

COMUNE DI GERGEI



Città Metropolitana di Cagliari



LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN'AREA ATTREZZATA PER LA SOSTA

- PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA - ECONOMICA -

Febbraio 2026

Allegato:

A4

- RELAZIONE GEOTECNICA -

Progetto: RTP Ing. Fadda - Geol. Piga

Visto: Il Responsabile Unico del Progetto

Il Capogruppo:



Relazione specialistica:

Dott. Geol. Stefano Piga



Committente:

Amministrazione Comunale di Gergeri

RTP Ing. Fadda - Geol. Piga

Via Cagliari n.8 - 09056 ISILI (SU) - e-mail: archingif@tiscali.it - PEC: giovannifranc.fadda@ingpec.eu

Sommario

1. Premessa	2
2. Normativa di riferimento	2
3. Inquadramento geografico e topografico del sito	4
4. Modello Geologico	5
5. Sintesi dei dati ottenuti con la campagna geognostica	6
5.1 Prove penetrometriche dinamiche (DPM)	6
5.1.1 Risultati delle prove DPM.....	7
5.2 Indagine geofisica.....	8
6. Specifiche inerenti al progetto.....	11
4.1 Progetto dell'intervento edilizio.....	11
4.2 Tipo di costruzione e vita nominale di progetto V_N	11
4.3 Classi d'uso e coefficiente d'uso C_U	12
4.4 Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R	12
7. Modello Geotecnico	13
8. Prescrizione e gestione delle terre	14
9. Conclusioni	15
Allegati	17

Allegati:

Allegato A.4.a - Sismogrammi acquisiti- spettri velocità di fase/frequenza - Curve di dispersione sperimentali e calcolate con profilo V_s ;

1. Premessa

Su incarico conferito dal Comune di Gergei al Raggruppamento Temporaneo di Professionisti costituito dall'Ing. Giovanni Francesco Fadda e dal sottoscritto Dott. Geol. Stefano Piga, è stata redatta la presente Relazione Geotecnica a supporto del progetto denominato "Lavori di realizzazione di un'area attrezzata per la sosta", da realizzarsi in Via degli Artigiani, nel territorio comunale di Gergei.

La relazione è finalizzata alla definizione del quadro geotecnico di riferimento dell'area interessata dall'intervento, al fine di fornire un'adeguata conoscenza delle condizioni geologiche e geotecniche del sito.

La stesura del presente elaborato è stata condotta in conformità a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018, recante le *Norme Tecniche per le Costruzioni* (NTC), con l'obiettivo di descrivere le caratteristiche dei terreni interessati dalle opere in progetto e il loro comportamento fisico-meccanico.

Al fine di acquisire elementi conoscitivi di natura geologico-geotecnica relativi all'area di intervento, è stata inoltre eseguita una specifica campagna di indagini geognostiche, svolta in data 30 Gennaio 2026.

Le attività di indagine hanno previsto l'esecuzione di due prove penetrometriche dinamiche medie (DPM) e di una prospezione geofisica mediante metodo sismico MASW, finalizzate alla definizione delle principali caratteristiche stratigrafiche e meccaniche dei terreni di fondazione.

L'immagine sottostante riporta una panoramica dei luoghi d'intervento (**Figura 1**).



Figura 1 – Panoramica dell'area in studio

2. Normativa di riferimento

Lo scopo del lavoro è di esaminare e valutare tutti i dati di natura geologica e geotecnica in possesso, necessari alla parametrizzazione del volume significativo ed alla verifica del complesso terreno/struttura in elevazione.

La presente relazione è redatta in conformità alle seguenti disposizioni normative:

RELAZIONE GEOTECNICA

- **Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018** – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” (NTC 2018), pubblicato in G.U. n. 42 del 20/02/2018 – S.O. n. 8;
- **Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.** – Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle NTC 2018;
- Legge 05.11.1971, n. 1086 – Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato;
- Legge 02.02.1974, n. 64 – Provvedimenti per le costruzioni in zone sismiche;
- **Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380** – Testo Unico dell’Edilizia;
- D.L. 28.05.2004, n. 136, convertito con modificazioni dalla L. 27.07.2004, n. 186 e s.m.i.

Contenuti normativi di riferimento (NTC 2018)

Le NTC 2018 disciplinano:

- i principi per la progettazione, esecuzione e collaudo delle costruzioni;
- i requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità;
- la sicurezza in caso di incendio;
- la durabilità delle opere;
- le azioni di progetto;
- le caratteristiche dei materiali e prodotti da costruzione;
- i criteri generali di sicurezza strutturale.

Caratterizzazione geotecnica – Riferimenti specifici

Ai sensi delle NTC 2018 si è fatto riferimento a:

- § 6.2.2 – Programmazione e contenuti delle indagini geotecniche;
- § 3.2.2 – Categorie del sottosuolo e condizioni topografiche;
- § 7.11.2 – Caratterizzazione geotecnica ai fini sismici.

In particolare:

- le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione della tipologia dell’opera e del livello progettuale;
- devono interessare il volume significativo di terreno;
- in presenza di azioni sismiche devono essere coerenti con la classificazione del sottosuolo;
- la caratterizzazione geotecnica deve consentire almeno la classificazione del sottosuolo secondo i criteri del § 3.2.2, ai fini della determinazione dell’azione sismica di progetto.

Normativa A.N.I.S.I.G. (Associazione Nazionale delle Imprese Specializzate nelle Indagini Geognostiche);

Normativa ASTM D 5777-95 Standard Guide for using the Seismic Refractor Method for Subsurface Investigation;

Linee guida A.S.G. (Associazione Società di Geofisica).

3. Inquadramento geografico e topografico del sito

L'area oggetto d'indagine è situata nel territorio comunale di Gergei (CA) in via degli Artigiani (**Figura 2**). I riferimenti cartografici sono rappresentati dal foglio 540 sez. III "Mandas" dell'IGM (scala 1: 25.000) (**Figura 3**) e dalla sez. 540-100 "Mandas" della Nuova Carta Tecnica Regionale (scala 1: 10.000) (**Figura 4**). Dal punto di vista catastale, il sito è identificato al Foglio di mappa: n. 20 e alle Particelle: n.1815 e 1818.

