

REGIONE PUGLIA




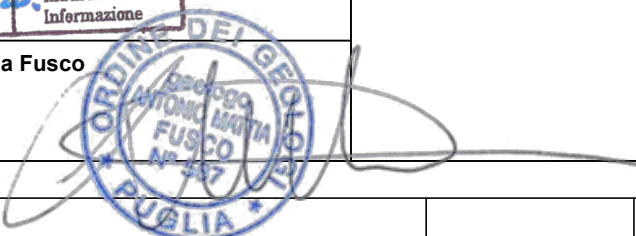
Provincia di Brindisi

COMUNI DI BRINDISI

OGGETTO PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
NEL COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITÀ MAFFEI

COMMITTENTE **LIGHTSOURCE RENEWABLE
ENERGY ITALY SPV 10 S.R.L.**
Via Giacomo Leopardi, 7 Milano (MI)
C.F./P.IVA: 11015610964

Codice Commessa PHEEDRA: 20_05_PV_MRR

CONSULENZA SPECIALISTICA	 <p>PHEEDRA S.r.l. Via Lago di Nemi, 90 74121 - Taranto Tel. 099.7722002 - Fax 099.9870285 Email: Pheedra@pheedra.it web: www.pheedra.it</p>	 <p>SOUTHERNERGY S.r.l. Via del Commercio, 66 72017 - Ostuni (BR) Tel. 0831.331594 e-mail: info@southenergy.it web: www.southenergy.it</p>
	<p>Dott. Ing. Angelo Micolucci MICOLUCCI Angelo n° 1851</p> <p>Settore: Civile Ambientale Industriale Informazione</p>	<p>Dott. Ing. Ilario Morciano</p> 
	<p>Dott. Geol. Antonio Mattia Fusco</p> 	

REV.	DATA	ATTIVITA'	REDATTO	VERIFICATO	APROVATO
2	Dicembre 2020	INTEGRAZIONI A.U. n.8485 del 27/11/2020	AF	AM	VS
1	Maggio 2020	PRIMA EMISSIONE	AF	AM	VS

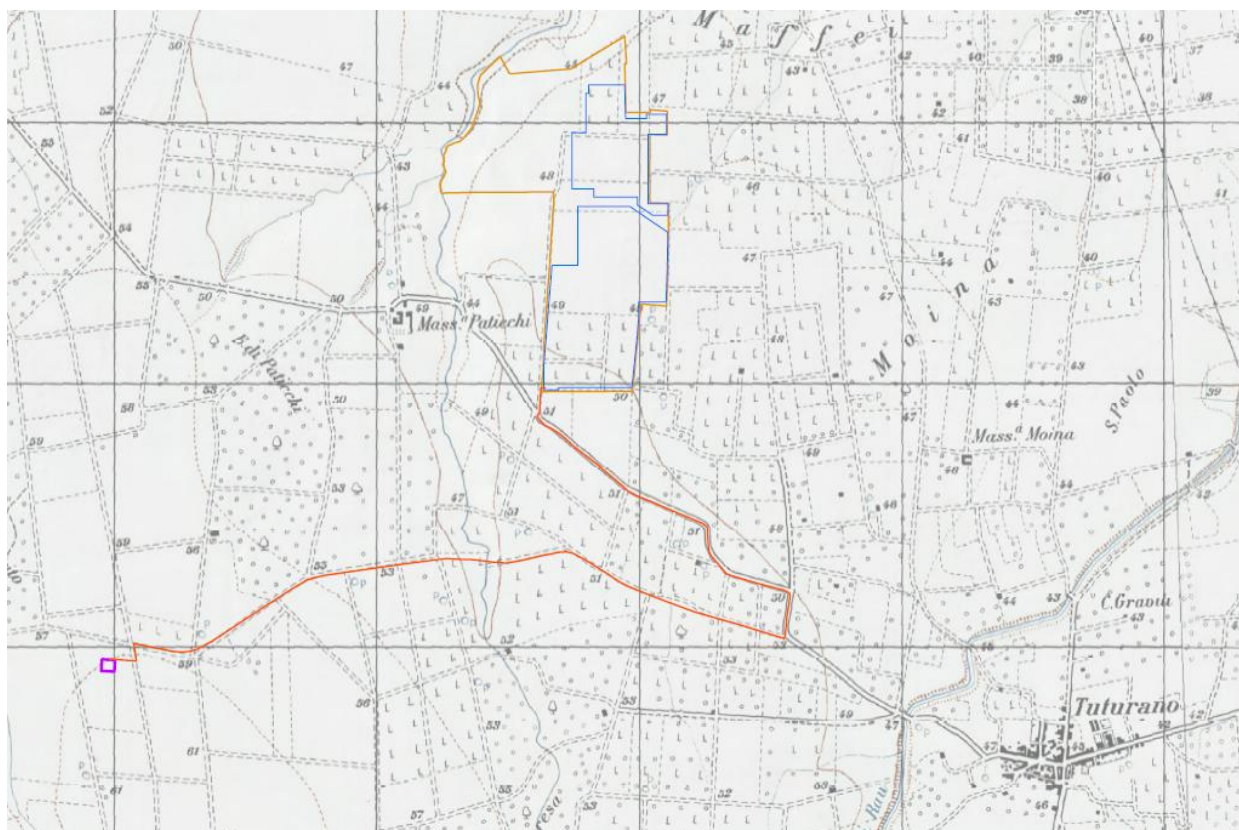
OGGETTO DELL'ELABORATO **RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

FORMATO	SCALA	CODICE DOCUMENTO					NOME FILE	FOGLI
		SOC.	DISC.	TIPO DOC.	PROG.	REV.		
A4	-	MRR	AMB	CIV	004	02	MRR-AMB-REL-004_02	-





1. PREMESSA

Lo scrivente Dott. Antonio Mattia Fusco, iscritto all'Ordine dei Geologi Puglia al n.587, su incarico affidatogli dalla Società d'ingegneria – Pheedra s.r.l. per conto della società proponente ha eseguito il seguente studio nell'ambito del **PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITÀ MAFFEI.**

L'impianto sarà collegato alla sottostazione di trasformazione mediante un cavidotto in media tensione interrato posta a sud-est dell'impianto in prossimità della masseria Cerrito.



LEGENDA

-  Cavidotto di connessione
-  Sottostazione elettrica
-  Area impianto in progetto
-  Limite catastale

Nei paragrafi che seguono sarà illustrata la situazione litostratigrafica locale, con la definizione dell'origine e natura dei litotipi, il loro stato di alterazione e fratturazione e la loro degradabilità, nonché i lineamenti morfologici della

zona. Lo studio geologico si è svolto in ottemperanza al D.M. del 11/03/1988, all'ordinanza del presidente del consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 e alle disposizioni dettate dal nuovo Norme Tecniche sulle Costruzioni D.M. del 17/01/2018 al fine di ricostruire un modello geologico e geotecnico atto a fornire i caratteri stratigrafici, litologici del sito.

Per lo svolgimento di tale relazione, preliminarmente è stato effettuato un rilevamento geologico di dettaglio è stata consultata la cartografia dell'area e si è fatto riferimento alle informazioni di carattere bibliografico disponibile per la zona oggetto di studio.

Inoltre come recepito dalla normativa il modello geologico di riferimento è stato validato e supportato da indagini specifiche sia di tipo indiretto.

Le indagini sono consistite in:

- n. 1 prova penetrometrica dinamica continua;
- n. 1 indagine sismica a rifrazione;
- n. 1 indagine geoelettrica tomografica;
- n. 1 indagine sismica Re.Mi per l'individuazione della categoria sismica del suolo di fondazione.

