

IMPIANTO AGRI-NATURALISTICO-VOLTAICO (ANaV) CERIGNOLA SAN GIOVANNI IN FONTE

REGIONE PUGLIA
PROVINCIA DI FOGGIA
COMUNE di CERIGNOLA

Progetto per la realizzazione dell'impianto (ANaV)
per la produzione di energia elettrica da fonte solare della
potenza complessiva di 99,42 MW, sito nel comune di Cerignola,
località "San Giovanni in Fonte" e relative opere di connessione
nei comuni di Stornarella, Orta Nova e Stornara (FG)

PROGETTO DEFINITIVO

Elaborato:

Titolo:

Rel. 10

Relazione Geologica - Relazione
geologico-tecnica - Studio
geo-morfologico di dettaglio

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

A4

Y1CRT40_RelazioneGeologica_10

Progettazione:

Committente:



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE
DAGRI
DIPARTIMENTO DI SCIENZE
AGRICOLE, ALIMENTARI E FORESTALI

Università degli Studi di Firenze

Prof. Dott. Enrico Palchetti
Piazzale delle Cascelle, 18 - 50121 Firenze
Centralino +39 055 2755800
enrico.palchetti@unifi.it - dagri@pec.unifi.it



Industrial service S.r.l.

Via Allano, 25 - 71042 Bolzano (BZ) - Italia
Tel. 0885 542 07 74
info@industrial-service.it

TOZZIgreen

TOZZI GREEN S.p.a.

Via Brigata Ebraica, 50 - 48123 Mezzano (RA)
Tel 0544 525311 Fax 0544 525319
info@tozzigreen.com - tozzi.re@legalmail.it
www.tozzigreen.com

ALIA

ALIA Società Semplice

Prof. Dott. Giovanni Campeol
Piazza delle Istituzioni, 22 - 31100 Treviso
Tel. 0422 235343
alia@allavalutazioni.it - aliasocieta@pec.it



Studio Tecnico Calcarella

Dott. Ing. Fabio Calcarella
Via Bartolomeo Ravenna, 14 - 73100 Lecce
Mob. 340 9243575
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu

SE.ARCH s.r.l.

SE.ARCH- S.r.l.

Dott. Alessandro de Leo
Via del Vigneto, 21 - 39100 Bolzano (BZ) - Italia
Mob. 320 339 41 99
deleo@serviziarcheologia.com

Consulenza Scientifica:

Politecnico di Bari

Dip. Meccanica Matematica e Management
Prof. Ing. Riccardo Amirante
via Orabona 4 - 70126 Bari
amirante@poliba.it



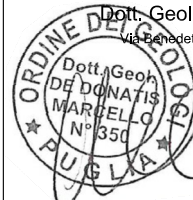
Politecnico
di Bari

Geoprove S.r.l.

Il Direttore Tecnico

Dott. Geol. Marcello DE DONATIS

Via Benedetto Falcone, Z1 - 73049 Ruffano (LE)
Tel. 0833 692992 - 329 3599093
info@geoprove.eu



Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Marzo 2021	Prima emissione	MDD	FC	Tozzi Green

LABORATORIO MATERIALI DA COSTRUZIONE
LABORATORIO TERRE E ROCCE
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE

GEOPROVE S.R.L.

COMUNE DI CERIGNOLA

(PROVINCIA DI FOGGIA)

COMMITTENTE: STC S.R.L.

INDAGINI GEOGNOSTICHE, SISMICHE E RELAZIONE GEOLOGICA-TECNICA PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO IN LOCALITA' SAN GIOVANNI IN FONTE

Ruffano, gennaio 2021

IL DIRETTORE TECNICO
Dott. Geol. Marcello DE DONATIS

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su materiali da costruzione DM 275 del 12 giugno 2018.

Autorizzazione ministeriale ad effettuare e certificare prove su terre, rocce e prove in sito DM 278 del 14 giugno 2018.



ISO 14001:2015, n. SA 00014/19
OHSAS 18001:2007, n. SA 00015/19



SOA 05208 II Livello



GEOPROVE S.R.L. P. IVA 03940580750 • Capitale Sociale € 500.000,00 • Iscrizione alla CCIAA 255978

Sede Legale e Laboratorio Terre e Rocce Via Il Giugno 2, 73049 Ruffano (LE) • Laboratorio Materiali Via Benedetto Falcone snc ZI 73049 Ruffano (LE) •

Unità Locale Via Olanda, Zona Industriale Surbo, 73010 Lecce (LE) • Telefono e Fax 0833 692992 • Cell. 329 359 9093 | www.geoprove.eu • info@geoprove.eu

INDICE

PREMESSA.....	2
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	3
CARATTERI MORFOLOGICI E GEOLOGICI.....	4
<i>Geologia dell'area vasta</i>	5
<i>Tettonica</i>	7
IDROGEOLOGIA.....	9
INDAGINE GEOGNOSTICA.....	11
Sondaggi geognostici a carotaggio continuo.....	11
Prelievo dei campioni e analisi di laboratorio.....	26
Sismica con metodologia Masw (multichannel analysis of surface waves)...	30
Pericolosità sismica.....	38
VERIFICA DEGLI STATI ULTIMI (SLU).....	43
CONCLUSIONI.....	49

PREMESSA

La società Geoprove s.r.l. di Ruffano (Le) per conto della società di ingegneria STC s.r.l., nel mese di gennaio 2021, ha eseguito uno studio geologico-tecnico di supporto ad un progetto di un impianto agrovoltaiico da realizzare nel territorio comunale di Cerignola, in località San Giovanni in Fonte.

Il presente studio ha mirato ad accertare la successione stratigrafica e le proprietà fisico-meccaniche dei terreni interessati secondo quanto prescritto dal D.M. 17.01.2018.

Dopo aver eseguito un rilievo geologico ed idrogeologico di superficie è stata eseguita la seguente campagna di indagini geognostiche:

- esecuzione di n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo della profondità di 30. metri;
- prelievo ed analisi di laboratorio su un campione indisturbato prelevato nel corso del sondaggio S2, ad una profondità di 2.0 metri;
- esecuzione di n.1 profilo sismico Masw per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione in corrispondenza della sottostazione.

Al termine delle indagini è stata redatta la presente relazione geologica che, avvalendosi di tutti i risultati acquisiti, ha consentito di caratterizzare il terreno fondale.

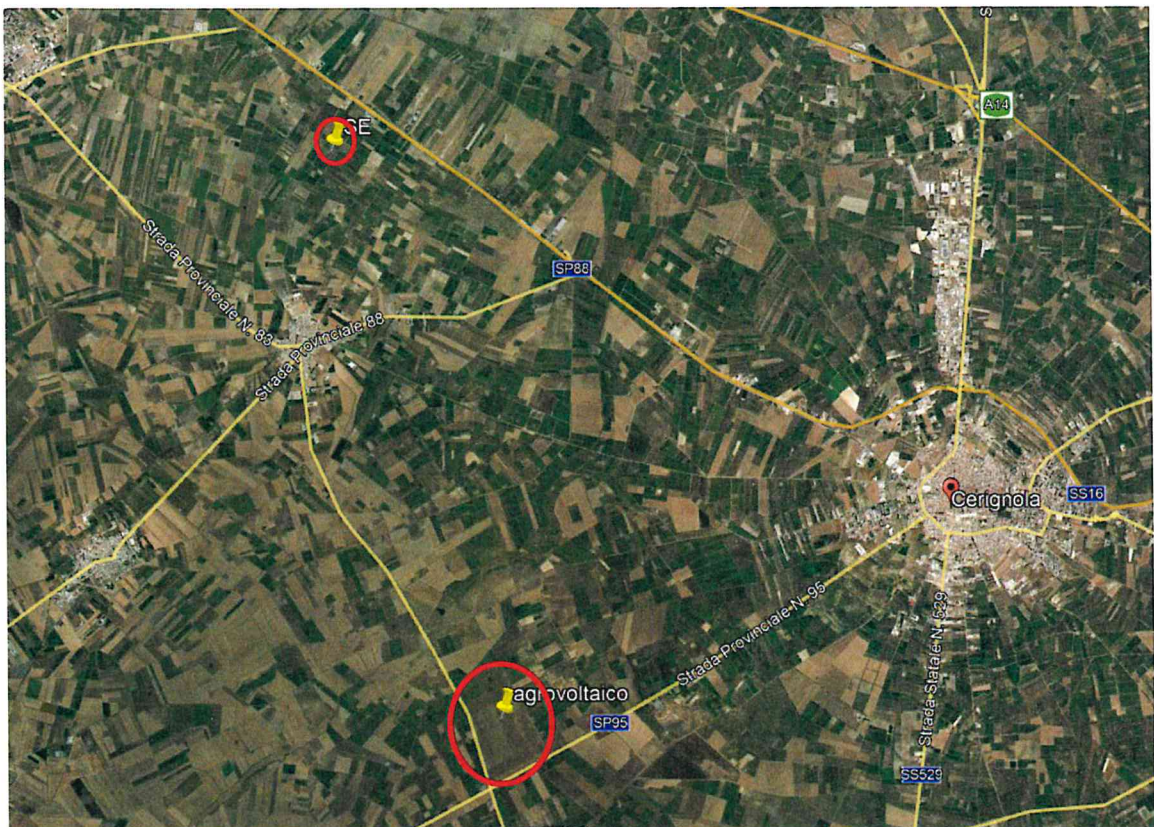
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area interessata dalla realizzazione dell'impianto si trova a circa 6.0 km a sudovest dell'abitato di Cerignola (Fg); la SE sarà invece realizzata a nordovest, a circa 2.5 km a nord di Stornara.

La quota topografica dell'area interessata dall'impianto è compresa tra 155 e 160 metri s.l.m.; la SE si trova invece a 82.0 metri s.l.m.

L'area d'indagine è stata individuata dalle seguenti coordinate geografiche espresse come punto centrale all'impianto agrovoltaico:

- Latitudine: 41° 14' 00'' N
- Longitudine: 15° 14' 25'' E



Area di indagine, immagine da Google Earth ®

CARATTERI MORFOLOGICI E GEOLOGICI

L'area in esame viene riportata nel foglio 175 di Cerignola della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000, ed è posizionata ad una quota topografica compresa tra 155 e 160 metri s.l.m.; la SE sorgerà su un'area sita a 82.0 metri s.l.m.

L'area oggetto di studio ricade nella Piana del Tavoliere di Capitanata, la più vasta piana alluvionale dell'Italia meridionale, presenta una morfologia sub-pianeggiante, dolcemente degradante verso est, verso la costa.

Nell'area sono distinguibili zone nelle quali l'azione modellatrice delle forze esogene ha risentito delle diverse situazioni geologiche. La morfologia è caratterizzata da vaste spianate inclinate debolmente verso il mare, interrotte da ampie valli con fianchi alquanto ripidi.

Da un punto di vista morfologico l'area è caratterizzata da un'idrografia superficiale ben sviluppata, scorre in direzione sud-ovest nord-est il torrente Cervaro. Esistono inoltre altri canali di scolo di natura antropica.

