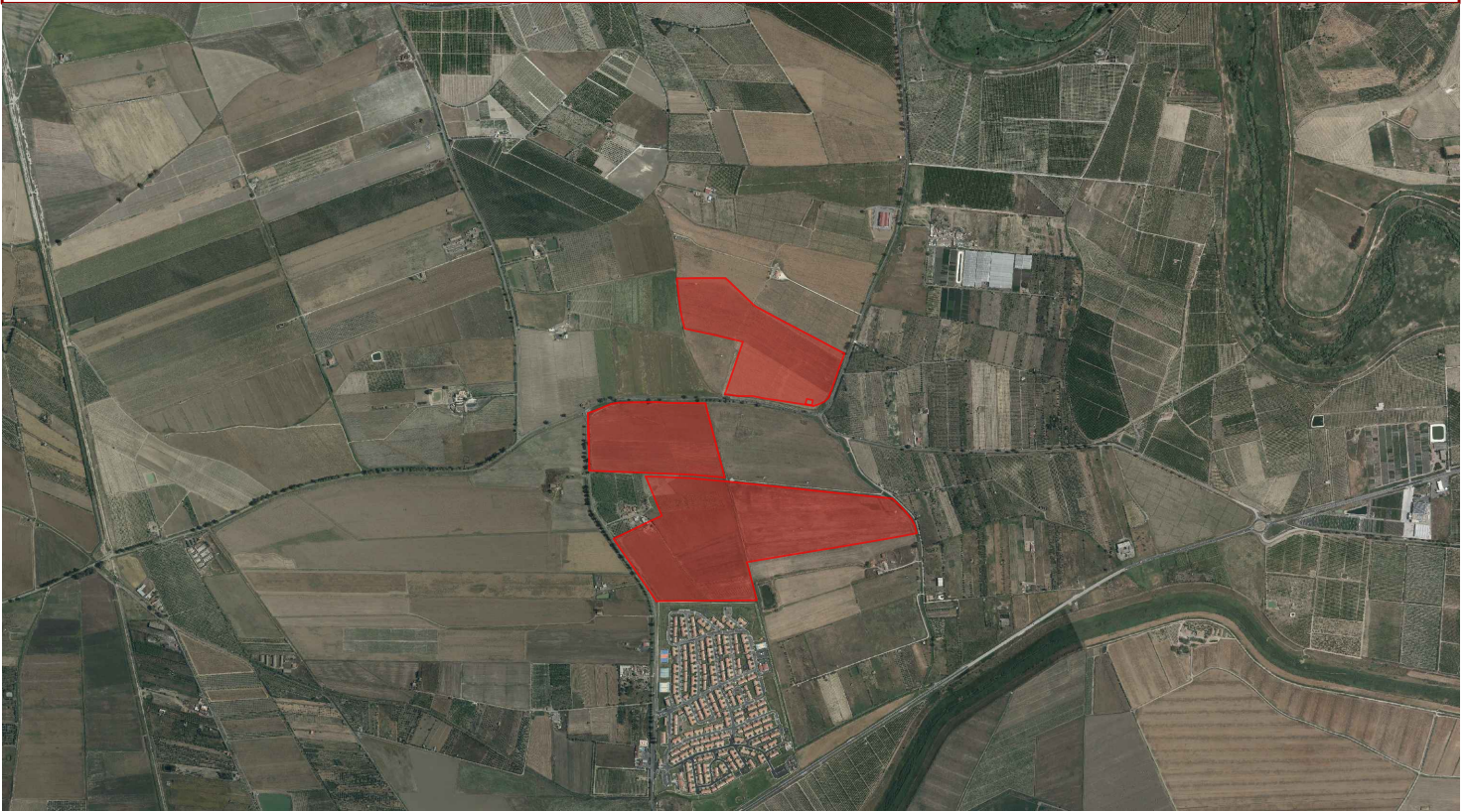


Provincia di CATANIA - Comune di BELPASSO



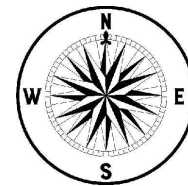
DATA	REV	REDATTO	VERIFICATO	RIESAMINATO	OGGETTO REVISIONE

Committente:



X-ELIO+

X-ELIO BELPASSO S.R.L.
Corso Vittorio Emanuele II n. 349
00186 Roma (RM)
P.IVA:16952761001
www.x-elio.com/italy

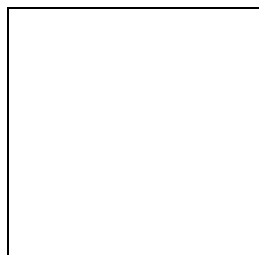
Progettazione esecutiva:



GEOSTUDIOGROUP STP S.r.l.
Via Dott. Lino Blundo n.3
97100 Ragusa (RG)
P.IVA:01635940883
www.geostudiogroup.net

CODICE:	TITOLO: Relazione Geologica e geologico-tecnica
Opera: Progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico denominato "LA ROSA" della potenza di 44,681 MWp (40 MW in A.C.), con sistema di accumulo integrato da 20,25 MW e di tutte le opere connesse ed infrastrutture da realizzarsi nel comune di Belpasso (CT)	I Geologi Dott. Giovanni Occhipinti Dott. Privitera Garozzo Franco
UBICAZIONE IMPIANTO C.da Finocchiara - Belpasso (CT)	  Progettista p.p.v. Ing. Salvatore Camillieri
DATA PRIMA EMISSIONE: 06/02/2024	SCALA: -

RELAZIONE GEOLOGICA



OGGETTO

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO DENOMINATO "LA ROSA" DELLA POTENZA 44,681 MWp (40 MW IN A.C.), CON SISTEMA DI ACCUMULO INTEGRATO DA 20,25 MW E DI TUTTE LE OPERE CONNESSE ED INFRASTRUTTURE DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI Belpasso (CT).

Sito:

Contrada Finocchiara
Belpasso (CT) - Italia

Committente:

X-ELIO Belpasso S.R.L.
Corso Vittorio Emanuele II n. 349
00186 Roma



Ragusa li

Visto Il Calcolista

I GEOLOGI

INDICE ANALITICO

PARTE PRIMA

- **PREMESSA**
- **INDAGINI ESPLETATE**
- **NORMATIVE DI RIFERIMENTO**

PARTE SECONDA

- **LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI**
- **LINEAMENTI IDROGEOLOGICI**
- **LINEAMENTI GEOLOGICI**
- **STRATIGRAFIA DI DETTAGLIO**
- **GEOLOGIA DI DETTAGLIO**
- **GEOLOGIA TECNICA**

PARTE TERZA

- **LINEAMENTI TETTONICI**
- **CLASSIFICAZIONE SISMICA**

PARTE QUARTA

- **CONCLUSIONE**

ALLEGATI

- ALL.01 CARTE GEOLOGICHE - SCALA 1:10.000**
- ALL.02 CARTE GEOLOGICHE - SCALA 1:2.000**

PARTE PRIMA

PREMESSA

Su incarico della Società X-ELIO Belpasso S.R.L., con sede in Corso Vittorio Emanuele II n. 349, 00186 Roma, i sottoscritti Dott. Geol. Franco Privitera Garozzo e Dott. Geol. Giovanni Occhipinti, hanno effettuato lo studio geologico e della pericolosità sismica definitivo del terreno di fondazione del progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico denominato "LA ROSA" della potenza 44,681 MWp (40 MW in A.C.), con sistema di accumulo integrato da 20,25 MW e di tutte le opere connesse ed infrastrutture da realizzarsi nel Comune di Belpasso (CT).



Coord. sito (Datum ED50): Longitudine = 14.9098°; Latitudine = 37.4307°; Altitudine = 24.00 metri s.l.m.



Coord. sito (Datum ED50): Longitudine = 14.9070°; Latitudine = 37.4375°; Altitudine = 27.00 metri s.l.m.

Ubicazione sito da satellite

L'area d'intervento ricade topograficamente nella tavoletta IGM denominata "Gerbini" (Foglio 269, II Quadrante NE); altimetricamente l'area si trova compresa tra i 20 ed i 30 metri s.l.m.. Nella cartografia CTR della Regione Sicilia è ubicata alla carta n. 633150 e la maglia di riferimento per le coordinate del sito (Datum ED50) ha i seguenti punti : 48308, 48085, 48086, 48307.

Dal punto di vista urbanistico, l'area di intervento progettuale, sita in C.da Finocchiara, risulta distinta in Catasto Terreni del Comune di Belpasso al BelpassoFoglio n°98 p.lla n. 626, 802 e Foglio n°101 p.lle 45, 46, 84, 85, 86, 100, 101, 138, 139, 140, 141, 142 con estensione complessiva di circa 674.169 m².

Per quanto di competenza, dal punto di vista dei vincoli di tutela e salvaguardia del territorio e del paesaggio, l'area di che trattasi ricade all'interno:

□ del sito di attenzione del P.A.I. (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico) ai sensi dell'art.1 D.L. n. 180/98 convertito con modifiche con la L. n. 267/98 e ss. mm. ii., per come individuato nella Carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione n.101 del Bacino idrografico del Fiume Simeto (094) area tra i bacini del Simeto e del San Leonardo (094A) Laghi di Pergusa (094B) e Maletto (094C);

□ del sito di esondazione della Diga Ancipa e della Diga Pozzillo del P.A.I. (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico) ed ubicata nella carta delle aree di esondazione a valle della traversa ponte Barca per collasso delle Dighe Ancipa e Pozzillo n. 101.

INDAGINI ESPLETATE

Lo studio geologico-tecnico è stato condotto attraverso tre fasi: la prima è stata il rilevamento geologico, svoltosi in zona, supportato da ricerche cartografiche e bibliografiche, per una ricostruzione morfologica, idrologica, idrogeologica e litostratigrafica della zona in esame. La seconda fase è consistita nella stima dei parametri geologici e geotecnici attraverso l'acquisizione di dati provenienti da indagini geognostiche in sito e analisi di laboratorio. La campagna di indagini geognostiche dirette, n. 7 sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di n. 7 campioni indisturbati e n. 7 prove SPT, ed indirette, n. 4 HVSR e n. 2 stendimenti geoelettrici. Le ubicazioni dei sondaggi sono di seguito ubicati.



