



COMUNE DI AVETRANA

PROVINCIA DI TARANTO



REGIONE PUGLIA



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 36.288,00 kW DA REALIZZARE SU AREA "EX CAVA"

Denominazione Impianto:

IMPIANTO AVETRANA CAVE

Ubicazione:

Comune di Avetrana (TA)
Località Masseria Canaglie

**ELABORATO
028000_IMP_R**

RELAZIONE GEOLOGICA DEL PROGETTO DEFINITIVO

Cod. Doc.: AVC20_028200_IMP_R

**COMET ENERGY
POWER**

Project - Commissioning – Consulting

Municipiul Bucuresti Sector 1
Str. HRISOVULUI Nr. 2-4, Parter, Camera 1, Bl. 2, Ap.
88
RO41889165

Scala: --

PROGETTO

Data:
15/12/2021

PRELIMINARE



DEFINITIVO



AS BUILT



Richiedente:

AVETRANA S.r.l.
Piazza Walther Von Vogelweide, 8
39100 Bolzano
Provincia di Bolzano
P.IVA 03027960214

Tecnici e Professionisti:

Dr. Geol. Giovanni Soldo
Iscritto al n.481 Sez.A dell'Albo
dell'Ordine dei Geologi della Basilicata

Revisione	Data	Descrizione	Redatto	Approvato	Autorizzato
01	17/03/2021	Progetto Definitivo	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
02	15/12/2021	Revisione	F.P.L.	F.P.L.	F.P.L.
03					
04					

Il Tecnico:
Dott. Ing. Giovanni Soldo
(Iscritto al n. 481 sez.A, dell'Albo dell'Ordine dei Geologi della Basilicata)



Il Richiedente:

AVETRANA S.r.l.

Piazza Walther Von Vogelweide n.8 – 39100 Bolzano (BZ)
P.iva: 03027960214

INDICE

1	PREMESSE	Pag. 1
2	UBICAZIONE DEL SITO DI INTERVENTO	Pag. 3
3	VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO DEL SITO	Pag. 4
4	INDAGINI CONSULTATE ED ESEGUITE	Pag. 5
	4.1 - Indagini geofisiche	" 6
	4.2 - Rilievo Geomeccanico	" 14
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA	Pag. 17
	5.1 – Inquadramento geologico generale	" 17
	5.2 – Caratteri litologici dell'area di intervento	" 18
6	CARATTERI GEOFISICI DEI TERRENI	Pag. 19
7	DEFINIZIONE DEL MODELLO LITOTECNICO E DEI PARAMETRI GEOTECNICI	Pag. 21
8	CARATTERI GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI DELL'AREA DI STUDIO	Pag. 22
	8.1 – Caratteri morfologici locali	" 22
	8.2 – Caratteri idrogeologici	" 24
9	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA DI PRGETTO	Pag. 26
	9.1 - Zona sismica del Comune di Melpignano	" 26
	9.2 – Azione sismica: Relazione sulla pericolosità sismica di base	" 27
10	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	Pag. 29

Allegati alla relazione:

- **Allegato Geo.01** – Carta di ubicazione dell'area di intervento
- **Allegato Geo.02** – Carta della pericolosità idrogeologica
- **Allegato Geo.03** – Ubicazione delle indagini
- **Allegato Geo.04** – Report indagini realizzate
- **Allegato Geo.05** – Carta geolitologica
- **Allegato Geo.06** – Carta geomorfologica
- **Allegato Geo.07** – Relazione sulla pericolosità sismica di base

1 PREMESSE

La presente relazione geologica e geofisica è redatta nell'ambito dell'intervento "**REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO CONNESSO ALLA RETE DELLA POTENZA DI PICCO PARI A 36.288,00 kW DA REALIZZARE SU AREA "EX CAVA"**" da realizzarsi nel Comune di Avetrana in Provincia di Taranto. Da un punto di vista catastale le aree interessate complessivamente dal progetto sono inquadrare al Foglio n. 41, particelle n. 41-250-251-254-264, al Foglio n. 40, particella 45 e al Foglio n. 13, particelle 371-374.

Propedeuticamente alla redazione della presente relazione, lo scrivente ha realizzato una campagna di indagini geognostiche volte a definire le caratteristiche litotecniche dei terreni affioranti e le caratteristiche sismiche di sottosuolo, aspetto necessario ad una corretta progettazione ingegneristica dell'intervento. Nello specifico, in sito, le indagini eseguite sono state:

- Esecuzione di N.2 prova MASW (MASW01 - MASW02);
- Stazione di misurazione per Rilievo Geomeccanico (SG1 - SG2).

Si forniscono, inoltre, le caratteristiche geomeccaniche dei litotipi affioranti mentre nella valutazione delle problematiche legate alla compatibilità geomorfologica e idrogeologica dell'intervento si è fatto riferimento alle prescrizioni e ai vincoli stabiliti dall'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale, ovvero ex Autorità di Bacino della Puglia.

Lo studio, pertanto, è stato condotto attraverso:

- Ricerca bibliografica preliminare;
- Reperimento della cartografia;
- Valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico definito dalla vigente AdB;
- Rilevamento geologico e geomorfologico dell'area di studio;
- Esecuzione di prove geofisiche;
- Elaborazione di uno studio geomeccanico;
- Indicazione dei parametri geomeccanici di sito.

I risultati dell'indagine condotta sono illustrati sia nella presente relazione sia negli allegati ad essa collegati che sono:

- **Allegato Geo.01** – Carta di ubicazione dell'area di intervento
- **Allegato Geo.02** – Carta della pericolosità idrogeologica
- **Allegato Geo.03** – Ubicazione delle indagini
- **Allegato Geo.04** – Report indagini realizzate

- **Allegato Geo.05** – Carta geolitologica
- **Allegato Geo.06** – Carta geomorfologica
- **Allegato Geo.07** – Relazione sulla pericolosità sismica di base

Nella redazione del presente documento si è fatto riferimento alla normativa vigente e alla documentazione bibliografica esistente:

- **Normativa di riferimento (nazionale):**
 - ✓ L.N. 64/74 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
 - ✓ D.M. 11.03.1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
 - ✓ O.P.C.M. 3274/2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
 - ✓ D.M. 14.09.2005 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
 - ✓ Norme di Attuazione del PAI Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia;
 - ✓ O.P.C.M. 3519/2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;
 - ✓ D.M. LL.PP. del 14.01.2008 - Testo Unitario - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
 - ✓ Circolare del C.S.LL.PP. n° 617 del 02.02.2009 - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.
 - ✓ DECRETO 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
- **Riferimenti cartografici e bibliografici:**
 - ✓ Cartografia tecnica del Comune di Avetrana reperibile sul sito <http://www.sit.puglia.it>;
 - ✓ Foglio n. 203 "Brindisi" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000
 - ✓ Piano stralcio per la difesa dal rischio idrogeologico - Ex AdB della Puglia;
 - ✓ Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>, consultabile su https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/;
 - ✓ Studio Geologico, Idrogeologico e Geomorfologico del PRG del Comune di Avetrana (TA) – Geol. J.V. Ciro Antonio STEFANI
 - ✓ Perizia indagini geognostiche: REALIZZAZIONE DELLA DIRETTRICE VIARIA LITORANEA INTERNA DA TARANTO AD AVETRANA A SERVIZIO DELLA ECONOMIA DEL VERSANTE SECONDO TRONCO DALLO SVINCOLO DI TALSANO - SAN DONATO ALLO SVINCOLO DI AVETRANA - NARDÒ – Geol. Cataldo ALTAVILLA

2 UBICAZIONE DEL SITO DI INTERVENTO

Il sito oggetto di intervento è collocato all'interno dell'area comunale di Avetrana, in provincia di Taranto (Fig.01). Nella figura è riportata la collocazione del parco fotovoltaico e gli altri interventi previsti in progetto.

