



MINISTERO DELLA
TRANSIZIONE ECOLOGICA



REGIONE PUGLIA



COMUNE di FOGGIA



Progettazione e Coordinamento	Ing. Giovanni Cis Tel. 349 0737323 E-Mail: giovanni.cis@ingpec.eu												
Studio Ambientale	Arch. Antonio Demaio Tel. 0881.756251 Fax 1784412324 E-Mail: info@studiovega.org												
Studio Naturalistico	Dott. Forestale L. Lupo Corso Roma, 110 71121 Foggia E-Mail: luigilupo@libero.it	Studio Archeologico											
Studio Geologico	Studio di Geologia Tecnica & Ambientale Dott.sa Geol. Giovanna Amedei Via Pietro Nenni, 4 - 71012 Rodi Garganico (Fg) Tel./Fax 0884.965793 Cell. 347.6262259 E-Mail: giovannaamedei@iiscail.it								Progettazione Elettromeccanica	Ing. Giovanni Cis Tel. +39 349.0737323 - E-Mail: giovanni.cis@ingpec.eu			
Proponente	 Via Reinella SNC - TORREMAGGIORE (FG) codice fiscale e partita iva n. 04217120718		Studio Idraulico	Studio di ingegneria Dott.sa Ing. Antonella Laura Giordano Viale degli Aviatori, 73 - 71121 Foggia (Fg) Tel./Fax 0881.070126 Cell. 346.6330966 E-Mail: lauragiordano@gmail.com									
Opera	PROGETTO PER UN IMPIANTO DI PRODUZIONE AGRO-ENERGETICO INTEGRATO DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI FOGGIA (FG) IN LOCALITA' "BORGO MEZZANONE - MACCHIA ROTONDA"												
Oggetto	Folder Elaborati di progetto Nome file XWIGHTH6_Relazione_Geotecnica Descrizione elaborato Relazione Geotecnica												
00	Febbraio 2022	Emissione per progetto definitivo	VEGA	Arch. A. Demaio	IPC PUGLIA								
Rev.	Oggetto della revisione: presentazione V.I.A. statale		Elaborazione	Verifica	Approvazione								
Scala:	Varie Formato: A4 Codice Pratica XWIGHTH6												



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

INDICE

1- Premessa e Inquadramento Normativo	Pag. 2
2- Inquadramento Geografico dell’Area	Pag. 4
3- Breve Descrizione delle Indagini Geognostiche svolte	Pag. 6
4- Azione Sismica e Categoria del Suolo	Pag. 9
5 – Situazione Statica Generale – Studio Geotecnico del Sotto-suolo di Fondazione	Pag. 16
6- Considerazioni Conclusive	Pag. 18

APPENDICE

Allegato 1	Risultati Prospezioni Sismiche
-------------------	---------------------------------------



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

- **1 – PREMESSA**

E INQUADRAMENTO NORMATIVO

La presente relazione, redatta secondo il punto 4.2.3 della D.D. n. 1/2011 – Istruzioni Tecniche - definisce i caratteri geotecnici dei terreni interessati dalle opere puntuali previste nel “**Progetto per un impianto di produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia in località Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda**”.

Per le finalità del presente lavoro ci si è avvalsi della relazione geologica redatta dal Geologo Giovanna Dott.ssa Amedei e dei risultati rinvenuti dalla campagna d’indagine svolta, che hanno consentito di ricostruire gli spessori, le giaciture ed i rapporti stratigrafici delle formazioni geolitologiche presenti nel sottosuolo di tutta l’area di progetto.

Per caratterizzare da un punto di vista geologico-tecnico e sismico il sito di progetto è stata condotta una campagna d’indagine consistente in:

- n. 1 prova sismica a rifrazione;
- n. 1 prove sismiche attive del tipo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), che si basano sulla misurazione e analisi delle onde di Rayleigh.



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

Per la redazione della presente relazione geotecnica si è avvalsi, non da ultimo, della raccolta di dati e notizie bibliografiche ottenute da fonti ufficiali pubbliche e private, e delle conoscenze geologiche del territorio di Foggia acquisite nel tempo dal gruppo di progettazione.

Dal punto di vista Legislativo, invece, si sono tenute in debito conto le indicazioni programmatiche e tecniche, oltre che le norme, contenute nei seguenti provvedimenti:

*Decreto Ministeriale 14.01.2008 (G.U. 4 febbraio 2009 n. 29 – Suppl. Ord.)
“Norme tecniche per le costruzioni”*

*Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Istruzioni per l’applicazione delle
“Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008, Circolare
2 febbraio 2009;*

*Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Pericolosità sismica e Criteri generali
per la classificazione sismica del territorio nazionale, Allegato al voto n. 36 del
27.07.2007*

*Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 2 febbraio 2009,
n. 617 (G.U. del 26 febbraio 2009, n. 47);*

*“Istruzioni per l’applicazione delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al
D.M. 14 gennaio 2008”. Eurocodice 7 – “Progettazione geotecnica” –ENV 1997
–1*

*D.G.R. 2 marzo 2004, n. 153 -L.R. 20/00 -O.P.C.M. 3274/03 – Individuazione
delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere
strategici e rilevanti -Approvazione del programma temporale e delle indicazioni
per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi*



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

2 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA

La Città di Foggia è posta al centro del Tavoliere della Puglia, tra il Torrente Celone e il Fiume Cervaro.

