

<i>DISEGNI DI RIFERIMENTO</i>					
<i>CODIFICA</i>		<i>DESCRIZIONE</i>			
<i>LOGOS REN</i>	<i>CLIENTE</i>				
<i>NOTE</i>					
A	Prima emissione	SINTECNICA	D.Barbarigo	E.Sonno	07/10/2023
Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	Approvato	Data
<i>INDICE DELLE REVISIONI</i>					
  		Impianto	PASCOLO SOLARE MACCABOVE		
		Cliente			
		Titolo	RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI		
Commessa	N° documento	Nome file		REV	
6201	AV.MAN.DE.CI.R.005	AV.MAN.DE.CI.R.005 - RELAZIONE GEOTECNICA E SULLE FONDAZIONI		A	
DOCUMENTO DI PROPRIETA' LOGOS REN srl - RIPRODUZIONE VIETATA SENZA AUTORIZZAZIONE					

---

## INDICE GENERALE

- 1.0 SCOPO
- 2.0 OGGETTO
- 3.0 OPERE CIVILI – PROSPETTO PARAMETRI DI INDAGINE
- 4.0 DETERMINAZIONE PARAMETRI
  - 4.1 Inquadramento geologico-strutturale
  - 4.2 Determinazione dei parametri tecnici del terreno
- 5.0 ANALISI DELLA CAPACITA' PORTANTE

## 1.0 SCOPO

Scopo del presente report è quello di inquadrare, in via preliminare le caratteristiche prestazionali e i parametri ingegneristici tecnici dei terreni oggetti di intervento.

I parametri ricavati nel presente report sono basati su quanto esposto nell'elaborato AV.MAN.DE.AM.R.049\_Relazione Geologica\_rev.A.

## 2.0 OGGETTO

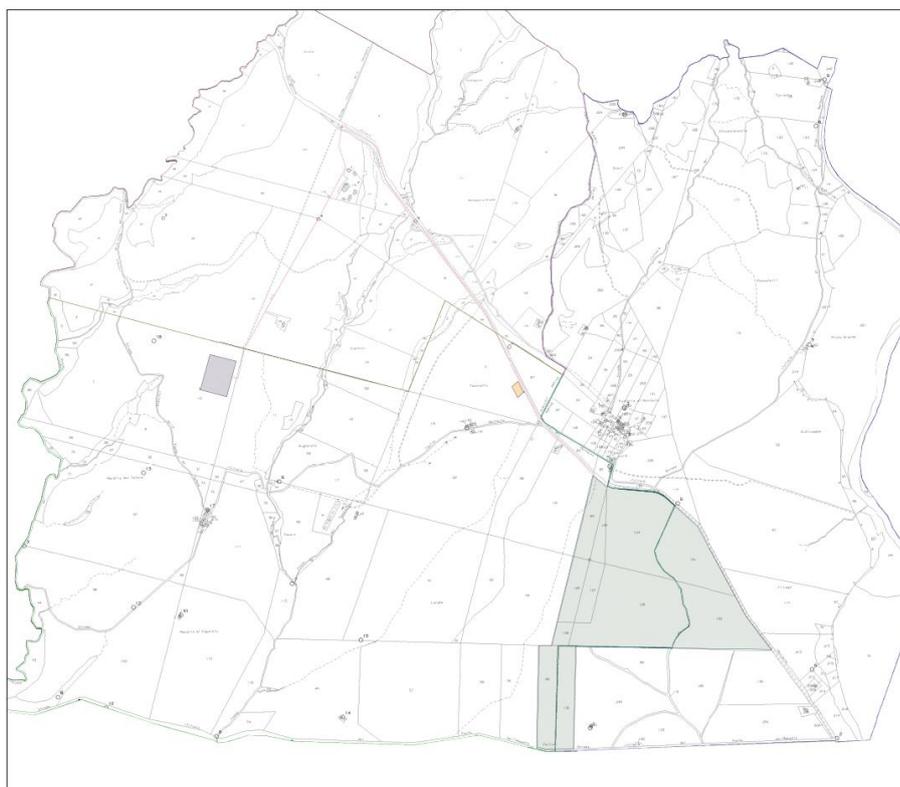
Oggetto di questa analisi è un impianto di produzione energia tramite architettura Agrovoltaica e ubicato in località Manciano -GROSSETO (TOSCANA / ITALIA) della potenza complessiva di 44,46 MWp.