2. LINEAMENTI GEOLOGICI GENERALI

L'area interessata dal progetto per la realizzazione dell'impianto fotovoltaico oltre che dalla sottostazione e dal cavidotto di connessione, ricade nell'ambito dell'avampaese apulo, individuatosi durante l'orogenesi appenninica è interessato dal ciclo trasgressivo Pleistocenico e costituito da una potente successione di rocce carbonatiche di piattaforma. Le spinte connesse alle diverse fasi tettoniche hanno interessato solo marginalmente l'avampaese, generando essenzialmente strutture disgiuntive quali fratture, faglie dirette e subordinatamente, blande pieghe ad ampio raggio. In particolare il territorio di Brindisi è a cavallo del confine tra due blocchi dell'Avampaese Apulo, le Murge ed il Salento, caratterizzati da alcune differenze sotto l'aspetto geologico-strutturale. La Piana di Brindisi coincide con una vasta depressione strutturale aperta verso la costa adriatica, che interessa le rocce carbonatiche dell'avampaese, nella quale si sono depositi sedimenti del ciclo di riempimento della Fossa Bradanica e depositi Marini terrazzati. Dai dati reperiti in letteratura, (Cfr. CIARANFI et alii. 1992) confrontati con i risultati ottenuti da un rilevamento geologico di ricognizione effettuato per il presente lavoro è stato possibile riconoscere la successione stratigrafica stratigrafico che caratterizza l'area d'interesse, schematizzata dal basso verso l'alto, come segue

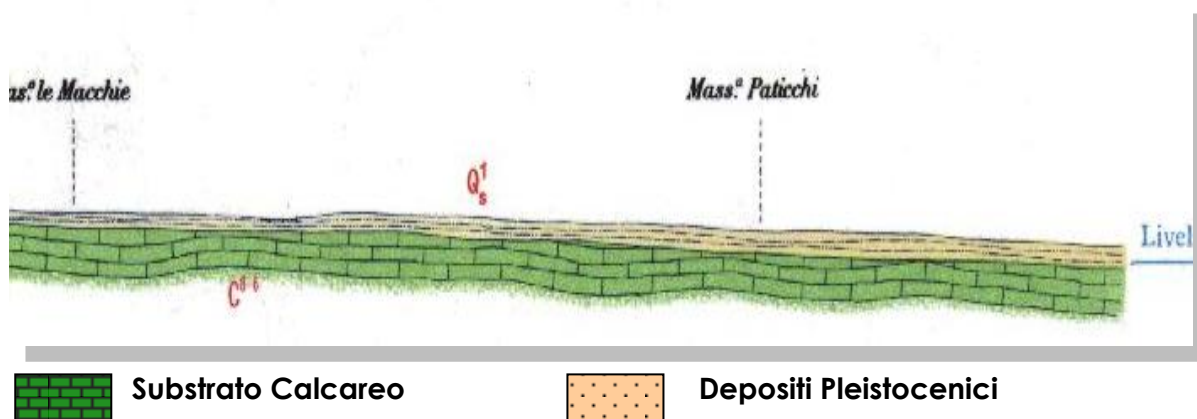
(Cfr. Schematizzazione Sezione litostratigrafica)

DEPOSITI MARINI

- **Calccare di Altamura (Turoniano sup. –Maastrichtiano)**
- **Calcarenite di Gravina (Pliocen sup.- Pleistocene inf.)**
- **Argille Subappennine (Pleistocene inf.)**
- **Depositi Marini Terrazzati (pleistocene med.-sup.)**

DEPOSITI CONTINENTALI

- **Depositi alluvionali ed eluvio-colluviali (Olocene)**



Calccare di Altamura

Trattasi di calcari dolomitici e dolomie grigio chiare o bianco- nocciola, la cui età è ascrivibile al Cretaceo. Questa formazione, nota in letteratura geologica con il nome di Dolomie di Galatina, rappresenta il basamento dei più recenti sedimenti plio-pleistocenici. L'assetto è generalmente tabulare con strati debolmente immergenti in direzione SSE e SE.

Questi depositi rappresentano il termine stratigraficamente più antico nell'area di studio e costituiscono il substrato sul quale poggiano in trasgressione, i depositi plio-pleistocenici.

Affioramenti non molto estesi di questa formazione sono presenti nella porzione dell'area indagata tra i comuni di S.Donaci, Mesagne Brindisi e Torre S.Susanna.

Calcarenite di Gravina

Depositi calcarenitici e calciruditi bioclastici di ambiente litorale.

La formazione è direttamente trasgressiva sui calcari cretatici e l'età è riferibile al plio-pleistocene. Sono localmente rappresentate da calcareniti e calciruditi passanti a materiali sabbiosi con inclusi ciottoli che si rinvengono in spessori molto esigui.

Nell'area in esame esse affiorano

Argille Subappennine

Argille limose, argille sabbiose ed argille marnose di colore grigio-azzurro, subordinatamente giallastre con sparsi, sempre nella parte alta, ciottoli di natura calcarea o calcarenitica. Questi depositi di età infrapleistocenica, poggiano in continuità di sedimentazione sulle Calcareniti di Gravina e localmente giacciono, lungo superfici trasgressive, direttamente sui depositi mesozoici del calcare di Altamura.

Questi depositi non affiorano ma occupano vaste aree nel sottosuolo.

Dati litostratigrafici desunti da sondaggi e pozzi eseguiti nell'area confermano la presenza al di sotto dei Depositi Marini Terrazzati.

Le Argille subappennine rappresentano il substrato impermeabile che sostiene l'acquifero superficiale della Piana di Brindisi.

Uno studio condotto da Ricchietti e Polemio "*L'acquifero superficiale del territorio di Brindisi: Dati Geoidrologici diretti e immagini radar da satellite*", ha permesso di individuare lo spessore dei depositi argillosi impermeabili che nella

nostra area dovrebbe variare da un minimo di 5 metri ad un massimo di 25 metri (cfr. fig. n.1)

Queste circostanze comportano, a seguito di eteropie laterali e verticali, un assetto stratigrafico leggermente diverso a seconda delle zone considerate.

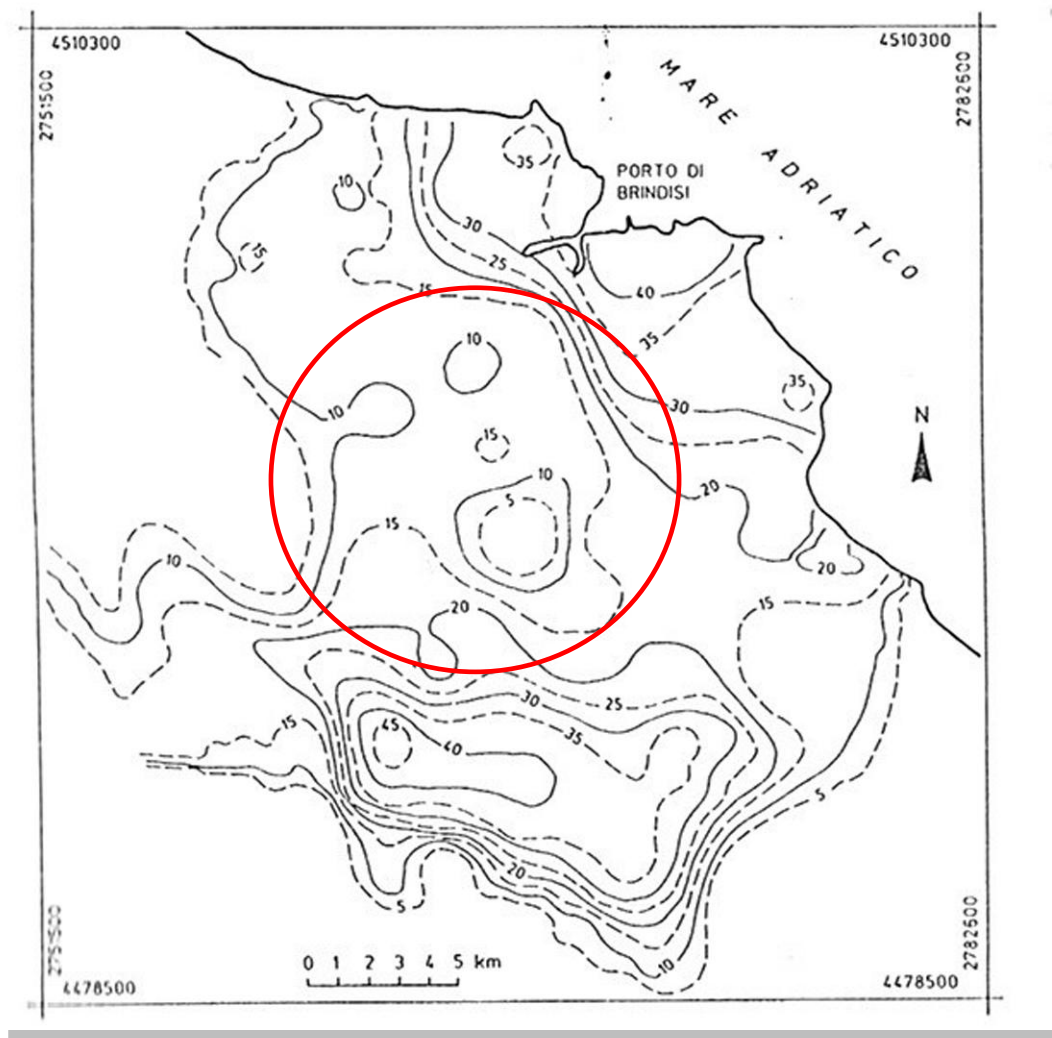


Fig. n°1 Curve Isopache dei depositi argillosi impermeabili

Depositi Marini Terrazzati

Tali depositi sono costituiti essenzialmente da alternanze di sabbie quarzose giallastre e calcareniti organogene localmente a carattere litoide con locali intercalazioni di strati conglomeratici.

