

PROGETTO

# SVILUPPO PROGETTO

## TERMINALE GNL NEL PORTO DI MONFALCONE

UBICAZIONE

**MONFALCONE, ITALIA**

PROPONENTE

## SMART GAS S.p.A.



UNITA' FUNZIONALE

### DOCUMENTI PER AUTORIZZAZIONE

TITOLO DOCUMENTO

### RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA



CONSULENZA

		 EMS   MFC			
30/06/2014	EMISSIONE PER APPROVAZIONE	ABA	ALS	DIL	AO
18/04/2014	EMISSIONE PER COMMENTI	ABA	AGT/MFC/ALS	DIL	SSA
DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	CONTROLL.	APPROVATO	SOTT.

DATA	SCALA	CODIFICA INTERNA	DOC. N.				REV	FG
30/06/2014	-	14-007-H6	14	007	CIV	R	020	1 -

## INDICE

	<u>Pagina</u>
<b>LISTA DELLE TABELLE</b>	<b>II</b>
<b>LISTA DELLE FIGURE</b>	<b>II</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b>	<b>1</b>
<b>2 DESCRIZIONE DELL'AREA DI PROGETTO</b>	<b>2</b>
<b>3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b>	<b>3</b>
<b>4 INDAGINI PREGRESSE</b>	<b>4</b>
<b>5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO</b>	<b>5</b>
<b>6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA</b>	<b>7</b>
6.1 UNITÀ LITOLOGICA A	8
6.2 UNITÀ LITOLOGICA B	9
6.3 UNITÀ LITOLOGICA C	9
6.4 UNITÀ LITOLOGICA D	10
6.5 UNITÀ LITOLOGICA E	11
<b>7 PROFILO STRATIGRAFICO DI PROGETTO</b>	<b>12</b>
<b>8 CARATTERIZZAZIONE SISMICA</b>	<b>13</b>
<b>9 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI</b>	<b>15</b>

## LISTA DELLE TABELLE

<b><u>Tabella No.</u></b>	<b><u>Pagina</u></b>
Tabella 6.1: Parametri Geotecnici Unità A1	8
Tabella 6.2: Parametri Geotecnici Unità A2	8
Tabella 6.3: Parametri Geomeccanici Unità B	9
Tabella 6.4: Parametri Geomeccanici Unità C	10
Tabella 6.5: Parametri Deformabilità Unità C	10
Tabella 6.6: Parametri Geomeccanici Unità D	10
Tabella 6.7: Parametri Geomeccanici Unità E	11
Tabella 7.1: Stratigrafia di Progetto per Singole Aree di Progetto	12
Tabella 8.1: Parametri Accelerazione su Suolo Rigido	13
Tabella 8.2: Parametri Accelerazione di Progetto	14

## LISTA DELLE FIGURE

<b><u>Figura No.</u></b>	<b><u>Pagina</u></b>
Figura 2.1: Planimetria con Individuazione Aree di Progetto	2

## **TERMINALE GNL NEL PORTO DI MONFALCONE RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E SISMICA**

### **1 INTRODUZIONE**

La presente relazione illustra la caratterizzazione geotecnica e sismica delle aree di progetto definendo le caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione delle singole aree ed i parametri di accelerazione sismica di progetto.

Non essendo state condotte campagne geognostiche propedeutiche alla presente fase di progetto, la caratterizzazione è stata principalmente sviluppata con riferimento alle informazioni derivanti da campagne d'indagini pregresse, sviluppate in aree limitrofe a quelle di progetto.

Il documento è stato così articolato:

- Capitolo 2: descrizione dell'area di progetto;
- Capitolo 3: documenti di riferimento;
- Capitolo 4: descrizione delle indagini pregresse;
- Capitolo 5: inquadramento geologico;
- Capitolo 6: identificazione e caratterizzazione geomeccanica delle unità geotecniche;
- Capitolo 7: profilo di progetto per le singole aree o corpi d'opera;
- Capitolo 8: caratterizzazione sismica del sito e definizione dell'azione sismica di progetto.

