

PROPONENTE: **AME ENERGY S.r.l.**

Via Pietro Cossa, 5 20122 Milano (MI) - ameenergysrl@legalmail.it - PIVA 12779110969

REGIONE BASILICATA

PROVINCIA DI POTENZA

COMUNE DI BANZI

Titolo del Progetto:

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO UBICATO NEL COMUNE DI BANZI (PZ) IN LOC. "LA ROCCA", CON POTENZA DI PICCO PARI A 25,1 MWp E OPERE CONNESSE RICADENTI NEI COMUNI DI BANZI (PZ) E PALAZZO SAN GERVASIO (PZ)

Documento:

PROGETTO DEFINITIVO

N° Documento:

BANPV-T077

ID PROGETTO:

255

DISCIPLINA:

PD

TIPOLOGIA:

D

FORMATO:

A4

Elaborato:

RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA

FOGLIO:

1 di 169

SCALA:

Nome file:

BANPV-T077.pdf

Progettazione:

IPROJECT S.R.L.



**Consulenza, Progettazione e Sviluppo Impianti
ad Energia Rinnovabile**

Sede Legale: Via Del Vecchio Politecnico, 9 - 20121 Milano (MI)

P.IVA 11092870960-PEC: I-project@legalmail.it

Sede Operativa: Via Bisceglie n° 17 - 84044 Albanella (SA)

-mail: a.manco@iprojectsrl.com

Cell: 3384117245

Progettista:

Arch. Antonio Manco

Tecnico:

Geol. Fabio Di Feo



Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0	24/11/2023	Prima emissione	Geol. Fabio Di Feo	Arch. Antonio Manco	Arch. Antonio Manco

INDICE

PREMESSA	3
2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	7
3 AREA PARCO AGRIVOLTAICO	10
3.1 MODELLO GEOLOGICO 11	
3.1.1 Stratigrafia locale.....	11
3.1.2 Geomorfologia locale	13
3.1.3 Idrogeologia.....	20
3.1.4 Analisi Vincoli PSAl.....	24
3.2 MODELLO GEOTECNICO 27	
3.2.1 Programma di indagini geognostiche realizzate.....	27
3.2.2 Aspetti geotecnici del sito d'interesse.....	27
3.3 MODELLO SISMICO 28	
3.3.1 Modellazione Sismica	28
3.3.2 Risposta sismica locale	28
3.3.3 Interpretazione ed analisi dei dati sismici	53
3.4 FATTIBILITÀ DELLE OPERE 56	
3.5 COMPATIBILITA' DELLE OPERE 60	
4 AREA CAVIDOTTO INTERRATO	62
4.1 MODELLO GEOLOGICO 63	
4.1.1 Stratigrafia locale.....	63
4.1.2 Geomorfologia locale	64
4.1.3 Idrogeologia.....	70
4.1.4 Analisi Vincoli PSAl.....	74
4.2 MODELLO GEOTECNICO 75	
4.2.1 Programma di indagini geognostiche realizzate.....	75
4.2.2 Aspetti geotecnici del sito d'interesse.....	75
4.3 MODELLO SISMICO 76	

4.3.1	Modellazione Sismica	76
4.3.2	Interpretazione ed analisi dei dati sismici	76
4.4	FATTIBILITÀ DELLE OPERE	79
4.5	COMPATIBILITA' DELLE OPERE	83
5	AREA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA	85
5.1	MODELLO GEOLOGICO	86
5.1.1	Stratigrafia locale.....	86
5.1.2	Geomorfologia locale	88
5.1.3	Idrogeologia.....	91
5.1.4	Analisi Vincoli PSAl.....	95
5.2	MODELLO GEOTECNICO	96
5.2.1	Programma di indagini geognostiche realizzate.....	96
5.2.2	Aspetti geotecnici del sito d'interesse.....	96
5.3	MODELLO SISMICO	97
5.3.1	Modellazione Sismica	97
5.3.2	Interpretazione ed analisi dei dati sismici	97
5.4	FATTIBILITÀ DELLE OPERE	99
5.5	COMPATIBILITA' DELLE OPERE	103
6	ATTRAVERSAMENTO CON SISTEMA (TOC) – TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA .	105
	CONCLUSIONI	107

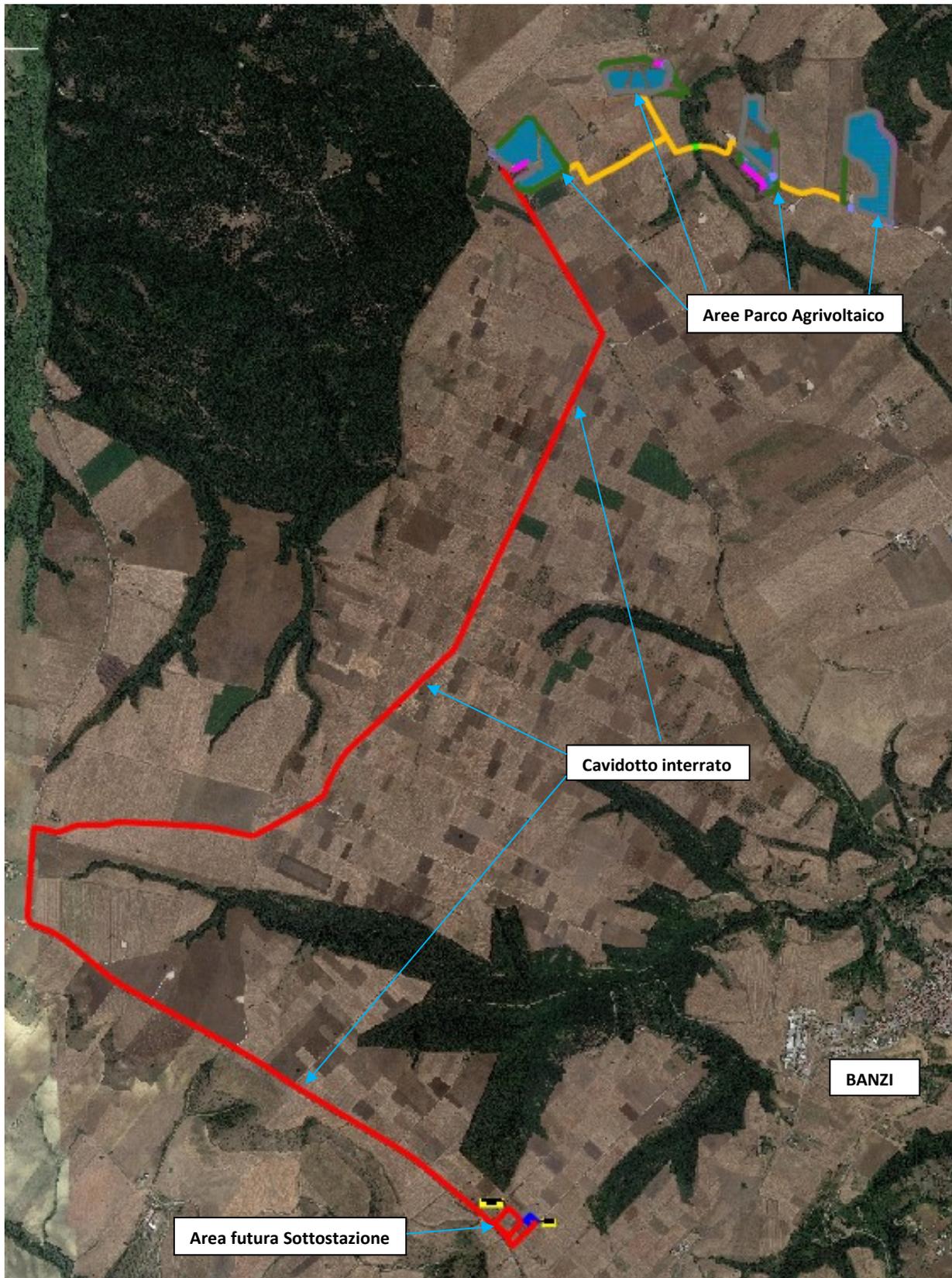
ELABORATI ALLEGATI

- **Indagini geognostiche eseguite sul sito d'interesse**
 - *Prove Sismiche MASW.1, MASW.2, MASW.3*
 - Tav. **BANPV-T078-Carta Ubicazione Sondaggi Preliminari**
 - Tav. **BANPV-T079-Carta Geologica**
 - Tav. **BANPV-T080- Carta Idrogeolitologica**
 - Tav. **BANPV-T081- Carta Geomorfologica**
 - Tav. **BANPV-T082-Carta del rischio e della pericolosità geomorfologica e Idraulica - PAI**
 - Tav. **BANPV-T082-Carta dell'inventario dei fenomeni franosi - IFFI**

PREMESSA

Su incarico ricevuto della società **I-PROJECT S.r.l.** con Sede Legale in Via del Vecchio Politecnico, n°9 MILANO (MI) - P.IVA 1109287960, PEC i-project@legalmail.it, Sede Operativa: Via Bisceglie, 17 - 84044 Albanella (SA) e per conto della soc. **AME ENERGY S.r.l.**, il sottoscritto **dr. geologo Fabio Di Feo** residente in Via Olivella 4/A del comune di Altavilla Silentina (SA), iscritto all'ordine dei geologi della Regione Campania al n.2314, ha effettuato uno studio di compatibilità idrogeologico finalizzato ad attestare le caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche, idrogeolitologiche, geotecniche, e sismiche delle aree interessate dal progetto del Parco Agrivoltaico con potenza pari a 25,1 MWp e che sarà installato in Basilicata nel Comune di Banzi (PZ) con opere connesse nei Comuni di Banzi (PZ) e Palazzo San Gervasio (PZ).

In particolare l'area studio interessata dall'ubicazione dell'Impianto Agrivoltaico è suddivisa in quattro sottocampi tutti ricadenti nel Comune di Banzi (PZ), le opere di connessione all'impianto, quali il cavidotto interrato, risulta ricadere nei Comuni di Banzi (PZ) e Palazzo San Gervasio (PZ) e, la futura Sottostazione Elettrica di connessione alla RTN sarà realizzata nel Comune di Banzi (PZ). Tutte queste superfici sono comprese nel foglio 188 della Carta Geologica d'Italia "**Gravina in Puglia**" in scala 1:100000.



Ortofoto con ubicazione opere in progetto

Le strutture di sostegno saranno realizzate in profili metallici (in alluminio o acciaio zincato), fissate al terreno e ad inseguimento solare. L'impianto descritto nelle pagine seguenti si configura come impianto ex-novo e pertanto verranno realizzate anche le opportune opere per la connessione.

L'impianto in oggetto sfrutta la tecnologia fotovoltaica che consente di ottenere energia elettrica convertendo, in maniera pulita e rinnovabile, la radiazione solare incidente sui moduli fotovoltaici.

Tecnologia su cui oggi è posta sempre più attenzione.

Infatti nel Piano Energetico Nazionale (SEN 2017), l'Italia si pone l'ambizioso obiettivo di incrementare in maniera significativa la produzione di energia da fonte rinnovabile, tra cui il fotovoltaico gioca un ruolo chiave. Lo scopo di un tale intento energetico è duplice, da un lato permetterebbe di affrancarsi da una situazione di dipendenza per la produzione di energia elettrica legata all'importazioni delle fonti fossili, dall'altra avrebbe enormi vantaggi ambientali andando a ridurre le emissioni di gas serra.

In generale l'applicazione della tecnologia fotovoltaica consente:

- la produzione di energia senza alcuna emissione di sostanze inquinanti;
- il risparmio di combustibile fossile;
- nessun inquinamento acustico;
- soluzioni di progettazione compatibili con le esigenze di tutela ambientale (es. impatto visivo);
- la possibilità di ottenere profitto da terreni non usati a scopi agricoli.

L'impianto in oggetto sfrutta la tecnologia fotovoltaica che consente di ottenere energia elettrica convertendo, in maniera pulita e rinnovabile, la radiazione solare incidente sui moduli fotovoltaici.

Lo studio, redatto ai sensi del Decreto Ministeriale del 11-03-1988 e del D.P.R. 328/01 art. 41 Comma 1, è stato eseguito tramite:

- consultazione della bibliografia esistente;
- accurato rilevamento geologico e geomorfologico di campagna di un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse;

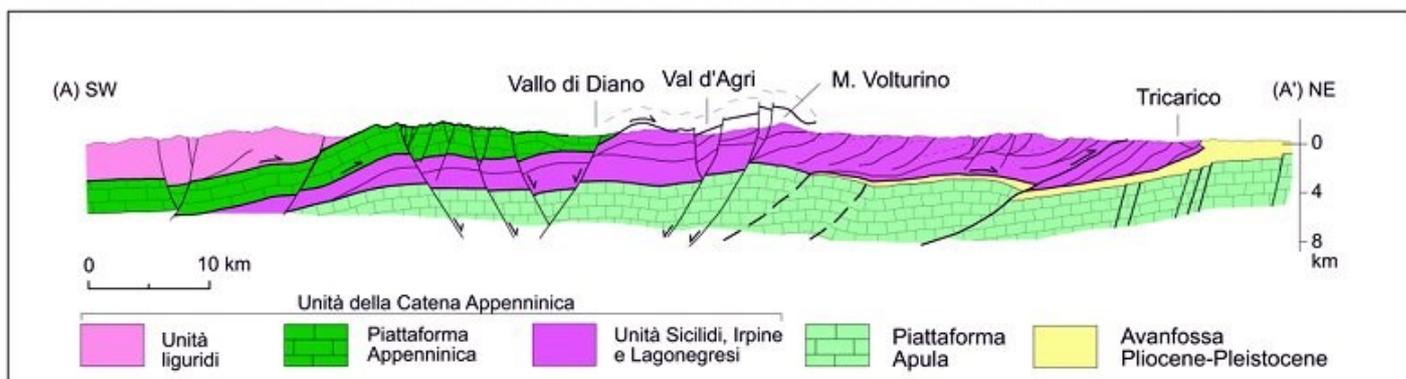
- analisi delle carte della pericolosità e del rischio, prodotte **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale, nello specifico in parte nell'ex Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata ed in parte nell'ex Autorità di Bacino della Puglia (cfr Tav. BANPV-T082-CARTA del rischio e della pericolosità geomorfologica e Idraulica - PAI)**;
- ricostruzione della stratigrafia dei terreni di fondazione;
- caratterizzazione geotecnica dei terreni in esame attraverso la consultazione di sondaggi geognostici eseguiti per altri progetti nelle aree limitrofe a quelle in oggetto, quali Sondaggi a Carotaggio continuo con SPT e *prelievo di* Campioni Indisturbati con relative Prove di Laboratorio Certificate;
- la realizzazione in area d'intervento di **n°3 prove sismiche superficiali MASW** (atte ad *effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa D.M. 17/01/2018*);

ha permesso di individuare e caratterizzare i principali litotipi e morfotipi, di definire l'assetto geologico e geomorfologico e di valutare la pericolosità geologica del territorio indagato.

Tutti questi elementi di base sono finalizzati alla verifica della compatibilità delle ipotesi di progetto con quanto previsto dalla normativa vigente.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

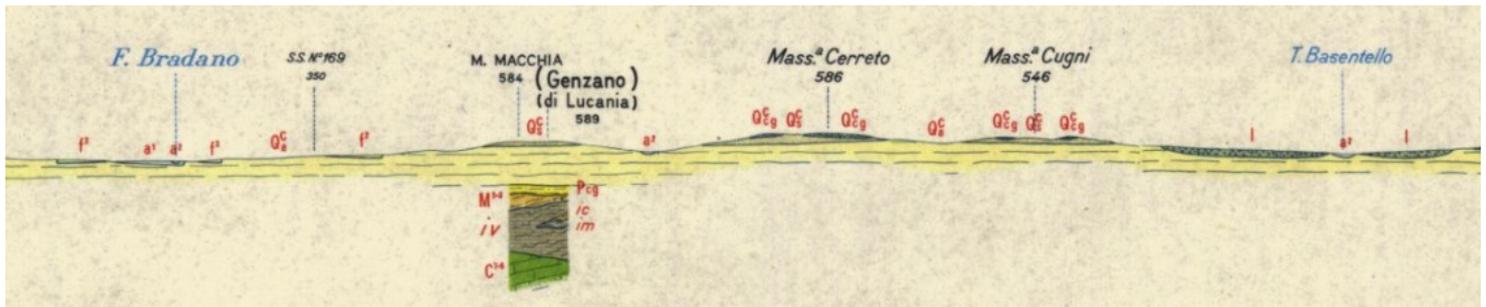
L'area oggetto dell'intervento, ricadente nel territorio nei Comuni di Banzi (PZ) e Palazzo San Gervasio (PZ), è caratterizzata, dal punto di vista geologico, da terreni appartenenti al ciclo sedimentario della "Fossa Bradanica" e rientra nel F° 188 "Gravina in Puglia" (Basilicata) della Carta Geologica d'Italia. Da tale cartografia si evince che tale area è posta lungo il confine catena-avanfossa, per cui risulta costituito da due porzioni rappresentative di aree molto differenti sia dal punto di vista morfo-strutturale, che stratigrafico. In particolare, nella parte orientale del foglio affiorano depositi quasi esclusivamente quaternari e ricadenti nell'area della Fossa Bradanica.



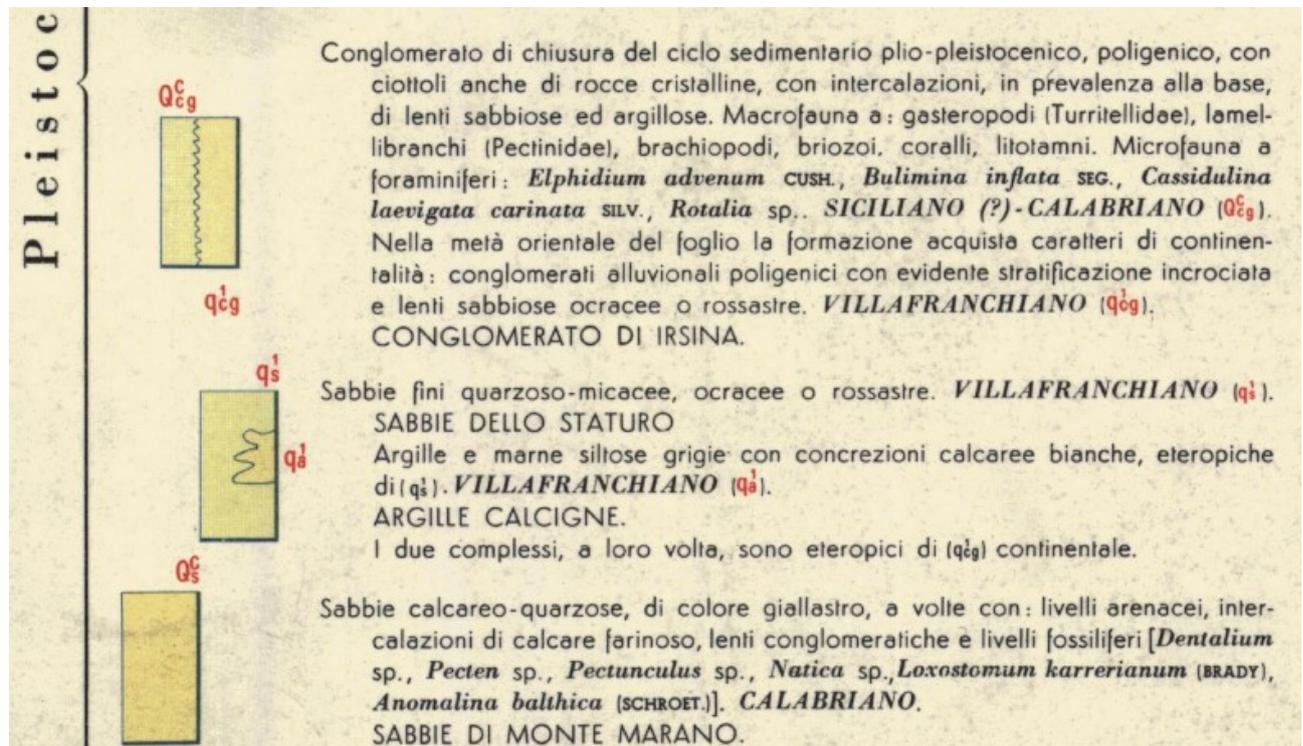
La parte superiore ed esposta del riempimento di tale bacino di avanfossa è rappresentata da una successione di sedimenti di tipo regressivo, caratterizzata in basso, e per quasi tutto il suo spessore, da emipelagiti siltoso-argillose (**Formazione delle Argille subappennine**), e nella parte alta da depositi grossolani che giacciono in contatto transizionale e/o erosivo sulle emipelagiti.

Il quadro stratigrafico-deposizionale che deriva dai nuovi rilevamenti effettuati nell'area orientale del Foglio Gravina in Puglia si differenzia da quanto proposto nella vecchia Carta Geologica d'Italia e nella letteratura prodotta fino agli inizi degli anni '90: all'interpretazione che proponeva la presenza di una successione di sedimenti costituenti un sistema aggradazionale, nei quali non era precisata la separazione fra sedimenti costieri e continentali, e nei quali la suddivisione formazionale era basata esclusivamente su criteri litologici, si propone ora quella che riconosce un insieme di sedimenti, di età e quote decrescenti da O a E, derivanti da sistemi progradazionali di transizione formati alternativamente durante cicli di variazione relativa del livello del mare, cui si sovrappongono, in contatto di discontinuità, depositi continentali.

Per quanto riguarda la ristretta area di ubicazione delle opere in progetto, il substrato dei depositi pleistocenici è costituito da diverse unità stratigrafico-strutturali originariamente sedimentatesi in ambienti paleogeografici diversi, successivamente condizionati dagli eventi tettonici plio-pleistocenici.



Sezione schematica dell'area d'interesse



Litologie rappresentanti l'area d'intervento

Tali depositi strutturalmente, essendo terreni di origine recente, non hanno subito una morfogenesi tettonica tale da generare faglie o scorrimenti nelle formazioni presenti.

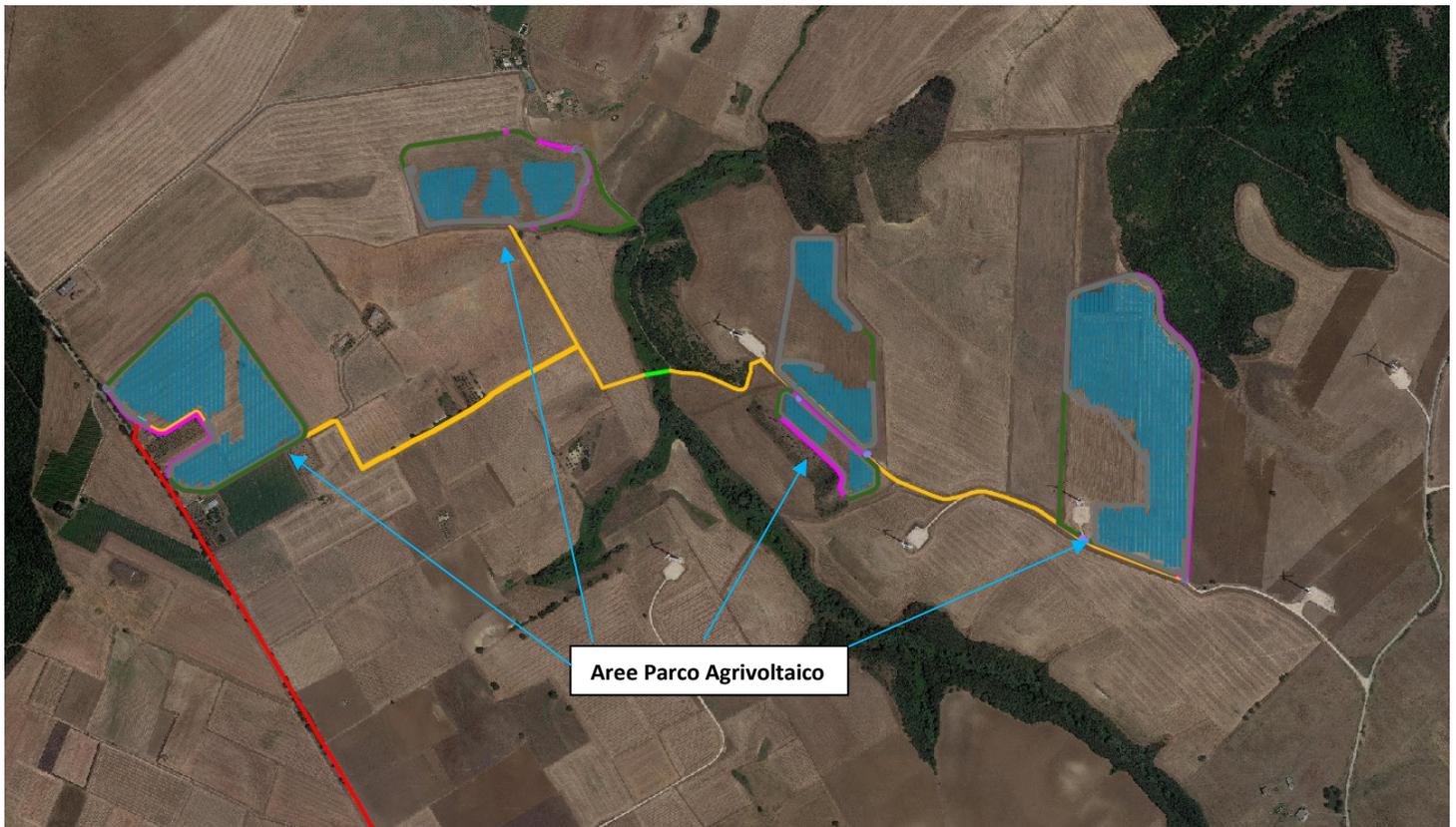
Diffusi fenomeni di erosione lineari ed areale e frane interessano le aree più acclivi degli affioramenti argillosi (**Formazione delle Argille subappennine**) e tali aree non interessano o interferiscono con l'area di progetto.

All'interno delle aree di interesse si rileva l'assenza di vere e proprie falde profonde, ciò nonostante esiste una diffusa saturazione, la cui circolazione è attiva sostanzialmente negli spessori superficiali per via della maggiore porosità della coltre pedologica e di alterazione che appare comunque discontinua e a carattere prevalentemente stagionale.

Tali condizioni può determinare l'insorgenza di fenomeni di soliflusso in corrispondenza delle unità litotecniche di copertura e, comunque, nelle fasce di maggiore acclività dei versanti.

3 AREA PARCO AGRIVOLTAICO

L'area studio interessata dall'ubicazione dell'Impianto Agrivoltaico è suddivisa in quattro sottocampi tutti ricadenti nel Comune di Banzi (PZ) e, comprese nel foglio 188 della Carta Geologica d'Italia "Gravina in Puglia" in scala 1:100000.



3.1 **MODELLO GEOLOGICO**

3.1.1 **Stratigrafia locale**

Da un accurato rilevamento di campagna, è stato possibile ricostruire la stratigrafia di un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse (*cf*r **Tav. BANPV-T079-CARTA GEOLOGICA**).

Gli affioramenti significativi e principali sono riconducibili essenzialmente a due litotipi:

- **Depositi fluviali terrazzati (Q^c_{cg})**, costituiti da conglomerati poligenico con ciottoli anche di rocce cristalline di medie e grandi dimensioni, con intercalazioni di lenti sabbiose e argillose. (Pleistocene Inf.-Med.);

Questi depositi si sovrappongono ai seguenti

- **Depositi di spiaggia e di delta (Q^c_s)**, formati da sabbie da medie a grossolane a stratificazione incrociata e piano-parallela di colore giallo-ocra e lenti di ghiaia. (Pleistocene Inf.).

Per quanto riguarda l'Area Parco Agrivoltaico da realizzare, attraverso **la consultazione di sondaggi geognostici eseguiti per altri progetti nelle aree limitrofe a quelle in oggetto, quali Sondaggi a Carotaggio continuo con SPT e prelievo di Campioni Indisturbati con relative Prove di Laboratorio Certificate** e con la realizzazione di **n°3 prove sismiche superficiali MASW** (atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa **D.M. 17/01/2018**) e con l'ausilio dei dati tratti dalle Carte Geolitologiche esistenti, successivamente verificati dal rilevamento geologico, si è potuto constatare che il substrato è costituito da "terreni" di origine fluviali che si sovrappongono ai depositi marini, così composti:

- dal piano campagna a 0,8/1,2 m terreno vegetale (copertura agraria) limo- sabbioso con clasti litici arrotondati, colore marrone e dall'odore terroso, sciolto;
- da 0,8/1,2 m a circa 22/27 m conglomerati poligenico con ciottoli anche di rocce cristalline di medie e grandi dimensioni, con intercalazioni di lenti sabbiose e argillose, addensato;
- da circa 22/27 m ad oltre 40 m dal p.c. sabbie da medie a grossolane a stratificazione incrociata e piano-parallela di colore giallo-ocra e lenti di ghiaia.

L'assetto stratigrafico rinvenuto nell'area d'intervento è compatibile con quanto noto dalla bibliografia riguardante le zone limitrofe, in cui risulta che, nella sequenza geolitologica in esame, non si rinvencono generalmente strati molli.

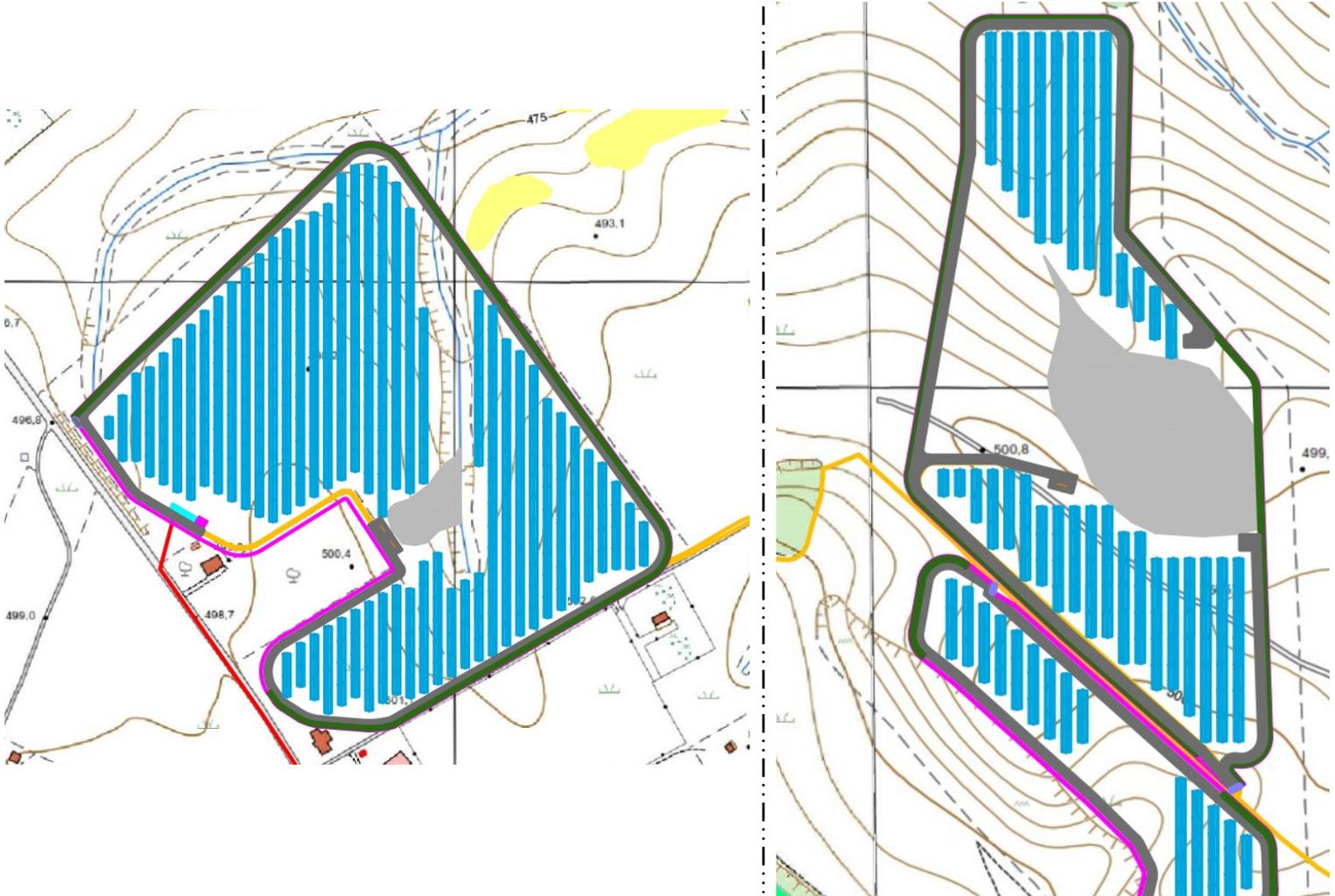
3.1.2 Geomorfologia locale

Lo studio geomorfologico è stato condotto in un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse, al fine di acquisire sia un quadro generale di assetto geomorfologico e morfoevolutivo, nel quale collocare le specifiche caratteristiche dell'area, sia e soprattutto di riconoscere la presenza di eventuali elementi morfologici connessi con fenomeni d'instabilità reale o potenziale in corrispondenza dell'opera in progetto.

L'Area del Parco Agrivoltaico sarà collocata su una vasta area sub-pianeggiante (terrazzo alluvionale antico), sita a quota compresa fra 513 m e circa 450 m s.l.m., con versanti a debole pendenza formati dall'incisione dei corsi d'acqua, Torrente Marascione e suoi affluenti come Vallone Vincenzullo e Valle dei Padsseri, i quali nei millenni hanno modellato il terrazzo (*cf* **Tav. BANPV-T081-CARTA GEOMORFOLOGICA**).

Mentre solo due piccole superfici che ricadono in due aree recintate ma che sulle quali non verranno realizzate opere di progetto, come raffigurato nelle immagini successive, dalla cartografia dell'IFFI vengono classificate come area soggetta a creep, deformazioni lente superficiali e diffuse. Dal rilevamento geologico non è stata riscontrata nessuna evidenza di dissesti superficiali, per cui le aree vengono classificate come Moderatamente Stabili.

Stralcio Tavola BANPV-T081-CARTA GEOMORFOLOGICA



Aree soggette a creep (deformazioni lente superficiali).

Aree moderatamente stabili

Di seguito vengono riportate delle immagini rappresentative delle aree oggetto d'intervento.











Per caratterizzare la stabilità sono stati considerati i seguenti parametri dedotti dal rilevamento di campagna e dai dati ottenuti dalle indagini geologico-tecniche:

- pendenza dei versanti,
- giacitura delle formazioni stratificate,
- spessore delle eventuali coperture incoerenti,
- presenza di acqua,

dai quali si evince che le aree presentano pendenze basse, giacitura delle litologie sub-orizzontali, spessore massimo della copertura incoerente compresa fra 0,8/1,2 m e assenza di falde idriche superficiali, pertanto si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità.

Da quanto in precedenza descritto le aree di ubicazione del Parco Agrivoltaico sono da considerare **stabili sotto il profilo geomorfologico (cfr Tav. BANPV-T081-CARTA GEOMORFOLOGICA).**

3.1.3 Idrogeologia

I terreni affioranti nell'area di studio, dal punto di vista idrogeologico, sono riferibili a due complessi, uno detritico alluvionale, prevalentemente conglomerati a matrice limo-sabbiosa con livelli e/o lingue di limo-sabbioso e limo-argilloso. (superficiale – sul quale sarà installato l'impianto Agrivoltaico) e uno di origine marina costituito da depositi sabbiosi medio-grossolani con lenti di ghiaia sabbiosa. (cfr Tav. BANPV-T080-CARTA IDROGEOLOGICA).

- Complesso detritico-alluvionale: costituito da depositi sciolti e molto addensati a granulometria variabile dalle argille-siltose ai conglomerati. Questi materiali presentano permeabilità per porosità variabile da bassa (per le argille) a molto elevata (per il conglomerato) in relazione alla loro granulometria e stato di addensamento (coefficiente di permeabilità "K" variabile da 10^{-1} a 10^{-3} cm/sec). Tali cambiamenti di permeabilità, sia verticali che orizzontali, conferiscono caratteri di disomogeneità e anisotropia al complesso idrogeologico, influenzando sulla circolazione idrica sotterranea, per la quale è certamente ipotizzabile un deflusso preferenziale nei terreni a più alto grado di permeabilità relativa (conglomerato).

Alla base dei depositi alluvionali si rinviene il:

- Complesso marino: costituito da depositi sabbiosi medio-grossolani con lenti di ghiaia sabbiosa che presentano permeabilità per porosità da bassa a media (coefficiente di permeabilità "K" variabile da 10^{-2} a 10^{-4} cm/sec), e di conseguenza non favoriscono la formazione di falde sotterranee. Tuttavia, in particolare durante le stagioni più piovose, possono originarsi, fino alla profondità di circa 1 m, accumuli d'acqua, in conseguenza di una circolazione idrica che può variare fino ad assumere una certa entità a secondo delle

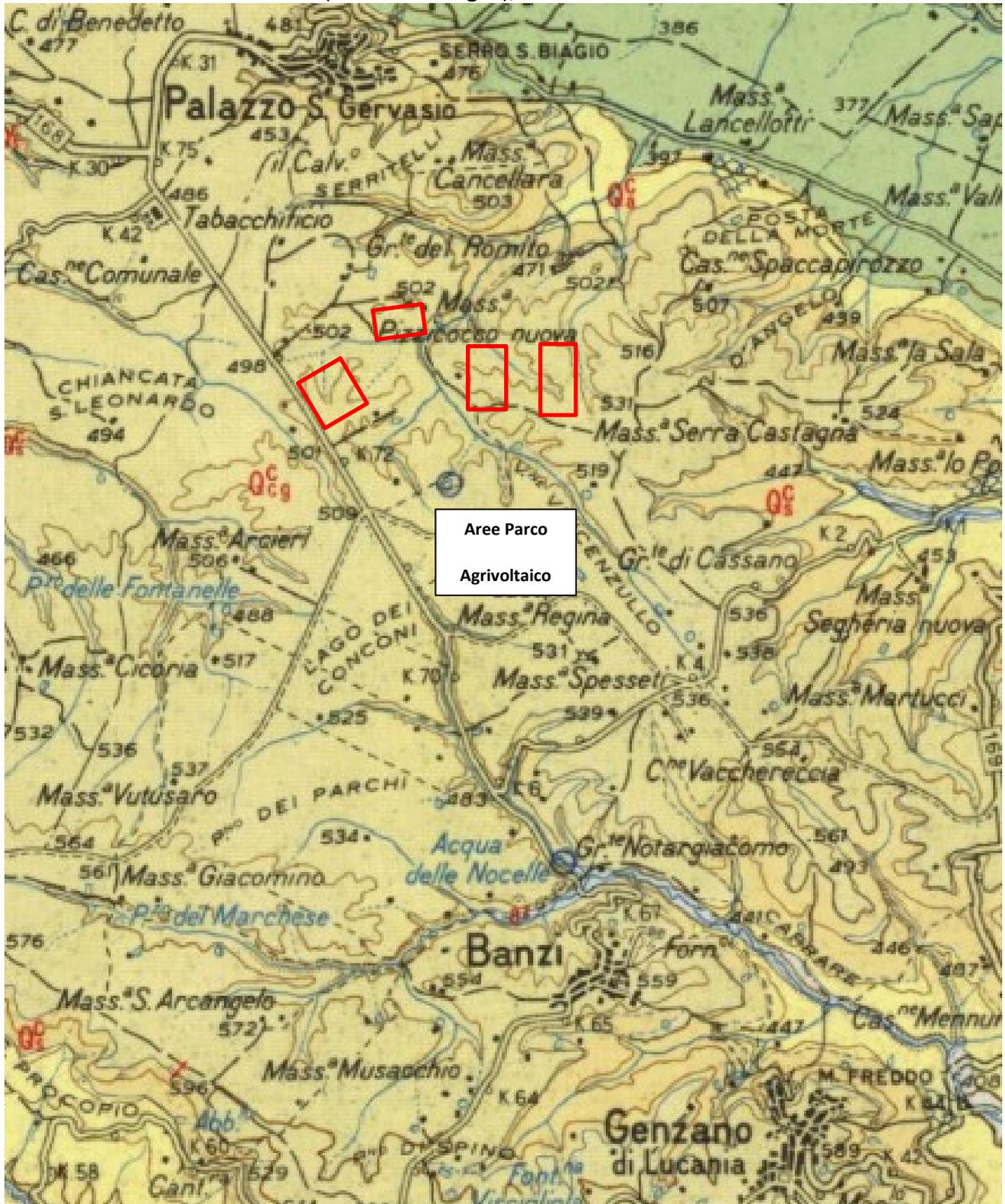
precipitazioni, dato che il terreno di copertura risulta decompresso per essiccazione, comportandosi, pertanto, come permeabile per fessurazione, almeno nella sua parte più superficiale.

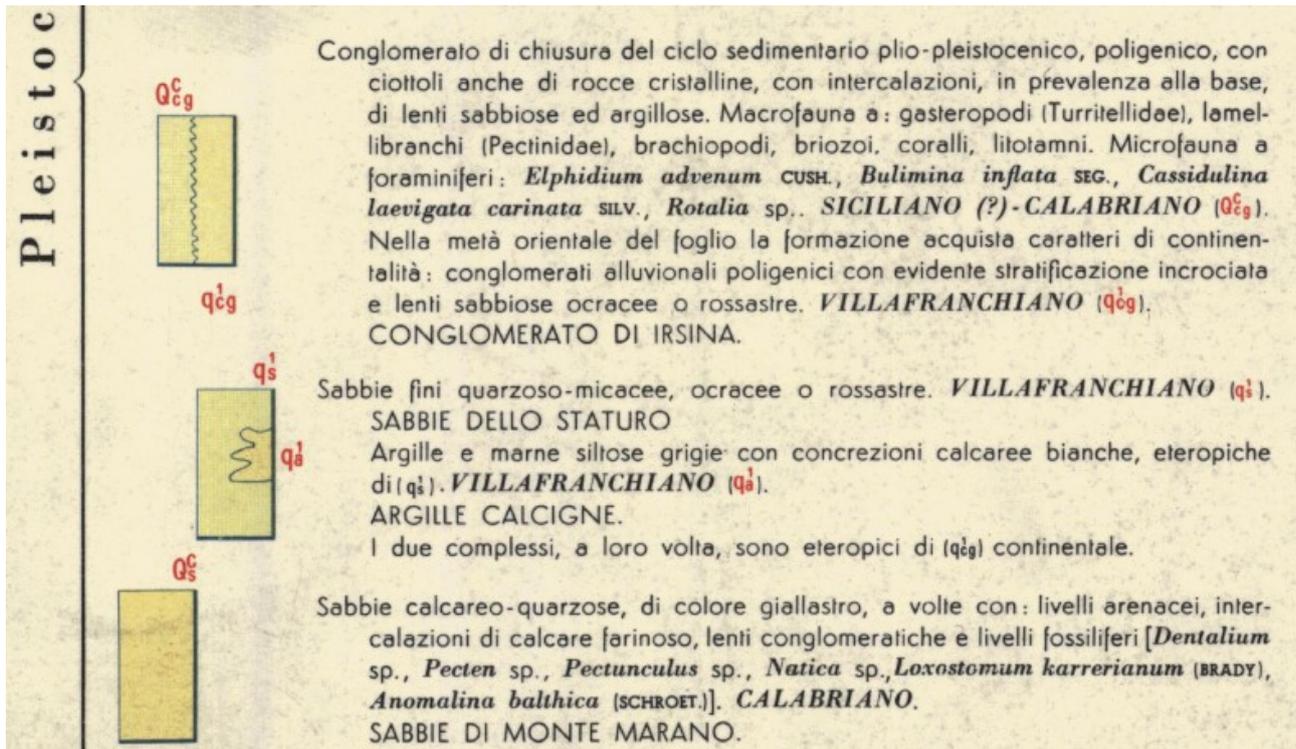
Infatti, in queste aree non sgorgano sorgenti perenni e non sono state rilevate dai sondaggi falde superficiali.

