



*Dott. geologo **Donato STIFANI***

Via San Benedetto n.8 - 73040 ARADEO (LE)

Tel. 339.1297767 - e-mail: geosalento@virgilio.it

c.f.: STF DTN 57P15 A350U – p. iva: 01876670751

COMUNE DI ARADEO

Provincia di Lecce

Progetto di variante urbanistica per riqualificazione di area privata

Relazione Geologica, Geomorfologica e Sismica

Committente: **A.C. di Aradeo**

Proprietà: Sigg. Giaracuni Matteo e Giaracuni Andrea



Il Tecnico:

Dott. Geol. Donato STIFANI



Aradeo, febbraio 2025

INDICE

1. Premessa	pag. 2
2. Idro-Geo-Morfologia dell'area	pag. 3
3. Indagini geognostiche	pag.10
4. Classificazione sismica:	pag.14
5. Aspetti geotecnici e modello del sottosuolo	pag.20
6. Conclusioni	pag.27

ALLEGATI GRAFICI:

- TAV.1 – Corografia IGM
- TAV.2 – Corografia su CTR
- TAV.3 – Carta geologica
- TAV.4 – Cartografia PAI - PPTR
- TAV.5 – Ubicazione sondaggi geognostici
- Elaborati profilo sismico (Tecnica MASW)

1. Premessa

Con Det. n.1 del 20/01/2025 (Reg. Gen. N.17 del 21/01/2025), il Responsabile dell'Area "4" - Edilizia ed Urbanistica del Comune di Aradeo, Arch. Giuseppe Ingrosso, conferiva allo scrivente, dr. geologo Donato Stifani, iscritto al n.228 dell'Ordine dei Geologi della Puglia, incarico professionale.

In particolare mi si richiedeva di effettuare un'indagine geologica, geomorfologica e sismica, su un'area oggetto di variante urbanistica per riqualificazione di aree private, ai sensi della normativa vigente, D.M. 17.01.2018 (punti 3.2.2, 6.2.1, 6.2.2) e Circolare n.7/2019 C.S.LL.PP.

Al fine di verificare la fattibilità dell'intervento rispetto al sottosuolo e le caratteristiche idro-geo-morfologiche, stratigrafiche e sismiche dei depositi presenti sull'area di studio, veniva eseguito un rilevamento geologico di superficie, integrato da indagini geognostiche effettuate in sito.

2. Idro-Geo-Morfologia dell'area

L'area di studio è situata nella porzione nord-occidentale del centro abitato di Aradeo, in Via Torino angolo con Via De Curtis, come indicato nelle **Tavv.1 e 2 – Corografia dell'area su IGM e CTR.**

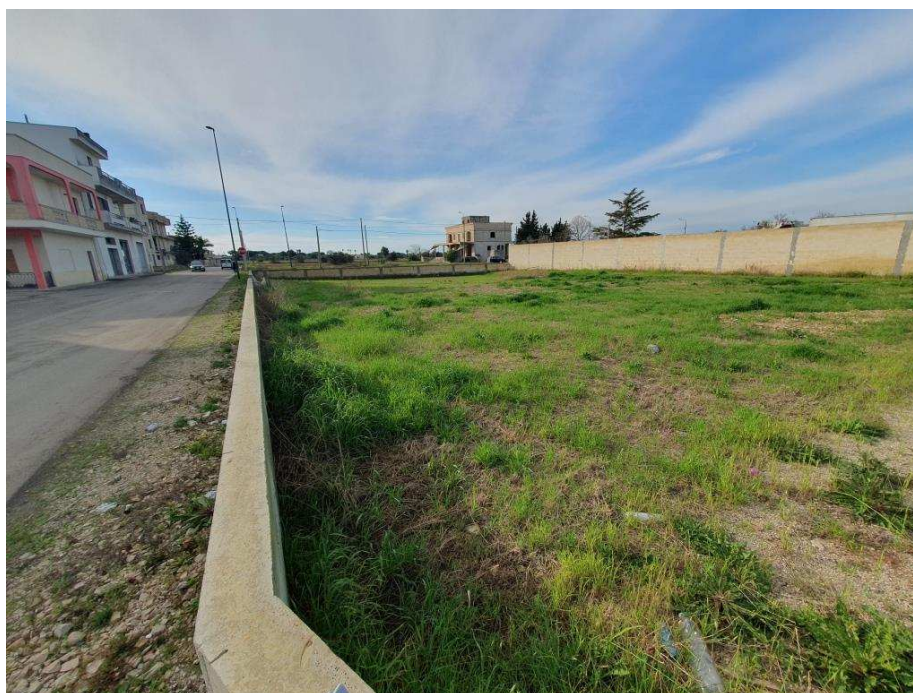
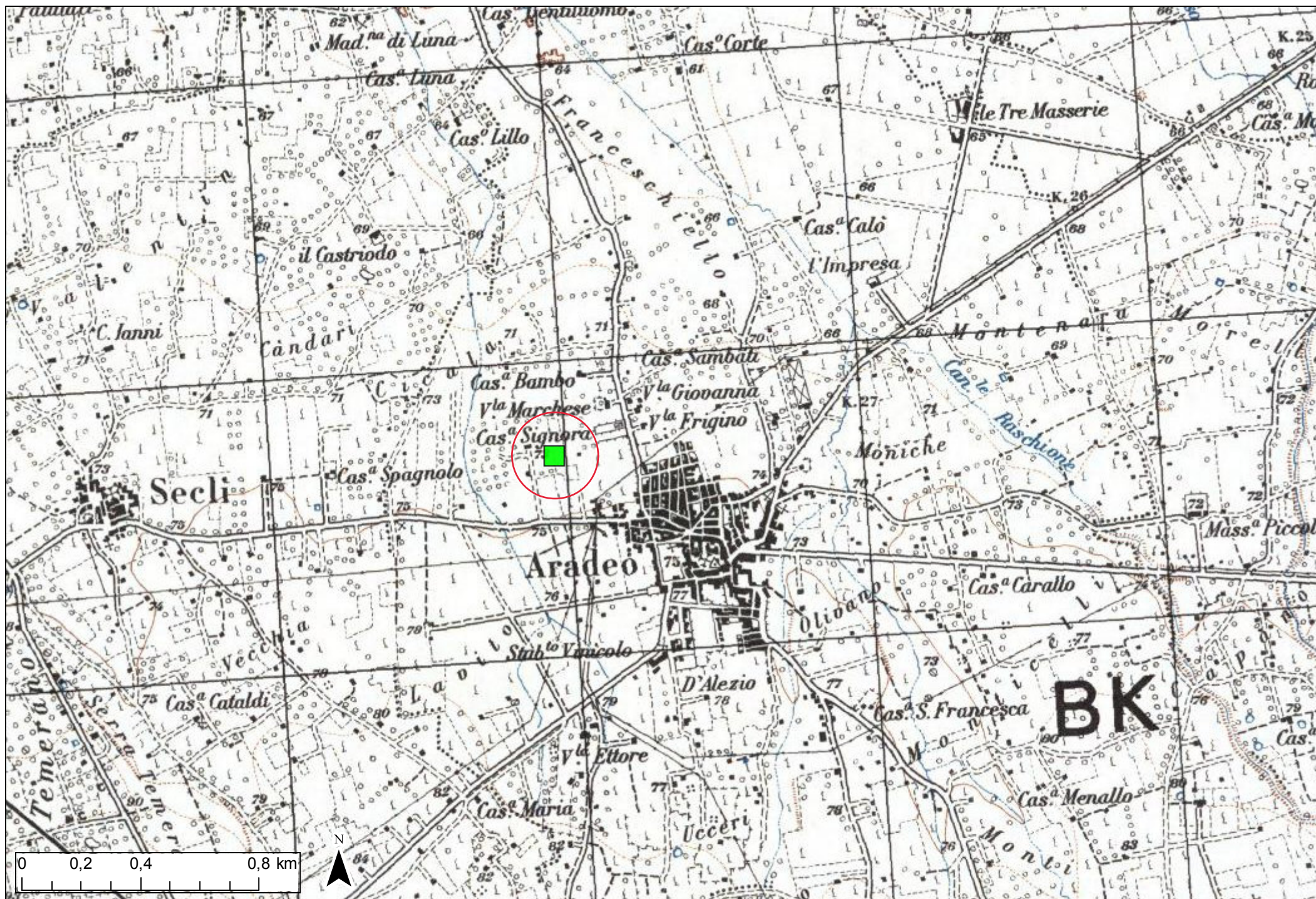


