



COMUNE DI GENZANO DI LUCANIA
PROVINCIA DI POTENZA
REGIONE BASILICATA

**IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA
 DA FONTE RINNOVABILE FOTOVOLTAICA DENOMINATO
 "RIPA D'API" DI POTENZA NOMINALE P=19'993.87 kWp
 POTENZA DI IMMISSIONE PARI A 19'998.02 kW**

Proponente

SOLAR ENERGY NOVE S.R.L.

VIA SEBASTIAN ALTMANN, 9 - 39100 BOLZANO
 C.F. - P.I. - REGISTRO IMPRESE 03058390216
 PEC: solarenergynove.srl@legalmail.it

Progettazione

Dr Geol. ANTONIETTA CILUMBRIELLO
 Studio Tecnico Geologia, Energia & Ambiente
 Via Albani, snc
 85013 – Genzano di Lucania (PZ)
 email: qeo.lab@gmail.com
 Mob: 347/1848562



Preparato

Verificato

Approvato

PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Titolo elaborato

**IMPIANTO FOTOVOLTAICO "RIPA D'API"
 RELAZIONE GEOLOGICA**

Elaborato N.

A.2.

Data emissione

30/04/21

Nome file

A2-RELAZIONE GEOLOGICA

N. Progetto

SOL013a

Pagina

COVER

00

REV.

30/04/21

DATA

PRIMA EMISSIONE

DESCRIZIONE

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Dr Geol. Antonietta Cilumbriello

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
2.1. Vincoli ambientali e i territoriali.....	4
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	4
3.1. Geologia di dettaglio dell'area di progetto	8
4. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE ED IDROLOGICHE.....	8
4.1 Caratteristiche morfologiche del sito di progetto.....	8
4.2 Idrografia ed Idrogeologia	9
4.3. Compatibilità Idrogeologica in conformità al P.A.I.....	10
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE	11
5.1. Pozzetti esplorativi	12
5.2. Indagini sismiche	12
5.2.1. <i>Indagini sismiche per la stima del Vs30 - MASW</i>	13
6. MODELLAZIONE SISMICA DELL'AREA	14
6.1. Normativa sismica di riferimento.....	14
6.2. Caratterizzazione sismica dell'area	17
6.3. Pericolosità sismica di base	20
6.4. Caratterizzazione dinamica	23
7. RISPOSTA SISMICA LOCALE	25
8. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO	28
8.1. Stratigrafia.....	28
8.2. Caratterizzazione geotecnica	28
9. ANALISI DI STABILITA' DEL VERSANTE.....	30
10. CONCLUSIONI	31
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	

1. PREMESSA

Su incarico ricevuto dalla Solar Energy Nove Srl, la Dr Antonietta Cilumbriello, geologa, iscritta all'Albo dei Geologi di Basilicata al n° 452, ha redatto la presente Relazione Geologica nell'ambito del progetto relativo ai lavori di realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica denominato "Ripa d'Api di potenza nominale P = 19.993,87 kW e potenza in immissione pari a 19.998,02 kW alla contrada Ripa D'Api nel comune di Genzano di Lucania.

Come definito nel paragrafo 6.2.1 del D.M. 14.01.2008 e loro aggiornamento (D.M. 17.01.2018), nella presente Relazione si riferisce sulla caratterizzazione e la modellazione geologica del sito di progetto, estesa ad un adeguato intorno, dei caratteri litologici, stratigrafici, geomorfologici, idrogeologici, e sismici in modo da caratterizzare il contesto territoriale in cui si inseriscono le opere di progetto, con la finalità di verificare l'idoneità dell'area da un punto di vista geologico agli usi preposti.

La ricostruzione del modello geologico è sviluppata in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici; le scelte progettuali terranno quindi conto, oltre che delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali.

In particolare, per la caratterizzazione geologica del substrato di fondazione, oltre ai dati bibliografici, considerati la finalità dell'analisi ed il contesto geologico, sono state utilizzati i risultati delle indagini geognostiche eseguite per la realizzazione di altre opere in un'area adiacente a quella di progetto e dove affiorano terreni dalle medesime caratteristiche litologiche eseguite dalla scrivente.

In particolare, sono state utilizzate le risultanze delle indagini di laboratorio effettuate su un campione di terreno prelevato durante l'esecuzione di uno scavo, ed indagini geofisiche, prova sismica di tipo MASW ed indagini sismica a rifrazione, al fine di caratterizzare sia da un punto di vista litotecnico sia sismico i terreni di fondazione.

I risultati delle indagini consultate sono riportati nella presente relazione, illustrati graficamente negli allegati che accompagnano la stessa e consistenti in:

1. Planimetria con ubicazione delle indagini geologiche – scala 1:5.000 (Elaborato A.12.a.7.)
2. Carta Geologica – scala 1:5.000 (Elaborato A.12.a.8.)
3. Carta Geomorfologica – scala 1:5.000 (Elaborato A.12.a.9.)
4. Carta Idrogeologica – scala 1:5.000 (Elaborato A.12.a.10.)
5. Sezione Geologica – scala 1:1.000 (Elaborato A.12.a.11.)

Si ricorda, infine, che il Comune di Genzano di Lucania, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio n°3274 del 20/03/2003 pubblicata sulla G.U. del 08/05/2003 e del Decreto Interministeriale del 14/9/2005 "Norme tecniche per le costruzioni", è legalmente riconosciuto e classificato come "Zona Sismica 2".

La presente relazione è stata redatta in osservanza delle "*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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*" del Ministero dei LL.PP. (D.M. 11/3/1988), della Legge n°64 del 02/02/74, del Decreto Ministeriale del LL.PP. del 16/01/1996, alla L.R. n°38 del 06/08/1997, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003, della Nota esplicativa dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 emanata dal Dipartimento della Protezione Civile – Ufficio Servizio Sismico Nazionale in data 04 giugno 2003, dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3379 del 05/11/2004 art. 6, della Delibera Regionale n°26 del 05/12/2001 dell'Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata e successive modifiche ed integrazioni, del Decreto Interministeriale del 14/9/2005 "*Norme tecniche per le costruzioni*", il D.M. 14/02/2008 "*Nuove Norme Tecniche per le costruzioni*" ed il D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "*Norme Tecniche per le costruzioni*"

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La zona oggetto della presente indagine comprende terreni ricadenti in agro del comune di Genzano di Lucania (Provincia di Potenza). In particolare, l'area di progetto è ubicata a sud-est dell'abitato di Genzano di Lucania a circa una decina di chilometri in linea d'aria. L'area di progetto si sviluppa su una superficie che funge da spartiacque tra i bacini del Fiume Bradano ed il bacino del torrente *la Fiumarella*, affluente di sinistra, tra le quote di 330 m s.l.m. e 275 m s.l.m. (Fig. 1a, 1b).



Fig. 1a) b) – Ripresa fotografica aerea dell'area di progetto tratta da archivio interattivo di Bing

Da un punto di vista cartografico la zona oggetto della presente indagine ricade nella Tavoleta I.G.M. in scala 1:100.000 Foglio Geologico 188 II/N.E. "Taccone.

2.1. Vincoli ambientali e i territoriali

Il vigente strumento urbanistico del Comune di Genzano di Lucania è costituito dal Piano Regolatore Generale approvato nel 2004. Con riferimento al P.R.G. vigente, si osserva che l'area di indagine risulta zona agricola.

Per quanto riguarda i principali vincoli esistenti, si può dire che complessivamente l'area oggetto dell'intervento non risulta sottoposta a vincoli per fini idrogeologici, ai sensi delle Norme del Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico di Basilicata, solo una parte dell'area interessata dalla realizzazione dell'impianto è interessata da una perimetrazione di rischio moderato – R1. L'area medesima ricade all'esterno della fascia di rispetto, ampia 150 m, dai corsi d'acqua "Fiume Bradano" e torrente "la Fiumarella" soggetti a vincolo paesaggistico ed ambientale ai sensi del D.Lgs. n. 42/2004 (in precedenza D.Lgs. n. 490/99, che a sua volta aveva sostituito ed abrogato la precedente L. n. 431/85, meglio nota come "legge Galasso"). Non rientra altresì nell'ambito della perimetrazione del vincolo idrogeologico ai sensi del R.D.L. 2367/23.