I terreni argillosi, rilevati direttamente con i carotaggi continui, risultano essere **saturi**, anche se **non segnalano la presenza di una falda acquifera**; infatti, i materiali a permeabilità bassa, anche quando si presentano saturi, non sono in grado di fornire quantità d'acqua gravifica disponibile per l'emungimento, mentre essa è comunque presente, anche in discreta quantità, sotto forma di acqua di ritenzione (igroscopica, pellicolare e capillare).

La presenza di acqua di tale natura, tuttavia, non va trascurata nel considerare la stabilità delle opere di sostegno, la capacità portante delle fondazioni, la stabilità dei pendii, etc.

Stralcio dei Fogli n° 188 della Carta Geologica d'Italia
(Gravina in Puglia), scala 1:100000





3.1.4 Analisi Vincoli PSAI

Le aree studio ricadono nel territorio di competenza **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale, nello specifico in parte nell'ex Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata ed in parte nell'ex Autorità di Bacino della Puglia (cfr Tav. BANPV-T082-CARTA del rischio e della pericolosità geomorfologica e Idraulica - PAI).**

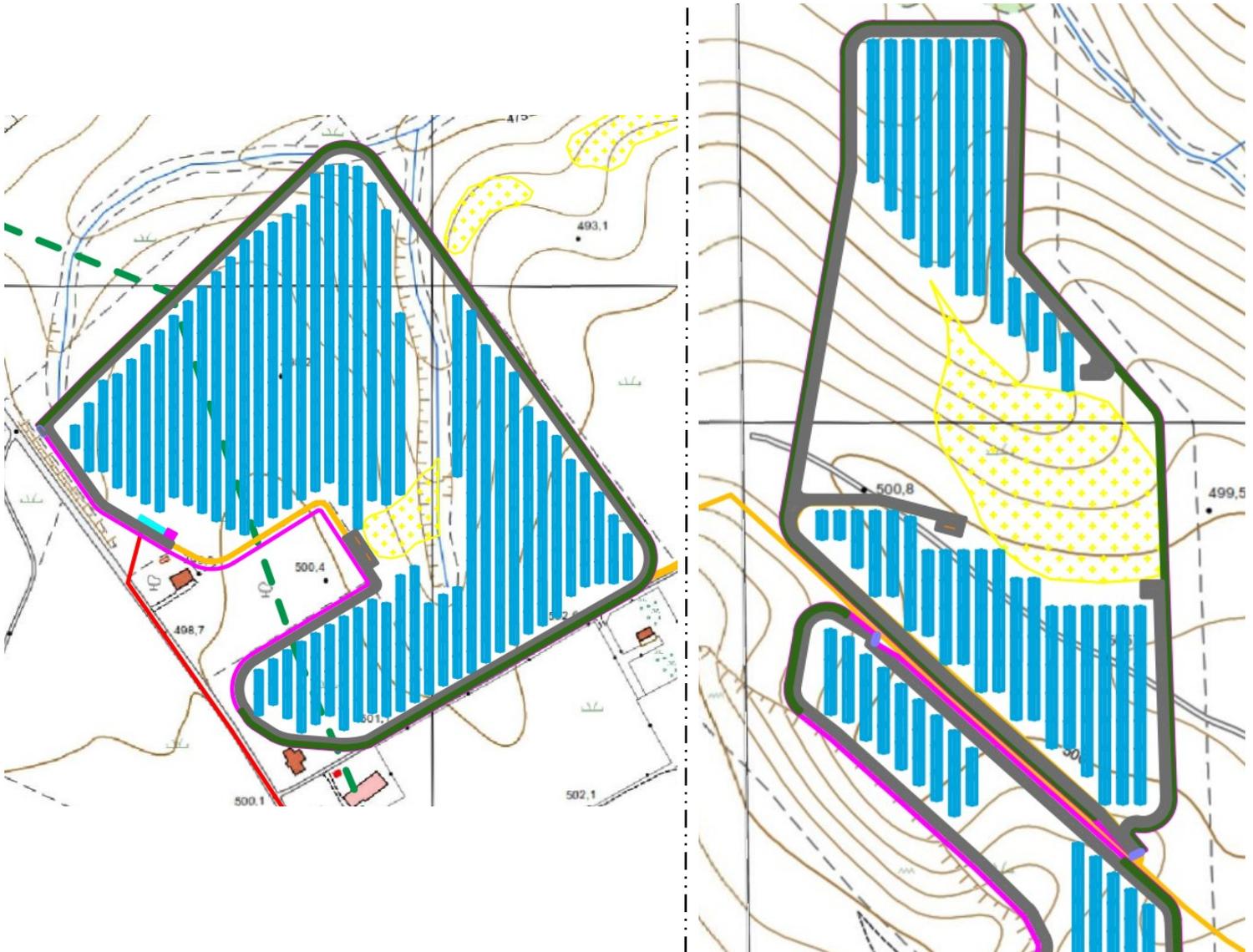
Nello specifico le Aree dell'Impianto Agrivoltaico rientrano in zona classificate come:

- Dall'ex **Autorità di Bacino della Puglia**
 - **Pericolosità da Geomorfológica: Pericolosità NULLA;**
 - **Pericolosità Idraulica: NULLA;**
 - **Rischio: NULLO;**
- Dall'ex **Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata**
 - **Rischio Idrogeologico: NULLO;**

Mentre solo due piccole superfici che ricadono in due aree recintate ma che sulle quali non verranno realizzate opere di progetto, come raffigurato nell'immagine successiva, vengono classificate

- Dall'ex **Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata** con:
 - **Rischio Idrogeologico: R1 – Area a Rischio Idrogeologico Moderato;**

*Stralcio Carta dell' **Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata***



R1 - Aree a Rischio Idrogeologico moderato

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, indicano che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per i motivi fin qui considerati e dal **Testo Unico coordinato delle NTA dello PSAI, dall'Art. 19, si esprime valutazione positiva sulla compatibilità dell'intervento in progetto con l'assetto idrogeologico dell'area.**

3.2 MODELLO GEOTECNICO

3.2.1 Programma di indagini geognostiche realizzate

Per la caratterizzazione geotecnica del sito oggetto d'intervento, sono state considerate le seguenti indagini geognostiche (cfr. **Tav. BANPV-T078-CARTA UBICAZIONE SONDAGGI PRELIMINARI**):

- Sondaggi a Carotaggio continuo con SPT e con prelievo di Campioni Indisturbati realizzate in aree limitrofe per altri progetti;
- la realizzazione in sito d'intervento di n°3 prove sismiche MASW (*atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa D.M. 17/01/2018*).

3.2.2 Aspetti geotecnici del sito d'interesse

Dalle elaborazioni delle indagini dirette in sito sono stati ricavati i parametri geotecnici rappresentativi delle reali condizioni del territorio in esame, in base alle quali si può affermare che la situazione stratigrafica presenta terreni con buone caratteristiche geotecniche. Di seguito vengono riportate le elaborazioni.

3.3 MODELLO SISMICO

3.3.1 Modellazione Sismica

Per la modellazione sismica dell'Area Parco Agrivoltaico sono state realizzate **n°3 prove sismiche MASW**, al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).



3.3.2 Risposta sismica locale

La valutazione della risposta sismica locale è stata effettuata secondo i dettami del recente D.M. del 17 gennaio 2018, tramite l'utilizzo del software sperimentale SPETTRI NTC 1.0.3 sviluppato a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ed utilizzando le risultanze delle prospezioni sismiche MASW precedentemente descritte.

Gli spettri di risposta ottenuti sono relativi allo Stato Limite di Esercizio SLD (Stato Limite di Danno) e allo Stato Limite Ultimo SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita).

In un primo stadio è stata individuata la pericolosità del sito sulla base dei risultati del progetto S1 dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

In un secondo momento sono stati calcolati gli spettri di risposta elastici relativi alla strategia di progettazione prescelta (Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ - Classe d'uso della costruzione II) ed all'azione di progetto di riferimento (SLD e SLV).

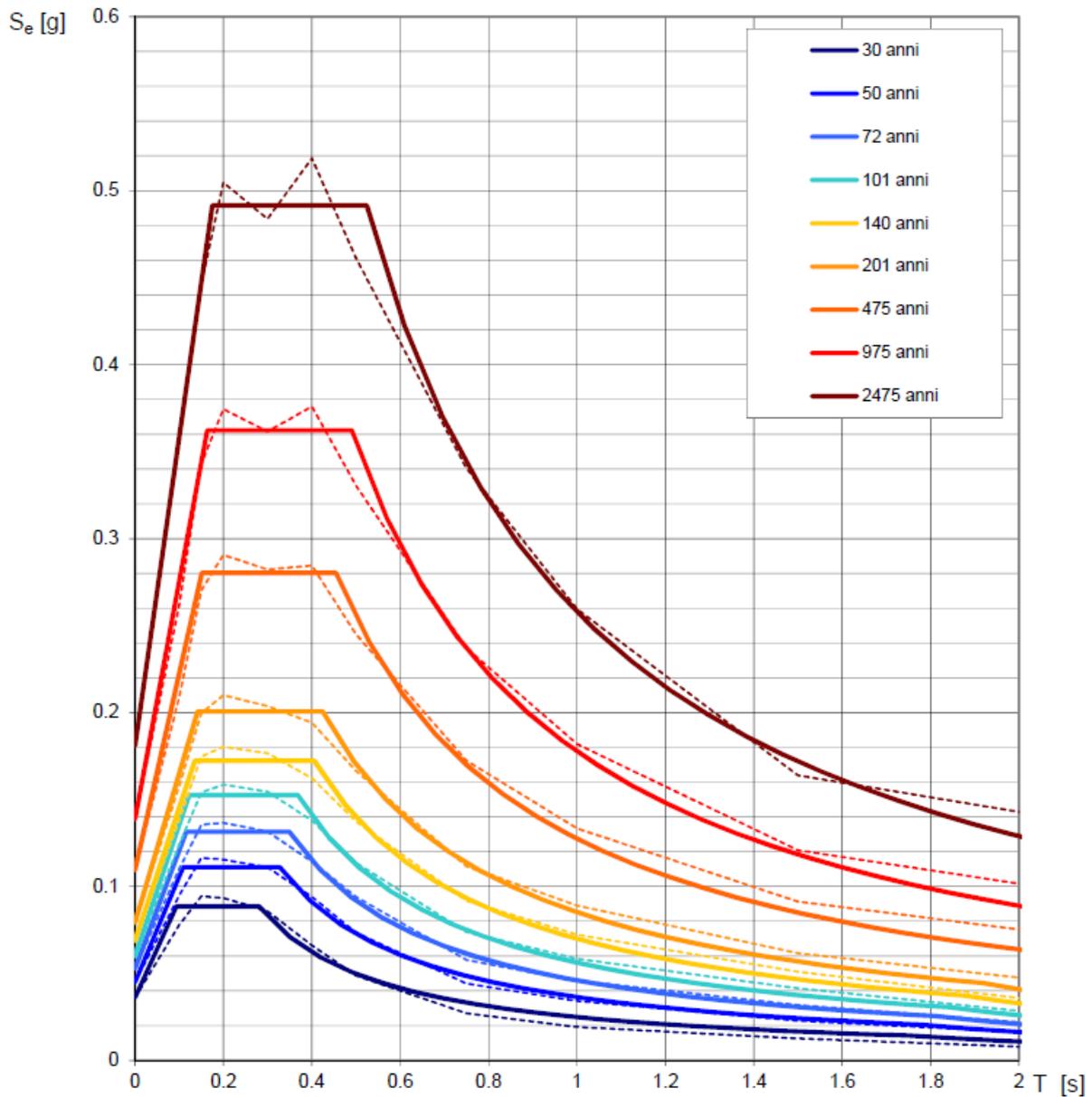
Gli spettri di risposta elastici ottenuti sono rappresentativi delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto per la tipologia di sito individuata nell'area oggetto di indagine.

MASW n.1

SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER PERIODI DI RITORNO DI RIFERIMENTO PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO A PUNTO DI COORDINATE LONG. 15.984239 – LAT. 40.405753 (IN GRADI DECIMALI)

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
30	0.036	2.455	0.281
50	0.045	2.466	0.327
72	0.053	2.499	0.349
101	0.060	2.546	0.368
140	0.069	2.501	0.406
201	0.079	2.529	0.425
475	0.110	2.558	0.455
975	0.139	2.609	0.490
2475	0.181	2.718	0.524

Tab. 5 - Prospetto dei valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento. a_g = accelerazione orizzontale massima al sito; F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T_C = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Fig. 27 – Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_r di riferimento per categoria di sottosuolo

A.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO B
E PER CATEGORIA TOPOGRAFICA T1
PUNTO DI COORDINATE LONG. LONG. 15.984239 – LAT. 40.405753 (IN GRADI DECIMALI)**

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.045 g
F_o	2.467
T_c	0.328 s
S_s	1.200
C_c	1.375
S_T	1.128
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.353
η	1.000
T_B	0.150 s
T_C	0.450 s
T_D	1.780 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0.55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_c / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.061
$T_B \leftarrow$	0.150	0.151
$T_C \leftarrow$	0.450	0.151
	0.514	0.132
	0.577	0.118
	0.640	0.106
	0.704	0.096
	0.767	0.088
	0.830	0.082
	0.894	0.076
	0.957	0.071
	1.020	0.066
	1.084	0.063
	1.147	0.059
	1.210	0.056
	1.274	0.053
	1.337	0.051
	1.400	0.048
	1.464	0.046
	1.527	0.044
	1.590	0.043
	1.654	0.041
	1.717	0.040
$T_D \leftarrow$	1.780	0.038
	1.886	0.034
	1.992	0.030
	2.098	0.027
	2.203	0.025
	2.309	0.023
	2.415	0.021
	2.520	0.019
	2.626	0.018
	2.732	0.016
	2.837	0.015
	2.943	0.014
	3.049	0.013
	3.154	0.012
	3.260	0.011
	3.366	0.011
	3.472	0.010
	3.577	0.009
	3.683	0.009
	3.789	0.008
	3.894	0.008
	4.000	0.008

Tab. 6 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{gv}	0.013 g
S_S	1.000
S_T	1.128
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	0.707
S	1.128
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5}$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B}\right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.015
$T_B \leftarrow$	0.050	0.024
$T_C \leftarrow$	0.150	0.024
	0.235	0.015
	0.320	0.011
	0.405	0.009
	0.490	0.007
	0.575	0.006
	0.660	0.005
	0.745	0.005
	0.830	0.004
	0.915	0.004
$T_D \leftarrow$	1.000	0.004
	1.094	0.003
	1.188	0.003
	1.281	0.002
	1.375	0.002
	1.469	0.002
	1.563	0.001
	1.656	0.001
	1.750	0.001
	1.844	0.001
	1.938	0.001
	2.031	0.001
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.000
	2.781	0.000
	2.875	0.000
	2.969	0.000
	3.063	0.000
	3.156	0.000
	3.250	0.000
	3.344	0.000
	3.438	0.000
	3.531	0.000
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

Tab. 7 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

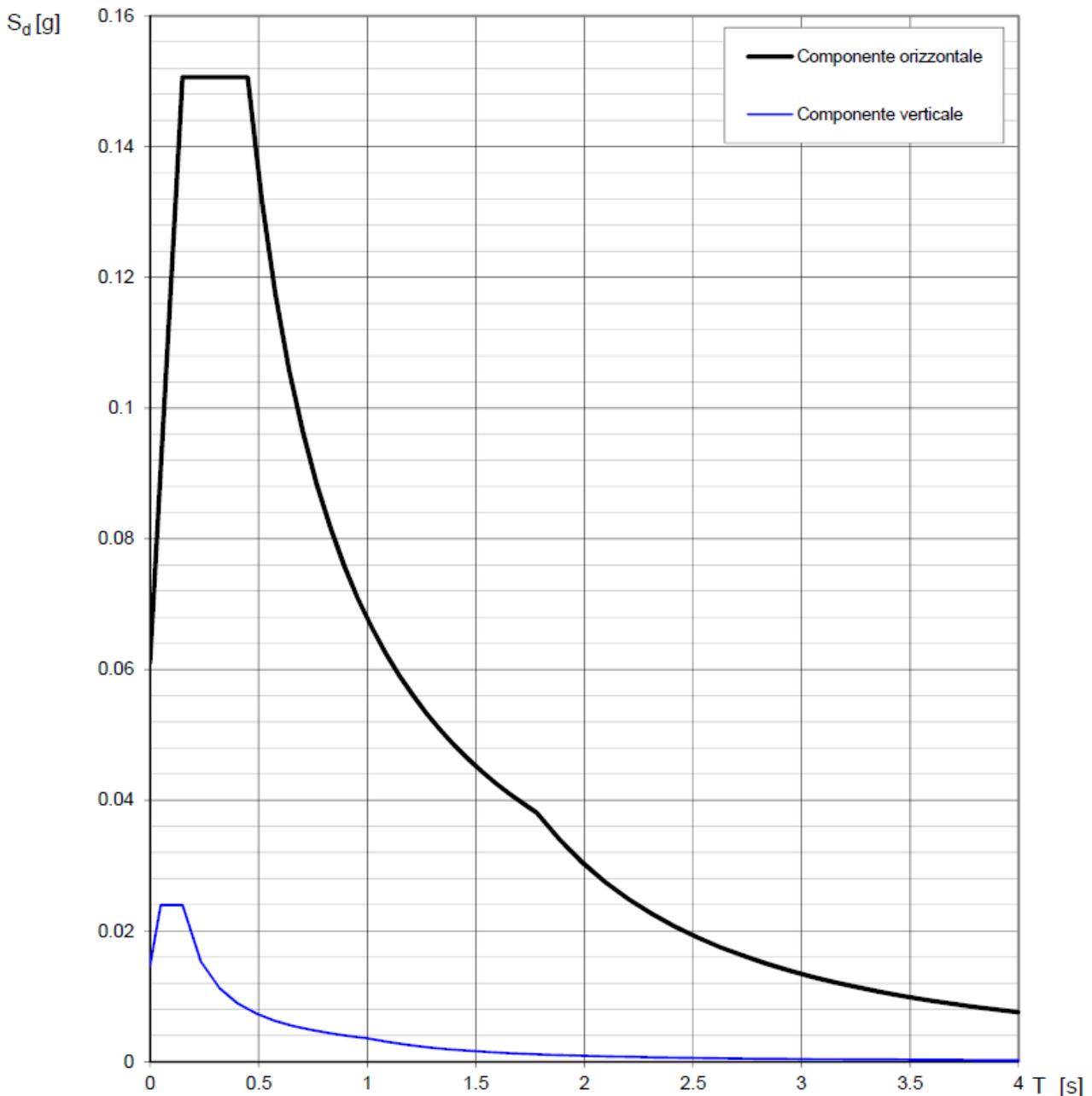


Fig. 28 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD – Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.110 g
F_o	2.558
T_c	0.455 s
S_s	1.200
C_c	1.288
S_T	1.128
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.353
η	1.000
T_B	0.195 s
T_C	0.586 s
T_D	2.038 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_c / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.148
T_B ←	0.195	0.379
T_C ←	0.586	0.379
	0.655	0.339
	0.724	0.307
	0.793	0.280
	0.862	0.257
	0.931	0.238
	1.001	0.222
	1.070	0.207
	1.139	0.195
	1.208	0.184
	1.277	0.174
	1.346	0.165
	1.416	0.157
	1.485	0.149
	1.554	0.143
	1.623	0.137
	1.692	0.131
	1.761	0.126
	1.831	0.121
	1.900	0.117
	1.969	0.113
T_D ←	2.038	0.109
	2.131	0.100
	2.225	0.091
	2.318	0.084
	2.412	0.078
	2.505	0.072
	2.599	0.067
	2.692	0.062
	2.785	0.058
	2.879	0.055
	2.972	0.051
	3.066	0.048
	3.159	0.045
	3.253	0.043
	3.346	0.040
	3.439	0.038
	3.533	0.036
	3.626	0.034
	3.720	0.033
	3.813	0.031
	3.907	0.030
	4.000	0.028

Tab. 8 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0.049 g
S_S	1.000
S_T	1.128
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.143
S	1.128
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5}$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B}\right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.055
$T_B \leftarrow$	0.050	0.094
$T_C \leftarrow$	0.150	0.094
	0.235	0.060
	0.320	0.044
	0.405	0.035
	0.490	0.029
	0.575	0.025
	0.660	0.021
	0.745	0.019
	0.830	0.017
	0.915	0.015
$T_D \leftarrow$	1.000	0.014
	1.094	0.012
	1.188	0.010
	1.281	0.009
	1.375	0.007
	1.469	0.007
	1.563	0.006
	1.656	0.005
	1.750	0.005
	1.844	0.004
	1.938	0.004
	2.031	0.003
	2.125	0.003
	2.219	0.003
	2.313	0.003
	2.406	0.002
	2.500	0.002
	2.594	0.002
	2.688	0.002
	2.781	0.002
	2.875	0.002
	2.969	0.002
	3.063	0.002
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.001
	3.906	0.001
	4.000	0.001

Tab. 9 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

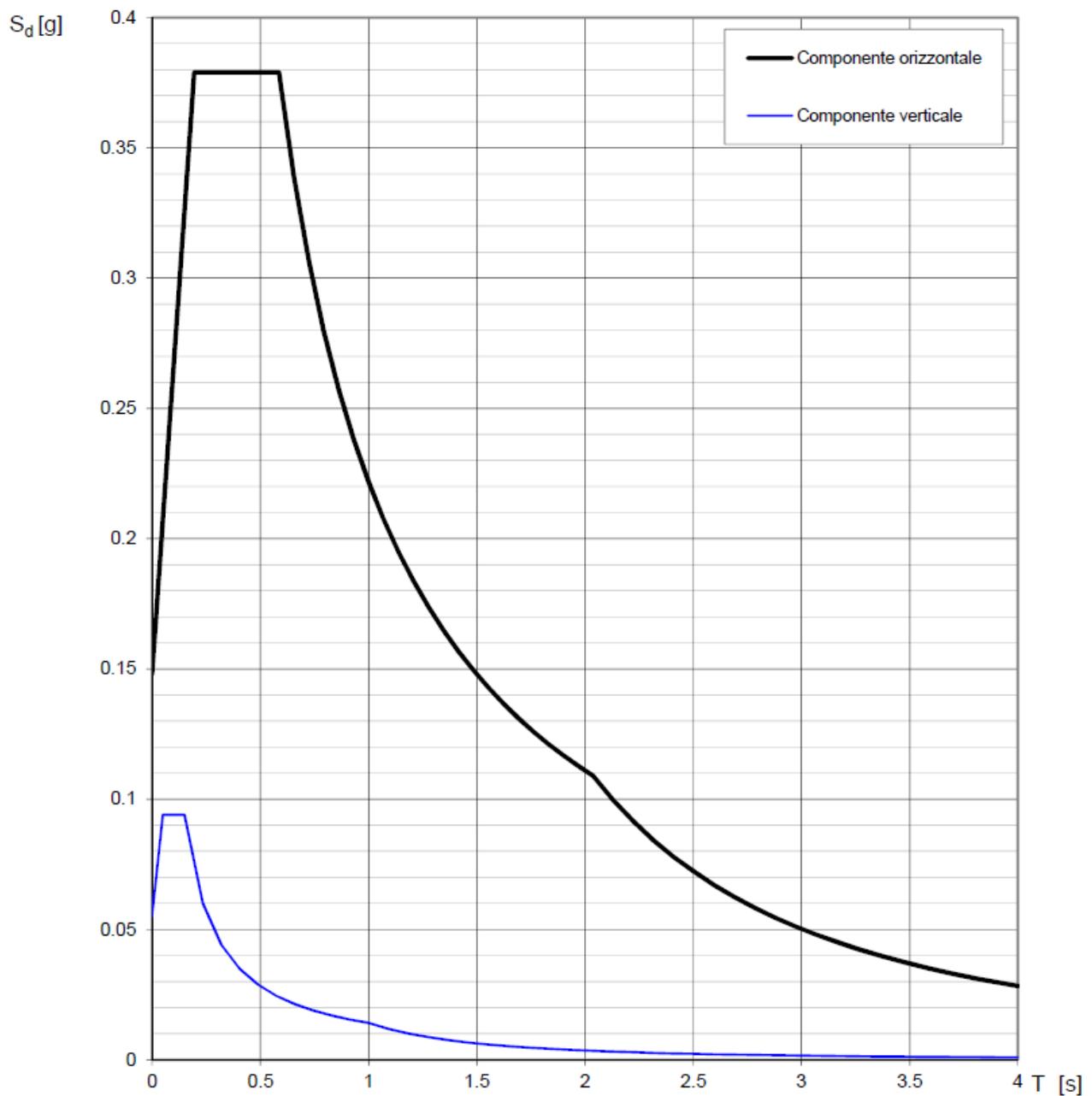


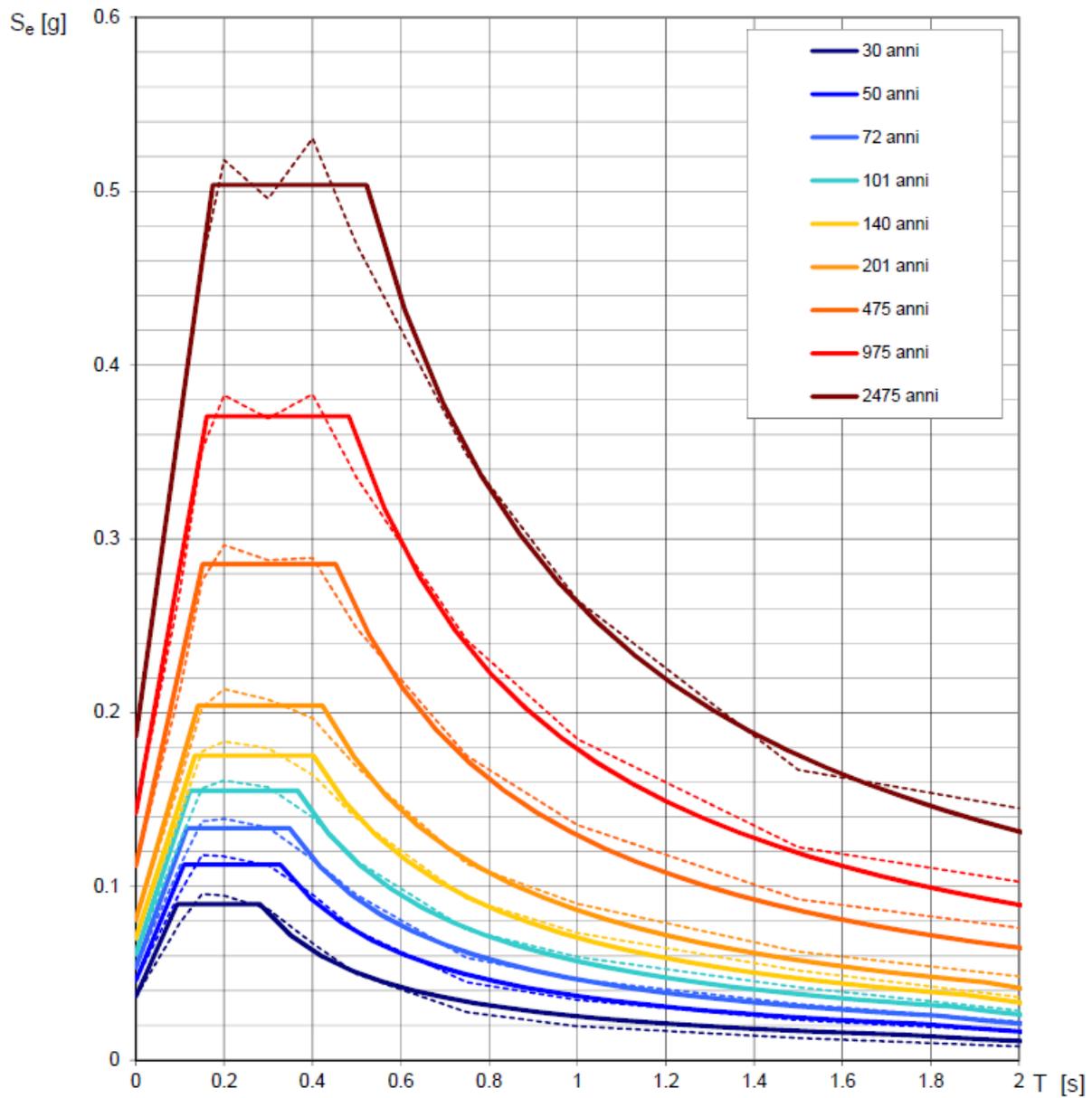
Fig. 29 – Spettri di risposta elastica (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV – Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

MASW n.2

SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER PERIODI DI RITORNO DI RIFERIMENTO PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO A PUNTO DI COORDINATE LONG. 16.009305 – LAT. 40.904279 (IN GRADI DECIMALI)

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
30	0.037	2.457	0.281
50	0.046	2.461	0.327
72	0.053	2.502	0.348
101	0.061	2.544	0.367
140	0.070	2.503	0.402
201	0.081	2.526	0.423
475	0.112	2.551	0.453
975	0.142	2.605	0.482
2475	0.186	2.707	0.522

Tab. 10 - Prospetto dei valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento. a_g = accelerazione orizzontale massima al sito; F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T_C = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Fig. 30 – Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_r di riferimento per categoria di sottosuolo

A.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO B
E PER CATEGORIA TOPOGRAFICA T1
PUNTO DI COORDINATE LONG. 16.009305 – LAT. 40.904279 (IN GRADI DECIMALI)**

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.046 g
F_o	2.461
T_c	0.328 s
S_s	1.200
C_c	1.375
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.150 s
T_C	0.450 s
T_D	1.783 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + b)} \geq 0,55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.055
$T_B \leftarrow$	0.150	0.135
$T_C \leftarrow$	0.450	0.135
	0.514	0.119
	0.577	0.106
	0.641	0.095
	0.704	0.087
	0.768	0.079
	0.831	0.073
	0.895	0.068
	0.958	0.064
	1.022	0.060
	1.085	0.056
	1.149	0.053
	1.212	0.050
	1.276	0.048
	1.339	0.046
	1.403	0.044
	1.466	0.042
	1.530	0.040
	1.593	0.038
	1.657	0.037
	1.720	0.035
$T_D \leftarrow$	1.783	0.034
	1.889	0.031
	1.995	0.027
	2.100	0.025
	2.206	0.022
	2.311	0.020
	2.417	0.019
	2.522	0.017
	2.628	0.016
	2.733	0.015
	2.839	0.014
	2.945	0.013
	3.050	0.012
	3.156	0.011
	3.261	0.010
	3.367	0.010
	3.472	0.009
	3.578	0.009
	3.683	0.008
	3.789	0.008
	3.894	0.007
	4.000	0.007

Tab. 11 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_u = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{gv}	0.013 g
S_S	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	0.712
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.013
$T_B \leftarrow$	0.050	0.022
$T_C \leftarrow$	0.150	0.022
	0.235	0.014
	0.320	0.010
	0.405	0.008
	0.490	0.007
	0.575	0.006
	0.660	0.005
	0.745	0.004
	0.830	0.004
	0.915	0.004
$T_D \leftarrow$	1.000	0.003
	1.094	0.003
	1.188	0.002
	1.281	0.002
	1.375	0.002
	1.469	0.002
	1.563	0.001
	1.656	0.001
	1.750	0.001
	1.844	0.001
	1.938	0.001
	2.031	0.001
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.000
	2.688	0.000
	2.781	0.000
	2.875	0.000
	2.969	0.000
	3.063	0.000
	3.156	0.000
	3.250	0.000
	3.344	0.000
	3.438	0.000
	3.531	0.000
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

Tab. 12 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

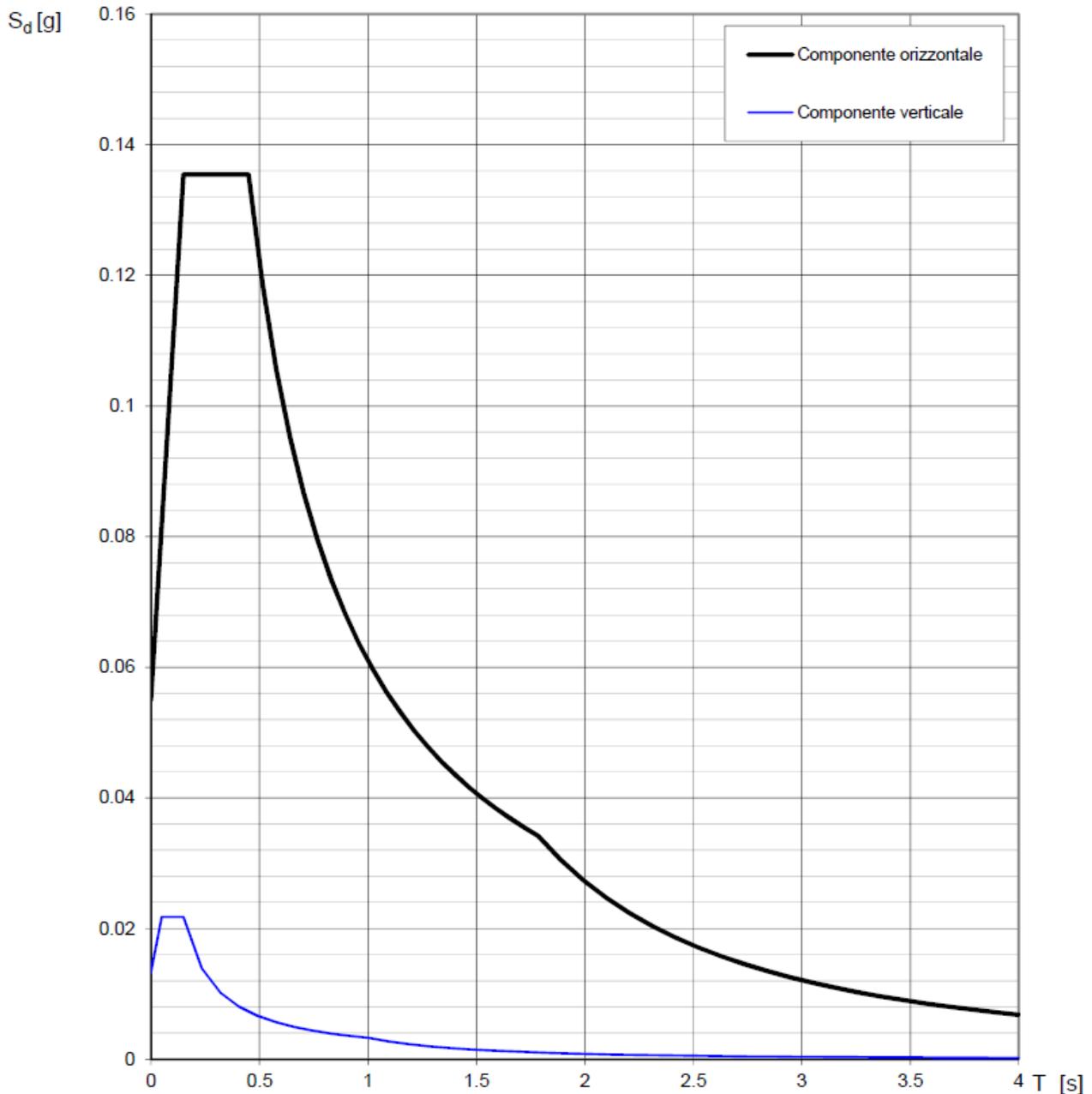


Fig. 31 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD – Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.112 g
F_0	2.551
T_C	0.453 s
S_s	1.200
C_C	1.289
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.195 s
T_C	0.584 s
T_D	2.047 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.134
T_B ←	0.195	0.342
T_C ←	0.584	0.342
	0.654	0.306
	0.723	0.276
	0.793	0.252
	0.863	0.232
	0.932	0.214
	1.002	0.199
	1.072	0.187
	1.141	0.175
	1.211	0.165
	1.281	0.156
	1.350	0.148
	1.420	0.141
	1.490	0.134
	1.560	0.128
	1.629	0.123
	1.699	0.118
	1.769	0.113
	1.838	0.109
	1.908	0.105
	1.978	0.101
T_D ←	2.047	0.098
	2.140	0.089
	2.233	0.082
	2.326	0.076
	2.419	0.070
	2.512	0.065
	2.605	0.060
	2.698	0.056
	2.791	0.053
	2.884	0.049
	2.977	0.046
	3.070	0.043
	3.163	0.041
	3.256	0.039
	3.349	0.036
	3.442	0.035
	3.535	0.033
	3.628	0.031
	3.721	0.030
	3.814	0.028
	3.907	0.027
	4.000	0.026

Tab. 13 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0.051 g
S_s	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.152
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.051
T_B ←	0.050	0.086
T_C ←	0.150	0.086
	0.235	0.055
	0.320	0.040
	0.405	0.032
	0.490	0.026
	0.575	0.022
	0.660	0.020
	0.745	0.017
	0.830	0.016
	0.915	0.014
T_D ←	1.000	0.013
	1.094	0.011
	1.188	0.009
	1.281	0.008
	1.375	0.007
	1.469	0.006
	1.563	0.005
	1.656	0.005
	1.750	0.004
	1.844	0.004
	1.938	0.003
	2.031	0.003
	2.125	0.003
	2.219	0.003
	2.313	0.002
	2.406	0.002
	2.500	0.002
	2.594	0.002
	2.688	0.002
	2.781	0.002
	2.875	0.002
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.001
	3.906	0.001
	4.000	0.001

Tab. 14 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

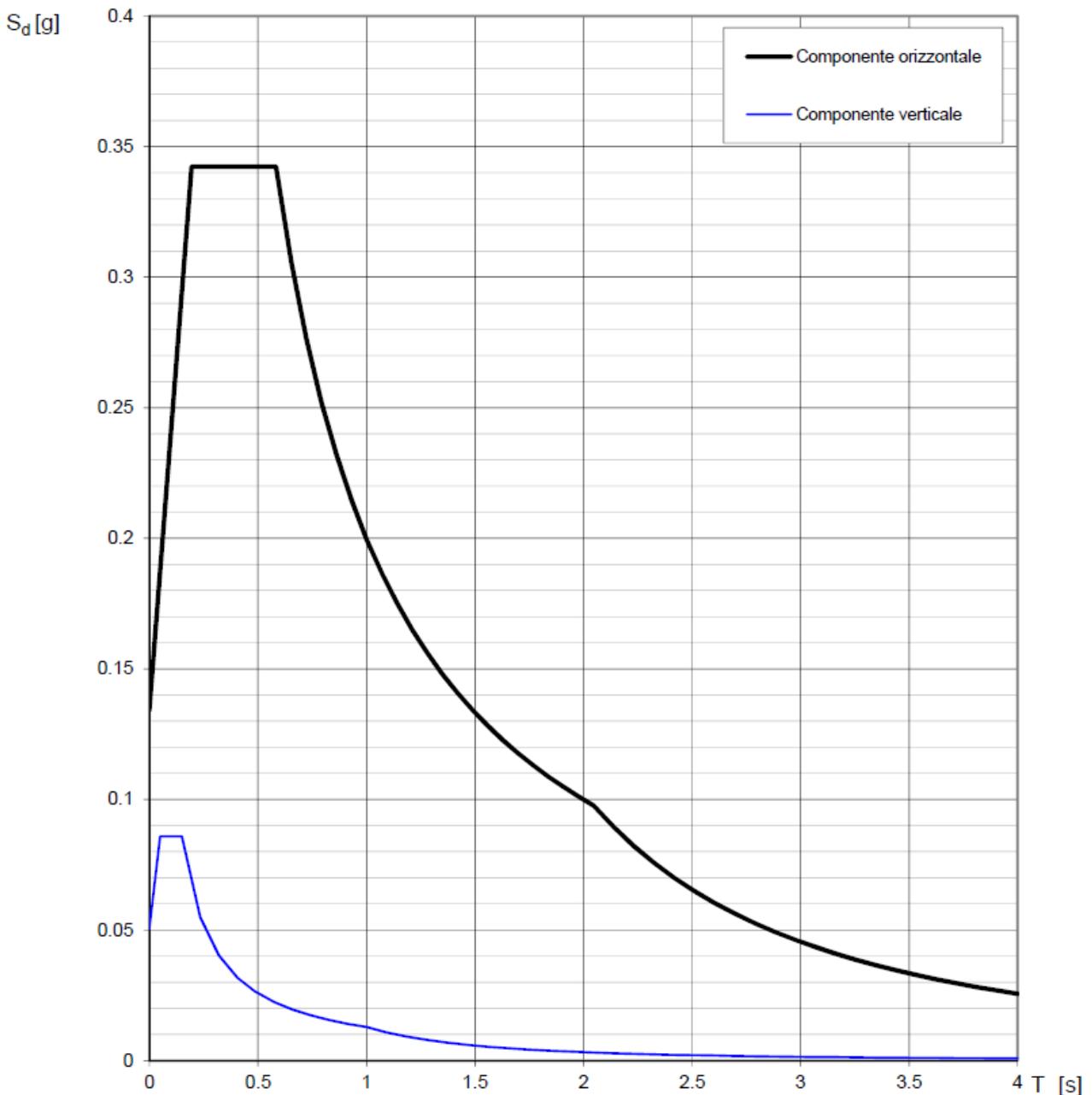


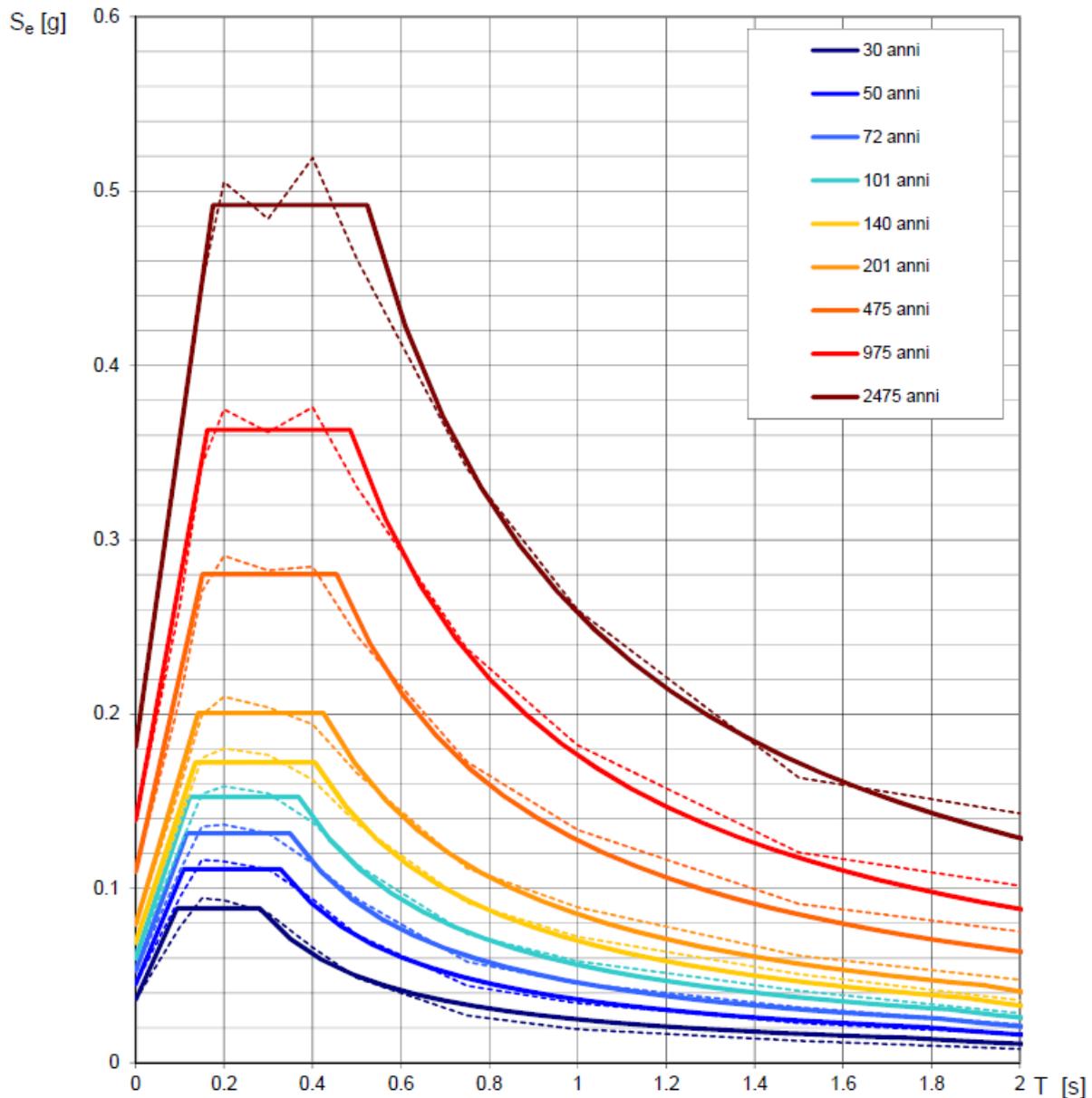
Fig. 32 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV – Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

