ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 211 Dott. Geol. Mauro Pompei

Consorzio Industriale Provinciale Dell' Ogliastra

PROCEDURA APERTA - APPALTO INTEGRATO

Progettazione esecutiva ed esecuzione dei "Lavori di ampliamento ed adeguamento del centro consortile per la valorizzazione e lo stoccaggio dei materiali provenienti dalla raccolta differenziata previa acquisizione progetto definitivo in sede di offerta.

Responsabile del procedimento: Geom. CRISTINA MULAS

A.T.I.

COFELY GDF SUEZ

GDF SUEZ diventa ENGIE

CONSULTECNA

Capogruppo

Cofely Italia S.p.A.

Via Ostiense, 333 - 00146 Roma

COFELY GDF SUEZ
Cofely Italia S.p.A.
Procuratore

Mandante

CONSULTECNA
PREFABBRICATI
Stab. e Uff. Zona PIP Bauladu (Or) SS 131 Km. 107
☎ 0783 518010 - 555009 Fax. 0783 51284
info@consultecna.net

R.T.P.

Dott. Ing. Luca PILI (Capogruppo e Mandatario)

Dott. Geol. Mauro Pompei (mandante)

Dott. Ing. Emanuele Tendas (mandante)

Consorzio Industriale Provinciale Dell' Ogliastra
Zona Industriale Baccasara via Paolo Arzu
08048 TORTOLI' (OG)

ELABORATO N°

B.09

Busta "B- Offerta tecnico-organizzativa"

PROGETTO

DEFINITIVO

OGGETTO

SCALA	
DATA	
DIS.	
FILE	

SEZIONE B. ELABORATI TECNICO AMMINISTRATIVI

RELAZIONE GEOTECNICA

LE INFORMAZIONI CONTENUTE NEL PRESENTE DOCUMENTO SONO DI NATURA RISERVATA E DI ESCLUSIVA PROPRIETA' DELLA COFELY ITALIA SPA E' FATTO ESPRESSO DIVIETO AL DESTINATARIO DEL PRESENTE DOCUMENTO:
1. DI COPIARE, RISTAMPARE O RIPRODURRE IN ALTRO MODO LE INFORMAZIONI O ANCHE SOLO UNA PARTE DELLE STESSE;
2. DI FORNIRE, RIVELARE, DIVULGARE, ASSEGNARE O METTERE IN QUALSIASI ALTRO MODO A DISPOSIZIONE LE INFORMAZIONI, O PARTE DELLE STESSE, AI SUOI DIPENDENTI, FATTA ECCEZIONE PER QUELLI CHE RISULTANO PREPOSTI ALLA GESTIONE DEL DOCUMENTO, O A TERZI.
IL DESTINATARIO DEL PRESENTE DOCUMENTO DOVRA' ALTRESI' PRENDERE TUTTE LE RAGIONEVOLI PRECAUZIONI PER PREVENIRE QUALSIASI RIPRODUZIONE, DIVULGAZIONE OD UTILIZZO DELLE INFORMAZIONI PER SCOPI DIVERSI DA QUELLI PREVISTI IN RELAZIONE ALLA NATURA E ALLE FINALITA' DEL DOCUMENTO, NONCHE' QUALSIASI ACQUISIZIONE DELLE INFORMAZIONI DA PARTE DI PERSONE NON AUTORIZZATE.

INDICE

1 ASPETTI INDRODUTTIVI 1
1.1 Premessa 1
1.2 Richiami normativi 2
1.3 Inquadramento geografico e territoriale 3
2 MODELLAZIONE GEOTECNICA 5
2.1 Assetto litostratigrafico locale 5
2.2 Parametrizzazione geotecnica dei terreni di fondazione 5
2.2.1 Capannone 6
2.2.2 Edificio uffici 7
3 VERIFICHE GEOTECNICHE 11
3.1 Premessa 11
3.2 Richiami normativi 11
3.2.1 Calcolo dei cedimenti 12
3.3 Capannone 12
3.3.1 Assunzioni di calcolo 12
3.3.2 Esito delle verifiche 13
3.4 Edificio uffici 14
3.4.1 Assunzioni di calcolo 14
3.4.2 Esito delle verifiche 14
4 CONCLUSIONI 16

1 ASPETTI INDRODUTTIVI

1.1 Premessa

Nell'ambito della gara d'appalto integrato indetta dal Consorzio Industriale Provinciale dell'Ogliastra per la «***Progettazione ed esecuzione lavori di ampliamento e l'adeguamento funzionale dell'esistente centro consortile di raccolta multi-materiale nella Zona Industriale di Tortolì***», lo scrivente geologo *Dott. MAURO POMPEI*[1] - in qualità di mandante del costituendo RTP costituita dall'*Ing. LUCA PILI* (capogruppo) e dall'*Ing. EMANUELE TENDAS* (mandante) per conto dell'ATI costituita dalle Imprese concorrenti COFERLY SDF SUEZ / CONSULTECNA - ha sviluppato, per specifica competenza professionale, gli studi geotecnici finalizzati ad un'esauriente modellazione geotecnica del sedime di intervento utile alla corretta progettazione dell'opera.

