

Committente



X-Elio Italia 7 S.r.l.

Corso Vittorio Emanuele II n. 349 - 00186 ROMA

Tel.+39 06.8412640 - Fax +39 06.8551726

Partita IVA n° 15465391009

Progettista



Viale Jonio 95 - 00141 Roma - info@architetturasostenibile.com

PROGETTO SE Utente "ORTA NOVA"

Progetto per la realizzazione di un impianto agrovoltaico di potenza pari a 68,475 MWp e relative opere di connessione alla RTN

Località

REGIONE PUGLIA

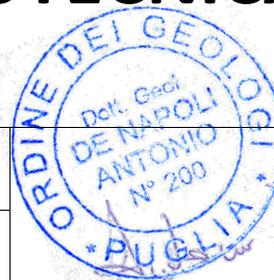
COMUNI DI ORTA NOVA, CERIGNOLA E MANFREDONIA (FG)

Titolo

RELAZIONE SISMICA E GEOTECNICA

Data: 20 luglio 2020

Revisione: 18 agosto 2020-19 ottobre 2021



Codice Elaborato: AS_ORN_R07_SE		
---------------------------------	--	--

Sommario

- Premessa.....	2
- Localizzazione.....	4
- Riferimenti geologici.....	10
- Piano indagini geognostiche.....	10
- Indagine geofisica.....	12
- Sismicità.....	20
- Parametri geotecnici.....	29
- Verifica di stabilità pendii.....	32
Verifica di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche.....	32
- Conclusioni.....	33

Premessa

Il presente progetto è relativo alla realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica con inseguitori ad asse inclinato con rotazione monoassiale e azimuth fisso, ed alloggerà 155.624 moduli fotovoltaici da 440 W, con una potenza complessiva pari a 68.475 kWp, collegati a 35 inverter con $P_{nom} = 1,64$ MW ciascuno, inclusa la sottostazione utente di trasformazione MT/AT e le relative opere di connessione alla SSE Terna S.p.A. di Manfredonia. Tutte le opere saranno realizzate nei Comuni di Orta Nova (FG), Cerignola (FG), Manfredonia (FG) e Foggia.

Il soggetto proponente della pratica è la società X-ELIO ITALIA 7 S.r.l., con sede legale a Roma in Corso Vittorio Emanuele II, n. 349, iscritta nella Sezione Ordinaria della Camera di Commercio Industria Agricoltura ed Artigianato di Roma, Partita IVA e Codice Fiscale n. 15465391009. La Società è soggetta alla direzione e al coordinamento del socio unico X-ELIO ITALIA S.r.l., società a sua volta appartenente al gruppo X-ELIO; tale gruppo nasce nel 2005 in Spagna come Gestamp Asetym Solar, è presente in 12 Paesi al mondo e conta circa 200 impiegati.

Dal 2005 X-ELIO ha progettato e gestito la costruzione di circa 80 impianti solari fotovoltaici in 12 Paesi, tra cui USA, Medio Oriente, Giappone, Sud Africa, Sud America, Australia, Sud Est asiatico, Italia e Spagna. Ad oggi X-ELIO ha partecipato allo sviluppo di impianti fotovoltaici per oltre 650 MW.

Dal 2009 X-ELIO ha goduto di una crescita costante nella sua rete di sviluppo aziendale e svolge la maggior parte delle proprie attività al di fuori del territorio spagnolo, prevalentemente nei Paesi dell'OCSE. X-ELIO è certificata secondo i principi standard di riferimento ISO 9001, ISO 14001, compresa la certificazione secondo la norma OHSAS 18001 per le attività di "Ingegneria, Costruzione e Messa in servizio".

Resta inteso che questi dati potrebbero subire delle leggerissime variazioni in fase esecutiva in base ai modelli di pannelli ed inverter che si troveranno in commercio al momento della costruzione. La potenza nominale finale dell'impianto sarà comunque uguale o al massimo inferiore a 68,475 MW.

Le opere di connessione alla RTN elettrica di Terna SPA, prevedono una nuova sottostazione utente di trasformazione MT/AT e la linea di connessione in AT alla Sottostazione di Manfredonia di proprietà Terna SpA alla tensione di 150 kV. La centrale fotovoltaica sarà suddivisa in due sottocampi ("Campo Nord" e "Campo Sud") posti rispettivamente a circa 8,3 km (per il "Campo Nord") e a circa 10,4 km (per il "Campo

Sud”) dalla nuova sottostazione elettrica di Utente che sarà condivisa con altri due utenti. La potenza nominale dei pannelli è pari a 68,475 MW mentre la potenza nominale degli inverter lato corrente alternata di immissione è pari a 57,4 MW, infine la potenza nominale di immissione permessa da Terna Spa come da STMG è pari a 50 MW.

La sottostazione utente "Xelio 7" sarà ubicata in località Macchia Rotonda, lungo la strada provinciale SP70, nel Comune di Manfredonia (FG), nelle vicinanze della stazione elettrica Terna di Manfredonia e si collegherà a uno stallo che dovrà essere realizzato da Terna sempre all'interno del sedime della attuale stazione Terna (come previsto dalla STMG di Terna); la sottostazione di trasformazione sarà provvista di un trasformatore di almeno 70 MVA 150/30 kV e di tutte le infrastrutture necessarie al collegamento con la Stazione Terna di Manfredonia. Il "Campo Nord" ospiterà una Cabina di Smistamento, più tre Cabine di Trasformazione MT/BT, 30/0,63 kV ("Cabina 1 Campo Nord", "Cabina 2 Campo Nord" e "Cabina 3 Campo Nord"); il "Campo Sud" ospiterà sette Cabine di Trasformazione MT/BT, 30/0,63 kV ("Cabina 1 Campo Sud", "Cabina 2 Campo Sud", "Cabina 3 Campo Sud", "Cabina 4 Campo Sud", "Cabina 5 Campo Sud", "Cabina 6 Campo Sud" e "Cabina 7 Campo Sud") e una cabina di smistamento.

Per maggiori dettagli, fare riferimento alla "Relazione tecnica impianto elettrico".

Elementi dell'impianto

L'impianto sarà costituito dai seguenti elementi:

Strutture per il supporto dei moduli, ciascuna in grado di alloggiare 56 o 84 moduli fotovoltaici, disposti in verticale su due file, in modo da costituire 2 o 3 stringhe da 28 moduli; ogni struttura sarà dotata di motorizzazione per l'inseguimento monoassiale Est-Ovest della radiazione solare opportunamente fondate a mezzo di battitura ed infissione al suolo;

n. 155.642 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino LR4-72HPH-440M da 440 Wp della LongiSolar, per una potenza complessiva di picco pari a 68.474,56 kWp montati sui tracker;

n. 350 quadri di campo, ciascuno capace di raccogliere al massimo 16 stringhe tipo StringBox 160 della Ingeteam, con tensione massima di sistema pari a 1.500 V montati sotto i tracker;

n. 10 Cabine di Trasformazione 30/0,63 kV da ubicare all'interno delle proprietà, secondo le disposizioni indicate negli elaborati planimetrici allegati, disposte una nel "Campo Nord" e una nel "Campo Sud" opportunamente fondate;

n.2 Cabine di Smistamento con funzione di collettori dei cavi provenienti dalle Cabine di trasformazione rispettivamente dei Campi Nord e Sud opportunamente fondate;

n.2 Cabine Servizi Ausiliari dove afferiscono i controlli dei sistemi di sorveglianza (Telecamere, barriere, ecc.), del sistema di monitoraggio (SCADA) e delle stazioni meteo opportunamente fondate;

n. 5 container ISO con funzione di magazzino opportunamente fondati (3 nel Campo Sud e 2 nel Campo Nord);

n. 35 inverter INGECON SUN 1640TL B630 con potenza nominale pari a 1.640 kVA;

n. 8 trasformatori in olio, con potenza pari a 6.560 kVA e rapporto di trasformazione 0,63/30 kV, con tettoia, recinzione e vasca di raccolta per eventuali perdite d'olio;

n. 1 trasformatore in olio con potenza pari a 3.280 kVA e rapporto di trasformazione 0,63/30 kV, ubicato nella cabina 1 del "Campo Nord" con tettoia, recinzione e vasca di raccolta per eventuali perdite d'olio;

n. 1 trasformatore in olio con potenza pari a 2.000 kVA e rapporto di trasformazione 0,63/30 kV, ubicato nella cabina 4 del "Campo Sud" con tettoia, recinzione e vasca di raccolta per eventuali perdite d'olio;

Cavidotto interrato MT (30 kV) per il collegamento tra le cabine di campo e le cabine di smistamento partenze e da queste fino alla stazione di utenza MT/AT secondo il percorso su strada indicato più avanti;

Stazione di Utenza MT/AT in condominio, ubicata in prossimità della stazione RTN di consegna a 150 kV;

Elettrodotto in AT (150 kV) interrato e di collegamento tra la stazione di utenza e la stazione RTN di consegna;

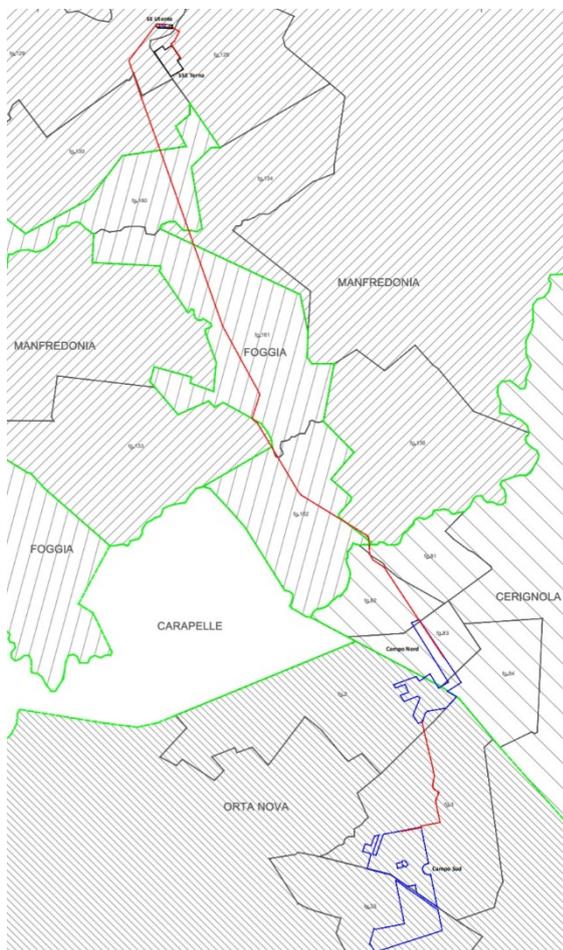
Rete telematica di monitoraggio interna per il controllo dell'impianto mediante trasmissione dati;

Sistema di videosorveglianza con telecamere e pali perimetrali, barriere ad infrarossi, stazione meteo collegati alla stazione di controllo.