MASW n.3

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER PERIODI DI RITORNO DI RIFERIMENTO
PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO A
PUNTO DI COORDINATE LONG. 16.000773 – LAT. 40.906901 (IN GRADI DECIMALI)**

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
30	0.036	2.456	0.281
50	0.045	2.468	0.327
72	0.053	2.501	0.349
101	0.060	2.546	0.368
140	0.069	2.501	0.406
201	0.079	2.528	0.424
475	0.110	2.557	0.455
975	0.139	2.612	0.486
2475	0.181	2.718	0.524

Tab. 15 - Prospetto dei valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento. a_g = accelerazione orizzontale massima al sito; F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T_C = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Fig. 33 – Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_r di riferimento per categoria di sottosuolo

A.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO B
E PER CATEGORIA TOPOGRAFICA T1
PUNTO DI COORDINATE LONG. 16.000773 – LAT. 40.906901 (IN GRADI DECIMALI)**

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.045 g
F_o	2.469
T_c	0.327 s
S_s	1.200
C_c	1.375
S_T	1.088
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.306
η	1.000
T_B	0.150 s
T_C	0.450 s
T_D	1.780 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.059
$T_B \leftarrow$	0.150	0.145
$T_C \leftarrow$	0.450	0.145
	0.514	0.127
	0.577	0.113
	0.640	0.102
	0.704	0.093
	0.767	0.085
	0.830	0.079
	0.894	0.073
	0.957	0.068
	1.020	0.064
	1.084	0.060
	1.147	0.057
	1.210	0.054
	1.274	0.051
	1.337	0.049
	1.400	0.047
	1.464	0.045
	1.527	0.043
	1.590	0.041
	1.654	0.040
	1.717	0.038
$T_D \leftarrow$	1.780	0.037
	1.886	0.033
	1.992	0.029
	2.097	0.026
	2.203	0.024
	2.309	0.022
	2.415	0.020
	2.520	0.018
	2.626	0.017
	2.732	0.016
	2.837	0.014
	2.943	0.013
	3.049	0.013
	3.154	0.012
	3.260	0.011
	3.366	0.010
	3.472	0.010
	3.577	0.009
	3.683	0.009
	3.789	0.008
	3.894	0.008
	4.000	0.007

Tab. 16 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{gv}	0.013 g
S_s	1.000
S_T	1.088
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	0.708
S	1.088
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0.5}$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B}\right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2}\right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.014
T_B ←	0.050	0.023
T_C ←	0.150	0.023
	0.235	0.015
	0.320	0.011
	0.405	0.009
	0.490	0.007
	0.575	0.006
	0.660	0.005
	0.745	0.005
	0.830	0.004
	0.915	0.004
T_D ←	1.000	0.003
	1.094	0.003
	1.188	0.002
	1.281	0.002
	1.375	0.002
	1.469	0.002
	1.563	0.001
	1.656	0.001
	1.750	0.001
	1.844	0.001
	1.938	0.001
	2.031	0.001
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.000
	2.781	0.000
	2.875	0.000
	2.969	0.000
	3.063	0.000
	3.156	0.000
	3.250	0.000
	3.344	0.000
	3.438	0.000
	3.531	0.000
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

Tab. 17 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

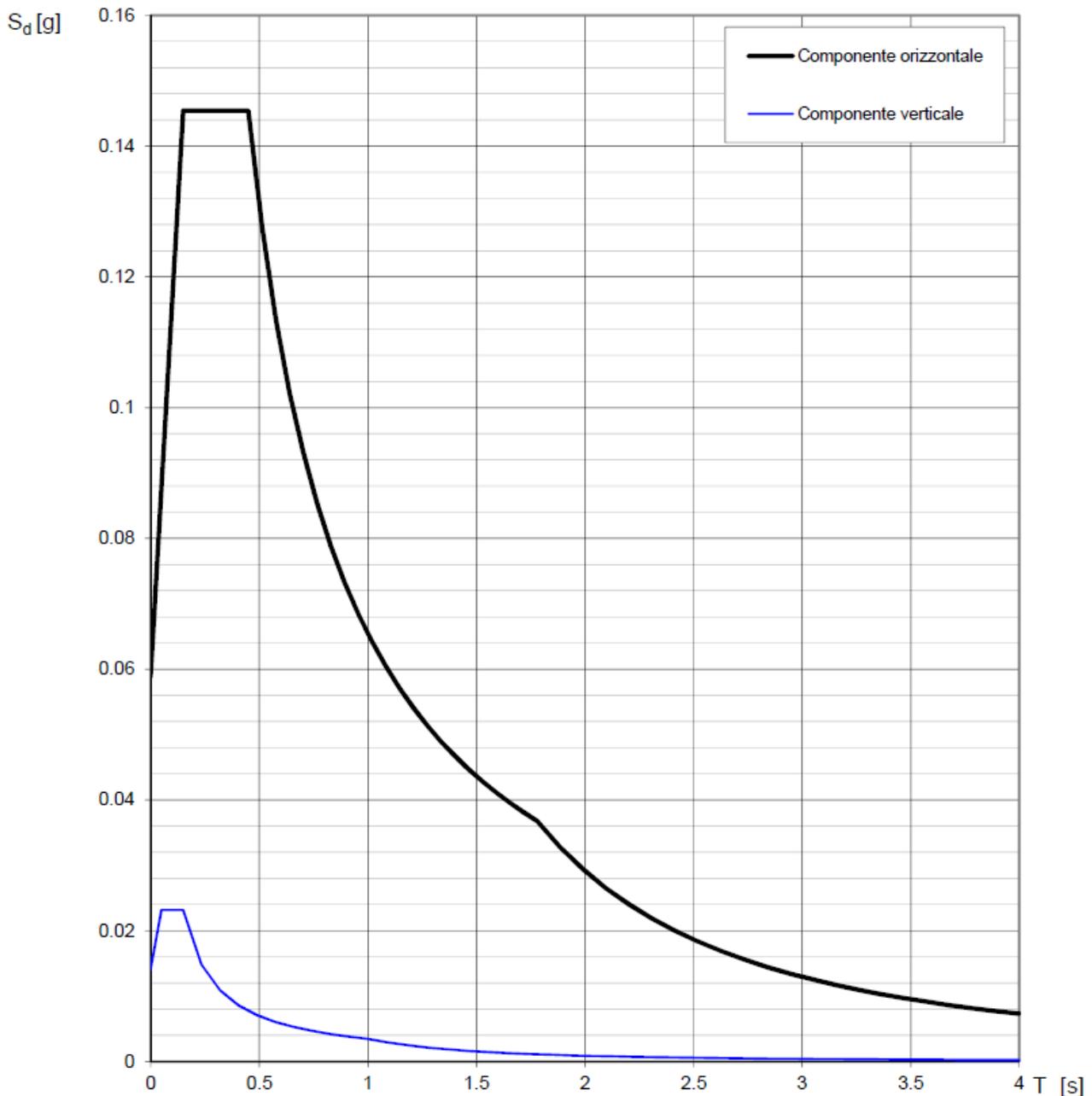


Fig. 34 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD – Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.110 g
F_o	2.557
T_C	0.455 s
S_S	1.200
C_C	1.288
S_T	1.088
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.306
η	1.000
T_B	0.195 s
T_C	0.586 s
T_D	2.038 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(S + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.143
T_B ←	0.195	0.366
T_C ←	0.586	0.366
	0.655	0.327
	0.724	0.296
	0.793	0.270
	0.862	0.249
	0.931	0.230
	1.001	0.214
	1.070	0.200
	1.139	0.188
	1.208	0.177
	1.277	0.168
	1.347	0.159
	1.416	0.151
	1.485	0.144
	1.554	0.138
	1.623	0.132
	1.692	0.127
	1.762	0.122
	1.831	0.117
	1.900	0.113
	1.969	0.109
T_D ←	2.038	0.105
	2.132	0.096
	2.225	0.088
	2.319	0.081
	2.412	0.075
	2.505	0.070
	2.599	0.065
	2.692	0.060
	2.786	0.056
	2.879	0.053
	2.972	0.049
	3.066	0.046
	3.159	0.044
	3.253	0.041
	3.346	0.039
	3.440	0.037
	3.533	0.035
	3.626	0.033
	3.720	0.032
	3.813	0.030
	3.907	0.029
	4.000	0.027

Tab. 18 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0.049 g
S_S	1.000
S_T	1.088
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.143
S	1.088
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5}$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.053
$T_B \leftarrow$	0.050	0.091
$T_C \leftarrow$	0.150	0.091
	0.235	0.058
	0.320	0.043
	0.405	0.034
	0.490	0.028
	0.575	0.024
	0.660	0.021
	0.745	0.018
	0.830	0.016
	0.915	0.015
$T_D \leftarrow$	1.000	0.014
	1.094	0.011
	1.188	0.010
	1.281	0.008
	1.375	0.007
	1.469	0.006
	1.563	0.006
	1.656	0.005
	1.750	0.004
	1.844	0.004
	1.938	0.004
	2.031	0.003
	2.125	0.003
	2.219	0.003
	2.313	0.003
	2.406	0.002
	2.500	0.002
	2.594	0.002
	2.688	0.002
	2.781	0.002
	2.875	0.002
	2.969	0.002
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.001
	3.906	0.001
	4.000	0.001

Tab. 19 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

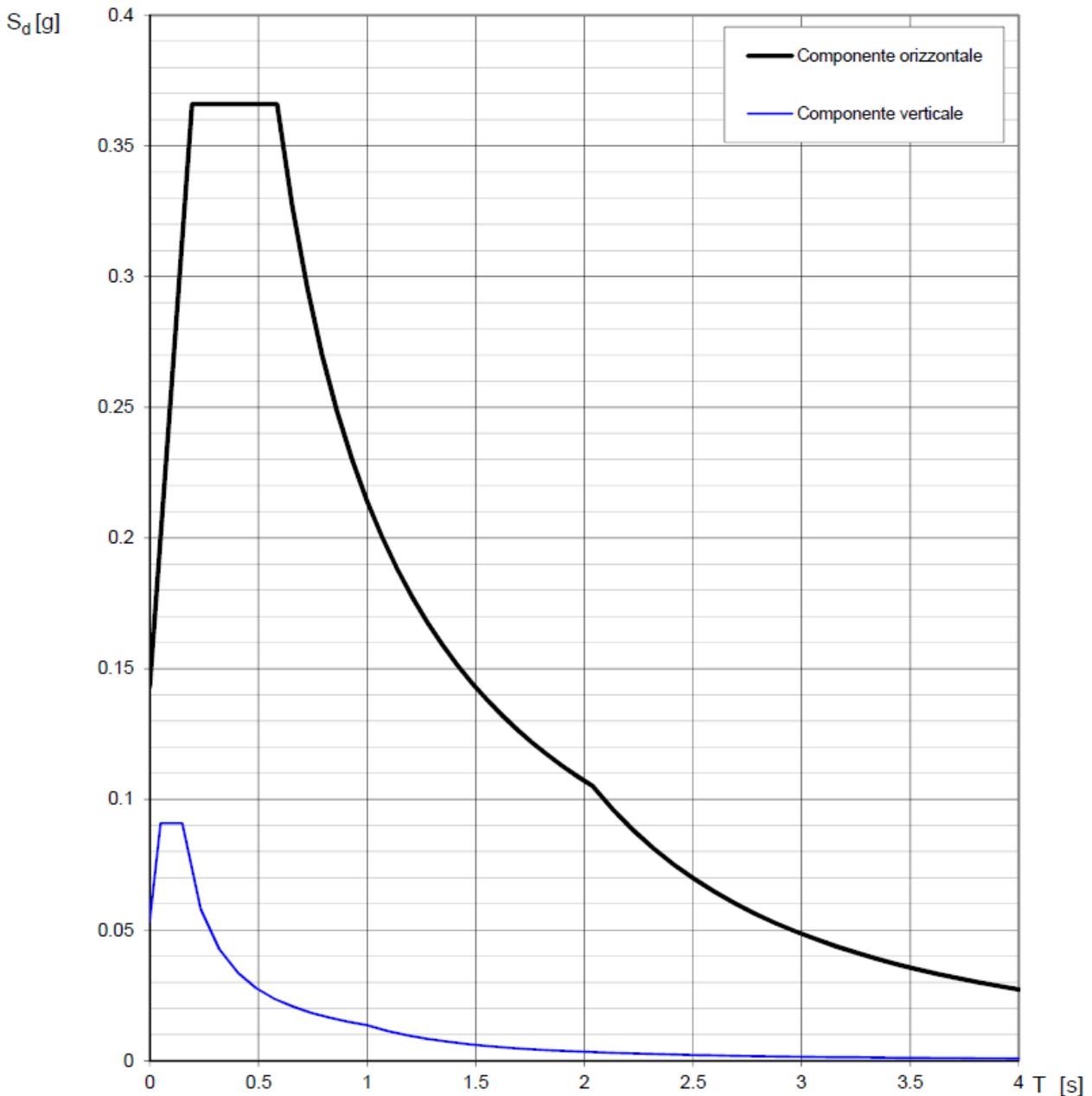


Fig. 35 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV – Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

3.3.3 Interpretazione ed analisi dei dati sismici

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 36), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, indica che il territorio comunale di Banzi (PZ) rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento compresi tra 0.125 e 0.175 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

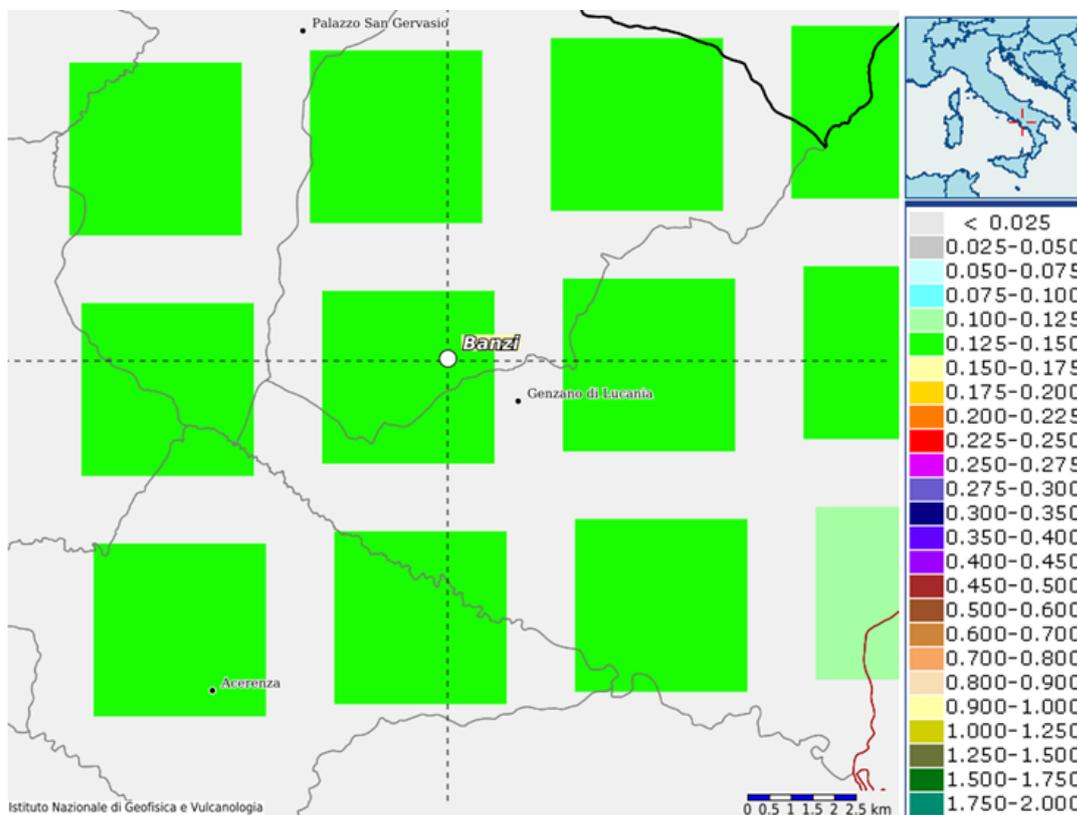


Fig. 36 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

I risultati forniti dalle indagini sismiche MASW effettuate permettono di definire la categoria di sottosuolo del sito, che risulta posto nella categoria **B** (vedi par. 4), con valori di V_{Seq} calcolati pari a (Tab. 20):

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-28.2}$ (m/s)	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)
<i>MASW n. 1</i>	-	[543]
<i>MASW n. 2</i>	[450]	-
<i>MASW n. 3</i>	-	[419]

Tab. 20 – Valori di $V_{S,eq}$ calcolati, relativi alle prospezioni sismiche MASW effettuate.

Proprio in funzione della categoria di sottosuolo **B** e della categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici (vedi par. 5).

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di a_g (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e S_e [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra T_B e T_C) (Tab. 21), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	$a_{g\ SLD}$	$a_{g\ SLV}$	S_e [g] SLD	S_e [g] SLV
<i>MASW n. 1</i>	[0.045]	[0.110]	[0.151]	[0.379]
<i>MASW n. 2</i>	[0.046]	[0.112]	[0.135]	[0.342]
<i>MASW n. 3</i>	[0.045]	[0.110]	[0.145]	[0.366]

Tab. 21 – Valori massimi di a_g e S_e [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Di seguito si riportano i valori di V_S per i sismostrati riscontrati nelle prospezioni sismiche MASW (Tabb. 22 – 24).

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V_s (m/s)</i> <i>acquisizione n.1</i>	<i>V_s (m/s)</i> <i>acquisizione n.2</i>
S1	0.0 – 1.5	192	192
S2	1.5 – 3.4	311	311
S3	3.4 – 5.7	468	467
S4	5.7 – 8.6	489	486
S5	8.6 – 12.3	668	666
S6	12.3 – 16.9	677	677
S7	16.9 – 22.6	713	714
S8	22.6 – 29.7	748	749
S9	29.7 – 34.4	750	750

Tab. 22 - Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.1.

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V_s (m/s)</i> <i>acquisizione n.1</i>	<i>V_s (m/s)</i> <i>acquisizione n.2</i>
S1	0.0 – 1.4	168	167
S2	1.4 – 3.2	193	192
S3	3.2 – 5.4	254	253
S4	5.4 – 8.2	457	457
S5	8.2 – 11.6	618	618
S6	11.6 – 16.0	675	675
S7	16.0 – 21.4	680	682
S8	21.4 – 28.2	666	670
S9	28.2 – 34.6	802	806

Tab. 23 - Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.2.

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V_s (m/s)</i> <i>acquisizione n.1</i>	<i>V_s (m/s)</i> <i>acquisizione n.2</i>
S1	0.0 – 1.4	200	200
S2	1.4 – 3.3	282	282
S3	3.3 – 5.5	387	387
S4	5.5 – 8.3	273	273
S5	8.3 – 11.9	397	397
S6	11.9 – 16.3	487	487
S7	16.3 – 21.8	554	553
S8	21.8 – 28.7	578	578
S9	28.7 – 34.3	609	609

Tab. 24 - Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.3.

3.4 FATTIBILITÀ DELLE OPERE

Per determinare la fattibilità dell'opera da realizzare vengono analizzati i seguenti aspetti:

STABILITA' D'INSIEME

Per caratterizzare la stabilità dell'area in esame, sono stati considerati i seguenti parametri, inoltre l'esame è stato esteso ad una vasta area circostante:

- pendenza dei versanti;
- giacitura delle formazioni stratificate;
- fratturazione delle masse rocciose;
- spessore delle eventuali coperture incoerenti;
- presenza di acqua.

L'area oggetto d'intervento è caratterizzata da pendenze basse (sub-pianeggiante e a bassa pendenza), litologie ben addensate, **è stata classificata come stabile** infatti si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità nelle aree di sedime dell'opera da realizzare.

FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

La liquefazione dei terreni è il comportamento dei suoli sabbiosi che, a causa di un aumento della pressione interstiziale, passano improvvisamente da uno stato solido ad uno fluido, o con la consistenza di un liquido pesante.

Nei casi in oggetto le litologie di fondazione (sabbia, limo e ghiaia ben addensate e argilla-sabbiosa) sono assolutamente stabili e non possono dar luogo a eventi di liquefazione in quanto hanno una granulometria etero metrica che va dalle argille ai conglomerati che raggiungono anche la dimensione di oltre 20 cm di diametro, sono ben addensati, e, non è presente alcuna falda idrica superficiale, quindi non si può presentare la condizione di saturazione. In definitiva, si afferma che non sussistono le condizioni predisponenti alla liquefazione dei terreni di fondazione.

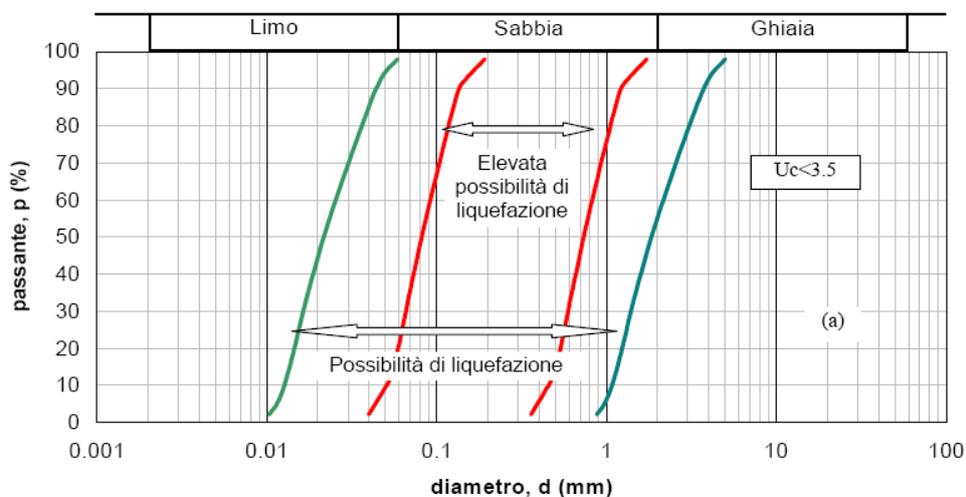
Si specifica inoltre che il fenomeno della liquefazione può manifestarsi nei terreni omogenei, prevalentemente sabbiosi e saturi e solo in determinati casi, di seguito elencati.

La probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verificano fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.1g;
3. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
 - frazione di fine FC , superiore al 20%, con indice di plasticità $PI > 10$;
 - $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 20$;
 - $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 25$

dove $(N_1)_{60}$ è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione: in cui il coefficiente C_N è ricavabile dall'espressione essendo p_a la pressione atmosferica e σ'_v la pressione efficace verticale.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 1 (a) nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 1 (b) per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$.
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.



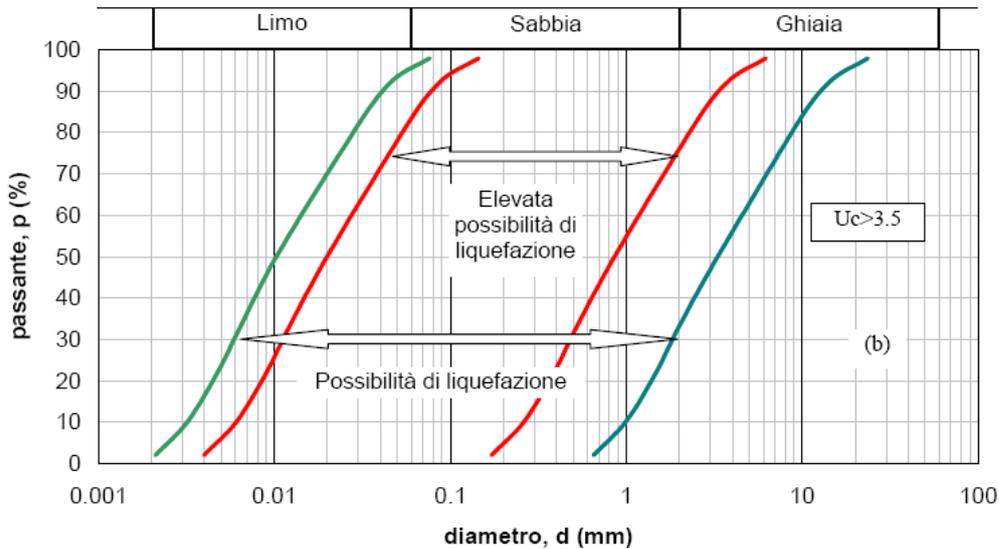


Figura 1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005)

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire le categorie di suolo del sito, che risulta posto nella **categoria B**, con valori di V_{Seq} calcolati pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-28.2}$ (m/s)	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)
<i>MASW n. 1</i>	-	[543]
<i>MASW n. 2</i>	[450]	-
<i>MASW n. 3</i>	-	[419]

Valori di $V_{S,eq}$ calcolati, relativi alle prospezioni sismiche MASW effettuate.

Cautelativamente, in funzione della **categoria di suolo B** e categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici.

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di a_g (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e S_e [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra T_B e T_C), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	<i>a_g SLD</i>	<i>a_g SLV</i>	<i>S_e [g] SLD</i>	<i>S_e [g] SLV</i>
<i>MASW n. 1</i>	<i>[0.045]</i>	<i>[0.110]</i>	<i>[0.151]</i>	<i>[0.379]</i>
<i>MASW n. 2</i>	<i>[0.046]</i>	<i>[0.112]</i>	<i>[0.135]</i>	<i>[0.342]</i>
<i>MASW n. 3</i>	<i>[0.045]</i>	<i>[0.110]</i>	<i>[0.145]</i>	<i>[0.366]</i>

Valori massimi di a_g e S_e [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

ADDENSAMENTO

Il terreno in oggetto, dalle indagini geognostiche effettuate consistenti in prove di laboratorio su Campioni Indisturbati e delle prove penetrometriche dinamiche, risulta essere da mediamente a molto addensato.

Per i motivi fin qui considerati *si esprime valutazione positiva sulla fattibilità dell'intervento in progetto, in quanto i terreni sono addensati, non ci sono le condizioni predisponenti ad eventuali fenomeni di liquefazione e di instabilità dei versanti (area stabile).*

In conclusione, le caratteristiche geologiche dell'area in esame sono tecnicamente compatibili con la realizzazione delle opere in progetto.

3.5 COMPATIBILITA' DELLE OPERE

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, ne conviene che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per giungere a dimostrare la compatibilità delle opere da progetto è necessario effettuare alcune considerazioni inerenti sia all'assetto territoriale, sia alla tipologia degli interventi e modalità esecutive previste.

E' da segnalare che i manufatti da realizzare si inseriscono in un contesto morfologico caratterizzato da **basse pendenze** e non necessita di interventi di sostanziale modificazione della geometria dell'area.

Dopo avere inquadrato i tratti caratteristici dell'intervento è utile confrontare l'opera di progetto con l'assetto idrogeologico e le condizioni di rischio del sito.

Per quanto attiene le aree di sedime in esame classificate dal Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Interregionale Sele adottato **dall'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (nello specifico in parte nell'ex Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata ed in parte nell'ex Autorità di Bacino della Puglia)**, per quanto riguarda il rischio frana, in una zona classificata a **"Pericolosità da frana Nulla"** e a **"Rischio da frana Nullo"** e, per il rischio idrogeologico in una zona classificata a **"Rischio idraulico Nullo"** e a **"Pericolosità idraulica Nulla"**, sono caratterizzate da condizioni idrogeologiche, litologiche e geotecniche confortanti in virtù della mancanza sia di materiali mobilizzabili sia di condizioni morfologiche predisponenti al dissesto.

Inoltre:

- Dalla **sovrapposizione del LAYOUT del Progetto (previsione urbanistica degli interventi a farsi) con Carta Geomorfologica tutte le opere di progetto sono ubicate su una superficie stabile.**
- I lavori previsti non apporteranno sostanziali variazioni dell'attuale conformazione orografica dell'area, né tanto meno creeranno neosuperfici esposte ad elevata pendenza, potenziali sedi d'innesto di movimenti franosi, e quindi determinare un aumento della

pericolosità da frana;

- La loro tipologia non apporta variazioni tali da indurre fenomeni di denudazioni e modifiche nella circolazione naturale e nel regime delle acque superficiali e sotterranee;
- La regimentazione delle acque superficiali verrà attuata mediante un corretto sistema di smaltimento;
- Non apporteranno un aumento del livello di rischio e/o del grado di esposizione al rischio esistente;
- La struttura in progetto si integrerà perfettamente nel contesto paesaggistico-ambientale.

In definitiva, in ottemperanza alle N.T.A. del Piano Stralcio **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (nello specifico in parte nell'ex Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata ed in parte nell'ex Autorità di Bacino della Puglia)**, si afferma che:

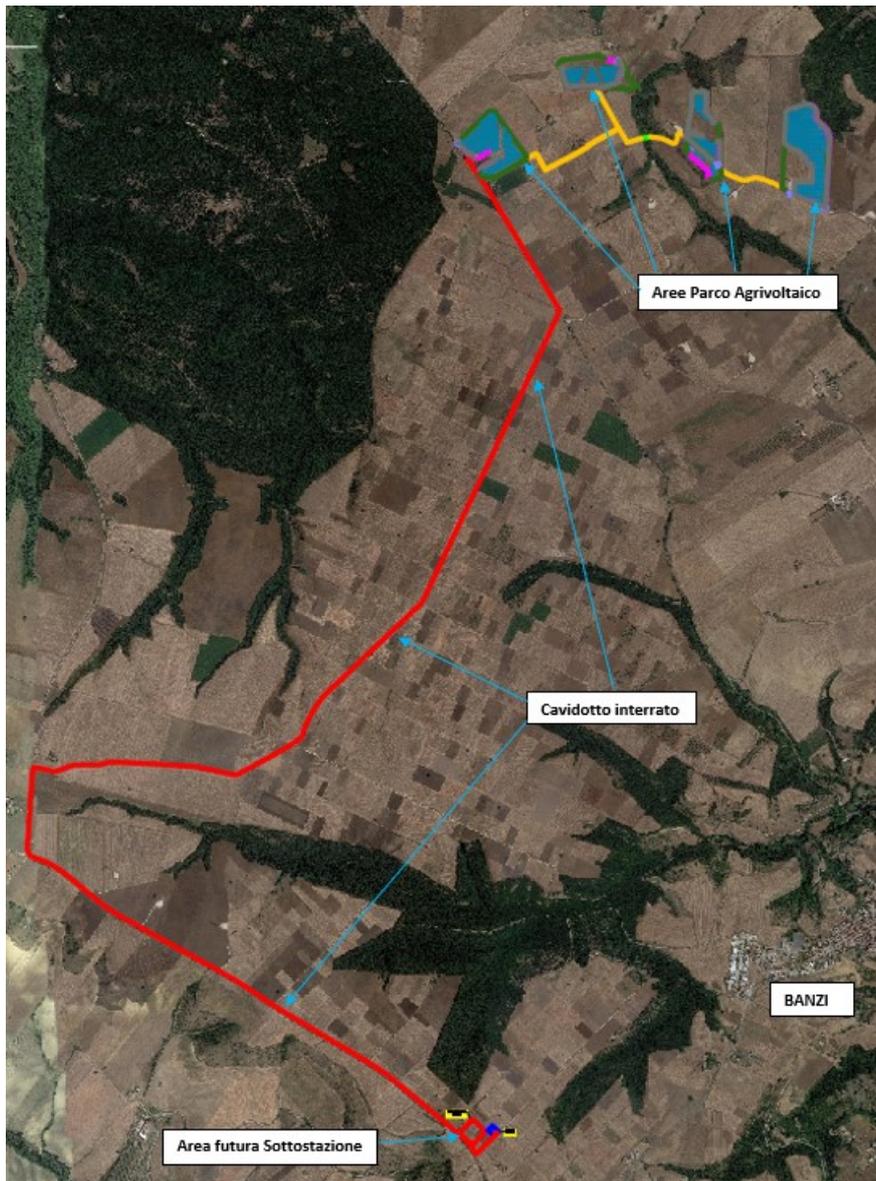
- Il presente studio di Compatibilità idrogeologica è supportato da dati oggettivi derivanti da indagini geognostiche e geofisiche eseguite nel sito d'interesse;
- Tali indagini, consistenti in Sondaggi a Carotaggio continuo con SPT e con prelievo di Campioni Indisturbati *realizzate in aree limitrofe per altri progetti* e la realizzazione in sito di **n°3 prove sismiche superficiali MASW**, hanno definito in maniera approfondita la geometria superficiale e sotterranea dal punto di vista geofisico, litotecnico e geomeccanico;
- La realizzazione delle opere in progetto verrà effettuata adottando tutte le misure tecnico-costruttive per la mitigazione della vulnerabilità e la riduzione delle condizioni di rischio;
- Verrà adottato un corretto sistema di deflusso delle acque superficiali e sotterranee.

Dal presente studio, quindi, risulta che **non verranno create nuove condizioni di rischio e pericolosità** (rischio sostenibile).

Per i motivi fin qui considerati **si esprime valutazione positiva di compatibilità tra la previsione urbanistica degli interventi a farsi e la caratterizzazione geomorfologia del territorio interessato.**

4 AREA CAVIDOTTO INTERRATO

Il Cavidotto Interrato attraverserà i territori comunali di Banzi (PZ) e Palazzo San Gervasio (PZ) per collegare l'Area Parco Agrivoltaico con la Sottostazione Elettrica e sarà interamente realizzato attraverso la messa in opera di cavi elettrici interrati per lo più all'interno di sedi stradali esistenti.



Ortofoto con ubicazione opere in progetto

4.1 MODELLO GEOLOGICO

4.1.1 Stratigrafia locale

Da un accurato rilevamento di campagna, è stato possibile ricostruire la stratigrafia di un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse (*cf* **Tav. BANPV-T079-CARTA GEOLOGICA**).

Gli affioramenti significativi e principali sono riconducibili essenzialmente a due litotipi:

- **Depositi fluviali terrazzati ($Q^{C_{cg}}$)**, costituiti da conglomerati poligenico con ciottoli anche di rocce cristalline di medie e grandi dimensioni, con intercalazioni di lenti sabbiose e argillose. (Pleistocene Inf.-Med.);

Questi depositi si sovrappongono ai seguenti

- **Depositi di spiaggia e di delta (Q^{C_s})**, formati da sabbie da medie a grossolane a stratificazione incrociata e piano-parallela di colore giallo-ocra e lenti di ghiaia. (Pleistocene Inf.).

Per quanto riguarda l'area di sedime del cavidotto interrato, attraverso l'ausilio dei dati tratti dalle Carte Geolitologiche esistenti, successivamente verificati dal rilevamento geologico, si è potuto constatare che il substrato è costituito da **"terreni" di origine fluviali che si sovrappongono ai depositi marini.**

L'assetto stratigrafico rinvenuto nell'area d'intervento è compatibile con quanto noto dalla bibliografia riguardante le zone limitrofe, in cui risulta che, nella sequenza geolitologica in esame, non si rinvencono generalmente strati molli.

4.1.2 Geomorfologia locale

Lo studio geomorfologico è stato condotto in un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse, al fine di acquisire sia un quadro generale di assetto geomorfologico e morfologico, nel quale collocare le specifiche caratteristiche dell'area, sia e soprattutto di riconoscere la presenza di eventuali elementi morfologici connessi con fenomeni d'instabilità reale o potenziale in corrispondenza dell'opera in progetto.

Per quanto riguarda l'intera area di attraversamento dei Cavidotti interrati, in prima analisi si osserva un forte controllo della litologia sulla morfogenesi dell'area in cui affiorano i **depositi fluviali** con giacitura a "sub-orizzontale", materiali grossolani e poco erodibili trasportati e depositati dai maggiori corsi d'acqua che hanno così formato una vasta area sub-pianeggiante (**terrazzo alluvionale antico**), sita a quota compresa fra 615 m e circa 450 m s.l.m., con versanti a debole pendenza formati dall'incisione delle acque superficiali che nei millenni hanno modellato il terrazzo (*cf* **Tav. BANPV-T081-CARTA GEOMORFOLOGICA**).

L'intero paesaggio si presenta ondulato e moderatamente inciso, morfologia blanda con versanti morbidi, risultato dell'intensa azione degli agenti esogeni.

L'intero tracciato del cavidotto interrato esterno all'Area Parco sarà posizionato all'interno di sedi stradali esistenti ad una profondità di circa 1,5 m, mentre il cavidotto interrato interno all'Area Parco verrà sempre collocato ad una profondità di circa 1,5 m in parte su strade sterrate e in parte attraverserà dei terreni adibiti alle colture e, in un punto attraverserà il Vallone Vincenzullo con sistema T.O.C. .

Di seguito vengono riportate delle immagini rappresentative delle strade asfaltate interessate dal cavidotto esterno e delle strade sterrate e dei terreni interessati del cavidotto interno all'area parco.









Inoltre, come in precedenza specificato, per quanto riguarda il tratto di **cavidotto** corrispondente all'attraversamento del **Vallone Vincenzullo**, per evitare qualsiasi interferenza con lo stesso impluvio naturale ed eventuali danni allo stesso cavidotto, sarà utilizzato il sistema T.O.C. – Trivellazione Orizzontale Controllata, in modo da posizionare il cavidotto alla profondità di almeno 3m dal piano del letto del corso d'acqua, come di seguito rappresentato.

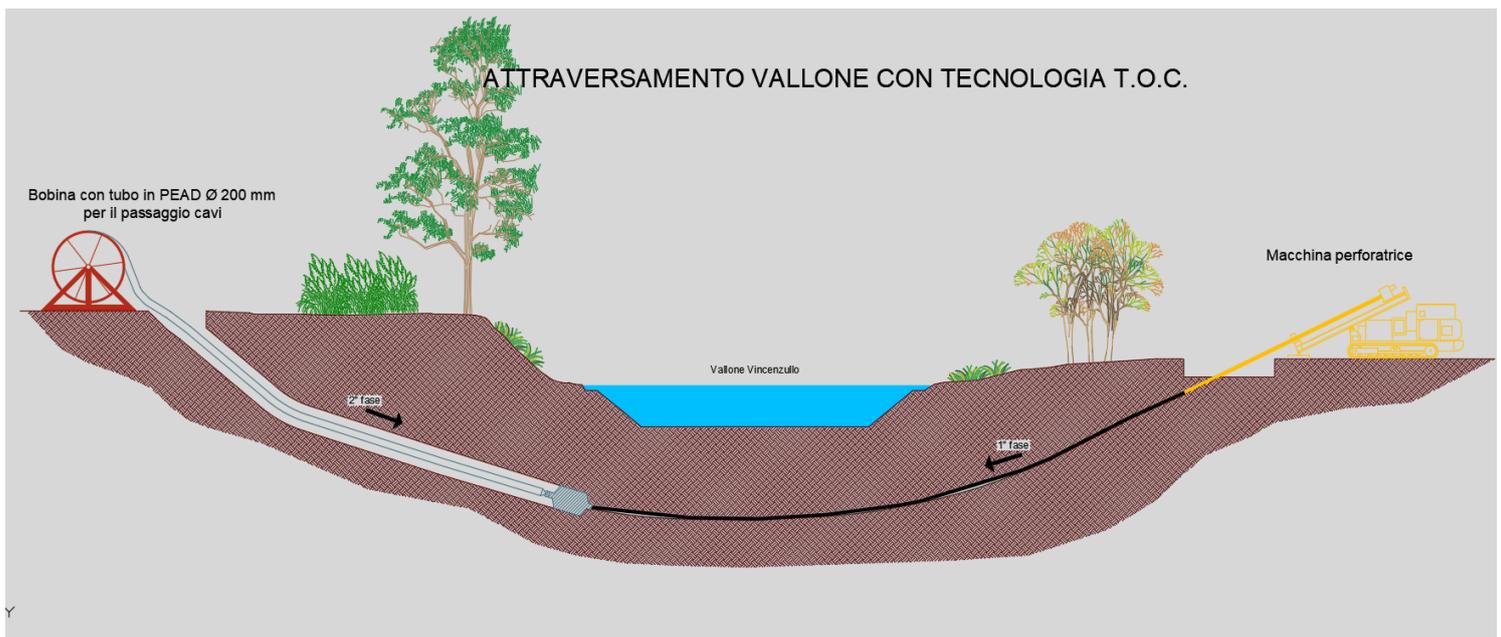
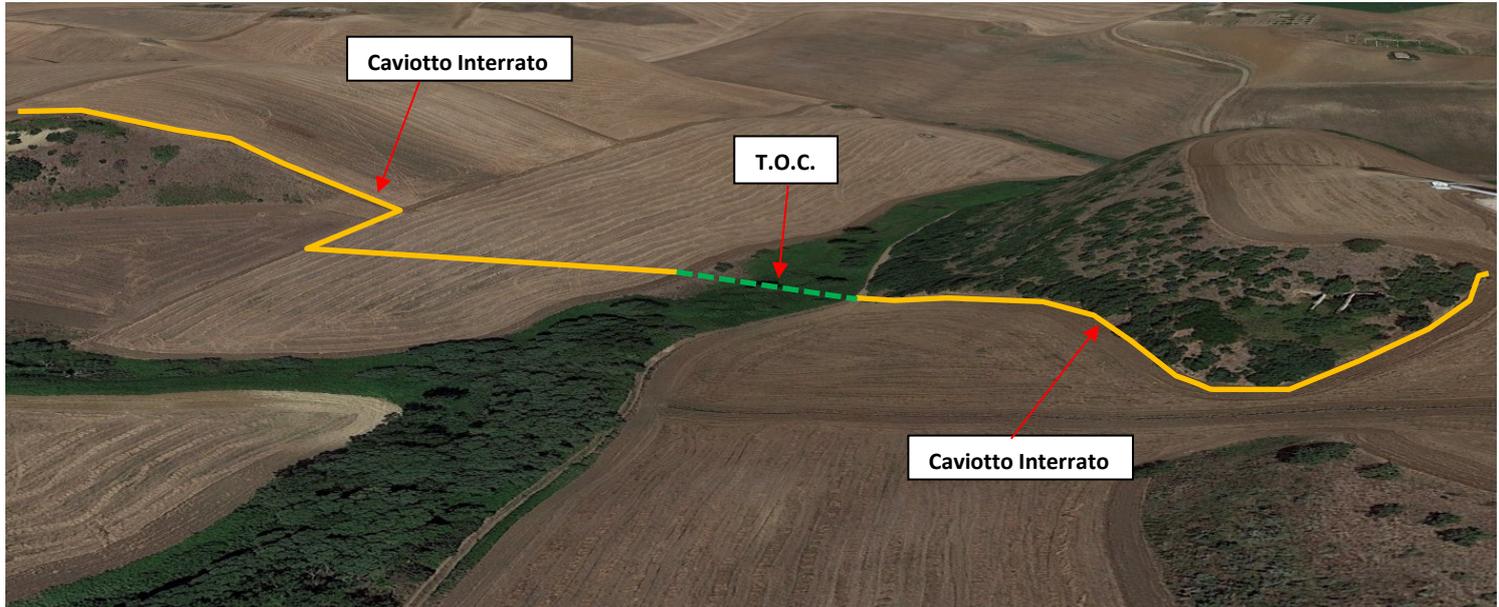


Immagine dell'attraversamento del Vallone Vincenzullo



Per caratterizzare la stabilità sono stati considerati i seguenti parametri dedotti dal rilevamento di campagna e dai dati ottenuti dalle indagini geologico-tecniche:

- pendenza dei versanti,
- giacitura delle formazioni stratificate,
- spessore delle eventuali coperture incoerenti,
- presenza di acqua,

dai quali si evince che le aree presentano pendenze basse, giacitura delle litologie sub-orizzontali, spessore massimo della copertura incoerente compresa fra 0,8/1,2 m e assenza di falde idriche superficiali, pertanto si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità.