Il progetto rientra nelle azioni relative alla produzione di energia elettrica da fonti energetiche rinnovabili nell'ottica di una progressiva sostituzione dei combustibili fossili e della riduzione dei gas climalteranti, secondo quanto previsto dagli accordi internazionali in materia, le leggi italiane e i dispositivi di incentivazioni nazionali.

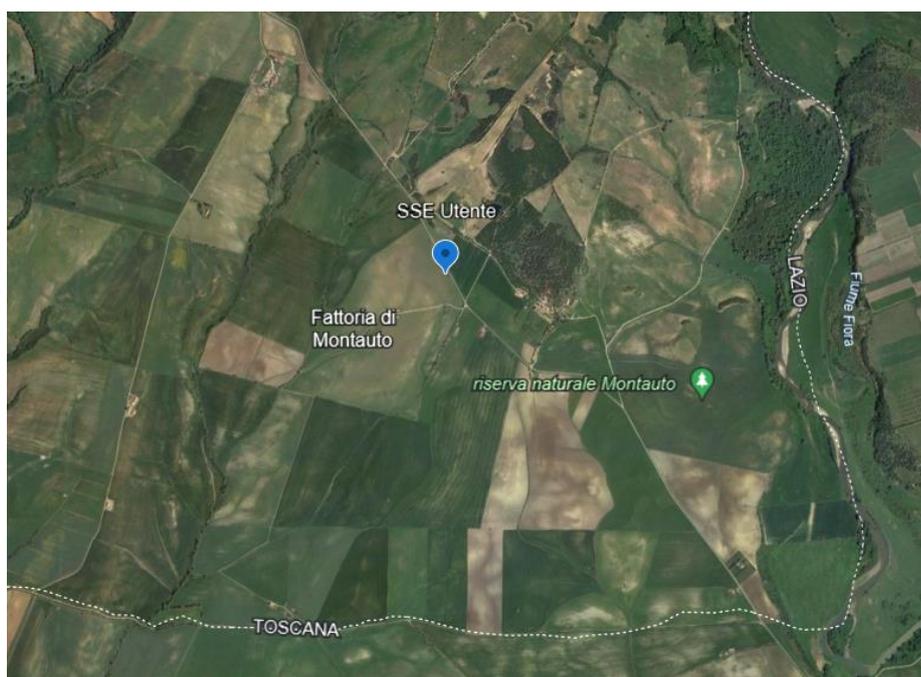
È prevista una vita utile pari a 20 anni dall'entrata in esercizio dell'impianto. Al termine della vita utile dell'impianto, lo stesso sarà smantellato e l'area sarà restituita secondo quanto descritto nel Piano di dismissione e ripristino delle aree, da eseguire a fine vita dell'impianto fotovoltaico.

Il sito in oggetto ha coordinate:

- Latitudine: 42°26'37.87"N
- Longitudine: 11°36'5.08"E
- Altitudine Parco FVslm : 75-103 m
- Altitudine SSU slm : 113 m



[Fig. 2.1] – Inquadramento generale di impianto; Parco FV,SSU e SSE\_RTN



[Fig. 2.2] – Individuazione del punto di ubicazione della SSE Utente SSE\_EDP nel contesto topografico

L'area si presenta sostanzialmente sub-collinare, con una quota variabile tra 105 - 113 m s.l.m. Eventualmente è prevista una rimodellazione dell'attuale profilo topografico per creare un'area pianeggiante posta ad una quota fissa di circa +110.00 m s.l.m.