Indagini geognostiche dirette e di laboratorio

La campagna di indagini geognostiche dirette, effettuate dalla SGM di Catania, è stata così articolata:

Modellazione Litostratigrafica
n. 7 Sondaggi a carotaggio continuo

Modellazione Geotecnica in sito
n. 7 Prove S.P.T.
n. 7 Campioni indisturbati Q1
n. 3 piezometri a tubo aperto

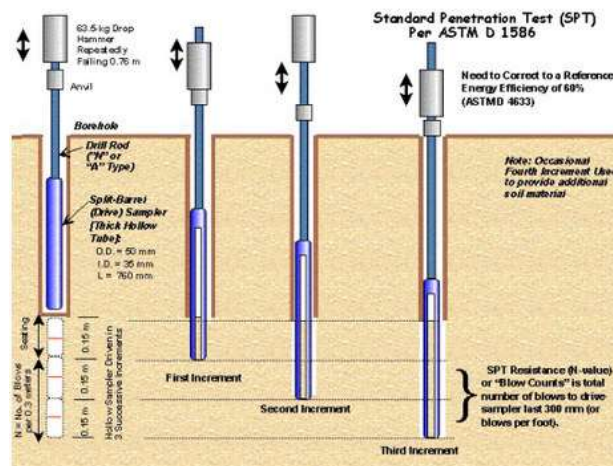
Modellazione geotecnica in laboratorio
n° 7 determinazioni del contenuto d'acqua;
n° 7 determinazioni del peso specifico;
n° 7 determinazioni del peso di volume;
n° 3 analisi granulometriche e densimetriche;
n° 7 determinazioni dei limiti di Atterberg;
n° 3 determinazioni dei limiti di ritiro;
n° 1 prova di espansione laterale libera (ELL);
n° 1 prova triassiale non consolidata non drenata (UU);
n° 1 prova triassiale consolidata non drenata (CU);
n° 7 prove di taglio diretto;
n° 3 prove di rigonfiamento "Huder Amberg".

I 7 sondaggi a carotaggio continuo per uno sviluppo lineare complessivo di 50,00 m ed in particolare

Sondaggio	Profondità (m.)	Piezometro
S.1	5,00	
S.2	10,00	10,00
S.3	5,00	
S.4	10,00	10,00
S.5	5,00	
S.6	10,00	10,00
S.7	5,00	

Durante le perforazioni non si sono riscontrate discontinuità che facciano presumere la presenza di cavità sotterranee.

Sono state eseguite n. 7 prove S.P.T. facendo riferimento a "Standard" esistenti: ASTM 1586, "Penetration Test an Split Barrel Sampling of Soil"



Le caratteristiche strumentali possono essere così schematizzate:

- campionatore \varnothing 50.8 - 35.0 mm;
- L utile = 630 mm munito di valvola a sfera alla sommità;
- massa battente di peso 63.5 kg con altezza di caduta di 76.20 cm;
- aste da 50 mm. collegate al campionatore aventi peso per metro lineare 8.00 kg/m;
- la caduta libera del maglio viene comandata da un particolare dispositivo di sganciamento automatico che lo libera all'altezza voluta;

fra testa di battuta in sommità alle aste e il piano campagna è stato installato un centratore di guida ad irrigidimento delle aste stesse;

la differenza tra il diametro esterno delle aste ed il diametro interno della tubazione metallica

provvisoria di rivestimento è di 60 mm;

come utensile di penetrazione, in funzione della granulometria grossolana presente, è stata utilizzata una punta conica \varnothing 51 mm, ed angolo 60°

La prova consiste nell'infiggere nel terreno, alla base del sondaggio la punta conica o il campionatore per tre tratti consecutivi ciascuno di 15 cm, rilevando il numero di colpi (N) necessari per la penetrazione di ciascun tratto di 15 cm.

Il valore NSPT è dato dalla somma dei colpi ottenuti per il 2 e il 3 tratto.

Prima di eseguire la prova viene controllata, con adeguato scandaglio, la quota del foro confrontandola con quella raggiunta con la manovra di perforazione o di pulizia precedentemente fatta.

L'avvenuto affondamento della punta per peso proprio e delle aste fa parte integrante dei 45 cm complessivi di infissione.

Sondaggio	Quota (m)	Numero colpi
S 1	3.00-3.45	4-6-8
S 2	2.00-2.45	4-5-7
S 3	1.50-1.95	3-4-6
S 4	2.00-2.45	3-4-5
S 5	1.50-1.95	3-3-4
S 6	2.00-2.45	3-3-4
S 7	2.00-2.45	3-3-3

Sui campioni prelevati nelle perforazioni, state eseguite analisi e prove di laboratorio dal laboratorio Geotecnico Gi.Ga.Lab “SETTORE TERRE” D.P.R. 246/93 – Min. STC 349/99, al fine di caratterizzare geotecnicamente i campioni stessi. In particolare sono state effettuate le seguenti prove:

- n° 7 determinazioni del contenuto d’acqua;
- n° 7 determinazioni del peso di volume;
- n° 7 determinazioni del peso specifico dei granuli;
- n° 7 determinazioni dei limiti di Atterberg;
- n° 3 limiti di ritiro
- n° 3 analisi granulometriche e densimetriche;
- n° 7 prove di taglio diretto;
- n° 1 prova triassiale non consolidata non drenata (UU);
- n° 1 prova triassiale consolidata non drenata (CU);
- n° 1 prova di espansione laterale libera (ELL);
- n° 3 prove di rigonfiamento “Huder Amberg”.

Il report delle perforazioni delle SPT e delle prove di laboratorio si riporta in allegato.

Indagini indirette

Tra le indagini di tipo indiretto, sono state effettuate n. 2 indagini di tipo geo-elettrico al fine di accertare le caratteristiche della resistività dei terreni del primo substrato e di individuare l’eventuale presenza di cavità carsiche.

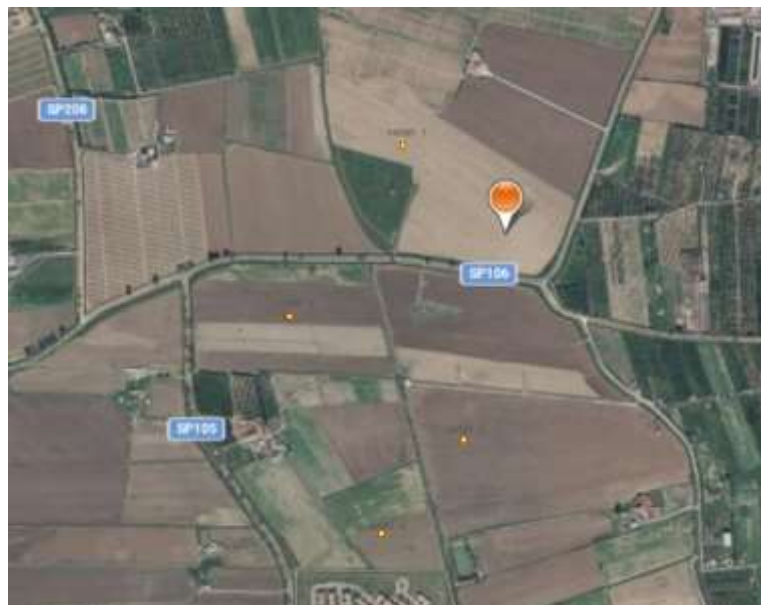
L’indagine tomografica restituisce, infatti, l’interpretazione della variazione della resistività laterale evidenziando le zone a resistività inferiori litologicamente interpretabili come litotipi dove la porosità e le discontinuità/cavità, unita al quantitativo di liquidi che la impregna, influisce maggiormente sul deflusso delle correnti elettriche.

Le ubicazioni delle indagini elettriche sono di seguito riportate:



Dai risultati delle indagini elettriche effettuate nei siti indicati non si evince la presenza di cavità sotterranee. Il report delle tomografia elettrica si riporta in allegato.

Infine, nell'area interessata dalle opere in progetto, è stata eseguita una campagna di indagine geofisica mediante n. 4 indagini sismiche HVSR effettuate nell'area interessata dal progetto, allo scopo di determinare le caratteristiche di risposta sismica locale e le condizioni geodinamiche del terreno di fondazione delle opere in oggetto. Le HVSR sono state così ubicate.



NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Norme tecniche per le costruzioni Legge 5 novembre 1971, n. 1086;
- Norme tecniche per le costruzioni Legge 2 febbraio 1974, n. 64;
- Norme tecniche per le costruzioni Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380;
- Norme tecniche per le costruzioni Decreto legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186;
- Norme tecniche per le Costruzioni 2018 Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018
- Eurocodice 7 Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- Eurocodice 8 Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

PARTE SECONDA

LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI E PIANO ASSETTO IDROGEOLOGICO

La morfologia dell'area è piuttosto regolare, il cui aspetto è contraddistinto, essenzialmente, da un paesaggio sub pianeggiante. La pendenza topografica del sito di sedime ha valori variabili tra 1° e 3° verso SSE.

All'interno del sito di sedime, insistono dei solchi di ruscellamento di natura antropica che riprendono, rettificandoli e bonificandoli, solchi di ruscellamento naturali; i predetti solchi immettono l'acqua raccolta in un canale di maggiore dimensione avente orientamento circa E/O e N-S, ubicati in prossimità rispettivamente della Strada Provinciale 106 e 105. Tali canali artificiali, realizzati da tempi storici, costituiscono una parte del reticolo presente, ovvero contribuiscono alla regimentazione del bacino idrografico del Fiume Dittaino, affluente del Simeto.

Il Bacino del Dittaino (959 Km²) è compreso tra il bacino del Salso a Nord e quello del Gornalunga a Sud e presenta una rete idrografica ramificata nella parte montana e con un andamento a meandri nella parte centrale e valliva. L'asta principale si sviluppa complessivamente per circa 93 km.

La stabilità dell'area appare garantita sia dalla favorevole giacitura dei terreni presenti che dalla mancanza assoluta di agenti geodinamici che possano in futuro turbare il presente equilibrio. Pertanto, non si ritiene opportuno eseguire verifiche di stabilità poiché, essendo l'area pianeggiante e totalmente esente da qualunque fenomenologia geomorfologica ed idrogeologica, è da escludersi l'instaurarsi di qualsiasi movimento franoso e/o di scorrimento.

Quanto detto prima è confermato dal Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) che esclude tali aree da qualunque fenomenologia di dissesto e di rischio geomorfologico.

Dal punto di vista idrogeologico e della permeabilità, l'area in studio è caratterizzata dall'affioramento di terreni diversi che, da un punto di vista idrogeologico, abbiamo suddiviso in 3 tipi di permeabilità prevalente:

□ Rocce permeabili per porosità: si tratta di rocce incoerenti caratterizzate da una permeabilità per porosità che varia al variare delle dimensioni granulometriche dei terreni presenti; in particolare la permeabilità risulta essere medio-bassa nella frazione limosa mentre tende ad

aumentare nei livelli sabbiosi e ghiaiosi. Di conseguenza la circolazione idrica sotterranea è discontinua con livelli acquiferi sospesi. Rientrano in questo complesso i terreni afferenti il Complesso Calcarenitico-sabbioso ed i depositi alluvionali.

□ Rocce permeabili per fessurazione e fratturazione: si tratta di rocce coerenti che presentano un sistema fessure e fratture per raffiamento di dimensioni tali da rappresentare vie di infiltrazione e scorrimento per le acque meteoriche. Sono compresi in questa categoria i litotipi del Complesso vulcanico.

□ Rocce impermeabili: questo complesso è costituito dal Complesso Argilloso Pliocenico. In queste rocce l'infiltrazione si esplica tanto lentamente da essere considerate praticamente impermeabili.

