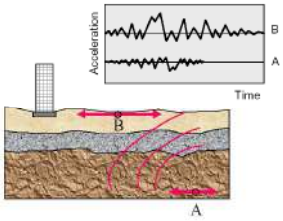
STUDIO GEOLOGICO PROPEDEUTICO ALLA RITIPIZZAZIONE URBANISTICA DI CUI ALLA SENTENZA TAR PALERMO, SEZ. II, N. 03338/2021 RELATIVAMENTE ALL'APPEZZAMENTO DI SITO NEL COMUNE DI CINISI IN C.DA PIANO CAVOLI - FG. 12 – P.LLA 768 DI PROPRIETA'

SIG. CASCINO ANTONIO.

Studio di Geologia
Studi di Geologia Ambientale e Tecnica
Indagini penetrometriche e sismiche
Via Roma n° 60 – 90040 Montelepre (PA)

Dott. Geol. Francesco Sapienza
Tel.e Fax +39/091.737.36.60 - Cell. 360.29.27.69
e-mail: sapienzafr@libero.it
pec: geosapienza@pec.epap.it



RELAZIONE GEOLOGICA

DATA: Luglio 2026

COMMITTENTE: SIG. CASCINO ANTONIO

	(COMMITTENTE)		IL GEOLOGO DOTT. Francesco Sapienza
		ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DI SICILIA Dott. Geol. FRANCESCO SAPIENZA n. 914	

1.PREMESSA

Nell'ambito dei lavori propedeutici alla Ritipizzazione Urbanistica di cui alla sentenza TAR Palermo, sez. II, n.03338/2021 e a seguito della Relazione Tecnica del Comune di Cinisi del 06.07.2026 a firma dell'Arch. Cavataio Giovanni & Commisario ad Acta Donatello Messina, relativamente all'appezzamento di sito nel comune di Cinisi (PA) in C.da Piano Cavoli di Proprietà del Sig. Cascino Antonio, nato a Palermo il 22.10.1968 (c.f.CSNNTN68R22G273B) e residente a Terrasini nella via G.B. Cataldi n.90, di cui al fg. 12 p.lla 768 di 1608 mq, è stato affidato l'incarico dello studio geologico di cui all'oggetto mediante l'esecuzione di alcuni sondaggi di tipo geofisico (MASW e HVSR), allo scrivente dott. Geol. Francesco Sapienza, regolarmente inscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n°1014, geologo libero professionista, con studio tecnico in Montelepre in Via Roma 60 (PA).

In particolare, la proposta riguarda la riqualificazione dell'area attualmente ricadente in area con destinazione urbanistica da: "*P" Parcheggio pubblico,* di cui al P.R.G. vigente (approvato con D. Dir. n. 1466/DRU/2006), in destinazione Urbanistica indicata con simbolo "C2" del PRG medesimo; In considerazione, anche, del fatto che per il lotto in questione non sono previste tipologie di opere di interesse pubblico (progetti in itinere, ampliamenti etc), ne previsioni di interventi nel Piano Triennale delle OO.PP., né il Comune di Cinisi ha provveduto ad avviare alcun procedimento espropriativo; Lo stesso peraltro, ha l'obbligo della rielaborazione del PRG approvato, ai sensi e per gli effetti dell'art. 3 comma I della L. R. 15/1991, nell'ambito del quale ogni singola problematica può trovare una definitiva soluzione nel quadro di una organica revisione delle scelte urbanistiche.

Il presente studio, pertanto, supportato da documentazione e rappresentazione cartografica idonea (scala 1:2.000 e 1:10.000) ed attraverso l'analisi delle principali caratteristiche geomorfologiche, geologiche, geotecniche e geofisiche del sito di cui all'oggetto, vuole dare una descrizione di dettaglio circa lo "*stato dei luoghi*" in cui versa attualmente il lotto in esame, evidenziandone gli aspetti stratigrafici, idraulici, geotecnici, sismici e morfoevolutivi principali;

Nell'ambito del presente studio, inoltre, sono state valutate le condizioni generali di stabilità, del lotto interessato dal progetto, (*Approccio Semplificato non per classi d'uso III e IV*) nonché l'appartenenza del lotto, ai sensi della nuova normativa tecnica sulle costruzioni "*Norme Tecniche per le Costruzioni*", entrato in vigore il I° luglio 2009, in applicazione della circolare n.617/2009, nonché in riferimento all'Ordinanza P.C.M. n° 3274/2003, *D.M. 14.01.2008 ed ultimo aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni" D.M. 17 gennaio 2018 (Suppl. Ord. n.8 G.U. n.42 del 20.02.2018)*, alla classificazione del terreno sismicamente significativo che è stato diviso in 7 classi (*5 categorie* + *2* di profilo stratigrafico del suolo

compreso tra il piano d'imposta delle fondazioni e la formazione di base rigida), basata sulla stima della velocità media delle onde sismiche di taglio (Vs equivalente) e ricavata dalle indagini geofisiche eseguite all'interno del lotto, consistenti in una campagna di prospezioni sismiche con metodo MASW e HVSR, al fine di fornire informazioni aggiuntive per la caratterizzazione del sito sulla base dell'analisi delle onde superficiali di *Rayleigh* e quindi sulla stima del valore di $Vs_{equivalente}$.

Le prospezioni geofisiche eseguite, con metodo HVSR, si basano sul rilievo dei microtremori, attraverso la tecnica *Nakamura*, al fine di consentire la determinazione della *"frequenza di risonanza*" di uno strato caratteristico del sito per il quale assume il valore massimo il rapporto RHV = HS/VS (Horizontal to Vertical Ratio) tra gli spettri delle componenti orizzontale e verticale del moto del suolo, assumendo che la componente verticale (V) del *noise,* nel passare dal Bedrock alla superficie non subisca amplificazione; Con l'impiego dei programmi votati Geopsy, ProgramGeo (con Licenza n°1051-4CF4-8968-AB40-0F1C-4FC6-DC0C-B06B) e Easy HVSR e Easy MASW della Geostru (codice cliente 8112) si è determinato il valore della frequenza di picco del sito.

Le indagini geofisiche di sismica attiva sono state condotte con un ***GEOBOX*** *SR04* 24 bit 3CH, Microtremor Digitizer con GPS dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, senza cavi esterni per l'acquisizione del rumore sismico e notebook *TOSHIBA* per l'acquisizione dei dati di campagna. In applicazione alla metodologia di base studiata da Nakamura tutte le misure a stazione singola in campo aperto sono state orientate secondo il Nord. Lo scrivente, preliminarmente, si è avvalso di ripetuti sopralluoghi al fine di inquadrare l'areale in studio nell'ambito di un contesto geologico più ampio e di prendere visione circa le condizioni geomorfologiche in cui versa attualmente il sito al fine di valutarne le reali condizioni di *fattibilità* dell'opera.

Il rilevamento geologico di dettaglio è stato eseguito su carta aerofotogrammetrica a scala 1:10.000, attraverso indagini condotte direttamente in situ. Si è, quindi, proceduto ad un confronto tra le unità strutturali individuate e i modelli strutturali proposti nella letteratura geologica.

Nel rispetto delle esigenze dello studio, delle normative vigenti e delle necessità di approfondimento imposte dalla geologia dei luoghi il lavoro è stato articolato nel seguente modo:

- *ambiente fisico e geomorfologia;*
- *geologia ed aspetti strutturali;*
- *idrogeologia ed idrografia;*
- *aspetti litotecnici e geomeccanici; (Analisi di laboratorio geotecnico)*
- *sismicità dell'area e risposta sismica locale (MASW e HVSR)*
- *conclusioni*
- *documentazione fotografica*

1.1 Riferimenti normativi

Lo studio eseguito è stato redatto in ottemperanza ai seguenti riferimenti normativi:

- Legge 2/2/1974 n° 64 art.13 per le costruzioni in zona sismica e sulla compatibilità delle previsioni progettuali con gli aspetti geologici e geomorfologici del sito.

- Circolare n° 3 del 20/06/2014 prot. 28807 "Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici" ; nell'ambito della prospettiva della riduzione del rischio sismico, così come previsto per la redazione degli strumenti urbanistici, si sono seguite le linee guida previste nella sulla redazione della cartografia di analisi (carta geologica, geomorfologica, litotecnica, secondo gli allegati della presente circolare) e della cartografia di sintesi Carta di sintesi della suscettività d'uso e della pianificazione generale).

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri – O.P.C.M. n° 3274 del 20.03.2003: "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

- N.T.C. 2018 NTC 17 gennaio 2018 e le succ. mod. ed integrazioni, relative alle Norme tecniche per le costruzioni in zona Sismica.

- Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Regione Sicilia; sono state fatte valutazioni di carattere geomorfologico al fine di valutare se nell'area esistessero fenomenologie di dissesto in atto o potenziali, che possano indurre un eventuale "Rischio di dissesto geomorfologico o idraulico".

Sono allegati alla Presente:

- Inquadramento cartografico;
- Carta geologica in scala 1: 10.000;
- Carta Idrogeologica in scala 1:10.000;
- Carta geomorfologica in scala 1: 10.000;
– Carta con stralcio P.A.I. in scala 1:10.000;
– Carta litotecnica in scala 1:2.000;
– Sezione geologica in scala 1:100:
– Carta della suscettivita' all'edificazione e di sintesi per la pianificazione in scala 1:2.000.

Fig. 1.1.1.: Ubicazione - Lat. 38.151062° / Long. 13.087556°; m 36 s.l.m.; Pendenza topografica P= 1.2° - CTR:594020 By Google Earth

Lotto proprietà Cascino Antonio: Fg. 12 – p.lla 768 di 1608 mq.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO TERRITORIALE

Il lotto di terreno indagato si posiziona nella fascia periferica sud ovest dell'abitato di Cinisi; Il sito si inquadra in un paesaggio di terrazzo marino subpianeggiante calcarenitico poco acclive (P=1,2°) circa; L'area si posiziona all quota di 36 m s.l.m.;

L'area si colloca all'interno del bacino idrografico del Fiume Oreto e nell'area territoriale compresa tra il bacino del Fiume Oreto e Punta Raisi, e cartograficamente insiste:

- Nella cartografia edita dall'I.G.M.I della carta d'Italia in scala 1:25.000, al foglio n° 249 III° quadrante tavoletta N.E denominata "Carini";
- Nella sezione C.T.R 594020 in scala 1:10.000.

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dall'indagine geomorfologica del lotto investigato si evince una generale morfologia tabulare e regolare, con andamento dolce e pianeggiante, tipico di aree costiere, impostati su un basamento calcarenitico, caratterizzato in generale, da una leggera pendenza verso la non lontana linea di costa (688mt. circa).

In generale il territorio in esame presenta una condizione di assoluta stabilità in relazione alle buone caratteristiche tecniche della roccia calcarea affiorante, con assenza totale di agenti geodinamici che possano turbare in futuro le attuali condizioni di equilibrio. Inoltre, in relazione alla permeabilità dei terreni ed alla loro giacitura, appena descritta, il reticolato idrografico nella zona risulta praticamente assente o quasi insignificante.

In relazione al livello di urbanizzazione raggiunto nell'areale circostante al nostro lotto, attualmente il sito, può essere considerato geomorfologicamente stabile e non mostra scenari di pericolosità geologica e sismica o fattori morfologici, idrogeologici o idrologici che possono condizionare il loro sfruttamento ai fini edilizi. Dal punto di vista della compatibilità geomorfologica ai sensi *dell'art. 15 L.R. 16/16 ex art. 13 L. 64/74,* si esprime parere favorevole circa la realizzazione della variante urbanistica in progetto.

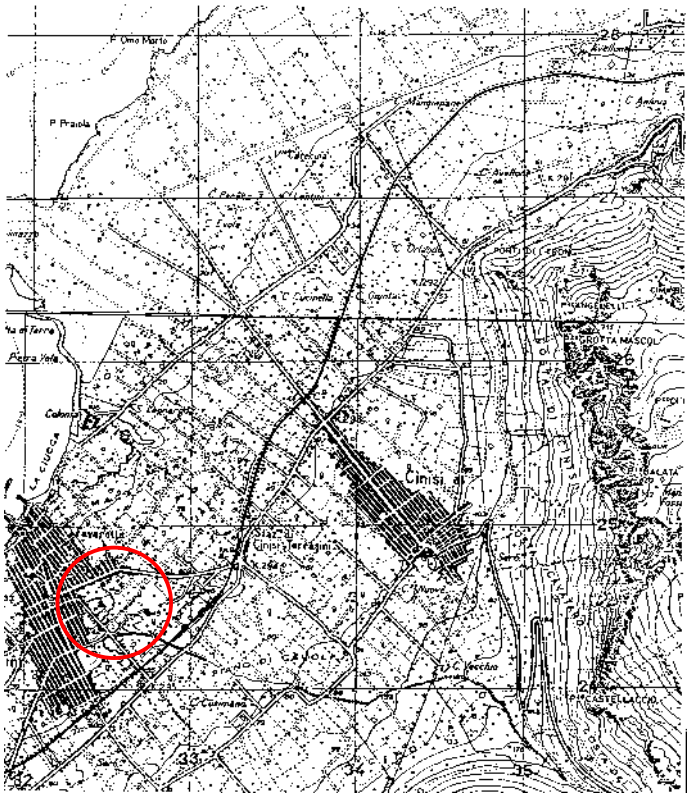


Fig. 3.1:
Stralcio I.G.M. foglio N. 249 III N.E. Carini
- Scala 1:25.000 – C.da Giardinaccio

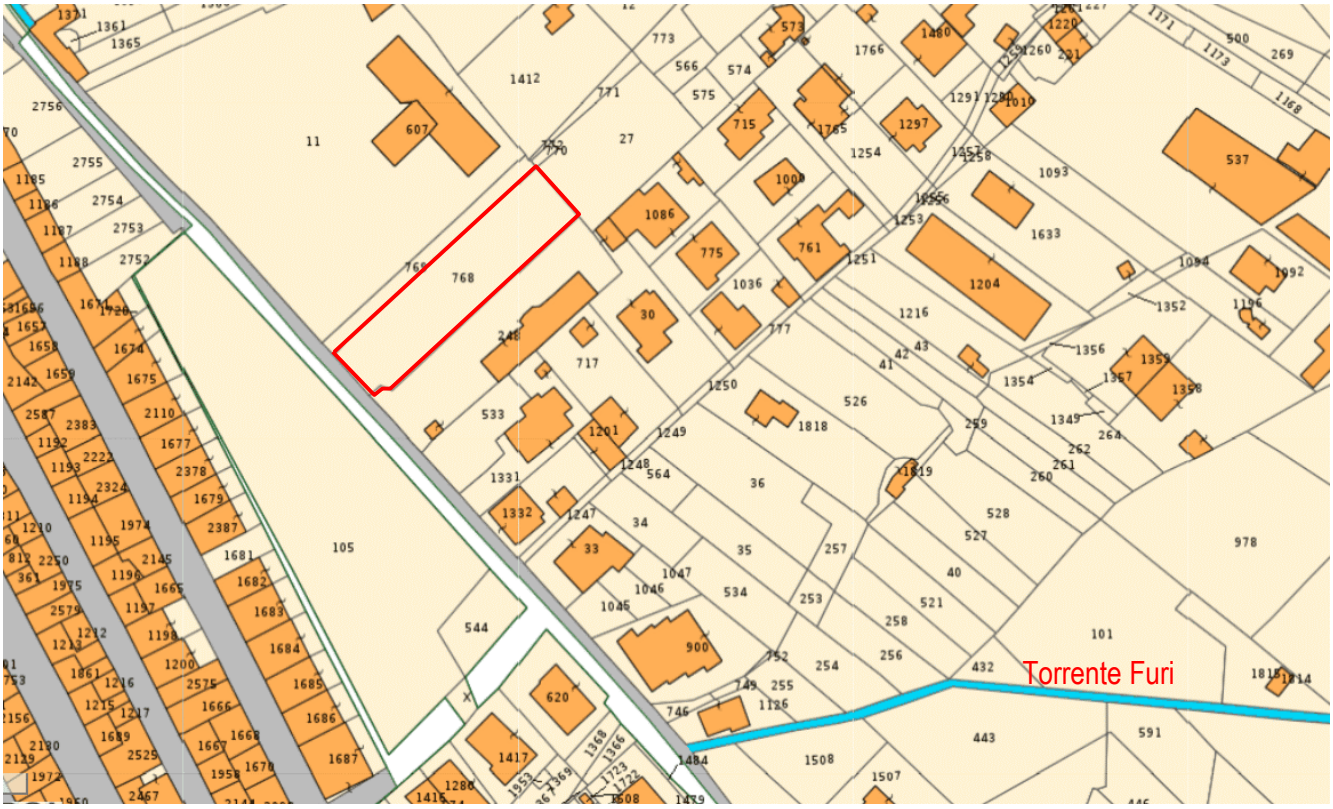


Fig. 3.2.: Ubicazione catastale area in esame
Comune di Cinisi: C.da Piano Cavoli
Fg. 12 – p.lla 768 di 1608 mq di proprietà Cascino Antonio.

4. GEOLOGIA

I lavori di rilevamento geologico, supportati in precedenza dal reperimento di dati bibliografici, hanno permesso di individuare in affioramento un corpo litologico, riconducibile a strutture derivanti dalla deformazione della Piattaforma carbonatica Panormide e del margine del Bacino del Flysch Numidico: questi ultimi si rinvengono scollati o in contatto disarmonico con i sottostanti carbonati. Tali successioni ricoprono un intervallo temporale che va dal Trias superiore al Miocene. Su di esse si impostano i depositi di terrazzo marino, costituiti da arenarie bioclastiche, e i depositi di copertura, costituiti da sabbie limose e dal detrito di falda. Nel lotto in esame abbiamo il seguente affioramento litologico:

<u>Sintema di Marsala</u>

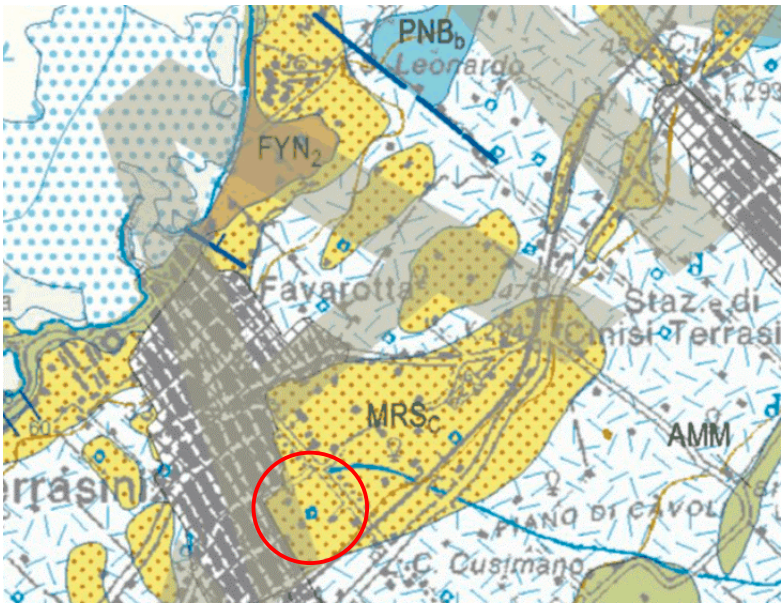
Costituisce la quasi totalità del sottosuolo di Cinisi ed affiorano lungo l'intera fascia settentrionale della vasta piana costiera.