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Dal punto di vista geologico, il territorio comunale di Genzano di Lucania (PZ) è situato nel settore nordorientale della Basilicata. Fisiograficamente il territorio appartiene al dominio strutturale della Fossa bradanica, ossia il bacino di sedimentazione plio-pleistocenico della Catena appenninica meridionale compresa tra la Catena appenninica ad ovest e l'Avampaese apulo ad est (Migliorini, 1937; Selli, 1962) (Fig. 2). Corrisponde alla porzione autoctona dell'avanfossa appenninica meridionale definita da Selli (1962). Secondo quest'ultimo il substrato di questa grande area bacinale è stato soggetto dal Cretaceo al Miocene, ad una ridottissima subsidenza; anzi, in quest'intervallo di tempo ha rappresentato per lunghi periodi un'area emersa, come indicano le ampie lacune stratigrafiche e le numerose trasgressioni. Solo nel Pliocene e nel Quaternario essa è stata soggetta ad una cospicua subsidenza, e in tale lasso di tempo ha assunto il carattere di vera e propria fossa. La Fossa bradanica si imposta su un substrato costituito dai calcari cretacei della piattaforma apula ribassati, verso SW, da un sistema di faglie ad andamento appenninico (Ciaranfi *et al.*, 1979) e a partire dal Pliocene inferiore costituisce un'area bacinale a sedimentazione terrigena. Al limite Pliocene superiore-Pleistocene inferiore, la migrazione verso NE del fronte appenninico, che formava un angolo aperto a SE con il margine interno della placca apula in subduzione (Casnedi, 1988), determina, nel settore settentrionale del bacino, la convergenza tra queste due grandi unità del sistema orogenico meridionale (Pieri *et al.*, 1994; 1996). Questo motivo geodinamico segna l'inizio del colmamento del bacino con sedimentazione di mare poco

profondo nell'area di convergenza, e la migrazione del depocentro dell'avanfossa verso SE in corrispondenza della cosiddetta Fossa di Salandra nel Bacino lucano (*sensu* Casnedi, 1988) dove avviene la sedimentazione torbiditica. Verso la fine del Pleistocene inferiore, inoltre, l'area di avampaese apulo, insieme all'adiacente settore di avanfossa appenninica, è interessata da sollevamento attribuito da alcuni autori a raggiustamento isostatico o *rebound* (Ciaranfi *et al.*, 1979; Patacca *et al.*, 1990), da altri a *buckling* della placca adriatica (piegamento litosferico indotto dalla spinta relativa verso est del mantello astenosferico che agisce sul piano di subduzione al di sotto degli Appennini; Doglioni *et al.*, 1994; 1996). Tale evoluzione del bacino bradanico è registrata dalla successione di riempimento spessa alcuni chilometri. Tale successione è costituita dal basso da un intervallo argilloso-marnoso di base (Balduzzi *et al.*, 1982), spesso circa 100-150 m, di età variabile dal Pliocene inferiore al Pliocene medio, con tendenza al ringiovanimento verso E e verso SE (fase pre-torbiditica) (Casnedi *et al.*, 1982). Verso l'alto si passa ad un intervallo essenzialmente sabbioso-argilloso (intervallo sabbioso-argilloso intermedio *sensu* Balduzzi *et al.*, 1982), anch'esso di età progressivamente più recente procedendo da NW verso SE (fase torbiditica *sensu* Casnedi *et al.*, 1982). Secondo Casnedi *et al.* (1982), contemporaneamente alla sedimentazione torbiditica, la fossa si riempie di accumuli di materiale alloctono derivanti dal margine interno del bacino, in seguito a scivolamenti gravitativi a loro volta dovuti alla natura plastica ed incoerente del substrato paleogenico-miocenico sollevato e mobilizzato. La presenza di queste coltri alloctone era già stata messa in luce da una serie di perforazioni e di profili sismici eseguiti presso il margine appenninico della Fossa bradanica (Carissimo *et al.*, 1962). La porzione di successione affiorante ha uno spessore massimo di circa 600 metri, e corrisponde alla cosiddetta fase post-torbiditica *sensu* Casnedi *et al.* (1982) e alle Argille e sabbie sommitali (*sensu* Balduzzi *et al.*, 1982). Si tratta principalmente di argille siltose emipelagiche che passano verso l'alto a depositi silicoclastici grossolani di ambiente marino poco profondo (Valduga, 1973). I depositi della fase post-torbiditica *sensu* Casnedi *et al.* (1988) sono in letteratura noti anche come i depositi del ciclo regressivo della Fossa bradanica (Ricchetti, 1965, 1967) e sono rappresentati dal basso verso l'alto dalla formazione delle argille subappennine, dalla formazione delle Sabbie di Monte Marano e dalla formazione del Conglomerato di Irsina, quest'ultimo a luoghi eteropico alle Sabbie dello Staturo e delle Argille Calcigne (Azzaroli *et al.* 1968a, b; Ricchetti, 1965, 1967; Valduga, 1973; Patacca & Scandone 2001; 2004).

Essi, dai più antichi ai più recenti, presentano le seguenti caratteristiche geolitologiche:

- Argille subappennine Q^c_a (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore): argille marnose e argille siltose abbastanza compatte, di colore grigio azzurro a cui, soprattutto nella parte alta della formazione si intercalano livelli sabbiosi con spessori variabili dal centimetro al metro. Lo spessore è estremamente variabile: al centro della fossa si aggira su qualche centinaio di metri, in prossimità delle Murge si riduce fino ad annullarsi. Dal punto di vista strutturale costituiscono una monoclinale immergente a sud-est con inclinazione di 6°/10°.
- Sabbie di Monte Marano Q^c_c (Pleistocene inferiore): sabbie quarzoso-calcaree, giallastre, incoerenti, a luoghi cementate, con intercalazioni di lenti conglomeratiche. Lo spessore di

quest'unità è variabile e può raggiungere i 100 m nel settore depocentrale della fossa e ridursi notevolmente verso i bordi.

- Conglomerato di Irsina Q^c_g (Pleistocene inferiore-medio): deposito ghiaioso-conglomeratico, stratificato con lenti sabbiose e rare lenti argillose. Lo spessore di questa unità è variabile da circa 30 m fino a pochi metri in prossimità del bordo murgiano.
- Sabbie dello Staturò q^1_s (Pleistocene inferiore-medio): sabbie fini quarzoso-micacee, con lenti conglomeratiche e stratificazione incrociata evidente. Il colore è prevalentemente rosso e risultano prive di fossili. Il loro spessore varia da pochi decimetri ad una quindicina di metri. Generalmente si rinviene intercalata tra le Sabbie di Monte Marano ed il Conglomerato di Irsina, ma non forma un livello continuo, essendo spesso eteropica del conglomerato.
- Argille Calcigne q^1_a (Pleistocene inferiore-medio): argille siltose grigie con concrezioni calcaree, spesse al massimo pochi metri. Rappresenta una formazione eteropica delle Sabbie dello Staturò.



Fig. 2 – Carta geologica schematica dell'Appennino meridionale.

In erosione sui depositi del ciclo bradanico si rinvengono una serie di depositi di età variabile dal Pleistocene superiore (?) all'attuale. Tali depositi sono rappresentati da: *Conglomerati, sabbie ed argille di origine lacustre e fluvio-lacustre (l)*; *Alluvioni terrazzate di ambiente fluvio-lacustre (fl)* *Alluvioni terrazzate (f)*, *depositi limno-fluviali (a)* ed *Alluvioni terrazzate attuali (a²)*. Questi depositi sono attribuiti a fasi di erosione e sedimentazione successive al colmamento del bacino bradanico (depositi post-regressivi *sensu* Lazzari & Pieri, 2002).

A partire dal deposito più antico a quello più recente si descrivono le principali caratteristiche geolitologiche:

- Conglomerati, sabbie ed argille di origine lacustre e fluvio-lacustre (I) (Pleistocene medio): sabbie-argillose con numerosi lenti conglomeratiche intercalate. Presenza di materiali di origine vulcanica quali ceneri, lapilli, scorie, frammenti di lave. Questi depositi sono riferibili ad un antico bacino fluvio-lacustre allungato in direzione NO-SE nella cui depressione attualmente scorre il torrente Basentello.
- Alluvioni terrazzate di ambiente fluvio-lacustre (fl) (Pleistocene superiore): depositi siltoso-argillosi con lenti conglomeratiche ed una, non sempre ben evidente, morfologia terrazzata. Sono riferibili alle fasi di alluvionamento successive alle incisioni delle valli del Bradano e del Basentello.
- Alluvioni terrazzate (f^1, f^2, f^3) (Pleistocene superiore): ciottolame poco cementato, sabbia ed argilla, caratterizzati da una molto ben evidente morfologia terrazzata. Sono ben riconoscibili in tutta l'area bradanica tre ordini principali di terrazzi alluvionali.
- depositi limno-fluviali (a) (Olocene): limi sabbiosi o argillosi a cui si associano terre nere e/o rosse. Si rinvencono sul fondo di alcune depressioni.
- Alluvioni attuali (a^2) (Olocene): limi argillosi con sostanza organica diffusa e residui vegetali, di colore marrone giallastro, associati a scheletro ghiaioso; la struttura è assente.

Lo stralcio del Foglio Geologico 188 "Gravina in Puglia" della Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Fig. 3), mostra in sintesi la geologia dell'area investigata.

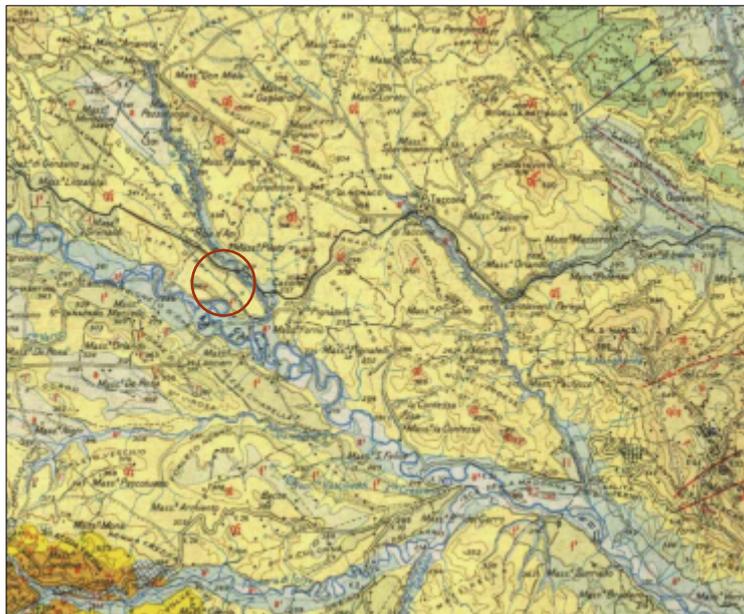


Fig. 3 – Stralcio Foglio Geologico n°188 "Gravina in Puglia" in scala 1:100.000

3.1. Geologia di dettaglio dell'area di progetto

Da quanto si evince dalla lettura dei paragrafi precedenti, la geologia dell'area investigata si presenta relativamente semplice sia da un punto di vista litostratigrafico sia per i caratteri geostrutturali delle formazioni affioranti.

