

# COMUNI DI BRINDISI - MESAGNE

PROVINCIA DI BRINDISI

## PROGETTO AGROVOLTAICO "CLUSTER LOPEZ"



PROGETTO

**ingveprogetti** s.r.l.s.

via Geofilo n.7-72023, Mesagne (BR)  
email: info@ingveprogetti.it

RESPONSABILE DEL PROGETTO  
Ing. Giorgio Vece

**COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGROVOLTAICO DENOMINATO "CLUSTER LOPEZ" E DELLE OPERE ED INFRASTRUTTURE CONNESSE, SITO NEI COMUNI DI BRINDISI E MESAGNE (BR), POTENZA NOMINALE PARI A 30.000,00 KWN E POTENZA DI PICCO PARI A 34.639,92 KWP.**

**Oggetto: Relazione Sismica del progetto definitivo**

PROGETTISTA: Ing. Giorgio Vece

IL TECNICO: Dr. Geol. STEFANI Jean Vincent C.A.

NOME FILE: 8XPD7W3\_CalcoliStrutture\_02  
\_RelazioneSismica

TIMBRI E FIRME:



N°	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	OTTOBRE 2021	PRIMA EMISSIONE	ING. GIORGIO VECE	ING. GIORGIO VECE	
01					
02					
03					



**Powertis**

**LUMINORA LOPEZ S.R.L.**

## **INDICE RELAZIONE SISMICA**

<b>1. PREMESSA</b>	<b>pag. 3</b>
<b>2. UBICAZIONE SITO</b>	<b>pag. 3</b>
<b>3. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE DELL'AREA</b>	<b>pag. 3</b>
<b>4. INDAGINE SISMICA</b>	<b>pag. 5</b>
<b>5. SISMICITA' DELL'AREA</b>	<b>pag. 13</b>
<b>6. MODELLO SISMICO DELL'AREA DI SEDIME</b>	<b>pag. 15</b>
<b>7. CONCLUSIONI</b>	<b>pag. 17</b>

## RELAZIONE SISMICA

### 1. PREMESSA

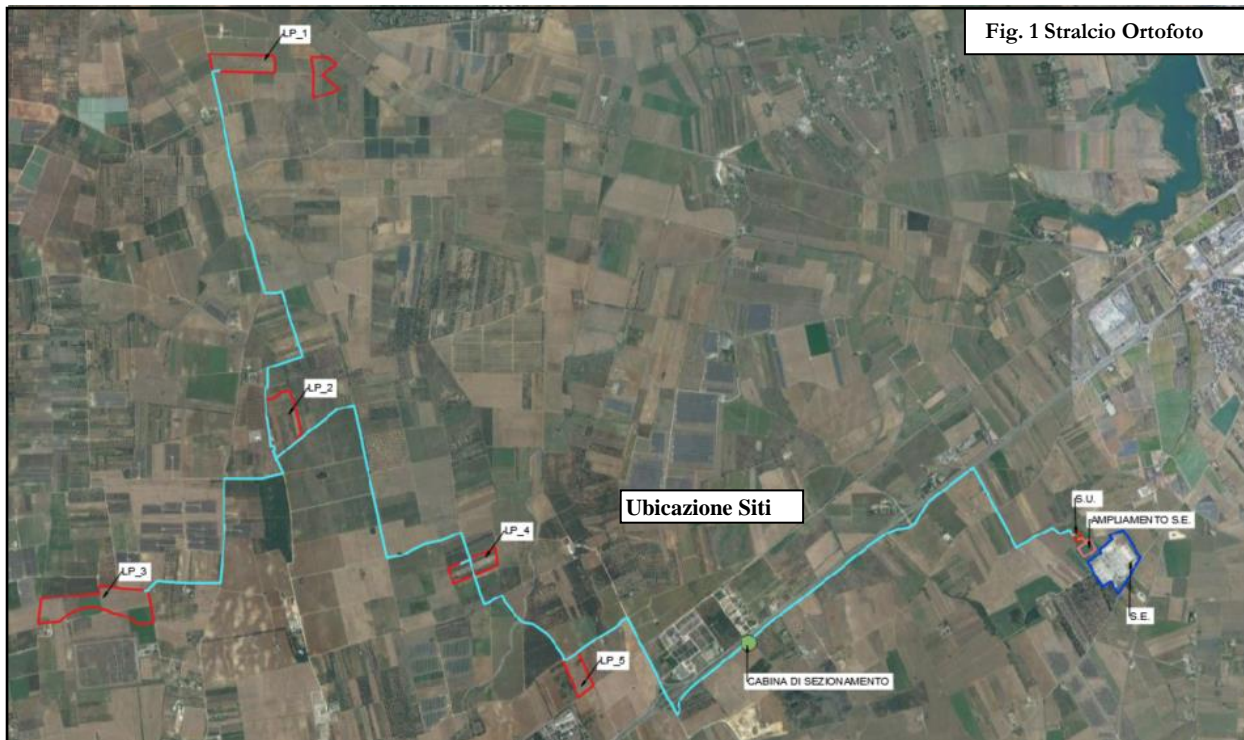
Il seguente lavoro riguarda lo studio sismico di alcuni lotti su richiesta della LUMINORA LOPEZ S.R.L... Lo studio è finalizzato al progetto inerente la costruzione di un impianto agrovoltaiico denominato “CLUSTER LOPEZ” e delle opere ed infrastrutture connesse, sito nei comuni di Brindisi e Mesagne (BR).

Le indagini sono state svolte in accordo alla Normativa D.M. n. 8 del 17/01/2018. La presente relazione ha anche come contenuti la definizione del terreno in materia di prevenzione sismica.

I dati sismici sono stati acquisiti mediante indagini geognostiche con l'uso del metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), effettuati sui siti, oltre che dallo studio della cartografia geologica disponibile dell'area (Fig. 203 Brindisi del Servizio Geologico d'Italia alla scala 1:100.000).