Da quanto in precedenza descritto le aree di ubicazione del Cavidotto interrato sono da considerare **stabili sotto il profilo geomorfologico (cfr Tav. BANPV-T081-CARTA GEOMORFOLOGICA).**

4.1.3 **Idrogeologia**

I terreni affioranti nell'area di studio, dal punto di vista idrogeologico, sono riferibili a due complessi, uno detritico alluvionale, prevalentemente conglomerati a matrice limo-sabbiosa con livelli e/o lingue di limo-sabbioso e limo-argilloso. (superficiale – sul quale sarà installato l'impianto Agrivoltaico) e uno di origine marina costituito da depositi sabbiosi medio-grossolani con lenti di ghiaia sabbiosa. (cfr **Tav. BANPV-T081-CARTA IDROGEOLOGICA**).

- Complesso detritico-alluvionale: costituito da depositi sciolti e molto addensati a granulometria variabile dalle argille-siltose ai conglomerati. Questi materiali presentano permeabilità per porosità variabile da bassa (per le argille) a molto elevata (per il conglomerato) in relazione alla loro granulometria e stato di addensamento (coefficiente di permeabilità "K" variabile da 10^{-1} a 10^{-3} cm/sec). Tali cambiamenti di permeabilità, sia verticali che orizzontali, conferiscono caratteri di disomogeneità e anisotropia al complesso idrogeologico, influenzando sulla circolazione idrica sotterranea, per la quale è certamente ipotizzabile un deflusso preferenziale nei terreni a più alto grado di permeabilità relativa (conglomerato).

Alla base dei depositi alluvionali si rinviene il:

- Complesso marino: costituito da depositi sabbiosi medio-grossolani con lenti di ghiaia sabbiosa che presentano permeabilità per porosità da bassa a media (coefficiente di permeabilità "K" variabile da 10^{-2} a 10^{-4} cm/sec), e di conseguenza non favoriscono la formazione di falde sotterranee. Tuttavia, in particolare durante le stagioni più piovose, possono originarsi, fino alla profondità di circa 1 m, accumuli d'acqua, in conseguenza di una circolazione idrica che può variare fino ad assumere una certa entità a secondo delle precipitazioni, dato che il terreno di copertura risulta decompresso per essiccazione,

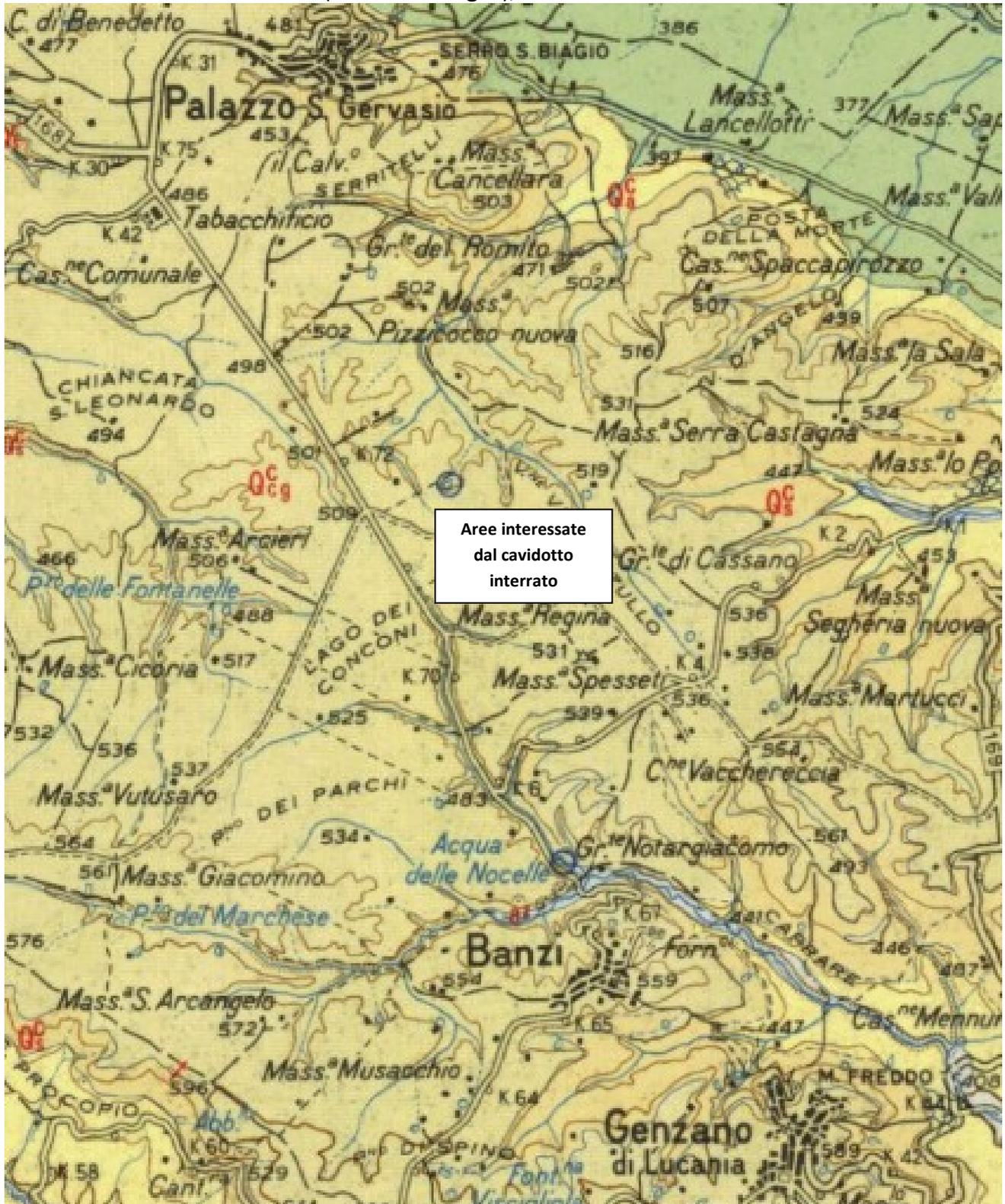
comportandosi, pertanto, come permeabile per fessurazione, almeno nella sua parte più superficiale.

Infatti, in queste aree non sgorgano sorgenti perenni e non sono state rilevate dai sondaggi falde superficiali.

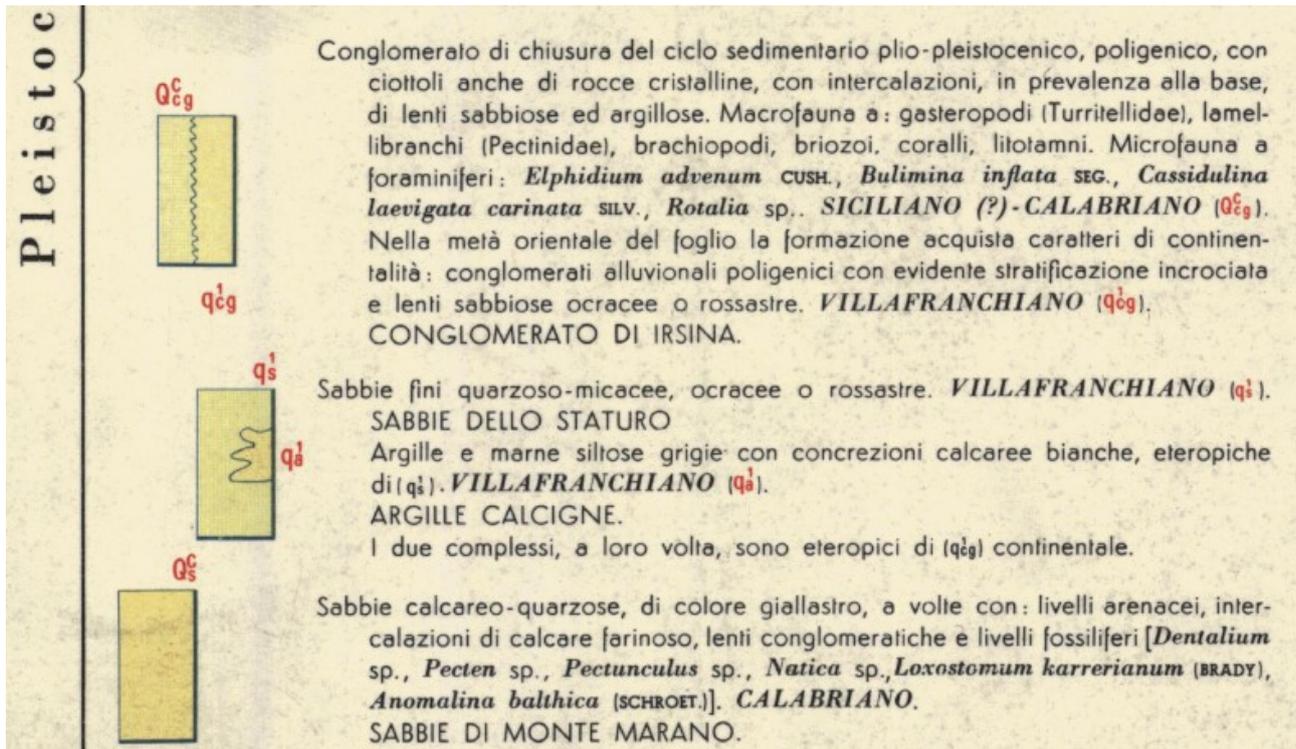
I terreni argillosi, rilevati direttamente con i carotaggi continui, risultano essere **saturi**, anche se **non segnalano la presenza di una falda acquifera**; infatti, i materiali a permeabilità bassa, anche quando si presentano saturi, non sono in grado di fornire quantità d'acqua gravifica disponibile per l'emungimento, mentre essa è comunque presente, anche in discreta quantità, sotto forma di acqua di ritenzione (igroscopica, pellicolare e capillare).

La presenza di acqua di tale natura, tuttavia, non va trascurata nel considerare la stabilità delle opere di sostegno, la capacità portante delle fondazioni, la stabilità dei pendii, etc.

Stralcio dei Fogli n° 188 della Carta Geologica d'Italia
(Gravina in Puglia), scala 1:100000



Aree interessate
dal cavidotto
interrato



4.1.4 Analisi Vincoli PSAI

Le aree studio ricadono nel territorio di competenza **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale, nello specifico in parte nell'ex Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata ed in parte nell'ex Autorità di Bacino della Puglia (cfr Tav. BANPV-T082-CARTA del rischio e della pericolosità geomorfologica e Idraulica - PAI).**

Nello specifico le aree interessate dalla posa del Cavidotto Interrato rientrano in zona classificate come:

- Dall'ex **Autorità di Bacino della Puglia**
 - **Pericolosità da Geomorfologica: Pericolosità NULLA;**
 - **Pericolosità Idraulica: NULLA;**
 - **Rischio: NULLO;**

- Dall'ex **Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata**
 - **Rischio Idrogeologico: NULLO;**

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, indicano che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per i motivi fin qui considerati e dal **Testo Unico coordinato delle NTA dello PSAI si esprime valutazione positiva sulla compatibilità dell'intervento in progetto con l'assetto idrogeologico dell'area, in quanto sono opere di pubblico interesse. Inoltre si specifica che l'intero Cavidotto sarà interrato, ad una profondità di 1,5m e posizionato su sede stradale e in corrispondenza dell'attraversamento del corso d'acqua (Vallone Vincenzullo) sarà utilizzata la tecnologia T.O.C. (Trivellazione Orizzontale Controllata) in modo tale da non interferire in nessun modo con il naturale deflusso delle acque superficiali.**

4.2 MODELLO GEOTECNICO

4.2.1 Programma di indagini geognostiche realizzate

Per la caratterizzazione geotecnica del sito oggetto d'intervento, sono state considerate le seguenti indagini geognostiche (cfr. **Tav. BANPV-T078-CARTA UBICAZIONE SONDAGGI PRELIMINARI**):

- Sondaggi a Carotaggio continuo con SPT e con prelievo di Campioni Indisturbati realizzate in aree limitrofe per altri progetti;
- la realizzazione in sito d'intervento di n°3 prove sismiche MASW (atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa D.M. 17/01/2018).

4.2.2 Aspetti geotecnici del sito d'interesse

Dalle elaborazioni delle indagini dirette in sito sono stati ricavati i parametri geotecnici rappresentativi delle reali condizioni del territorio in esame, in base alle quali si può affermare che la situazione stratigrafica presenta terreni con buone caratteristiche geotecniche.

4.3 MODELLO SISMICO

4.3.1 Modellazione Sismica

Per la modellazione sismica dell'area in oggetto vengono considerate **prove sismica MASW realizzate** al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).

4.3.2 Interpretazione ed analisi dei dati sismici

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 36), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, indica che il territorio comunale di Banzi (PZ) rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento compresi tra 0.125 e 0.175 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

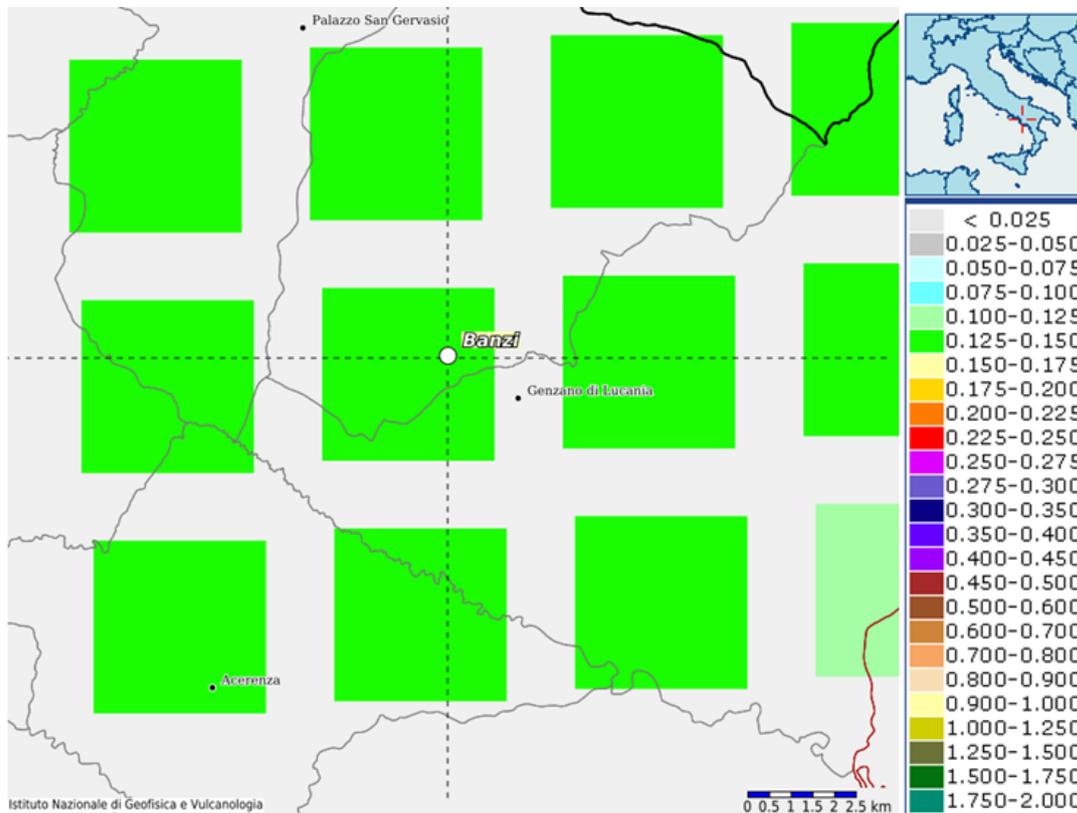


Fig. 36 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

I risultati forniti dalle indagini sismiche MASW effettuate permettono di definire la categoria di sottosuolo del sito, che risulta posto nella categoria **B** (vedi par. 4), con valori di V_{Seq} calcolati pari a (Tab. 20):

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-28.2}$ (m/s)	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)
<i>MASW n. 1</i>	-	[543]
<i>MASW n. 2</i>	[450]	-
<i>MASW n. 3</i>	-	[419]

Tab. 20 – Valori di $V_{S,eq}$ calcolati, relativi alle prospezioni sismiche MASW effettuate.

Proprio in funzione della categoria di sottosuolo **B** e della categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici (vedi par. 5).

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di a_g (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e S_e [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra T_B e T_C) (Tab. 21), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	a_g SLD	a_g SLV	S_e [g] SLD	S_e [g] SLV
<i>MASW n. 1</i>	[0.045]	[0.110]	[0.151]	[0.379]
<i>MASW n. 2</i>	[0.046]	[0.112]	[0.135]	[0.342]
<i>MASW n. 3</i>	[0.045]	[0.110]	[0.145]	[0.366]

Tab. 21 – Valori massimi di a_g e S_e [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Di seguito si riportano i valori di V_S per i sismostrati riscontrati nelle prospezioni sismiche MASW (Tabb. 22 – 24).

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V_s (m/s)</i> <i>acquisizione n.1</i>	<i>V_s (m/s)</i> <i>acquisizione n.2</i>
S1	0.0 – 1.5	192	192
S2	1.5 – 3.4	311	311
S3	3.4 – 5.7	468	467
S4	5.7 – 8.6	489	486
S5	8.6 – 12.3	668	666
S6	12.3 – 16.9	677	677
S7	16.9 – 22.6	713	714
S8	22.6 – 29.7	748	749
S9	29.7 – 34.4	750	750

Tab. 22 - Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.1.

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V_s (m/s)</i> <i>acquisizione n.1</i>	<i>V_s (m/s)</i> <i>acquisizione n.2</i>
S1	0.0 – 1.4	168	167
S2	1.4 – 3.2	193	192
S3	3.2 – 5.4	254	253
S4	5.4 – 8.2	457	457
S5	8.2 – 11.6	618	618
S6	11.6 – 16.0	675	675
S7	16.0 – 21.4	680	682
S8	21.4 – 28.2	666	670
S9	28.2 – 34.6	802	806

Tab. 23 - Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.2.

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V_s (m/s)</i> <i>acquisizione n.1</i>	<i>V_s (m/s)</i> <i>acquisizione n.2</i>
S1	0.0 – 1.4	200	200
S2	1.4 – 3.3	282	282
S3	3.3 – 5.5	387	387
S4	5.5 – 8.3	273	273
S5	8.3 – 11.9	397	397
S6	11.9 – 16.3	487	487
S7	16.3 – 21.8	554	553
S8	21.8 – 28.7	578	578
S9	28.7 – 34.3	609	609

Tab. 24 - Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.3.

4.4 FATTIBILITÀ DELLE OPERE

Per determinare la fattibilità dell'opera da realizzare vengono analizzati i seguenti aspetti:

STABILITA' D'INSIEME

Per caratterizzare la stabilità dell'area in esame, sono stati considerati i seguenti parametri, inoltre l'esame è stato esteso ad una vasta area circostante:

- pendenza dei versanti;
- giacitura delle formazioni stratificate;
- fratturazione delle masse rocciose;
- spessore delle eventuali coperture incoerenti;
- presenza di acqua.

L'area oggetto d'intervento è caratterizzata da pendenze medio-basse (sub-pianeggiante e versanti a debole pendenza), litologie ben addensate, è stata classificata come stabile infatti si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità nelle aree di sedime dell'opera da realizzare.

FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

La liquefazione dei terreni è il comportamento dei suoli sabbiosi che, a causa di un aumento della pressione interstiziale, passano improvvisamente da uno stato solido ad uno fluido, o con la consistenza di un liquido pesante.

Nei casi in oggetto le litologie di fondazione (limo-argilloso, sabbia, limo e ghiaia ben addensate e argilla) sono assolutamente stabili e non possono dar luogo a eventi di liquefazione in quanto hanno una granulometria etero metrica che va dalle argille alle ghiaie che raggiungono anche la dimensione di oltre 20 cm di diametro, sono ben addensati, e, non è presente alcuna falda idrica superficiale, quindi non si può presentare la condizione di saturazione. In definitiva, si afferma che non sussistono le condizioni predisponenti alla liquefazione dei terreni di fondazione.

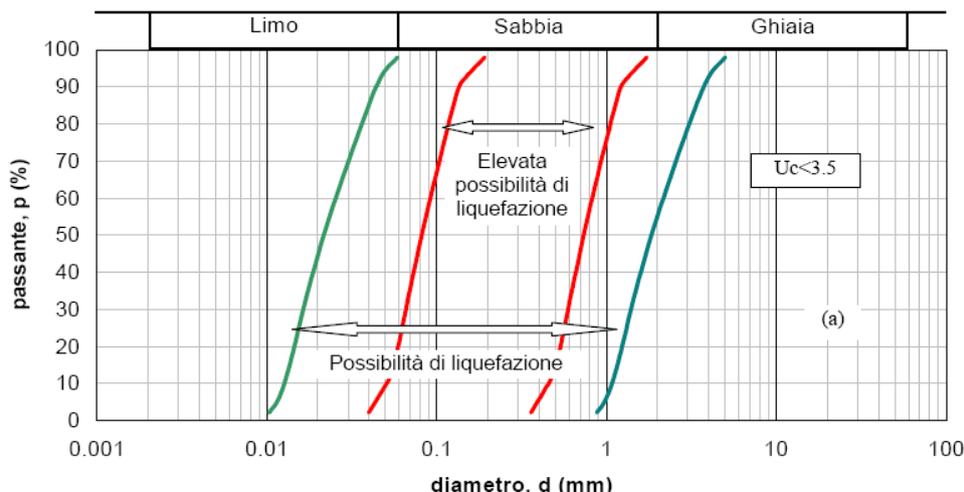
Si specifica inoltre che il fenomeno della liquefazione può manifestarsi nei terreni omogenei, prevalentemente sabbiosi e saturi e solo in determinati casi, di seguito elencati.

La probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.1g;
3. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
 - frazione di fine FC , superiore al 20%, con indice di plasticità $PI > 10$;
 - $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 20$;
 - $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 25$

dove $(N_1)_{60}$ è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione: in cui il coefficiente C_N è ricavabile dall'espressione essendo p_a la pressione atmosferica e σ'_v la pressione efficace verticale.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 1 (a) nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 1 (b) per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$.
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.



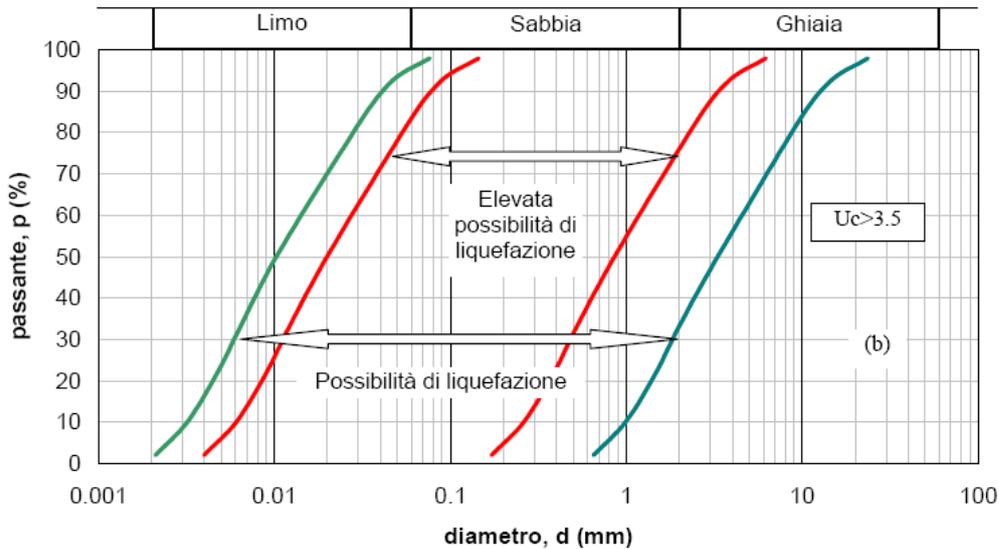


Figura 1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005)

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire le categorie di suolo del sito, che risulta posto nella **categoria B**, con valori di V_{Seq} calcolati pari a:

Cautelativamente, in funzione della **categoria di suolo B** e categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici.

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II.

ADDENSAMENTO

Il terreno in oggetto, dalle indagini geognostiche effettuate consistenti in prove di laboratorio su **Campioni Indisturbati** e delle **prove penetrometriche dinamiche SPT**, risulta essere **da mediamente a molto addensato**.

Per i motivi fin qui considerati si esprime valutazione positiva sulla fattibilità dell'intervento in progetto, in quanto i terreni sono addensati, non ci sono le condizioni predisponenti ad eventuali

fenomeni di liquefazione e di instabilità dei versanti (area stabile).

In conclusione, le caratteristiche geologiche dell'area in esame sono tecnicamente compatibili con la realizzazione delle opere in progetto.

4.5 COMPATIBILITA' DELLE OPERE

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, ne conviene che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per giungere a dimostrare la compatibilità delle opere da progetto è necessario effettuare alcune considerazioni inerenti sia all'assetto territoriale, sia alla tipologia degli interventi e modalità esecutive previste.

E' da segnalare che i manufatti da realizzare si inseriscono in un contesto morfologico caratterizzato da **basse pendenze** e non necessita di interventi di sostanziale modificazione della geometria dell'area.

Dopo avere inquadrato i tratti caratteristici dell'intervento è utile confrontare l'opera di progetto con l'assetto idrogeologico e le condizioni di rischio del sito.

Per quanto attiene le aree di sedime in esame classificate dal Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Interregionale Sele adottato **dall'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (nello specifico in parte nell'ex Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata ed in parte nell'ex Autorità di Bacino della Puglia)**, per quanto riguarda il rischio frana, in una zona classificata a **"Pericolosità da frana Nulla"** e a **"Rischio da frana Nullo"** e, per il rischio idrogeologico in una zona classificata a **"Rischio idraulico Nullo"** e a **"Pericolosità idraulica Nulla"**, sono caratterizzate da condizioni idrogeologiche, litologiche e geotecniche confortanti in virtù della mancanza sia di materiali mobilizzabili sia di condizioni morfologiche predisponenti al dissesto.

Inoltre:

- Dalla ***sovrapposizione del LAYOUT del Progetto (previsione urbanistica degli interventi a farsi) con Carta Geomorfologica tutte le opere di progetto sono ubicate su una superficie stabile.***
- I lavori previsti non apporteranno sostanziali variazioni dell'attuale conformazione orografica dell'area, né tanto meno creeranno neosuperfici esposte ad elevata pendenza, potenziali sedi d'innesto di movimenti franosi, e quindi determinare un aumento della

pericolosità da frana;

- La loro tipologia non apporta variazioni tali da indurre fenomeni di denudazioni e modifiche nella circolazione naturale e nel regime delle acque superficiali e sotterranee;
- La regimentazione delle acque superficiali verrà attuata mediante un corretto sistema di smaltimento;
- Non apporteranno un aumento del livello di rischio e/o del grado di esposizione al rischio esistente;
- La struttura in progetto si integrerà perfettamente nel contesto paesaggistico-ambientale.

In definitiva, in ottemperanza alle N.T.A. del Piano Stralcio **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (nello specifico in parte nell'ex Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata ed in parte nell'ex Autorità di Bacino della Puglia)**, si afferma che:

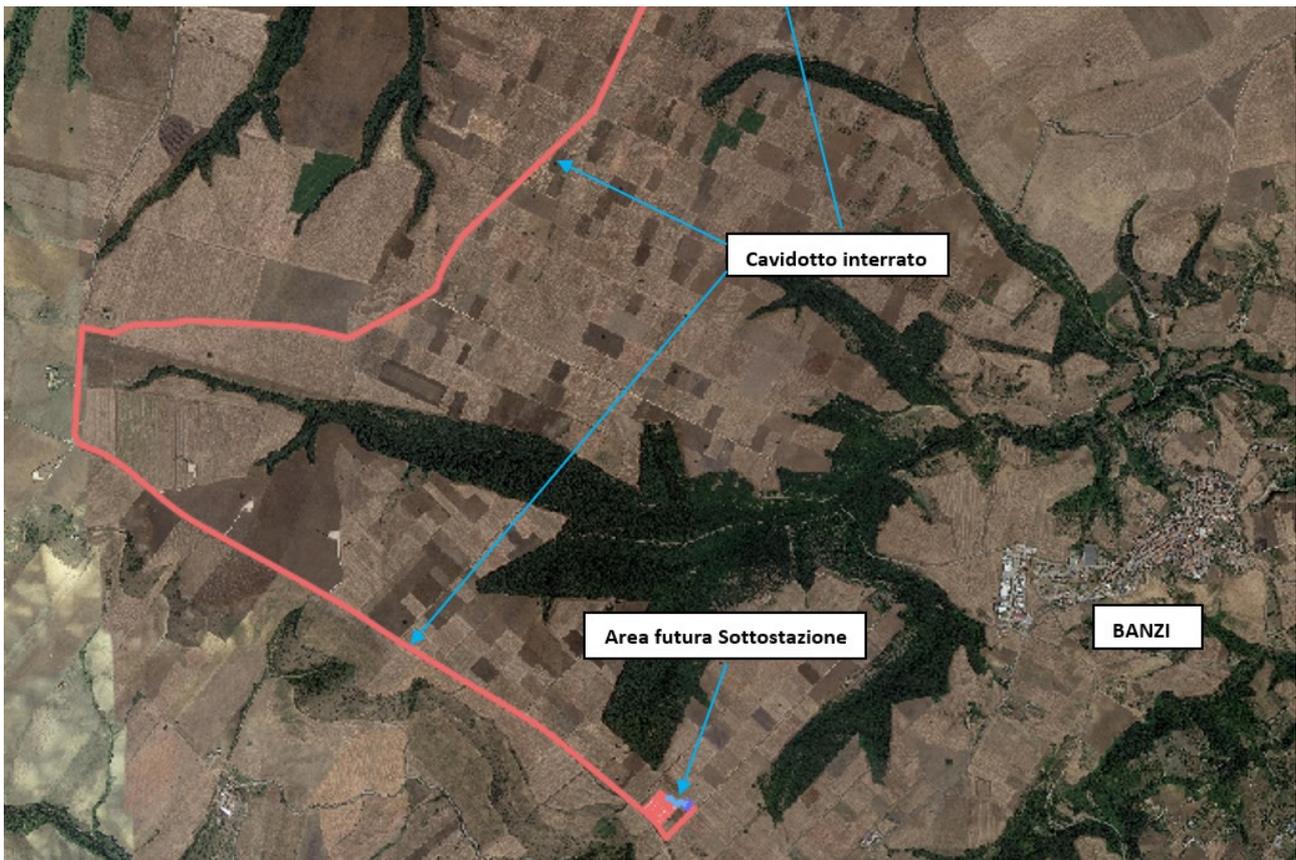
- Il presente studio di Compatibilità idrogeologica è supportato da dati oggettivi derivanti da indagini geognostiche e geofisiche eseguite nel sito d'interesse;
- Tali indagini, consistenti in Sondaggi a Carotaggio continuo con SPT e con prelievo di Campioni Indisturbati *realizzate in aree limitrofe per altri progetti* e la realizzazione in sito di **n°3 prove sismiche superficiali MASW**, hanno definito in maniera approfondita la geometria superficiale e sotterranea dal punto di vista geofisico, litotecnico e geomeccanico;
- La realizzazione delle opere in progetto verrà effettuata adottando tutte le misure tecnico-costruttive per la mitigazione della vulnerabilità e la riduzione delle condizioni di rischio;
- Verrà adottato un corretto sistema di deflusso delle acque superficiali e sotterranee.

Dal presente studio, quindi, risulta che **non verranno create nuove condizioni di rischio e pericolosità** (rischio sostenibile).

Per i motivi fin qui considerati **si esprime valutazione positiva di compatibilità tra la previsione urbanistica degli interventi a farsi e la caratterizzazione geomorfologia del territorio interessato.**

5 AREA SOTTOSTAZIONE ELETTRICA

L'area studio, dove sarà realizzata la futura Sottostazione Elettrica, ricadente nel Comune di di Banzi (PZ), è compresa nel foglio 188 della Carta Geologica d'Italia "Gravina in Puglia" in scala 1:100000.



5.1 MODELLO GEOLOGICO

5.1.1 Stratigrafia locale

Da un accurato rilevamento di campagna, è stato possibile ricostruire la stratigrafia di un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse (*cf*r **Tav. BANPV-T079-CARTA GEOLOGICA**).

Gli affioramenti significativi e principali sono riconducibili essenzialmente a due litotipi:

- **Depositi fluviali terrazzati (Q^c_{cg})**, costituiti da conglomerati poligenico con ciottoli anche di rocce cristalline di medie e grandi dimensioni, con intercalazioni di lenti sabbiose e argillose. (Pleistocene Inf.-Med.);

Questi depositi si sovrappongono ai seguenti

- **Depositi di spiaggia e di delta (Q^c_s)**, formati da sabbie da medie a grossolane a stratificazione incrociata e piano-parallela di colore giallo-ocra e lenti di ghiaia. (Pleistocene Inf.).

Per quanto riguarda l'Area della Sottostazione Elettrica da realizzare, attraverso **la consultazione di sondaggi geognostici eseguiti per altri progetti nelle aree limitrofe a quelle in oggetto, quali Sondaggi a Carotaggio continuo con SPT e prelievo di Campioni Indisturbati con relative Prove di Laboratorio Certificate** e con l'ausilio dei dati tratti dalle Carte Geolitologiche esistenti, successivamente verificati dal rilevamento geologico, si è potuto constatare che il substrato è costituito da "terreni" di origine fluviali che si sovrappongono ai depositi marini, così composti:

- dal piano campagna a 0,8/1,2 m terreno vegetale (copertura agraria) limo- sabbioso con clasti litici arrotondati, colore marrone e dall'odore terroso, sciolto;
- da 0,8/1,2 m a circa 22/27 m conglomerati poligenico con ciottoli anche di rocce cristalline di medie e grandi dimensioni, con intercalazioni di lenti sabbiose e argillose, addensato;
- da circa 22/27 m ad oltre 40 m dal p.c. sabbie da medie a grossolane a stratificazione incrociata e piano-parallela di colore giallo-ocra e lenti di ghiaia.

L'assetto stratigrafico rinvenuto nell'area d'intervento è compatibile con quanto noto dalla bibliografia riguardante le zone limitrofe, in cui risulta che, nella sequenza geolitologica in esame, non si rinvencono generalmente strati molli.

5.1.2 Geomorfologia locale

Lo studio geomorfologico è stato condotto in un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse, al fine di acquisire sia un quadro generale di assetto geomorfologico e morfoevolutivo, nel quale collocare le specifiche caratteristiche dell'area, sia e soprattutto di riconoscere la presenza di eventuali elementi morfologici connessi con fenomeni d'instabilità reale o potenziale in corrispondenza dell'opera in progetto.

L'Area della Sottostazione Elettrica sarà collocata su una vasta area sub-pianeggiante (terrazzo alluvionale antico), sita a quota compresa fra 605 m e circa 602 m s.l.m. e modellata nei millenni dai corsi d'acqua, come Vallone Varco del Tauro e Valle Fosso del Lupo (*cfr Tav. BANPV-T081-CARTA GEOMORFOLOGICA*).

Di seguito vengono riportate delle immagini rappresentative delle aree oggetto d'intervento.





Per caratterizzare la stabilità sono stati considerati i seguenti parametri dedotti dal rilevamento di campagna e dai dati ottenuti dalle indagini geologico-tecniche:

- pendenza dei versanti,
- giacitura delle formazioni stratificate,
- spessore delle eventuali coperture incoerenti,
- presenza di acqua,

dai quali si evince che le aree presentano pendenze basse, giacitura delle litologie sub-orizzontali, spessore massimo della copertura incoerente compresa fra 0,8/1,2 m e assenza di falde idriche

superficiali, pertanto si esclude la presenza di processi morfologici in atto o potenziali legati alla gravità.

Da quanto in precedenza descritto l'area di ubicazione della Sottostazione Elettrica è da considerare **stabili sotto il profilo geomorfologico (cfr Tav. BANPV-T081-CARTA GEOMORFOLOGICA).**

5.1.3 Idrogeologia

I terreni affioranti nell'area di studio, dal punto di vista idrogeolitologico, sono riferibili a due complessi, uno detritico alluvionale, prevalentemente conglomerati a matrice limo-sabbiosa con livelli e/o lingue di limo-sabbioso e limo-argilloso. (superficiale – sul quale sarà installato l'impianto Agrivoltaico) e uno di origine marina costituito da depositi sabbiosi medio-grossolani con lenti di ghiaia sabbiosa. (cfr **Tav. BANPV-T081-CARTA IDROGEOLOGICA**).

- Complesso detritico-alluvionale: costituito da depositi sciolti e molto addensati a granulometria variabile dalle argille-siltose ai conglomerati. Questi materiali presentano permeabilità per porosità variabile da bassa (per le argille) a molto elevata (per il conglomerato) in relazione alla loro granulometria e stato di addensamento (coefficiente di permeabilità "K" variabile da 10^{-1} a 10^{-3} cm/sec). Tali cambiamenti di permeabilità, sia verticali che orizzontali, conferiscono caratteri di disomogeneità e anisotropia al complesso idrogeologico, influenzando sulla circolazione idrica sotterranea, per la quale è certamente ipotizzabile un deflusso preferenziale nei terreni a più alto grado di permeabilità relativa (conglomerato).

Alla base dei depositi alluvionali si rinviene il:

- Complesso marino: costituito da depositi sabbiosi medio-grossolani con lenti di ghiaia sabbiosa che presentano permeabilità per porosità da bassa a media (coefficiente di permeabilità "K" variabile da 10^{-2} a 10^{-4} cm/sec), e di conseguenza non favoriscono la formazione di falde sotterranee. Tuttavia, in particolare durante le stagioni più piovose, possono originarsi, fino alla profondità di circa 1 m, accumuli d'acqua, in conseguenza di una circolazione idrica che può variare fino ad assumere una certa entità a secondo delle precipitazioni, dato che il terreno di copertura risulta decompresso per essiccazione,

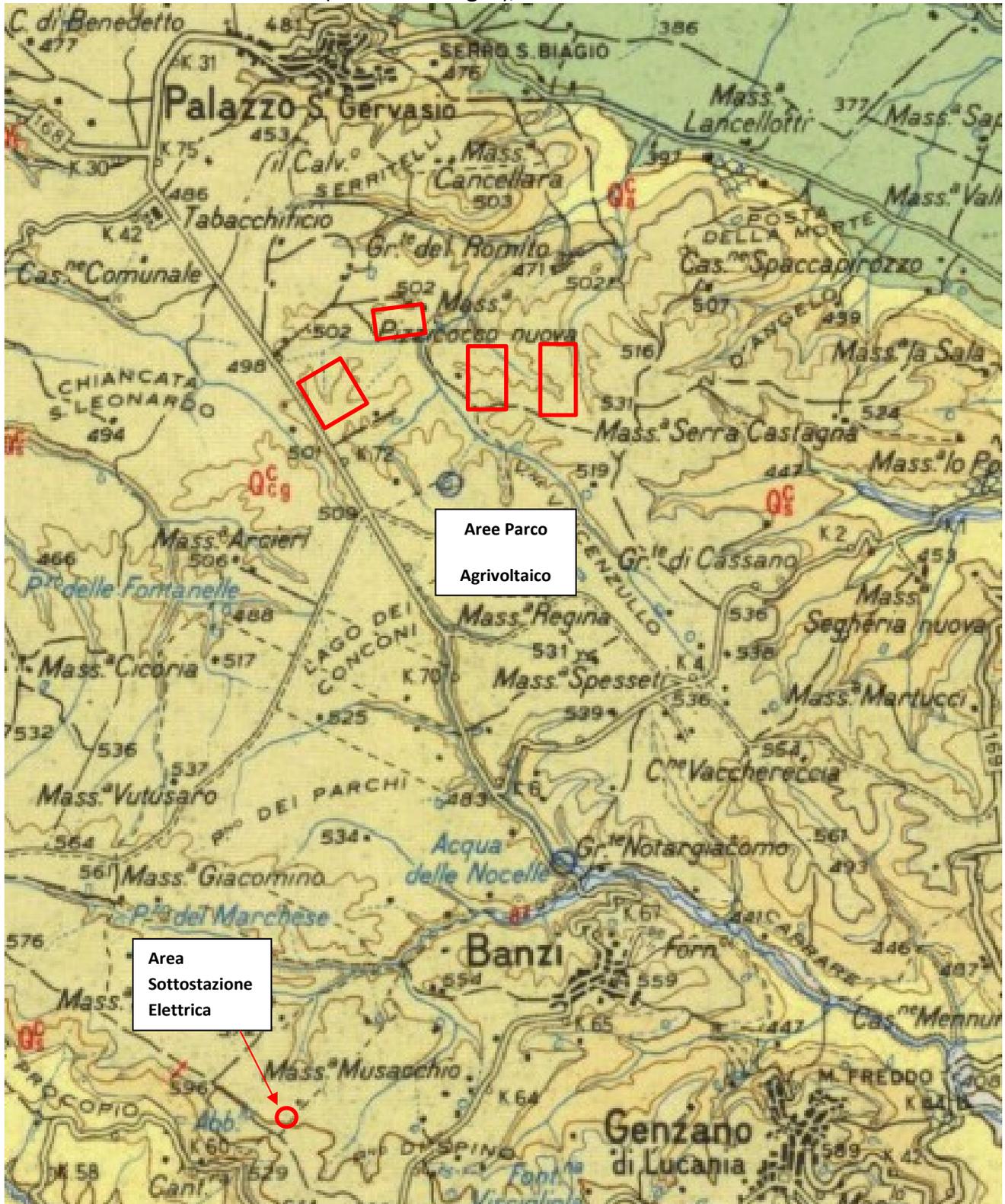
comportandosi, pertanto, come permeabile per fessurazione, almeno nella sua parte più superficiale.