La zona studiata mostra in affioramento terreni appartenenti sia al ciclo regressivo della Fossa bradanica sia post-regressivi *sensu* Lazzari & Pieri (2002).

Il rilevamento geologico di superficie è stato esteso a gran parte delle superfici limitrofe a quelle di interesse ed ha permesso di riconoscere e cartografate diverse unità (vedi Carta Geologica e sezioni geologiche, ALLEGATO 1) che di seguito sono descritte. A partire dall'unità più recente a quella più antica sono state riconosciute:

- un'unità costituita da ciottolame misto ad argilla e sabbia derivante dall'erosione delle formazioni esistenti nel bacino imbrifero, in special modo dai sedimenti plio-pleistocenici. Di solito sono alte sull'alveo attuale dai due ai quattro metri. Utilizzando le denominazioni convenzionali della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000, tale unità può essere riferita alle Alluvioni recenti del F. Bradano e dei suoi affluenti.
- un'unità costituita da argille, sabbie e soprattutto da ciottoli poligenici. Si tratta di depositi terrazzati e si riconoscono fino a tre ordini principali di terrazzi, dove il più alto è alto oltre cento metri sopra l'attuale alveo fluviale, il più recente a circa quaranta metri. Utilizzando le denominazioni convenzionali della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000, tale unità può essere riferita alle Alluvioni terrazzate del F. Bradano e dei suoi affluenti.
- un'unità argilloso-limosa, di colore grigio-azzurro, con intercalazioni di strati sabbiosi fini. Costituisce una successione monotona con stratificazione indistinta, a luoghi, messa in evidenza dalla presenza di strati limosi di colore giallo chiaro. Lo spessore, nell'area rilevata, è di circa 25-30 m. Utilizzando le denominazioni convenzionali della Carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000; tale unità può essere riferita alla formazione delle argille subappennine.

L'Elaborato A.12.a.8 - **Carta Geologica** mostra la sintesi del rilevamento geologico effettuato nell'area di studio.

4. CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE ED IDROLOGICHE

4.1 Caratteristiche morfologiche del sito di progetto

L'area di interesse si colloca nel contesto morfologico-strutturale della Fossa bradanica che è un'area in gran parte occupata da terreni argillosi e sabbioso-conglomeratici che costituiscono un paesaggio dalla morfologia collinare caratterizzato da rilievi e versanti di tipo tabulare a sommità pianeggiante. Tali depositi sono incisi da un importante corso d'acqua, il fiume Bradano, e da una serie di affluenti ed una rete idrografica secondaria normalmente attiva solo nella stagione piovosa.

L'area di progetto, dal punto di vista morfologico, è ubicata su una superficie suborizzontale, che si sviluppa tra le quote di 275 m e 330 m s.l.m.. Il sito di progetto è ubicato in corrispondenza dello spartiacque tra il Fiume Bradano a sud ed il suo affluente a nord, il torrente *la Fiumarella*. Si tratta di un'area che consta di due superfici la prima immergente a sud con inclinazione di circa 10°, la seconda immergente verso nord con inclinazione di circa 7°.

L'assetto geomorfologico è riconducibile a due fattori fondamentali:

- la presenza di formazioni omogenee costituite prevalentemente da argille più o meno limose;
- l'erosione subita da detti depositi nelle fasi successive alla regressione marina conseguente a loro volta ai massimi sollevamenti subiti dall'area.

Nell'area di progetto si rinvencono aree deformate, o meglio aree morfologiche connesse a movimenti gravitativi soprattutto relativamente alla porzione d'impianto che è impostata sulla superficie immergente verso il Bradano. Si tratta di movimenti gravitativi che interessano i depositi prevalentemente limoso – argillosi riferibili alla formazione delle argille subappennine e soprattutto la porzione più superficiale ed alterata. Sono veri e propri movimenti gravitativi con meccanismi cinematici riconducibili a scorrimenti roto-traslazionali, normalmente caratterizzati dallo sviluppo, sulla superficie del corpo e nelle aree contigue, di una serie di forme caratteristiche: scarpate, dorsali, depressioni, fenditure del terreno, ecc.. Tali forme, nell'area di studio, sono difficilmente riconoscibili e/o sono completamente obliterate o pressochè scomparse per effetto del rimodellamento operato sia dalle acque ruscellanti, sia dalle attività antropiche o da altri tipi di processi. Trattasi quindi esclusivamente di movimenti di massa ormai inattivi in quanto mancano segni di attività recente; non si riesce a riconoscere e cartografare tutti gli elementi morfologici che li caratterizzano. Inoltre, in alcuni settori del territorio circostante il sito di progetto processi riconducibili a fenomeni di instabilità potrebbero essere rappresentati da fenomeni di scorrimento violento d'acqua, caratterizzato da ruscellamento superficiale con possibile trasporto di materiale solido (fango e detriti) durante eventi piovosi eccezionali.

4.2 Idrografia ed Idrogeologia

Il Fiume Bradano è il corso d'acqua più importante dell'area. Esso scorre da NO verso SE, con andamento meandriforme, su un fondo valle nel quale si distingue una piana alluvionale incisa e terrazzata soggetta a periodiche esondazioni. Localmente, si distinguono fino a tre ordini di terrazzi fluviali. Il suo regime è spiccatamente torrentizio, a causa della quasi totale mancanza di sorgenti e di contributi estivi. Il corso d'acqua si sviluppa a tratta abbastanza regolarmente, a tratti in meandri ampi e ricorrenti, ora con alveo ben inciso nelle sue alluvioni, ora con alveo ampio e d'aperto sugli opposti versanti a dolce declivio.

Il bacino idrografico del fiume Bradano nell'area di studio consta di diversi affluenti e fossi minori. I principali affluenti sono il torrente *la Fiumarella* in sponda sinistra e la Fiumara di

Tolve in sponda destra. L'area di progetto si sviluppa a ridosso dello spartiacque tra i bacini idrografici dei due corsi d'acqua.

Dal punto di vista della circolazione idrica sotterranea l'area di studio ricade nel dominio strutturale della Fossa bradanica, dominato dalla presenza di un potente substrato impermeabile costituito dalla formazione delle argille subappennine, a cui si sovrappongono localmente terreni marini e alluvionali permeabili per porosità.

Tale situazione stratigrafica associata alla scarsa fratturazione delle rocce e a contatti stratigrafici suborizzontali determina l'esistenza di due importanti tipi di acquiferi. Il primo acquifero è presente nei depositi sabbiosi e conglomeratici riferibili principalmente alle formazioni delle Sabbie di Monte Marano e del Conglomerato di Irsina rispettivamente, caratterizzato da permeabilità medio-bassa ed affioranti in corrispondenza dei principali rilievi collinari. Dalla letteratura i depositi sabbiosi e conglomeratici sono caratterizzati da un valore di K (coefficiente di permeabilità) compreso tra $1 \cdot 10^{-1}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ cm/sec. Aumenti del valore di permeabilità si possono avere nei conglomerati in presenza di fratturazioni.

Il secondo acquifero si identifica con quelli presenti nei depositi alluvionali del Pleistocene superiore-Olocene, caratterizzati da una buona permeabilità per porosità. Tali acquiferi sono in genere monostrato, a superficie libera, di spessore, estensione ed importanza variabile in funzione della geometria e della granulometria del deposito; anche in questo caso, le risorse idriche disponibili restano limitate, sia per lo scarso spessore del materasso alluvionale, che in genere non supera i 10 metri, sia per le scarse precipitazioni meteoriche.

Il sito di progetto si sviluppa completamente nell'ambito dei depositi del substrato impermeabile limoso-sabbioso-argilloso riferibili alle argille subappennine. Dai dati in possesso si esclude la presenza di una circolazione idrica sotterranea che possa interferire con l'opera di progetto. Nell'intorno dell'area è comunque documentata la presenza di acqua nei terreni dalla presenza di diversi pozzi per acqua. Si tratta comunque di pozzi per acqua dove la profondità della falda è intorno ai 15 metri.

4.3. Compatibilità Idrogeologica in conformità al P.A.I.

L'area in esame, come "Carta del Rischio" del Piano Stralcio delle Aree di Versante del Comune di Genzano di Lucania dell'Autorità di Bacino della Basilicata - scala 1:10.000, (aggiornamento 2019) ricade, in zone in cui non sono state cartografate frane, alluvioni e rischi idrogeologici (Fig. 4). Si sottolinea che una parte dell'impianto è interessata da aree a rischio idrogeologico R1, rischio moderato, per le quali non è previsto il rilascio del nulla osta da parte dell'ufficio competente, ma uno studio geologico che attesti che l'intervento di progetto non determini situazioni di pericolosità idrogeologica.