Questi depositi, di età medio-suproleistocena, giacciono lungo superfici di abrasione marina individuate nei depositi argillosi e calcarenitici del ciclo della Fossa Bradanica nonché nei calcari mesozoici.

I Depositi Marini Terrazzati affiorano estesamente nell'area studiata.

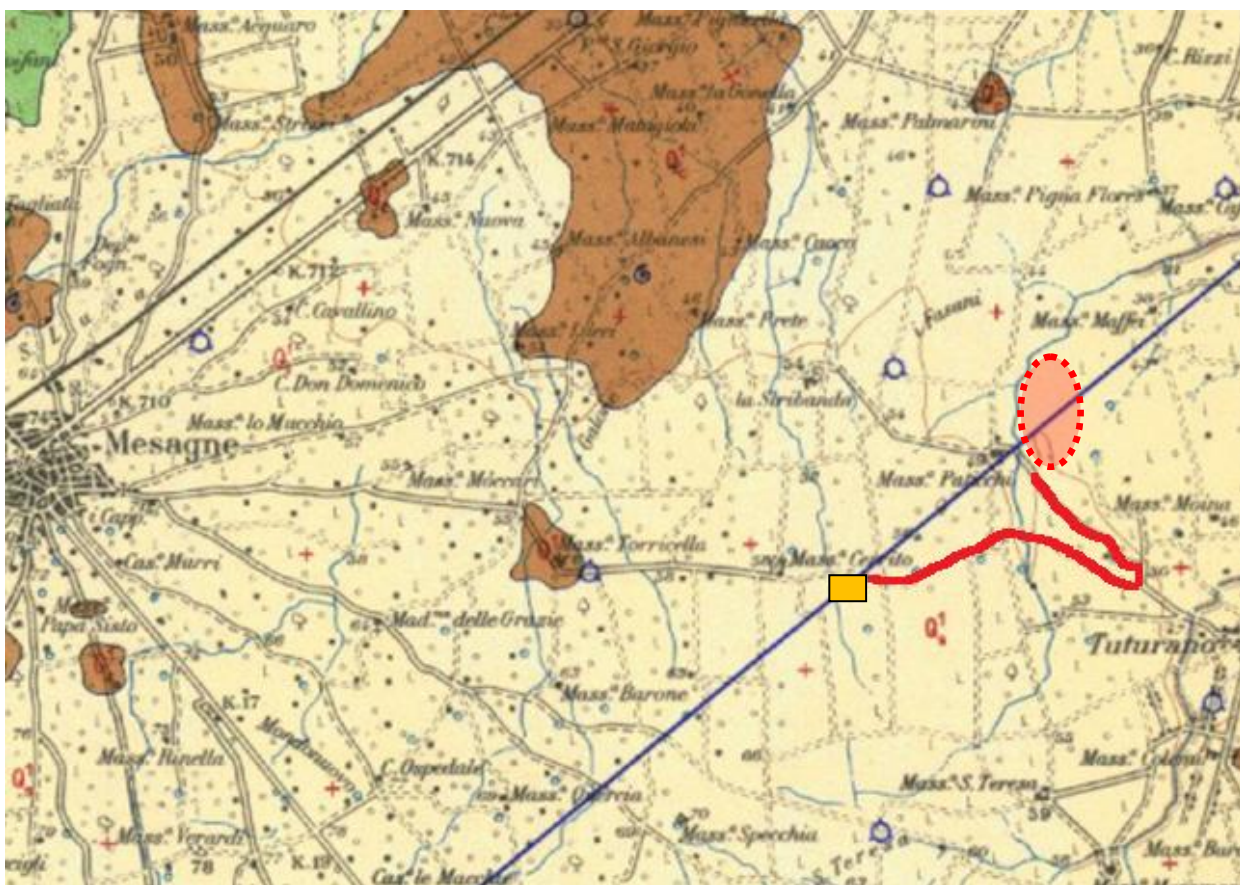
Quest'unità rappresenta l'acquifero superficiale, generalmente sostenuto dai depositi argillosi impermeabili sottostanti.

Depositi Alluvionali e eluvio-colluviali

Questi depositi rappresentano la sedimentazione recente nell'area di studio.

Affiorano principalmente lungo i solchi erosivi; in carta sono riportati in una piccola porzione poco più a nord del comune di Sandonaci

I depositi continentali cartografati, poggiano sui depositi marini terrazzati ed il loro spessore massimo è di pochi metri.



Area di impianto



Cavidotto di connessione



Sottostazione di trasformazione

Legenda

Formazioni
 marittime
 Formazioni
 continentali



Depositi eluviali principali e di "terra rossa".



Sabbie, sabbie argillose e limi grigi lagunari-palustri recenti.

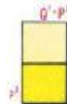


Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm. di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurrestre (g₁); spesso l'unità ha intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati (g₁). Nelle sabbie più elevate si notano talora *Cassidulina laevigata* D'ORB. *var. carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.), *Ammonia perlucida* (HER. ALL. EARL.) (PLEISTOCENE). Nelle sabbie argillose ed argille sottostanti, accanto a *Arctica islandica* (LIN.), *Chlamys septemradiata* MULL. ed altri molluschi, sono frequenti: *Hyalina balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB. *var. carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Bolivina catanensis* SEG. (CALABRIANO). FORMAZIONE DI GALLIPOLI.

Livelli appartenenti alle CALCARENITI DEL SALENTO, aventi le seguenti caratteristiche:



(g₁) Calcareniti e calcari tipo panchina, con ricca fauna non indicativa a *Elphidium crispum* (LIN.), *Bulimina marginata* D'ORB., *Cassidulina laevigata* D'ORB. *var. carinata* SILV., *Uvigerina peregrina* CUSH., *Sphaeroidina bulloides* D'ORB., *Cibicides bouanusi* (D'ORB.), *Cibicides floridanus* (CUSH.). In trasgressione su (g₁), oppure sulle formazioni cretache. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.



(g₁) Calcari bioclastici ben cementati ricchi di fossili non indicativi: *Elphidium complanatum* (D'ORB.), *E. crispum* (LIN.), *Discorbis orbicularis* (TERQ.), *Ammonia beccarii* (LIN.), *Cibicides floridanus* (CUSH.). In trasgressione su (g₁) oppure sul Cretaceo. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.

(g₁-p₁) Sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di panchina; sabbie argillose grigio-azzurre. Verso l'alto associazione calabriana: *Hyalina balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB. *var. carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.) (CALABRIANO-PLIOCENE SUP.?) In trasgressione sulle formazioni più antiche.

(p₁) Calcareniti, calcari tipo panchina, calcareniti argillose giallastre. Macrofauna a Coralli, Cirripedi, Molluschi, Echinidi, Crostacei tra cui *Conver sismondai* MEY. *var. antiatina* MAX. Microfauna ad Ostracodi e Foraminiferi: *Bulimina marginata* D'ORB., *Cassidulina laevigata* D'ORB. *var. carinata* SILV., *Discorbis orbicularis* (TERQ.), *Cibicides ungerianus* (D'ORB.), *C. lobatulus* (WALK. e JAC.), *Globigerinoides ruber* (D'ORB.), *G. sacculifer* (BRADY), *Orbulina universa* D'ORB., *Hastigerina nequilateralis* (BRADY) (PLIOCENE SUP.-MEDIO?). In trasgressione sulle formazioni più antiche.



Calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciola, a frattura irregolare, calcari grigio-chieri. Microfossili non molto frequenti: *Thaumaporaella* sp., *Præglabotruncana stephani stephani* (GAND.), *P. stephani turbinata* (REICH.), *Rotalipora appenninica appenninica* (RENZ), *R. cf. reicheli* (MORN.), *Nummululina* sp. (CENOMANIANO SUP. e forse TURONIANO). DOLOMIE DI GALATINA con passaggio graduale al CALCARE DI ALTAMURA (verso Nord e verso Ovest).

3. SISMICITÀ DEL TERRITORIO

Con l'ordinanza n° 3274 del 20/03/2003 del Presidente del Consiglio dei Ministri, modificata dall'OPCM n° 3431 del 03/05/2005 sono approvati i "Criteri per l'individuazione delle zone sismiche – individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", nonché le connesse "Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici", "Norme tecniche per il progetto sismico dei ponti" e le "Norme tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni".