A tal fine è stata eseguita un'indagine geognostica esplicatasi in un rilievo di superficie in un intorno sufficientemente rappresentativo, a cui ha fatto seguito l'esecuzione di alcuni pozzetti geognostici a mezzo escavatore meccanico e prove penetrometriche dinamiche continue DPSH.

L'elaborazione dei dati ricavate dalle prove geotecniche in situ costituiscono la fonte informativa per la stesura della presente **RELAZIONE GEOTECNICA** - redatta ai sensi del D.M. 14.01.2008 «*Norme Tecniche per le Costruzioni*» e dell'art. 26 del D.P.R. 207/2010 - Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «*Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE*» - che fa esplicito riferimento ai contenuti della RELAZIONE GEOLOGICA, a firma del medesimo scrivente.

(1) Albo Geologi della Regione Sardegna N. 211 – Sezione A.

1.2 Richiami normativi

La presente relazione è stata redatta con diretto riferimento alla seguente normativa:

- **Circolare C.S. LL.PP. n. 617 del 02.02.2009** «*Istruzioni per l'applicazione delle nuove Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14.01.2008*»;
- **D.M. 14.01.2008** «*Norme Tecniche per le Costruzioni*»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316** del **02.10.2003** «*Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri*»;
- **Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274** del **20.03.2003** «*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*»;
- **D.M. LL.PP. 16.01.1996** «*Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche*»;
- **Circolare n. 218/24/3** del **09.01.1996** «*Istruzioni applicative per la redazione della Relazione Geologica e della Relazione Geotecnica*»;
- **D.M. LL.PP. 11.03.1988** «*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*»;
- **Circ. Min. LL.PP. n. 30483** del **24.09.1988** che prevede l'obbligo di sottoporre tutte le opere civili pubbliche e private da realizzare nel territorio della Repubblica, alle verifiche per garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso opere-terreni ed assicurare la stabilità complessiva del territorio nel quale si inseriscono;
- **Legge n. 64** del **02.02.1974** «*Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*», che prevede l'obbligatorietà dell'applicazione per tutte le opere, pubbliche e private, delle norme tecniche che saranno fissate con successivi decreti del Ministero per il Lavori Pubblici;
- **D. Lgs. 12.04.2006, n. 163** «*Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE*»;
- **A.G.I. 1977** «*Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*».

1.3 Inquadramento geografico e territoriale

L'areale in studio ricade nel settore settentrionale del Comune di Tortolì, compreso fra lo stagno omonimo a nord-ovest, il centro abitato a sud e la frazione di Arbatax a sud-est.

Più precisamente il lotto di intervento rientra all'interno della Zona Industriale Baccasara nella Via Paolo Arzu, proprio nell'entroterra della spiaggia della Capannina.

I riferimenti cartografici sono rappresentati da:

- Foglio n. 532 "ARBATAX" dell'I.G.M.I. [scala 1:50.000]
- Sezione 532-IV "ARBATAX" dell'I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sezione 532-050 "ARBATAX" della C.T.R. [scala 1:10.000]

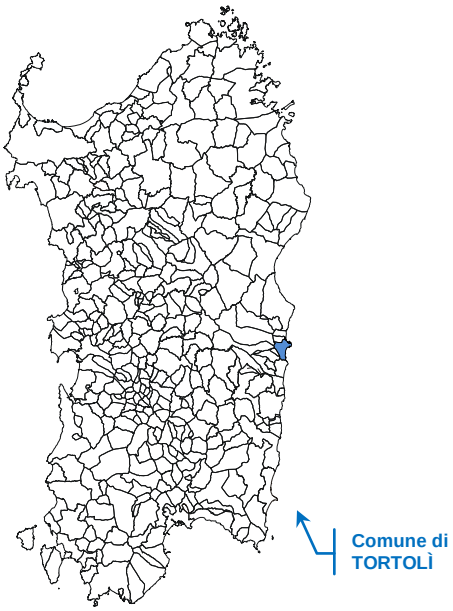


FIGURA 1
Inquadramento geografico.

FIGURA 2 - Ubicazione dell'intervento in progetto (stralcio immagine satellitare anno 2010 – Virtual Earth).

