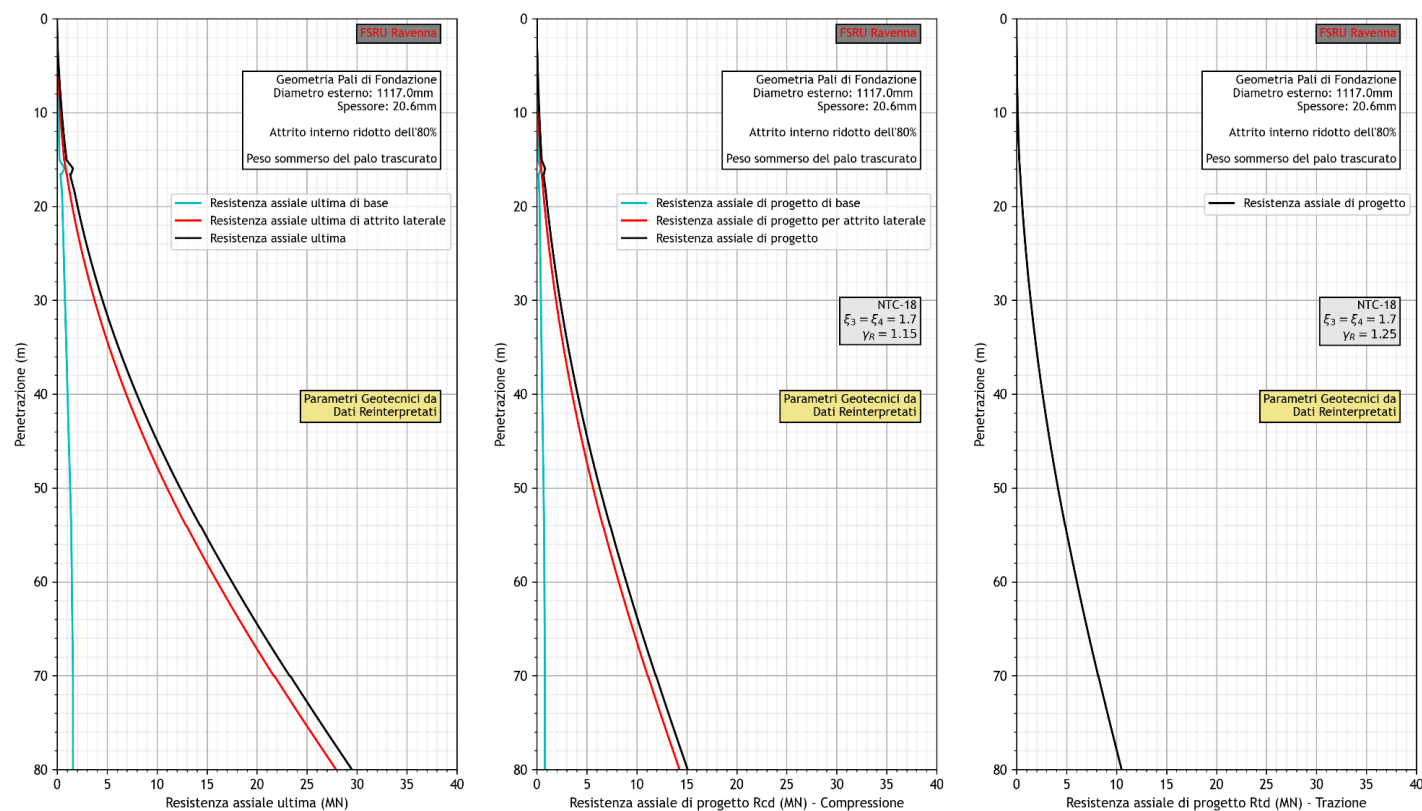


Figura 8 - Pali di fondazione - D=1117mm, s=20.6mm – Parametri geotecnici re-interpretati. Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 42 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

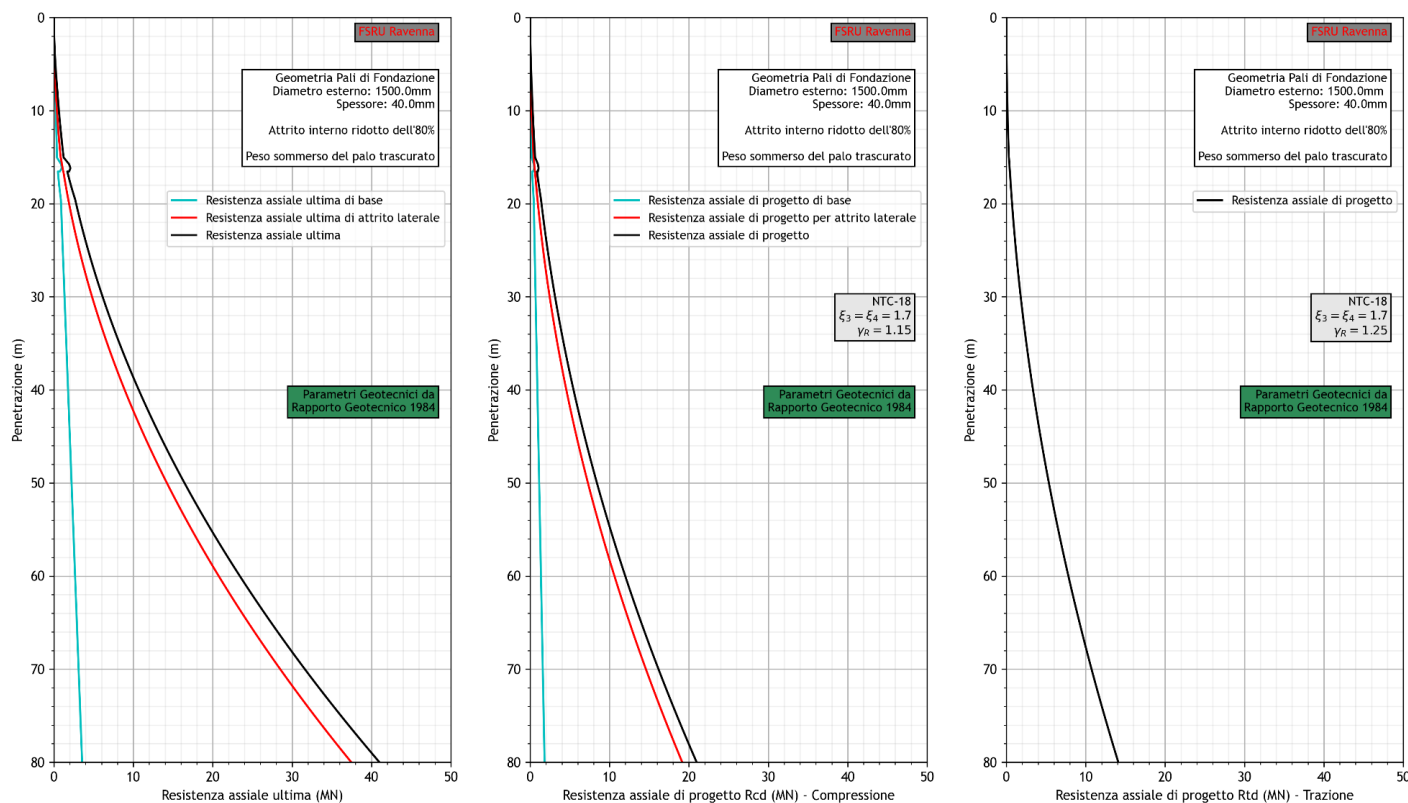


Figura 9 - Pali di fondazione - D=1500mm, s=40mm – Parametri geotecnici da Rapporto Geotecnico del 1994 (Rif. 2.2.1). Pan a) Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 43 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

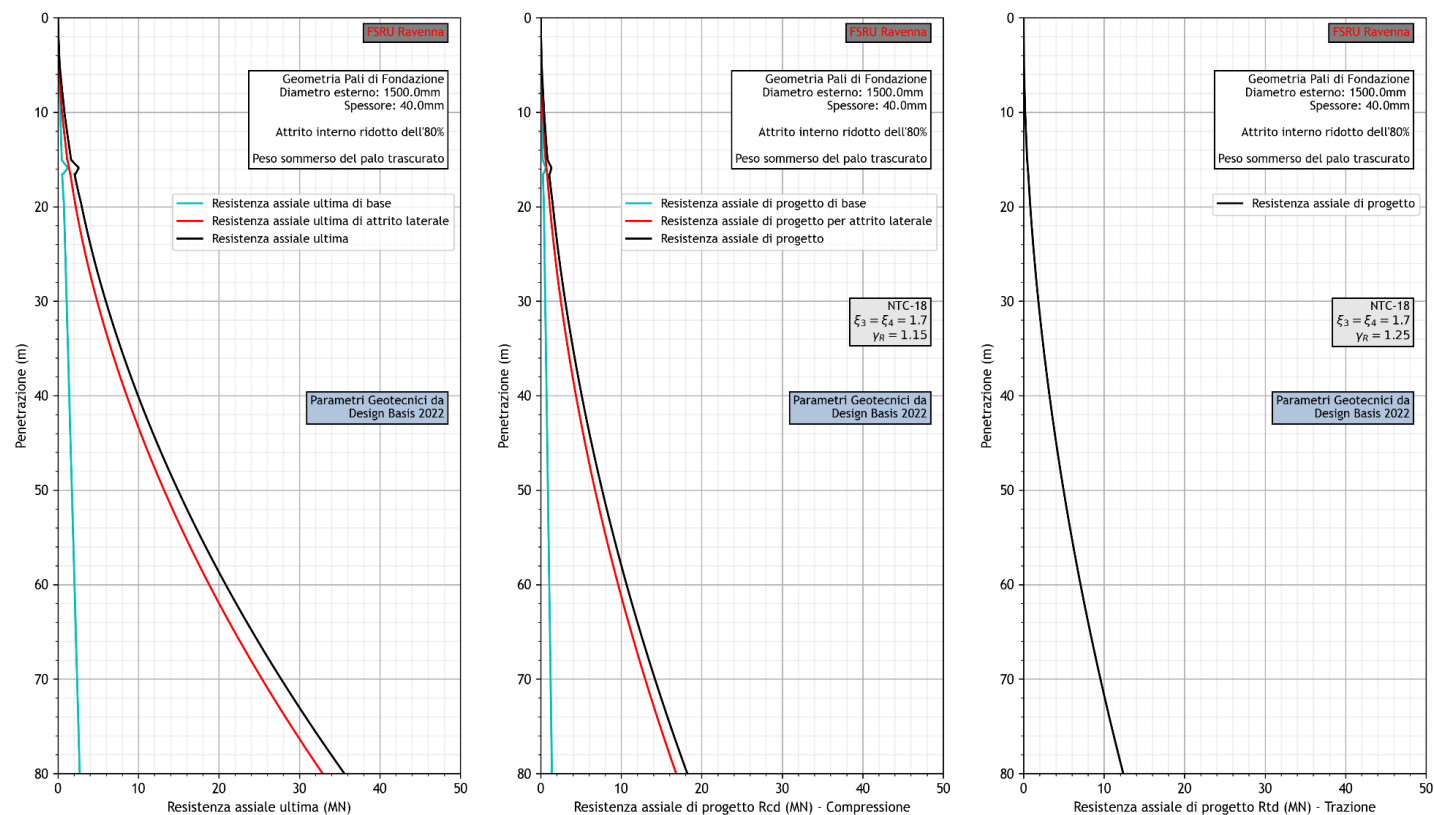


Figura 10 - Pali di fondazione - D=1500mm, s=40mm – Parametri geotecnici da Design Basis 2022 (Rif. 2.2.2). Pan a) Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 44 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

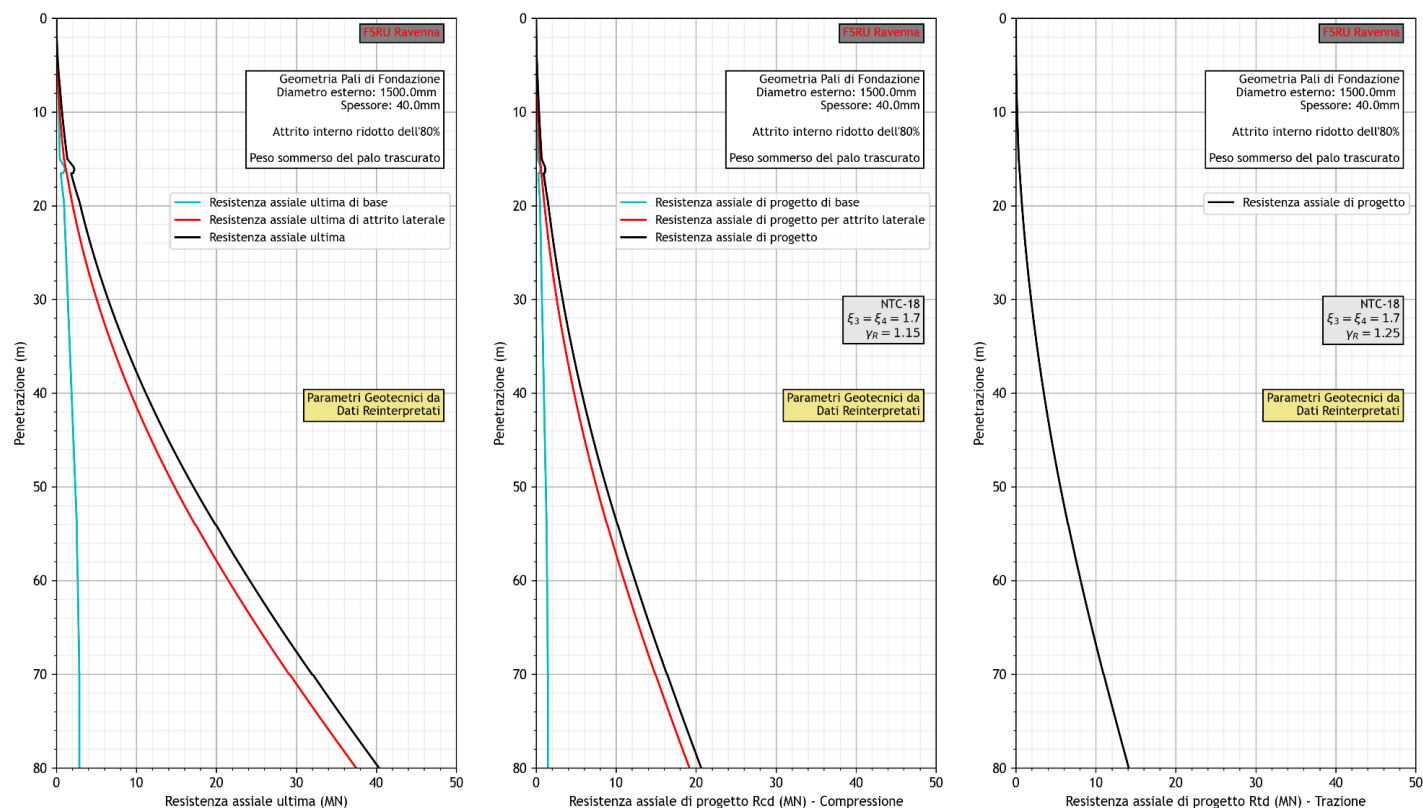


Figura 11 - Pali di fondazione - D=1500mm, s=40mm – Parametri geotecnici re-interpretati. Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 45 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

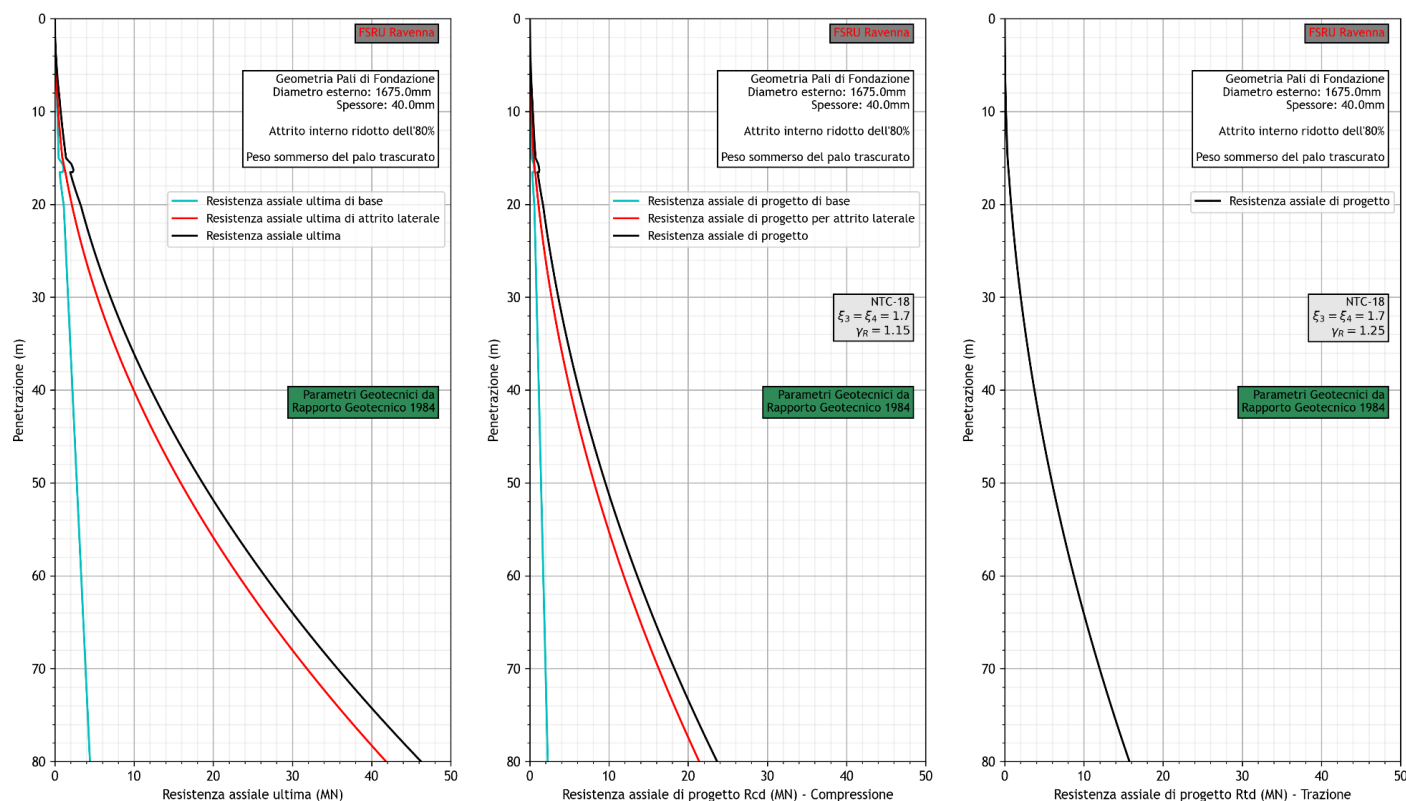


Figura 12 - Pali di fondazione - D=1675mm, s=40mm – Parametri geotecnici da Rapporto Geotecnico del 1994 (Rif. 2.2.1). Pan a) Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 46 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