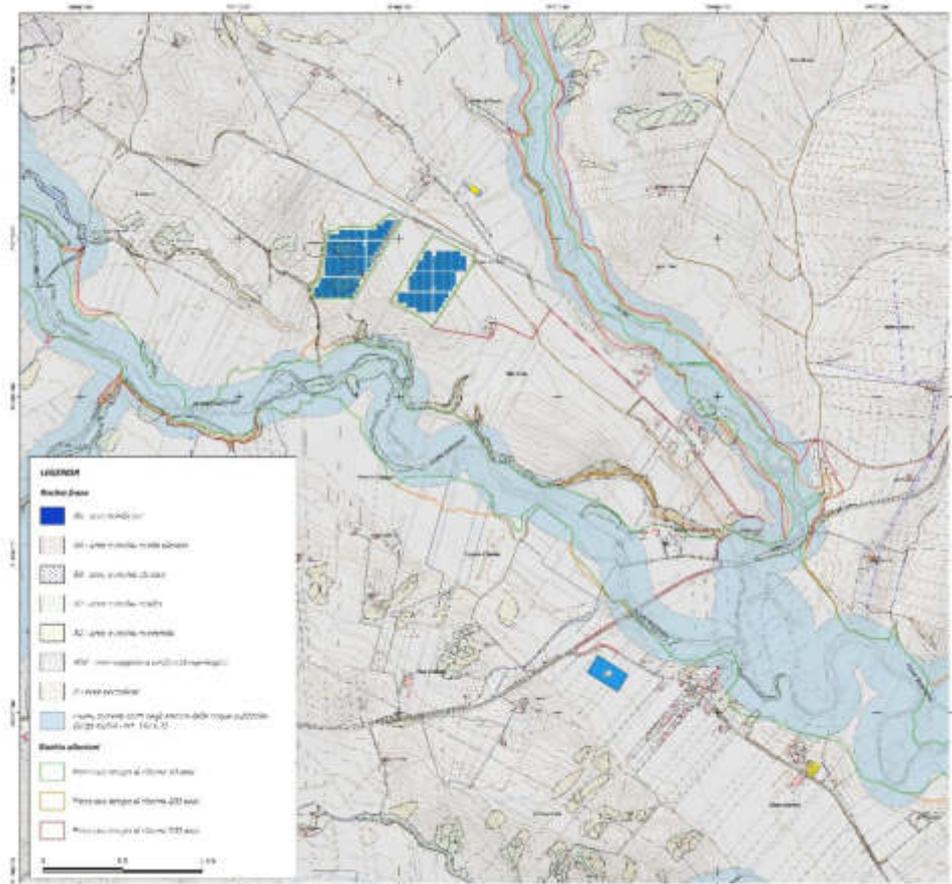


Fig. 4 – Carta del Rischio Idrogeologico dell'AdB di Basilicata.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di definire le caratteristiche stratigrafiche e geologico-tecniche dell'area di progetto ci si è serviti di dati provenienti da indagini eseguite dalla scrivente in aree adiacenti a quella di progetto e dove affiorano terreni dalle medesime caratteristiche litotecniche. In particolare, sono stati consultati n. 3 pozzetti geognostici ed indagini geognostiche di tipo sismico.

Il dataset delle indagini è il seguente:

- n. 3 pozzetti esplorativi;
- n. 2 indagine sismica di tipo MASW

Di seguito è riportata un'analisi critica dei dati ottenuti dalle indagini per risalire alle caratteristiche lito-stratigrafiche e meccaniche dei terreni in sito.

5.1. Pozzetti esplorativi

La stratigrafia dell'area di progetto è stata dedotta da un rilievo geologico di dettaglio del sito di progetto oltre che dalla consultazione di pozzetti esplorativi che hanno raggiunto la profondità di circa 3 m dal p.c.. in uno dei pozzetti esplorativi è stato prelevato un campione di terreno alla profondità di 2 m dal p.c., utilizzati per indagini di laboratorio ai fini della determinazione dei parametri litotecnici.

5.2. Indagini sismiche

Nell'area di progetto al fine di valutare, secondo le N.T.C. D.M. 17/01/18, la categoria del terreno di fondazione, di ricostruire in maniera indiretta la stratigrafia di sottosuolo e definire le caratteristiche sismostratigrafiche del terreno di progetto, oltre che determinare le amplificazioni sismiche del suolo sono state consultate le indagini sismiche di tipo MASW (*Multichannel Analysis Surface Wave*) condotte dalla scrivente su terreni adiacenti a quelli di progetto e dalle medesime caratteristiche geotecniche (Fig. 5).



Fig. 5 – Stendimento sismico per indagine a rifrazione SR e di tipo MASW MW (a sinistra).
Sismografo GEA 24 della PASI (a destra).

5.2.1. Indagini sismiche per la stima del Vs30 - MASW

Le prove MASW sono molto utili per ricavare il parametro Vs30 richiesto dalla nuova normativa sismica (O.P.C.M. 3274), in maniera semplice ed economica ma decisamente affidabile. Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, nei primi 30 metri di profondità, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

In un'area adiacente a quella di progetto la scrivente ha effettuato due indagini sismiche di tipo MASW che si ritiene siano rappresentative dell'area di imposta dell'impianto fotovoltaico. Per le misure è stato utilizzato un sistema costituito da un sismografo GEA24 della PASI a 24 canali ed un set di 24 geofoni a 4,5 Hz. I geofoni sono stati disposti lungo uno stendimento lineare, con una distanza intergeofonica di 2 m (Fig. 6). Sei energizzazioni sono state fatte a 2 metri dal primo e dall'ultimo geofono.

Le tracce acquisite sono state sommate per migliorare il rapporto segnale/rumore (S/N) e il sismogramma derivante da questa procedura è stato successivamente elaborato ed interpretato utilizzando il *software* Geopsy. Ottenuti i grafici f/k (frequenza/numero d'onda) in 2D per differenti algoritmi, si è proceduto alla selezione dei punti di massima intensità del segnale (*picking*); tale operazione ha consentito di ottenere la curva di dispersione media e la deviazione standard delle diverse curve, dalla cui inversione si è giunti al profilo verticale delle Vs. Il processo di inversione della curva di dispersione può portare a più di una soluzione e quindi a più di una sequenza sismostratigrafica, ma la velocità media ponderale calcolata fino a 30 m di profondità non si discosta in modo significativo. Pertanto, il valore di Vs30 ottenuto è da considerarsi attendibile e valido, mentre la sequenza sismostratigrafica desunta risulta essere più variabile.

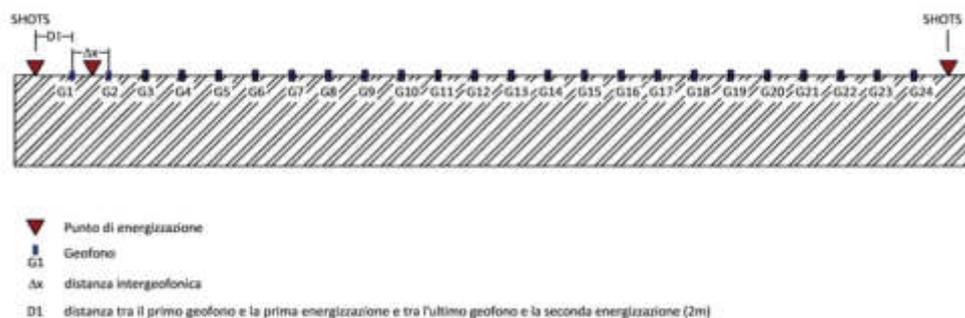


Fig. 6 – Disposizione geometrica dello stendimento di sismica di tipo MASW.

6. MODELLAZIONE SISMICA DELL'AREA

6.1. Normativa sismica di riferimento

La legislazione antisismica italiana prescrive norme tecniche in base alle quali un edificio debba sopportare senza gravi danni i terremoti meno forti e senza crollare i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane.

I riferimenti legislativi relativi ai terreni di fondazione nella legislazione sismica vigente sono:

- l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274 del 20/03/2003 "Primi elementi in materia di criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica";
- Decreto Interministeriale del 14/9/2005 "Norme tecniche per le costruzioni";
- D.M. 14/01/2008 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni"
- D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni"

Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 vengono emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, considerato che ante OPCM 3274, il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. Tali criteri sono basati sugli studi di pericolosità sismica del territorio nazionale, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo, e prevedono una riclassificazione in quattro zone dell'intero territorio italiano. In virtù di tale provvedimento tutte le Regioni hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Zona 1 - E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti

Zona 2 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti
--

Zona 3 - In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari
--

Zona 4 - E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari

Di fatto, sparisce il territorio "non classificato", e viene introdotta la zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g).

Inoltre, l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274, recepita dal Decreto Interministeriale del 14/9/2005 "Norme tecniche per le costruzioni", contempla, per la definizione delle azioni sismiche di progetto, cinque categorie principali di terreno di fondazione, individuate dai valori della velocità media (V_{s30}) delle onde di taglio nei primi 30

metri di sottosuolo o dalla resistenza penetrometrica NSPT o dalla coesione non drenata c_u . La classificazione viene effettuata principalmente sulla base del valore di V_{s30} valutato dalla seguente espressione

$$V_{s30} = 30 / \sum(h_i/V_i)$$

con h_i e V_i rispettivamente spessore e velocità dello strato i esimo degli N strati presenti nei primi 30 metri di sottosuolo. In assenza di informazioni sulle velocità delle onde di taglio, potranno essere presi in considerazione i valori di NSPT o di c_u .

Categorie	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento della proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni di sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s30} < 800$ m/s).

Tab. I – Categorie di sottosuolo

In aggiunta a queste categorie se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

Categorie	Descrizione
S1	<i>depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s</i>
S2	<i>Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.</i>

Tab. II – Categorie di sottosuolo

In seguito è stata emanata la l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 che ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche. Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione.