Il deposito è costituito essenzialmente da arenarie grossolane ad elementi bioclastici, nel complesso ben cementate e ricche in fossili. La roccia si presenta come un caratteristico conglomerato di colore prevalentemente giallo-biancastro, con all'interno ciottoli di varie dimensioni. Gli orizzonti arenacei in affioramento presentano una giacitura suborizzontale. È una formazione tipica di ambiente deposizionale

neritico-costiero. Spessore variabile da pochi metri nelle zone del centro abitato, fino a 50-60m nella zona costiera.

In particolare, il lotto in esame è stato sede in passato da attività antropica legata alle cave di calcarenite (impropriamente chiamate cave di tufo) presenti sia nel territorio di Terrasini che Cinisi, (parallelamente alla via Ralli), che con i loro ampi scavi a cielo aperto hanno modificato l'originaria superficie topografica. I siti delle vecchie cave di tufo abbandonate, si presentano con una depressione rispetto alle aree circostanti anche di 3m rispetto alla originaria superficie topografica. Dette cave erano denominate in passato "**pirriere**".

Fig. 4.2.:
Parete calcarenitica lungo la via Ralli.

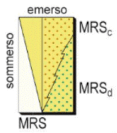


PARTINICO-MONDELLO
FOGLI 594-585
dalla Carta 1:50.000 dell'I.G.M.

Fig. 4.1:
Carta Geologica d'Italia
(ISPRA in scala 1:50.000)

SINTEMA DI MARSALA

Calcareniti e Sabbie di Castellammare (MRS$_c$): biocalcareniti, dal giallo all'arancio-rossiccio con stratificazione decimetrica, a luoghi incrociata, con foraminiferi bentonici, planctonici (*Globorotalia truncatulinoide excelsa*) e frammenti di alghe; conglomerati a matrice arenitica e sabbie siltose bianche con lamellibranchi (*Pecten* sp., *Chlamys* sp., *Ostrea* sp. e *Cardium* sp.) e gasteropodi. A luoghi depositi di tempesta cementati. L'unità affiora nella Piana di Partinico e fascia costiera di Balestrate-Trappeto e lungo la fascia costiera settentrionale (Punta Raisi e Baia di Carini). Localmente (Fiume Nocella), affiorano litotipi (non distinti in carta) confrontabili con le "Argille di Ficarazzi" (MRS$_d$). Spessore complessivo variabile tra 20 e 50 m. Ambiente deposizionale neritico-costiero.
CALABRIANO (Emiliano-Siciliano)



Calcareniti di Palermo (MRS$_d$): calcareniti e calciruditi da bianche a giallo-rossastre a stratificazione incrociata; calcareniti e sabbie giallastre bioclastiche a molluschi, ostracodi, radioli di echinidi e foraminiferi bentonici (associazione di facies di ambiente neritico e litorale). Intercalazioni di conglomerati immersi in una matrice prevalentemente sabbiosa. Limite inferiore netto e discordante. Localmente le calcareniti di Palermo sono state cartografate con le coperture eluvio-colluviali quando lo spessore è inferiore a 40 cm. Spessori affioranti alcuni metri, in pozzo fino a 80 metri. Ambiente deposizionale neritico-costiero.
CALABRIANO (Emiliano-Siciliano)

4. IDROGEOLOGIA: - COMPLESSO CALCARENITICO.

Questo complesso rappresenta per la massima parte l'acquifero del lotto studiato. Si tratta di litotipi dotati di porosità primaria alta e secondaria medio-bassa, permeabili per porosità e fessurazione. In questo complesso frequente è la presenza di pozzi poco profondi; Nell'ambito di questo acquifero è possibile distinguere unicamente una falda superficiale, di tipo libero ed impostata nella porzione calcarenitica; Essa ha potenzialità modesta oltre che per fenomeni di sovrasfruttamento anche per l'esiguo spessore del saturo. Generalmente le falde acquifere rinvenute in tali terreni sono dotate di buone caratteristiche chimico-fisiche, per cui ben si prestano per l'uso irriguo. Il grado di vulnerabilità all'inquinamento da attribuire è da medio ad elevato.

Le acque di questo acquifero sono utilizzate per uso domestico, agricolo che idropotabile dei Comuni di Terrasini e Cinisi. Tuttavia il nostro lotto si mantiene ad una distanza superiore alla fascia di rispetto di 200 m (D.P.R.236/88 e D.LGS. N.152/99) delle fonti destinate a consumo umano (vedi Carta Idrogologica).

5. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E LITOTECNICHE

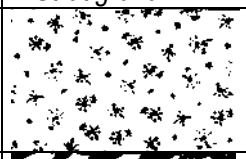
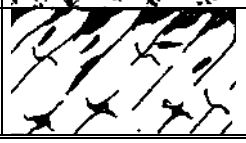
In relazione alle caratteristiche litotecniche e meccaniche della formazione individuata nel sito indagato, si riporta quanto indicato dall'allegato Dalla circolare ARTA Sicilia n. 57027 del 15/10/2012;

5.1 Substrato

5.1.1) Calcareniti organogene giallastre: tale complesso pleistocenico rappresenta, in termini di distribuzione areale, uno dei litotipi maggiormente esteso nel settore nord ed ovest del territorio. Si tratta di rocce molto eterogenee, che oscillano da caratteri di sabbia a sabbia fine con livelli di limo sabbioso, variamente addensata, a quelli di un'arenaria compatta o tenera e friabile o di aspetto vacuolare, a cemento calcitico, fino a quelli di una calcirudite, ad elementi sub-arrotondati o spigolosi, ad elevato grado di cementazione. E' spesso visibile una stratificazione di tipo sub-orizzontale, frequentemente incrociata o con disposizione lenticolare delle singole facies.

Il grado di erodibilità dell'intera formazione, variabile in funzione del grado di cementazione dei vari livelli che la compongono, risulta fortemente condizionato dalle scarse pendenze degli affioramenti che ne limitano di molto l'intensità. Dal punto di vista geotecnico i livelli presentano caratteristiche meccaniche buone ed in generale variabili con il grado della cementazione, della natura del cemento, del grado di alterazione, della grandezza e natura dei granuli etc. Trattasi di roccia cementata con poliedri giustapposti di oltre un decimetro cubo di volume di cui all'unità litotecnica *A2.*

Situazione stratigrafica locale:

Profondità (m)	*Sigla*	*Stratigrafia*	*Descrizione*
Da 0.00 m a 1.00m	TV		Terreno vegetale frammisto a riporto antropico
Da 1.00 m in poi	CA		Calcareniti sabbiose.

5.2 Analisi geotecnica del terreno fondazionale

Lo studio delle caratteristiche fisico-meccaniche viene eseguito al fine di fornire al progettista le informazioni essenziali per qualificare le condizioni di edificabilità del sito in questione. Dalle risultanze delle analisi di laboratorio effettuate su terreni analoghi a quello in studio è emersa una sufficiente affidabilità geotecnica, tale da poter assumere lo strato calcarenitico come piano di sedime per le nuove eventuali fondazioni di progetto.

Da un punto di vista geotecnico le calcareniti sono rocce lapidee che allo stato inalterato posseggono valori di parametri meccanici molto elevati offrendo, in generale, una buona resistenza allo schiacciamento, di cui si riportano alcuni valori prelevati dallo schiacciamento di provini litologici prelevati in zona limitrofa in occasione del progetto per i lavori di realizzazione di una rete idrica comunale.

CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE			
provino	γ (g/cmc)	εf (%)	σf (Kg/cm^2)
1	1,85	2.86	145,92
2	1,84	2.50	162,24
3	1,86	2.71	133,67
4	1,86	2.31	181,39
5	1,88	2.14	156,44

dove:

γ = Peso per unita'di volume
σf = Tensione a rottura
εf = Deformazione a rottura

5.2 Capacita' portante delle fondazioni e considerazioni tecniche

Considerando però che all'interno dell'ammasso è possibile trovare fratture e fessurazioni sparse, a vantaggio della sicurezza, per il calcolo del carico ammissibile, possono essere assunti parametri geotecnici più cautelativi, che di seguito vengono elencati:

PROFILO GEOMECCANICO

COPERTURA:

Terreno vegetale limoso frammisto a materiale detritico sabbioso, sciolto o scarsamente cementato

Parametri geotecnici di riferimento:
Angolo di attrito interno: 28°;
Peso di volume ($\gamma_{sat.}$): (1,94 t/m^3); 19,02 kN/m^3
Modulo di deformazione drenato (E'): 276 Kg/cm^2; 27,06 Mpa
Coesione drenata (CD): 0.00 Kg/cm^2; 0,00 Mpa

SUBSTRATO:

Unità Litotecnica: Calcarenite organogena di colore grigiastro a caratterizzazione lapidea, tenace e compatta con rari livelli sabbioso dotata di buon grado di resistenza alla compressione semplice

Parametri geotecnici di riferimento:
Angolo di attrito interno: 32°;
Coesione drenata (CD): 0.00 Kg/cm^2; 0,00 Mpa
Rottura a compressione (σr): 133,67 - 181,39 Kg/cm^2;
Peso di volume ($\gamma_{sat.}$): 1,84 - 1,88 kg/m^3
Presenza di acqua: oltre 20 metri dal p.c.

6. CARATTERIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICITA' DEL SITO

6.1 La pericolosità sismica

La sismicità del territorio è legata alla presenza di attività neotettonica intendendo con questo termine i movimenti tettogenetici. Si possono distinguere movimenti neotettonici lineari che si sviluppano lungo superfici di discontinuità preesistenti e movimenti neotettonici areali che determinano sollevamenti e/o abbassamenti differenziali. La pericolosità sismica è la probabilità che un valore prefissato di pericolosità, espresso da un parametro di moto sismico al suolo (l'accelerazione massima) o da un grado d'intensità macrosismica, sia superato in un dato sito (o in un insieme di siti) entro un dato periodo di tempo e, in un certo senso, può essere considerato uno strumento di previsione delle azioni sismiche attese in un certo sito su base probabilistica. La pericolosità sismica può essere pertanto rappresentata attraverso due indicatori:

- *accelerazione orizzontale massima del terreno attesa* ***ag***
- *l'intensità macrosismica*

Per quanto attiene la definizione della pericolosità sismica attraverso l'accelerazione orizzontale massima del terreno **ag** o PGA (*Peak Ground Acceleration*, ovvero picco di accelerazione al suolo) con l'Ordinanza P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006 è stata elaborata la nuova mappa di pericolosità sismica del territorio italiano. In particolare la mappa definisce localmente i livelli di accelerazione massima su suolo roccioso (suolo di categoria A, Vs30 >800 m/s) con una probabilità di eccedenza pari al 10% in 50 anni, ovvero un periodo di ritorno pari a 475 anni (punto 3.2.1. del D.M. 14.09.2005).

Per cui il comune di Cinisi risulta inserito nella 2ª zona sismica, individuata secondo i valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni secondo il seguente schema:

Fig. 6.1.1.: Valori di accelerazione di picco

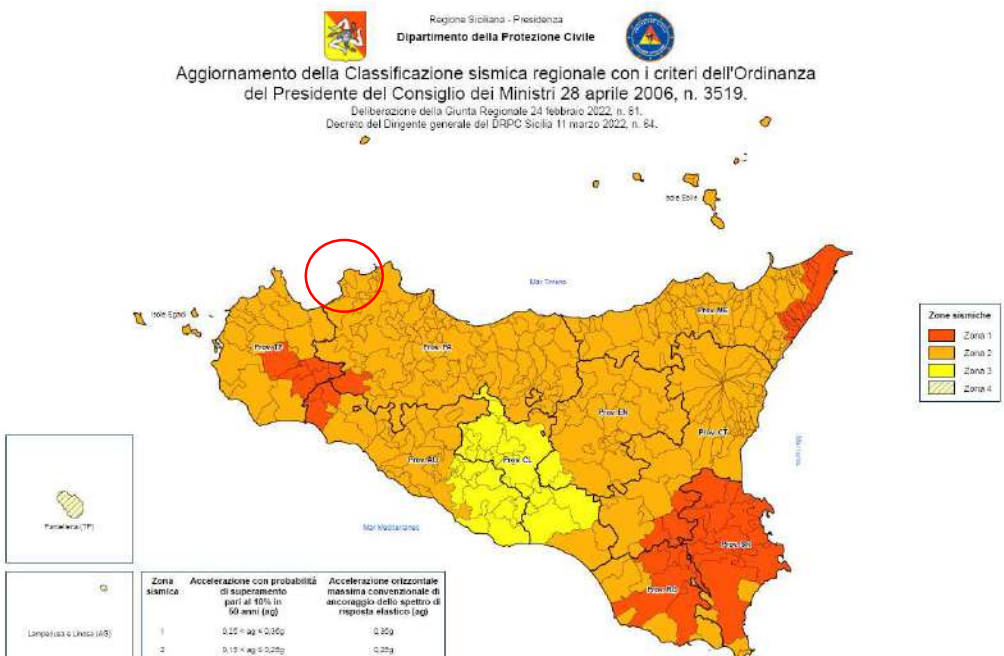
Zone	Acc. Orizz. Ag/g con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni PGA	Acc. Orizz. di ancoraggio dello spettro di risposta elastica	Simicità
1	> 0.25	0.35	Alta
2	0.15 - 0.25	0.25	Media
3	0.05 - 0.15	0.15	Bassa
4	< 0.05	0.05	Molto bassa

Con l'entrata in vigore del *D.M. 14 gennaio 2008*, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "*sito dipendente*" e non più tramite un criterio "*zona dipendente*". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "*pericolosità di base*" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Il secondo livello riguarda la porzione più superficiale del terreno, in cui la risposta sismica è controllata dalle proprietà fisico meccaniche dei terreni. Per tale caratterizzazione è necessario eseguire indagini sismiche, come quelle che abbiamo effettuato, che permettono di redigere una carta della microzonazione sismica locale. Si tratta di individuare la pericolosità di aree limitate, con finalità di scenari, piani di emergenza recupero di vecchi insediamenti e pianificazioni di nuovi insediamenti. A tal scopo è stata eseguita una campagna geofisica a mezzo di indagini MASW e HV/SR di seguito riportate, in data 09.01.2023.

6.2 La pericolosità sismica di base

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento, è fornita dai dati pubblicati sul sito http://esse1.mi.ingv.it/. eventuali differenti pericolosità sismiche sono approvate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, previa istruttoria effettuata dal Dipartimento per la Protezione Civile.



smica regionale.

Fig 6.2.1: Mappa sismica

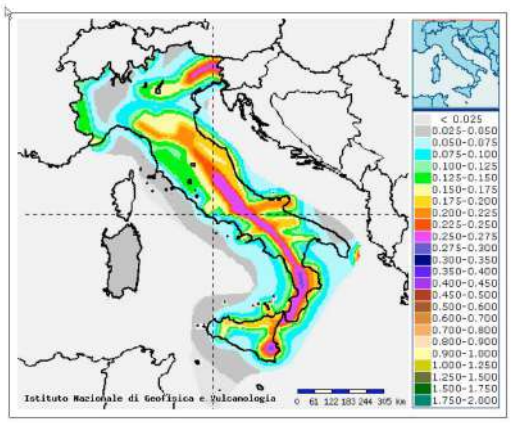


Fig 6.2.3:
Ubicazione area (Geostru map).

La Pericolosità Sismica di Base è generalmente calcolata in base a modelli probabilistici che considerano un'ampia regione in un determinato intervallo di tempo (es. 50 anni). In pratica, viene considerato un modello matematico che schematizza l'intero territorio nazionale come una lastra unica omogenea ed isotropa con velocità di propagazione delle onde sismiche Vs > 800 m/s. Tale modello serve a definire il grado di pericolosità legato alle sole caratteristiche sismologiche di un'area e dipende dal tipo di evento sismico, dalla profondità e distanza della sorgente sismica (ipocentro-epicentro), dall'energia e dalla frequenza dei terremoti (magnitudo - numero di eventi nel tempo). La Pericolosità Sismica di Base serve a definire il terremoto di riferimento, indispensabile per effettuare uno studio particolareggiato della sismicità locale di un determinato territorio. In parole semplici il terremoto di riferimento rappresenta l'evento sismico che ci si attende in una determinata area in un certo intervallo di tempo, ad esempio, in base al modello matematico-probabilistico; a Vasto in un intervallo di 50 anni si attende un valore di accelerazione al suolo compreso tra 0,075 – 0,100 g (vedere Fig. 6.1.1).

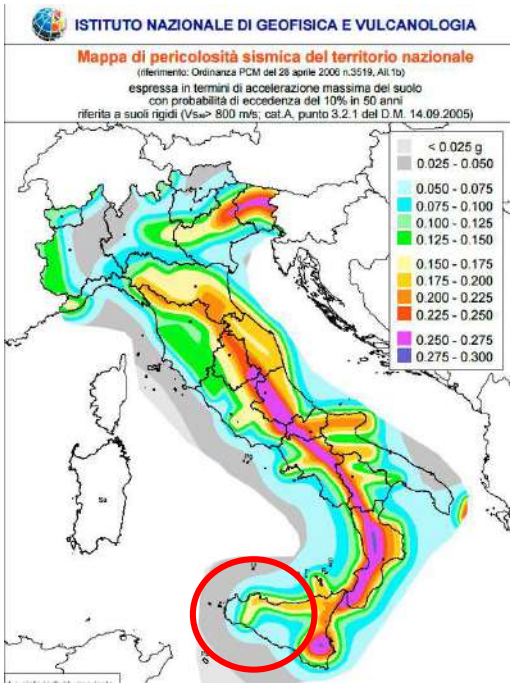


Fig. 6.2.2
Mappa della Pericolosità Sismica di Base del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo.