Nello specifico i terreni dove è stato localizzato il nuovo parco fotovoltaico, sono situati a sud ovest del centro abitato di Foggia in località Contrada Macchia Rotonda in prossimità della frazione di Borgo Mezzanone e sono attualmente utilizzati principalmente per la coltivazione agricola (Fig. 1).



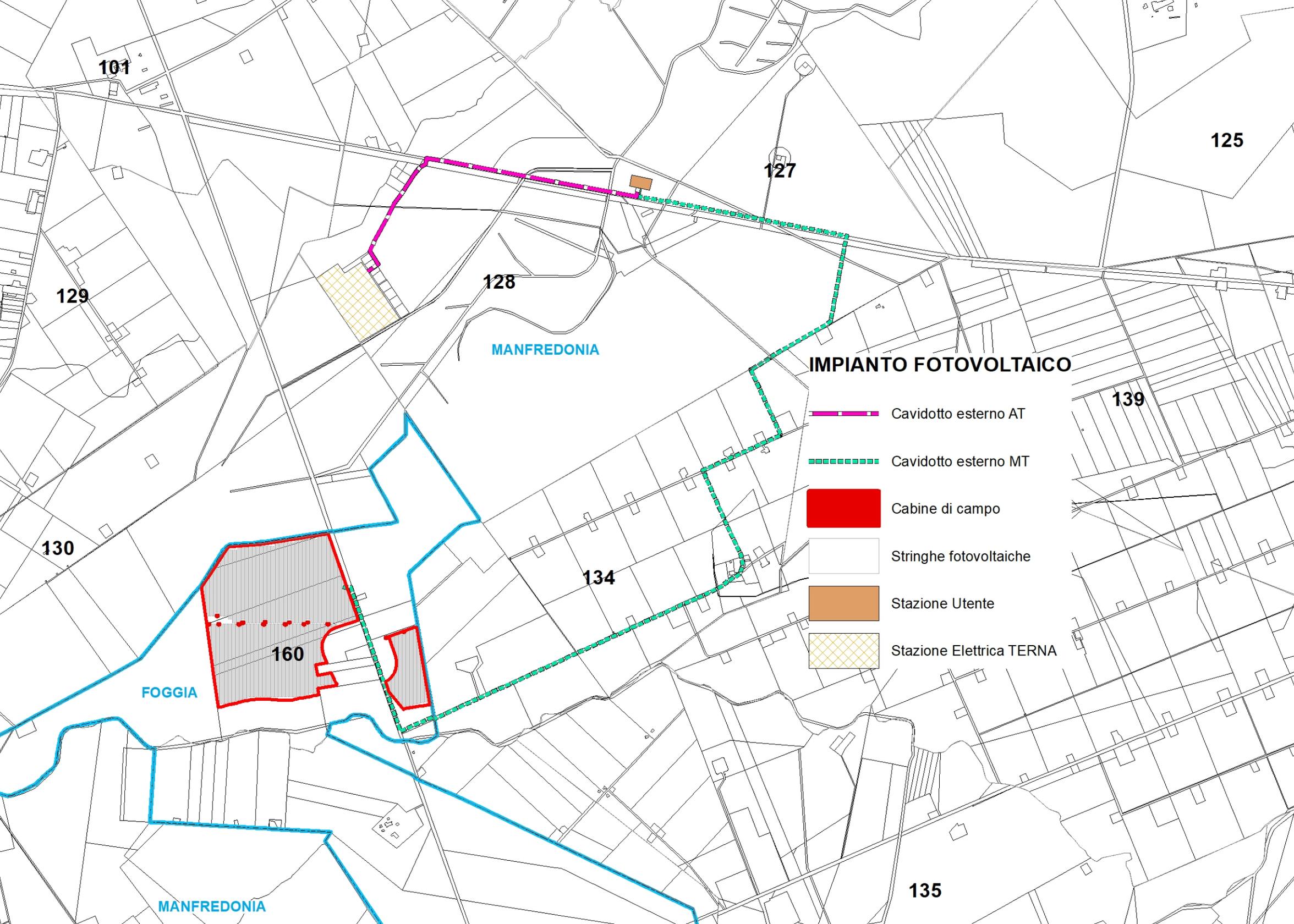
(Fig. 1: Ubicazione area d'intervento)



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

Dal punto di vista catastale le aree sono individuabili secondo il prospetto allegato:

<i>Comune</i>	<i>Località</i>	<i>Fgl di Mappa</i>	<i>P.lle</i>
<i>Foggia</i>	<i>Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda</i>	<i>160</i>	<i>7, 43, 44, 45, 66 e 69</i>



IMPIANTO FOTOVOLTAICO

-  Cavidotto esterno AT
-  Cavidotto esterno MT
-  Cabine di campo
-  Stringhe fotovoltaiche
-  Stazione Utente
-  Stazione Elettrica TERNA



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

3- BREVE DESCRIZIONE DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE SVOLTE

Al fine di caratterizzare i terreni dal punto di vista geologico - sismico, stante il grado di progettazione preliminare/definitivo, si è ricorso ad indagini di tipo indirette; attraverso l’acquisizione e l’analisi di diversi parametri geofisici, è stato possibile fornire un’interpretazione attendibile sulle condizioni e sulle caratteristiche del sottosuolo.

In totale sono state eseguite n. 1 sismica a rifrazione per la determinazione della Vs30 con relativa MASW .

Le indagini sono state programmate secondo l’ubicazione riportata alla Fig. n. 2.