Zona sismica	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag)
1	ag >0.25
2	0.15 <ag ≤ 0.25
3	0.05 <ag ≤ 0.15
4	ag ≤ 0.05

L'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 Gennaio 2008), invece, ha modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche. Dal 1 luglio 2009 per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento “propria” individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto ed in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

Attualmente, il Decreto Ministeriale del 17/01/2018 - Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni”, che sostituiscono le NTC 2008, introduce, limitatamente all'approccio semplificato per la definizione della categoria di sottosuolo, la cosiddetta velocità di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

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.

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.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. III.

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

Tab. III – Categorie di sottosuolo ai sensi del DM 17/01/2018

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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

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.

6.2. Caratterizzazione sismica dell'area

Dal punto di vista della sismicità l'area dell'Appennino meridionale presenta una storia sismica tra le più importanti d'Italia, sia in termini di intensità che di frequenza dei terremoti. Le zone maggiormente interessate da eventi sismici sono quelle ubicate prevalentemente in

corrispondenza del fronte della catena appenninica. Nel territorio di Genzano di Lucania è storicamente documentata un'attività sismica di considerevole intensità. In un raggio inferiore 70 Km da Genzano di Lucania ricadono diverse zone sismogenetiche: in particolare vi ricadono la zona 927 (Sannio-Irpinia-Basilicata) che rappresenta l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, a partire da circa 0,7 Ma, ha interessato l'Appennino meridionale e le zone 924 (Molise-Gargano), 925 (Ofanto), 926 (Basento) dotate di cinematica trascorrente destra ed orientazione generale circa E-W (Fig. 7).

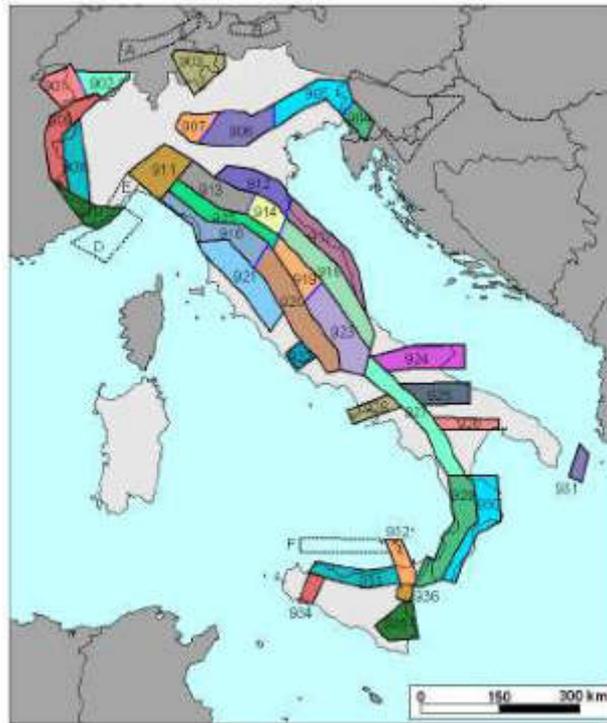
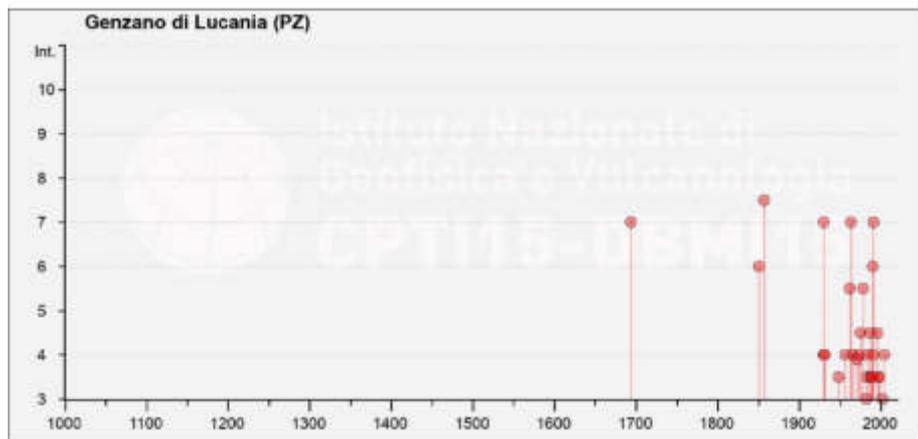


Fig. 7 – Zonazione sismogenetica ZS9 (I.N.G.V.)

A completamento di questo paragrafo in tabella III si riportano i risultati di uno studio eseguito su tutto il territorio nazionale, che considera la ricorrenza dei forti terremoti dall'anno 1000 al 2000 (Fonte INGV DBMI15). Per una completa comprensione della tabella si consideri che la colonna "effetti" riporta, in termini di intensità (I_s), quanto forte è stato avvertito il terremoto a Genzano di Lucania e nell'immediato circondario, mentre la colonna "in occasione del terremoto di:" riporta, oltre al toponimo dell'area epicentrale, quanto "forte" è stato il terremoto sia in termini di intensità sia di magnitudo. Da un'analisi dei dati si evince che l'attività maggiormente risentita è legata in prevalenza alla sismicità dell'Appennino Meridionale: i terremoti che hanno causato gli effetti più rilevanti sono quelli del 1694, 1857, 1930, 1963, 1984, 1991, 1996 e 2004.

Epicentri		In occasione del terremoto del						MDF	Io Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale		
7	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10-6.73
6	1881	08	14	13	00		Vulture	103	10-6.32
7-8	1887	12	14	21	15		Basilicata	340	11-7.12
NT	1888	08	10	20	02		Gargano	43	3-3.39
7	1888	07	23	00	00		Irpinia	347	10-6.67
4	1890	11	04	21	04		Alta Murgia	14	3-4.41
4	1891	08	10	10	45	53	Irpinia	43	5-6-4.64
3-4	1848	08	18	21	12	20	Gargano	58	7-8-5.55
4	1886	01	09	00	44		Materano	48	6-4.72
2	1887	05	05	03	29	34	Potentino	36	3-4.09
NT	1887	10	19	06	14		Potentino	14	4-3.70
3-4	1862	08	21	19	19		Irpinia	362	3-6.15
7	1863	02	13	12	48		Potentino	31	7-3.19
4	1868	07	04	04	24		Alta Murgia	46	4-4.28
NT	1868	10	04	04	51	51	Potentino	58	2-4.16
7	1871	08	04	03	45	08	Irpinia	68	6-4.33
4	1873	08	08	14	34	24	Appennino campano-lucano	29	5-6-4.75
4-5	1875	04	19	10	11		Gargano	41	6-3.02
3-4	1878	09	24	08	07	44	Materano	121	6-4.75
3	1883	03	21	05	44	0	Golfo di Policastro	123	7-3-3.23
3-4	1883	02	02	08	14	18	Potentino	42	5-4.35
4	1884	05	07	17	50		Monti della Meta	911	3-3.86
4-5	1887	01	28	08	33	2	Potentino	62	5-4.54
3-4	1888	01	08	15	05	4	Pollino	149	7-4.70
3-4	1888	08	29	11	19	1	Appennino lucano	77	3-4.34
6	1890	05	05	07	21	2	Potentino	1374	5.77
4	1890	08	28	19	02	3	Potentino	34	4.21
7	1891	04	24	12	25	5	Potentino	337	7-3.58
4-5	1896	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6-4.30
3-4	1898	04	07	21	34	0	Valle dell'Ofanto	43	3-4.31
3-4	1898	04	24	05	38	0	Potentino	47	4-5-3.74
3	2002	04	18	20	54	4	Appennino lucano	144	3-4.34
4	2004	09	05	05	04	1	Potentino	156	3-4.41



Tab. IV – Osservazioni sismiche disponibili per l'area di Genzano di Lucania.

6.3. Pericolosità sismica di base

L'azione sismica sulle costruzioni è generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche. Il moto sismico eccita la struttura provocandone la risposta elastica che va riferita e controllata negli aspetti di sicurezza e di prestazioni attese.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono in base alla pericolosità sismica del sito di costruzione che a sua volta è definita, ai sensi delle NTC, in termini di accelerazione orizzontale massima a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale di categoria A, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R .

La stima dei parametri spettrali necessarie per la definizione dell'azione sismica di progetto, viene effettuata direttamente per il sito in esame, sulla base delle informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nella tabella 1 dell'allegato B del D.M. 14 Gennaio 2008. I tre parametri spettrali sono:

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno;

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.

Per ciascuno dei nodi del reticolato sono forniti i tre parametri spettrali.

Per un punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri p (a_g , F_0 , T^*c) di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

dove:

- p è il parametro di interesse nel punto in esame;
- p_i è il valore del parametro di interesse nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;
- d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta.