Foto 1 – Panoramica dell'area di studio

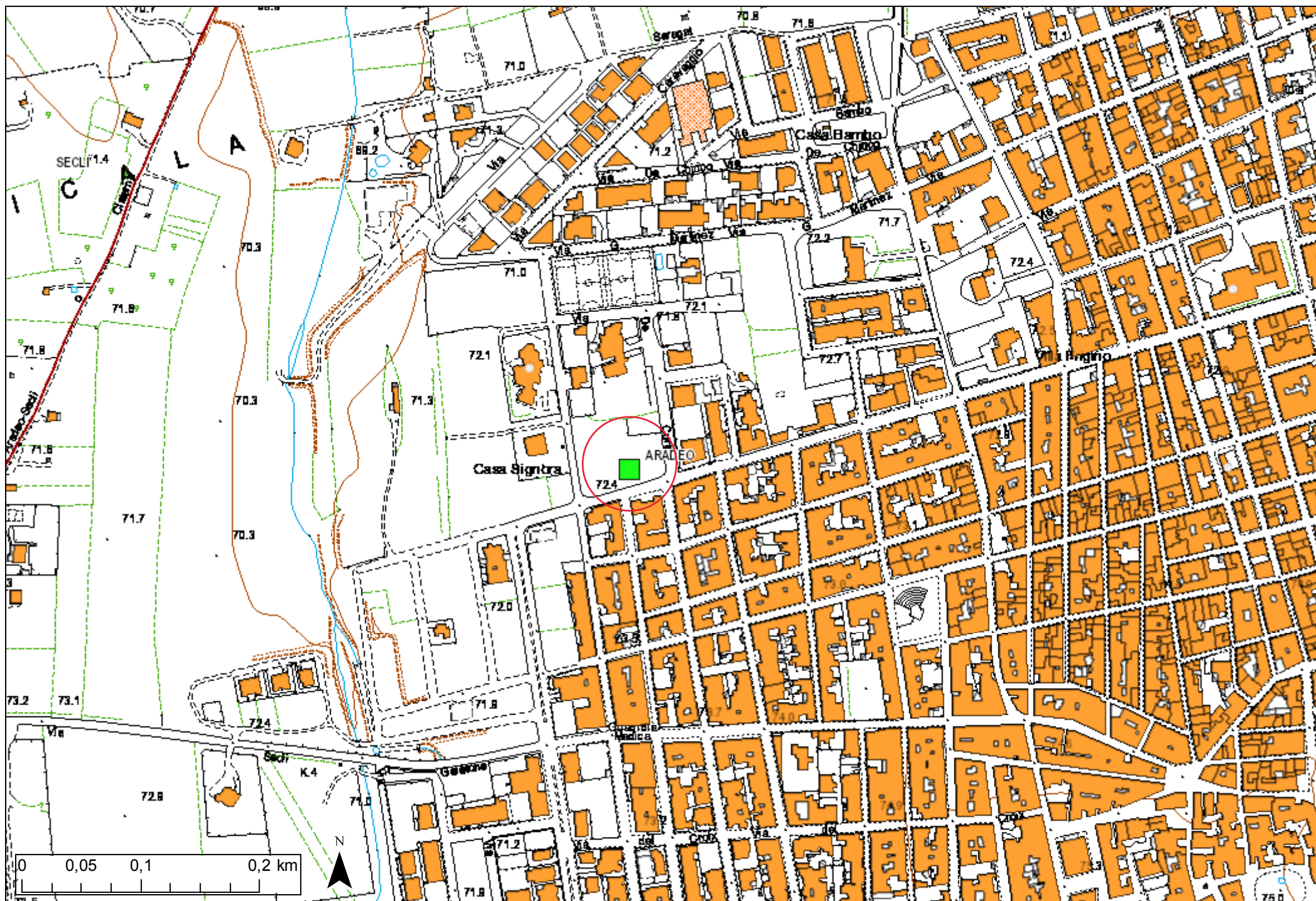
L'intervento consiste in una variante urbanistica per la riqualificazione dell'area privata di proprietà dei Sigg. Giaracuni Matteo e Giaracuni Andrea, interessata dalla decadenza dei vincoli preordinati all'esproprio (ex-art.2 L.1187/68). In adempimento alla sentenza T.A.R. di Lecce n.356/2024 il Comune è obbligato a ritipizzare urbanisticamente l'area in "Area per attrezzature di interesse comune attuabile ad iniziativa economica del privato".

La morfologia della zona è subpianeggiante, con quote altimetriche medie di circa 72 m s.l.m. A grande raggio risulta leggermente digradante verso Nord, con pendenze inferiori al 2%. Il deflusso idrico superficiale delle pluviali avviene in maniera diffusa ed omogenea, laminare, con modeste velocità e pressoché trascurabile trasporto solido, senza generare ruscellamenti e fenomeni erosivi del suolo.

Per quanto concerne l'aspetto geologico-strutturale, il sito ricade all'interno di una vasta piega sinclinalica, costituita da depositi sciolti



Tav.1 - Corografia IGM



sabbioso-limosi, ciottolosi (DEPOSITI MARINI TERRAZZATI) passanti inferiormente dapprima a sabbie limo-argillose e poi ad argille marnoso-siltose (ARGILLE SUBAPPENNINE), quest'ultime sovrastanti il substrato litoide detritico-organogeno del Pliocene medio-inf. (Calcarenite di Gravina). In profondità sono presenti gli antichi sedimenti calcareo-dolomitici del Cretaceo (Calcare di Altamura).

In seno ai depositi pliocenici condizionanti la stratigrafia dei primi metri di spessore, al di sotto della coltre di terreno agrario, si rinvencono **sabbie calcaree** con numerosi ciottoli, trovanti e sottili livelli arenacei disarticolati ("chiancareddrha"), passanti in profondità a **limi argillosi e argille marnose**, di consistenza dura per effetto di una debole sovraconsolidazione.

Il territorio del Comune di Aradeo è caratterizzato dalla presenza di diverse unità geologiche: il Calcare di Altamura, la Calcarenite di Gravina, le Argille subappennine, i Depositi marini terrazzati ed i depositi colluviali.

2.1 Calcare di Altamura

I depositi più antichi si riferiscono al "Calcare di Altamura", di età cretacea, ed affiorano nel settore più settentrionale del territorio comunale, in loc. Mass. Mutana e Mass. Cornacchia, nell'intorno del Canale dell'Asso.

La suddetta unità fa riferimento nella letteratura geologica alla Formazione dei Calcari di Melissano, i quali si estendono nel sottosuolo per almeno alcune centinaia di metri di profondità, sino a sfumare, in eteropia di facies, nelle sottostanti Dolomie di Galatina, il cui spessore si stima in alcune migliaia di metri.

Ai calcari si addossano o si sovrappongono in trasgressione sedimenti più recenti, come le Calcareniti e le Argille. L'accostamento di questi terreni lungo zone di scarpata formate dai più antichi terreni cretacei si può spiegare tramite due diversi ambienti deposizionali, il primo caratterizzato da una sedimentazione prevalentemente di mare aperto, anche se sottile e di litorale, il secondo da depositi di mare poco profondo con passaggio a condizioni sub-lagunari, talvolta, salmastre.

Il litotipo caratteristico è costituito da calcari e calcari dolomitici di

colore grigio-nocciola, spesso vacuolari ed a frattura irregolare. A questi litotipi si intercalano strati di calcare microcristallino, biancastro e calcari brecciati.

La stratificazione è abbastanza evidente e gli strati hanno spessore variabile da alcuni decimetri a circa 1÷2m.

L'unità si presenta intensamente fratturata, specie subverticalmente e con direzione preferenziale NW-SE. Le fratture, da millimetriche a centimetriche, a volte sono piene di calcite spatica o di materiali sciolti (terre rosse), derivanti dalla degradazione chimico-fisica degli strati superficiali (carsismo).

La potenza complessiva di questa unità non è precisamente valutabile e si stima in alcune migliaia di metri.

2.2 Calcarenite di Gravina

L'unità calcarenitica è trasgressiva sui calcari ed affiora nelle zone topograficamente meno elevate, comprendendo una grossa porzione settentrionale del territorio di Aradeo.

La formazione raggruppa diversi litotipi, distinti tra loro in base all'età ed alle caratteristiche tessiturali. Si passa da sabbie grossolane a calcareniti e calciruditi giallastre con intercalati livelli di calcari tipo "panchina" e trovanti calcarei.

Il litotipo caratteristico, denominato localmente ed in maniera impropria "tufi", è costituito da **calcareniti biomicritiche** a grana media, porose, ben cementate, di colore bianco-giallastro, spesso coltivate mediante cave a giorno o in galleria ed utilizzate come materiale da costruzione.

La stratificazione è quasi sempre indistinta; dove essa appare, è variabile da pochi centimetri ad oltre un metro. Le Calcareniti di Gravina nella letteratura geologica si riferiscono alle Calcareniti del Salento, con le quali presentano numerose analogie deposizionali e tessiturali.

La potenza della formazione si stima intorno ai 30m. L'intero pacco calcarenitico non presenta uniformità deposizionale, ma spesso è associato a

sabbioni calcarei inglobanti ciottoli, piccoli trovanti e livelli tenaci biomicritici tipo "panchina", mentre in basso è talvolta presente un banco di argille marnose grigio-azzurrastre, plastiche, fossilifere e pressoché prive di segni di stratificazione (Postcalabriane).

Per tutta l'area di affioramento, numerose sono le cave a cielo aperto e in sotterraneo (tutte oramai dismesse), anticamente utilizzate per la produzione di pietra da costruzione.

2.3 Argille Subappennine

Affiorano estesamente nella porzione centro-meridionale del territorio aradeino, dove rappresentano il termine più giovane dell'ampia sinclinale descritta in precedenza.

La formazione è costituita da due litotipi ben distinti, che sono: sabbie limo-argillose di colore giallastro con lievi tracce di stratificazione e cementazione che passano inferiormente ad argille marnose grigio-azzurrastre, plastiche e pressoché prive di segni di stratificazione.

L'unità (Argille Subappennine), venne attribuita (Largaiolli 1966, Montcharmont Zei 1954, Salvatorini 1969) al Calabriano, ma studi più recenti (Caldara 1981) hanno attribuito le argille basali al Pliocene inferiore (Emiliano) e a tempi un pò più recenti le sovrastanti sabbie.

La formazione, nel vicino territorio di Cutrofiano, è stata interessata da numerose cave di materiale per laterizi, ma è soprattutto sfruttata per la fabbricazione di cemento artificiale tipo Portland.

La potenza dei sedimenti varia tra i 15 ed i 30m, e poggiano, in trasgressione, sul substrato calcarenitico. Il passaggio dalle sabbie-argillose alle sottostanti calcareniti non è netto, ma graduale e le due formazioni sfumano l'una nell'altra attraverso un banco argilloso-sabbioso di colore giallo-verdastro, spesso qualche metro.

2.4 Depositi marini terrazzati

Nella porzione centrale del territorio comunale, ed in corrispondenza del sito di indagine, affiorano depositi marini terrazzati, sotto forma di placche discontinue per effetto dell'erosione subita.