Tuttavia, questo dato di accelerazione, non considera che nel caso si verifichi un evento sismico, si possono avere degli effetti di amplificazione locale del terremoto dovuti alle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche dei terreni che vengono attraversati dalle onde sismiche; inoltre, lo stesso dato, non considera gli eventi catastrofici che si verificano sia durante che dopo un terremoto (fenomeni cosismici e postsimici), come ad esempio i fenomeni di liquefazione oppure quelli di frana ecc...;

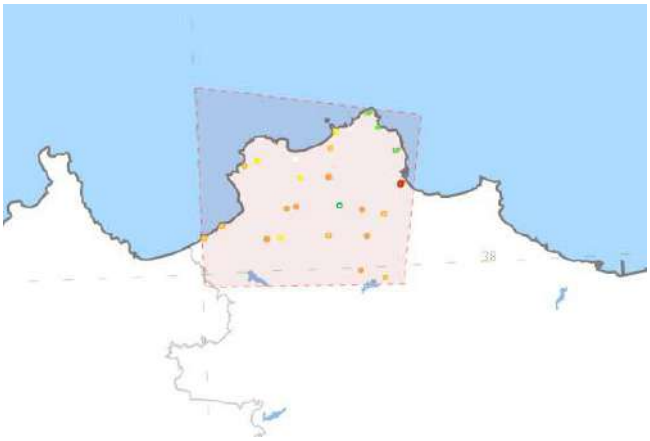
6.3 Sismicità storica dell'area di Cinisi

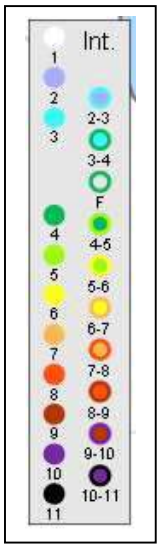
I dati di sismicità storica sono stati reperiti dall'archivio DBMI15, edito dall'Istituto Nazionale Di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.). L'archivio contiene i dati storici, dall'anno 1000 al 2006, degli eventi sismici che hanno causato danni nel territorio Italiano. Nella tabella (Fig. 7.2.1) è riportato l'elenco dei terremoti che hanno interessato il territorio comunale di Cinisi nel raggio di 50 Km. Nella tabella sono indicati numerosi eventi sismici superiori o uguali al quinto grado della scala Mercalli (MCS) corrispondente ad un effetto del terremoto sulla popolazione e sui manufatti che si può definire "*forte*" cioè avvertita da tutti con danni alle strutture.

L'area di Cinisi, storicamente non è stata epicentro di terremoti, ma nei secoli ha subito i danni di terremoti generatisi in aree limitrofe. I principali terremoti registrati nell'area sono:

Località	Prov	Imax	EQs
Altofonte [Parco]	PA	7	8
Balestrate	PA	6-7	14
Borgetto	PA	6	5
Capaci	PA	6-7	6
Capo Gallo [faro]	PA	HF	4
Carini	PA	6	15
Cinisi	PA	6	3
Giardinello	PA	7	7
Isola delle Femmine	PA	6	9
Monreale	PA	7	17
Monte Pellegrino [semaforo]	PA	HF	3
Montelepre	PA	7	10
Palermo	PA	8-9	74
Palermo (centro storico)	PA	8	1
Partanna Mondello	PA	5	1
Partinico	PA	7	16
Piana degli Albanesi [Piana dei Greci]	PA	7	13
Pioppo	PA	6-7	4
San Martino delle Scale	PA	F	1
Santa Cristina Gela	PA	6-7	4
Sferracavallo	PA	NF	1
Terrasini	PA	6-7	10
Torretta	PA	7	10
Trappeto	PA	6-7	3
Villagrazia	PA	NF	1
Villagrazia	PA	6-7	1

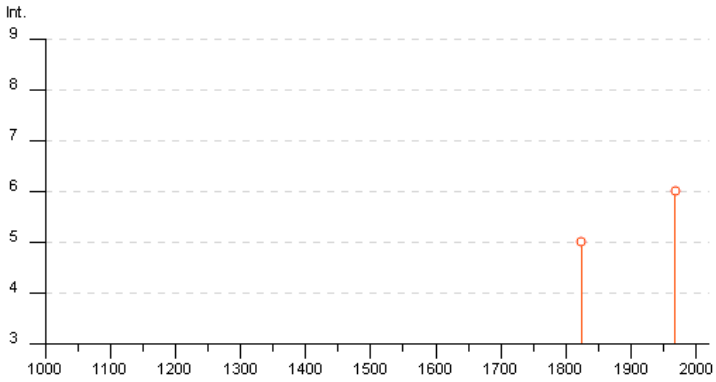
Fig. 6.3.1.
DBMI15, Risultato interrogazione Catalogo Parametrico area di Cinisi.





Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1823	03	05	16	37		Sicilia settentrionale	107	8	5.81
NF	1954	11	20	05	35	2	Sicilia centro-occidentale	34	5-6	4.24
6	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41

Fig. 6.3.2.
Grafico Intensità/Tempo degli eventi sismici con i principali terremoti su descritti mettendo in evidenza come la maggior parte di essi ha magnitudo attorno a cinque, per l'area di Cinisi.



Cinisi

PlaceID	IT_66454
Coordinate (lat, lon)	38.157, 13.107
Comune (ISTAT 2015)	Cinisi
Provincia	Palermo
Regione	Sicilia
Numero di eventi riportati	3

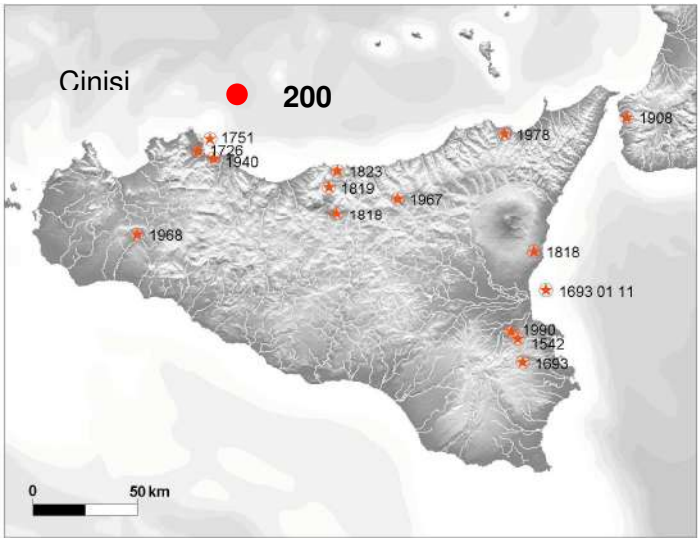


Fig. 6.3.3.
Carta della sismicità storica della Sicilia.

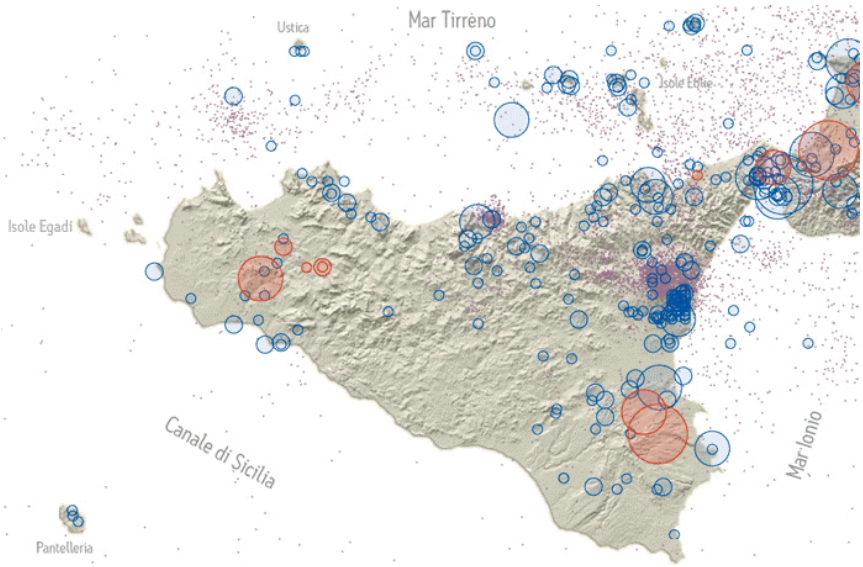
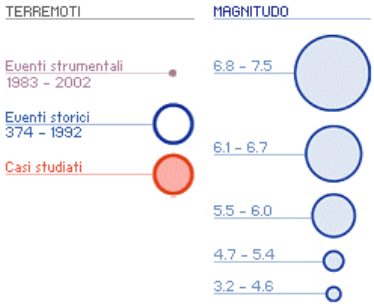


Fig. 6.3.4.
Sismicità in Sicilia.



Mappe interattive di pericolosità Sismica

Le mappe di pericolosità sismica fornite dall'I.N.G.V. consentono di visualizzare la distribuzione spaziale dello scuotimento atteso in termini di accelerazione al suolo rigido e di avere informazioni sui dati disaggregati di pericolosità sismica (Fig. 6.3.5).

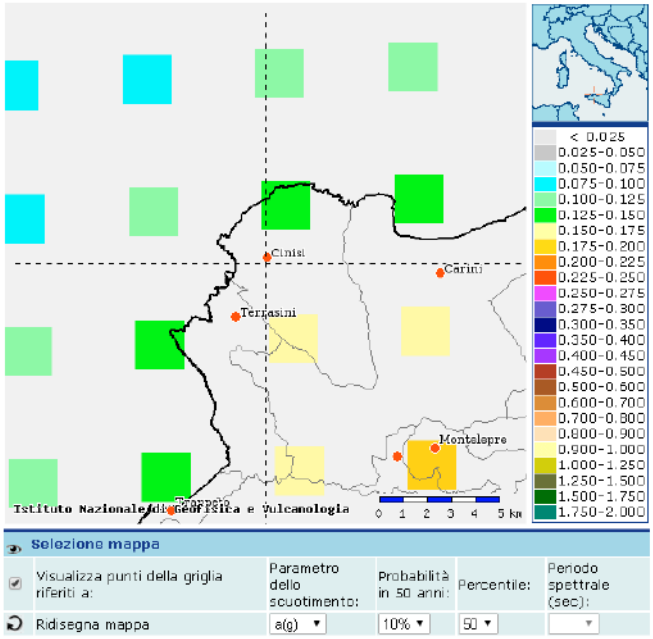


Fig. 6.3.5.
Mappa dello scuotimento atteso in termini di accelerazione con tempo di ritorno di 50 anni e probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni - valore di ag compreso tra 0,125 - 0.175.

Di seguito viene illustrato il grafico della disaggregazione del valore di accelerazione in funzione della distanza. Si ricorda che il valore di scuotimento atteso, che nel caso di Cinisi è compreso tra 0.044g e 0.053g (vedi All.1), è un valore statistico che si prevede non venga superato al 90% di probabilità in un periodo di 50 anni, o anche che tale valore possa essere superato con il 10% di probabilità in 50 anni. La disaggregazione invece, indica la percentuale di valore di pericolosità a cui contribuisce ogni singolo evento possibile, in funzione della magnitudo e della distanza epicentrale dell'evento sismico. Ad esempio alla pericolosità di Cinisi (0,044g con 10% di probabilità di eccedenza in 50 anni) contribuiscono: per il 28,10 % i terremoti di magnitudo compresa fra 4.5 e 5.0 con epicentro a distanza compresa fra 0 e 10 km; per il 4,870 % i terremoti di magnitudo compresa fra 4.0 e 4.5 con epicentro a distanza compresa tra 10 e 20 km.

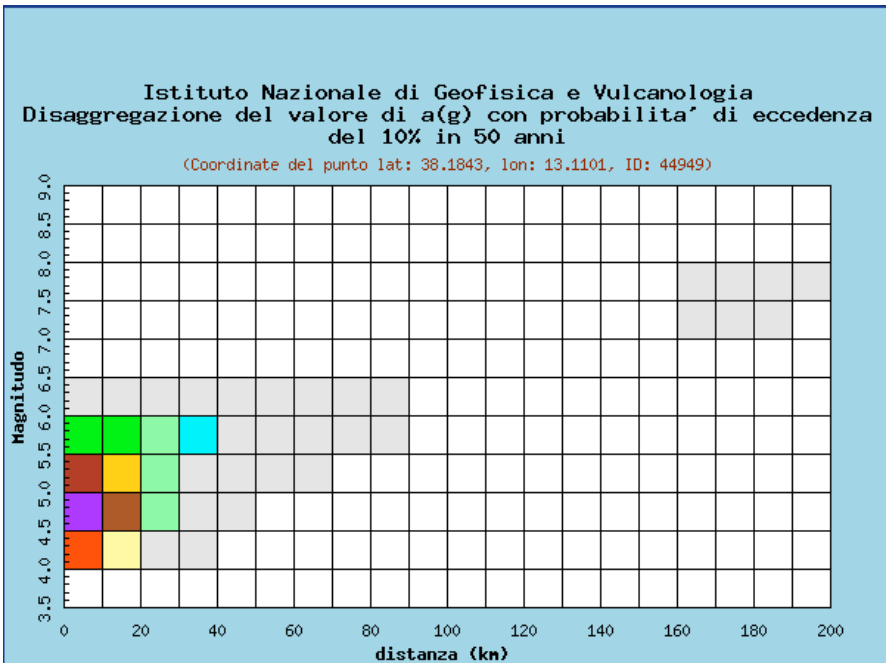


Fig. 6.3.6.
Grafico di disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni in funzione della distanza epicentrale e della magnitudo.

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 38.1843, lon: 13.1101, ID: 44949)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	19.500	28.100	11.000	3.800	0.361	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	4.870	10.300	6.710	3.580	0.441	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.519	2.070	2.540	2.400	0.425	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.002	0.277	0.810	1.120	0.238	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.005	0.165	0.381	0.094	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.017	0.133	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.039	0.017	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.880	10.000	0.536

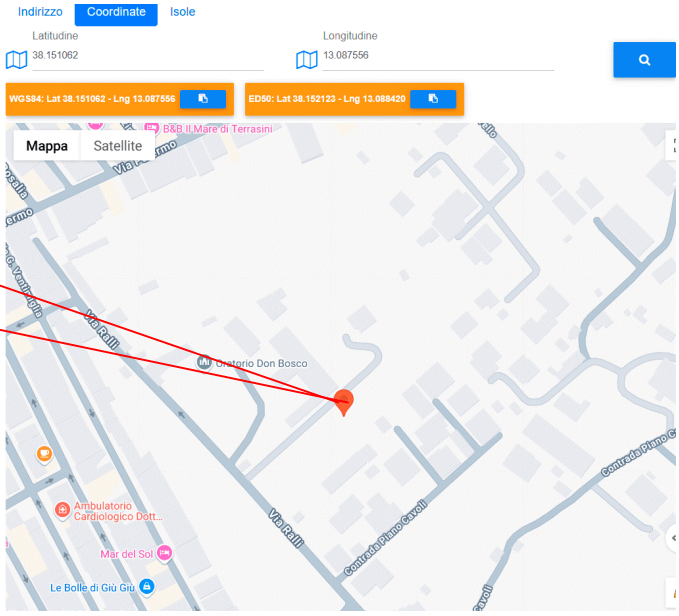
Fig. 6.3.7.
Tabella della disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10 % in 50 anni in funzione della distanza dall'epicentro e della magnitudo; in basso i Valori medi di Magnitudo/Distanza..

6.4 Parametri sismici di base per il sito in oggetto.

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in WGS84:

Ubicazione del sito in esame:

Latitudine:	38.151062°N
Longitudine	13.087556°E
Classe	2
Vita nominale	50 anni
Coefficiente d'uso CU	1



Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	45170	38,134020	13,046990	4144,8
Sito 2	45171	38,134260	13,110390	2763,5
Sito 3	44949	38,184260	13,110060	4043,3
Sito 4	44948	38,184010	13,046630	5091,0

6.5 Stati limite, probabilità di superamento PVR e periodo di ritorno.

L'azione sismica viene valutata in relazione a ciascuno degli stati limite, sia di esercizio che ultimi, valutati in riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, considerando gli elementi strutturali e gli impianti. Gli stati limite individuati dalla normativa sono sostanzialmente quattro, suddivisi in due categorie: stati limite di esercizio e stati limite ultimi.

Gli stati limite di esercizio sono (SLE):

- *stato Limite di Operatività (SLO):* a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- *stato Limite di Danno (SLD):* a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono (SLU):

stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- *stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):* a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità PVR di superamento nel periodo di riferimento VR, a cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono le seguenti: - SLO 81%; - SLD 63%; - SLV 10%; - SLC 5%

STATO LIMITE	Prob. superamento %	Tr	ag [g]	Fo	Tc* (s)
SLO (Operatività)	81	30	0,033	2,340	0,204
SLD (Danno)	63	50	0,045	2,357	0,238
SLV (Salvaguardia vita)	10	475	0,135	2,376	0,292
SLC (Prevenzione collasso)	5	975	0,178	2,421	0,305

Fig 6.5.1:
Valori dei parametri sismici ag, Fo, Tc per i periodi di ritorno Tr, associati a ciascun Stato Limite.