### 3.0 OPERE CIVILI, PROSPETTO PARAMETRI DI INDAGINE

Un impianto Agrovoltaico prevede l'installazione di componenti elettrici ed elementi accessori che dovranno essere vincolati al terreno in maniera idonea.

In particolare, il carattere "Agrovoltaico" contraddistingue una tipologia di impianto ad impatto ambientale ridotto, sia in termini di opere di urbanizzazione che di perdita di funzione agricola del sito. In particolare è possibile definire le seguenti linee guida:

- Mantenimento della funzione agricola.
- Assenza di opere fondali non removibili.

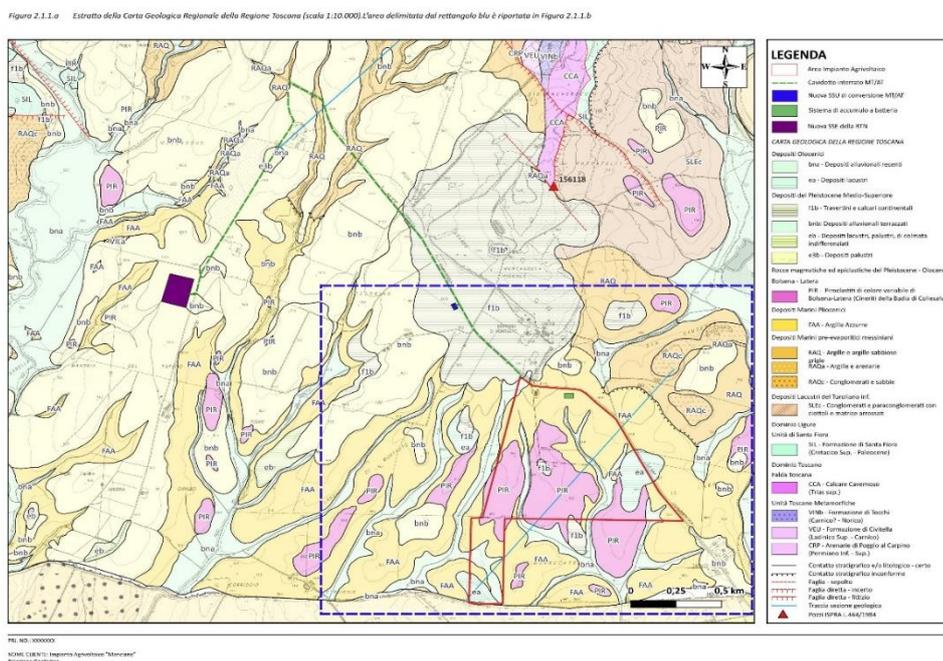
Per i seguenti scopi, risultano pertinenti, ai fini dell'analisi dei parametri geotecnici:

- Parametri meccanici generali.
- Carico limite per fondazioni superficiali

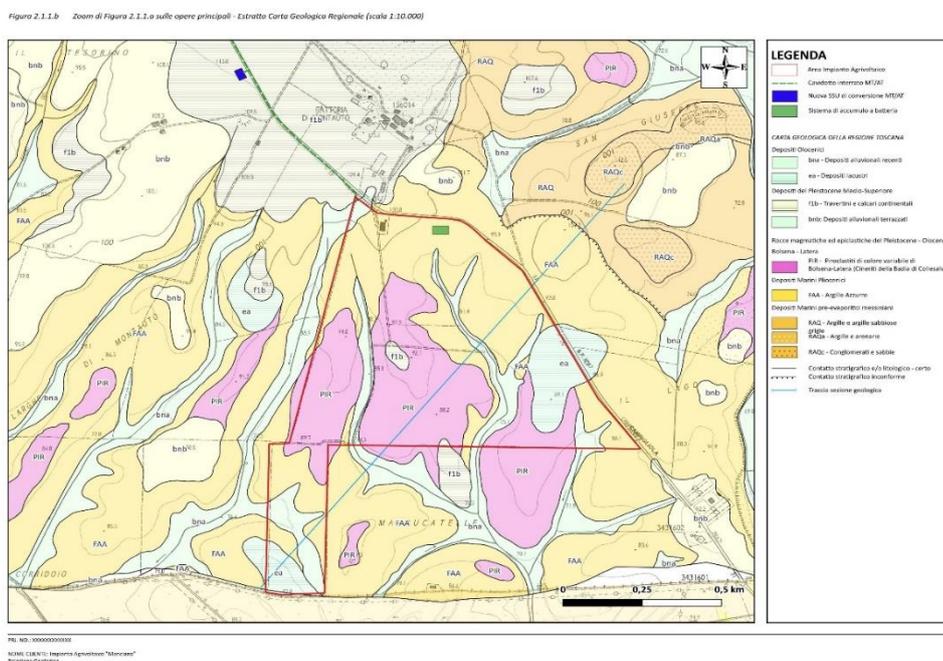
### 4.0 DETERMINAZIONE PARAMETRI

#### 4.1 – Inquadramento geologico-strutturale

Si riporta di seguito un estratto della relazione geologica.



[Fig. 4.1.1] Estratto della Carta Geologica Regionale della Regione Toscana (scala 1:10.000).L'area delimitata dal rettangolo blu è riportata nella figura successiva.



[Fig. 4.1.2] Zoom di Figura 4.1.1 sulle opere principali - Estratto Carta Geologica Regionale (scala 1:10.000)

#### Depositi Marini Pliocenici:

- FAA: Argille Azzurre (Argille e argille siltose grigio-azzurre localmente fossilifere).

#### Depositi Marini pre-evaporitici messiniani:

- RAQ: Argille e argille sabbiose grigie;
- RAQa: Argille e arenarie;
- RAQc: Conglomerati e sabbie.

Dalla visione della Carta Geologica Regionale, il cavidotto interrato interessa i travertini pleistocenici (“f1b”), i depositi alluvionali terrazzati (“bnb”), i depositi del messiniano (“RAQ”) ed una piccola lente di depositi palustri (“e3b”).

La sottostazione è invece localizzata in corrispondenza dei travertini pleistocenici (“f1b”).

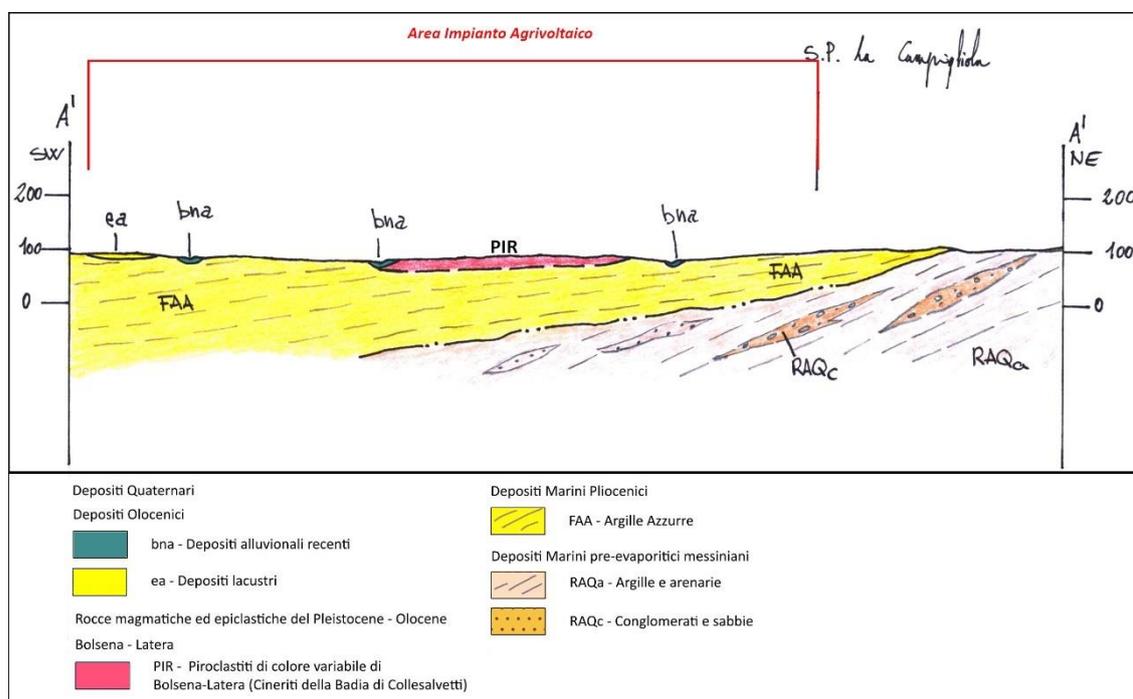
Nell’immagine seguente (Figura 4.1.3), sono ben riconoscibili gli affioramenti di Argille Azzurre (“FAA”) nell’area di intervento, caratterizzate dal colore grigio-azzurro dei depositi.