Fig. 2: Ubicazione Indagini eseguite



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

Per l'indagine sismica è stato utilizzato un sismometro a rifrazione tipo MAE A6000S, in configurazione a 24 canali con acquisizione computerizzata dei dati, massa battente di 10 kg quale sorgente generatrice di onde sismiche e sensori (geofoni P) con frequenza di 4.5 Hz; questo ha permesso di caratterizzare elastomeccanicamente i terreni in posto. Il profilo ha avuto una lunghezza complessiva di 36 m, con offset di 3 m e interdistanza geofonica pari a 1.5 ml.

Le indagini geosismiche vengono realizzate applicando il metodo della sismica a rifrazione, che utilizza la determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) e talvolta trasversali (onde S) nel sottosuolo. Tali onde sono generate, e si propagano nel terreno, ogni qualvolta quest'ultimo è sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale, sia artificiale (esplosioni, mazze battenti, ecc.) – Fig. 3.

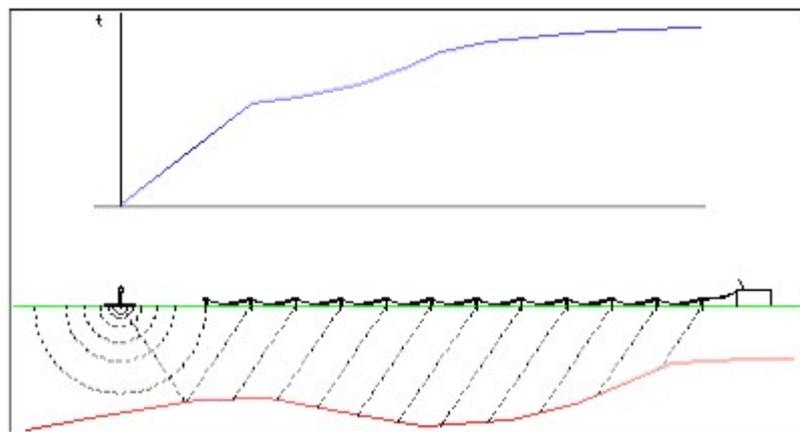


Fig. 3: Esempio di propagazione delle onde sismiche

La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto di sparo), in corrispondenza di una molteplicità



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni). Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà meccaniche e fisiche dei terreni e la compattezza dei materiali da queste attraversati. Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla probabile composizione litologica di massima dei terreni, al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo ("bedrock"), alla sua forma e talora, in terreni alluvionali, alla profondità della falda freatica. L'elaborazione dei dati sismici con un completo modello matematico bidimensionale appoggiato da procedure iterative, consente di massimizzare la risoluzione e il dettaglio di ricostruzione del modello di velocità attribuito al terreno in esame. Utilizzando, quindi, le distanze tra il punto di scoppio e quello di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, sono ricavate le dromocronie (curve tempi-distanze), dalle quali si risale, tramite opportuno programma di calcolo, alle velocità reali nei singoli strati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione. Questa procedura di tipo “classico” è stata seguita per fornire un modello di velocità iniziale alla procedura d'iterazione topografica.



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

4- AZIONI SISMICHE **E CATEGORIA DEL SUOLO**

La definizione del valore VS30, velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m del sottosuolo, è calcolata, come prescritto dalle NTC 2018 ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, mediante la relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazione di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori. Nei punti dell’area investigata è stato possibile calcolare il parametro Vs30 attraverso il modello di Vs-profondità, ottenuto mediante l’analisi MASW, a cui è poi stata associata la relativa categoria di suolo di fondazione secondo quanto indicato nella Nuova Normativa Sismica, come da Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018 e successiva Circolare 21 Gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

Sulla base dei valori di V_{s30} , mediamente compresi attorno ai 360 m/s, i suoli indagati possono essere attribuiti alla **Categoria C** ($360 \text{ m/s} < V_{s30} < 800 \text{ m/s}$), ai sensi delle NTC 2018 (Fig. 4).

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70 \text{ kPa}$ nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800 \text{ m/s}$).

Fig. 4: Classificazione sismica terreno

L’area in esame è stata classificata, in base all’O.P.C.M. 3274 del 2003 e successivo aggiornamento n. 3519 del 2006, nella zona sismica di 2° categoria, con le seguenti caratteristiche:

<i>Codice ISTAT 2001</i>	<i>Classificazione 2003</i>	<i>PGA (g)</i>	<i>I</i>
<i>071024</i>	<i>Zona 2</i>	<i>0.25 g</i>	<i>8 MCS</i>

A tutto questo bisogna aggiungere l’amplificazione stratigrafica e topografica dell’area.



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

L'amplificazione stratigrafica per un sottosuolo di categoria **A** prevede i coefficienti **Ss (Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica)** e **Cc (Coefficiente di Sottosuolo)** pari a 1. Per le categorie di sottosuolo **B, C, D** ed **E** i coefficienti **Ss** e **Cc** possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T^* relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V delle NCT 2018, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Per le condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie T topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Per descrivere la pericolosità sismica in un generico sito con precisione sufficiente, sia in termini geografici che in termini temporali, nonché nei modi previsti dalle NTC2018, i risultati dello studio di pericolosità sismica devono essere forniti in termini di valori di accelerazione orizzontale massima a_g e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta, nelle condizioni di sottosuolo rigido affiorante.

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti, dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica *probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR*:

- **A_g (A_{max})** = accelerazione massima al sito;
- **F_o** = 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.