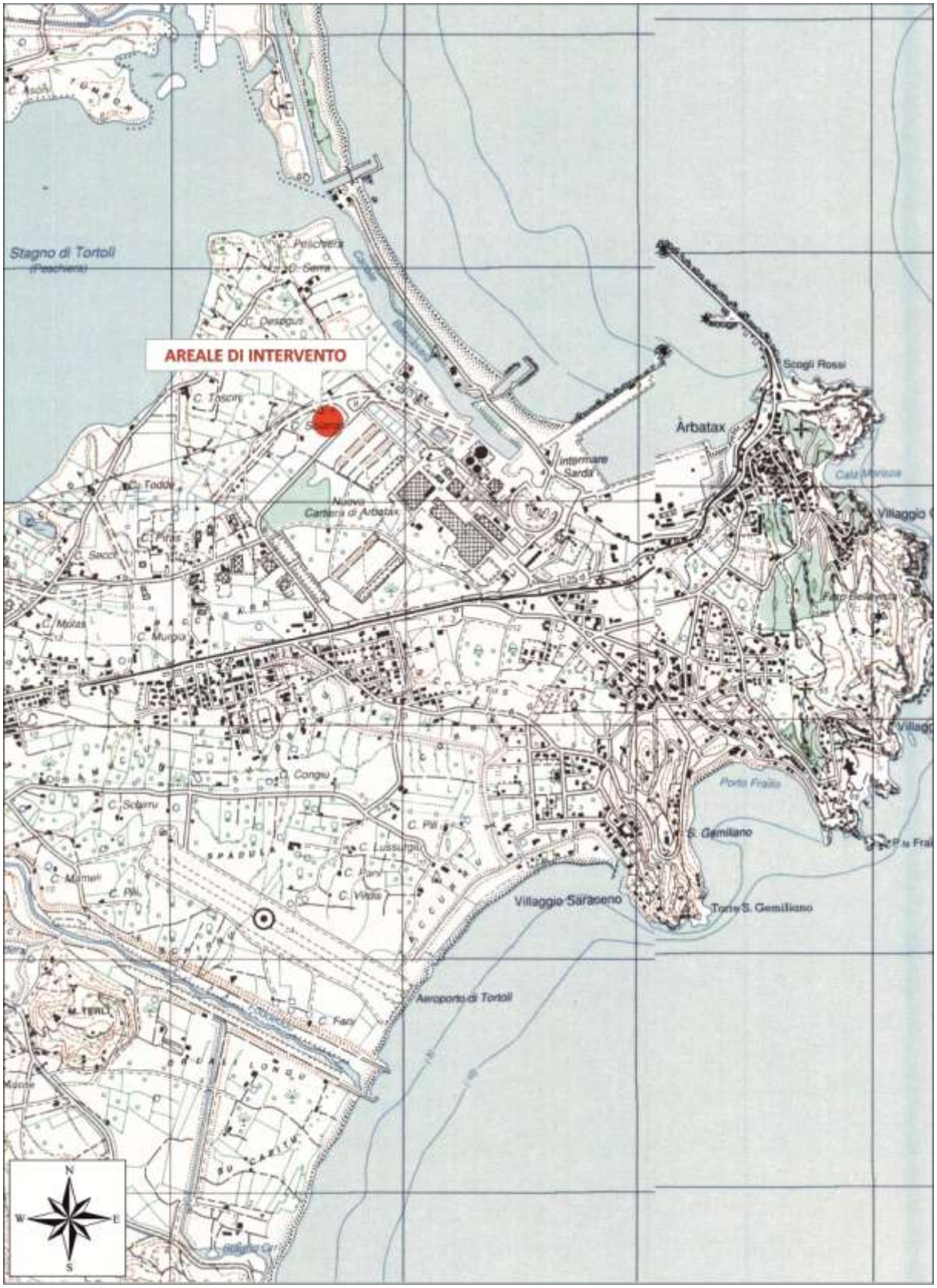


FIGURA 3 - Stralcio Cartografia I.G.M.I. – Sezione 532-IV "ARBATAX" in scala 1:25.000.

2 MODELLAZIONE GEOTECNICA

2.1 Assetto litostratigrafico locale

Il settore geografico di cui fa parte l'area studiata è caratterizzato dalla diffusa presenza, in affioramento o sotto una esile copertura di terre di riporto, di una potente coltre detritica alluvionale costituita prevalentemente da depositi ghiaioso-sabbiosi di età pleistocenica che ricoprono, verosimilmente, il substrato granitico.

Si tratta di ghiaie e sabbie alluvionali terrazzate da medie a grossolane con matrice limo-argillosa, talora intercalate da livelli conglomeratici a ciottoli arrotondati, generalmente caratterizzate ben addensate. Lo scheletro è formato da elementi clastici provenienti perlopiù dallo smantellamento dei rilievi granitici e metamorfici al contorno.