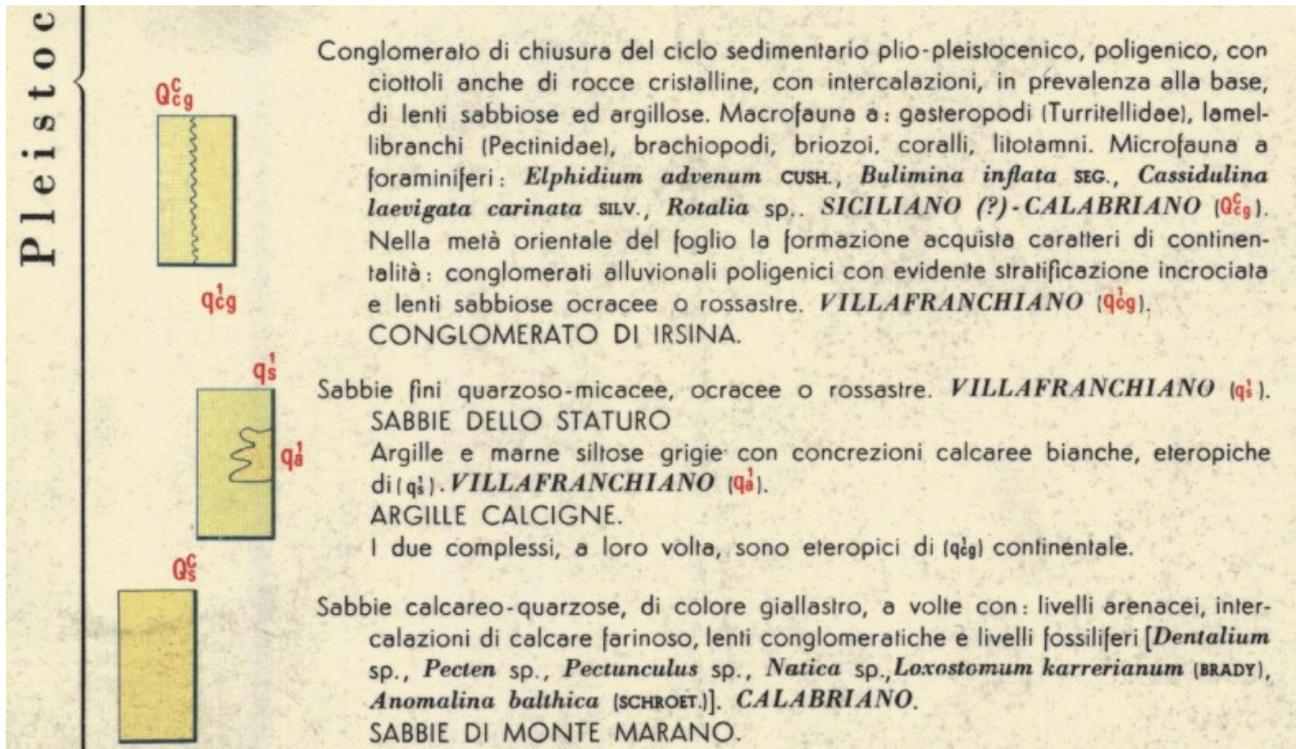
Infatti, in queste aree non sgorgano sorgenti perenni e non sono state rilevate dai sondaggi falde superficiali.

I terreni argillosi, rilevati direttamente con i carotaggi continui, risultano essere **saturi**, anche se **non segnalano la presenza di una falda acquifera**; infatti, i materiali a permeabilità bassa, anche quando si presentano saturi, non sono in grado di fornire quantità d'acqua gravifica disponibile per l'emungimento, mentre essa è comunque presente, anche in discreta quantità, sotto forma di acqua di ritenzione (igroscopica, pellicolare e capillare).

La presenza di acqua di tale natura, tuttavia, non va trascurata nel considerare la stabilità delle opere di sostegno, la capacità portante delle fondazioni, la stabilità dei pendii, etc.

Stralcio dei Fogli n° 188 della Carta Geologica d'Italia
(Gravina in Puglia), scala 1:100000





5.1.4 Analisi Vincoli PSAI

l'area di ubicazione della Sottostazione Elettrica ricade nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale, nello specifico in parte nell'ex Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata (cfr Tav. BANPV-T082-CARTA del rischio e della pericolosità geomorfologica e Idraulica - PAI).

Nello specifico rientra in una zona classificata come:

- **Rischio Idrogeologico: NULLO;**

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, indicano che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per i motivi fin qui considerati e dal **Testo Unico coordinato delle NTA dello PSAI** *si esprime valutazione positiva sulla compatibilità dell'intervento in progetto con l'assetto idrogeologico dell'area.*

5.2 MODELLO GEOTECNICO

5.2.1 Programma di indagini geognostiche realizzate

Per la caratterizzazione geotecnica del sito oggetto d'intervento, sono state considerate le seguenti indagini geognostiche (cfr. **Tav. BANPV-T078-CARTA UBICAZIONE SONDAGGI PRELIMINARI**):

- Sondaggi a Carotaggio continuo con SPT e con prelievo di Campioni Indisturbati realizzate in aree limitrofe per altri progetti.

5.2.2 Aspetti geotecnici del sito d'interesse

Dalle elaborazioni delle indagini dirette in sito sono stati ricavati i parametri geotecnici rappresentativi delle reali condizioni del territorio in esame, in base alle quali si può affermare che la situazione stratigrafica presenta terreni con buone caratteristiche geotecniche.

5.3 MODELLO SISMICO

5.3.1 Modellazione Sismica

Per la modellazione sismica dell'area in oggetto vengono considerate **prove sismica MASW realizzate** al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).

5.3.2 Interpretazione ed analisi dei dati sismici

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 36), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, indica che il territorio comunale di Banzi (PZ) rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento compresi tra 0.125 e 0.175 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

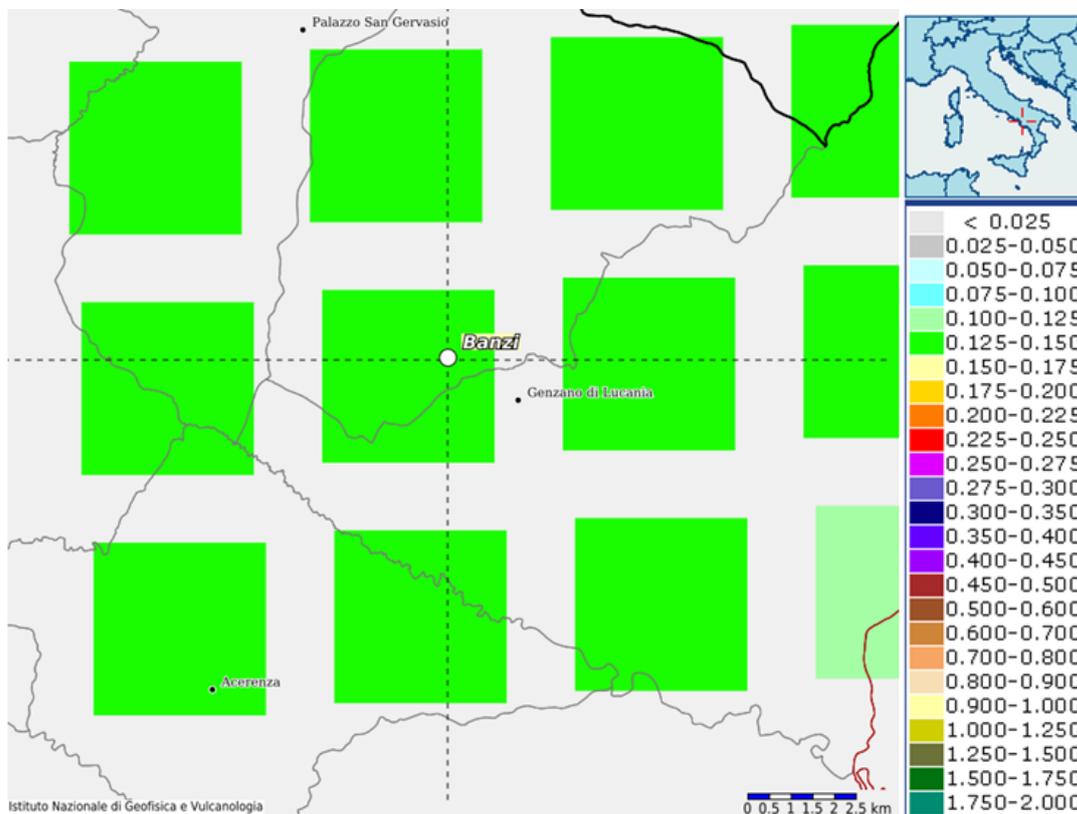


Fig. 36 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

I risultati forniti dalle indagini sismiche MASW effettuate permettono di definire la categoria di sottosuolo del sito, che risulta posto nella categoria **B**, con valori di V_{Seq} calcolati pari a (Tab. 20):

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-28.2}$ (m/s)	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)
<i>MASW n. 1</i>	-	[543]
<i>MASW n. 2</i>	[450]	-
<i>MASW n. 3</i>	-	[419]

Tab. 20 – Valori di $V_{S,eq}$ calcolati, relativi alle prospezioni sismiche MASW effettuate.

Proprio in funzione della categoria di sottosuolo **B** e della categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici (vedi par. 5).

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di a_g (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e S_e [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra T_B e T_C) (Tab. 21), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	a_g SLD	a_g SLV	S_e [g] SLD	S_e [g] SLV
<i>MASW n. 1</i>	[0.045]	[0.110]	[0.151]	[0.379]
<i>MASW n. 2</i>	[0.046]	[0.112]	[0.135]	[0.342]
<i>MASW n. 3</i>	[0.045]	[0.110]	[0.145]	[0.366]

Tab. 21 – Valori massimi di a_g e S

5.4 FATTIBILITÀ DELLE OPERE

Per determinare la fattibilità dell'opera da realizzare vengono analizzati i seguenti aspetti:

STABILITA' D'INSIEME

Per caratterizzare la stabilità dell'area in esame, sono stati considerati i seguenti parametri, inoltre l'esame è stato esteso ad una vasta area circostante:

- pendenza dei versanti;
- giacitura delle formazioni stratificate;
- fratturazione delle masse rocciose;
- spessore delle eventuali coperture incoerenti;
- presenza di acqua.

L'area oggetto d'intervento è caratterizzata da pendenze medio-basse (sub-pianeggiante e versanti a debole pendenza), litologie ben addensate, è stata classificata come stabile infatti si esclude la presenza di processi morfoevolutivi in atto o potenziali legati alla gravità nelle aree di sedime dell'opera da realizzare.

FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

La liquefazione dei terreni è il comportamento dei suoli sabbiosi che, a causa di un aumento della pressione interstiziale, passano improvvisamente da uno stato solido ad uno fluido, o con la consistenza di un liquido pesante.

Nei casi in oggetto le litologie di fondazione (limo-argilloso, sabbia, limo e ghiaia ben addensate e argilla) sono assolutamente stabili e non possono dar luogo a eventi di liquefazione in quanto hanno una granulometria etero metrica che va dalle argille alle ghiaie che raggiungono anche la dimensione di oltre 20 cm di diametro, sono ben addensati, e, non è presente alcuna falda idrica superficiale, quindi non si può presentare la condizione di saturazione. In definitiva, si afferma che non sussistono le condizioni predisponenti alla liquefazione dei terreni di fondazione.

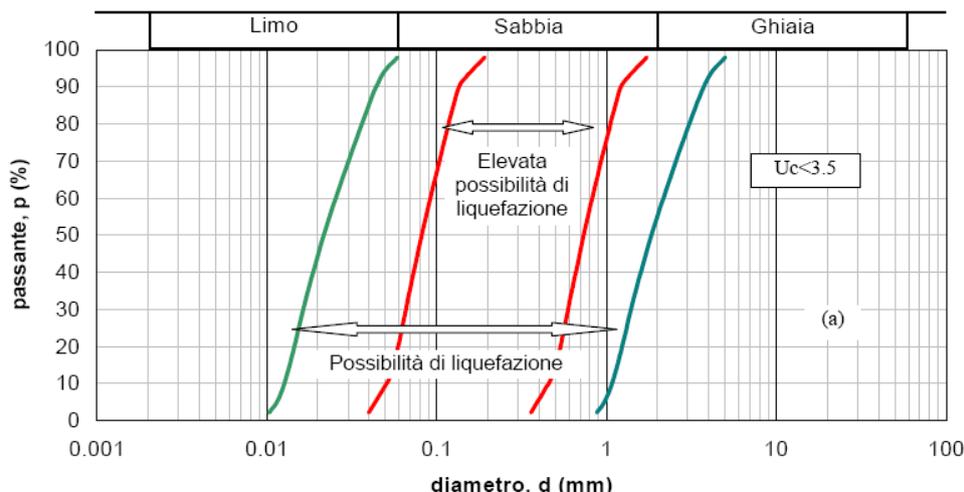
Si specifica inoltre che il fenomeno della liquefazione può manifestarsi nei terreni omogenei, prevalentemente sabbiosi e saturi e solo in determinati casi, di seguito elencati.

La probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.1g;
3. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
 - frazione di fine FC , superiore al 20%, con indice di plasticità $PI > 10$;
 - $FC \geq 35\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 20$;
 - $FC \leq 5\%$ e resistenza $(N_1)_{60} > 25$

dove $(N_1)_{60}$ è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT, definito dalla relazione: in cui il coefficiente C_N è ricavabile dall'espressione essendo p_a la pressione atmosferica e σ'_v la pressione efficace verticale.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 1 (a) nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 1 (b) per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$.
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna.



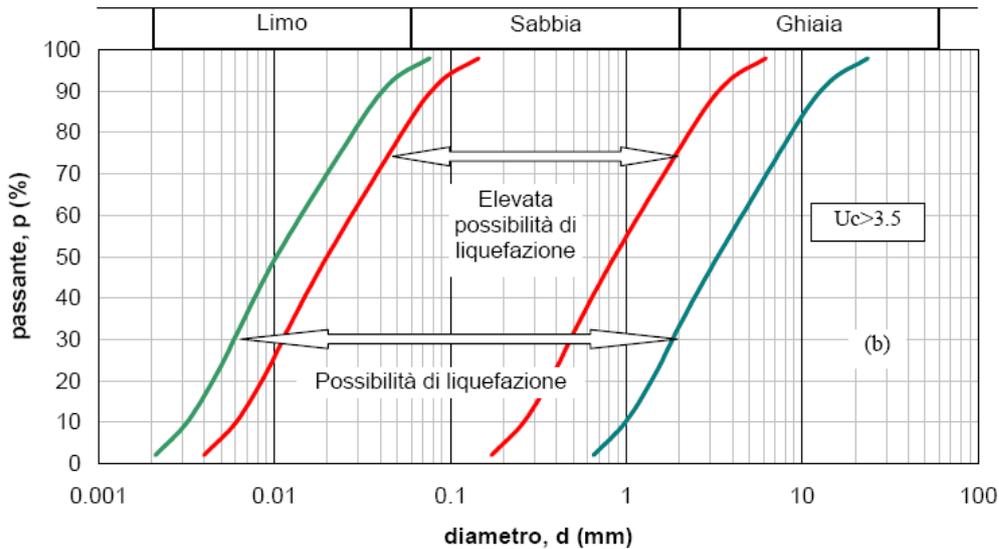


Figura 1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b) (da AGI, 2005)

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire le categorie di suolo del sito, che risulta posto nella **categoria B**, con valori di V_{Seq} calcolati pari a:

Cautelativamente, in funzione della **categoria di suolo B** e categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici.

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II.

ADDENSAMENTO

Il terreno in oggetto, dalle indagini geognostiche effettuate consistenti in prove di laboratorio su **Campioni Indisturbati** e delle **prove penetrometriche dinamiche DPSH**, risulta essere **da mediamente a molto addensato**.

Per i motivi fin qui considerati *si esprime valutazione positiva sulla fattibilità dell'intervento in progetto, in quanto i terreni sono addensati, non ci sono le condizioni predisponenti ad eventuali*

fenomeni di liquefazione e di instabilità dei versanti (area stabile).

In conclusione, le caratteristiche geologiche dell'area in esame sono tecnicamente compatibili con la realizzazione delle opere in progetto.

5.5 COMPATIBILITA' DELLE OPERE

Le Norme di attuazione e misure di salvaguardia emanate in riferimento al Piano Stralcio, ne conviene che per la determinazione degli interventi consentiti in aree caratterizzate contemporaneamente da rischio e pericolo idrogeologico siano innanzitutto da confrontare i vincoli relativi a ciascuna classe riscontrata, assumendo come vigenti quelli più limitativi, siano essi relativi al rischio o alla pericolosità.

Per giungere a dimostrare la compatibilità delle opere da progetto è necessario effettuare alcune considerazioni inerenti sia all'assetto territoriale, sia alla tipologia degli interventi e modalità esecutive previste.

E' da segnalare che i manufatti da realizzare si inseriscono in un contesto morfologico caratterizzato da **basse pendenze** e non necessita di interventi di sostanziale modificazione della geometria dell'area.

Dopo avere inquadrato i tratti caratteristici dell'intervento è utile confrontare l'opera di progetto con l'assetto idrogeologico e le condizioni di rischio del sito.

Per quanto attiene le aree di sedime in esame classificate dal Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Interregionale Sele adottato **dall'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (nello specifico nell'ex Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata)**, per quanto riguarda il rischio frana, in una zona classificata a **"Pericolosità da frana Nulla"** e a **"Rischio da frana Nullo"** e, per il rischio idrogeologico in una zona classificata a **"Rischio idraulico Nullo"** e a **"Pericolosità idraulica Nulla"**, sono caratterizzate da condizioni idrogeologiche, litologiche e geotecniche confortanti in virtù della mancanza sia di materiali mobilizzabili sia di condizioni morfologiche predisponenti al dissesto.

Inoltre:

- Dalla ***sovrapposizione del LAYOUT del Progetto (previsione urbanistica degli interventi a farsi) con Carta Geomorfologica tutte le opere di progetto sono ubicate su una superficie stabile.***
- I lavori previsti non apporteranno sostanziali variazioni dell'attuale conformazione orografica dell'area, né tanto meno creeranno neosuperfici esposte ad elevata pendenza, potenziali sedi d'innesto di movimenti franosi, e quindi determinare un aumento della

pericolosità da frana;

- La loro tipologia non apporta variazioni tali da indurre fenomeni di denudazioni e modifiche nella circolazione naturale e nel regime delle acque superficiali e sotterranee;
- La regimentazione delle acque superficiali verrà attuata mediante un corretto sistema di smaltimento;
- Non apporteranno un aumento del livello di rischio e/o del grado di esposizione al rischio esistente;
- La struttura in progetto si integrerà perfettamente nel contesto paesaggistico-ambientale.

In definitiva, in ottemperanza alle N.T.A. del Piano Stralcio **dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale (ex Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata)**, si afferma che:

- Il presente studio di Compatibilità idrogeologica è supportato da dati oggettivi derivanti da indagini geognostiche e geofisiche eseguite nel sito limitrofo a quello d'interesse;
- Tali indagini, consistenti in Sondaggi a Carotaggio continuo con SPT e con prelievo di Campioni Indisturbati *realizzate in aree limitrofe per altri progetti* e la realizzazione in sito di **n°3 prove sismiche superficiali MASW**, hanno definito in maniera approfondita la geometria superficiale e sotterranea dal punto di vista geofisico, litotecnico e geomeccanico;
- La realizzazione delle opere in progetto verrà effettuata adottando tutte le misure tecnico-costruttive per la mitigazione della vulnerabilità e la riduzione delle condizioni di rischio;
- Verrà adottato un corretto sistema di deflusso delle acque superficiali e sotterranee.

Dal presente studio, quindi, risulta che **non verranno create nuove condizioni di rischio e pericolosità** (rischio sostenibile).

Per i motivi fin qui considerati **si esprime valutazione positiva di compatibilità tra la previsione urbanistica degli interventi a farsi e la caratterizzazione geomorfologia del territorio interessato.**

6 ATTRAVERSAMENTO CON SISTEMA (TOC) – TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA .

Al fine di minimizzare gli impatti sui corsi d'acqua attraversati, in corrispondenza dell'attraversamento del Vallone Vincenzullo, verrà effettuato attraversamento degli stessi con posa del cavidotto MT in sub-alveo mediante trivellazione orizzontale controllata. Il cavidotto MT sarà quindi completamente interrato (non staffato a ponte) e non visibile all'occhio umano. Tale operazione consente di apportare benefici qualitativi in termini di impatti paesaggistici, inoltre concorre a ridurre altre eventuali interferenze, quali ad esempio pericoli in caso di esondazione dei corsi d'acqua, permettendo inoltre la riduzione dell'inquinamento elettromagnetico.

La tecnica del Directional Drilling ovvero Trivellazione Orizzontale Controllata prevede la perforazione mediante una sonda teleguidata ancorata a delle aste metalliche. L'avanzamento avviene per la spinta a forti pressioni esercitata da acqua o miscele di acqua e polimeri totalmente biodegradabili: per effetto della spinta il terreno è compresso lungo le pareti del foro, e l'acqua è utilizzata anche per raffreddare l'utensile.

Questo sistema non comporta alcuno scavo preliminare in quanto necessita solo delle buche di partenza e di arrivo, evitando, quindi, la demolizione e il ripristino di eventuali sovrastrutture esistenti.

Le fasi principali del processo di TOC sono le seguenti:

- delimitazione delle aree di cantiere;
- realizzazione del foro pilota;
- alesatura del foro pilota e contemporanea posa dell'infrastruttura (tubazione).

In corrispondenza della postazione di partenza in cui viene posizionata l'unità di perforazione, a partire da uno scavo di invito viene trivellato un foro pilota di piccolo diametro che segue il profilo di progetto, raggiungendo la superficie al lato opposto dell'unità di perforazione.

Il controllo della posizione della testa di perforazione, giuntata alla macchina attraverso aste metalliche che permettono piccole curvature, è assicurato da un sistema di sensori posti sulla testa stessa. Una volta eseguito il foro pilota viene collegato alle aste un alesatore di diametro leggermente superiore al diametro della tubazione, la quale deve essere trascinata all'interno del foro definitivo. Tale operazione viene effettuata servendosi della rotazione delle aste sull'alesatore e della forza di tiro della macchina, in modo da trascinare all'interno del foro un tubo, generalmente

in PE, di idoneo spessore.

Le operazioni di trivellazione e di tiro sono agevolate dall'uso di fanghi o miscele di acqua-polimeri totalmente biodegradabili, utilizzati attraverso pompe e contenitori appositi che ne impediscono la dispersione nell'ambiente.



Schema semplificato del sistema di trivellazione T.O.C.

Inoltre si precisa che l'intero tracciato del cavidotto sarà realizzato al di sotto della viabilità esistente. In tal modo sarà possibile proteggere il collegamento elettrico dagli effetti delle eventuali azioni di trascinamento della corrente idraulica, ed allo stesso tempo, non si comporterà alcuna riduzione delle sezioni utili per il deflusso idrico.

Il cavidotto MT di collegamento tra l'impianto fotovoltaico e la Stazione Elettrica di Utenza sarà posato ad una profondità di circa 130 cm con protezione anti sfondamento da escavazione, senza corrugati o manufatti di posa interposti con il terreno, sotto viabilità provinciali e comunali.

CONCLUSIONI

L'area studio interessata dall'ubicazione dell'Impianto Agrivoltaico è suddivisa in quattro sottocampi tutti ricadenti nel Comune di Banzi (PZ), le opere di connessione all'impianto, quali il cavidotto interrato, risulta ricadere nei Comuni di Banzi (PZ) e Palazzo San Gervasio (PZ) e, la futura Sottostazione Elettrica di connessione alla RTN sarà realizzata nel Comune di Banzi (PZ). Tutte queste superfici sono comprese nel foglio 188 della Carta Geologica d'Italia "**Gravina in Puglia**" in scala 1:100000.

Lo studio Geologico eseguito nell'area in esame, ha permesso di accertarne le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche ampiamente discusse nei paragrafi precedenti e così sintetizzate:

- **Geologia** – Da un accurato rilevamento di campagna, è stato possibile ricostruire la stratigrafia di un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse [*cf* **Tav. BANPV-T079-CARTA GEOLOGICA**].

Gli affioramenti significativi e principali sono riconducibili essenzialmente a due litotipi:

- **Depositi fluviali terrazzati (Q^c_{cg})**, costituiti da conglomerati poligenico con ciottoli anche di rocce cristalline di medie e grandi dimensioni, con intercalazioni di lenti sabbiose e argillose. (Pleistocene Inf.-Med.);

Questi depositi si sovrappongono ai seguenti

- **Depositi di spiaggia e di delta (Q^c_s)**, formati da sabbie da medie a grossolane a stratificazione incrociata e piano-parallela di colore giallo-ocra e lenti di ghiaia. (Pleistocene Inf.).

Per quanto riguarda l'area di sedime delle opere in progetto, attraverso l'ausilio dei dati tratti dalle Carte Geolitologiche esistenti, successivamente verificati dal rilevamento geologico, si è potuto constatare che il substrato è costituito da "**terreni**" di origine fluviali che si sovrappongono ai **depositi marini**.

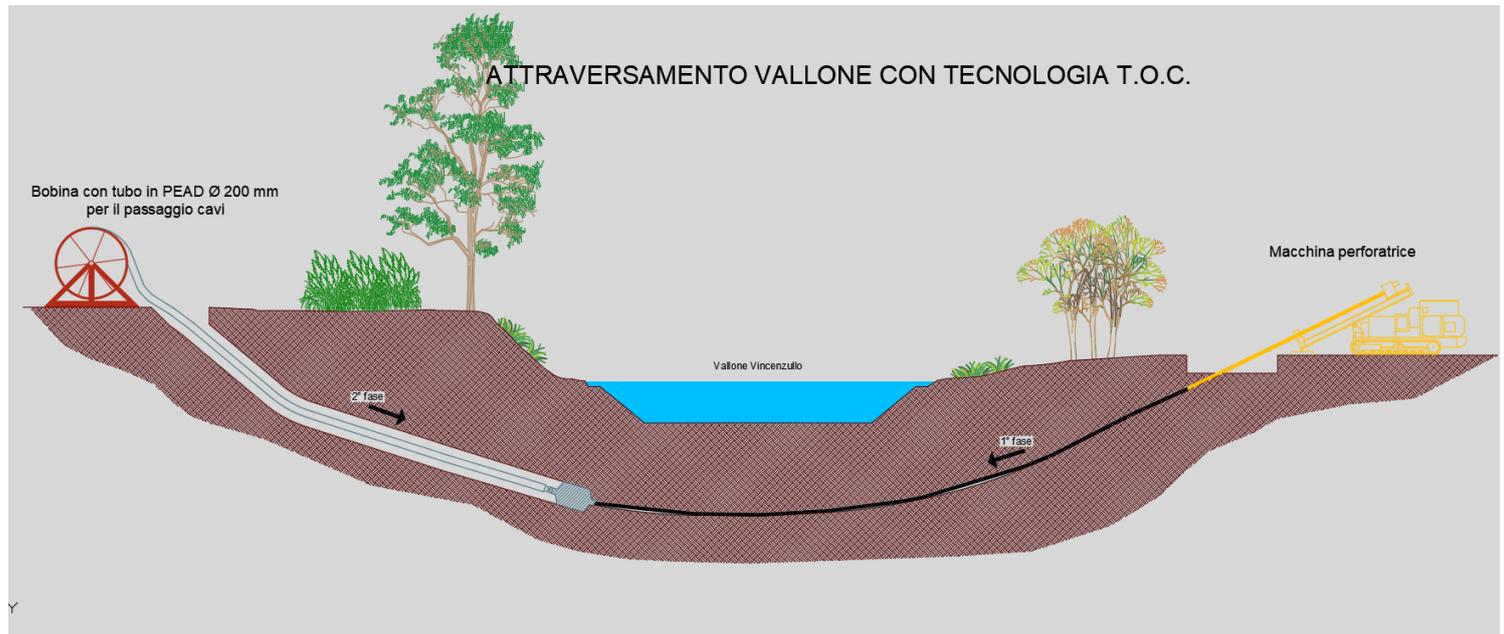
L'assetto stratigrafico rinvenuto nell'area d'intervento è compatibile con quanto noto dalla bibliografia riguardante le zone limitrofe, in cui risulta che, nella sequenza geolitologica in esame, non si rinvencono generalmente strati molli.

- **Geomorfologia** – Lo studio geomorfologico è stato condotto in un'area maggiormente estesa rispetto a quella d'interesse, al fine di acquisire sia un quadro generale di assetto geomorfologico e morfoevolutivo, nel quale collocare le specifiche caratteristiche dell'area, sia e soprattutto di riconoscere la presenza di eventuali elementi morfologici connessi con fenomeni d'instabilità reale o potenziale in corrispondenza dell'opera in progetto.

Per quanto riguarda l'intera area di progetto, in prima analisi si osserva un forte controllo della litologia sulla morfogenesi dell'area in cui affiorano i **depositi fluviali** con giacitura a "sub-orizzontale", materiali grossolani e poco erodibili trasportati e depositati dai maggiori corsi d'acqua che hanno così formato una vasta area sub-pianeggiante (**terrazzo alluvionale antico**), sita a quota compresa fra 615 m e circa 450 m s.l.m., con versanti a debole pendenza formati dall'incisione da parte delle acque superficiali che nei millenni hanno modellato il terrazzo (**cf. Tav. BANPV-T081-CARTA GEOMORFOLOGICA**).

Il paesaggio si presenta ondulato e moderatamente inciso, morfologia blanda con versanti morbidi, risultato dell'intensa azione degli agenti esogeni. Nello specifico le aree nelle quali saranno ubicati l'**Impianto Agrivoltaico** e la **Sottostazione Elettrica** sono rappresentate da superfici pianeggianti e stabili.

L'intero tracciato del cavidotto interrato esterno all'Area Parco sarà posizionato all'interno di sedi stradali esistenti ad una profondità di circa 1,5 m, mentre il cavidotto interrato interno all'Area Parco verrà sempre collocato ad una profondità di circa 1,5 m in parte su strade sterrate e in parte attraverserà dei terreni adibiti alle colture e, in un punto attraverserà il Vallone Vincenzullo con sistema T.O.C. – Trivellazione Orizzontale Controllata. Tale tecnologia è utile ad evitare qualsiasi interferenza con lo stesso impluvio naturale ed eventuali danni allo stesso cavidotto, in modo da posizionare il cavidotto alla profondità di almeno 3m dal piano del letto del corso d'acqua, come di seguito rappresentato.



Sulla base di quanto esposto si può affermare che le condizioni di stabilità compressive locali, appaiono generalmente soddisfacenti, infatti, non si riscontrano nell'area strettamente interessata alla progettazione di che trattasi, zone con particolari dissesti morfologici.

Pertanto, dal punto di vista geomorfologico sono stati ravvisati elementi di **generale stabilità** e che non lasciano prevedere evoluzioni negative degli equilibri esistenti e permettono di definire morfologicamente idonea l'area di progetto.

- **Idrogeologia** I terreni affioranti nell'area di studio, dal punto di vista idrogeologico, sono riferibili a due complessi, uno detritico alluvionale, prevalentemente conglomerati a matrice limo-sabbiosa con livelli e/o lingue di limo-sabbioso e limo-argilloso. (superficiale – sul quale sarà installato l'impianto Agrivoltaico) e uno di origine marina costituito da depositi sabbiosi medio-grossolani con lenti di ghiaia sabbiosa. (cfr Tav. BANPV-T080-CARTA IDROGEOLOGICA).

- **Complesso detritico-alluvionale:** costituito da depositi sciolti e molto addensati a granulometria variabile dalle argille-siltose ai conglomerati. Questi materiali presentano permeabilità per porosità variabile da bassa (per le argille) a molto elevata (per il conglomerato) in relazione alla loro granulometria e stato di addensamento (coefficiente di

permeabilità "K" variabile da 10^{-1} a 10^{-3} cm/sec). Tali cambiamenti di permeabilità, sia verticali che orizzontali, conferiscono caratteri di disomogeneità e anisotropia al complesso idrogeologico, influenzando sulla circolazione idrica sotterranea, per la quale è certamente ipotizzabile un deflusso preferenziale nei terreni a più alto grado di permeabilità relativa (conglomerato).

Alla base dei depositi alluvionali si rinviene il:

- **Complesso marino:** costituito da depositi sabbiosi medio-grossolani con lenti di ghiaia sabbiosa che presentano permeabilità per porosità da bassa a media (coefficiente di permeabilità "K" variabile da 10^{-2} a 10^{-4} cm/sec), e di conseguenza non favoriscono la formazione di falde sotterranee. Tuttavia, in particolare durante le stagioni più piovose, possono originarsi, fino alla profondità di circa 1 m, accumuli d'acqua, in conseguenza di una circolazione idrica che può variare fino ad assumere una certa entità a secondo delle precipitazioni, dato che il terreno di copertura risulta decompresso per essiccazione, comportandosi, pertanto, come permeabile per fessurazione, almeno nella sua parte più superficiale.

I terreni detritico alluvionali, rilevati direttamente dalle indagini geognostiche, **non segnalano la presenza di una falda acquifera superficiale.**

- **Caratterizzazione sismica**– Il territorio comunale di Banzi (PZ), a seguito della riclassificazione sismica del 2002, è classificato in II categoria - S=9 - $a_g=0.25g$.

Per la modellazione sismica dell'area in oggetto vengono considerate **n°3 prove sismiche MASW** realizzate nell'area Parco Agrivoltaico e da dati bibliografici al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).

I risultati forniti dalle indagini sismiche MASW effettuate permettono di definire la categoria di sottosuolo del sito, che risulta posto nella categoria **B**, con valori di V_{Seq} calcolati pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-28.2}$ (m/s)	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)
<i>MASW n. 1</i>	-	[543]
<i>MASW n. 2</i>	[450]	-
<i>MASW n. 3</i>	-	[419]

Valori di $V_{S,eq}$ calcolati, relativi alle prospezioni sismiche MASW effettuate.

Proprio in funzione della categoria di sottosuolo **B** e della categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici (vedi par. 5).

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di a_g (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e S_e [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra T_B e T_C), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	a_g SLD	a_g SLV	S_e [g] SLD	S_e [g] SLV
<i>MASW n. 1</i>	[0.045]	[0.110]	[0.151]	[0.379]
<i>MASW n. 2</i>	[0.046]	[0.112]	[0.135]	[0.342]
<i>MASW n. 3</i>	[0.045]	[0.110]	[0.145]	[0.366]

Valori massimi di a_g e S

- **Caratterizzazione geotecnica** –Per la caratterizzazione geotecnica del sito oggetto d'intervento, sono state considerate le seguenti indagini geognostiche (cfr. **Tav. BANPV-T078-**

CARTA UBICAZIONE SONDAGGI PRELIMINARI):

- Sondaggi a Carotaggio continuo con SPT e con prelievo di Campioni Indisturbati realizzate in aree limitrofe per altri progetti;
- la realizzazione in sito d'intervento di n°3 prove sismiche MASW (*atte ad effettuare la caratterizzazione sismica del sito in relazione alla nuova normativa D.M. 17/01/2018*).

Dalle elaborazioni di queste indagini sono stati ricavati i parametri geotecnici rappresentativi delle reali condizioni del territorio in esame, in base alle quali si può affermare che la situazione stratigrafica presenta terreni con buone caratteristiche geotecniche.

Tali indagini geognostiche saranno integrate con sondaggi diretti in sito per la fase esecutiva del progetto.

Per i motivi fin qui considerati **si esprime valutazione positiva sulla compatibilità geomorfologica e sismica (art. 15 L.R. 9/83) dell'intervento in progetto** in quanto:

1. I lavori da realizzare non apporteranno sostanziali variazioni dell'attuale conformazione orografica dell'area, né tanto meno creeranno neosuperfici esposte ad elevata pendenza, potenziali sedi d'innesto di movimenti franosi, e quindi determinare un aumento della pericolosità da frana;
2. La tipologia dell'intervento non apporteranno variazioni tali da indurre fenomeni di denudazioni e modifiche nella circolazione naturale e nel regime delle acque superficiali e sotterranee;
3. Verranno realizzate opportune opere di regimazione delle acque finalizzate ad evitare il ruscellamento delle acque e la eventuale creazione di erosione diffusa;
4. Sarà adottato un corretto piano di manutenzione delle stesse opere di regimazione;
5. Le opere in progetto non apporteranno un aumento del livello di rischio e/o del grado di esposizione al rischio esistente, non compromettendo **la stabilità e quindi della sicurezza globale dell'area.**
6. **le caratteristiche geologiche dell'area in esame sono tecnicamente compatibili con la realizzazione delle opere in progetto.**

In base a tali risultanze e in ottemperanza alle N.T.A. del Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Distretto Appennino Meridionale, nello specifico in parte nell'ex Autorità Interregionale di Bacino della Basilicata ed in parte nell'ex Autorità di Bacino della Puglia (cfr Tav. BANPV-T082-CARTA del rischio e della pericolosità geomorfologica e Idraulica - PAI), si esprime valutazione positiva di compatibilità tra la previsione urbanistica degli interventi a farsi e la caratterizzazione geomorfologia del territorio interessato in quanto tutte le aree interessate dalle opere in progetto sono stabili (si esclude la presenza di frane sia attive che quiescenti), il cavidotto sarà posizionato all'interno delle carreggiate di strade esistenti ad una profondità di circa 1,5 e in un punto attraverserà il Vallone Vincenzullo con sistema T.O.C. – Trivellazione Orizzontale Controllata. Tale tecnologia è utile ad evitare qualsiasi interferenza con lo stesso impluvio naturale ed eventuali danni allo stesso cavidotto, posizionando il cavidotto alla profondità di almeno 3m dal piano del letto del corso d'acqua.

Si specifica che il progetto in esame viene considerato opere di pubblico interesse ed inoltre:

- Non pregiudica la realizzazione di eventuali interventi del PAI;
- Non concorre ad aumentare il carico insediativo;
- Per la realizzazione dello stesso saranno adottati idonei accorgimenti costruttivi;
- Risulta coerenti con le misure di protezione civile di cui al PAI e ai piani comunali di settore;
- Garantisce la sicurezza del territorio, quindi senza creare minacce per l'incolumità delle persone e danno incombente, con organiche opere finalizzate di salvaguardia;
- Le strutture fondamentali delle opere, consistenti in pannelli fotovoltaici montati su strutture metalliche infisse al terreno e la recinzione metallica delle aree parco, saranno fissate al terreno senza realizzazione di opere strutturali.

Dal presente studio, quindi, risulta che non verranno create nuove condizioni di rischio e pericolosità (rischio sostenibile) e si dichiara che sussiste l'assoluta compatibilità degli interventi a farsi rispetto all'assetto idro-geo-morfologico dell'area d'interesse.

Altavilla Silentina, febbraio 2024



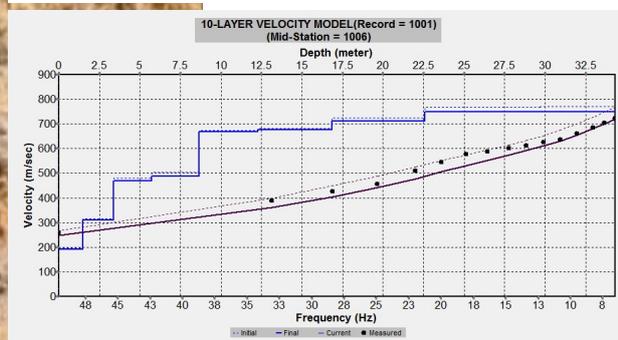
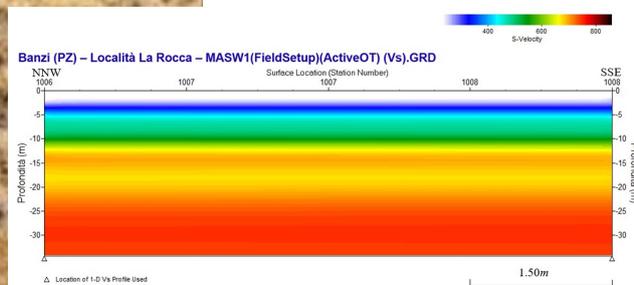
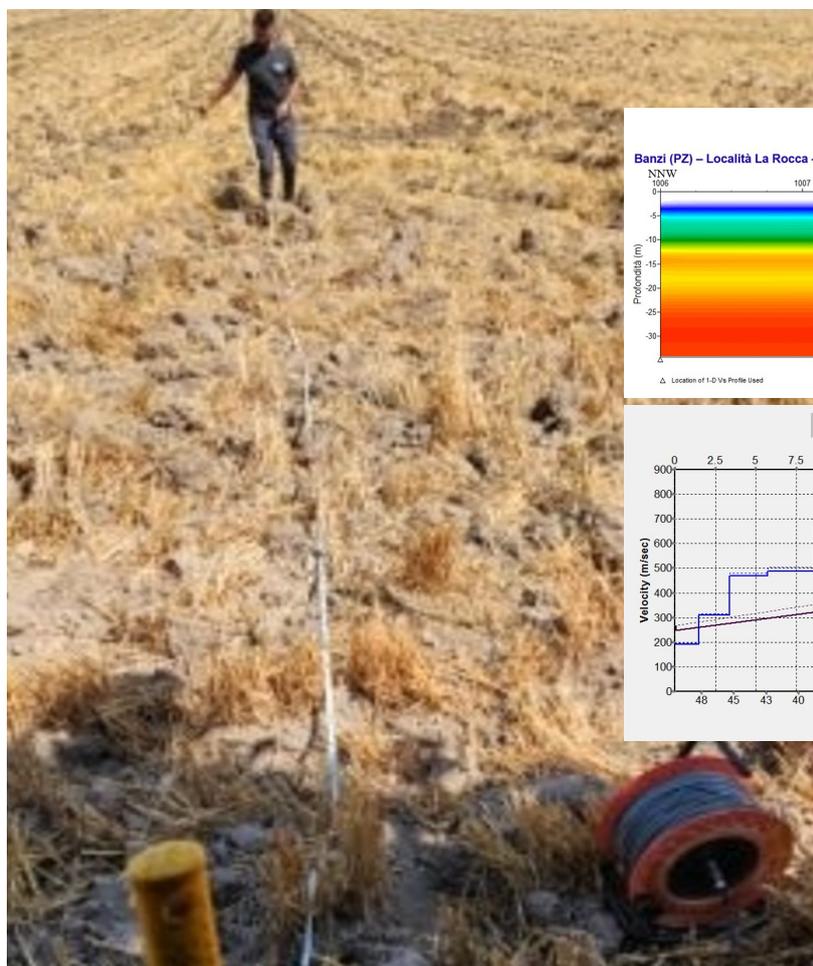
Pagina 113 di 115

ELABORATI ALLEGATI

- **Indagini geognostiche eseguite sul sito d'interesse**
 - *Prove Sismiche MASW.1, MASW.2, MASW.3*
 - **Tav. BANPV-T078-Carta Ubicazione Sondaggi Preliminari**
 - **Tav. BANPV-T079-Carta Geologica**
 - **Tav. BANPV-T080- Carta Idrogeolitologica**
 - **Tav. BANPV-T081- Carta Geomorfologica**
 - **Tav. BANPV-T082-Carta del rischio e della pericolosità geomorfologica e Idraulica - PAI**
 - **Tav. BANPV-T082-Carta dell'inventario dei fenomeni franosi - IFFI**

COMUNE DI BANZI

PROVINCIA DI POTENZA



RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DI SITO INERENTE PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON POTENZA DI PICCO PARI A 20.2 MWp, UBICATO IN LOCALITA' "LA ROCCA"

<p><i>Il Committente</i></p> <p>I-PROJECT S.r.l.</p>	<p><i>Il Tecnico</i></p> <p>Dr. Geol. Fabio Di Feo</p>
<p><i>Altavilla Silentina, agosto 2023</i></p>	

INDICE

1 - PREMESSA.....	3
2 - INDAGINI ESEGUITE.....	6
3 - ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI	7
4 - INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI.....	23
5 - RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	25
6 - CONCLUSIONI.....	50

1 - PREMESSA

Su incarico della **-PROJECT S.r.l.** con Sede Legale in Via del Vecchio Politecnico, n°9 MILANO (MI) - P.IVA 1109287960, PEC I-project@legalmail.it, Sede Operativa: Via Bisceglie, 17 - 84044 Albanella (SA) e per conto della soc. **AME ENERGY S.r.l.**, sono state effettuate n°3 prospezioni sismiche M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) per la redazione della relazione sulla modellazione sismica di sito inerente a lavori di progetto del Parco Agrivoltaico con potenza pari a 20,2 MWp e che sarà installato in Basilicata nel Comune di Banzi (PZ) (Figg. 1 – 4), al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il sottosuolo secondo la normativa vigente (D.M. 17 gennaio 2018).