### 2. UBICAZIONE SITO

Le aree interessate dall'impianto agrovoltaiico si ubicano negli agri del comune di Mesagne (BR) e di Brindisi (cfr. Fig. 1). Topograficamente, le aree ricadono nella Tavoletta I N.E. “Brindisi” e I N.O. “S.Vito dei Normanni” del foglio 203, edito dall'I.G.M.



### 3. CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE DELL'AREA

La stratigrafia dell'area è stata ottenuta tramite rilevamento geologico di superficie, dalla lettura della cartografia geologica disponibile dell'area (Foglio 203 Brindisi) e da indagini sismiche effettuate sui siti.

La seguente stratigrafia è valida per quasi tutti i siti considerando l'uniformità e la similitudine dei terreni affioranti nella piana brindisina. L'unico sito con differente stratigrafia è il LP 3.

In affioramento si rinviene del terreno vegetale e alluvionale limoso dello spessore medio variabile da 0,5 – 1,5 metri. Gli spessori maggiori si registrano in particolare nel sito ubicati in agro di Brindisi (S.U. e Ampliamento S.E.).

Al di sotto troviamo le sabbie calcarenitiche da ben addensate a scarsamente addensate di colore giallastro rosato. Al suo interno è possibile individuare resti di Coralli e Molluschi. Il suo spessore è di circa 7,0 – 9,0 metri.

Queste poggiano sui limi sabbiosi argillosi avani e grigiastri per uno spessore medio di circa 10 metri (per i siti posti più a Ovest) sino ad un massimo di circa 30 metri per il sito (S.U. e Ampliamento S.E.).

Nel sito LP\_3, per la maggior parte il sito è caratterizzato dalla presenta di un breve strato di Calcareniti dei D.M.T. che poggia direttamente sui Calcari di Altamura.

STRATIGRAFIA GEOLOGICA E TECNICA DEL SITO					
Profondità dal p.c. (mt.)	Potenza strati (mt.)	Colonna Stratigrafica	Descrizione Geolitologica	Angolo attrito (°)	Falda Acquifera
0,5 - 1,5	0,5 - 1,5		Terreno vegetale e alluvionale	13	
7,5 - 10	7,0 - 9,0		sabbia calcarenitica mediamente addensato con livelli calcarenitici più cementati (Pleistocene Superiore)	24 - 28	Falda Sup. 5,0 - 7,0 mt.
	10 - 30		Limi sabbiosi con concrezioni di calcite e aragonite biancastra nei primi metri. Di colore avano con lenti verdastre e grigiastre da poco a mediamente addensate (Pleistocene Medio-Inferiore)	18 - 20	
17 - 47	0 - 10		Calcareniti di Gravina (Pliocene Superiore)		Falda Carsica 34 - 43 mt.
oltre 100 metri			Calcare di Altamura (Cretaceo Superiore)		

Fig. 4 Stratigrafia dell'area

STRATIGRAFIA GEOLOGICA E TECNICA DEL SITO					
Profondità dal p.c. (mt.)	Potenza strati (mt.)	Colonna Stratigrafica	Descrizione Geolitologica	Angolo attrito (°)	Falda Acquifera
0,5 - 1,0	0,5 - 1,0		Terreno vegetale e alluvionale	13	
1,0 - 2,0	0,5 - 1,5		Calcareniti di colore giallastre del Deposito Marino Terrazzato (Pleistocene Medio-Superiore)	26 - 28	
oltre 100 metri			Calcare di Altamura fratturato, con riempimenti di terra rossa. (Cretaceo Superiore)	36 - 40	37 - 39 mt.

Fig. 5 Stratigrafia dell'area sito LP\_3

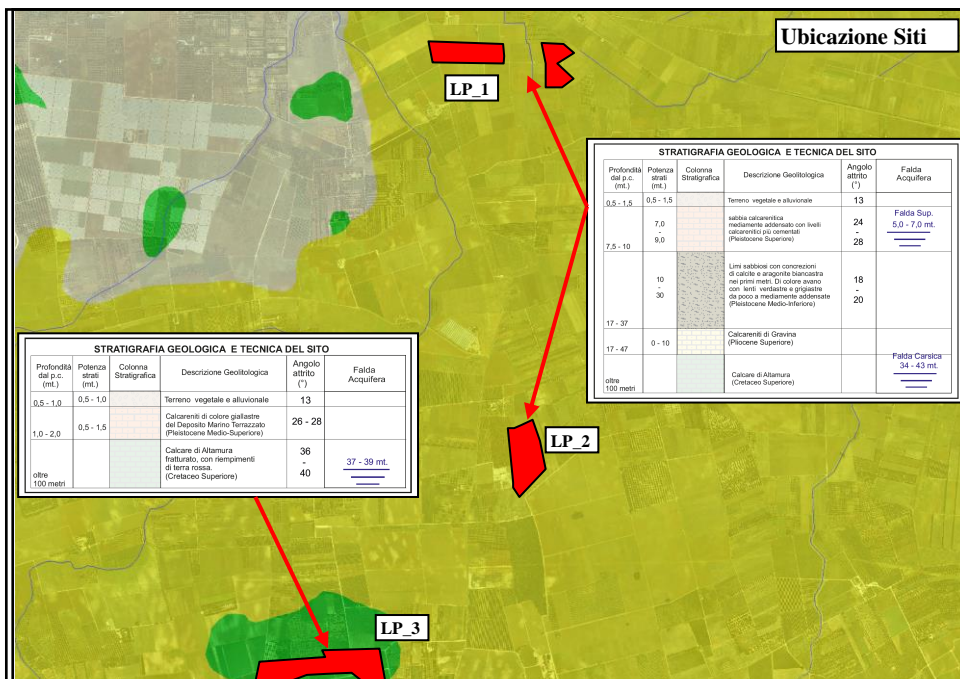
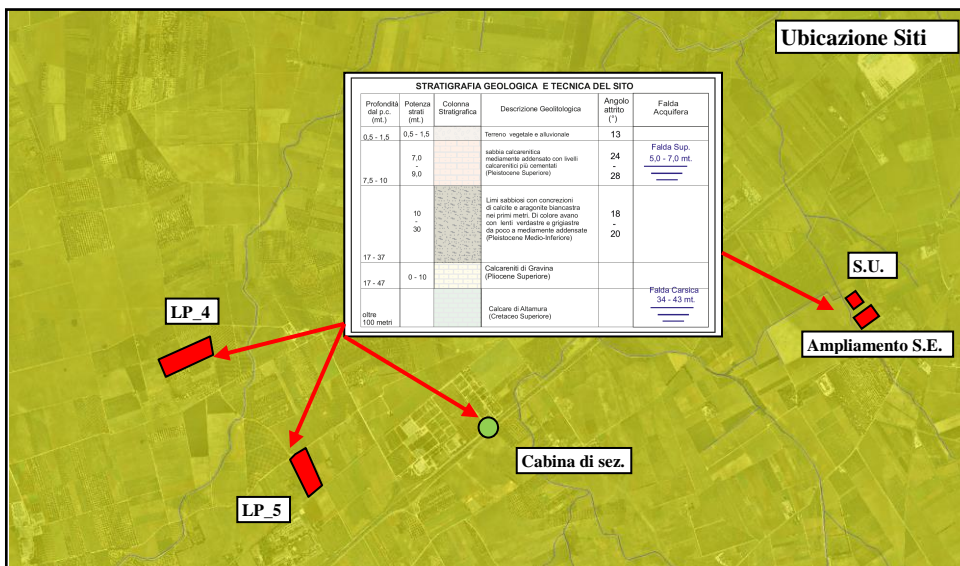