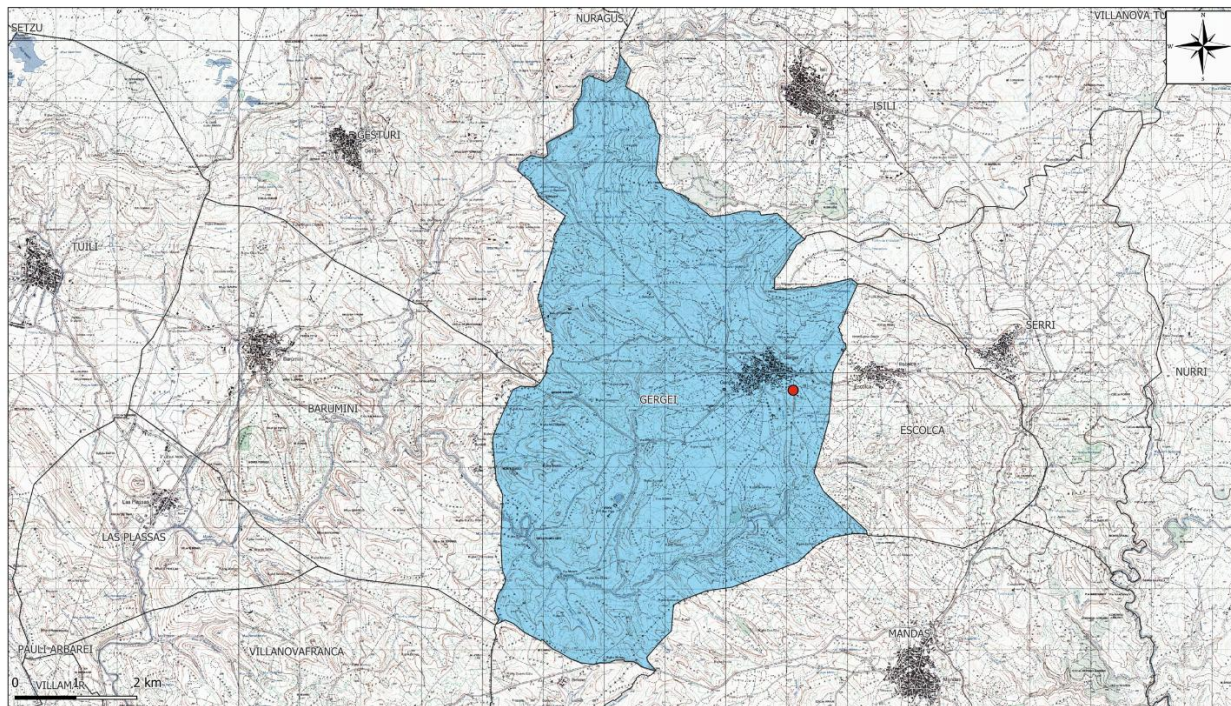


Figura 2 – Inquadramento geografico del sito, l'area di studio è evidenziata in rosso



Figura 3 - Stralcio Cartografia I.G.M. – Foglio 540 Sez. III

RELAZIONE GEOTECNICA

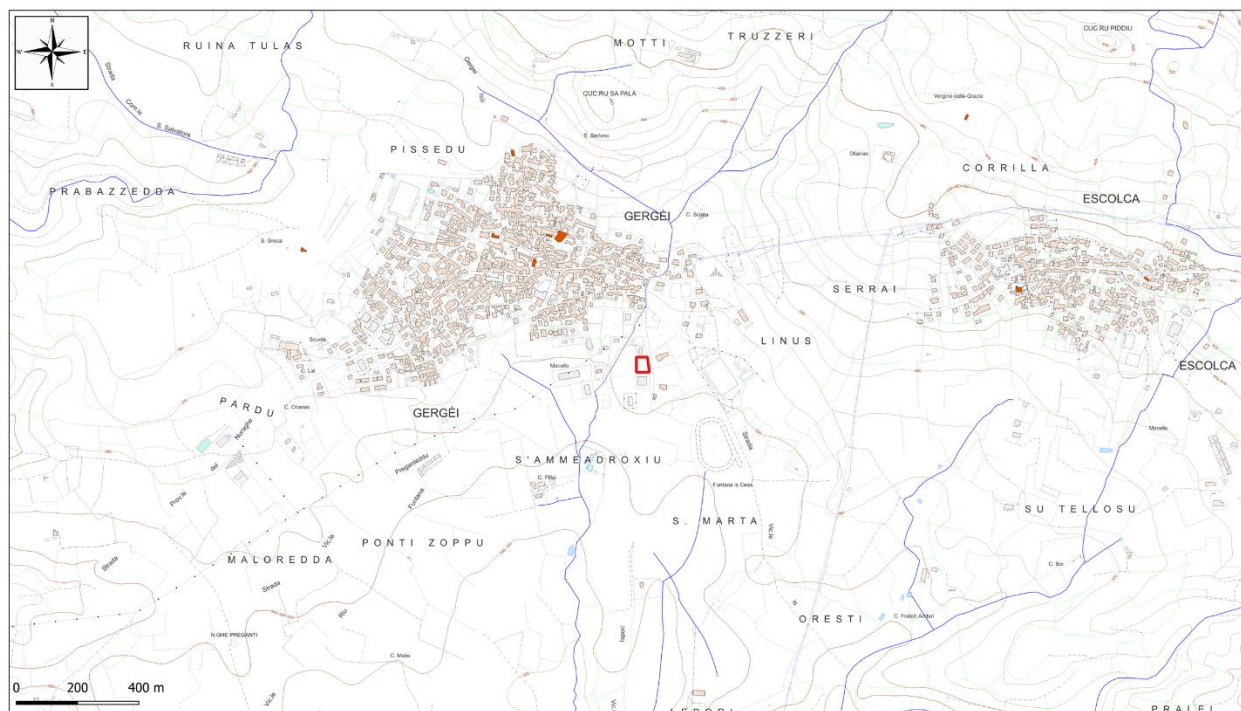


Figura 4 - Stralcio Carta C.T.R.– Sez. 540-100

4. Modello Geologico

Si riporta di seguito il modello geologico riportato nell'Allegato A3 – Relazione geologica:

Unità 1 – Suolo superficiale e/o terreno di riporto (0,00 m ÷ 0,60 m)

Copertura superficiale a prevalente componente fine, descrivibile come suolo argilloso e/o terreno di riporto. L'unità risulta localmente compatibile con una copertura antropizzata, in accordo con le evidenze di rimodellamento superficiale emerse dall'analisi storica e dalle osservazioni di campo.