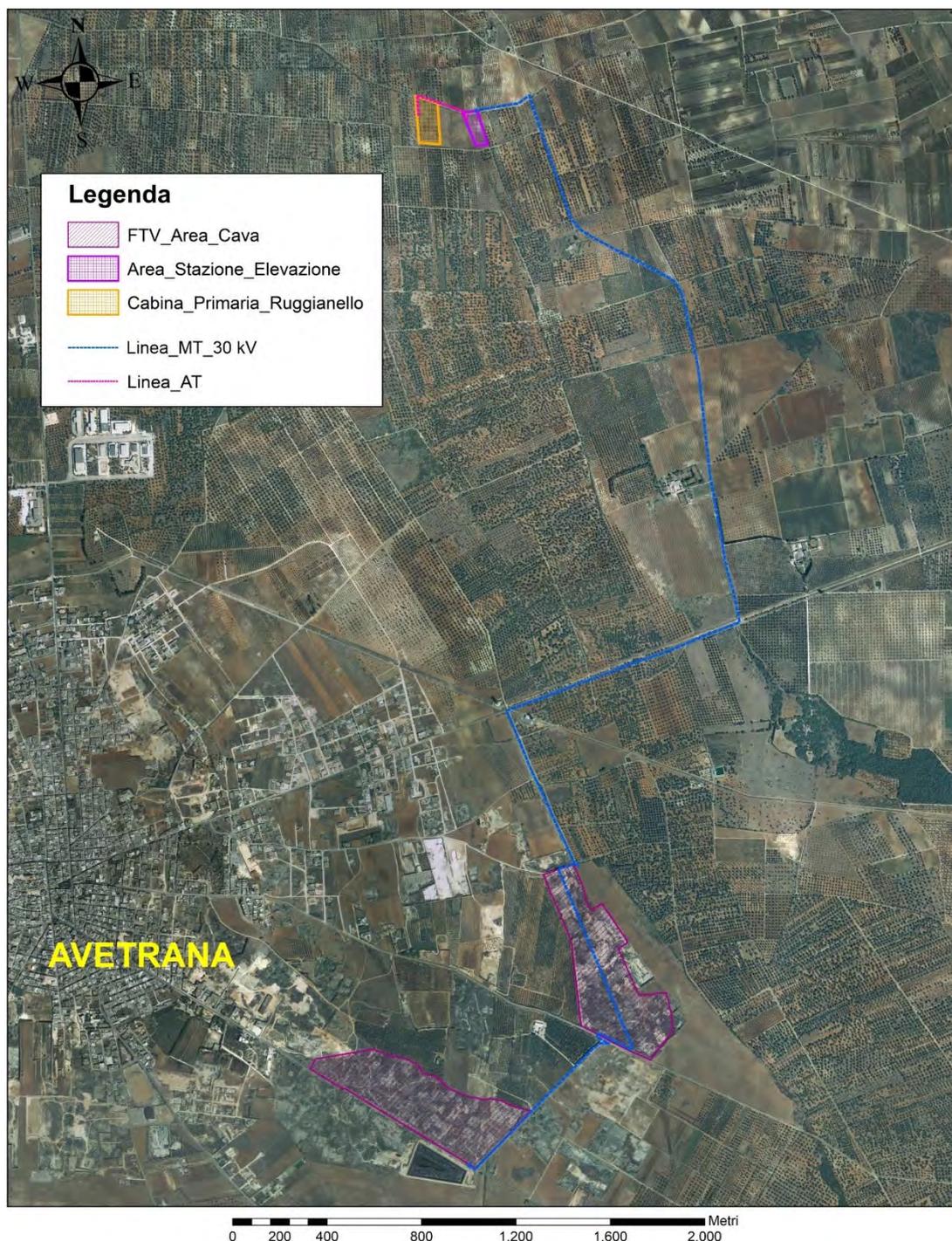


Fig.01: Veduta aerea dell'area con ubicazione del sito d'intervento

Dal punto di vista cartografico, tra gli elementi n. 511011, 511012, 511023, 511024, 511051 e 511064 della Carta Tecnica Regionale della Puglia in scala 1:5.000.

Da un punto di vista cartografico, il sito è inquadrato all'*Allegato Geo.01 – Carta di ubicazione dell'area di intervento*.

Ai fini del calcolo sulla pericolosità sismica di base, le coordinate di sito sono le seguenti, e sono riferite all'area di installazione dei pannelli fotovoltaici:

- LATIDUDINE: 40.341078°
- LONGTUDINE: 17.745273°

3 VALUTAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO DEL SITO

La stesura di questa relazione geologica è stata supportata dalla consultazione del PIANO DI BACINO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI), redatto dall'ex Autorità di Bacino della Puglia, oggi accorpata nell'ambito dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale

Tale piano, continua a rappresentare il riferimento tecnico e procedurale con valore normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono programmate e pianificate le azioni e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idraulico ed idrogeologico nel territorio di competenza.

Nell'*Allegato Geo.02 – Carta della pericolosità idrogeologica* vengono riportate le perimetrazioni vincolanti del PAI e l'ubicazione del sito di intervento.

Nel caso in esame, l'area di intervento, non è inquadrata in aree a pericolosità geomorfologica ma si evince che parte dell'area destinata all'installazione dei pannelli fotovoltaici rientra parzialmente in aree a bassa pericolosità idraulica (B.P.).

Per quanto riguarda tali aree, ai sensi dell'art. 9, comma 1 delle NORME TECNICHE DI ATTUAZIONE del PAI dell'Autorità di Bacino della Puglia, risulta che "*Nelle aree a bassa probabilità di inondazione sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale*".

Si sottolinea che l'area in questione era destinata precedentemente ad operazioni di cava di materiali calcarenitici e non sono presenti insediamenti abitativi e/ infrastrutture e reti pubbliche.

La realizzazione dell'intervento in progetto, pertanto:

- non comporterà un aumento delle condizioni di pericolosità insistenti sull'area in quanto non prevede edificazione di strutture ad uso pubblico;

- non rappresenterà un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte. In loco non sono presenti incisioni fluviali e la sua realizzazione non produrrà significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque superficiali;
- non comporterà effetti di impermeabilizzazione superficiale e non interferirà con le attuali condizioni di drenaggio dei terreni presenti in sito.

Di conseguenza, si esprime **giudizio positivo sulla fattibilità e compatibilità idrogeologica dell'intervento in progetto**, anche alla luce di tutte le specifiche osservazioni e indagini a carattere geologico e morfologico eseguite a supporto dello studio condotto e di seguito descritte nella presente relazione.

4 INDAGINI CONSULTATE ED ESEGUITE

Successivamente alla fase di rilevamento geologico-tecnico ed alla raccolta e studio critico della documentazione scientifica e tecnica esistente per l'area e, al fine di avere un quadro più completo delle caratteristiche litotecniche, idrogeologiche, geotecniche e geofisiche dei terreni che ospiteranno le strutture ingegneristiche in progetto, sono state effettuate le seguenti indagini (vedi *Allegato Geo.03 - Ubicazione delle indagini*):

- ✓ n.2 Prospezione sismica MASW (MASW01 - MASW02) (60.00ml);
- ✓ n.2 Rilievo Geomeccanico (SG1 - SG2).



Fig. 02 – Immagine illustrante l'ubicazione delle indagini effettuate. (Google Earth).

Tra la documentazione scientifica e tecnica consultate abbiamo:

- ✓ Relazione Geologica Idrogeologica e Geomorfologica a corredo Piano Urbanistico Generale del Comune di Avetrana a firma del Dott. Geol. Jean Vincent Ciro Antonio Stefani (2009);
- ✓ Relazione Geologico-Tecnica per il progetto "Realizzazione della direttrice viaria litoranea interna da Taranto ad Avetrana a servizio della economia del versante Provinciale Orientale" a firma del Dott. Geol. Cataldo Altavilla (2010).

4.1 - Indagini geofisiche

Le indagini geofisiche eseguite nell'area di studio sono consistite in n.2 stendimenti MASW utilizzati per determinare sperimentalmente l'andamento sismostratigrafico del sottosuolo e, conseguentemente, delle superfici di discontinuità fisica (rifrattori) che separano porzioni di ammasso roccioso o terroso con differente grado di densità e compattazione e/o consistenza, nonché alla determinazione delle grandezze che influenzano il calcolo dinamico di una progettazione e anche per ricavare la categoria di sottosuolo e la V_{Seq} .

Per la dislocazione ed organizzazione della campagna lo scrivente ha tenuto conto, ovviamente, delle finalità del progetto, della conformazione dei luoghi e delle informazioni pregresse a disposizione.

La strumentazione utilizzata è del tipo a 24 bits, 24+1 canali ad acquisizione digitale modello ECHO 24/2010 della Ambrogeo.

I geofoni impiegati per rilievi sismici sono 12 a 4.5 Hz. collegati tramite un cavo di 60 ml. e con attacchi distanziati di 5 ml.