6.6 Coefficienti sismici specifici del lotto in esame .

Oggetto	Variante urbanistica lotto
Categoria di sottosuolo	B
Categoria topografica	T1
Periodo di riferimento	50 anni
Coefficiente cu	1

Latitudine:	38.151062°N
Longitudine	13.087556°E
mt. s.l.m.	36
Frequenza caratteristica di risonanza del sito (f_0)	3.31 Hz (hvsr1)
Categoria di sottosuolo	B
$V_{s\ eq}$	689 m/s MASW 1
Categoria topografica	T1
Accelerazione Max al suolo (SLC) [m/s²]	2.090
Profondità del contrasto di impedenza.	oltre 20m(hvsr1)

	Ss	Cc	St	Kh	Kv	Amax [m/s²]	Beta
SLO	1,200	1,510	1,000	0,000	------	0,384	------
SLD	1,200	1,470	1,000	0,025	0.013	0,527	0,470
SLV	1,200	1,410	1,000	0,062	0,031	1,593	0,380
SLC	1,190	1,400	1,000	0,000	------	2,090	-----

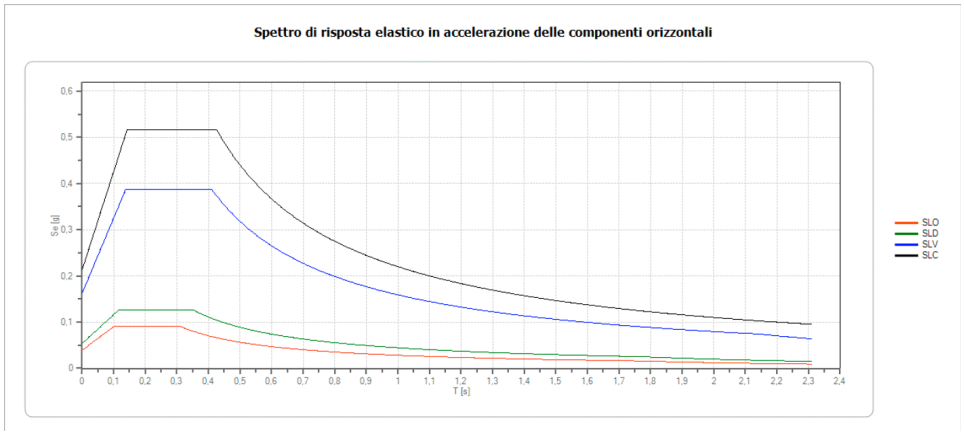
6.7 Spettri di risposta

6.7.1 Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

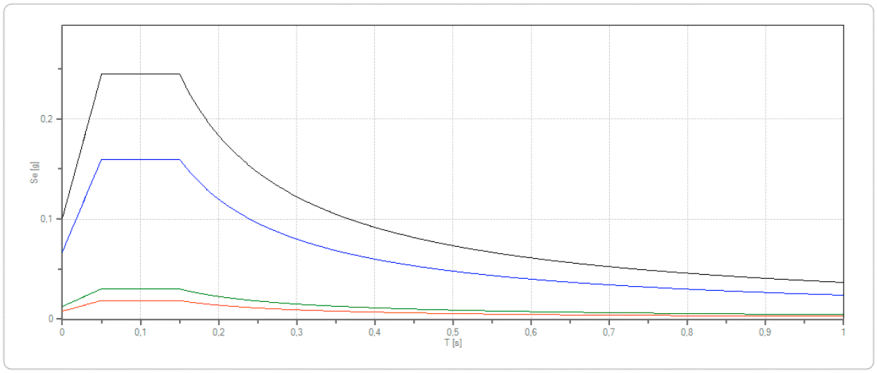
Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000

Fattore di alterazione dello spettro elastico η = [(10/5+ξ)]^(1/2) 1,000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,033	2,340	0,204	1,200	1,510	1,000	1,200	1,000	0,103	0,308	1,730
SLD	1	0,045	2,357	0,238	1,200	1,470	1,000	1,200	1,000	0,117	0,350	1,779
SLV	1	0,135	2,376	0,292	1,200	1,410	1,000	1,200	1,000	0,137	0,412	2,142
SLC	1	0,178	2,421	0,305	1,200	1,400	1,000	1,200	1,000	0,142	0,426	2,310

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	η	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,033	2,340	0,204	1,000	1,510	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,045	2,357	0,238	1,000	1,470	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,135	2,376	0,292	1,000	1,410	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,178	2,421	0,305	1,000	1,400	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

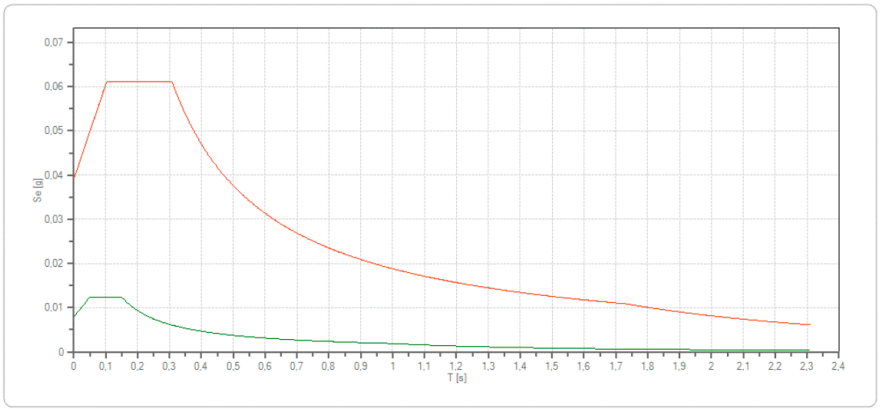
6.7.2 Spettro di progetto

☑ SLO ☑ SLD ☑ SLV ☑ SLC

Spettro di Progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q =	1.5	η = 0,667
Fattore di struttura spettro vertical q =	1.5	η = 0,667
Stato limite	SLO	
Periodo di riferimento		sec

Spettri di progetto per lo stato limite: SLO



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	1	0,033	2,340	0,204	1,200	1,510	1,000	1,200	1,500	0,103	0,308	1,730
SLO verticale	1	0,033	2,340	0,204	1,200	1,510	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La seguente indagine riguarda uno studio geologico, geomorfologico, geognostico e geofisico eseguito su un lotto di terreno di proprietà del *Sig. Cascino Antonio.* nel quale si prevede la realizzazione di una variante urbanistica e meglio descritto negli elaborati grafici allegati

La combinazione di diversi metodi d'indagine (prove di sismica passiva HVSR e attiva MASW) e la conseguente lettura dei risultati conseguiti ha portato alla formulazione di un modello geologico del sottosuolo al fine di fornire le indicazioni necessarie in relazione alla fattibilità di quanto previsto in oggetto.

Dalla visione diretta del lotto in esame ed in relazione alla modesta pendenza in atto ed dal grado di cementazione raggiunto dall'ammasso calcarenitico affiorante a poca profondità, si evincono condizioni di stabilità ottimali sia in atto che potenziali.

In relazione al livello di urbanizzazione raggiunto nell'areale circostante al nostro lotto, attualmente il sito, può essere considerato geomorfologicamente stabile e non mostra scenari di pericolosità geologica e sismica o fattori morfologici, idrogeologici o idrologici che possono condizionare il loro sfruttamento ai fini edilizi. Dal punto di vista della compatibilità geomorfologica ai sensi *dell'art. 15 L.R. 16/16 ex art. 13 L. 64/74,* si esprime parere favorevole circa la realizzazione della variante urbanistica in progetto. Inoltre, i terreni sedimentari presenti in affioramento e nel sottosuolo del lotto sino ed oltre le profondità di interesse progettuale sono contraddistinti da ottime doti meccaniche, capaci di garantire stabilità geotecnica oltrechè geomorfologica".

Per quanto concerne il P.A.I. "*Piano di assetto idrogeologico Regione Sicilia*", si evince che il sito in esame ricade nel Bacino idrografico del Fiume Oreto – Area territoriale tra Punta Raisi e Fiume Oreto e Fiume Nocella - C.T.R. 594020-02 -Approvato con Delibera n. 132 del 10/05/2023, da cui si evidenzia che il sito in esame non rientra in uno scenario di rischio o di pericolosità di dissesto idrogeologico sia esso da frana che da inondazione.

Dal punto di vista geotecnico i sedimenti individuati sono stati caratterizzati e sulla base dei risultati ottenuti è stato possibile ricostruire un modello geotecnico del sottosuolo senz'altro adeguato alle esigenze geotecniche di quanto previsto all'interno del lotto. Inoltre con l'applicazione di una particolare tecnica investigativa (MASW e HVRS) è stato anche possibile classificare il sottosuolo sulla base del parametro **Vseq.** riconducibile alla lettera "B" della tabella 3.2.11**,** oltre il relativo calcolo della *frequenza caratteristica di risonanza del sito*. Pertanto, dal punto di vista della **pericolosità sismica** si evince che il sito in esame è afferente a*:*

- *"Zone Stabili dove non si prefigura nessuna amplificazione sismica locale del moto del suolo per effetto geologico in quanto trattasi di substrato rigido sub-affiorante ";*

- *Zone stabili non suscettibili di liquefazione spontanea ad opera dell'amplificazione sismica locale, in quanto trattasi di associazioni di materiale litoide variamente fratturato con scarsa copertura vegetale; (bedrock sub-affiorante);*

Infine per quanto concerne la Suscettività all'edificazione e sintesi per la pianificazione generale come evidenziato nella cartografia allegata alla scala 1:2000 e redatta ai sensi della Circolare A.R.T.A. 3/DRA prot. 28807 del 20.06.2015, l'area può essere classificata come :

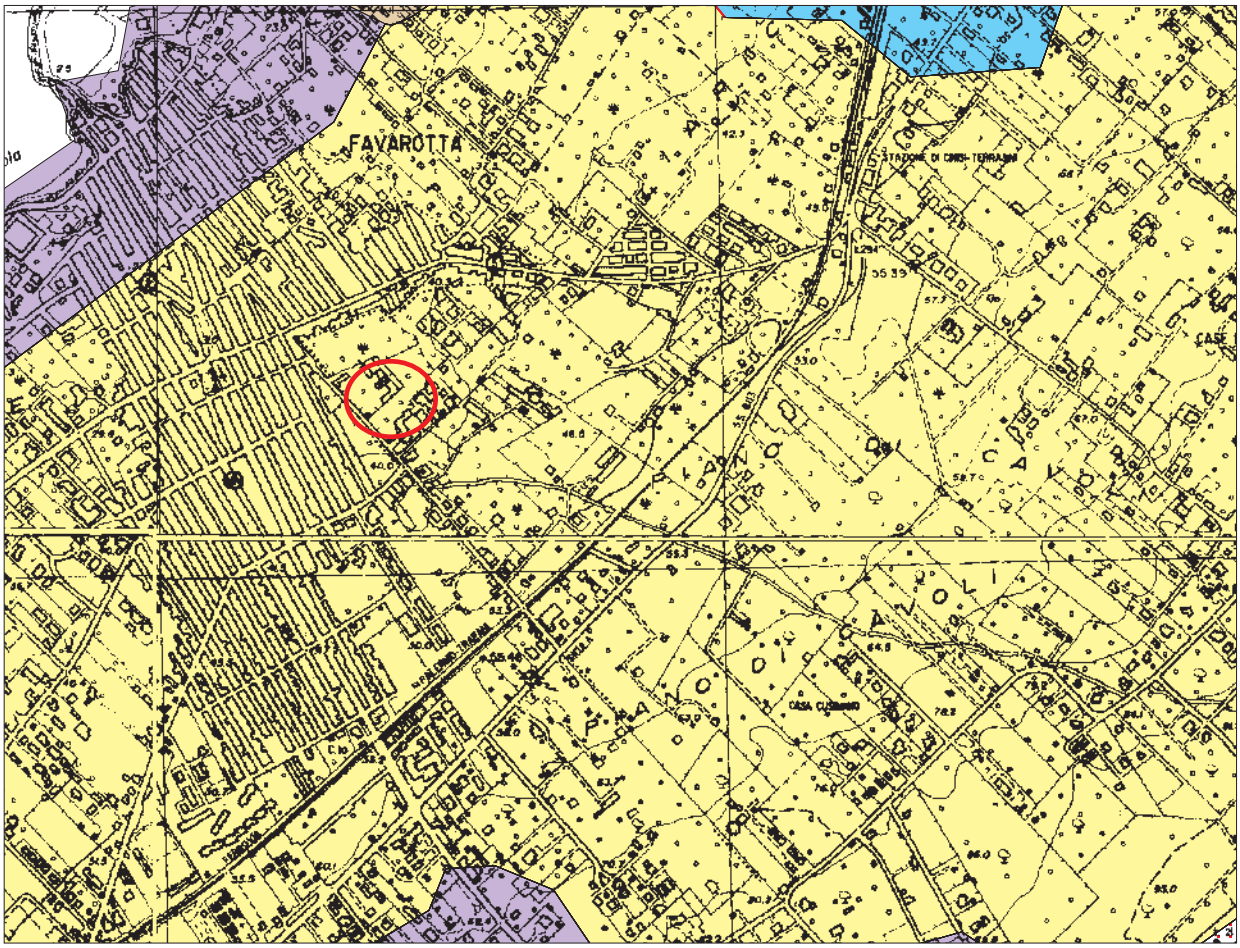
Area di Classe 1 - Suscettività d'uso non condizionata
Trattasi di aree stabili, sub-pianeggianti, senza particolari problematiche geologiche o idrauliche o litotecniche, che non presentano particolari prescrizioni di utilizzo alla modifica della destinazione d'uso;

A conclusione di quanto detto, rimandando alla lettura dei vari paragrafi della presente relazione per gli approfondimenti sui risultati ottenuti, si ritiene che gli elementi forniti e le indagini svolte completino adeguatamente il quadro progettuale necessario per la fattibilità di quanto previsto in epigrafe, compatibile con il modello geologico e geotecnico formulato.

Montelepre Luglio 2026

IL GEOLOGO:
Dott. Geol. Francesco Sapienza
Albo Regionale dei Geologi di Sicilia, n. 1014

CARTA GEOLOGICA



LEGENDA

Scala 1:10.000

Calcareniti bioclastiche, mediamente permeabili per porosità primaria..
Tirreniano-Pliocene sup.

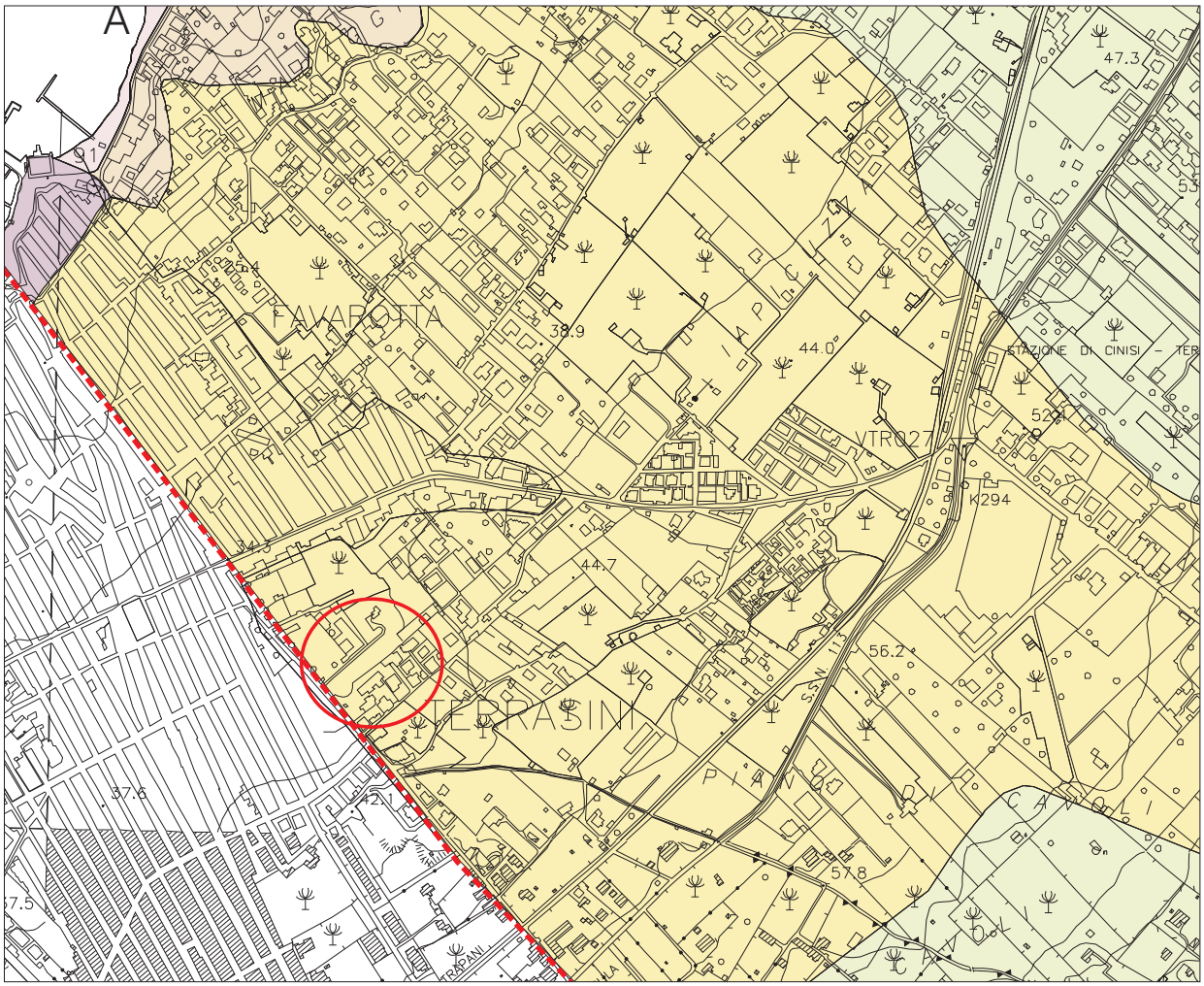
U.S.S. Cozzo di Lupo

Calcilutiti e marne con calpionelle e radiolari alternate a biocalcareniti risedimentate.
Neocomiano-Titonico sup.