Si tratta di sedimenti di spiaggia e di piana costiera, rappresentati da sabbie calcaree ciottolose, con livelli arenacei, conglomerati a matrice sabbiosa e calcari detritico-organogeni.

I depositi hanno spessore variabile tra 1.5 e 3.0 metri circa e poggiano in discordanza sulle argille subappennine.

L'età dei depositi marini terrazzati è attribuibile al post-Siciliano.

2.5 Depositi colluviali recenti ed attuali

Si tratta di depositi di facies continentale, accumulati ad opera delle acque correnti superficiali, colmano le depressioni percorse da fossi, canali e scoline, con spessori variabili sino ad un massimo di pochi metri. Gli accumuli sono costituiti da sedimenti sciolti sabbioso-pelitici, dalla tipica colorazione rosso-brunastra ("terra rossa").

La geologia dell'area è schematizzata in **Tav.3**.

L'idrogeologia dell'immediato sottosuolo risulta condizionata dai suddetti sedimenti sabbioso-argillosi, che originano un modesto acquifero superficiale a carattere stagionale. Il livello freatico dell'acquifero superficiale, sulla scorta di precedenti studi sull'area, si stima che si attesti per l'intero periodo dell'anno a profondità superiori a 3÷6 metri dal piano di campagna.

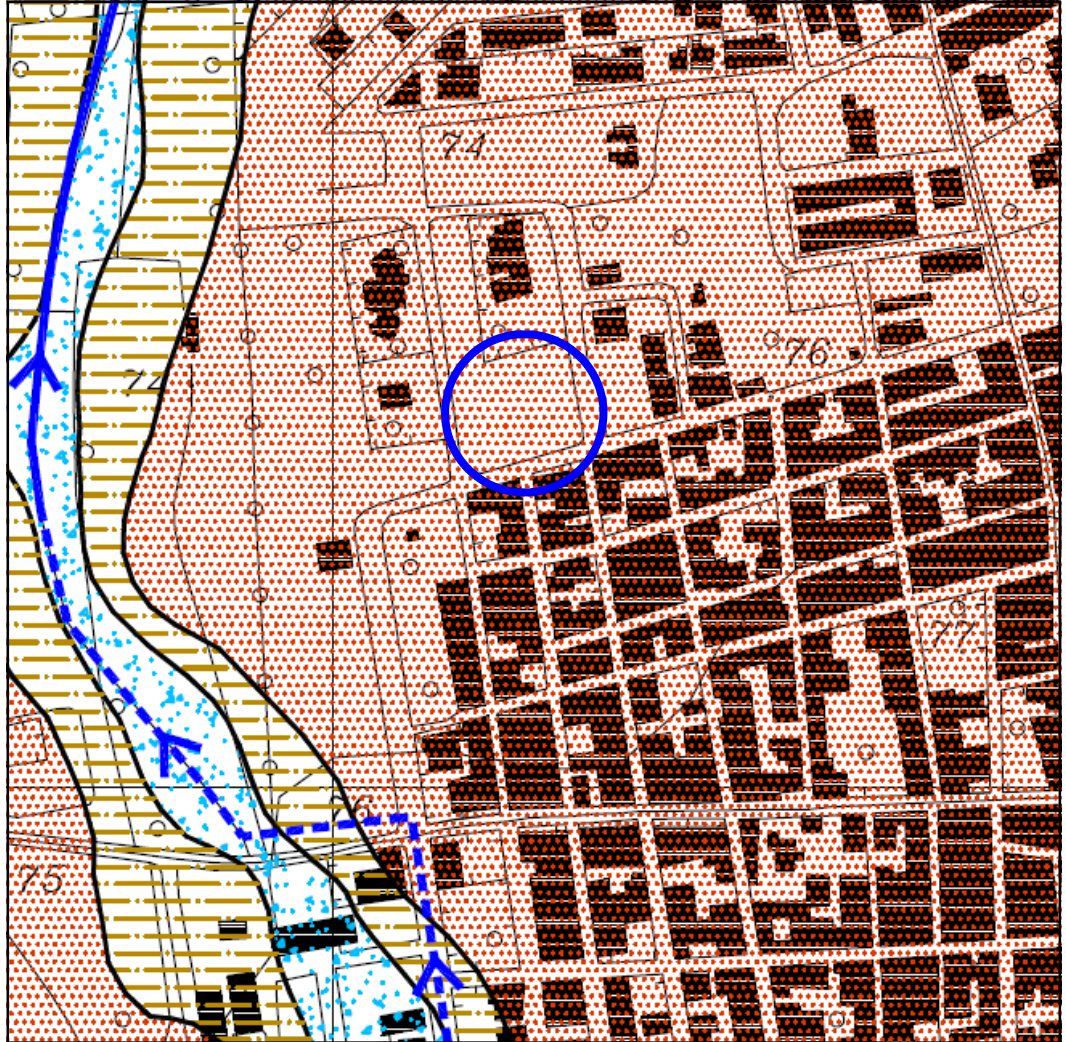
Nell'area affiorano rocce permeabili per porosità e per fessurazione. La permeabilità per porosità, o permeabilità in piccolo, è tipica dei depositi sciolti o delle rocce porose e si rinviene nelle sabbie-limo-argillose e nelle calcareniti, quella per fessurazione, o permeabilità in grande, è tipica delle rocce fessurate, quali i calcari di base.

Per contro in profondità, a partire da quote prossime al livello del mare, i calcari sono interessati dalla **falda acquifera di fondo**. La loro permeabilità, dovuta a fessurazione e ai giunti di stratificazione, assume valori molto elevati per l'allargamento delle fessure in seguito a fenomeni carsici.

TAV.3 - Geologia dell'area

Scala 1:5.000

Cartografia di base: CTR - Regione Puglia



DEPOSITI COLLUVIALI RECENTI E ATTUALI



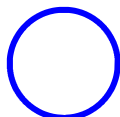
DEPOSITI MARINI TERRAZZATI

SEDIMENTI DI SPIAGGIA E DI PIANA COSTIERA RAPPRESENTATI DA SABBIE CALCAREE CON LIVELLI ARENACEI, CONGLOMERATI A MATRICE SABBIOSA, CALCARI DETRITO-ORGANOGENI POSTSICILIANO



ARGILLE SUBAPPENNINE

DEPOSITO DI ARGILLE, ARGILLE MARNOSO-SILTOSI E SILTS ARGILLOSI SICILIANO



Area di interesse

La falda “profonda” o “carsica” circola nelle rocce carbonatiche mesozoiche, fratturate e carsificate, ed è “sostenuta” dall’acqua marina di invasione continentale su cui “galleggia” per effetto della minore densità (Fig.A).

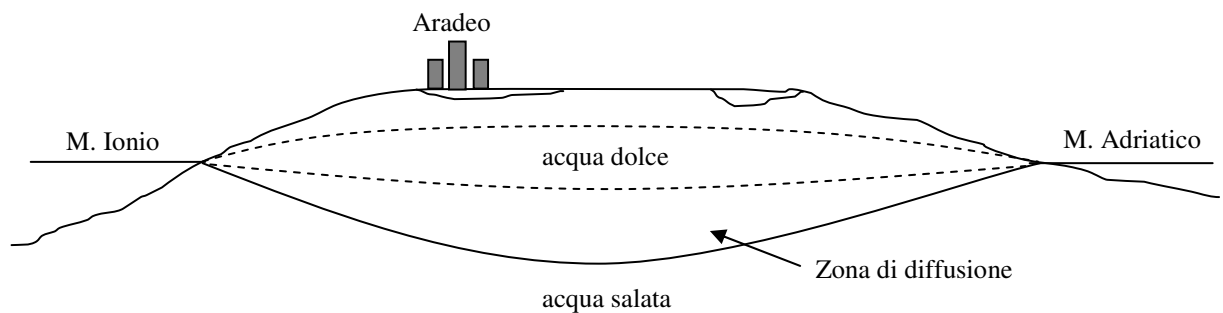


Fig. A - Sezione idrogeologica schematica della Penisola Salentina.

Detta falda che è presente nel sottosuolo di gran parte del Salento, assume un aspetto lenticolare, con spessori che vanno assottigliandosi procedendo dalla parte centrale della penisola salentina verso la costa.

Il deflusso idrico sotterraneo di base si manifesta lungo livelli idrici preferenziali coincidenti con orizzonti rocciosi più intensamente carsificati e secondo direttrici di deflusso principale convergenti all’incirca verso la linea di costa ionica. Detto acquifero di fondo è presente a partire da circa – 70 m dal p.c. (per effetto del carico piezometrico = +2.0 s.l.m.) e si mantiene in equilibrio idrodinamico sulle acque marine di invasione continentale. L’andamento della superficie piezometrica della falda di fondo è stato desunto Tav.6.2 del P.T.A., dalla quale si evince che la zona di indagine ricade nella fascia delle isopieziche tra i 2 e 3 metri s.l.m., mentre lo spessore medio dell’acquifero dolce utilizzabile è stimato in circa 70 metri. La zona non è interessata da fenomeni di dissesto in atto o potenziali.

I valori dei coefficienti di permeabilità per i terreni granulari fini investigati, si stimano intorno a $K = 5 \cdot 10^{-5}$ m/s, cui è possibile associare un basso grado di permeabilità primaria.

Per quanto concerne il **P.A.I.** (Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico) redatto dall’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale - Sede Puglia, l’area di intervento non ricade tra quelle a

pericolosità idraulica. Il sito non ricade inoltre, in aree a pericolosità geomorfologica.

In riferimento al Piano Paesaggistico Territoriale Regionale della Regione Puglia (**PPTR**), il lotto di studio ricade nell'Ambito territoriale "Salento delle Serre" ed in particolare nella Figura "Bosco del Belvedere", ma non risulta sottoposto ad alcuna tutela ai sensi del D.Lgs. 42/2004 "Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio".