Le nuove norme definiscono, dunque, i criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche, ai sensi dell'art. 93, 1g) del D.L. 112/1998, ai fini della formazione e dell'aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone da parte delle Regioni, ai sensi dell'art. 94, 2a) del medesimo decreto.

3.1 Categorie di suolo di fondazione

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, ai fini della definizione della azione sismica di progetto, definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni, i valori da utilizzare per V_s , NSPT e C_u sono valori medi):

A - *Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

B - *Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti*, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata $C_u > 250$ kPa).

C - *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza*, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{S30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < \text{NSPT} < 50$, $70 < C_u < 250$ kPa).

D - *Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti*, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 180$ m/s ($\text{NSPT} < 15$, $C_u < 70$ kPa).

E - *Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.*

Dall'indagine Re.Mi eseguita è stato ricavato l'andamento delle V_s e da qui calcolato il valore della **$V_{s,eq}$ risultato di 310 m/s.**

Questi valori di $V_{s,eq}$ fanno rientrare il sottosuolo nella **categoria C.**

La categoria topografica risulta la T1, si tratta di area sub-pianeggiante con pendenza minore del 10%.

Categoria C -*Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 < C_u < 250$ kPa)*

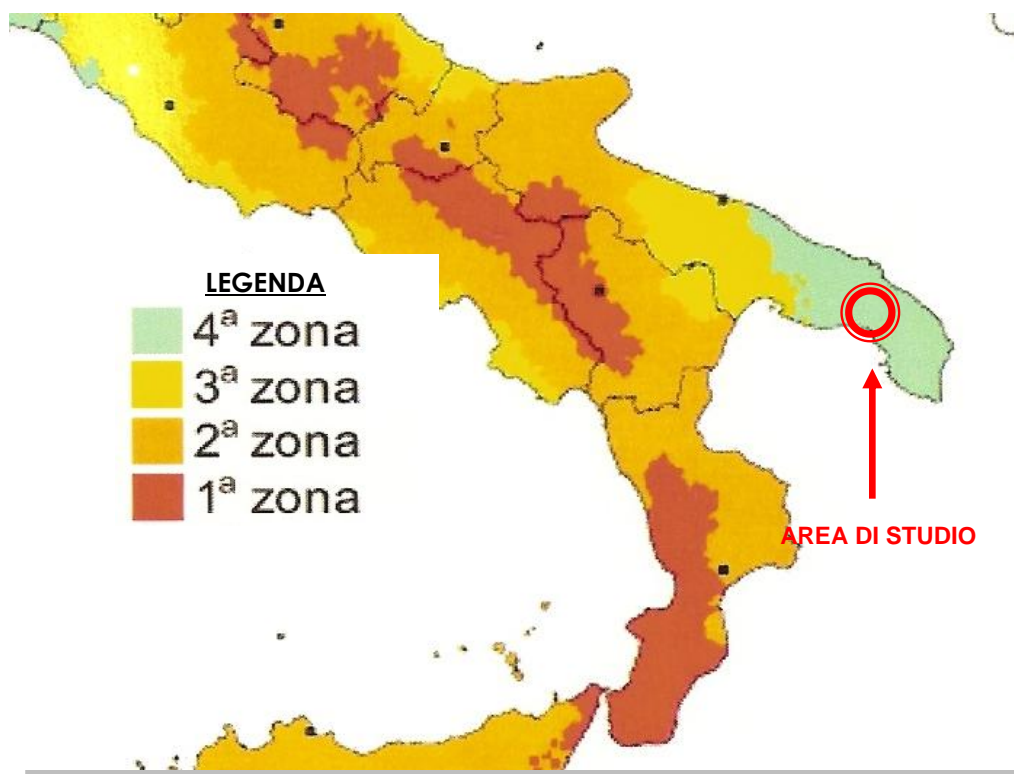
3.2 Calcolo dell'azione sismica

Zone sismiche

Ai fini dell'applicazione di queste norme, il territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A (definito al punto 3.1), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni. I valori di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale sono, salvo più accurate determinazioni, che possono portare a differenze comunque non superiori al 20% dell'accelerazione per le zone 1 e 2 e non superiori a 0.05g nelle altre zone:

Zona	Valore di a_g
1	0,35g
2	0,25g
3	0,15g
4	0,05g

Secondo la nuova classificazione sismica dei comuni italiani il territorio di BRINDISI, rientra nelle "**Zone sismiche 4**". (Cfr. Carta Zone Sismiche)



Descrizione dell'azione sismica

Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico in un punto della superficie del suolo è costituito dallo spettro di risposta elastico di cui al punto successivo. Qualora siano eseguite determinazioni più accurate del moto sismico atteso, è consentito utilizzare spettri specifici per il sito purché le ordinate di tali spettri non risultino in nessun punto del campo di periodi di interesse inferiori all'80% delle ordinate dello spettro elastico standard applicabile in relazione alla categoria di suolo.

Per applicazioni particolari, il moto del suolo può essere descritto mediante accelerogrammi.

Il moto orizzontale è considerato composto da due componenti ortogonali indipendenti, caratterizzate dallo stesso spettro di risposta.

In mancanza di documentata informazione specifica, la componente verticale del moto sismico si considera rappresentata da uno spettro di risposta elastico diverso da quello delle componenti orizzontali.

Spettro di risposta elastico

Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale (spettro normalizzato), considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore della accelerazione massima ($a_g S$) del terreno che caratterizza il sito.

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left(1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 2,5 - 1) \right) \\
 T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \\
 T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2,5 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned} \tag{3.2}$$

nelle quali S rappresenta il fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione;

Per strutture con fattore di importanza $\gamma_i > 1$, erette sopra o in vicinanza di pendii con inclinazione $> 15^\circ$ e dislivello superiore a circa 30 metri, l'azione sismica dell'equazione (2.2) dovrà essere incrementata moltiplicandola per un coefficiente di amplificazione topografica S_t .

In assenza di studi specifici si potranno utilizzare per S_T i seguenti valori:

- a) $S_T = 1,2$ per siti in prossimità del ciglio superiore di pendii scoscesi isolati;
- b) $S_T = 1,4$ per siti prossimi alla sommità di profili topografici aventi larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media $>30^\circ$;
- c) $S_T = 1,2$ per siti del tipo b) ma con pendenza media inferiore.

Il prodotto $S \cdot S_T$ può essere assunto non superiore a 1.6.

η fattore che tiene conto di un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente ξ diverso da 5 ($\eta=1$ per $\xi=5$), essendo ξ espresso in percentuale:

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad 3.3$$

T periodo di vibrazione dell'oscillatore semplice;

T_B, T_C, T_D periodi che separano i diversi rami dello spettro, dipendenti dal profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

I valori di T_B, T_C, T_D e S da assumere, salvo più accurate determinazioni, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie di suolo di fondazione definite al punto 3.1, sono riportati nella Tabella 3.1.

Tabella 3.1-Valori dei parametri nelle espressioni (2.2) dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali.

Categoria suolo	S	T_B	T_C	T_D
A	1,0	0,15	0,40	2,0
B, C, E	1,25	0,15	0,50	2,0
D	1,35	0,20	0,80	2,0

Lo spettro di risposta elastico della componente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = 0,9a_g \cdot S \cdot \left(1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 3,0 - 1) \right) \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = 0,9a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0 \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = 0,9a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = 0,9a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 3,0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned} \quad (3.4)$$

con i valori dei parametri che definiscono la forma spettrale riportati in tabella 3.2.

Tabella 3.2 - Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale.

Categoria suolo	S	T _B	T _C	T _D
A, B, C, D, E	1,0	0,05	0,15	1,0

Lo spettro di risposta elastico dello spostamento potrà ottenersi per trasformazione diretta dello spettro di risposta elastico delle accelerazioni, usando la seguente espressione:

$$S_{D_e}(T) = S_e(T) \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2 \quad (3.5)$$

Gli spettri sopra definiti potranno essere applicati per periodi di vibrazione che non eccedono 4,0 s. Per periodi superiori lo spettro dovrà essere definito da appositi studi.

Nei casi in cui non si possa valutare adeguatamente l'appartenenza del profilo stratigrafico del suolo di fondazione ad una delle categorie di cui al punto 2.1, ed escludendo comunque i profili di tipo S1 e S2, si adotterà in generale la categoria D o, in caso di incertezza di attribuzione tra due categorie, la condizione più cautelativa.

