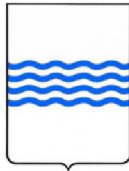


REGIONE BASILICATA



PROVINCIA DI POTENZA



COMUNE DI PALAZZO SAN GERVASIO



Denominazione impianto:

CONTRADA LAGARELLI

Ubicazione:

Comune di Palazzo San Gervasio (PZ)  
Località "Contrada Lagarelli"

Foglio: 30

Particelle: varie

### PROGETTO DEFINITIVO

per la realizzazione di un impianto agrovoltaico da ubicare nel comune di Palazzo San Gervasio (PZ) in località "Contrada Lagarelli", potenza nominale pari a 19,98405 MW in DC e potenza in immissione pari a 15,96 MW AC, e delle relative opere di connessione alla RTN ricadenti nei comuni di Palazzo San Gervasio (PZ), Banzi (PZ) e Genzano di Lucania (PZ)

PROPONENTE



**PALAZZO SAN GERVASIO 1 SPV S.R.L.**

Via Cino del Duca , 5

20122 - Milano

P.IVA: 02083840765

PEC: [palazzosangervasio1spv@legalmail.it](mailto:palazzosangervasio1spv@legalmail.it)

ELABORATO

**A.2**

### RELAZIONE GEOLOGICA

Tav. n°

Scala

Aggiornamenti	Numero	Data	Motivo	Eseguito	Verificato	Approvato
	Rev 0	Febbraio 2022	Istanza per l'avvio del procedimento di rilascio del provvedimento di VIA nell'ambito del Provvedimento Unico in materia Ambientale ai sensi dell'art.27 del D.Lgs.152/2006 e ss.mm.ii.			

PROGETTAZIONE

Dott. Ing. SAVERIO GRAMEGNA  
Via Caduti di Nassiriya n. 179  
70022 Altamura (BA)  
Ordine degli Ingegneri di Bari n. 8443  
PEC: [saverio.gramegna@ingpec.eu](mailto:saverio.gramegna@ingpec.eu)  
Cell:3286812690



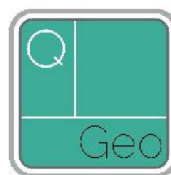
Spazio riservato agli Enti

IL TECNICO

Dr. Geol. ANTONIETTA CILUMBRIELLO  
Studio Tecnico Geologia, Energia & Ambiente  
Via Albani snc - 85013 Genzano di Lucania (PZ)  
e-mail: [qgeo.lab@gmail.com](mailto:qgeo.lab@gmail.com)  
Cell:3471848562



*Antonietta Cilumbriello*



## RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Dr Geol. Antonietta Cilumbriello

### INDICE

1. PREMESSA .....	1
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....	3
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE .....	4
3.1. Geologia di dettaglio dell'area di progetto .....	7
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
6. MODELLAZIONE SISMICA DELL'AREA .....	12
6.1. Normativa sismica di riferimento .....	12
6.2. Caratterizzazione sismica dell'area .....	15
6.3. Pericolosità sismica di base e categoria di suolo.....	17
6.4. Caratterizzazione dinamica .....	21
7. RISPOSTA SISMICA LOCALE .....	23
8. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO.....	26
8.1. Stratigrafia .....	26
8.2. Caratterizzazione geotecnica .....	28
9. ANALISI DI STABILITA' DEL VERSANTE .....	31
10.CONCLUSIONI .....	32

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

## 1. PREMESSA

---

Su incarico ricevuto dalla Palazzo San Gervasio 1 SPV S.r.l., la Dr Antonietta Cilumbriello, geologa, iscritta all'Albo dei Geologi di Basilicata al n° 452, ha eseguito lo studio geologico relativo al progetto definitivo per la realizzazione di un impianto agrovoltaiico da ubicare nel comune di Palazzo San Gervasio (PZ) in località "Contrada Lagarelli", potenza nominale pari a 19,98405 MW in DC e potenza in immissione pari a 15,96 MW AC, e delle relative opere di connessione alla RTN ricadenti nei comuni di Palazzo San Gervasio (PZ), Banzi (PZ) e Genzano di Lucania (PZ).

Nella presente Relazione si riferisce sulla caratterizzazione e 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.

Per la caratterizzazione geologico-tecnica del substrato di fondazione, sono stati utilizzati i risultati di una serie di indagini geognostiche e sismiche svolte dalla scrivente e da altri professionisti in aree limitrofe a quella di progetto e su terreni dalle medesime caratteristiche litotecniche, dalle quali è stato possibile ricostruire la stratigrafia dei terreni di progetto oltre che desumere le caratteristiche litotecniche degli stessi. Nello specifico, sono state consultate una campagna di indagini geognostiche (stratigrafie di sondaggio e scavi geognostici, ubicazione nell'All. A.12.a.7) e sismiche (n.1 indagine sismica di tipo MASW e n.1 indagine sismica a rifrazione) effettuate dalla scrivente in un'area contigua a quella di interesse (circa 1 km ad ovest).

I risultati delle indagini consultate sono riportati nella presente relazione, illustrati graficamente negli elaborati 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.)
6. Carta del Rischio Idrogeologico – scala 1 5.000 (Elaborato A.12.a.12.)

Si ricorda, infine, che il Comune di Palazzo San Gervasio, 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"*, e 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 Palazzo San Gervasio (Provincia di Potenza), in Contrada Lagarelli. In particolare, l'area di progetto è ubicata circa 5 km a ovest dell'abitato di Banzi, e a circa 7,5 km dal comune di Palazzo San Gervasio, tra le quote di 570 m e 550 m s.l.m. ed è catastalmente individuata al Foglio 30. Si tratta di un'area sub-pianeggiante incisa a nord e a sud rispettivamente dal Vallone Mastantuono e dal fosso di Vallone di Varco della Creta.



**Fig. 1a) e b)** – Riprese fotografiche aerea dell'area di progetto tratte da un'immagine da satellite estratta dall'archivio Bing.

Da un punto di vista cartografico la zona oggetto della presente indagine ricade a cavallo delle Tavole I.G.M. in scala 1:25.000 Foglio Geologico 188 IV/S.W. "Genzano di Lucania" e Foglio Geologico 187 I/S.E. "Forenza"; ricade altresì nel nuovo Foglio Geologico 452, in scala 1:50.000 "Rionero in Vulture". Per quanto riguarda i principali vincoli esistenti, si può affermare che 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 e 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 Palazzo San Gervasio (PZ) è situato nel settore nord orientale 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 Sturato e delle Argille Calcigne (Azzaroli *et al.* 1968a, b; Ricchetti, 1965, 1967; Valduga, 1973; Patacca & Scandone 2001; 2004). Secondo i lavori di rilevamento per la redazione della nuova Carta Geologica di Italia in scala 1:50.000 le unità di avanfossa pleistocenica sono state suddivise come di seguito si riporta.