Unità 2 – Argille (0,60 m ÷ circa 2,00 m)

Terreni a comportamento fine (prevalentemente argilloso), con risposta penetrometrica indicativa di consistenza da poco a moderatamente consistente.

Le caratteristiche meccaniche rilevate suggeriscono materiali a bassa–media resistenza, riconducibili a livelli fini naturali e/o localmente rimaneggiati.

Unità 3 – Argilla molto consistente e/o coltre di alterazione delle marne (circa 2,00 m ÷ 5,60/6,00 m)

Unità caratterizzata da un marcato incremento della resistenza alla penetrazione e da comportamento meccanico più rigido, interpretata come argilla molto consistente e/o coltre di alterazione del substrato marnoso.

L'unità rappresenta il passaggio verso il bedrock, con progressivo aumento della competenza meccanica.

Unità 4 – Substrato marnoso (marne lapidee) fratturato (da circa 5,60/6,00 m in profondità)

Il passaggio al substrato è supportato dalle conoscenze pregresse dell'area e dai risultati della prova MASW, che evidenziano un incremento delle velocità di propagazione delle onde sismiche a circa 5,80 m di profondità, compatibile con l'ingresso in litotipi più competenti, riferibili a marne fratturate.

5. Sintesi dei dati ottenuti con la campagna geognostica

Al fine di caratterizzare il sottosuolo dell'area di intervento e supportare la definizione del modello geologico-geotecnico di riferimento, in data 30/01/2026 sono state eseguite indagini geognostiche e geofisiche, consistenti in due prove penetrometriche dinamiche (DPM) e in un'indagine sismica di tipo MASW, localizzate all'interno dell'area di studio. Di seguito, alla pagina seguente, viene riportata l'ubicazione delle indagini (**Figura 5**).



Figura 5 – Ubicazione indagini

5.1 Prove penetrometriche dinamiche (DPM)

Sono state eseguite 2 prove penetrometriche dinamiche medie DPM (**Foto 1**), col fine di ottenere la stima dei parametri geotecnici dei terreni attraversati.



Foto 1 – DPM 1 e 2

RELAZIONE GEOTECNICA

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infissione nel terreno di una punta conica metallica "a perdere", posta all'estremità di un'asta in acciaio. L'infissione avviene mediante battitura, attraverso la caduta libera di un maglio di peso pari a 30 kg da un'altezza costante. Durante l'esecuzione della prova viene misurata la resistenza del terreno alla penetrazione, espressa mediante il numero di colpi (N) necessari per ottenere un avanzamento prefissato della punta, pari a 10 cm.

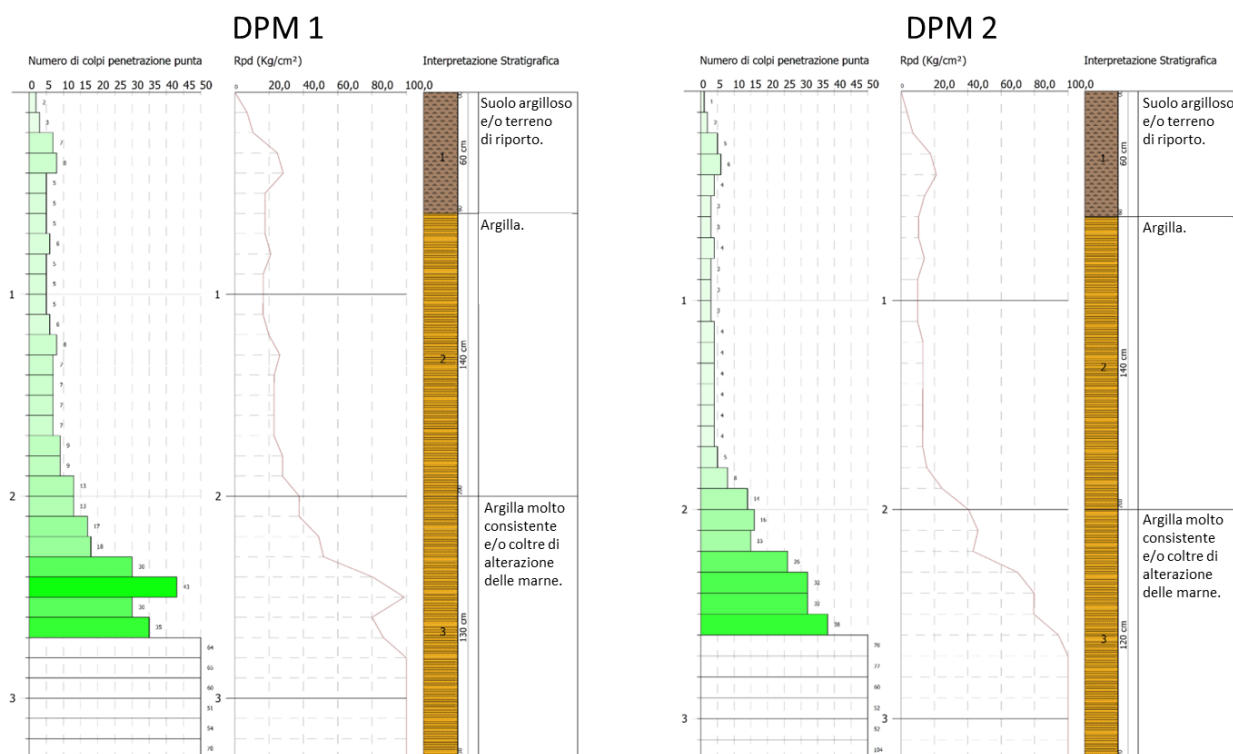
La resistenza opposta dal terreno alla penetrazione risulta funzione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali allo stato naturale; in particolare, nei terreni a grana fine e coesivi essa è influenzata prevalentemente dal contenuto d'acqua e dal grado di consistenza, mentre nei terreni incoerenti dipende dallo stato di addensamento.