Spostamento e velocità del terreno

I valori dello spostamento e della velocità orizzontali massimi del suolo (d_g) e (v_g) sono dati dalle seguenti espressioni:

$$\begin{aligned} d_g &= 0,025 S T_C T_D a_g \\ (3.6) \\ v_g &= 0,16 S T_C a_g \end{aligned}$$

3.3 Azione sismica valutata secondo il D.M. 17 Gennaio 2018

Con D.M. 17 Gennaio 2018 è stato approvato il testo aggiornato delle Norme tecniche per le costruzioni. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito. Ai fini della presente normativa 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:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

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.

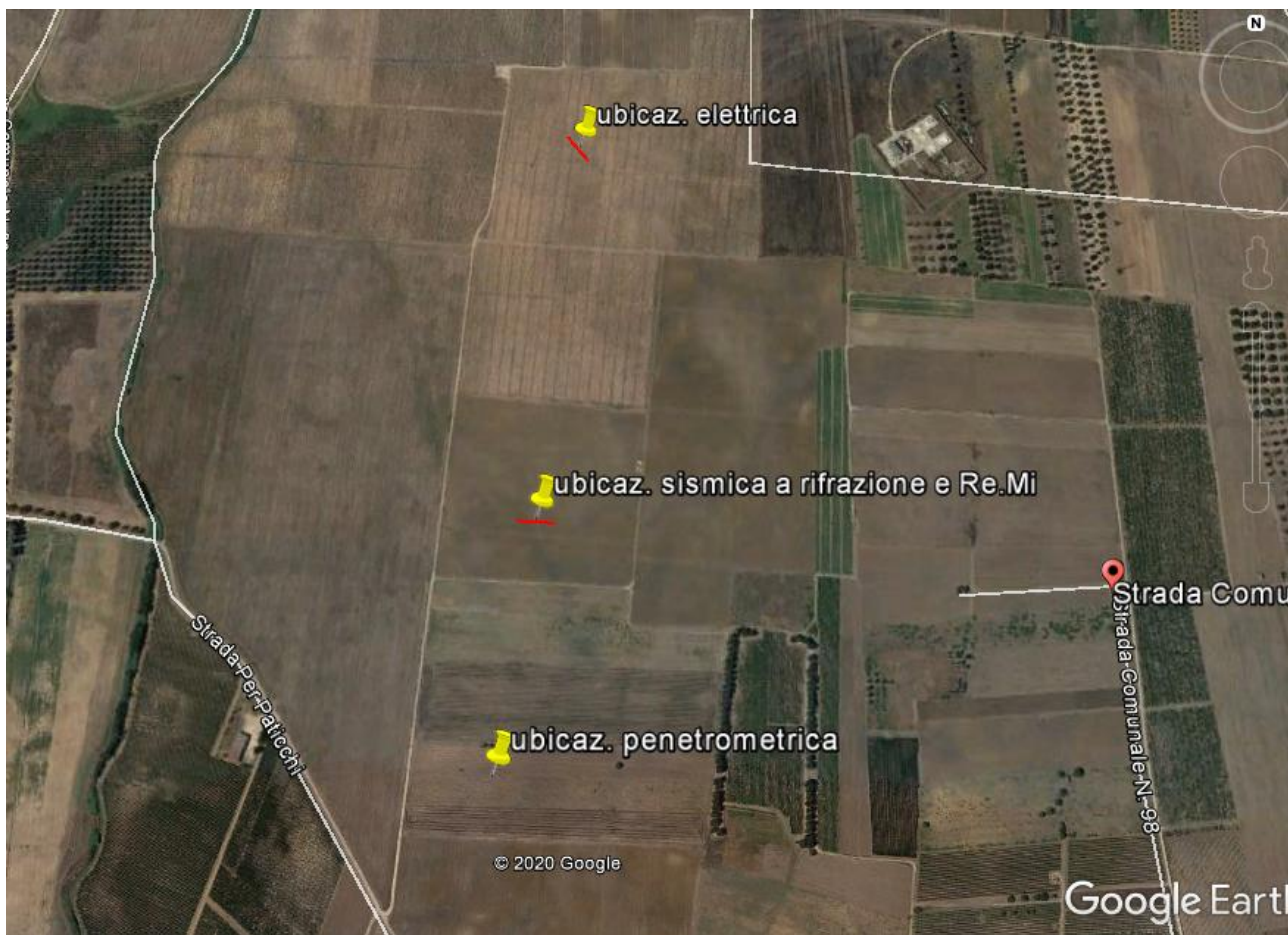
In allegato alla presente norma, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di a_g , F_0 e T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Stato Limite	T_r [anni]	a_g [g]	F_0	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.014	2.326	0.153
Danno (SLD)	50	0.019	2.304	0.205
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.046	2.501	0.453
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.056	2.595	0.518
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La raccolta dei dati dei principali parametri geotecnici, si è basata sull'analisi proveniente dalla campagna d'indagine geognostica effettuata sul sito e costituita da una serie di indagini sia di tipo diretto che indiretto.

(Cfr. Foto Aerea Sito di studio)



Le indagini sono consistite in:

- n. 1 prova penetrometrica dinamica continua;
- n. 1 indagine sismica a rifrazione;
- n. 1 indagine geoelettrica tomografica;
- n. 1 indagine sismica Re.Mi per l'individuazione della categoria sismica del suolo di fondazione.

4.1 Prova penetrometrica dinamica continua

Il sondaggio penetrometrico dinamico consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica battendo sulle aste con un maglio a caduta libera e contando il numero di colpi necessari all'avanzamento della punta, di successive quantità costanti.

La prova è stata eseguita con un penetrometro TG 63-200 della PAGANI, le cui caratteristiche tecniche sono di seguito riportate:

- Maglio a caduta libera Kg 63.5
- Aste in acciaio speciale $\square = 50.8$ mm; L = 100 cm; Kg = 4.6
- Punta conica della superficie 20.43 cm²;
- Altezza di caduta libera maglio 75 cm.

Dalla prova è stata ricostruita la seguente successione litostratigrafia:

- da 0.00 m a 1.00 m **Terreno vegetale**
- da 1.00 m a 6.40 **Sabbie limose**

Alla profondità di 3.0 metri dal p.c. è stata rilevata la presenza della falda.

I parametri geotecnici delle Sabbie limose dedotti dalla prova penetrometrica sono risultati i seguenti:

Densità relativa	(%)	36
Angolo di attrito	(°)	31
Modulo di Young	(kg/cmq)	148
Modulo edometrico	(kg/cmq)	93
Classificazione AGI		Moderat. addensato
Coesione	(kg/cmq)	0.0
Peso di volume	(gr/cmc)	1.81
Modulo di Poisson		0.33
Modulo di def. a taglio	(kg/cmq)	699

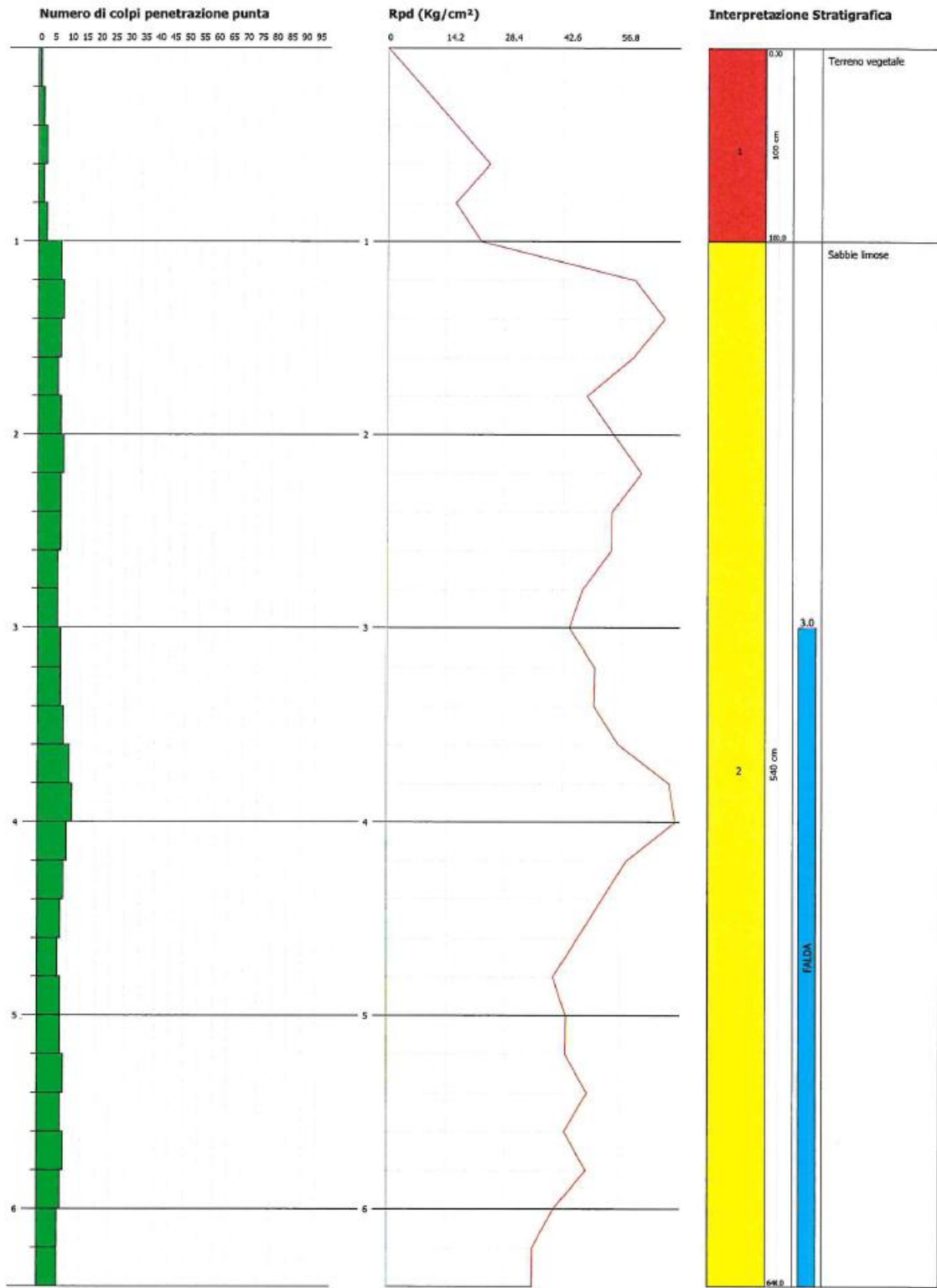
PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL
COMUNE DI BRINDISI IN LOCALITÀ MAFFEI