È stata inoltre condotta un'analisi della risposta sismica del sottosuolo fornendo il calcolo degli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto (D.M. 17 gennaio 2018).



Fig. 1 – Prospezione sismica MASW n.1



Fig. 2 – Prospezione sismica MASW n.2



Fig. 3 – Prospezione sismica MASW n.3



Fig. 4 – Ubicazione degli stendimenti messi in opera su foto aerea di Google Earth.

2 - INDAGINI ESEGUITE

Al fine di caratterizzare sismicamente il sottosuolo nell'area oggetto di indagine, sono state eseguite n.3 prospezioni sismiche MASW (Figg. 1 – 3), con le seguenti caratteristiche (Tab. 1):

Prospezione sismica	Lunghezza complessiva dello stendimento (m)	Spacing (m)	Offset (m)	Direzione	Coordinate Geografiche ED50	
					N	E
MASW n.1	45.0	3.0	6.0	N 065° E	40.905753°	15.984239°
MASW n.2	45.0	3.0	6.0	N 330° E	40.904279°	16.009305°
MASW n.3	45.0	3.0	6.0	N 020° E	40.906901°	16.000773°

Tab. 1 – Riepilogo caratteristiche delle fasi di acquisizione relative agli stendimenti geofonici messi in opera.

Le indagini sono state condotte mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 24 canali, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. (Refraction Microtremor); M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves); S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves)].

L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale. Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise).

La gestione dell'apparecchiatura è notevolmente semplificata dall'interfaccia grafica e dall'interazione con essa tramite il sistema di puntamento touch-screen, che consente di eseguire tutte le operazioni toccando con un pennino gli oggetti interessati direttamente sullo schermo.

L'ambiente operativo dello strumento è quello di Microsoft Windows XP embedded.

La sorgente sismica (Fig. 5) è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 6kg che batte su una piastra circolare in alluminio). Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz, posto in prossimità della piastra.

Quando la battuta sulla superficie della piastra non risultava netta o veniva colpita due volte erroneamente, la prova veniva ripetuta.

La sorgente è stata posizionata all'inizio ed alla fine di ogni stendimento geofonico, con offset pari a 6.00m, in modo da ottenere profili sismici diretti ed inversi. Le oscillazioni del sottosuolo sono state rilevate da 12 geofoni verticali (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo i profili di indagine con spacing pari a 3.00m (Figg. 1 – 3; Tab. 1). La lunghezza complessiva di

ogni stendimento geofonico è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia 2D dei terreni nel sito prescelto fino alla profondità massima di 34.6m dal p.c..

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con apposito programma (SurfSeis 2.05 della Kansas Geological Survey) per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.



Fig. 5 – Sorgente energizzante, costituita da massa battente su piastra di alluminio. Come starter/trigger è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz.

3 - ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI

Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale $T=2.048s$, sono state effettuate con passo di campionamento $dt=0.5ms$. La frequenza di campionamento è data da: $f_{\text{campionamento}}=1/dt=2000Hz$. La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da: $f_{\text{Nyquist}}=1/2dt=1000Hz$. La frequenza minima dei segnali è data da: $f_{\text{min}}=1/T=0.488Hz$.

L'elaborazione dei dati e l'inversione delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh sono state effettuate con il programma SurfSeis 2.05 della Kansas Geological Survey che ha permesso di eseguire l'intero processo di elaborazione di n°3 sezioni sismostratigrafiche 2D delle V_S .

Gli elaborati relativi alle prove effettuate sono di seguito riportati (Figg. 6 – 26).

RECORD # 1002

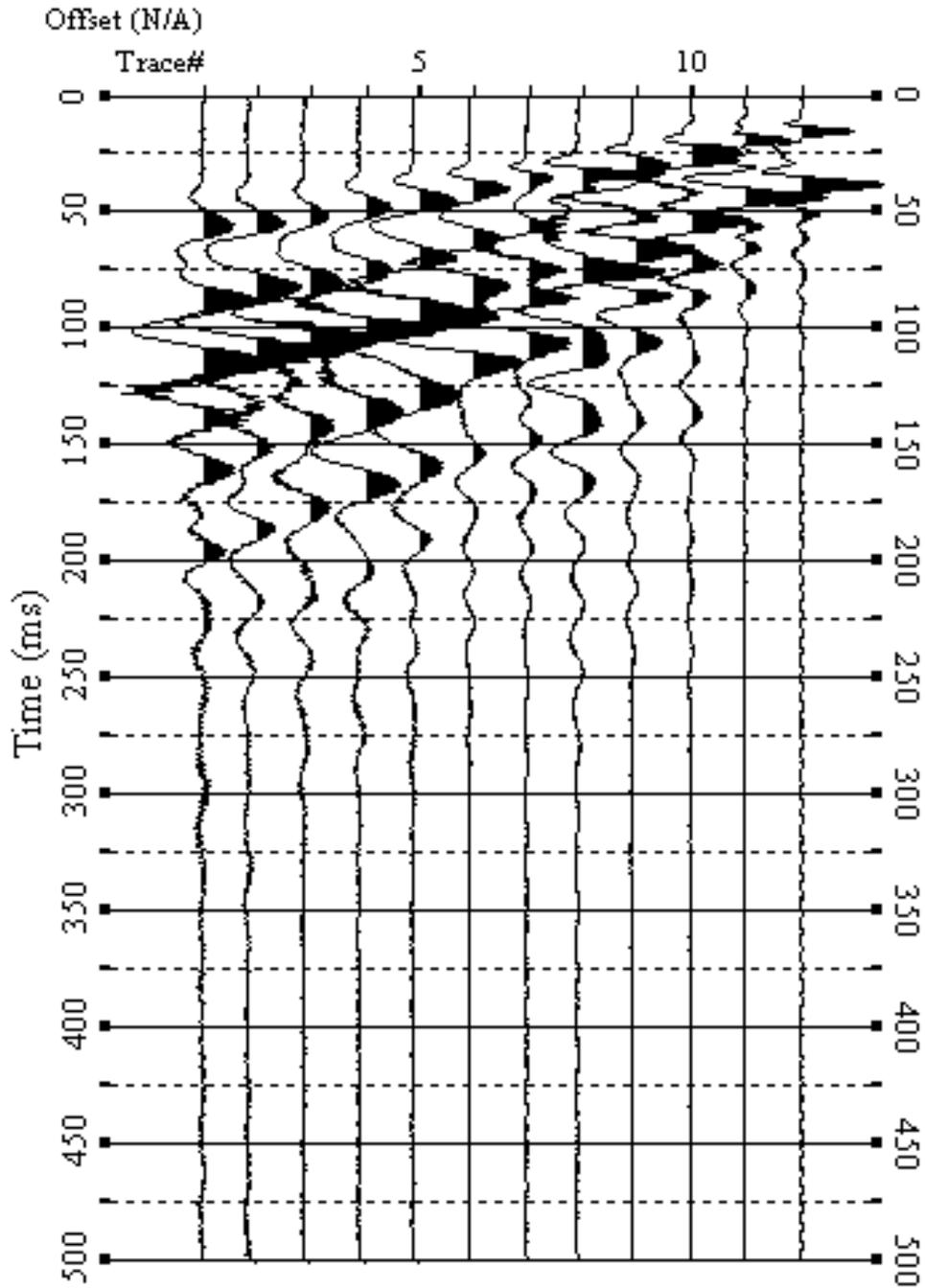


Fig. 7 – Sismogrammi relativi all’indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 2. Finestra temporale [0-500]ms.

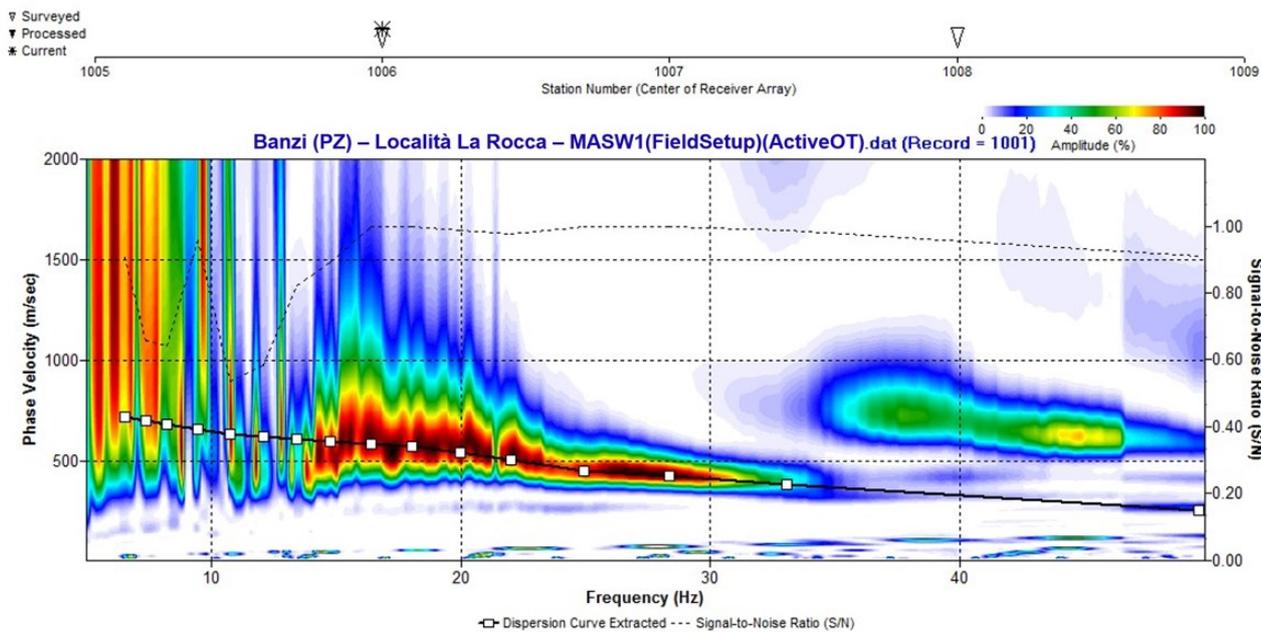


Fig. 8 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall’indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 1.

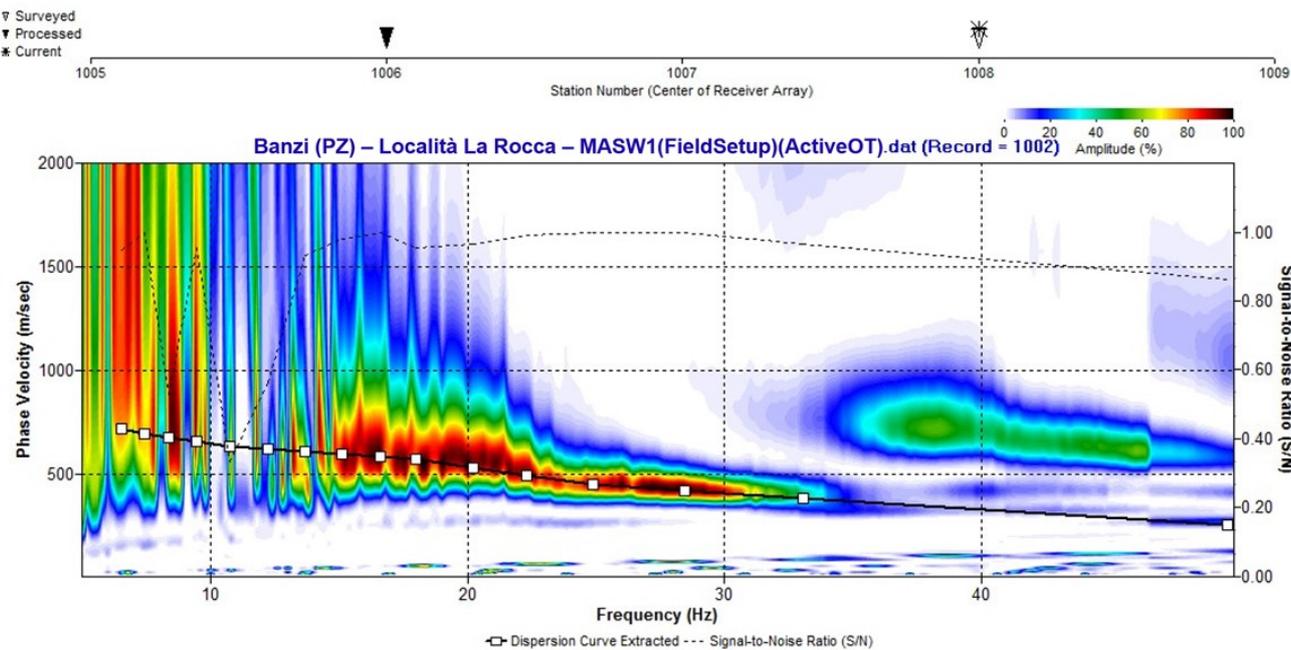


Fig. 9 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall’indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 2.

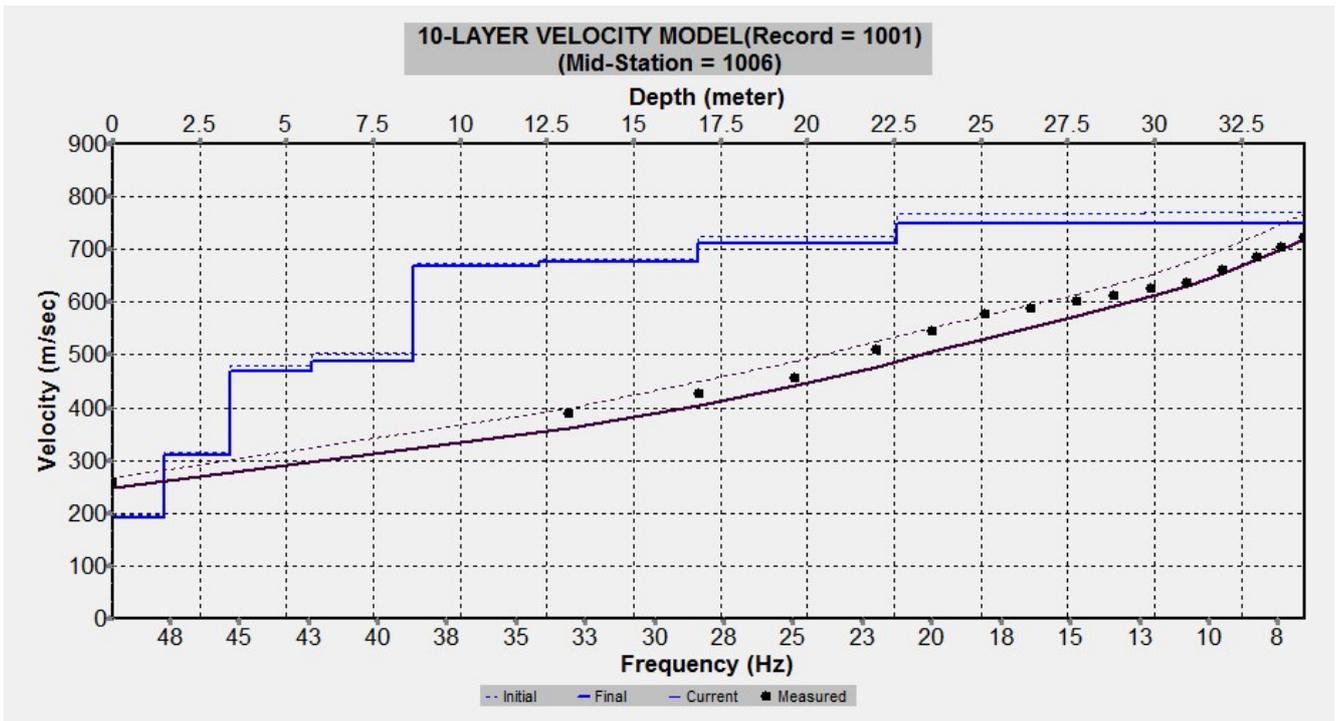


Fig. 10 – Profilo verticale 1D delle V_s ottenuto dall’inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 1 - acquisizione n. 1.

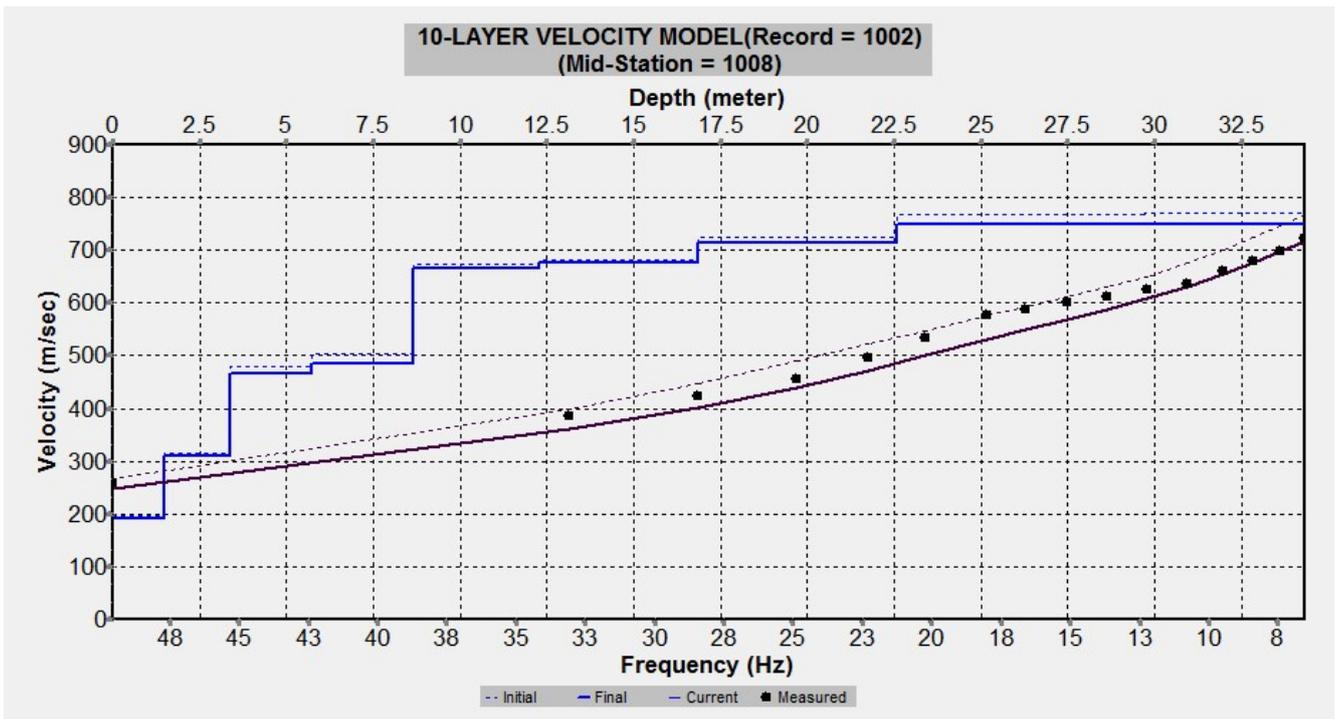


Fig. 11 – Profilo verticale 1D delle V_s ottenuto dall’inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 1 - acquisizione n. 2.

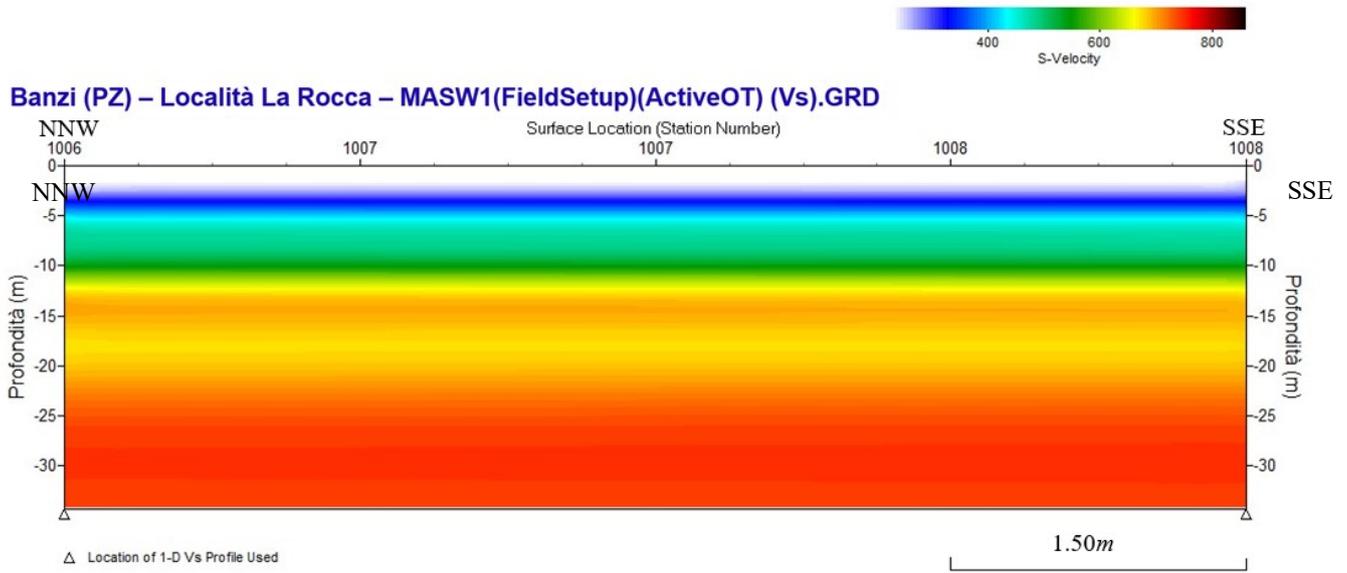


Fig. 12 – Modello sismostratigrafico 2D delle V_s ottenuto dall'indagine Sismica MA 1.50m

RECORD # 1001

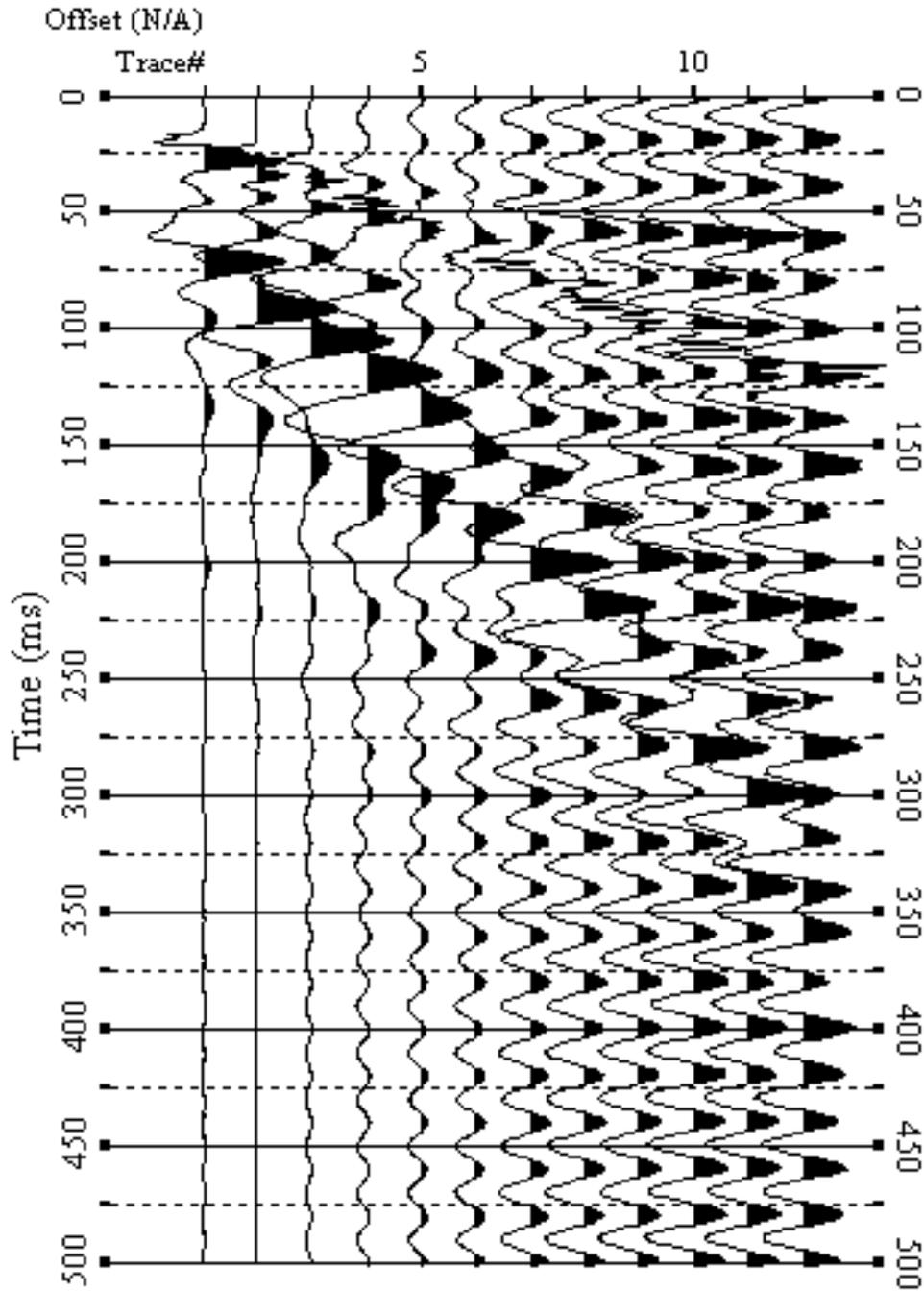


Fig. 13 – Sismogrammi relativi all’indagine Sismica MASW n. 2: acquisizione n. 1. Finestra temporale [0-500]ms.

RECORD # 1002

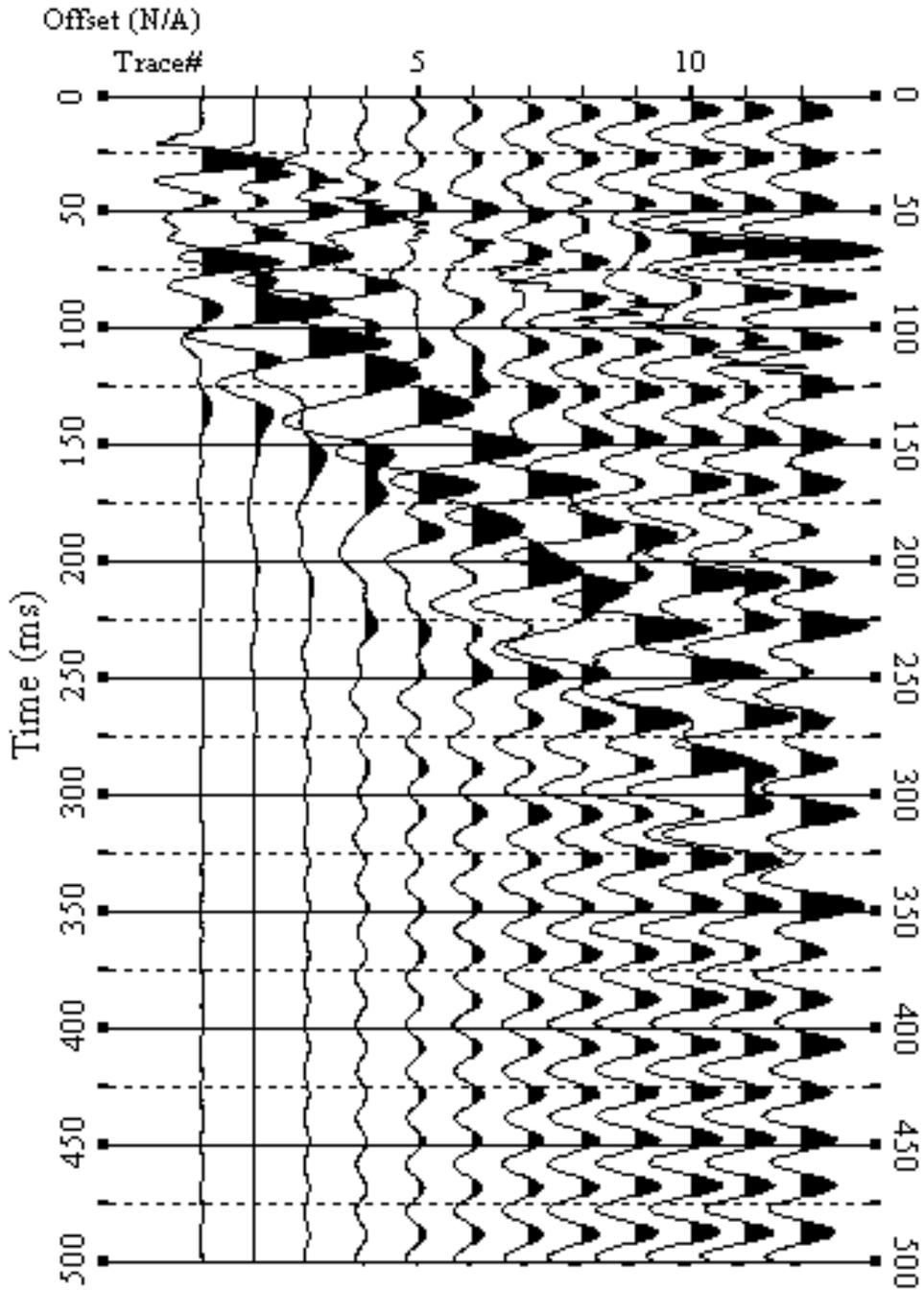


Fig. 14 – Sismogrammi relativi all’indagine Sismica MASW n. 2: acquisizione n. 2. Finestra temporale [0-500]ms.

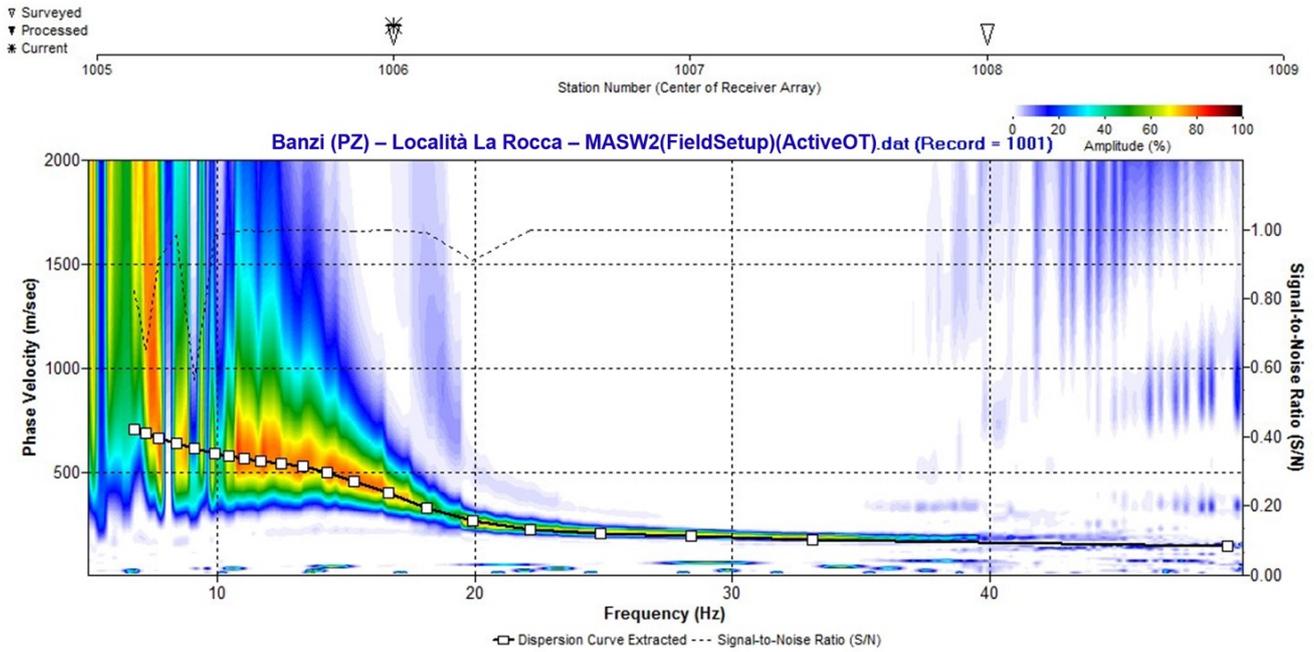


Fig. 15 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 2: acquisizione n. 1.

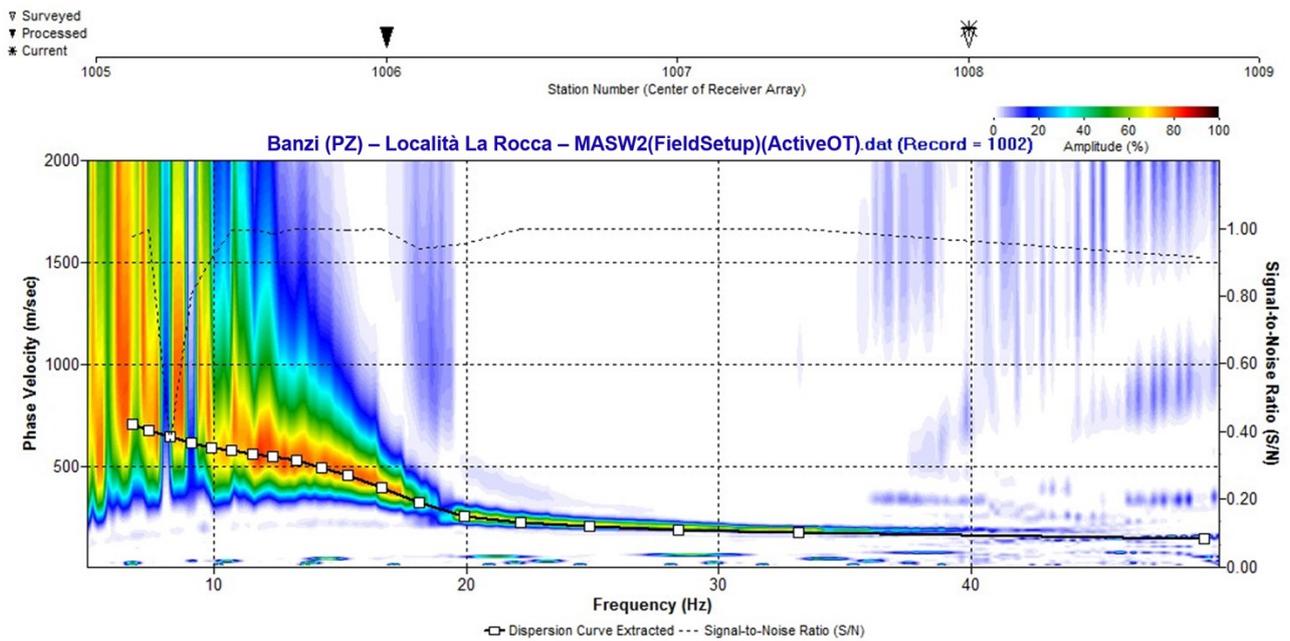


Fig. 16 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 2: acquisizione n. 2.

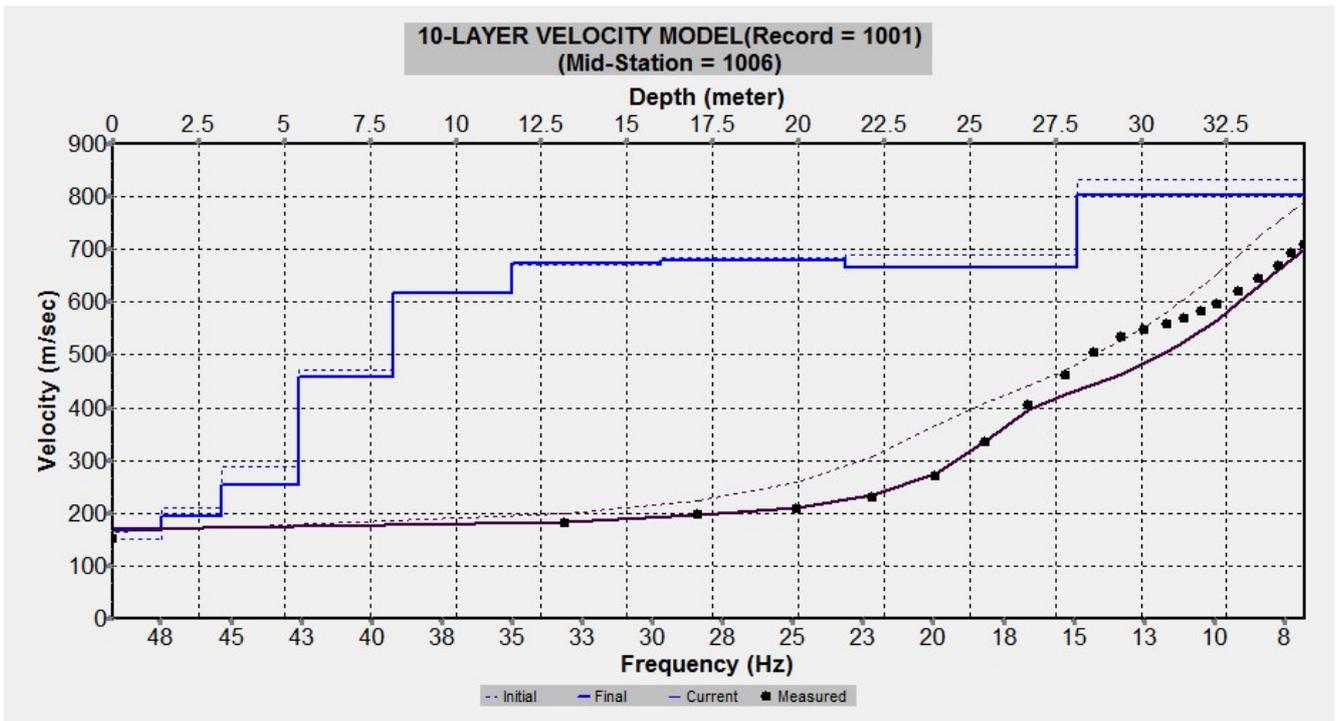


Fig. 17 – Profilo verticale 1D delle V_s ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 2 - acquisizione n. 1.

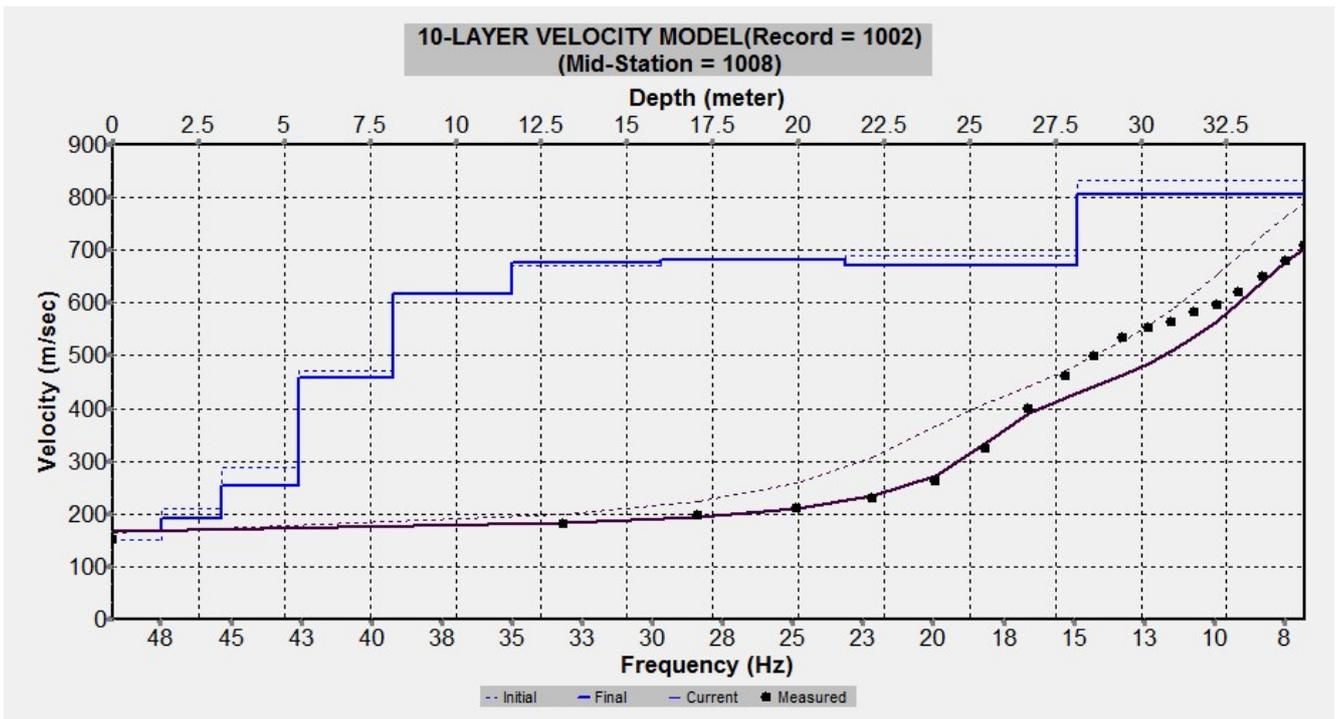


Fig. 18 – Profilo verticale 1D delle V_s ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 2 - acquisizione n. 2.