## 2 DESCRIZIONE DELL'AREA DI PROGETTO

Il progetto prevede la realizzazione, all'interno del Porto di Monfalcone, di un terminale GNL, costituito da:

- Area 1: una banchina portuale ubicata in prossimità dell'attuale entrata del porto ed idonea ad ormeggiare le navi GNL;
- Area 3: un'area atta ad ospitare l'impianto e gli edifici ad esso annessi;
- Area 7/8: una cassa di colmata realizzata esternamente al porto, atta ad ospitare i materiali di dragaggio provenienti dalle operazioni di escavo che interesseranno i fondali portuali al fine di garantire l'idoneo pescaggio alle navi GNL e delimitata da un'opera a gettata (Area 7);
- Area 9: una scogliera di protezione (ubicata in continuità all'opera di difesa dell'imboccatura esistente), estesa a protezione del tratto di canale.



Figura 2.1: Planimetria con Individuazione Aree di Progetto

### 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Per la redazione della presente relazione sono stati presi a riferimento i seguenti documenti:

- Decreto del Ministero delle Infrastrutture del 14 Gennaio 2008, Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni, (G.U. n. 29 del 4 Febbraio 2008);
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture del 2 Febbraio 2009 , n. 617 “Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 Gennaio 2008 (G.U. n.47 del 26 Febbraio 2009 - S.O. n. 27);
- Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche, Associazione Geotecnica Italiana, Giugno 1977;
- Progetto Definitivo per i lavori di approfondimento del canale di accesso e del bacino di evoluzione del Porto di Monfalcone, Consorzio per lo sviluppo industriale del Comune di Monfalcone, Relazione Geologica, Doc N° ED-03;
- Progetto Definitivo per i lavori di approfondimento del canale di accesso e del bacino di evoluzione del Porto di Monfalcone, Consorzio per lo sviluppo industriale del Comune di Monfalcone, Relazione Specialistica Geotecnica, Doc N° ED-04;
- Indagini Geognostiche e Geotecniche per la caratterizzazione dei terreni della cassa di colmata in Comune di Monfalcone, Geostudio, Giugno 2012;
- Consorzio per lo sviluppo industriale del Comune di Monfalcone, Pozzo artesiano concessione derivazione acqua pubblica, Relazione Idrologica;
- Doc N° 14-007-CIV-D110 - Planimetria indagini geotecniche pregresse, Terminale GNL nel Porto di Monfalcone, Documenti per autorizzazione;
- Doc N° 14-007-CIV-D120 - Sezione stratigrafica geotecnica A-A /B-B, Terminale GNL nel Porto di Monfalcone, Documenti per autorizzazione;
- Doc N° 14-007-CIV-D130 - Sezione stratigrafica geotecnica C-C /D-D, Terminale GNL nel Porto di Monfalcone, Documenti per autorizzazione;
- Doc N° 14-007-CIV-D140 - Sezione stratigrafica geotecnica E-E /F-F, Terminale GNL nel Porto di Monfalcone, Documenti per autorizzazione.

## 4 INDAGINI PREGRESSE

Le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni di fondazione sono state identificate sulla base della documentazione interpretativa relativa alle campagne geognostiche eseguite nell'area di progetto a partire dagli anni 90 sino al mese di giugno 2012. Si riporta di seguito un quadro sintetico delle campagne geognostiche e delle verticali d'indagine considerate:

- Campagna di indagini eseguita nel 1990 nell'ambito dello studio eseguito dalla S.T.A. Hydraulica s.r.l. :
  - n. 4 sondaggi a carotaggio continuo fino alla profondità di 15 m – 25 m, eseguite da pontone nell'Area Cassa;
- Indagini eseguite nel 2010 nell'ambito del piano di caratterizzazione redatto dal Dipartimento di Geoscienze dell'Università di Trieste:
  - n. 14 sondaggi ubicati lungo l'argine, profondi 7.0 m, eseguiti limitrofamente all'Area Cassa e all'Area Impianto;
- Indagini geognostiche eseguite in sito e in laboratorio eseguite dal dr. Geologo G.B. Graziani nel mese di giugno 2012, nell'area Banchina e nell'area Impianto:
  - N. 7 sondaggi a carotaggio continuo profondi 20 m;
  - Esecuzione di prove S.P.T., prove di permeabilità Lefranc, misure con penetrometro e scissometro tascabile, prelievo di campioni indisturbati;
  - N. 20 prove penetrometriche statiche con punta piezoconica (CPTU) fino a profondità comprese fra 15 m e 20 m;
  - N. 20 prove di dissipazione durante l'esecuzione delle CPTU;
  - Esecuzione di prove di classificazione e di permeabilità in cella triassiale.

## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area di progetto si sviluppa nella piana del Lisert su sedimenti incoerenti o pseudoincoerenti.

Sotto il profilo geologico la Zona Lisert fa parte della pianura dell'Isonzo contenuta tra il basso corso dello stesso, le pendici del Carso e le acque del Golfo di Panzano sviluppandosi su terreno pianeggiante con quote variabili da -0.2 m a 3.5 m, ad esclusione dei relitti del M.te S. Antonio, che raggiungono quote attorno a 10.7 m.

La sua formazione è dovuta principalmente alle alluvioni dell'Isonzo e il sottosuolo si ripartisce generalmente in tre livelli fondamentali:

- Superficiale di limo e argilla, privi di consistenza e con inclusioni torbose;
- Intermedio di sabbia, limo e argilla variamente associati, da poco a moderatamente addensati;
- Fondo di ghiaia in abbondante matrice limoso-argillosa, da moderatamente a molto addensata, che giace su calcari del Cretacico superiore. Gli strati calcarei, con direzione ESE-WNW, si immergono verso S-SW con inclinazioni variabili dai 20° nei pressi della strada statale, ai 40° rilevati in corrispondenza di ciò che rimane del M.te S. Antonio nell'area del Lisert.

In linea generale, si può affermare che la formazione di tale pianura è dovuta principalmente alle alluvioni dell'Isonzo (Quaternario medio-superiore) e per quanto riguarda in particolare la zona del Lisert, tali sedimenti si sono interdigitati, sia in senso orizzontale sia verticale con depositi di transizione e depositi marini legati alle fluttuazioni della linea di costa in concomitanza delle differenti fasi glaciali e post-glaciali.

Alla formazione della piana del Lisert, oltre all'apporto di materiali trasportati dall'Isonzo, ha contribuito in modo cospicuo anche il Fiume Timavo, con i suoi carichi torbidi, fiume che si inabissa in territorio sloveno in località S. Canziano e viene a giorno presso le bocche di S. Giovanni di Duino. Tali sedimenti poggiano sul substrato roccioso calcareo affiorante sui rilievi carsici ad alcune centinaia di metri verso nord e su ciò che rimane dal M.te S. Antonio a Sud.

L'area del Lisert si presenta attualmente pressoché pianeggiante fatta eccezione per un lembo relitto della collina di S. Antonio, ed è caratterizzata da estese aree di tipo paludoso, parzialmente recuperate dal mare mediante il riempimento delle aree di colmata con il materiale proveniente dagli scavi del bacino di Panzano, del canale Valentinis e dal dragaggio del canale di accesso al Porto. L'innalzamento del piano di campagna conseguente a questi interventi raggiunge solo in alcuni punti la quota prevista di 3.00m s.l.m., e si riscontra inoltre la presenza di uno scarico, non sempre controllato, di materiali inerti di varia tipologia.