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA-Rpd

Committente :
Cantiere : edile
Località : Impianto fotovoltaico Marra

Data :21/03/2020

Scale 1:30



4.2 Sondaggi elettrici

L'indagine elettrica prevede sempre una fase preliminare al fine di comprendere al meglio le problematiche da affrontare e le peculiarità del sito. Il metodo scelto permette di stimare la resistività del sottosuolo in esame; tale parametro è fondamentale per l'individuazione dei passaggi stratigrafici, cavità ed eventuali sottoservizi presenti.

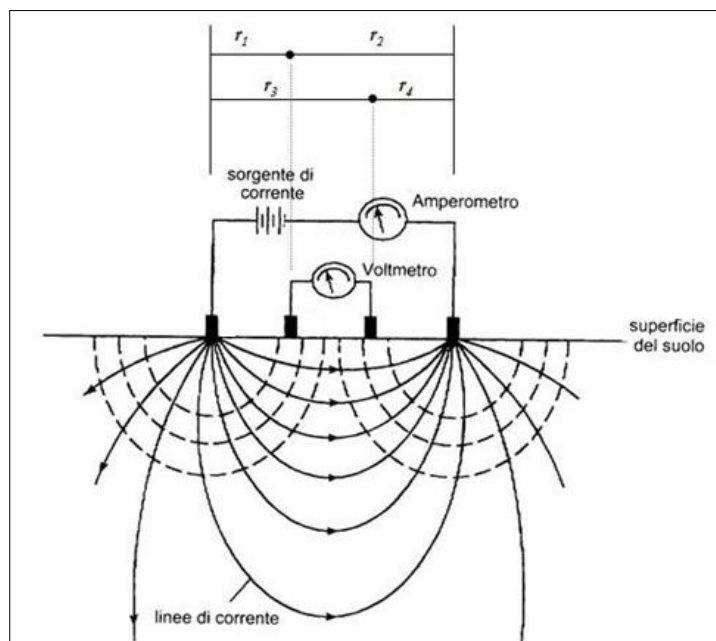
I valori di resistività vengono rilevati introducendo nel sottosuolo una corrente attraverso due elettrodi di corrente e misurando la differenza di potenziale attraverso altri due elettrodi, detti appunto di misura. L'invio della corrente nel sottosuolo, utilizzando delle sorgenti puntiformi in superficie, determina l'irraggiamento delle linee di corrente attraverso superfici di forma semisferica. In generale il terreno non è elettricamente omogeneo né isotropo, perciò quando viene immessa corrente in esso, una qualsiasi causa di variazione di conducibilità, ne altera il flusso, provocando un'anomala distribuzione del potenziale.

La misura di questo valore prende il nome di "resistività apparente", in quanto dipende dalla disposizione degli elettrodi nel terreno. La raccolta di queste informazioni avviene lungo tutto il tratto percorso dai filetti elettrici e, di conseguenza, da tutta la semisfera prodotta dall'immissione di corrente nel sottosuolo. La tomografia elettrica di superficie (TES) si basa su un elevato numero di misure elettriche che, nel caso specifico, sono state effettuate su 24 elettrodi (metodologia multielettrodo), disposti sul terreno lungo i profili scelti. La restituzione dei risultati (ricostruzione tomografica) viene realizzata approssimando il terreno (sottosuolo) in maglie o celle ("elementi finiti") e riportando in un'apposita sezione gli elementi finiti con resistività omogenea.

Con il metodo di resistività in corrente continua D.C. Resistivity viene immessa nel sottosuolo, mediante due elettrodi di corrente (A e B), una corrente elettrica che determina una differenza di potenziale misurata mediante altri due elettrodi di potenziale (M ed N).

In realtà la tecnica attuale utilizza corrente in frequenza capace sia di escludere i notevoli disturbi della corrente di rete di 50 Hz, sia di prevenire effetti di saturazione elettrica del terreno che ne impediscono l'esplorazione in profondità.

Condizione fondamentale perché il metodo risulti efficace è che esista e sia elevato il contrasto di resistività tra gli oggetti dell'indagine.



Schema operativo indagine geoelettrica

Dai valori noti di corrente erogata, dalla configurazione geometrica degli elettrodi e dalla differenza di potenziale misurata si calcola analiticamente la resistività apparente dei terreni indagati.

In particolare, la resistività di un terreno omogeneo e isotropo è data dalla seguente relazione:

$$\rho = (\Delta V/I) * K$$

dove K è il coefficiente geometrico che dipende dalla disposizione degli elettrodi sulla superficie, ΔV è la differenza di potenziale misurata e I l'intensità di corrente.

Tuttavia, il sottosuolo non è elettricamente omogeneo e isotropo pertanto, quando in esso si immette corrente, una qualsiasi causa di variazione di conducibilità, ne altera il flusso provocando, di conseguenza, una anomala distribuzione del potenziale rispetto a quella che si avrebbe per un sottosuolo omogeneo.

In conclusione, il valore di resistività che si misura in realtà è una resistività apparente e va considerata come un'anomalia rispetto a quella misurabile per una distribuzione teorica del potenziale in un sottosuolo omogeneo ed isotropo di resistività pari a quella propria dell'elettrostatico più superficiale.

Nei profili tomografici, gli elettrodi, in genere picchetti di ferro o di rame sono distribuiti lungo un profilo a distanza fissa (dell'ordine del metro). La scelta della distanza dipende dalla risoluzione e dalla profondità d'indagine richiesta. Gli

elettrodi vengono collegati mediante un cavo multicanale allo strumento di misura e ad un computer. Il software gestisce l'emissione di corrente e la misura della differenza di potenziale utilizzando i diversi elettrodi disponibili.

A causa delle difficoltà riscontrate nell'interpretazione dei dati, bisogna trasformare mediante algoritmo d'inversione i valori di resistività apparente, graficati in forma di pseudosezione, in sezione di resistività reale; il risultato dell'indagine multielettrodo è dunque una mappatura in termini di resistività 2D o una distribuzione volumetrica di resistività 3D, dalle quali si deducono le caratteristiche litologiche del sottosuolo.

L'algoritmo di inversione, sulla base di un modello iniziale di distribuzione di resistività, calcola, tramite un procedimento agli elementi finiti, i valori di resistività apparente nei punti in cui la resistività stessa è stata misurata.