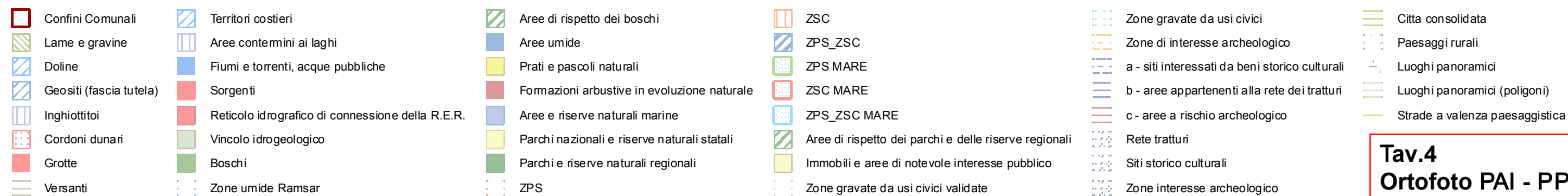
La **Tav.4** costituisce uno stralcio della cartografia **PAI** e **PPTR**.

Le coordinate cartografiche dell'area di studio (punto medio centrale) sono le seguenti:

Sistema di riferimento WGS84 UTM 33N:

Longitudine Est: 766.108

Latitudine Nord: 4.447.204



Ortofoto: riprese AGEA 2019 Sistema Informativo Territoriale - Regione Puglia

Tav.4
Ortofoto PAI - PPTR

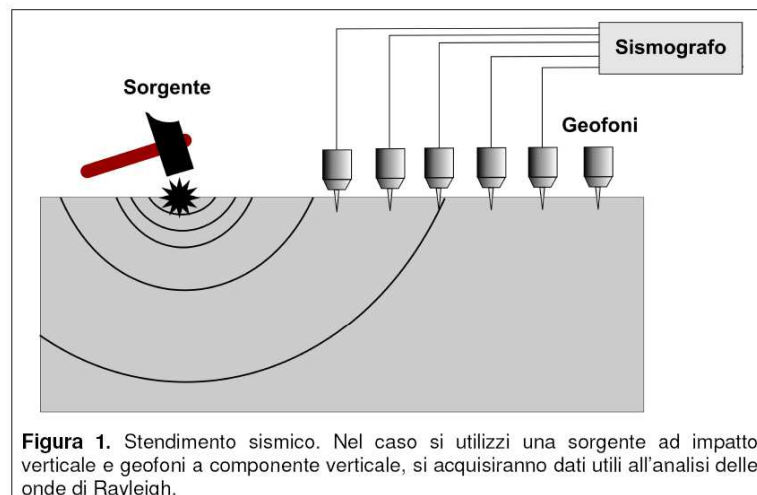
3. Indagini geognostiche

Come già premesso, il rilevamento geologico di superficie è stato integrato con opportuni sondaggi geognostici eseguiti in sito.

Scopo principale dell'indagine sismica è stato quello di verificare il modello stratigrafico e la caratterizzazione sismica del suolo.

La successione sismostratigrafica di dettaglio è quella ricostruita nel modello di sottosuolo del profilo sismico (v. istogrammi allegati).

Il sondaggio sismico è stato eseguito mediante sismografo PASI mod. 16S24-U a 24 canali, generando le onde sismiche con un fucile energizzatore e/o con mazza da 8 kg. Nella Fig.1 è schematizzata la procedura di svolgimento di uno stendimento sismico.

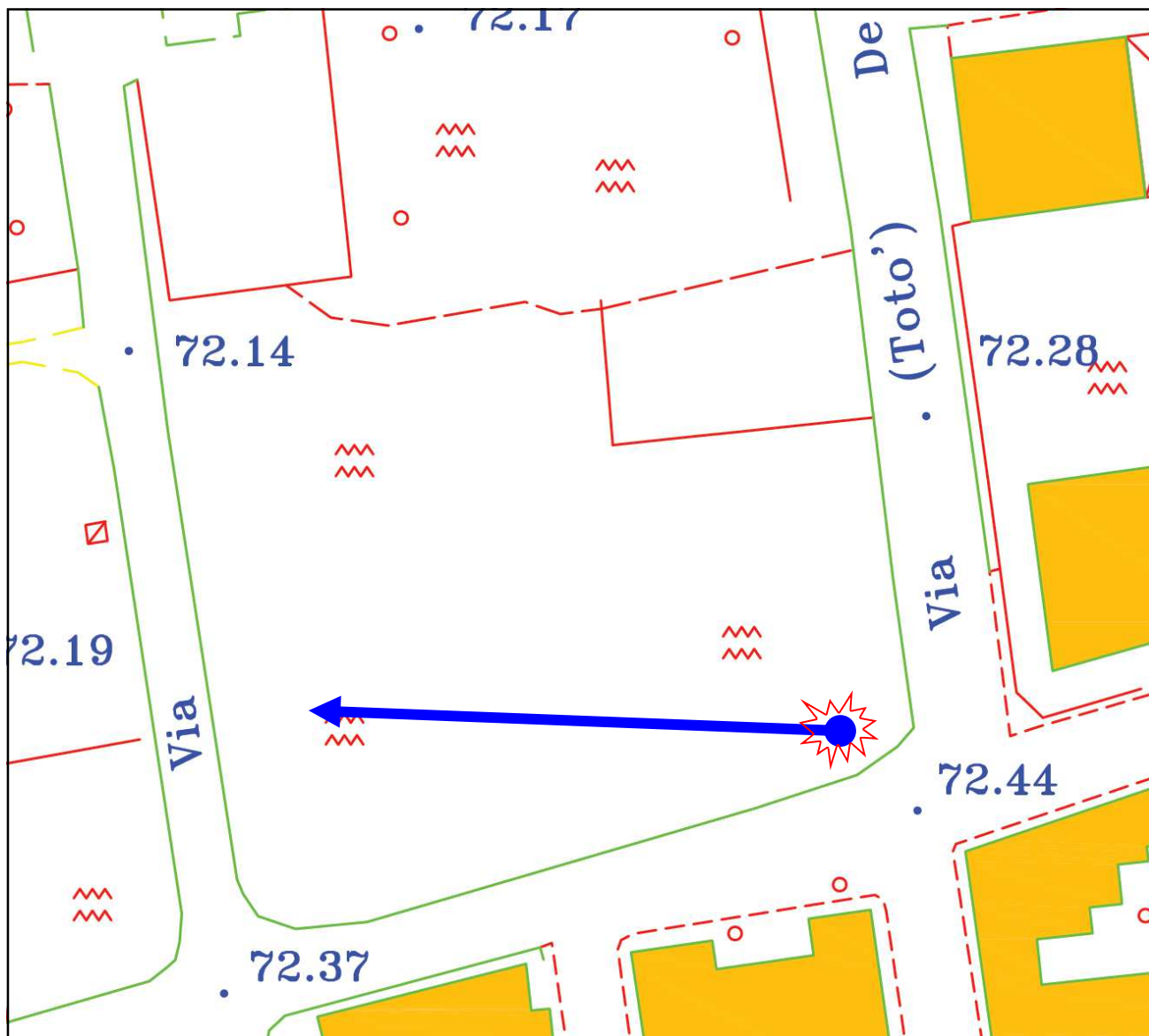


La prospezione ha avuto lunghezza di stendimento pari a 26m (distanza offset 4m), ed è stata disposta come indicato nella **Tav.5**.

Sia le fasi sperimentali di acquisizione del segnale sismico, sia quelle di elaborazione, sono state effettuate mediante l'ausilio di computer e di uno specifico programma di calcolo (winMASW - EliaSoft).

La sismica a rifrazione utilizza i fronti d'onda generati da superfici di discontinuità e rilevati da sensori (geofoni), opportunamente disposti lungo un allineamento prestabilito (linea di stendimento). Lo stendimento ha avuto un unico scoppio esterno (offset 4m), rilevato con geofoni verticali di frequenza propria pari 4,5 Hz, posizionati in superficie con equidistanze di 2.0 m, in funzione della lunghezza di stendimento e di conseguenza della profondità di investigazione.

TAV.5 - UBICAZIONE SONDAGGI GEOGNOSTICI



Profilo sismico a rifrazione, linea e direzione di stendimento dei geofoni,
punto di scoppio
(simica attiva MASW per il calcolo di V_{s30} - V_{sE} in sito)

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame è stata effettuata una acquisizione *MASW* (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*), con analisi della dispersione delle onde di Rayleigh (sismica attiva), utili a definire il profilo verticale della V_s (velocità di propagazione delle onde di taglio).

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 17.1.2018 (punto 3.2.2). Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (V_s).

La classificazione dei terreni è stata quindi svolta sulla base delle condizioni stratigrafiche e del valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s) definita dalla relazione:

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

in cui:

$V_{s,i}$ e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell' i -esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato (30m).

I dati sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (V_s).

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (*MASW*) ha consentito di determinare il profilo verticale della V_s (e del modulo di taglio) e, di conseguenza, del parametro:

$$V_{s30} = 500 \text{ m/s}$$

$$V_{s,eq} = 430 \text{ m/s}$$

(considerando come riferimento il piano campagna)

In considerazione della discreta consistenza dei depositi sabbioso-limo-argillosi affioranti, si ritiene poco probabile un forte contrasto di proprietà meccaniche tra lo strato superficiale ed il bedrock, tale da

produrre “*l’amplificazione degli scuotimenti sismici*”, e di conseguenza eventuali effetti di *risonanza* del pacco di terreno incoerente.

Conoscendo la velocità delle onde sismiche del materiale è stato possibile ricostruire la litologia dell'immediato sottosuolo, schematizzata nella *colonna stratigrafica (Subsurface model)*, e valutare i *parametri geotecnici* dei terreni investigati (*peso di volume, modulo di Young, modulo di Poisson, modulo di taglio, modulo di compressione, ecc.*), mediante correlazioni tratte dalla bibliografia ed ampiamente riconosciute.