Dal punto di vista morfogenetico e tettonico la zona Lisert si trova inserita all'estremità sud occidentale dell'Anticlinale del Carso; l'asse di tale anticlinale asimmetrica ha direzione Dinarica NW-SE, anche se nei pressi di Monfalcone assume orientamento WNW-ESE. La stratificazione delle serie rilevate vede per la zona M.te S. Antonio inclinazioni dai 34° ai 38° con immersioni a S-SW, mentre lungo la sezione Colle di Moschenizze-Lisert le inclinazioni sono più blande, comprese tra i 20° e i 22°. Queste variazioni rispecchiano l'andamento della stratificazione del Carso Triestino. Lungo la sezione Colle di Moschenizze-Lisert-M.te S.

Antonio le carbonatiti non sono visibili perché ricoperte dalle alluvioni del Lisert, ma conoscendo le caratteristiche giaciture di massima del Carso Triestino è ipotizzabile che l'inclinazione di 20° permanga sotto la zona coperta dalle alluvioni, per arrivare a valori attorno ai 25° nei pressi del passaggio "Calcere inferiore di Aurisina – Zona intercalare di calcere nero-lamellare". Il progressivo e più rapido aumento di inclinazione avviene solamente nel tratto della sezione del M.te S. Antonio. Le emergenze idriche (Terme Romane) si possono ipoteticamente situare nei punti dove gli strati tendono ad aumentare l'inclinazione.

Sulla base di svariati studi geologici svolti nel ventennio 1960-1980 si ricava un quadro approfondito della situazione tettonica dell'area monfalconese ed in particolare dell'area del Lisert, e si rileva che in base alla legislazione nazionale vigente (D.M. 22.09.80) il territorio del Comune di Monfalcone è stato definito non sismico. La presenza di una falda molto superficiale e le granulometrie prevalenti (sabbie e limi) poco addensate sono elementi che possono tuttavia determinare un incremento locale delle eventuali sollecitazioni sismiche.

Dal punto di vista idrogeologico la zona Lisert si colloca al passaggio fra due grandi sistemi rappresentati dal sistema carsico all'interno del massiccio carbonatico e dal sistema legato agli scorrimenti sotterranei del materasso alluvionale quaternario.

I rilievi carsici contribuiscono con un notevole apporto, sia dalle sorgenti ai piedi del calcare affiorante più a nord, sia dall'abitato di Monfalcone, ad alimentare per circolazione ipogea lo strato di materiale alluvionale del Lisert. Nella zona del Lisert si viene a determinare una complicata interferenza tra acque carsiche e acque marine, a diverse profondità nel sottofondo. Questo fenomeno, funzione sia delle oscillazioni di marea, sia dell'eterogeneità delle alluvioni (permeabilità differenti), crea una sorta di stratificazione liquida con acque a diverso contenuto salino, nella quale sono interessate anche le acque meteoriche.

Dall'analisi dei dati storici disponibili risulta che l'area del Lisert è interessata dalla presenza della falda idrica a profondità compresa tra 0 e 2 m dall'attuale piano di campagna, ed è ubicata a valle della isofreatica dei -2 m dal p.c. di direzione grosso modo Est-Ovest ed evidenzia quindi una direzione del flusso della falda lungo la direttrice Nord-Sud.

## 6 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Con riferimento alle informazioni attualmente disponibili, viene individuata una comune sequenza stratigrafica su tutta l'area di progetto, riconducibile alle seguenti unità:

- Unità A: terreni di riporto;
- Unità B: limi prevalentemente sabbiosi e sabbie limose;
- Unità C: argille limose e limi argillosi;
- Unità D: sabbie fini, sabbie limose e limi sabbiosi argillosi;
- Unità E: ghiaia poligenica prevalentemente calcarea.

## 6.1 UNITÀ LITOLOGICA A

L'Unità in oggetto è la formazione superficiale che ricopre tutte le aree di progetto ricadenti su terraferma e presenta uno spessore variabile. L'unità, di origine antropica, può essere suddivisa in due sottogruppi, 1-A e 2-A, diversi prevalentemente per provenienza, granulometria e caratteristiche meccaniche.