Se il tempo di ritorno considerato non coincide con nessuno dei 9 tempi di ritorno forniti in Tabella 1, il valore del generico parametro $p(a_g; F_0; T^*c)$ ad esso corrispondente potrà essere

ricavato per interpolazione (tra i valori dei parametri corrispondenti ai due tempi di ritorno che comprendono quello di calcolo) con la formula seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \times \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \times \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

Dove:

- p è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno T_R considerato
- T_{R1} e T_{R2} sono i valori del tempo di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori di p_1 e p_2

Per l'area di progetto, la definizione dell'azione sismica di progetto è definita a partire dai parametri riportati di seguito:

Ubicazione dell'opera di progetto (Coord. ED50)		Latitudine	Longitudine	
Genzano di Lucania C.da Ripa d'Api		40,790974	16,089491	
Da progetto				
Classe dell'edificio	II			
Vita nominale	50			
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			
Caratteristiche sismiche				
Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,041	2,509	0,278
Danno (SLD)	50	0,053	2,495	0,320
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,127	2,629	0,439
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,159	2,648	0,508

Coefficienti sismici

Stato Limite	Ss	Cc	St	kh	kv	Amax	Beta
Operatività (SLO)	1,50	1,60	1,00	0,011	0,006	0,608	0,180
Danno (SLD)	1,50	1,53	1,00	0,014	0,007	0,773	0,180
Salvaguardia vita (SLV)	1,50	1,38	1,00	0,046	0,023	1,871	0,240
Prevenzione collasso (SLC)	1,45	1,31	1,00	0,055	0,028	2,262	0,240

Otteniamo così 4 spettri di risposta validi per roccia affiorante e superficie topografica pianeggiante, che costituiscono nell'insieme la cosiddetta risposta sismica di base, ossia relativa ad un sito con roccia affiorante e con superficie topografica orizzontale (il segnale sismico è privo di amplificazioni) (Fig. 8). Abbiamo individuato la pericolosità sismica di base. A questo punto la risposta sismica di base va ulteriormente sviluppata considerando l'amplificazione sismica in funzione delle condizioni litostratigrafiche e topografiche. L'effetto di amplificazione delle onde sismiche dovuto alla successione stratigrafica e alla presenza di alture viene applicato tramite opportuni coefficienti, che variano la risposta sismica in intensità e frequenza (periodo). Nella normativa europea ed italiana esistono 5 principali categorie di sottosuolo A, B, C, D, E. la categoria A coincide con la risposta sismica di base, in mancanza di amplificazione topografica.

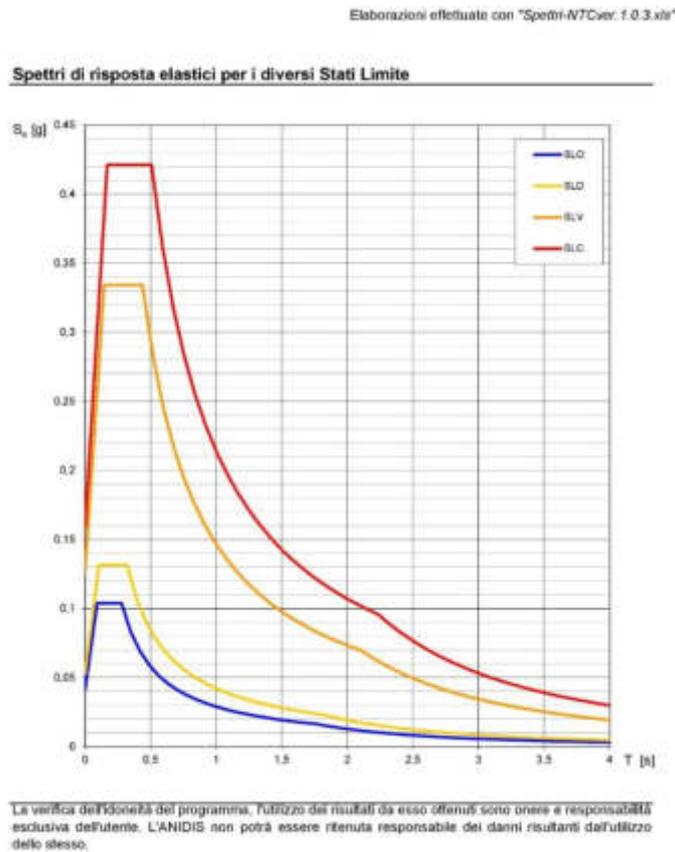


Fig. 8 – Spettri di risposta elastici corrispondenti ai parametri sopra indicati.

6.4. Caratterizzazione dinamica

La normativa prevede la caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo definendo cinque tipologie di suoli da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 m di terreno (V_{s30}).

Per la determinazione delle V_s sono state utilizzate misure effettuate dalla scrivente in un'area adiacente a quella di progetto. Le metodologie d'indagine utilizzate sono state: prospezioni MASW.

Il modello del terreno ricavato dal processo di elaborazione dello stendimento sismico di tipo MASW MW evidenzia una velocità delle onde S variabile da 150 a 480 m/s. Il profilo di V_s è caratterizzato da un graduale incremento delle V_s , le quali passano da valori di circa 150 m/s a circa 200 m/s fino alla profondità di 15 m dal p.c.. Da questa profondità fino a superare i 30 m incrementano gradualmente fino a raggiungere velocità di circa 480 m/s. (Fig. 9) Entro questa profondità non si raggiunge la velocità di 800 m/s e quindi il substrato sismico.

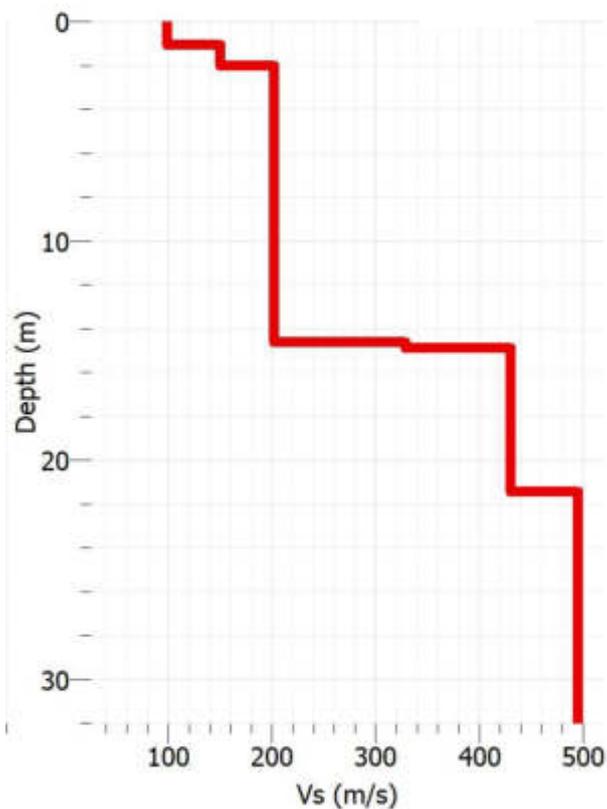


Fig. 9 - Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità.

La velocità media di propagazione delle onde S entro i primi 30 m tenendo conto degli spessori degli strati è pari a: $V_{s30} = 307 \text{ m/s}$. Tale dato permette di classificare il terreno di fondazione come **tipo C** [Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

7. RISPOSTA SISMICA LOCALE

I caratteri del moto sismico, in un determinato sito, dipendono sostanzialmente da tre fattori: il meccanismo focale del terremoto, la trasmissione delle onde dall'epicentro al sito con relative trasformazioni ed attenuazioni, la trasmissione del segnale sismico da una formazione rocciosa di base (*bedrock*) alla superficie attraverso le stratificazioni di terreni sciolti che ricoprono il *bedrock*.

Schematizzando il problema, la risposta sismica locale si riferisce alle caratteristiche del moto sismico in fase di affioramento in superficie, modificato in relazione alle proprietà geotecniche dei terreni attraversati e delle condizioni morfologiche del sito.

Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire **le modifiche che un segnale sismico subisce**, a causa dei fattori ansidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (sottosuolo di categoria A).

Le norme NTC2008 al Paragrafo 3.2.2 recitano: " Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi In assenza di tali analisi, per la valutazione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento"

APPROCCIO SEMPLIFICATO

Amplificazione stratigrafica

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale può essere valutata in prima approssimazione con riferimento alle categorie di sottosuolo. Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{max} = S_s \cdot a_g$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido ed S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica.

Amplificazione topografica

Per la progettazione o la verifica di opere e sistemi geotecnici realizzati su versanti e per l'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii, la valutazione dell'amplificazione topografica può essere effettuata mediante analisi di risposta sismica locale o utilizzando il coefficiente di amplificazione topografica S_T .

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

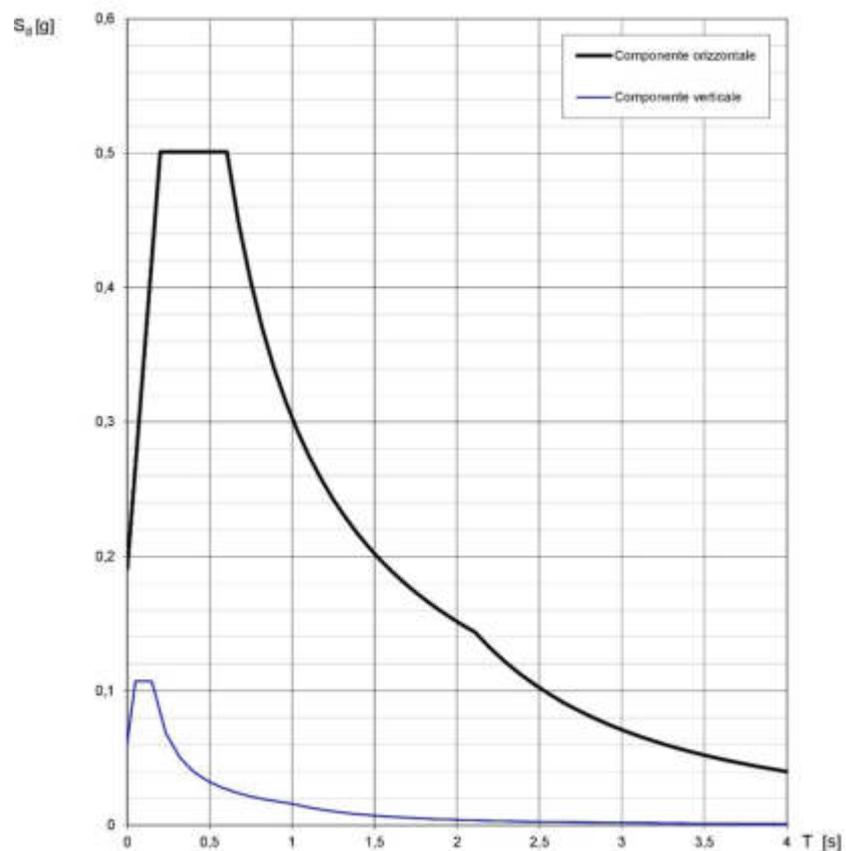
Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Il parametro S_T deve essere applicato nel caso di configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, di altezza superiore a 30 m. Gli effetti topografici possono essere trascurati per pendii con inclinazione media inferiore a 15°.

