



DICEMBRE 2022

SOLAR CENTURY FVGC 7 S.R.L.

"SIGON"

IMPIANTO AGRIVOLTAICO DA 34 MW INTEGRATO
CON SISTEMA DI ACCUMULO DA 36 MW

LOCALITA' SPINASANTA - COMUNE DI CATANIA

Mantarona

ELABORATI TECNICI DI PROGETTO

ELABORATO R05

RELAZIONE GEOLOGICA

Progettista

Ing. Laura Maria Conti – Ordine Ing. Prov. Pavia n.1726

Coordinamento

Eleonora Lamanna

Corrado Pluchino

Codice elaborato

2800_5152_SIGON_PD_R05_Rev0_RGEO

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2800_5152_SIGON_PD_R05_Rev0_RGEO	12/2022	Prima emissione	C.Avarino	E.Lamanna/C.Pluchino	L.Conti

Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Conti	Direttore Tecnico - Progettista	Ord. Ing. Prov. PV n. 1726
Corrado Pluchino	Responsabile Tecnico - Coordinamento Progettazione	Ord. Ing. Prov. MI n. 27174 – Sez. A
Eleonora Lamanna	Coordinamento Progettazione, Studio Ambientale, Studi Specialistici	
Giulia Peirano	Architetto – Progettazione Civile	Ord. Arch. Prov. Milano n. 20208
Matteo Lana	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	
Carla Marcis	Ingegnere per l’Ambiente ed il Territorio, Tecnico competente in acustica	Ord. Ing. Prov. CA n. 6664 – Sez. A ENTECA n. 4200
Corrado Avarino	Geologo	Ord. Geologi Sicilia n. 749
Santo Aparo	Agronomo	Ord. Dott. Agronomi e Forestali di Catania – n.1139
Mauro Aires	Ingegnere Civile – Progettazione Strutture	Ord. Ing. Prov. Torino – n. 9588
Vincenzo Ferrante	Ingegnere Strutturista – Progettazione generale	Ord. Ing. Prov. Siracusa – Sez. A n. 2216
Giuseppe Ferranti	Architetto – Progettazione Civile	Ord. Arch. Prov. Palermo – Sez. A Pianificatore Territoriale n. 6328
Graziella Cusmano	Architetto -	Ord. Arch. Prov. Siracusa n. 1299
Fabio Lassini	Ingegnere Civile Idraulico	Ord. Ing. Prov. MI n. A29719
Marco Iannotti	Ingegnere Civile Idraulico	

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156
Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com





Vincenzo Gionti	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	
Lia Buvoli	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	
Lorenzo Griso	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	
Andrea Mastio	Ingegnere per l’Ambiente e il Territorio – Esperto Ambientale Junior	
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico – Progettazione Elettrica	
Matthew Piscedda	Esperto in Discipline Elettriche	
Francesca Casero	Esperto Ambientale e GIS Junior	
Fabio A. Festante	Topographical Surveys/CAD Expert	
Andrea Incani	Esperto in Discipline Elettriche	

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156
Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com



INDICE

1. PREMESSA	5
1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE	5
1.2 DATI GENERALI DI PROGETTO	7
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	8
2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	8
2.2 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO	8
2.3 CONSIDERAZIONI RELATIVE SULLA PERICOLOSITÀ' E SUL RISCHIO DI DISSESTO IDROGEOLOGICO.....	9
2.4 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI	10
2.5 CONSIDERAZIONE GEOLOGICHE DELL'AREA INTERESSATA DAL PROGETTO	10
3. SISMICITA' ZONALE	13
3.1 INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA.....	13
3.2 CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE.....	13
3.3 INDAGINE GEOFISICA.....	14
3.4 INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA M.A.S.W.	14
3.4.1 Strumentazione utilizzata e metodologia di esecuzione	17
3.4.2 MASW n 1.....	17
3.4.2.1 Risultati e loro interpretazione.....	17
3.4.3 MASW n 2.....	20
Risultati e loro interpretazione	20
Parametri dei mezzi investigati	23
4. NORMATIVA SISMICA E CATEGORIE DI SUOLO.....	24
4.1 RISPOSTA SISMICA	25
4.2 CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE E VALUTAZIONI GEOTECNICHE.....	27
4.2.1 PROVA SPT (STANDARD PENETRATION TEST)	27
4.2.2 PARAMETRIZZAZIONE GEOMECCANICA E CALCOLO CAPACITA'	29
4.2.3 COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO	30
5. CONCLUSIONI	31

ALLEGATO/APPENDICE

ALLEGATO 01 - COROGRAFIA

ALLEGATO 02 - CARTA GEOLITOLOGICA

ALLEGATO 03 - CARTA TECNICA

ALLEGATO 04 - UBICAZIONE INDAGINI

ALLEGATO 05 - RISULTATI INDAGINE SISMICA TIPO MASW

ALLEGATO 06 - REPORT INDAGINI

ALLEGATO 07 - CARTOGRAFIA PAI



1. PREMESSA

Il progetto riguarda la realizzazione di un nuovo **Impianto Agrivoltaico** denominato “**SIGON**” della potenza di 34 **MWac** integrato con sistema di accumulo da 36 MW, da installarsi nel territorio comunale di Catania, in Località “Sigonella” e relative opere di connessione nel comune di Catania.

La Società proponente è la **SOLAR CENTURY FVGC 7 S.R.L.**, con sede legale in Via Caradosso 9, 20123 Milano.

Tale opera si inserisce nel quadro istituzionale di cui al D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 “Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell’energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell’elettricità” le cui finalità sono:

- promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario;
- promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali;
- concorrere alla creazione delle basi per un futuro quadro comunitario in materia;
- favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, in particolare per gli impieghi agricoli e per le aree montane.

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) elaborata, prevede che l’impianto agrivoltaico venga in antenna a 36 kV con la futura stazione di trasformazione 380/150/36 kV di Pantano d’Archi, previo ampliamento della stessa, da inserire in entra – esce al futuro elettrodotto RTN 380 KV “Paternò -Priolo.

Il presente documento costituisce la Relazione Geologica insieme con i suoi allegati, con lo scopo di descrivere nelle linee generali i caratteri geologico - strutturali, idrogeologici, geomorfologici e geotecnici delle formazioni stratigrafiche insistenti nell’area interessata dall’opera in progetto, al fine di valutare la pericolosità del sito in ottemperanza a quanto richiesto dal D.M. del 17/01/2018 T.U. (Norme tecniche per le costruzioni) e nell’obiettivo dell’ottenimento del Decreto di Compatibilità Ambientale ai sensi del DLgs 152/06.

La natura geologica dei litotipi fondazionali è stata possibile verificarla dalle risultanze stratigrafiche rilevate da n.3 sondaggi geognostici eseguiti all’interno dell’area in progetto.

I valori dei parametri geotecnici dei litotipi rinvenuti sono stati ricavati da tre prove penetrometriche dinamiche SPT eseguite durante la fase di avanzamento dei sondaggi.

In ottemperanza al DM 17/01/2018, sono state eseguite due traverse sismiche di tipo MASW atte alla valutazione delle velocità delle onde di taglio V_s eq (velocità equivalente).

Si è valutato se esistessero fenomenologie di dissesto in atto o potenziali, che possano indurre un eventuale “rischio idrogeologico”, in ottemperanza dell’art. 20 del R.D.L. 1126 del 16 maggio 1926, del R.D.L. Dicembre 1923 n° 3267 e della L.R. 6 Aprile 1996, n° 16, così come previsto per le zone sottoposte a “vincolo idrogeologico” e sulla difesa del suolo e del regime naturale dei corsi d’acqua.

Si è pervenuti, quindi, alla valutazione di quei fattori geologico - tecnici che influenzeranno oggettivamente la fattibilità dell’opera in progetto.

1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L’impianto in oggetto ricade interamente all’interno del territorio comunale di Catania, nei pressi della zona industriale Pantano d’Archi, sia per l’installazione dei moduli fotovoltaici che per le opere di connessione.

L’impianto agrivoltaico Sigon è ubicato nel territorio comunale di Catania, a circa 15 km a sud-ovest dal centro abitato di Catania, in prossimità del confine occidentale del territorio comunale (circa 100 metri a est e circa 2000 metri a sud-est dal confine tra i comuni di Lentini e di Belpasso). Il sito risulta inoltre

posto circa a 1 km a est dell'Aeroporto Aeronautico Militare di Sigonella (situato nel comune di Lentini) e a circa 6 km dall'abitato principale di Sigonella (Figura 1-1).

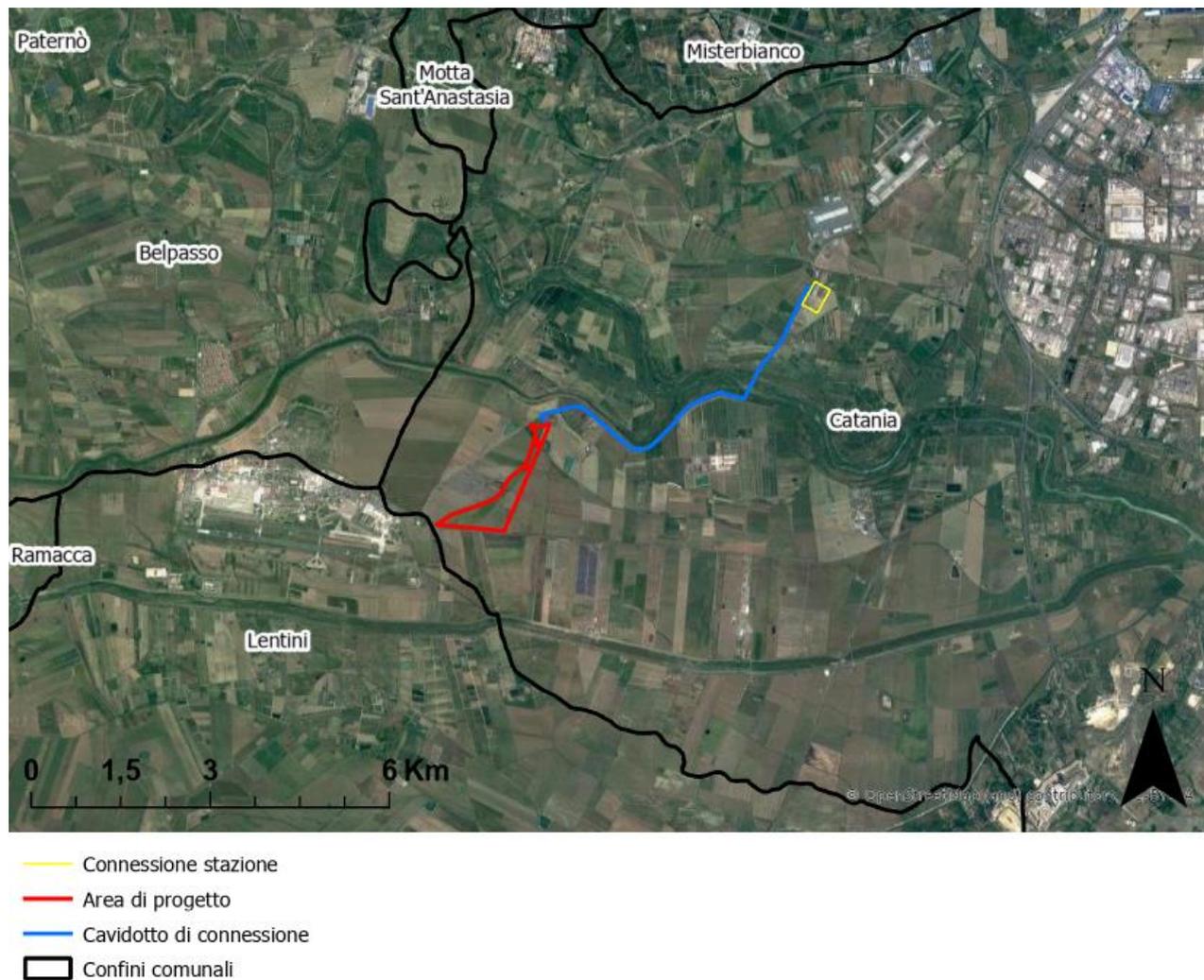


Figura 1-1: Inquadramento territoriale dell'area di progetto

1.2 DATI GENERALI DI PROGETTO

Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto di progetto.

Tabella 1.1: Dati di progetto

ITEM	DESCRIZIONE
Richiedente	SOLAR CENTURY FVGC 7 S.R.L.
Luogo di installazione:	Catania (CT) – località Spinasantà
Potenza di picco impianto (MW _p):	34 MW _p
Potenza sistema di accumulo (MW _p)	36 MW _p
Informazioni generali del sito:	Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso. La morfologia è piuttosto regolare.
Connessione:	Interfacciamento alla rete mediante soggetto privato nel rispetto delle norme CEI
Tipo strutture di sostegno:	Strutture metalliche in acciaio zincato tipo Tracker, infisse a terra su pali
Inclinazione piano dei moduli (tilt):	+55° - 55°
Azimut di installazione:	0°
Cabine di campo:	n. 12 cabine distribuite in campo
Cabina di smistamento:	n. 1 cabina interna ai campi FV
Cabina generale BESS	n. 1 cabina interna all'area BESS
Cabina di connessione	n. 1 cabina interna ai campi FV da cui esce linea 36 kV
Cabina di consegna	n. 1 cabina posta nei pressi della S.E. da cui esce linea 36 kV
Rete di collegamento:	36 kV
Coordinate (punto centrale dell'impianto):	496156.62 m E 4140199.27 m N

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

2.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area in progetto, di proprietà della ditta in premessa citata, risulta ubicata a circa 500 m dalla base Militare Sigonella lungo la SP 69. Geograficamente il sito ricade tra il foglio 269 tav. Sigona Grande II S.E. e 270 tav. Villaggio Delfino III S.O. della Carta d'Italia dell'IGM.