Nell'immediato intorno dell'area oggetto di studio affiorano dei sedimenti plio-quadernari che rappresentano la chiusura dell'avanfossa appenninica, compresa tra la Daunia ed il promontorio del Gargano; specificatamente nel territorio interessato dall'intervento affiorano dei sedimenti olocenici: si tratta di depositi alluvionali terrazzati, costituiti da ciottoli, sabbie e subordinatamente argille sabbiose.

Da un punto di vista stratigrafico i rilievi di superficie hanno permesso di riconoscere una sola formazione che interessa tutto il territorio di Foggia; si tratta di formazioni continentali quadernarie, formate in prevalenza da

sedimenti sabbioso-argillosi, subordinatamente ciottolosi. Frequentemente presentano terre nere ed incrostazioni calcaree. Tali alluvioni terrazzate trovano una spiegazione nella presenza dei torrenti principali: il Candelabro, il Cervaro ed il Carapelle.

Geologia dell'area vasta

L'area in esame è solcata da tre importanti torrenti: il Candelaro, il Cervaro e il Carapelle e da tutta una rete di tributari che hanno spesso un deflusso esclusivamente stagionale.

Sono presenti fiumi fossili, meandriformi, non contraddistinti da alcuna traccia morfologica evidente.

La generale pendenza verso oriente rappresenta, probabilmente, l'originaria inclinazione della superficie di regressione del mare pleistocenico e dei depositi fluviali che su di essa si sono adagiati.

Dal punto di vista cronolitostratigrafico l'area in esame è costituita da un basamento di calcari, calcari dolomitici e dolomie del Mesozoico (Cretaceo), aventi una potenza complessivamente di migliaia di metri, su cui si adagiano, in trasgressione i sedimenti di ambiente marino, di transizione e continentali di età compresa tra il Pliocene e l'Olocene.

L'intera area del Tavoliere è ricoperta da depositi quaternari, in prevalenza di facies alluvionale.

Tra questi depositi prevale, al centro, un banco di argilla marnosa, di probabile origine lagunare, ricoperta a luoghi da lenti di conglomerati e da straterelli di calcare evaporitico (crosta).

Sotto l'argilla si rinviene in generale un deposito clastico sabbioso-ghiaioso cui fa da basamento impermeabile il complesso delle argille azzurre pliocenico-calabriane che costituiscono il ciclo sedimentario più recente delle argille subappennine. Queste, trasgressive sulle argille azzurre infra medio-plioceniche (ciclo più antico) o sui terreni in facies di flysh a cui si addossano nella parte alta occidentale, costituiscono i principali affioramenti argillosi della regione.

I depositi argillosi di entrambi i cicli sono indicativi di una facies neritica e mostrano d'essersi originati in un bacino lentamente subsidente. Sono costituiti da argille marnose più o meno siltoso-sabbiose e da marne argillose di color grigio-azzurro o giallastro, con giacitura generalmente suborizzontale.

La potenza di questi depositi varia sensibilmente da punto a punto con spessori massimi dell'ordine di centinaia di metri.

Il ciclo argilloso plio-pleistocenico a luoghi poggia, in continuità di sedimentazione, su depositi calcarenitici trasgressivi sul basamento mesozoico.

Le argille sub-appennine grigio-azzurre formano lembi discontinui, anche se talora vasti, venuti a giorno là dove l'erosione ha asportato la copertura post-calabriana. Spesso al di sotto di quest'ultima, le argille giacciono a pochi metri di profondità.

I sedimenti post-calabriani sono essenzialmente di origine continentale e poggiano generalmente in discordanza sui sottostanti depositi marini. Si tratta per lo più di depositi ghiaioso-sabbiosi alternati a strati di materiale fino, di facies deltizia e/o fluvio-lacustre.

Nella parte settentrionale dell'area, infine, affiorano i calcari mesozoici che caratterizzano una zona di retroscogliera.

Tettonica

Il basamento calcareo dolomitico del mesozoico, che costituisce l'ossatura fondamentale del Tavoliere, ha prevalentemente una struttura a Horst e Graben, originata da un sistema di faglie appenniniche, parallele alla faglia marginale del Gargano.

Nell'area vasta si riconoscono due panorami tettonici distinti.

I sedimenti pleistocenici non presentano, in generale, evidenti deformazioni e costituiscono nel loro insieme una monoclinale immersa in media verso l'Adriatico.

Le deboli inclinazioni rilevate riflettono per lo più l'originale inclinazione del fondo marino su cui i sedimenti stessi si sono depositi.

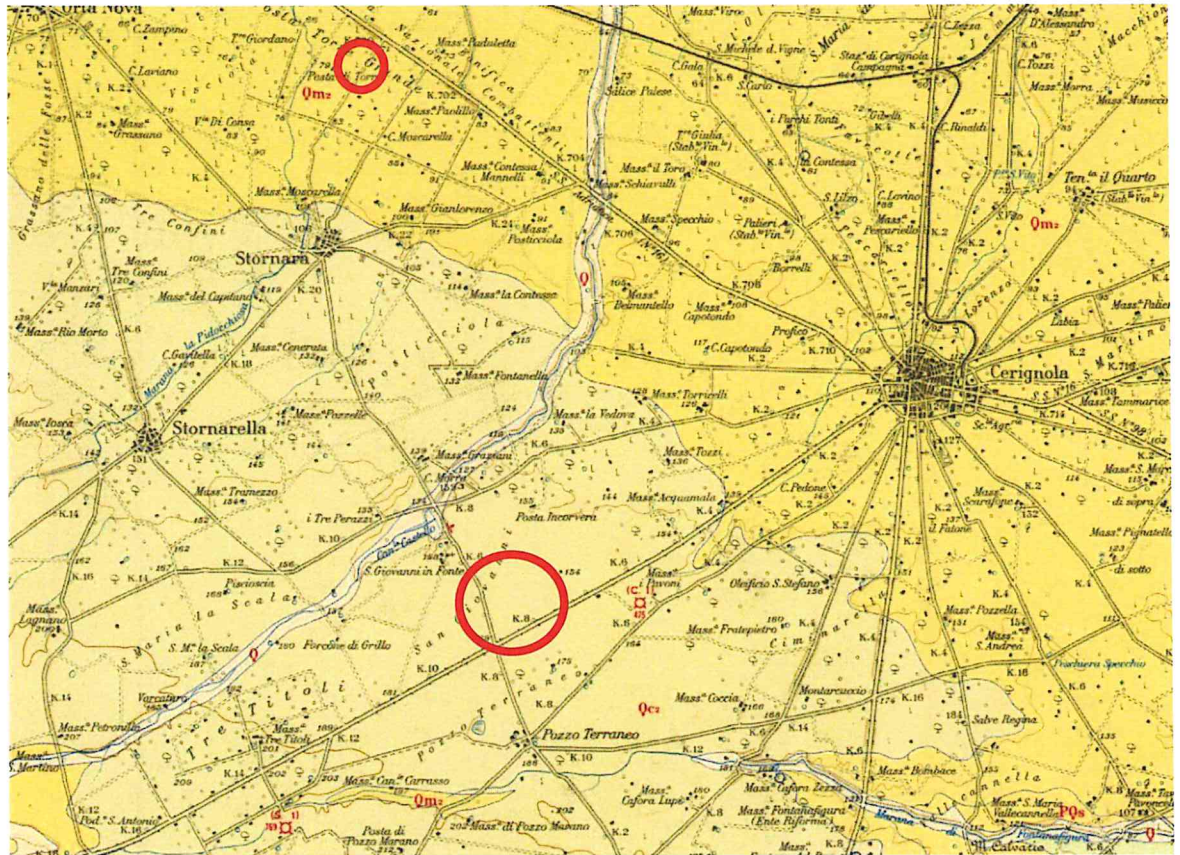
La Serie Mesozoica, invece, è interessata da una tettonica disgiuntiva, a faglie normali, con prevalente direzione ONO-ESE.

Il rigetto delle faglie è di difficile determinazione, poiché di modesta entità.

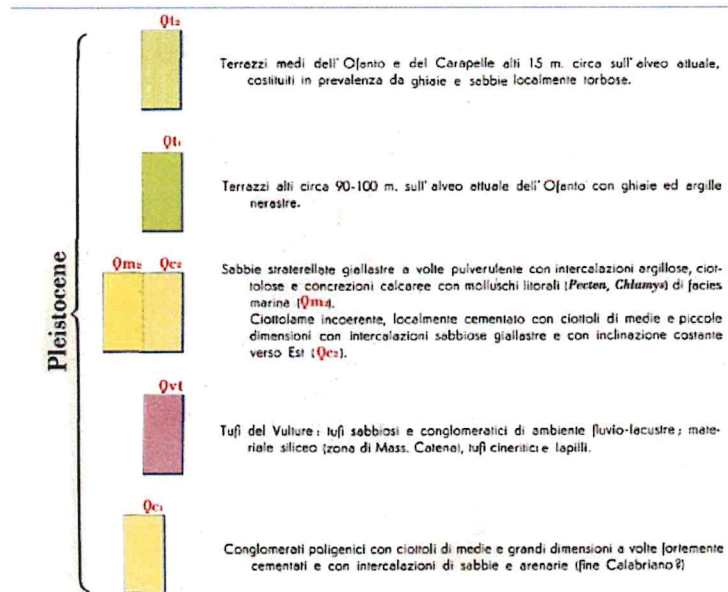
L'affioramento, mesozoico, i cui strati hanno generalmente un'inclinazione verso SO, costituisce il fianco meridionale del sollevamento del Gargano. Le due scarpate che lo limitano sono probabilmente legate a faglie; ma in campagna non è stato possibile raccogliere alcuna prova diretta della loro esistenza.

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO
IN LOCALITA' SAN GIOVANNI IN FONTE NEL TERRITORIO COMUNALE DI CERIGNOLA (FG)

Studio geologico-tecnico ed indagini geognostiche



Stralcio della Carta Geologica , scala 1: 100.000 – Fig. 175 Cerignola



IDROGEOLOGIA

Per quanto riguarda l'idrologia sotterranea si possono distinguere tre diversi tipi di acque: freatiche, artesiane e carsiche.

I caratteri idrogeologici dipendono dalle caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti in profondità.

Significativamente minore, rispetto alle rocce calcareo-dolomitiche, è il grado di permeabilità delle sabbie e dei depositi alluvionali, permeabili principalmente per porosità interstiziale.

I terreni sciolti quaternari e i depositi della piana alluvionale (alternanze di sabbie limose e limi con ciottoli) risultano scarsamente permeabili in quanto terreni a granulometria fine e bene assortita.

A causa della natura comunque permeabile dei terreni affioranti, una certa aliquota delle precipitazioni si infiltra nel sottosuolo e va ad alimentare le falde idriche sotterranee. Nell'area del bacino possono individuarsi due acquiferi: un acquifero inferiore, localizzato in corrispondenza delle rocce carbonatiche mesozoiche, che si ricollega al vasto acquifero del Gargano, e un acquifero superiore di limitata estensione, localizzato in corrispondenza dei corpi sabbiosi e dei depositi della piana Alluvionale.