Vista la natura dei terreni presenti e dai dati forniti dal committente si può affermare che il livello piezometrico della falda presente all'interno del complesso alluvionale, che direttamente interessa le opere, si attesta a una quota pari a circa 10,0 m dal p.c..

Per quanto attiene il PAI – Piano Assetto Idrogeologico- le aree in oggetto sono ubicate all'interno di un area di pericolosità e rischio idraulico contrassegnata con la sigla 094-E-3BE-E01; la pericolosità idraulica è pari a P2 (media) mentre , attualmente, il rischio è pari a R1 (Moderato), come visibile delle carte allegate al Piano.

La pericolosità “P”, identificata con l’area inondata, è stata valutata seguendo la “metodologia semplificata” proposta dal D.I.I.A.A., in funzione del solo tempo di ritorno e, precisamente, in modo inversamente proporzionale ad esso (vedi Tabella 4.7).

Tabella 4.7 Definizione delle pericolosità idraulica P secondo la metodologia semplificata.

T (anni)	P
50	P3 (alta)
100	P2 (moderata)
300	P1 (bassa)

Per la caratterizzazione degli elementi a rischio si è fatto riferimento alle quattro classi di vulnerabilità proposte dalle linee guida e qui riportate nella tabella 4.11.

Tabella 4.11 Caratterizzazione degli elementi a rischio.

Classe	Descrizione
E1	Case sparse - Impianti sportivi e ricreativi - Cimiteri - Insediamenti agricoli a bassa tecnologia - Insediamenti zootecnici
E2	Reti e infrastrutture tecnologiche di secondaria importanza e/o a servizio di ambiti territoriali ristretti (acquedotti, fognature, reti elettriche, telefoniche, depuratori...) - Viabilità secondaria (strade provinciali e comunali che non rappresentino vie di fuga) - Insediamenti agricoli ad alta tecnologia – Aree naturali protette, aree sottoposte a vincolo ai sensi del D. L.vo 490/99.
E3	Nuclei abitati - Ferrovie - Viabilità primaria e vie di fuga - Aree di protezione civile (attesa, ricovero e ammassamento) - Reti e infrastrutture tecnologiche di primaria importanza (reti elettriche, gasdotti, discariche...) - Beni culturali, architettonici e archeologici sottoposti a vincolo ai sensi del D.L.vo 490/99.- Insediamenti industriali e artigianali - Impianti D.P.R. 175/88.
E4	Centri abitati - Edifici pubblici di rilevante importanza (es. scuole, chiese, ospedali, ecc.)

Le infrastrutture a rischio interessate dagli eventi di piena dei corsi d'acqua sono costituiti da edifici di tipo residenziale, commerciale, produttivo, rurale, pubblico, impianti sportivi, strade comunali, provinciali, statali, ferrovie, aree coltivate. Ad ognuno di essi è stata associata una classe come indicata nella tabella 4.11.

Come indicato dalle linee guida, per la valutazione del rischio idraulico si è proceduto a sovrapporre, alla carta della pericolosità, la carta degli elementi a rischio.

La classificazione del Rischio adottata è quella riportata nella tabella 4.12.

Tabella 4.13 Definizione delle classi di rischio R.

DESCRIZIONE DEL RISCHIO	CLASSE
RISCHIO MODERATO: per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali.	R1
RISCHIO MEDIO: per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture a al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.	R2
RISCHIO ELEVATO: per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.	R3
RISCHIO MOLTO ELEVATO: per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.	R4

Nel presente studio si è proceduto, seguendo le linee guida del PAI regionale, a sovrapporre l'indice di pericolosità (P2) con l'indice degli elementi a rischio (E1 - Case sparse - Impianti sportivi e ricreativi - Cimiteri - Insediamenti agricoli a bassa tecnologia - Insediamenti zootecnici)..” sulla base del progetto in itinere, per la valutazione del rischio idraulico. Dalla la combinazione dei due indici si è stimato il rischio (R), attraverso la seguente matrice riportata nella seguente tabella 4.12.

Tabella 4.12 Valutazione del rischio idraulico.

PERICOLOSITÀ	ELEMENTI A RISCHIO			
	E1	E2	E3	E4
P1	R1	R1	R2	R3
P2	R1	R2	R3	R4
P3	R2	R2	R4	R4

Dalla matrice si può stimare, una volta realizzato l'impianto in progetto, una valutazione del rischio pari a R2, ovvero un rischio medio per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.

Come azione di mitigazione del livello di rischio nel sito in oggetto, si ritiene opportuno intervenire sui fattori che concorrono alla definizione del rischio attraverso:

- la cura degli argini dei canali presenti, la pulizia manutentiva degli stessi con la rimozione di vegetazione (canneti, arbusti, ecc.), di eventuali occlusioni e/o interrimenti;
- la riduzione della condizione di rischio degli elementi coinvolti attraverso la posa in opera delle opere sul suolo in modo tale da non causare restringimenti delle sezioni dei canali esistenti.

In conclusione, il comma 8 del Art. 11, paragrafo 11.2, Capitolo 11 delle “Norme Tecniche di Attuazione” così recita: Nelle aree a pericolosità P2, P1 e P0, è consentita l'attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici, generali e attuativi, e di settore vigenti..”

A seguito della valutazione del grado di pericolosità R2 (Rischio moderato), non sono previsti divieti specifici e, quindi, ci si deve riferire a quanto determinato per le aree P2, P1 e P0, precedentemente descritte.

Fermo restando quando riportato, dalle norme di attuazione del PAI regionale si evince che nelle zone P2 è prevista, previo accurato e specifico studio idrologico ed idraulico (come quello in oggetto), l'attuazione delle previsioni degli strumenti urbanistici.

L'area nel complesso ha condizioni di stabilità geomorfologica ed idrografica sicuramente compatibili con il progetto in esame, in quanto le opere non costituiscono ostacolo alcuno al deflusso delle acque piovane ricadenti in sito.

LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

L'area in esame fa parte del bacino idrogeologico del Fiume Dittaino, affluente del Simeto. L'assetto idrogeologico della zona esaminata è costituito essenzialmente dai terreni permeabili per porosità rappresentati dalle alluvioni.

Alle alluvioni possono associarsi valori di permeabilità da media ad elevata, a seconda della percentuale di elementi limosi e/o sabbiosi contenuti e del grado di cementazione.

L'acquifero presenta delle risorse ad elevato potenziale proprio per la natura alluvionale e la morfologia del sito.

Per quanto riguarda la presenza di acqua nell'area in progetto, tre sondaggi sono stati armati con piezometro: il n. 2, il n. 4 ed il n. 6, tutti spinti ad una profondità di 10,00 m dal p.c.

Il livello piezometrico in tutte e tre le perforazioni si è attestato intorno a 6,00 m dal p.c. (circa 18/20 m s.l.m.). I valori di permeabilità variano dai 10^{-8} m/s per i terreni a prevalenza limosa, ai 10^{-5} m/s per i terreni a prevalenza sabbiosa.

LINEAMENTI GEOLOGICI

L'area oggetto di studio ricade, dal punto di vista geologico-strutturale all'interno del bacino del Simeto, che presenta una conformazione geologica e strutturale estremamente complessa,

determinata da sovrascorrimenti tettonici che, nel corso dell'evoluzione oro-epirogenetica della zona, hanno interessato la maggior parte delle formazioni geologiche affioranti. Si riconoscono essenzialmente otto "zone geologico-strutturali" con geometrie alquanto complesse e ancora oggi poco definite nel dettaglio; la nostra area ricade nella cosiddetta "Piana costiera alluvionale", dove un ampio bacino idrografico, che interessa l'intero panorama litologico della catena orientale siciliana, nel corso dell'ultimo milione di anni, ha costruito una pianura detritica in prossimità della foce, con accumulo dei materiali provenienti dai processi di erosione e trasporto.

Lo studio geologico, di insieme e di dettaglio, è stato redatto, inizialmente, attraverso una indispensabile ricerca bibliografica sulla letteratura geologica esistente, la raccolta ed il riesame critico dei dati disponibili ed, infine, una campagna di rilievi effettuati nell'area circostante il sito in oggetto e, infine, nel sito di sedime.

Entrando nel particolare, la situazione litostratigrafica locale è caratterizzata, dall'alto verso il basso, dall'affioramento di:

-- TERRENO VEGETALE di colore marrone scuro con spessore variabile tra 0,50 ed 1,00 m.

-- DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI E RECENTI (Recente - Olocene): Comprendono i depositi ubicati lungo gli alvei dei corsi d'acqua. Si tratta di rocce prevalentemente sciolte costituite da ghiaie, sabbie, sabbie limose, limi sabbiosi e limi palustri. Generalmente si presentano scarsamente addensate e dove prevalgono i limi sabbiosi e torbosi sono compressibili e molto plastici.

-- COMPLESSO CALCARENITICO-SABBIOSO (Pleistocene): Comprendono i terreni riferibili alle Sabbie e Calcareniti. Le prime sono depositi marini recenti, costituiti da granuli di varia natura litologica e di piccole dimensioni. Sono il risultato sia del rimaneggiamento delle alluvioni ad opera del mare sia dei depositi dei materiali provenienti dall'erosione dei terreni che affiorano lungo le coste. Le calcareniti si presentano stratificati in grossi banchi con giacitura lievemente inclinata verso l'attuale linea di costa. All'interno dei singoli banchi spesso si intravede una stratificazione secondaria del tipo "incrociata" che ne denuncia la sedimentazione in ambiente

litorale. I granuli costituenti lo "scheletro" del sedimento sono di origine carbonatica, ma frequenti livelli sono formati da granuli quarzosi. La colorazione giallo-ocra e/o rossastra è ascrivibile alla presenza di ossidi di ferro e di alluminio. Nell'area il cemento è generalmente abbondante nei livelli più superficiali, anche se non omogeneamente distribuito nella massa rocciosa, ed è dovuto alla precipitazione, all'interno dei vuoti intergranulari, di sali calcarei dalle acque di infiltrazione e di circolazione sotterranea. La non omogenea distribuzione del cemento conferisce alla roccia un aspetto caratteristico dovuto alla presenza di una struttura vacuolare piuttosto cementata con i vuoli riempiti da sabbie poco cementate o addirittura incoerenti. Orizzontalmente e verticalmente il grado di cementazione diminuisce anche sensibilmente tanto diventare vere e proprie sabbie o, dove la granulometria è particolarmente fina, limi sabbiosi.

-- COMPLESSO VULCANICO (Plio-Pleistocene): si tratta successioni laviche prevalentemente subaeree di natura basaltica, organizzate in grosse bancate massive, compatte e lapidee. I corpi lavici assumono geometrie tabulari e lenticolari, subordinatamente intervallati da orizzonti scoriacei-cineritici e da breccie vulcaniche variamente addensate. Dal tipico colore grigio-nerastro, gli affioramenti lavici sono interessati da fratturazione per contrazione termica secondo disposizione prismatico-colonnare o fortemente irregolare.