2.2 Parametrizzazione geotecnica dei terreni di fondazione

Le indagini eseguite in questa sede hanno consentito di riscontrare la presenza di terreni (olocenici) e nello specifico di una coltre di sedimenti di ambiente esclusivamente continentale [**Strato B**] di età olocenica, a composizione sabbioso-ghiaiosa, la cui genesi è associabile ad episodi di piena fluviale (ALLUVIONI) ad opera di paleocorsi d'acqua che attualmente non hanno un riscontro definito con l'idrografia attuale, sia per la naturale evoluzione dei corsi d'acqua sia per le modificazioni di origine antropica, sormontati da un'esile coltre di terre di riporto ed in subordine da suoli.

I risultati delle prove penetrometriche sono stati elaborati attraverso le correlazioni della letteratura tecnica per ricavare una parametrizzazione geotecnica verosimile dei terreni attraversati, dopo aver discretizzato ciascuna verticale di prova in "strati litotecnici" omogenei in funzione delle caratteristiche fisiche e meccaniche con lo scopo di individuare dei complessi geotecnici similari dal punto di vista del comportamento meccanico:

LT_A] Terre di riporto

LT_B] Sabbie limose

LT_C] Sabbie e ghiaie addensate

LT_D] Sabbie fini debolmente limose mediamente addensate

A detti litostrati, dopo aver attribuito un comportamento natura prettamente attritivo, così come sembra dall'andamento frastagliato dei grafici penetrometrici ed escludendo le letture poco rappresentative, sono stati assegnati i rispetti parametri geotecnici facendo riferimento alle usuali correlazioni della letteratura tecnica:

- Peso di volume naturale — **PUV_{nat}** $\Rightarrow$ Terzaghi-Peck, 1948-1967
- Peso di volume saturo — **PUV_{sat}** $\Rightarrow$ Meryerhof et alii
- Angolo di resistenza al taglio — **φ** $\Rightarrow$ Japanese Nationa Railway
- Modulo elastico — **E_{el}** $\Rightarrow$ Schultze e Menzenbach

L'insieme dei dati ricavati dalle prove geotecniche in situ, interpretati alla luce della suddetta configurazione litostratigrafica, ha consentito di ricostruire un "*modello geotecnico*" adeguato alle finalità applicative del presente studio.
Dalla trattazione geotecnica è stato ragionevolmente escluso lo strato sommitale antropico [**Strato LS_A = LT_A**] per la scarsa rilevanza ai fini applicativi che interessano.

2.2.1 Capannone

Riferimento pozzetti **PZ1**, **PZ2**, **PZ3** e **DPSH1**

LT_B] **-0,00 m variabile -0,40 m ÷ -0,40 m variabile -1,50 m**

Sabbie limose di colore marrone-grigiastro, localmente inglobanti ciottolame di dimensioni variabili da 1÷2 a 2÷5 cm, incoerenti, asciutte, localmente pedogenizzate nella porzione sommitale (verticale **PZ1**).
Sono state intercettate in tutte le verticali indagate ad esclusione del **PZ4** con uno spessore misurato variabile da 0,40÷0,90 m.
Coincide con l'unità litostratigrafica **LS_B**.
Dalla prova penetrometrica che ha attraversato questo strato (**DPSH1**) è risultata una resistenza media all'infissione N_{20} = 11(10÷14) che si traduce, introducendo il fattore di correlazione N_{DPSH}/N_{SPT} in **N_{SPTeq} = 17**[(2)] a cui fanno riscontro terre moderatamente addensate.
Alla luce di tali riscontri, i parametri geotecnici che si possono assegnare cautelativamente a questo strato sono:

- Peso di volume naturale — PUV_{nat} = 19,00÷19,50 kN/m^3
- Peso di volume immerso — PUV_{nat} = 9,00÷9,50 kN/m^3
- Angolo di resistenza al taglio — φ = 30÷32°
- Coesione drenata — c = 0,00 daN/cm^2
- Modulo elastico — E_{el} = 90÷130 daN/cm^2

LT_C] **-0,40 m variabile -1,50 m ÷ -1,30 m variabile -2,00 m (solo in PZ1 e PZ2)**

Sabbie grossolane, sabbie ghiaiose e ghiaie in matrice sabbioso-grossolana talora con debole frazione argillosa e/o limosa, da asciutte a sature.
Raggruppa l'insieme delle unità litostratigrafiche **LS_C** e **LS_D**.

(2) Fattore di correlazione N_{SPT}/N_{DPSH} = 1,50 (sabbie con molto fine).

Le prove penetrometriche ha fornito un valore medio N_{20} = 26(17÷32) coincidente con il dato N_{SPTeq}[3], ad indicare terre da moderatamente addensate a addensate.

Sulla base delle correlazioni di letteratura, i parametri geotecnici cautelativi risultano:

- Peso di volume naturale PUV_{nat} = 20,50÷21,50 kN/m^3
- Peso di volume immerso PUV_{nat} = 10,50÷11,50 kN/m^3
- Angolo di resistenza al taglio φ = 32÷34°
- Coesione drenata c = 0,00 daN/cm^2
- Modulo elastico E_{el} = 300÷400 daN/cm^2

LT_D] **<u>-0,80 m variabile -2,00 m</u> ÷ <u>-1,70 m variabile -4,00 m ed oltre (?)</u>**

Sabbie fini debolmente limose di colore giallo ocra debolmente ossidate, con qualche ciottolo disperso, incoerenti, asciutte o debolmente umide.