Le coordinate geografiche del lotto nel suo punto centrale sono le seguenti:

- Lat. Nord 37.406034°N
- Long. Est 14.954645°E

2.2 INQUADRAMENTO MORFOLOGICO

Dal punto di vista morfologico, l'area in esame, risulta ubicata all'interno della Piana di Catania ad una quota di circa 17 mt. s.l.m. e ricade nell'ambito di una zona pianeggiante, costituita da terreni di natura alluvionale composti da una alternanza limoso-sabbiosa e sabbie-limose di colore giallo verdastro.



Figura 2-2: Morfologia pianeggiante - area in progetto

La Piana di Catania, avente superficie complessiva di circa 400 Km², risulta alimentata dai Fiumi Simeto, Dittaino e Gornalunga. Geograficamente la piana si colloca tra il margine settentrionale dell'Altopiano Ibleo e la porzione Sud dell'edificio vulcanico etneo.

L'indagine geomorfologica ha consentito di escludere qualsiasi la presenza di fattori morfogenetici attivi, fenomeni di dissesto o di erosione intensiva, per tanto si afferma che la zona risulta morfologicamente stabile.

La zona in esame risulta debolmente urbanizzata; le costruzioni presenti in zona sono rappresentate per la maggiore da edifici monofamiliari e da capannoni artigianali, costruiti in cemento armato e con criteri antisismici.

Così come previsto dalle norme di attuazione del PAI, si rimanda alla Relazione Idraulica (ns. Rif.: 2800_5152_SIGON_PD_R06_Rev0_RELAZIONE IDRAULICA) per le specifiche.

2.4 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

L'area in esame, compresa nel settore orientale dell'Altipiano Ibleo, proprio per le sue caratteristiche climatiche (temperatura, pioggia, vento) rientra nelle condizioni standard delle regioni Mesotermiche (Bagnolus e Gaussen), con inverni miti ed estati calde.

Le piogge, concentrate nei mesi invernali, vanno ad alimentare in parte la falda sotterranea ed in parte defluiscono per ruscellamento superficiale.

La quantità d'acqua che va ad alimentare la falda sotterranea (Ie) è in stretta connessione con la natura geologica dei terreni affioranti e quindi al loro grado di permeabilità.

Allo scopo di definire le proprietà idrogeologiche dei terreni affioranti nell'area in studio, sono state eseguite nei fori S1 e S3 due prove di permeabilità a carico costante tipo Lefranc (vedere risultati prove allegate). I valori di permeabilità ricavati dalle suddette prove sono i seguenti:

Terreni a permeabilità bassa:

- **Sondaggio S1** $K = 2.07 \cdot 10^5$ cm/sec
- **Sondaggio S3** $K = 6.14 \cdot 10^6$ cm/sec

Tali valori consentono di catalogare i litotipi di imposto, nella classe a **PERMEABILITA' BASSA**.

Da indagini geognostiche eseguite in zona, alla profondità di circa 22.00 m, tra i limi sabbiosi e i sottostanti ciottoli fluviali, è stata rinvenuta una falda freatica avente discreta potenzialità.

Le acque di falda, data la notevole profondità, non andranno ad interagire con i litotipi su cui verranno impostate le strutture agrivoltaiche.

2.5 CONSIDERAZIONE GEOLOGICHE DELL'AREA INTERESSATA DAL PROGETTO

L'area interessata dal presente studio ricade in un settore caratterizzato da depositi sedimentari di natura alluvionale di età olocenica. Si tratta di un'alternanza di limi sabbiosi e sabbie limose di colore giallo-verdastro, poggianti alla profondità di circa 22.00 metri su sabbie e ciottoli fluviali eterometrici.

La presenza nel sito di progetto dei sedimenti precedentemente descritti è stata ampiamente confermata da tre sondaggi geognostici eseguiti nel lotto in oggetto.



Figura 2-3: Sonda oleodinamica Massenza MI4

Le stratigrafie geologiche ricavate dalle perforazioni sono le seguenti:

Stratigrafia sondaggio S1 – Profondità 5.00 m

- Da 0.00 a 0.40 mt Limo debolmente sabbioso di colore giallastro
- Da 0.40 a 3.10 mt Limo debolmente sabbioso mediamente consistente di colore giallastro
- Da 3.10 a 3.60 mt Sabbie debolmente limose di colore giallastro
- Da 3.60 a 4.80 mt Limo consistente di colore verdastro
- Da 4.80 a 5.00 mt Sabbie limose di colore giallastro



Figura 2-4: Cassetta catalogatrice sondaggio S1

Stratigrafia sondaggio S2 – Profondità 5.00 m

- Da 0.00 a 0.40 mt Limo debolmente sabbioso di colore giallastro
- Da 0.40 a 5.00 mt Limo da mediamente consistente a consistente di colore giallastro



Figura 2-5: Cassetta catalogatrice sondaggio S2

Stratigrafia sondaggio S3 – Profondità 5.00 m

- Da 0.00 a 0.40 mt Limo debolmente sabbioso di colore giallastro
- Da 0.40 a 5.00 mt Limo da mediamente consistente a consistente di colore giallastro



Figura 2-6: Cassetta catalogatrice sondaggio S3

3. SISMICITA' ZONALE

Per una programmazione dell'utilizzo del territorio, si espongono, in linea generale, delle considerazioni sugli aspetti della interazione terreno struttura, con le quali si vuole solo indicare una traccia da seguire per l'analisi dei singoli casi in fase di progettazione esecutiva.

Alcune delle considerazioni che seguono si prestano semmai ad un inquadramento generale della problematica e potranno, quindi, essere utilizzate al fine di una pianificazione territoriale di più ampio respiro.

3.1 INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA

Il territorio comunale di Catania è costituito essenzialmente dai seguenti tipi geolitologici: alluvioni, lave, piroclastiti, argille grigio intercalate da sabbie.

Tali formazioni hanno un comportamento diverso se sollecitate da un evento sismico; non solo, ma si deve tenere conto anche delle dislocazioni tettoniche presenti, le quali modificano la risposta locale all'impatto sismico.

Il risultato è comunque di una diversa risposta in corrispondenza di faglie, delle due porzioni separate da discontinuità tettonica.

La valutazione di dettaglio delle caratteristiche strutturali, fisico meccaniche e litologiche dei terreni di fondazione assume, quindi, importanza fondamentale nell'analisi delle possibili sollecitazioni indotte dall'evento sismico nella struttura.

I terreni con coesione bassa tendono a selezionare frequenze di sollecitazione del terreno verso valori più bassi dello spettro, che, essendo vicini ai periodi propri di sollecitazione delle strutture, possono produrre quei temuti effetti di risonanza che spesso determinano il collasso delle strutture stesse.

Bisogna anche tenere in considerazione che gli stessi terreni a bassa coesione presentano il vantaggio di assorbire in parte le sollecitazioni di taglio, le quali risulteranno più contenute al piede della struttura.

I terreni lapidei, come le calcareniti, i calcari e le vulcaniti, non presentano effetti selettivi nei confronti dello spettro di frequenza delle sollecitazioni elastiche, ma, di contro, consentono una propagazione più efficiente delle onde di taglio, le quali saranno, pertanto, trasmesse quasi integralmente alla struttura.

3.2 CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE

In virtù del D.M. 17/01/2018 T.U., al fine di definire le azioni sismiche di progetto bisogna innanzitutto classificare le formazioni insistenti nel sito.

Le categorie lito-stratigrafiche sono state divise in 5 classi (A-B-C-D-E) definite dal valore della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio.

Nel sito di indagini sono state eseguite due traverse sismiche di tipo Masw (vedere elaborati).

Il metodo Masw è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo delle onde di taglio Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti in superficie opportunamente distanziati.

Il metodo MASW prevede tre fasi:

- calcolo delle velocità di fase o curva di dispersione apparente sperimentale;
- calcolo della velocità apparente numerica;
- individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h degli strati, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase sperimentale la velocità di fase numerica corrispondente al modello di suolo.

Per informazioni dettagliate sull'indagine si rimanda alla relazione esplicativa seguente rilasciata dallo scrivente.

3.3 INDAGINE GEOFISICA

Per valutare le caratteristiche sismiche dei terreni affioranti nell'area d'interesse progettuale è stata predisposta una campagna di indagini geofisiche.

In particolare sono state eseguite n° 2 indagini sismiche attive con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Attraverso l'indagine geofisica con metodologia MASW si identificano le caratteristiche dinamiche dei suoli ed il profilo di velocità delle onde di taglio V_s , al fine di progettare e/o prevedere il comportamento delle opere soggette ad azioni dinamiche (sisma, vento, vibrazioni, esplosioni, etc.). Lo scopo dell'indagine MASW è quello di determinare i valori della velocità equivalente di propagazione delle onde sismiche di taglio $V_{s,eq}$ al fine di definire, adottando l'approccio semplificato indicato al § 3.2.2 delle NTC 2018, l'individuazione della categoria sismica del sottosuolo di riferimento.

3.4 INDAGINE SISMICA CON METODOLOGIA M.A.S.W.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza dei vari geofoni posti in superficie. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

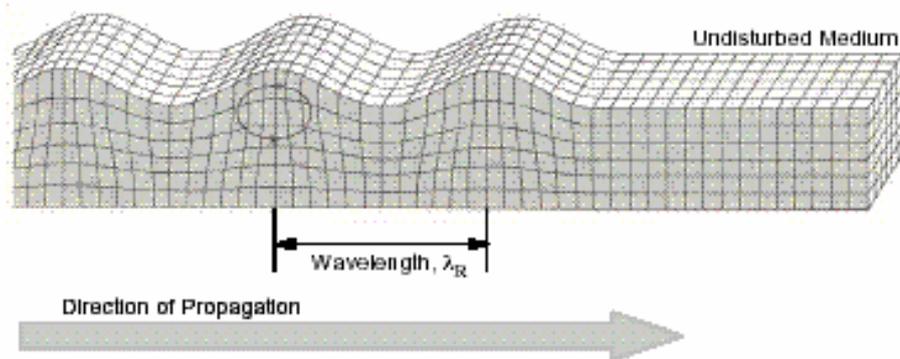
L'onda di Rayleigh è il risultato della combinazione di onde P e S in modo che siano soddisfatte le seguenti due condizioni:

- il moto associato all'onda di Rayleigh si attenua rapidamente con la profondità.
- lo stato tensionale è nullo sulla superficie libera del semispazio solido.

La velocità con cui si propaga l'onda di Rayleigh sulla superficie libera di un semispazio omogeneo è leggermente inferiore alla velocità c_s delle onde di taglio S (tra $0,862 \times c_s$ e $0,955 \times c_s$) e dipende dal coefficiente di Poisson ν (Achenbach, 1999):

$$c_r = \frac{0,862 + 1,14\nu}{1 + \nu} * c_s$$

In un semispazio omogeneo la velocità di fase dell'onda di Rayleigh non dipende dalla frequenza o dal numero d'onda k , quindi si dice che non è dispersiva. Le componenti orizzontale e verticale sono sfasate di 90° , quindi durante il moto le particelle descrivono un'ellisse. L'asse maggiore dell'ellisse è parallela alla superficie libera orizzontale fino alla profondità di circa $0,2\lambda$ (λ è la lunghezza d'onda), dove lo spostamento orizzontale cambia segno e quindi gli assi e il senso di percorrenza dell'ellisse si invertono. L'ampiezza degli spostamenti decresce rapidamente con la profondità, così che l'onda di Rayleigh è confinata nella parte superficiale del semispazio, in una striscia di spessore pari a circa $1,5 \lambda$.



Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicky, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidezza del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidezza del suolo.

In codesta specifica campagna d'indagine è stato utilizzato il metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità delle onde di taglio con la profondità.

Il metodo MASW consiste in tre fasi:

1. calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica;
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson ν), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

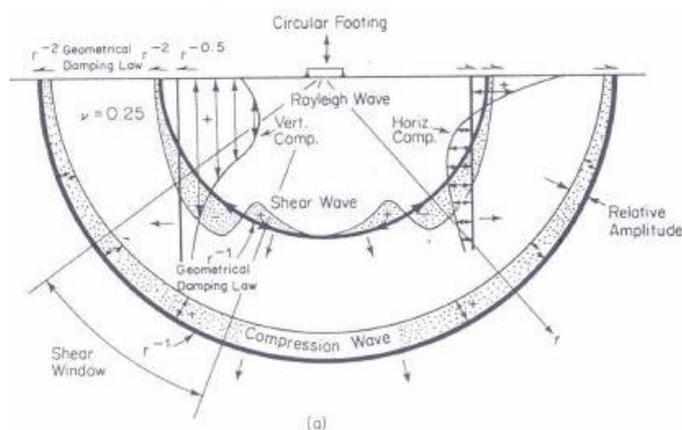
Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente delle onde di taglio fino alla profondità del substrato rigido, e quindi individuare la categoria sismica del sottosuolo di riferimento.