Localizzazione

L'impianto fotovoltaico, denominato "Orta Nova" sarà realizzato in Puglia, in provincia di Foggia, sul territorio del comune di Orta Nova e Cerignola coprendo un' area di circa 118 ha.

Specificamente sono previste due aree di impianto fotovoltaico, uno denominato "Campo Nord" ricadente sia nell'agro di Orta Nova che in quello di Cerignola, in località "Rubbia" e l'altro come "Campo Sud" ricadente nel solo agro di Orta Nova in Località "Michieletto", poste tra loro ad una distanza in linea d'aria di circa 1,3 Km.



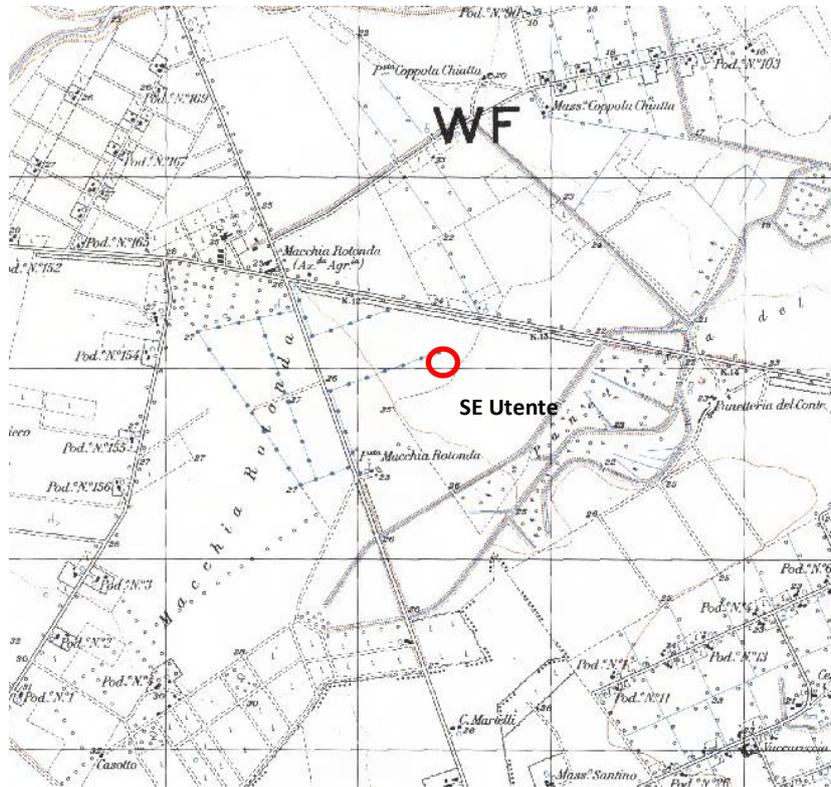
L'accesso alle aree in cui si intende realizzare l'impianto non presentano particolari difficoltà, potendo sfruttare le infrastrutture stradali preesistenti.

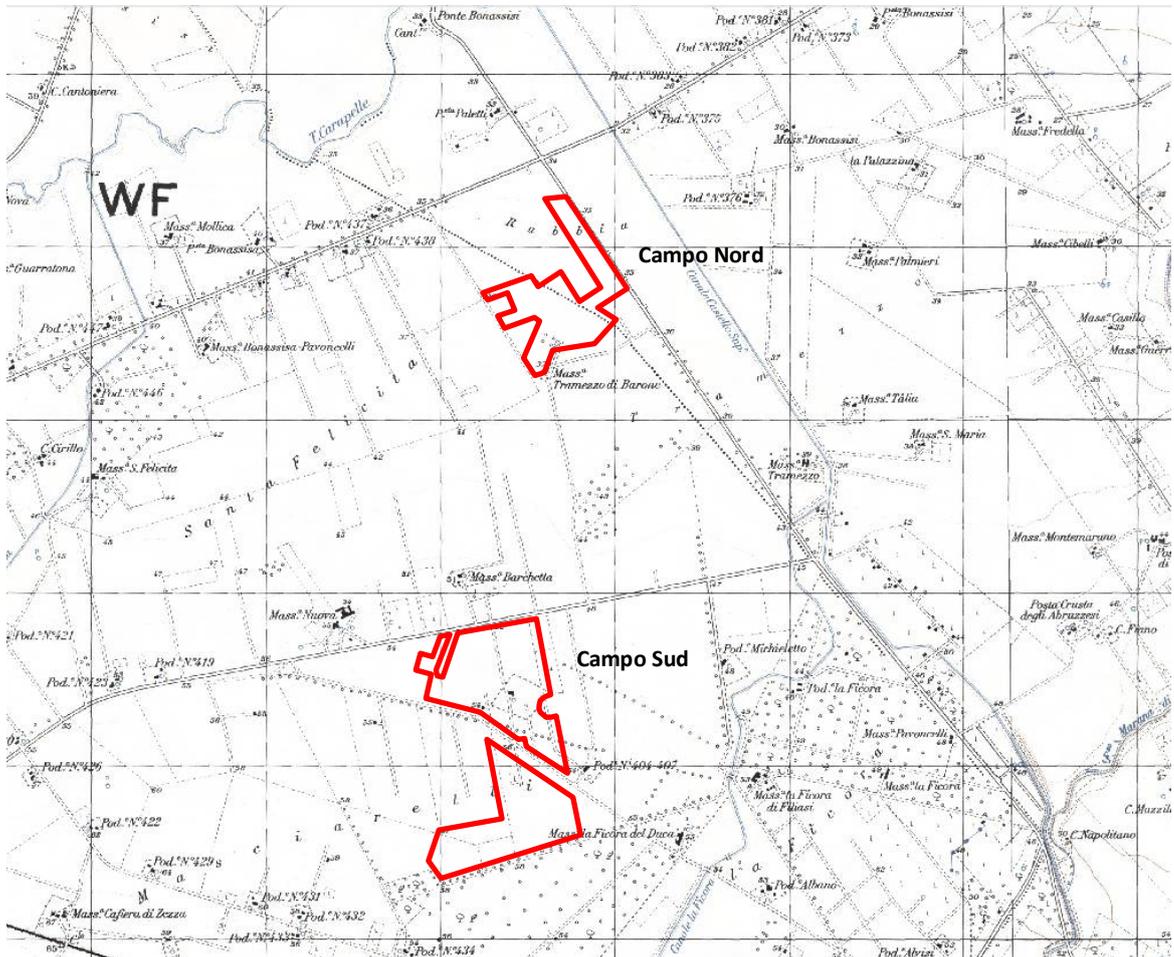
Le aree di impianto distano a circa 7 Km a Est dell'abitato di Orta Nova.

La sottostazione utente "Xelio 7" sarà ubicata in località Macchia Rotonda, lungo la strada provinciale SP70, nel Comune di Manfredonia (FG), nelle vicinanze della stazione elettrica Terna di Manfredonia e si collegherà a uno stallo che dovrà essere realizzato da Terna sempre all'interno del sedime della attuale stazione Terna (come previsto dalla STMG di Terna).

Il cavidotto in media tensione di connessione dell'impianto fotovoltaico in progetto, della lunghezza di circa Km 8, sarà interrato e interesserà il territorio comunale della città di Orta Nova, Cerignola, Foggia e Manfredonia.

Dal punto di vista cartografico, le aree di progetto degli impianti ricadono nel F°164 della Carta I.G.M., tav. II SO “Stazione di Orta Nova” mentre la sottostazione rientra nel F° 164, tav. II NO “Borgo Mezzanone”.





Inquadramento su IGM

Dati catastali

Per l'elenco delle particelle catastali coinvolte dal progetto si rimanda all'elaborato
 QQ4UTP2_Esproprio+Disponibilità.pdf

Le coordinate medie dei siti sono le seguenti:

Campo Nord			Campo Sud		
WGS84 UTM 33N	X: 566641.82457	Y: 4580509.94623	WGS84 UTM 33N	X: 566436.9075	Y: 4578171.25104
WGS84 UTM 32N	X: 1068561.23961	Y: 4602549.8862	WGS84 UTM 32N	X: 1068518.85076	Y: 4600193.39212
Gauss Boaga Est	X: 2586644.8602	Y: 4580590.27316	Gauss Boaga Est	X: 2586439.93345	Y: 4578251.50904
lat/lon WGS84	X: 15.79691	Y: 41.37335	lat/lon WGS84	X: 15.7942	Y: 41.3523

SE		
WGS84 UTM 33N	X: 563317.09325	Y: 4588771.28735
WGS84 UTM 32N	X: 1064655.85343	Y: 4610591.76171
Gauss Boaga Est	X: 2583319.9786	Y: 4588851.85747
lat/lon WGS84	X: 15.75802	Y: 41.44803

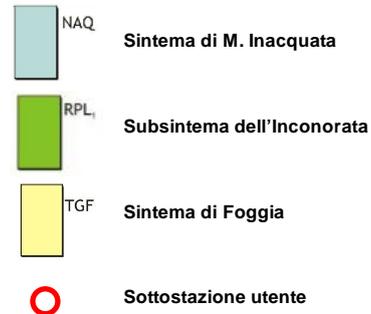
RIFERIMENTI GEOLOGICI

Come riportato nella relazione geologica, l'area in oggetto è caratterizzata da una successione di sabbie limoso-argillose, ghiaie e argille.