Nella tabella seguente sono riportate le principali informazioni relative alle prove eseguite.

ID prova	Profondità raggiunta (m da p.c.)
DPM 1	3.30
DPM 2	3.20

Tab. 1 – Identificativo delle prove DPM e profondità massime raggiunte

Le prove penetrometriche dinamiche eseguite hanno evidenziato, nei primi metri di sottosuolo investigati, la presenza di terreni a matrice prevalentemente argillosa, caratterizzati da valori di resistenza alla penetrazione indicativi di consistenza medio-elevata, con incremento progressivo della resistenza con la profondità. I grafici delle singole prove, riportanti l'andamento del numero di colpi in funzione della profondità e una interpretazione litologica sintetica, sono sotto riportati.



5.1.1 Risultati delle prove DPM

Sulla base dell'elaborazione dei dati ricavati dalle prove penetrometriche dinamiche DPM1 e DPM2, sono stati determinati i principali parametri geotecnici rappresentativi dei livelli stratigrafici individuati.

RELAZIONE GEOTECNICA

L'interpretazione congiunta delle due prove ha consentito di definire una stratigrafia coerente tra le due prove, caratterizzata da tre livelli principali con incremento progressivo delle caratteristiche meccaniche con la profondità.

Le tabelle seguenti riportano, per ciascun livello litologico e per ciascuna prova eseguita, i valori stimati di:

- peso unità di volume naturale γ ;
- peso unità di volume saturo γ_{sat} ;
- coesione non drenata C_u ;
- modulo edometrico E_d ;
- modulo di Young E .

DPM 1						
Descrizione litologica	Profondità (m)	γ (dn/m ³) Meyerhof	γ_{sat} (dn/m ³) Meyerhof	C_u (kg/cm ²) Terzaghi-Peck	E_d (kg/cm ²) Mitchell e Gardner	E (kg/cm ²) Apollonia
Suolo argilloso e/o terreno di riporto	0.00-0.60	1530	1815	0.24	41.67	39.10
Argilla	0.60-2.00	1697	1834	0.35	58.30	55.40
Argilla molto consistente e/o coltre di alterazione delle marne	2.00-3.30	2070	2129	2.24	339.70	331.30

DPM 2						
Descrizione litologica	Profondità (m)	γ (dn/m ³) Meyerhof	γ_{sat} (dn/m ³) Meyerhof	C_u (kg/cm ²) Terzaghi-Peck	E_d (kg/cm ²) Mitchell e Gardner	E (kg/cm ²) Apollonia
Suolo argilloso e/o terreno di riporto	0.00-0.60	1590	1825	0.17	29.74	27.40
Argilla	0.60-2.00	1648	1834	0.23	40.04	37.50
Argilla molto consistente e/o coltre di alterazione delle marne	2.00-3.20	2346	2453	2.53	383.76	374.50

5.2 Indagine geofisica

Ai fini della determinazione della Categoria di sottosuolo, è stato realizzato uno stendimento sismico con metodologia MASW.

L'indagine sismica con metodologia MASW è una tecnica di indagine non invasiva, che attraverso la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , si pone come obiettivo la ricostruzione dell'assetto sismo-stratigrafico dei terreni sede di posa delle opere di fondazione nonché la classificazione del

LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UN'AREA ATTREZZATA PER LA SOSTA

RELAZIONE GEOTECNICA

suolo di fondazione per le categorie semplificate indicate nel Decreto 17 gennaio 2018 - NTC 2018 aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".

L'acquisizione dei dati è avvenuta tramite sismografo a 24 canali collegato a 6 geofoni orizzontali e verticali a frequenza propria di 4,5 Hz in configurazione RVF per acquisire la componente radiale e verticale dell'onda di Rayleigh e in configurazione THF per le onde di Love. Secondo lo schema di acquisizione riportato alla pagina seguente.

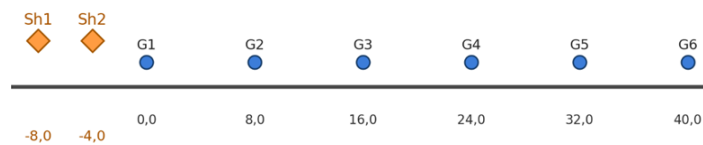


Figura 6 – Schema di acquisizione MASW



Foto 2 – Stendimento MASW da geofono 1 e da geofono 6

L'elaborazione dei dati, che ha prodotto il profilo di velocità, è stata eseguita grazie all'impiego del software winMASW Academy.