- **Argille subappennine ASP** (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°.
- **Formazione di Monte San Marco SBC** (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.
- **Sintema di Palazzo San Gervasio GVS** (Pleistocene inferiore-medio): deposito ghiaioso-conglomeratico, stratificato con lenti sabbiose e lenti argillose. Lo spessore di questa unità è variabile da circa 50 m fino a pochi metri in prossimità del bordo murgiano. In alcune aree presentano passaggi eteropici a sabbie fini quarzoso micacee che in alcuni casi

presentano una colorazione rossastra e spessore che varia da pochi decimetri ad una quindicina di metri. Possono corrispondere alle Sabbie dello Staturo secondo quanto riportato nella letteratura classica dei Fogli al 100.000.

In erosione sui depositi del ciclo bradanico si rinvencono una serie di depositi di età variabile dal Pleistocene superiore (?) all'attuale. Tali depositi sono stati raggruppati nel cosiddetto supersistema di Monte Vulture MV che comprende diversi sistemi e subsistemi costituiti prevalentemente da depositi conglomeratico-sabbiosi di colore rosso ad elementi vulcanici massivi e a stratificazione obliqua concava. Il limite inferiore è in genere rappresentato da una superficie erosiva. All'interno dei corsi d'acqua si rinvencono Depositi alluvionali (b<sub>b</sub>) riferibili al Pleistocene superiore-Olocene ed Alluvioni attuali (b<sub>a</sub>) (Olocene). Entrambi sono costituiti da depositi ghiaioso-sabbioso-limosi sospesi rispetto all'alveo attuale, non più inondabili e attualmente in erosione i primi, ed in evoluzione in alveo i secondi.

Complessivamente questi depositi sono attribuiti a fasi di erosione e sedimentazione successive al colmamento del bacino bradanico (depositi post-regressivi *sensu* Lazzari & Pieri, 2002).

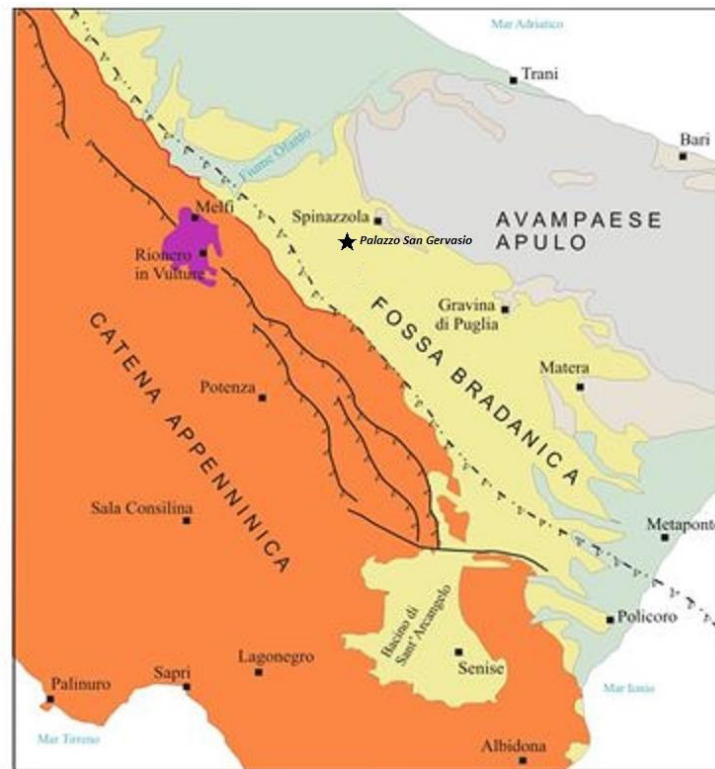
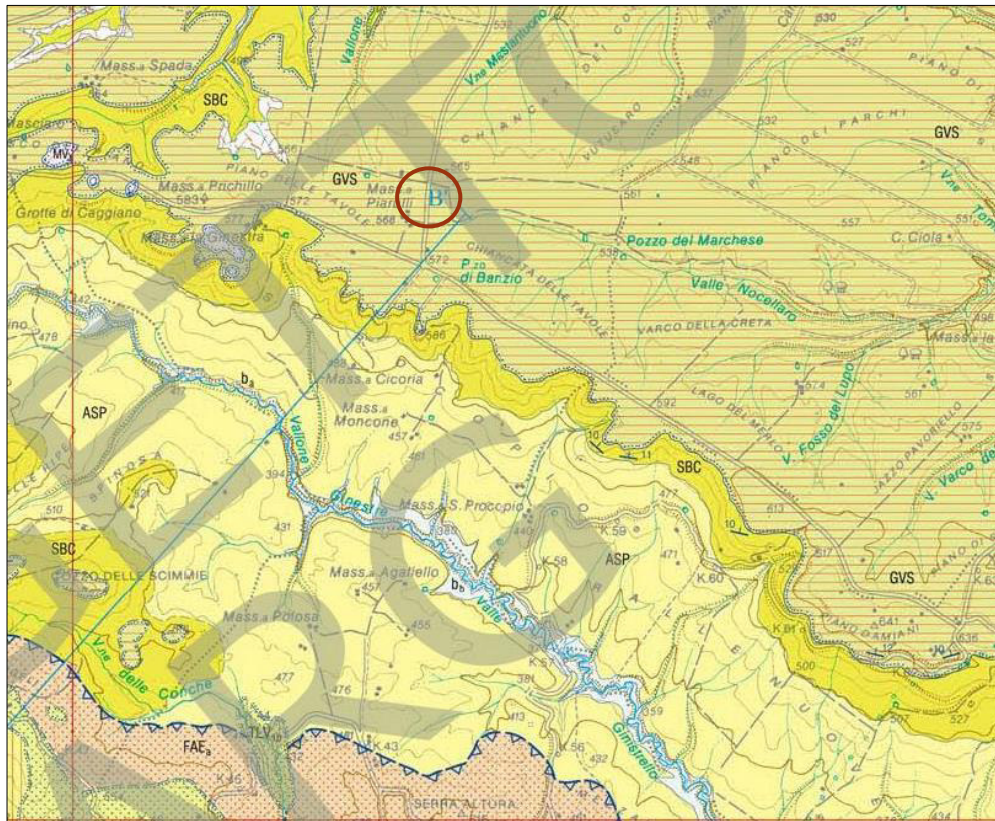


Fig. 2 – Carta geologica schematica dell'Appennino meridionale.



Lo stralcio del Foglio Geologico 452 "Rionero in Vulture" della Carta geologica d'Italia in scala 1:50.000 (Fig. 3), mostra in sintesi la geologia dell'area investigata.



**Fig. 3** – Stralcio Foglio Geologico n°187 "Rionero in Vulture" in scala 1:50.000

### 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 al ciclo regressivo della Fossa bradanica.

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 Sezione Geologica - ELABORATI A.12.a.8 e A.12.a.11) che di seguito sono descritte.

**Sintema di Palazzo San Gervasio.** Depositi prevalentemente conglomeratici clasto e matrice-sostenuti, da massivi a stratificati con lenti sabbioso-limose e livelli argilloso-limosi ricchi di

resti di piante. Presentano passaggi laterali per eteropia di facies a depositi sabbiosi e sabbioso-limosi.