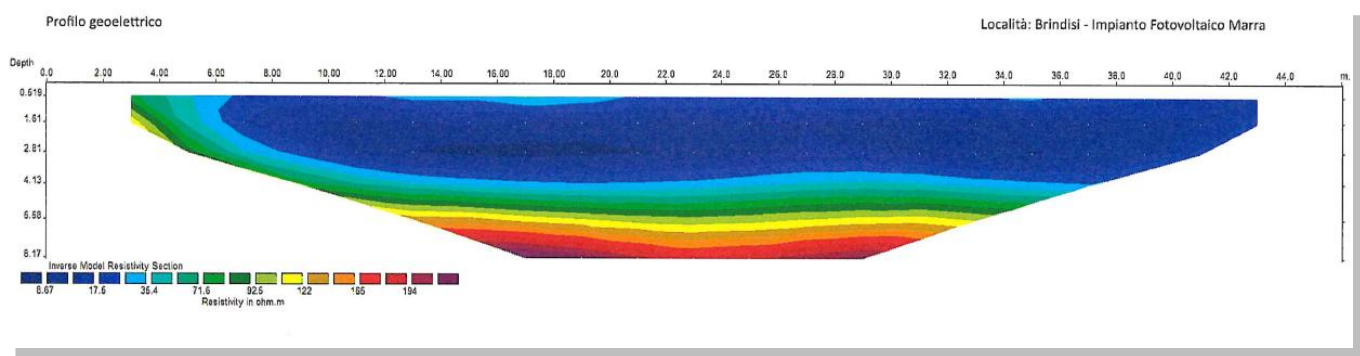
Nel caso in esame è stata utilizzata una strumentazione multielettrodo della IRIS (il Syscal Pro), per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato il software Ertlab™ della GEOstudi Astier s.r.l..

La restituzione dei dati di un'indagine tomografica elettrica è, quindi, una sezione di resistività.

I diversi colori delle sezioni rappresentano valori diversi di resistività registrati con gli stendimenti effettuati; la scala verticale riporta la profondità d'indagine a partire dal piano campagna, quella orizzontale la lunghezza dello stendimento. Accanto alle sezioni 2D compare la scala delle resistività che compongono il modello interpretativo.

Analisi dei risultati

Dall'elaborazione si evince la presenza di terreno incoerente, caratterizzato da valori di resistività elettrica mediamente di 20-40 Ω m, siamo in presenza probabilmente di sabbie limose sature d'acqua.



4.3 Profilo sismico a rifrazione

La sismica a rifrazione consiste nel provocare delle onde sismiche che si propagano nei terreni con velocità che dipendono dalle caratteristiche di elasticità degli stessi. In presenza di particolari strutture, possono essere rifratte e ritornare in superficie, dove, tramite appositi sensori (geofoni), posti a distanza nota dalla sorgente lungo la linea retta, si misurano i tempi di arrivo delle onde longitudinali (onde P), al fine di determinare la velocità (V_p) con cui tali onde coprono le distanze tra la sorgente ed i vari ricevitori.

I dati, così ottenuti, si riportano su diagrammi cartesiani aventi in ascissa le distanze e in ordinata i tempi dei primi arrivi dell'onda proveniente dalla sorgente. In questo modo si ottengono delle curve (dromocrone) che, in base ad una metodologia interpretativa basata essenzialmente sulla legge di Snell, ci permettono di determinare la velocità di propagazione delle onde e le costanti elastiche dei terreni attraversati.

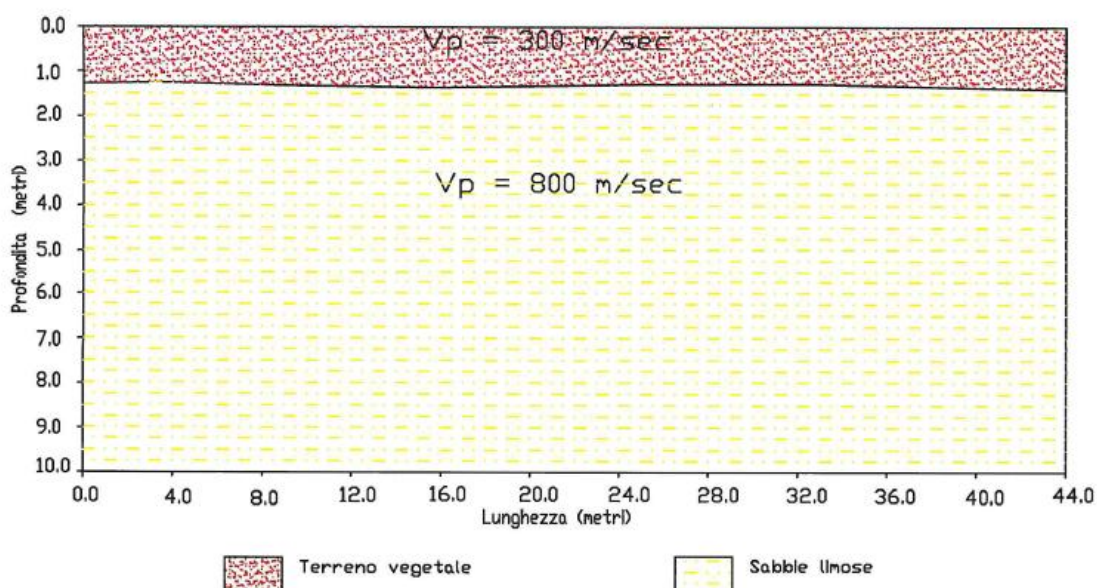
Il profilo sismico è stato eseguito adottando una distanza tra i geofoni di 4 metri. L'energizzazione è stata ottenuta utilizzando una mazza battente del peso di 5 kg che batte su una piastra rettangolare.

Le onde così generate sono state registrate con un sismografo a 12 canali della GEOMETRICS mod Geode, il quale consente di ottenere le misurazioni dei tempi di arrivo delle onde sismiche che si propagano nel sottosuolo.

L'interpretazione dei dati di campagna è stata eseguita tramite l'applicazione congiunta e computerizzata del metodo di Palmer e delle intercette.

Il profilo sismico a rifrazione, di lunghezza pari a 44 metri, ha evidenziato un modello a due sismostrati. In affioramento si rinviene del terreno vegetale che presenta una velocità V_p di 300 m/sec ed uno spessore di 1.2 metri, segue un substrato caratterizzato da una velocità V_p di 800 m/sec, da ricondurre a sabbie limose.

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE
Località: Comune di Brindisi – Fotovoltaico Marra



Si fa notare che vista la natura del substrato caratterizzante l'area di interesse e la continuità spaziale dal punto di vista geologico, le indagini eseguite hanno permesso di redigere un modello geologico, geotecnico e sismico medio rispondente alle caratteristiche relative sia alle aree interessate dall'installazione dell'impianto fotovoltaico ma anche a quelle interessate dal cavidotto e della sottostazione di trasformazione.

Si evidenzia inoltre che tracciato del cavidotto e la viabilità di accesso al parco ricalcano la viabilità esistente e che le opere in progetto si estendono su un'area di modeste dimensioni caratterizzata dalle stesse sequenze litologiche come si evince dalla Carta Geologica d'Italia e, note le caratteristiche geologicamente omogenee della Piana Brindisina corrispondente all'area di intervento, si ritiene che le caratteristiche geognostiche e dello stato di alterazione delle formazioni rilevate relative alle caratteristiche dell'area di impianto, oltre a tutte le conclusioni espresse in questo studio, siano valide per l'intera area di sviluppo del progetto, pertanto anche nelle aree interessate dal cavidotto e dalla sottostazione di trasformazione .

5. CONCLUSIONI

il seguente studio nell'ambito del

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO NEL COMUNE
DI BRINDISI IN LOCALITÀ MAFFEI.**

***L'impianto sarà collegato alla sottostazione di trasformazione mediante un
cavidotto in media tensione interrato posta a sud-est dell'impianto in prossimità
della masseria Cerrito.***

Dal rilevamento geologico di dettaglio, dai dati bibliografici e dall'analisi di
indagini geognostiche eseguite, sono stati riconosciuti affioramenti di materiale
di origine alluvionale e residuale che si distingue in due zone morfologicamente
differenti. Tale contesto geomorfologico favorisce l'accumularsi di tali terreni
ricoprendo quasi per intero il bacino.

***Inoltre come recepito dalla normativa il modello geologico di riferimento è
stato validato e supportato da indagini specifiche sia di tipo indiretto.***

Le indagini sono consistite in:

- n. 1 prova penetrometrica dinamica continua;
- n. 1 indagine sismica a rifrazione;
- n. 1 indagine geoelettrica tomografica;
- n. 1 indagine sismica Re.Mi per l'individuazione della categoria sismica del
suolo di fondazione.

Lo studio geologico si è svolto in ottemperanza al D.M. del 11/03/1988,
all'ordinanza del presidente del consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 e
alle disposizioni dettate dal nuovo Norme Tecniche sulle Costruzioni D.M. del
17/01/2018 al fine di ricostruire un modello geologico e geotecnico.