La falda superficiale che circola nei depositi sabbioso-ghiaiosi quaternari ha potenzialità estremamente variabili da zona a zona, anche in base alle modalità del ravvenamento che avviene prevalentemente dove sono presenti in affioramento materiali sabbioso-ghiaiosi.

Il basamento di questo acquifero superficiale è rappresentato dalla formazione impermeabile argillosa di base.

La morfologia della superficie piezometrica che nel territorio risulta fortemente condizionata da quella del substrato impermeabile.

L'alimentazione è esclusivamente locale, avviene tramite le precipitazioni meteoriche e non si può escludere che nei periodi di abbondanti precipitazioni possa raggiungere il piano campagna, provocando così fenomeni di allagamenti e ristagno in superficie.

Durante la campagna di indagine non è stata rilevata alcuna falda che possa interferire con le opere fondali dell'impianto da realizzare.

INDAGINE GEOGNOSTICA

L'indagine è stata effettuata in conformità al D.M. 17.01.2018 ed è stata finalizzata alla raccolta di dati qualitativi e quantitativi occorrenti per la previsione del comportamento dell'opera in rapporto alle caratteristiche del terreno.

L'indagine è consistita nell'esecuzione di:

- esecuzione di n. 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo della profondità di 30. metri;
- prelievo ed analisi di laboratorio su un campione indisturbato prelevato nel corso del sondaggio S2, ad una profondità di 2.0 metri;
- esecuzione di n.1 profilo sismico Masw per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione in corrispondenza della sottostazione.

Sondaggi geognostici a carotaggio continuo

Nel mese di Gennaio 2021, sono stati realizzati 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo della profondità di 30 metri.

La terebrazione è stata eseguita impiegando una trivella della Comacchio, mod. GEO 602, realizzando dei fori di sondaggio del diametro di ϕ 101 mm, consentendo di ricostruire l'intera stratigrafia delle aree investigate.

Il metodo utilizzato per l'esecuzione del perforo è stato quello a rotazione con carotaggio continuo sia con carotiere semplice che con doppio carotiere. In pratica la macchina perforatrice è dotata di una testa idraulica che fornisce alla batteria d'aste di perforazione un movimento rotatorio. La spinta

necessaria all'attrezzo di perforazione per "tagliare" il terreno è invece prodotto da pistoni idraulici.

Il funzionamento del doppio carotiere, consiste nell'infiggere nel terreno un tubo di acciaio (carotiere esterno), munito al fondo di un utensile tagliente (corona), collegato in superficie mediante una batteria di aste cave; il tubo interno non rotante preserva il campione dagli sforzi torsionali trasmessi dalle aste di manovra e ne impedisce il disturbo da parte del fluido di perforazione che circola tra il tubo interno e quello esterno. Disturbo limitato in quanto grazie ai tubi coassiali di cui uno interno fisso, la carota non entra a contatto con l'acqua né viene disturbata dalla rotazione del carotiere.

L'infissione avviene ruotando e spingendo contemporaneamente le aste in superficie mediante sonda. Il metodo di avanzamento è manuale, dato che la pressione è applicata e regolata dall'operatore.

Con la perforazione a rotazione si può attraversare qualsiasi tipo di terreno, con diametro di perforazione di 101 mm.

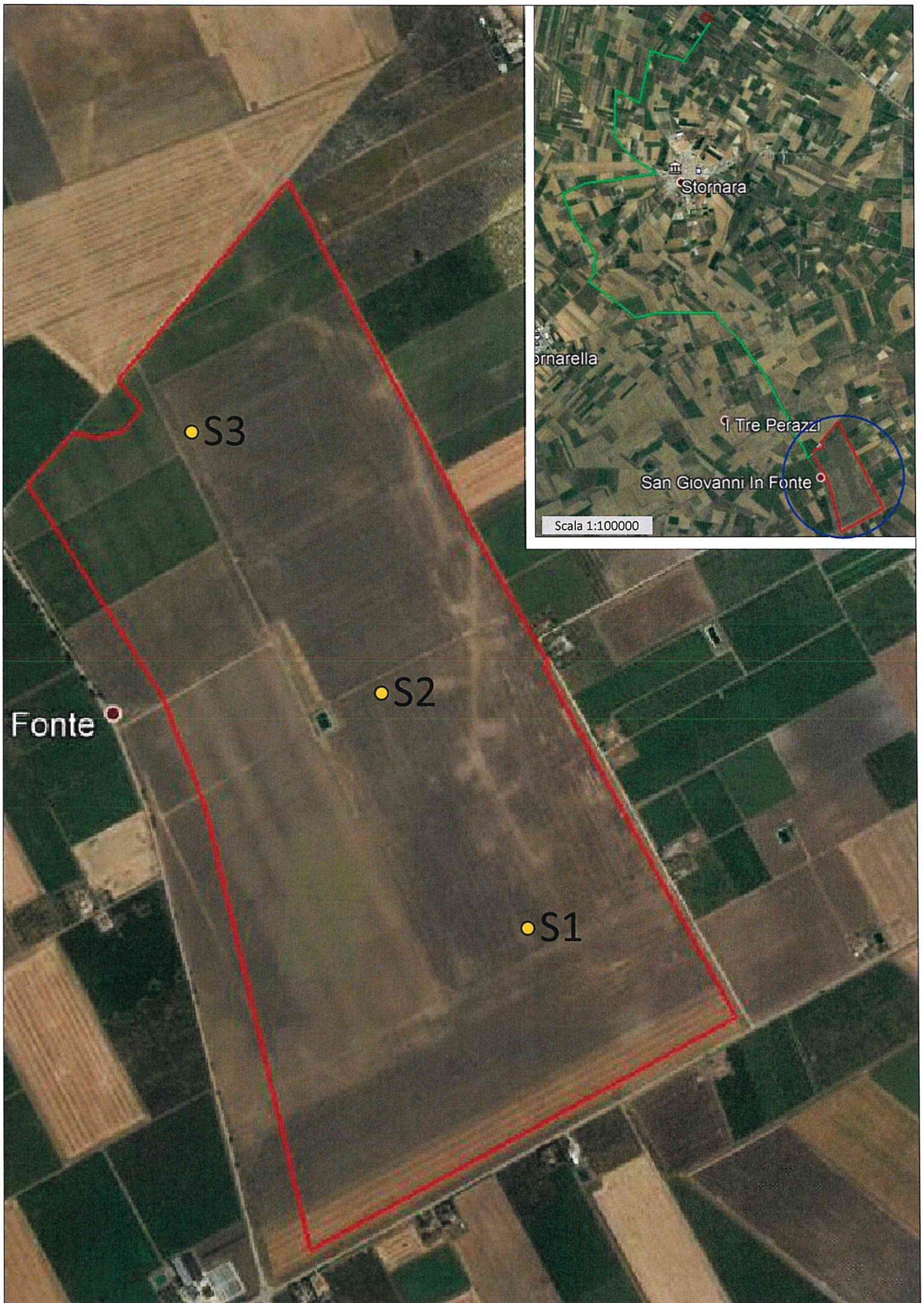
Il tipo di utensile di perforazione più comunemente impiegato consiste in un carotiere la cui estremità inferiore è costituita da una corona tagliente provvista di elementi di metallo duro diamantato.

Durante la perforazione, per evitare fenomeni franosi del materiale che potrebbero impedire una dettagliata ricostruzione stratigrafica del terreno investigato, il foro è stato rivestito con tubi sottili in acciaio, in giunti filettati, rimossi dopo l'esecuzione del sondaggio.


Il materiale perforato è stato conservato in cassette catalogatrici, in PVC della lunghezza di un metro, munite di scomparti divisorii (1 m di lunghezza con 5 compartimenti) e di coperchio. Sulle cassette è stato indicato in modo

indelebile, il numero di sondaggio e le profondità. Sugli scomparti interni sono state scritte le quote di riferimento di ciascuna manovra eseguita.

Le cassette sono state documentate da foto allegate alla presente relazione.



UBICAZIONE SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO (Area Impianto)


 Sondaggio geognostico a carotaggio continuo

Scala 1:10000

SONDAGGIO GEOGOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO S1

Committente: STC s.r.l.

Progetto: Realizzazione di un impianto AGROVOLTAICO a Cerignola

Caratteristiche generali e modalità di perforazione

Sonda perforatrice	GEO 602 Comacchio
Diametro del foro	Ø 101
Profondità raggiunta	30.00 m
Inclinazione del foro di sondaggio	Verticale
Tecnica di scavo	A rotazione a carotaggio continuo
Cassette catalogatrici	6
Piezometro	No



Esecuzione sondaggio geognostico a carotaggio continuo



Cassetta n. 1 (0.00 m – 5.00 m)



Cassetta n. 2 (5.00 m – 10.00 m)



Cassetta n. 3 (10.00 m – 15.00 m)



Cassetta n. 4 (15.00 m – 20.00 m)



Cassetta n. 5 (20.00 m – 25.00 m)



Cassetta n. 6 (25.00 m – 30.00 m)

Località: San Giovanni in Fonte, Cerignola (Fg)	Sondaggio: S1
Riferimento: Realizzazione agrovoltaico	Data: 12/01/2021
Coordinate: 41°13'48.31"N, 15°48'42.59"E	Quota: 158 m slm
Perforazione: Sondaggio geognostico a carotaggio Continuo	

SCALA 1:155

LOG STRATIGRAFICO

Pagina 1/1

Ø mm	R v	metri	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Cass.
		1		1.5	1.5	Coltre - Limi debolmente sabbiosi di colore marrone	
		2				Limi argillosi debolmente sabbiosi di colore avana chiaro mediamente consistenti	1
		3		3.1	1.6		
		4				Limi sabbiosi e argillosi di colore avana chiaro e arancio con intercalazioni di calcisiltiti biancastre	
		5					
		6		6.2	3.2		
		7				Ghiaie sabbiose con clasti subarrotondati di dimensioni variabili da 2 a 4 cm; nei primi 1.5 metri i clasti si presentano appiattiti con dimensioni mediamente superiore a 5 cm. Si intercalano strati sabbiosi limosi e ghiaiosi debolmente addensati	2
		8					
		9					
		10					
		11					
		12					3
		13					
		14					
		15					
		16					
		17					4
		18					
		19					
		20		20.2	14.0		
		21				Sabbie fini e sabbie limose talvolta debolmente argillose mediamente addensate, alternate a strati poco addensati. Deposito di colore avana chiaro, talvolta arancio e grigio chiaro	5
		22					
		23					
		24					
		25					
		26					
		27					
		28					6
		29					
101		30		30.0	9.8		