faglia

Area in esame

CARTA GEOLOGICA



CT.R. 594020

LEGENDA

N

SCALA 1 : 10.000

0 100 m 500 m 1000 m

Detrito di falda. *Attuale*

Sabbie costiere costituite da granuli di quarzo. *Attuale*

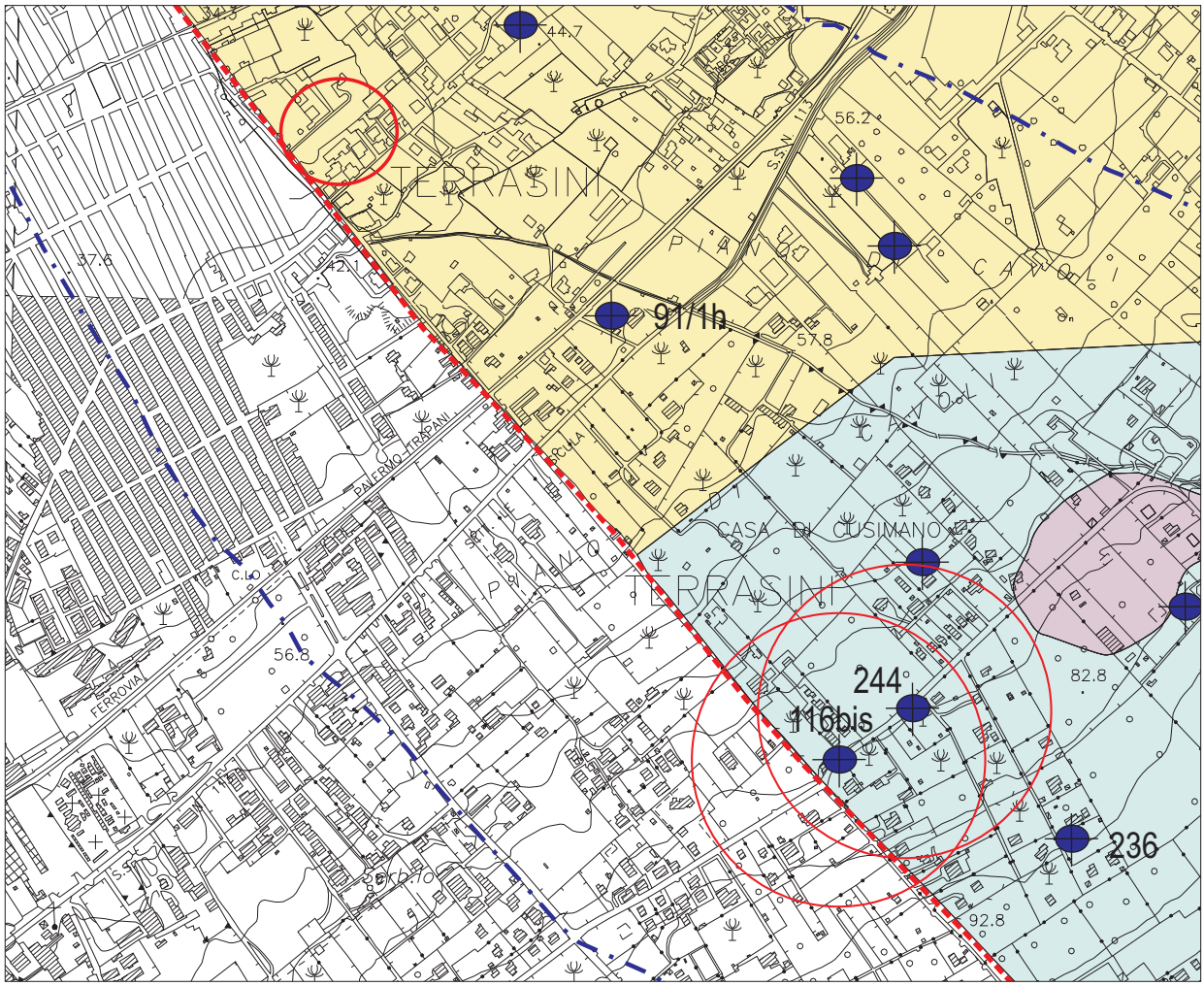
Coltre eluviale di sabbie limose (*Terre Rosse*). *Recente*

Calcareniti e sabbie: Biocalcareniti, dal giallo all'arancio-rossiccio con stratificazione decimetrica, a luoghi incrociata, con foraminiferi bentonici, plantonici (Globorotalia trucantulinoide excelsa) e frammenti di alghe; Conglomerati a matrice arenitica e sabbie siltose bianche con lamellibranchi (Pecten sp, Chlamys sp,Ostrea sp e Cardium sp) e gasteropodi. A luoghi depositi di tempesta cementati. Spessore complessivo variabile tra 20 e 50m. Ambiente deposizionale neritico-costiero.
Emiliano- Siciliano

Argille sabbiose, prevalenti peliti di colore bruno, talora manganesifere con laminazione piano-parallela, cui si alternano strati centimetrici di siltiti ed arenarie a grana fine e quarzoareniti e/o conglomerati prevalentemente quarzosi. Contengono una microfauna a foraminiferi arenacei e rari foraminiferi plantonici. Intercalate, biocalcareniti risedimentate e megabrecce carbonatiche; Spessore da poche decine di metri a 300m;
Ambiente di scarpata - deposizionale. *(Fm. Flysch Numidico)*.
Chattiano - Aquitaniano inf.

Area in esame

CARTA IDROGEOLOGICA

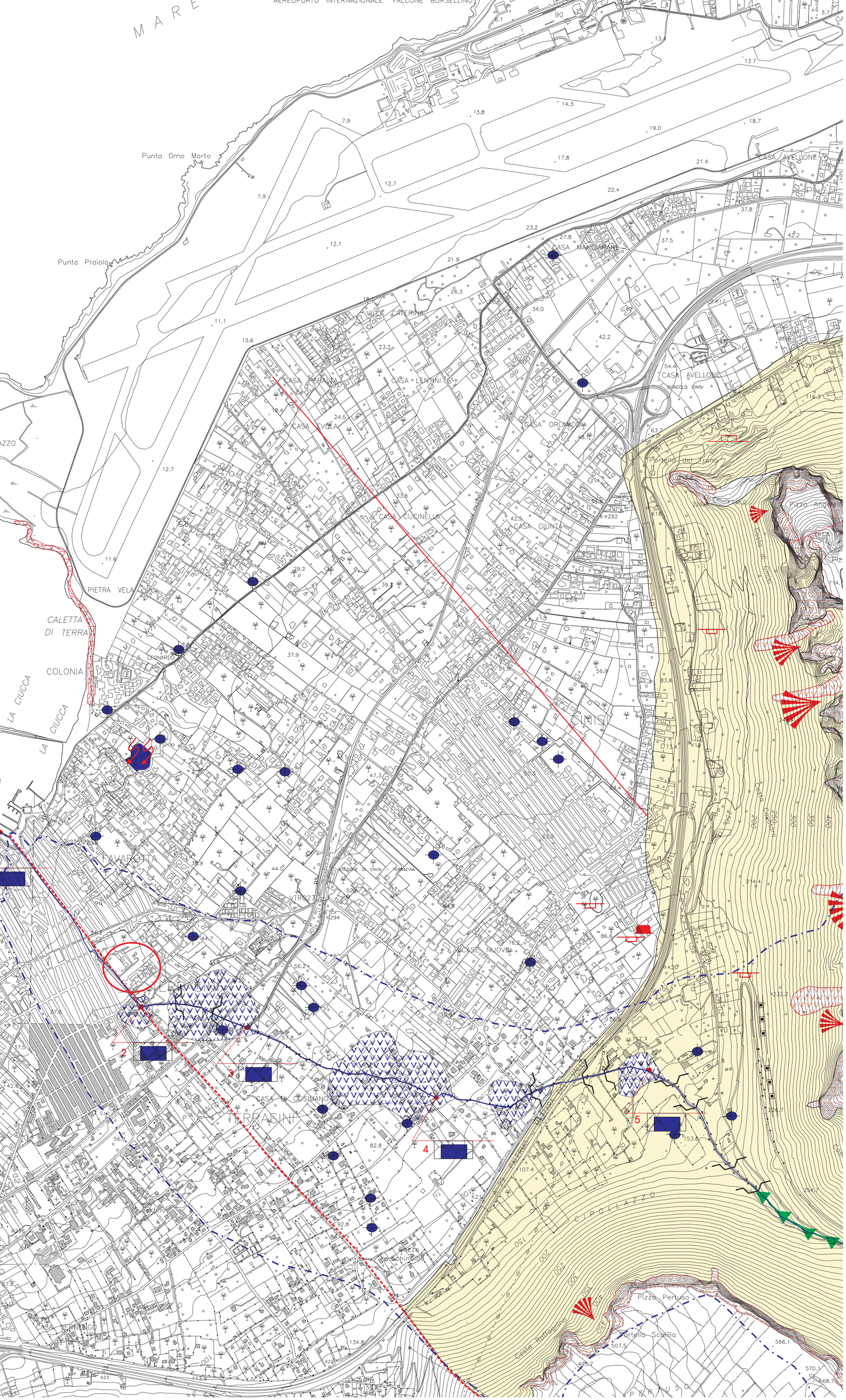


GRADO DI PERMEABILITA'				CARTA IDROGEOLOGICA LITOLOGIA ED IDROGEOLOGIA SCALA 1:10.000
AP	MP	SP	IM	
				Detrito di falda *Tipo di permeabilità: per porosità* *Grado di permeabilità: medio- alto.* *Porosità: primaria alta* *Potenzialita' idrica: media.*
				Complesso calcarenitico, sabbioso econglomeratico *Tipo di permeabilità: per porosità e fessurazione* *Grado di permeabilità: medio - alto.* *Porosità: primaria alta, secondaria medio-alta* *Potenzialita' idrica: alta.*
				Complesso impermeabile *Tipo di permeabilità: per porosità* *Grado di permeabilità: impermeabile* *Porosità: primaria alta* *Potenzialita' idrica: nulla.*
				Complesso calcilutitico (scaglia) *Tipo di permeabilità: per porosità, fessurazione e carsismo* *Grado di permeabilità: da basso a medio* *Porosità: primaria nulla, secondaria medio-bassa* *Potenzialita' idrica: medio-bassa.*
				Complesso calcareo e calciruditico *Tipo di permeabilità: per porosità e fessurazione* *Grado di permeabilità: medio - alto.* *Porosità: primaria alta, secondaria alta* *Potenzialita' idrica: alta.*

Area in esame

CARTA GEOMORFOLOGICA

SCALA 1:10.000



LEGENDA

DISSESTI DI VERSANTE

DISSESTI DOVUTI ALLA GRAVITA'

Forma attiva — Forma quiescente — Forma inattiva

crollo

Colate rapide di detrito

Soliflussi

Falda detritica

Cono di detrito

Flussi detriticii torrentizi

OPERE E INTERVENTI STRUTTURALI INTENSIVI DI SISTEMAZIONE DEL TORRENTE FURI

1 — Scatolare n. 1: Confluenza del Torrente Furi all'interno dello scatolare prossimo al suo sbocco in mare, al Porto di Terrasini (*3,00m altezza x 5,00m larghezza = 15m²*)

2 — Scatolare n. 2: Confluenza del Torrente Furi all'interno dello scatolare sottostante la Via Ralli (*3,50m altezza x 3,80m larghezza = 13,30m²*)

3 — Scatolare n. 3: Confluenza del Torrente Furi all'interno dello scatolare sottostante la S.S.113 (*1,10m altezza x 2,00m larghezza = 2,20 m²*)

4 — Scatolare n. 4: Confluenza del Torrente Furi all'interno dello scatolare sottostante la Via Dell'Ulivo (*1,20m altezza x 2,00m larghezza = 2,40m²*)

5 — Scatolare n. 5: Confluenza del Torrente Furi all'interno dello scatolare a monte dell'Autostrada (*1,60m altezza x 2,00m larghezza = 3,20 m²*)

COMUNE DI CINISI

Ditta Cascino Antonio -C.da Pianoi: Fg. 12 - p.lla 768

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA AMBIENTALE Dott. Francesco Sapienza Via Roma, 60 Montelepre (PA)

Tav. 2

CARTA LITOTECNICA
SCALA 1:2.000

Ditta: Cascino Antonino
Fg. 12: p.lla 768

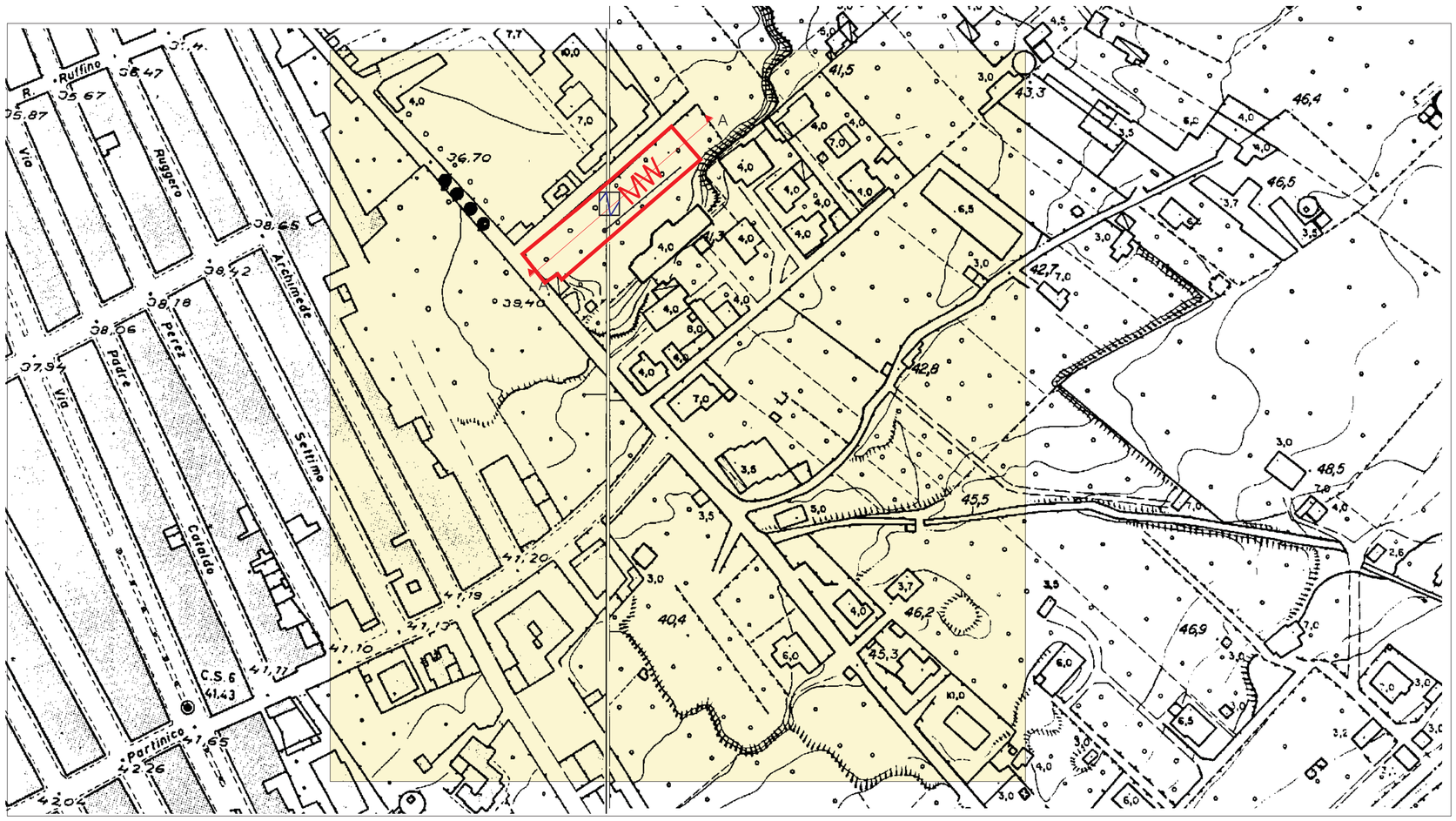
Indagini geofisiche

1 Prova sismica passiva HV/SR (Lat: 38.151062°) (Long: 13.087556°) 36 m s.l.m. P= 1.2°

MW 1 Prova sismica attiva MASW (vs_{30})

Sezione geognostica

Area in esame di 1189,00 mq



COMUNE DI CINISI
Stralcio Aerofotogrammetrico - Scala 1:2.000

Da un punto di vista geotecnico le calcareniti sono rocce lapidee che allo stato inalterato posseggono valori di parametri meccanici molto elevati offrendo, in generale, una buona resistenza allo schiacciamento, di cui si riportano alcuni valori prelevati dallo schiacciamento di provini litologici prelevati in zona limitrofa in occasione del progetto per i lavori di realizzazione di una rete idrica comunale.

CARATTERISTICHE FISICHE E MECCANICHE			
provino	γ (g/cmc)	εf (%)	σf (Kg/cm^2)
1	1,85	2.86	145,92
2	1,84	2.50	162,24
3	1,86	2.71	133,67
4	1,86	2.31	181,39
5	1,88	2.14	156,44

dove:

γ = Peso per unita'di volume
σf = Tensione a rottura
εf = Deformazione a rottura

PROFILO GEOMECCANICO

COPERTURA:

Terreno vegetale limoso frammisto a materiale detritico sabbioso, sciolto o scarsamente cementato

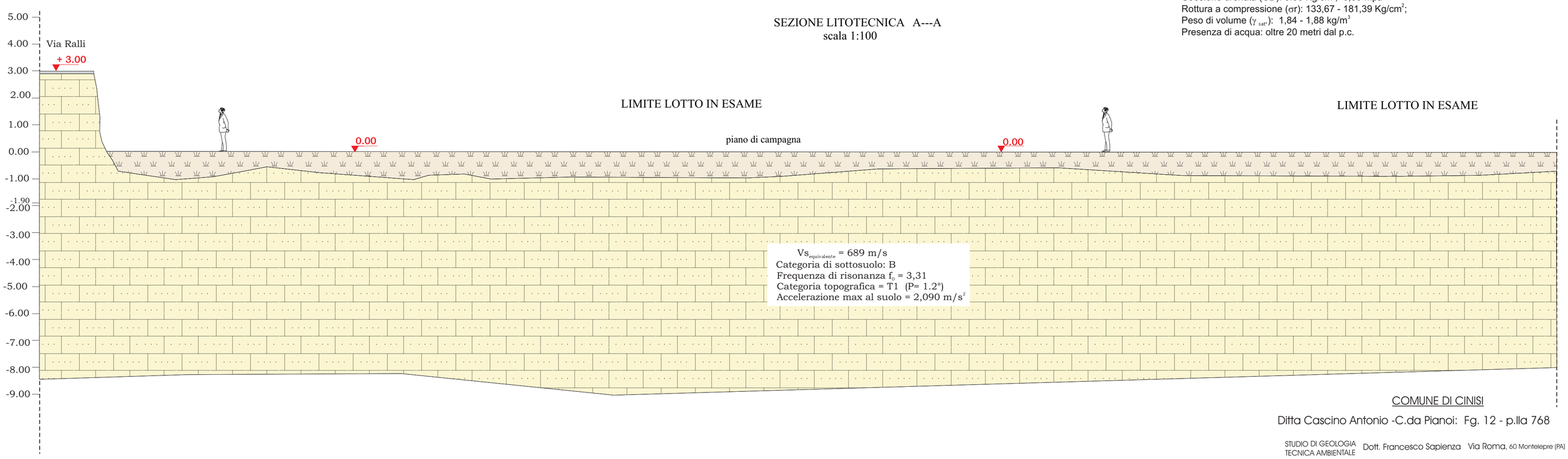
Parametri geotecnici di riferimento:
Angolo di attrito interno: 28°;
Peso di volume ($\gamma_{sat.}$): (1,94 t/m^3); 19,02 kN/m^3
Modulo di deformazione drenato (E'): 276 Kg/cm^2; 27,06 Mpa
Coesione drenata (CD): 0.00 Kg/cm^2; 0,00 Mpa

SUBSTRATO:

Unità Litotecnica: Calcarenite organogena di colore grigiastro a caratterizzazione lapidea, tenace e compatta con rari livelli sabbioso dotata di buon grado di resistenza alla compressione semplice

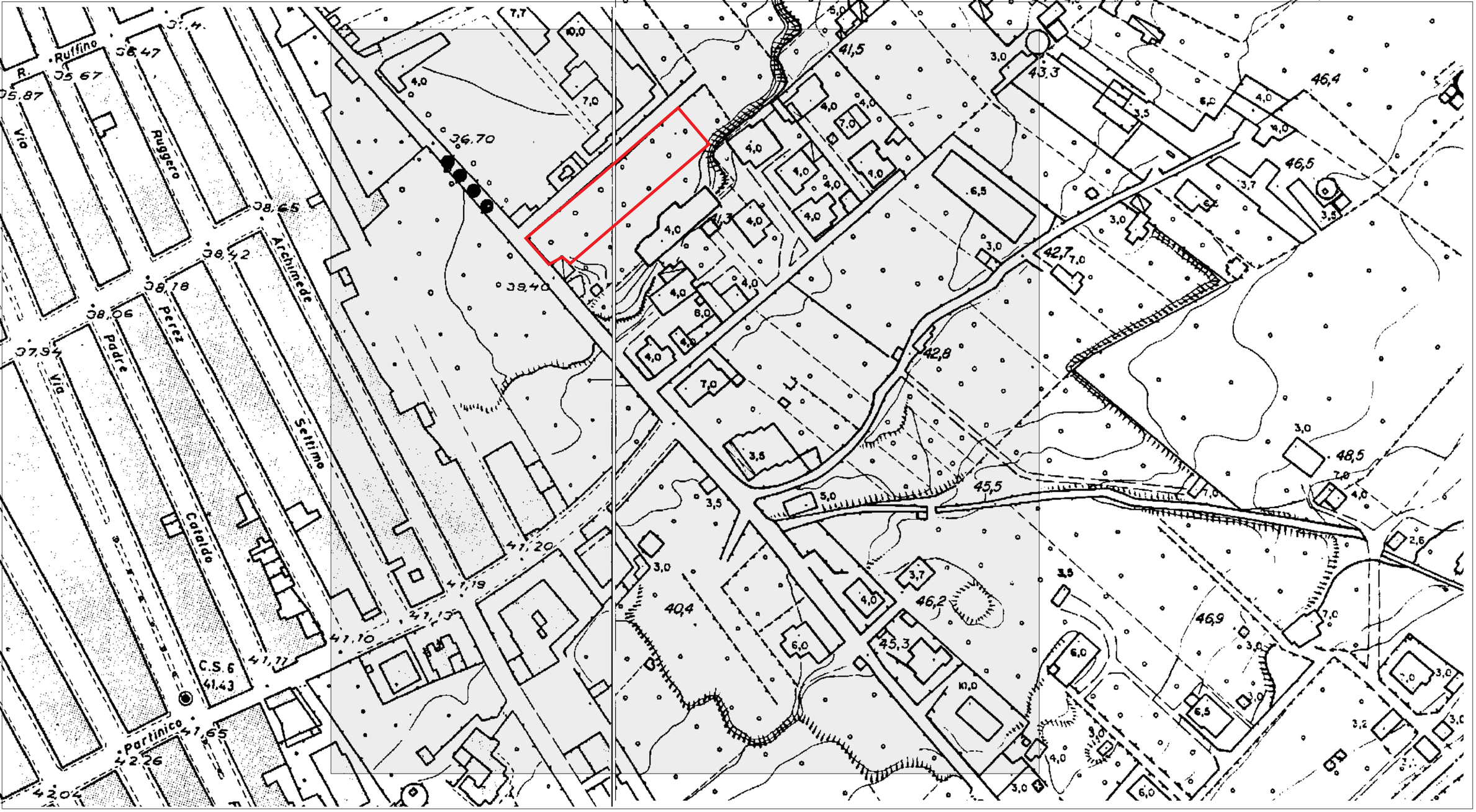
Parametri geotecnici di riferimento:
Angolo di attrito interno: 32°;
Coesione drenata (CD): 0.00 Kg/cm^2; 0,00 Mpa
Rottura a compressione (σr): 133,67 - 181,39 Kg/cm^2;
Peso di volume ($\gamma_{sat.}$): 1,84 - 1,88 kg/m^3
Presenza di acqua: oltre 20 metri dal p.c.

SEZIONE LITOTECNICA A---A
scala 1:100



COMUNE DI CINISI
Ditta Cascino Antonio -C.da Pianoi: Fg. 12 - p.lla 768

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA AMBIENTALE Dott. Francesco Sapienza Via Roma, 60 Montelepre (PA)



CARTA DELLA SUSCETTIVITA' ALL'EDIFICAZIONE E DI SINTESI PER LA PIANIFICAZIONE

SCALA 1:2.000

(Redatta ai sensi della Circolare A.R.T.A. 3/DRA prot. 28807 del 20.06.2015)

COMUNE DI CINISI

Ditta Cascino Antonio -C.da Pianoi: Fg. 12 - p.lla 768

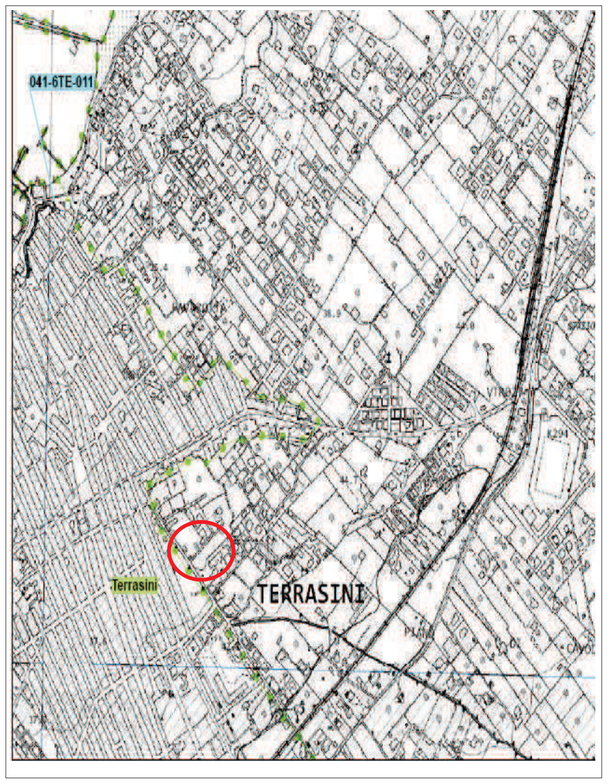
A. Suscettività d'uso non condizionata

Sono raggruppate tutte le aree che non mostrano scenari di pericolosità geologica e sismica. Non si ravvisano fenomeni legati a fattori morfologici, idrogeologici, idrologici che possono condizionare il loro sfruttamento ai fini edilizi.
In generale rappresentano zone suscettibili di urbanizzazione.
In caso di evento sismico, non sono previste situazioni di amplificazione del moto sismico rispetto ad un substrato rigido di riferimento.
Per tali aree deve essere applicato quanto previsto dalle vigenti norme tecniche per le costruzioni.

UBICAZIONE AREA IN STUDIO

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA AMBIENTALE Dott. Francesco Sapienza Via Roma, 60 Montelepre (PA)

Tav. 4



COMUNE DI CINISI
Carta dei dissesti - Scala 1:10.000

LEGENDA

FENOMENI FRANOSI

- Crollo e/o ribaltamento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Scorrimento
- Frana complessa
- Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)
- Colamento lento
- Area a franosità diffusa
- Deformazione superficiale lenta
- Calanco
- Dissesti conseguenti ad erosione accelerata
- Sito di attenzione

STATO DI ATTIVITA'

- Attivo
- Inattivo
- Quiescente
- Stabilizzato artificialmente o naturalmente

- Limite bacino idrografico
- Limite area territoriale
- Limite comunale

REPUBBLICA ITALIANA

Regione Siciliana
Presidenza della Regione Siciliana
Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

Servizio 3 "ASSETTO DEL TERRITORIO"

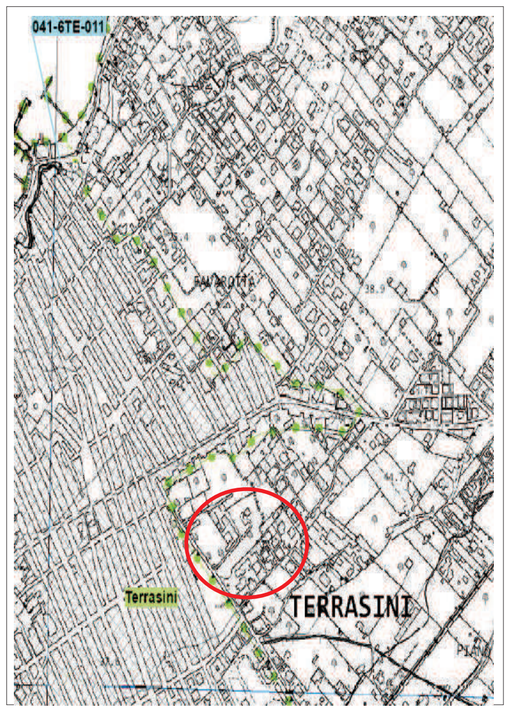
Aggiornamento del Piano Stralcio di Bacino
per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)
(Art. 68 commi 4bis e 4 ter del D.Lgs. 3 Aprile 2006, n. 152 e ss. mm. ii.)

Conferenza Operativa del 04/05/2023
(Art.3, comma 3 L.R. n. 8 del 08/05/2018)
Delibera n. 132 del 10/05/2023

GEOMORFOLOGIA

COMUNE DI CINISI

CTR N. 594020 - SCALA 1:10.000
CARTA DEI DISSESTI



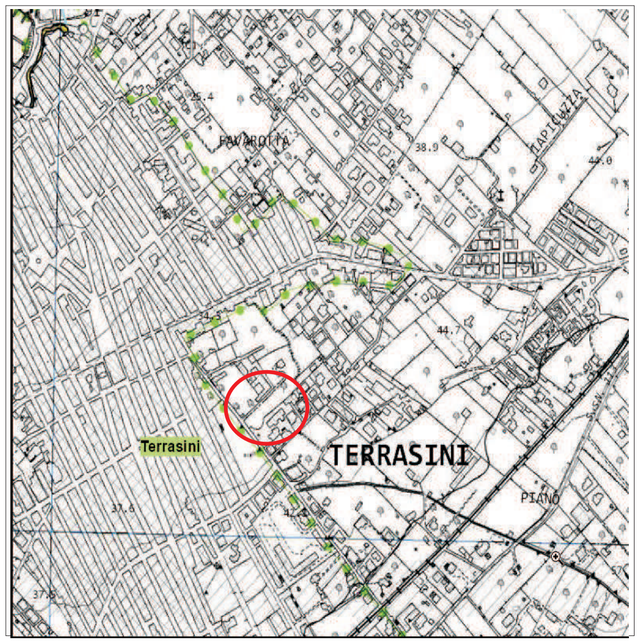
COMUNE DI CINISI
Carta della Pericolosità Geomorfologica - Scala 1:10.000

LEGENDA

LIVELLI DI PERICOLOSITA'

- P0 basso
- P1 moderato
- P2 medio
- P3 elevato
- P4 molto elevato
- Sito di attenzione; fascia di rispetto per probabile evoluzione del dissesto
- Limite di pericolosità e/o fascia di rispetto coperta da area a pericolosità maggiore

- Limite bacino idrografico
- Limite area territoriale
- Limite comunale



COMUNE DI CINISI
Carta del Rischio Geomorfologico - Scala 1:10.000

REPUBBLICA ITALIANA

Regione Siciliana
Presidenza della Regione Siciliana
Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

Servizio 3 "ASSETTO DEL TERRITORIO"

Aggiornamento del Piano Stralcio di Bacino
per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)
(Art. 68 commi 4bis e 4 ter del D.Lgs. 3 Aprile 2006, n. 152 e ss. mm. ii.)

Conferenza Operativa del 04/05/2023
(Art.3, comma 3 L.R. n. 8 del 08/05/2018)
Delibera n. 132 del 10/05/2023

GEOMORFOLOGIA

COMUNE DI CINISI

CTR N. 594020 - SCALA 1:10.000
CARTA DEL RISCHIO

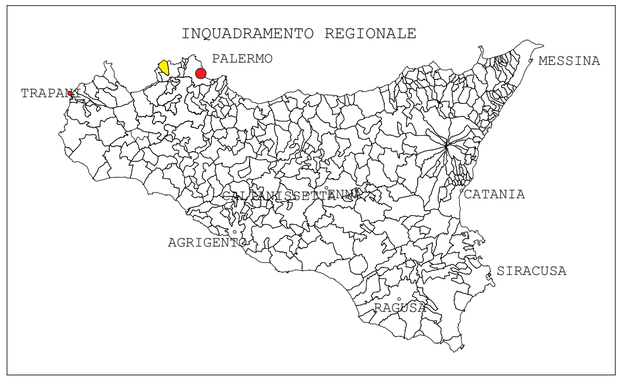
LEGENDA

LIVELLI DI RISCHIO

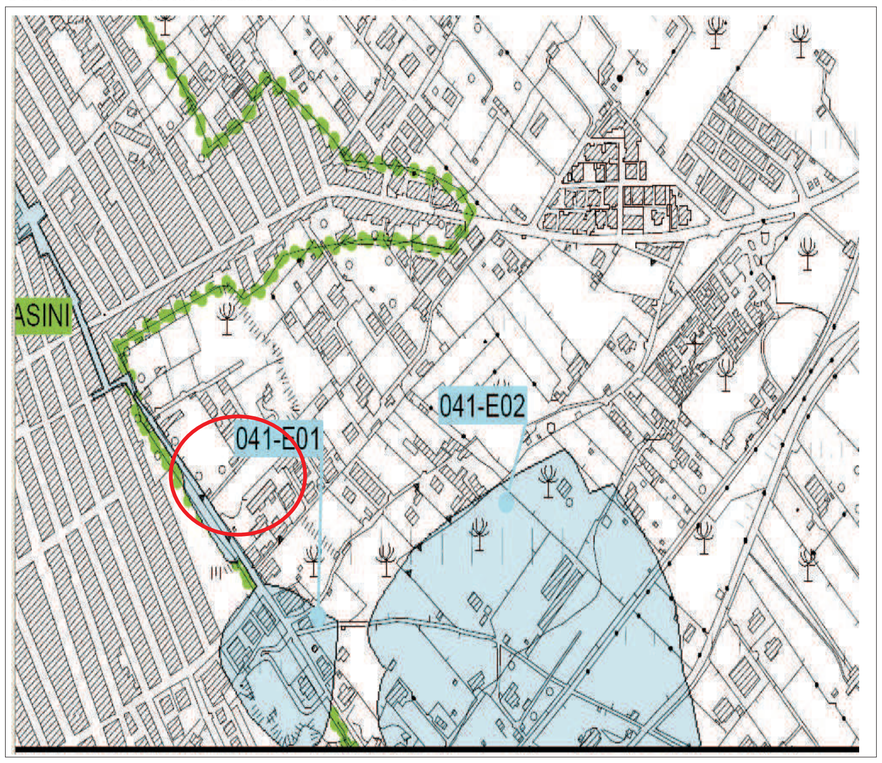
- R1 moderato
- R2 medio
- R3 elevato
- R4 molto elevato

- Limite bacino idrografico
- Limite area territoriale
- Limite comunale

STRALCIO CARTOGRAFIA P.A.I.
SCALA 1:10.000



COMUNE DI CINISI
Carta della Pericolosità Idraulica - Scala 1:10.000



LEGENDA

- P1 Pericolosità moderata
- P2 Pericolosità media
- P3 Pericolosità elevata
- Sito di Attenzione
- Limite bacino idrografico
- Limite area territoriale
- Limite comunale

REPUBBLICA ITALIANA

Regione Siciliana
Assessorato Territorio e Ambiente

DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE
Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

Piano Stralcio di Bacino
per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)
(ART. 1 D.L. 180/98 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L.267/98 E SS.MM.II.)

- Bacino Idrografico del F. Nocella ed Area tra F. Nocella e F. Jato (042)
- Area territoriale tra Punta Raisi e F. Nocella (041)

CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA PER FENOMENI DI ESONDAZIONE N° 02

COMUNI DI
Cinisi - Terrasini

Scala 1:10.000

Anno 2006

N

SCALA 1 : 10.000

0 50 m 100 m 500 m 1000 m

EPSG 32633 WGS 84 UTM ZONE 33N

Inquadramento cartografico CTR

594010	594020	594030
594050	594060	594070

UBICAZIONE AREA IN STUDIO

COMUNE DI CINISI

Ditta Cascino Antonio -C.da Pianoi: Fg. 12 - p.lla 768

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA AMBIENTALE Dott. Francesco Sapienza Via Roma, 60 Montelepre (PA)

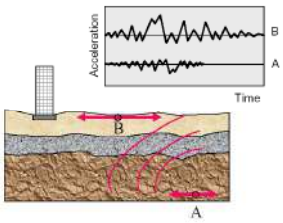
Tav. 5

STUDIO GEOLOGICO PROPEDEUTICO ALLE RITIPIZZAZIONE URBANISTICA DI CUI ALLA SENTENZA TAR PALERMO, SEZ. II, N. 03338/2021 RELATIVAMENTE ALL'APPEZZAMENTO DI SITO NEL COMUNE DI CINISI IN C.DA PIANO CAVOLI - FG. 12 – P.LLA 768 DI PROPRIETA'

SIG. CASCINO ANTONIO.

Studio di Geologia
Studi di Geologia Ambientale e Tecnica
Indagini penetrometriche e sismiche
Via Roma n° 60 – 90040 Montelepre (PA)

Dott. Geol. Francesco Sapienza
Tel.e Fax +39/091.737.36.60 - Cell. 360.29.27.69
e-mail: sapienzafr@libero.it
pec: geosapienza@pec.epap.it



REPORT INDAGINI GEOFISICHE

DATA: Luglio 2026

- Prove di Sismica Attiva (MASW)
- Prove di Sismica Passiva (HV/SR)

- All. 1

COMMITTENTE: SIG. CASCINO ANTONIO

	(COMMITTENTE)	ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DI SICILIA Dott. Geol. FRANCESCO SAPIENZA n. 1014	IL GEOLOGO DOTT. Francesco Sapienza

1. NOTE INTRODUTTIVE

Nell'ambito dei lavori propedeutici alla Ritipizzazione Urbanistica di cui alla sentenza TAR Palermo, sez. II, n.03338/2021 relativamente all'appezzamento di sito nel comune di Cinisi (PA) IN C.DA Piano Cavoli di Proprietà del Sig. Cascino Antonio, di cui al fg. 12 p.lla 768 di 1608 mq, è stato affidato l'incarico dello studio geologico di cui all'oggetto mediante l'esecuzione di alcuni sondaggi di tipo geofisico (MASW e HVSR), allo scrivente dott. Geol. Francesco Sapienza, regolarmente inscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n°1014, geologo libero professionista, con studio tecnico in Montelepre in Via Roma 60 (PA).