***Le indagini eseguite hanno permesso di redigere un modello geologico e
geotecnico e sismico medio per le aree interessate dall'installazione
dell'impianto fotovoltaico e per le aree interessate dal cavidotto e della
sottostazione di trasformazione.***

E' stato rilevato come, il piano campagna su cui insisteranno le strutture di sostegno dell'impianto fotovoltaico, è rappresentato per la totalità del sito da terreno vegetale per uno spessore di 0.4 metri, segue un substrato da ricondurre a sabbie con intercalazioni di ghiaie.

:

- da 0.00 m a 1.00 m **Terreno vegetale**
- da 1.00 m a 6.40 **Sabbie limose**

Alla profondità di 3.0 metri dal p.c. è stata rilevata la presenza della falda.

I parametri geotecnici delle Sabbie limose dedotti dalla prova penetrometrica sono risultati i seguenti:

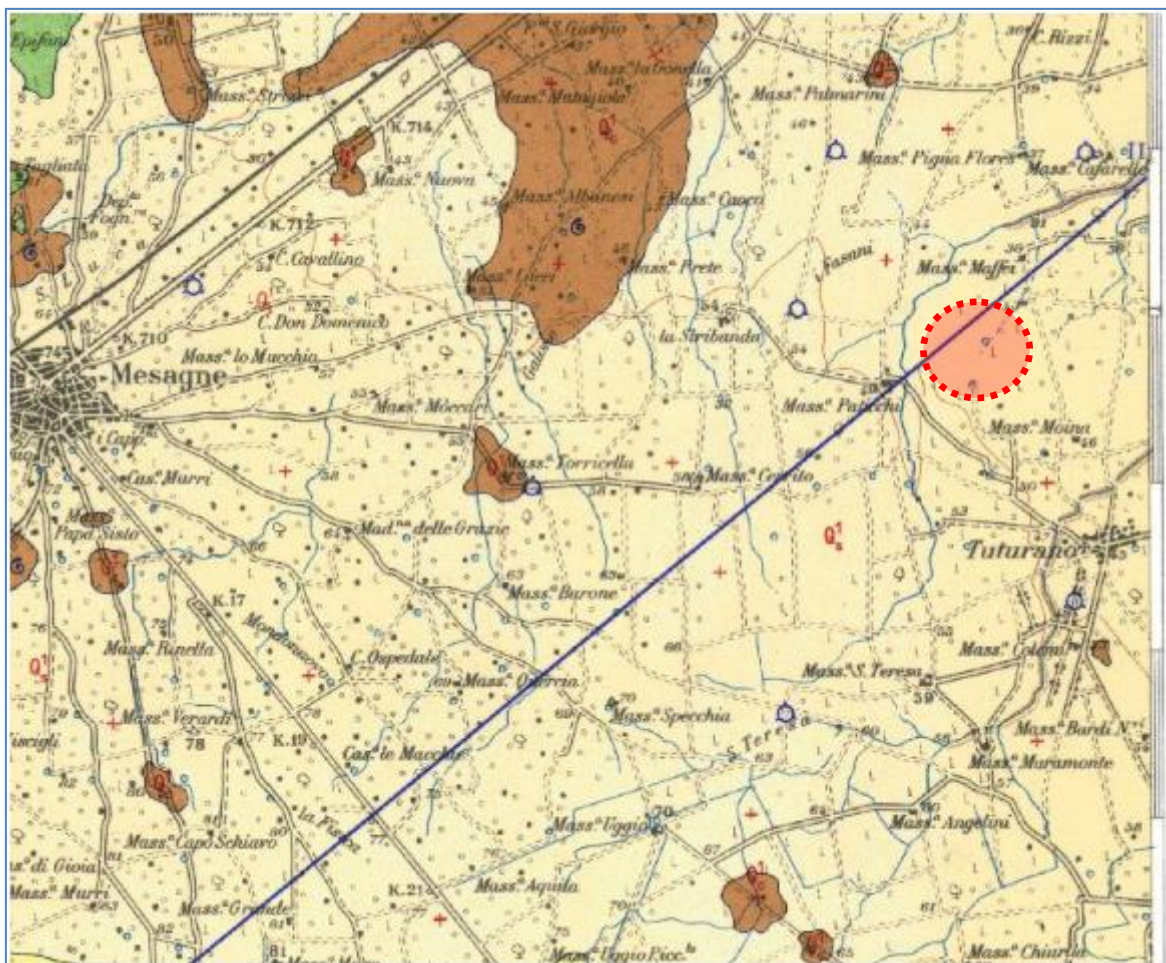
Densità relativa	(%)	36
Angolo di attrito	(°)	31
Modulo di Young	(kg/cmq)	148
Modulo edometrico	(kg/cmq)	93
Classificazione AGI		Moderat. addensato
Coesione	(kg/cmq)	0.0
Peso di volume	(gr/cmc)	1.81
Modulo di Poisson		0.33
Modulo di def. a taglio	(kg/cmq)	699

Dal punto di vista della risposta sismica locale del sito la V_{s30} è stata calcolata con la seguente espressione:

$$V_{Seq} = \frac{H}{\sum_i \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Nel caso in esame la V_s , eq calcolata è pari a **310 m/sec** che fa rientrare il suolo di fondazione nella **categoria sismica C**.

STRALCIO DELLA
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA
FG.203 (BRINDISI)



AREA D'ESAME

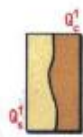
LEGENDA



Depositi eluviali principali e di "terre rosse".



Sabbie, sabbie argillose e limi grigi leguneri-palustri recenti.

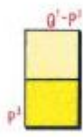


Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm. di spessore, che passano inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurrastre (q_1^c); spesso l'unità ha intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati (q_1^c). Nelle sabbie più elevate si notano talora *Cassidulina laevigata* D'ORB. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.), *Ammonia perlucida* (HER. ALL. EARL.) (*PLEI-STOCENE*). Nelle sabbie argillose ed argille sottostanti, accanto a *Arctica islandica* (LIN.), *Chlamys septemradiata* MULL. ed altri molluschi, sono frequenti: *Hyalinea bathica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Bolivina catanensis* SEG. (*CALABRIANO*). FORMAZIONE DI GALLIPOLI.

Livelli appartenenti alle CALCARENITI DEL SALENTO, aventi le seguenti caratteristiche:

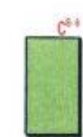


(q_2^1) Calcareniti e calcari tipo panchina, con ricca fauna non indicativa a *Elphidium crispum* (LIN.), *Bulimina marginata* D'ORB., *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Uvigerina peregrina* CUSH., *Sphaeroidina bulloides* D'ORB., *Cibicides boueanus* (D'ORB.), *Cibicides floridanus* (CUSH.). In trasgressione su (q_1^1), oppure sulle formazioni cretache. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.



(q_1^1) Calcari bioclastici ben cementati ricchi di fossili non indicativi: *Elphidium complanatum* (D'ORB.), *E. crispum* (LIN.), *Discorbis orbicularis* (TERQ.), *Ammonia beccarii* (LIN.), *Cibicides floridanus* (CUSH.). In trasgressione su (p^1) oppure sul Cretacico. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.

($q_1^1-p^1$) Sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di panchina; sabbie argillose grigio-azzurre. Verso l'alto associazione calabriana: *Hyalinea bathica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.) (*CALABRIANO-PLIOCENE SUP.?*) In trasgressione sulle formazioni più antiche.



(p^1) Calcareniti, calcari tipo panchina; calcareniti argillose giallastre. Macrofauna a Coralli, Cirripedi, Molluschi, Echinidi, Crostacei tra cui *Cancer sismondai* MEY. var. *antiatina* MAX. Microfauna ad Ostracodi e Foraminiferi: *Bulimina marginata* D'ORB., *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Discorbis orbicularis* (TERQ.), *Cibicides ungerianus* (D'ORB.), *G. lobatulus* (WALK. e JAC.), *Globigerinoides ruber* (D'ORB.), *G. sacculifer* (BRADY), *Orbulina universa* D'ORB., *Hastigerina aequilateralis* (BRADY) (*PLIOCENE SUP.-MEDIO?*). In trasgressione sulle formazioni più antiche.

Calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciola, a frattura irregolare, calcari grigio-chieri. Microfossili non molto frequenti: *Thaumatoporella* sp., *Præglabotruncana stephani stephani* (GAND.), *P. stephani turbinata* (REICH.), *Rotalipora appenninica appenninica* (RENZ), R. cf. *reicheli* (MORN.), *Nummuloculina* sp. (*CENOMANIANO SUP.* e forse *TURONIANO*). DOLOMIE DI GALATINA con passaggio graduale al CALCARE DI ALTAMURA (verso Nord e verso Ovest).