**Formazione di Monte San Marco:** alternanza di sabbie e arenarie passanti a luoghi e verso l'alto a conglomerati. Tale formazione in contatto stratigrafico per alternanza sulle argille subappennine è caratteristica di ambienti deposizionali di mare sottile evolventi a piattaforma-transizione a *shoreface* e verso l'alto ad ambienti di spiaggia ghiaioso e/o sabbiosa.

Terreni di copertura derivanti dalla messa in posto ad opera di processi legati allo scorrimento delle acque superficiali si rinvencono nell'area investigata. Sono essenzialmente rappresentati da materiali a prevalente componente sabbioso-limosa con rari inclusi lapidei di dimensioni centimetriche, caratterizzate da un assetto caotico e una giacitura indistinta.

La **Carta Geologica** mostra la sintesi del rilevamento geologico effettuato nell'area di studio (ELABORATI A.12.a.8).

#### 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, spesso isolati, e versanti di tipo tabulare a sommità pianeggiante. La sommità degli altopiani è caratterizzata dalla presenza di sedimenti conglomeratici, sabbiosi e arenacei, come testimonianza dell'ultima azione di un mare in fase di colmamento.

Tali rilievi 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. I rilievi, in relazione alle loro condizioni litologiche e giaciture, presentano, in genere, caratteristiche geomorfologiche dovute a processi di erosione differenziata. Quest'ultima risulta, infatti, più o meno accentuata a seconda che i versanti siano costituiti da argille, sabbie o conglomerati. In particolare, nelle aree di affioramento dei materiali argillosi e argilloso-sabbiosi, generalmente caratterizzate da un maggiore grado di erodibilità, i dissesti e le frane sono piuttosto diffusi, e causano la presenza di rotture di pendenze, contropendenze e in generale, interrompono la continuità del profilo dei versanti. Nei conglomerati e nelle sabbie più competenti, l'instabilità è quasi sempre dovuta a fenomeni di crollo. In particolare, le sommità pianeggianti delle dorsali, costituite in prevalenza da sedimenti sabbioso-conglomeratici, sono a luoghi delimitate da gradini, cui seguono verso il basso, in corrispondenza degli affioramenti argillosi, tratti meno inclinati.

L'assetto geomorfologico è riconducibile a due fattori fondamentali:

- la presenza di formazioni omogenee costituite da ghiaie/o conglomerati, sabbie limose e sabbie ed arenarie ed argille più o meno limose;
- l'erosione subita da dette formazioni nelle fasi successive all'emersione dell'area in seguito ad un sollevamento tettonico generalizzato che ha determinato, dal punto di vista sedimentario, la deposizione di una successione regressiva, costituita da argille marine, sabbie di spiaggia e conglomerati di ambiente transizionale o costiero.

L'area di progetto è morfologicamente caratterizzata da un esteso altopiano con superficie sommitale sub-pianeggiante incisa lateralmente da due fossi con direzioni diverse drenaggio, il Vallone di Varco della Creta ed il Vallone di Mastantuono.

Da evidenziare che la zona di interesse e tutto il versante che la sottende presentano una marcata vocazione agraria. I terreni che la caratterizzano, infatti, sono coltivati stagionalmente. In questi terreni a sfruttamento prettamente agricolo si instaurano facilmente processi di disgregazione ed asportazione delle particelle del suolo. Il deflusso superficiale, incidendo verticalmente, opera un'energetica azione erosiva e di trasporto soprattutto nei terreni fini (sabbioso-limosi ed argillosi). Il profilo del versante è continuamente modificato a causa del costante approfondimento del reticolo drenante che tende a raccordarsi al livello di base dell'erosione. Il richiamo verso valle di materiali, a seguito del continuo approfondirsi delle acque defluenti, crea nuove forme di disequilibrio nei terreni a monte, provocando processi di denudazione in genere di tipo retrogressivo ma comunque caratterizzati da superfici di scorrimento poco profonde e quindi da limitata capacità di retrogressione. L'area di ingombro dell'impianto è prevalentemente ubicata su un'area sommitale sub-orizzontale o debolmente inclinata verso NE, che per caratteristiche topografiche (pendenze inferiori a 5°) e litologiche (affioramenti di ghiaie e conglomerati) non è interessata da fenomeni di dissesto in atto o potenziali. Sulla base di queste osservazioni, del rilevamento geomorfologico, dell'analisi multitemporale di cartografia e ortofoto, si ritiene che l'area sia esente da problematiche legate a rischio idrogeologico.

Per quanto riguarda l'area di ingombro della cabina, è ubicata anch'essa su un'area sub-pianeggiante impostata prevalentemente su depositi sabbiosi e sabbioso-limosi ed è anch'essa caratterizzata dall'assenza interessata da fenomeni di dissesto e d'instabilità superficiale e profondi né tanto meno da fenomeni legati a processi fluviali riconducibili all'asta maggiore dell'area di studio.

Le caratteristiche topografiche dell'area di interesse fanno rientrare il sito nella **categoria topografica T1** (pendenza inferiori a 15°, ai sensi del D.M. 14/01/2008), come si evince dalla Sezione Geologica riportata nell'Elaborato A.12.a.11.

## 4.2 Idrografia ed Idrogeologia

L'area di progetto ricade su un'ampia superficie terrazzata ubicata in posizione sommitale e impostata sul top dei conglomerati infrapleistocenici. Tale ripiano rappresenta la zona di

spartiacque tra due bacini idrografici con drenaggio in direzioni opposte: in particolare, il bacino idrografico del Vallone Mastrantuono ubicato a nord dell'area di progetto è caratterizzato da un corso d'acqua tributario della Fiumara di Venosa che scorre verso N mentre il bacino idrografico del Vallone di Varco della Creta ubicato a est dell'impianto è caratterizzato da un corso d'acqua tributario del torrente Banzullo-la Fiumarella che scorre verso nord-est. Le aste fluviali presenti nella zona possono essere classificate come fossi di ruscellamento concentrato, a carattere stagionale, con dinamica prevalentemente erosiva che, localmente vanno ad accentuare le pendenze dei versanti creando valli e vallecole dalla morfologia poco omogenea; le alluvioni sono praticamente poco sviluppate e per la maggior parte inattive. Le valli che ospitano tali fossi mostrano una tipica forma a U nelle parti iniziali, in corrispondenza dei depositi sabbioso-limosi ed a V in corrispondenza dei depositi sabbiosi più cementati e conglomeratici.

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 un'importante tipo di acquifero. Quest'acquifero è presente nei depositi conglomeratici riferibili principalmente al sintema di Palazzo San Gervasio, caratterizzato da permeabilità medio-alta ed affioranti in corrispondenza dei principali rilievi collinari. Dalla letteratura i depositi conglomeratici sono caratterizzati da un valore di K (coefficiente di permeabilità) compreso tra  $1 \cdot 10^{-1}$  e  $1 \cdot 10^{-2}$  cm/sec. Aumenti del valore di permeabilità si possono avere nei conglomerati in presenza di fratturazioni. I depositi sabbiosi e sabbioso-limosi eteropici dei depositi conglomeratici sono considerati a permeabilità medio-bassa. Il coefficiente di permeabilità è compreso tra  $1 \cdot 10^{-4}$  e  $1 \cdot 10^{-6}$ .