Per la prova Masw, le onde di Raleygh (denominate anche *ground roll*) sono state generate mediante ripetuti colpi (*Shots*) di un sistema energizzante (costituito da una mazza battente di 8 Kg e da una piastra di battuta posizionata orizzontalmente sul piano campagna) ed eseguendo almeno tre determinazioni a distanza (*minimum offset*) di 5, 10 e 15 metri dal primo geofono mentre la geometria adottata, alla luce delle opportunità offerte dal sito, ha visto l'impiego di una distanza intergeofonica di 5.0ml che, pertanto, rappresentano il giusto compromesso tra le possibilità logistiche ed il target della campagna geognostica.

Degno di menzione è anche il riferimento alle acquisizioni in campagna. Gli stendimenti geofisici effettuati non hanno incontrato difficoltà logistiche poiché l'area al momento della stesa dei cavi e durante tutta l'acquisizione era sgombera da ogni impedimento fisico.

A ciò è tuttavia opportuno aggiungere quanto segue:

- ✓ un orizzonte litologico non sempre coincide con quello rilevato attraverso profili sismici, in quanto la velocità di propagazione di un impulso sismico può variare nell'ambito dello stesso litotipo per differenze dovute a presenza di fratture, diverso grado di porosità, diverso grado di compattazione ecc., ovvero in base alle caratteristiche elastiche;
- ✓ la tecnica di rilevamento Masw fornisce il valore della V_{S30} / V_{Seq} a partire dal piano campagna e non dal piano fondazione così come previsto e richiesto dalla normativa vigente pertanto un più corretto e rappresentativo valore di V_{S30} / V_{Seq} è possibile solo nel momento in cui allo scrivente viene indicata una profondità di riferimento precisa (piano di posa delle fondazioni) che deve essere obbligatoriamente maggiore di 0 e

minore di 30 e comunque in presenza di un modello geologico del sottosuolo quanto più possibile dettagliato e reale.

4.1.1 - Prospezione MASW

Il termine MASW è l'acronimo di Analisi Multi Canale di Onde di Superficie, ed indica una metodologia di indagine basata sulla analisi di velocità delle onde sismiche di superficie a diversa frequenza. Nello specifico si usano quindi le sole Onde di Reyleigh, e si trascurano gli effetti dovuti alle onde P ed S.

Questa scelta operativa è conseguenziale a due fenomeni importanti:

- ✓ le Onde di Reyleigh trasportano circa i 2/3 dell'energia generata da una sorgente sismica;
- ✓ allontanandosi dalla sorgente tali onde subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV, in quanto esse si propagano secondo fronti d'onda cilindrici e non sferici.

Il metodo può essere scomposto in tre fasi consequenziali:

- ✓ calcolo della velocità di fase apparente sperimentale;
- ✓ calcolo della velocità di fase apparente numerica;
- ✓ individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs.

L'elaborazione è stata condotta ipotizzando la presenza di 2/3 sismostrati in quanto è sempre consigliabile compiere l'interpretazione Masw ricorrendo ad un numero di orizzonti sismici compreso tra 3 e 8 pur essendo la geologia del sito non particolarmente complessa.

Normalmente tale accorgimento consente di distinguere più agevolmente la parte superficiale alterata e dalle proprietà geomeccaniche scadenti rispetto alla roccia sottostante, e consente, inoltre, di rilevare le modeste stratificazioni (anche solo per compattazione se non per variazioni composizionali/tessiturali) della parte detritica più corticale, determinanti nel processo di dispersione delle onde di superficie.

❖ **PROSPEZIONE MASW01**

L'array sismico è stato cantierizzato sul terreno nelle strette vicinanze dell'area oggetto di studio con orientamento SE-NW ed una lunghezza complessiva di 60.00ml.



Fig. 03 – Immagine illustrante l'ubicazione dell'indagine MASW01. (Google Earth).

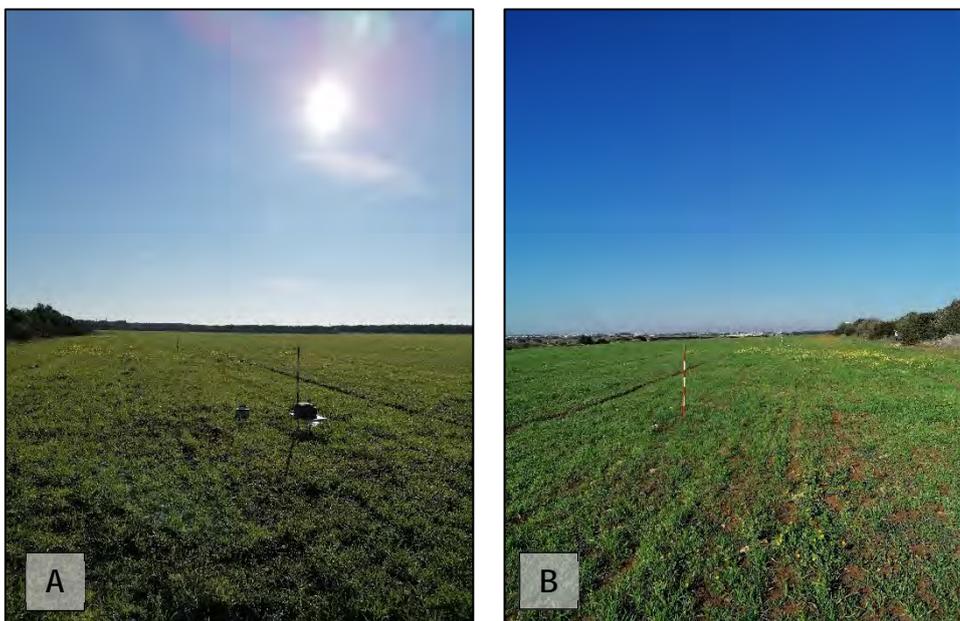


Fig. 04 – Immagine illustrante lo stendimento geofisico MASW01. A) Visuale da NW; B) Visuale da SE.

Di seguito (Fig. 05) sono illustrati lo spettro 3D e lo spettro f-k per il sito d'indagine.

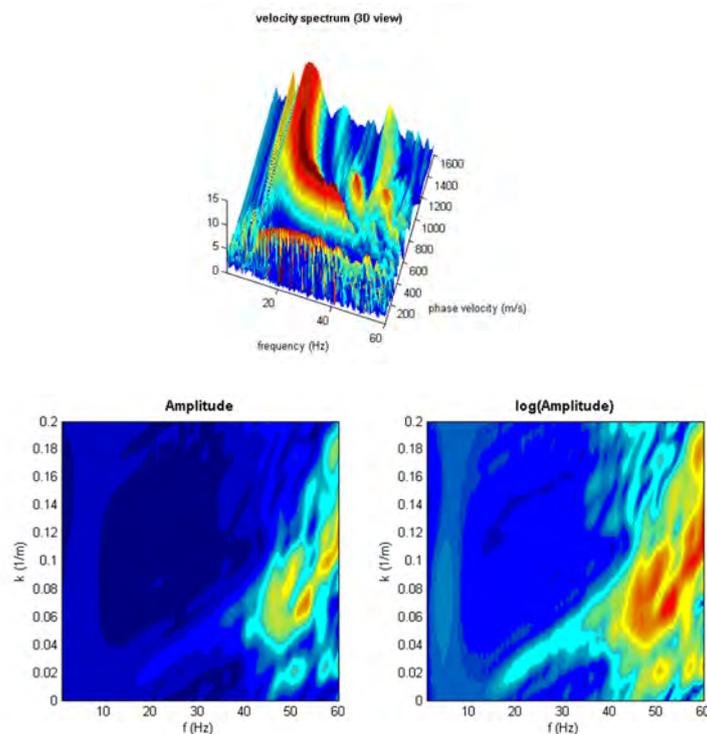


Fig. 05 – Spettro 3D e spettro f-k per il sito d'indagine.

Dall'analisi della curva di dispersione è emersa la seguente sismostratigrafia:

- un primo sismo-strato da mediamente soffice a mediamente rigido con V_s di circa 423 m/s (V_p pari a circa 843 m/s), spessore prossimo a 1.80 m e densità di 2.0 g/cm³;
- un secondo sismo-strato da mediamente rigido a rigido, con V_s di circa 917 m/s (V_p pari a circa 1737 m/s) densità di 2.2 g/cm³.