-- COMPLESSO ARGILLOSO (Pliocene): si tratta di argille, argille marnose e limi argillosi più o meno sabbiose, a struttura omogenea, uniformi. La porzione superficiale alterata si presenta plastica e scarsamente consistente mentre le proprietà meccaniche generalmente aumentano con la profondità. Detto complesso non affiora nelle aree direttamente interessate dai lavori ma ha un ruolo fondamentale nella ricostruzione del modello geologico ed idrogeologico in quanto costituisce il substrato impermeabile che funge da letto della falda freatica presente nel complesso alluvionale.

In particolare, nell'area direttamente interessata dallo studio, i dati in nostro possesso ci permettono di affermare che il litotipo che affiora in tutte le aree in cui verranno realizzati i sub campi fotovoltaici e la sottostazione è riferibile ai "Deposti alluvionali attuali e recenti" che, nello specifico, sono rocce prevalentemente sciolte costituite da ghiaie, sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi e limi palustri. Si presentano generalmente scarsamente addensate e sature. Si mette in

evidenza che nelle aree dove la frazione limosa si trova in affioramento sono presenti aree palustri caratterizzate da elevata plasticità.

Dalla cartografia, l'area non risulta interessata da lineazioni tettoniche.

STRATIGRAFIA DI DETTAGLIO

Da quanto desumibile dalle indagini geotecniche in situ effettuate in zone limitrofe, dalla carta geologica allegata, dai rilievi e dalle indagini geofisiche eseguite, i terreni di sedime direttamente interessati dalle opere in studio sono dall'alto verso il basso:

- a) Terreno vegetale;
- b) Depositi alluvionali attuali e recenti;
- c) Complesso argilloso pliocenico.

Nel seguito si descrivono singolarmente le caratteristiche litotecniche essenziali dei vari terreni presenti da confermare, nella successiva fase di progettazione, con l'esecuzione delle indagini sotto indicate.

a) Terreno vegetale: è costituito da limi debolmente sabbiosi scarsamente consistenti di colore rosso con inclusi numerosi ciottoli di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Lo spessore è generalmente variabile tra 0,50 ed 1.00 m dal p.c. Detti terreni non sono idonei come terreni di fondazione e quindi dovranno essere totalmente asportati/superati in corrispondenza delle opere in progetto in modo da scaricare le tensioni sul substrato in posto.

b) Depositi alluvionali attuali e recenti: sono rocce prevalentemente sciolte costituite da ghiaie, sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi e limi palustri. Generalmente si presentano scarsamente addensate e sature. Dove prevalgono i limi sabbiosi e torbosi sono compressibili e molto plastici. Si mette in evidenza che nelle aree dove la frazione limosa si trova in affioramento sono presenti aree palustri caratterizzate da elevata plasticità. Per la caratterizzazione fisicomeccanica di tale complesso può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti range di parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni: $\phi = 20-30^\circ$, $c' = 0.0$ t/mq, $\gamma = 1.7-1.9$ t/mc. Lo spessore è superiore ai 15,00 m.

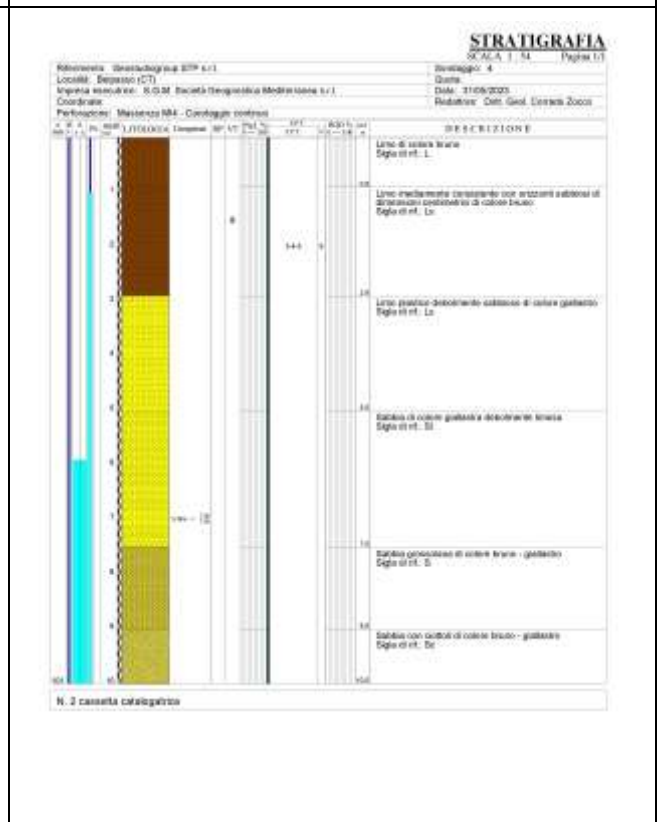
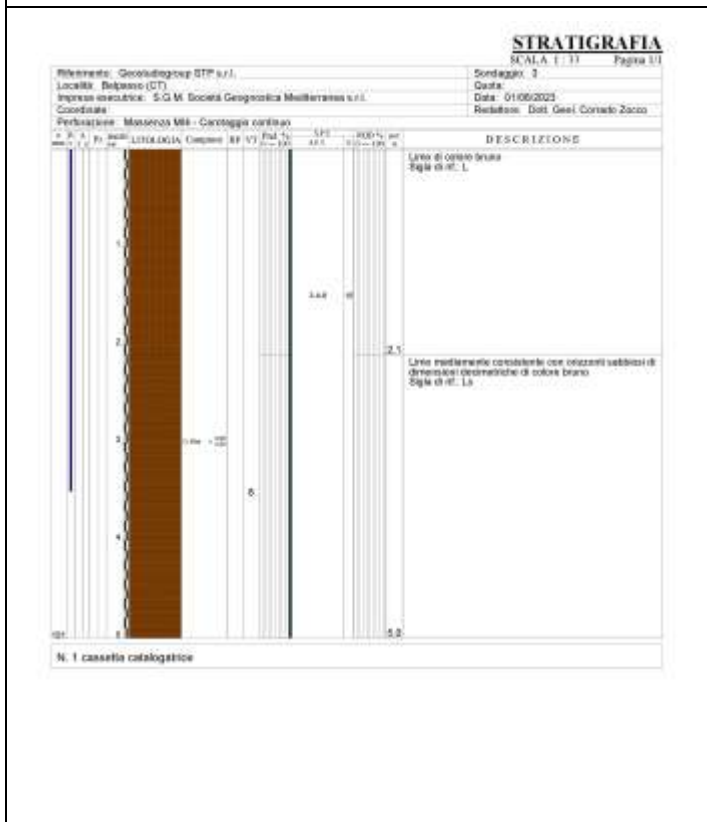
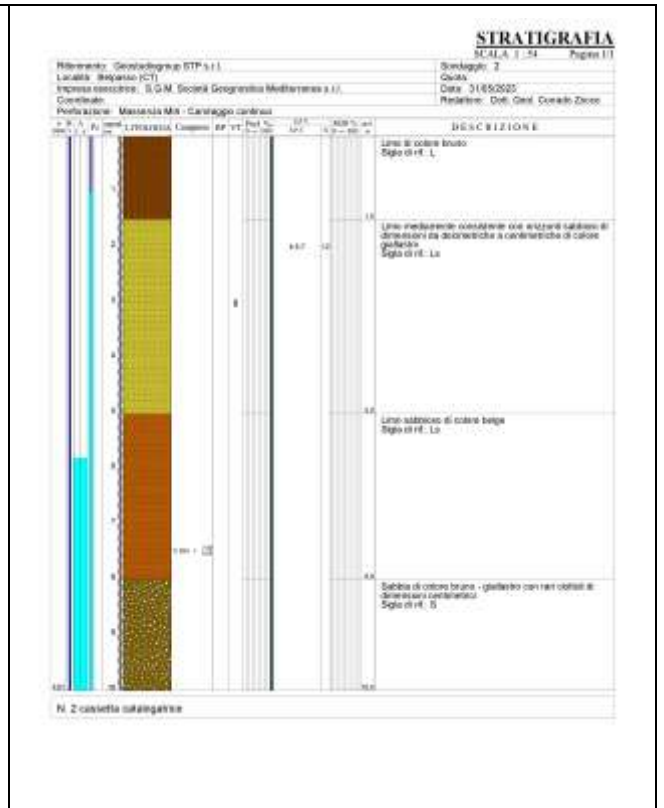
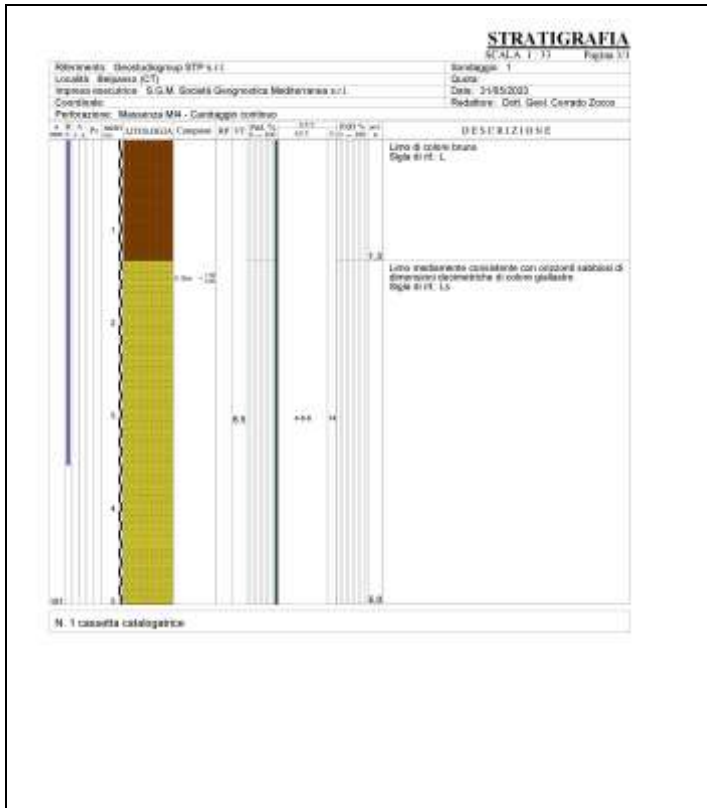
c) Complesso Argilloso pliocenico: sono costituiti da argille, argille marnose e limi argillosi più o meno sabbiose, a struttura omogenea, uniformi. La porzione superficiale alterata si presenta plastica e scarsamente consistente mentre le proprietà meccaniche generalmente migliorano con la profondità. Detto complesso non affiora nelle aree in esame ma costituisce il substrato impermeabile della falda presente nel complesso alluvionale. Per la caratterizzazione fisico-meccanica di tale complesso può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni: $\phi' = 20 - 22^\circ$, $c' = 1.0 - 2.0$ t/mq, $\gamma = 1.8 - 2.00$ t/mc