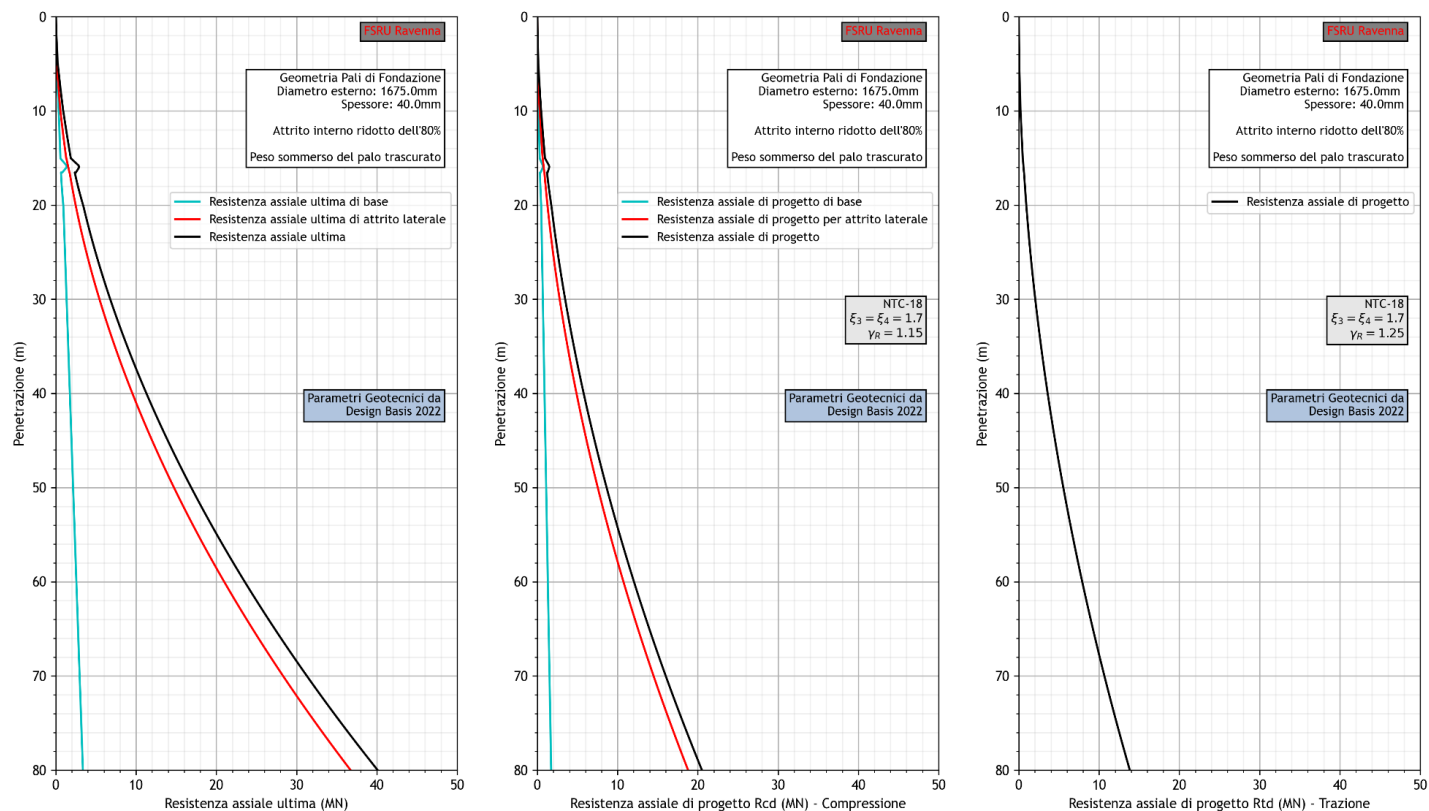


Figura 13 - Pali di fondazione - D=1675mm, s=40mm – Parametri geotecnici da Design Basis 2022 (Rif. 2.2.2). Pan a) Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 47 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

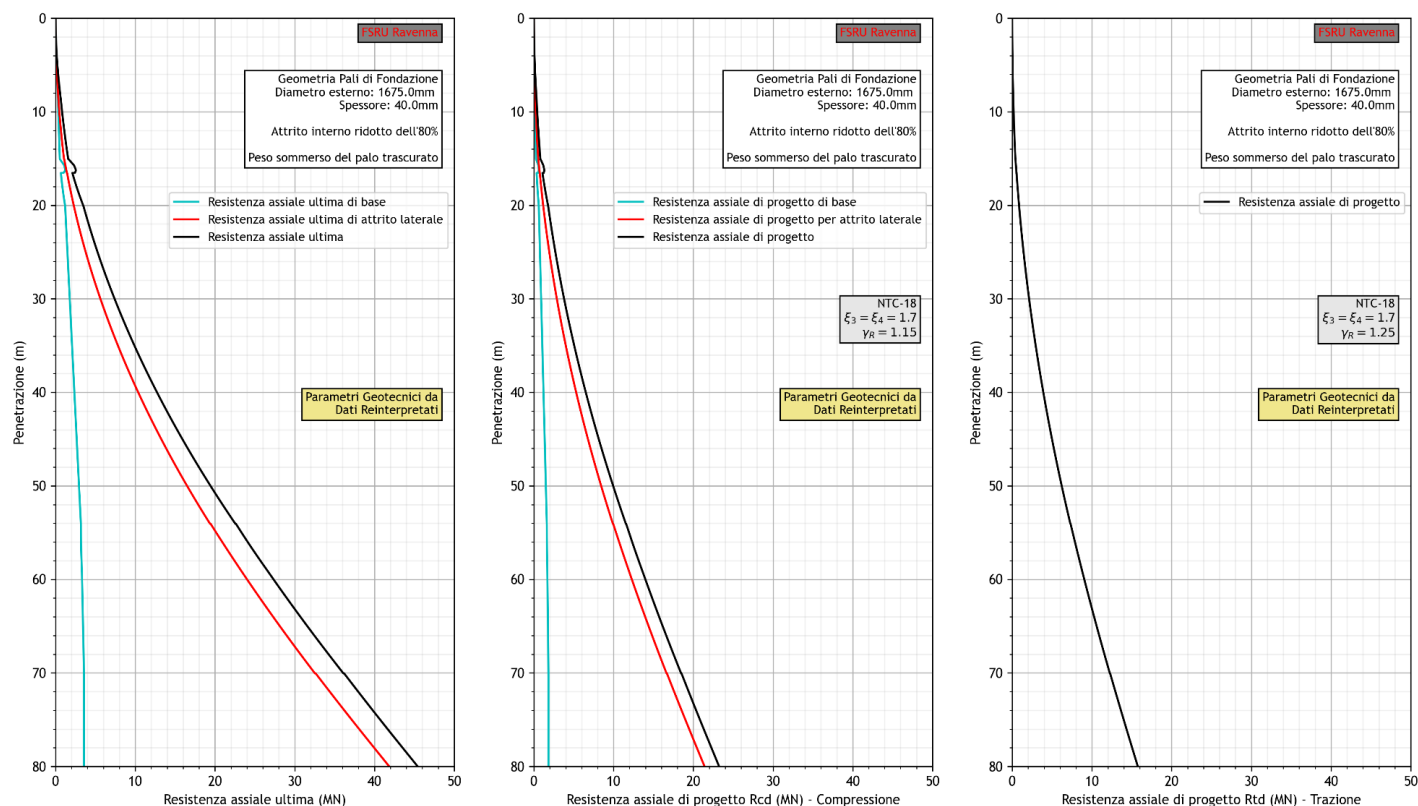


Figura 14 - Pali di fondazione - D=1675mm, s=40mm – Parametri geotecnici re-interpretati. Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 48 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

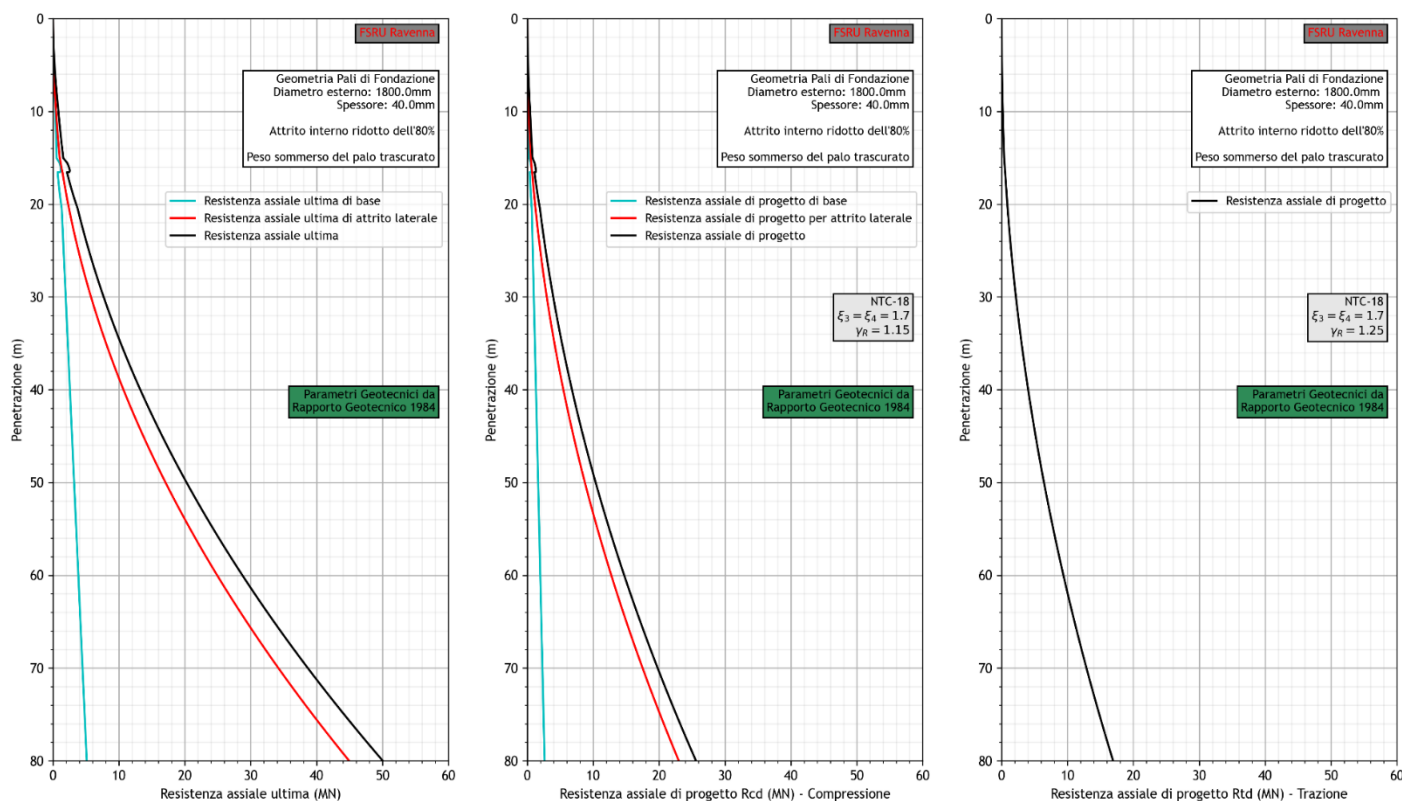


Figura 15 - Pali di fondazione - D=1800mm, s=40mm – Parametri geotecnici da Rapporto Geotecnico del 1994 (Rif. 2.2.1). Pan a) Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 49 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

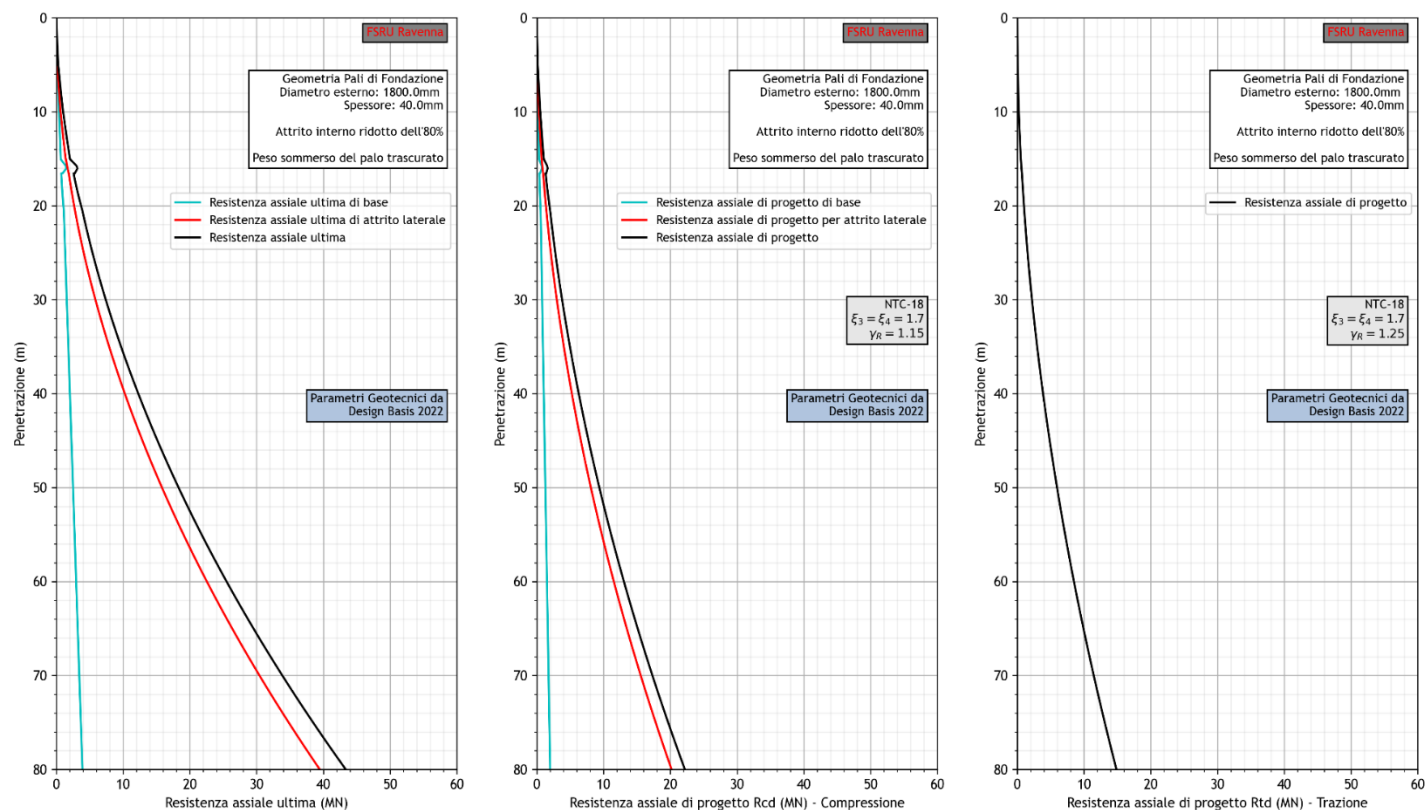


Figura 16 - Pali di fondazione - D=1800mm, s=40mm – Parametri geotecnici da Design Basis 2022 (Rif. 2.2.2). Pan a) Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 50 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

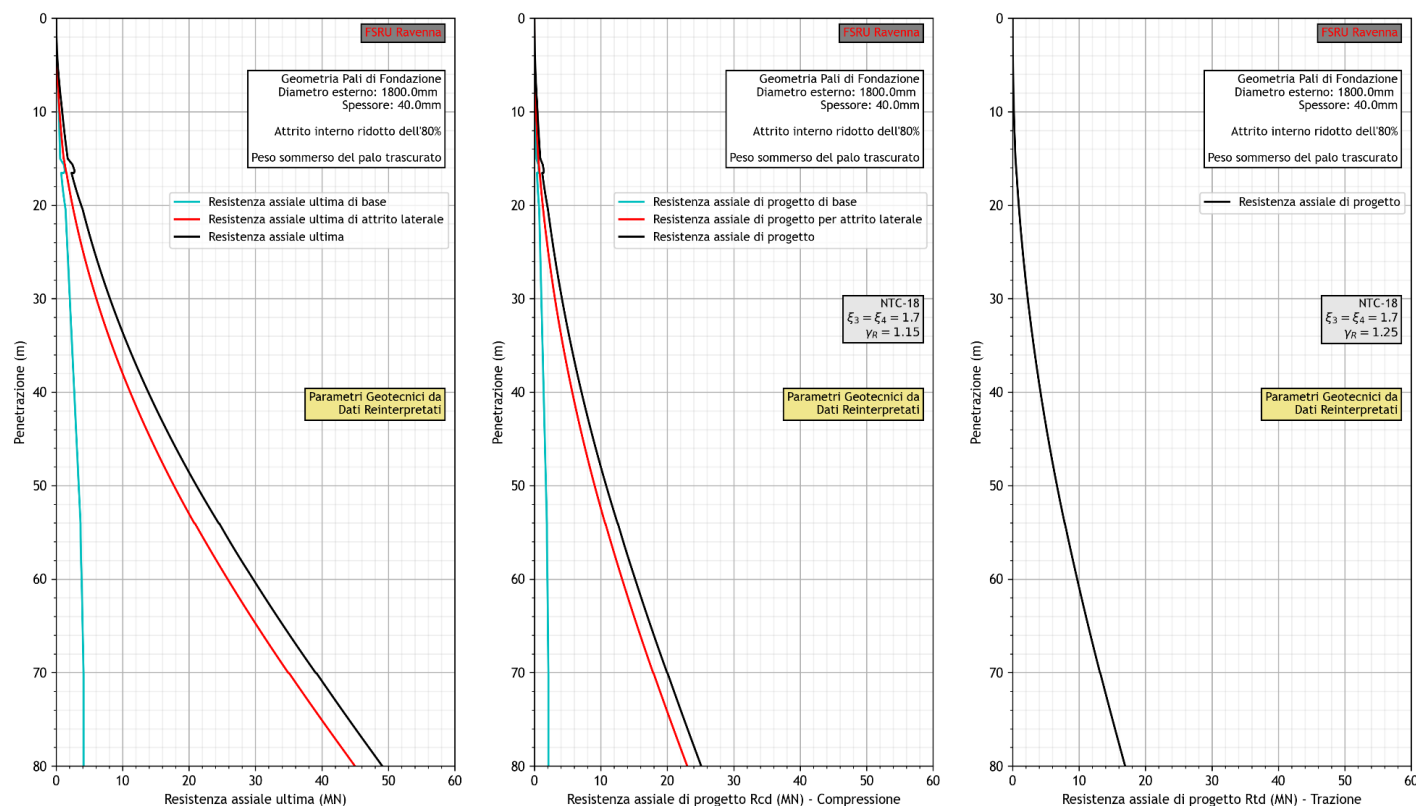


Figura 17 - Pali di fondazione - D=1800mm, s=40mm – Parametri geotecnici re-interpretati. Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 51 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