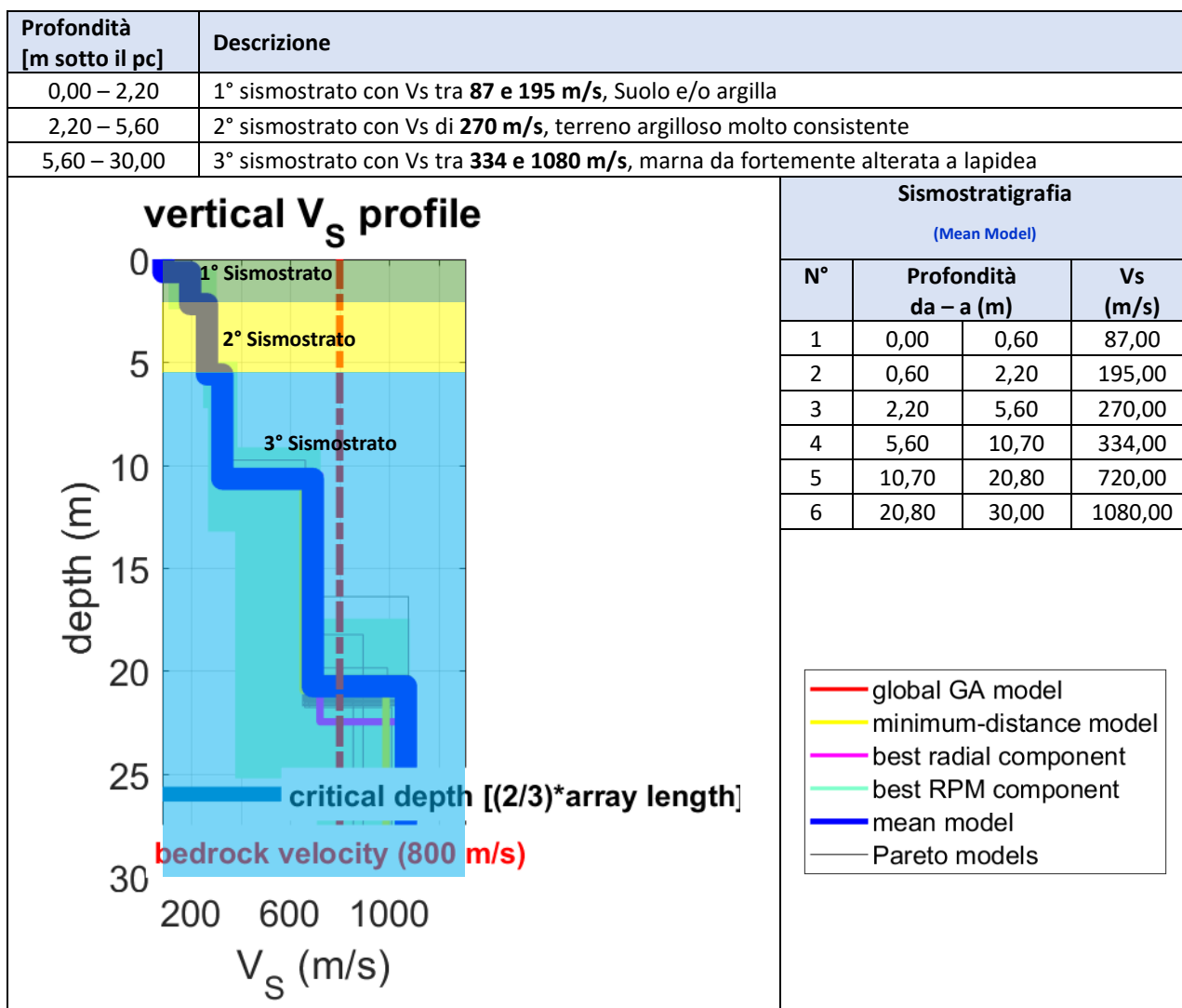
Gli spettri di velocità sono stati gestiti tramite approccio FVS (Full Velocity Spectrum – Dal Moro 2014; 2019) quindi senza alcun picking/interpretazione in termini di curve modali.

RELAZIONE GEOTECNICA

L'elaborazione dei dati è stata eseguita mediante analisi RPM (Rayleigh-wave Particle Motion). Il metodo RPM analizza la polarizzazione ellittica delle onde di Rayleigh combinando le componenti verticale (Z) e radiale (R) dei segnali sismici. Calcolando la correlazione tra Z e R in funzione di frequenza e offset, consente di identificare le porzioni dello spettro dominate dal modo fondamentale delle onde di Rayleigh. Queste informazioni vengono poi usate per guidare l'inversione della curva di dispersione, migliorando l'affidabilità e la risoluzione del profilo Vs.

L'indagine sismica con tecnica MASW ha permesso di ottenere il profilo medio di velocità delle onde di taglio verticali Vs dello stendimento MASW, dal quale si possono distinguere i sismostrati di seguito indicati.

Si ricorda che si tratta di un profilo medio della velocità di taglio Vs.



La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione alla pagina seguente.

con:

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

h_i : spessore dell'*i*-esimo strato;

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

N : numero di strati;

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

La velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, rispetto al piano di campagna, calcolata è pari a:

$$V_{s_{eq}} = \frac{20,80 \text{ m}}{0.05699 \text{ s}} = 364.97 \text{ m/s}$$

Ciò consente di classificare il terreno come **Categoria 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.

Nell'Allegato A.4.a vengono riportati: Sismogrammi acquisiti- spettri velocità di fase/frequenza - Curve di dispersione sperimentali e calcolate con profilo Vs.

6. Specifiche inerenti al progetto

In riferimento alle "Norme Tecniche per le Costruzioni" è possibile definire le specifiche tecniche inerenti alla struttura interessata, che dovranno essere verificate dal progettista e dallo strutturista.

4.1 Progetto dell'intervento edilizio

Il progetto prevede la realizzazione di un'area attrezzata per la sosta, sviluppata su una superficie complessiva di circa 1.900 m². L'intervento riguarda la sistemazione e organizzazione funzionale dello spazio al fine di garantire adeguate condizioni di accessibilità, fruibilità e sicurezza.

All'interno dell'area è prevista inoltre la realizzazione di un punto di ristoro della superficie di circa 80 m², destinato a servizio degli utenti dell'area di sosta.

Dal punto di vista strutturale, il manufatto sarà realizzato su fondazione continua in cemento armato, impostata su sottofondazione in calcestruzzo magro.

Dal punto di vista catastale, il sito è identificato al Foglio di mappa n. 20, Particelle n. 1815 e 1818.