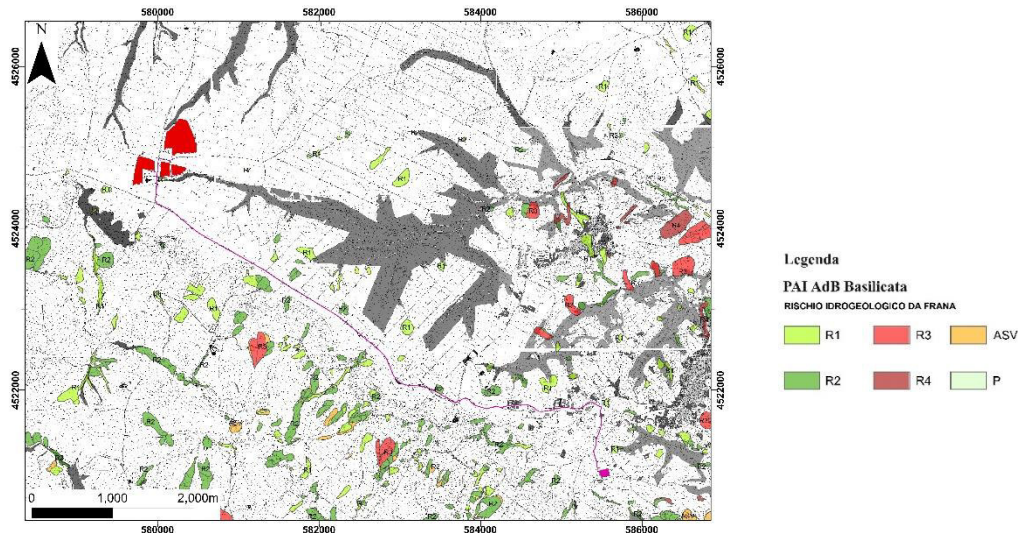
Nei terreni di progetto, dai rilievi effettuati, si ritiene non sia presente una circolazione idrica sotterranea importante e a profondità tali da interferire con le opere di progetto. Alcuni pozzi sono stati rinvenuti nei dintorni dell'area di progetto, ed in corrispondenza degli antichi assi di deflusso: le loro stratigrafie (ubicazione dell'indagine nell'All. A.12.a.7) confermano le indicazioni stratigrafiche e idrogeologiche desunte dal rilevamento geologico.

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

L'area in esame, come riportato nell'ALLEGATO 1 "Stralcio della Carta del Rischio Idrogeologico" del Piano Stralcio delle Aree di Versante del Comune di Palazzo San Gervasio dell'Autorità di Bacino di Basilicata ricade, in zone in cui non sono state cartografate frane rischi idrogeologici relativamente al rischio frane. Come si evince dalla Carta del Rischio una delle tre sezioni in cui è diviso l'intero impianto agrovoltato è adiacente ad un'area a rischio R1, rischio moderato. Si tratta di forme di movimenti riconducibili a lenti movimenti del



manto di alterazione superficiale in parte accentuati dalla presenza di assi di deflusso associato alla rete idrografica che interessa quest'area. Si tratta di aree di "avvallamento" e rappresentano zone di richiamo e deposizione preferenziale dei materiali fini, con fenomeni, in alcuni casi, di ristagno idrico (Fig. 4).



**Fig. 4** – Stralcio della carta del Rischio Idrogeologico dell'AdB di Basilicata

## 5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la ricostruzione della successione stratigrafica dei terreni oggetto di intervento e la determinazione dei parametri geotecnici ci si è serviti di dati di letteratura provenienti da indagini eseguite dalla scrivente in un'area adiacente a quella di interesse e dalle analoghe caratteristiche stratigrafiche rispetto all'area di ingombro dell'impianto e della cabine elettrica, oltre alla consultazione di indagini pregresse eseguite in aree contermini a quella di progetto e su terreni con caratteristiche simili. In particolare, sono state consultate alcune stratigrafie di pozzi derivanti dall'archivio nazionale delle indagini del sottosuolo dell'ISPRA oltre alle indagini eseguite dalla scrivente e da altri colleghi relativamente ai terreni attraversati dal cavidotto; sono state altresì consultate indagini sismiche eseguite dalla scrivente in aree adiacenti a quelle dell'impianto agrovoltato, al fine della determinazione delle caratteristiche sismiche e dalla categoria di suolo (ubicazione nell'All.A.12.a.7). La distribuzione spaziale delle indagini geognostiche e sismiche è tale da poter ricostruire il modello geologico-tecnico e le caratteristiche sismiche delle principali unità lito-tecniche dell'area di interesse.

## 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.

<b>Zona 1</b> - E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti
---

<b>Zona 2</b> - In questa zona possono verificarsi forti terremoti
--

<b>Zona 3</b> - In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari
--

<b>Zona 4</b> - 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
<b>A</b>	<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>B</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).
<b>C</b>	<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).
<b>D</b>	<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).
<b>E</b>	<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
<b>S1</b>	<i>Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità (<math>PI &gt; 40</math>) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di <math>V_{s30} &lt; 100</math> m/s</i>
<b>S2</b>	<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
<b>A</b>	<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>B</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.
<b>C</b>	<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.
<b>D</b>	<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.
<b>E</b>	<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

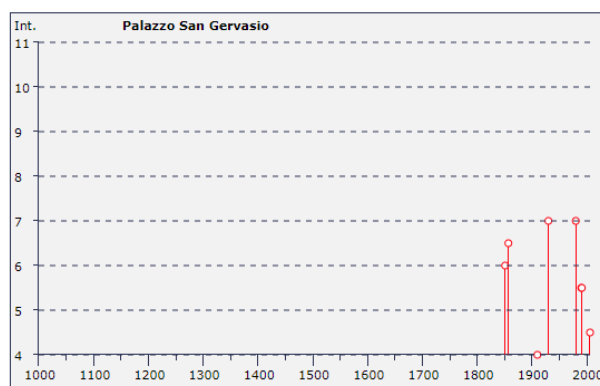
Dal punto di vista della sismicità l'area dell'Appennino meridionale presenta una storia sismica tra le più importanti d'Italia, sia in termini di intensità che di frequenza dei terremoti.

Le zone maggiormente interessate da eventi sismici sono quelle ubicate prevalentemente in corrispondenza del fronte della catena appenninica. In un raggio inferiore 50 Km da Palazzo San Gervasio ed in particolare dall'area di progetto ricadono diverse zone sismogenetiche: in particolare vi ricade 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; a meno di 20 Km vi ricade la zona 926 (Basento) mentre a circa di 6 km si ritrova la zona 925 (Ofanto); queste ultime due sono dotate di cinematica trascorrente destra ed orientazione generale circa E-W.