Coincide con l'unità litostratigrafica **LS_E**.

La resistenza all'infissione penetrometrica è risultata espressa da N_{20} = 10(8÷13) che si traduce, introducendo il fattore di correlazione N_{DPSH}/N_{SPT} in **N_{SPTeq} = 15**[4] a cui fanno riscontro terre moderatamente addensate.

Alla luce di tali riscontri, i parametri geotecnici che si possono assegnare cautelativamente a questo strato sono:

- Peso di volume naturale PUV_{nat} = 18,00÷18,50 kN/m^3
- Peso di volume immerso PUV_{nat} = 8,00÷8,50 kN/m^3
- Angolo di resistenza al taglio φ = 30÷32°
- Coesione drenata c = 0,00÷0,05 daN/cm^2
- Modulo elastico E_{el} = 80÷120 daN/cm^2

2.2.2 <u>Edificio uffici</u>

Riferimento pozzetto **PZ4** e **DPSH2**

LS_C] **<u>-0,80 m</u> ÷ <u>-1,70 m</u>**

Ghiaie in matrice sabbioso-grossolana con talora con debole frazione argillosa e/o limosa, di colore arancio con screziature grigiastre, ossidate, con scheletro eterometrico costituito da ciottoli subarrotondati di dimensioni 2÷5 di rocce prevalentemente paleozoiche (graniti, dolomie, porfidi, calcari), da asciutte a sature.

Raggruppa l'insieme delle unità litostratigrafiche **LS_C** e **LS_D**.

Le prove penetrometriche ha fornito un valore medio N_{20} = 26(17÷37) coincidente con il dato

(3) Fattore di correlazione N_{SPT}/N_{DPSH} = 1,25 (sabbie e ghiaie sabbiose).

(4) Fattore di correlazione N_{SPT}/N_{DPSH} = 1,50 (sabbie con molto fine).

N_{SPTeq}[5], ad indicare terre moderatamente addensate.

Sulla base delle correlazioni di letteratura, i parametri geotecnici cautelativi risultano:

- Peso di volume naturale PUV_{nat} = 20,50÷21,50 kN/m^3
- Peso di volume immerso PUV_{nat} = 10,50÷11,50 kN/m^3
- Angolo di resistenza al taglio φ = 32÷34°
- Coesione drenata c = 0,00 daN/cm^2
- Modulo elastico E_{el} = 300÷400 daN/cm^2

LT_D] **<u>-0,80 m variabile -2,00 m</u> ÷ <u>-1,70 m variabile -4,00 m ed oltre (?)</u>**

Sabbie fini debolmente limose di colore giallo ocra debolmente ossidate, con qualche ciottolo disperso, incoerenti, asciutte o debolmente umide.

Coincide con l'unità litostratigrafica **LS_E**.

La resistenza all'infissione penetrometrica è risultata espressa da N_{20} = 9(6÷14) che si traduce, introducendo il fattore di correlazione N_{DPSH}/N_{SPT} in **N_{SPTeq} = 14**[6] a cui fanno riscontro terre moderatamente addensate.

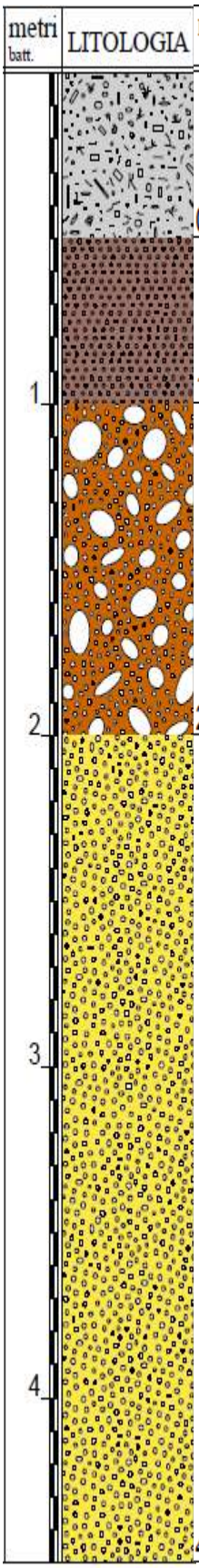
Alla luce di tali riscontri, i parametri geotecnici che si possono assegnare cautelativamente a questo strato sono:

- Peso di volume naturale PUV_{nat} = 18,00÷18,50 kN/m^3
- Peso di volume immerso PUV_{nat} = 8,00÷8,50 kN/m^3
- Angolo di resistenza al taglio φ = 30÷32°
- Coesione drenata c = 0,00÷0,05 daN/cm^2
- Modulo elastico E_{el} = 80÷110 daN/cm^2

Sulla base di quanto esposto, il modello geotecnico di riferimento per ciascuna delle due opere in progetto (capannone e edificio uffici) fa capo alle verticali "tipo" schematizzate in **FIGURA 4**, sul quale impostate i calcoli di verifica.