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

Il valore di A_g è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dallo INGV, mentre F_0 e TC^* sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

Lo scuotimento del suolo così individuato deve essere corretto per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie (come visto in precedenza con la determinazione della Categoria di sottosuolo sito specifica C e dei coefficienti di amplificazione topografica $ST = 1,0$ e stratigrafica $S_s = 1,5$)

CATEGORIA DI SUOLO	Da VS30 →	C
COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA ST	T1- superficie pianeggiante ,pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1,0 K
	T2- pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$; in corrispondenza della sommità del pendio	1,2
	T3- Rilievi aventi larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ in corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
	T4- Rilievi aventi larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$; in corrispondenza della cresta del rilievo	1,4
COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA S_s	da tabella 3.2.V (v. tabulati elaborazioni precedenti)	1,5
fattore $S = S_s \cdot ST$		$\bar{S} = 1,5$

Considerando dunque:



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

1. Le coordinate geografiche del sito;
2. La tipologia di costruzione ricadente in classe 1 con Vita Nominale (VN) delle opere in progetto pari a 35 anni e un coefficiente d’uso pari a 0,7, pertanto un periodo di riferimento (VR) pari a 24,5 anni ($VR = VN \times Cu$);

Si ottengono i seguenti parametri sismici:

Dati Generali							
Località		Dati opera		Dati struttura			
Indirizzo Foggia		Tipo opera 2 - Opere ordinarie		Fattore di struttura [q] 3			
Lat. Long. 41,462198 15,54463		Classe d'uso Classe I		Periodo fond. struttura [T] 0,25 [s]			
		V. Nominale 50 V. Rif. 35		Stima automatica Periodo fond. T?			
Parametri sismici su sito di riferimento							
SL	TR [Anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]	Categoria sottosuolo	C	
SLO	30,00	0,45	2,44	0,30	Categoria topografica	T1	
SLD	35,00	0,48	2,46	0,31			
SLV	332,00	1,17	2,59	0,42			
SLC	682,00	1,49	2,61	0,45			
Coefficienti sismici orizzontali e verticali							
Opera	Stabilità pendii e Fondazioni	SL	amax [m/s ²]	β	k _{hk} [-]	k _{vk} [-]	K _{hi} [-]
		SLO	0,675	0,2	0,0138	0,0069	0,168
		SLD	0,72	0,2	0,0147	0,0073	0,1806
		SLV	1,755	0,24	0,043	0,0215	0,1545
		SLC	2,1785	0,24	0,0533	0,0267	0,1933
Stato limite di riferimento						SLO	

Con i seguenti valori di accelerazione orizzontale



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

FONDAZIONI				
ag accelerazione orizzontale massima	<i>STATO LIMITE</i>			
	<i>SLU SLV</i>		0,047	
	<i>SLU SLC</i>		0,056	
	<i>SLE SLD</i>		0,025	
	<i>SLE SLO</i>		0,025	
amax accelerazione massima	$amax = S * ag = Ss * St * ag$		0,684 <i>per SLV</i>	
Coefficiente sismico orizzontale	$Kh = \beta_s * amax / g$		0,014	
amax accelerazione massima	$amax = S * ag = Ss * St * ag$		0,368 <i>per SLD</i>	
Coefficiente sismico orizzontale	$Kh = \beta_s * amax / g$		0,008	



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

5 – SITUAZIONE STATICA GENERALE **STUDIO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO DELLA** **FONDAZIONE**

Sulla base dei report delle indagini geofisiche e penetrometriche effettuate sul sito interessato dall’impianto fotovoltaico, opportunamente integrati con i risultati di precedenti indagini, è possibile definire la litologia e le caratteristiche geotecniche delle formazioni geolitologiche presenti nel sottosuolo delle aree in esame ed interessate dalle fondazioni delle opere previste.

La successione interpretata risulta quindi composta dalle seguenti litologie:

Profondità	Litologia
0,00 – 2,00 m	<i>Materiale di Riporto e Terreno Vegetale</i>
2,00 – 7,50 m	<i>Deposito Ghiaioso Sabbioso di colore marrone chiaro, con clasti eterometrici e a spigoli arrotondati e subarrotondati di natura prevalentemente calcarea</i>
7,50 – 9,50 m	<i>Deposito Limo Sabbioso con rari clasti calcarei di piccole dimensioni</i>
9,50 – 10,00 m	<i>Ghiaia e Limo Sabbioso di colore marrone</i>



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

Dal punto di vista geotecnico, data la posizione relativamente favorevole del luogo oggetto d'intervento e le comprovate condizioni di stabilità generale, il riconoscimento delle principali caratteristiche del sottosuolo è stato ottenuto mediante la raccolta di dati di base, con il rilevamento geologico tecnico dei dintorni e con i risultati delle indagini sismiche.

Nello specifico i principali valori, riferiti al secondo strato della formazione, sono i seguenti:

<i>Peso di volume (t/m^3)</i>	<i>1.880</i>
<i>Peso di volume saturo (t/m^3)</i>	<i>1.932</i>
<i>Coesione (kg/cm^2)</i>	<i>0.13</i>
<i>Angolo di attrito ($^\circ$)</i>	<i>27.8</i>
<i>Modulo edometrico (Kg/cm^2)</i>	<i>190.2</i>
<i>Coefficiente di Poisson</i>	<i>0.3750</i>
<i>Modulo di Young (kg/cm^2)</i>	<i>4952</i>
<i>Modulo di Taglio (kg/cm^2)</i>	<i>347</i>

Per la determinazione del carico ammissibile del terreno verrà utilizzata la formula proposta da TERZAGHI – BRINCH HANSEN, applicata agli Stati Limite Ultimi, ai sensi del Nuovo Testo Unico per le Costruzioni (NCT 2018).