Nell'area di progetto, nello stato limite per la salvaguardia (SLV), vengono riconosciute le caratteristiche evidenziate di seguito.

Caratteristiche stratigrafiche e topografiche del sito	
Categoria di suolo	C
Condizioni topografiche	T₁
Amplificazione stratigrafica (S_s) per terreni di categoria C	1,50
Amplificazione topografica (S_t)	1,0

Elaborazioni effettuate con "Spettri-NTCver. 1.0.3.xls"

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. L' ANIDIS non potrà essere ritenuta responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

8. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

8.1. Stratigrafia

Al fine di ricostruire la stratigrafia di dettaglio dell'area di progetto e lo spessore dei materiali presenti nel sottosuolo interessato dall'opera di progetto è stato effettuato un rilevamento di dettaglio dell'area di progetto di un opportuno intorno, oltre alla consultazione della stratigrafia di due scavi geognostici con escavatore meccanico della profondità di circa 3 metri, eseguiti in un'area adiacente a quella di progetto (Fig. 10).



Fig. 10 – Scavo geognostico

Per il sito di progetto è stata riconosciuta una successione caratterizzata dalla presenza di una copertura pedologica costituita mediamente da 0,80 m di terreno vegetale, di natura sabbioso-argillosa con clasti sparsi, di colore nocciola-bruno. Alla base della copertura pedologica, si rinviene dapprima un deposito limoso argilloso debolmente ghiaioso spesso circa un paio di metri, di colore verde. Al disotto di questi depositi è presente il substrato limoso argilloso con intercalazioni sabbiose riferibile alla formazione delle argille subappennine.

8.2. Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione dal punto di vista geotecnico dei terreni dell'area di indagine è stata effettuata, in maniera diretta, attraverso i risultati di laboratorio effettuati, dalla scrivente, su un campione di terreno prelevato in un'area adiacente a quella di progetto su terreni dalle medesime caratteristiche litotecniche. Le analisi di laboratorio consultate sono state eseguite dal laboratorio Laborgeo S.r.l e dal laboratorio GEOTEST s.a.s. di Carbone Andrea & C. di Melfi (Laboratorio autorizzato dal Ministero Infrastrutture e Trasporti). I risultati di tali analisi sono sintetizzati di seguito.

Sono state eseguite le seguenti analisi:

- proprietà fisiche
- analisi granulometrica
- prova di taglio diretto
- prova edometrica

Dalle analisi consultate il campione di terreno è classificabile come **limo con argilla debolmente sabbioso**. Nel campo dell'abaco di plasticità di Casagrande tali terreni sono classificati come Argille inorganiche a media compressibilità, con I.C. (Indice di consistenza) = 1,27 ed A (attività) = 0,47. Sono inoltre considerati terreni sovraconsolidati con O.C.R. = 5,61.

La prova di taglio diretto consolidata e drenata effettuata sul campione indisturbato ha individuato una coesione di picco pari a 11,2 KPa ed un angolo d'attrito di picco pari a 26,5°.

Campioni	Descrizione litologica	Classe litologica di appartenenza	W (%)	γ_n (KN/m ³)	γ_s	Sr (%)
1	Limo con argilla debolmente sabbioso	(Unità B)	17,8	19,6	2,68	82,2

W (%) = umidità naturale; γ_n = Peso di volume naturale; γ_s = Peso specifico dei grani;
Sr = Grado di saturazione

campioni	granulometria				Taglio diretto CD	
	Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)	c' KPa	ϕ' (°)
1		7,6	56,5	35,9	11,2	26,5

c', ϕ' = Coesione ed angolo di resistenza al taglio di picco

In sintesi, riassumendo e sintetizzando i dati ottenuti dalle indagini dirette consultate si è ritenuto di considerare i seguenti valori rappresentativi dei terreni investigati. Di seguito è riportata la sintesi dei parametri geotecnici.

Principali parametri geotecnici rappresentativi			Taglio diretto CD	
	γ_n	γ_{sat}	C'	ϕ'
Litologia	KN/m ³	KN/m ³	KPa	°
Terreno vegetale sabbioso-argilloso con clasti (Unità A)	17,50	19,00	10	22
Limo argilloso debolmente ghiaioso (Unità B)	18,60	19,60	12,08	31,9
Limo con argilla debolmente sabbioso (Unità C)	19,6	20,20	11,2	26,5

γ_n = Peso di volume naturale; γ_{sat} = Peso di volume saturo; c' = Coesione;
 ϕ' = angolo di resistenza al taglio

9. ANALISI DI STABILITA' DEL VERSANTE

Le condizioni di stabilità del pendio oggetto di intervento sono state analizzate nel dettaglio attraverso un rilievo geomorfologico che ha permesso di escludere la presenza di fenomeni di instabilità. La pendenza del versante che non supera i 10° e la giacitura suborizzontale degli strati di terreno, sono due ulteriori elementi che consentono di affermare che il pendio è stabile e quindi di prescindere dalla verifica di stabilità ante e post-intervento.

10. CONCLUSIONI

Lo studio riportato nella seguente relazione ha fornito un quadro dettagliato delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, litotecniche e sismiche dei terreni presenti nell'area di progetto.

In particolare, dallo studio effettuato, risulta che:

- Il campo fotovoltaico in progetto si estende su terreni prevalentemente limoso-argillosi, riferibile alla formazione delle argille subappennine, con assetto suborizzontale.
- Da un punto di vista geomorfologico l'area di progetto ricade su un'area di versante, stabile sia per posizione morfologica che per condizioni litologiche: le formazioni affioranti hanno assetto sub-orizzontale ed il pendio di progetto è caratterizzato da pendenze mediamente acclivi con pendenze inferiori ai 10°. Parte dell'impianto ricade in un'area perimetrata dall'AdB come area a rischio moderato – R1; si tratta di un'area che ha subito deformazioni in passato ma che attualmente sono inattivi in quanto mancano segni di attività recente.
- Da un punto di visto idrogeologico, le rocce affioranti sulla base delle caratteristiche di permeabilità si definiscono rocce porose ma impermeabili.
- Le caratteristiche geologiche e geotecniche specifiche per i terreni di fondazione sono state desunte – in questa fase progettuale – da indagini NON esaustive per l'opera da realizzare; nella fase ESECUTIVA del progetto dovranno essere necessariamente previste specifiche indagini geognostiche.
- Sulla base di indagini geofisiche consultate ed eseguite in aree dalle medesime caratteristiche litotecniche dalla scrivente, è possibile attribuire al sito d'interesse progettuale, cautelativamente la seguente tipologia di suolo: *"C" - "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni agrana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina)".*
- In relazione al D.M. 17-01-2018 i parametri sismici del sito di progetto sono rappresentati, per la salvaguardia della vita umana, da: **a_g pari a 0,127; F_0 pari a 2,629 e T^*c pari a 0,439.** **La microzona individuata ha le seguenti caratteristiche sismiche:** categoria di suolo di fondazione di tipo "C" (ai sensi O.P.C.M. 3274/03); coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_s)= 1,50; coefficiente di amplificazione topografica (S_T) = (T_1) = 1. La scelta ed il dimensionamento delle opere di fondazione da adottare per la realizzazione dell'impianto in progetto dovranno essere effettuate in sede di progettazione esecutiva, solo dopo aver effettuato una campagna di indagini geognostiche (dirette e/o indirette) in situ, con prelievo di campioni di rocce e terre da sottoporre ad analisi di laboratorio.

In fase di progettazione esecutiva si rende necessario approfondire il presente studio geologico con un adeguato piano d'investigazione costituito da:

- Indagini penetrometriche che consentano di evidenziare la successione litologica. Durante l'esecuzione della prova penetrometrica sarà opportuno prelevare dei campioni significativi dei terreni incontrati da analizzare tramite prove geotecniche di laboratorio.
- Analisi e prove geotecniche di laboratorio sui campioni prelevati
- Stendimenti di sismica a rifrazione in onde P per la determinazione dei parametri sismo-stratigrafici ed elastodinamici dei terreni oggetto di studio.

Inoltre, vengono suggeriti alla D.L. i seguenti criteri esecutivi:

- Il materiale di sterro deve essere accuratamente allontanato a discarica ovvero se utilizzato per terrazzamenti, messo in opera per strati non superiori a 30 cm debitamente compattati; eventuali opere di contenimento, devono essere fondate sul substrato non degradato;
- le acque di ruscellamento devono essere regimentate con appositi sistemi di drenaggio superficiale, senza alterare il normale deflusso, al fine di garantirne l'allontanamento ed evitare che siano intercettate dalle opere in questione;
- le acque di dilavamento dovranno essere controllate con apposite opere di raccolta e smaltimento, così come le strutture interrato devono essere provviste di adeguate sistemazioni idrauliche a tergo.