La ricerca del profilo di velocità delle onde di taglio V_s con il metodo MASW consiste nel modificare il profilo di velocità V_s finché non sia raggiunto un buon accordo tra la curva di dispersione (o velocità di fase) apparente misurata in sito e la curva di dispersione (o velocità di fase) apparente simulata numericamente. Occorre quindi chiarire cosa siano le curve di dispersione apparenti e come si ottengono.

Il metodo MASW si basa sulla misurazione e sull'analisi delle onde di Rayleigh in un semispazio stratificato. Quindi onde di Rayleigh di diversa lunghezza d'onda forniscono informazioni a diverse profondità del sito. Le informazioni sulla velocità delle onde di taglio V_s del sito fornite sono da intendersi come informazioni medie lungo la profondità. Quando si energizza il sito in un punto della sua superficie libera si generano diversi tipi di onde: se la sorgente è perpendicolare alla superficie libera si generano onde appartenenti al piano verticale (onde P, onde SV, onde Rayleigh, onde rifratte); se la

sorgente è parallela alla superficie libera si generano onde appartenenti al piano orizzontale (onde SH, onde di Love).

Nel metodo MASW proposto si usano le sole onde di Rayleigh e si trascurano gli effetti dovuti alle onde P e SV. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche le onde P e le onde S oltre alle onde Rayleigh intervengono due aspetti che rendono il contributo delle onde di Rayleigh prevalente sul contributo delle onde P e SV. Il primo aspetto è che le onde Rayleigh trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che allontanandosi dalla sorgente le onde di Rayleigh subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV, perchè le onde Rayleigh si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, invece le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.



Wave Type	Per Cent of Total Energy
Rayleigh	67
Shear	26
Compression	7

Quando si misurano le onde superficiali lungo uno stendimento di ricevitori sulla superficie di un sito energizzato in un punto, si dispone del campo di moto, spostamenti o velocità o accelerazioni, nel dominio spazio-tempo. La perturbazione generata dalla energizzazione contiene al suo interno tutti i diversi modi o onde di Rayleigh (le onde P e SV si attenuano a pochi metri dalla sorgente), che formano un unico treno d'onda e non si sono ancora separati o dispersi.

Quando si trasforma il campo di moto dal dominio spazio-tempo al dominio frequenza-numero d'onda oppure in maniera equivalente al dominio velocità di fase-frequenza per rappresentare la relazione di dispersione, allora si scopre che non è in genere possibile misurare separatamente le curve modali previste dalla teoria, come è stato mostrato in precedenza. Anziché ottenere le curve modali separate si ottiene un'unica curva denominata curva apparente o effettiva.

La curva apparente o effettiva che si ottiene dalle tracce misurate in sito è il risultato dell'interazione tra tutti i modi di Rayleigh e lo stesso sistema di misura costituito dai ricevitori. La configurazione dei ricevitori nello stendimento può influenzare il valore che la curva di dispersione apparente assume a certe frequenze. Indipendentemente dal disturbo apportato dal sistema di misura, la curva apparente è comunque data dall'interazione dei diversi modi di Rayleigh.

In funzione delle caratteristiche geometriche (spessori) e meccaniche (V_s , V_p , densità di massa) degli strati di terreno alcuni modi di Rayleigh possono risultare predominanti rispetto agli altri modi in certi intervalli di frequenza. Generalmente quando la rigidità degli strati aumenta gradualmente con la profondità il modo fondamentale di Rayleigh risulta predominante a tutte le frequenze.

3.4.1 Strumentazione utilizzata e metodologia di esecuzione

L'indagine è stata eseguita utilizzando la seguente strumentazione:

- sismografo SARA Do.Re.Mi. multicanale;
- Trasduttori di velocità verticali ad alta sensibilità (80 V/m/s) da 4,5 Hz;
- massa battente di Kg 8 per energizzare il terreno.
- L'elaborazione è stata effettuata con il software WinMASW ver. 6.1 della Eliosoft.

3.4.2 MASW n 1

L'acquisizione è stata eseguita posizionando 12 geofoni da 4,5 Hz secondo la seguente configurazione spaziale e temporale:

- lunghezza stendimento ricevitori: 16.5 m
- distanza intergeofonica: 1,5 m
- numero punti di energizzazione: 1
- lunghezza campionamento: 2 s
- frequenza di campionamento: 1000 Hz

L'elaborazione è stata eseguita con il software WinMASW ver. 6.1 della Eliosoft.

3.4.2.1 Risultati e loro interpretazione

L'interpretazione dei dati relativi a questo stendimento ha evidenziato la presenza di sei sismostrati a diverso comportamento elastico e con le seguenti velocità:

Strato	Vs (m/sec)	Profondità da p.c. Z (m)	Spessore H (m)
1	109,00	0,50	0,50
2	172,00	6,20	5,70
3	197,00	11,80	5,60
4	214,00	17,30	5,50
5	222,00	23,00	5,70
6	355,00	35,00	12,00

Le velocità ed i parametri desunti dalla prova sono, con buona approssimazione, accostabili ai seguenti litotipi:

Profondità m	Litotipo presunto
0,00 – 0,50	Suolo agrario
0,50 – 11,80	Limi argillosi
11,80 – 23,00	Argille sabbiose
23,00 – 35,00	Ciottoli e sabbie