Foto 2 -Esecuzione sondaggio sismico MASW



Foto 3 -Sismografo 24 canali Pasi mod. 16S24-U

4. Classificazione sismica

Per quanto concerne il rischio sismico il Salento può considerarsi come area stabile ed in pratica asismica. La zona di progetto non è inoltre interessata da fenomeni di dissesto in atto o potenziali.

La totalità dei comuni salentini non risultavano infatti classificati dalla vecchia normativa in materia sismica, del 1984.

La successiva Ordinanza PCM n.3274 del 20/3/2003 introduce la 4^a categoria per le zone a bassa sismicità, cioè quelle precedentemente NC. La nuova zonizzazione non comporta alcun movimento per i comuni del Salento, per cui Aradeo da non classificato diventa di 4^a categoria.

La suddetta Ordinanza aggiorna la normativa sismica, con l'attribuzione alle diverse località del territorio nazionale di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento dell'accelerazione al suolo.

L'Ordinanza propone inoltre l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque tipologie di suoli (A - B - C - D - E), da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{S30}).

La velocità di propagazione delle onde di taglio V_S diventa l'elemento diagnostico utile alla comprensione del comportamento fisico-meccanico in campo dinamico.

La finalità di riduzione del rischio sismico esercitata dallo Stato, non si esplica più, quindi, con il comportamento prescrittivo della normativa, ma attraverso una procedura prestazionale, riconosciuta a livello internazionale.

Occorre puntualizzare che non sempre i passaggi a mezzi sismici differenti corrispondono a strutture litologiche parimenti differenziate, in quanto evidenziano semplicemente stati di compattezza o di imbibizione diversi.

Per ricavare il profilo verticale della V_S (velocità delle onde di taglio) è stato utilizzato il software winMASW della EliaSoft, che attraverso la modellazione o inversione delle curve di dispersione ed attenuazione delle onde di superficie (Rayleigh), determinate tramite la tecnica MASW

(Multichannel Analysis of Surface Waves), consente di determinare i parametri V_{S30} e $V_{S,eq}$, misurati in sito con la prospezione sismica eseguita.

I risultati dell'indagine e dell'interpretazione sismica sono allegati di seguito (**risultati winMASW**).

Nel nostro caso la prospezione ha individuato tre “mezzi” sismici (v. colonna sismostratigrafica “Subsurface model” allegata):

- Il primo avente velocità delle onde di taglio pari a 254 m/s, corrispondente allo strato più superficiale di spessore pari a circa 4.1 metri e costituito dalla copertura di terreno agrario, sabbie ciottolose e sabbie limo-argillose;
- Il secondo con velocità sismica delle onde di taglio pari a 500 m/s, avente spessore di circa 20 metri e corrispondente a limi sabbioso-argillosi e argille marnose molto umide o sature d'acqua;
- Il terzo con velocità sismica delle onde di taglio pari a 1467 m/s, avente spessore di oltre 6 metri e costituito da calcareniti tenere. Occorre evidenziare che il valore registrato per quest'ultimo sismostrato risulta molto elevato e solitamente riferibile a rocce molto rigide ($V_s > 800 \text{ m/s}$). Tuttavia si ritiene corretto attribuire il substrato litoide a rocce tenere (calcareniti) e considerare il valore elevato, verosimilmente causato dal repentino contrasto tra le argille sature d'acqua ed il tetto delle calcareniti.

La suddetta successione sismostratigrafica fornisce la V_s , necessaria per definire la classe sismica di appartenenza del suolo di fondazione (considerando come riferimento il piano campagna). Nel nostro caso il valore di V_{sE} , è:

$$V_{sE} = 430 \text{ m/s}$$

Per il suolo di fondazione è stata attribuita la **Categoria B** con valori di **velocità equivalente** compresi tra **360 m/s** $< V_{Seq} < 800 \text{ m/s}$, alla quale è associata una litologia costituita da depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti o rocce tenere, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità.

Con l'Ordinanza P.C.M. n.3519 del 28.4.2006, all.1b, “Pericolosità

sismica di riferimento per il territorio nazionale”, il territorio nazionale è sismicamente classificato in 4 zone mediante il rapporto a_g definito “*accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A*”, espressa come frazione dell’accelerazione di gravità g e riferita ad eventi sismici con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

L’azione sismica può essere descritta mediante accelerogrammi o spettri di risposta ed è definita per le due classi di strutture (Classe 1 e Classe 2) per due diversi stati limite:

- 1) **Stato Limite Ultimo:** per tale condizione le strutture degli edifici, pur subendo danni di rilevante entità negli elementi strutturali, devono mantenere una resistenza residua e rigidità nei confronti delle azioni orizzontali e dei carichi verticali;
- 2) **Stato Limite di Danno:** per tale condizione le costruzioni nel loro complesso, includendo gli elementi strutturali e quelli non strutturali, ivi comprese le apparecchiature rilevanti alla funzione dell’edificio, non devono subire danni ed interruzioni d’uso in conseguenza di eventi sismici con periodo di ritorno minore di quelli relativi allo SLU e quindi una significativa probabilità di verificarsi più volte nel corso della durata utile dell’opera.

Un modello di riferimento per la descrizione del moto sismico sul piano di fondazione è costituito dallo spettro di risposta elastico composto da due componenti orizzontali (che possono essere assunte uguali) ed una verticale.

Per le strutture in Classe 1 (vita utile di progetto 50 anni), gli spettri elastici si ancoreranno a valori di a_g riferiti alla probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni. Tali valori per i diversi comuni saranno perimetrati dalle regioni. In mancanza di questi valori si assumono: 0,35g (I), 0,25g(II), 0,15g(III), 0,05g(IV).

Per le strutture in Classe 2 (vita utile di progetto 100 anni), gli spettri elastici si ancoreranno a valori di a_g riferiti alla probabilità di superamento pari al 5% in 50 anni. Tali valori per i diversi comuni saranno perimetrati dalle regioni. In mancanza di questi valori si assumono: 0,49g (I), 0,35g(II), 0,21g(III), 0,07g(IV).

Gli spettri indicati dalla normativa verranno applicati a strutture con periodo fondamentale inferiore a 4,0 s.

Il 17.1.2018 sono state pubblicate sulla G.U. le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni elaborate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

L'INGV attribuisce al Comune di Aradeo valori di $a(g)$ compresi tra 0.050 e 0.075 variabile a seconda delle diverse frequenze annuali di superamento e del percentile.

Dalle prospezioni sismiche effettuate e dai risultati delle prove penetrometriche eseguite si esclude che possano verificarsi, per i terreni di fondazione, fenomeni di liquefazione in fase di sollecitazione sismica.

La valutazione dell'azione sismica indotta da un terremoto su strutture esistenti o di progetto, per il controllo del grado di danneggiamento che potrebbe verificarsi, è utile per definire il livello di "pericolosità sismica di base", riferita ad un suolo rigido con superficie topografica orizzontale e derivante da studi condotti a scala nazionale con procedure e metodologie validate.

La pericolosità sismica va descritta in modo tale da renderla compatibile con le norme tecniche per le costruzioni ed occorre dotarla di un sufficiente livello di dettaglio sia in termini geografici sia temporali, fornendo i valori di accelerazione orizzontale massima a_g e i parametri che consentono di fornire gli spettri di risposta per diverse probabilità di superamento in 50 anni.

Quest'ultima informazione consente di adottare, sia nella progettazione sia nella verifica delle costruzioni, valori dell'azione sismica meglio correlati alla pericolosità sismica del sito, alla vita nominale della struttura e all'uso cui essa è destinata, permettendo in tal modo, soluzioni più agevoli del problema progettuale con significative economie.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica sul reticolo e nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) in cui, i valori di a_g riportati sono quelli calcolati dal Gruppo di Lavoro MPS (2004) che ha redatto la carta di Pericolosità Sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 gennaio 2003.

Le azioni sismiche di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali le quali vengono definite in funzione di tre parametri:

ag – accelerazione orizzontale massima del terreno

Fo – valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro di accelerazione orizzontale

T*c – periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

ag - il valore previsto dalla pericolosità sismica,

Fo e T*c – i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla *pericolosità sismica*.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine, per individuare le corrispondenti azioni sismiche, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, occorre fissare:

- la vita di riferimento V_R della costruzione
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento P_{V_R} associate a ciascuno degli stati limite considerati.

La verifica deve essere possibile per tutte le vie di riferimento e per tutti gli stati limite considerati dalle NTC, utilizzando come parametro caratterizzante la pericolosità sismica, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R espresso in anni.

Stabilita la vita di riferimento V_R , i due parametri T_R e P_{V_R} sono esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = V_R / [\ln (1 - P_{V_R})]$$

Al fine di trattare i problemi tecnico-amministrativi tipici della gestione del territorio, ogni Regione ha definito l'appartenenza di ciascun Comune o parte di esso, ad una determinata zona sismica, sulla base del valore massimo di un parametro di pericolosità sismica opportunamente valutato all'interno dell'area considerata.

In particolare è stato utilizzato il valore dell'accelerazione orizzontale massima al suolo ag_{475} , ossia quella relativa al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni ed una probabilità di superamento del 10%.

In tal modo, il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche così definite, con una tolleranza di 0,025 g che permette di rendere più continua la classificazione sul territorio:

zona 1: ricadono in questa zona i comuni per i quali $ag_{475} \geq 0,25g$.

zona 2: ricadono in questa zona i comuni per i quali $0,25 > ag_{475} \geq 0,15g$.

zona 3: ricadono in questa zona i comuni per i quali $0,15 > ag_{475} \geq 0,05g$

zona 4: ricadono in questa zona i comuni per i quali $ag_{475} < 0,05g$.