(5) Fattore di correlazione N_{SPT}/N_{DPSH} = 1,25 (sabbie e ghiaie sabbiose).

(6) Fattore di correlazione N_{SPT}/N_{DPSH} = 1,50 (sabbie con molto fine).



DESCRIZIONE	
LT-A] Riporto costituito da terriccio sabbioso con qualche frammento di laterizi, in giacitura caotica, da sciolto a poco addensato, asciutto.	N_{20} = 11 colpi SPT_{eq} = 17 colpi PUV_{nat} = 19,00 kN/m^3 PUV_{imm} = 9,00 kN/m^3 φ = 31° c = 0,00 daN/cm^2 E_{el} = 100 daN/cm^2
LT-B] Sabbia limosa moderatamente addensata.	
LT-C] Sabbia grossolana, sabbia ghiaiosa e ghiaia in matrice sabbioso-grossolana talora con debole frazione argillosa e/o limosa, da mediamente addensate ad addensata.	N_{20} = 26 colpi SPT_{eq} = 26 colpi PUV_{nat} = 21,00 kN/m^3 PUV_{imm} = 11,00 kN/m^3 φ = 33° c = 0,00 daN/cm^2 E_{el} = 350 daN/cm^2
LT-D] Sabbia fine debolmente limosa, incoerente, moderatamente addensata.	N_{20} = 10 colpi SPT_{eq} = 15 colpi PUV_{nat} = 18,00 kN/m^3 PUV_{imm} = 8,00 kN/m^3 φ = 31° c = 0,00 daN/cm^2 E_{el} = 90 daN/cm^2

FIGURA 4A - Verticale litotecnica "tipo" di riferimento per il "Capannone".

metri batt.	LITOLOGIA	prof. m	DESCRIZIONE	
		0,4	LS-A1] Riporto costituito da terriccio sabbioso di colore marroncino-grigio contenente clasti, in giacitura caotica, da sciolto a poco addensato, asciutto (Attuale).	
		0,8	LS-A2] Idem sabbioso-ciottoloso di colore giallastro, incoerente, moderatamente addensato, asciutto (Attuale).	
1		1,7	LS-D1] Ghiaia centimetrica in matrice sabbioso-argillosa, di colore arancio, con elementi subarrotondati (Ø = 2÷5 cm) poligenici (porfidi, dolomie, calcari, graniti), molto addensata (Olocene).	N_{20} = 26 colpi SPT_{eq} = 26 colpi PUV_{nat} = 21,00 kN/m^3 PUV_{imm} = 11,00 kN/m^3 φ = 33° c = 0,00 daN/cm^2 E_{el} = 350 daN/cm^2
2 3 4		4,0	LS-E] Sabbia fine debolmente limosa di colore giallo ocra con qualche ciottolo, debolmente ossidata, incoerente, moderatamente addensata (Olocene).	N_{20} = 9 colpi SPT_{eq} = 14 colpi PUV_{nat} = 18,00 kN/m^3 PUV_{imm} = 8,00 kN/m^3 φ = 31° c = 0,00 daN/cm^2 E_{el} = 90 daN/cm^2

FIGURA 4B - Verticale litotecnica "tipo" di riferimento per "Edificio uffici".

3 VERIFICHE GEOTECNICHE

3.1 Premessa

In considerazione dei buoni risultati conseguite dalle prove DPSH ed in relazione all'assetto litostratigrafico emerso dai saggi condotti, la tipologia di fondazione più idonea per l'intervento in progetto è rappresentata da **fondazioni dirette** anche di tipo isolato (**plinti**) da impostare, una volta oltrepassati gli strati rimaneggiati e pedogenizzati, sulla coltre alluvionale ghiaioso-sabbiosa degli strati litotecnici ST_B e ST_C.

Di seguito vengono presentati i calcoli geotecnici eseguiti in ottemperanza alla normativa vigente.

3.2 Richiami normativi

In ottemperanza alle N.T.C. (D.M. 14/01/2008), la capacità portante è stata stimata con il criterio degli stati limite ultimi (SLU), impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali per i parametri geotecnici (**M1** e **M2**) e per le resistenze (**R1**, **R2** e **R3**), scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi.