Nell'ambito del presente studio, oltre a valutare le condizioni generali di stabilità del lotto interessato, si vuole verificare l'appartenenza dello stesso, ai sensi della nuova normativa tecnica sulle costruzioni "*Norme Tecniche per le Costruzioni*", entrato in vigore il I° luglio 2009, in applicazione della circolare n.617/2009, nonché in riferimento all'Ordinanza P.C.M. n° 3274/2003, *D.M. 14.01.2008 ed ultimo aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni" D.M. 17 gennaio 2018 (Suppl. Ord. n.8 G.U. n.42 del 20.02.2018*; Ai sensi della suddetta normativa il terreno sismicamente significativo è stato diviso in 5 *categorie* di profilo stratigrafico del sottosuolo compreso tra il piano d'imposta delle fondazioni e la formazione di base rigida), basate sulla stima della velocità media delle onde sismiche di taglio ($Vs_{equivalente}$) e ricavata dalle indagini geofisiche eseguite all'interno del lotto, consistenti nella esecuzione di n. 1 prospezione sismica con metodo MASW con 12 geofoni e n°1 prospezione geofisica con metodo HV/SR, al fine di fornire informazioni aggiuntive per la caratterizzazione del sito sulla base dell'analisi delle onde superficiali di *Rayleigh* e quindi sulla stima del valore di $Vs_{equivalente}$.

In particolare, il rilievo dei microtremori è stato elaborato attraverso la tecnica HV/SR o di *Nakamura*, e consente di determinare la *"frequenza di risonanza*" di uno strato caratteristico del sito per il quale assume il valore massimo il rapporto RHV = HS/VS (Horizontal to Vertical Ratio) tra gli spettri delle componenti orizzontale e verticale del moto del suolo, assumendo che la componente verticale (V) del *noise,* nel passare dal Bedrock alla superficie non subisca amplificazione. Con l'impiego dei programmi votati Geopsy, Easy HVSR e Easy MASW della Geostru (Codice cliente 8112) e ProgramGeo aggiornato ai sensi della nuova normativa, con Licenza n°1051-4CF4-8968-AB40-0F1C-4FC6-DC0C-B06B) si è determinato il valore della frequenza di picco del sito e quindi la relativa profondità del contrasto di impedenza.

Le indagini sono state condotte a quota 0.00, lungo il piano di campagna attuale, all'interno del lotto in esame, attraverso l'impiego di un S*imografo* ***DOREMI*** 16 bit a 24 canali (*SARA Instruments*), 12 geofoni in onde P (Geospace GS11D da 4.5 Hz) (MASW e REMI) e ***GEOBOX*** *SR04* 24 bit 3CH, Microtremor Digitizer con GPS dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, senza cavi esterni per l'acquisizione del rumore sismico e notebook *TOSHIBA* per l'acquisizione dei dati di campagna. In applicazione alla metodologia di base studiata da Nakamura tutte le misure a stazione singola in campo aperto sono state orientate secondo il Nord.

1.1 Inquadramento del sito

Il lotto ricade nella fascia periferica sud ovest dell'abitato di Cinisi, in area subpianeggiante; Le indagini sono state eseguite il 05 giugno 2025:

Fig. 1.1.1.: Ubicazione - Lat. 38.151062° / Long. 13.087556°; m 36 s.l.m.; Pendenza topografica P= 1.2° - CTR:594020

By Google Earth

Prova sismica attiva MASW (vs_{eq})

1 Prova sismica passiva HVRS (f_0)

2.0 Sismica passiva

Le considerazioni riportate di seguito sono il risultato di un'indagine di sismica passiva attraverso analisi realizzata con tromografo elettronico digitale "*GEOBOX SR04* 24" bit ai soli fini della determinazione delle caratteristiche elastiche del terreno ottenute dall'analisi spettrale delle componenti vibrazionali del terreno, ossia attraverso l'analisi dei rumori del terreno. Il rilievo dei microtremori con stazione singola (HVSR) consiste nella misurazione del "*noise*" o rumore ambientale, attraverso un apparato di registrazione dotato di n.3 velocimetri (o accelerometri) disposti nelle tre direzioni dello spazio, ed intesi a determinare la forma dello spettro risultante dalla struttura del sottosuolo. L'analisi del segnale viene effettuata rapportando lo spettro verticale a quello medio orizzontale risultante dalla registrazione, variabili in relazione alla anisotropia del mezzo attraversato e dei gradienti di impedenza presenti nel sottosuolo.

Rapporto di impedenza sismica: $$RI = \left(\frac{\rho_s \upsilon_s}{\rho_b \upsilon_b} \right)$$

Il valore massimo del rapporto HVSR risulta relazionato allo spessore H dei sedimenti sottesi dalle superfici qualificate da rapporti di impedenza superiori a 25%; le condizioni occorrono in corrispondenza di frequenze di risonanza caratteristiche del sito. L'assenza di gradienti di impedenza sismica non permettono risoluzioni adeguate delle geometrie del sottosuolo. La relazione tra frequenze di risonanza e spessore e velocita' delle onde SRayleigh dei terreni alla superficie di riferimento e' definita da:

$$\nu_n = (2n-1)\frac{V_s}{4H} = \frac{1}{4T_n}$$

dove Tn e' il periodo di risonanza e per n=1 si verifica il valore massimo di amplificazione a seguito dello smorzamento dell'oscillazione conseguente il comportamento dissipativo del suolo rispetto alla propagazione della sollecitazione dinamica.

Il rilievo dei microtremori si basa sull'assunzione che il valore massimo del rapporto tra gli spettri delle componenti orizzontale e verticale del moto del suolo, risulti condizionato dallo spessore sotteso da una soluzione di continuita' ad elevato gradiente di impedenza sismica nel sottosuolo e dalla velocita' equivalente dei terreni sottesi al tetto ("sedimento"), assumendo che la componente verticale (V) del *noise*, nel passare dal *substrato* alla superficie, non subisca amplificazione. Disponendo della lettura del valore di frequenza per la quale risulta massimo il rapporto H/V delle componenti spettrali del moto, valore che corrisponde alla *frequenza di sito* (f_0), la determinazione delle incognite relative alla geometria del sottosuolo (Vs e H) necessita di informazioni ulteriori che devono essere acquisite attraverso differenti prospezioni o dati stratigrafici altrimenti noti nell'area (stratigrafie di pozzi/sondaggi e conoscenza geologica approfondita). Dalla relazione tra frequenza caratteristica di sito e velocita' e spessore dei terreni sottesi al maggiore gradiente di impedenza sismica (in genere corrispondente al "substrato" del "sedimento"):

$$\nu_n = (2n-1)\frac{V_s}{4H} = \frac{1}{4T_n}$$

e' possibile determinare il valore dello scendo il valore delle Vs medie del sedimento ovvero conoscendo lo spessore locale al substrato:

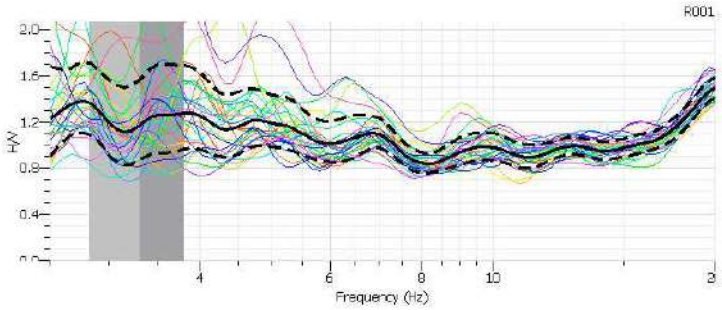
$$H = \frac{V_s T_1}{4} \qquad V_s = \frac{4H}{T_1}$$

dove ? n e' la frequenza di risonanza, con n=1 risulta la frequenza caratteristica di sito, T1 e' il periodo di sito, Vs la velocita' delle onde di Rayleigh del sedimento e H lo spessore corrispondente.

2.1 Procedura di analisi:

La sismica passiva si basa sulla misura dei microtremori che sono sempre presenti sulla superficie terrestre e sono generati da fenomeni naturali (vento, onde marine) e artificiali (attività antropiche). I dati raccolti sono stati elaborati, per ogni punto di misura e per ognuna delle tre componenti del moto, eseguendo l'analisi spettrale del segnale per evidenziare la distribuzione in frequenza del *noise*.

I dati spettrali risultanti dalle elaborazioni numeriche effettuate sono tarate sino a circa 20 Hz, in quanto entro tale limite rientrano le frequenze maggiormente significative dal punto di vista geologico-tecnico. Di seguito vengono riportate le relative curve H/V, ove l'area grigia rappresenta la frequenza di picco media e la sua deviazione standard. Il valore di frequenza è al limite tra il grigio scuro e grigio chiaro le aree:



Prova HV/SR n.1
38.151062°
13.087556°

f_0 = 3,31 Hz
A_0 = 3,15
Grafico tarato fino a 20 Hz

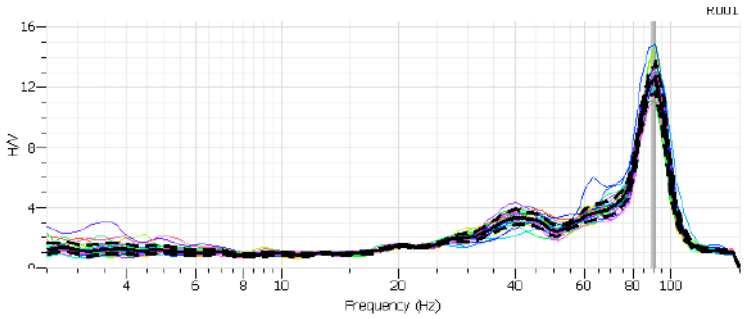


Grafico tarato fino a 150 Hz

	ID	Name	Component	Time reference	Start time	End time	Sampling frequency	dt	N samples	Duration	Rec x	Rec y	Rec z	Type
1	1	R001	Vertical	26/05/2025 00:00...	12h9m	12h29m	300	0,003333333...	360000	20m	0	0	0	Waveform
2	2	R001	North	26/05/2025 00:00...	12h9m	12h29m	300	0,003333333...	360000	20m	0	0	0	Waveform
3	3	R001	East	26/05/2025 00:00...	12h9m	12h29m	300	0,003333333...	360000	20m	0	0	0	Waveform

Tab. 2.1.1: Parametri di acquisizione stazione T1

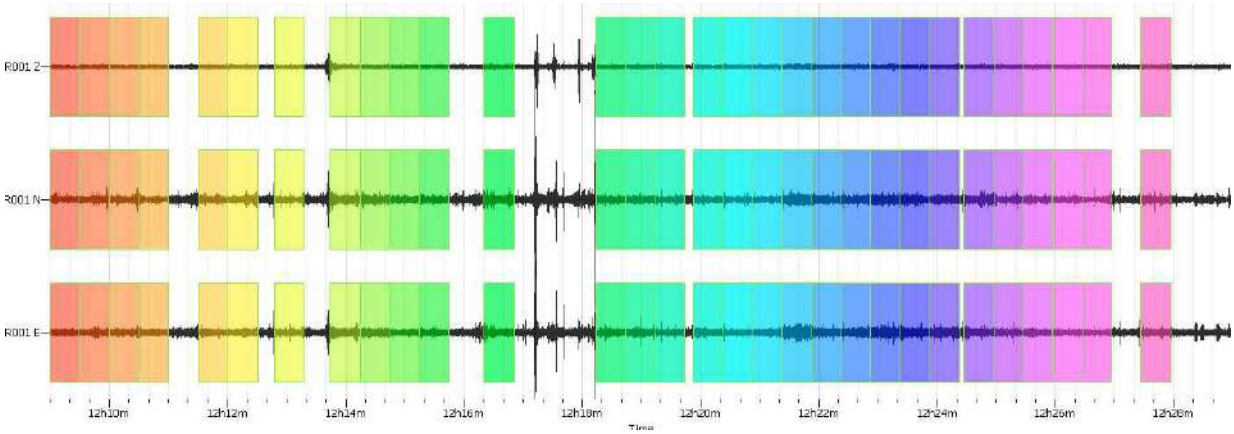


Fig. 2.1.2: Finestre di rumore ambientale di 30 secondi utilizzate per il calcolo del rapporto HVSR opportunamente filtrate e ripulite dai transienti

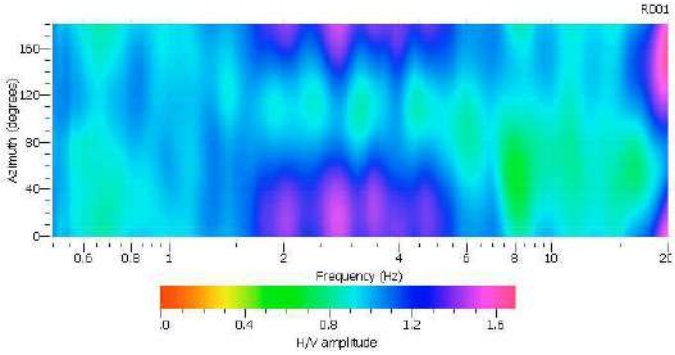


Fig. 2.1.3: Mappa della direzionalità degli spettri

Fig. 2.1.4.
Prova HV/SR n.1

La lunghezza di registrazione dei sondaggi in oggetto HV corrisponde ad un tempo di 30 minuti, con analisi dell'intera traccia pari all 90% circa, in quanto il segnale è stato filtrato da rumore antropico. Sulla base dell'elaborazione e analisi dei grafici ottenuti, si osservano i vari picchi H/V, con le rispettive frequenze di risonanza **f_0.** Il dato importante che abbiamo ottenuto è la *frequenza caratteristica di risonanza del sito* (*Peack Frequency*) che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di ***doppia risonanza***, pericoloso per gli stessi fabbricati. La frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, che può essere misurata eseguendo le misurazioni all'interno dello stesso, in seguito sarà possibile confrontarla con quella del terreno su cui sorge per comprendere al meglio il rischio sismico a cui è sottoposto l'edificio in caso di sisma. Il periodo fondamentale, di una struttura (esistente o di progetto) se non direttamente misurato, può essere preliminarmente stimato dalla relazione: $Ted \approx Ch3/4 \approx n/10$ dove: Ted è il periodo dell'edificio, h è la sua altezza ed n è il numero di piani; mentre il parametro C = 0,050 vale per edifici in muratura, C= 0.075 per edifici in muratura e calcestruzzo e C= 0.085 per edifici a telaio in calcestruzzo.

Negli ultimi anni un progetto europeo denominato SESAME (Site EffectS Assessment using Ambient Excitations) si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola e array. Esso ha anche fornito dei criteri per valutare la bontà delle curve HVSR e la significatività dei picchi HN eventualmente trovati. Ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità [m] dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza di seguito riportata; Nel nostro caso è presente un contrasto d'impedenza corrispondente alla frequenza di picco di terreno *f_0 = 3,31 Hz, posto alla profondità di 20 m circa dal piano di campagna attuale.*

***fo* (Hz)**	***h* (m)**	
< 1	> 100	Centinaia di metri
1 - 2	50 - 100	Decine di metri
2 –3	30 – 50	
3 – 5	20 – 30	
5 - 8	10 – 20	
8 - 20	5 – 10	Qualche metro
> 20	< 5	
H/V > 3 Alto contrasto		
2 < H/V < 3 Basso contrasto		

Fig. 2.1.5. : Stima della profondità del contrasto di impedenza sulla base della frequenza di risonanza.

2.2 Indagine geofisica tramite tecnica MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

- Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

P-Longitudinale: onda profonda di compressione;

S-Trasversale: onda profonda di taglio;

L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;

R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

- Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidezza.

- Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

- Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidezza.

- Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

- Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

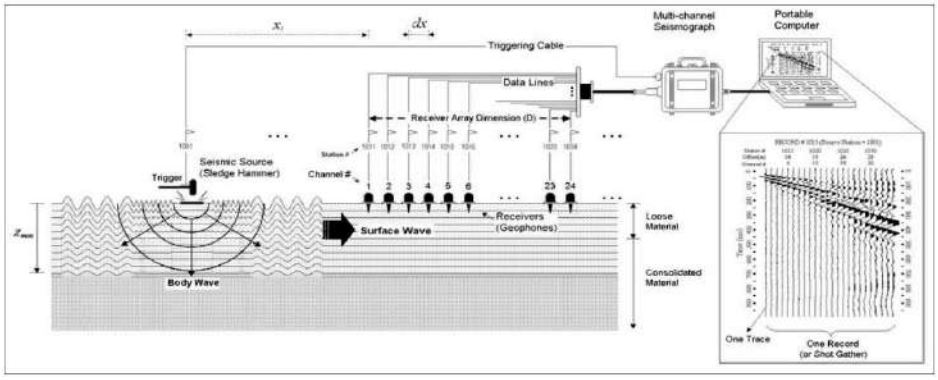


Figura 2.2.1. Schema di acquisizione dati MASW.

2.3 Prospezione sismica MASW *(Multichannel Analysis of Surface Waves):*

L'indagine microsismica è stata eseguita impiegando un sismografo "*DOREMI-SARA*" con 24 e 12 canali con possibilità d'incremento e sovrapposizione strumentale del segnale, frequenza di campionamento di 1000 Hz e registrazione magnetica degli eventi. Essa consta di uno stendimento con lunghezza pari a 20 m. Sono stati disposti e collegati in serie 12 geofoni verticali. I trasduttori monocomponente sono comuni geofoni verticali, con frequenza propria di oscillazione a 4.5Hz. La distanza intergeofonica è stata fissata 1m per motivi logistici. Le energizzazioni (mazza battente su piastra) sono state realizzate in 2 punti posti esternamente alla configurazione geofonica (*end-shot*) e distanti 2,00 e 4,00m dalla copertura geofonica e su questa base sono state eseguite le elaborazioni. Tale configurazione è stata scelta per ottenere una buon compromesso fra risoluzione e quindi informazioni dettagliate dei primi metri di profondità del sito e profondità d'indagine. I dati acquisiti che consistono nella registrazione dei treni d'onda a partire dall'istante di energizzazione per un intervallo di tempo di 5000 msec, passo di campionamento Periodo 2 msec e frequenza Hz 200 μs, sono stati riprodotti su supporto magnetico sul quale è stata eseguita l'interpretazione. L'interpretazione è stata condotta con softwares votati (Geopsy, Geostru e ProgramGeo) al fine di determinare la sismotratigrafia in onde S del sito accertando eventuali e locali inversioni di velocità e calcolando il valore equivalente alla profondità di 30 m per definire la locale categoria di suolo.