A completamento di questo paragrafo in tabella IV 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).

Numero di eventi: 16

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
6	1851 08 14 13:20	Basilicata	103	10 6.38 ±0.17
6-7	1857 12 16 21:15	Basilicata	340	11 7.03 ±0.08
NF	1893 08 10 20:52	Gargano	69	8 5.36 ±0.22
3	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895	7.04 ±0.16
4	1910 06 07 02:04	Irpinia-Basilicata	376	8 5.73 ±0.09
NF	1913 06 28 08:52	Calabria settentrionale	151	8 5.66 ±0.14
7	1930 07 23 00:08	Irpinia	547	10 6.62 ±0.09
3	1978 09 25 10:08	Matera	120	6 4.88 ±0.13
7	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
NF	1988 04 26 00:53	Adriatico centrale	78	5.39 ±0.09
5-6	1990 05 05 07:21	Potentino	1374	5.80 ±0.09
5-6	1991 05 26 12:26	Potentino	597	7 5.11 ±0.09
3	1996 04 03 13:04	Irpinia	557	6 4.93 ±0.09
NF	1998 04 26 05:38	Potentino	67	4-5 4.26 ±0.24
3	2002 04 18 20:56	Vallo di Diano	165	5 4.38 ±0.09
4-5	2006 05 29 02:20	Promontorio del Gargano	384	5-6 4.63 ±0.09



Tab IV - Tabella delle Osservazioni sismiche disponibili per l'area di Palazzo San Gervasio.

Per una completa comprensione della tabella si consideri che la colonna “*effetti*” riporta, in termini di intensità (I), quanto forte è stato avvertito il terremoto ad Palazzo San Gervasio 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 1851, 1857, 1910, 1930, 1980, 1991, 1996 e 2006.

### 6.3. Pericolosità sismica di base e categoria di suolo

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 contenete 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  $p_2$

Ubicazione dell'opera di progetto (Coord. ED 50)	Latitudine	Longitudine
Palazzo San Gervasio Contrada Lagarelli	<b>40,872948</b>	<b>15,953296</b>



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	0,042	2,494	0,282
Danno (SLD)	50	0,054	2,533	0,311
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,139	2,593	0,469
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,183	2,596	0,488

**Coefficienti sismici**

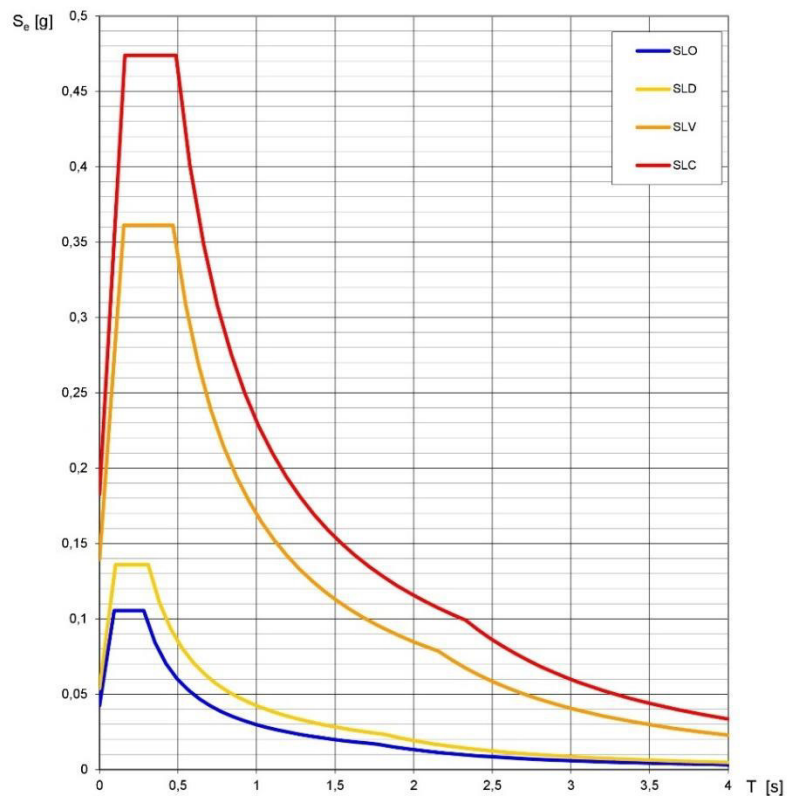
Stato Limite	Ss	Cc	St	kh	kv	Amax	Beta
Operatività (SLO)	1,20	1,42	1,00	0,009	0,005	0,497	0,180
Danno (SLD)	1,20	1,39	1,00	0,012	0,006	0,630	0,180
Salvaguardia vita (SLV)	1,20	1,28	1,00	0,040	0,020	1,640	0,240
Prevenzione collasso (SLC)	1,20	1,27	1,00	0,053	0,026	2,14	0,240

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). Abbiamo individuato la pericolosità sismica di base (Fig. 5). 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

altre 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.

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

#### Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



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.

**Fig. 5** - Spettri di risposta elastico per lo stato SLV

#### 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 profili di  $V_s$  relativi ad indagini sismiche di tipo MASW eseguite nei pressi dell'area di progetto e in analoghe situazioni stratigrafiche. Facendo riferimento al profilo verticale delle onde S elaborato con le indagini MASW M1, i terreni di copertura presentano una velocità equivalente pari a  $V_{s,eq} = 392 \text{ m/s}$ , (Fig. 6, 7). In riferimento alla tabella 3.2.II del DM 17/01/2018 il sito in esame è attribuibile alla categoria di sottosuolo 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]**.

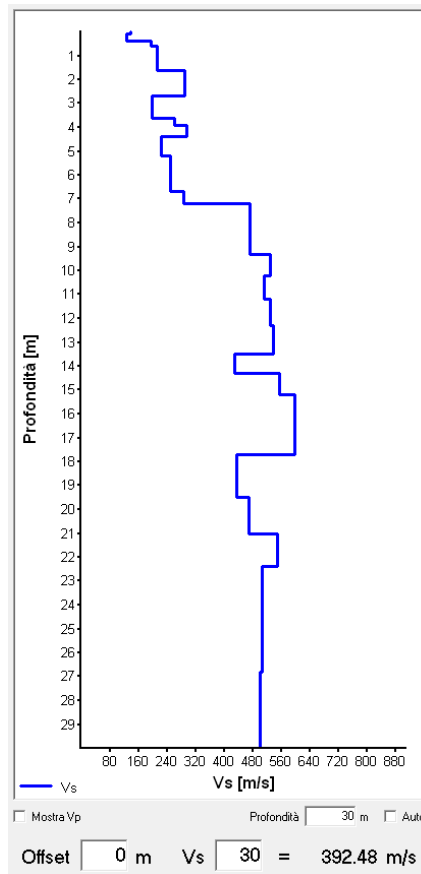


Fig. 6- Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità MSW1

Nell'area di affioramento dei terreni attraversati dal cavidotto, dove al disopra del conglomerato si rinvencono depositi sabbiosi e sabbioso-limosi il profilo di Vs mostra una velocità equivalente compresa tra 180 e 360 m/s. In riferimento alla tabella 3.2.II del DM 17/01/2018 il sito in esame è attribuibile alla categoria di **sottosuolo 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 di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.]**.