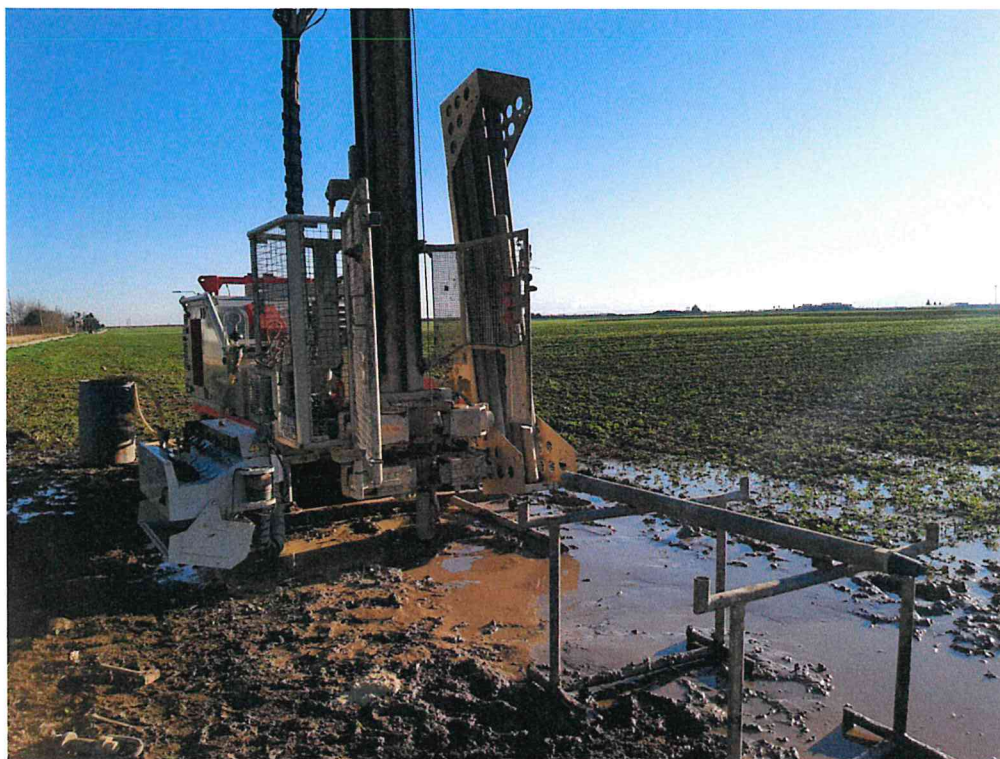
SONDAGGIO GEOGOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO S2

Committente: STC s.r.l.

Progetto: Realizzazione di un impianto AGROVOLTAICO a Cerignola

Caratteristiche generali e modalità di perforazione

Sonda perforatrice	GEO 602 Comacchio
Diametro del foro	Ø 101
Profondità raggiunta	30.00 m
Inclinazione del foro di sondaggio	Verticale
Tecnica di scavo	A rotazione a carotaggio continuo
Cassette catalogatrici	6
Piezometro	No



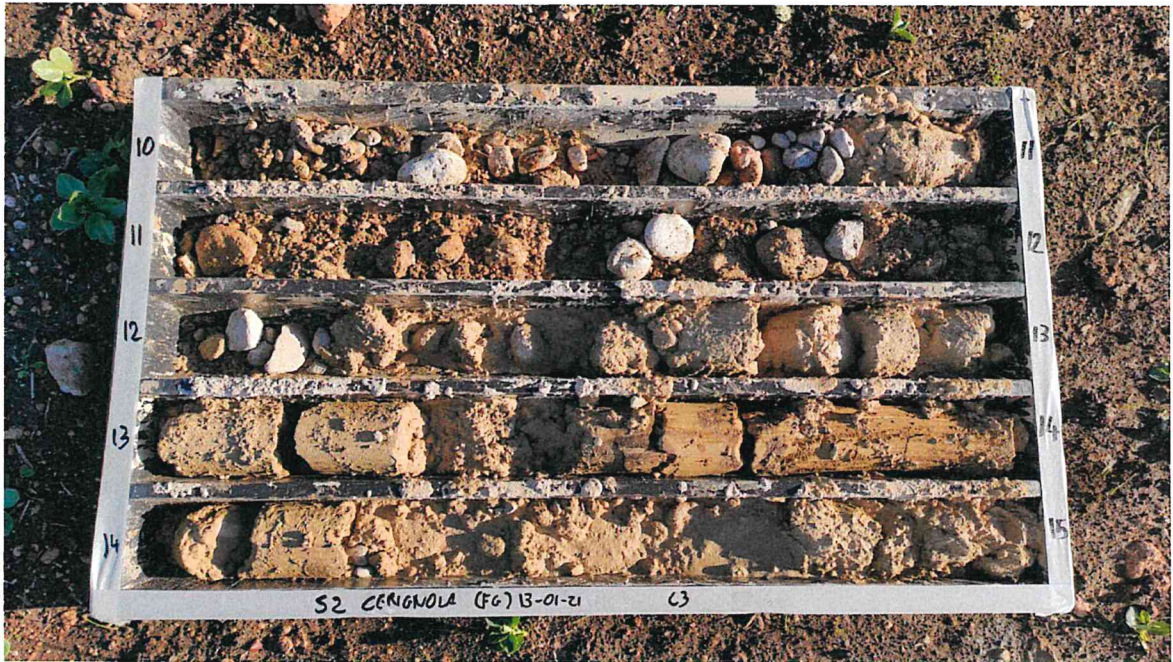
Esecuzione sondaggio geognostico a carotaggio continuo



Cassetta n. 1 (0.00 m – 5.00 m)



Cassetta n. 2 (5.00 m – 10.00 m)



Cassetta n. 3 (10.00 m – 15.00 m)



Cassetta n. 4 (15.00 m – 20.00 m)



Cassetta n. 5 (20.00 m – 25.00 m)



Cassetta n. 6 (25.00 m – 30.00 m)

Località: San Giovanni in Fonte, Cerignola (Fg)	Sondaggio: S2
Riferimento: Realizzazione agrovoltaioco	Data: 13/01/2021
Coordinate: 41°14'2.87"N, 15°48'27.86"E	Quota: 158 m slm
Perforazione: Sondaggio geognostico a carotaggio Continuo	

SCALA 1:155

LOG STRATIGRAFICO

Pagina 1/1

Ø mm	R v	metri	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Cass.
		1		1.0	1.0	Coltre - Limi debolmente sabbiosi di colore marrone	
		2				Limi sabbiosi e argillosi di colore arancio con intercalazioni di calcisiltiti biancastre soprattutto nell'ultimo metro	1
		3					
		4		4.0	3.0		
		5				Limi argillosi debolmente sabbiosi di colore avana chiaro mediamente consistenti	
		6		6.1	2.1		
		7				Ghiaie sabbiose con clasti subarrotondati di dimensioni variabili da 2 a 4 cm e talvolta di 7-8 cm. Si intercalano strati sabbiosi limosi e ghiaiosi debolmente addensati	2
		8					
		9					
		10					
		11					
		12					
		13					3
		14					
		15					
		16					
		17					
		18					4
		19					
		20					
		21					
		22					
		23		22.7	16.6		5
		24				Sabbie fini e sabbie limose talvolta debolmente argillose mediamente addensate, alternate a strati poco addensati. Deposito di colore avana chiaro, talvolta arancio e grigio chiaro	
		25					
		26					
		27					
		28					
		29					
101		30		30.0	7.3		6

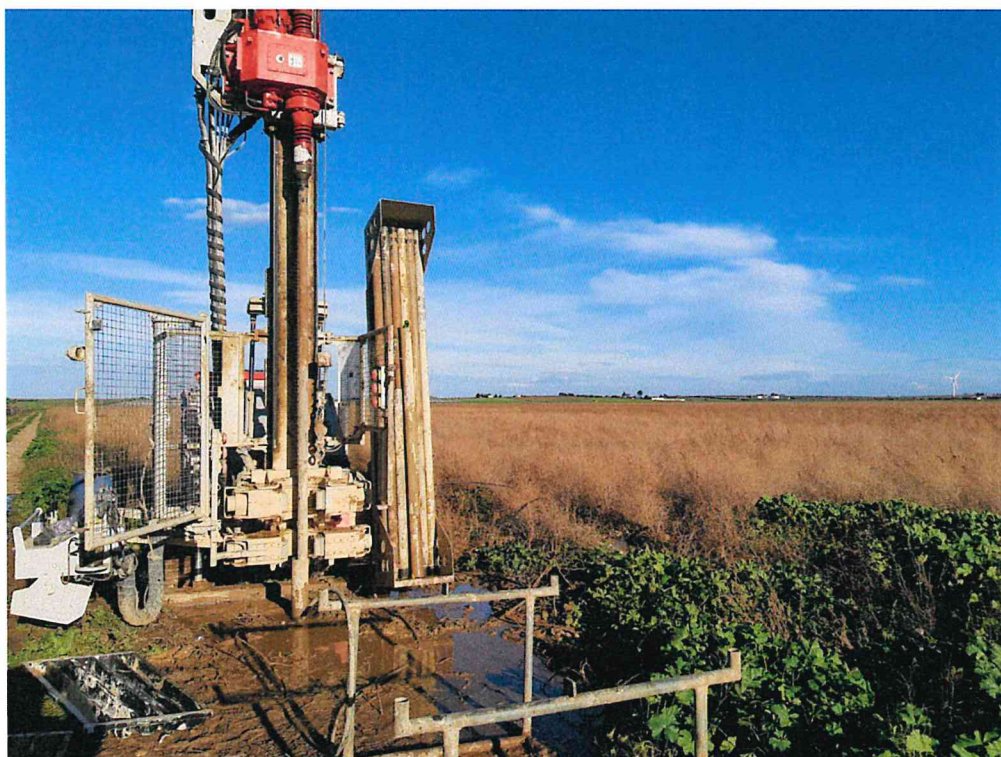
SONDAGGIO GEOGOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO S3

Committente: STC s.r.l.

Progetto: Realizzazione di un impianto AGROVOLTAICO a Cerignola

Caratteristiche generali e modalità di perforazione

Sonda perforatrice	GEO 602 Comacchio
Diametro del foro	Ø 101
Profondità raggiunta	30.00 m
Inclinazione del foro di sondaggio	Verticale
Tecnica di scavo	A rotazione a carotaggio continuo
Cassette catalogatrici	6
Piezometro	No



Esecuzione sondaggio geognostico a carotaggio continuo



Cassetta n. 1 (0.00 m – 5.00 m)



Cassetta n. 2 (5.00 m – 10.00 m)



Cassetta n. 3 (10.00 m – 15.00 m)



Cassetta n. 4 (15.00 m – 20.00 m)



Cassetta n. 5 (20.00 m – 25.00 m)



Cassetta n. 6 (25.00 m – 30.00 m)

Località: San Giovanni in Fonte, Cerignola (Fg)	Sondaggio: S3
Riferimento: Realizzazione agrovoltico	Data: 14/01/2021
Coordinate: 41°14'19.54"N, 15°48'10.40"E	Quota: 158 m slm
Perforazione: Sondaggio geognostico a carotaggio Continuo	

SCALA 1:155

LOG STRATIGRAFICO

Pagina 1/1

Ø mm	R v	metri	LITOLOGIA	prof. m	Spess. m	DESCRIZIONE	Cass.
		1		1.0	1.0	Coltre - Limi debolmente sabbiosi di colore marrone	1
		2				Limi sabbiosi e argillosi di colore arancio con intercalazioni di calcisiltiti biancastre	
		3					2
		4					
		5		5.0	4.0	Sabbie limose talvolta ghiaiose di colore arancio chiaro avana, con intercalazioni di livelli calcisiltitici biancastri; strato di alterazione tra 8 e 9 metri con residui rossastri.	3
		6					
		7					4
		8					
		9					5
		10		10.0	5.0	Ghiaie sabbiose con clasti subarrotondati di dimensioni variabili da 2 a 4 cm e talvolta di 7-8 cm. Si intercalano strati sabbiosi limosi e ghiaiosi debolmente addensati	
		11					6
		12					
		13					6
		14					
		15					6
		16					
		17					6
		18		17.6	7.6	Sabbie fini e sabbie limose talvolta debolmente argillose mediamente addensate, alternate a strati poco addensati. Deposito di colore avana chiaro e grigio chiaro	
		19					6
		20					
		21					6
		22					
		23					6
		24					
		25					6
		26					
		27					6
		28					
		29					6
		30		30.0	12.4		

Prelievo dei campioni e analisi di laboratorio

Durante la perforazione dei sondaggi geognostici è stato prelevato un campione nei primi metri di profondità.