Al di sotto dello strato agrario affiorano strati alternati di sabbie ghiaiose per uno spessore medio di 28 m. Inferiormente si passa alle argille sino ad una profondità che può raggiungere i 60 m dal p.c., quindi uno strato di 3-5 m di sabbie cementate e infine le argille grigio-azzurre.

Questo pacchetto litologico generalmente ospita una falda idrica stagionale, molto influenzata, per portata e spessore, dagli eventi metereologici che si susseguono nell'alto Tavoliere. Inoltre, la maggior parte di queste falde sono alimentate anche dagli apporti idrici provenienti dai numerosi reticoli idrografici presenti in zona. La profondità della falda è pari a circa 30 m dal p.c..

La formazione di base delle argille grigio-blu presenta spessori superiori ai 200 m.



Carta geologica F° 409 "Zapponeta"

PIANO INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'indagine geognostica ha previsto l'esecuzione di indagini dirette e indirette di tipo geofisico:

- n° 1 prospezioni sismiche a rifrazione con acquisizione dei sismogrammi Onde P con sistema di energizzazione del tipo a massa battente con n° 3 shot;
- n° 1 indagine sismica MASW;
- n° 2 sondaggi a distruzione di nucleo per ricerca idrica (portale ISPRA)

INDAGINE STRATIGRAFICA

Nell'area oggetto sono state eseguite una serie di perforazioni per la realizzazione di pozzi ad uso irriguo, riportate sul portale dell'ISPRA. Dall'analisi delle stratigrafie allegate è possibile definire i caratteri litostratigrafici dell'area in studio.



○ 199613 Pozzo

Perforazioni ad uso irriguo

Stratigrafie pozzi irrigui

Pozzo 204005 (22.90 m)	
0-2.00	Terreno vegetale
2.00-25.00	Ghiaia
25.00-28.00	Argilla
28.00-35.00	Arenaria
35.00-40.00	Argilla
40.00-50.00	Argilla grigio azzurra
50.00-55.00	Sabbia
55.00-60.00	Argilla grigio azzurra

Pozzo 203289 (21.80 m)	
0-2.00	Terreno vegetale
2.00-12.00	Ghiaia sabbiosa
12.00-28.00	Sabbia ghiaiosa
28.00-42.00	Argilla
42.00-44.00	Ghiaia sciolta
44.00-60.00	Argilla
60.00-63.00	Arenaria
63.00-72.00	Argilla grigio azzurra

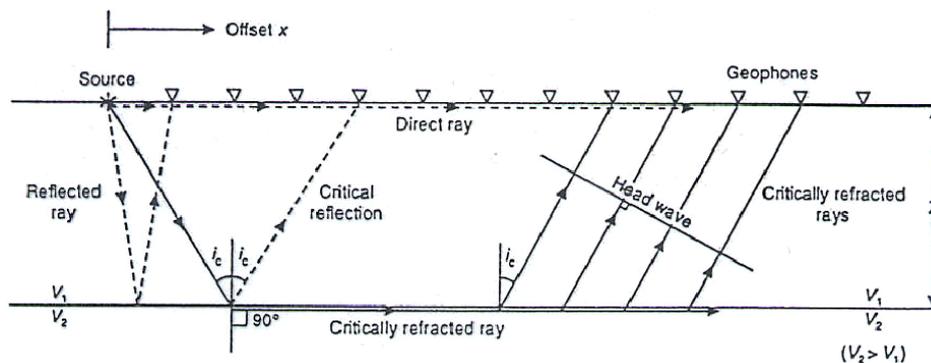
INDAGINE GEOFISICA

Sismica a rifrazione

Cenni metodologici

La tecnica della sismica a rifrazione permette di determinare le velocità di propagazione delle onde longitudinale o primarie P. É basata sulla bifrazione delle onde elastiche a seguito del formarsi di un fronte d'onda conico, che consente, attraverso l'acquisizione e l'elaborazione di dati, la costruzione d'immagini bidimensionali (o tridimensionali) della variazione della velocità sismica.

Dati ad esempio 2 terreni, a velocità v_1 e v_2 , con la sorgente posta nel mezzo 1 (solitamente sulle superficie del suolo) ed uno stendimento di geofoni disposti lungo il profilo, condizione necessaria è quindi che la velocità delle onde nel mezzo 2 sia maggiore rispetto al mezzo 1.



Ad ogni geofono arriveranno le onde generate dalla sorgente: onde dirette, onde riflesse e onde coniche o bifratte (head wave). Quelle analizzate sono quest'ultime, ovvero quelle che giungono sulla superficie di separazione (p.c.) con un angolo d'incidenza critico (secondo la legge di Snell) e che quindi vengono rifratte con un angolo di 90° , propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo d'incidenza.

Con questa tecnica si riesce ad avere, pertanto, una visione seppur qualitativa della stratigrafia del terreno investigato, in termini di variazioni di "densità" dello stesso, essendo questo parametro direttamente legato alla velocità sismica. Il confronto matematico tra i vari tempi permette di suddividere lo spazio compreso tra le due serie di punti in porzioni, o "celle elementari" (quadrate per le sezioni bidimensionali come quelle in esame, o cubiche per sezioni tridimensionali) caratterizzate ognuna da un proprio valore di velocità sismica.

L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo di velocità delle onde P e S è articolata nelle seguenti fasi:

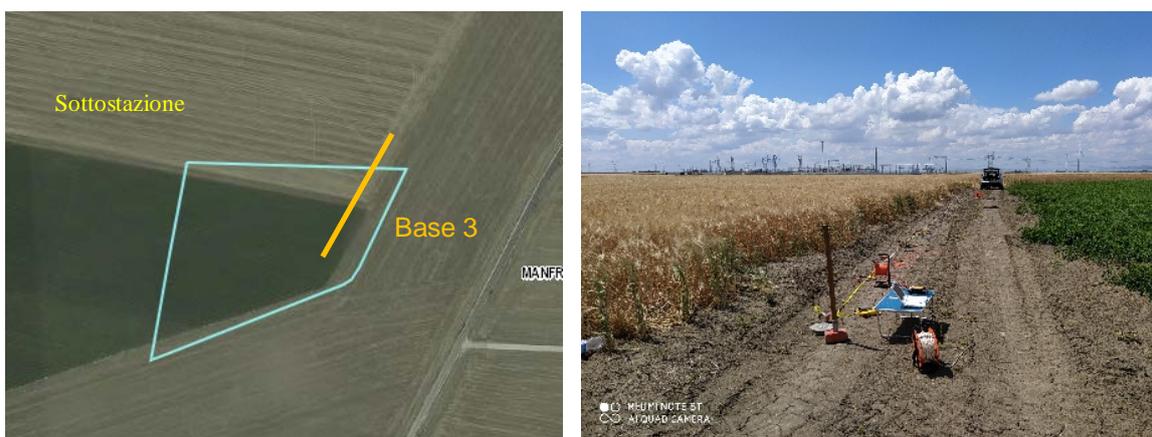
- individuazione dei primi arrivi attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking, previa elaborazione dei segnali ed operazione di filtraggio anche consecutivo con diverse tipologie di filtro digitale;
- ricostruzione delle dromocrone (grafico distanza-tempo) e scelta del modello di sottosuolo da utilizzare nell'interpretazione;
- elaborazione dei dati.

Modalità esecutive

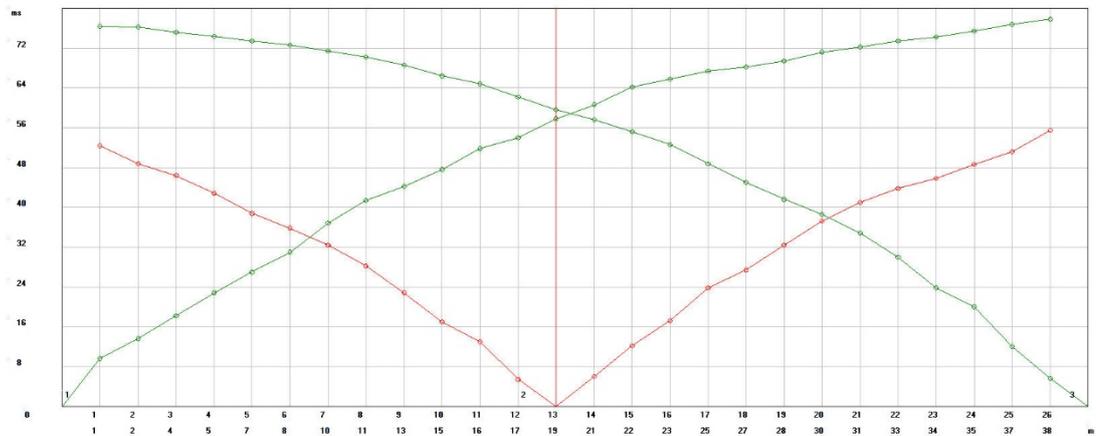
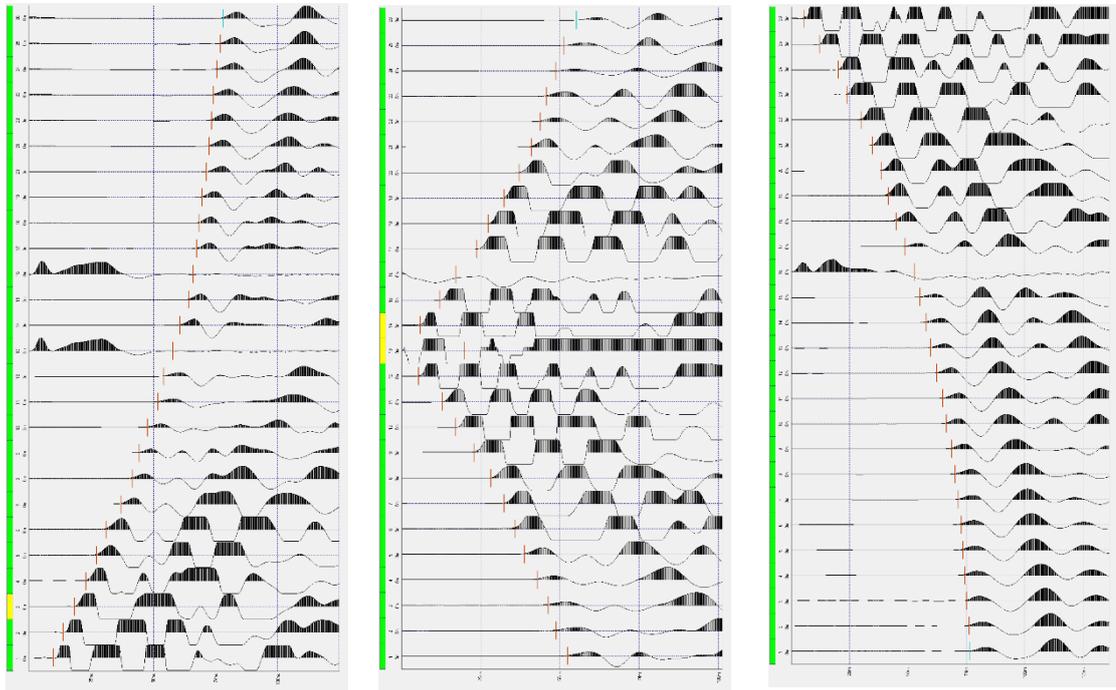
Nel caso in oggetto, l'indagine è stata realizzata con uno stendimento singolo da 40.50 metri, lungo il quale sono stati disposti e collegati in serie 24 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 1.50 m. Sono stati eseguiti n° 3 shots, mediante l'utilizzo di una massa battente del peso di 8 kg circa e l'energizzazione è avvenuta secondo il seguente modo:

- 2 shots esterni allo stendimento (0 m e 37.50 m);
- 1 shot centrale, in corrispondenza del 12° geofono;

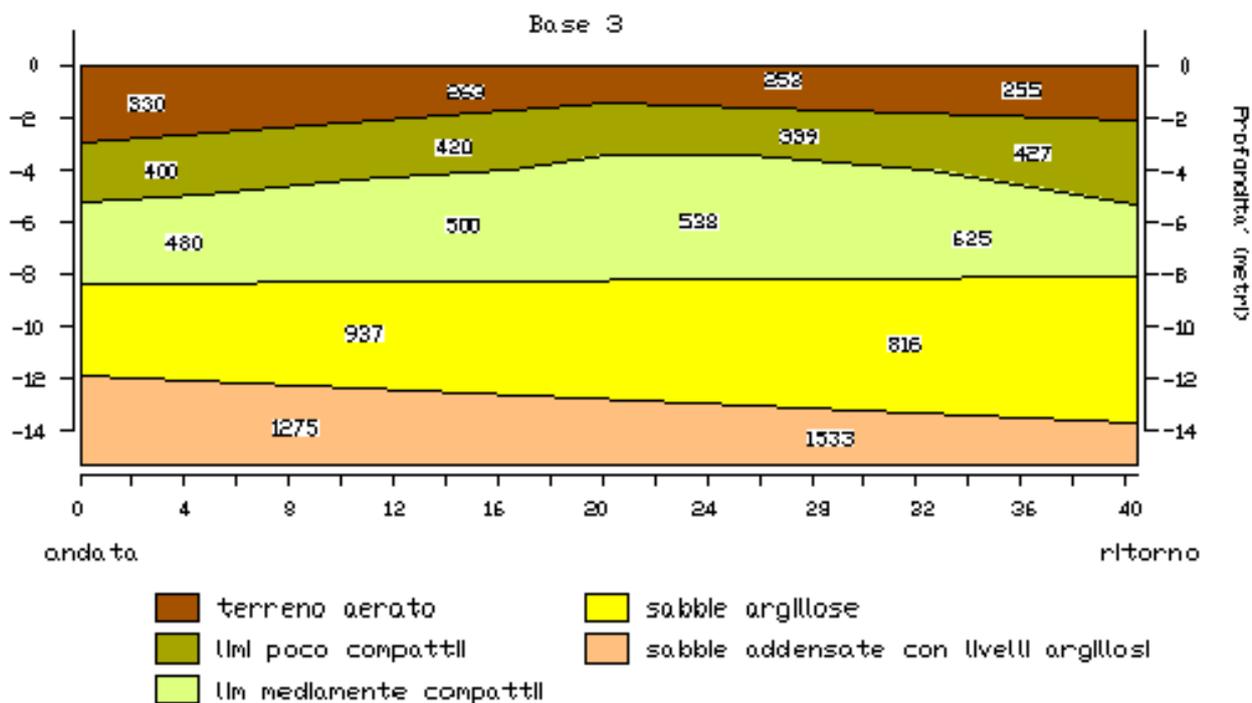
La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo DoReMi della "SARA e.i." a 16 bit; il processing dei dati è stato eseguito con il programma Winsism.



Ubicazione indagine sismica



Base 3 - Sismogrammi e dromocrona, Vp



Interpretazione sismo-stratigrafica, Vp

Risultati dell'indagine sismica

- I orizzonte - presenta uno spessore compreso tra 1.50 e 2 m con velocità media delle onde P pari a 250-350 m/s ed è correlabile col terreno vegetale sabbioso-limoso aerato;
- Il orizzonte – caratterizzato da una velocità delle onde P pari circa 400 m/sec, è correlabile con sabbie limose-ghiaiose con grado di compattezza da medio-basso;
- III orizzonte – la velocità delle onde P presenta un discreto aumento rispetto allo strato superiore, ad indicare un aumento dell'addensamento e la presenza di livelli limosi.

PROVA "MASW"

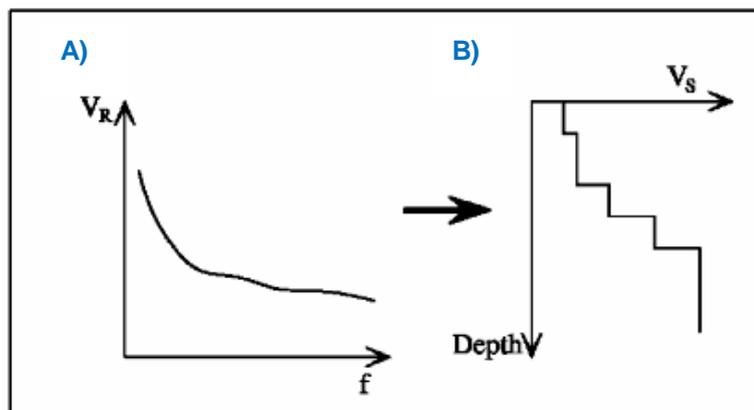
Cenni metodologici

Il metodo "MASW" è una tecnica d'indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.



La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle V_s , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati. Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione.



A) Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza; **B)** profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 3 passi fondamentali:

1. calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica;
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle

velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due. Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson, la densità di massa e si variano lo spessore h e la velocità V_s degli strati.

Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica, invece, la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica. In genere quando l'errore relativo, tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

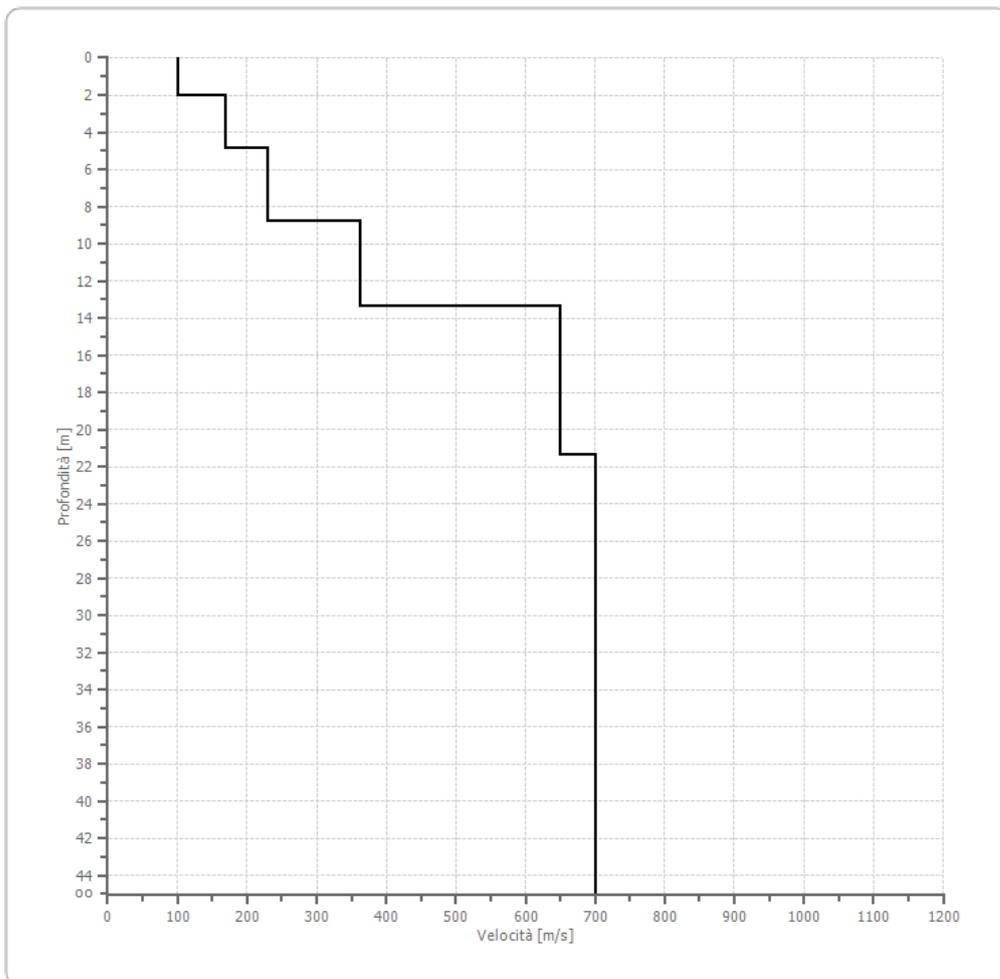
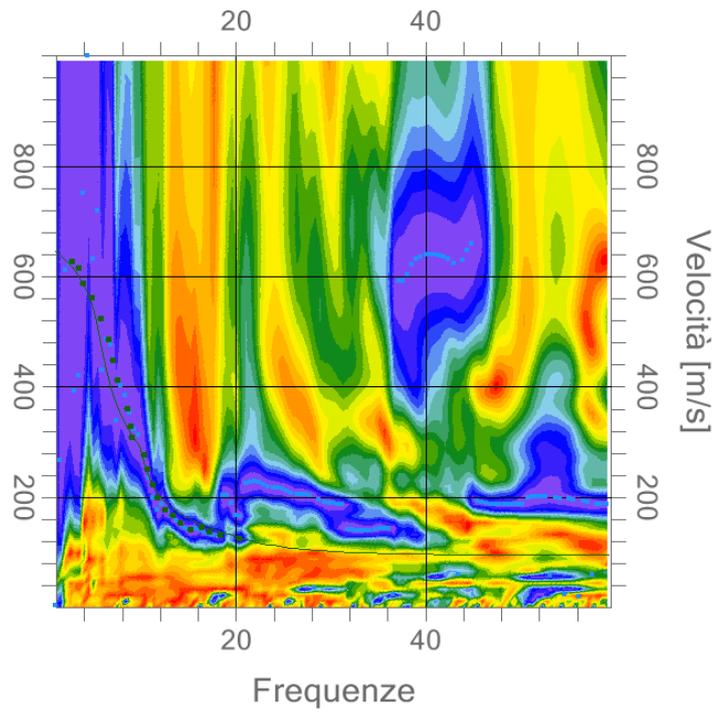
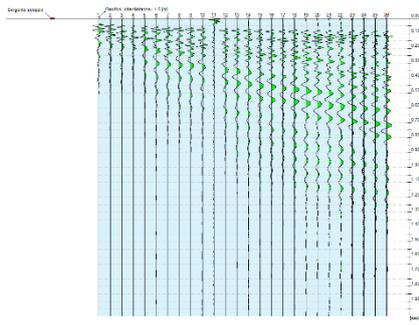
Modalità esecutive