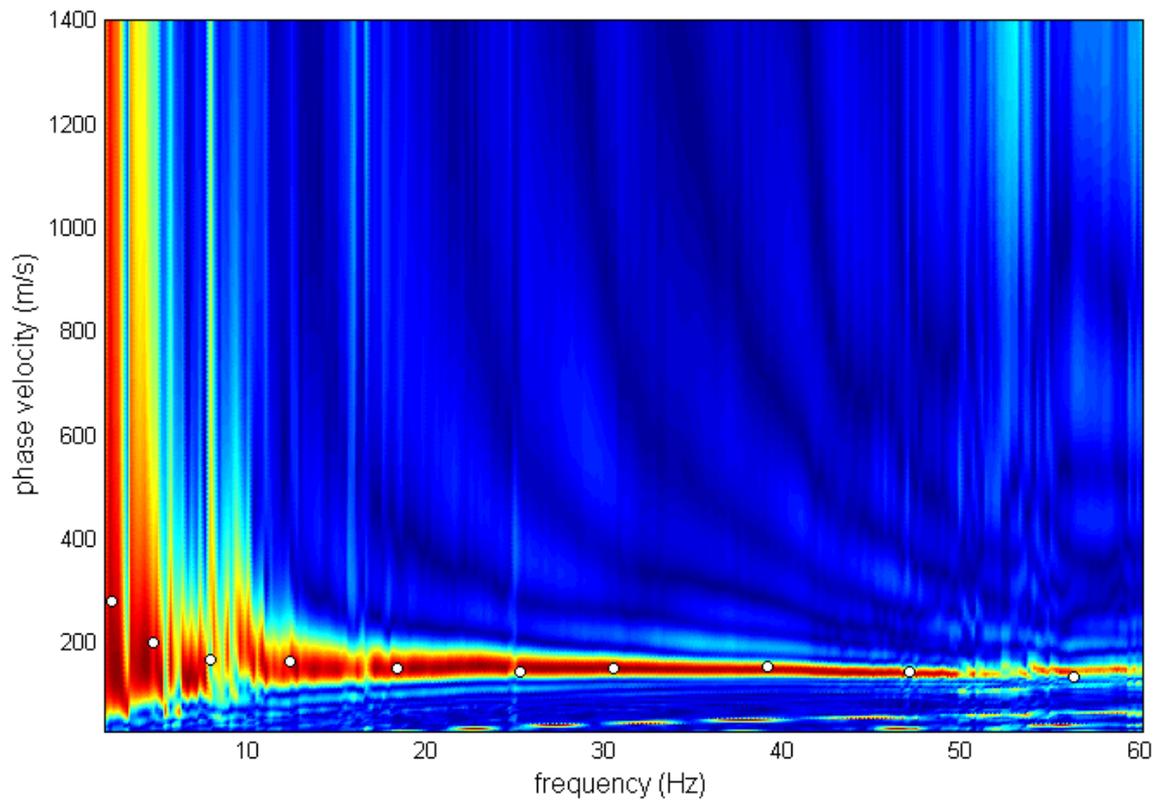


Figura 3-7: Curva di dispersione sperimentale

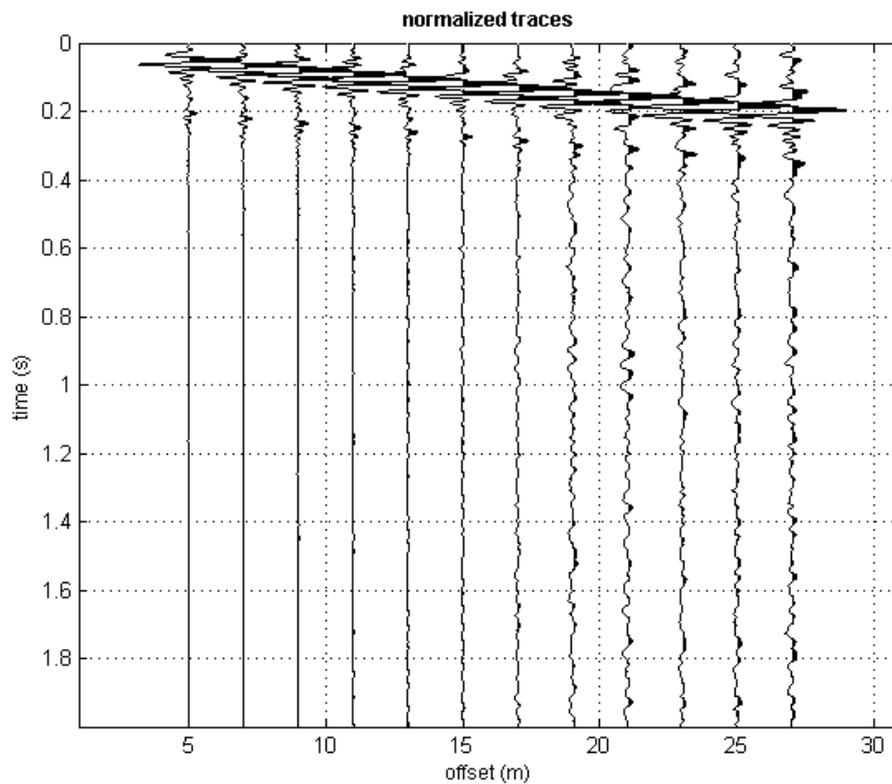


Figura 3-8: Tracce sperimentali

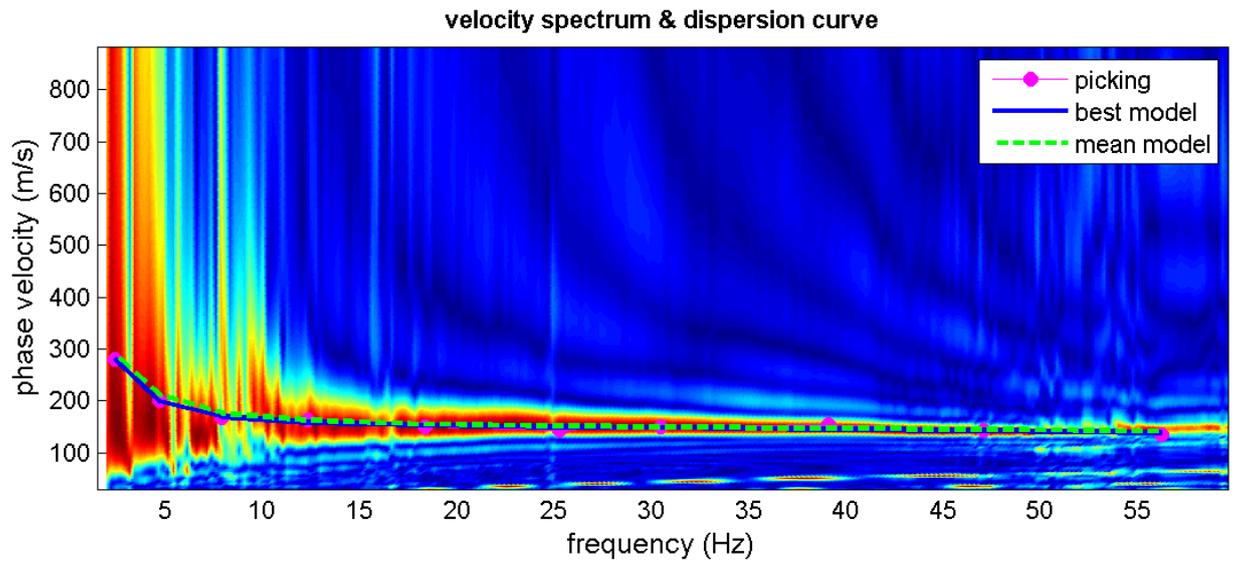


Figura 3-9: Curva di dispersione sintetica

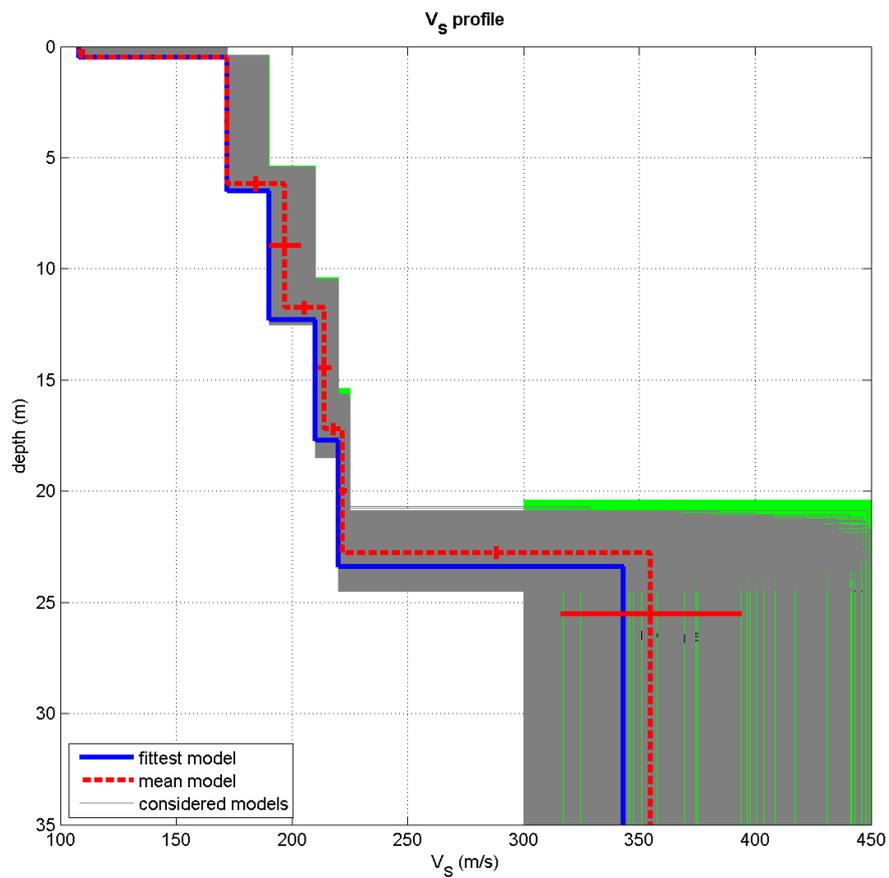


Figura 3-10: Velocità di taglio verticale

3.4.3 MASW n 2

L'acquisizione è stata eseguita posizionando 12 geofoni da 4,5 Hz secondo la seguente configurazione spaziale e temporale:

- lunghezza stendimento ricevitori: 16.5 m
- distanza intergeofonica: 1,5 m
- numero punti di energizzazione: 1
- lunghezza campionamento: 2 s
- frequenza di campionamento: 1000 Hz

L'elaborazione è stata eseguita con il software WinMASW ver. 6.1 della Eliosoft.

Risultati e loro interpretazione

L'interpretazione dei dati relativi a questo stendimento ha evidenziato la presenza di sei sismostrati a diverso comportamento elastico e con le seguenti velocità:

Strato	Vs (m/sec)	Profondità da p.c. Z (m)	Spessore H (m)
1	113,00	0,40	0,40
2	172,00	5,80	5,40
3	196,00	11,80	6,00
4	205,00	17,30	5,50
5	225,00	23,10	5,80
6	349,00	35,00	11,90

Le velocità ed i parametri desunti dalla prova sono, con buona approssimazione, accostabili ai seguenti litotipi:

Profondità m	Litotipo presunto
0,00 – 0,40	Suolo agrario
0,40 – 11,80	Limi argillosi
11,80 – 23,10	Argille sabbiose
23,10 – 35,00	Ciottoli e sabbie

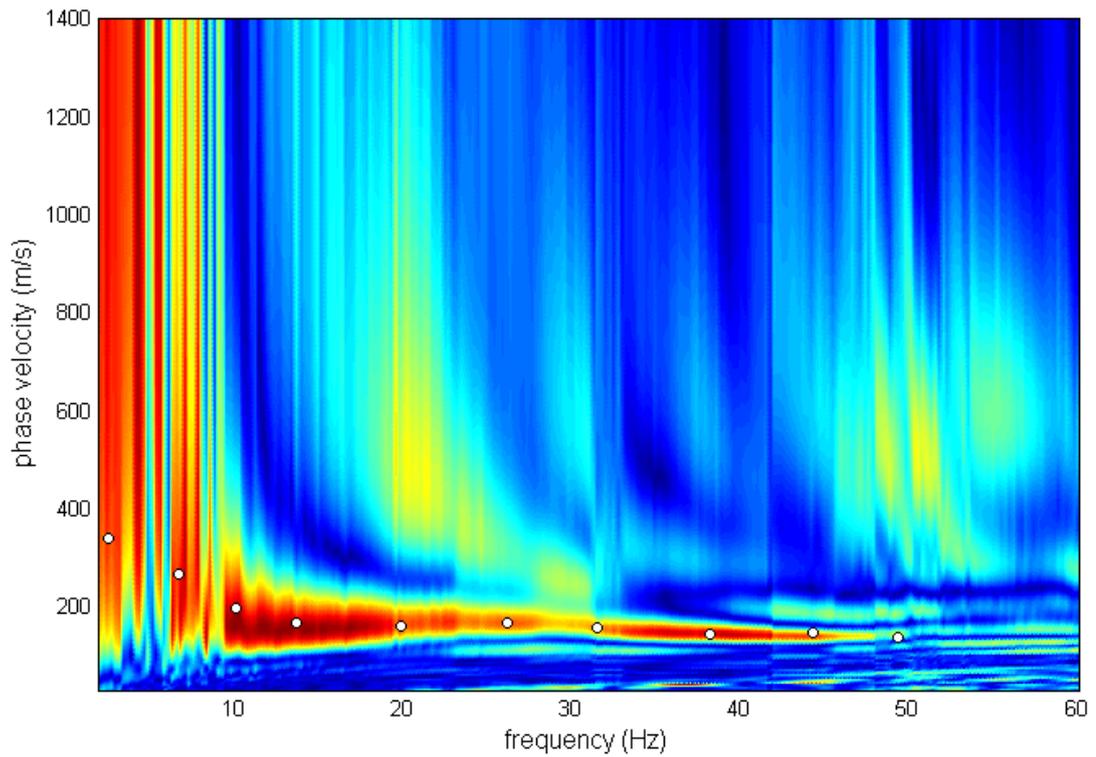


Figura 3-11: Curva di dispersione sperimentale

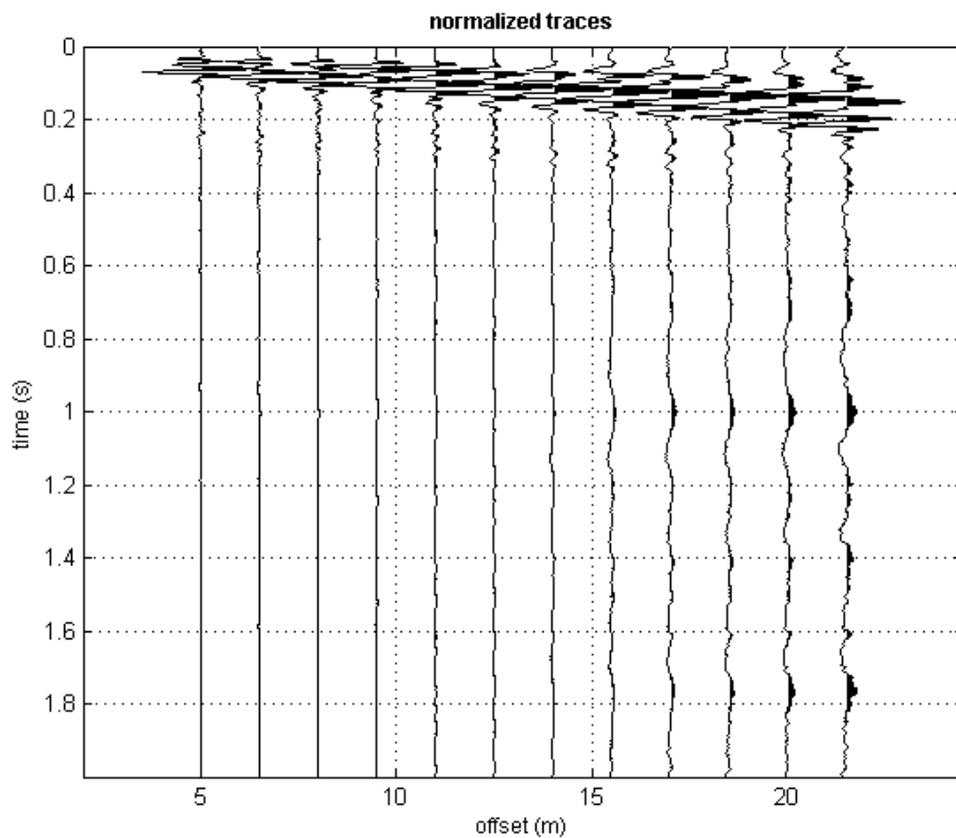


Figura 3-12: Tracce sperimentali

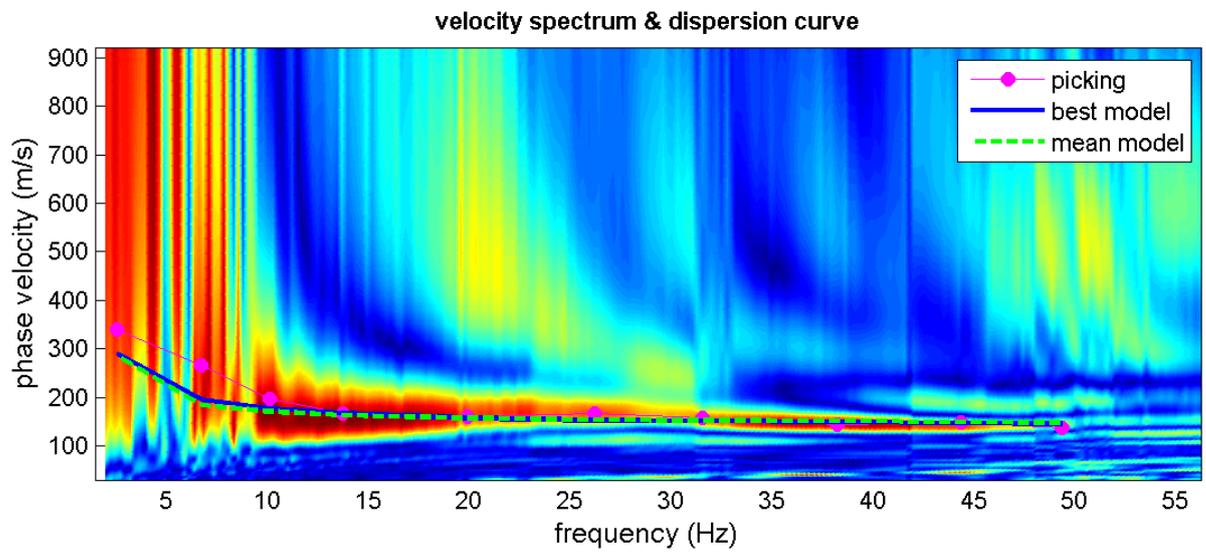


Figura 3-13: Curva di dispersione sintetica

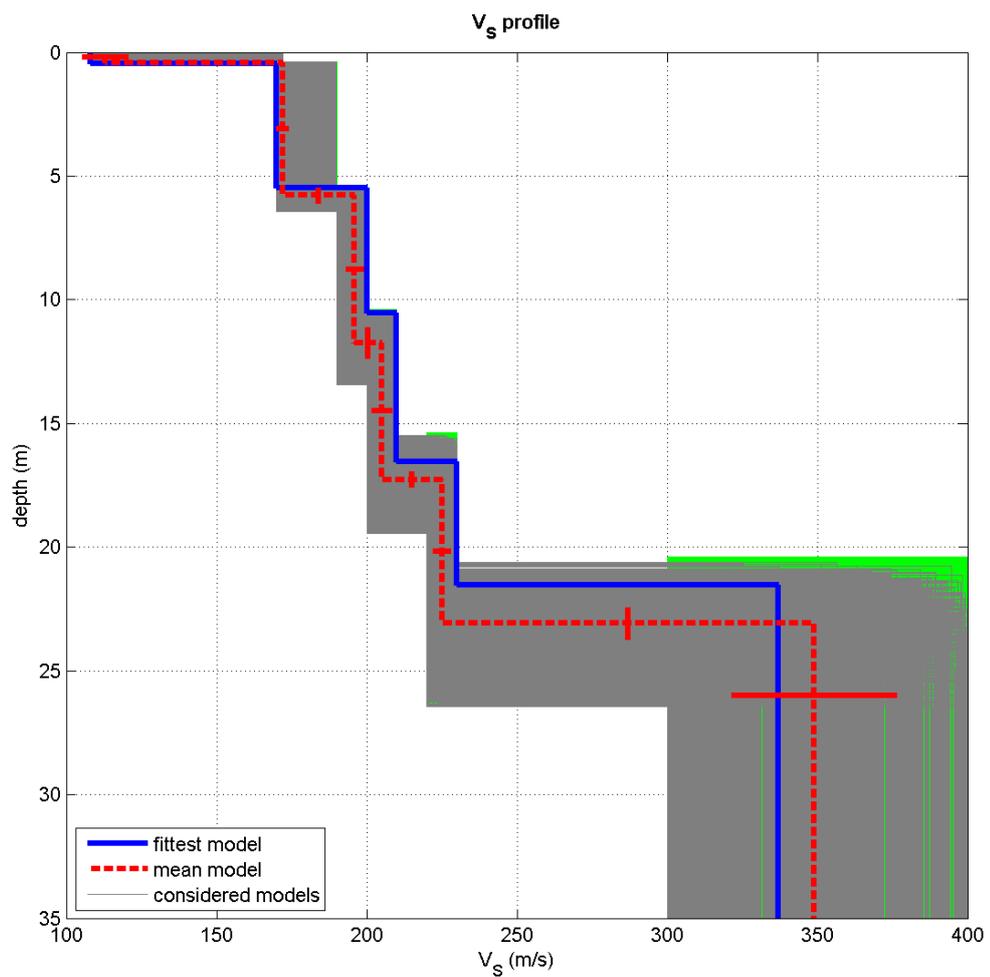


Figura 3-14: Velocità di taglio verticale

Parametri dei mezzi investigati

Conoscendo le velocità di propagazione delle onde sismiche, essendo esse funzione dei parametri elastici del mezzo in cui si propagano, si può risalire ai moduli elastici dinamici che caratterizzano il mezzo stesso e quindi ottenere utili informazioni circa la sua natura ed il tipo di risposta alle sollecitazioni dinamiche.