Si tratta di un campione indisturbato sul quale è stata apposta un'etichetta con indicati cantiere, committente, designazione del sondaggio, numero campione, profondità di prelievo, data di prelievo.

Il campione, rappresentativo dell'orizzonte stratigrafico rilevato nei primi 4.0-5.0 metri, dopo essere stato prelevato, è stato sigillato e conservato in ambiente umido, per evitare che venga espulsa l'acqua presente all'interno del campione.

Il campione è stato poi portato in laboratorio e conservato in celle, che consentono di mantenere una temperatura di 20 °C ed una umidità del 90%.

Il campione è stato identificato con due codici rappresentativi del sondaggio e del campione.

Analisi di laboratorio

Sul campione di terra sono state ricavate le proprietà indice e le proprietà fisiche, peso di volume, contenuto d'acqua, grado di saturazione, peso specifico, porosità, indice dei vuoti ecc; sul campione sono inoltre state eseguite le analisi granulometriche e determinati i limiti di Atterberg (liquido, plastico e di ritiro).

Sul campione è stata poi eseguita una prova di consolidazione edometrica e al fine di determinare angolo di attrito e coesione è stata eseguita una prova di resistenza meccanica, una prova di taglio diretto.

Per i campioni è stato realizzato un quadro riassuntivo delle Prove Geotecniche di Laboratorio, operando, perciò, una sintesi delle principali caratteristiche geotecniche.

Proprietà fisiche

Sul campione sono state ricavate le proprietà fisiche, peso di volume, contenuto d'acqua, grado di saturazione, peso specifico, porosità, indice dei vuoti ecc.

Il campione S2 – C1 è caratterizzato da:

- umidità naturale = 18.9 %;
- peso di volume: 16.8 kN/ m³
- peso specifico: 24.5 kN/ m³
- porosità = 46.2 %;
- saturazione: 56.1 %

Analisi granulometriche

L'analisi granulometrica serve ad individuare la costituzione fisica del terreno. In laboratorio si ricorre generalmente a due metodologie:

- vagliatura attraverso una serie di setacci di apertura via via decrescente;
- sedimentazione per la frazione fine passante al setaccio n°200 con apertura 0.075 mm.

Si determinano le percentuali in peso di ciascuna classe granulometrica e si rappresentano i dati su un diagramma semilogaritmico: % passante- log Diametro, per ottenere la curva granulometrica dalla quale si ricava la

classificazione del terreno in esame. Nell'elaborato delle analisi di laboratorio è stato predisposto il grafico "diagramma triangolare" dove si può leggere una stima delle percentuali delle varie classi granulometriche, tuttavia in linea generale dall'analisi dei grafici e dei valori dei parametri statistici è stato possibile osservare che il campione S2 – C1 è un limo argilloso e sabbioso marrone giallastro chiaro.

Limiti di Atterberg

Sono stati eseguiti per determinare il limite di liquidità, il limite di plasticità, il limite di ritiro, l'indice di plasticità e l'indice di consistenza. Attraverso l'analisi statistica, inseriti nell'Abaco di Plasticità di Casagrande, si può osservare graficamente nell'Abaco allegato, in quale campo ricadono.

Come si può leggere nell'abaco di plasticità allegato si ha che il campione è un'argilla inorganica ad alta compressibilità (CH).

Per le esatte percentuali dei limiti di consistenza si rimanda ad i certificati allegati.

Edometrica

La prova ha permesso di ottenere i moduli edometrici per diversi carichi di applicazione, in particolare a 24.5 kPa, a 49.0 kPa, a 98.0 kPa, a 196.0 kPa, a 392.0 kPa, a 784.0 kPa, a 1568 kPa e a 3136 kPa.

Per una lettura completa delle misure effettuate si rimanda al certificato allegato.

Prova di taglio

Dal punto di vista delle prove di resistenza meccanica al fine di determinare angolo di attrito e coesione è stata condotta n. 1 prova di taglio diretto.

Essa ha fornito i seguenti risultati:

Campione	φ (°)	c_d (kg/cmq)
S2-C1	28.8	0.09

Sismica con metodologia Masw (multichannel analysis of surface waves)

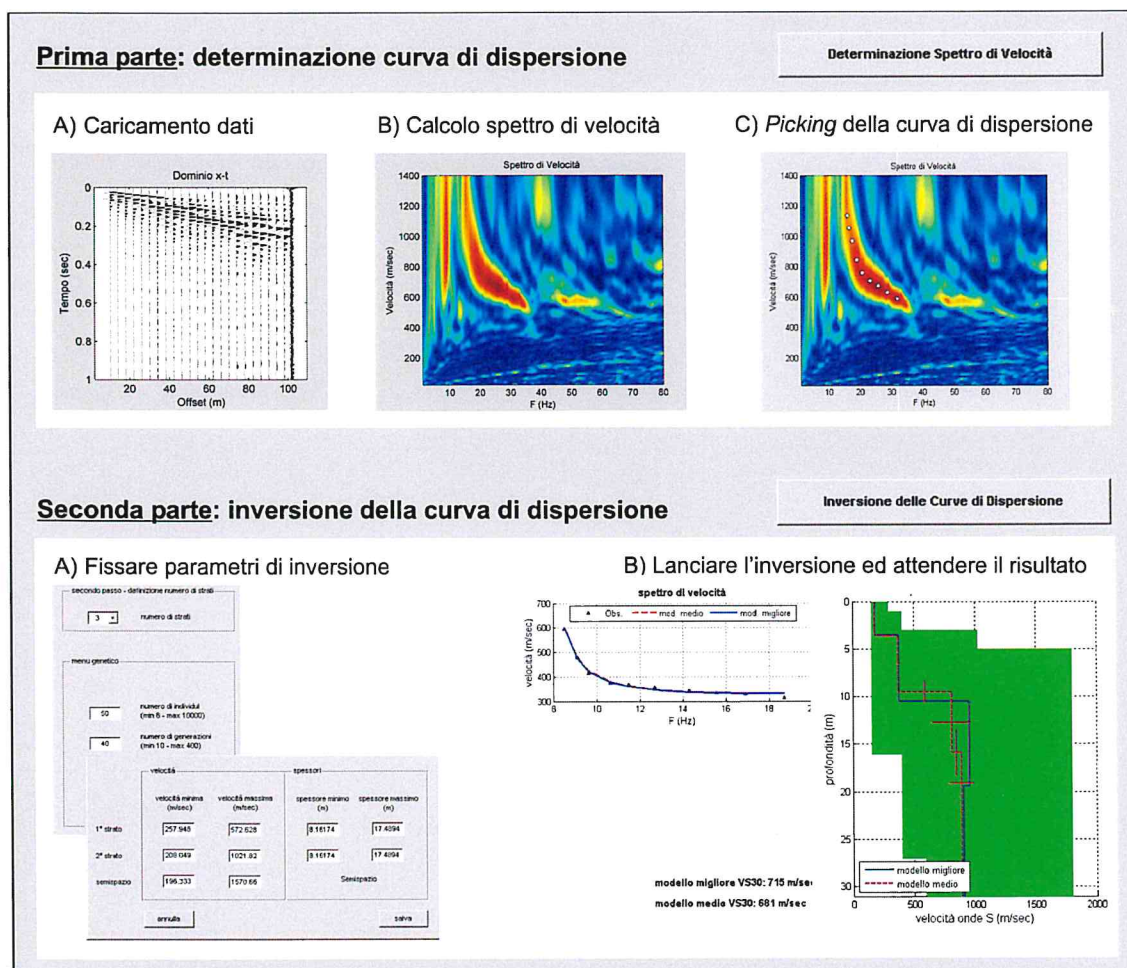
Per individuare la categoria sismica del suolo di fondazione è stata eseguita un'indagine di sismica con metodologia MASW nell'area indagata.

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni (da 4.5 Hz) e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede almeno i seguenti passi:

- Acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni
- Estrazione dei modi dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh;
- Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali delle V_s .



Gli algoritmi genetici rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing).

Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di

dispersione), la grande quantità di minimi locali porta infatti ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.

Gli algoritmi genetici (come altri analoghi) offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.

Le NTC18 effettuano la classificazione del sottosuolo in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, V_{Seq} (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo 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 le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Con l'indagine Masw non è stato individuato il substrato sismico nei primi 30.0 metri; è stato ricavato l'andamento delle Vs e da qui calcolato il valore della Vs,eq risultato di:

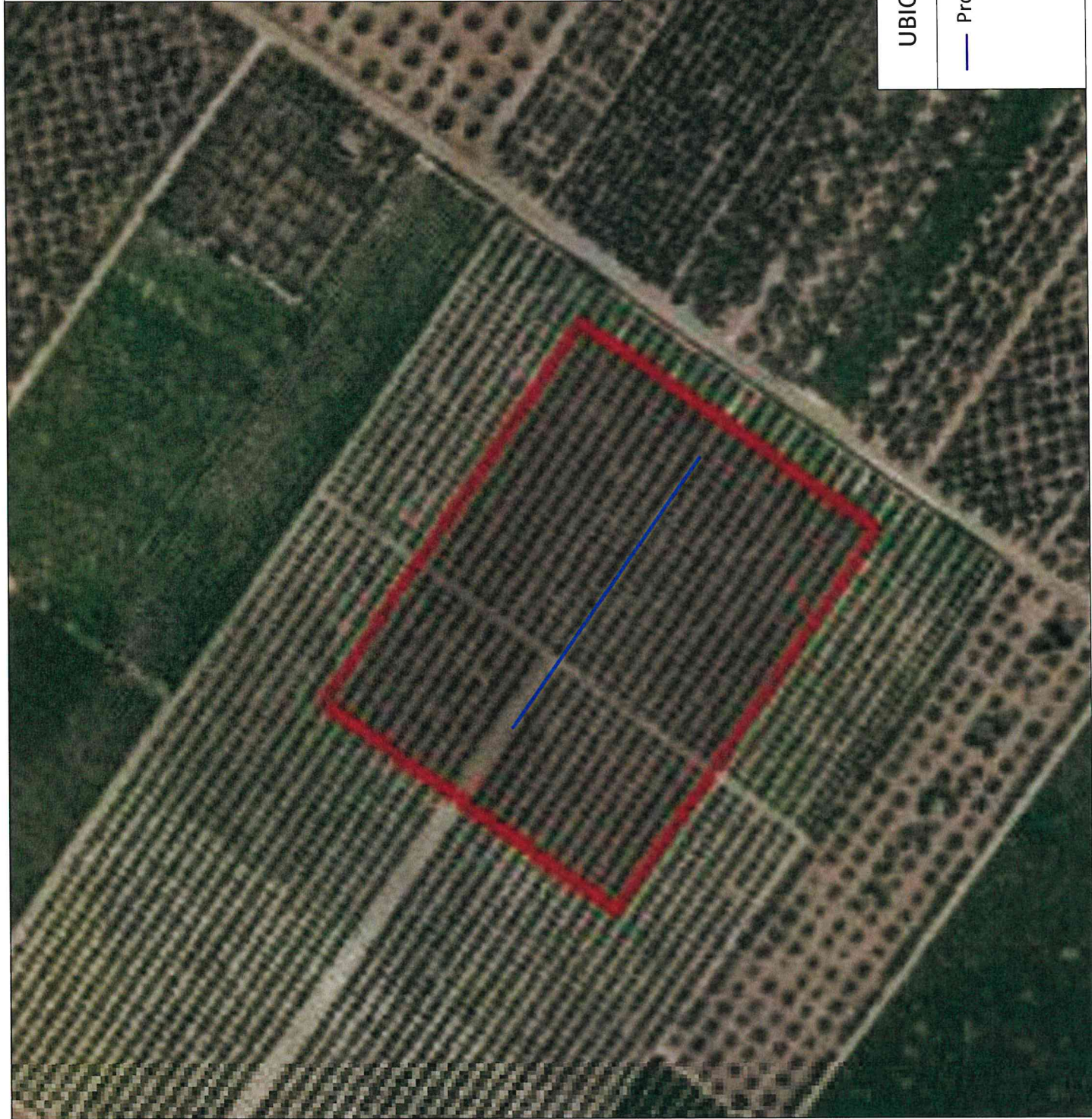
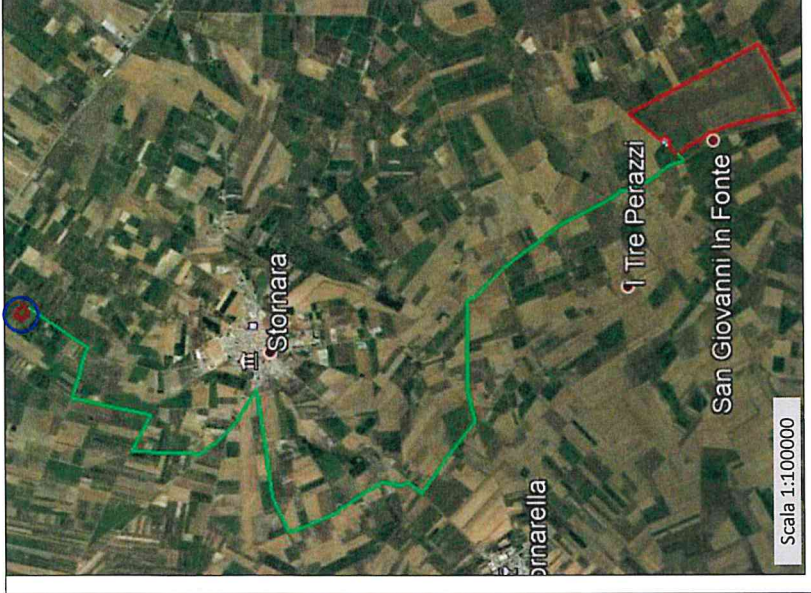
Masw 1: $V_{s,30} \& V_{s,eq} = 342 \text{ m/s}$.



Esecuzione profilo Masw SE

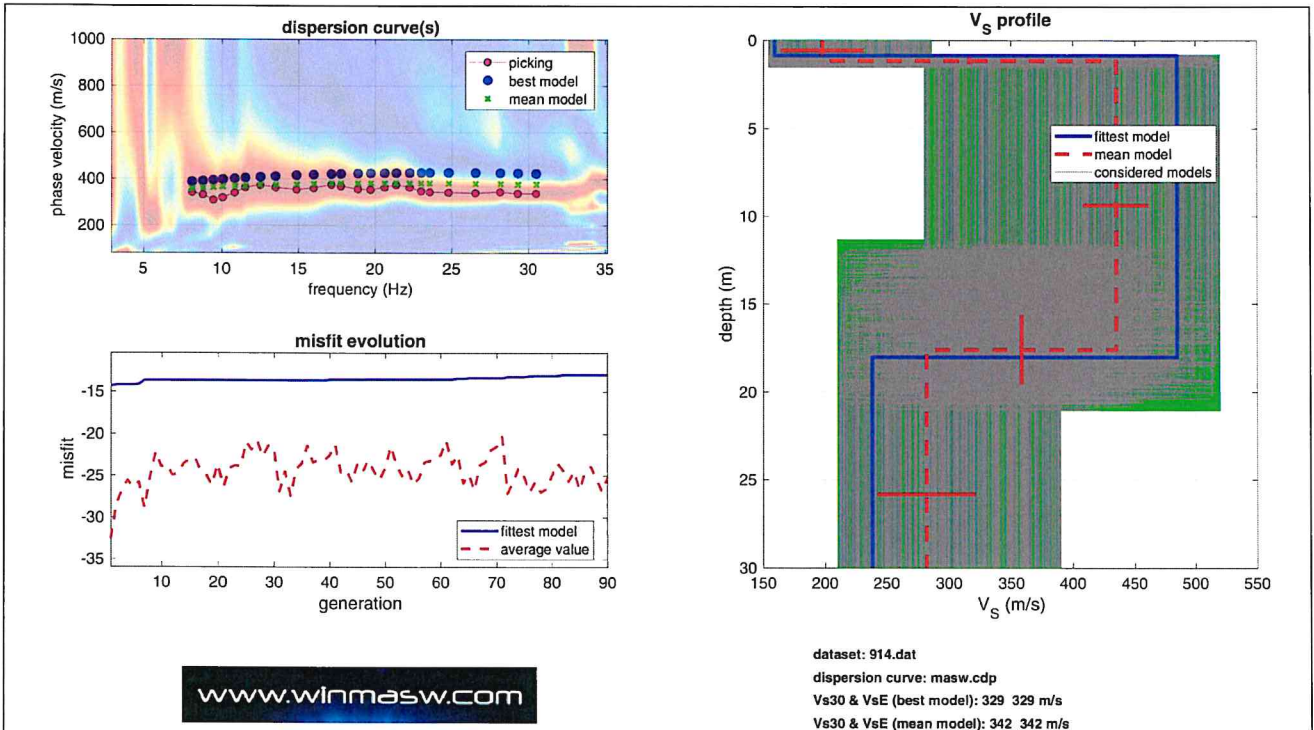


Esecuzione profilo Masw SE

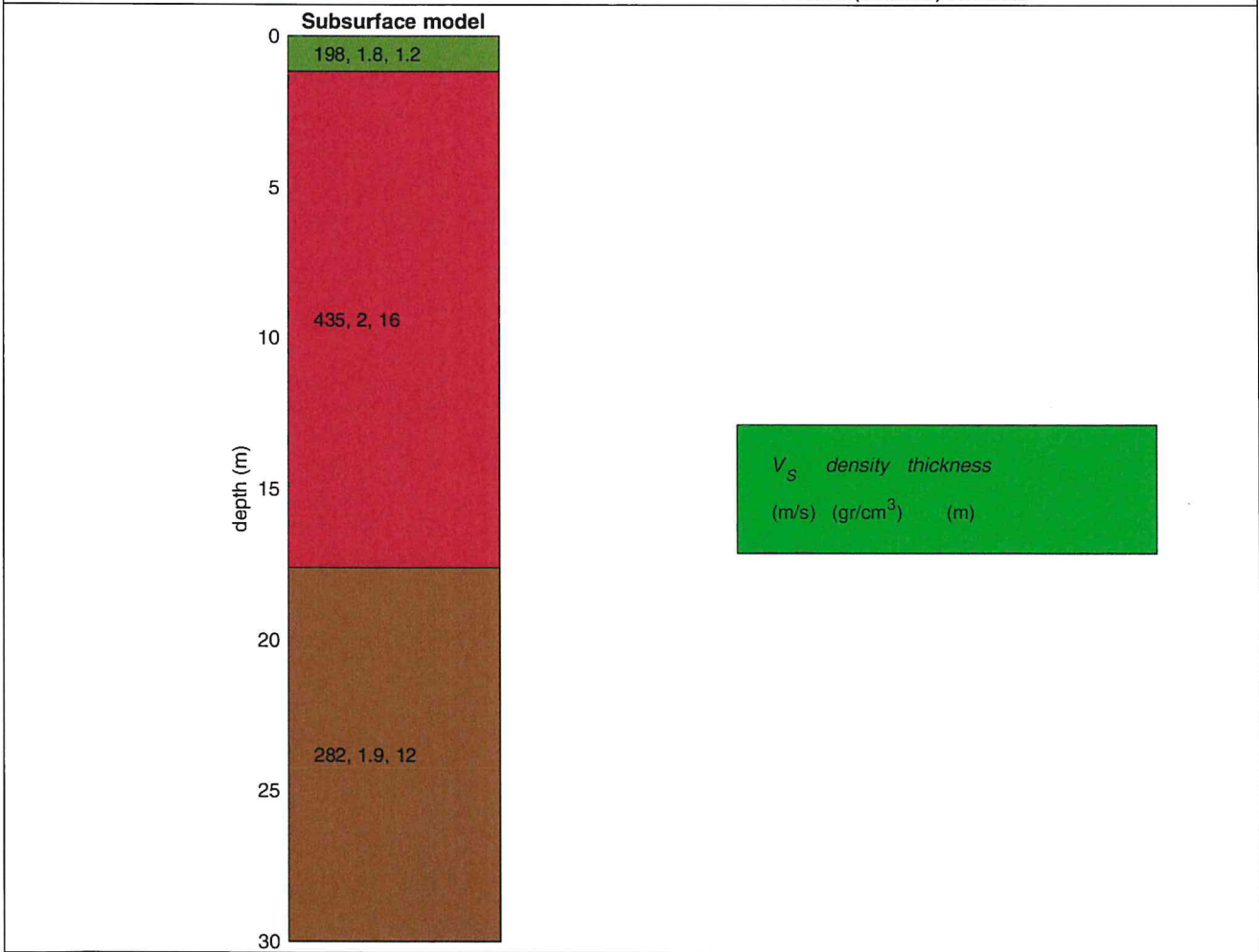


UBICAZIONE INDAGINE SISMICA MASW (SE)

— Profilo sismico Masw



www.winmasw.com



CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Le categorie di sottosuolo individuate dal Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, recante “Norme Tecniche per le costruzioni” sono le seguenti:

- A) ***Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*** caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio 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***, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Sulla base della classificazione topografica il sito in esame rientra nella categoria topografica T1 di Pendii con inclinazione minore di 15°.