In ogni caso le verifiche di portanza saranno eseguite sulla scorta dei valori geotecnici che andranno meglio contestualizzati e definiti, in fase di progettazione definitiva/esecutiva, con ulteriori indagini dirette e prove di laboratorio.



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

6- CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il progetto definitivo di cui è stato effettuato lo studio strutturale e geotecnico consiste nel **“Progetto per un impianto di produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia in località Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”**.

Alla luce dello studio geologico condotto su tutta l’area progettuale e delle risultanze delle indagini eseguite è stato possibile costruire un modello geotecnico che attesta l’idoneità del terreno per la posa delle fondazioni dell’impianto progettuale.

In fase di progettazione definitiva/esecutiva sarà necessario ampliare il numero delle indagini in sito al fine di una più dettagliata caratterizzazione geotecnica, indispensabile per i dovuti calcoli strutturali.

In appendice si riportano le indagini eseguite mentre per ulteriori caratterizzazioni si rimanda alla relazione geologica che risulta parte integrante dell’intero progetto

Tanto in adempimento all’incarico conferitomi





Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

APPENDICE



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

REPORT SISMICO

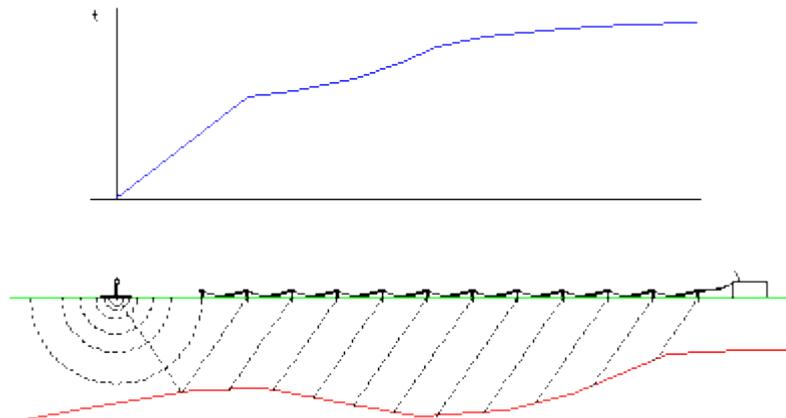


PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE

MASW

RELAZIONE SISMICA

Le indagini geosismiche vengono realizzate utilizzando il metodo sismico a rifrazione, che utilizza la determinazione della velocità di propagazione delle onde longitudinali (onde P) e talvolta trasversali (onde S) nel sottosuolo. Tali onde sono generate, e si propagano nel terreno, ogni qualvolta quest'ultimo è sottoposto a sollecitazioni sia di tipo naturale, sia artificiale (esplosioni, mazze battenti, ecc.).



La tecnica di prospezione sismica a rifrazione consiste nella misura dei tempi di primo arrivo delle onde sismiche generate in un punto in superficie (punto di sparo), in corrispondenza di una molteplicità di punti disposti allineati sulla superficie topografica (geofoni). Lo studio della propagazione delle onde sismiche consente di valutare le proprietà meccaniche e fisiche dei terreni e la compattezza dei materiali da queste attraversati. Mediante questo tipo di indagine si può risalire alla probabile composizione litologica di



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

massima dei terreni, al loro grado di fratturazione, alla geometria delle prime unità sottostanti la coltre superficiale, alla profondità in cui si trova la roccia di fondo ("bedrock"), alla sua forma e talora, in terreni alluvionali, alla profondità della falda freatica. L'elaborazione dei dati sismici con un completo modello matematico bidimensionale appoggiato da procedure iterative, consente di massimizzare la risoluzione e il dettaglio di ricostruzione del modello di velocità attribuito al terreno in esame.

Utilizzando quindi le distanze tra il punto di scoppio e quello di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, sono ricavate le dromocrone (curve tempi-distanze), dalle quali si risale, tramite opportuno programma di calcolo, alle velocità reali nei singoli strati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione. Questa procedura di tipo “classico” è stata seguita per fornire un modello di velocità iniziale alla procedura d'iterazione topografica.

Easy MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale:** onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale:** onda profonda di taglio;
- **L-Love:** onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh:** onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l’analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l’ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l’attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L’analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L’analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E’ possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d’onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l’aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d’onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d’onda. Piccole lunghezze d’onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d’onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

REPORT SISMICO 1

Geofono	Distanza (mt)	Quota (mt)
1	0.00	0.00
2	1.50	0.00
3	3.00	0.00
4	4.50	0.00
5	6.00	0.00
6	7.50	0.00
7	9.00	0.00
8	10.50	0.00
9	12.00	0.00
10	13.50	0.00
11	15.00	0.00
12	16.50	0.00
13	18.00	0.00
14	19.50	0.00
15	21.00	0.00
16	22.50	0.00
17	24.00	0.00
18	25.50	0.00
19	27.00	0.00
20	28.50	0.00
21	30.00	0.00
22	31.50	0.00
23	33.00	0.00
24	34.50	0.00