Le caratteristiche elastiche di un corpo, sottoposto ad uno sforzo, vengono definite dai seguenti parametri:

- ✓ γ (Peso di volume): esprime la concentrazione volumetrica di un corpo. Può essere anche calcolata indirettamente in condizioni dinamiche in relazione alla velocità delle onde di compressione P; in questo caso si parlerà di densità geofisica;
- ✓ E (Modulo di Young o di elasticità): è un coefficiente che esprime la resistenza alla deformazione lineare che oppone un corpo quando sottoposto ad uno sforzo di dilatazione o compressione;
- ✓ ν (Coefficiente di Poisson): esprime la misura della deformazione subita da un corpo elastico;
- ✓ μ (Modulo di rigidità): indica la resistenza di un corpo alle variazioni di forma e non di volume quando sottoposto a sforzi tangenziali;
- ✓ K (Modulo di incompressibilità): dà la misura della resistenza di un corpo alle variazioni di volume quando sottoposto ad una pressione idrostatica.

Oltre ai suddetti parametri elastici del mezzo è possibile avere informazioni anche sulle sue caratteristiche fisico-meccaniche, definendo i seguenti parametri:

- ✓ I_s (Impedenza sismica): è la misura diretta sull'energia sismica che si propaga da un mezzo ad un altro; infatti, quando l'onda sismica incontra una superficie di separazione che delimita due diversi orizzonti fisici, una parte dell'energia si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda, e una parte si rifrange nell'altro mezzo. Pertanto, impedenza sismica è intrinseca del materiale litoide studiato, ed è un parametro che mette in relazione le caratteristiche geodinamiche del sito con gli effetti prodotti da un evento sismico.

I risultati dei parametri calcolati sono di seguito riportati:

MASW 1

Sismostrato	Vp	Vs	γ	E	K	μ	ν	I_s
	m/sec	m/sec	gr/cm ³	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²		t/m ² *sec
1	233	109	1,70	549	654	202	0,36	185
2	391	172	1,80	1470	2041	533	0,38	310
3	464	197	1,80	1942	2942	699	0,39	355
4	524	214	1,85	2372	3954	847	0,40	396
5	568	222	1,85	2571	4761	912	0,41	411
6	739	355	1,90	6465	7183	2394	0,35	675

MASW 2

Sismostrato	Vp	Vs	γ	E	K	μ	ν	I_s
	m/sec	m/sec	gr/cm ³	Kg/cm ²	Kg/cm ²	Kg/cm ²		t/m ² *sec
1	230	113	1,70	582	606	217	0,34	192
2	379	172	1,80	1459	1871	533	0,37	310
3	462	196	1,80	1922	2913	691	0,39	353
4	466	205	1,85	2146	2980	777	0,38	379
5	551	225	1,85	2622	4371	937	0,40	416
6	727	349	1,88	6183	6870	2290	0,35	656

4. NORMATIVA SISMICA E CATEGORIE DI SUOLO

Il Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, recante “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”, raccoglie in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli di sicurezza, la pubblica incolumità. Ai fini della valutazione delle azioni sismiche di progetto deve essere valutata l’influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie, mediante studi specifici di risposta sismica locale. L’indagine sismica eseguita ha permesso di ottenere un valore V_s che consente di attribuire una categoria di sottosuolo ai terreni investigati.

Categorie	Descrizione delle categorie sismostratigrafiche
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio $V_s > 800$ m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>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 360 m/sec $< V_{s,eq} < 800$ m/sec</i>
C	<i>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 180 m/sec $< V_{s,eq} < 360$ m/sec</i>
D	<i>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 100 m/sec $< V_{s,eq} < 180$ m/sec</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m. (con $V_s > 800$ m/sec)</i>

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde sismiche di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall’espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

- ✓ h_i , spessore dell’iesimo strato;
- ✓ $V_{s,i}$, velocità delle onde di taglio nell’iesimo strato;
- ✓ N, numero di strati;
- ✓ H, profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando la proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le “Norme tecniche per le costruzioni” – D.M. del 17/01/2018, definiscono le regole da seguire per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni in zona sismica e non. Esse forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le

caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

Le opere strutturali nel loro complesso, devono essere adeguatamente progettate, eseguite e collaudate, oltre ad essere sottoposte a regolari manutenzioni. In particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti.

- ✓ Sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di garantire le prestazioni della struttura evitando il collasso, la perdita di equilibrio, crolli sia totali che parziali, provocare danni gravi ambientali e sociali;
- ✓ Sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- ✓ Robustezza nei confronti di azioni eccezionali: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità delle cause innescanti quali incendio, esplosioni, urti.

La normativa introduce un nuovo concetto nei riguardi dell'azione sismica, che interessa il grado di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi sul sito di costruzione. L'azione sismica è quindi definita dai valori di alcuni parametri fisici che ne descrivono il moto del suolo in condizioni di campo libero e della risposta sismica, relativa alla struttura, in merito a prefissate probabilità di superamento che possono avvenire in un determinato periodo di tempo. La pericolosità sismica è definita da:

- ✓ un intervallo temporale di riferimento compreso tra 30 anni e 2475 anni relativo alle diverse probabilità di superamento in 50 anni e per i diversi periodi di ritorno T_r ;
- ✓ da valori di accelerazione massima orizzontale a_g attesa;
- ✓ da un fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima F_0 ;
- ✓ dal periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_c .

Nella fattispecie, poiché in entrambi i casi il substrato rigido caratterizzato da valori di velocità delle onde di taglio maggiore di 800 m/s, non è stato intercettato, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ deve essere definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando la proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità, così come disposto dal § 3.2.2 delle NTC 2018.

Per cui risulta:

MASW 1

$$V_{s,30} = H / (\sum h_i / V_{s,i}) = 218 \text{ m/s (sottosuolo di categoria C)}$$

MASW 2

$$V_{s,30} = H / (\sum h_i / V_{s,i}) = 217 \text{ m/s (sottosuolo di categoria C)}$$

4.1 RISPOSTA SISMICA

Secondo quanto riportato dal D.M. 17 Gennaio 2018, la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{vr} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ✓ **Ag** accelerazione orizzontale massima al sito;
- ✓ **Fo** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- ✓ **T*c** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Come indicato nell'Allegato dal D.M. 17 gennaio 2018 sarà possibile ottenere il valore dei suddetti parametri spettrali (a_g , F_o e T_c^*) propri del sito in esame tramite media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni che comprendono l'area.

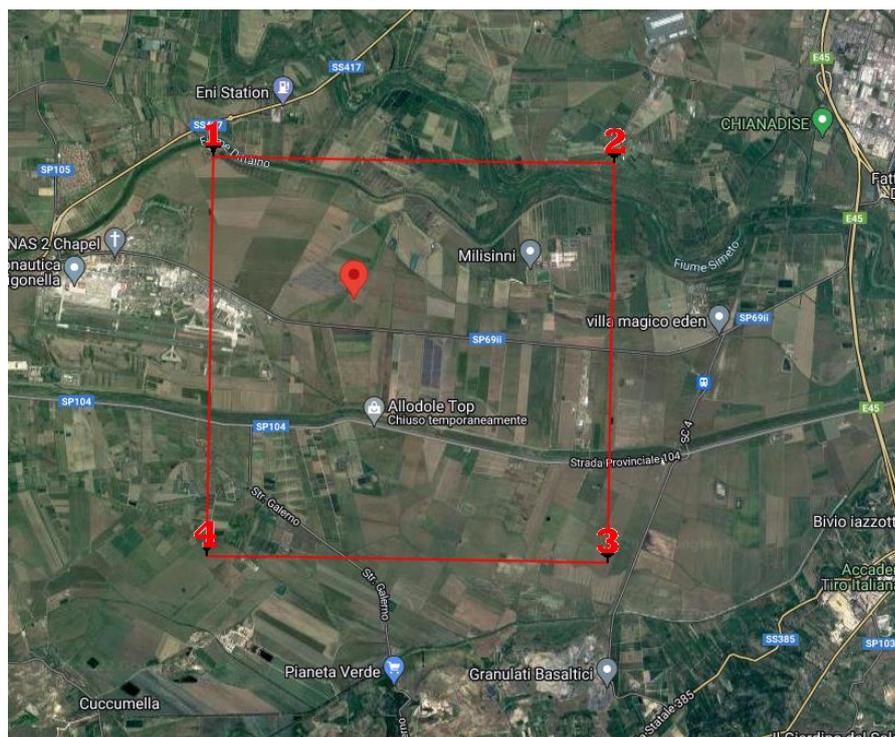


Figura 4-15: Griglia accelerazioni

I valori dei parametri a_g , F_o e T_c^* vengono corretti tenuto conto della categoria del sottosuolo la quale viene posta in **Categoria C** con condizioni topografiche appartenenti alla categoria T1.

Le azioni sismiche vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_r che si ricava moltiplicandone la vita nominale V_n per il coefficiente d'uso C_u :

$$V_r = V_n * C_u$$

Essendo il tipo di costruzione ricadente nella classe d'uso II con coefficiente d'uso C_u pari a 1 e vita nominale V_n assegnata pari a 50 anni, segue che il valore del periodo di riferimento V_r sarà uguale a 50.

$$V_r = 50 * 1 = 50$$

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è riferito ad uno smorzamento convenzionale del 5%.

4.2 CARATTERISTICHE FISICO-MECCANICHE E VALUTAZIONI GEOTECNICHE

Nel sito di progetto sono state eseguite le seguenti indagini:

- n.3 sondaggi geognostici
- n.2 prova penetrometriche dinamica SPT
- n.2 prove di permeabilità a carico costante tipo Lefranc
- n.2 indagini sismiche tipo MASW

Per maggiori dettagli si rimanda al report indagini allegato alla presente lavoro redatto dalla SGM s.r.l. di Catania. I terreni rilevati nel sito in esame risultano costituiti da sedimenti alluvionali composti da una alternanza di limi sabbiosi e sabbie limose di colore giallo-verdastro.

4.2.1 PROVA SPT (STANDARD PENETRATION TEST)

La campagna di investigazione ha previsto anche la realizzazione di prove geotecniche in sito in quanto capaci di parametrizzare il terreno nelle reali condizioni fisiche e tensionali. La prova SPT è una metodologia dinamica che prevede l'infissione di un campionatore Raymond attraverso la caduta di una massa battente dal peso standardizzato di 63.5 kg, da un'altezza di 76.2 cm. In particolare sono state eseguite all'interno dei fori di sondaggio n. 3 prove durante la fase di avanzamento.

La prova consiste nell'infiggere nel terreno il campionatore per tre tratti consecutivi ciascuno di 15 cm rilevando il numero di colpi necessario per la penetrazione di ciascun tratto.

Dalle prove penetrometriche SPT è stato possibile ricavare i parametri geotecnici da utilizzare per il calcolo degli stati limiti.

Di seguito si riporta le tabelle riassuntive dei valori ricavati dalle suddette prove

Sondaggio	Quota (m)	Numero colpi
S 1	1.50-1.95	4-5-7
S 2	1.50-1.95	3-4-6
S 3	1.50-1.95	4-5-7

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	Terzaghi-Peck	0,81

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	Robertson (1983)	24,00

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	Buisman-Sanglerat	90,0

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	Meyerhof	2,02

Figura 4-16: Prova SPT sondaggio S1

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	10	1,50-1,95	Terzaghi-Peck	0,68

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	10	1,50-1,95	Robertson (1983)	20,00

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	10	1,50-1,95	Buisman-Sanglerat	50,0

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Strato	10	1,50-1,95	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) Strato	10	1,50-1,95	Meyerhof	1,97

Figura 4-17: Prova SPT sondaggio S2

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

TERRENI COESIVI I

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	Terzaghi-Peck	0,81

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	Robertson (1983)	24,00

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	Buisman-Sanglerat	90,0

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	Meyerhof	2,02

Figura 4-18: Prova SPT sondaggio S3

4.2.2 PARAMETRIZZAZIONE GEOMECCANICA E CALCOLO CAPACITA'

Come espressamente descritto nel D.M. 17/01/2018 in merito agli stati limiti ultimi (SLU), il valore di progetto del carico si esercizio (Ed) deve essere minore o uguale al valore della resistenza del terreno (Rd):

$$Ed < Rd$$

Il valore di Rd, a vantaggio della sicurezza, deve essere ricavato utilizzando parametri geotecnici divisi per coefficienti parziali (γ_m). I coefficienti variano in base alla natura del litotipo fondazionale. Per le rocce e i terreni a struttura complessa, il valore di progetto della resistenza deve essere rappresentativo del comportamento dell'ammasso.