Secondo il Piano Urbanistico Comunale del Comune di Gergei, l'area ricade in Zona D – Zona Artigianale Industriale e Commerciale, come previsto dalla vigente pianificazione urbanistica.

4.2 Tipo di costruzione e vita nominale di progetto V_N

La vita nominale di progetto V_N di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I del decreto.

La struttura in esame, trattandosi di un'area di sosta con punto di ristoro, rientra nella tipologia 2 con valore minimo V_N di 50 anni.

Tabella 2.4.I. Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni (Fonte NTC 2018)

Tipo di costruzioni		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

4.3 Classi d'uso e coefficiente d'uso C_U

Le "Norme Tecniche per le Costruzioni" definiscono quattro classi d'uso (§ 2.4.2 del citato decreto), in base all'utilizzo delle costruzioni oggetto della valutazione, a cui si associa un coefficiente d'uso C_U .

Le classi d'uso e i valori di riferimento di C_U sono riportati di seguito.

In base alle caratteristiche dell'opera in progetto, costituita da un'area attrezzata per la sosta con annesso punto di ristoro, e considerato che l'uso prevede un affollamento ordinario senza funzioni strategiche o essenziali, è possibile attribuire alla costruzione la Classe d'Uso II; pertanto il relativo coefficiente C_U risulta pari a 1,0.

<i>Classe I</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tabella 2.4.II. Valori del coefficiente d'uso C_U (Fonte NTC 2018)

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

4.4 Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R (§ 2.4.3 NTC 2018) che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Per l'opera oggetto delle verifiche, le azioni sismiche da considerare saranno quindi riferite ad un periodo di riferimento V_R di 50 anni, come di seguito riportato.

$$V_R = 50 (V_N) \cdot 1,0 (C_U) = 50$$

7. Modello Geotecnico

Il modello geotecnico del sottosuolo è stato definito sulla base del modello geologico di riferimento (Allegato A3 – Relazione Geologica), elaborato mediante l'interpretazione congiunta delle prove penetrometriche dinamiche DPM1 e DPM2, dei dati disponibili per l'area di studio e dei risultati della prova geofisica MASW.

In coerenza con l'assetto litostratigrafico individuato, il sottosuolo è stato schematizzato in livelli geotecnici omogenei dal punto di vista litologico e meccanico, ai quali sono stati associati i parametri fisico-meccanici necessari alle verifiche progettuali.

La parametrizzazione è stata effettuata principalmente mediante l'applicazione di correlazioni empiriche di letteratura (Meyerhof, Terzaghi–Peck, Mitchell & Gardner, Appolonia) ai risultati delle prove DPM, assumendo i valori medi derivanti dalle due indagini e integrando, ove necessario, con dati bibliografici e informazioni pregresse disponibili per l'area.

Si evidenzia che la definizione del modello geotecnico deriva da indagini puntuali e metodologie indirette; pertanto eventuali variazioni laterali di spessore e proprietà meccaniche devono considerarsi compatibili con la naturale eterogeneità del mezzo geologico.

Il modello così definito costituisce la base per le successive verifiche di capacità portante, stabilità e deformabilità delle opere di fondazione previste in progetto.

Livello 1 – 0,00 m ÷ 0,60 m → Suolo argilloso e/o terreni di riporto

Questo livello superficiale è costituito da suolo argilloso e/o terreno di riporto, con caratteristiche geotecniche scadenti, tipiche dei terreni di copertura.

La parametrizzazione geotecnica è stata stimata sulla base dei dati ricavati dalle prove penetrometriche dinamiche DPM1 e DPM2, assumendo valori rappresentativi e cautelativi ai fini progettuali.

- Peso unità di volume: $\sim 1560 \text{ dn/m}^3$ (Meyerhof)
- Peso unità di volume saturo: $\sim 1820 \text{ dn/m}^3$ (Meyerhof)
- Coesione non drenata $\approx 0,205 \text{ kg/cm}^2$ (Terzaghi–Peck)
- Modulo edometrico $\approx 35.71 \text{ kg/cm}^2$ (Mitchell & Gardner)
- Modulo di Young $\approx 33.25 \text{ kg/cm}^2$ (Appolonia)

Livello 2 – 0,60 m ÷ circa 2,0 m → Argilla

Questo livello, posto al di sotto del suolo superficiale (Livello 1), è costituito da argilla da poco a moderatamente consistente.

La parametrizzazione geotecnica è stata definita principalmente sulla base dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche DPM1 e DPM2. Per quanto concerne i parametri di resistenza efficace (ϕ' e c'), in assenza di prove di laboratorio dirette nel lotto oggetto di studio, si è fatto riferimento a dati geotecnici derivanti da un'indagine pregressa eseguita in area immediatamente adiacente e riconducibile alla medesima formazione litologica, della Dott.ssa Geol. Cosima Atzori (relazione di compatibilità geologica-geotecnica del 2021) nell'ambito del progetto denominato "SISTEMAZIONE, AMPLIAMENTO E MESSA IN SICUREZZA IDRAULICA DELL'ABITATO DI GERGEI (CANALE DI GUARDIA EST E RIO S'ARROLARXIU)" gentilmente concesso dall'amministrazione comunale.

- Peso unità di volume: $\sim 1673 \text{ dn/m}^3$ (Meyerhof)
- Peso unità di volume saturo: $\sim 1834 \text{ dn/m}^3$ (Meyerhof)
- Coesione non drenata $\approx 0,29 \text{ kg/cm}^2$ (Terzaghi–Peck)

RELAZIONE GEOTECNICA

- Modulo edometrico $\approx 49.17 \text{ kg/cm}^2$ (Mitchell & Gardner)
- Modulo di Young $\approx 46.45 \text{ kg/cm}^2$ (Appolonia)
- Angolo di attrito efficace $\phi' \approx 28^\circ$
- Coesione efficace $c' \approx 40 \text{ kPa}$

Livello 3 – circa 2,0 m ÷ oltre m → Argilla molto consistente e/o coltre di alterazione delle marne

Questo livello profondo è costituito da argilla molto consistente e/o coltre di alterazione delle marne, caratterizzata da elevate resistenze meccaniche e ridotta compressibilità.