Il terreno denominato 1-A è caratterizzato dalla presenza di terreno di riporto prevalentemente granulare, sabbioso ghiaioso, e da ruderi di grandi dimensioni. Esso si ritrova prevalentemente in corrispondenza degli argini della cassa di colmata esistente e nelle aree portuali esterne ad essi. A questa unità si possono associare i valori di resistenza al taglio e di deformabilità riportati nella tabella seguente.

**Tabella 6.1: Parametri Geotecnici Unità A1**

Unità	Peso di volume	Densità relativa	Coesione efficace	Angolo d'attrito	Modulo di deformazione
	(kN/m <sup>3</sup> )	(%)	(kPa)	(°)	(MPa)
A1	16	30	0	30	10

Il terreno denominato 2-A è costituito dai sedimenti provenienti dai dragaggi eseguiti negli anni passati e depositati all'interno della cassa di colmata esistente. Dal quadro conoscitivo a disposizione si evince la seguente distribuzione granulometrica media:

- Frazione granulometrica fine (Limo+argilla): 47%;
- Frazione granulometrica sabbia 44%;
- Frazione granulometrica ghiaia: 9%.

I materiali dragati sono stati semplicemente depositati all'interno della cassa senza alcun intervento, compattazione meccanica od altro, volto a migliorarne l'addensamento e quindi le loro caratteristiche meccaniche sono quelle di un materiale consolidatosi sotto il proprio peso e quindi presumibilmente molto scadenti. La seguente tabella riassume le caratteristiche geomeccaniche dell'Unità A-2.

**Tabella 6.2: Parametri Geotecnici Unità A2**

Peso di volume	Coesione non drenata	Coesione efficace	Angolo d'attrito	Modulo edometrico
(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(kPa)	(°)	(MPa)
16	15	-	25	10

## 6.2 UNITÀ LITOLÓGICA B

L'unità è costituita prevalentemente da limi sabbiosi e sabbie limose, la loro continuità è spesso interrotta da livelli di limo argilloso con spessore compreso fra 1.0m e 2.0m circa.

Di seguito si elencano le proprietà geotecniche dell'unità, desunte dalla bibliografia di riferimento e relative sia alle prove in sito che a quelle di laboratorio.

Le caratteristiche granulometriche rappresentative dell'Unità sono di seguito elencate:

- Limite liquido (W<sub>l</sub>): 29%;
- Limite plastico (W<sub>p</sub>): 10%;
- Indice plastico (I<sub>p</sub>): 9%;
- Frazione ghiaia: 0%;
- Frazione sabbia: 38%;
- Frazione limo: 53%;
- Frazione argilla: 9%.

I valori stimati con i risultati normalizzati della prove N<sub>spt</sub> risultano in buon accordo con quelli dedotti dai risultati delle prove penetrometriche statiche eseguite con punta piezoconica (CPTU).

**Tabella 6.3: Parametri Geomeccanici Unità B**

<b>Peso di volume</b>	<b>Densità Relativa</b>	<b>Coesione efficace</b>	<b>Angolo d'attrito</b>	<b>Modulo di deformazione</b>
(kN/m <sup>3</sup> )	(%)	(kPa)	(°)	(MPa)
16.4	27	0	32	9.2

## 6.3 UNITÀ LITOLÓGICA C

L'unità è costituita da argille limose e limi argillosi con frammenti di conchiglie e resti vegetali e livelli di sabbia e di limo sabbioso. L'unità presenta caratteristiche di resistenza al taglio e permeabilità molto basse e si sviluppa fino a profondità considerevoli con spessori variabili fra 2.0 m e 13.0 m circa come individuabile dalle sezioni stratigrafiche elaborate.

Le proprietà geomeccaniche sono state desunte sia delle prove CPT eseguite in foro di sondaggio e sia dai risultati ottenuti dalle prove di laboratorio. L'Unità si presenta leggermente sovraconsolidata con un grado di sovraconsolidazione (OCR) minore di 2.