APPROCCIO 1] sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti, di cui la prima generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno **(STRU)** e la seconda più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico **(GEO)**:

- **Combinazione 1: (A1+M1+R1)**
- **Combinazione 2: (A2+M2+R2)**

APPROCCIO 2] Nel secondo approccio progettuale (**Approccio 2**) è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali sia nelle verifiche geotecniche (**STRU + GEO**):

- **Combinazione 1: (A1+M1+R3)**

Il valore di progetto della resistenza del terreno (**R_D**) stato determinato con riferimento al valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno, divisi per il coefficiente parziale γ_M di cui alla **TABELLA 1** e tenendo conto dei coefficienti parziali γ_R della **TABELLA 2**.

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE Parziale γM	(M1)	(M2)
Tangente all'angolo di resistenza al taglio	$tg\ \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,0

TABELLA 1 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	(R2)	(R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

TABELLA 2 - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

La verifica risulta soddisfatta se $\mathbf{R_D} \geq \mathbf{E_D}$,

essendo $\mathbf{E_D}$ il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione.

3.2.1 Calcolo dei cedimenti

Il cedimento è ricavato utilizzando il Metodo di Burland e Burbidge (1984) che correla un indice di compressibilità Ic al valore N_{SPT} della prova penetrometrica dinamica, attraverso la seguente relazione:

$$S = f_S \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[\sigma'_{vo} \cdot b^{0,7} \cdot \frac{I_c}{3} + \left(q' - \sigma'_{vo}\right) \cdot b^{0,7} \cdot I_c \right]$$

dove:

q' = pressione efficace lorda

σ'_{vo} = tensione efficace agente alla quota di imposta della fondazione

b = larghezza della fondazione

I_c = indice di compressibilità

f_S, f_H, f_t = fattori correttivi che tengono conto della forma, della componente viscosa dei cedimenti e dello spessore dello strato compressibile

3.3 Capannone

3.3.1 Assunzioni di calcolo

Le verifiche geotecniche sono state condotte prevedendo, in accordo con il progettista della struttura, l'adozione di una fondazione diretta "plinto" con piano di posa impostato alla quota di -1,00 m dal p.c., ovvero sulle sabbie limose addensate [**LT_B**] poggianti a breve profondità sulle ghiaie addensate [**LT_C**].

Le assunzioni di calcolo sono pertanto:

- lunghezza plinto **A = 2,20 m**
- larghezza plinto **B = 2,20 m**
- altezza plinto **H = 0,40 m**
- piano di fondazione rappresentativo **D = -1,40 m da p.c**
- incasso coincidente con piano fondazione
- piano di posa fondazione orizzontale
- falda acquifera **-1,30 m da p.c.**
- pressione di contatto **q = 1,40 daN/cm^2**
- opzione di calcolo **condizione drenata**

e, con riferimento alla struttura in progetto:

- tipologia di opera 2
- classe d'uso II
- vita nominale (Vn) 50 anni
- periodo di riferimento per l'azione sismica (Vr) ≥ 50 anni
- zona sismica IV

3.3.2 Esito delle verifiche

Dallo sviluppo dei calcoli, i valori di Resistenza di progetto R_D secondo diversi autori sono quelli riportati in **TABELLA 3**.

Nella verifica agli stati limite ultimi per il dimensionamento geotecnico delle fondazioni (GEO), le norme consigliano l'utilizzo dell' Approccio 1 - Combinazione 2. Considerando la condizione più gravosa scaturita dalla formulazione di Terzaghi si ottiene:

2,75 daN/cm^2 ≥ 1,40 daN/cm^2

LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA

	HANSEN	TERZAGHI	MEYERHOF	VESIC	BRINCH–HANSEN
APPROCCIO 1 Combinazione 1 A1+M1+R1 (STR)	12,13	**9,63**	12,07	12,82	12,36
APPROCCIO 1 Combinazione 2 A2+M2+R2 (GEO)	3,39	**2,75**	3,19	3,59	3,48
APPROCCIO 2 Combinazione 1 A1+M1+R3 (STR + GEO)	5,28	**4,19**	5,25	5,57	5,37

TABELLA 3 – Resistenza di progetto in daN/cm^2 della platea secondo il D.M. 14.01.2008.

Sviluppando i calcoli dei cedimenti, assunta pari a 1,40 daN/cm^2 la pressione di contatto e considerando un comportamento dei terreni prevalentemente frizionali, si ottiene un cedimento elastico teorico (70% di quello reale) calcolato con il metodo di Burland e Burbidge dell'ordine di **w_{EL} = 0,9 cm**. Detti cedimenti saranno scontabili nell'immediato, contestualmente all'applicazione dei carichi.

3.4 Edificio uffici

3.4.1 Assunzioni di calcolo

Le verifiche geotecniche sono state condotte prevedendo, in accordo con il progettista della struttura, l'adozione di una fondazione diretta della tipologia "trave rovescia" con piano di posa impostato alla quota di -1,00 m dal p.c., ovvero sulle sabbie limose addensate [**LT_B**] poggianti a breve profondità sulle ghiaie addensate [**LT_C**].