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

- PRIMI ARRIVI -			
-3,00 mt	17,00 mt [SX]	17,00 mt [DX]	37,50 mt
6,40 ms	23,33 ms		33,20 ms
10,53 ms	21,73 ms		32,53 ms
13,60 ms	20,13 ms		31,87 ms
15,47 ms	18,67 ms		31,73 ms
16,80 ms	16,80 ms		31,20 ms
17,87 ms	15,33 ms		30,53 ms
19,20 ms	13,87 ms		30,13 ms
20,67 ms	12,00 ms		29,07 ms
21,73 ms	9,73 ms		28,67 ms
22,80 ms	6,67 ms		27,60 ms
24,93 ms	4,40 ms		26,80 ms
26,53 ms	2,13 ms		25,60 ms
27,47 ms		1,07 ms	24,53 ms
28,67 ms		1,87 ms	22,80 ms
29,60 ms		4,00 ms	20,93 ms
30,40 ms		5,87 ms	19,73 ms
31,07 ms		8,13 ms	18,67 ms
31,60 ms		11,07 ms	17,07 ms
32,13 ms		13,60 ms	16,13 ms
33,33 ms		15,60 ms	15,07 ms
34,93 ms		16,80 ms	10,40 ms
35,47 ms		18,80 ms	8,13 ms
36,27 ms		20,80 ms	6,13 ms
36,93 ms		23,60 ms	3,07 ms



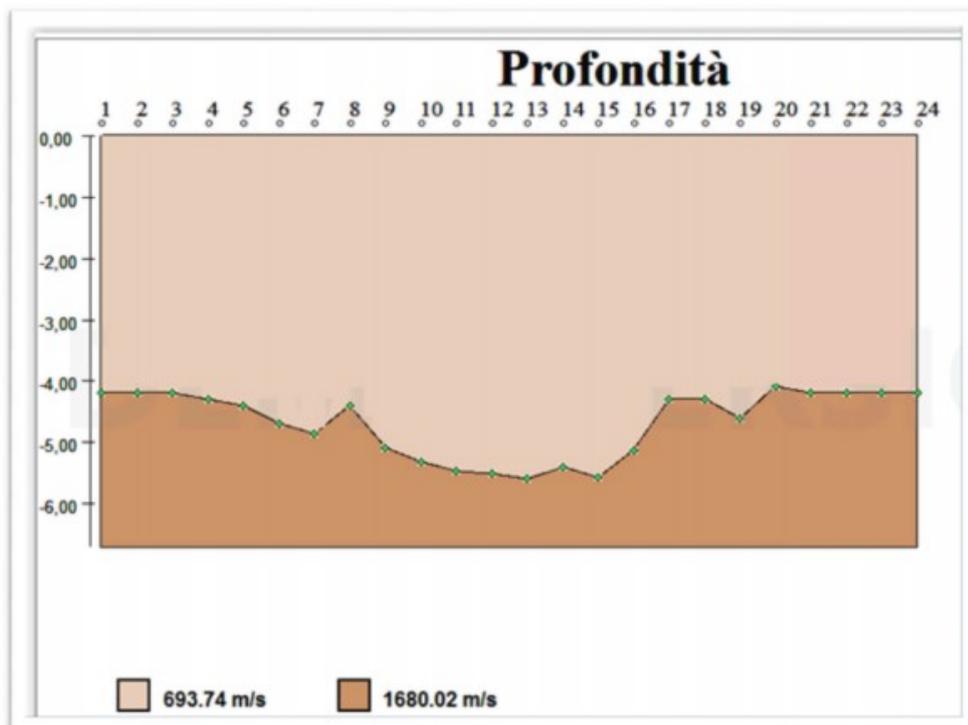
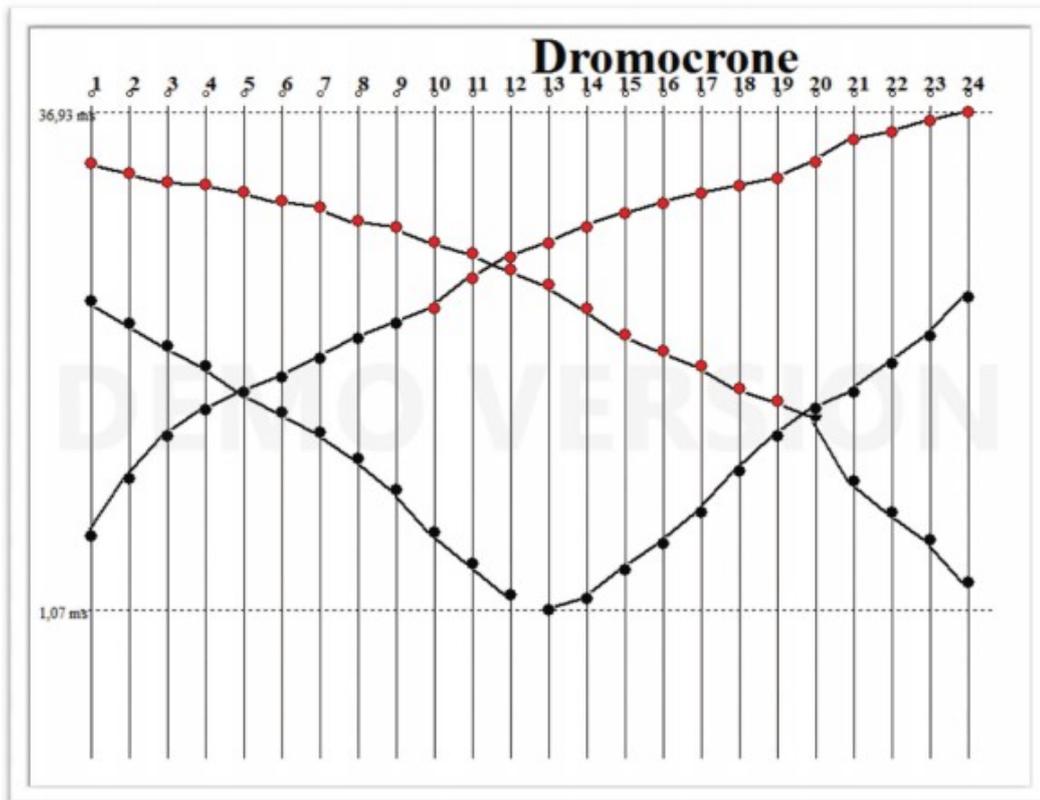
Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