Immagine della maglia elementare del reticolo di riferimento - IMPIANTO

Coordinate
 Reticolo territoriale nazionale Isole

Via

Lat. Long. Alt. m

Datum

Parametri sismici sito

Lat. (ED50) Long. (ED50)

Classe dell'edificio

Coefficiente d'uso Cu

Vita nominale anni

Interpolazione

Storia sismica del sito

	Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	TC* [s]
Px	Operatività (SLO)	30	0,044	2,513	0,283
	Danno (SLD)	50	0,058	2,539	0,297
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0,179	2,489	0,392
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0,252	2,399	0,415
P1	Operatività (SLO)	30	0,045	2,502	0,286
	Danno (SLD)	50	0,059	2,530	0,296
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0,186	2,454	0,402
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0,263	2,379	0,413
P2	Operatività (SLO)	30	0,044	2,520	0,283
	Danno (SLD)	50	0,059	2,521	0,295
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0,186	2,516	0,366
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0,263	2,373	0,411
P3	Operatività (SLO)	30	0,044	2,519	0,280
	Danno (SLD)	50	0,057	2,548	0,298
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0,172	2,482	0,406
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0,240	2,420	0,417
P4	Operatività (SLO)	30	0,044	2,502	0,283
	Danno (SLD)	50	0,057	2,564	0,298
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0,172	2,488	0,408
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0,239	2,427	0,419



Immagine della maglia elementare del reticolo di riferimento - SE

Coordinate
 Reticolo territoriale nazionale Isole

Via

Lat. Long. Alt. m

Datum

Parametri sismici
 Lat. (ED50) Long. (ED50)

Classe dell'edificio

Coefficiente d'uso Cu

Vita nominale anni

Interpolazione

Storia sismica del sito

	Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [°]	TC* [s]
Px	Operatività (SLO)	30	0.043	2.503	0.284
	Danno (SLD)	50	0.055	2.561	0.321
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0.148	2.568	0.428
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0.199	2.531	0.437
P1	Operatività (SLO)	30	0.044	2.504	0.283
	Danno (SLD)	50	0.055	2.563	0.319
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0.152	2.553	0.424
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0.207	2.508	0.433
P2	Operatività (SLO)	30	0.043	2.518	0.281
	Danno (SLD)	50	0.054	2.563	0.318
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0.152	2.547	0.422
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0.208	2.499	0.430
P3	Operatività (SLO)	30	0.043	2.497	0.285
	Danno (SLD)	50	0.054	2.555	0.325
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0.136	2.605	0.438
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0.179	2.589	0.446
P4	Operatività (SLO)	30	0.043	2.488	0.287
	Danno (SLD)	50	0.054	2.558	0.326
	Salvaguardia vita (SLV)	475	0.136	2.610	0.442
	Prevenzione collasso (SLC)	975	0.179	2.596	0.449

Pericolosità sismica

Le norme tecniche per le costruzioni (NCT) adottano un approccio prestazionale alla progettazione e alla verifica delle strutture nuove e di quelle esistenti.

Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito.

La pericolosità sismica deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NCT e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali; tali condizioni possono ritenersi soddisfatte se i risultati dello studio di pericolosità sono forniti:

- In termini di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri di riferimento i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro ;
- Per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni estremi esclusi;

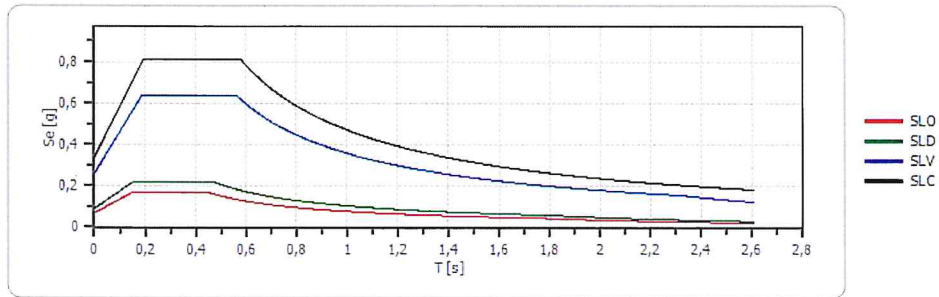
Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NCT, dalle accelerazioni a_g , e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NCT sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

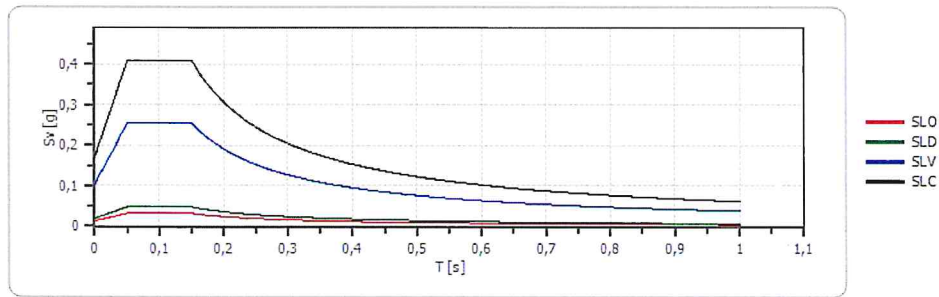
- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- T^*c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I parametri di pericolosità sismica nell'area interessata dall'impianto agrovoltaico sono:

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

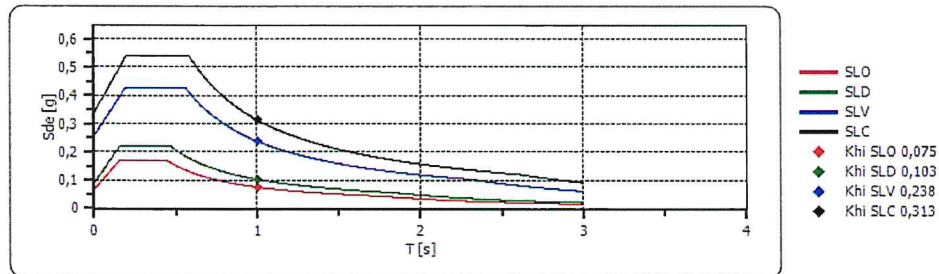


Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



Componenti orizzontali Componenti verticali

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



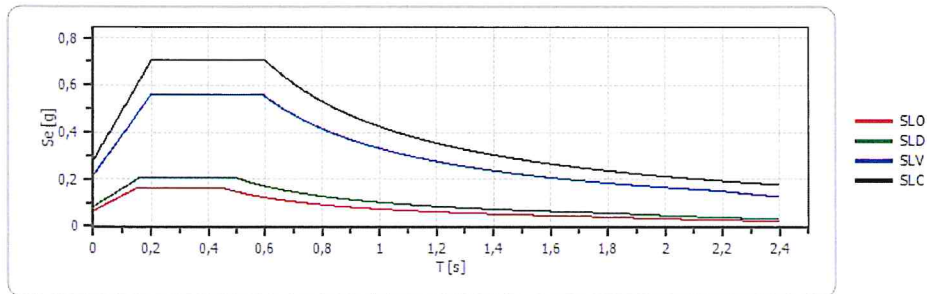
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO
IN LOCALITA' SAN GIOVANNI IN FONTE NEL TERRITORIO COMUNALE DI CERIGNOLA (FG)

Studio geologico-tecnico ed indagini geonostiche

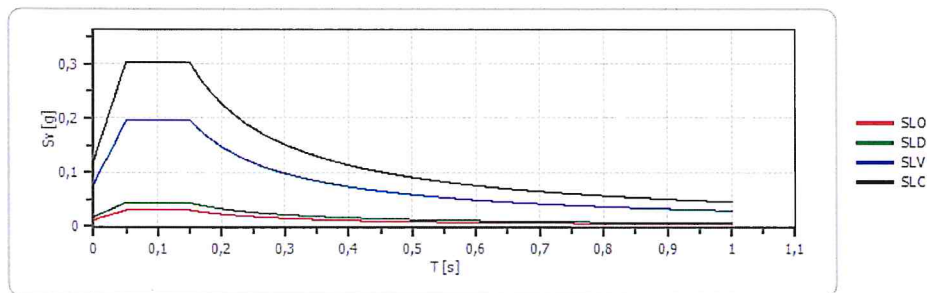
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	S
SLO	1,0	0,044	2,513	0,283	1,500	1,590	1,000	1,500	1,000	0,150	0,449	1,777	
SLD	1,0	0,058	2,539	0,297	1,500	1,570	1,000	1,500	1,000	0,155	0,466	1,832	
SLV	1,0	0,179	2,489	0,392	1,430	1,430	1,000	1,430	1,000	0,187	0,561	2,316	
SLC	1,0	0,252	2,399	0,415	1,340	1,400	1,000	1,340	1,000	0,193	0,580	2,606	
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	S
SLO	1,0	0,044	2,513	0,283	1	1,590	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	
SLD	1,0	0,058	2,539	0,297	1	1,570	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	
SLV	1,0	0,179	2,489	0,392	1	1,430	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	
SLC	1,0	0,252	2,399	0,415	1	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	S
SLO orizzontale	1,0	0,044	2,513	0,283	1,500	1,590	1,000	1,500	1,000	0,150	0,449	1,777	
SLO verticale	1,0	0,044	2,513	0,283	1,500	1,590	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	
SLD orizzontale	1,0	0,058	2,539	0,297	1,500	1,570	1,000	1,500	1,000	0,155	0,466	1,832	
SLD verticale	1,0	0,058	2,539	0,297	1,500	1,570	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	
SLV orizzontale	1,0	0,179	2,489	0,392	1,430	1,430	1,000	1,430	1,500	0,187	0,561	2,316	
SLV verticale	1,0	0,179	2,489	0,392	1,430	1,430	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	
SLC orizzontale	1,0	0,252	2,399	0,415	1,340	1,400	1,000	1,340	1,500	0,193	0,580	2,606	
SLC verticale	1,0	0,252	2,399	0,415	1,340	1,400	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	

I parametri di pericolosità sismica nell'area interessata dalla SE sono:

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

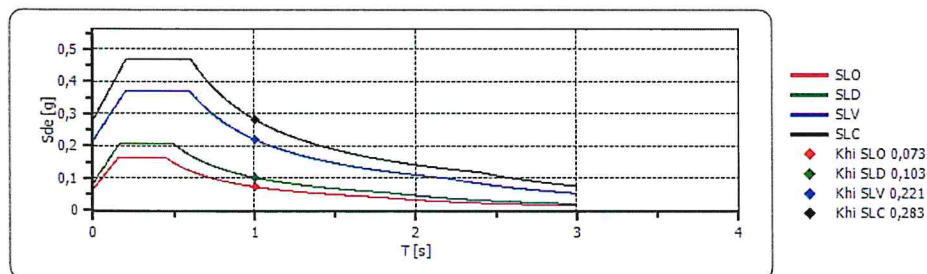


Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



Componenti orizzontali Componenti verticali

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



*PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO
IN LOCALITA' SAN GIOVANNI IN FONTE NEL TERRITORIO COMUNALE DI CERIGNOLA (FG)*