La modalità d'esecuzione è la stessa utilizzata per la sismica a rifrazione: uno stendimento singolo di lunghezza di 39 metri, lungo il quale sono stati disposti alternativamente e collegati in serie 26 geofoni con frequenza di 4.5 Hz e distanza intergeofonica di 1.50 m. Gli shots eseguiti, mediante l'utilizzo di una massa battente del peso di 8 kg circa sono stati disposti a -15 m e 54 m;

La registrazione dei sismogrammi è stata effettuata mediante un sismografo DoReMi della "SARA e.i." a 16 bit.

Elaborazione e analisi dei risultati

L'elaborazione, eseguita con il software della GeoStru "Easy Masw", ha consentito di determinare un profilo di velocità delle onde "S" fino ad oltre 30 m dal p.c.. La velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei materiali. Risulta evidente che a velocità elevate corrispondono materiali con buone caratteristiche geomeccaniche, viceversa a bassi valori corrispondono materiali con scadenti caratteristiche geotecniche.



Base 3 - MASW – profilo di velocità (Vs)

Parametri geofisici

- **Ed** (modulo di Young dinamico) - Brown e Robertshaw

$$E_{din} = 0,0102 \cdot \gamma \cdot V_p^2 \cdot \frac{(1 + \mu)(1 - 2\mu)}{(1 - \mu)}$$

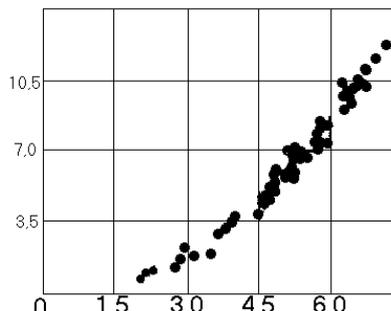
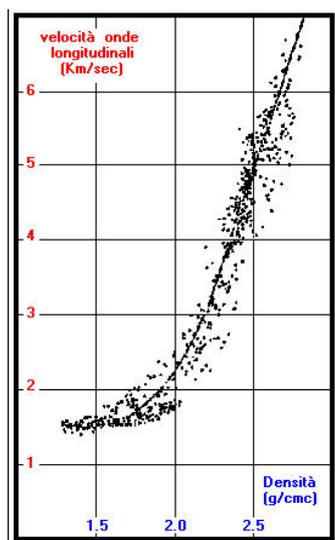
- **G** (modulo di taglio) - Ohta & Goto $G = Ed / 2 \cdot (1 + \mu)$

- **γ** (densità geofisica del terreno) $\gamma_{din} = 0,51 \cdot V_p^{0,19}$

- **R** (rigidità sismica) $R = V_s \cdot \gamma$

- **μ** (densità geofisica del terreno)

$$\mu = \frac{0,5 \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1}{\left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2}$$

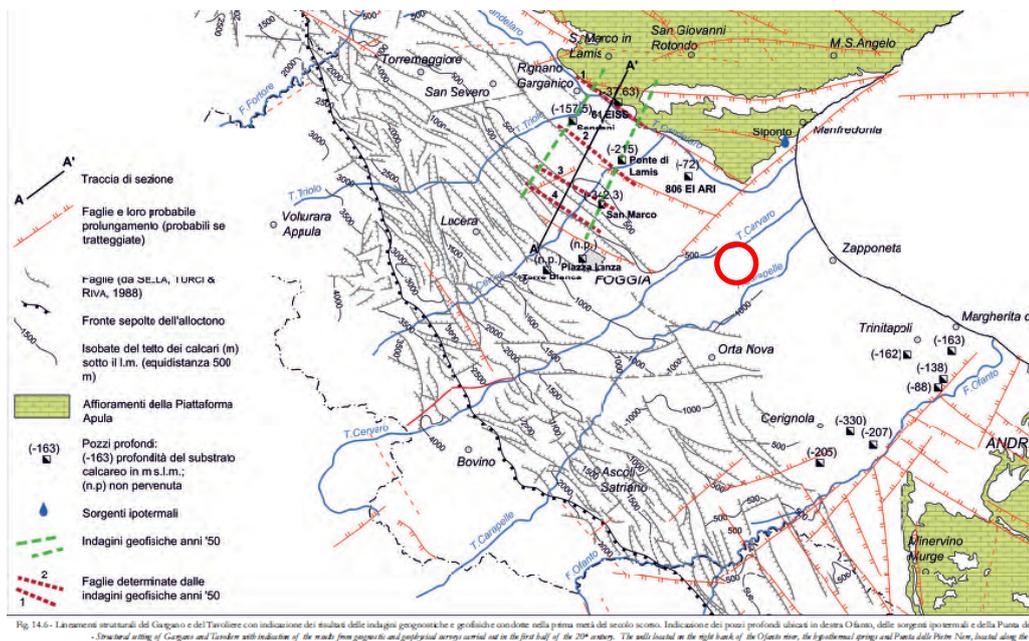


Correlazione tra V_p/γ (Nate- Drake) e V_p/Ed (Brown e Robertshaw)

Valori caratteristici dei parametri sismici					
Parametri sismici		I orizzonte	II orizzonte	III orizzonte	III orizzonte
velocità onde P	m/s	256	408	522	831
velocità onde S	m/s	100	171	221	351
modulo di Poisson μ	-	0.41	0.39	0.39	0.39
densità geofisica γ	g/cm^3	1.46	1.60	1.67	1.83
modulo di taglio G	MPa	15	47	82	226
mod. dinamico Young Ed	MPa	41	131	228	628
rigidità sismica R	$t/cm^2 s$	146	274	371	643

SISMICITA'

Il basamento calcareo - dolomitico del Mesozoico presenta in corrispondenza del Tavoliere di Foggia una struttura a Horste Graben, originata da un sistema di faglie appenniniche parallele alla faglia marginale del Gargano (“Faglia del Candelaro”). In senso trasversale a tale direttrice, all’incirca parallelamente al fiume Ofanto, è possibile individuare un ulteriore notevole sprofondamento da faglia (Faglia dell’Ofanto) che contribuisce alla formazione di un gradino notevole tra le ultime propaggini Nord-occidentali delle Murge ed il basamento mesozoico del Tavoliere.



Carta tettonico-strutturale

Le argille e sabbie argillose della serie pliocenico-calabrianica che sovrastano i calcari cretacei si presentano sino ad una profondità sotto il piano campagna che raggiunge anche valori dell’ordine di 1.000 m. Procedendo verso la Fossa bradanica il tetto dei calcari subisce successivi abbassamenti ad opera di un sistema di faglie di direzione appenninica, cui si associano abbassamenti dell’ordine dei 3.000÷4.000 m per la presenza di una serie di horst e graben.