- PROFONDITA' STRATI -

Geofoni	2° strato
1	-4,20 mt
2	-4,20 mt
3	-4,20 mt
4	-4,30 mt
5	-4,40 mt
6	-4,71 mt
7	-4,86 mt
8	-4,40 mt
9	-5,09 mt
10	-5,33 mt
11	-5,47 mt
12	-5,52 mt
13	-5,59 mt
14	-5,42 mt
15	-5,58 mt
16	-5,14 mt
17	-4,30 mt
18	-4,30 mt
19	-4,62 mt
20	-4,10 mt
21	-4,19 mt
22	-4,19 mt
23	-4,19 mt
24	-4,19 mt



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

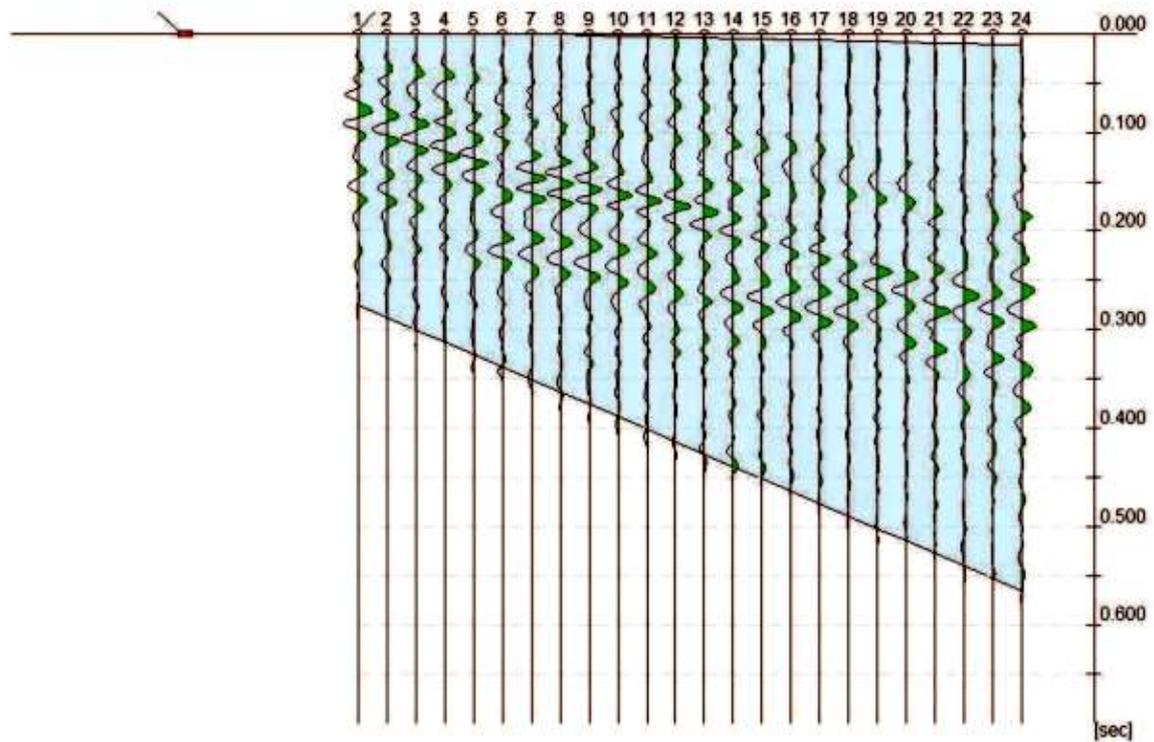




Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

RISULTATI PROVA SISMICA MULTICANALE MASW

REPORT MASW 1

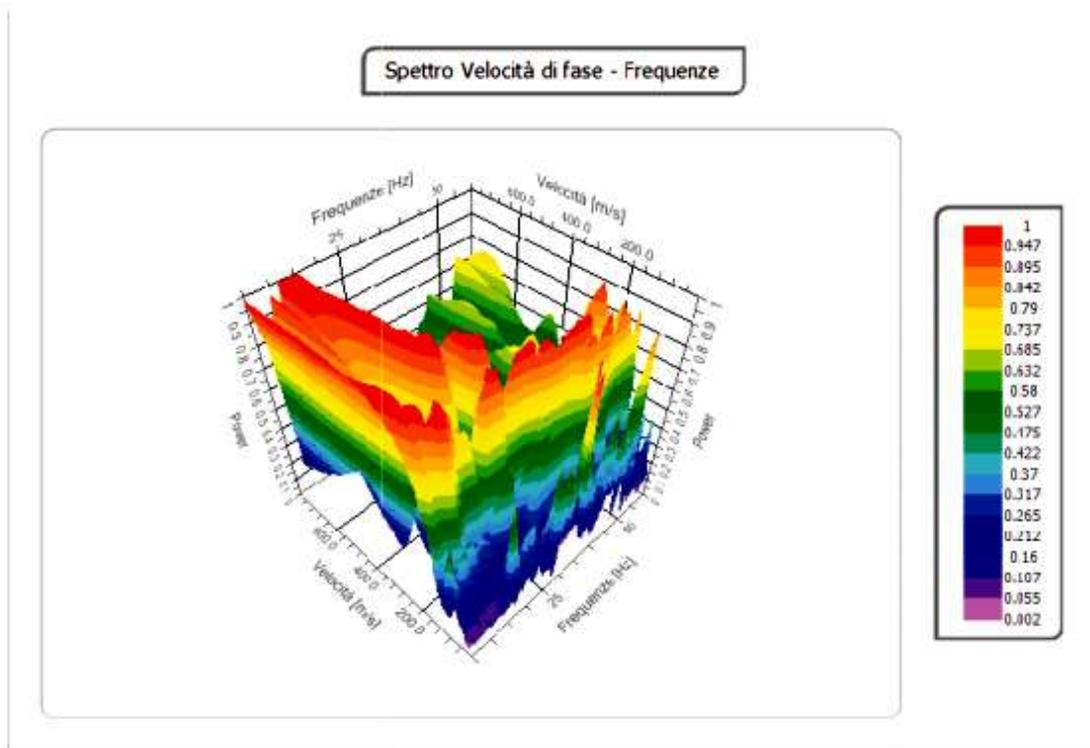




Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”

Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz] | 5
Frequenza massima di elaborazione [Hz] | 60
Velocità minima di elaborazione [m/sec] | 1
Velocità massima di elaborazione [m/sec] | 800
Intervallo velocità [m/sec] | 1