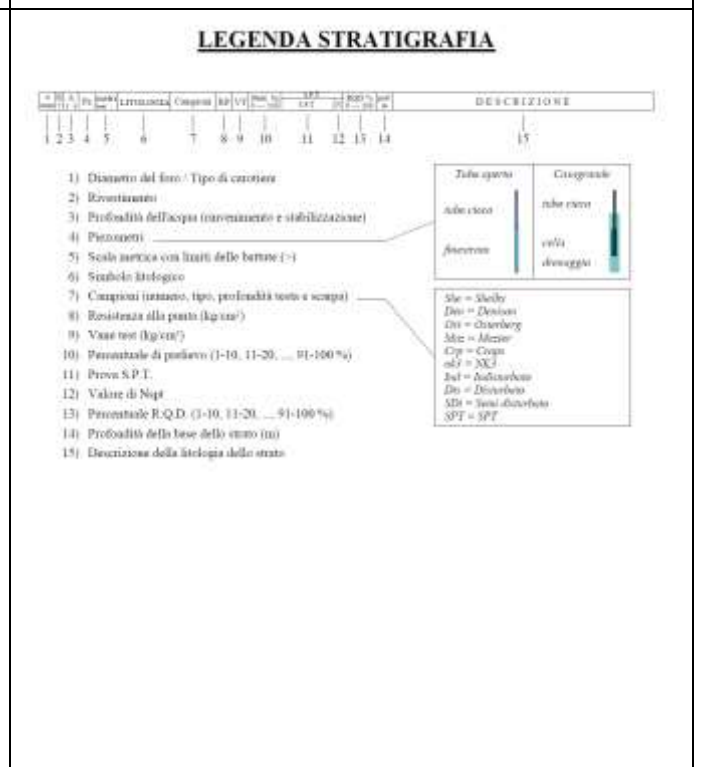
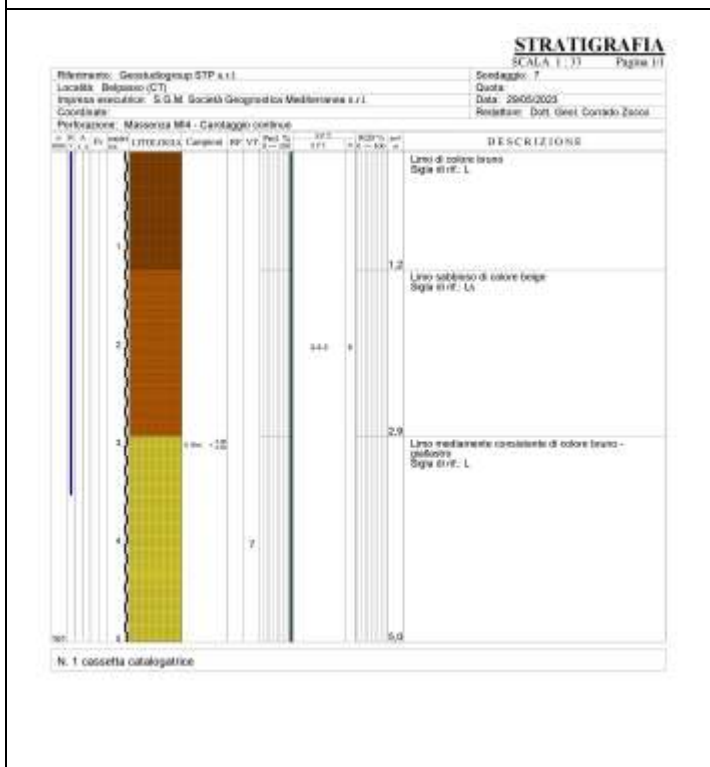
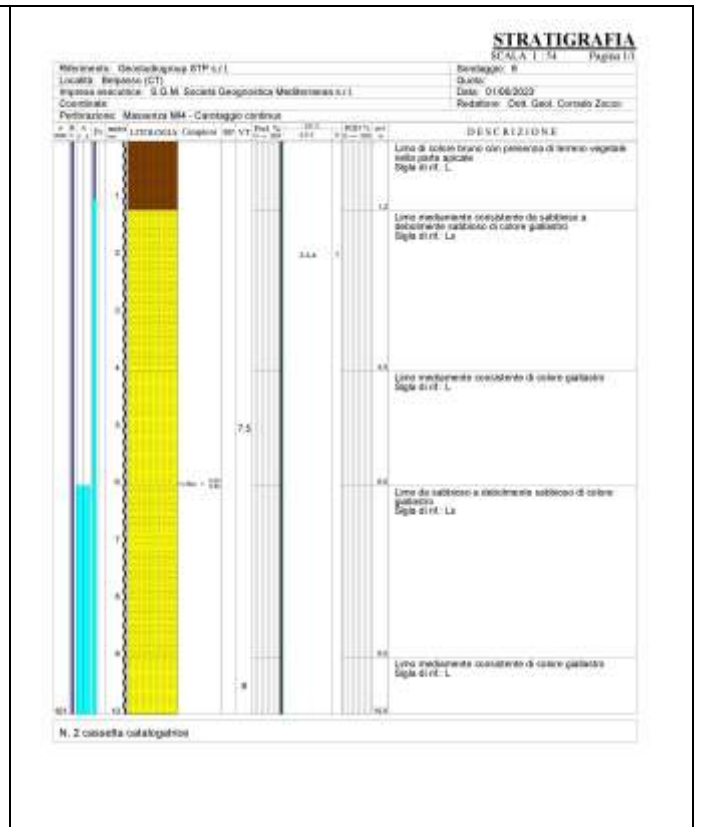
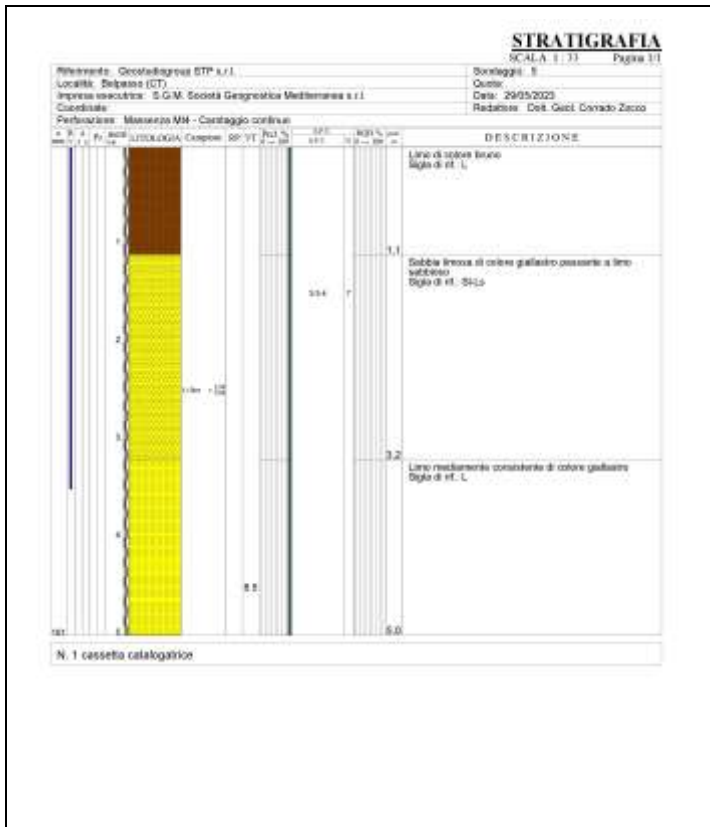
Si rimanda a specifici calcoli geotecnici e sulle fondazioni da effettuarsi a carico del progettista strutturale ai sensi del D.M. 17/01/2018.

Si riportano di seguito nuovamente le ubicazioni dei sondaggi.



Le stratigrafie rinvenute nei sondaggi effettuati, (n. 7 perforazioni, approfonditi a 5,0 m o 10,00 m dal p.c.), sono di seguito riportati.





Dall'esame delle stratigrafie carotate, si evince che siamo appieno all'interno del terreno alluvionale, in quanto i terreni campionati variano da limi a sabbie limose verso il

basso, oltre che ad un diverso grado di consistenza se trattasi di sabbie sciolte o coerenti. Di seguito viene riportata la descrizione dei litotipi rappresentativi (come da report delle perforazioni).

I risultati delle prove N_{sp} sono di seguito riportati:

<p>STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA N°1</p> <p>TERRENI COESIVI Consistenza non debole</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>Cu (Kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>14</td> <td>1,95-1,47</td> <td>Torzaglia-Peck</td> <td>0,97</td> </tr> </tbody> </table> <p>Modulo Edometrico</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>E_{ed} (Kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>14</td> <td>1,95-1,47</td> <td>Buisson-Sanglerat</td> <td>103,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Classificazione AGI</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>Classificazione</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>14</td> <td>1,95-1,47</td> <td>A.G.I. (1977)</td> <td>CONSISTENTE</td> </tr> </tbody> </table> <p>Peso unito di volume</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>Peso unito di volume (t/m³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>14</td> <td>1,95-1,47</td> <td>Meyneford</td> <td>2,07</td> </tr> </tbody> </table>	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)	Strato (1)	14	1,95-1,47	Torzaglia-Peck	0,97	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	E _{ed} (Kg/cm ²)	Strato (1)	14	1,95-1,47	Buisson-Sanglerat	103,0	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione	Strato (1)	14	1,95-1,47	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unito di volume (t/m ³)	Strato (1)	14	1,95-1,47	Meyneford	2,07	<p>STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA N°2</p> <p>TERRENI COESIVI Consistenza non debole</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>Cu (Kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>12</td> <td>2,00-2,45</td> <td>Torzaglia-Peck</td> <td>0,81</td> </tr> </tbody> </table> <p>Modulo Edometrico</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>E_{ed} (Kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>12</td> <td>2,00-2,45</td> <td>Buisson-Sanglerat</td> <td>90,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Classificazione AGI</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>Classificazione</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>12</td> <td>2,00-2,45</td> <td>A.G.I. (1977)</td> <td>CONSISTENTE</td> </tr> </tbody> </table> <p>Peso unito di volume</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>Peso unito di volume (t/m³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>12</td> <td>2,00-2,45</td> <td>Meyneford</td> <td>2,32</td> </tr> </tbody> </table>	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)	Strato (1)	12	2,00-2,45	Torzaglia-Peck	0,81	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	E _{ed} (Kg/cm ²)	Strato (1)	12	2,00-2,45	Buisson-Sanglerat	90,0	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione	Strato (1)	12	2,00-2,45	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unito di volume (t/m ³)	Strato (1)	12	2,00-2,45	Meyneford	2,32																				
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)																																																																																																	
Strato (1)	14	1,95-1,47	Torzaglia-Peck	0,97																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	E _{ed} (Kg/cm ²)																																																																																																	
Strato (1)	14	1,95-1,47	Buisson-Sanglerat	103,0																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione																																																																																																	
Strato (1)	14	1,95-1,47	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unito di volume (t/m ³)																																																																																																	
Strato (1)	14	1,95-1,47	Meyneford	2,07																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)																																																																																																	
Strato (1)	12	2,00-2,45	Torzaglia-Peck	0,81																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	E _{ed} (Kg/cm ²)																																																																																																	
Strato (1)	12	2,00-2,45	Buisson-Sanglerat	90,0																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione																																																																																																	
Strato (1)	12	2,00-2,45	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unito di volume (t/m ³)																																																																																																	
Strato (1)	12	2,00-2,45	Meyneford	2,32																																																																																																	
<p>STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA N°3</p> <p>TERRENI COESIVI Consistenza non debole</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>Cu (Kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>10</td> <td>1,50-1,97</td> <td>Torzaglia-Peck</td> <td>0,68</td> </tr> </tbody> </table> <p>Modulo Edometrico</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>E_{ed} (Kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>10</td> <td>1,50-1,97</td> <td>Buisson-Sanglerat</td> <td>30,5</td> </tr> </tbody> </table> <p>Classificazione AGI</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>Classificazione</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>10</td> <td>1,50-1,97</td> <td>A.G.I. (1977)</td> <td>CONSISTENTE</td> </tr> </tbody> </table> <p>Peso unito di volume</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>Peso unito di volume (t/m³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>10</td> <td>1,50-1,97</td> <td>Meyneford</td> <td>1,97</td> </tr> </tbody> </table>	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)	Strato (1)	10	1,50-1,97	Torzaglia-Peck	0,68	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	E _{ed} (Kg/cm ²)	Strato (1)	10	1,50-1,97	Buisson-Sanglerat	30,5	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione	Strato (1)	10	1,50-1,97	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unito di volume (t/m ³)	Strato (1)	10	1,50-1,97	Meyneford	1,97	<p>STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA N°4</p> <p>TERRENI COESIVI Consistenza non debole</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>Cu (Kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>9</td> <td>2,00-2,45</td> <td>Torzaglia-Peck</td> <td>0,61</td> </tr> </tbody> </table> <p>Q_u (Resistenza punta Parametri francesi)</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>Q_u (Kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>9</td> <td>2,00-2,45</td> <td>Robertson (1983)</td> <td>11,08</td> </tr> </tbody> </table> <p>Modulo Edometrico</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>E_{ed} (Kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>9</td> <td>2,00-2,45</td> <td>Buisson-Sanglerat</td> <td>43,3</td> </tr> </tbody> </table> <p>Classificazione AGI</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>Classificazione</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>9</td> <td>2,00-2,45</td> <td>A.G.I. (1977)</td> <td>CONSISTENTE</td> </tr> </tbody> </table> <p>Peso unito di volume</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>Peso unito di volume (t/m³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>9</td> <td>2,00-2,45</td> <td>Meyneford</td> <td>1,94</td> </tr> </tbody> </table>	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)	Strato (1)	9	2,00-2,45	Torzaglia-Peck	0,61	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Q _u (Kg/cm ²)	Strato (1)	9	2,00-2,45	Robertson (1983)	11,08	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	E _{ed} (Kg/cm ²)	Strato (1)	9	2,00-2,45	Buisson-Sanglerat	43,3	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione	Strato (1)	9	2,00-2,45	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unito di volume (t/m ³)	Strato (1)	9	2,00-2,45	Meyneford	1,94										
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)																																																																																																	
Strato (1)	10	1,50-1,97	Torzaglia-Peck	0,68																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	E _{ed} (Kg/cm ²)																																																																																																	
Strato (1)	10	1,50-1,97	Buisson-Sanglerat	30,5																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione																																																																																																	
Strato (1)	10	1,50-1,97	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unito di volume (t/m ³)																																																																																																	
Strato (1)	10	1,50-1,97	Meyneford	1,97																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)																																																																																																	
Strato (1)	9	2,00-2,45	Torzaglia-Peck	0,61																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Q _u (Kg/cm ²)																																																																																																	
Strato (1)	9	2,00-2,45	Robertson (1983)	11,08																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	E _{ed} (Kg/cm ²)																																																																																																	
Strato (1)	9	2,00-2,45	Buisson-Sanglerat	43,3																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione																																																																																																	
Strato (1)	9	2,00-2,45	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unito di volume (t/m ³)																																																																																																	
Strato (1)	9	2,00-2,45	Meyneford	1,94																																																																																																	
<p>STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA N°5</p> <p>TERRENI INCOERENTI</p> <p>Densità relativa</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>N_{sp} corretto per presenza falda</th> <th>Correlazione</th> <th>Densità relativa (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>-</td> <td>1,50-1,95</td> <td>-</td> <td>Gibbs & Holtz 1917</td> <td>33,81</td> </tr> </tbody> </table> <p>Angolo di resistenza al taglio</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>N_{sp} corretto per presenza falda</th> <th>Correlazione</th> <th>Angolo d'attrito (°)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>-</td> <td>1,50-1,95</td> <td>-</td> <td>Meyneford (1965)</td> <td>27,4</td> </tr> </tbody> </table> <p>Modulo Edometrico</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>N_{sp} corretto per presenza falda</th> <th>Correlazione</th> <th>Modulo Edometrico (Kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>-</td> <td>1,50-1,95</td> <td>-</td> <td>Buisson-Sanglerat</td> <td>36,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Classificazione AGI</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>N_{sp} corretto per presenza falda</th> <th>Correlazione</th> <th>Classificazione AGI</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>-</td> <td>1,50-1,95</td> <td>-</td> <td>Classificazione A.G.I.</td> <td>POCO ADDESSATO</td> </tr> </tbody> </table> <p>Peso unito di volume</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>N_{sp} corretto per presenza falda</th> <th>Correlazione</th> <th>Peso Unito di Volume (t/m³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>-</td> <td>1,50-1,95</td> <td>-</td> <td>Meyneford ed altri</td> <td>1,77</td> </tr> </tbody> </table>	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	N _{sp} corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)	Strato (1)	-	1,50-1,95	-	Gibbs & Holtz 1917	33,81	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	N _{sp} corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)	Strato (1)	-	1,50-1,95	-	Meyneford (1965)	27,4	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	N _{sp} corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Strato (1)	-	1,50-1,95	-	Buisson-Sanglerat	36,0	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	N _{sp} corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI	Strato (1)	-	1,50-1,95	-	Classificazione A.G.I.	POCO ADDESSATO	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	N _{sp} corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unito di Volume (t/m ³)	Strato (1)	-	1,50-1,95	-	Meyneford ed altri	1,77	<p>STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA N°6</p> <p>TERRENI COESIVI Consistenza non debole</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>Cu (Kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>-</td> <td>2,00-2,45</td> <td>Torzaglia-Peck</td> <td>0,48</td> </tr> </tbody> </table> <p>Modulo Edometrico</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>E_{ed} (Kg/cm²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>-</td> <td>2,00-2,45</td> <td>Buisson-Sanglerat</td> <td>33,0</td> </tr> </tbody> </table> <p>Classificazione AGI</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>Classificazione</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>-</td> <td>2,00-2,45</td> <td>A.G.I. (1977)</td> <td>MODECAT CONSISTENTE</td> </tr> </tbody> </table> <p>Peso unito di volume</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Descrizione</th> <th>N_{sp}</th> <th>Prof. Strato (m)</th> <th>Correlazione</th> <th>Peso unito di volume (t/m³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Strato (1)</td> <td>-</td> <td>2,00-2,45</td> <td>Meyneford</td> <td>1,88</td> </tr> </tbody> </table>	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)	Strato (1)	-	2,00-2,45	Torzaglia-Peck	0,48	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	E _{ed} (Kg/cm ²)	Strato (1)	-	2,00-2,45	Buisson-Sanglerat	33,0	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione	Strato (1)	-	2,00-2,45	A.G.I. (1977)	MODECAT CONSISTENTE	Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unito di volume (t/m ³)	Strato (1)	-	2,00-2,45	Meyneford	1,88
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	N _{sp} corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)																																																																																																
Strato (1)	-	1,50-1,95	-	Gibbs & Holtz 1917	33,81																																																																																																
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	N _{sp} corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)																																																																																																
Strato (1)	-	1,50-1,95	-	Meyneford (1965)	27,4																																																																																																
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	N _{sp} corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)																																																																																																
Strato (1)	-	1,50-1,95	-	Buisson-Sanglerat	36,0																																																																																																
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	N _{sp} corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI																																																																																																
Strato (1)	-	1,50-1,95	-	Classificazione A.G.I.	POCO ADDESSATO																																																																																																
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	N _{sp} corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unito di Volume (t/m ³)																																																																																																
Strato (1)	-	1,50-1,95	-	Meyneford ed altri	1,77																																																																																																
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)																																																																																																	
Strato (1)	-	2,00-2,45	Torzaglia-Peck	0,48																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	E _{ed} (Kg/cm ²)																																																																																																	
Strato (1)	-	2,00-2,45	Buisson-Sanglerat	33,0																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione																																																																																																	
Strato (1)	-	2,00-2,45	A.G.I. (1977)	MODECAT CONSISTENTE																																																																																																	
Descrizione	N _{sp}	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unito di volume (t/m ³)																																																																																																	
Strato (1)	-	2,00-2,45	Meyneford	1,88																																																																																																	

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA N.7				
TERRENI COESIVI				
Coesione non drenata				
Descrizione	Sppt	Prof. Strato (m)	Consistenza	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	6	2,00-2,43	Terraglia-Fioli	0,38
Modulo Edometrico				
Descrizione	Sppt	Prof. Strato (m)	Consistenza	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	6	0,00-2,43	Bianca-Singlieri	10,0
Classificazione AGI				
Descrizione	Sppt	Prof. Strato (m)	Consistenza	Classificazione
Strato (1) Strato	6	2,00-2,43	A.G.I. (1977)	MODERATA CONSISTENTE
Peso unita di volume				
Descrizione	Sppt	Prof. Strato (m)	Consistenza	Peso unita di volume (t/m ³)
Strato (1) Strato	6	2,00-2,43	Mercato	1,81

Dalla cartografia, l'area non risulta interessata da lineazioni tettoniche.

GEOLOGIA DI DETTAGLIO

La ricostruzione litostratigrafica e la descrizione dei vari litotipi presenti è stata eseguita a partire da dati cartografici e di letteratura, dal rilevamento geologico di dettaglio e successivamente integrati da dati provenienti da sondaggi a carotaggio continuo e le indagini indirette eseguite in loco.