Primo sismostrato: possiede una potenza pari a circa 1.80 ml ed una velocità media delle onde di taglio di 423 m/s ed una densità di 2.0 g/cm³ e con ogni probabilità, considerati i valori ricostruiti, può essere riferito ad un deposito rappresentato da terreno vegetale/agrario compatto e primo substrato alterato. L'orizzonte nella sua totalità è da intendersi da mediamente soffice a mediamente rigido oltre che fortemente anisotropo ed eterogeneo, tanto in senso orizzontale quanto verticale.

Secondo sismostrato: il secondo ed ultimo orizzonte rappresenta una importante transizione nel sottosuolo dell'area investigata. Grazie alla velocità media misurata per le onde di taglio (V_s di circa 917 m/s) ed ai valori di densità ricostruiti (2.2 g/cm³), infatti, esso si palesa quale mezzo decisamente nuovo e dal comportamento reologico tipico di un mezzo da mediamente rigido a rigido

sebbene vada inteso sempre spiccatamente anisotropo ed eterogeneo sia in senso verticale che orizzontale.

Per quanto attiene la classificazione di sito basata sulla velocità equivalente delle onde di taglio V_{S30}/V_{Seq} , si riporta di seguito le linee guida adottate nel presente rapporto tecnico:

TIPO DI TERRENO	V_{S30}/V_{Seq}
Rigido	> 800 m/s
Mediamente rigido	360 – 800 m/s
Mediamente soffice	360 – 180 m/s
Soffice	< 180 m/s

Di seguito si riportano le determinazioni dei principali parametri dinamici dedotti dal valore di velocità V_p approssimativo perché ottenuto indirettamente dalla prova Masw pertanto essi andranno impiegati nei calcoli ingegneristici previa riduzione cautelativa (conseguimento di ampi margini di successo progettuale):

MASW01	V_p (m/s)	V_s (m/s)	d (g/cm ³)	V_p/V_s	Poisson	Young (Mpa)	Shear (Mpa)	Bulk modulus (Mpa)	λ (Mpa)
I°	843	423	2.0	1.99	0.33	953	358	944	706
II°	1737	917	2.2	1.89	0.30	4853	1850	4171	2938

❖ PROSPEZIONE MASW02

L'array sismico è stato cantierizzato nelle strette vicinanze dell'area oggetto di studio con orientamento W-E ed una lunghezza complessiva di 60.00ml.



Fig. 06 – Immagine illustrante l'ubicazione dell'indagine MASW02. (Google Earth).



Fig. 07 – Immagine illustrante lo stendimento geofisico MASW01. A) Visuale da E; B) Visuale da W.

Di seguito (Fig. 08) sono illustrati lo spettro 3D e lo spettro f-k per il sito d'indagine.

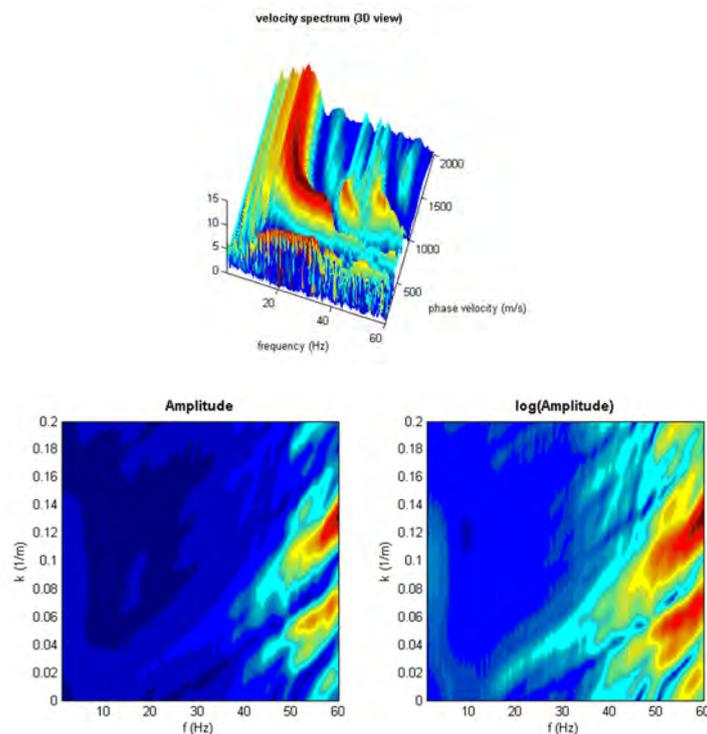


Fig. 08 – Spettro 3D e spettro f-k per il sito d'indagine.

Dall'analisi della curva di dispersione è emersa la seguente sismostratigrafia:

- un primo sismo-strato mediamente soffice con V_s di circa 386 m/s (V_p pari a circa 724 m/s), spessore prossimo a 2.40 m e densità di 1.90 g/cm³;
- un secondo sismo-strato da mediamente rigido a rigido, con V_s di circa 813 m/s (V_p pari a circa 1549 m/s) densità di 2.10 g/cm³.

Primo sismostrato: possiede una potenza pari a circa 2.40 ml ed una velocità media delle onde di taglio di 386 m/s ed una densità di 1.90 g/cm³ e con ogni probabilità, considerati i valori ricostruiti, può essere riferito ad un deposito rappresentato da terreno vegetale/agrario compatto e primo substrato alterato. L'orizzonte nella sua totalità è da intendersi da mediamente soffice a mediamente rigido oltre che fortemente anisotropo ed eterogeneo, tanto in senso orizzontale quanto verticale.

Secondo sismostrato: il secondo ed ultimo orizzonte rappresenta una importante transizione nel sottosuolo dell'area investigata. Grazie alla velocità media misurata per le onde di taglio (V_s di circa 813 m/s) ed ai valori di densità ricostruiti (2.10 g/cm³), infatti, esso si palesa quale mezzo decisamente nuovo e dal comportamento reologico tipico di un mezzo da mediamente rigido a rigido

sebbene vada inteso sempre spiccatamente anisotropo ed eterogeneo sia in senso verticale che orizzontale.

Per quanto attiene la classificazione di sito basata sulla velocità equivalente delle onde di taglio V_{S30}/V_{Seq} , si riporta di seguito le linee guida adottate nel presente rapporto tecnico:

TIPO DI TERRENO	V_{S30}/V_{Seq}
Rigido	> 800 m/s
Mediamente rigido	360 – 800 m/s
Mediamente soffice	360 – 180 m/s
Soffice	< 180 m/s

MASW01	V_p (m/s)	V_s (m/s)	d (g/cm ³)	V_p/V_s	Poisson	Young (Mpa)	Shear (Mpa)	Bulk modulus (Mpa)	λ (Mpa)
I°	724	386	1.9	1.63	0.30	737	283	618	430
II°	1549	813	2.1	1.90	0.30	3636	1388	3188	2263

4.2 Rilievo Geomeccanico

La ricostruzione geo-strutturale dell'area è stata effettuata tramite una ricerca bibliografica preliminare e n.2 rilievi geomeccanici delle fratture su affioramenti presenti nell'area oggetto di studio.

Per acquisire i dati, necessari allo studio di stabilità ed alle verifiche geotecniche delle eventuali soluzioni progettuali da mettere in atto, nell'area in esame sono state disposte delle stazioni geomeccaniche la cui scelta è stata tale da rappresentare e caratterizzare geomeccanicamente l'ammasso roccioso nella sua totalità.

La determinazione dell'indice RMR ottenuto dalla classificazione dell'ammasso roccioso ha permesso, inoltre, la stima delle caratteristiche geomeccaniche, utilizzate nelle successive verifiche geotecniche, in correlazione con i dati desunti da bibliografia storica.