Fig. 6 planimetria Stratigrafia dell'area



**4. INDAGINE SISMICA**

Le caratteristiche stratigrafiche dell'area sono state ottenute elaborando i dati provenienti da una serie di indagini geognostiche indirette (sismica MASW) eseguita sui siti. In particolare sono state eseguite n. 6 indagini sismiche MASW.

La scelta del numero e della ubicazione delle indagini geognostiche è stata effettuata sulla base dello studio della cartografia geologica dei siti, su un rilevamento geologico preliminare di superficie, che ha consentito di verificare una sostanziale uniformità dei terreni sedimentari affioranti, e dall'accessibilità dei luoghi in funzione anche delle condizioni climatiche e di umidità dei terreni.

Quindi l'ubicazione ha consentito di individuare le caratteristiche anche stratigrafiche dei siti e eventuali cambi litologici.

RIEPILOGO INDAGINI ESEGUITE	
<b>Tipologia</b>	<b>Caratteristiche indagate</b>
<b>Sismiche MASW e a Rifrazione</b>	<b>Stratigrafiche, Vseq e Geotecniche</b>

### Esecuzione delle indagini

Le indagini sono state eseguite con un sismografo Doremi con 24 canali e geofoni verticali con frequenza propria di 4.5Hz ; la energizzazione è stata eseguita con un martello da 5kg.

Le attrezzature utilizzate nell'acquisizione dei dati sismici sono i seguenti:

- 1) Avvolgicavo contenente l'intera catena strumentale, 2) Geofoni, 3) Unità di testa o interfaccia, 4) Geofono start, 5) Prolunga per il geofono start

Le indagini sono state eseguite con un sismografo Doremi con 2 canali e geofoni verticali con frequenza propria di 4.5Hz; la energizzazione è stata eseguita con un martello da 5kg. Scopo dell'indagine è mettere in evidenza possibili variazioni del campo di velocità dell'onda P eventualmente correlabili ai parametri caratterizzanti una formazione rocciosa.

Per stimare la distribuzione di  $V_p$  è stata utilizzata una tecnica di acquisizione tomografica con l'uso di una disposizione in superficie di  $n$  geofoni ed  $m$  sorgenti. La geometria scelta per l'acquisizione è costituita da un allineamento di 12 geofoni distanti tra loro 5 m: sull'allineamento sono posizionati  $n=3$  punti di energizzazione (Fig. 5).

La tecnica di acquisizione consente di determinare la velocità media di propagazione in ognuna delle  $N$  ( $N \leq nxm$ ) celle elementari che ricoprono il sito indagato.

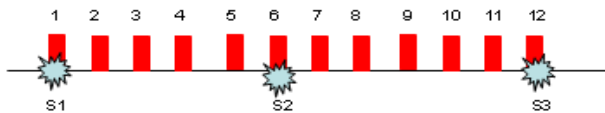


Fig. 5: Geometria di acquisizione dei rilievi sismici tomografici a rifrazione: geofoni: 1, 2,, 12; punti di energizzazione S1, S2, S3.

La lettura dei tempi di primo arrivo (picking) (Fig. 6, 7, 8, 9, 10 e 11b), per ogni traccia, su ciascun sismogramma (Fig. 6, 7, 8, 9, 10 e 11a), consente di ottenere le dromocrone riportate in Fig. 6, 7, 8, 9, 10 e 11c.

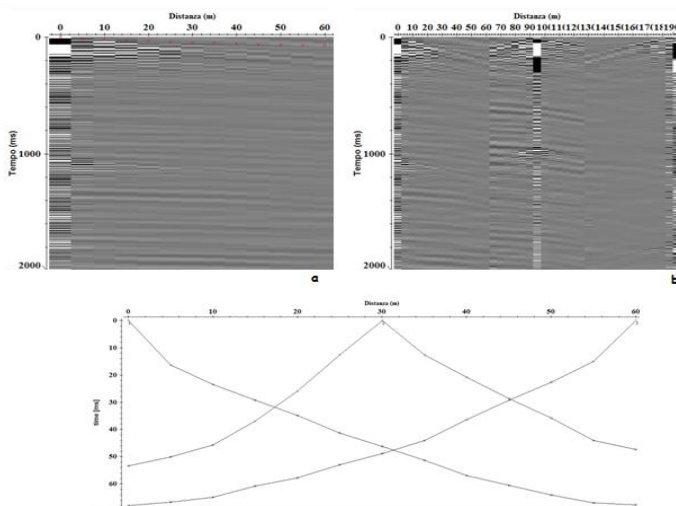


Fig. 6: a) sismogrammi delle 3 energizzazioni; b) esempio di picking dei primi arrivi; c) Dromocrone relative al profilo sismico. A - B (sito LP\_1)