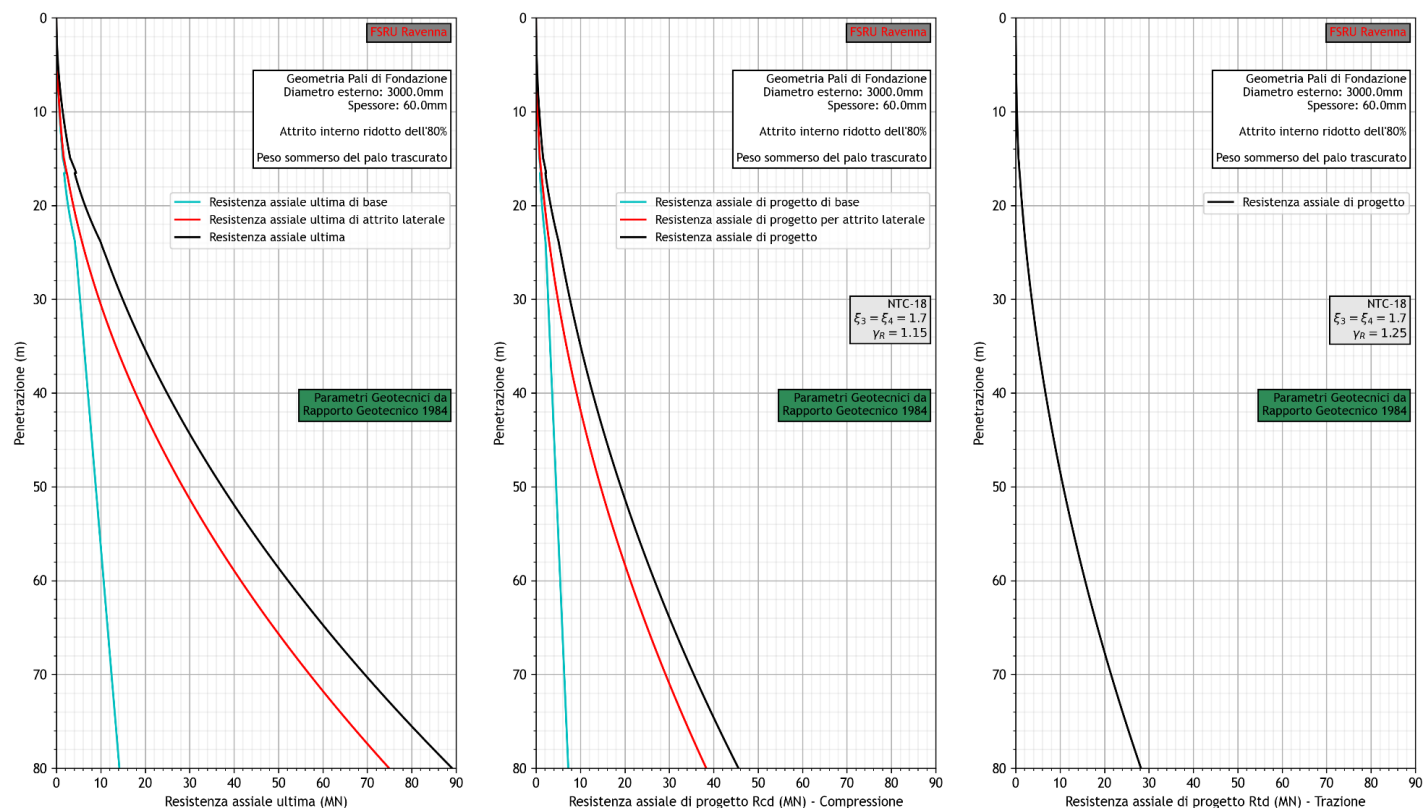


Figura 18 - Pali di fondazione - D=3000mm, s=60mm – Parametri geotecnici da Rapporto Geotecnico del 1994 (Rif. 2.2.1). Pan a) Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 52 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

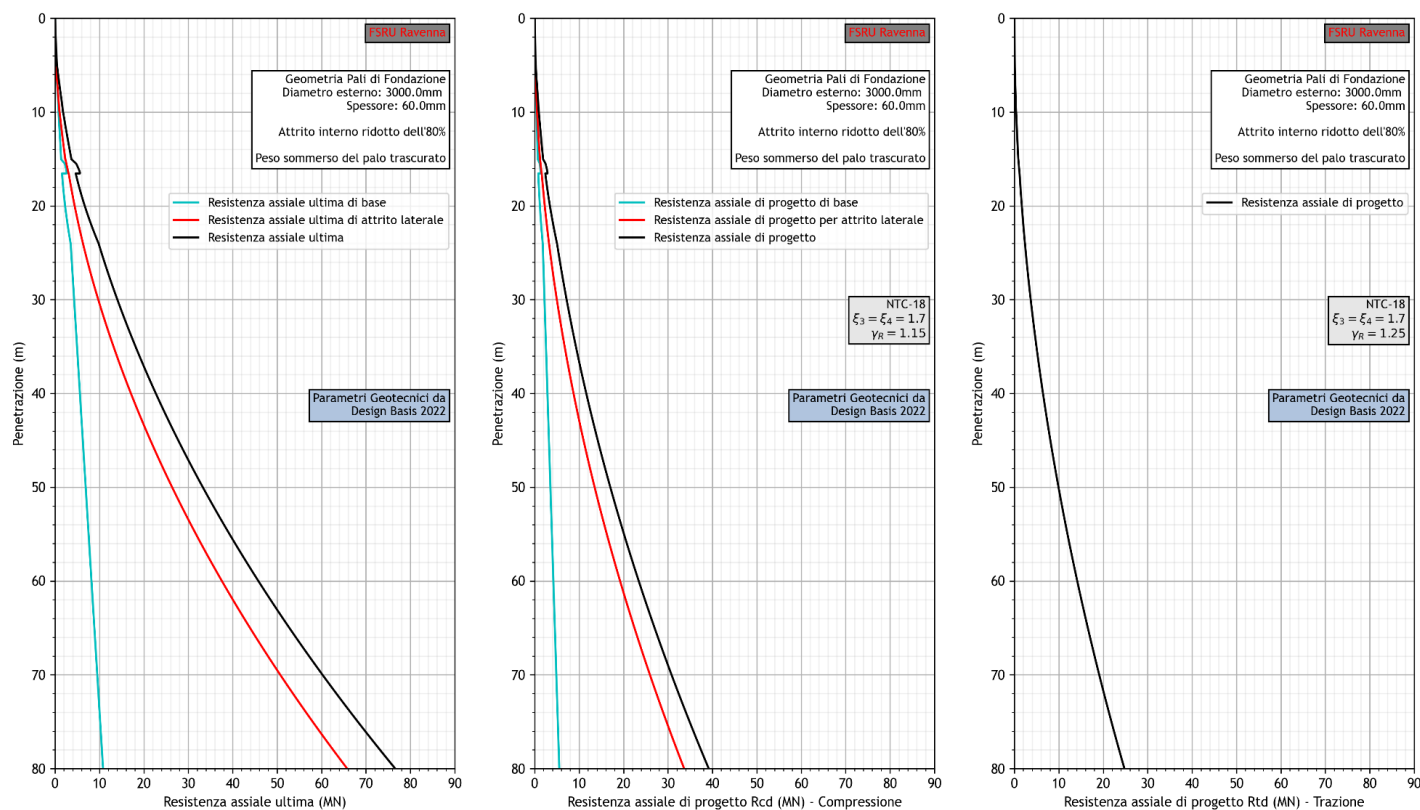


Figura 19 - Pali di fondazione - D=3000mm, s=40mm – Parametri geotecnici da Design Basis 2022 (Rif. 2.2.2). Pan a) Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 53 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

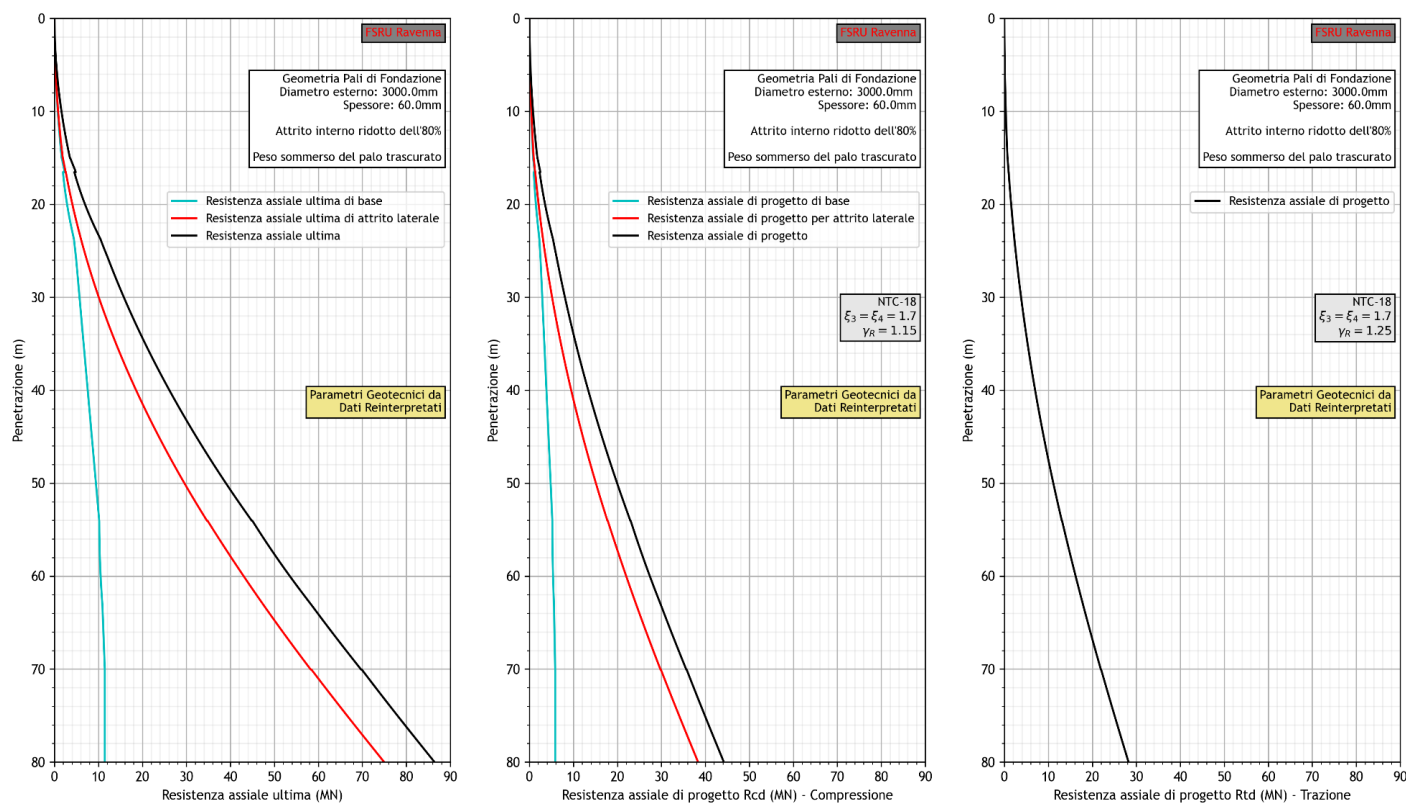


Figura 20 - Pali di fondazione - D=3000mm, s=60mm – Parametri geotecnici re-interpretati. Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 54 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

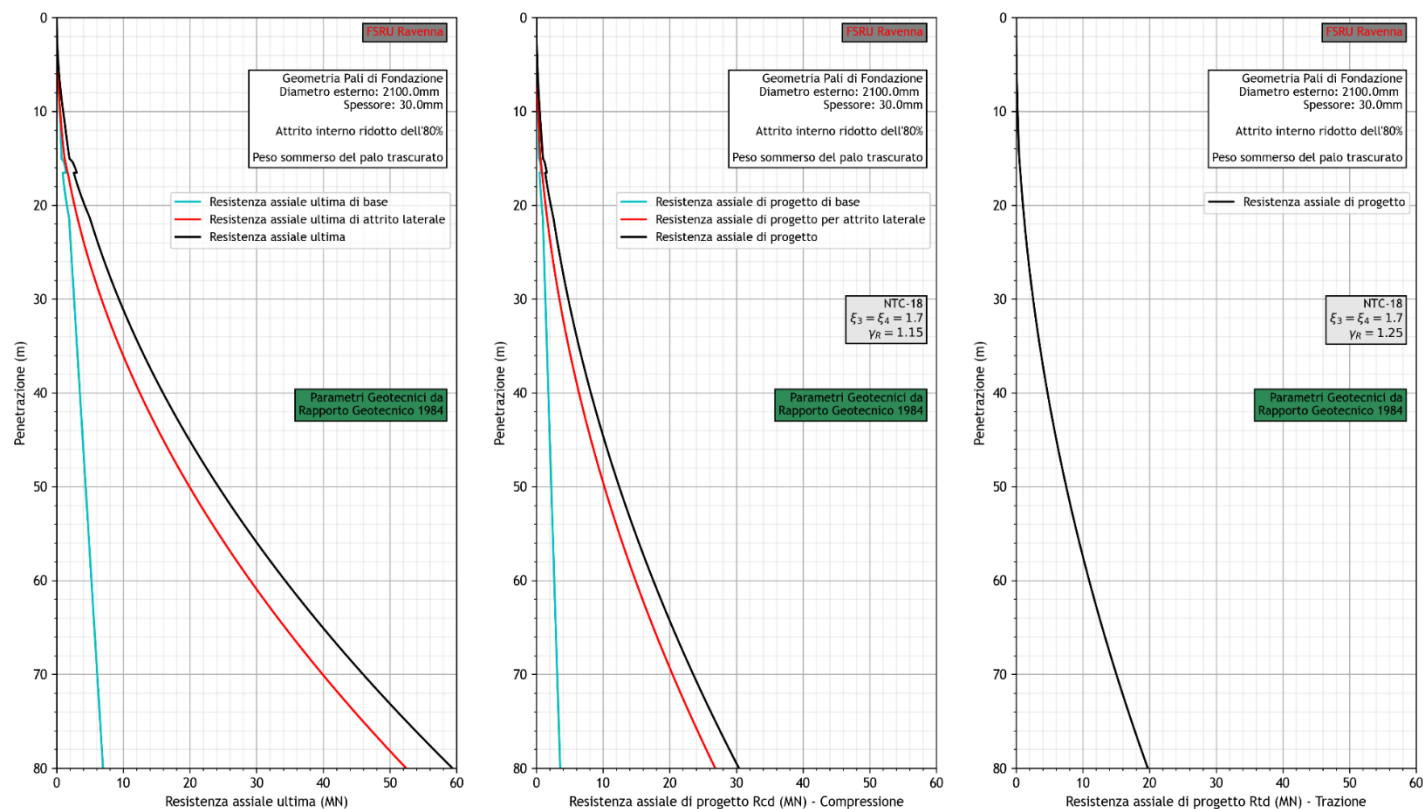


Figura 21 - Pali di fondazione - D=2100mm, s=30mm – Parametri geotecnici da Rapporto Geotecnico del 1994 (Rif. 2.2.1). Pan a) Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 55 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

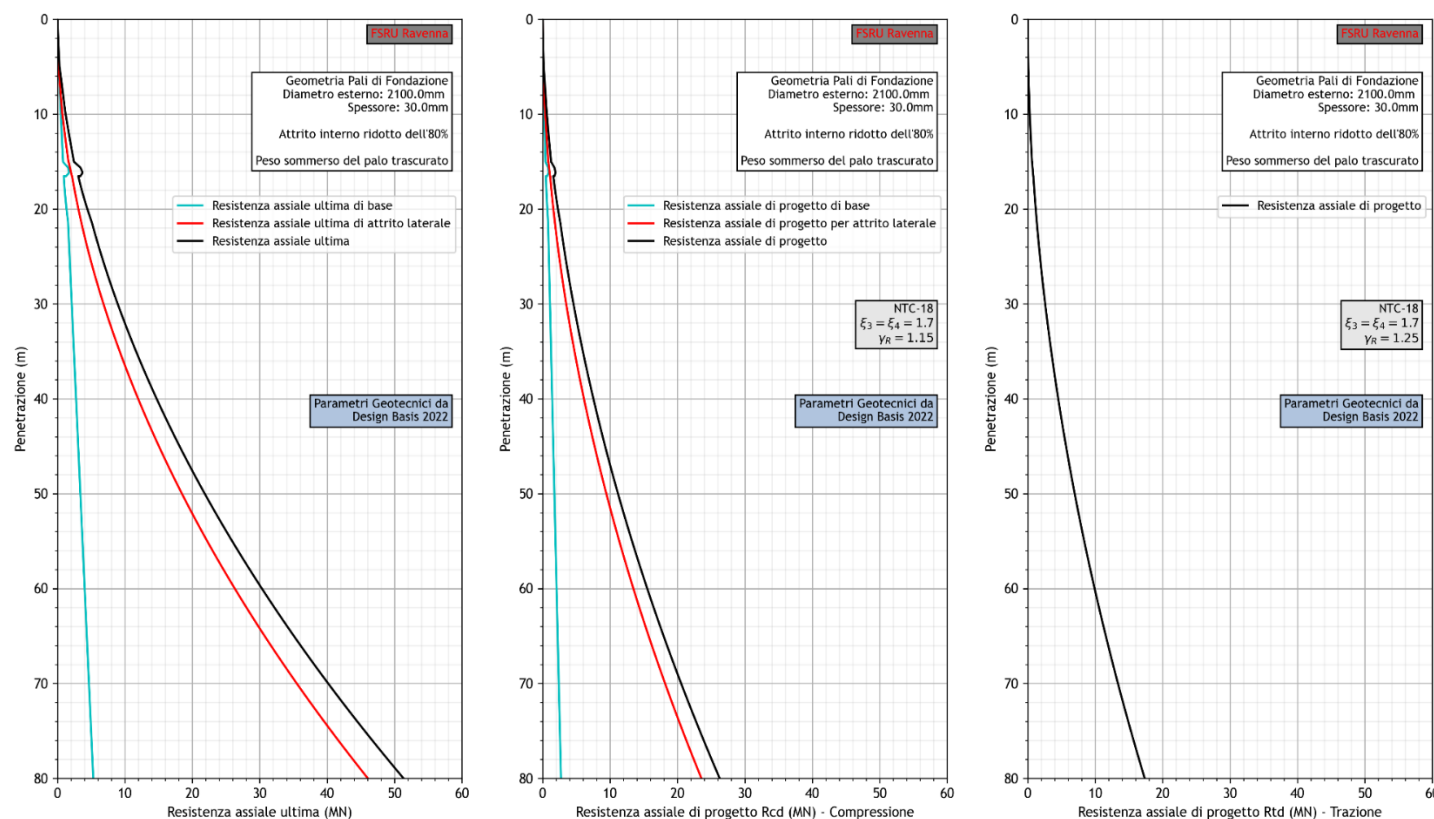


Figura 22 - Pali di fondazione - D=2100mm, s=30mm – Parametri geotecnici da Design Basis 2022 (Rif. 2.2.2). Pan a) Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 56 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