Fig.2.3.1:
Catena strumentale

Fig.2.3.2:
Geofono starter e prolunga

Fig.2.3.3:
Mazza battente e piattello di battuta metallico

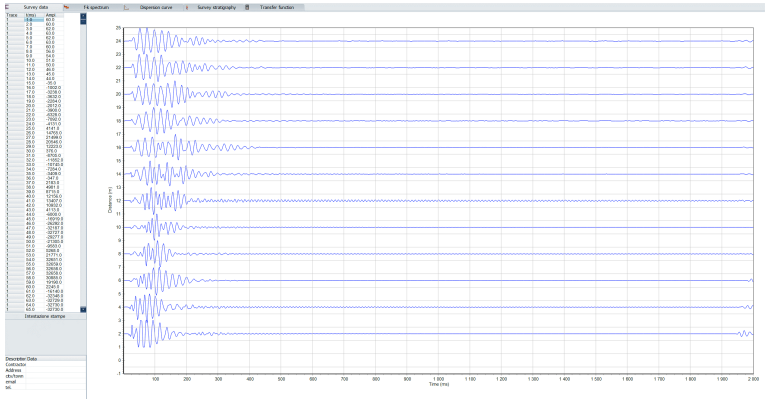
Fig.2.3.4:
Geofoni 4,5 Hz

2.3.1 Elaborazione dati

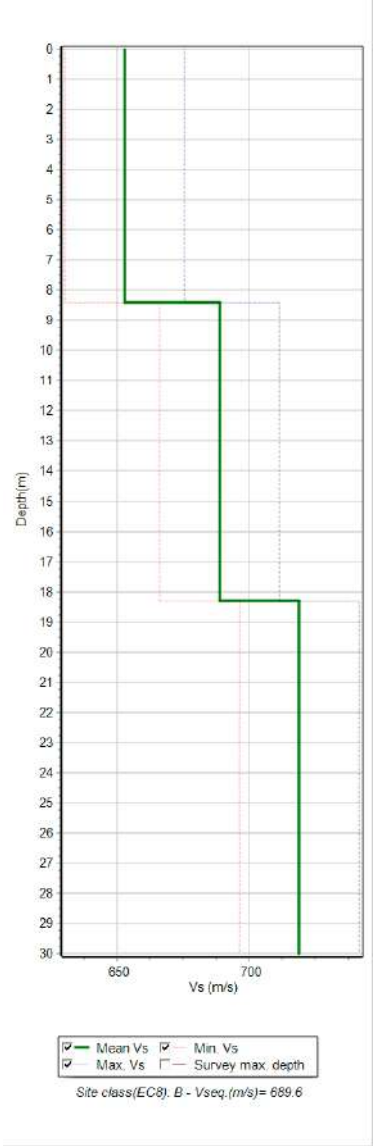
Le onde superficiali di tipo Rayleigh sono state generate dalla battuta di una mazza del peso di 7,00 kg su un piattello metallico e registrate con 12,00 geofoni verticali, con un periodo di oscillazione di 4,50 hz, disposti secondo una geometria "*lineare*" e collegati all'unita' di testa. La distanza intergeofonica è stata scelta pari a 1,00 m; la sorgente è stata posizionata distante 2,00 e 4,00m dalla catena strumentale. L'analisi spettrale nel dominio f-k e nel dominio v-hz dei sismogrammi ha permesso di calcolare la curva di dispersione sperimentale; il profilo delle velocita' delle onde sismiche di taglio vs è ricavato definendo la migliore corrispondenza tra la curva di dispersione sperimentale e la curva di dispersione teorica, modificando in maniera opportuna lo "spessore", il "peso di volume", il "coefficiente di poisson", la "vs = velocità delle onde di taglio" e la "vp = velocità delle onde di compressione" dei terreni di sedime che costituiscono il sottosuolo in corrispondenza del sito di intervento. Durante il test la sorgente viene posizionata all'inizio e alla fine del profilo in modo tale da ottenere profili sismici diretti ed inversi.

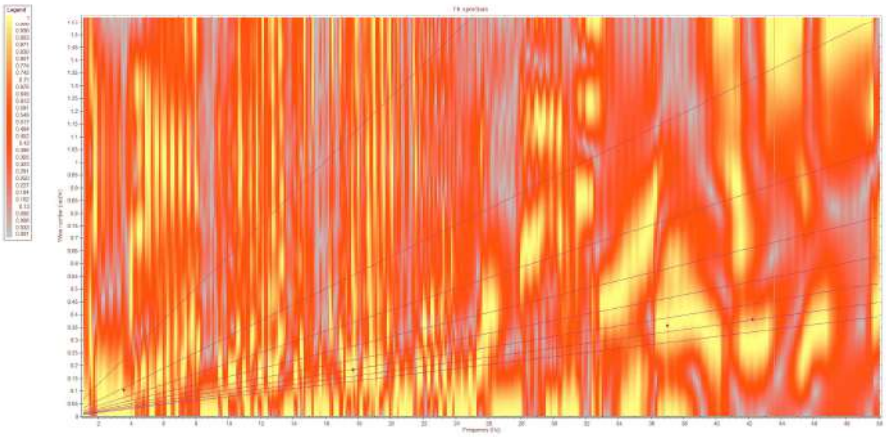
MASW N°1

Acquisizione MASW

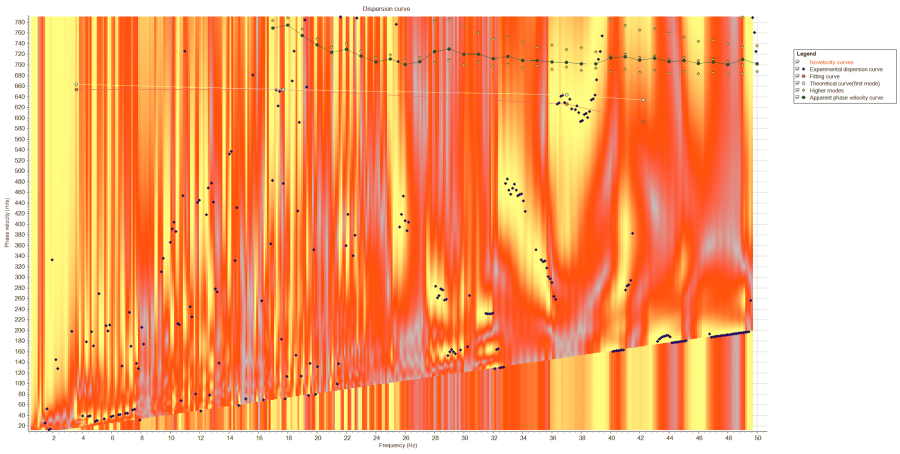


Profilo delle Vs.

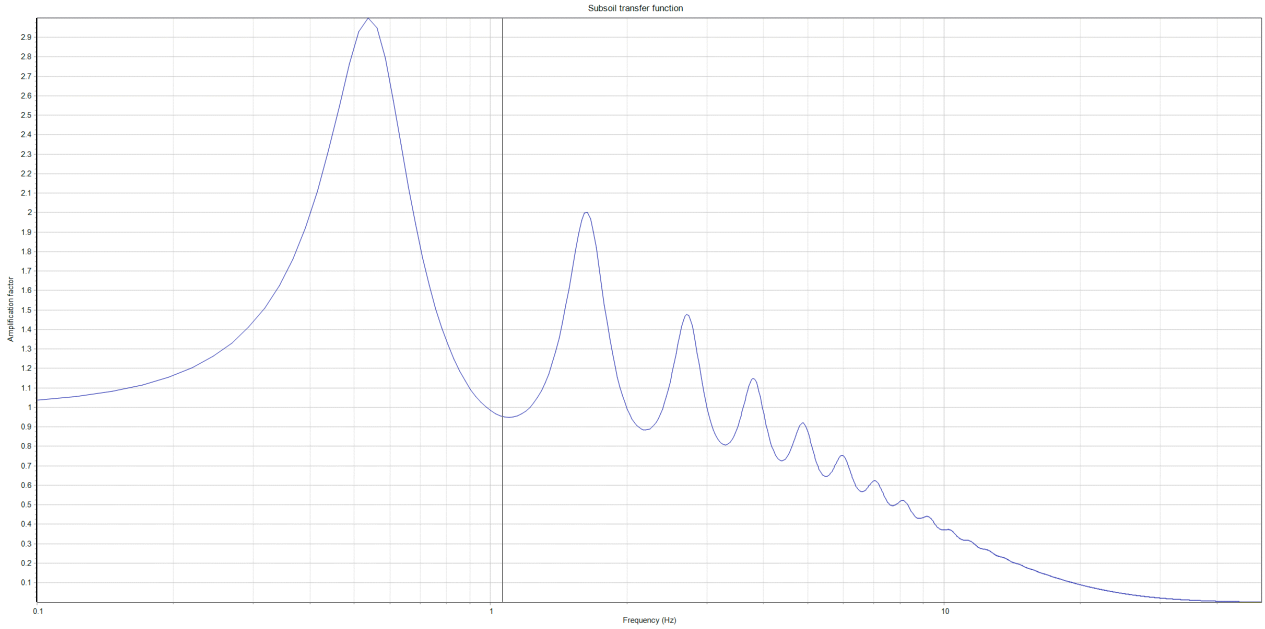




Spettro F-K 2D



Curva di dispersione



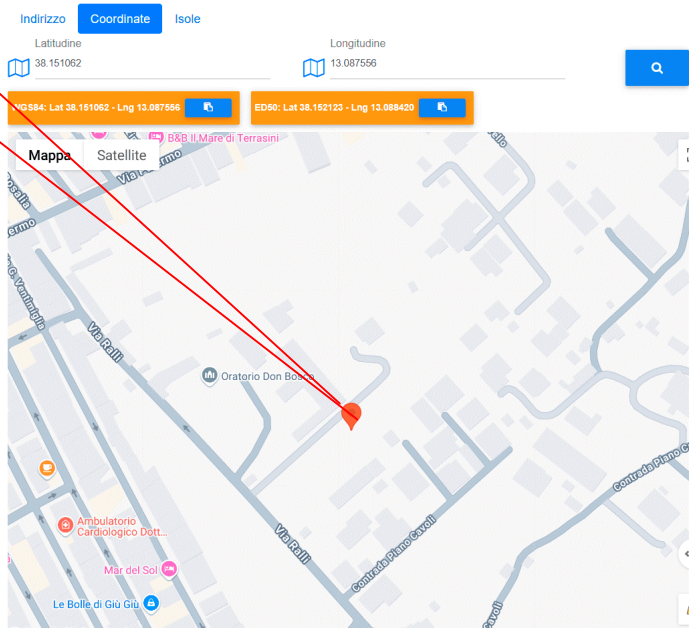
Funzione di trasferimento del terreno

Prova MASW

Geotechnical parameters at low strain M1											
N.	From(m)	to(m)	dz(m)	Vs(m/s)	Poisson R.	U.W.(kN/mc)	Vp(m/s)	G0(MPa)	Ed(MPa)	Kv(MPa)	Ey(MPa)
1	0.0	8.4	8.4	653.0	0.3	18.0	1221.65	782.4	2738.41	1695.2	2034.24
2	8.4	18.3	9.9	689.0	0.3	18.0	1289.0	871.05	3048.67	1887.27	2264.72
3	18.3	30.0	11.7	719.0	0.3	18.0	1345.13	948.55	3319.93	2055.2	2466.24

Legenda: Vs=Velocità onde S; Gamma=peso di volume; Vp= velocità onde P; GO=modulo di taglio; modulo di compressibilità volumetrica; Ey= modulo di Young.

Latitudine:	38.151062°N
Longitudine	13.087556°E
mt. s.l.m.	36
Frequenza caratteristica di risonanza del sito (f_0)	3.31 Hz (hvsr1)
Categoria di sottosuolo	B
$V_{s\,eq}$	689 m/s MASW 1
Categoria topografica	T1
Accelerazione Max al suolo (SLC) [m/s²]	2.090
Profondità del contrasto di impedenza.	oltre 20m(hvsr1)



Stati limite

Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale 50

Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.033	2.340	0.204
Danno (SLD)	50	0.045	2.357	0.238
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.135	2.376	0.292
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.178	2.421	0.305
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Fig.2 3.2
Calcolo del periodo di riferimento dell'azione sismica.
"*Edifici affollamento normale*"

- Parametri sismici di base per il sito in oggetto.
  Ubicazione del sito in esame (le coordinate geografiche espresse in questo file sono in WGS84):

2.4 *Classificazione dei litotipi in funzione delle caratteristiche di risposta sismica*

Dall'insieme delle risultanze è possibile stimare il parametro V_s equivalente:

$$V_{s,eq} = 689 m/s$$ [1]

[1] L'indeterminazione delle stime si attesta a circa il 10% delle misure indicate

tale parametro secondo la normativa vigente in Italia (Norme Tecniche per le Costruzioni 2018) colloca i terreni in ***categoria B***. Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

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

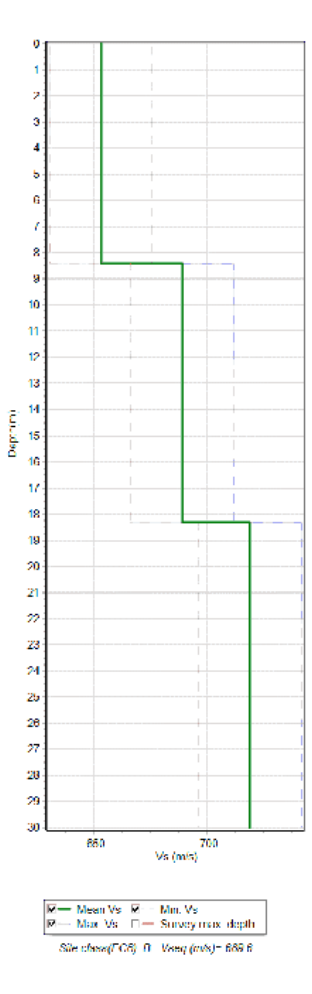
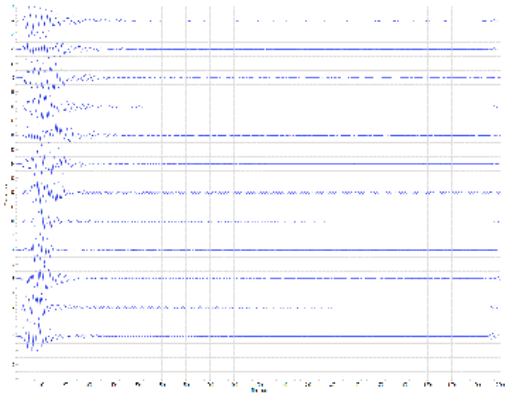
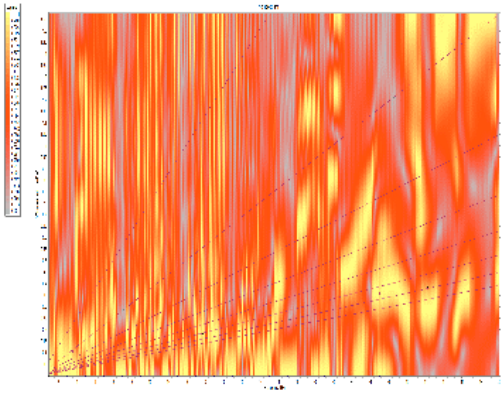
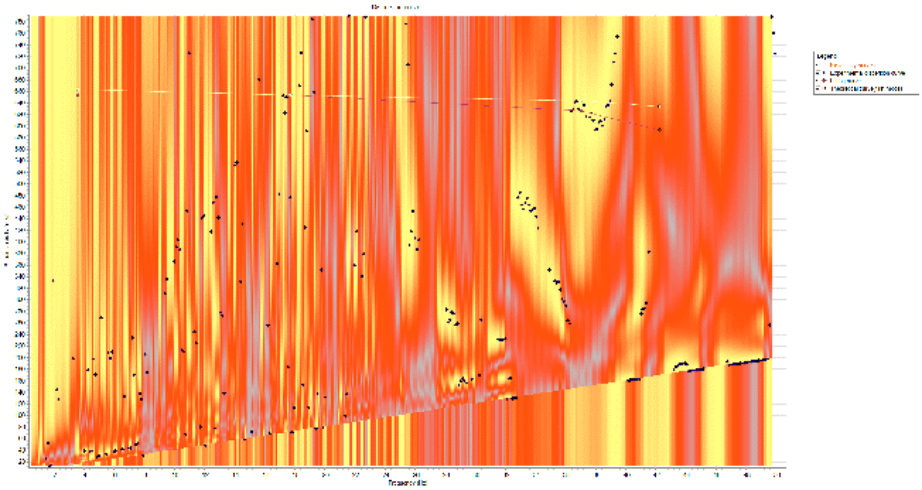
con:
hi: spessore dell'i-esimo strato;
VS,i: velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N: numero di strati;
H: profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Si è cercato pertanto di fornire indicazioni circa il grado di pericolosità sismica del sito in termini di eventuali amplificazioni locali e di classificazione dei terreni di fondazione rispetto alle modifiche attese nello spettro di risposta sismica. A tal scopo, si elencano le categorie del terreno di fondazione sismostratigrafiche, ai fini della definizione della azione sismica di progetto (le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni):

Categoria sottosuolo	Caratteristiche della superficie topografica	Spessore (m)	Vs (m/s)
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 caratteristiche meccaniche con spessore massimo pari a 3 m.	Qualsiasi	≥ 800
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 fra 360 m/s e 800 m/s.		≥360 ≤800
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi fra 180 e 360 m/s.	> 30 m	≥180 ≤360
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.	> 30 m	≥100 ≤180
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.	> 30 m	≈ C e D

Montelepre Lugliio '26

IL GEOLOGO:
Dott. Geol. Francesco Sapienza
Albo Regionale dei Geologi di Sicilia, n. 1014

Multichannel Analysis of Surface Waves: M1

N.	H(m)	Vs(m/s)
1	8.4	653.0
2	18.3	689.0
3	30.0	719.0