I valori rappresentativi delle caratteristiche granulometriche dell'Unità C sono descritti di seguito:

- Limite liquido (W<sub>l</sub>): 32%;
- Limite plastico (W<sub>p</sub>): 20%;
- Indice plastico I<sub>p</sub>: 12%;

- Frazione granulometrica ghiaia: 0%;
- Frazione granulometrica sabbia: 14.4%;
- Frazione granulometrica limo: 73.3%;
- Frazione granulometrica argilla: 12.2%.

Facendo seguito alla bibliografia di riferimento sono assunti i seguenti valori caratteristici delle proprietà geomeccaniche, che individuano un comportamento non drenato su breve termine e drenato sul lungo termine.

**Tabella 6.4: Parametri Geomeccanici Unità C**

<b>Peso di volume</b>	<b>Coesione non drenata</b>	<b>Coesione efficace</b>	<b>Angolo d'attrito</b>
(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(kPa)	(°)
17	25	0	27

I parametri di deformabilità sono determinati con riferimento alle prove penetrometriche statiche eseguite in sito durante la campagna di indagine geognostica del 2012.

**Tabella 6.5: Parametri Deformabilità Unità C**

<b>Indice dei vuoti</b>	<b>Modulo edometrico</b>	<b>Indice di compressibilità</b>	<b>Coeff. di consolidazione verticale cv</b>	<b>Permeabilità</b>
	(MPa)	(-)	(cm <sup>2</sup> /sec)	(m/s)
1.0	3.0÷8.0	0.32	1.5 E-3	4.2 E-10

## 6.4 UNITÀ LITOLOGICA D

L'unità litologica è caratterizzata da alternanza di strati, spesso sottili, di sabbie fini, sabbie limose e limi sabbiosi argillosi con caratteristiche brevemente riassunte nella tabella seguente. Per tale unità vengono individuate le seguenti caratteristiche geomeccaniche.

**Tabella 6.6: Parametri Geomeccanici Unità D**

<b>Peso di volume</b>	<b>Coesione non drenata</b>	<b>Coesione efficace</b>	<b>Angolo d'attrito</b>	<b>Modulo di deformazione</b>
(kN/m <sup>3</sup> )	(kPa)	(kPa)	(°)	(MPa)
18	25	-	32	40

Il valore della permeabilità di progetto si assume pari al valore massimo misurato:

- $k = 1.0 \text{ E-}6 \text{ m/s} = 31 \text{ m/anno}$ .

## 6.5 UNITÀ LITOLÓGICA E

L'unità più profonda è costituita da ghiaia poligenica prevalentemente calcarea e con spigoli arrotondati. Le informazioni legate alle indagini ad oggi disponibili non identificano lo spessore complessivo di tale unità, solo il sondaggio N1 (realizzato propedeuticamente all'installazione di un pozzo nell'area Lisert, da parte del Consorzio per lo Sviluppo Industriale nel Comune di Monfalcone) evidenzia per tale unità uno spessore complessivo di circa 7.00 m.

**Tabella 6.7: Parametri Geomeccanici Unità E**

<b>Peso di volume</b>	<b>Densità relativa</b>	<b>Coesione</b>	<b>Angolo d'attrito</b>	<b>Modulo di deformazione</b>
(kN/m <sup>3</sup> )	(%)	(kPa)	(°)	(MPa)
18	60	0	36	40

## 7 PROFILO STRATIGRAFICO DI PROGETTO

Si riassume di seguito il profilo stratigrafico di progetto da considerare per le verifiche dei corpi d'opera ricadenti nelle singole aree individuate nella Figura 2.1.