Sulla base delle risultanze dei sondaggi diretti (perforazioni ed SPT) e delle prove di laboratorio, si evince che le caratteristiche geologico tecniche del terreno di fondazione presentano due orizzonti differenti per caratteristiche geotecniche di base (coesione, angolo attrito ecc.). Il modello geologico derivato vede, infatti, la presenza di due orizzonti differenti:

- Limi bruni, contenenti nella parte apicale terreno vegetale, passanti verso il basso a sabbie limose o sabbie giallastre. Assenza di acqua di falda. Spessore medio intorno ai 3,5 m.
- Limi di colore bruno-giallastri mediamente consistenti e sabbie o sabbie-limose giallastre con contenuto di argille molto variabile. Spessore rinvenuto in sondaggio da 3,5 m dal p.c. fino ai 10,00 a cui è stato spinto il sondaggio stesso. Presenza di acqua dai 6 m dal p.c..

Si riportano di seguito le caratteristiche geologico tecniche fondamentali per ciascuno dei due orizzonti o strati ricavabili, come precedentemente detto, dalle perforazioni e dalle prove di laboratorio.

GEOLOGIA TECNICA

Per la caratterizzazione geologico tecnica dei terreni affioranti sono stati utilizzati i parametri provenienti dalle prove di laboratorio e quelle delle prove penetrometriche S.P.T., facendo riferimento a "Standard" ASTM 1586, "Penetration Test an Split Barrel Sampling of Soil".

I litotipi ritrovati nelle perforazioni sono di fatto terreni sciolti con consistenza variabile a causa del carico litostatico con la profondità, a cui si aggiunge la presenza di acqua in falda dopo i 6,0 m di profondità dal p.c. (dati di perforazione).

Ciò impone, dato la natura delle opere da realizzarsi, l'assunzione di una modellazione geologica/geotecnica esemplificativa, naturalmente secondo regole di sicurezza.

PARAMETRI GEOTECNICI

I parametri geotecnici sono stati calcolati tenendo conto della Media aritmetica, della Varianza e della Deviazione Standard e, gli stessi, per la determinazione delle resistenze di progetto, vengono determinati dividendo i medesimi per i coefficienti parziali della tabella 6.2.II della NTC.

-Strato 1 - Limi bruni (tolta la parte apicale terreno vegetale di 0,5 m) - da 0,5 m a 3,5 m.

-- Perforazioni e campioni di reiferimento:

- S1C1 • (1,50 - 2,00)
- S3C1 • (3,00 - 3.50)
- S5C1 • (2.50 - 3.00)
- S7C1 • (3,00 - 3.50)

Peso di volume: $P_v = 1860 \text{ kg/m}^3$

Peso specifico: $P_s = 2670 \text{ kg/m}^3$

Contenuto medio acqua: 18.20%

Limiti di Attemberg (medi): LL = 35.33% – LP = 17.43% - LR = 9.24 %

--- Parametri

Φ angolo attrito ($^{\circ}$)		
dati	log dati	media ln X
27.0	3.30	3.18
28.0	3.33	dev. St. ln X
20.0	3.00	0.16
22.0	3.09	n° dati
		4

Φ_k
20.1 Valore caratteristico

Φ_d
14.4 Valore di progetto

c' coesione (KPa)		
dati	log dati	media ln X
15.0	2.71	2.94
17.0	2.83	dev. St. ln X
27.0	3.30	0.45
21.0	3.04	n° dati
		4

c'_k
14.8 Valore caratteristico

c'_d
10.6 Valore di progetto

Cu coesione non drenata (KPa)		
dati	log dati	media ln X
95.00	4.55	4.12
81.00	4.39	dev. St. ln X
68.00	4.22	0.35
61.00	4.11	n° dati
44.00	3.78	6
38.00	3.64	

C_{uk}
48.44 Valore caratteristico

C_{ud}
34.60 Valore di progetto

Ed Modulo edometrico (kPa)		
dati	log dati	media ln X
10500	9.26	8.58
9000	9.10	dev. St. ln X
5000	8.52	0.46
4500	8.41	n° dati
5600	8.63	6
3500	8.16	

E_{uk}
4164 Valore caratteristico

E_{ud}
2974 Valore di progetto

-Strato 2 - Limi di colore bruno-giallastri mediamente consistenti e sabbie o sabbie-limose giallastre con contenuto di argille - da 3,50 m a 10,00 m.

-- Perforazioni e campioni di reiferimento:

- S2C1 • (7,50 - 8,00)
- S4C1 • (7,00 - 7,50)
- S6C1 • (6,00 - 6,50)

✦ Peso di volume: $P_v = 1960 \text{ kg/m}^3$

✦ Peso specifico: $P_s = 2685 \text{ kg/m}^3$

✦ Contenuto medio acqua: 23,21 %

✦ Limiti di Attemberg (medi): LL = 38.60% – LP = 20.40%

--- Parametri

Φ angolo attrito (°)			
dati	log dati	media ln X	
31.0	3.43	3.23	
24.0	3.18	dev. St. ln X	Φ_k
22.0	3.09	0.18	19.1 Valore caratteristico
		n° dati	Φ_d
		3	13.6 Valore di progetto
c' coesione (KPa)			
dati	log dati	media ln X	
8.0	3.43	2.89	
25.0	3.18	dev. St. ln X	c'_k
29.0	3.09	0.70	6.1 Valore caratteristico
		n° dati	c'_d
		3	4.4 Valore di progetto
C_u coesione non drenata (KPa)			
dati	log dati	media ln X	
95.00	4.55	4.12	
81.00	4.39	dev. St. ln X	C_{uk}
68.00	4.22	0.35	48.44 Valore caratteristico
61.00	4.11	n° dati	C_{ud}
44.00	3.78	6	34.60 Valore di progetto
38.00	3.64		

Ed Modulo edometrico (kPa)		
dati	log dati	media ln X
10500	9.26	8.58
9000	9.10	dev. St. ln X
5000	8.52	
4500	8.41	n° dati
5600	8.63	
3500	8.16	

Cuk	4164	Valore caratteristico
Cud	2974	Valore di progetto

I valori del coefficiente di sottofondo per entrambi gli strati, sulla base dei valori del modulo edometrico, sono:

Costante di Winkler	5.00 Kg/cm ³
Costante di Winkler orizzontale	1.6 Kg/cm ³

Sarà cura del progettista strutturale scegliere il modello geotecnico e le relative condizioni di calcolo.

Per competenza, viene demandato, altresì, al progettista strutturale la scelta della profondità a cui ammorsare le opere di fondazione.

PARAMETRI PERMEABILITÀ

I valori di permeabilità variano tra i limi e le sabbie sottostanti. Da dati di letteratura, i valori di permeabilità (K) variano 10⁻⁵ m/sec per i limi a 10⁻⁴ m/sec nelle sabbie limose.

PARTE TERZA **PERICOLOSITÀ SISMICA**

LINEAMENTI TETTONICI

Ai fini sismici il territorio interessato è incluso nell'elenco delle località sismiche con un livello di pericolosità 2. Tale classificazione è stata dettata dalla O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/03 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica” e confermata dalla Regione Sicilia (DGR 408 del 19/12/2003).

La sismicità dell'area va interpretata nell'ambito della sismicità di tutta la fascia orientale dell'Isola.

Esiste nella letteratura tutta una serie di notizie relative ad eventi sismici che hanno fatto sentire il proprio effetto in zona.

Sono stati, pertanto, presi in considerazione tutti i terremoti (catalogo delle mappe isosismiche dei terremoti verificatisi in Sicilia e Calabria) con intensità M.S.K. pari o superiore a 3, avvenuti nella regione durante il periodo compreso tra il 1783 ed il 1973 (Barbano, Cosentino, Lombardo, Patanè, Novembre 1980).

I terremoti considerati ai fini della valutazione di cui trattasi, sono quelli che hanno fatto registrare, nell'area di interesse, effetti di intensità (I M.S.K. - 64) pari o superiore a 3 nella scala proposta da Medvedev, Sponhauer e Karnik, raggruppati in funzione delle relative aree sismogenetiche.

<u>Regione Peloritani e Calabria</u>	<i>Intensità I. M.S.K</i>
28/12/1908	6
<u>Costa Tirrenica Siciliana</u>	
08/03/1823	6
16/03/1892	3
31/10/1893	3
15/08/1908	4.5
11/09/1934	5
31/10/1967	5
05/06/1977	5

15/04/1978 4

Catena degli Iblei

23/12/1959 5

N.B. Le intensità si riferiscono agli effetti registrati in zona e non alle relative intensità epicentrali.

Inoltre da evidenziare che la zona è stata coinvolta dai seguenti ulteriori terremoti:

- Catania - Febbraio 1169 con intensità X (scala Mercalli)
- Val di Noto - Gennaio 1693 con intensità VII-VIII (scala Mercalli)
- Etna - Febbraio 1818 con intensità IV (scala Mercalli); per continuare con quelli più recenti della Val di Noto.

Si ritiene, quindi, ragionevole attuare nel territorio una razionale politica di difesa dai terremoti.

In tal senso in generale si può dire che le modificazioni che subiscono le sollecitazioni sismiche dipendono molto dai fattori morfologici, strutturali e litologici dei terreni.

Gli studi, eseguiti in Italia nelle zone dell'Irpinia e del Friuli, hanno evidenziato notevoli differenze di effetti da zona a zona nell'ambito di brevi distanze, associate a differenti morfologie dei siti o a differenti situazioni geologiche e geotecniche dei terreni.

Risulta di grande interesse, quindi, la valutazione del livello di rischio sismico regionale e locale cui sono esposti il territorio e gli insediamenti umani.

Tale valutazione non va limitata solo agli aspetti prima richiamati, ovvero morfologici, geologico-strutturali e litologici dei terreni, ma estesa ed associata alla probabilità del manifestarsi del fenomeno, alla sua intensità e distanza della sorgente sismogenetica dal sito.

Grande importanza, infine, assume la conoscenza delle tecnologie e tecniche costruttive utilizzate per la realizzazione dei manufatti e dello stato di conservazione, dai quali dipende il comportamento delle strutture nei confronti delle sollecitazioni dinamiche indotte dal sisma.

Dettagliate caratterizzazioni sismiche del territorio o meglio valutazioni della risposta dinamica locale, inserite nel più ampio problema della zonizzazione sismica del territorio, presentano difficoltà legate soprattutto alla quantità dei dati che tale caratterizzazione richiederebbe, al momento non disponibili, ed ai notevoli costi necessari.

Sembra opportuno soffermarsi, però, su alcuni aspetti di carattere generale riguardanti la tematica in oggetto, utili all'inquadramento del "problema sismico".

La propagazione delle onde sismiche verso la superficie è influenzata dalla deformabilità dei terreni attraversati.

Per tale ragione gli accelerogrammi registrati sui terreni di superficie possono differire notevolmente da quelli registrati al tetto della formazione di base, convenzionalmente definita come substrato nel quale le onde di taglio, che rappresentano la principale causa di trasmissione degli effetti delle azioni sismiche verso la superficie, si propagano con velocità maggiori o uguali a 1.000 m/sec.