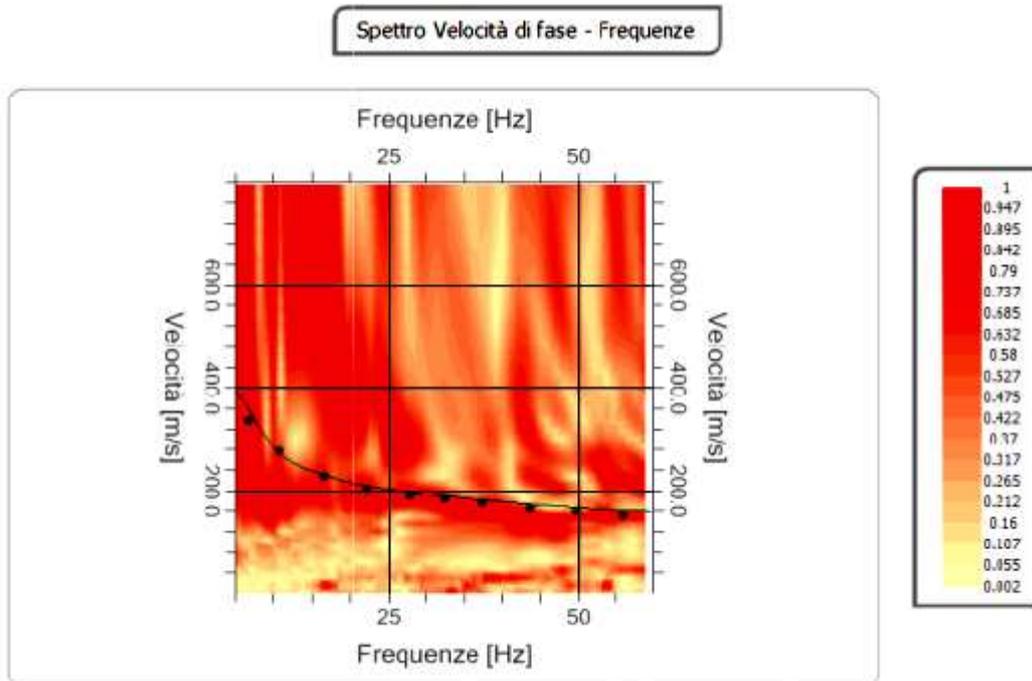


Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	6.6	337.6	0
2	10.8	276.1	0
3	16.6	226.4	0
4	22.2	202.9	0
5	28.0	188.3	0
6	32.4	182.5	0
7	37.5	176.6	0
8	43.7	164.9	0
9	49.9	159.0	0
10	55.9	150.3	0



Progetto Impianto produzione agro – energetico integrato da realizzarsi nel Comune di Foggia – Località “Borgo Mezzanone – Macchia Rotonda”



Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		1.17	1.17	1850.0	0.3	No	266.8	142.6
2		4.32	3.15	1850.0	0.3	No	409.6	219.0
3		7.25	2.93	1900.0	0.3	No	506.5	270.7
4		12.07	4.82	1950.0	0.3	No	631.3	337.4
5		14.59	2.52	1950.0	0.3	No	646.2	345.4
6		16.99	2.40	2000.0	0.3	No	660.6	353.1
7		23.16	6.17	2100.0	0.3	No	765.8	409.4
8		∞	∞	2200.0	0.3	No	854.9	457.0

Percentuale di errore

0.002 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.005