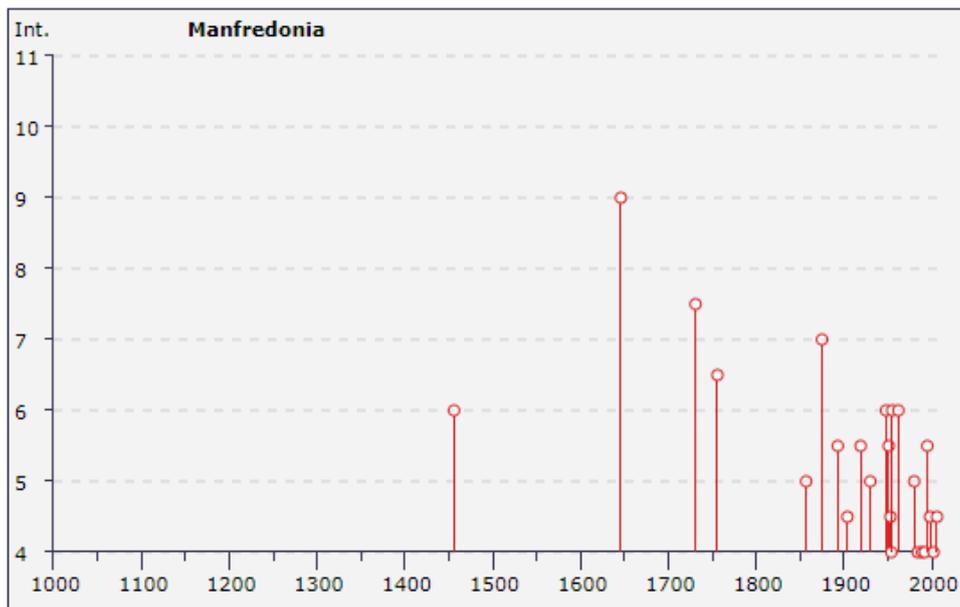
Particolarmente interessanti sono anche le condizioni geologico-strutturali dell’estremità settentrionale della Faglia di Apricena, che delimita il promontorio del Gargano ad Ovest del lago di Lesina e dove tra le alluvioni recenti emergono, per un breve tratto, alcune rocce magmatiche cui viene dato in genere il nome di “Pietre Nere”.

Storia sismica di Manfredonia [41.623, 15.908]

Numero di eventi: 39

Effetti		In occasione del terremoto del:		
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
6	1456 12 05	MOLISE	199	11 7.22 ±0.13
EE	1627 07 30 10:50	Gargano	65	10 6.66 ±0.20
9	1646 05 31	Gargano	35	9-10 6.61 ±0.45
7-8	1731 03 20 03:00	Foggiano	50	9 6.53 ±0.25
F	1743 02 20 16:30	Basso Ionio	77	9 7.13 ±0.19
6-7	1756 11 22	Manfredonia	1	6-7 4.93 ±0.34
5	1857 12 16 21:15	Basilicata	340	11 7.03 ±0.08
7	1875 12 06	S.MARCO IN LAMIS	97	8 5.98 ±0.16
NF	1882 06 06 05:40	Monti del Matese	52	7 5.27 ±0.25
5-6	1893 08 10 20:52	Gargano	69	8 5.36 ±0.22
4-5	1904 04 08 08:22	Gargano	32	6 4.91 ±0.42
2	1905 11 26 06:48	Irpinia	136	7-8 5.21 ±0.13
NF	1913 10 04 18:26	Matese	205	7-8 5.37 ±0.11
NF	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11 7.00 ±0.09
5-6	1919 10 21 00:24	Gargano	28	5-6 5.09 ±0.26
5	1930 07 23 00:08	Irpinia	547	10 6.62 ±0.09
2	1933 03 07 14:40	BISACCIA	42	6 4.97 ±0.19
3	1937 07 17 17:11	SAN SEVERO	40	6 5.05 ±0.19
NF	1937 12 15 21:25	CAPITANATA	23	4-5 4.62 ±0.26
6	1948 08 18 21:12	Puglia settentrionale	59	7-8 5.64 ±0.21
5-6	1951 01 16 01:11	Gargano	73	7 5.35 ±0.20
4-5	1953 07 19 18:46	S.GIOVANNI ROTONDO	5	4.63 ±0.23
4	1954 10 26 02:25	Gargano	8	4-5 4.75 ±0.30
6	1955 02 09 10:06	MONTE S.ANGELO	31	6-7 5.09 ±0.33
6	1962 08 21 18:19	Irpinia	262	9 6.13 ±0.10
5	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
4	1984 05 07 17:49	Appennino abruzzese	912	8 5.89 ±0.09
3	1984 05 11 10:41	Appennino abruzzese	342	5.50 ±0.09
4	1989 03 11 21:05	Gargano	50	5 4.52 ±0.16
NF	1990 05 05 07:21	Potentino	1374	5.80 ±0.09
NF	1991 05 26 12:26	Potentino	597	7 5.11 ±0.09
4	1992 11 05 13:34	Gargano	32	5 4.64 ±0.18
5-6	1995 09 30 10:14	Gargano	145	6 5.18 ±0.09
2	1996 04 03 13:04	Irpinia	557	6 4.93 ±0.09
NF	1998 03 26 16:26	Appennino umbro-marchigiano	408	6 5.29 ±0.09
4-5	1998 09 22 23:23	GARGANO-FOGGIANO	30	5 4.57 ±0.19

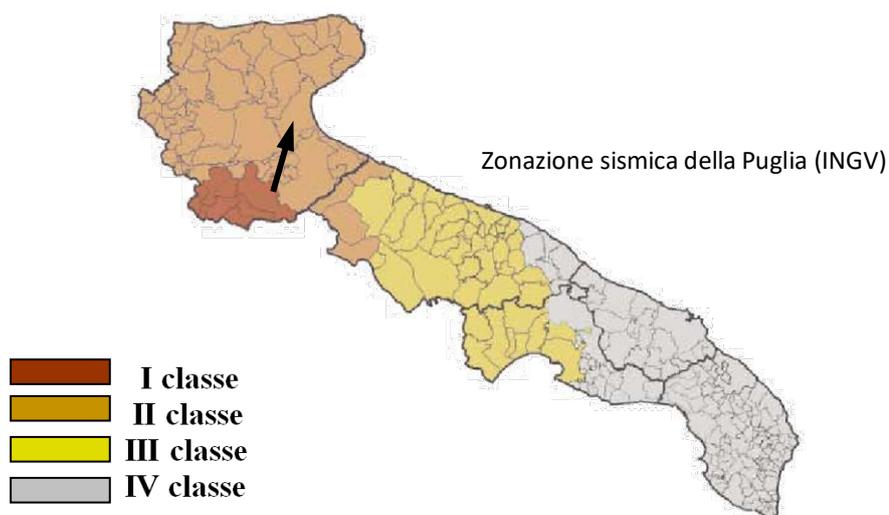
- **F** avvertito (felt); in genere si esclude che vi siano danni ($I < 6$)
- **NF** non avvertito (not felt); in caso di esplicita segnalazione in tal senso è equiparabile a $I=1$
- **NC** non classificato (not classified);



Storia sismica di Manfredonia, limitatamente a valori di $I_s (x10) \geq 45$ (GNDT – DOM4.1)

Nel portale dell'INGV sono riportate le osservazioni macrosismiche dei terremoti di aree italiane, al di sopra della soglia del "danno", dall'anno 1560 al 1996 (GNDT DOM4.1). Sulla base di questi elenchi è possibile ricostruire le storie sismiche dei territori di Orta Nova e Cerignola.

La colonna "effetti" riporta l'intensità (I_s) (scala Mercalli – MCS) con cui è stato avvertito il terremoto a Orta Nova/Cerignola, nella colonna "in occasione del terremoto di:" il toponimo dell'area epicentrale, l'intensità (I_x) e la magnitudo (M_s) (scala Richter).



In seguito all’Ordinanza PCM 20 marzo 2003 n° 3274, l’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha redatto la nuova mappa di pericolosità sismica di riferimento per l’individuazione delle zone sismiche.

La mappa finale è stata ottenuta dall’uso ponderale di tre gruppi di relazioni di attenuazione e due insiemi di intervalli di completezza.

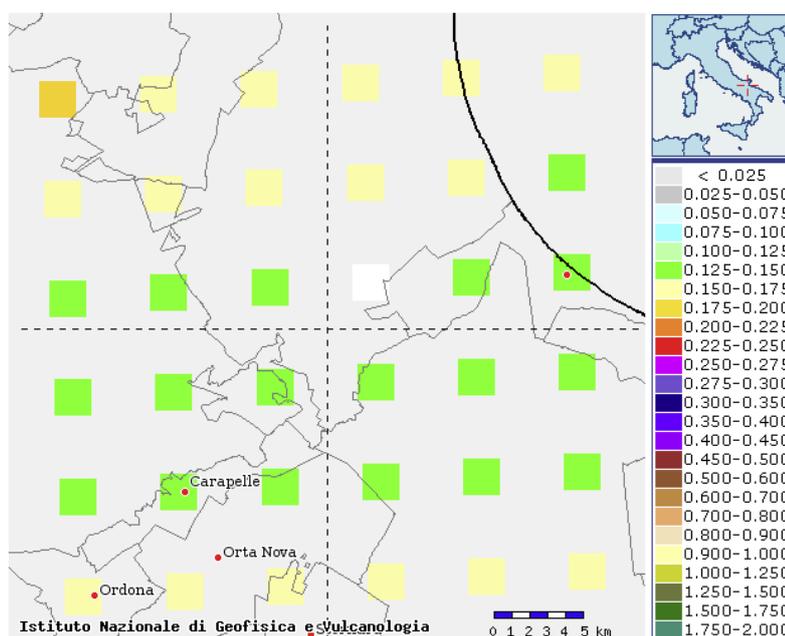
La mappa presenta anche una fascia “marginale”, dove sono raggruppati quei territori che possono essere inseriti in una zona sismica o in quella contigua, nell’ambito del potere discrezionale che l’Ordinanza affida alle Regioni. La zonazione è stata recepita dalla Regione Puglia con delibera della Giunta Regionale n° 153 del 2.03.2004. Le zone sismiche, distinte in 4 classi di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, sono state individuate in base al sistema dei codici europei (EC8). Il territorio di Manfredonia rientra nelle aree di II classe.