Genzano di Lucania 24/05/2021

La Geologa

Dr Antonietta Cilumbriello



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AZZAROLI A., PERNO U. & RADINA B. (1968a) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 188 Gravina di Puglia*. Serv. Geol. d'It.: 57 pp.
- AZZAROLI A., RADINA B., RICCHETTI G. & VALDUGA A. (1968b) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:100.000 del F° 189 "Altamura"*. Serv. Geol. d'Italia, 22 pp.
- BALDUZZI A., CASNEDI R., CRESCENTI U., MOSTARDINI F. & TONNA M. (1982a) - *Il Plio-Pleistocene del sottosuolo del bacino lucano (Avanfossa appenninica)*. Geol. Rom., **21**: 89-111.
- BAROSH P.J. (1969) - *Use of seismic intensity data to predict the effects of earthquakes and underground nuclear explosions in various geologic settings*. U.S. Govt. Print. Off. (Washington).
- BOENZI, PALMENTOLA & VALDUGA (1971) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, F° 200 Tricarico*.
- CARISSIMO L., D'AGOSTINO O., LODDO C. & PIERI M. (1962) - *Le ricerche petrolifere dell'Agip mineraria e nuove informazioni geologiche nell'Italia centro-meridionale dall'Abruzzo al Golfo di Taranto*. In: *Proceeding of VI Congresso Mondiale del Petrolio*, Francoforte, Germany, I, AGIP Report, san Danato Milanese, Italy.
- CASNEDI R. (1988) - *La Fossa Bradanica: origine, sedimentazione e migrazione*. Mem. Soc. Geol. It., **41**: 439-448.
- CIARANFI N., MAGGIORE M., PIERI P., RAPISARDI L., RICCHETTI G. & WALSH N. (1979) - *Considerazioni sulla neotettonica della Fossa Bradanica*. P. F. Geodinamica. Pubbl. **515**, 1-63.
- CIARANFI N., GHISETTI F., GUIDA M., IACCARINO G., LAMBIASE S., PIERI P., RAPISARDI L., RICCHETTI G., TORRE M., TORTORICI L. & VEZZANI L. (1983) - *Carta neotettonica dell'Italia meridionale*. Prog. Fin. Geod. del CNR, **515**, 62 pp.
- CILUMBRIELLO A., SABATO L. & TROPEANO M. (2008). *Problemi di cartografia geologica relativa ai depositi quaternari di chiusura del ciclo della Fossa bradanica: l'area chiave di Banzi e Genzano di Lucania (Basilicata)*. MEMORIE DESCRITTIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA. Volume Speciale in ricordo di Iacobacci, APAT, in corso di stampa. ISSN: 0536-0242.
- D'ARGENIO, PESCATORE & SCANDONE (1973) - *Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania)*. Acc. Naz. Lincei, Pubbl. N°280; 49-72
- DAL MORO, G. (2012) - *Onde di superficie in geofisica applicata*. Acquisizione e analisi di dati secondo tecniche MASW e HVSR. D. Flaccovio, Palermo, pp. 191.
- DE CELLES P. G. & GILES K. A. (1996) - *Foreland basin systems*. Basin Research, **8**, 105-123.
- DOGLIONI C. MONGELLI F. & PIERI P. (1994) - *The Puglia uplift (SE-Italy): an anomaly in the foreland of the Apenninic subduction due to buckling of a thick continental lithosphere*. Tectonics, **13**, 1309-1321.
- DOGLIONI C. TROPEANO M., MONGELLI F. & PIERI P. (1996) - *Middle-Late Pleistocene uplift of Puglia: an "anomaly" in the Apenninic foreland*. Mem., Soc., Geol., It., **51**: 101-117.
- DOLCE M., ALBARELLO D., CASTELLARO S., CASTENETTO S., COLOMBI A., COMPAGNONI M., DI FILIPPO M., DI NEZZA M., EVA C., FOTI S., MARTINI G., NASO G., PERGALANI F., SANTUCCI DE MAGISTRI F., SCARASCIA.
- GALLICCHIO S. & MAIORANO P. (1999) - *Revised stratigraphy of the Serra Palazzo Formation, a Miocene foredeep turbidite succession of the Southern Apennines (Italy)*. Riv. It. Paleont. E Stratig., **105**, n° 2, 287-302.
- IDRISS I.M. & SUN J. (1992) - *User's for SHAKE91*. Center for Geotechnical Modeling, Univ. Of California, Davis, 13p.
- LABRIOLA M., ONOFRIO V., GALLICCHIO S. & TROPEANO M. (2008) - *Caratteri stratigrafico-strutturali della porzione frontale dell'Appennino lucano compresa fra Acerenza e Oppido Lucano (Potenza, Basilicata)*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It. **LXXVII**, 111-118.
- LANZO G., SILVESTRI F. (1999) - *Risposta sismica locale: teoria ed esperienze*. Argomenti di Ingegneria Geotecnica, Hevelius Edizioni.
- LAZZARI M. & PIERI P. (2002) - *Modello stratigrafico-deposizionale della successione regressiva infra-pleistocenica della Fossa bradanica nell'area compresa fra Lavello, Genzano e Spinazzola*. Mem. Soc. Geol. It., **57**: 231-237.
- MARTINI (Eds.): «Anatomy of an Orogen». Kluwer Academic Publ.: 401-440.
- MERLIN, LA VOLPE, NAPPI, PICCARRETA, REDINI, & SANTAGATI (1971) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, F° 186,187 Sant'Angelo de' Lombardi, Melfi*.
- MUGNOZZA G., SILVESTRI F. (2011) - *Integrazioni agli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica*. Ingegneria Sismica, Vol 2, giugno 2011
- MIGLIORINI C. (1937) - *Cenno sullo studio e sulla prospezione petrolifera di una zona dell'Italia meridionale*. In: 2nd Petroleum world Congress. Paris. ASGIP Report, Roma: 1-11.
- NAKAMURA, Y. (1989) - *A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface*. Quarterly Report of Railway Technical Research Inst. (RTRI), **30**, 25-33.
- OGNIBEN (1969) - *Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*. MEM. SOC. GEOL. IT., **35**: 177-202.
- PALMER, D. (1982) - *An introduction to the generalized reciprocal method of seismic refraction interpretation*. Geophysics, **46**, 1508-1518.
- PARK, C.B. XIA J., MILLER R.D. (1999) - *Multichannel analysis of surface waves*. Geophysics, **64**, 800-808.
- PATACCA E. & SCANDONE P. (2001) - *Late thrust propagation and sedimentary response in the thrust belt-foredeep system of the*

- Southern Apennines (Pliocene-Pleistocene)*. In: G.B. VAI & I.P. MARTINI (Eds.): «*Anatomy of an Orogen*». Kluwer Academic Publ.: 401-440.
- PATACCA E. & SCANDONE P. (2004) – *The Plio-Pleistocene thrust belt-foredeep system in the southern Apennines and Sicily (Italy)*. Soc. Geol. It., Vol. Spec., IGC 32 Florence.
- PIERI P., SABATO L. & TROPEANO M. (1994) - *Evoluzione tettonico-sedimentaria della Fossa bradanica a sud dell'Ofanto nel Pleistocene*. In: "Guida alle escursioni". 77° Cong. Naz. Soc. Geol. It., Bari. Quad. Bibl. Prov. Matera, **15**, 35-54.
- PIERI P., SABATO L. & TROPEANO M. (1996) - *Significato geodinamico dei caratteri deposizionali e strutturali della Fossa bradanica nel Pleistocene*. Mem. Soc. Geol. It., **51**, 501-515.
- PIERI P., GALLICCHIO S., SABATO L. & TROPEANO M. – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Foglio 471 IRSINA.
- PESCATORE T., DI NOCERA S. & MATANO F. – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000*. Foglio 470 POTENZA.
- RICCHETTI G. (1965) - *Alcune osservazioni sulla serie della Fossa bradanica. Le "Calcareni di M. Castiglione"*. Boll. Soc. Nat. in Napoli **74**: 3-11.
- RICCHETTI G. (1967) - *Lineamenti geologici e morfologici della media valle del Fiume Bradano*. Boll. Soc. Geol. It., **86**: 607-622.
- RICCHETTI G. & MONGELLI F. (1980) – *Flessione e campo gravimetrico della micropiastrella apula*. Boll., Soc., Geol., It., **99**, 431-436.
- RIGA G. (2011) – *Metodi per stimare le proprietà geotecniche dei terreni, Correlazioni semi-empiriche dei parametri geotecnici basate su prove in situ, tabelle bibliografiche geologiche e geotecniche di confronto, elaborazione di prove penetrometriche dinamiche*. EPC Editore, Roma, pp.208.
- ROCCAFORTE F. & CUCINOTTA C. (2015) – *Stima dei parametri geotecnici in geofisica applicata, correlazione tra parametri sismici e geotecnici per la pratica professionale*. Dario Flaccovio Editore, Palermo, pp.139.
- SABATO L., TROPEANO M. & PIERI P. (2004) - *Problemi di cartografia geologica relativa ai depositi quaternari del F° 471 "Irsina". Il Conglomerato di Irsina: mito o realtà? Il Quaternario* **17**(2/1): 391-404.
- SELLI R. (1962) – *Il Paleogene nel quadro della geologia dell'Italia meridionale*. Mem. Soc. Geol. It., **3**: 737-789.
- SESAME PROJECT (2004) – *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations - Measurements, processing and interpretation*. European Commission, n° EVG1-CT-2000- 00026 - <http://sesame-fp5.obs.uif-grenoble.fr/>.
- VALDUGA A. (1973) - *Fossa bradanica*. In: A. DESIO: «*Geologia dell'Italia*», U.T.E.T., Torino: 692- 695.