I rilievi geomeccanici sono stati eseguiti su di un ammasso roccioso nelle aree preposta all'istallazione di un parco fotovoltaico, in agro al Comune di Avetrana, le cui coordinate in WGS84 sono:

- ✓ **SG1** latitudine 40.344918° e longitudine 17.756920°
- ✓ **SG2** latitudine 40.340056° e longitudine 17.744877°

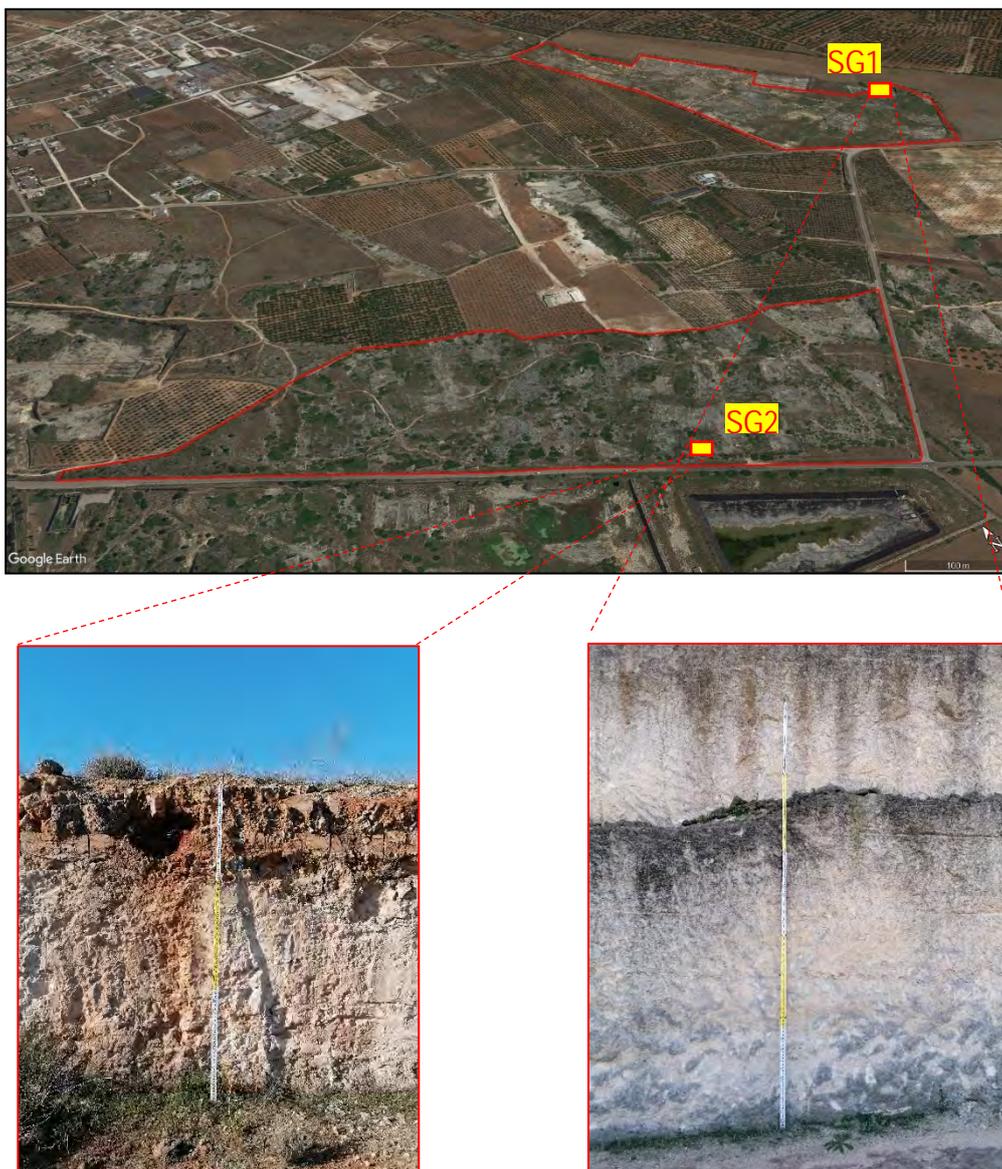


Fig. 09 – Immagine illustrante l'ubicazione delle indagini effettuate su foto aerea(Google Earth) e delle pareti interessate dal rilievo geomeccanico.

Il tipo di ammasso, definito in base alla geometria dei blocchi, ricade all'interno della categoria *massivo poco fratturato*, con due famiglie di discontinuità, classifica (IRSM, 1978), con spaziature vicine e dimensioni dei blocchi diverse tra loro. La struttura è stratificata con spessore degli strati che arriva fino ad 1 m e ricadenti sempre nella stessa litologia.

Le fratture ed i giunti risultano parzialmente chiusi e lo spazio tra le fratture può essere vuoto oppure riempito con blocchi più piccoli e qualche volta con terra rossa, derivante dall'alterazione chimica e fisica, e/o calcite spatica.

La resistenza alla compressione uniassiale della roccia è stata determinata da dati statistici di analisi di laboratorio su campioni di roccia geologicamente assimilabili.

Sia per il valore della resistenza a compressione che per il peso di volume è stata calcolata una media statistica.

L'indice **Jv** (Volumetric Joint Count) è definito come la somma del numero di giunti per metro per ogni set di joint presente. Sulla base dell'indice Jv, L'ISRM ha proposto una serie di termini descrittivi della dimensione media dei blocchi che caratterizzano l'ammasso.

L'indice **Ib** vuole rappresentare la dimensione medie del blocco roccioso "tipico" e viene stimato scegliendo soggettivamente alcuni blocchi di taglia "tipica" e misurandone le dimensioni.

Nel nostro caso si rientra nella categoria di blocchi con dimensioni medie in cui il Jv è compreso in un range di 3-10 *joints* per m³.

La principale forma dei blocchi è prismatica.

Il Nuovo D.M. 17/01/2018 prevede la definizione dei valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuirsi ai terreni, dove per valore caratteristico si intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro con riferimento ad un particolare stato limite. Coerentemente con quanto indicato dall'EC7 si è proceduto alla definizione di tali valori mediante una analisi statistica, a partire da dati derivati, a seconda dei casi, o da prove di laboratorio o da letteratura.

Dalle osservazioni eseguite sull'area di intervento è emerso che l'ammasso roccioso oggetto di studio è costituito prevalentemente da:

Calcareniti organogene, variamente cementate, porose, biancastre, grigie e giallognole, costituite da clasti derivanti dalla degradazione dei calcari cretacei; si presentano poco fratturati e stratificati e superficialmente alterati.

I valori dei parametri caratteristici sono stati ottenuti attraverso le seguenti procedure: Il valore del peso di volume, il valore della coesione, il valore della resistenza al taglio sono stati ricavati dalla media aritmetica dei valori ricavati con la classificazione dell'ammasso roccioso di Bieniawski e quelli ottenuti con il criterio di Jasarevic & Kovacevic.

Id indagine	Litotipo	γ_k (kN/m ³)	c_k (kPa)	φ_k (°)	E (MPa)
SG1	Calcarenite Massiva	24.51	298.5	41	20531.74
SG2	Calcarenite Massiva	23.53	265.4	38	11391.66

*I suddetti parametri sono da considerarsi **indicativi** e la loro scelta ricade nella piena responsabilità del progettista per quanto riguarda le ipotesi e le scelte progettuali.*

Per maggiori dettagli riguardo al Rilievo Geomeccanico si rimanda all'Elaborato **Geo.04** in allegato.

5 INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO DELL'AREA

5.1 – Inquadramento geologico generale

Il Comune di Avetrana ricade nel foglio 203 "Brindisi" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Fig.10).

L'area del territorio comunale, dal punto di vista geologico, è caratterizzata dalla presenza di formazioni sedimentarie che, dalla più recente alla più antica, sono così organizzate:

- Depositi alluvionali recenti o attuali (Olocene);
- Depositi Marini Terrazzati (Pleistocene Medio – Superiore);
- Argille Subappennine (Pleistocene Inferiore – Medio)
- Calcareniti di Gravina (Pliocene Superiore con passaggi al Pleistocene Inferiore);
- Calcare di Altamura (Cretaceo: attribuibili al Senoniano – Turoniano).