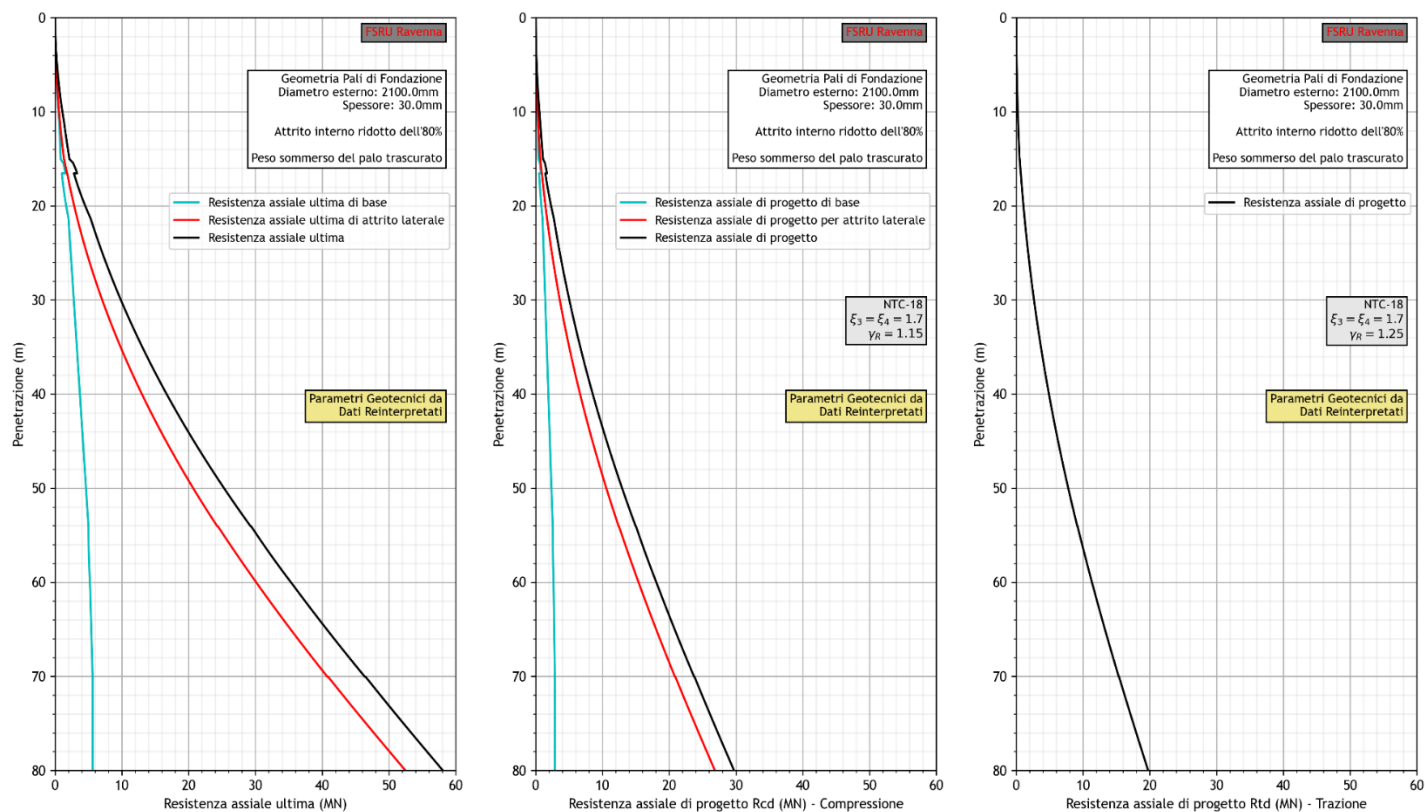


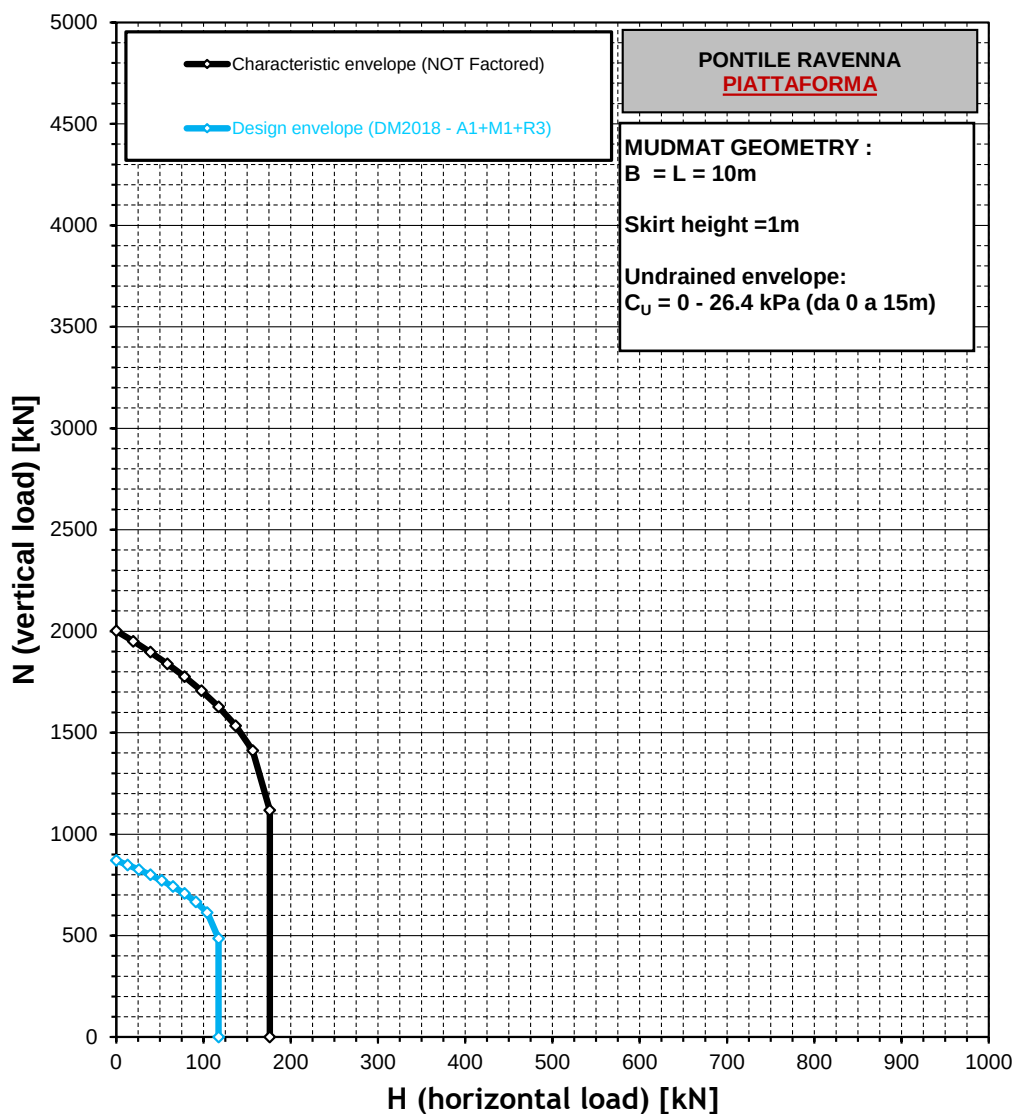
Figura 23 - Pali di fondazione - D=2100mm, s=30mm – Parametri geotecnici re-interpretati. Resistenze Assiali Ultime non fattorizzate. b) Resistenze assiali di Progetto a Compressione e c) a Trazione.

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 57 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500



Failure and allowable envelope are obtained with the following assumptions:

- 1) Vertical load applied in geometric center of Mudmat
- 2) Horizontal load applied in geometric center of Mudmat

Partial factors adopted in accordance with the recommendation DM2018 §6.4.2:

Bearing capacity: $\gamma_R = 2.30$;
Resistance to sliding: $\gamma_R = 1.50$ (increased respect to 1.1 suggested by DM2018).
COMBINATION: A1+M1+R3

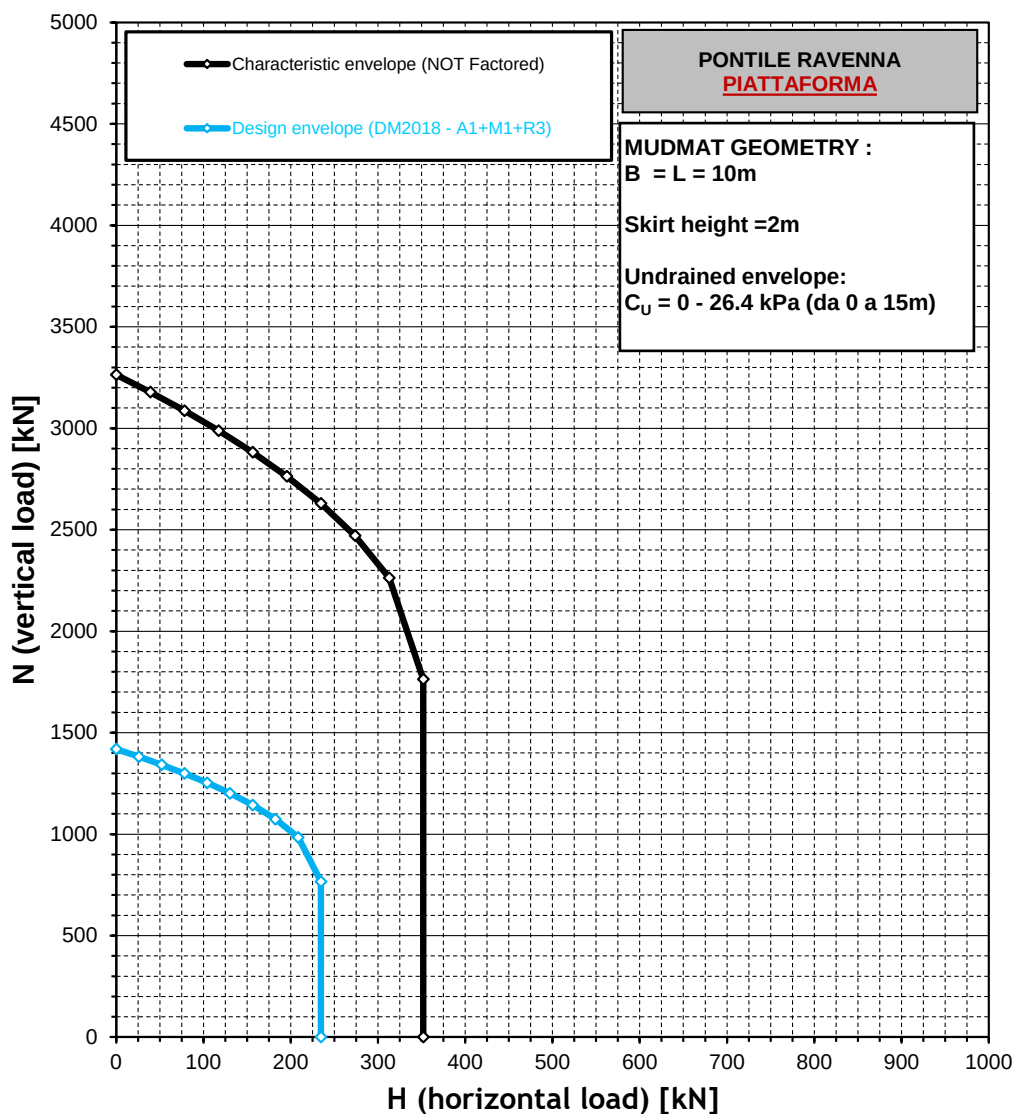
Figura 24 – Domini di resistenza ultima e di progetto per fondazioni temporanee; geometria mudmat: 10m × 10m con gonfe di profondità 1.0m

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 58 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500



Failure and allowable envelope are obtained with the following assumptions:

- 1) Vertical load applied in geometric center of Mudmat
- 2) Horizontal load applied in geometric center of Mudmat

Partial factors adopted in accordance with the recommendation DM2018 §6.4.2:

Bearing capacity: $\gamma_R = 2.30$;
Resistance to sliding: $\gamma_R = 1.50$ (increased respect to 1.1 suggested by DM2018).
COMBINATION: A1+M1+R3

Figura 25 – Domini di resistenza ultima e di progetto per fondazioni temporanee; geometria mudmat: 10m × 10m con gonfe di profondità 2.0m

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICA con ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 59 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

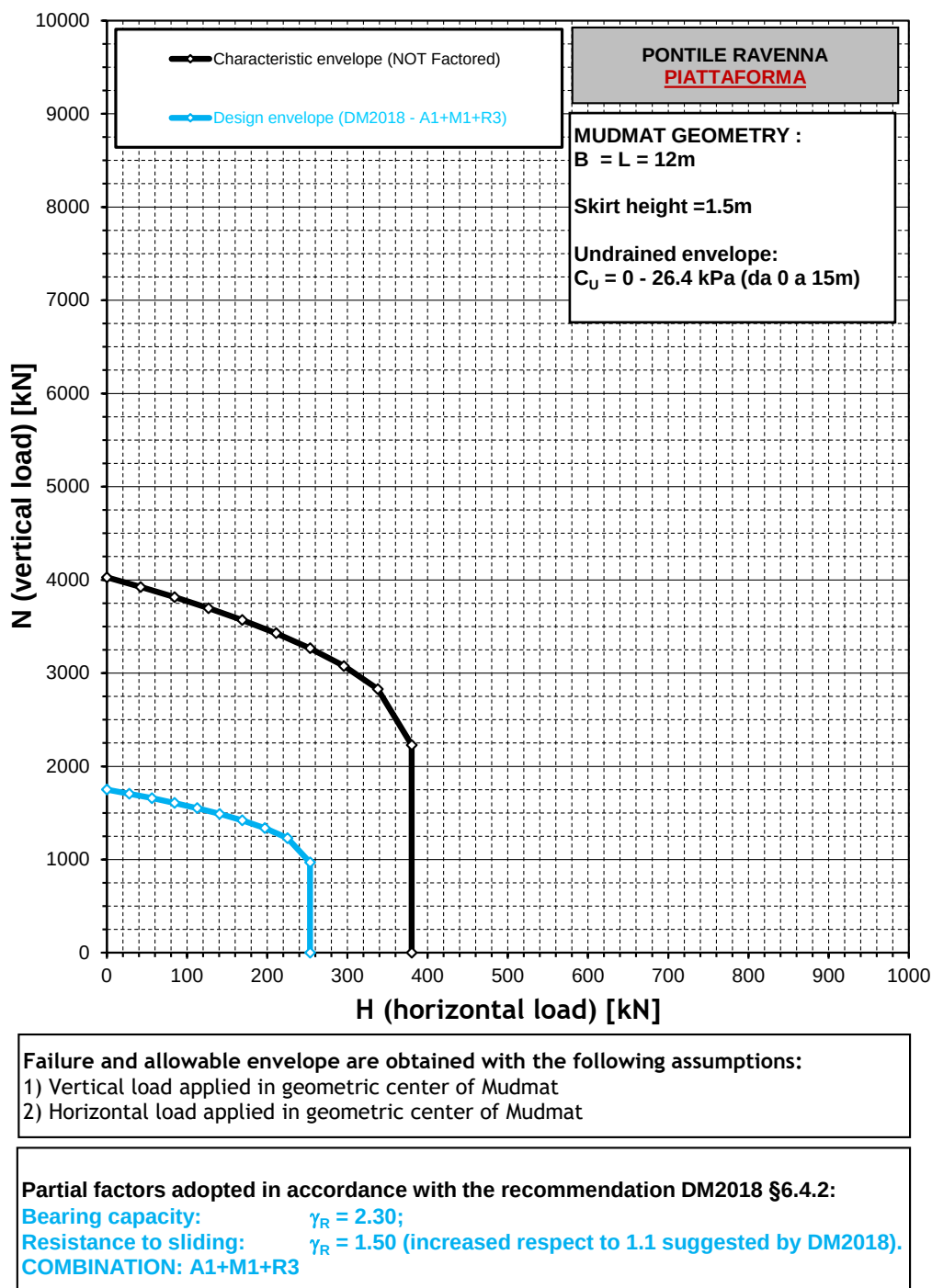


Figura 26 – Domini di resistenza ultima e di progetto per fondazioni temporanee; geometria mudmat: 12m × 12m con gonfe di profondità 1.5m

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 60 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