La parametrizzazione geotecnica è stata definita sulla base dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche, che hanno evidenziato un marcato incremento dei valori di resistenza con la profondità. I parametri adottati risultano rappresentativi e cautelativi ai fini delle verifiche geotecniche previste.

- Peso unità di volume: $\sim 2207 \text{ dn/m}^3$ (Meyerhof)
- Peso unità di volume saturo: $\sim 2335 \text{ dn/m}^3$ (Meyerhof)
- Coesione non drenata $\approx 2,39 \text{ kg/cm}^2$ (Terzaghi–Peck)
- Modulo edometrico $\approx 361.73 \text{ kg/cm}^2$ (Mitchell & Gardner)
- Modulo di Young $\approx 352.90 \text{ kg/cm}^2$ (Appolonia)

8. Prescrizione e gestione delle terre

Per ciò che concerne la gestione delle terre e rocce da scavo si osserva che la gestione delle medesime nell'ambito delle lavorazioni in progetto dovrà essere conforme ai disposti del D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120 e dovrà essere orientata alla riduzione della mobilitazione dei materiali di scavo ed al loro massimo riutilizzo limitando quanto più possibile i conferimenti a discarica. In questo caso le terre e rocce da scavo sono strettamente legate alla realizzazione delle opere fondali.

Per il riutilizzo nello stesso sito in cui il materiale viene escavato si procederà pertanto ai sensi dell'art. 24 del D.P.R. 120/2017 "Utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce escluse dalla disciplina rifiuti, c. 1. Ai fini dell'esclusione dall'ambito di applicazione della normativa sui rifiuti, le terre e rocce da scavo devono essere conformi ai requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, e in particolare devono essere utilizzate nel sito di produzione. Fermo restando quanto previsto dall'articolo 3, comma 2, del decreto-legge 25 gennaio 2012, n. 2, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 28, la non contaminazione è verificata ai sensi dell'allegato 4 del presente regolamento. Chiaramente, ai fini del riutilizzo, all'interno del cantiere, in ambito non disciplinato dai sottoprodotti ma secondo quanto previsto nell'art. 185 del D. Lgs. 152/2006 e dall'art. 24 del D.P.R. 120/2017, dovrà sempre essere eseguita la caratterizzazione chimica dei materiali (secondo l'art. 24 la non contaminazione è verificata ai sensi dell'allegato 4 del regolamento) che nel caso delle opere in progetto sarà realizzata caratterizzando lo strato superficiale prima dell'esecuzione delle opere.

Nel caso di riutilizzo al di fuori del cantiere il materiale dovrà essere gestito in regime di sottoprodotto ai sensi dell'art. 21 – 22 del D.P.R. 120/2017. In tali casi saranno chiaramente attivate le procedure ARPAS (comunicazione in autocertificazione almeno 15 gg prima dell'avvio delle attività) per il riutilizzo in regime di sottoprodotto e caratterizzazione chimica dei terreni.

Non ultima si sottolinea che per i rifiuti inerti da costruzione e demolizione si dovrà tendere a garantire l'applicazione del nuovo decreto ministeriale 27/09/2022 n. 152, regolamento che disciplina la cessazione della qualifica di rifiuto dei rifiuti inerti da costruzione e demolizione e di altri rifiuti di origine minerale che

sottoposti ad operazioni di recupero cessano di essere qualificati come rifiuti e sono qualificati come aggregati recuperati. Chiaramente l'ambito di applicazione del citato decreto è circoscritto esclusivamente ai rifiuti da costruzione e demolizione non pericolosi e indicati al punto 1 della tabella 1 dell'allegato 1 del citato decreto nonché ai rifiuti inerti non pericolosi di origine minerale elencati al punto 2 della tabella 1 dell'allegato 1.

9. Conclusioni

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza al D.M. 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e costituisce la relazione geotecnica specialistica di supporto al progetto strutturale. In corso d'opera dovrà essere verificata la rispondenza tra il modello geologico-geotecnico assunto in progetto e le condizioni effettivamente riscontrate allo scavo; qualora emergano difformità significative, si dovrà procedere al conseguente aggiornamento del modello e, se necessario, all'adeguamento delle scelte progettuali, in conformità alla normativa vigente.

Sulla base delle indagini eseguite (n. 2 prove penetrometriche dinamiche DPM e indagine geofisica MASW), integrate con i dati disponibili per l'area e con l'analisi storica e morfologica del sito, è stato definito un modello geotecnico di riferimento caratterizzato da una copertura superficiale localmente rimaneggiata/di riporto fino a circa 0,60 m dal piano campagna, seguita da livelli a comportamento prevalentemente argilloso con incremento progressivo di consistenza e rigidità con la profondità.

Dal punto di vista idrogeologico, nei primi metri indagati non è stato intercettato un livello piezometrico definito; le condizioni di imbibizione riscontrate sono da correlarsi verosimilmente agli eventi meteorici antecedenti l'esecuzione delle prove.

Ai fini della risposta sismica locale, sulla base dell'elaborazione MASW è stato determinato un valore di velocità equivalente $V_{Seq} \approx 365$ m/s, con conseguente attribuzione della Categoria di sottosuolo B ai sensi delle NTC 2018.

Considerata la presenza di una coltre superficiale più variabile e potenzialmente antropizzata, documentata anche dall'analisi storica delle ortofoto e dalle evidenze di sopralluogo (riportate nell'Allegato A3 – Relazione Geologica) si ritiene opportuno impostare il piano di posa delle opere di fondazione al di sotto dello strato più eterogeneo, con quota di imposta consigliata di circa 1,0 m dal piano campagna.

Le opere previste (sistemazione dell'area attrezzata e realizzazione del punto di ristoro) risultano compatibili con le condizioni geologiche e geotecniche del sito, sulla base delle indagini eseguite e del modello geotecnico definito nella presente relazione.