[Fig. 4.1.3] Ortofoto dove è ben visibile la presenza delle Argille Azzurre nell'area di intervento (da Geoscopio Regione Toscana).

La stratigrafia prevista nell'area oggetto di studio, è riassunta nella sezione geologica schematica riportata nella figura seguente (Figura 4.1.4), tratta dal Progetto CARG della Regione Toscana.

Al di sotto delle alluvioni recenti ("bna") in corrispondenza dei corsi d'acqua e dei depositi vulcanici pleistocenici ("PIR"), sono presenti le argille plioceniche ("FAA", Argille Azzurre) ampiamente esposte nell'area in esame. Lo spessore esatto dei depositi vulcanici non è direttamente stimabile in quanto non sono presenti dati diretti nell'area di intervento.



[Fig. 4.1.5] Sezione Geologica nell'area oggetto di intervento (da Progetto CARG Regione Toscana, con modifiche). La traccia è riportata in Figura 2.1.1.b

Secondo quanto riportato nella relazione geologica, il sito in oggetto può essere considerato, nello spessore di strato di interesse, uniformemente costituito da:

- ARGILLE AZZURRE (FAA).

Si riportano di seguito i dati relativi alla caratterizzazione geotecnica di depositi coesivi pliocenici, tra i quali si annoverano le Argille Azzurre ("FAA"). I risultati delle penetrometrie sono sintetizzati nel seguente modello geotecnico di sottosuolo, caratterizzato dalla presenza di 2 stati a comportamento coesivo, costituiti da argille e limi, e un livello calcarenitico, i cui parametri sono sintetizzati nella tabella seguente:

Parametri	Terreno 1	Terreno 2	Terreno 3
Nspt	6,76	16,07	52,10
Profondità base (m)	-	-	-
Peso per unità di volume $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	1,43	1,55	1,87
Densità relativa (%)	27,75	40,87	70,42
Angolo di attrito $\phi$ (°)	25,4	28,1	38,4
Modulo di Young (Mpa)	5,31	12,61	9,86
Modulo Edometrico (Mpa)	6,91	9,86	30,66
Modulo di Poisson	0,34	0,32	0,25

Tabella 4.1.1 Parametri Geotecnici del terreno riferiti ai depositi pliocenici coesivi

Ai fini del calcolo, vista la ridotta profondità di infissione delle strutture di ancoraggio, si assimila il terreno in esame al modello descritto dal terreno tipo 1.

È stato inoltre consultato l'archivio nazionale delle indagini di sottosuolo (Legge 464/1984) che ha consentito di individuare l'ubicazione dei pozzi per acqua censiti dall'ISPRA con profondità maggiore di 30 m.

Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Descrizione litologica
0	6	6	Terreno agricolo marrone argilloso-limoso
6	30	24	Roccia calcarea molto fratturata e fetida alla percussione
30	60	30	Conglomerato siliceo argilloso con filladi grigio scuro

Tabella 4.1.2 Stratigrafia Pozzo ISPRA (codice 156118) (fonte: Tabella 2.3.a rel geologica)

#### 4.2 – Determinazione dei parametri tecnici del terreno

Lo spessore di questi depositi non è indicato in cartografia e l'assenza di sondaggi in sito non permette di disporre di una stratigrafia. Non è quindi possibile determinare, nei calcoli, il contributo di eventuali strati ulteriori, ne tantomeno il livello medio di falda.