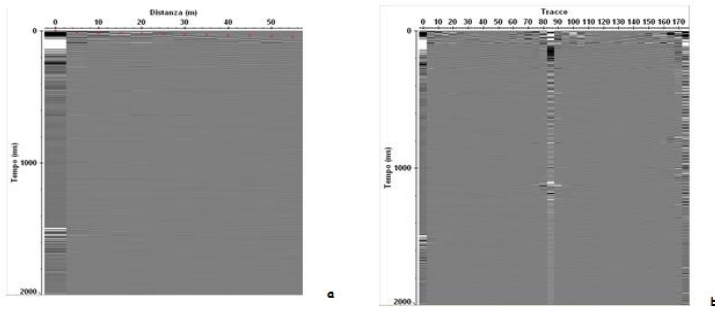


Fig. 7: a) sismogrammi delle 3 energizzazioni; b) esempio di picking dei primi arrivi; c) Dromocrone relative al profilo sismico. C – D (sito LP\_2)

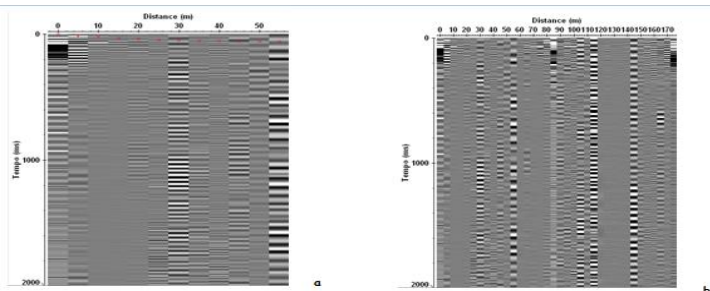
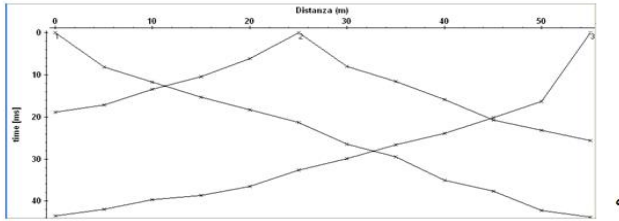


Fig. 8: a) sismogrammi delle 3 energizzazioni; b) esempio di picking dei primi arrivi; c) Dromocrone relative al profilo sismico. E – F (sito LP\_3)

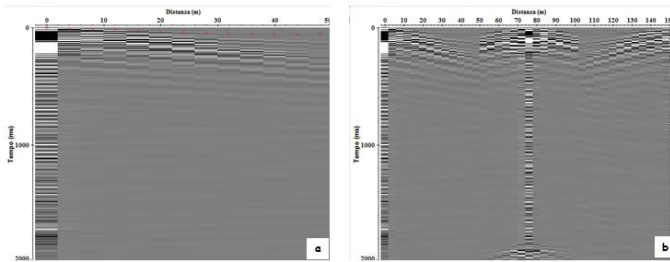
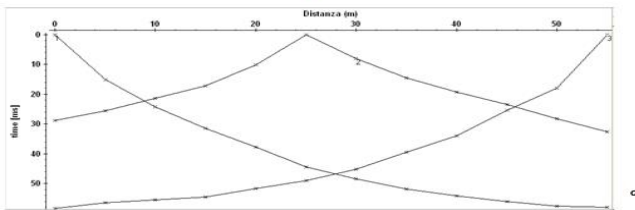
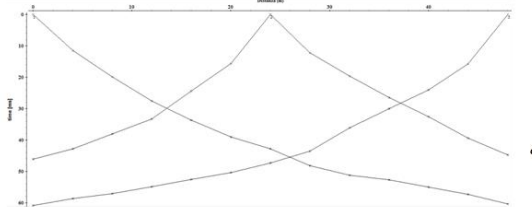


Fig. 9: a) sismogrammi delle 3 energizzazioni; b) esempio di picking dei primi arrivi; c) Dromocrone relative al profilo sismico. G – H (sito LP\_4)



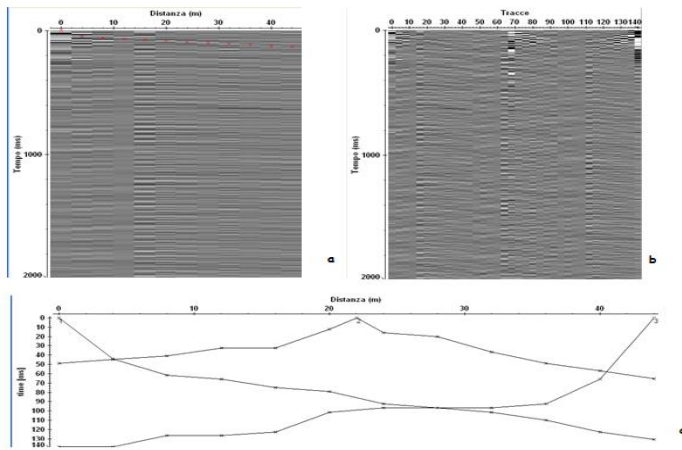


Fig. 10: a) sismogrammi delle 3 energizzazioni; b) esempio di picking dei primi arrivi; c) Dromocrone relative al profilo sismico. I – L (sito LP\_5)