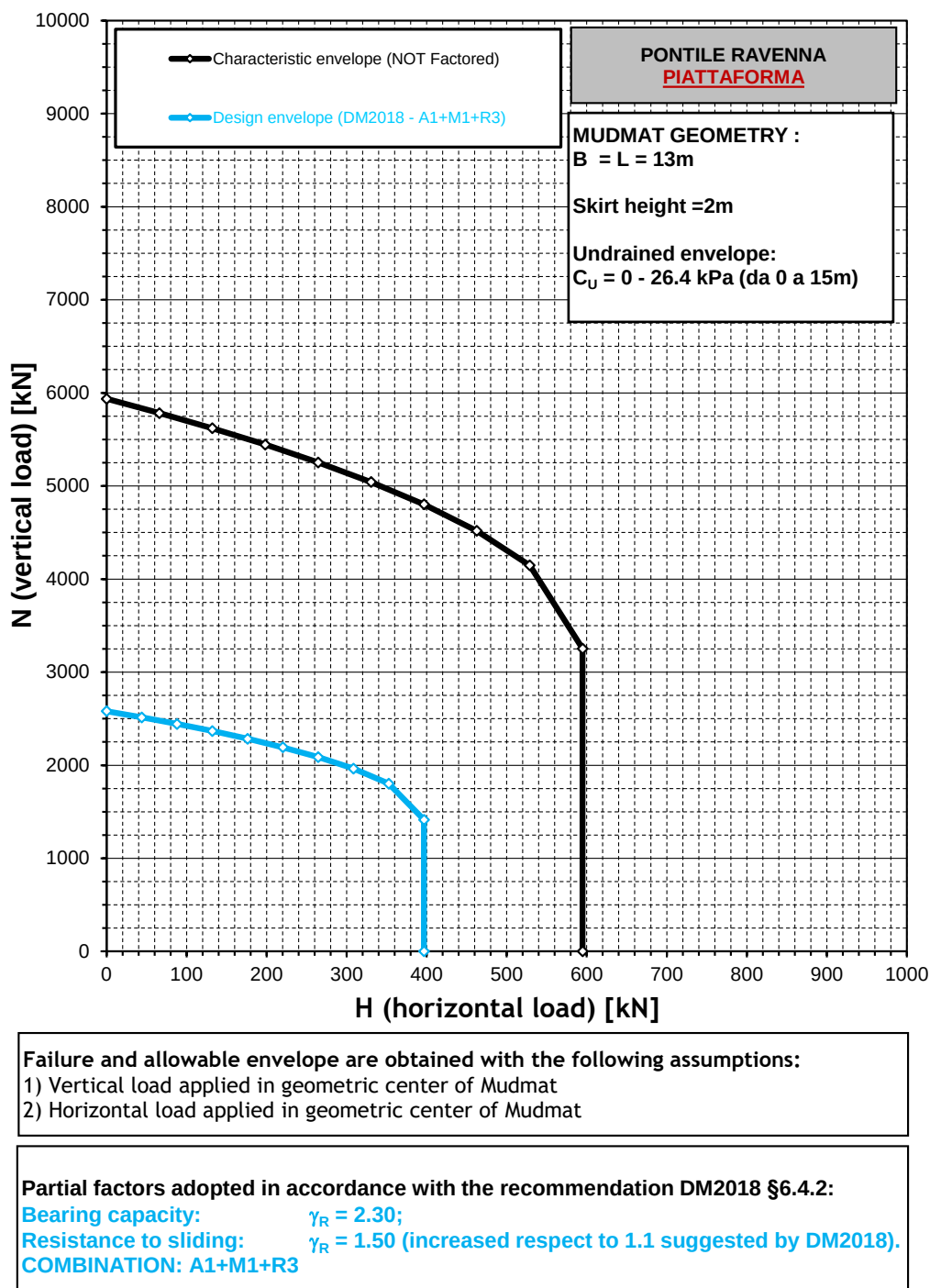


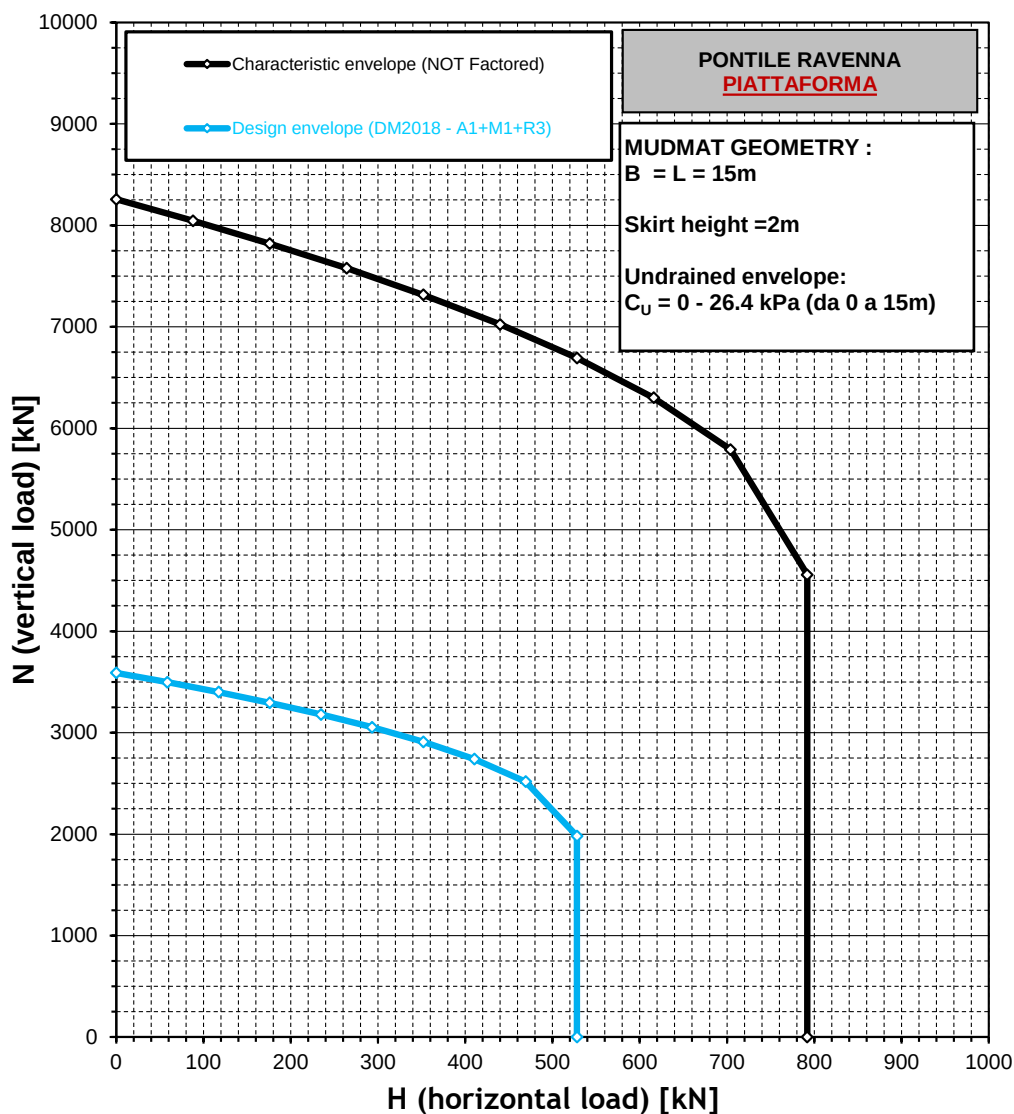
Figura 27 – Domini di resistenza ultima e di progetto per fondazioni temporanee; geometria mudmat: 13m × 13m con gonfe di profondità 2.0m

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 61 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500



Failure and allowable envelope are obtained with the following assumptions:

- 1) Vertical load applied in geometric center of Mudmat
- 2) Horizontal load applied in geometric center of Mudmat

Partial factors adopted in accordance with the recommendation DM2018 §6.4.2:

Bearing capacity: $\gamma_R = 2.30$;
Resistance to sliding: $\gamma_R = 1.50$ (increased respect to 1.1 suggested by DM2018).
COMBINATION: A1+M1+R3

Figura 28 – Domini di resistenza ultima e di progetto per fondazioni temporanee; geometria mudmat: 15m × 15m con gonfe di profondità 2.0m

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

File dati: 0001-CI-E-012500_B - RELAZIONE GEOTECNICAcon ADDENDUM.docx

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 62 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

Decorso del cedimento nel tempo

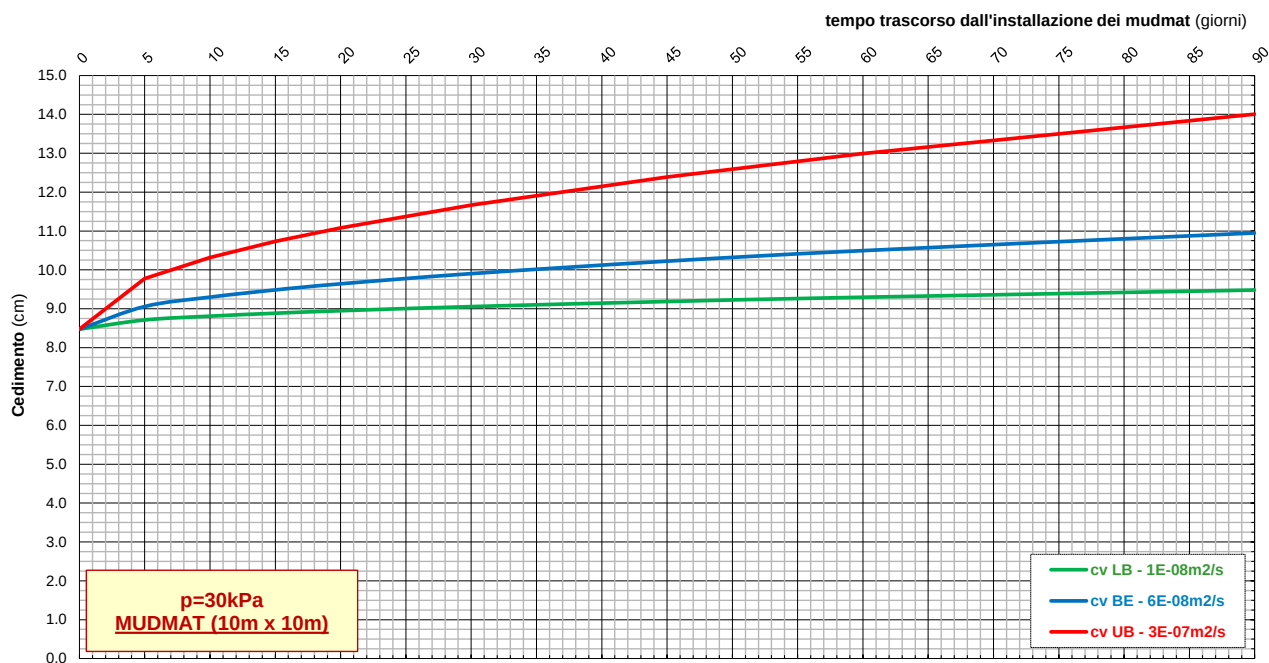


Figura 29 – Decorso atteso dei cedimenti nel tempo al seguito dell'installazione della piattaforma su fondazioni temporanee (mudmat 10m × 10m, p=30kPa)

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 63 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

APPENDICE I

FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

Aggiornamento del profilo geotecnico di progetto sulla base delle prove penetrometriche statiche CPT eseguite nel 2024 e calcolo della capacità portante di progetto

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 64 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

1. Caratterizzazione geotecnica del sito

1.1 Descrizione della nuova campagna di indagini

Nel febbraio 2024 è stata condotta una campagna di indagini finalizzata a caratterizzare la successione litostratigrafica e le caratteristiche geomeccaniche dei terreni presenti nell'area in studio. I risultati preliminari di tali indagini (attualmente principalmente i risultati delle prove CPT) sono stati considerati per aggiornare le curve di capacità assiale dei pali.

In dettaglio, è stata prevista l'esecuzione delle seguenti prove:

- N°1 sondaggio geognostico verticale a carotaggio continuo, di lunghezza pari a 60.0m (S16);
- N°1 sondaggio geognostico verticale a carotaggio continuo, di lunghezza pari a 61.5m (S21);
- N°1 sondaggio geognostico verticale a carotaggio continuo, di lunghezza pari a 84.5m (S20);
- N°1 sondaggio geognostico verticale a carotaggio continuo, di lunghezza pari a 90.0m (S18);
- N°1 sondaggio geognostico verticale a carotaggio continuo, di lunghezza pari a 90.2m (S23);
- N°5 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU16, CPTU18, CPTU20, CPTU23, CPTULN);
- N°1 prove penetrometriche statiche con sismocono nell'area di interesse (SCPTU17);
- N°2 prove penetrometriche statiche con sismocono leggermente dislocate dall'area di interesse (SCPT09, SCPT12).

Di seguito vengono riportate le tabelle riassuntive che dettagliano la posizione e le profondità indagate dalle diverse prove.

Prova	WGS84 Lat	WGS84 Lon	Profondità fondale da pontone (m)	Elevazione pontone (m m.s.l.)	Elevazione fondale (m m.s.l.)	Profondità indagine (m)
S16	44.46606734	12.39909383	17.9	3.4	-14.5	60.0
S18	44.46477785	12.39909249	17.0	3.0	-14.0	90.0
S20	44.46443427	12.39879622	17.5	3.4	-14.1	84.5
S21	44.46311944	12.39894444	17.5	3.7	-13.8	61.5
S23	44.46182778	12.39774167	17.7	3.4	-14.3	90.2

Tabella 8 - Posizione dei sondaggi e profondità indagate.

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 65 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

Prova	WGS84 Lat	WGS84 Lon	Profondità fondale da pontone (m)	Elevazione pontone (m m.s.l.)	Elevazione fondale (m m.s.l.)	Profondità indagine (m)
CPTU16	44.466098	12.399082	17.3	3.5	-13.8	60.1
CPTU18	44.464797	12.399028	17.4	3.7	-13.7	67.1
CPTU20	44.46446559	12.3988005	17.5	3.5	-14.0	77.2
CPTU23	44.46184566	12.39769893	17.7	3.4	-14.3	59.7
CPTULN	44.46478532	12.39794771	19.4	3.4	-16.0	74.3

Tabella 9 - Posizione delle prove CPTu e profondità indagate

Prova	WGS84 Lat	WGS84 Lon	Profondità fondale da pontone (m)	Elevazione pontone (m m.s.l.)	Elevazione fondale (m m.s.l.)	Profondità indagine (m)
SCPT09	44.466082	12.400709	17.0	2.7	-14.3	30.2
SCPT12	44.46306184	12.39996771	17.4	3.3	-14.1	32.2
SCPT17	44.4651533	12.39905825	17.5	3.5	-14.0	47.7

Tabella 10 - Posizione delle prove SCPTu e profondità indagate

	 SAIPER  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 66 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

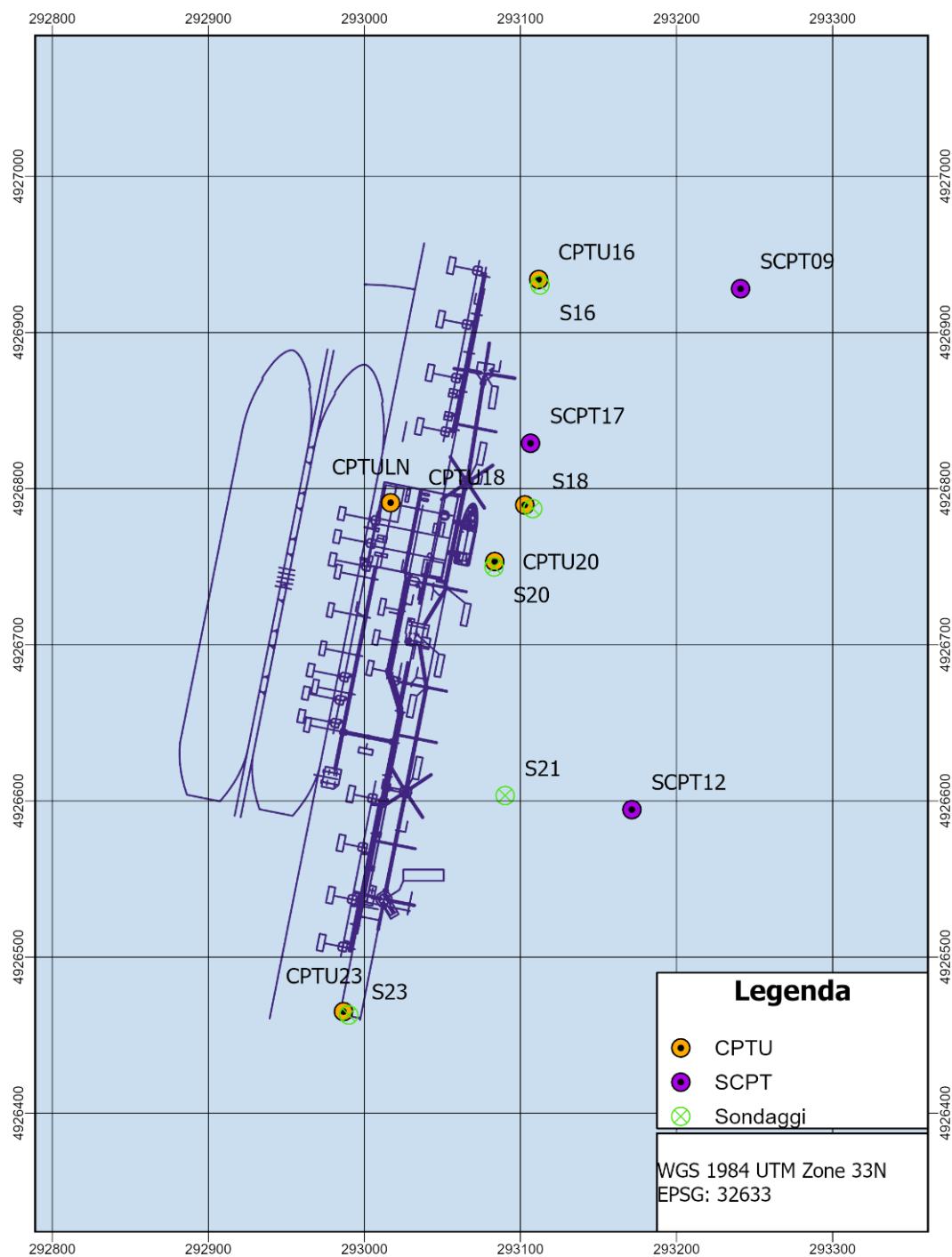


Figura 30 – Posizionamento dei sondaggi, delle prove CPTu e delle prove SCPTu

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 67 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

1.1.1 Procedura interpretativa delle prove

Le prove penetrometriche statiche CPTu e SCPTu sono state interpretate utilizzando l'approccio "classico" proposto da Robertson (Rif. 2.3.12) al fine di discriminare, attraverso la valutazione del "Soil Behaviour Type Index" (I_c), i materiali granulari da quelli coesivi.

Grandezza	Simbolo	Unità	Autori	Anno	Formula
Resistenza non drenata per terreni coesivi	S_u	kPa	Rad, Lunne	1988	$S_u = \frac{q_{net}}{N_{kt}}$
Densità relativa per sabbie asciutte e sature	D_r	%	Jamiolkowski, Lo Presti, Manassero	2003	$D_{r,dry} = \frac{1}{2.96} \ln \left(\frac{\left(\frac{q_c}{P_a} \right)}{24.94 \left(\frac{\sigma'_m}{P_a} \right)^{0.46}} \right) \cdot 100$ $D_{r,sat} = \left(1 + \frac{-1.87 + 2.32 \ln \left(\frac{q_c}{\sqrt{P_a + \sigma'_v}} \right)}{100} \right) \cdot D_{r,dry}$
Angolo di resistenza al taglio di picco per sabbie fini	ϕ'_p	°	Schmertmann	1977	$\phi'_p = 28.0 + 0.14 \cdot D_{r,sat}$

Tabella 11 - Correlazioni utilizzate nell'interpretazione delle prove statiche CPTu e SCPTu

1.1.1.1 Terreni granulari

I risultati raccolti all'interno dei materiali granulari sono stati innanzitutto interpretati in termini di densità relativa (D_r), in accordo alla formulazione proposta da Jamiolkowski et al (Rif. 2.3.10). L'angolo di resistenza al taglio di picco (ϕ'_p) per i materiali granulari è stato quindi calcolato a partire dalle densità relative sopra ottenute, attraverso la formula di Schmertmann (Rif. 2.3.11) applicabile alle sabbie fini. In Tabella 11 sono riportate le formule utilizzate nell'interpretazione.