I parametri geotecnici caratteristici dei terreni di fondazione sono stati determinati ai sensi delle NTC 2018 e costituiscono riferimento per la progettazione delle opere.

I calcoli geotecnici e strutturali e la definizione dei carichi di progetto, saranno sviluppate e documentate nella relazione di calcolo strutturale e geotecnico redatta dall'Ing. Giovanni Francesco Fadda **nell'Allegato A5 – Predimensionamento e verifica delle strutture di copertura, murarie e di fondazione.**

Il lotto in esame, come riportato nell'Allegato A3, presenta una debole pendenza da E verso W, con variazioni altimetriche contenute dell'ordine di circa 1 m (quota indicativa ~ 357 m nel settore orientale e ~ 356 m in quello occidentale).

Le pendenze rilevate non sono tali da richiedere opere di sostegno significative.

In coerenza con il quadro idrogeologico delineato, pur non risultando evidenze della presenza di una falda freatica permanente nel sito, non si può escludere che, in periodi particolarmente piovosi, possano verificarsi locali condizioni di saturazione o ristagno temporaneo nei primi metri di sottosuolo.

RELAZIONE GEOTECNICA

Considerato che le profondità di scavo consigliate sono dell'ordine di circa 1,0 m dal piano campagna, non si prevede l'intercettazione di falde permanenti. Si raccomanda tuttavia, ove possibile, di programmare le lavorazioni in periodi non caratterizzati da precipitazioni intense o prolungate, al fine di evitare condizioni di terreno eccessivamente imbibito.

Qualora durante le operazioni di scavo si manifestassero locali venute d'acqua o condizioni di saturazione, si dovrà provvedere al temporaneo aggotamento mediante pompe sommerse e alla regimazione provvisoria delle acque, procedendo alla realizzazione del magrone di sottofondazione solo in condizioni di adeguata stabilità e portanza del piano di posa.

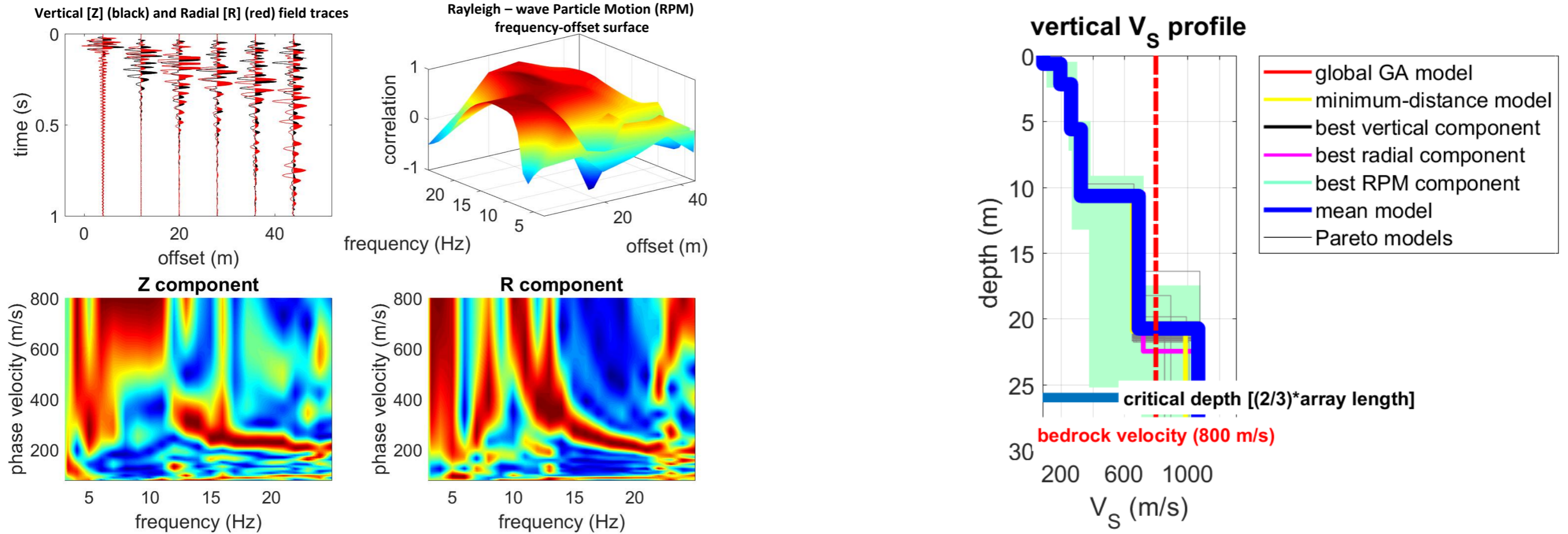
Considerata la presenza di litologie a componente argillosa, caratterizzate da bassa permeabilità e comportamento plastico in condizioni di saturazione, si raccomanda la tempestiva realizzazione delle strutture di fondazione e l'adozione di adeguate opere di smaltimento delle acque meteoriche e di gronda, che si consiglia di riversare nella rete comunale di raccolta delle acque meteoriche nella strada ed est del lotto, al fine di evitare ristagni localizzati e fenomeni di rammollimento del terreno di posa.

Dott. Geol. Stefano Piga

Allegati

- Allegato A.4.a - Sismogrammi acquisiti- spettri velocità di fase/frequenza - Curve di dispersione sperimentali e calcolate con profilo V_s ;

Sismogramma acquisito onda di Rayleigh: in nero la componente verticale (ZVF) e in rosso la componente radiale (RVF)
 Moto particellare (RPM): correlazione tra le componenti Z e R in funzione di offset e frequenza
 Spettri di dispersione: componente Z e componente R (Acquisizione con shot a -4,00 m)



Modelli di inversione generati a partire dagli spettri di dispersione delle onde superficiali per entrambe le componenti Z (verticale) e R (radiale). Modelli di inversione generati con analisi RPM (Rayleigh-wave Particle Motion)