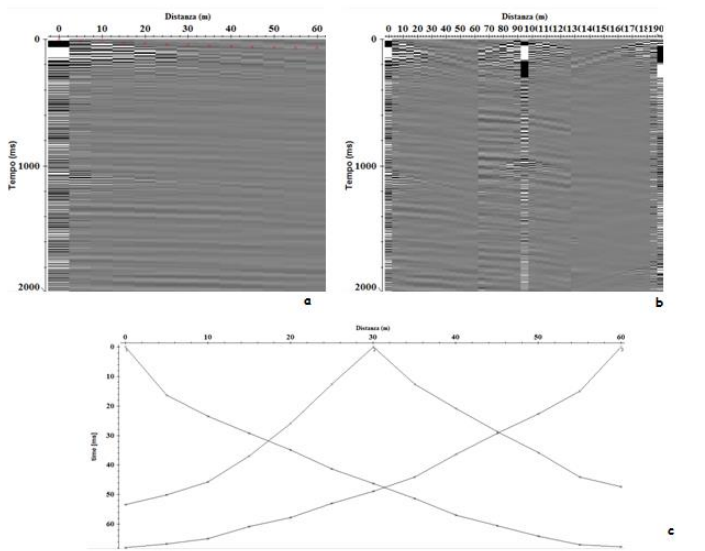


Fig. 11: a) sismogrammi delle 3 energizzazioni; b) esempio di picking dei primi arrivi; c) Dromocrone relative al profilo sismico. M – N (sito S.U. e Ampliamento S.E.)

La elaborazione delle stesse mediante algoritmi sofisticati permette di ottenere il modello di distribuzione delle velocità  $V_p$  (Fig. 12, 13, 14, 15, 16 e 17).

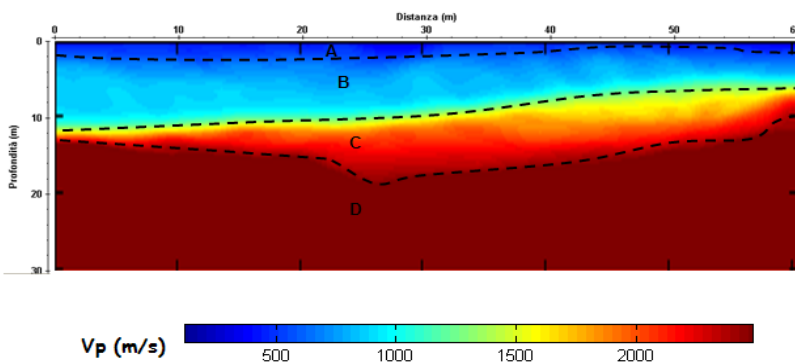


Fig. 12: Modello di distribuzione delle velocità  $V_p$  a varie profondità STESA SISMICA A – B (sito LP\_1)



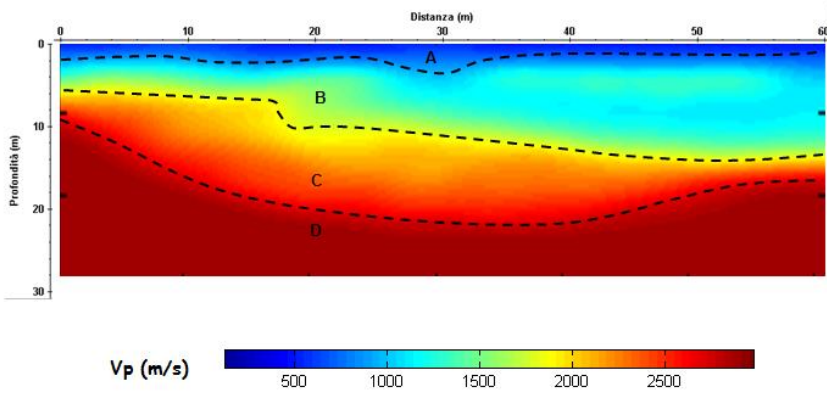


Fig. 13: Modello di distribuzione delle velocità  $V_p$  a varie profondità STESA SISMICA C - D (sito LP\_2)

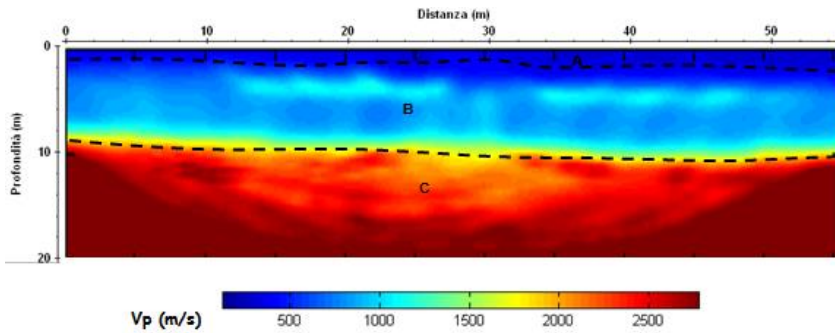


Fig. 14: Modello di distribuzione delle velocità  $V_p$  a varie profondità STESA SISMICA E - F (sito LP\_3)

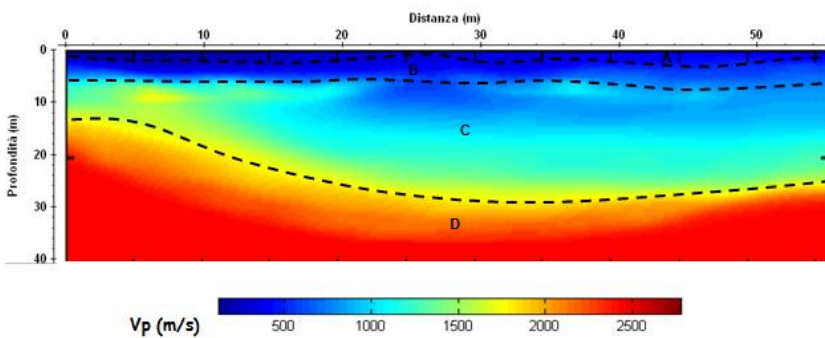


Fig. 15: Modello di distribuzione delle velocità  $V_p$  a varie profondità STESA SISMICA G - H (sito LP\_4)