**Tabella 7.1: Stratigrafia di Progetto per Singole Aree di Progetto**

AREA	Sezione	Unità	Spessore	Da
(-)	(-)	(-)	(m)	(m)
3	C-C	A	5.50	+4.70
		B	4.50	
		C	10.50	
		D	1.50	
		E	+ non definibile	
1	A-A	A	1.00	+1.50
		B	1.50	
		C	12.00	
		D	2.00	
		E	+ non definibile	
7/8	F-F	A	-	-2.50
		B	2.50	
		C	12.00	
		D	-	
		E	+ non definibile	
9	F-F	A	-	-2.50
		B	2.50	
		C	12.00	
		D	-	
		E	+ non definibile	

## 8 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La caratterizzazione sismica del sito viene eseguita ai sensi del D.M. 14 Gennaio 2008, facendo una necessaria distinzione tra le opere ubicate su terraferma e quelle prettamente marittime. Per la definizione dei parametri dell'azione sismica su suolo rigido si farà riferimento al Spettri-NTC sviluppato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Per le opere ricadenti su terraferma e per le opere a mare si assume una vita nominale di 50 anni (Tabella 2.4.I - Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale) ed una classe d'uso pari a IV (coefficiente d'uso,  $C_u=2.0$ ). Ne deriva un periodo di riferimento per l'azione sismica pari a 100 anni. La seguente tabella riporta le caratteristiche dell'accelerazione per differenti stati limite.

**Tabella 8.1: Parametri Accelerazione su Suolo Rigido**

Stato Limite	$T_R$	$a_g$	$F_o$	$T_c$
	[anni]	[g]	[-]	[s]
SLO	60	0.057	2.506	0.263
SLD	101	0.072	2.506	0.284
SLV	949	0.176	2.539	0.346
SLC	1950	0.225	2.590	0.357

dove :

- SLO: stato limite di operatività;
- SLD: stato limite di danno;
- SLV: stato limite di salvaguardia della vita;
- SLC: stato limite di prevenzione del collasso;
- $T_R$ : periodo di ritorno;
- $a_g$ : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_o$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Entro la profondità massima indagata, circa 20 m, la velocità delle onde di taglio  $V_s$ , ricavata dai risultati delle CPTU, è risultata crescere quasi linearmente da circa 100 m/s a 150-200 m/s e quindi, anche se non sono noti i valori di  $V_s$  nello strato ghiaioso più profondo, il terreno può essere considerato appartenere alla categoria D, depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti con spessori superiori a 30m. Ne deriva un coefficiente di amplificazione stratigrafica pari a 1.8. La superficie è pianeggiante, quindi il sito può essere considerato appartenente alla categoria topografica T1 (coefficiente di amplificazione topografica pari a 1).

**Tabella 8.2: Parametri Accelerazione di Progetto**

Stato Limite	$a_g$	$a_{max}$
	[g]	[g]
SLO	0.057	0.103
SLD	0.072	0.130
SLV	0.176	0.317
SLC	0.225	0.405

## 9 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI

Le informazioni ad oggi disponibili identificano per l'area di progetto un quadro stratigrafico sostanzialmente uniforme caratterizzato dalla presenza delle seguenti unità:

- Unità A: terreni di riporto;
- Unità B: limi prevalentemente sabbiosi e sabbie limose;
- Unità C: argille limose e limi argillosi;
- Unità D: sabbie fini, sabbie limose e limi sabbiosi argillosi;
- Unità E: ghiaia poligenica prevalentemente calcarea.

Il quadro conoscitivo dell'area è sostanzialmente basato sulle informazioni derivanti da campagne geognostiche eseguite nell'area propedeuticamente alla realizzazione del progetto per i lavori di approfondimento del canale di accesso e del bacino di evoluzione del Porto di Monfalcone.

Contestualmente allo sviluppo della documentazione progettuale per autorizzazione sono state redatte le specifiche tecniche per una campagna geognostica integrativa, avente l'obiettivo di integrare e approfondire, specie per le Aree 7, 8 e 9 le caratteristiche geomeccaniche dei terreni di fondazione. Tale campagna geognostica integrativa sarà propedeutica alle fasi di progetto successive.

EMS/ABA/MFC/ALS/DIL/AO:sls