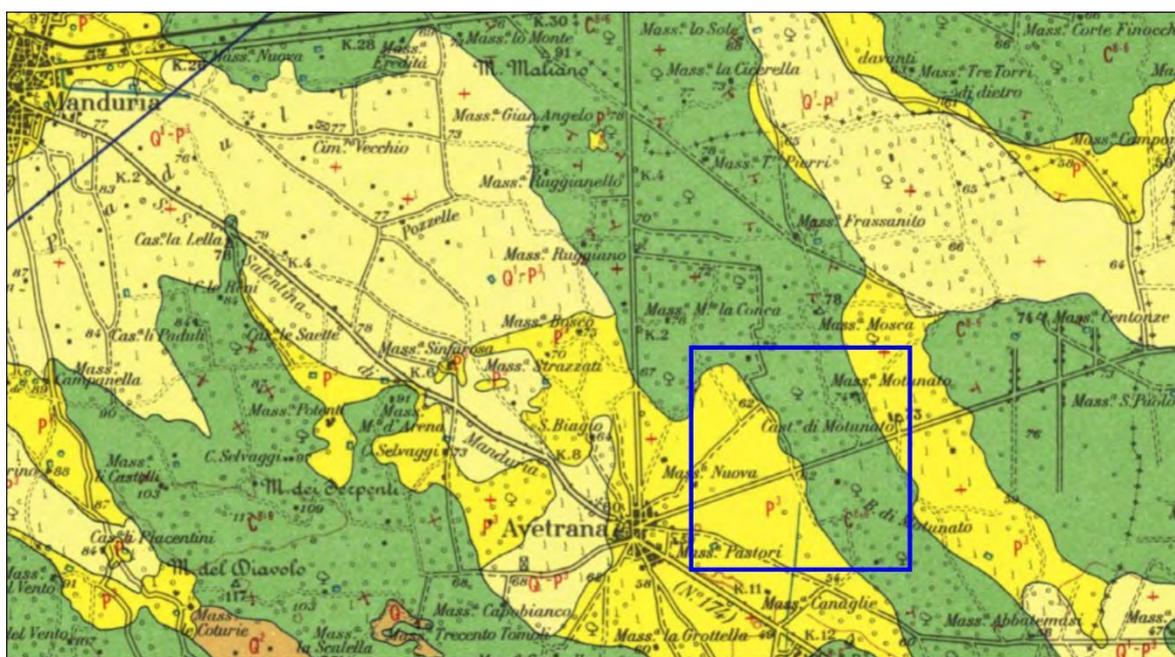


Fig.10: Inquadramento geologico dell'area di intervento su carta geologica d'Italia alla scala 1:100.000.

5.2 – Caratteri litologici dell'area di intervento

Il rilievo effettuato nell'area, ha evidenziato la presenza di spaccati artificiali (fronti di cava) in cui affiorano le litologie del substrato dell'area di progetto. È presente, infatti, una copertura vegetale dello spessore medio di 0.50-0.80m che maschera, laddove non vi sono i fronti di cava, la sottostante unità geologica localmente costituita dalla Calcareniti di Gravina (vedi **Allegato Geo.05 – Carta geolitologica**).

Le opere previste per la realizzazione del parco fotovoltaico interessano due differenti unità litologiche che caratterizzano l'area del Comune di Avetrana, ovvero le Calcareniti di Gravina e i Calcari di Altamura.

Le Calcareniti di Gravina rappresentano il livello basale del ciclo sedimentario della Fossa Bradanica. Si tratta di calcareniti organogene, variamente cementate, porose, biancastre, grigie e giallognole, costituite da clasti derivanti dalla degradazione dei calcari cretacei. Talvolta nelle porzioni basali della formazione a contatto con il calcare è presente un livello di conglomerato con ciottoli calcari più o meno arrotondati a matrice calcarea da bianca a gialla.



Fig.11: Affioramento delle Calcareniti di Gravina.

La formazione dei Calcari di Altamura è costituita da calcari compatti, coroidi, grigio nocciola, grigio rossastri in superficie ed a frattura concoide, nonché di calcari più o meno compatti bianchi, grigiastri in superficie, con frattura irregolare. Sono spesso associati calcari cristallini vacuolari, rosati, biancastri per alterazione ed a frattura irregolare. La stratificazione è sempre evidente, di solito in banchi fino a 2 metri, ma nei livelli inferiori, la stratificazione è varia e la roccia appare talora laminata.

Per quanto riguarda l'intervento in progetto, risulta che l'area destinata all'installazione dei pannelli fotovoltaici è occupata dalle calcareniti, infatti si tratta di aree già destinate ad operazioni di cava di tali materiali. L'area di ubicazione delle cabine, invece, è collocata interamente al di sopra dei Calcari di Altamura.

6 CARATTERI GEOFISICI DEI TERRENI

I dati desunti dagli studi geofisici effettuati sui terreni oggetto di studio, sono stati impiegati per valutare la risposta sismo-elastica dei differenti terreni e produrre una definizione della categoria di suolo di fondazione, ai sensi della normativa sismica (O.P.C.M. n. 3274/2003 e NTC 2018).

Le Categorie di sottosuolo secondo il "Decreto del 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni" classificano il sottosuolo tramite le seguenti categorie:

A: *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.;*

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;*

C: *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;*

D: *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;*

E: *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.*

Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione,

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

secondo la relazione:

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore $h(strato)$ e dalla velocità delle onde S $V_s(strato)$.

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio V_{Seq} è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO MASW01	V_{Seq}
B	423 m/s

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO MASW01	V_{Seq}
B	386 m/s

La categoria di sottosuolo ai sensi del D.M. 14/01/2018 è di tipo **B** per tutte le aree che rientrano nel progetto in epigrafe.

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;

7 DEFINIZIONE DEL MODELLO LITOTECNICO E DEI PARAMETRI GEOTECNICI

In riferimento alle caratteristiche litotecniche dei terreni interessati dalle opere in progetto, va sottolineato che non si prevedono particolari opere di fondazione in quanto i pannelli fotovoltaici saranno posizionati su pali infissi e le cabine, prefabbricate, su una base di magrone. Le operazioni di sistemazione dei cavi, inoltre, comporterà l'escavazione di trincee di modesta entità in termini di ampiezza e profondità. I valori sotto riportati si riferiscono all'analisi dei dati presenti nella letteratura tecnica consultati dallo scrivente.

Fatte tali premesse, quindi, risulta che i terreni interessati dal progetto sono sostanzialmente rappresentati da rocce lapidee, ovvero:

- **Calcari** (Calcari di Altamura): rappresentano il substrato geologico le cui proprietà tecniche d'insieme sono controllate, in termini riduttivi, dalle discontinuità fisiche. Una caratteristica di tali terreni è la presenza di livelli o sacche di terreni sciolti, ovvero la tipica terra rossastre e fasce intensamente brecciate. Spesso, inoltre, si generano fessure molto aperte e veri e propri vuoti carsici.
- **Calcareniti** (Calcareniti di Gravina): in questo caso le proprietà tecniche sono strettamente correlate al grado di cementazione che, varia da debolmente a mediamente cementato. Le calcareniti, soprattutto nei livelli più superficiali e maggiormente esposti alla degradazione fisico-meteorica, presentano un grado di cementazione più basso, fino quasi a formare dei livelli di terreni sciolti. I dati su tali terreni indicano i seguenti valori medi per alcune delle principali proprietà tecniche

I parametri geotecnici dei terreni interessati dal progetto in epigrafe sono il risultato del rilievo geomeccanico effettuato nell'area di studio (SG1-SG2):

Id indagine	Litotipo	γ_k (kN/m ³)	c_k (kPa)	ϕ_k (°)	E (MPa)
SG1	Calcarenite Massiva	24.51	298.5	41	20531.74
SG2	Calcarenite Massiva	23.53	265.4	38	11391.66

Come già enunciato precedentemente i suddetti parametri sono da considerarsi indicativi e la loro scelta ricade nella piena responsabilità del progettista per quanto riguarda le ipotesi e le scelte progettuali.

8 CARATTERI GEOMORFOLOGICI E IDROGEOLOGICI DELL'AREA DI STUDIO

8.1 – Caratteri morfologici locali

Da un punto di vista morfologico, il sito di progetto è localizzato in un'area pianeggiante dove non sono presenti elementi significativi di pericolosità geomorfologica. Tutto il territorio a est dell'abitato di Avetrana è caratterizzato dalla presenza di aree destinate ad operazioni di cava e sono riportate all' *Allegato Geo.06 – Carta geomorfologica*

In occasione del rilievo effettuato in sito sono state messe in luce alcune tipiche forme morfologiche che caratterizzano diffusamente il territorio e che sono strettamente collegata alla natura litologica dei terreni affioranti, ovvero aree di conca. I principali elementi morfologici che caratterizzano l'area vengono riportati nella figura sottostante. Non si individuano significative incisioni di carattere fluviale (Fig.12).