Tramite l'individuazione sulla mappa del territorio nazionale, delle coordinate geografiche e del luogo della costruzione è possibile determinare l'azione sismica di base. Come già ribadito, l'azione sismica dipende dalla vita nominale della costruzione, dalla classe di utilizzo e dagli stati limite che concorrono a determinare il tempo di ritorno del sisma e a produrre: ag/g , F_0 e T^*c .

L'azione sismica di progetto, può essere facilmente calcolata utilizzando il foglio di calcolo sperimentale predisposto dal Consiglio Superiore dei LL.PP.

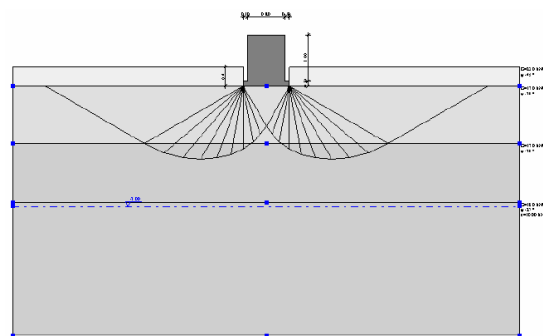
5. Aspetti geotecnici e modello di sottosuolo

Con il D.M. 17 gennaio 2018 è stato approvato l'*Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"* di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086, alla legge 2 febbraio 1974, n. 64, al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, ed al decreto-legge 28 maggio 2004, n. 136, convertito, con modificazioni, dalla legge 27 luglio 2004, n. 186, allegato al presente decreto. Tali norme sostituiscono quelle approvate con il Decreto Ministeriale 14 gennaio 2008.

Secondo le NTC, basate sugli Eurocodici, la sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto. Si definisce stato limite una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze elencate nelle Norme.

In particolare, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- *sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU)*: capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera.



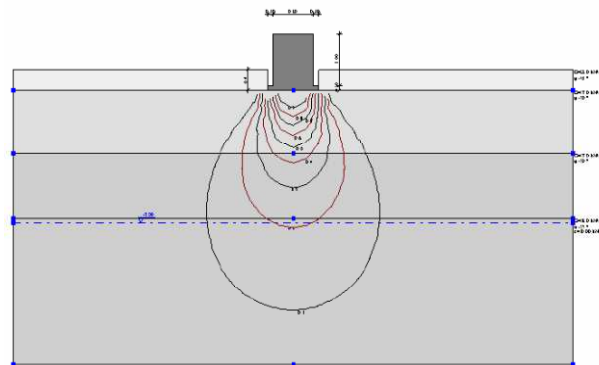
I principali Stati Limite Ultimi sono:

- a) perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte, considerati come corpi rigidi;
- b) spostamenti o deformazioni eccessive;
- c) raggiungimento della massima capacità di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- d) raggiungimento della massima capacità della struttura nel suo insieme;
- e) raggiungimento di una condizione di cinematisma irreversibile;
- f) raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni;

- g) rottura di membrature e collegamenti per fatica;
- h) rottura di membrature e collegamenti per altri effetti dipendenti dal tempo;
- i) instabilità di parti della struttura o del suo insieme;

Altri stati limite ultimi sono considerati in relazione alle specificità delle singole opere; in presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite Ultimi comprendono gli Stati Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e gli Stati Limite di prevenzione del Collasso (SLC):

- *sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE):* capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;



I principali Stati Limite di Esercizio sono:

- a) danneggiamenti locali (ad es. eccessiva fessurazione del calcestruzzo) che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;
- b) spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto;
- c) spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;
- d) vibrazioni che possano compromettere l'uso della costruzione;
- e) danni per fatica che possano compromettere la durabilità;
- f) corrosione e/o degrado dei materiali in funzione del tempo e dell'ambiente di esposizione che possano compromettere la durabilità.

Altri stati limite sono considerati in relazione alle specificità delle singole opere; in presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite di Esercizio comprendono gli Stati Limite di Operatività (SLO) e gli Stati Limite di Danno (SLD).

Secondo la tradizionale *analisi deterministica* (metodo delle tensioni ammissibili, D.M. 11 marzo 1988) si determinano le tensioni sopportabili dalla struttura che devono essere inferiori ad una tensione ammissibile (q_{amm}) ricavata dalla tensione di rottura (q_{ult}) ridotta mediante un opportuno

coefficiente di sicurezza (F_s) che include implicitamente tutte le fonti di variabilità e incertezza inerenti all'analisi geotecnica. Tale metodo non tiene conto delle incertezze sui parametri di ingresso (aleatorietà) e sulla scelta del modello adottato (epistemicità).

Secondo la moderna *analisi probabilistica* le variabili di progetto sono adottate con la loro variabilità: non esiste più un valore unico, ma un insieme di valori per ogni variabile (funzioni di distribuzione). L'analisi probabilistica non include l'utilizzo di fattori di sicurezza in quanto l'output è una probabilità.

L'*analisi semiprobabilistica* è quella cui fanno esplicito riferimento le NTC ed è una semplificazione della precedente: vengono definiti una serie di *coefficienti parziali* di sicurezza (calibrati in base ad analisi semiprobabilistiche) che si applicano sia alle *azioni di progetto* (carichi) che alla *resistenza del terreno* (valori caratteristici dei parametri geotecnici).

Nel metodo agli stati limite, la sicurezza strutturale nei confronti degli stati limite ultimi deve essere verificata confrontando il *valore di progetto della resistenza* R_d , intesa in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura, con il corrispondente *valore di progetto delle azioni* E_d . La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) è espressa dall'equazione:

$$R_d \geq E_d$$

ovvero la resistenza di progetto (R_d) deve essere superiore o uguale alle azioni di progetto (E_d).

Il valore caratteristico della resistenza è definito come il frattile 5% della distribuzione statistica della grandezza; il valore caratteristico di progetto di ciascuna delle azioni è inteso come frattile 95% della distribuzione statistica.

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: **EQU**
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: **STR**
- lo stato limite di resistenza del terreno: **GEO**

Utilizzando i vari dati riportati in relazione, il Calcolatore dovrà effettuare le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE).

Nel considerare i diversi coefficienti di sicurezza parziali (v. tabelle seguenti), si farà riferimento a diverse loro combinazioni. Si distingueranno diversi gruppi di coefficienti parziali:

- per le azioni: (A1 e A2);
- per i parametri geotecnici: (M1 e M2);
- per le resistenze: (R1, R2 e R3).

Le verifiche devono essere effettuate scegliendo i diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali seguendo uno dei due differenti approcci:

- *Approccio 1*: si eseguono n. 2 combinazioni
 - combinazione 1: $(A1 + M1 + R1)$
 - combinazione 2: $(A2 + M2 + R2)$
- *Approccio 2*: si esegue un'unica combinazione:
 $(A1 + M1 + R3)$

La *Tabella 2.6.I* fornisce i valori dei coefficienti parziali per le *azioni* da adottare nelle verifiche agli SLU (coeff. A1 e A2).

La *Tabella 6.2.II* fornisce i valori dei coefficienti parziali per i *parametri geotecnici* (coeff. M1 e M2).

Le *Tabelle 6.4.I e 6.4.II* forniscono i valori dei coefficienti parziali per le *resistenze* nel caso, rispettivamente, di fondazioni superficiali e di fondazioni profonde (coeff. R3). I fattori parziali per il gruppo R1 sono sempre unitari; quelli del gruppo R2 possono essere maggiori o uguali all'unità e, in assenza di indicazioni specifiche per lo stato limite ultimo considerato, devono essere scelti dal progettista in relazione alle incertezze connesse con i procedimenti adottati.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

γ_{G1} coefficiente parziale dei carichi permanenti G_1 ;

γ_{G2} coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali G_2 ;

γ_Q coefficiente parziale delle azioni variabili Q.

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale (R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali γ_R da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

Resistenza	Simbolo	Pali infissi (R3)	Pali trivellati (R3)	Pali ad elica continua (R3)
	γ_R	(R3)	(R3)	(R3)
Base	γ_b	1,15	1,35	1,3
Laterale in compressione	γ_s	1,15	1,15	1,15
Totale (*)	γ	1,15	1,30	1,25
Laterale in trazione	γ_{st}	1,25	1,25	1,25

(*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

MODELLO GEOSTRATIGRAFICO DI SOTTOSUOLO:

Modello Geologico di Riferimento - MGR

(primi 30 metri, cfr. profilo sismico)

L'elaborazione dei dati ottenuti dall'indagine geognostica, ha consentito di definire l'assetto geostratigrafico dei terreni presenti alla verticale dell'area di studio.

Per quanto concerne la caratterizzazione geotecnica dell'area si rimanda ad ulteriori indagini geognostiche di dettaglio, finalizzate e correlate alla tipologia dell'eventuale intervento edilizio da realizzare.

1) Terreno agrario

(da -0.0 m a -0.8 m dal p.c.)

Riguarda il livello più superficiale, presente a partire dal piano di campagna e riferito alla coltre di terreno vegetale.

Questi depositi, come noto sono scadenti dal punto di vista geotecnico perché soggetti a ciclici fenomeni di ritiro e rigonfiamento di tipo stagionale.

2) Sabbie limo-argillose ed argille marnose

(da -0.8 m a -24 m dal p.c.)

Al di sotto della coltre di terreno agrario, si registra un livello costituito da sabbie calcaree leggermente limose, gialline, fortemente addensate, porose, inglobanti ciottoli e sottili orizzonti disarticolati di calcare "panchina". Di consistenza tenace, ma in assetto caotico, ha spessore variabile da punto a punto, mediamente pari a circa un metro.

Procedendo oltre verso il basso, si rinvencono limi sabbioso-argillosi, di colore nocciola, le cui caratteristiche geomeccaniche variano al variare delle componenti granulometriche e dello stato di consistenza.