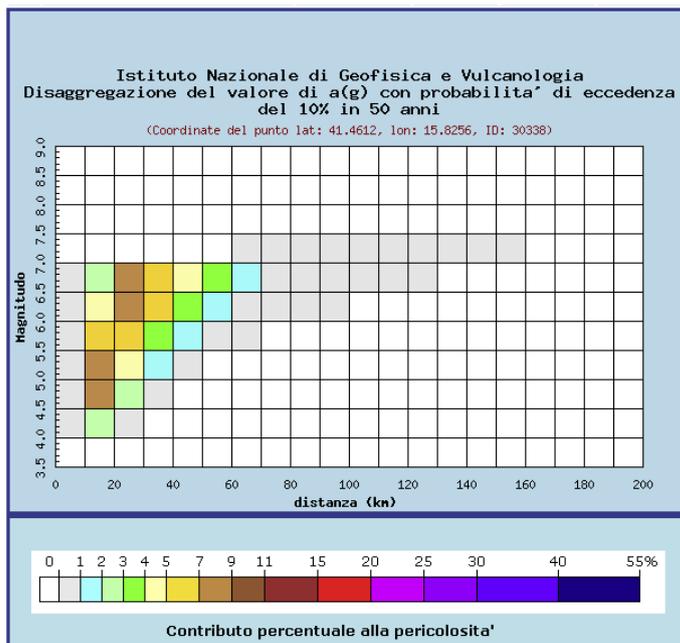
Sismicità dell’area

Il sistema della mappa interattiva di pericolosità sismica dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) consente di visualizzare ed interrogare mappe probabilistiche della pericolosità sismica del territorio nazionale che è espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05°.

Le mappe riportano due parametri dello scuotimento: $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo, come definita dall’OPCM 3519/2006, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA) e $Se(T)$ (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo T, in accelerazione); l’unità di misura è g (l’accelerazione di gravità) corrispondente a 9.8 m/s². Per i soli valori di $a(g)$ è disponibile la relativa disaggregazione.

In particolare, mediante il sistema della mappa interattiva di pericolosità sismica dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), sono state elaborate quelle dell’area in oggetto, per poi giungere alla definizione della magnitudo.





Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 41.4612, lon: 15.8256, ID: 30338)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	0.051	0.118	0.089	0.054	0.027	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	2.500	7.570	7.800	6.430	4.440	2.660	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.193	2.170	4.880	6.980	8.060	7.860	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.080	1.380	3.460	5.450	6.850	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.140	1.380	3.100	4.820	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.350	1.530	3.010	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.473	1.300	0.360	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.144	0.795	0.886	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.494	0.794	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.230	0.500	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.065	0.228	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.118	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.061	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.990	30.100	1.440

Pericolosità sismica di base

La valutazione dell'azione sismica del sito di costruzione è regolamentata dal paragrafo 3.2 delle NTC (DM 17.01.18).

Come riportato dalla suddetta normativa, 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 cat. A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, nel periodo di riferimento VR. Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, 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.

Categoria di sottosuolo

In assenza di un'analisi specifica sulla valutazione della risposta sismica locale, per definire l'azione sismica si può far riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II). La classificazione della categoria di sottosuolo si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{S,eq}$ di propagazione delle onde di taglio. Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per il calcolo del V_{seq} , è stata eseguita una indagine MASW lungo le basi sismiche S1, S2, S3 (riportate sulle relazioni riguardo le indagini geognostiche eseguite nelle aree di progetto). Tramite questa prova si misurano le velocità sismiche delle onde superficiali a diverse frequenze. La variazione di velocità a diverse frequenze (dispersione) è imputabile prevalentemente alla stratificazione delle velocità delle onde S i cui valori sono ricavabili da una procedura di inversione numerica.

Le indagini sismiche eseguite in modalità MASW hanno fornito un valore della V_{seq} pari a 328 m/s, per cui il terreno di fondazione rientra nella categoria di suolo di fondazione "C", trattandosi di depositi di terreni a grana da grossa a fine, con grado di addensamento da basso a medio-alto.

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} = 328 \text{ m/s}$$

con:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Condizioni topografiche

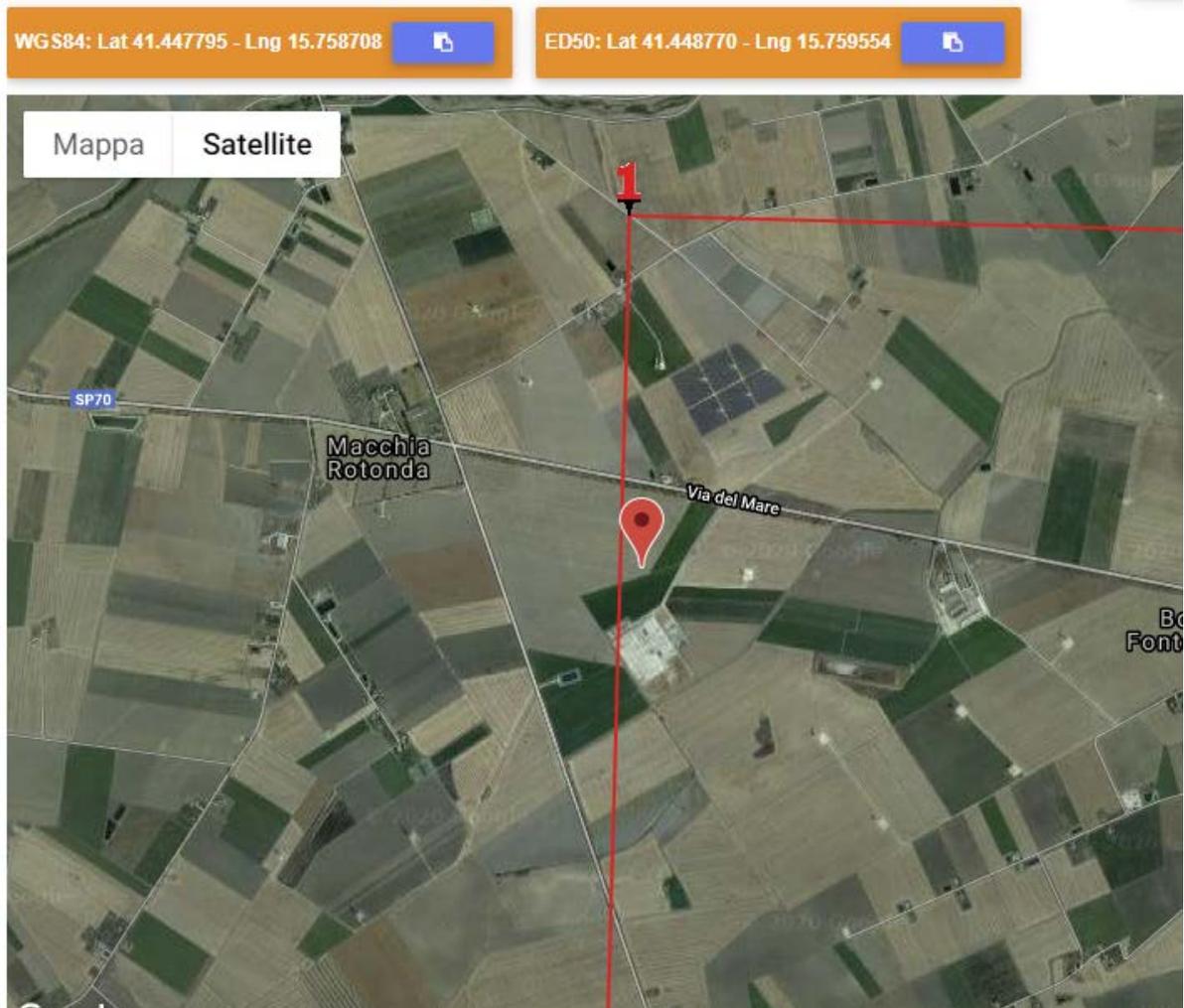
Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	<i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$</i>
T2	<i>Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$</i>
T3	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$</i>
T4	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$</i>

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. Nel nostro caso la configurazione topografica superficiale è semplice e rientra nella categoria **T1**.

Parametri e coefficienti sismici determinati con GeoStru PS



Ubicazione topografica

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 41,448770 [°]

longitudine: 15,759554 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	30337	41,462490	15,758870	1526,7
Sito 2	30338	41,461150	15,825560	5670,4
Sito 3	30560	41,411170	15,823720	6789,5
Sito 4	30559	41,412520	15,757070	4036,1

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,044	2,474	0,289
Danno (SLD)	63	50	0,056	2,538	0,325
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,133	2,593	0,429
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,170	2,609	0,441

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,580	1,000	0,013	0,007	0,652	0,200
SLD	1,500	1,520	1,000	0,017	0,008	0,817	0,200
SLV	1,490	1,390	1,000	0,048	0,024	1,948	0,240
SLC	1,430	1,380	1,000	0,058	0,029	2,383	0,240

PARAMETRI GEOTECNICI

I dati provenienti dal rilievo geomeccanico e geofisico sono stati elaborati secondo le teorie ed i modelli matematici che, a parere dello scrivente, meglio caratterizzano il substrato di fondazione, in relazione alle dirette esperienze compiute su terreni simili in aree appartenenti al medesimo bacino di formazione.