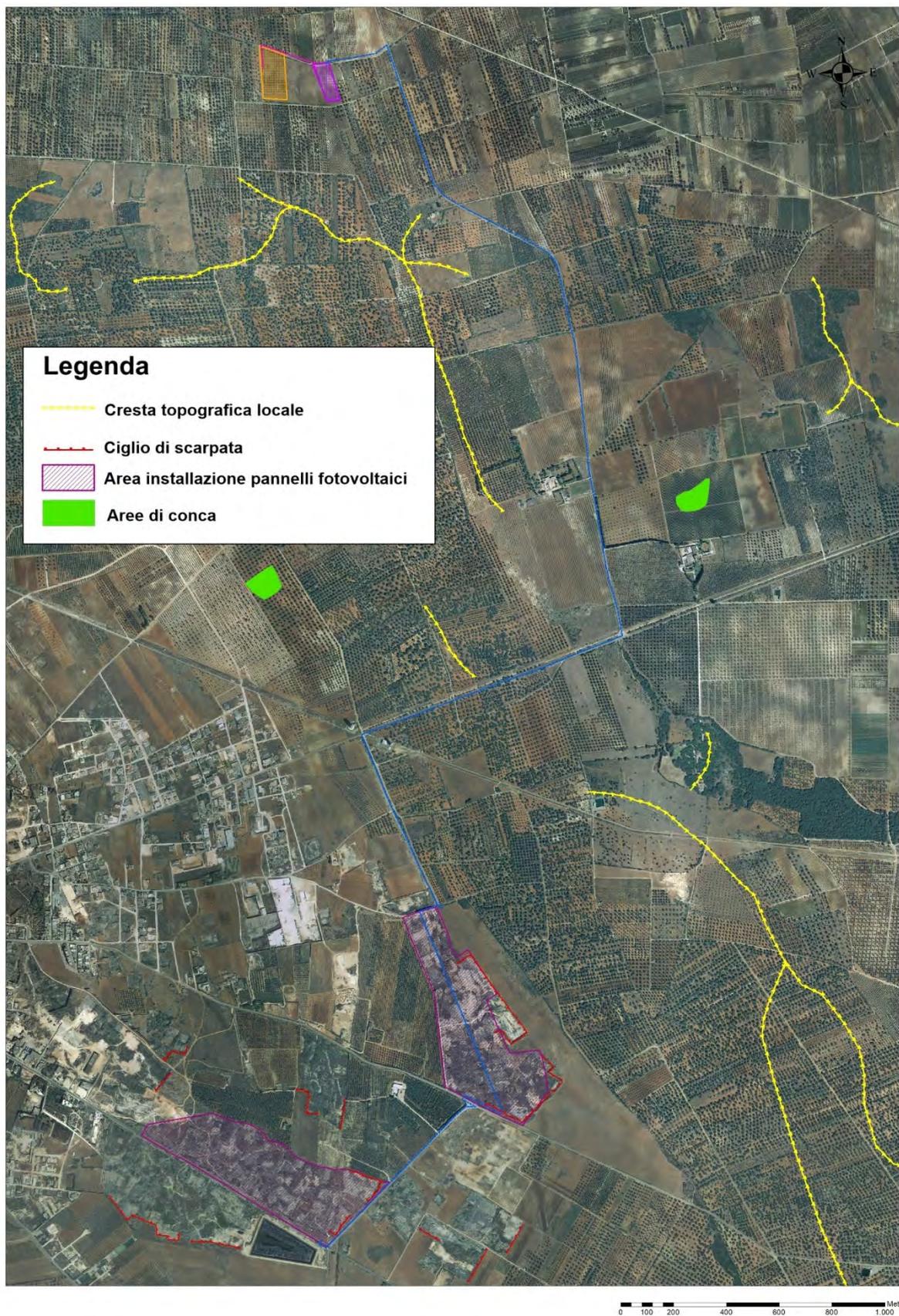


Fig.12: Principali elementi morfologici che caratterizzano l'area di progetto

8.2 – Caratteri idrogeologici

Come richiamato precedentemente, l'area di ubicazione dell'impianto è caratterizzata dalla presenza da una formazione calcarenitica di età plio-plestocenica, le cui caratteristiche di permeabilità sono ben note in letteratura e dalla presenza delle unità di basamento geologico carbonatico costituito dai Calcari di Altamura.

Le calcareniti presentano una permeabilità primaria per porosità ed una secondaria per fatturazione, talvolta anche per carsismo (soprattutto di interstrato). I dati di letteratura riportano valori della permeabilità medio-bassi e, qualitativamente, compresi tra 1×10^{-4} e 1×10^{-6} cm/s.

I calcari, invece, hanno una permeabilità da media a alte, soprattutto per le condizioni di fratturazione e fessurazione che li caratterizzano. Di seguito si riporta la carta idrogeologica elaborata per l'area di studio. Non sono presenti punti di sorgente naturale (Fig.13).

Per quanto riguarda l'idrogeologia sotterranea, in letteratura è riportata la presenza di una ricca falda acquifera profonda che occupa la formazione del Calcare di Altamura. La profondità di rinvenimento della falda è piuttosto variabile e dipende dalla presenza in profondità di eventuali strati di calcare compatto. Generalmente il livello statico si stabilizza ad una quota sul livello del mare compresa tra 2 e 4 metri.

Nel settore centrale del territorio, in corrispondenza dell'abitato di Avetrana, è stata intercettata una falda intermedia che circola negli strati basali della Calcarenite di Gravina. La piezometrica di tale falda acquifera generalmente si pone ad una profondità di circa 12 – 14 metri di profondità dal p.c. e la sua alimentazione avviene per infiltrazione dell'acqua piovana dagli strati superficiali.

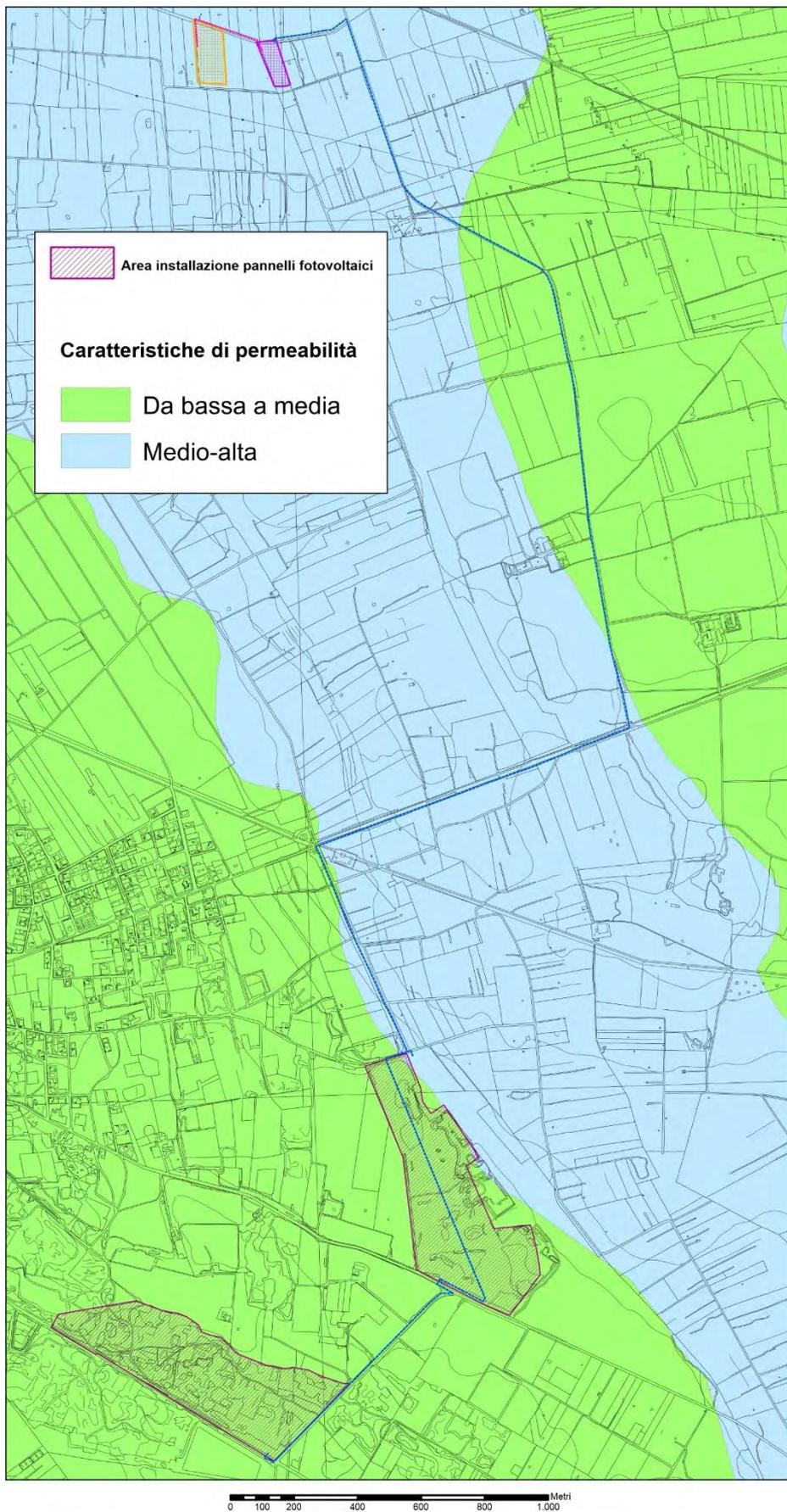


Fig.13: Carta della permeabilità dei terreni affioranti nell'area di progetto.