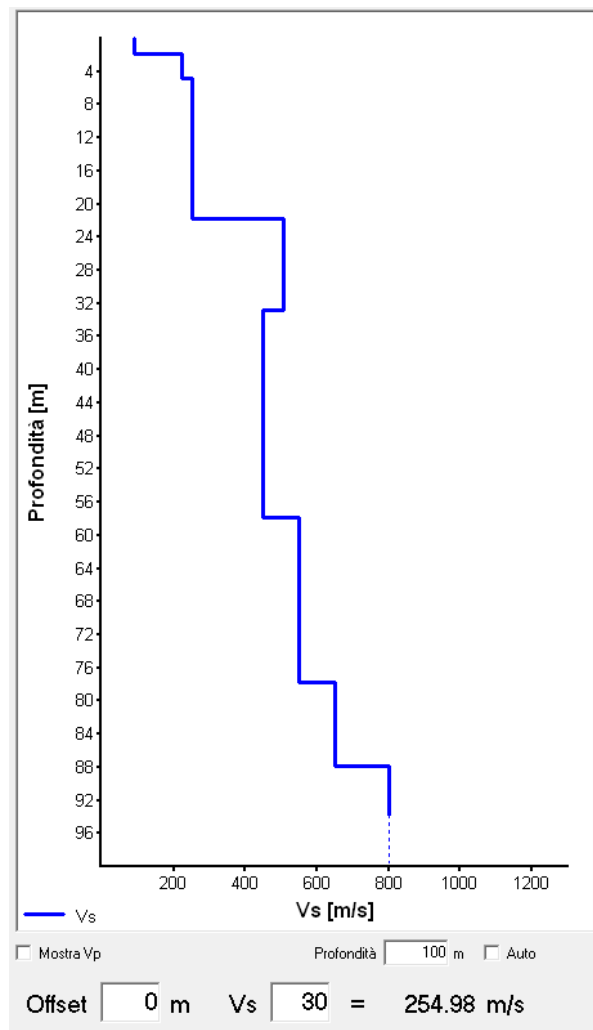


Fig. 7- Profilo delle velocità delle onde di tipo S nei primi 30 m di profondità MASW2

## 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  $S_T$* 

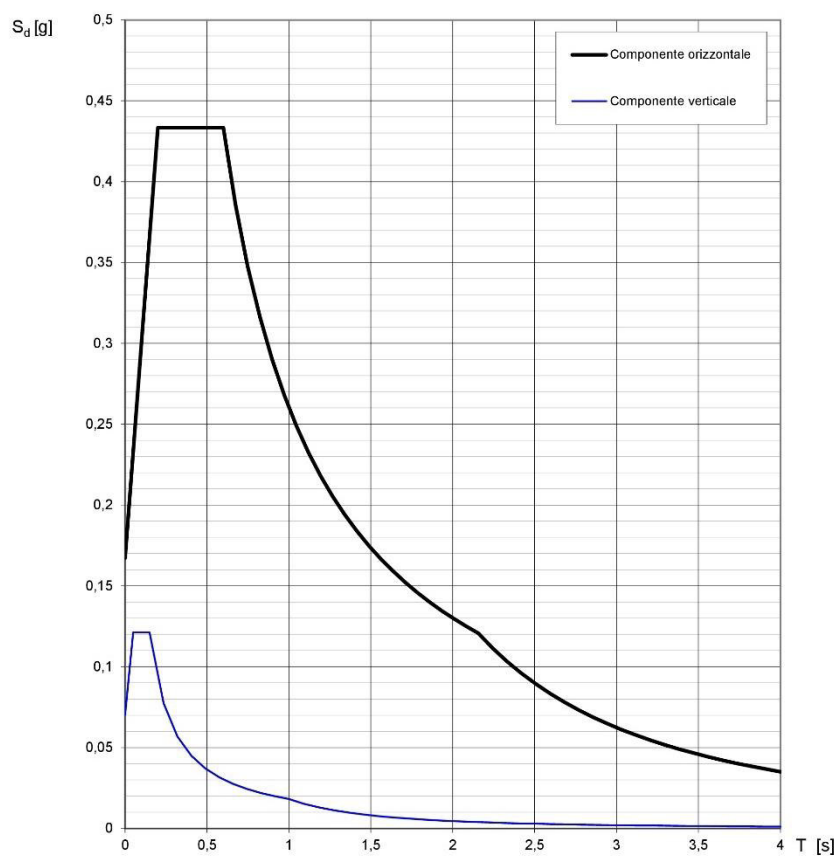
Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

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.

<b>Caratteristiche stratigrafiche e topografiche del sito</b>	
Categoria di suolo	<b>B</b>
Condizioni topografiche	<b>T<sub>1</sub></b>
Amplificazione stratigrafica ( $S_s$ ) per terreni di categoria C	<b>1,20</b>
Amplificazione topografica ( $S_t$ )	<b>1,0</b>



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.