Le assunzioni di calcolo sono pertanto:

– lunghezza trave	**A = 10,0 m**
– larghezza trave	**B = 0,75 m**
– altezza trave	**H = 0,60 m**
– piano di fondazione rappresentativo	**D = -0,80 m da p.c**
– incasso coincidente con piano fondazione	
– piano di posa fondazione orizzontale	
– falda acquifera	**-7,00 m da p.c.**
– pressione di contatto	**q = 1,00 daN/cm^2**
– opzione di calcolo	**condizione drenata**

e, con riferimento alla struttura in progetto:

– tipologia di opera	2
– classe d'uso	II
– vita nominale (Vn)	50 anni
– periodo di riferimento per l'azione sismica (Vr)	≥ 50 anni
– zona sismica	IV

3.4.2 Esito delle verifiche

Dallo sviluppo dei calcoli, i valori di Resistenza di progetto R_D secondo diversi autori sono quelli riportati in **TABELLA 4**.

Nella verifica agli stati limite ultimi per il dimensionamento geotecnico delle fondazioni (GEO), le norme consigliano l'utilizzo dell' Approccio 1 - Combinazione 2. Considerando la condizione più gravosa scaturita dalla formulazione di Hansen si ottiene:

1,86 daN/cm^2 ≥ 1,00 daN/cm^2

LA VERIFICA RISULTA SODDISFATTA

	HANSEN	TERZAGHI	MEYERHOF	VESIC	BRINCH–HANSEN
APPROCCIO 1 Combinazione 1 A1+M1+R1 (STR)	**6,68**	7,16	7,14	7,50	7,28
APPROCCIO 1 Combinazione 2 A2+M2+R2 (GEO)	**1,86**	1,95	1,87	2,09	2,00
APPROCCIO 2 Combinazione 1 A1+M1+R3 (STR + GEO)	**2,90**	3,11	3,10	3,26	3,17

TABELLA 4 – Resistenza di progetto in daN/cm^2 della platea secondo il D.M. 14.01.2008.

Sviluppando i calcoli dei cedimenti, assunta pari a 1,00 daN/cm^2 la pressione di contatto e considerando un comportamento dei terreni prevalentemente frizionali, si ottiene un cedimento elastico teorico (70% di quello reale) calcolato con il metodo di Burland e Burbidge dell'ordine di **w_{EL} = 0,35 cm**. Detti cedimenti saranno scontabili nell'immediato, contestualmente all'applicazione dei carichi.

4 CONCLUSIONI

Come emerso dalla campagna geognostica eseguita, il sito che ospiterà i manufatti in progetto vede la presenza di un complesso sedimentario alluvionale a composizione sabbioso-ghiaiosa potente qualche metro, sormontato da un'esile coltre di terre di riporto ed in subordine da suoli.

Ad esclusione della coltre superficiale submetrica, organica e rimaneggiata [**LT-A**], detti terreni risultano contraddistinti, in base all'esito delle prove penetrometriche, da buona resistenza al taglio e limitata comprimibilità, il che consente di ipotizzare l'adozione di fondazioni di tipo diretto, da individuarsi nella tipologia a trave per gli uffici e a plinto per il capannone da impostare da impostare ad una profondità di almeno 0,80-1,00 m dal p.c., ovvero in corrispondenza delle sabbie limose di cui allo **Strato LS_B** o dei sedimenti sabbioso-ghiaioso addensati dello **Strato LS_C**

Dalle verifiche geotecniche, la capacità portante in termini di massima resistenza a rottura (**R_D**) è stata determinata - considerando la più cautelativa Combinazione 1 / Approccio 2 delle N.T.C.- 2008) - in **2,75 daN/cm^2** per la fondazione a plinto scelta per il Capannone e in **1,86 daN/cm^2** per la fondazione a trave rovescia utilizzata per la struttura uso uffici. Dette resistenze risultano superiori alla pressione di esercizio massima che risulta rispettivamente pari a **1,40 daN/cm^2** per il capannone e **1,00 daN/cm^2** per gli uffici.

Le verifiche sui cedimenti sono state condotte attraverso la formula di Burland & Burbidge ed hanno fornito, utilizzando le suddette azioni di progetto assegnate dal progettista, un valore di w_{EL}= 0,9 cm per il capannone e w_{EL}= 0,35 cm per l'edificio destinato ad uffici.

Considerando la natura prevalentemente attritiva dei terreni detti cedimenti elastici verranno scontati nell'immediato, contestualmente all'applicazione dei carichi.

DATA: ottobre 2015

IL GEOLOGO:

Mauro Pompei

ORDINE DEI GEOLOGI
REGIONE SARDEGNA
N. 211 Dott. Geol. Mauro Pompei