1.1.1.2 Terreni coesivi

La resistenza al taglio non drenata (S_u) per i limi e le argille investigate in sito è stata valutata a partire dalle misure delle prove penetrometriche statiche adottando la correlazione standard proposta da Rad e Lunne (Rif. 2.3.9), nella quale N_k è un coefficiente empirico, assunto in modo conservativo pari a 20. Tale valore sarà poi possibile verificarlo attraverso le prove di laboratorio che risultano attualmente in corso.

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 68 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

1.1.2 Risultati dell'interpretazione

In questa sezione vengono riportate le grandezze di base fornite come risultato delle prove, ovvero la resistenza alla punta del cono, q_c , la resistenza laterale, f_s , e la pressione dell'acqua alla spalla del cono, u_2 . Tenendo conto dell'*area ratio* fornito, pari a 0.66, è stato possibile correggere la resistenza alla punta per l'effetto della u_2 , definendo la resistenza alla punta corretta, q_t . Infine, il rapporto percentuale tra la f_s e la q_t , definito come R_f , è stato calcolato.

Ai fini di aggiornare i profili di calcolo da utilizzare nella definizione delle curve di capacità portante, si è proceduto ad un'interpretazione statistica di alcune delle grandezze calcolate, ai fini di visualizzarne l'andamento medio e la variazione standard. Questo è stato fatto, ad esempio, nel caso dell'indice I_c , per determinare in modo quantitativo la possibile presenza di strati granulari, generalmente di spessore ridotto e posizione variabile nell'area in studio (Figura 35).

	 SAIPER  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 69 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

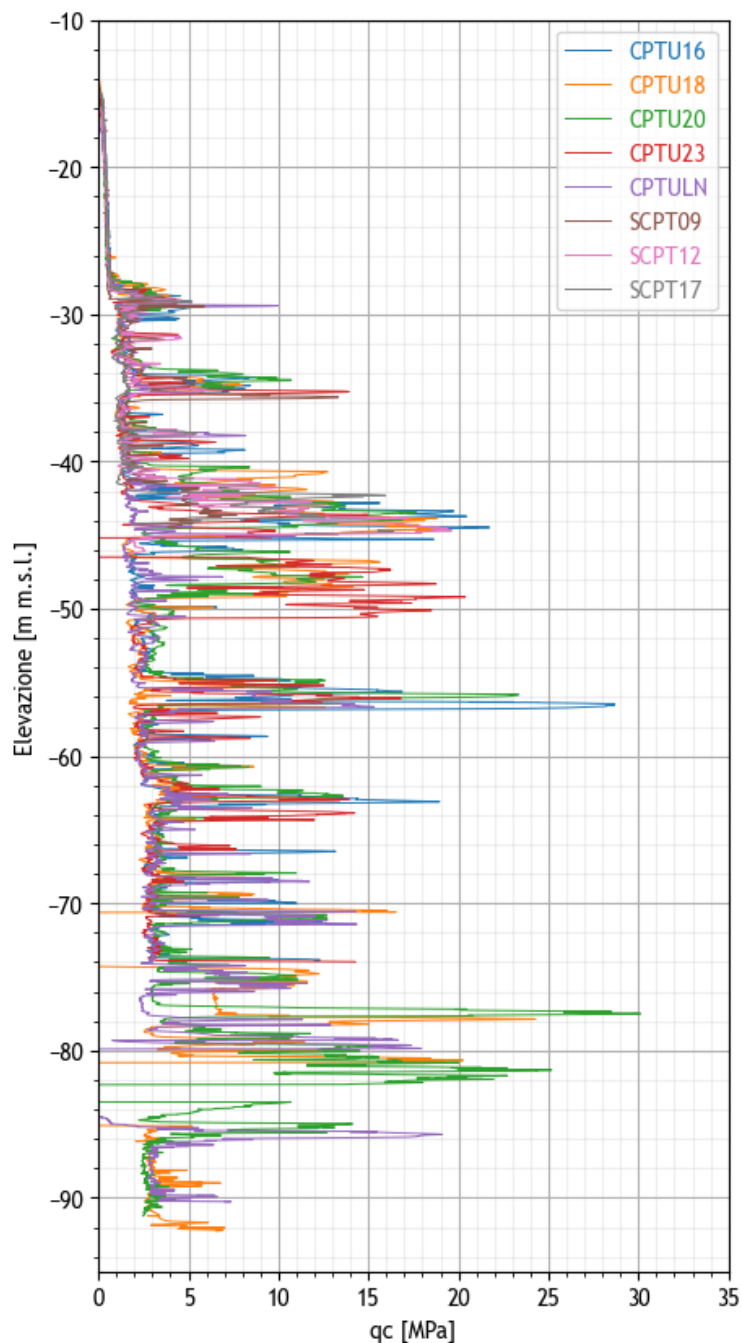


Figura 31 – Resistenza alla punta del cono, q_c

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 70 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

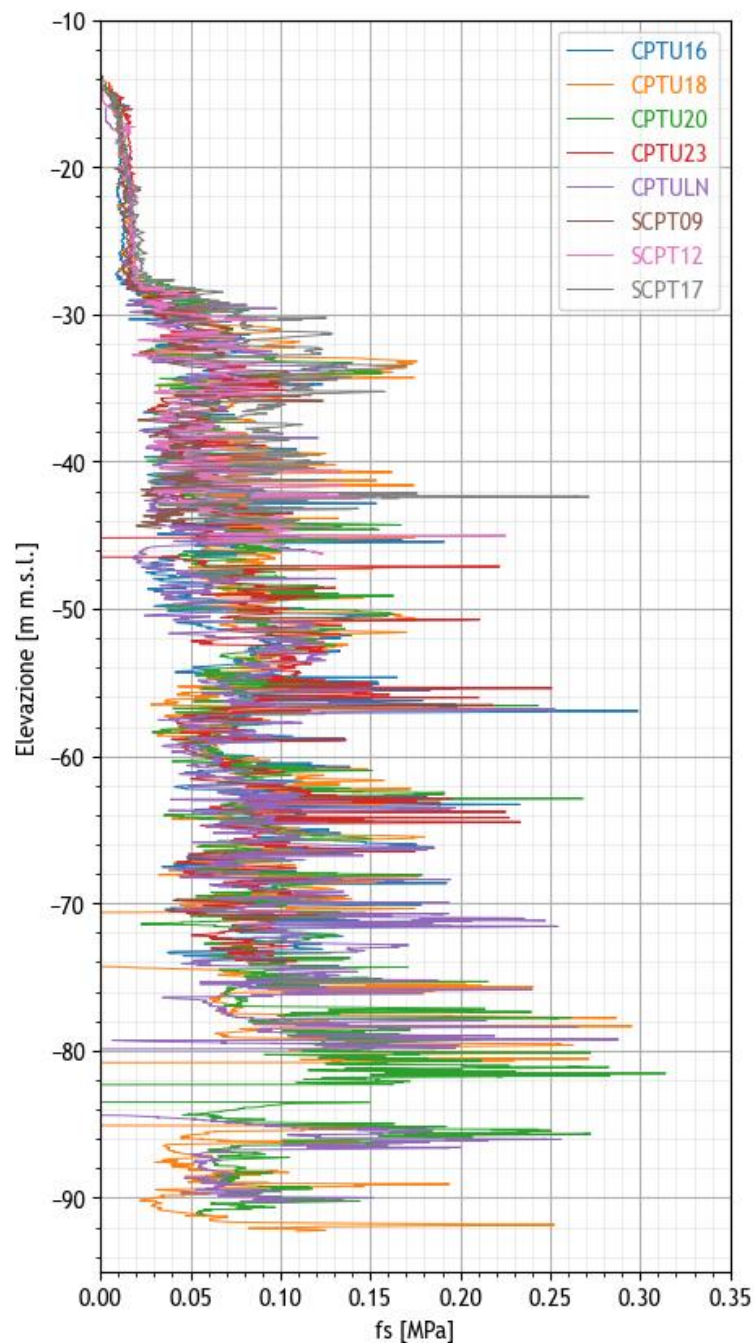


Figura 32 - Resistenza laterale, f_s

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 71 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

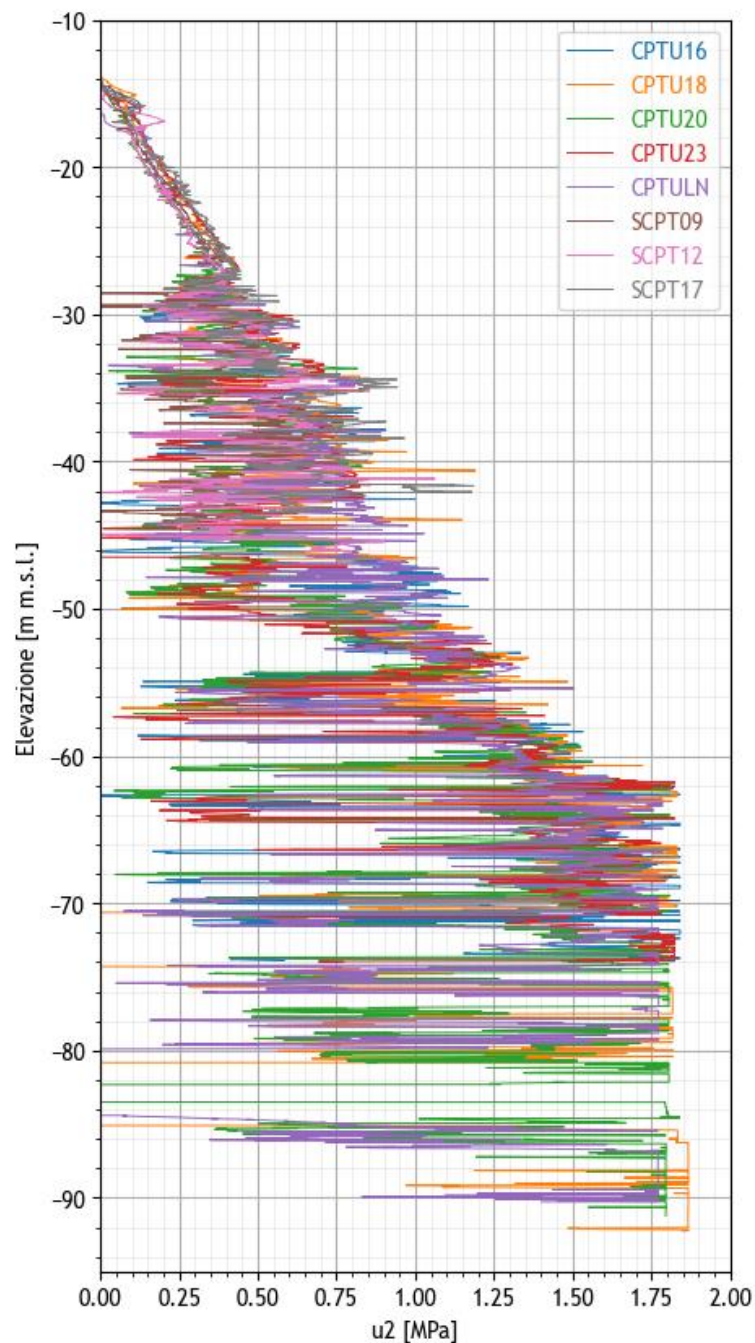


Figura 33 - Pressione dell'acqua alla spalla del cono, u_2

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 72 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

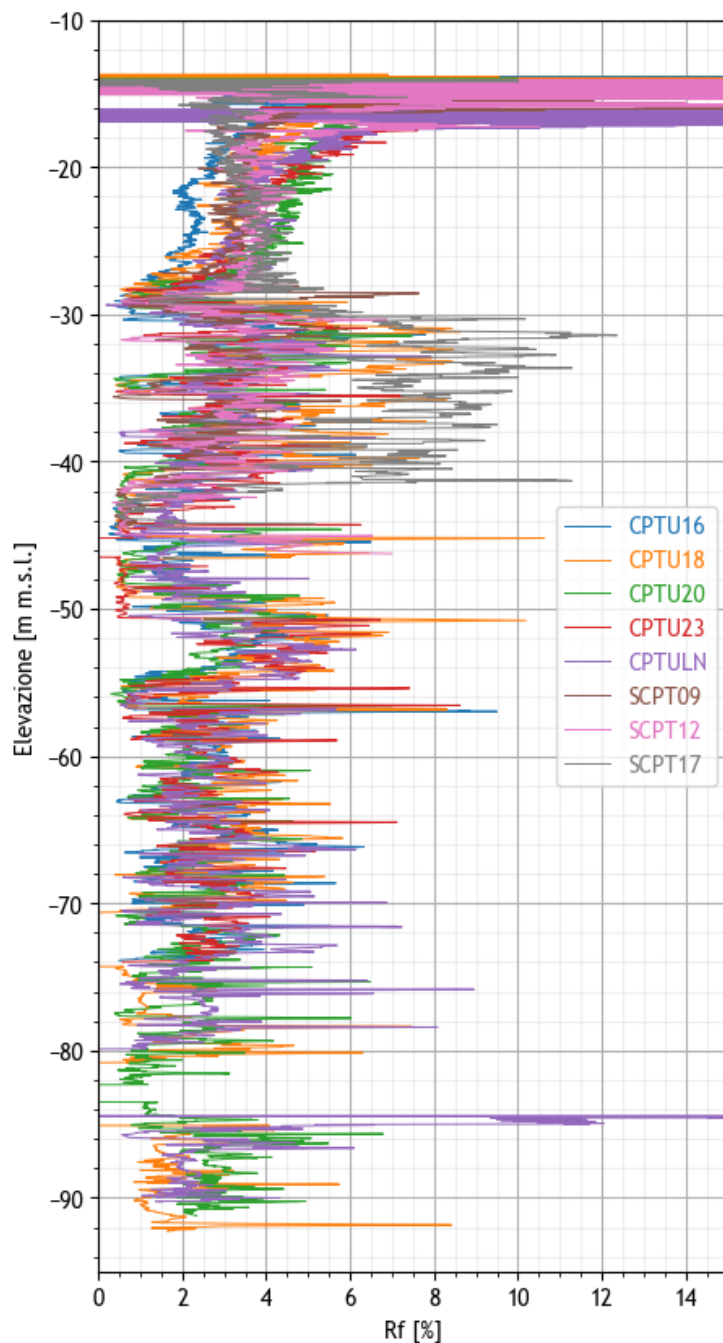


Figura 34 - Rapporto tra la resistenza laterale e la resistenza in punta corretta, R_f

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 73 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

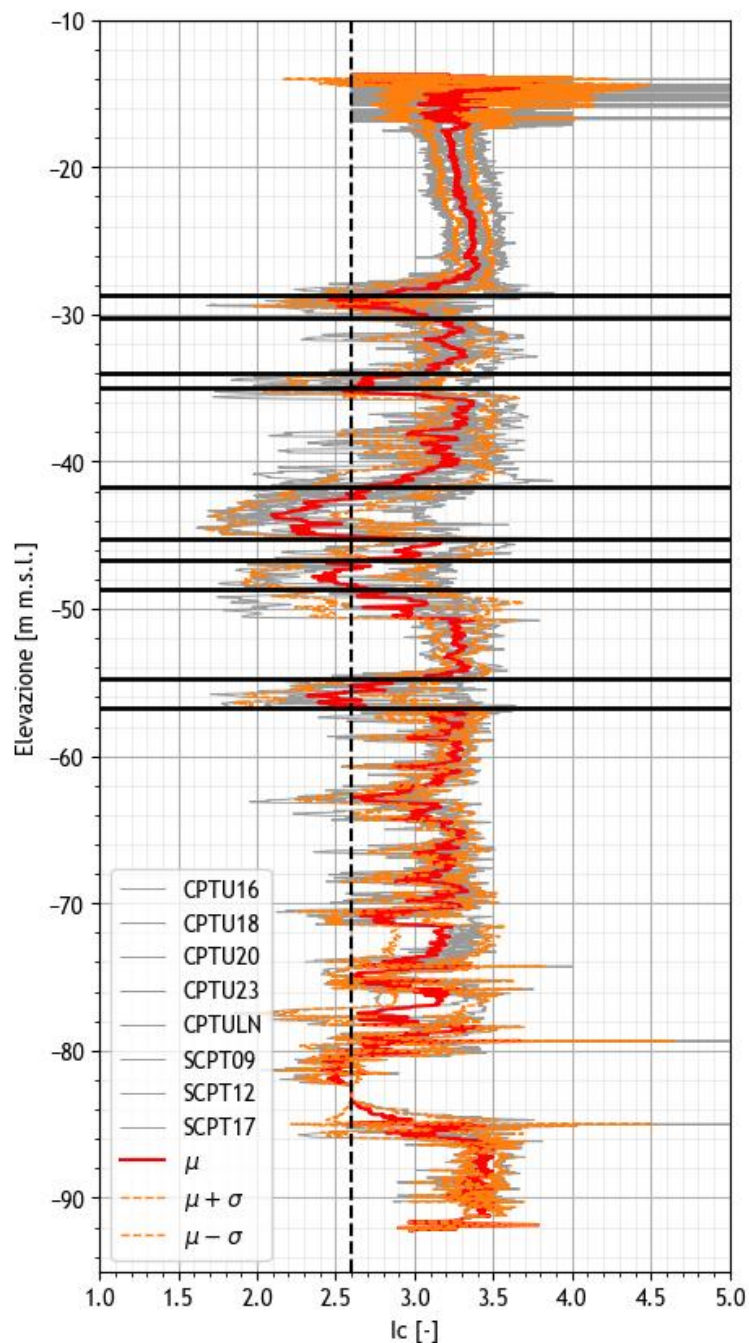


Figura 35 - Soil Behaviour Type Index - I_c , da Robertson and Write (Rif. 2.3.12)

	 SAIPER  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 74 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