**Fig. 8-** Spettro di risposta elastico allo stato limite per la salvaguardia.

## 8. MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO

### 8.1. Stratigrafia

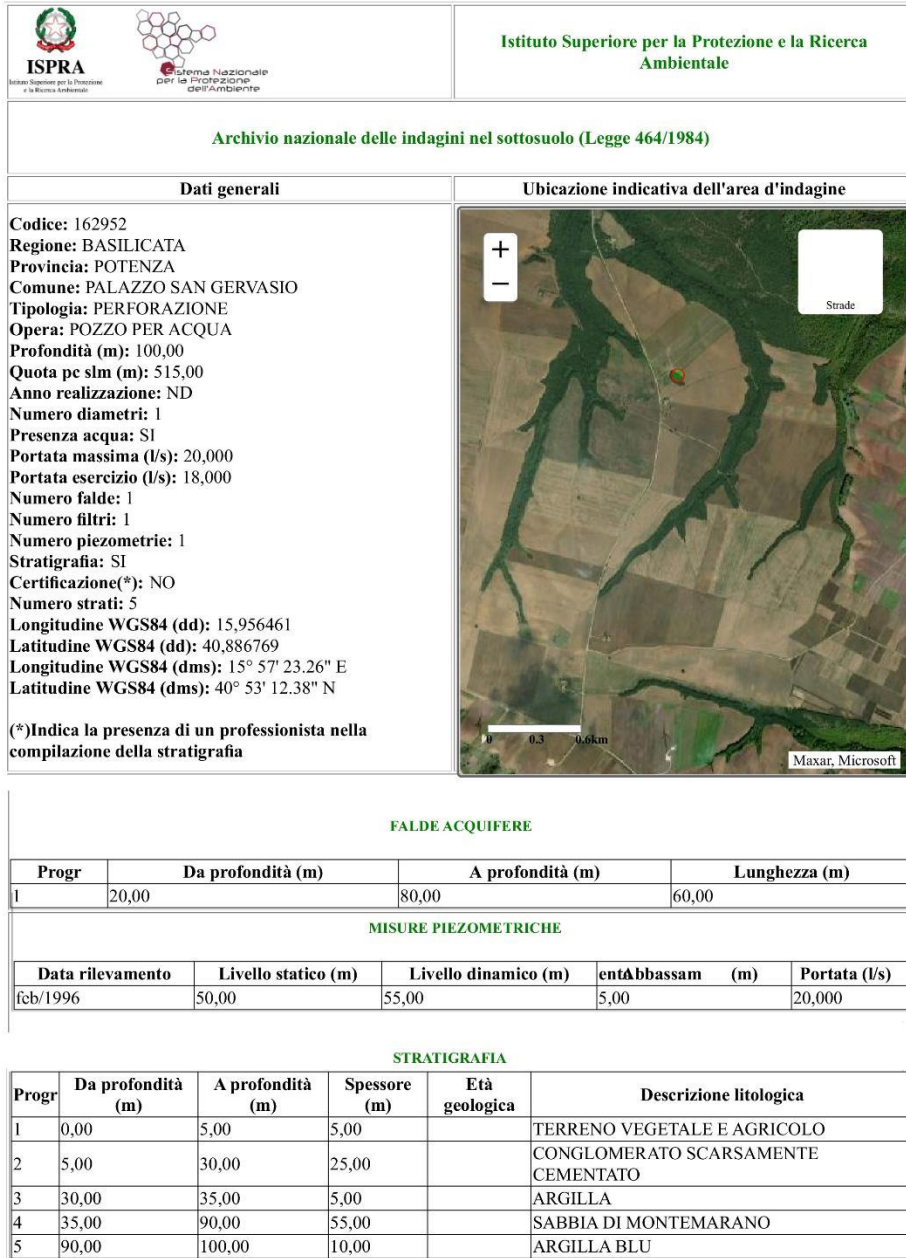
In base alle stratigrafie dei sondaggi consultati effettuate nei pressi dell'area di progetto, scaricate dall'archivio nazionale delle indagini del sottosuolo dell'ISPRA (Fig. 9), integrate dai rilievi di terreno, è stato possibile ricostruire il modello geologico-tecnico dell'area di progetto.

Tali indagini geognostiche hanno consentito di ricostruire con un buon grado di dettaglio la seguente stratigrafia relativamente all'area di posa dell'impianto agrovoltico:

- copertura pedologica costituita mediamente da mezzo metro di terreno vegetale, di colore marrone chiaro costituito da terreni limoso-sabbiosi con a luoghi clasti isolati;
- deposito costituito ghiaia eterometrica, poligenica, subarrondata, frammisto a sabbia da medio-fine a medio-grossolana. La frazione sabbiosa del deposito è in genere presente sotto forma di matrice interstiziale; localmente può presentarsi concentrata in lenti e livelli di spessore decimetrico intercalati alle ghiaie e ciottoli. Localmente la ghiaia può presentare cemento carbonatico tra i clasti. Tali depositi sono riferibili al sintema di Palazzo San Gervasio.
- sabbie a grana fine e media addensate e a luoghi cementate (strati arenitica) con intercalazioni di limi sabbiosi ed argillosi. Tali depositi sono riferibili alla formazione di Monte San Marco.

Relativamente ai terreni di posa del cavidotto si osserva che essi sono in parte rappresentati da depositi ghiaioso-conglomeratici ed in parte da depositi sabbioso e sabbioso-limosi che in alcune aree hanno spessore anche rilevante. I depositi ghiaioso-conglomeratici e i depositi sabbioso-limosi sono eteropici sia lateralmente che verso l'alto e nell'insieme sono riferibili al sintema di Palazzo San Gervasio secondo la nuova cartografia geologica in scala 1:50.000.

## STRATIGRAFIA DEL POZZO 162592



**Fig. 9- Stratigrafia di pozzo da archivio nazionale delle indagini del sottosuolo dell'ISPRA**

## 8.2. Caratterizzazione geotecnica

Le caratteristiche geologiche e geotecniche specifiche per i terreni di fondazione del campo agrovoltaioco e dei terreni di posa del cavidotto sono state desunte da indagini eseguite dalla scrivente, in aree adiacenti a quella di progetto.

Si evidenzia che la caratterizzazione geomeccanica dei terreni ghiaioso-conglomeratici è stata ottenuta attraverso l'applicazione della classificazione di BIENIAWSKY (1973, 1976, 1989) che tiene conto di 5 parametri relativi allo stato della roccia e dell'ammasso roccioso e di un indice di correzione il cui valore è funzione dell'orientamento delle discontinuità e del problema affrontato (gallerie, versanti e fondazioni).

$$\text{RMR} = (\text{R1} + \text{R2} + \text{R3} + \text{R4} + \text{R5}) - \text{Ic}$$

I parametri sono:

- R1 – resistenza a compressione uniassiale;
- R2 – RQD;
- R3 – spaziatura delle discontinuità;
- R4 – condizioni delle discontinuità;
- R5 – condizioni idrauliche;
- Ic – Indice di correzione

Ciascuno di questi parametri è valutato quantitativamente sul terreno, e ad essi è attribuito il relativo indice numerico. I parametri sono raggruppati in cinque intervalli di valori la cui somma permette di suddividere gli ammassi rocciosi in altrettante cinque classi di qualità. La somma dei cinque indici parziali fornisce il BRMR (Basic RMR). Per applicare il sistema RMR si considera l'ammasso roccioso come suddiviso in regioni strutturali in modo che al loro interno alcune caratteristiche siano sufficientemente uniformi. Identificate tali regioni, i parametri di classificazione per ognuna di esse sono determinate dalle misure in situ.

Per quanto riguarda la resistenza alla compressione uniassiale R1 essa si ritiene, da letteratura, abbia un valore dell'ordine di 150 MPa; l'indice sarà pari a 12. Per quanto riguarda l'RQD (*rock quality designation*), si ritiene che per i depositi ghiaiosi in oggetto tale parametro sia in percentuale compreso tra 50 e 75%, cioè la roccia è dotata di una qualità discreta; l'indice R2 sarà quindi pari a 13.

Per quanto riguarda gli indici R3 e R4 si ritiene, da rilievi effettuati in aree contigue, che non siano presenti discontinuità, ma considerato che si tratta di un deposito ghiaioso con matrice tra i clasti si ritiene che R3 ed R4 possano assumere rispettivamente i valori di 10 e 20.

Per quanto riguarda invece le condizioni idrauliche possiamo dire che si tratta di depositi permeabili per porosità quindi non si suppone siano presenti circolazioni al loro interno; R5 sarà pari a zero.