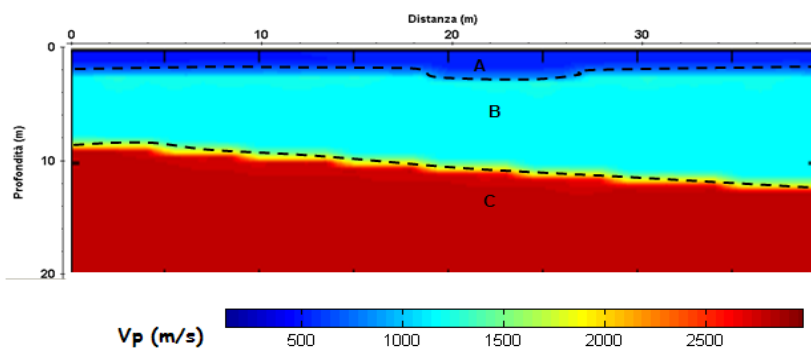


Fig. 16: Modello di distribuzione delle velocità  $V_p$  a varie profondità STESA SISMICA I - L (sito LP\_5)

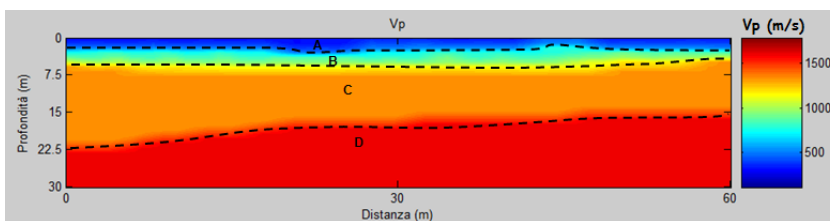
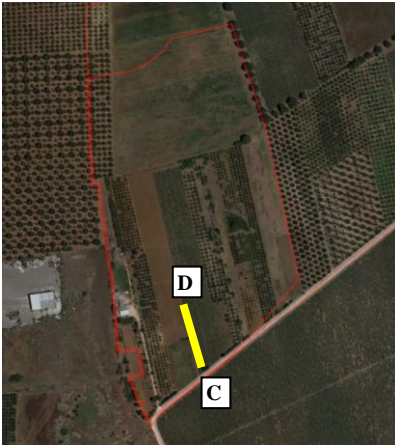


Fig. 17: Modello di distribuzione delle velocità  $V_p$  a varie profondità STESA SISMICA M - N (sito S.U. e Ampliamento S.E.)



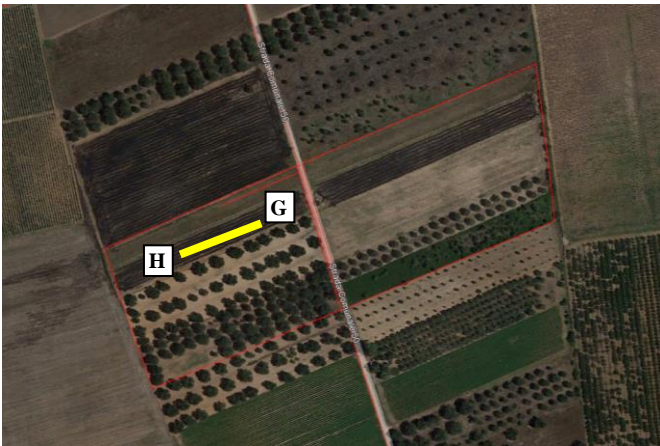
(sito LP\_1)



(sito LP\_2)



(sito LP\_3)



(sito LP\_4)



(sito LP\_5)



(sito S.U. e Ampliamento S.E.)

Fig. 18: Ubicazione indagini geognostiche



Foto 1 Stendimento sismico 1 (LP\_1)



Foto 2 Stendimento sismico 2 (LP\_2)



Foto 3 Stendimento sismico 3 (LP\_3)



Foto 4 Stendimento sismico 4 (LP\_4)



Foto 5 Stendimento sismico 5 (LP\_5)



Foto 6 Stendimento sism. 6 (sito S.U./Ampliamento S.E.)

## 5. SISMICITA' DELL'AREA

I siti di studio ricadono in agro di Brindisi e Mesagne che ricadono in zona sismica 4 della aggiornata classificazione sismica nazionale (PCM del 20.03.03 n° 3274 e e DGR Puglia n. 153/2004).

Il D.M. n. 8 del 17/01/2018 ha stabilito che le indagini geognostiche devono anche classificare il terreno di fondazione dal punto di vista della sua risposta alle azioni sismiche. Per poter definire la categoria di suolo fra le 5 previste al punto 3.2, ai fini della attribuzione dei parametri previsti al punto 3.2.2, è necessario oltre ad effettuare la stratigrafia, valutare la velocità di propagazione delle onde mediante microzonazione sismica.

Nel nostro caso sono stati presi in riferimento i dati desunti da un'indagine geognostica di tipo sismico con il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) effettuata sul sito.

Nelle prospezioni sismiche per le quali si utilizzano le onde di tipo **P**, la maggior parte dell'energia sismica totale generata si propaga come onde superficiali di tipo **Rayleigh**. Ipotizzando una variazione di velocità dei terreni in senso verticale, ciascuna componente in frequenza di queste onde è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione (chiamata velocità di fase) e quindi da una diversa lunghezza d'onda. Questa proprietà si chiama *dispersione*. Sebbene le onde superficiali siano considerate rumore per le indagini sismiche che utilizzano le onde di volume (riflessione e rifrazione), la loro proprietà dispersiva può essere utilizzata per studiare le proprietà elastiche dei terreni superficiali. La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (**Vs**), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di **Rayleigh** è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali. Per ottenere un profilo verticale di velocità **Vs** bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di *dispersione*, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a rifrazione. MASW può essere efficace anche con solo dodici canali di registrazione collegati a geofoni verticali a bassa frequenza (4.5 Hz). Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde **S** (**Vs**) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1) acquisizione dei dati sperimentali; 2) estrazione della curva di dispersione; 3) inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D), che descrive la variazione di Vs con la profondità.