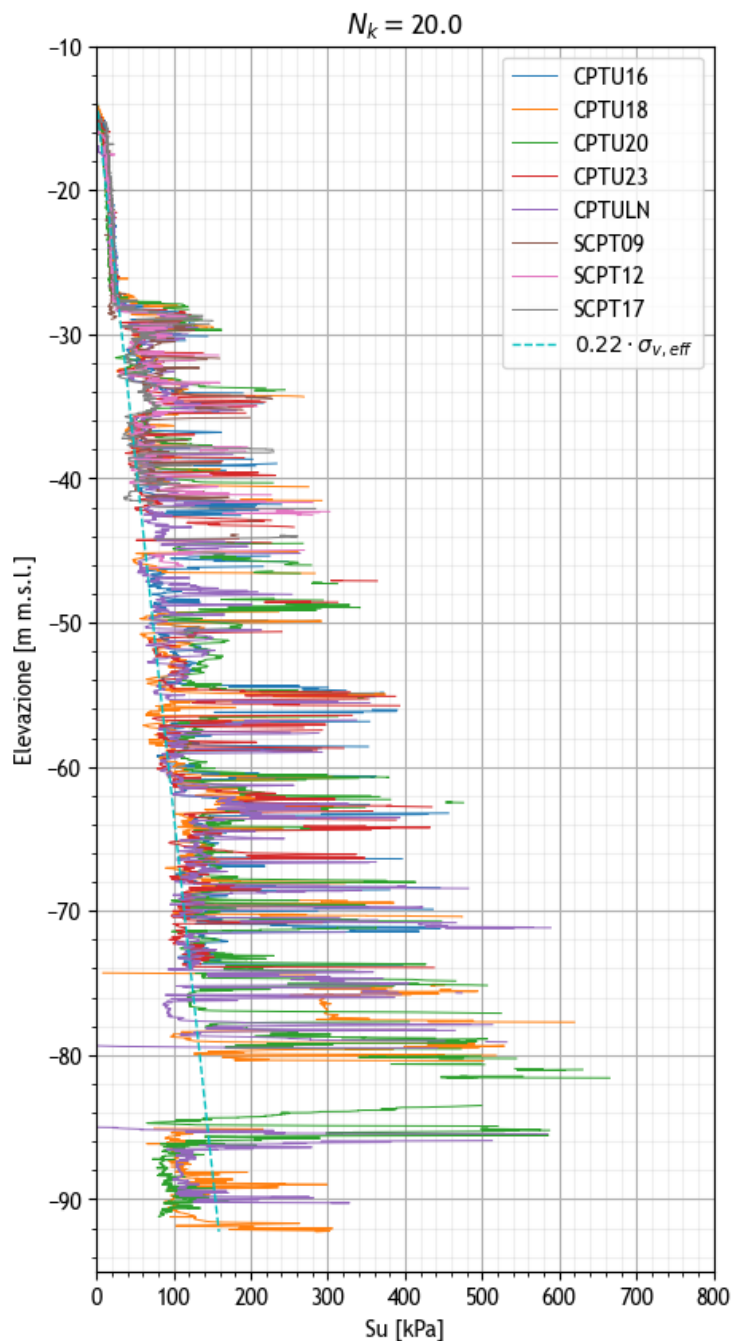


Figura 36 - Resistenza non drenata per i materiali coesivi, $N_k = 20$

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 75 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

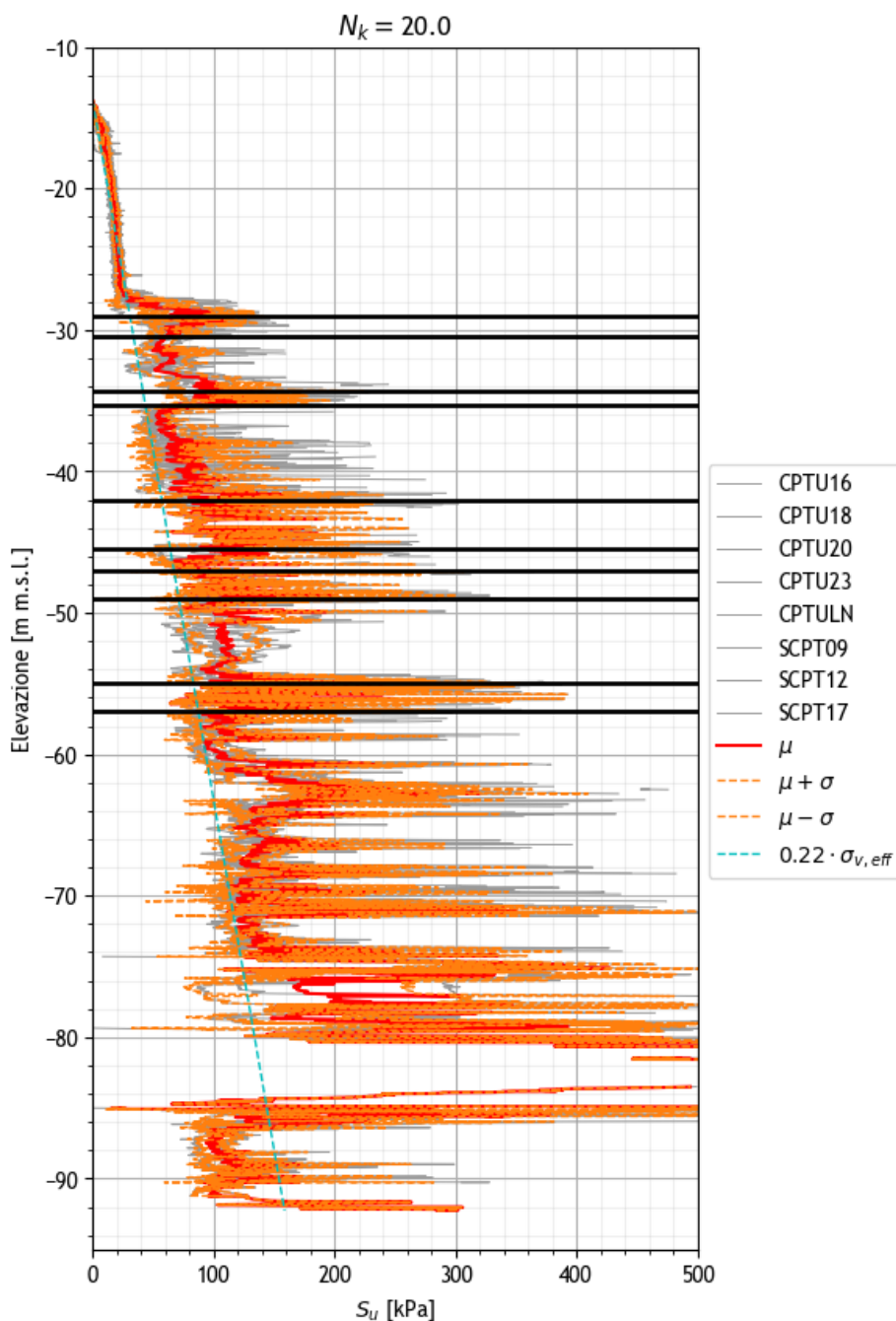


Figura 37 - Media e deviazione standard della resistenza non drenata per i materiali coesivi ($N_k = 20$)

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 76 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

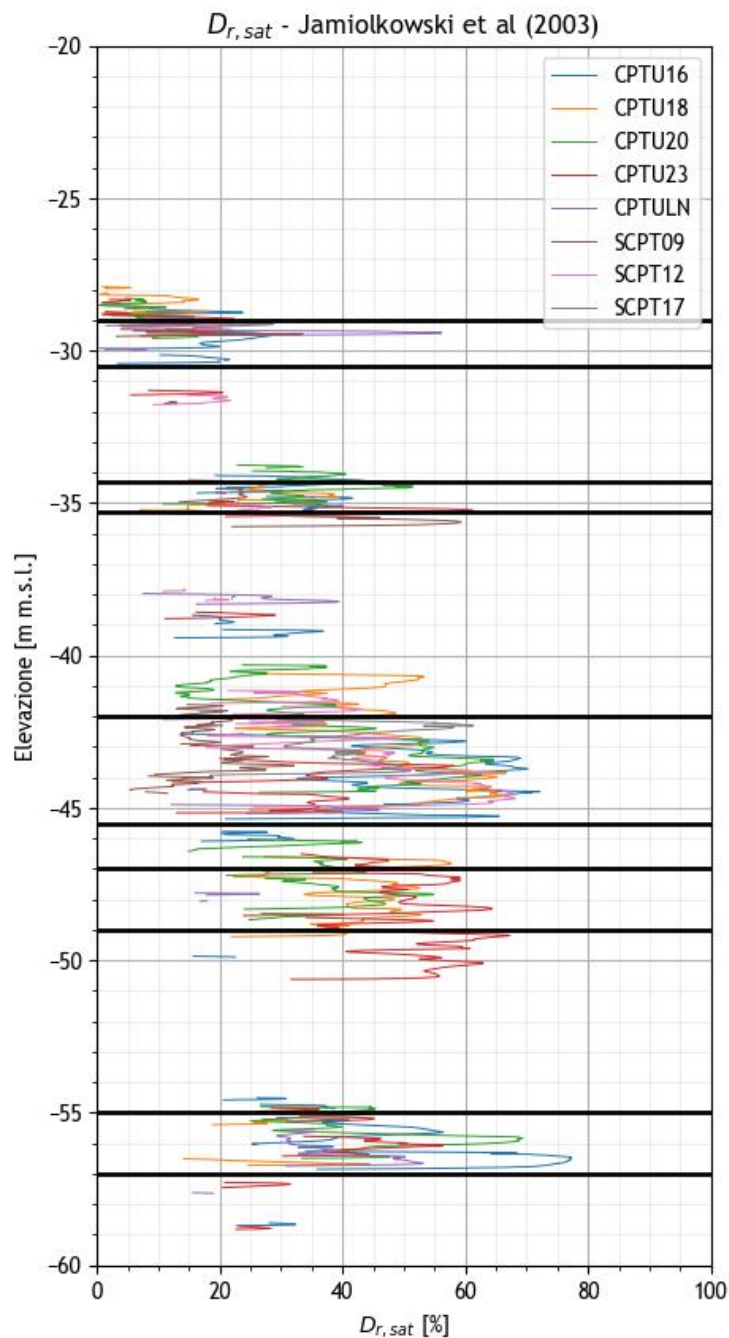


Figura 38 - Densità relativa per materiali granulari saturi, secondo Jamiolkowski et al. (Rif 2.3.10)

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 77 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

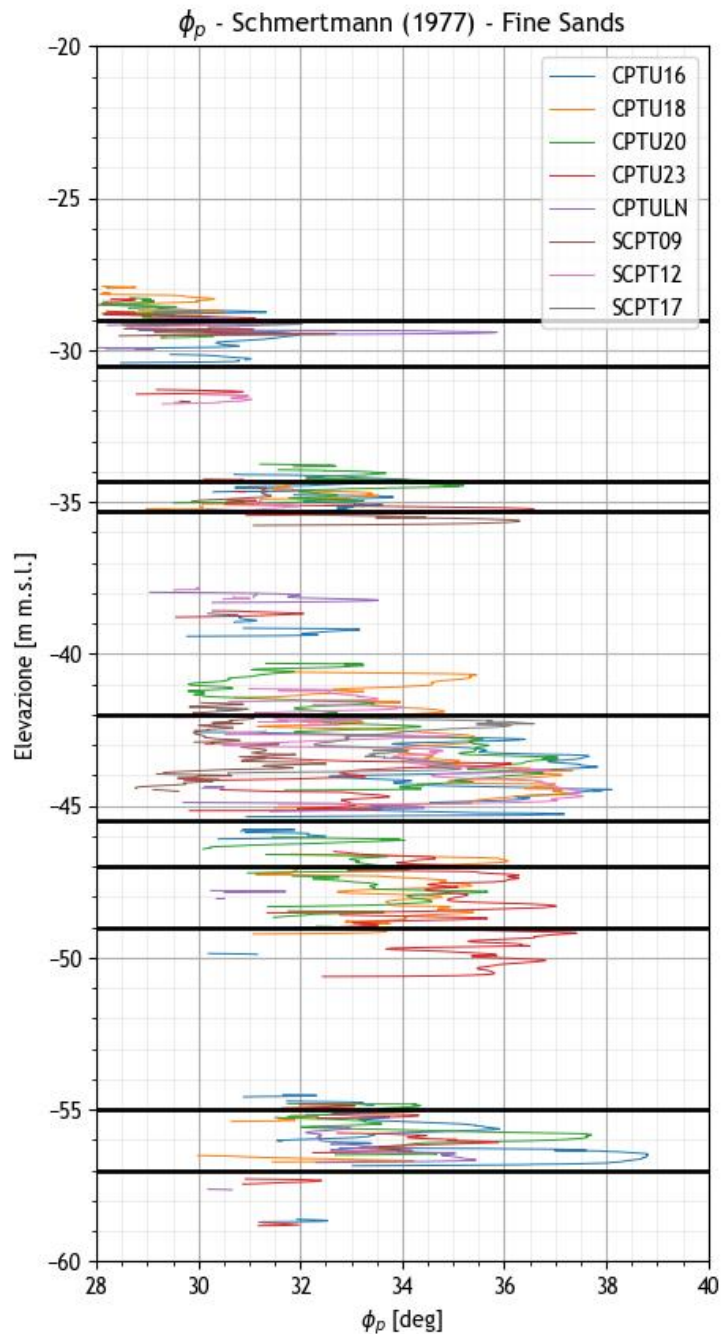


Figura 39 - Angolo d'attrito di picco per i materiali granulari (sabbie fini), Schmertmann (Rif. 2.3.11)

	 SAIPER  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 78 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

1.1.3 Modello geotecnico aggiornato sulla base dei risultati

Sulla base dell'interpretazione delle prove penetrometriche statiche ad oggi disponibili, è stato formulato un nuovo modello geotecnico di progetto, riportato di seguito in Tabella 12. In Figura 40 e Figura 41 sono invece riportati i valori di resistenza scelti in termini di resistenza al taglio non drenata e angolo di attrito rispettivamente. Si noti che in mancanza dei risultati delle prove di laboratorio (attualmente in corso) l'andamento delle resistenze al taglio non drenate è stato scelto in modo ragionevolmente conservativo.

Profondità da fondo mare (m)		Descrizione	γ'	S_u (kPa)		ϕ'
Da	A	-	(kN/m ³)	Da	A	(°)
0	5	Limo - depositi normalconsolidati	8	5.80	5.80	-
5	10			18.00	18.00	
10	15			29.00	29.00	
15	16.5	Sabbie fini limose	8.5	-		28
16.5	20.3	Limi argillosi	9.5	40.00	47.78	-
20.3	21.3	Sabbie fini limose	9.5	-		30
21.3	28	Limi argillosi	9.5	49.83	63.54	-
28	31.5	Sabbie fini limose	9.5	-		31
31.5	33	Limi argillosi	9.5	70.71	73.78	-
33	35	Sabbie fini limose	9.5	-		32
35	41	Limi argillosi	9.5	77.87	90.16	-
41	43	Sabbie fini limose	9.5	-		32
43	54	Limi argillosi	9.5	94.25	116.77	-
54	70	Limi argillosi	9.5	116.77	149.53	
70	80	Limi argillosi organici	9.5	100.00	100.00	

γ' : Peso di volume sommerso

S_u : Resistenza non drenata

ϕ' : Angolo di resistenza al taglio

Tabella 12 - Modello geotecnico di progetto riformulato sulla base delle nuove prove penetrometriche statiche condotte nel 2024

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 79 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

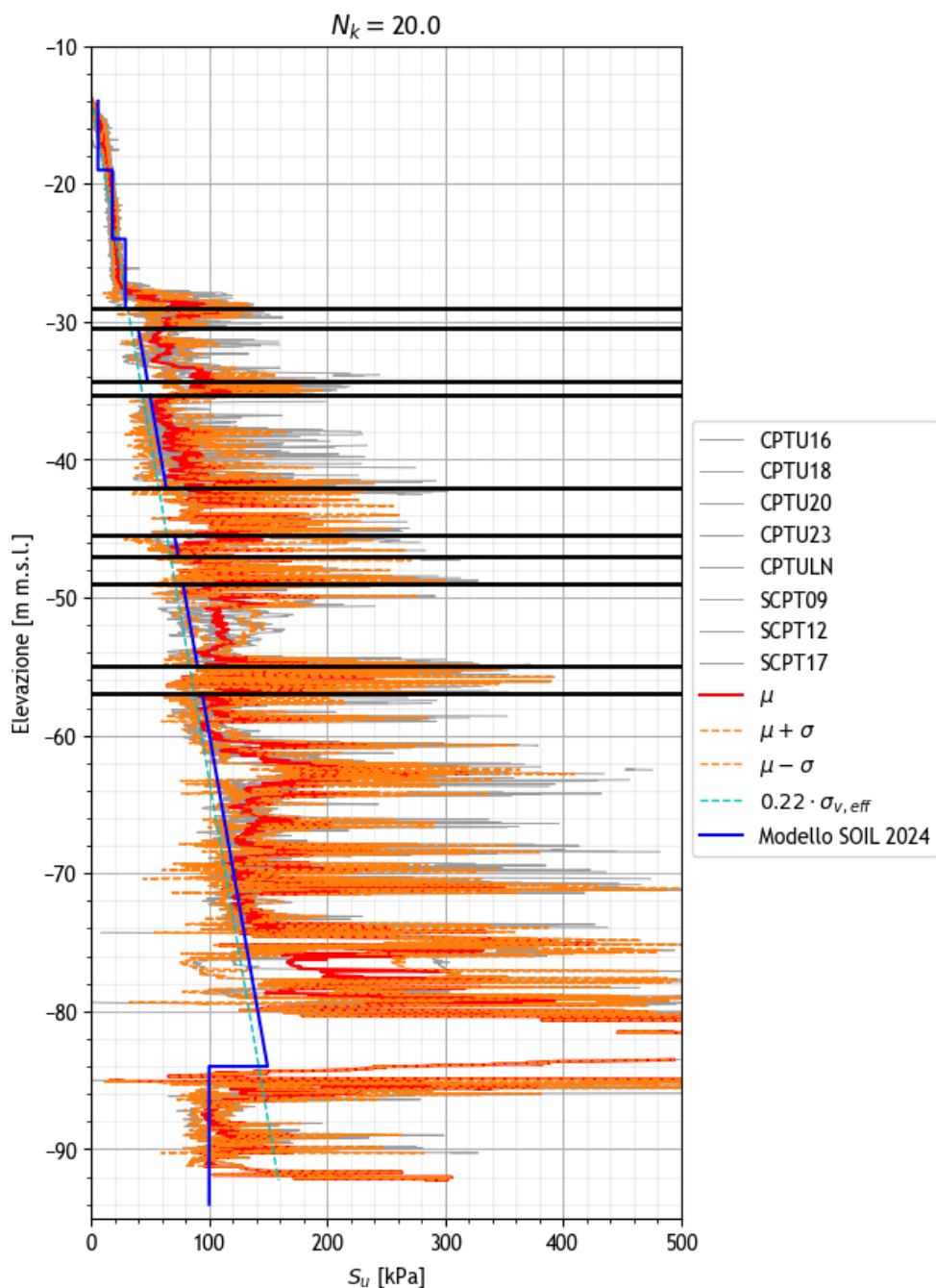


Figura 40 - Modello geotecnico di resistenza non drenata per i materiali coesivi

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 80 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