La resistenza Rd viene calcolata utilizzando parametri geotecnici, ottenuti su campioni prelevati in loco, ridotti da coefficienti parziali.

L'impianto agrivoltaico in progetto, verrà realizzato su alluvioni, costituite da un'alternanza di limi sabbiosi e sabbie limose. I parametri geotecnici ricavati dalle prove sono i seguenti:

- Coesione non drenata	Cu = 0,81 Kg/cm ²
- Angolo attrito interno	$\phi = 25^\circ$
- Peso di volume	$\gamma = 1.97 \text{ t/m}^3$

Come prescritto nel D.M. 17/01/2018 T.U., i parametri geotecnici sopracitati devono essere ulteriormente ridotti dai Coefficienti parziali γ_m (M1):

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

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

- angolo di resistenza al taglio **$\tan \varphi'K$** **$\gamma \varphi' = 1,00$**
- Coazione efficace **C** **$\gamma c' = 1,00$**
- peso dell'unità di volume **γ** **$\gamma \gamma = 1,00$**

per cui nel calcolo degli SLU e SLE i parametri da utilizzare saranno:

- Coazione non drenata **$C = 0,81 \text{ Kg/cm}^2$**
- Angolo attrito interno **$\phi = 25^\circ$**
- Peso di volume **$\gamma = 1,97 \text{ t/m}^3$**

Lo stato limite ultimo SLU e lo stato limite d'esercizio SLE del sedime fondazionale sono stati calcolati dal progettista (vedere calcoli strutturali).

4.2.3 COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO

Il valore del coefficiente di sottofondo " K (Winkler) " consigliato alla progettazione è di 5 Kg/cm3.

5. CONCLUSIONI

L'analisi attenta ed obiettiva di tutti i dati descritti nelle precedenti note del presente studio, ha permesso di trarre le conclusioni appresso esposte.

Condizioni Geomorfologiche

L'area in progetto risulta ubicata a circa 500 m dalla base Militare Sigonella lungo la SP 69.

La morfologia del settore interessato dall'impianto in progetto risulta di tipo sub – pianeggiante, degradante verso Est.

L'andamento regolare delle quote topografiche, l'assenza di qualsiasi forma di dissesto naturale, l'assenza di falda superficiale, fanno ritenere l'area in studio **"Morfologicamente stabile"**.

Condizioni idrogeologiche

Le proprietà idrogeologiche dei terreni affioranti nell'area in studio sono state desunte da due prove di premeabilità a carico costante tipo Lefranc eseguite nei sondaggi S1 e S3. I valori di permeabilità ricavati dalle suddette prove sono i seguenti:

Terreni a permeabilità bassa

- Sondaggio S1 $K = 2.07 \cdot 10^{-5} \text{ cm/sec}$
- Sondaggio S3 $K = 6.14 \cdot 10^{-6} \text{ cm/sec}$

Tali valori consentono di catalogare i litotipi di imposto, nella classe a permeabilità bassa. Da indagini geognostiche eseguite in zona è stata rivenuta una falda alla profondità di circa 22.00 m dal piano campagna.

Condizioni geologico-tecniche

I terreni presenti nell'area in studio risultano costituiti da un'alternanza di limi sabbiosi e sabbie limose di colore giallo-verdastro di natura alluvionale.

I parametri geotecnici dei litotipi fondazionali ricavati dalla campagna geognostica eseguita nel lotto edificatorio sono i seguenti:

- PARAMETRI GEOTECNICI
 - Coesione non drenata $C_u = 0,81 \text{ Kg/cm}^2$
 - Angolo d'attrito $\phi = 25^\circ$
 - Peso di volume $\gamma = 1.97 \text{ t/m}^3$
 - Modulo edometrico $E = 90 \text{ Kg/cm}^2$

Coefficiente di sottofondo

Il coefficiente di sottofondo consigliato è di 5 Kg/cm³.

Parametri geofisici

- Categoria topografica T1
- Coefficiente topografico 1
- Periodo di riferimento 50 anni
- Classe II
- $V_s \text{ eq} = 218 \text{ m/sec}$ (MASW 1)
- $V_s \text{ eq} = 217 \text{ m/sec}$ (MASW 2)
- Categoria suolo C

Foglio IGM 277 -
II S.E. Tav. SIGONA GRANDE

Foglio IGM 277 -
III S.O. Tav. VILLAGGIO DELFINO

LEGENDA



Area di interesse progettuale

Foglio IGM 277 -
II S.E. Tav. SIGONA GRANDE
III S.O. Tav. VILLAGGIO DELFINO

OROFOTO IMPIANTO IN PROGETTO



REGIONE SICILIA
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI CATANIA



OGGETTO:

IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 34 MW INTEGRATO
DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DA 36 MW

COMMITTENTE:

SOLAR CENTURY FVGC 7 srl

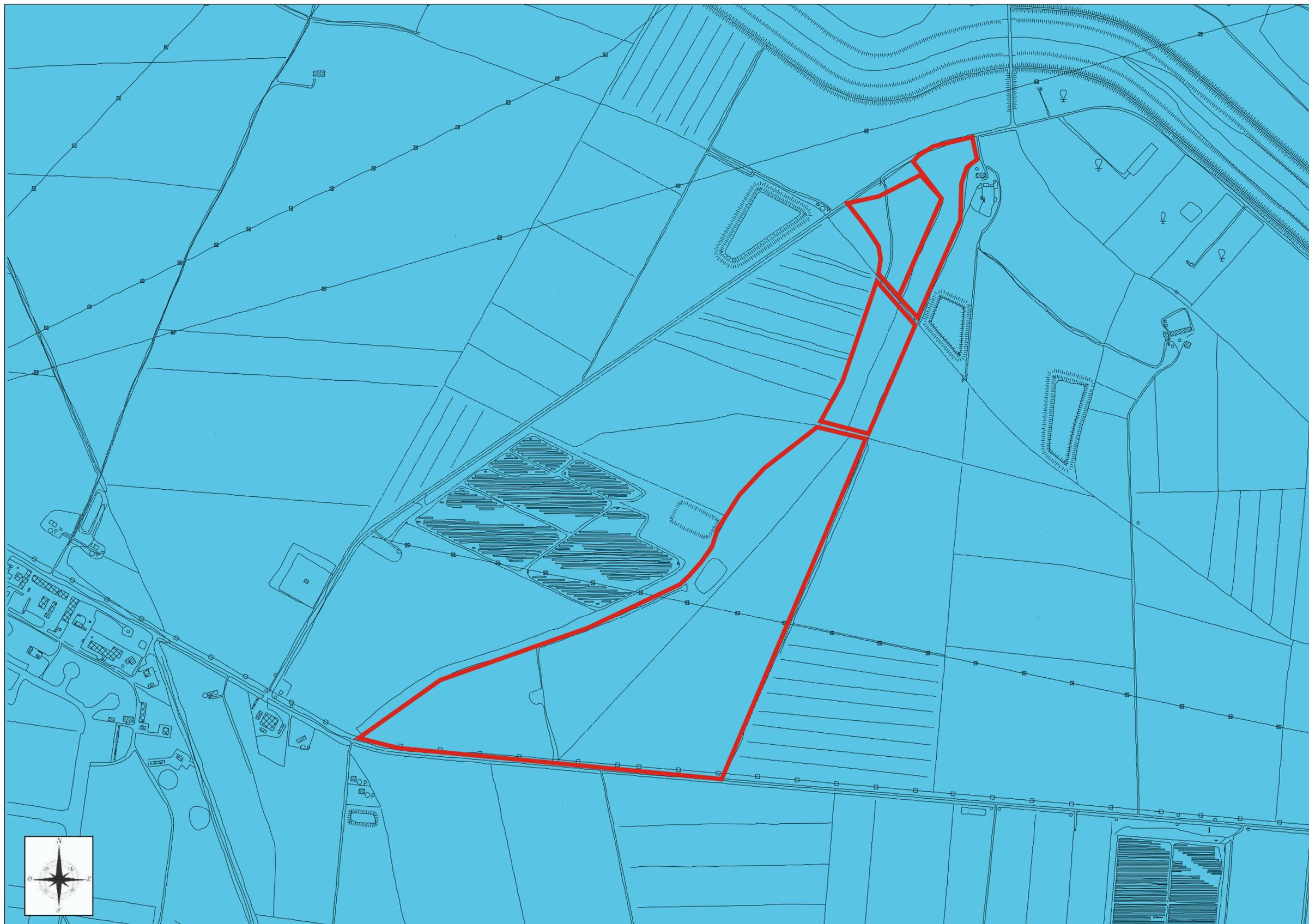
TAVOLA: G1

COROGRAFIA
1:25000

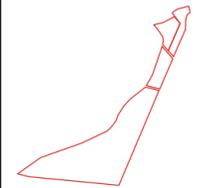
Dott. GEOLOGO Corrado Avarino
via Ofanto n.3 - 96100 Siracusa Tel. 0931/66533

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE
PROGETTAZIONE - VALUTAZIONE IMPATTO
AMBIENTALE





LEGENDA



Area di interesse progettuale



Alluvioni recenti costituite da un'alternanza di limi sabbiosi e sabbie limose di colore giallo-verdastro
Olocene



REGIONE SICILIA
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI CATANIA



OGGETTO:

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 34 MW INTEGRATO
DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DA 36 MW**

COMMITTENTE:

SOLAR CENTURY FVGC 7 s.r.l

TAVOLA: G2

CARTA GEOLOGICA
1:10.000

Dott. GEOLOGO Corrado Avarino
via Ofanto n.3 - 96100 Siracusa Tel. 0931/66533

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE
PROGETTAZIONE - VALUTAZIONE IMPATTO
AMBIENTALE





LEGENDA



Area di interesse progettuale

Alluvioni recenti

Il motivo litologico del lotto in progetto è stato verificato da una campagna di indagini geognostiche costituita da n.3 sondaggi a carotaggio continuo, spinti sino alla profondità di 5.00 mt cadauno.

In fase di avanzamento del foro sono state eseguite, per ogni punto esplorativo, prove SPT (Standard Penetration Test) dalle quali è stato possibile definire i valori dei parametri geotecnici (vedere elaborati allegati)

PARAMETRI GEOTECNICI

Peso di volume	$\gamma = 1,97 \text{ t/mc}$
Angolo di attrito	$\phi = 25^\circ$
Coesione non drenata	$C_u = 0,81 \text{ Kg/cm}^2$
Modulo Edometrico	$E = 90 \text{ Kg/cm}^2$
Coeff. di sottofondazione dinamico	$K = 5 \text{ Kg/cm}^2$

In ottemperanza al DM del 17/01/2018, il loco sono state eseguite n.2 indagini geofisiche tipo Masw, atte alla valutazione delle velocità delle onde sismiche di taglio Vs eq (Vs equivalente), con le quali è stato possibile determinare la categoria del Suolo.