Si può osservare in generale che nel caso in cui la "formazione di base" sia ricoperta da materiali poco deformabili e approssimativamente omogenei (es. calcari e calcareniti) gli accelerogrammi che si registrano al tetto della formazione di base non differiscono notevolmente da quelli registrati in superficie: inoltre in tale caso lo spessore dei terreni superficiali non influenza significativamente la risposta dinamica locale.

Nel caso in cui la formazione di base è ricoperta da materiali deformabili, gli accelerogrammi registrati sulla formazione ed in superficie possono differire notevolmente, in particolare le caratteristiche delle onde sismiche vengono modificate in misura maggiore all'aumentare della deformabilità dei terreni.

La trasmissione di energia dal bed-rock verso la superficie subisce trasformazioni tanto più accentuate quanto più deformabili sono i terreni attraversati; all'aumentare della deformabilità alle alte frequenze di propagazione corrispondono livelli di energia più bassi e viceversa a frequenze più basse corrispondono livelli di energia più alti.

Il valore del periodo corrispondente alla massima accelerazione cresce quanto la rigidità dei terreni diminuisce; nel caso di rocce sciolte tale valore aumenta anche all'aumentare della potenza dello strato di terreno.

CLASSIFICAZIONE SISMICA

La normativa sismica disciplina la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azioni sismiche, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento su edifici

esistenti soggetti alle stesse sollecitazioni. Nella nuove norme tecniche per le costruzioni, per poter definire l'azione sismica di progetto vengono valutate l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. A tal fine vengono stabilite 5 categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità sono riferite al piano di posa delle fondazioni):

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <i>velocità delle onde di taglio</i> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, <i>con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Le prove HVSR effettuate per la stima delle velocità di arrivo delle onde di taglio, con offset a da 1,0 m, hanno fornito i seguenti valori $V_{s, eq(20m)}$:

HVSR 1:	$V_{s, eq(20m)} = 274 \text{ m/s}$
HVSR 2:	$V_{s, eq(20m)} = 308 \text{ m/s}$
HVSR 3:	$V_{s, eq(20m)} = 349 \text{ m/s}$
HVSR 4:	$V_{s, eq(20m)} = 287 \text{ m/s}$

Dalle indagini HVSR effettuate non si ravvisa la presenza di cavità ipogee e/o carsiche o di origine antropica.

La categoria di profilo stratigrafico del terreno di fondazione, secondo le N.T.C. D.M 17 gennaio 2018, è C ovvero “Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un

miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 274 m/s e 349 m/s". Il report completo delle HVSR si riporta in allegato.

Tutte le indagini geognostiche, dirette ed indirette, sono state eseguite in conformità alle disposizioni tecniche per le indagini sui terreni e sulle rocce: N.T.C. D.M 17 gennaio 2018. Le risultanze di tali prove sono riportate nei rispettivi report.

La classificazione topografica si basa sulle categorie esposte nella Tabella 3.2.III (N.T.C. 2018), che si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, da considerarsi nella definizione dell'azione sismica solo se di altezza maggiore di 30 m.

Categoria Caratteristiche della superficie topografica

T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Considerato che l'area è sub-pianeggiante, la categoria topografica risulta essere T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Il problema della liquefazione dei terreni è di estrema importanza in aree a rischio sismico, come quella in cui si deve realizzare il progetto.

Si tratta di un fenomeno estremamente importante e pericoloso in particolari condizioni.

Il termine liquefazione viene usato, per definire un processo per cui una massa di terreno saturo, a seguito dell'intervento di forze esterne, statiche o dinamiche perde resistenza al taglio e si comporta come un fluido.

Ricordando la relazione di un terreno incoerente saturo:

$$\tau_f = (\sigma_f - u) \operatorname{tg} \varphi$$

se per effetto delle azioni esterne la pressione applicata si trasferisce integralmente alla fase liquida, ossia $\sigma = u$, viene $\tau_f = 0$ e quindi resistenza tangenziale nulla.

Sono soprattutto le azioni dinamiche a disturbare l'equilibrio dello scheletro solido orientando le particelle di roccia, immerse in acqua, verso una maggiore compattezza.

Le particelle di terreno sotto la vibrazione, si dispongono infatti facilmente in un nuovo assetto ed in questa fase di transizione perdono il contatto fra di loro e, quindi, sono «flottanti» temporaneamente nell'acqua perdendo ogni funzione portante.

La presenza dell'acqua pone le sabbie, sottoposte a rapide alternanze di carico, in situazione analoga a quella delle argille sature sottoposte rapidamente a carichi statici; infatti la velocità con la quale si producono le variazioni di volume è talmente elevata che, nonostante la forte permeabilità dello scheletro granulare della sabbia, l'acqua non riesce a sfuggire mentre avviene la riduzione di volume del tessuto e, quindi, le pressioni interstiziali annullano la resistenza di attrito.

Di qui la liquefazione del terreno e lo sprofondamento delle opere.

La predisposizione alla liquefazione dipende, quindi, dalla capacità del terreno ad aumentare la propria densità, il che è legato evidentemente alla percentuale di vuoti iniziale.

Il fenomeno della liquefazione si verifica per stratificazioni superficiali, a profondità di 15 m può dirsi che esso sia escluso a causa della compattezza prodotta dalla pressione geostatica.

Notevoli assestamenti possono verificarsi con terreni anche asciutti sottoposti a vibrazioni ma senza la presenza della falda non è possibile l'istaurarsi del fenomeno della liquefazione.

I metodi con cui si calcola la tendenza alla liquefazione sono divisi in due categorie: Metodi semplificati e Metodi empirici.

I metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ ed indagini geofisiche per il calcolo delle V_{s30} .

La resistenza del deposito alla liquefazione viene, quindi, valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione

$$(1.0)F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

I metodi semplificati proposti differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione.

Il parametro maggiormente utilizzato è il numero dei colpi nella prova SPT anche se oggi, con il progredire delle conoscenze, si preferisce valutare il potenziale di liquefazione utilizzando prove di misurazione delle onde di taglio Vs.

In base all'Eurocodice 8 (ENV 1998-5), si può escludere pericolo di liquefazione per i terreni sabbiosi saturi che si trovano a profondità di 15 m o quando $ag < 0,15$ e, contemporaneamente, il terreno soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

- a) contenuto in argilla superiore al 20%, con indice di plasticità > 10 ;
- b) contenuto di limo superiore al 10% e resistenza $N_{1,60} > 20$;
- c) frazione fine trascurabile e resistenza $N_{1,60} > 25$.

Quando nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta, la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in situ e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati.

Sulla base di queste considerazioni si può concludere dicendo che tutta l'area interessata dal progetto di variante, risulta a bassa pericolosità sismica.

INDAGINI GEOELETTRICHE

Dalle indagini effettuate nel sito in oggetto risultano essere presenti delle aree a bassa resistività di inferiori a 5 ohm/m (colore azzurro/blu nella relazione allegata), definite che dal primo e secondo sondaggio risultano essere pose ad una profondità di circa 1,5m -2m con una resistività

che va aumentando con la profondità per passare a circa 50 ohm/m intorno a 5 m e proseguire poi con zone resistive intorno ai 6 m con circa 100/150 ohm/m.

L'indagine tomografica restituisce l'interpretazione della variazione della resistività laterale evidenziando le zone a resistività inferiori litologicamente interpretabili come litotipi dove la porosità, unita al quantitativo di liquidi che la impregna, influisce maggiormente sul deflusso delle correnti elettriche.

Dalle indagini effettuate nei siti indicati non si evince la presenza di cavità sotterranee.

PARTE QUARTA

CONCLUSIONI

Per quanto attiene i parametri geologici e sismici di riferimento, questi sono riassumibili nelle seguenti tabelle:



Coord. sito (Datum ED50): Longitudine = 14.9098°; Latitudine = 37.4307°; Altitudine = 24.00 metri s.l.m.



Coord. sito (Datum ED50): Longitudine = 14.9070°; Latitudine = 37.4375°; Altitudine = 27.00 metri s.l.m.

Punti della maglia di riferimento: 48308, 48085, 48086, 48307;

Dati generali dell'opera:

Classe d'uso = II

Tipo costruzione = Opere ordinarie

Vita nominale = 50 [anni]

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno TR associati a ciascun Stato Limite:

SLO (Operatività):

TR [anni] = 30

a_g [g] = 0.051

- F0 = 2.548
 Tc* [s] = 0.246
 SLD (Danno):
 TR [anni] = 50
 ag [g] = 0.064
 F0 = 2.537
 Tc* [s] = 0.273
 SLV (Salvaguardia della vita):
 TR [anni] = 475
 ag [g] = 0.208
 F0 = 2.319
 Tc* [s] = 0.413
 SLC (Prevenzione del collasso):
 TR [anni] = 975
 ag [g] = 0.296
 F0 = 2.373
 Tc* [s] = 0.464
 -- Vita di riferimento Vr per l'azione sismica = 50
 -- Categoria Sottosuolo: C
 -- Categoria Topografica: T1

Parametri geologico-tecnici

-Strato 1 - Limi bruni

Peso volume	1860 kg/m ³
Peso specifico	2670 kg/m ³
Angolo attrito caratteristico	20.1°
Coesione	14.8 kPa
Coesione non drenata	48.44 kPa
Modulo elastico	4164 kPa
Costante di Winkler	5.00 Kg/cm ³
Costante di Winkler orizzontale	1.6 Kg/cm ³

-Strato 2 - Limi di colore bruno-giallastri

Peso volume	1960 kg/m ³
Peso specifico	2685kg/m ³
Angolo attrito	19.1°
Coesione	6.1 kPa
Coesione non drenata	48.44 kPa
Modulo elastico (E)	4164 kPa
Costante di Winkler	5,00 Kg/cm ³
Costante di Winkler orizzontale	1.6 Kg/cm ³

Da quanto si evince dalle pagine precedenti, l'area in esame risulta idonea alla realizzazione dell'opera in progetto in quanto:

- morfologicamente, le pendenze assicurano la stabilità del sito e lo scorrimento delle acque superficiali anche grazie ai canali di drenaggio esistenti;
- eventuali dissesti idrogeologici attivi ed ad alta pericolosità non interessano direttamente il sito di sedime in cui verranno disposte le opere in progetto;
- la profondità del livello piezometrico permette di escludere interferenze con le opere di fondazione;
- le caratteristiche geologiche e geologico tecniche sono compatibili con le caratteristiche delle opere in oggetto.

In fase esecutiva è opportuno verificare la rispondenza tra ipotesi fatte e situazione reale.

In conclusione, da un punto di vista geologico e di pericolosità sismica si esprime nulla osta alla realizzazione delle opere in progetto.

Tanto si doveva per l'incarico ricevuto.

IL GEOLOGO

DOTT. FRANCO PRIVITERA GAROZZO

DOTT. GIOVANNI OCCHIPINTI

A handwritten signature in blue ink is written over a circular blue stamp. The stamp contains the text "ISTITUTO ITALIANO DI GEOLOGIA" and "SOCIETA' ITALIANA DI GEOLOGIA" around the perimeter, with a central emblem.