Studio geologico-tecnico ed indagini geognostiche

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	S
SLO	1.0	0,043	2.503	0,284	1.500	1.590	1.000	1.500	1.000	0,150	0,451	1.773	
SLD	1.0	0,055	2.561	0,321	1.500	1.530	1.000	1.500	1.000	0,163	0,490	1.818	
SLV	1.0	0,148	2.568	0,428	1.470	1.390	1.000	1.470	1.000	0,198	0,595	2.191	
SLC	1.0	0,199	2.531	0,437	1.400	1.380	1.000	1.400	1.000	0,201	0,603	2.395	

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	S
SLO	1.0	0,043	2.503	0,284	1	1.590	1.000	1.000	1.000	0,050	0,150	1.000	
SLD	1.0	0,055	2.561	0,321	1	1.530	1.000	1.000	1.000	0,050	0,150	1.000	
SLV	1.0	0,148	2.568	0,428	1	1.390	1.000	1.000	1.000	0,050	0,150	1.000	
SLC	1.0	0,199	2.531	0,437	1	1.380	1.000	1.000	1.000	0,050	0,150	1.000	

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	1.0	0,043	2.503	0,284	1.500	1.590	1.000	1.500	1.000	0,150	0,451	1.773
SLO verticale	1.0	0,043	2.503	0,284	1.500	1.590	1.000	1.000	1.000	0,050	0,150	1.000
SLD orizzontale	1.0	0,055	2.561	0,321	1.500	1.530	1.000	1.500	1.000	0,163	0,490	1.818
SLD verticale	1.0	0,055	2.561	0,321	1.500	1.530	1.000	1.000	1.000	0,050	0,150	1.000
SLV orizzontale	1.0	0,148	2.568	0,428	1.470	1.390	1.000	1.470	1.500	0,198	0,595	2.191
SLV verticale	1.0	0,148	2.568	0,428	1.470	1.390	1.000	1.000	1.500	0,050	0,150	1.000
SLC orizzontale	1.0	0,199	2.531	0,437	1.400	1.380	1.000	1.400	1.500	0,201	0,603	2.395
SLC verticale	1.0	0,199	2.531	0,437	1.400	1.380	1.000	1.000	1.500	0,050	0,150	1.000

VERIFICA DEGLI STATI ULTIMI (SLU)

Nelle verifiche di sicurezza devono essere presi in considerazione tutti i meccanismi di stato limite ultimo, sia a breve sia a lungo termine.

Gli stati limite ultimi delle fondazioni superficiali si riferiscono allo sviluppo di meccanismo di collasso determinati dalla mobilitazione della resistenza del terreno al raggiungimento della resistenza degli elementi strutturali che compongono la fondazione stessa.

Nel caso di fondazioni posizionate su o in prossimità di pendii naturali o artificiali deve essere effettuata la verifica anche con riferimento alla condizione di stabilità globale del pendio includendo nelle verifiche le azioni trasmesse dalle fondazioni.

Le verifiche devono essere effettuate almeno nei confronti dei seguenti stati limite:

SLU di tipo geotecnico

- *collasso per carico limite*
- *collasso per scorrimento sul piano di posa*
- *stabilità globale*

SLU di tipo strutturale

- *raggiungimento della resistenza negli elementi strutturali*

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$R_d \geq E_d$$

Dove E_d = valore di progetto delle azioni o effetto dell'azione

R_d = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico
(terreno)

La verifica di detta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti:

- per le azioni (A1 e A2)
- per i parametri geotecnivi (M1 e M2)
- per le resistenze (R1, R2, R3)

Azioni

Il valore di progetto (E_d) delle azioni si calcola moltiplicando le azioni per i coefficienti della tabella 1

Tabella 1: Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

CARICHI	EFFETTO	COEFFICIENTE PARZIALE	EQU	(A1)	(A2)
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{Qi}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

Resistenze

La resistenza R_d del terreno si calcola utilizzando i valori caratteristici dei parametri geotecnici del terreno divisi per i coefficienti parziali γ_m della tabella 2:

Tabella 2: 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 resistenza al taglio	$\tan \varphi'k$	$\varphi'k$	1.0	1.25
Coesione efficace	$c'k$	$\gamma c'$	1.0	1.25
Resistenza non drenata	C_{uk}	γ_{cu}	1.0	1.4
Peso dell'unità di volume	γ	$\gamma\gamma$	1.0	1.0

Per le rocce, al valore caratteristico della resistenza a compressione uniassiale (q_u) deve essere applicato un coefficiente parziale di 1.6.

Il valore di progetto dei parametri di resistenza (c' e φ') devono essere impiegati sia per la determinazione dei fattori di capacità portante, N_c , N_q , N_γ , sia per la determinazione dei coefficienti correttivi, ove tali coefficienti intervengono. I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono stati scelti nell'ambito di approcci progettuali distinti ed alternativi.

Approccio 1

Si basa sul concetto dei coefficienti di sicurezza parziale e considera due famiglie di combinazioni (una combinazione di tipo strutturale STR "scenario

A1+M1+R1” e una combinazione di tipo Geotecnico GEO, “scenario A2+M2+R2” generalmente con le seguenti modalità:

- **combinazione 1 (A1+M1+ R1) combinazione di tipo strutturale STR**
- **combinazione 2 (A2+M2+R2) combinazione di tipo geotecnico GEO**

dove

A = coefficiente di amplificazione dei carichi;

M = coefficiente di riduzione dei parametri geotecnici;

R = coefficiente di riduzione delle resistenze (portanza, scorrimento ecc..)

La prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opera a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico.

Approccio 2

In questo tipo di approccio è prevista un'unica combinazione di gruppi di coefficienti, da adottare sia nelle verifiche strutturali che nelle verifiche geotecniche:

(A1 + M1 + R3) (STRU-GEO)

In questo tipo di combinazione vengono incrementati le azioni permanenti e variabili (A1) con i coefficienti parziali sulle azioni, vengono lasciate inalterate le caratteristiche di resistenza del terreno (M1), mentre la resistenza (R3) assume valori ridotti o invariati in relazione al tipo di verifica (GEO-STR).

Nelle verifiche effettuate con l'approccio 2 che siano finalizzate al dimensionamento strutturale (STR), il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

In definitiva, la norma dà la facoltà di scegliere in alternativa l'Approccio 1 verificando entrambe le combinazioni, oppure l'approccio 2 – combinazione unica.

La verifica di stabilità globale deve essere effettuata secondo l'Approccio 1: combinazione 2: (A2+M2+R2) tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabella 1 e nella 3 per le azioni e i parametri geotecnici e dei coefficienti parziali γ_R delle resistenze (tab. 4).

Le rimanenti verifiche (rottura per carico limite e per scorrimento) devono essere effettuate tenendo conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 1, 2 e 3 seguendo almeno uno dei due approcci:

Tabella 3: Coefficienti e al variare di $\tan\theta$, dove $\theta = \tan^{-1}\left(\frac{k_h}{1-k_v}\right)$

$\tan\theta$	FATTORI DI CAPACITA' PORTANTE			COEFFICIENTI RIDUTTIVI		
	N_{qE}	$N_{\gamma E}$	N_{cE}	e_q	e_γ	e_c
0	16.51	23.76	26.86	1.00	1.00	1.00
0.807	12.86	15.34	20.55	0.78	0.65	0.77
0.176	9.84	9.45	15.31	0.60	0.40	0.57
0.268	7.30	5.36	10.90	0.44	0.23	0.41
0.364	5.12	2.61	7.14	0.31	0.11	0.27
0.466	3.21	0.88	3.83	0.19	0.04	0.14
0.577	1.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00

Tabella 4: Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.8$	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$	$\gamma_R = 1.1$

Tab. 5: I parametri caratteristici di progetto sono risultati i seguenti:

Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_m <i>limi sabbiosi</i>	
	M1	M2
Tan ϕ'	28.8	23.74
Cu	0.09	0.072
γ	1.68	1.68

Tan ϕ' = tangente dell'angolo di resistenza al taglio (°);
 γ = peso dell'unità di volume (g/cmc); c' = coesione non drenata (kg/cmq).

CONCLUSIONI

Lo scrivente, nel mese di gennaio 2021, ha eseguito un'indagine geognostica e sismica a supporto di un progetto di impianto agrovoltaiico, in località San Giovanni in Fonte, nel territorio comunale di Cerignola.

Dal rilievo di superficie è emerso che:

- l'area interessata dal progetto ed è posizionata ad una quota topografica compresa tra 155 e 160 metri s.l.m.; la SE sorgerà su un'area sita a 82.0 metri s.l.m.
- L'area oggetto di studio ricade nella Piana del Tavoliere di Capitanata, che presenta una morfologia sub-pianeggiante. L'intera area del Tavoliere è ricoperta da depositi quaternari, in prevalenza di facies alluvionale. Si tratta di depositi clastici sabbioso-ghiaioso, a luoghi alternati a strati di materiale fino.

La formazione sabbiosa con intercalazioni ghiaiose è mascherata da una copertura di terreno vegetale della potenza di circa un metro.

- I rilievi di superficie eseguiti e i sondaggi geognostici hanno portato ad escludere la presenza di falde superficiali nei primi 5.0-6.0 metri di profondità, che possano quindi interferire con le opere fondali dell'impianto.

La successione stratigrafica ricostruita nelle due aree di indagini attraverso i sondaggi nell'area di impianto e la Masw con il suo profilo sismo

stratigrafico hanno portato ad osservare che strati graficamente e simicamente le due aree sono confrontabili.

Nei primi 6.0-10.0 metri si hanno limi argillosi e sabbiosi, seguono ghiaie sabbiose; ad una profondità di 17.0-20.0 metri si hanno delle sabbie limose fini.

L'analisi di laboratorio eseguita su un campione indisturbato prelevato a 2.0 metri ha permesso di caratterizzare il terreno fondale dell'impianto; sono risultati i seguenti parametri meccanici utili ai fini di eventuali calcoli:

Angolo di attrito	28.8 °
Peso di volume	1.68 gr/cmc
Coesione	0.09 kg/cmq

Le nuove norme tecniche ordinano che, nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, per tener conto di eventuali indeterminazione, si devono dividere i valori dei parametri geotecnici, per i coefficienti parziali, risultando i seguenti parametri caratteristici di progetto:

Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_m <i>limi sabbiosi</i>	
	M1	M2
Tan ϕ'	28.8	23.74
Cu	0.09	0.072
γ	1.68	1.68

Tan ϕ' = tangente dell'angolo di resistenza al taglio (°);
 γ = peso dell'unità di volume (g/cmc); c' = coesione non drenata (kg/cmq)

Con l'indagine Masw è stato ricavato l'andamento delle Vs e da qui calcolato il valore della $V_{s,eq}$ risultato di **342 m/s**.

Il suolo di fondazione rientra, pertanto, nella categoria C, di *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m.

La categoria topografica è la T1.

Ruffano, gennaio 2021

IL GEOLOGO

dr. Marcello DE DONATIS