9 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DELL'AREA DI PRGETTO

9.1 - Zona sismica del Comune di Avetrana

Il comune di Melpignano, da un punto di vista sismico, viene classificato in ZONA 4, che rappresenta la zona meno pericolosa dove la probabilità che capiti un forte terremoto è molto bassa e indica la possibilità che i comuni inquadrati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.

La consultazione del Database Macrosismico Italiano, inoltre, consente di analizzare i principali terremoti che in epoca storica hanno interessato il comune di Avetrana e si osserva che per l'area di studio non risultano eventi sismici rilevanti (Fig.14).

Avetrana

PlaceID IT_62430
 Coordinate (lat, lon) 40.349, 17.726
 Comune (ISTAT 2015) Avetrana
 Provincia Taranto
 Regione Puglia
 Numero di eventi riportati 4

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1743	02	20				Ionio settentrionale	84	9	6.68
NF	1951	01	16	01	11		Gargano	73	7	5.22
4	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77

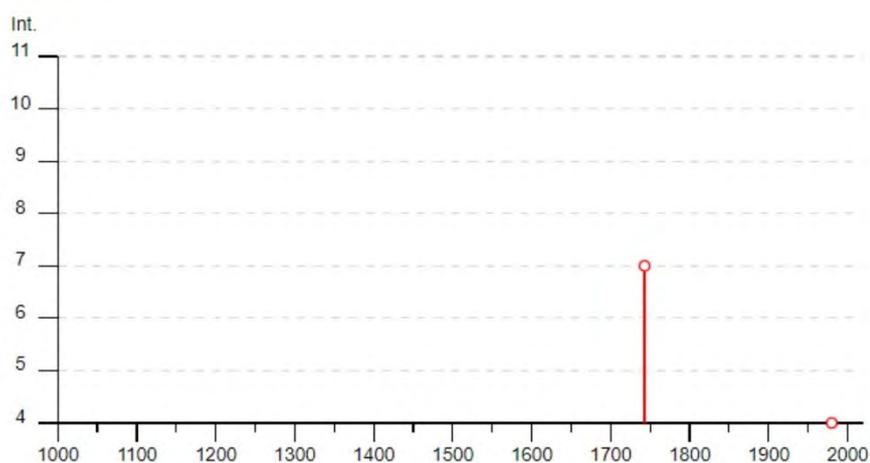


Fig.14: Eventi storici che hanno interessato il Comune di Avetrana (<http://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/>).

Categoria sismica di suolo

- Classificazione della categoria di sottosuolo: Sulla base delle prospezioni sismiche effettuate è stato possibile determinare la *categoria di sottosuolo* che per l'area in esame è di tipo "B".
- Classificazione delle condizioni topografiche: La *categoria topografica* è la **T1**, a cui corrisponde un valore del *coefficiente di amplificazione topografica* S_T pari a 1

9.2 – Azione sismica: Relazione sulla pericolosità sismica di base

Il Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008, recante "Norme Tecniche per le Costruzioni" e il recente aggiornamento operato dal **DECRETO 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni» (nel seguito indicate con NTC)** raccoglie in forma unitaria le norme che disciplinano la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli sicurezza, la pubblica incolumità. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Per la definizione dell'azione sismica di un sito vengono utilizzate al meglio le possibilità offerte dalla definizione della pericolosità sismica italiana, recentemente prodotta e messa in rete dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

L'azione sismica è ora valutata in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido a superficie orizzontale, riferendosi non ad una zona sismica territorialmente coincidente con più entità amministrative, ad un'unica forma spettrale e ad un periodo di ritorno prefissato ed uguale per tutte le costruzioni, come avveniva in precedenza, bensì sito per sito e costruzione per costruzione.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" VR e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" R V P.

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto nei modi previsti dalle NTC, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita convenzionalmente facendo riferimento ad un sito rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale (di categoria T1), in condizioni di campo libero, cioè in assenza di manufatti. Il valore di ag è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dallo INGV.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento R V P, 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.

I valori caratteristici riguardanti l'azione sismica al sito studiato sono riportati all'*Allegato Geo.07*
– *Relazione sulla pericolosità sismica di base.*

10 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In base a ciò che è emerso in occasione del rilevamento geologico e idrogeologico compiuto e della campagna di indagini geognostiche effettuate oltre che, allo studio critico della bibliografia tecnica esistente sull'area di interesse *il sottoscritto esprime parere favorevole alla esecuzione degli interventi ingegneristici* così come riportato in epigrafe e raccomanda la realizzazione di quanto prescritto nel report geologico e l'osservazione di quanto necessario ad una progettazione a regola d'arte ed a norma di Legge.

In sintesi:

- ✓ Le informazioni di carattere geologico e idrogeologico raccolte hanno permesso di definire con sufficiente dettaglio le caratteristiche dei terreni che ospiteranno l'Impianto FTV, il Cavidotto e la Stazione di Elevazione ed hanno consentito di accertare la fattibilità del progetto previsto;
- ✓ Dalla consultazione della cartografia ufficiale redatta dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale ex AdB Puglia si evince che parte dell'area destinata all'installazione dei pannelli fotovoltaici rientra parzialmente in aree a bassa pericolosità idraulica (B.P.); Si sottolinea che l'area in questione era destinata precedentemente ad operazioni di cava di materiali calcarenitici e non sono presenti insediamenti abitativi e/ infrastrutture e reti pubbliche. La realizzazione dell'intervento in progetto, pertanto:
 - non comporterà un aumento delle condizioni di pericolosità insistenti sull'area in quanto non prevede edificazione di strutture ad uso pubblico;
 - non rappresenterà un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte. In loco non sono presenti incisioni fluviali e la sua realizzazione non produrrà significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque superficiali;
 - non comporterà effetti di impermeabilizzazione superficiale e non interferirà con le attuali condizioni di drenaggio dei terreni presenti in sito
- ✓ Le aree che saranno interessate dal Cavidotto e della Stazione di Elevazione non coincidono con areali perimetrati dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale ex AdB Puglia;
- ✓ Le aree che saranno interessate dall'Impianto FTV, Cavidotto e della Stazione di Elevazione non sono assoggetta a Vincolo Idrogeologico ai sensi del D.R. 3267/1923;
- ✓ Non sono stati rinvenuti segni o markers che lascino ritenere che l'area in questione sia in condizioni di equilibrio precario o presagire condizioni di rischio degne di attenzione;
- ✓ Nelle aree di studio non sono presenti faglie e/o discontinuità tettoniche di qualsiasi natura che possano costituire un pericolo;

- ✓ L'area è caratterizzata da terreni appartenenti alle Calcareniti di Gravina sormontate da circa 0.50/0.80m di terreno agrario misto a frammenti Calcarenitici (lo spessore di tali terreni non è omogeneo su tutta l'area investigata);
- ✓ Le aree si presentano stabili ed esenti da problematiche geologico-tecniche relative alle opere in progetto;
- ✓ I Parametri geotecnici sono da considerarsi indicativi e la loro scelta ricade nella piena responsabilità del progettista per quanto riguarda le ipotesi e le scelte progettuali.
- ✓ La categoria di sottosuolo ai sensi del D.M. 14/01/2018 è di tipo **B** e la categoria topografica è la T1 per tutte le aree oggetto di studio.

Potenza, Dicembre 2021

Dott. Geol. Soldo Giovanni