In via del tutto convenzionale si segue un approccio qualitativo basato sulle seguenti ipotesi:

- Terreno uniforme e di spessore indefinito.
- Livello di falda al di fuori del range utile agli scopi (sotto 5-6 m quindi).
- Strato di 0,5m superficiale rimaneggiato non considerato.
- Assenza di piani di scivolamento inclinati derivanti da strati intermedi.

Secondo quanto disponibile in letteratura, si riportano le seguenti tabelle con le caratteristiche fisiche medie per vari tipi di terreno:

Valori indicativi del peso di volume in Kg/m<sup>3</sup>

Terreno	Valore minimo	Valore massimo
Ghiaia asciutta	1800	2000
Ghiaia umida	1900	2100
Sabbia asciutta compatta	1700	2000
Sabbia umida compatta	1900	2100
Sabbia bagnata compatta	2000	2200
Sabbia asciutta sciolta	1500	1800
Sabbia umida sciolta	1600	1900
Sabbia bagnata sciolta	1900	2100
Argilla sabbiosa	1800	2200
Argilla dura	2000	2100
Argilla semisolida	1900	1950
Argilla molle	1800	1850
Torba	1000	1100

Valori indicativi dell'angolo di attrito, in gradi, per terreni

Terreno	Valore minimo	Valore massimo
Ghiaia compatta	35	35
Ghiaia sciolta	34	35
Sabbia compatta	35	45
Sabbia sciolta	25	35
Marna sabbiosa	22	29
Marna grassa	16	22
Argilla grassa	0	30
Argilla sabbiosa	16	28
Limo	20	27

Valori indicativi della coesione in Kg/cm<sup>2</sup>

Terreno	Valore
Argilla sabbiosa	0.20
Argilla molle	0.10
Argilla plastica	0.25
Argilla semisolida	0.50
Argilla solida	1
Argilla tenace	2÷10
Limo compatto	0.10

In base a quanto riportato nella relazione geologica e ai dati disponibili da prontuari per le terre tipo, è possibile stimare, in prima approssimazione, i parametri geotecnici del terreno (supposto omogeneo e di spessore indefinito) come:

Compatibilmente con la natura dei terreni in esame, le condizioni di lavoro permettono di giustificare l'adozione dei seguenti parametri geotecnici aggiuntivi (di calcolo):

tipo terreno scelto	ARGILLE sabbiose normalconsolidate
Condizioni operative	Drenate
Livello di falda	N.D.
Peso specifico terreno	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
Angolo di attrito	25°
coesione	0,02 N/mm <sup>2</sup>

Tali valori sono da considerarsi approssimativi e ragionevolmente cautelativi. Sono pertanto da considerarsi parametri prestazionali del terreno minimi ragionevolmente attendibili e garantiti per il sito in esame.

L'acquisizione di saggi e indagini in sito permetteranno una caratterizzazione meccanica delle terre più accurata e una definizione dei parametri tecnici adeguata.