PARAMETRI		INTERVALLI DI VALORI							
R1	RESISTENZA ROCCIA INTATTA	Carico puntuale	>10	4-10	2-4	1-2	Non applicabile		
		Compressione monoassiale	>250	100-250	50-100	25-50	5-25	1-5	0
	Indice		15	12	7	4	2	1	0
R2	RQD (%)		90-100	75-90	50-75	25-50	<25		
	Indice		20	17	13	8	3		
R3	SPAZIATURA GIUNTI (m)		>2	0,6-2	0,6-0,2	0,06-0,2	<0,06		
	Indice		32	15	10	8	5		
R4	CONDIZIONE GIUNTI		Superfici molto scabre non continue. Pareti roccia non alterate	Superfici scabre. Apertura < 1mm. Pareti roccia legg. alterate	Superfici scabre. Apertura <1mm. Pareti roccia molto alterate	Superfici lisce o laminate o riempimento <5mm o apertura 1-5mm. Giunti continui	Riempimento tenero con spessore > 5mm o giunti aperti > 5 mm. Giunti continui.		
	Indice		30	25	20	10	0		
R5	CONDIZIONI IDRAULICHE	Afflusso per 10 m di lunghezza del tunnel (litri/mm)	Assente	<10	10-25	25-125	>125		
		Rapporto Pressione acqua nei giunti/Pression e naturale in sito	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5		
		Condizioni generali	Giunti Asciutti	Umidi	Bagnati	Stillicidio	Venute d'acqua		
	Indice		15	10	7	4	0		

Per la stima dell'indice di correzione **Ic** si deve fare riferimento alla tabella seguente:

Orientamento dei giunti		Molto favorevole	Favorevole	Discreto	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Gallerie e miniere	Indice	0	-2	-5	-10	-12
Fondazioni		0	-2	-7	-15	-25
Versanti		0	-5	-25	-50	-60

Applicando la correzione Ic si ottiene l'indice RMR, correlato alla qualità dell'ammasso roccioso e alle sue caratteristiche meccaniche secondo la tabella seguente:

RMR	0-25	25-50	50-70	70-90	90-100
CLASSE	V	IV	III	II	I
QUALITÀ	Molto scadente	Scadente	Discreta	Buona	Ottima
Coesione (MPa)	<0,1	0,1-0,15	0,15-0,20	0,20-0,30	>0,30
$\phi$ (°)	<30	30-35	35-40	40-45	>45

Sulla base dell'indice RMR, che assume valori compresi tra 50 e 70 sono stati ottenuti i parametri di resistenza dell'ammasso roccioso (angolo di attrito e coesione).

Ghiaia poligenica in matrice sabbioso-limosa (Formazione del Conglomerato di Irsina)

peso di volume	18,5 KN/m <sup>3</sup>
angolo di attrito	35° – 40°
coesione	0 KPa

Relativamente ai depositi sabbioso e sabbioso-limosi i parametri geotecnici derivano da campioni di terreno prelevati da scavi geognostici effettuate in un'area lungo il cavidotto di progetto dove affiora prevalentemente l'unità sabbioso-limosa (ubicazione nell'All.A.12.a.7).

Sabbie e sabbie-limose

peso di volume	19 KN/m <sup>3</sup>
angolo di attrito	38°
Coesione	17 KPa



## 9. ANALISI DI STABILITÀ 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. L'analisi geomorfologica qualitativa del sito d'impasto dell'impianto agrovoltico non ha messo in evidenza segni di instabilità. Infatti, l'area di sedime insiste in una porzione di versante, stabile sia per posizione morfologica sia per condizioni litologiche con pendio caratterizzato da pendenze poco acclivi, inferiore ai 10°, senza forme di movimenti gravitativi in atto né in preparazione.

La consultazione del quadro idrogeologico, basata sul Piano Stralcio per la Difesa del Rischio Idrogeologico e redatto dall'Autorità di Bacino di Basilicata, in cui ricade l'area di progetto, non mette in evidenza la presenza di aree perimetrate a rischio idrogeologico. Nell'intorno dell'area di progetto è stata cartografata dall'AdB un'area a rischio idrogeologico moderato che è comunque assimilabile a lenti movimenti del manto di alterazione superficiale in parte accentuato dalla presenza di assi di deflusso associato alla rete idrografica esistente. Queste aree costituiscono aree di "avvallamento" e rappresentano zone di richiamo e deposizione preferenziale dei materiali fini, con fenomeni, in alcuni casi, di ristagno idrico.

## 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 agrovoltaiico in progetto si estende su terreni riferibili ai depositi ghiaioso-conglomeratici riferibili al sintema di Palazzo San Gervasio che in quest'area presenta spessori fino a 50 m, localmente presenta passaggi laterali per eteropia a depositi sabbiosi e sabbioso-limosi. Relativamente al cavidotto, esso attraversa sia i depositi conglomeratici sia i depositi sabbiosi e sabbioso-limosi sempre riferibili al sintema di Palazzo san Gervasio dove tali depositi raggiungono spessori consistenti anche intorno a 30 m.
- 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°. Nell'intorno dell'impianto agrovoltaiico è cartografata un'area perimetrata a rischio idrogeologico moderato; si tratta di lenti movimenti del manto di alterazione superficiale in parte accentuato dalla presenza di assi di deflusso associato alla rete idrografica esistente. Queste aree costituiscono aree di "avvallamento" e rappresentano zone di richiamo e deposizione preferenziale dei materiali fini, con fenomeni, in alcuni casi, di ristagno idrico.
- Da un punto di visto idrogeologico, le rocce affioranti sulla base delle caratteristiche di permeabilità, si distinguono in:
  - ✓ rocce permeabili medio-alta permeabilità
  - ✓ rocce permeabili a bassa permeabilità

Appartengono alla prima classe i depositi ghiaioso-conglomeratici; appartengono alla seconda classe i depositi riferibili ai depositi sabbioso-limosi.

- Le caratteristiche geologiche e geotecniche specifiche per i terreni di fondazione sono desunte da numerose indagini geognostiche e sismiche effettuate dalla scrivente e consistite scavi geognostici e indagini sismiche in condizioni stratigrafiche analoghe a quelle osservate nell'area di progetto.
- Sulla base di indagini geofisiche consultate ed eseguite, è possibile attribuire al sito d'interesse progettuale, la seguente tipologia di suolo: "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"**. In relazione al D.M. 17-01-2018, i parametri sismici del sito di progetto da adottare per la verifica relativa alla salvaguardia della vita umana, sono quelli riportati nella tabella riportata nel par. 6.3.

**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 11/03/2022**

*La Geologa*

*Dr Antonietta Cilumbriello*



## RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AZZAROLI A., RADINA B., RICCHETTI G. & VALDUGA A. (1968) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:100.000 del F° 188 "Gravina"*. 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.
- 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., GHISSETTI 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
- 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.
- 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.
- 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.
- MERLIN, LA VOLPE, NAPPI, PICCARRETA, REDINI, & SANTAGATI (1971) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, F° 186, 187 Sant'Angelo de' Lombardi, Melfi*.
- 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.
- 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*.
- 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 micropiasta apula*. Boll., Soc., Geol., It., **99**, 431-436.
- 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.
- VALDUGA A. (1973) - *Fossa bradanica*. In: A. DESIO: «Geologia dell'Italia», U.T.E.T., Torino: 692- 695.