I risultati di tutte le prove eseguite, attribuiscono il terreno alla categoria B (Tab. 3.2.II).

**Categoria 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.

Per quanto riguarda le condizioni topografiche per configurazioni superficiali semplici si può adottare la categoria T1 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$  (Tab. 3.2.III). Per quanto concerne la sensibilità dei terreni alla liquefazione, dato che i terreni affioranti hanno una consistenza lapidea, il sito ha una sensibilità alla liquefazione nulla.

Di seguito si riportano i parametri sismici dell'area, calcolati considerando la classe d'uso dell'edificio pari a Classe II ove: **F<sub>0</sub>** Fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale ed ha valore minimo pari a 2,2, **TC** Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro dato da:  $T_c = C_c \cdot T_c^*$ , dove  $T_c^*$  è definito al § 3.2 della norma e  $C_c$  è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo, **Ag** accelerazione orizzontale massima al suolo, **Ss** coefficiente stratigrafico, **St** coefficiente topografico, **Cc** coefficiente che modifica il valore del periodo **T<sub>c</sub>**, **Kh** è coefficiente orizzontale dell'azione sismica e **Kv** coefficiente verticale dell'azione sismica La Vita Nominale è pari a 50 anni; Coefficiente della Classe d'uso  $C_u = 1,0$ ; Periodo di riferimento per l'azione sismica  $V_r = V_N \times C_u = 50$  anni

## PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA METODO HAZARD1 APPLICATO ALL'AREA DI STUDIO

### FASE I (PT1)

1) *Inclinazione dell'area <10% (Peso +2); 2) Litologia - Roccia semicoerente (calcareniti e Calcare fratturato), (Peso +6); 3) Giacitura degli strati - Strati orizzontali (Peso +10); 4) Uso del suolo - Area agricola (Peso -2)*

Somma dei pesi parziali: 16 (Situazione Limitata) PESO PT1 = + 1,0

### FASE II (PT2)

1) *Processi gravitativi - Nessun fenomeno franoso (Peso 0); 2) Acque superficiali - Area interessata da possibili fenomeni di allagamento (Peso +2); 3) Falda freatica superiore a 10 mt. dal p.c. (Peso 0); 4) Morfotettonica - Area con pendenze nulle (Peso 0); 5) Caratteristica tecnica dei terreni - Roccia tenera (Peso +3)*

Somma dei pesi parziali: 5 (Classe di instabilità Bassa) PESO PT2 = +1,0

### FASE III (PT3)

Fattore di amplificazione - Fattore di amplificazione  $\geq 1,2$  (Instabilità medio) PESO PT3 = +2,0

La pericolosità sismica globale è data, dalla somma algebrica dei 3 pesi parziali. In questo caso:

$$P_{tot} = PT1 + PT2 + PT3 = 1,0 + 1,0 + 2,0 = 4,0 \text{ (Rischio sismico Medio-Bassa)}$$

Questo valore appare adeguato rispetto alle condizioni geologiche del sito.

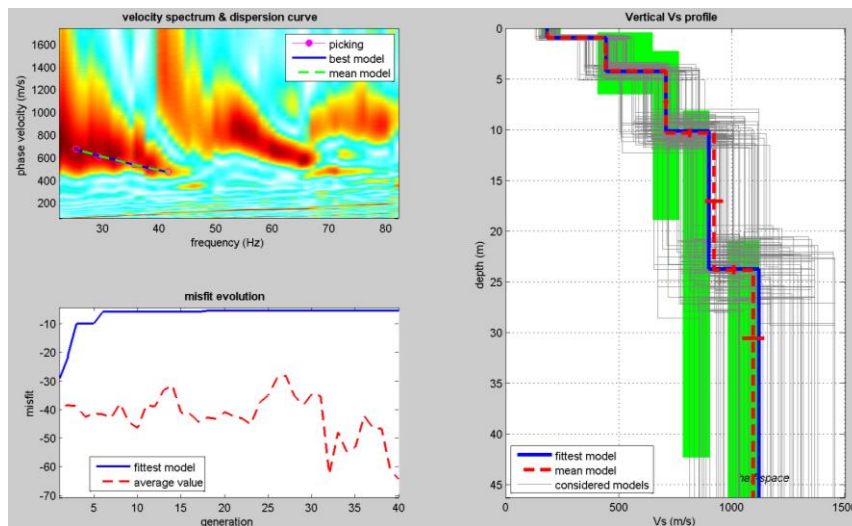


Fig. 19 andamento delle onde S con la profondità Vs eq misurato pari a 612 m/s per i primi 6 - 7 metri di profondità

**Parametri Sismici**

<i>STATO LIMITE CONSIDERATO</i>	<b>Prob. Di Superamento (%)</b>	<b>Tr (anni)</b>	<b>Ag (g)</b>	<b>Fo (-)</b>	<b>Tc (s)</b>
<i>Stato Limite di Esercizio (SLO)</i>	81	30	0,013	2,330	0,151
<i>Stato Limite di Esercizio (SLD)</i>	63	50	0,018	2,287	0,188
<i>Stato Limite Ultimo (SLV)</i>	10	475	0,044	2,522	0,446
<i>Stato Limite Ultimo (SLC)</i>	5	975	0,055	2,604	0,515

**Coefficienti Sismici**

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,200	1,610	1,000	0,003	0,002	0,155	0,200
SLD	1,200	1,540	1,000	0,004	0,002	0,211	0,200
SLV	1,200	1,290	1,000	0,011	0,005	0,522	0,200
SLC	1,200	1,260	1,000	0,013	0,007	0,642	0,200

## 6. MODELLO SISMICO DELL'AREA DI SEDIME

Il modello geotecnico dell'area di sedime rinveniente dall'analisi delle indagini geognostiche eseguite è il seguente (i dati delle profondità sono una media dei valori individuati):