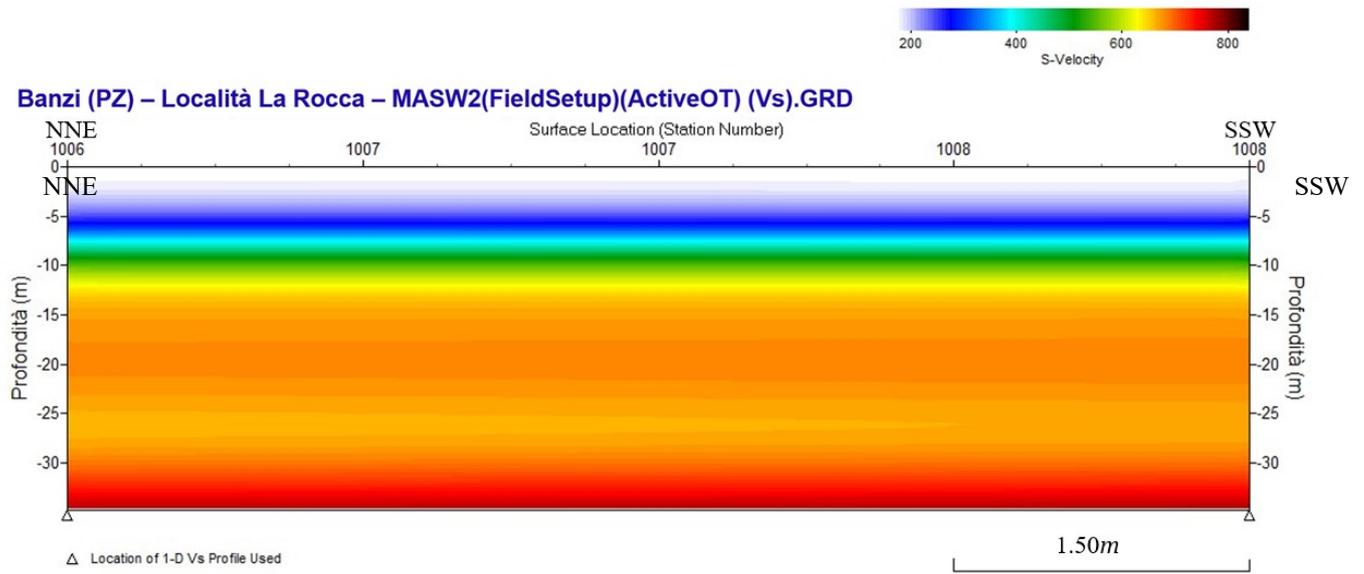


Fig. 19 – Modello sismostratigrafico 2D delle V_s ottenuto dall'indagine Sismica MA: 1.50m

RECORD # 1001

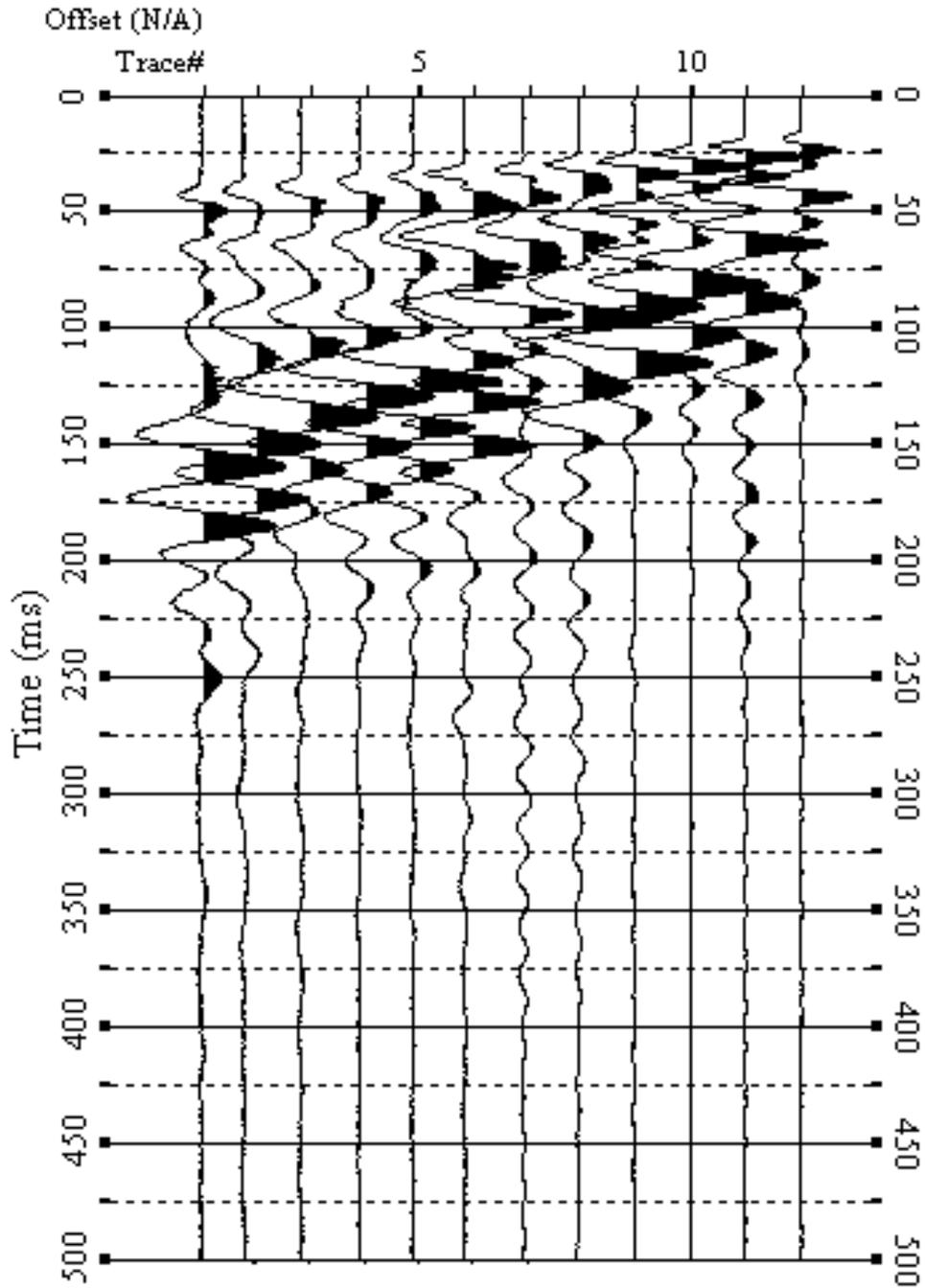


Fig. 20 – Sismogrammi relativi all’indagine Sismica MASW n. 3: acquisizione n. 1. Finestra temporale [0-500]ms.

RECORD # 1002

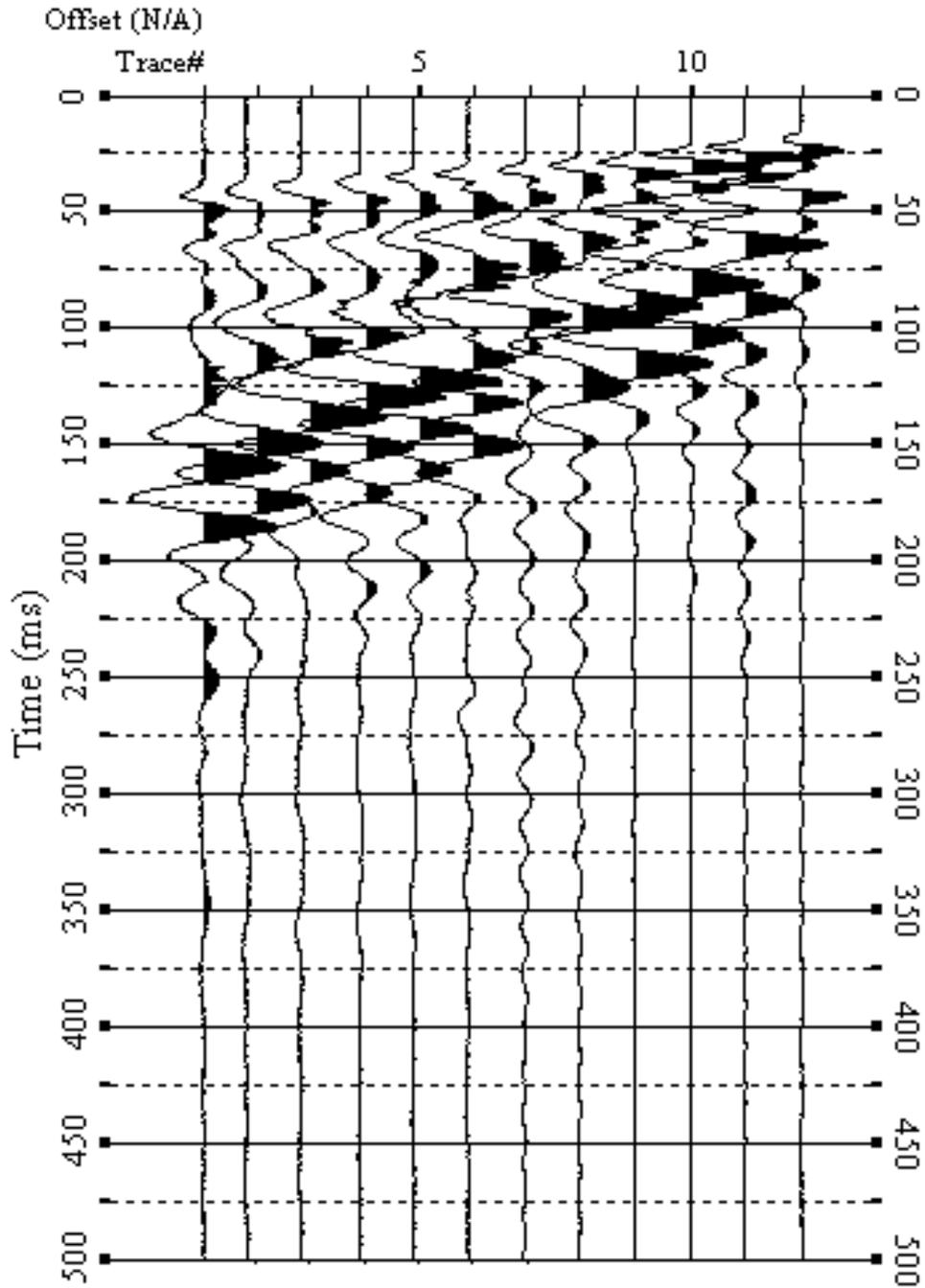


Fig. 21 – Sismogrammi relativi all’indagine Sismica MASW n. 3: acquisizione n. 2. Finestra temporale [0-500]ms.

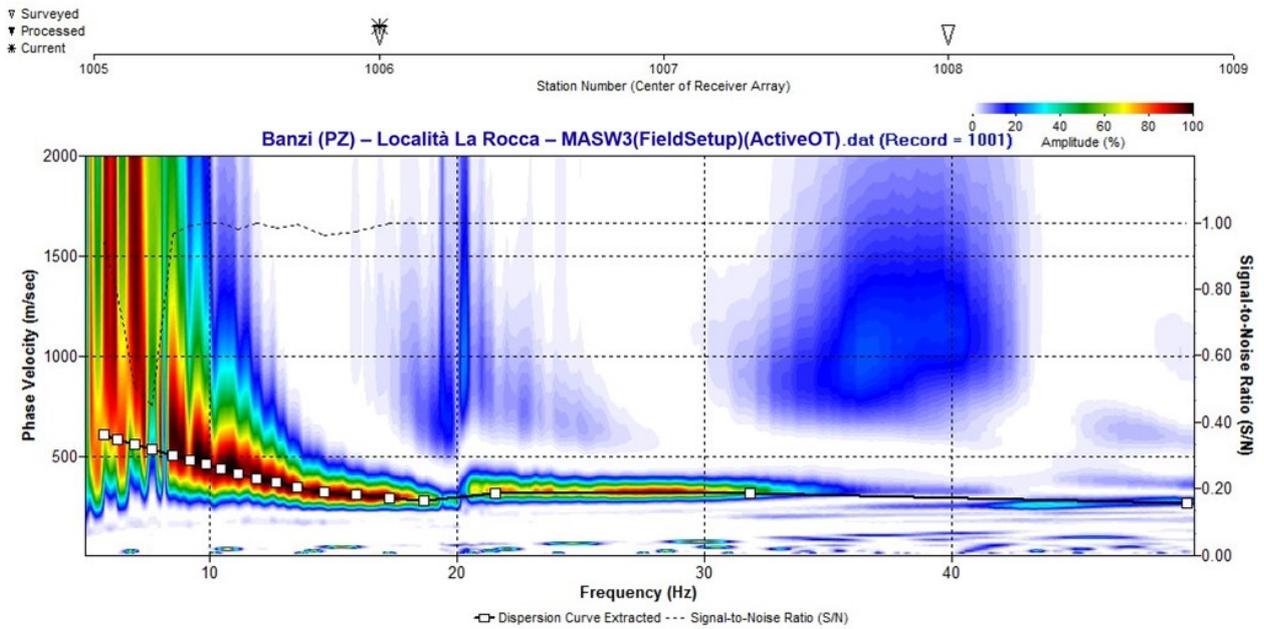


Fig. 22 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 3: acquisizione n. 1.

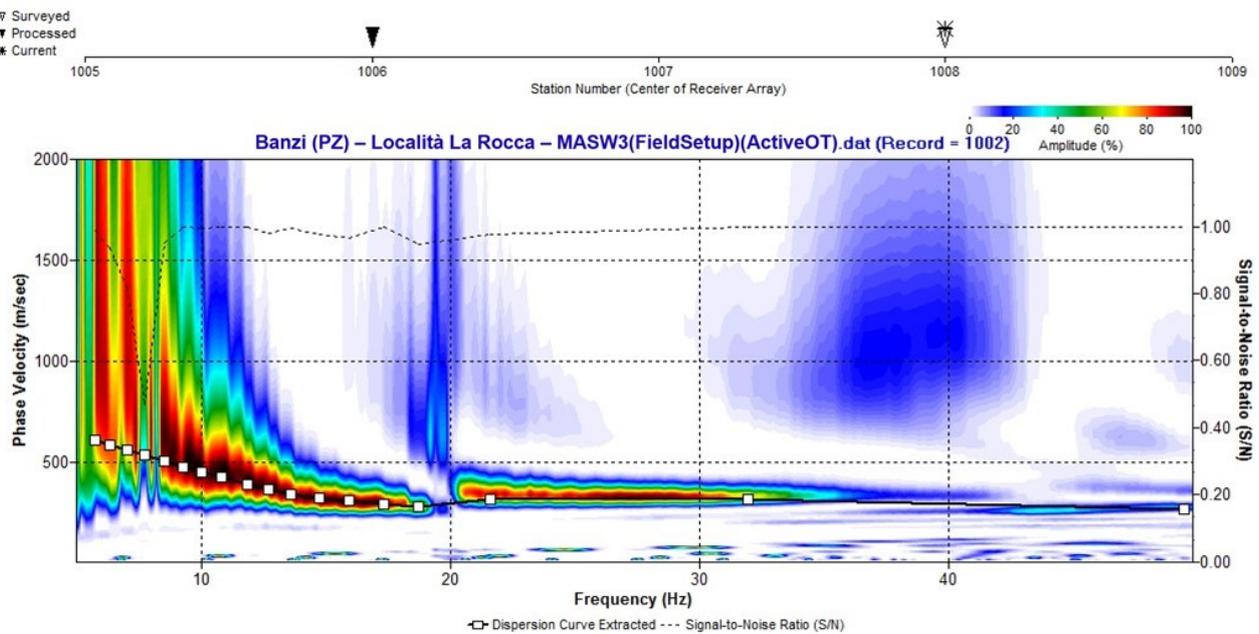


Fig. 23 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 3: acquisizione n. 2.

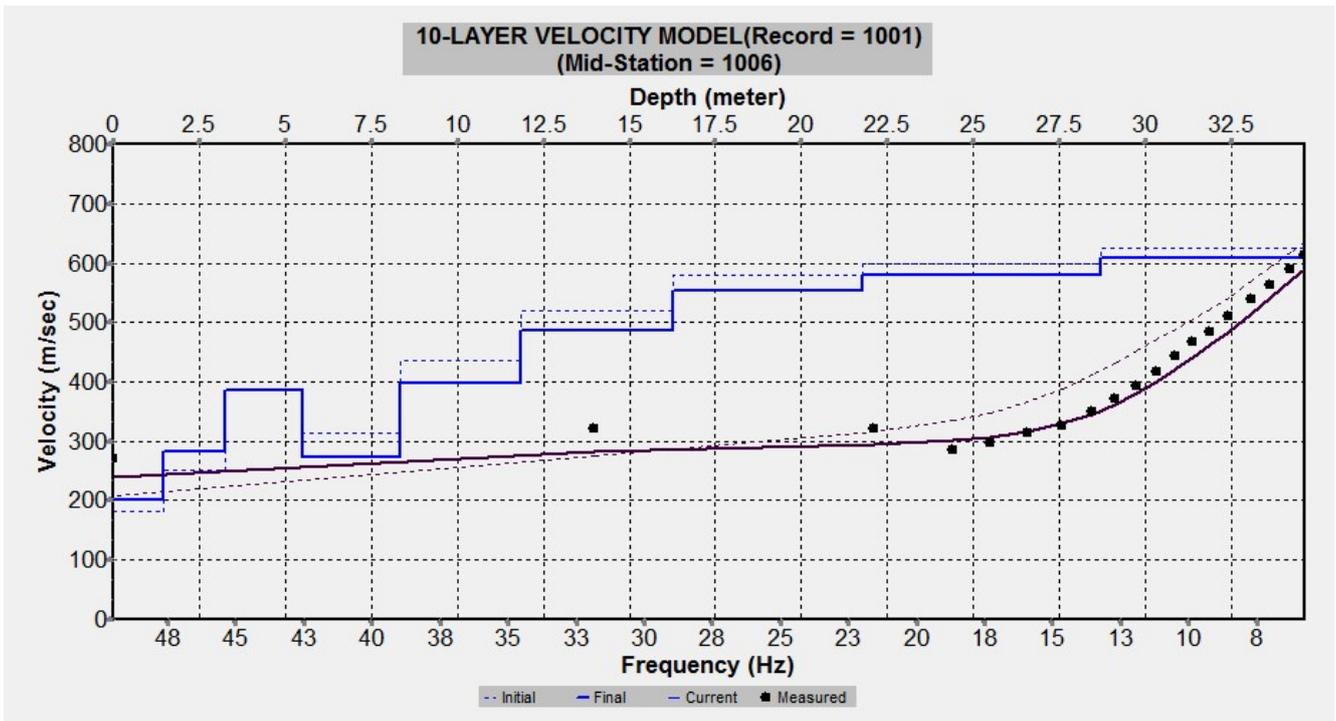


Fig. 24 – Profilo verticale 1D delle V_s ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 3 - acquisizione n. 1.

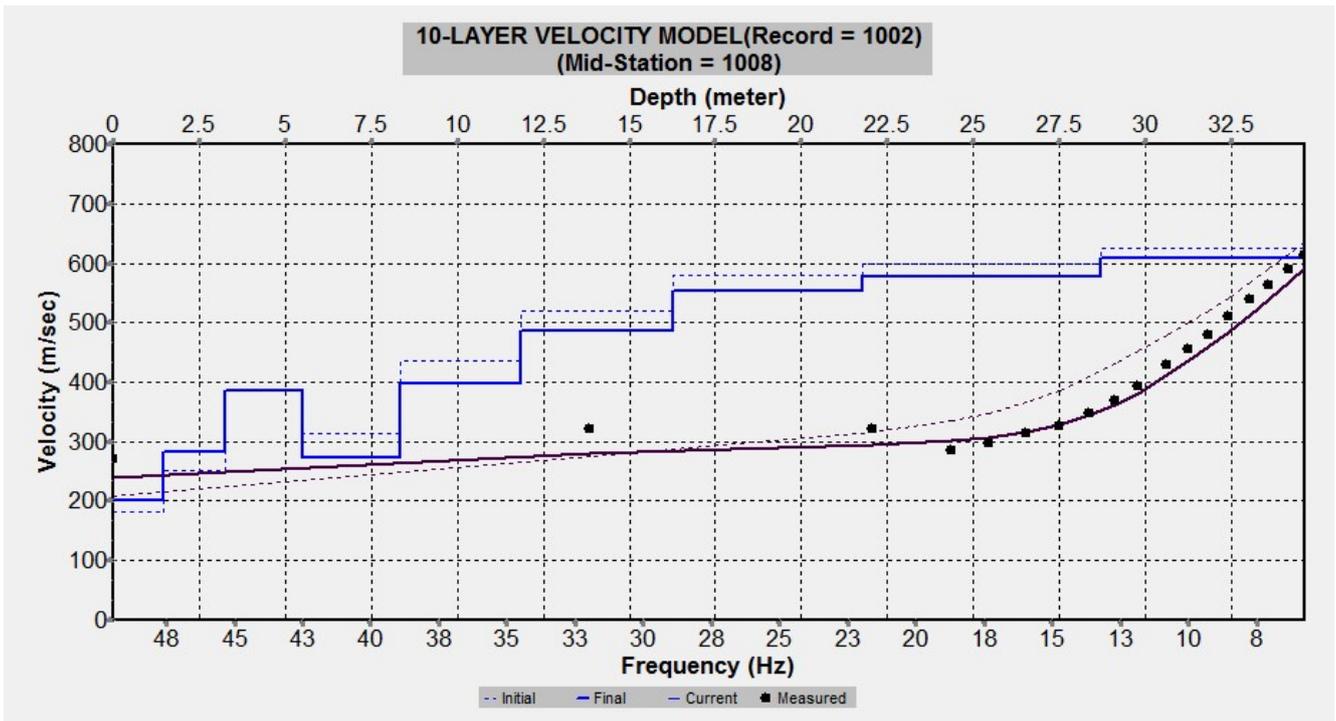


Fig. 25 – Profilo verticale 1D delle V_s ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 3 - acquisizione n. 2.

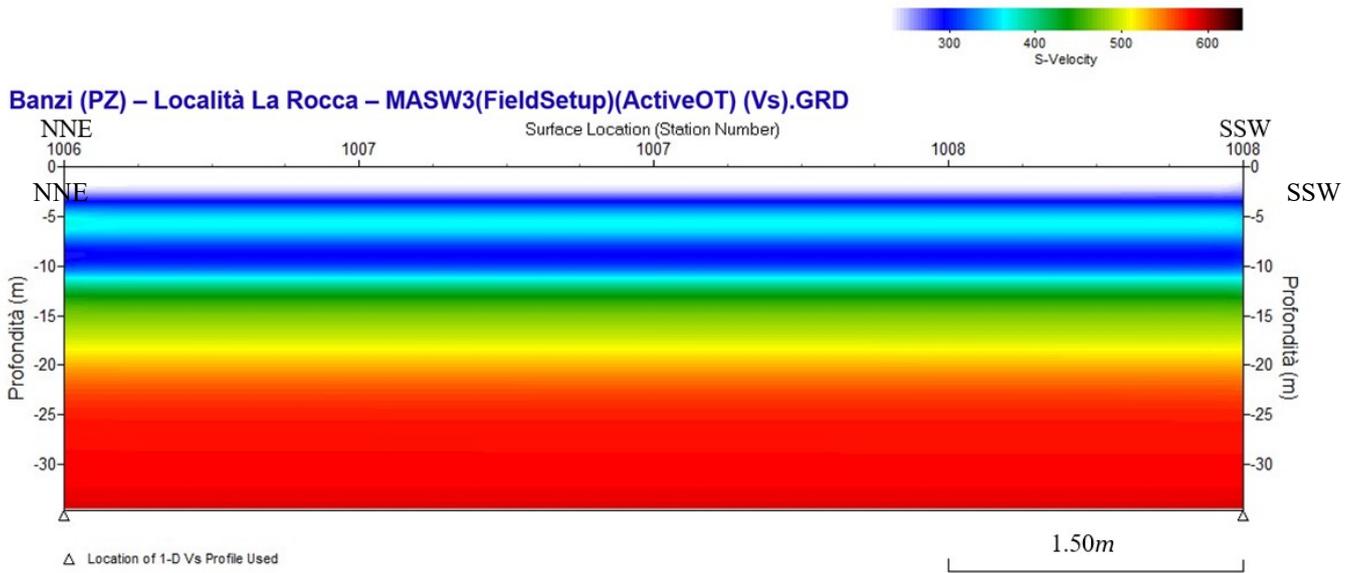


Fig. 26 – Modello sismostratigrafico 2D delle V_s ottenuto dall'indagine Sismica MASW n. 3.

4 - INTERPRETAZIONE ED ANALISI DEI DATI

Le indagini sismiche MASW effettuate, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di 28.2m (0m-28.2m) dal p.c., in quanto è stato raggiunto il bedrock sismico nei primi 28.2 metri di profondità dal p.c., hanno fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine nella categoria **B** del D.M. 17 gennaio 2018 (Tabb. 2 – 4). Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

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

dove h_i e V_i indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti fino ad individuare il bedrock sismico o qualora non individuato nei primi 30 metri di profondità al di sotto del piano fondale.

CATEGORIA	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 terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti 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 velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<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. 2 – Categorie Sottosuoli di fondazione (D.M. 17 gennaio 2018).

<i>Prospezione sismica</i>	$V_{S\ 0-28.2}$ (m/s)	$V_{S\ 0-30}$ (m/s)	<i>Categoria Sottosuoli di Fondazione (D.M. 17/01/2018)</i>
<i>MASW n. 1</i>	-	[543]	B
<i>MASW n. 2</i>	[450]	-	B
<i>MASW n. 3</i>	-	[419]	B

Tab. 3 – Categoria Sottosuolo di fondazione ottenuta dalle prospezioni sismiche MASW effettuate.

Categoria di sottosuolo di fondazione 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.

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T₁	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T₂	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
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 $i > 30^\circ$

Tab. 4 – Categorie topografiche (D.M. 17 gennaio 2018).

Categoria topografica T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

5 - RISPOSTA SISMICA LOCALE

È noto da tempo che i danni che si manifestano durante un terremoto possono avere dimensioni molto diverse in località tra loro vicine a causa di una differente risposta sismica locale; ad esempio, per lo stesso sisma registrato da strumenti identici e a breve distanza reciproca, uno posto su di una coltre alluvionale di 200m di spessore, l'altro su rocce cristalline, fu rilevato un rapporto di ampiezza pari a 5 corrispondente a circa 2 unità della scala sismica delle intensità (Carrara et al., 1992). D'altra parte, lo stesso concetto di magnitudo tiene conto di ciò, legando la sua valutazione all'ampiezza del moto del sottosuolo normalizzata sia mediante una funzione di attenuazione con la distanza, sia mediante un coefficiente di stazione e quest'ultimo è legato, appunto, alla diversa risposta dei siti di registrazione ad uno stesso evento sismico.

Questo fenomeno fu notato per la prima volta un secolo fa quando, durante il tristemente noto terremoto di S. Francisco del 1906, edifici praticamente identici per forma, dimensioni e materiali impiegati, subirono danni sensibilmente diversi (alcuni edifici subirono crolli totali mentre altri subirono danni praticamente trascurabili).

È ormai assodato che le caratteristiche con cui si presenta un sisma in un dato sito sono fortemente dipendenti oltre che dalle caratteristiche della sorgente, dalle modalità di emissione dell'energia e dalla distanza ipocentrale, soprattutto da fattori di risposta locale che modificano la composizione spettrale del sisma.

In sostanza la risposta sismica locale è l'azione di filtro e d'amplificatore esercitata localmente dagli strati più superficiali del terreno sovrapposti ad un basamento roccioso; essa è l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo a una formazione rocciosa di base (substrato o bedrock), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti (deposito di copertura) fino alla superficie.

Per una corretta valutazione della risposta sismica locale è quindi indispensabile calcolare gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto.

La valutazione della risposta sismica locale è stata effettuata secondo i dettami del recente D.M. del 17 gennaio 2018, tramite l'utilizzo del software sperimentale SPETTRI NTC 1.0.3 sviluppato a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ed utilizzando le risultanze delle prospezioni sismiche MASW precedentemente descritte.

Gli spettri di risposta ottenuti sono relativi allo Stato Limite di Esercizio SLD (Stato Limite di Danno) e allo Stato Limite Ultimo SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita).

In un primo stadio è stata individuata la pericolosità del sito sulla base dei risultati del progetto S1 dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

In un secondo momento sono stati calcolati gli spettri di risposta elastici relativi alla strategia di progettazione prescelta (Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II) ed all'azione di progetto di riferimento (SLD e SLV).

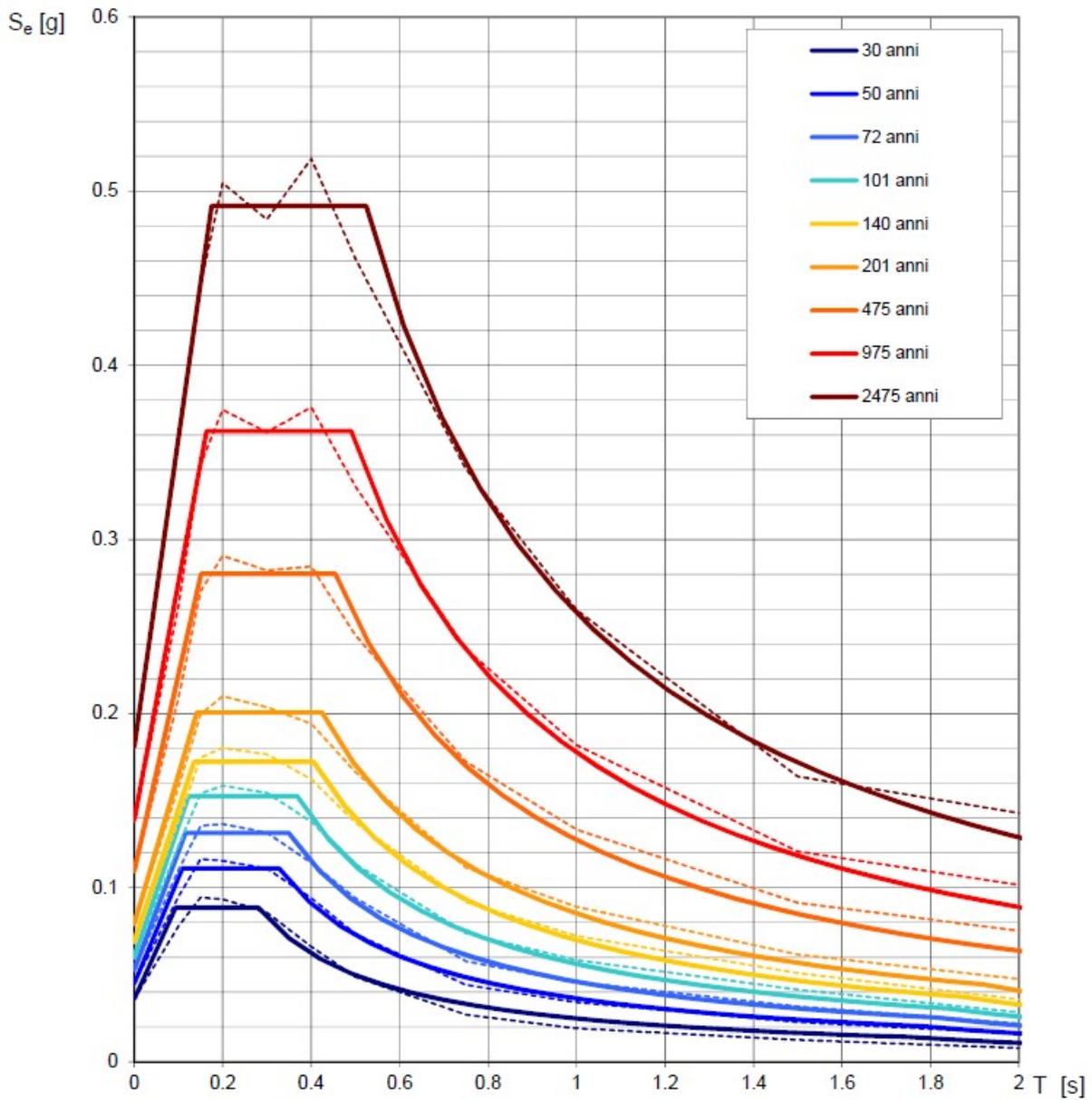
Gli spettri di risposta elastici ottenuti sono rappresentativi delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto per la tipologia di sito individuata nell'area oggetto di indagine.

MASW n.1

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER PERIODI DI RITORNO DI RIFERIMENTO
PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO A
PUNTO DI COORDINATE LONG. 15.984239 – LAT. 40.405753 (IN GRADI DECIMALI)**

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
30	0.036	2.455	0.281
50	0.045	2.466	0.327
72	0.053	2.499	0.349
101	0.060	2.546	0.368
140	0.069	2.501	0.406
201	0.079	2.529	0.425
475	0.110	2.558	0.455
975	0.139	2.609	0.490
2475	0.181	2.718	0.524

Tab. 5 - Prospetto dei valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento. a_g = accelerazione orizzontale massima al sito; F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T_C = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Fig. 27 – Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_r di riferimento per categoria di sottosuolo A.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO B
E PER CATEGORIA TOPOGRAFICA T1
PUNTO DI COORDINATE LONG. LONG. 15.984239 – LAT. 40.405753 (IN GRADI DECIMALI)**

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.045 g
F_o	2.467
T_c	0.328 s
S_s	1.200
C_c	1.375
S_T	1.128
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.353
η	1.000
T_B	0.150 s
T_C	0.450 s
T_D	1.780 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_c / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.061
T_B ←	0.150	0.151
T_C ←	0.450	0.151
	0.514	0.132
	0.577	0.118
	0.640	0.106
	0.704	0.096
	0.767	0.088
	0.830	0.082
	0.894	0.076
	0.957	0.071
	1.020	0.066
	1.084	0.063
	1.147	0.059
	1.210	0.056
	1.274	0.053
	1.337	0.051
	1.400	0.048
	1.464	0.046
	1.527	0.044
	1.590	0.043
	1.654	0.041
	1.717	0.040
T_D ←	1.780	0.038
	1.886	0.034
	1.992	0.030
	2.098	0.027
	2.203	0.025
	2.309	0.023
	2.415	0.021
	2.520	0.019
	2.626	0.018
	2.732	0.016
	2.837	0.015
	2.943	0.014
	3.049	0.013
	3.154	0.012
	3.260	0.011
	3.366	0.011
	3.472	0.010
	3.577	0.009
	3.683	0.009
	3.789	0.008
	3.894	0.008
	4.000	0.008

Tab. 6 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{gv}	0.013 g
S_S	1.000
S_T	1.128
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	0.707
S	1.128
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.015
$T_B \leftarrow$	0.050	0.024
$T_C \leftarrow$	0.150	0.024
	0.235	0.015
	0.320	0.011
	0.405	0.009
	0.490	0.007
	0.575	0.006
	0.660	0.005
	0.745	0.005
	0.830	0.004
	0.915	0.004
$T_D \leftarrow$	1.000	0.004
	1.094	0.003
	1.188	0.003
	1.281	0.002
	1.375	0.002
	1.469	0.002
	1.563	0.001
	1.656	0.001
	1.750	0.001
	1.844	0.001
	1.938	0.001
	2.031	0.001
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.000
	2.781	0.000
	2.875	0.000
	2.969	0.000
	3.063	0.000
	3.156	0.000
	3.250	0.000
	3.344	0.000
	3.438	0.000
	3.531	0.000
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

Tab. 7 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

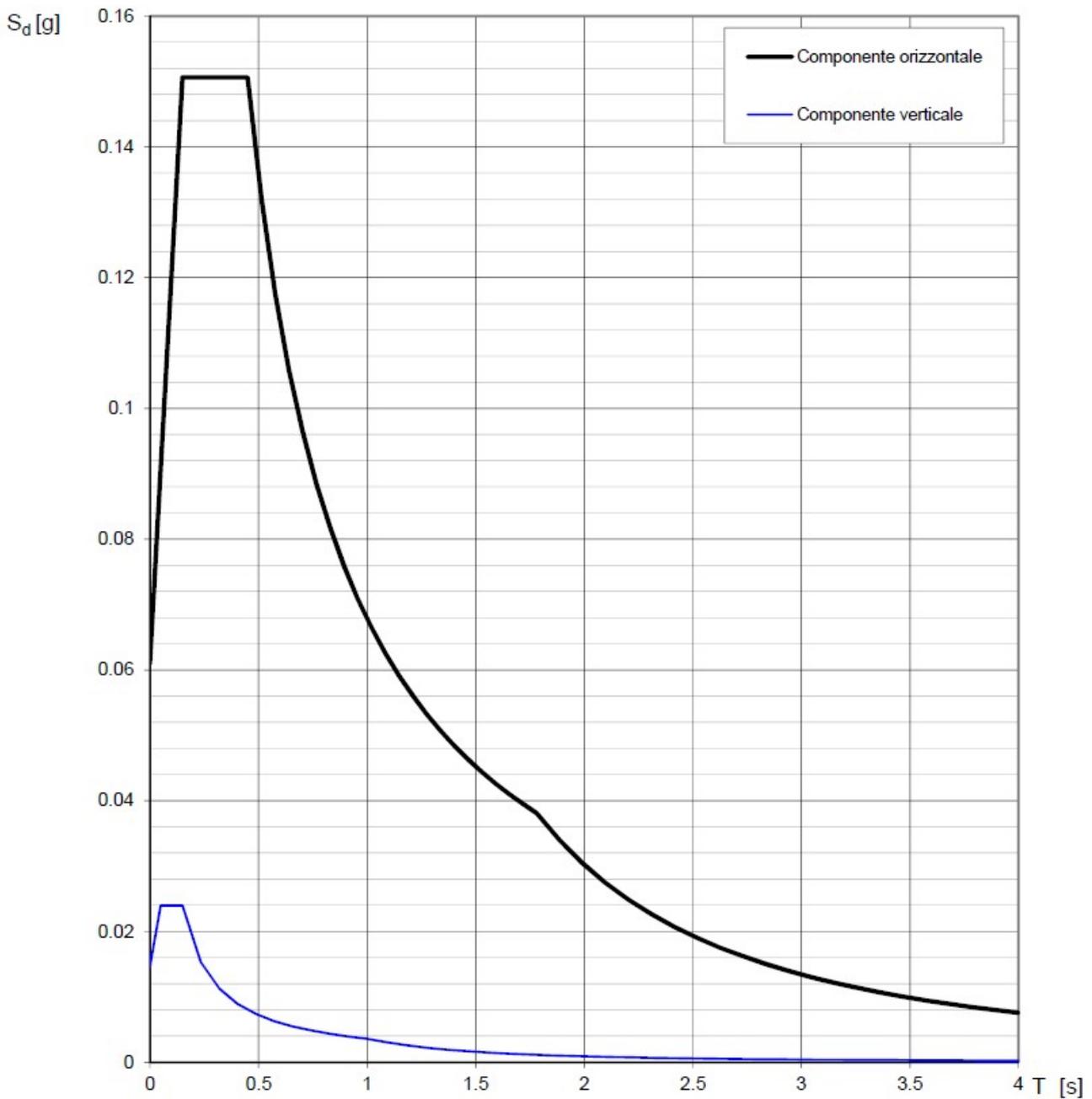


Fig. 28 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD – Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.110 g
F_o	2.558
T_C	0.455 s
S_S	1.200
C_C	1.288
S_T	1.128
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.353
η	1.000
T_B	0.195 s
T_C	0.586 s
T_D	2.038 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.148
$T_B \leftarrow$	0.195	0.379
$T_C \leftarrow$	0.586	0.379
	0.655	0.339
	0.724	0.307
	0.793	0.280
	0.862	0.257
	0.931	0.238
	1.001	0.222
	1.070	0.207
	1.139	0.195
	1.208	0.184
	1.277	0.174
	1.346	0.165
	1.416	0.157
	1.485	0.149
	1.554	0.143
	1.623	0.137
	1.692	0.131
	1.761	0.126
	1.831	0.121
	1.900	0.117
	1.969	0.113
$T_D \leftarrow$	2.038	0.109
	2.131	0.100
	2.225	0.091
	2.318	0.084
	2.412	0.078
	2.505	0.072
	2.599	0.067
	2.692	0.062
	2.785	0.058
	2.879	0.055
	2.972	0.051
	3.066	0.048
	3.159	0.045
	3.253	0.043
	3.346	0.040
	3.439	0.038
	3.533	0.036
	3.626	0.034
	3.720	0.033
	3.813	0.031
	3.907	0.030
	4.000	0.028

Tab. 8 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0.049 g
S_S	1.000
S_T	1.128
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.143
S	1.128
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.055
$T_B \leftarrow$	0.050	0.094
$T_C \leftarrow$	0.150	0.094
	0.235	0.060
	0.320	0.044
	0.405	0.035
	0.490	0.029
	0.575	0.025
	0.660	0.021
	0.745	0.019
	0.830	0.017
	0.915	0.015
$T_D \leftarrow$	1.000	0.014
	1.094	0.012
	1.188	0.010
	1.281	0.009
	1.375	0.007
	1.469	0.007
	1.563	0.006
	1.656	0.005
	1.750	0.005
	1.844	0.004
	1.938	0.004
	2.031	0.003
	2.125	0.003
	2.219	0.003
	2.313	0.003
	2.406	0.002
	2.500	0.002
	2.594	0.002
	2.688	0.002
	2.781	0.002
	2.875	0.002
	2.969	0.002
	3.063	0.002
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.001
	3.906	0.001
	4.000	0.001