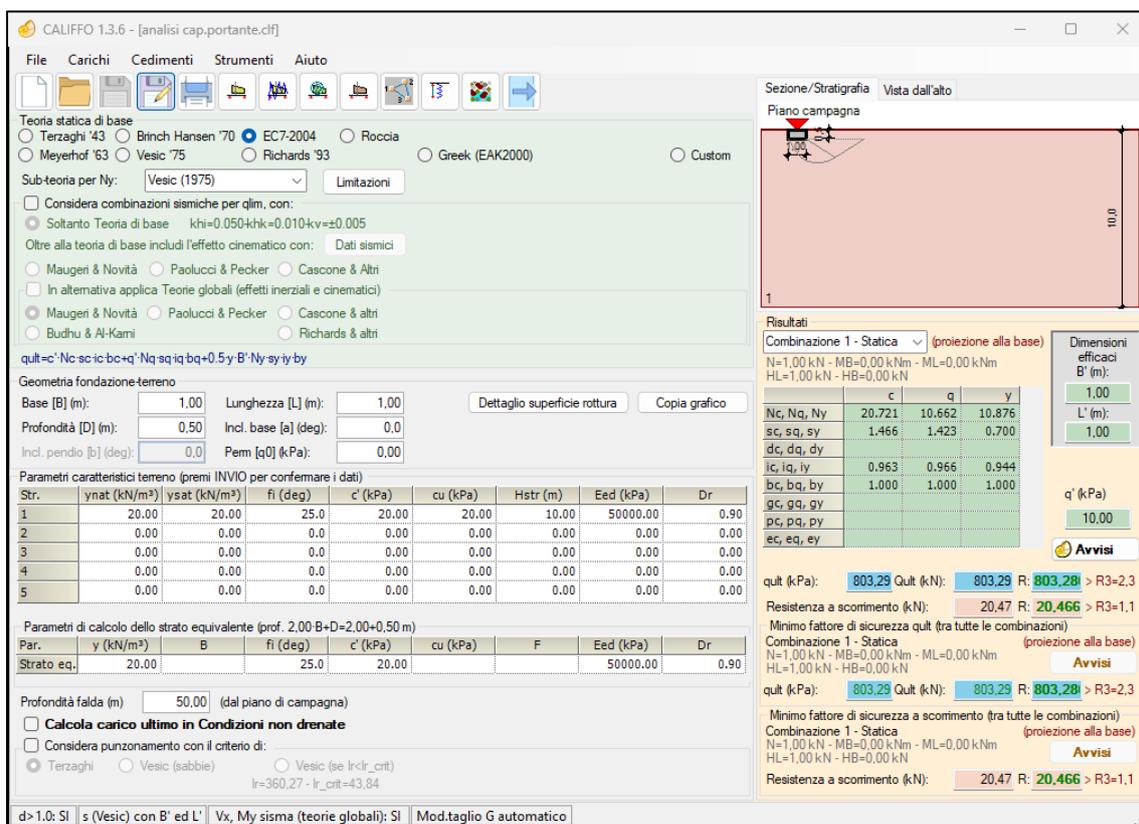
## 5.0 ANALISI DELLA CAPACITA' PORTANTE

In base ai parametri tecnici del terreno precedentemente riportati è possibile effettuare una stima della capacità portante indicativa del suolo di progetto. Il calcolo della capacità portante è stato condotto secondo le ipotesi precedentemente assunte.

Il calcolo è stato effettuato facendo le ulteriori considerazioni:

- Calcolo della pressione limite a metro quadro;
- Profondità del piano di posa di fondazioni pari a 0,5m;
- Teoria EC7/2004 + subteoria per  $N_{\gamma}$  secondo Vesic (1975).

Si riporta di seguito una immagine dello schema di calcolo, effettuato con software parametrico "Califfo".



The screenshot shows the CALIFFO 1.3.6 software interface for soil bearing capacity analysis. The main window is titled "CALIFFO 1.3.6 - [analisi cap.portante.cif]".

**Theoretical static base:**

- Terzaghi '43
- Brinch Hansen '70
- EC7-2004
- Roccia
- Meyerhof '63
- Vesic '75
- Richards '93
- Greek (EAK2000)
- Custom

**Sub-theory per Ny:** Vesic (1975) [Limitazioni]

**Considerazioni sismiche:**

- Considera combinazioni sismiche per qlim, con:
  - Soltanto Teoria di base  $k_{hi}=0.050 \cdot k_{hk}=0.010 \cdot k_{vz}=0.005$
- Oltre alla teoria di base includi l'effetto cinematico con:
  - Dati sismici
  - Maugeri & Novità
  - Paolucci & Pecker
  - Cascone & Altri
  - In alternativa applica Teorie globali (effetti inerziali e cinematici)
  - Maugeri & Novità
  - Paolucci & Pecker
  - Cascone & altri
  - Budhu & Al-Kami
  - Richards & altri