Al fine di definire il coefficiente di permeabilità dei sedimi sono state eseguite, alla profondità di 0.5 m, due prove di permeabilità in foro a carico costante di tipo Lefranc da cui sono stati desunti i sottostanti valori (vedere risultati indagini):

Sondaggio S1	$K = 2.07 \cdot 10^{-5} \text{ m/sec}$
Sondaggio S3	$K = 6.14 \cdot 10^{-6} \text{ m/sec}$



REGIONE SICILIA
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI CATANIA



OGGETTO:

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 34 MW INTEGRATO
DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DA 36 MW**

COMMITTENTE:

SOLAR CENTURY FVGC 7 s.r.l

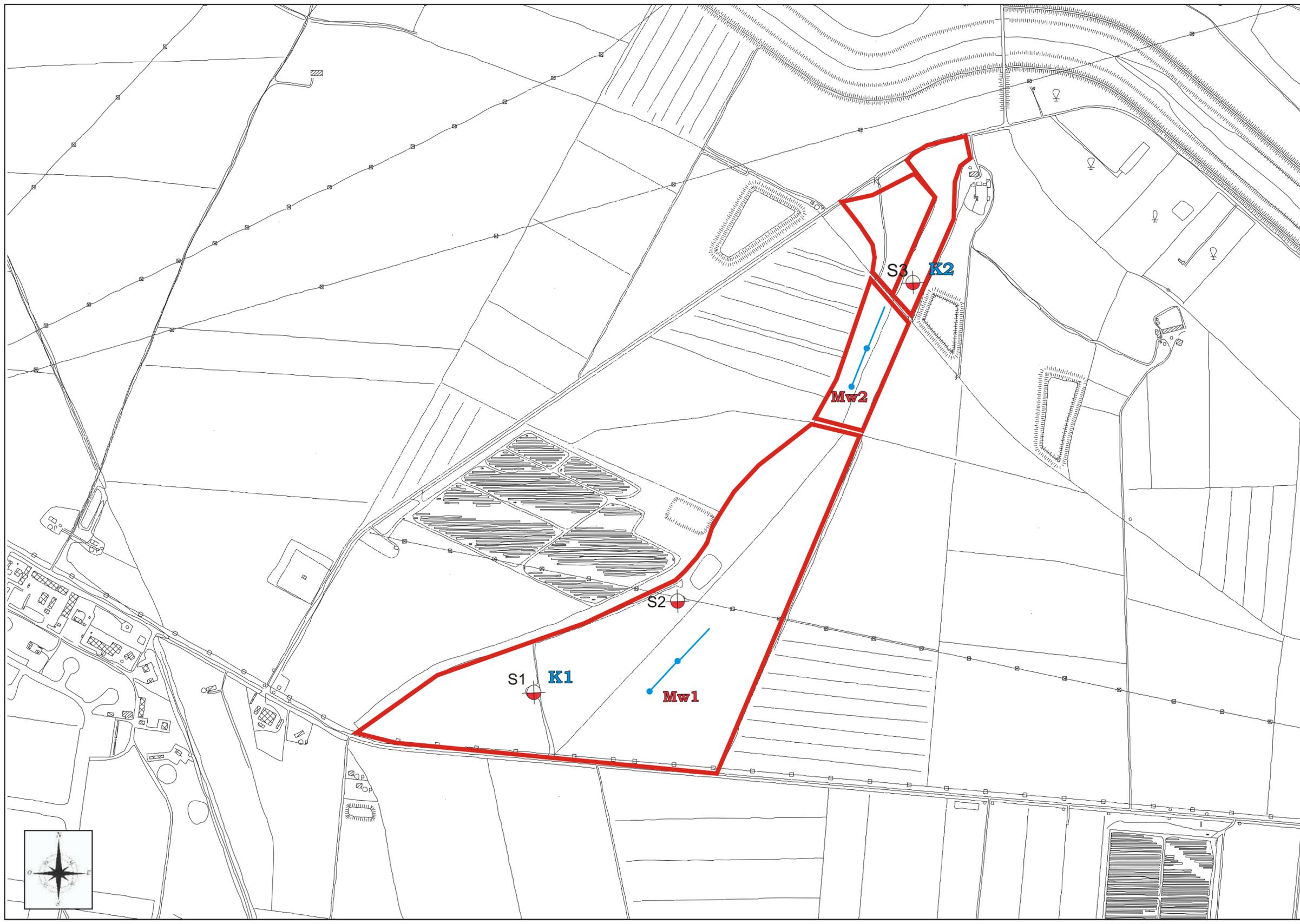
TAVOLA: G3

CARTA TECNICA
1:10.000

Dott. GEOLOGO Corrado Avarino
via Ofanto n.3 - 96100 Siracusa Tel. 0931/66533

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE
PROGETTAZIONE - VALUTAZIONE IMPATTO
AMBIENTALE





LEGENDA

-  Area di interesse progettuale
-  Traccia traversa sismica tipo Masw
-  Ubicazione sondaggi geognostici
 S1 profondità 5.00 m
 S2 profondità 5.00 m
 S3 profondità 5.00 m
-  Prova di permeabilità a carico costante tipo Lefranc eseguite nei sondaggi S1 e S3
 K1 profondità 0.50 m
 K2 profondità 0.50 m



REGIONE SICILIA
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI CATANIA



OGGETTO:

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO DELLA POTENZA DI 34 MW INTEGRATO
DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DA 36 MW**

COMMITTENTE:

SOLAR CENTURY FVGC 7 s.r.l

TAVOLA: G4

UBICAZIONI DELLE INDAGINI

Dott. GEOLOGO Corrado Avarino
via Ofanto n.3 - 96100 Siracusa Tel. 0931/66533

INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE
PROGETTAZIONE - VALUTAZIONE IMPATTO
AMBIENTALE



REPUBBLICA ITALIANA



Regione Siciliana
Assessorato Territorio e Ambiente

DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'AMBIENTE
Servizio 3 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

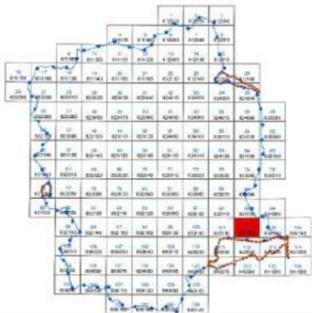
Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Bacino Idrografico del Fiume Simeto(094)
area tra i bacini del Simeto e del S. Leonardo (094A)
Laghi di Pergusa (094B) e Maletto (094C)



CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA
PER FENOMENI DI ESONDAZIONE N° 102
3° Aggiornamento "Parziale"

COMUNE DI BELPASSO
Scala 1:10.000



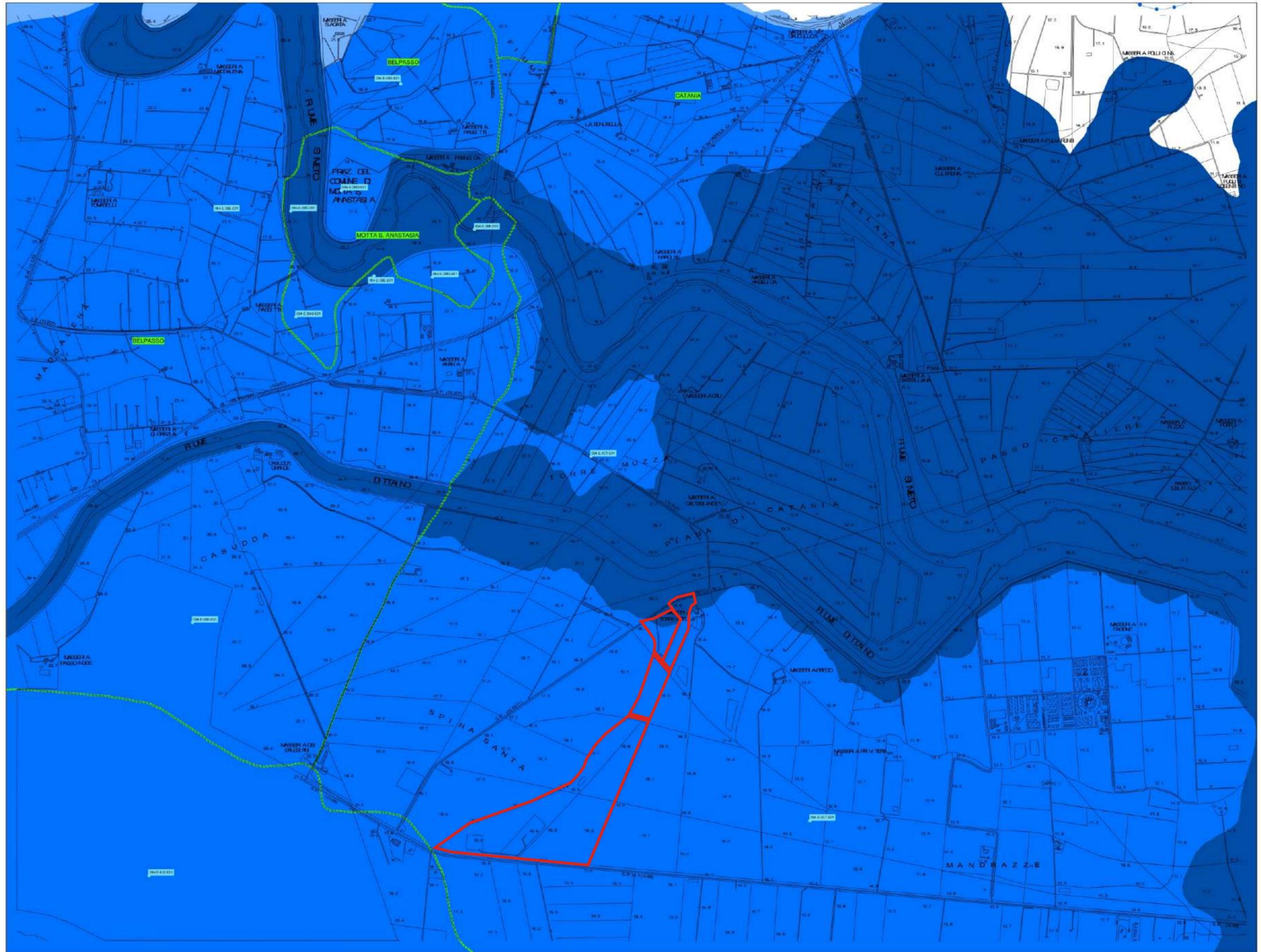
Anno 2011

LEGENDA

VALORI DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

-  P1 Pericolosità bassa
-  P2 Pericolosità moderata
-  P3 Pericolosità alta
-  Sito d'attenzione

-  Limite bacino idrografico
-  Limite area intermedia e laghi di Pergusa e Maletto
-  Limite comunale



REPUBBLICA ITALIANA



Regione Siciliana
Assessorato Territorio e Ambiente

DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'AMBIENTE
Servizio 3 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

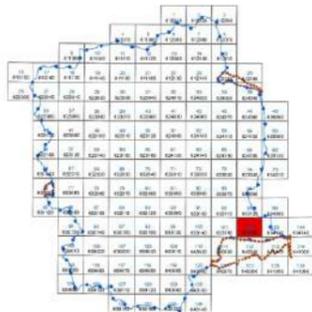
(ART. 1 D.L. 100/98 convertito con modificazioni in L. 21/01/00 e ss. nn. 1.)

Bacino Idrografico del Fiume Simeto(094)
area tra i bacini del Simeto e del S. Leonardo (094A)
Laghi di Pergusa (094B) e Maletto (094C)



CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO PER FENOMENI DI ESONDAZIONE N° 102 3° Aggiornamento "Parziale"

COMUNE DI BELPASSO
Scala 1:10.000



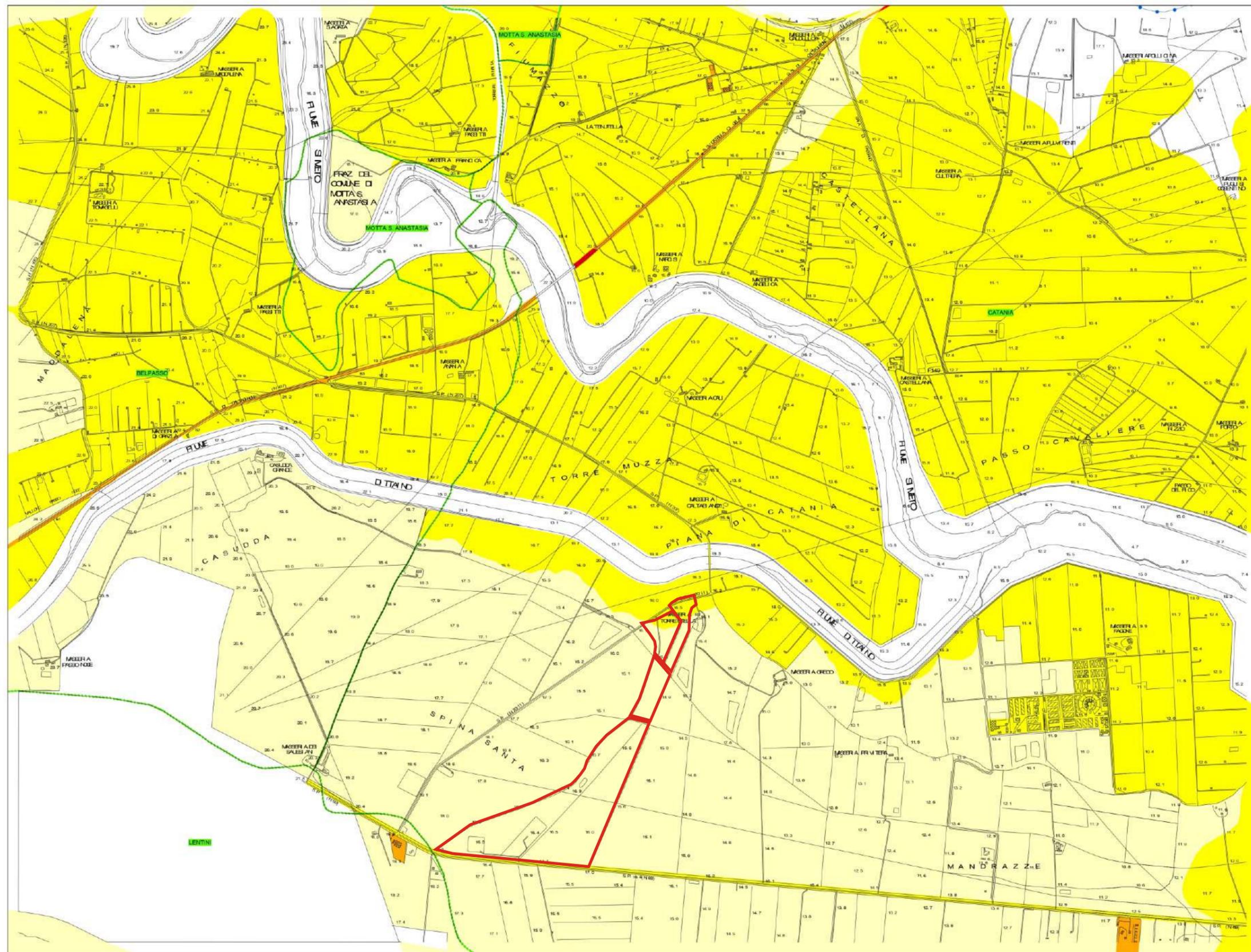
Anno 2011

LEGENDA

VALORI DEL RISCHIO IDRAULICO

-  R1 Rischio moderato
-  R2 Rischio medio
-  R3 Rischio elevato
-  R4 Rischio molto elevato