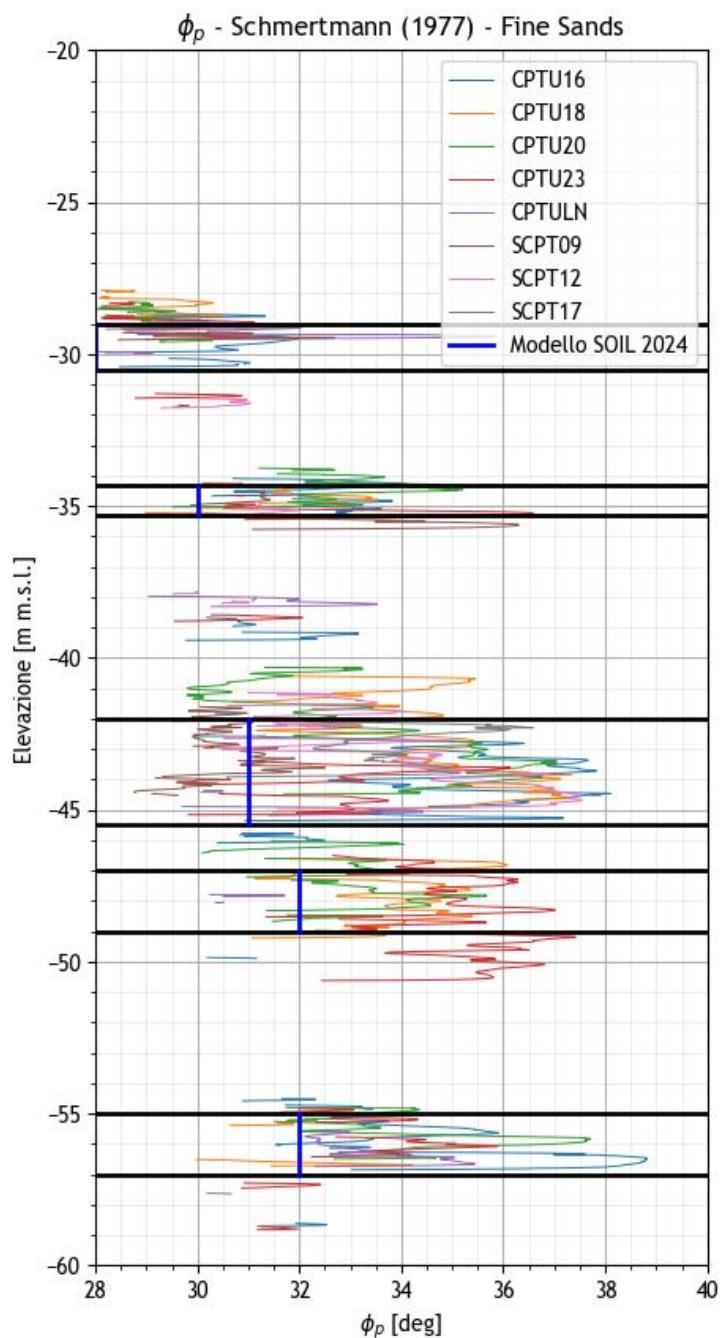


Figura 41 - Modello di angolo di resistenza al taglio di picco per i materiali granulari

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 81 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

1.1.4 Capacità portante dei pali di fondazione

La capacità portante ultima e di progetto è stata calcolata con la stessa procedura descritta al paragrafo 5.2, in accordo alle NTC-18. I calcoli sono stati effettuati per le seguenti geometrie:

- Pali piattaforma esistente - diametro esterno: 1117mm; spessore: 20.6mm.
- Pali per passerelle/boat landing/scalandrone - diametro esterno: 1500mm; spessore: 40mm.
- Pali per jacket e Riser - diametro esterno: 1675mm; spessore: 40mm.
- Pali per briccole - diametro esterno: 3000mm; spessore: 60mm.

Le metodologie e le assunzioni di normativa sono descritte nel corpo del testo principale al capitolo 5. Cautelativamente, in mancanza dei risultati delle prove di laboratorio, i fattori di correlazione per la determinazione della resistenza caratteristica in funzione del numero di verticali indagate ξ sono stati assunti pari a 1.65 (n.2 prove).

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 82 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

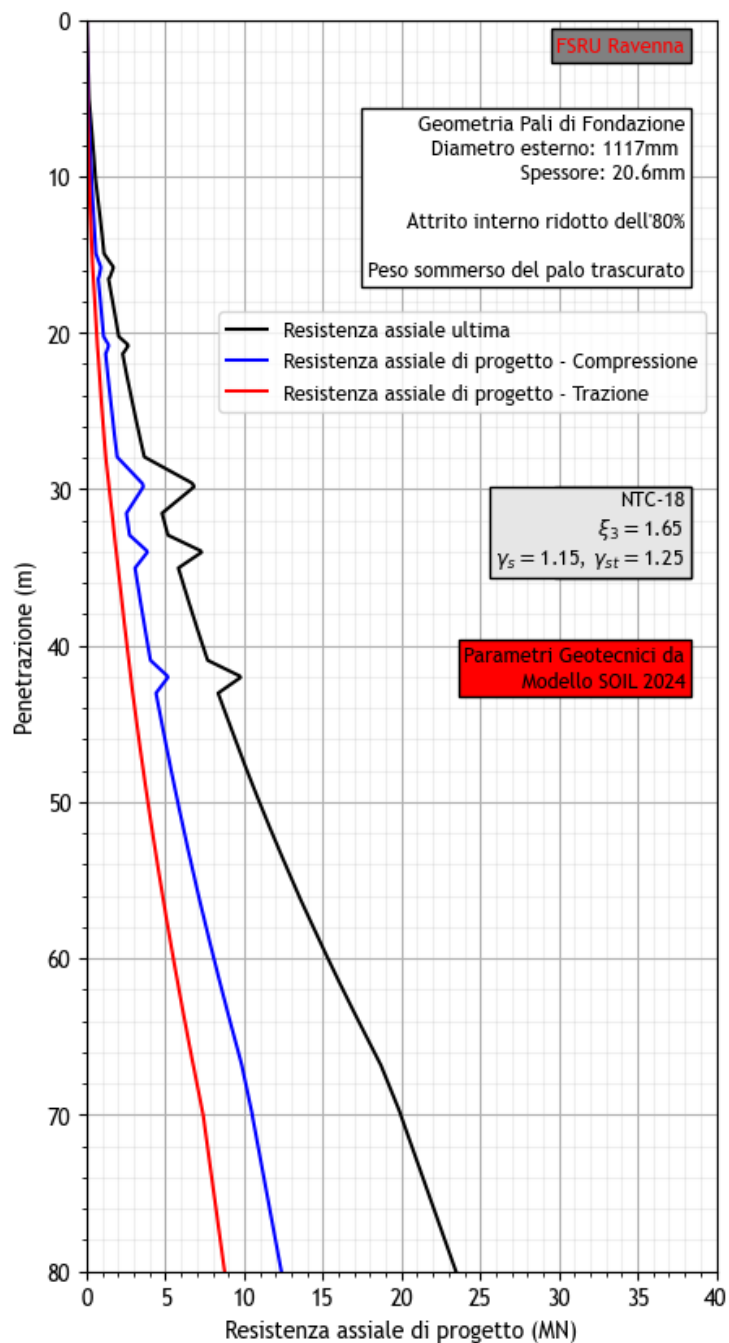


Figura 42 - Resistenza assiale di progetto. D:1117mm, spessore:20.6mm. Linea blu: compressione, linea rossa: trazione; linea nera: capacità non fattorizzata

	  	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 83 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

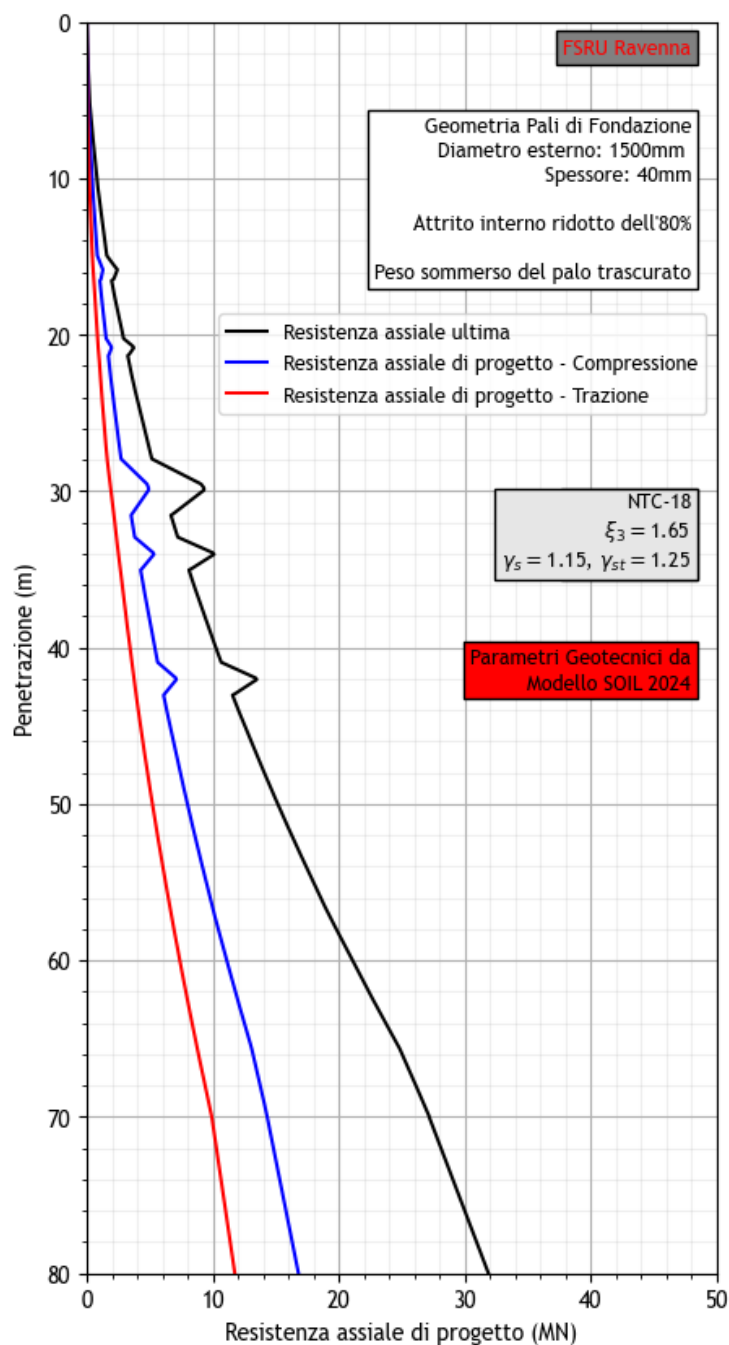


Figura 43 - Resistenza assiale di progetto. D:1500mm, spessore:40mm. Linea blu: compressione, linea rossa: trazione; linea nera: capacità non fattorizzata

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 84 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

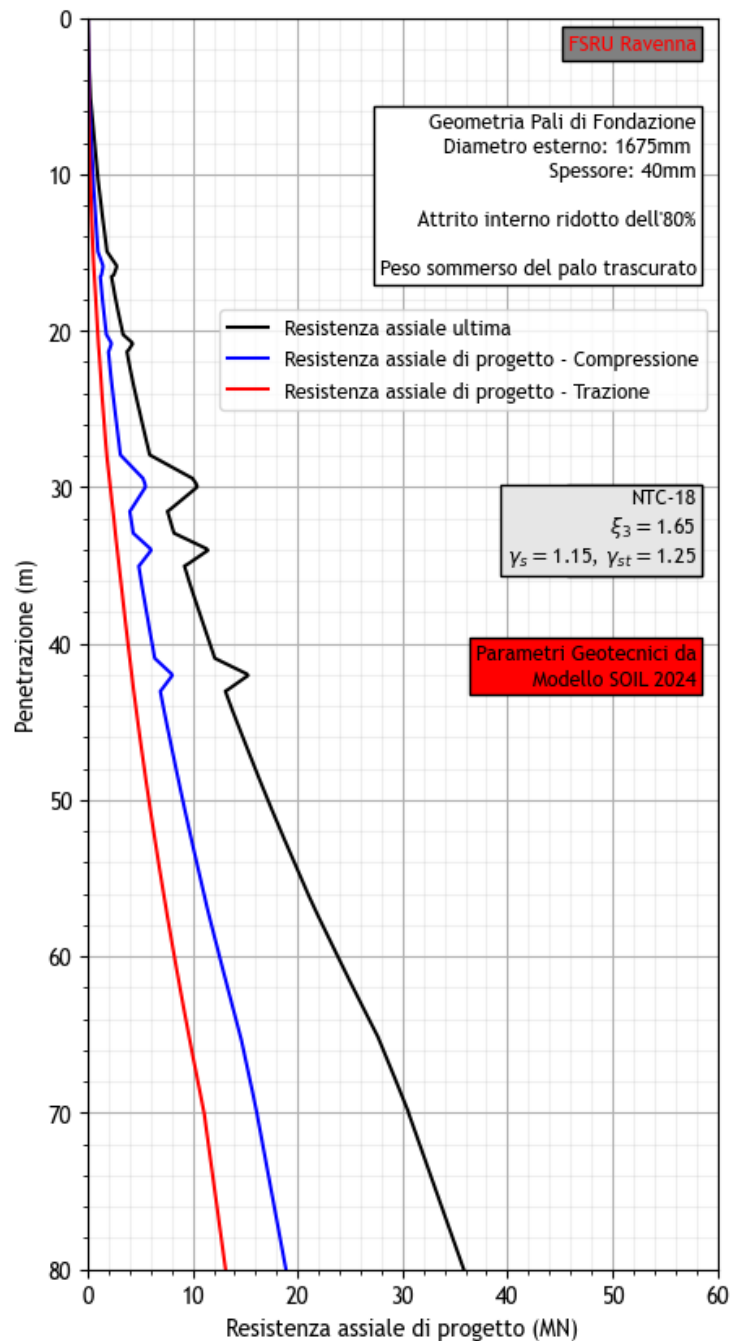


Figura 44 - Resistenza assiale di progetto. D:1675mm, spessore:40mm. Linea blu: compressione, linea rossa: trazione; linea nera: capacità non fattorizzata

	 SAIPEM  ROSETTI MARINO  MICOPERI	COMMESSA GC/R22011/001	COD. TECNICO 2109/A
	LOCALITA' REGIONE EMILIA ROMAGNA	0001-CI-E-012500	
	PROGETTO FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI	Fg. 85 di 85	Rev. B

Rif. Rosetti Marino S.p.A: 123A40-DDL-ST-RE-12500

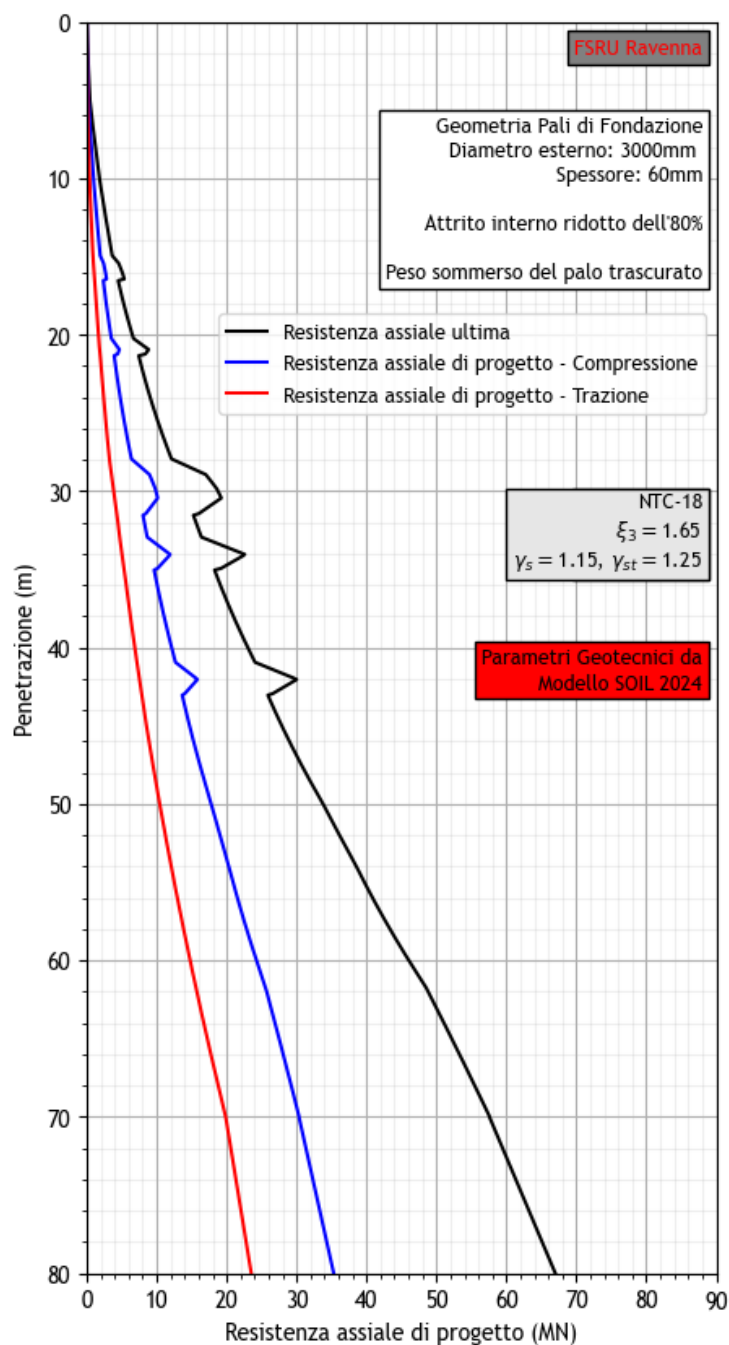


Figura 45 - Resistenza assiale di progetto. D:3000mm, spessore:60mm. Linea blu: compressione, linea rossa: trazione; linea nera: capacità non fattorizzata