Tab. 9 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

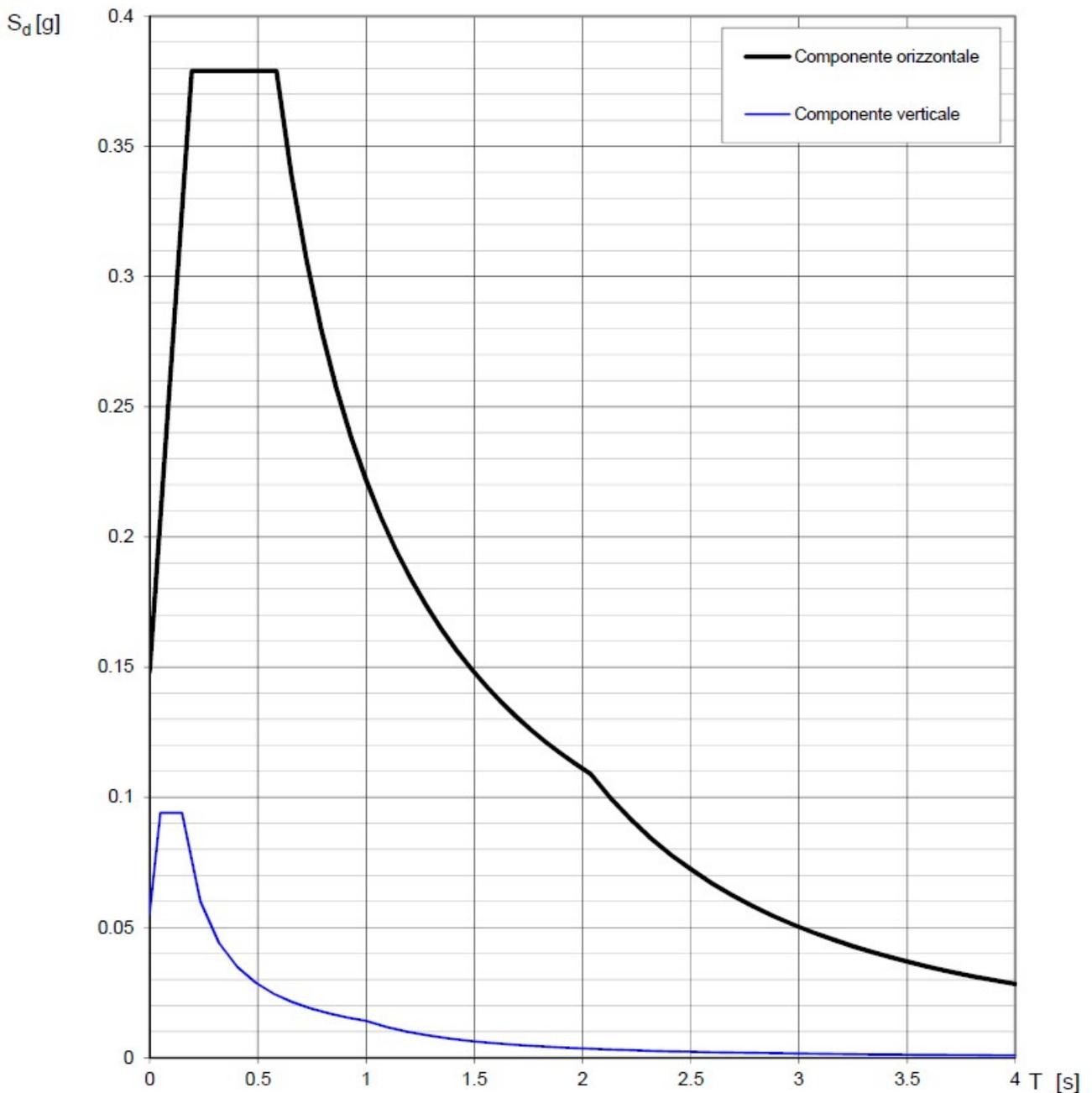


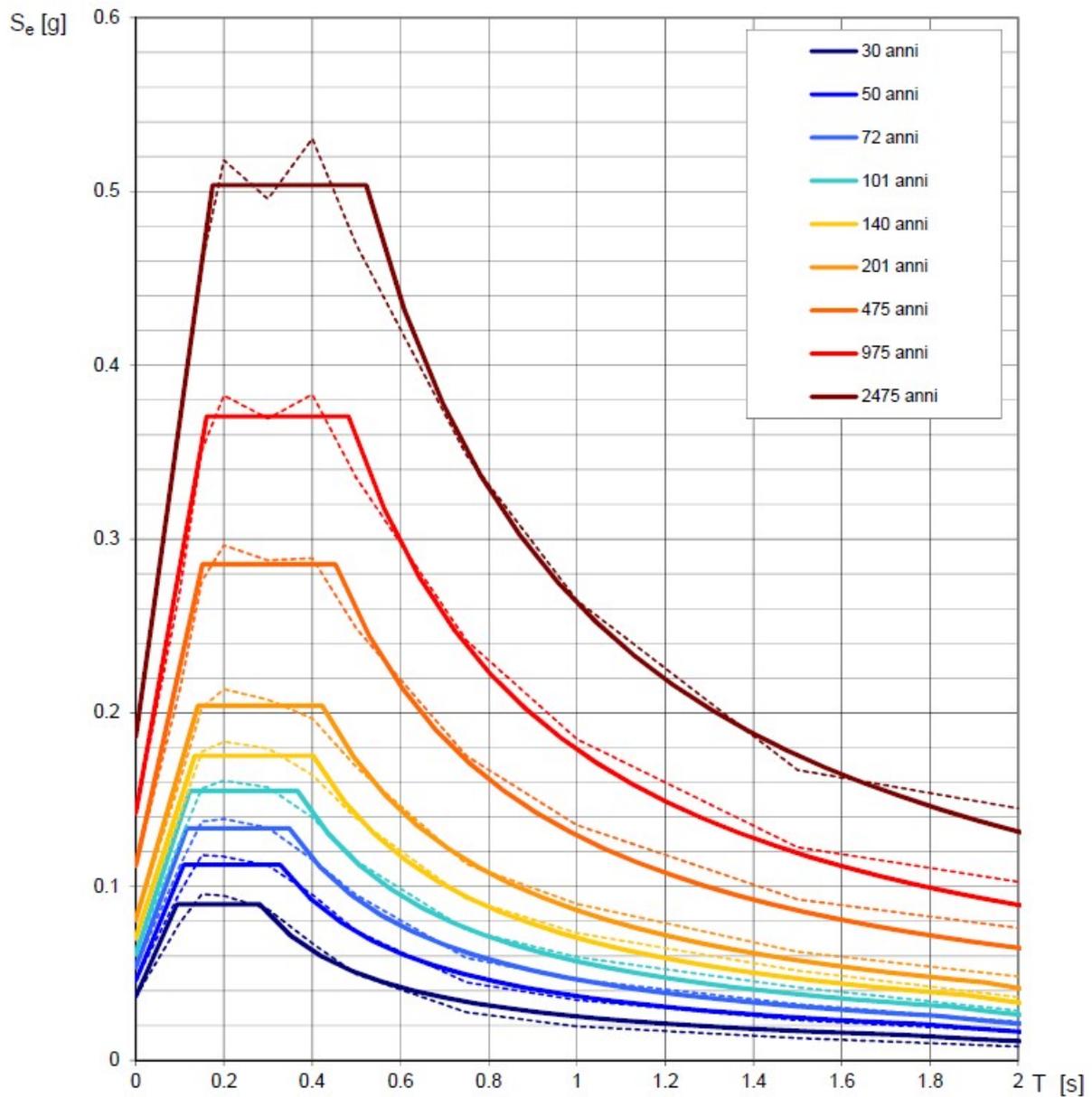
Fig. 29 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV – Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

MASW n.2

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER PERIODI DI RITORNO DI RIFERIMENTO
PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO A
PUNTO DI COORDINATE LONG. 16.009305 – LAT. 40.904279 (IN GRADI DECIMALI)**

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
30	0.037	2.457	0.281
50	0.046	2.461	0.327
72	0.053	2.502	0.348
101	0.061	2.544	0.367
140	0.070	2.503	0.402
201	0.081	2.526	0.423
475	0.112	2.551	0.453
975	0.142	2.605	0.482
2475	0.186	2.707	0.522

Tab. 10 - Prospetto dei valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento. a_g = accelerazione orizzontale massima al sito; F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T_C = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



NOTA:
Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Fig. 30 – Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_r di riferimento per categoria di sottosuolo A.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO B
E PER CATEGORIA TOPOGRAFICA T1
PUNTO DI COORDINATE LONG. 16.009305 – LAT. 40.904279 (IN GRADI DECIMALI)**

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.046 g
F_o	2.461
T_c	0.328 s
S_s	1.200
C_c	1.375
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.150 s
T_C	0.450 s
T_D	1.783 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q$$

$$T_B = T_c / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.055
$T_B \leftarrow$	0.150	0.135
$T_C \leftarrow$	0.450	0.135
	0.514	0.119
	0.577	0.106
	0.641	0.095
	0.704	0.087
	0.768	0.079
	0.831	0.073
	0.895	0.068
	0.958	0.064
	1.022	0.060
	1.085	0.056
	1.149	0.053
	1.212	0.050
	1.276	0.048
	1.339	0.046
	1.403	0.044
	1.466	0.042
	1.530	0.040
	1.593	0.038
	1.657	0.037
	1.720	0.035
$T_D \leftarrow$	1.783	0.034
	1.889	0.031
	1.995	0.027
	2.100	0.025
	2.206	0.022
	2.311	0.020
	2.417	0.019
	2.522	0.017
	2.628	0.016
	2.733	0.015
	2.839	0.014
	2.945	0.013
	3.050	0.012
	3.156	0.011
	3.261	0.010
	3.367	0.010
	3.472	0.009
	3.578	0.009
	3.683	0.008
	3.789	0.008
	3.894	0.007
	4.000	0.007

Tab. 11 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{gv}	0.013 g
S_S	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	0.712
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.013
$T_B \leftarrow$	0.050	0.022
$T_C \leftarrow$	0.150	0.022
	0.235	0.014
	0.320	0.010
	0.405	0.008
	0.490	0.007
	0.575	0.006
	0.660	0.005
	0.745	0.004
	0.830	0.004
	0.915	0.004
$T_D \leftarrow$	1.000	0.003
	1.094	0.003
	1.188	0.002
	1.281	0.002
	1.375	0.002
	1.469	0.002
	1.563	0.001
	1.656	0.001
	1.750	0.001
	1.844	0.001
	1.938	0.001
	2.031	0.001
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.000
	2.688	0.000
	2.781	0.000
	2.875	0.000
	2.969	0.000
	3.063	0.000
	3.156	0.000
	3.250	0.000
	3.344	0.000
	3.438	0.000
	3.531	0.000
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

Tab. 12 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

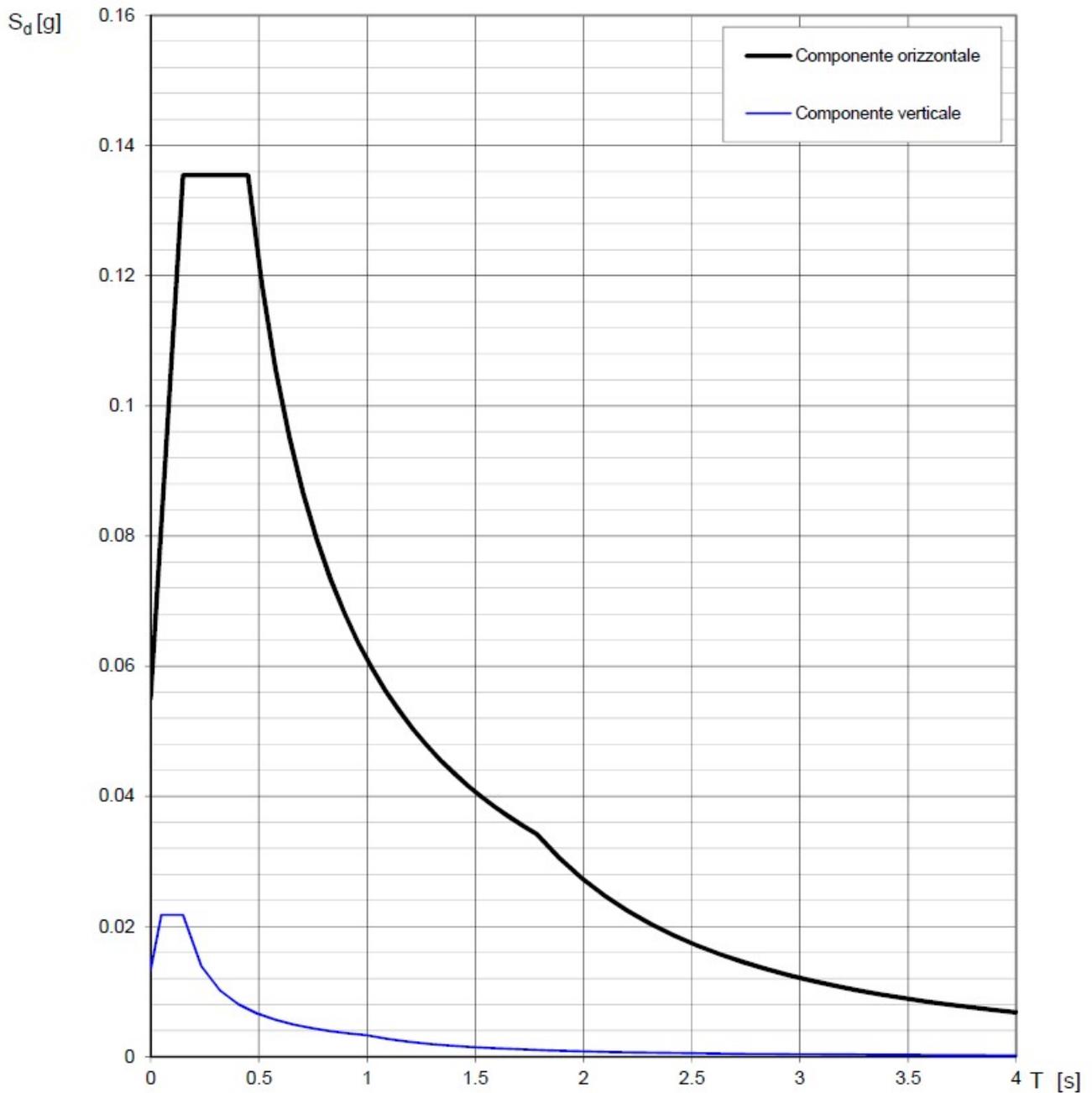


Fig. 31 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD – Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.112 g
F_o	2.551
T_c	0.453 s
S_s	1.200
C_c	1.289
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.200
η	1.000
T_B	0.195 s
T_C	0.584 s
T_D	2.047 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0.55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4.0 \cdot a_g / g + 1.6$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.134
$T_B \leftarrow$	0.195	0.342
$T_C \leftarrow$	0.584	0.342
	0.654	0.306
	0.723	0.276
	0.793	0.252
	0.863	0.232
	0.932	0.214
	1.002	0.199
	1.072	0.187
	1.141	0.175
	1.211	0.165
	1.281	0.156
	1.350	0.148
	1.420	0.141
	1.490	0.134
	1.560	0.128
	1.629	0.123
	1.699	0.118
	1.769	0.113
	1.838	0.109
	1.908	0.105
	1.978	0.101
$T_D \leftarrow$	2.047	0.098
	2.140	0.089
	2.233	0.082
	2.326	0.076
	2.419	0.070
	2.512	0.065
	2.605	0.060
	2.698	0.056
	2.791	0.053
	2.884	0.049
	2.977	0.046
	3.070	0.043
	3.163	0.041
	3.256	0.039
	3.349	0.036
	3.442	0.035
	3.535	0.033
	3.628	0.031
	3.721	0.030
	3.814	0.028
	3.907	0.027
	4.000	0.026

Tab. 13 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0.051 g
S_s	1.000
S_T	1.000
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.152
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_{gv}}{g} \right)^{0.5}$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.051
$T_B \leftarrow$	0.050	0.086
$T_C \leftarrow$	0.150	0.086
	0.235	0.055
	0.320	0.040
	0.405	0.032
	0.490	0.026
	0.575	0.022
	0.660	0.020
	0.745	0.017
	0.830	0.016
	0.915	0.014
$T_D \leftarrow$	1.000	0.013
	1.094	0.011
	1.188	0.009
	1.281	0.008
	1.375	0.007
	1.469	0.006
	1.563	0.005
	1.656	0.005
	1.750	0.004
	1.844	0.004
	1.938	0.003
	2.031	0.003
	2.125	0.003
	2.219	0.003
	2.313	0.002
	2.406	0.002
	2.500	0.002
	2.594	0.002
	2.688	0.002
	2.781	0.002
	2.875	0.002
	2.969	0.001
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.001
	3.906	0.001
	4.000	0.001

Tab. 14 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

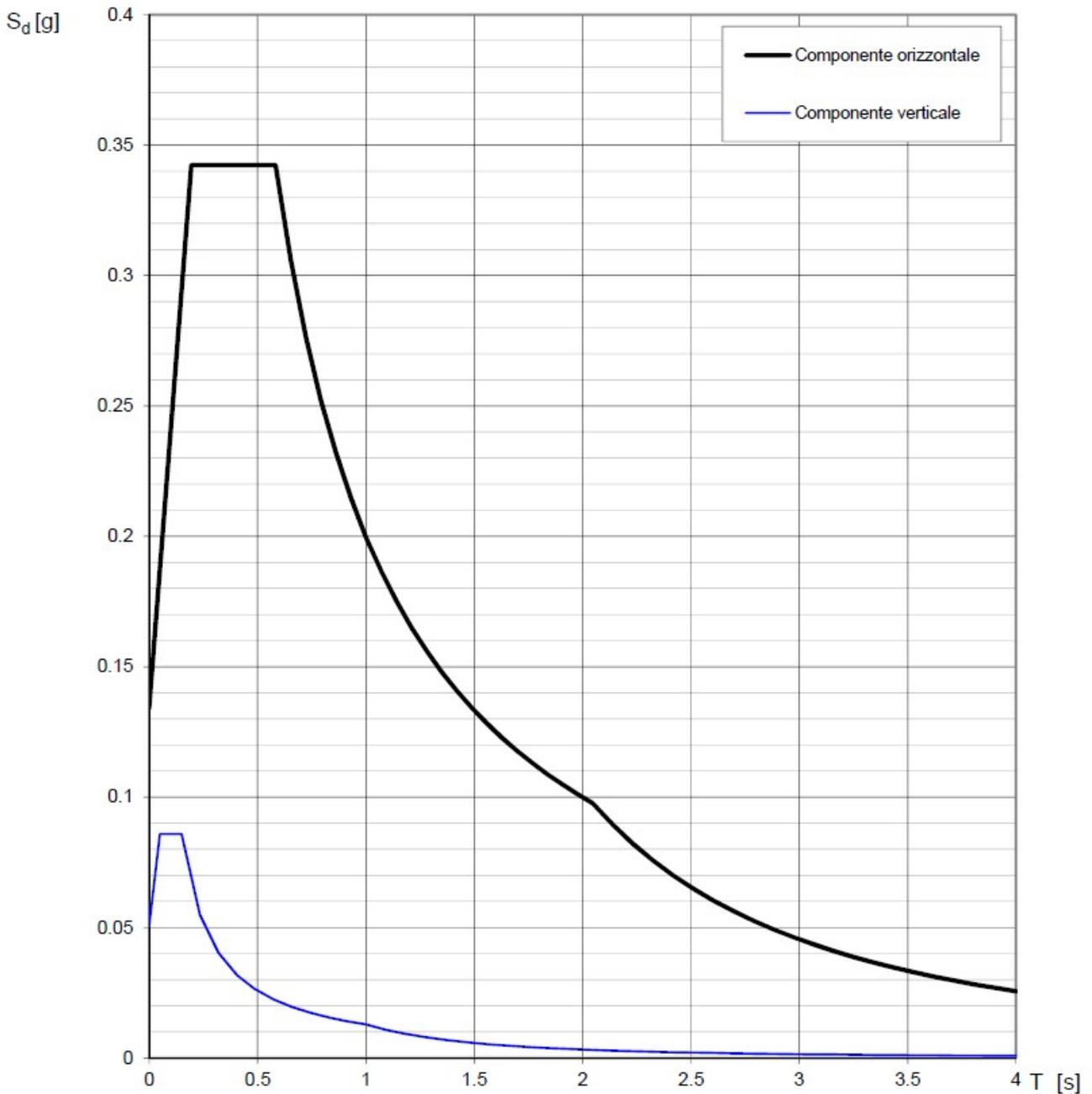


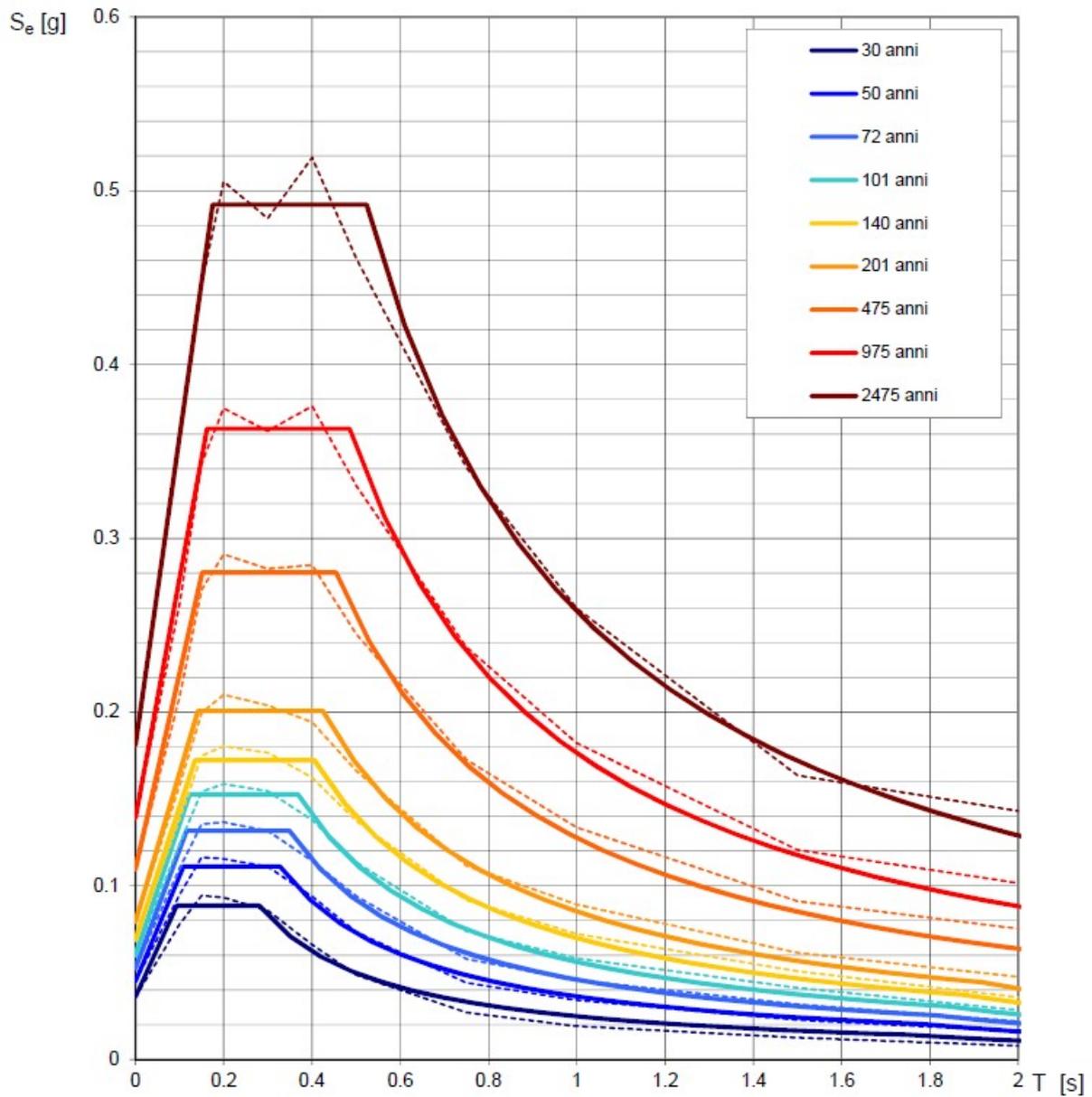
Fig. 32 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV – Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

MASW n.3

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER PERIODI DI RITORNO DI RIFERIMENTO
PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO A
PUNTO DI COORDINATE LONG. 16.000773 – LAT. 40.906901 (IN GRADI DECIMALI)**

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
30	0.036	2.456	0.281
50	0.045	2.468	0.327
72	0.053	2.501	0.349
101	0.060	2.546	0.368
140	0.069	2.501	0.406
201	0.079	2.528	0.424
475	0.110	2.557	0.455
975	0.139	2.612	0.486
2475	0.181	2.718	0.524

Tab. 15 - Prospetto dei valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento. a_g = accelerazione orizzontale massima al sito; F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T_C = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Fig. 33 – Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_r di riferimento per categoria di sottosuolo A.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER CATEGORIA DI SOTTOSUOLO B
E PER CATEGORIA TOPOGRAFICA T1
PUNTO DI COORDINATE LONG. 16.000773 – LAT. 40.906901 (IN GRADI DECIMALI)**

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.045 g
F_o	2.469
T_c	0.327 s
S_s	1.200
C_c	1.375
S_T	1.088
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.306
η	1.000
T_B	0.150 s
T_C	0.450 s
T_D	1.780 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.059
$T_B \leftarrow$	0.150	0.145
$T_C \leftarrow$	0.450	0.145
	0.514	0.127
	0.577	0.113
	0.640	0.102
	0.704	0.093
	0.767	0.085
	0.830	0.079
	0.894	0.073
	0.957	0.068
	1.020	0.064
	1.084	0.060
	1.147	0.057
	1.210	0.054
	1.274	0.051
	1.337	0.049
	1.400	0.047
	1.464	0.045
	1.527	0.043
	1.590	0.041
	1.654	0.040
	1.717	0.038
$T_D \leftarrow$	1.780	0.037
	1.886	0.033
	1.992	0.029
	2.097	0.026
	2.203	0.024
	2.309	0.022
	2.415	0.020
	2.520	0.018
	2.626	0.017
	2.732	0.016
	2.837	0.014
	2.943	0.013
	3.049	0.013
	3.154	0.012
	3.260	0.011
	3.366	0.010
	3.472	0.010
	3.577	0.009
	3.683	0.009
	3.789	0.008
	3.894	0.008
	4.000	0.007

Tab. 16 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_{gv}	0.013 g
S_S	1.000
S_T	1.088
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	0.708
S	1.088
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.014
$T_B \leftarrow$	0.050	0.023
$T_C \leftarrow$	0.150	0.023
	0.235	0.015
	0.320	0.011
	0.405	0.009
	0.490	0.007
	0.575	0.006
	0.660	0.005
	0.745	0.005
	0.830	0.004
	0.915	0.004
$T_D \leftarrow$	1.000	0.003
	1.094	0.003
	1.188	0.002
	1.281	0.002
	1.375	0.002
	1.469	0.002
	1.563	0.001
	1.656	0.001
	1.750	0.001
	1.844	0.001
	1.938	0.001
	2.031	0.001
	2.125	0.001
	2.219	0.001
	2.313	0.001
	2.406	0.001
	2.500	0.001
	2.594	0.001
	2.688	0.000
	2.781	0.000
	2.875	0.000
	2.969	0.000
	3.063	0.000
	3.156	0.000
	3.250	0.000
	3.344	0.000
	3.438	0.000
	3.531	0.000
	3.625	0.000
	3.719	0.000
	3.813	0.000
	3.906	0.000
	4.000	0.000

Tab. 17 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

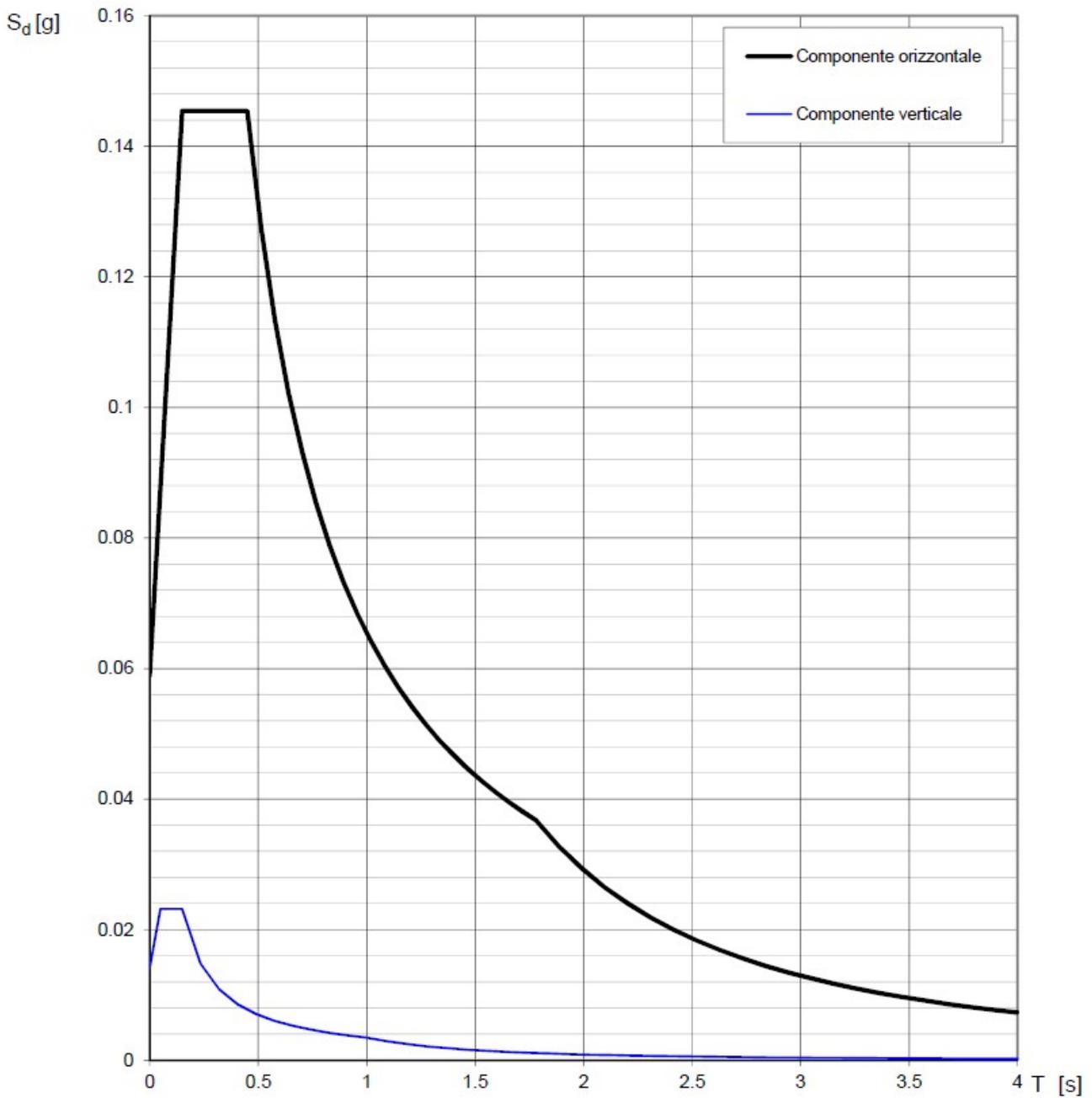


Fig. 34 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD – Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.110 g
F_o	2.557
T_C	0.455 s
S_S	1.200
C_C	1.288
S_T	1.088
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.306
η	1.000
T_B	0.195 s
T_C	0.586 s
T_D	2.038 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.143
$T_B \leftarrow$	0.195	0.366
$T_C \leftarrow$	0.586	0.366
	0.655	0.327
	0.724	0.296
	0.793	0.270
	0.862	0.249
	0.931	0.230
	1.001	0.214
	1.070	0.200
	1.139	0.188
	1.208	0.177
	1.277	0.168
	1.347	0.159
	1.416	0.151
	1.485	0.144
	1.554	0.138
	1.623	0.132
	1.692	0.127
	1.762	0.122
	1.831	0.117
	1.900	0.113
	1.969	0.109
$T_D \leftarrow$	2.038	0.105
	2.132	0.096
	2.225	0.088
	2.319	0.081
	2.412	0.075
	2.505	0.070
	2.599	0.065
	2.692	0.060
	2.786	0.056
	2.879	0.053
	2.972	0.049
	3.066	0.046
	3.159	0.044
	3.253	0.041
	3.346	0.039
	3.440	0.037
	3.533	0.035
	3.626	0.033
	3.720	0.032
	3.813	0.030
	3.907	0.029
	4.000	0.027

Tab. 18 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_{gv}	0.049 g
S_s	1.000
S_T	1.088
q	1.500
T_B	0.050 s
T_C	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.143
S	1.088
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.053
$T_B \leftarrow$	0.050	0.091
$T_C \leftarrow$	0.150	0.091
	0.235	0.058
	0.320	0.043
	0.405	0.034
	0.490	0.028
	0.575	0.024
	0.660	0.021
	0.745	0.018
	0.830	0.016
	0.915	0.015
$T_D \leftarrow$	1.000	0.014
	1.094	0.011
	1.188	0.010
	1.281	0.008
	1.375	0.007
	1.469	0.006
	1.563	0.006
	1.656	0.005
	1.750	0.004
	1.844	0.004
	1.938	0.004
	2.031	0.003
	2.125	0.003
	2.219	0.003
	2.313	0.003
	2.406	0.002
	2.500	0.002
	2.594	0.002
	2.688	0.002
	2.781	0.002
	2.875	0.002
	2.969	0.002
	3.063	0.001
	3.156	0.001
	3.250	0.001
	3.344	0.001
	3.438	0.001
	3.531	0.001
	3.625	0.001
	3.719	0.001
	3.813	0.001
	3.906	0.001
	4.000	0.001

Tab. 19 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV. Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

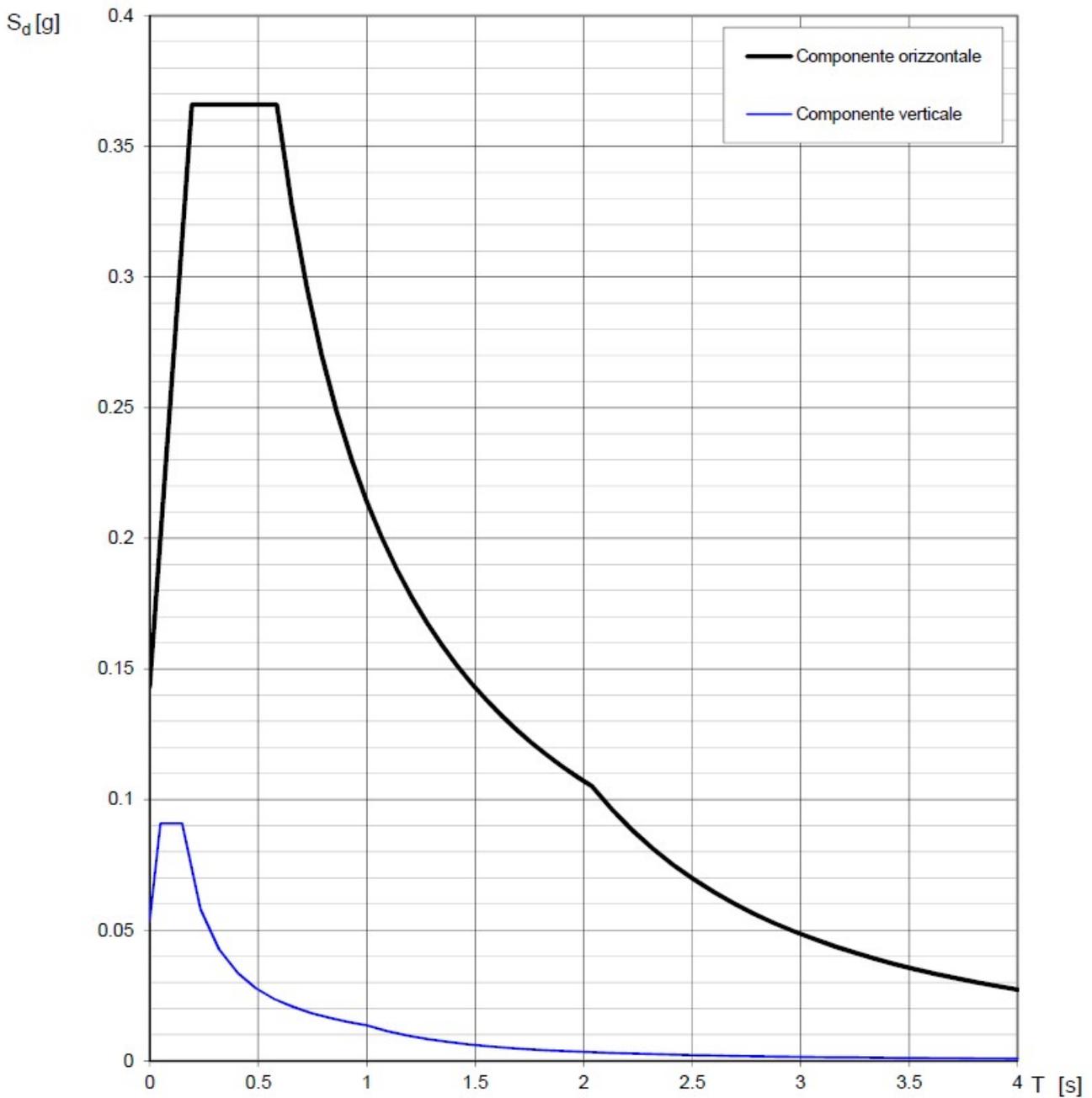


Fig. 35 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV – Categ. sottosuolo B. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d’uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d’uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

6 - CONCLUSIONI

Il territorio comunale di Banzi (PZ), a seguito della riclassificazione sismica del 2002, è classificato in II categoria - $S=9$ - $a_g=0.25g$.

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 36), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, indica che il territorio comunale di Banzi (PZ) rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento compresi tra 0.125 e 0.175 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

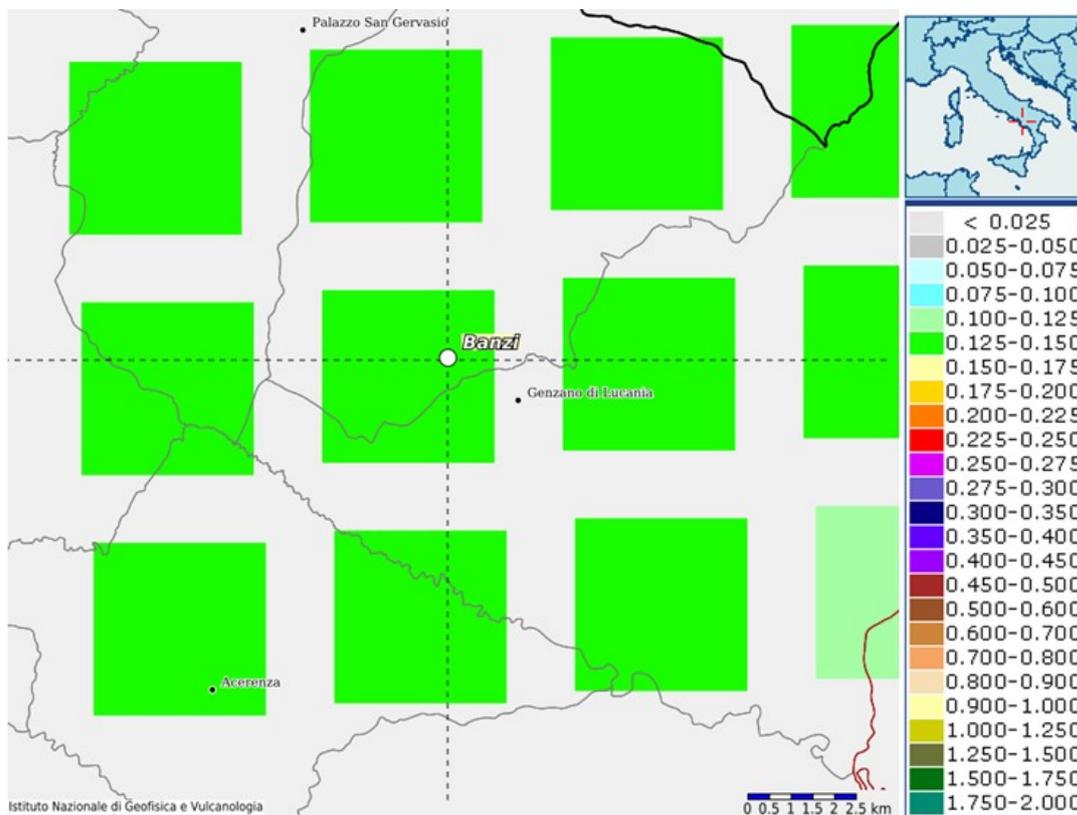


Fig. 36 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

I risultati forniti dalle indagini sismiche MASW effettuate permettono di definire la categoria di sottosuolo del sito, che risulta posto nella categoria **B** (vedi par. 4), con valori di V_{Seq} calcolati pari a (Tab. 20):

<i>Prospezione sismica</i>	$V_S 0-28.2$ (m/s)	$V_S 0-30$ (m/s)
<i>MASW n. 1</i>	-	[543]
<i>MASW n. 2</i>	[450]	-
<i>MASW n. 3</i>	-	[419]

Tab. 20 – Valori di $V_{S,eq}$ calcolati, relativi alle prospezioni sismiche MASW effettuate.

Proprio in funzione della categoria di sottosuolo **B** e della categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici (vedi par. 5).

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di a_g (accelerazione orizzontale massima al sottosuolo) e S_e [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra T_B e T_C) (Tab. 21), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	a_g SLD	a_g SLV	S_e [g] SLD	S_e [g] SLV
<i>MASW n. 1</i>	[0.045]	[0.110]	[0.151]	[0.379]
<i>MASW n. 2</i>	[0.046]	[0.112]	[0.135]	[0.342]
<i>MASW n. 3</i>	[0.045]	[0.110]	[0.145]	[0.366]

Tab. 21 – Valori massimi di a_g e S_e

Di seguito si riportano i valori di V_S per i sismostrati riscontrati nelle prospezioni sismiche MASW (Tabb. 22 – 24).

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	V_S (m/s) <i>acquisizione n.1</i>	V_S (m/s) <i>acquisizione n.2</i>
S1	0.0 – 1.5	192	192
S2	1.5 – 3.4	311	311
S3	3.4 – 5.7	468	467
S4	5.7 – 8.6	489	486
S5	8.6 – 12.3	668	666
S6	12.3 – 16.9	677	677
S7	16.9 – 22.6	713	714

S8	22.6 – 29.7	748	749
S9	29.7 – 34.4	750	750

Tab. 22 - Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.1.

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V_s (m/s) acquisizione n.1</i>	<i>V_s (m/s) acquisizione n.2</i>
S1	0.0 – 1.4	168	167
S2	1.4 – 3.2	193	192
S3	3.2 – 5.4	254	253
S4	5.4 – 8.2	457	457
S5	8.2 – 11.6	618	618
S6	11.6 – 16.0	675	675
S7	16.0 – 21.4	680	682
S8	21.4 – 28.2	666	670
S9	28.2 – 34.6	802	806

Tab. 23 - Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.2.

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V_s (m/s) acquisizione n.1</i>	<i>V_s (m/s) acquisizione n.2</i>
S1	0.0 – 1.4	200	200
S2	1.4 – 3.3	282	282
S3	3.3 – 5.5	387	387
S4	5.5 – 8.3	273	273
S5	8.3 – 11.9	397	397
S6	11.9 – 16.3	487	487
S7	16.3 – 21.8	554	553
S8	21.8 – 28.7	578	578
S9	28.7 – 34.3	609	609

Tab. 24 - Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW n.3.

Tanto dovevasi per l'incarico ricevuto.

Altavilla Silentina, agosto 2023



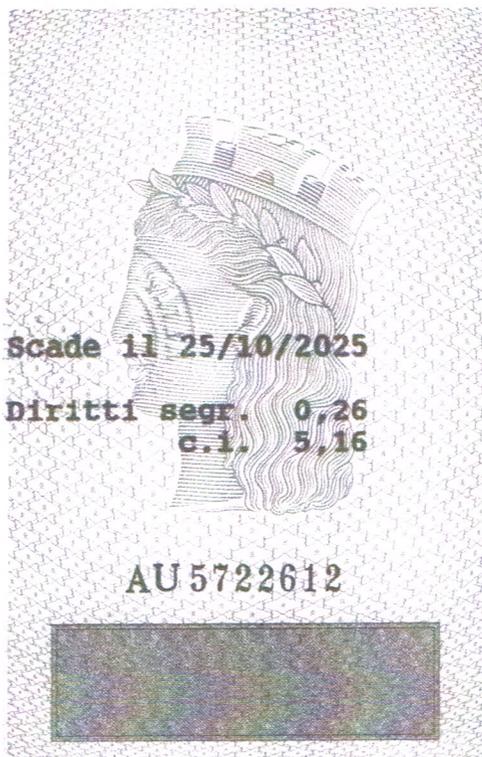
Il sottoscritto **dott. geol. Fabio Di Feo**, nato ad Eboli (SA) il 25/10/1973, residente alla via Olivella 4 di Altavilla Silentina (SA), iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania al n° 2314

ASSEVERA

che lo studio geologico, commissionata dalla **società I-PROJECT S.r.l.** con Sede Legale in Via del Vecchio Politecnico, n°9 MILANO (MI) - P.IVA 1109287960, PEC i-project@legalmail.it, Sede Operativa: Via Bisceglie, 17 - 84044 Albanella (SA) e per conto della società **AME ENERGY S.r.l.**, e finalizzata alla richiesta di realizzazione del Parco Agrivoltaico con potenza pari a 25,1 MWp e che sarà installato in Basilicata nel Comune di Banzi (PZ) con opere connesse nei Comuni di Banzi (PZ) e Palazzo San Gervasio (PZ), è stata condotta nel rispetto delle norme della Legge 2/02/1974 n° 64 e s.m.i., della L.R. del 7/1/1983, del D.M. 11/03/1988 e delle ulteriori disposizioni legislative vigenti e in relazione alla nuova normativa sismica D.M. 17/01/2018.

Altavilla Silentina, febbraio 2024


dr. geol. **dr. geol. Fabio Di Feo**
DI FEO
Albo n. 2314
Ordine dei Geologi della Regione Campania



Cognome **DI FEO**

Nome **FABIO**

nato il **25/10/1973**
(atto n. **809** P. **I** A **1973**)

EBOLI (SA)

Cittadinanza **ITALIANA**

Residenza **ALTAVILLA SILENTINA**

Via **CONTRADA OLIVELLA N. 4/A**

Stato civile **CONIUGATO**

Professione **GEOLOGO**

CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI

Statura **m. 1.73**

Capelli **CASTANI**

Occhi **CASTANI**

Segni particolari **NESSUNO**

Firma del titolare *F. Di FEO*

ALTAVILLA SILENTINA 29/05/2015

Impronta del dito indice sinistro

Il Sindaco
Giuseppa De Gregorio