Teorie, classificazioni e modelli matematici:

- **Es** (modulo statico) - NAV FAC Manual, Denver, Schmertmann, Schultze-Menzenbach
- **Eed** (modulo edometrico) – Navier
- **G** (modulo di taglio) - $Ed/2(1+\nu)$ - Ohsaki & Iwasaki (73), Crespellani & Vannucchi
- **γ** (densità naturale del terreno) - Nate e Drake
- **φ** (angolo d'attrito) – C.S.I.R. (89) – Sen & Sadagah (03) - Mayerhof, De Mello, Sowers, Malcev, Peck e a.
- **cu** (coesione non drenata) – Sanglerat; DM-7.2 – Shioi-Fukui
- **Nspt** (n° colpi penetrometro) – Iwasaki (78), Maugeri & Carrubba (83), Ohsaki & Iwasaki

- **Es** (modulo statico) - NAV FAC Manual, Denver, Schmertmann, Schultze-Menzenbach

$$Es = 10Ed \quad Es = 70 \cdot N_{spt}^{0.5} \quad Es = 12 \cdot N_{spt}$$

- **Ed** (modulo edometrico) - Navier $E_d = E_s \cdot [(1-\nu)/(1-\nu-2 \cdot \nu^2)]$

- **G** (modulo di taglio) - Ohsaki & Iwasaki (73), Ohta & Goto

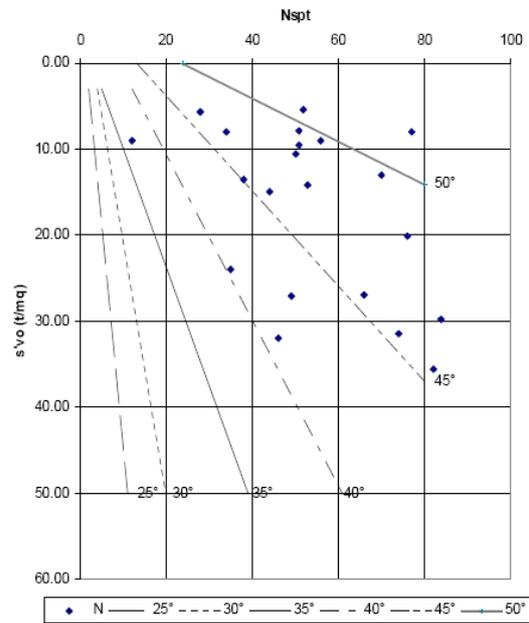
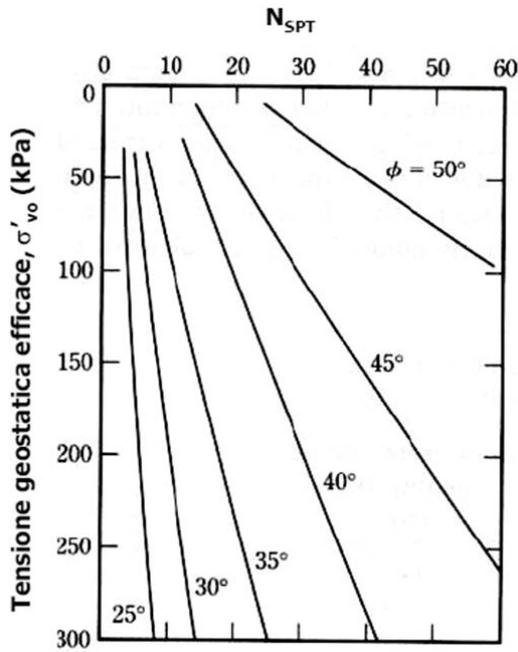
$$G = aNspt^b \quad G = Ed / 2 \cdot (1 + \mu)$$

φ (angolo d'attrito) – Sen & Sadagah (03)

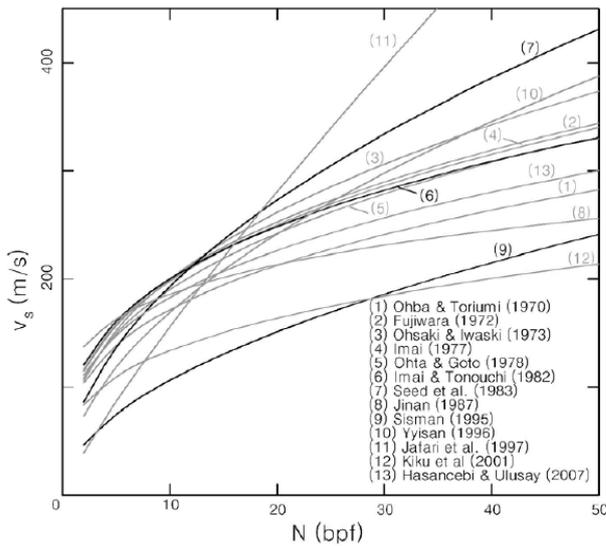
$$\varphi = 19.8 + [4.38 \ln(N)] \quad \varphi = 19 - 0.38\sigma + 8.73 \log(N) \quad \varphi = 20 - 5 \text{Log}(\sigma) + 3.73 \text{Log}(N)$$

- **cu** (coesione non drenata) – Shioi-Fufui $cu = 0.025 \cdot N_{spt}$

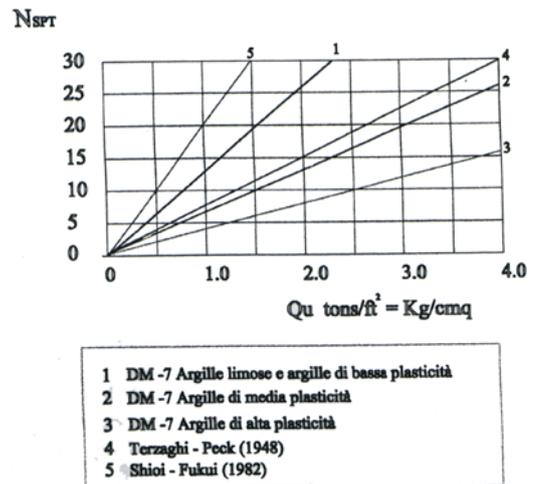
- **Nspt** (n° colpi penetrometro) – Ohsaki & Iwasaki $N = 0.94 \sqrt{\frac{10}{650} G}$



Correlazioni tra angolo di attrito e N_{spt} (Schmertmann 1975 – De Mello 1971)



Correlazioni tra Vs/N_{spt}



- 1 DM -7 Argille limose e argille di bassa plasticità
- 2 DM -7 Argille di media plasticità
- 3 DM -7 Argille di alta plasticità
- 4 Terzaghi - Peck (1948)
- 5 Shioi - Fukui (1982)

Correlazioni tra N_{SPT} e C_u

STRATIGRAFIA DEL TERRENO

Committente	X-ELIO		
Località	Manfredonia	Quota	22.00 m slm
Profondità indagine	21 m	Prof. falda da p.c.	30.00 m

Stratigrafia	Falda	Descrizione	valori caratteristici			
			densità g/cm ³	angolo attrito	Es Kg/cm ²	c Kg/cm ²
0		terreno vegetale	1.46	19	25	0.000
1						
2		limi sabbiosi	1.60	23	126	0.100
3						
4						
5		sabbie limose	1.67	28	227	0.150
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14		sabbie argillose	1.83	32	500	0.200
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21	—					

<i>Parametri elasto-meccanici</i>		<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>
litologia		terreno vegetale	limi sabbiosi	sabbie limose	sabbie argillose
compattezza		bassa	bassa	bassa	medio-bassa
spessore	m	1.75	3.25	3.25	>20
densità in sito ρ	g/cm ³	1.46	1.60	1.67	1.83
modulo di Poisson μ		0.41	0.39	0.39	0.39
mod. statico di Young E_s	Kg/cm ²	25	126	227	500
mod. edometrico Edo	Kg/cm ²	58	258	455	1007
angolo di attrito Φ	gradi	19	23	28	32
angolo di attrito terr.-fond.	gradi	13	15	18	20
adesione terr.-fond.	Kg/cm ²	0.00	0.06	0.09	0.12
RQD	%	0	0	0	0
Nspt	n°	2	6	15	44
coesione c	Kg/cm ²	0.000	0.100	0.150	0.200
coeff. spinta passiva K		1.98	2.32	2.82	3.25

VERIFICA DI STABILITÀ DEI PENDII

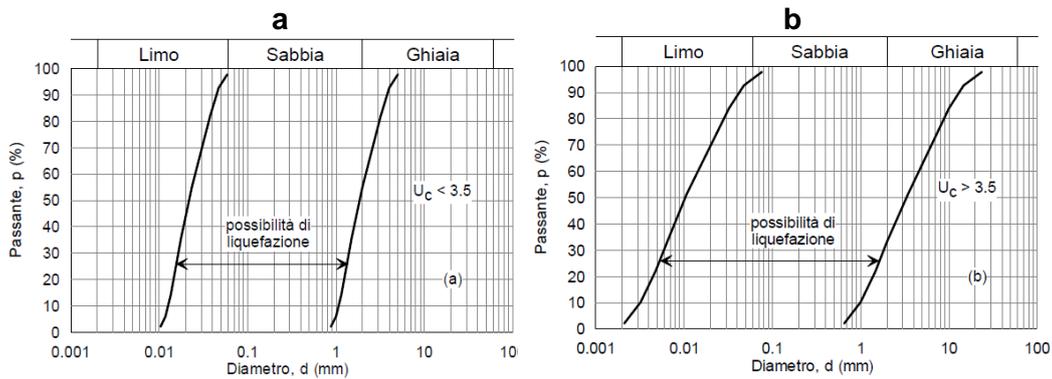
Il paragrafo 6.3 del D.M. 17.01.2018 prevede lo studio delle condizioni di stabilità dei pendii naturali e dello stato di progetto. I dati riguardo alla morfologia, geologia ed idrogeologia dell'area in esame escludono possibili pericoli di instabilità.

VERIFICA DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE

Il paragrafo "7.11.3.4.2 Esclusione della verifica a liquefazione" del DM 2018 stabilisce i criteri per cui la verifica a liquefazione può essere omessa.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 34(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 34(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Distribuzione granulometrica

Nel caso in esame risulta che:

- dato che la falda idrica è ubicata a profondità di circa 30 m dal p.c., la verifica può essere omessa

CONCLUSIONI

A conclusione dello studio geotecnico e sismico eseguito nell'area in oggetto, è possibile esprimere le seguenti considerazioni:

- I terreni di progetto sono tutti caratterizzati da una morfologia pianeggiante;
- non sono presenti rischi morfologici;
- la falda idrica si trova a circa 30 m di profondità dal p.c.;
- l'area rientra in una zona a media sismicità Z2;
- la natura litologica del sottosuolo è sabbioso-limoso;
- la classe di sottosuolo è la "C";
- Il terreno non presenta rischi da liquefazione;
- I primi 2 m di sottosuolo è costituito da terreno vegetale aerato che, allo stato attuale, non appare idoneo come piano di fondazione;
- Sarà quindi opportuno compattare il piano di fondazione con l'aggiunta di inerti non coesivi di opportuna granulometria.

In conclusione, l'area in esame presenta caratteristiche sismiche e geotecniche idonee per il progetto di SE.