Ancora più in profondità aumenta sensibilmente la componente fine, per cui si registrano limi argillosi e argille marnose, di colore grigio-

verdastro, con venature ocra e rari noduli calcarei, aventi consistenza dura per effetto di una debole sovraconsolidazione. Fungono da substrato impermeabile all'acquifero freatico. In profondità, oltre i 24m, sfumano gradualmente nel sottostante substrato calcarenitico.

3) Calcareniti organogene

(da circa -24 m ad oltre -30 m dal p.c.)

A profondità superiori ai 24 metri circa dal p.c., si incontra il substrato litoide costituito da calcareniti e calciruditi di origine detritico-organogena. Di solito alla base sono presenti orizzonti conglomeratici fortemente fossiliferi. Lo spessore dell'unità si stima in circa 20÷25 metri, in funzione delle irregolarità del tetto del bedrock calcareo di appoggio.

6. Conclusioni

L'area di studio è situata alla periferia nord-ovest dell'abitato di Aradeo, in Via Torino angolo con Via De Curtis.

L'intervento consiste in una variante urbanistica per la riqualificazione dell'area privata di proprietà dei Sigg. Giaracuni Matteo e Giaracuni Andrea, interessata dalla decadenza del vincolo preordinato all'esproprio. In adempimento alla sentenza TAR n.356/2024 il Comune è obbligato a concludere il procedimento per la riqualificazione urbanistica dell'area in "Area per attrezzature di interesse comune attuabile ad iniziativa economica del privato".

Con riferimento al Piano di Bacino della Puglia, stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) l'area in esame non ricade in area a pericolosità idraulica o geomorfologica, pertanto è compatibile con le norme di tutela del PAI. Anche in riferimento al PPTR il manufatto in esame non contrasta con alcuna delle prescrizioni delle NTA del Piano.

Per quanto concerne la classificazione sismica ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3274/2003, l'area in esame rientra in Zona Sismica 4.

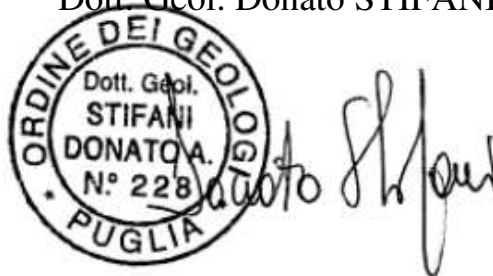
La morfologia e lo stesso andamento topografico, permettono di attribuire l'area di intervento alla categoria topografica T1 ($i \leq 15^\circ$).

In riferimento all'Azione sismica, alla luce dell'indagine sismica MASW condotta in sito, risulta che il substrato ricade in Categoria di suolo "B", con valori di velocità equivalente compresi tra $360\text{m/s} < V_{\text{Seq}} < 800\text{m/s}$.

Per quanto sopra esposto si esprime giudizio positivo circa l'intervento di progetto. Per ulteriori approfondimenti si consultino i precedenti capitoli.

Aradeo, gennaio 2025

Dott. Geol. Donato STIFANI





Dott. geologo Donato STIFANI

Via San Benedetto n.8 - 73040 ARADEO (LE)

tel. 339.1297767 - e-mail: geosalento@virgilio.it

PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE PER IL CALCOLO DI $V_{S30} \div V_{S,eq}$ *Tecnica MASW* (*Multichannel Analysis of Surface Waves*)

Caratteristiche strumentali:

Sismografo PASI 24 Canali Mod. 16S24-U

Geofoni verticali PASI da 4,5 Hz

Risoluzione: 24 bit – Formato dati: SEG-2

Cavi sismici 12 tracce: n.2 da 75m – intervallo attacchi 5 m

Energizzatore Sismico Isotta “ESI” a cartucce industriali cal. 8

Mazza 8 ÷ 10 Kg

Software: winMASW - EliaSoft

Caratteristiche profilo sismico:

Dataset: aradeo#2.DAT

Data: 24.1.2025

Ubicazione: Via Torino ang. Via De Curtis - Aradeo

Committente: A.C. di Aradeo

Equidistanza geofoni: 2.0 m

Numero geofoni: 12

Lunghezza stendimento: 26 m

Offset: 4.0 m

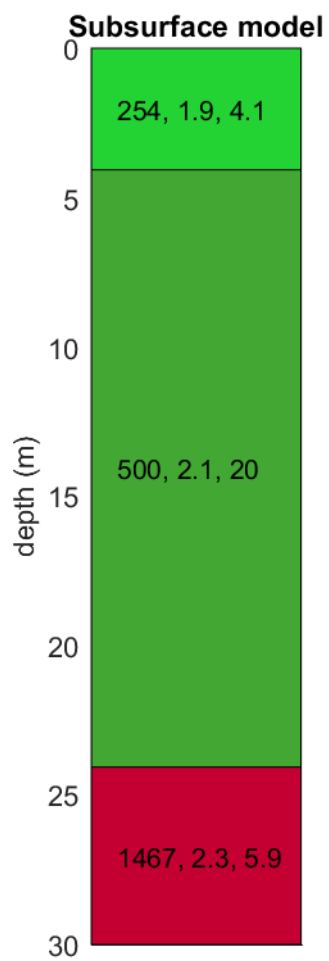
Durata acquisizione: 2048 ms

Tempo di campionamento: 500 μ s

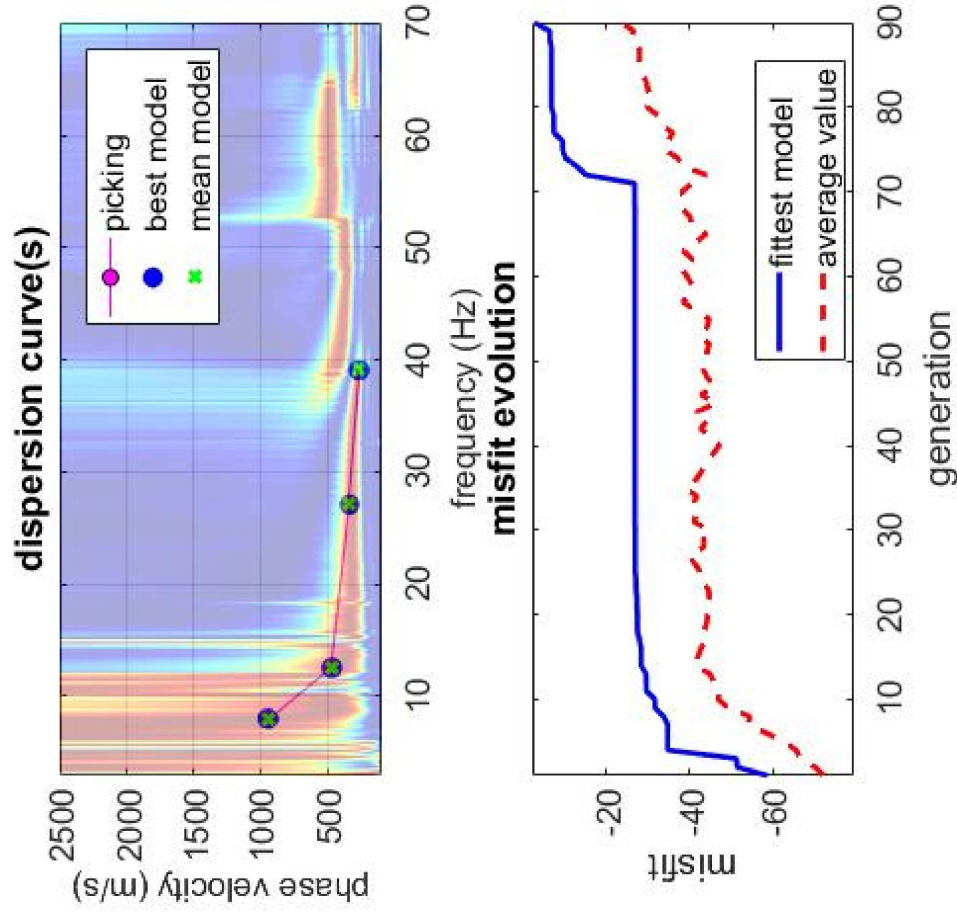
Guadagno: 100 (\pm 100mV – V.I.R.)

Allegati grafici:

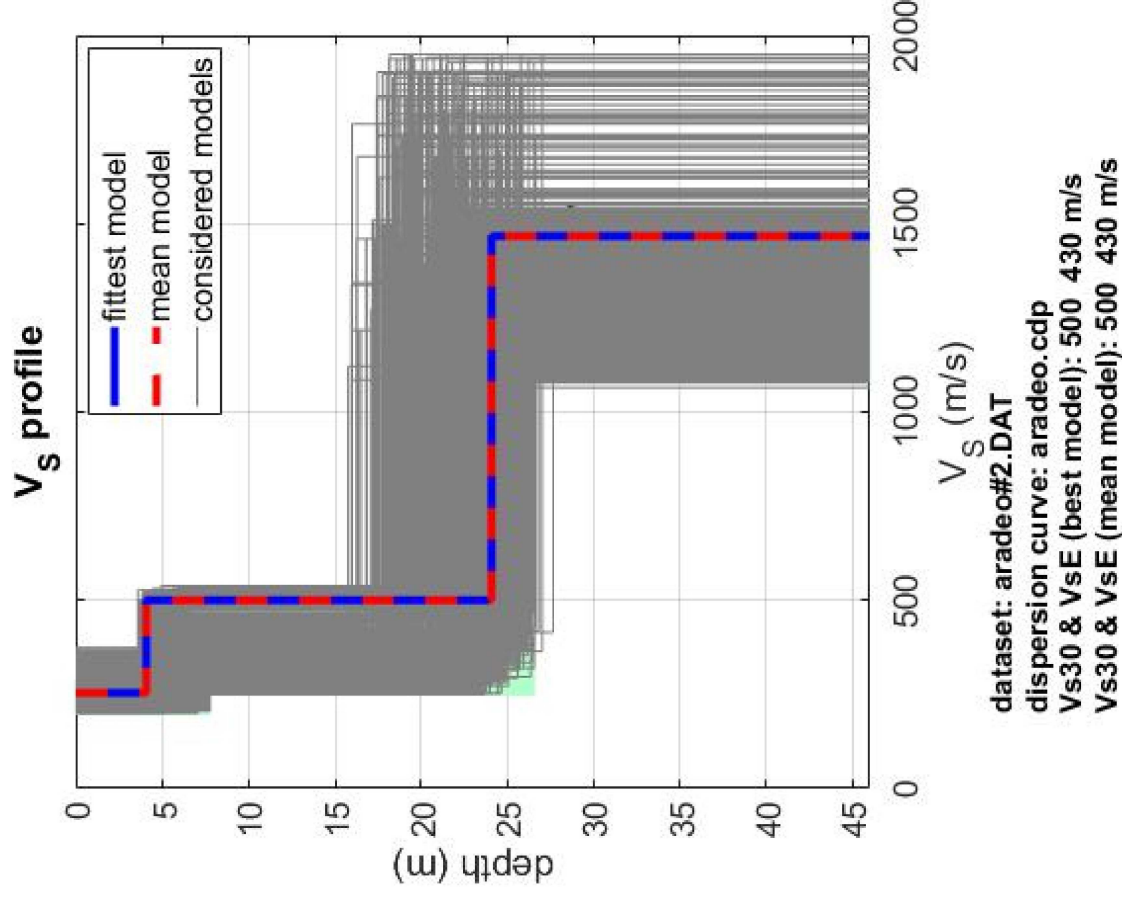
- Modello del sottosuolo
- Spettro velocità, curve di dispersione onde di Rayleigh
- Profilo verticale Vs
- Risultati interpretazione con winMASW

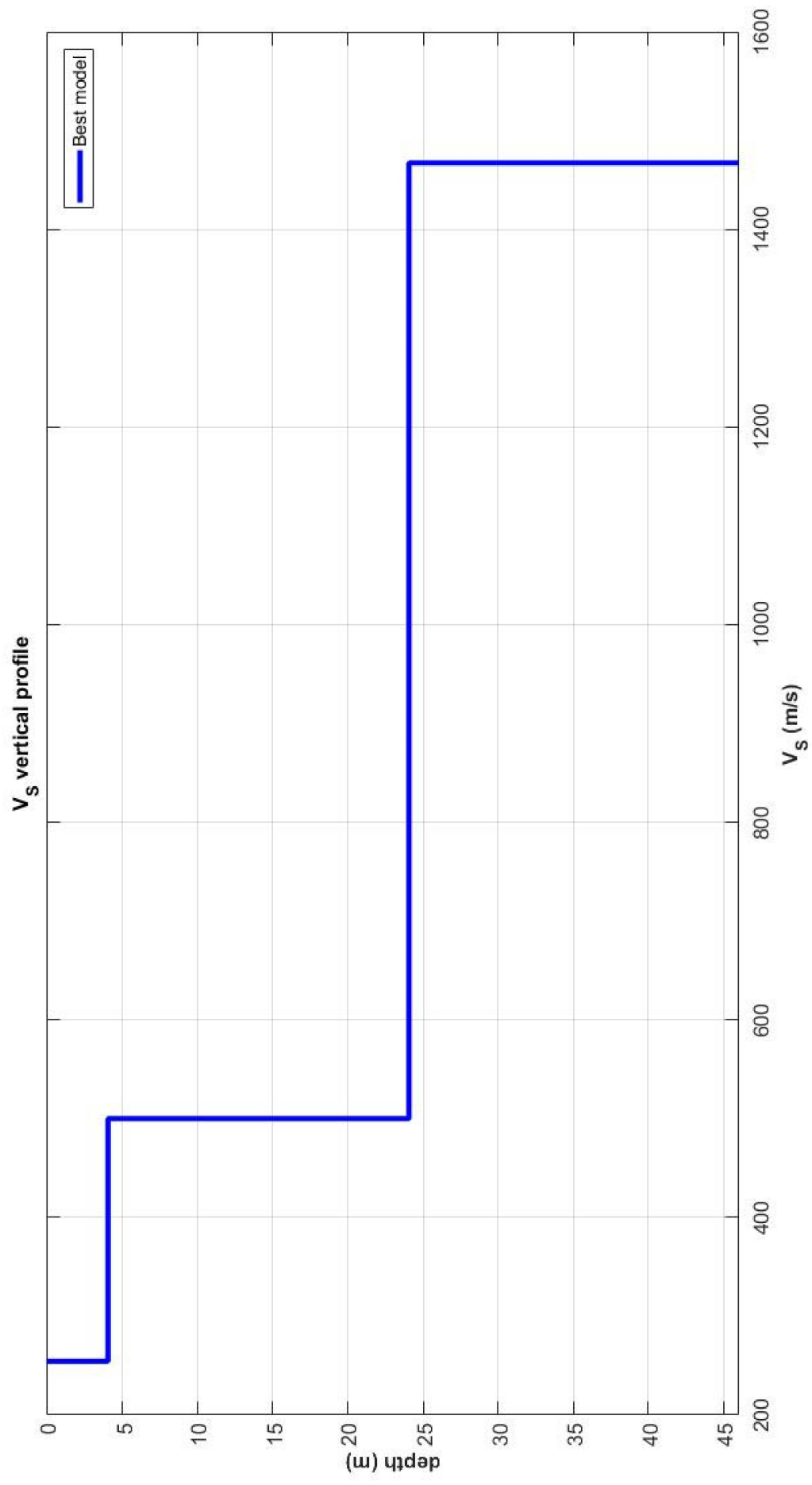


V_s	density	thickness
(m/s)	(gr/cm ³)	(m)



www.winmasw.com





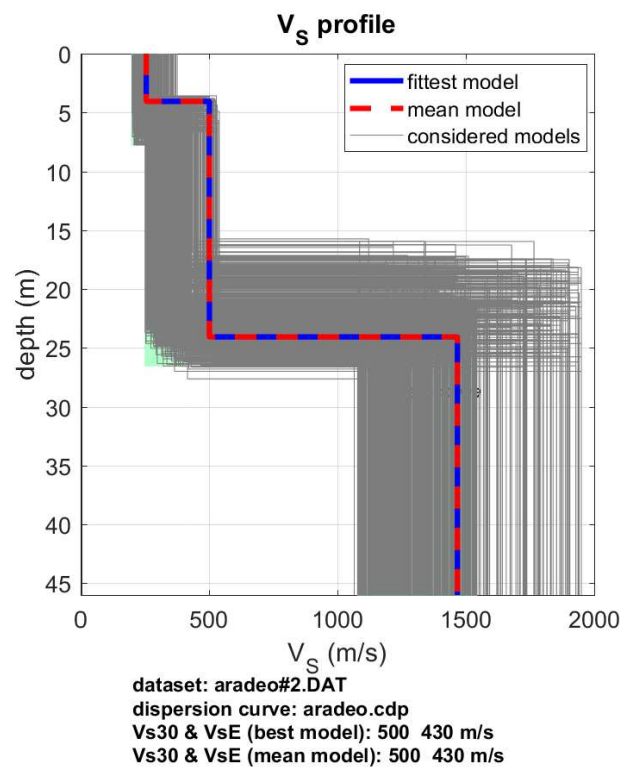
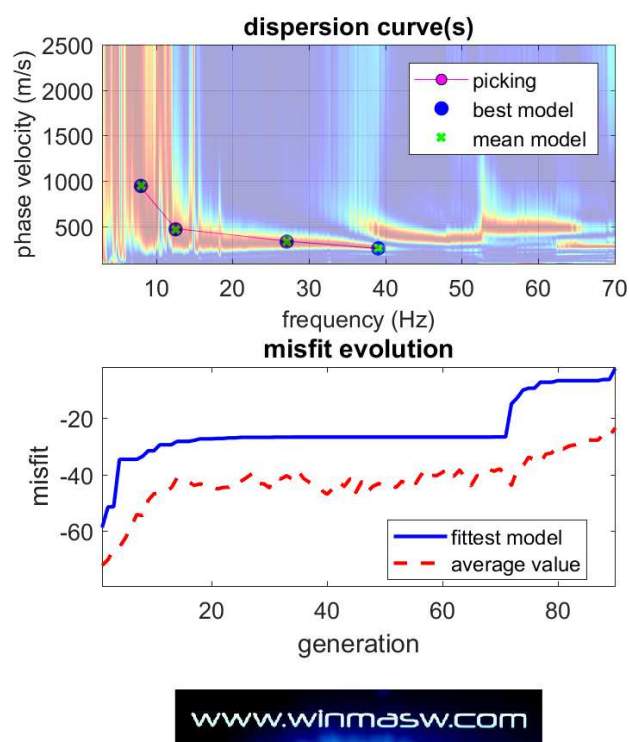
winMASW - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

www.winmasw.com

Date: 27 1 2025

Time: 21 53

Dataset: aradeo#2.DAT



Subsurface Model

V_s (m/s): 254, 500, 1467

Thickness (m): 4.1, 20.0

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.92 2.07 2.32

Shear modulus (MPa) (approximate values): 124 518 4992

Analyzing Phase velocities

Considered dispersion curve: aradeo.cdp

Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for V_p and Poisson (please, see manual).

Vp (m/s): 577 1069 2979

Poisson: 0.38 0.36 0.34

Vs30 and VsE (m/s): 500 430

Pay attention

Soil classification must be performed by the user.

For Italian Users:

Decreto 17 gennaio 2018 in aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni e pubblicato sul Supplemento ordinario n° 8 alla Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

winMASW - Surface Waves & Beyond

www.winmasw.com