**Equation:**  $q_{ult} = c' \cdot N_c \cdot sc \cdot ic \cdot bc \cdot q' \cdot N_q \cdot sq \cdot iq \cdot bq + 0.5 \cdot \gamma \cdot B' \cdot N_{\gamma} \cdot sy \cdot iy \cdot by$

**Geometria fondazione-terreno:**

- Base [B] (m): 1.00
- Lunghezza [L] (m): 1.00
- Profondità [D] (m): 0.50
- Incl. base [a] (deg): 0.0
- Incl. pendio [b] (deg): 0.0
- Pem [q0] (kPa): 0.00

**Parametri caratteristici terreno (premi INVIO per confermare i dati):**

Str.	ynat (kN/m³)	ysat (kN/m³)	fi (deg)	c' (kPa)	cu (kPa)	Hstr (m)	Eed (kPa)	Dr
1	20.00	20.00	25.0	20.00	20.00	10.00	50000.00	0.90
2	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Parametri di calcolo dello strato equivalente (prof. 2.00 B+D=2.00+0.50 m):**

Par.	y (kN/m³)	B	fi (deg)	c' (kPa)	cu (kPa)	F	Eed (kPa)	Dr
Strato eq.	20.00		25.0	20.00			50000.00	0.90

**Profondità falda (m):** 50.00 (dal piano di campagna)

Calcola carico ultimo in Condizioni non drenate

Considera punzonamento con il criterio di:

- Terzaghi
- Vesic (se Ir<lr\_crit)

 $Ir=360.27 - lr\_crit=43.84$

**Sezione/Stratigrafia:** Vista dall'alto  
Piano campagna

**Risultati:**

- Combinazione 1 - Statica (proiezione alla base)
- N=1.00 kN - MB=0.00 kNm - ML=0.00 kNm
- HL=1.00 kN - HB=0.00 kN

	c	q1	y
Nc, Nq, Ny	20.721	10.662	10.876
sc, sq, sy	1.466	1.423	0.700
ic, iq, iy	0.963	0.966	0.944
bc, bq, by	1.000	1.000	1.000
gc, gq, gy			
pc, pq, py			
ec, eq, ey			

**Dimensioni efficaci B' (m):** 1.00

**L' (m):** 1.00

**q' (kPa):** 10.00

**Avvisi:**

q<sub>ult</sub> (kPa): 803.29    q<sub>ult</sub> (kN): 803.29    R: 803.28 > R3=2.3

Resistenza a scivolamento (kN): 20.47    R: 20.466 > R3=1.1

Minimo fattore di sicurezza q<sub>ult</sub> (tra tutte le combinazioni)

Combinazione 1 - Statica (proiezione alla base)

N=1.00 kN - MB=0.00 kNm - ML=0.00 kNm

HL=1.00 kN - HB=0.00 kN

q<sub>ult</sub> (kPa): 803.29    q<sub>ult</sub> (kN): 803.29    R: 803.28 > R3=2.3

Minimo fattore di sicurezza a scivolamento (tra tutte le combinazioni)

Combinazione 1 - Statica (proiezione alla base)

N=1.00 kN - MB=0.00 kNm - ML=0.00 kNm

HL=1.00 kN - HB=0.00 kN

Resistenza a scivolamento (kN): 20.47    R: 20.466 > R3=1.1

Dall'analisi risulta una capacità portante per il terreno, pari a 803,28 kN/m<sup>2</sup>



<b>N° DOC</b>	<b>Rev.</b>	<b>Foglio</b>
AV.MAN.DE.CI.R.005	A	12 di 12

---

Le caratteristiche meccaniche ricavate verranno utilizzate per determinare la profondità di infissione dei pali dei supporti dei moduli e per eventuali controlli sulle fondazioni delle cabine elettriche.