-  Limite bacino idrografico
-  Limite area intermedia e laghi di Pergusa e Maletto
-  Limite comunale



COMMITTENTE - PURCHASER

SOLAR CENTURY FVGC 7 SRL

TIPO DOCUMENTO - DOCUMENT TYPE

INDAGINI GEOGNOSTICHE

LOCALITA' - LOCATION

CATANIA

OGGETTO - SUBJECT

INDAGINE GEOGNOSTICA IMPIANTO AGRIVOLTAICO «SIGON» - SIGONELLA



DATA INDAGINE - SURVEY DATE

17 Novembre 2022

DATA FINE REPORT - REPORT END DATE

17 Novembre 2022

DATA CONSEGNA REPORT - REPORT DELIVERY

29 Novembre 2022



SGQ N° 072A
 Membro degli Accordi di Mutuo
 Riconoscimento EA, TAF e ILAC



						N° VERBALE ACCETTAZIONE	
						126/22	
	EMISSIONE - ISSUE	29/11/2022	Dott. Geol. Corrado Zocco	Dott. Geol. Corrado Zocco	Dott. Geol. Corrado Avarino	SCALA - SCALE	PAGINA - SHEET
	DESCRIZIONE - DESCRIPTION	DATA DATE	DIRETTORE DI LABORATORIO	DIRETTORE CANTIERE	DIRETTORE DEI LAVORI	N.A.	0/13
IL PRESENTE DOCUMENTO E' PROPRIETA' S.G.M. A TERMINE DI LEGGE OGNI DIRITTO E' RISERVATO THIS DOCUMENT IS THE PROPERTY OF S.G.M. ALL RIGHTS ARE RESERVED ACCORDING TO LAW					SOSTITUISCE IL - REPLACES		
					SOSTITUITO DA - REPLACES		

Premessa

Su incarico della SOLAR CENTURY FVGC 7 SRL, è stata eseguita una indagine Geognostica a supporto del progetto di un Impianto Agrivoltaico “SIGON” ubicato in C.da Sigonella – Catania.

L'ubicazione, la denominazione, il numero, la profondità e le modalità tecnico-esecutive delle indagini sono stati indicati dal Geol. Corrado Avarino

L'indagine geognostica è stata così distinta:

Modellazione Litostratigrafica

n. 3 sondaggi a carotaggio continuo

Modellazione idraulica in sito

n. 2 prove di permeabilità Le Franc

Modellazione geotecnica in sito

n. 3 prove S.P.T.

1. MODALITÀ ESECUTIVE

1.1. Sondaggi meccanici a carotaggio continuo

Sono stati eseguiti n. 3 sondaggi a carotaggio continuo per uno sviluppo lineare complessivo di metri lineari 15.00

Sondaggio	Profondità (m.)
S.1	5.00
S.2	5,00
S.3	5,00

Per l'esecuzione del sondaggio è stata utilizzata una sonda oleodinamica Massenza MI4 assemblata su cingoli, con le seguenti caratteristiche:

- coppia massima 600 Kgm
- velocità di rotazione 145:540 rpm
- tiro/spinta 4000 Kg
- rotopercolazione con martello Eurodrill



La perforazione è stata eseguita con l'ausilio di carotieri semplice, con l'ausilio di fluido di circolazione. Si è sempre provveduto a rivestire il foro per evitare restringimenti o franamenti; dove lo si è ritenuto necessario, la tubazione di rivestimento 127 mm ha seguito la perforazione fino a profondità tale da scongiurare tali eventualità.

Le carote estratte sono state riposte in apposite cassette catalogatrici in PVC, con scomparti divisorii e coperchio incernierato, con l'indicazione della denominazione del sondaggio, del numero della cassetta.



Sono state utilizzate n. 3 cassette catalogatrici.

La successione litostratigrafica riscontrata nel corso del sondaggio è riportata schematicamente in allegato.

1.2 Prove di permeabilità Le Franc

La modalità di esecuzione per le prove a carico costante prevede la misurazione del numero di litri di acqua assorbita dal terreno in corrispondenza della scarpa nell'unità di tempo mantenendo il livello dell'acqua, in maniera costante, a bocca foro.

Per il calcolo del coefficiente di permeabilità k si è fatto ricorso alla seguente espressione

$$K = q / C_f h d$$

dove:

q Portata immessa

C_f Coefficiente di forma: 2.85

h Altezza del livello dell'acqua nel foro

d Diametro del foro

I valori ottenuti dalle prove sono schematizzati nelle schede allegate.

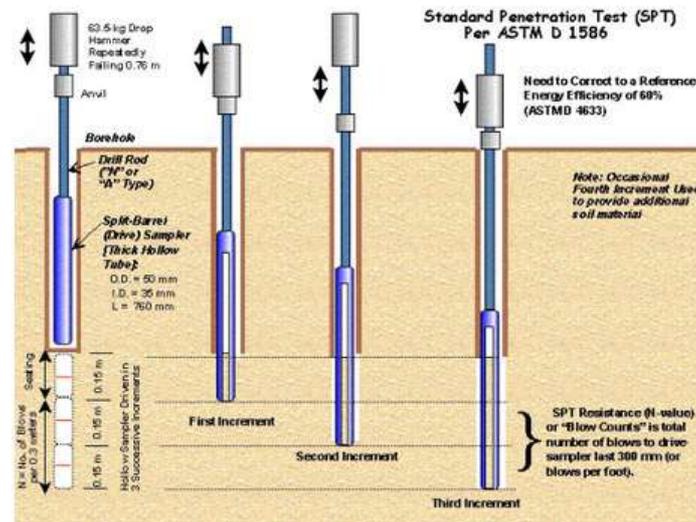


Sono state eseguite complessivamente n. 2 prove di permeabilità

Sondaggio	Profondità (m dal p.c.)	Scarpa (m)	Permeabilità (m/s)	Litotipo (sigla di rif.)
S1	0.00 – 0.50	0,50	$2,07 \cdot 10^{-5}$	Ts
S3	0.00 – 0.50	0,50	$6,14 \cdot 10^{-6}$	Ts

1.3 Prove S.P.T. (Standard Penetration Test)

Sono state eseguite n. 3 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 76.2 cm;
- aste collegate al campionatore aventi peso per metro lineare 11.00 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.

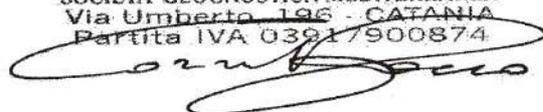
L'avvenuto affondamento della punta per peso proprio e delle aste fa parte integrante dei 45 cm complessivi di infissione.

Sondaggio	Quota (m)	Numero colpi
S 1	1.50-1.95	4-5-7
S 2	1.50-1.95	3-4-6
S 3	1.50-1.95	4-5-7

Catania li 29.11.2022

S.G.M. Società Geognostica Mediterranea s.r.l.

S.G.M. s.r.l.
SOCIETA' GEOGNOSTICA MEDITERRANEA
Via Umberto 196 - CATANIA
Partita IVA 03917900874





SONDAGGIO A CAROTAGGIO

Legenda

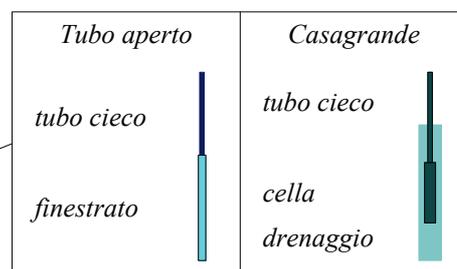
-  Elemento 1
-  plot 1



LEGENDA STRATIGRAFIA

Ø mm	R v	A r	Pz s	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Preli. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

- 1) Diametro del foro / Tipo di carotiere
- 2) Rivestimento
- 3) Profondità dell'acqua (rinvenimento e stabilizzazione)
- 4) Piezometri
- 5) Scala metrica con limiti delle battute (>)
- 6) Simbolo litologico
- 7) Campioni (numero, tipo, profondità testa e scarpa)
- 8) Resistenza alla punta (kg/cm²)
- 9) Vane test (kg/cm²)
- 10) Percentuale di prelievo (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 11) Prova S.P.T.
- 12) Valore di N_{spt}
- 13) Percentuale R.Q.D. (1-10, 11-20, ..., 91-100 %)
- 14) Profondità della base dello strato (m)
- 15) Descrizione della litologia dello strato



She = Shelby
Den = Denison
Ost = Osterberg
Maz = Mazier
Crp = Craps
nk3 = NK3
Ind = Indisturbato
Dis = Disturbato
SDi = Semi disturbato
SPT = SPT

Riferimento: SOLAR CENTURY FUGC7	Sondaggio: 1
Località: SIGONELLA-CATANIA	Quota:
Impresa esecutrice: S.G.M. Società Geognostica Mediterranea srl	Data: 17 Novembre 2022
Coordinate:	Redattore: Dott. Geol. Corrado Zocco
Perforazione: Trivella Massenza MI4 - Perforazione a carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r	S	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	PreL. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
											S.P.T.	N			
						Lito: Limi sabbiosi giallastri								0,4	Limo debolmente sabbioso di colore giallastro Sigla di rif: Ts
					1	Lito: Limi sabbiosi giallastri					4-5-7	12			Limo debolmente sabbioso mediamente consistente di colore giallastro Sigla di rif: Ls
					2	Lito: Limi sabbiosi giallastri									
					3	Lito: Limi sabbiosi giallastri									
					3	Lito: Sabbie limose giallastre								3,1	Sabbie debolmente limose di colore giallastro Sigla di rif: SI
					4	Lito: Limo verde								3,6	Limo consistente di colore verdastro Sigla di rif: L
					4	Lito: Limo verde								4,8	
					5	Lito: Sabbie limose giallastre								5,0	Sabbie limose di colore giallastro Sigla di rif: SI

N. 1 Cassetta catalogatrice - Prova di permeabilità nel tratto 0,00-0,50 m



Postazione sondaggio



Cassetta catalogatrice n. 1 - Prof. da 0.00 a 5.00 m

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	Terzaghi-Peck	0,81

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	Robertson (1983)	24,00

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	Buisman-Sanglerat	90,0

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	Meyerhof	2,02

Riferimento: SOLAR CENTURY FUGC7	Sondaggio: 2
Località: SIGONELLA-CATANIA	Quota:
Impresa esecutrice: S.G.M. Società Geognostica Mediterranea srl	Data: 17 Novembre 2022
Coordinate:	Redattore: Dott. Geol. Corrado Zocco
Perforazione: Trivella Massenza MI4 - Perforazione a carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE
									S.P.T.	N			
					Limo debolmente sabbioso di colore giallastro Sigla di rif: Ts							0,4	
				1	Limo da mediamente consistente a consistente di colore giallastro - Sigla di rif: L				3-4-6	10			
				2									
				3									
				4									
				5								5,0	

N. 1 Cassetta catalogatrice



Postazione sondaggio



Cassetta catalogatrice n. 1 - Prof. da 0.00 a 5.00 m

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	10	1,50-1,95	Terzaghi-Peck	0,68

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	10	1,50-1,95	Robertson (1983)	20,00

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	10	1,50-1,95	Buisman-Sanglerat	50,0

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Strato	10	1,50-1,95	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) Strato	10	1,50-1,95	Meyerhof	1,97

Riferimento: SOLAR CENTURY FUGC7	Sondaggio: 3
Località: SIGONELLA-CATANIA	Quota:
Impresa esecutrice: S.G.M. Società Geognostica Mediterranea srl	Data: 17 Novembre 2022
Coordinate:	Redattore: Dott. Geol. Corrado Zocco
Perforazione: Trivella Massenza MI4 - Perforazione a carotaggio continuo	

Ø mm	R v	A r	S s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	
											S.P.T.	N				
						L									0,4	Limo debolmente sabbioso di colore giallastro Sigla di rif: Ts
					1	L					4-5-7	12				Limo da mediamente consistente a consistente di colore giallastro Sigla di rif: L
					2	L										
					3	L										
					4	L										
					5	L									5,0	

N. 1 Cassetta catalogatrice - Prova di permeabilità nel tratto 0,00-0,50 m



Postazione sondaggio



Cassetta catalogatrice n. 1 - Prof. da 0.00 a 5.00 m

SGM S.r.l.
Società geognostica mediterranea
Via Umberto, 196
Catania
Tel: 095/854989

Verbale di Accettazione n. 126/22 del 17/11/2022
Certificato di prova n. 290/22 del 17/11/2022

S.G.M. S.r.l.
Direttore di Laboratorio
(Dott. Geol. Corrado Zocco)
S.G.M. s.r.l.
SOCIETÀ GEOGNOSTICA MEDITERRANEA
Via Umberto, 196 - CATANIA
Partita IVA 03817900874

Corrado Zocco

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3**TERRENI COESIVI I**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	Terzaghi-Peck	0,81

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	Robertson (1983)	24,00

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	Buisman-Sanglerat	90,0

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato (1) Strato	12	1,50-1,95	Meyerhof	2,02