- ◆ terreno vegetale (circa 0,5 – 1,5 m.) (Sismostrato A)
- ◆ Calcareniti e sabbie dei D.M.T. (circa 7,0 – 9,0 m.) (Sismostrato B)
- ◆ Limi sabbioso argillosi; potenza stimata circa 10 - 30 metri (Sismostrato B)
- ◆ Calcareniti di Gravina potenza da 0 a 10 metri; (Sismostrato C)
- ◆ Calcarea di Altamura (Sismostrato C e D)

### TABELLA RIEPILOGATIVA

STRATO	V <sub>P</sub> (m/s)	V <sub>S</sub> (m/s)	Coeff. di Poisson (μ)	γ Densità Naturale g/cm <sup>3</sup>	E Modulo Elastico dinamico (Mpa)	Bulk	Angolo di attrito(ψ)(°)	G <sub>0</sub> Modulo Taglio (Mpa)	Modulo Lamé	R Rigidità sismica
A	500	225	0.37	1.65	229	263	23 - 27	83	245	3.7
B	1300	600	0.36	1.9	1867	2146	20 - 22	684	1843	11.4
C	2200	1130	0.32	2.05	6827	7852	36 - 40	2508	6502	22.4

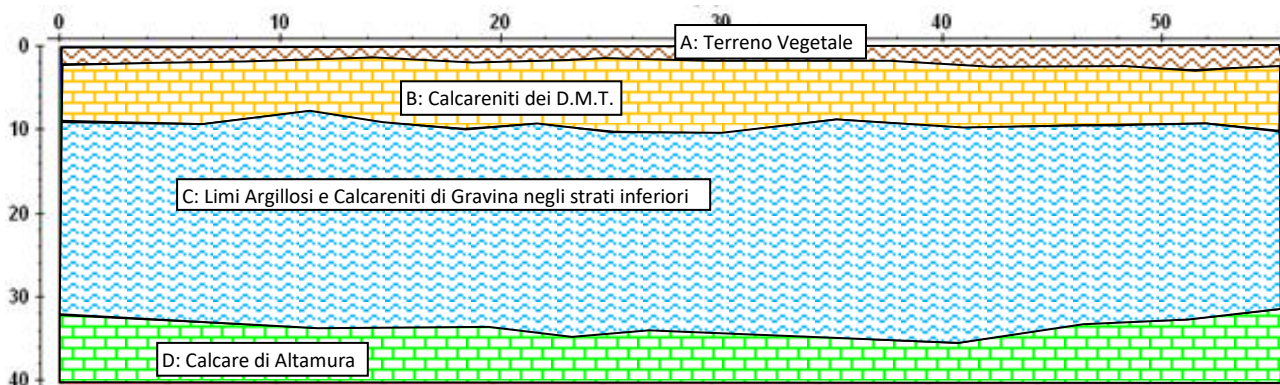


Fig. 20 Modello Geologico e Geotecnico e Sezione longitudinale area di sedime

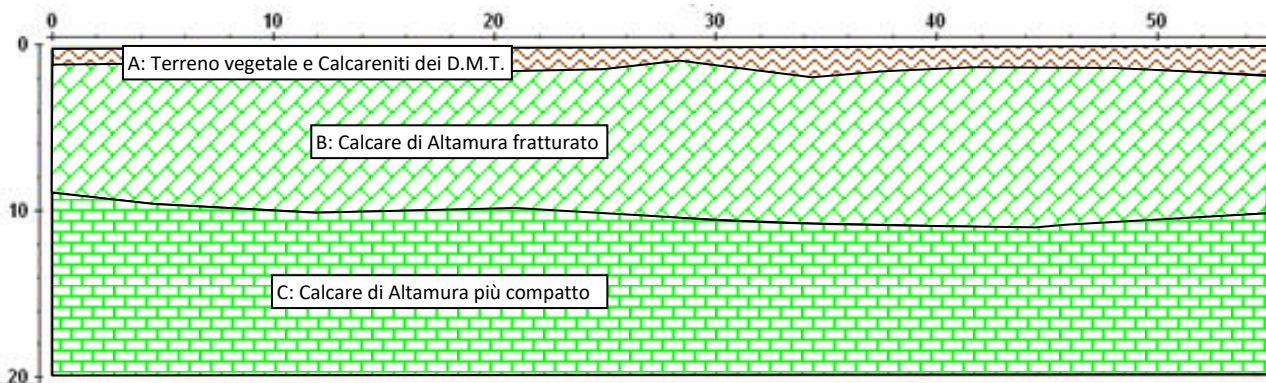


Fig. 21 Modello Geologico e Geotecnico e Sezione longitudinale area di sedime sito LP\_3



## **7. CONCLUSIONI**

Dallo studio geologico e geotecnico effettuato sul sito si evince quanto segue:

- 1) La geologia dell'area è caratterizzata dopo uno strato di terreno vegetale e alluvionale dello spessore di 0,5 e 1,5 metri, da Sabbie calcarenitiche mediamente cementate dei D.M.T. per spessori di 1,0 – 9,0 metri (gli spessori più piccoli presso il sito LP\_3, cfr. Fig. 6) che poggiano su uno strato di limi argillosi di spessore variabile tra 10 e 30 metri. Sul sito LP\_3 è possibile rinvenire subito sotto i D.M.T., o addirittura in affioramento i Calcari di Altamura.
- 2) I siti ricadono in zona sismica 4 della aggiornata classificazione sismica nazionale (PCM del 20.03.03 n° 3274 e Allegato 1 all'ordinanza 3274);
- 3) La categoria sismica attribuita al sedime fondale è Categoria B;
- 4) La pericolosità sismica globale è pari a 4,0 cioè un Rischio Sismico Medio-Basso;

### **II GEOLOGO**

**Dott. Geol. Jean Vincent C. A. STEFANI**

