



AREA METROPOLITANA DI PALERMO

COMUNE DI CINISI

Geologo Giovanni Pantaleo

via G.B. Pergolesi n° 1, 90047 Partinico (PA)

P.Iva: 05859950825 - pec: geogpantaleo@epap.sicurezzaapostale.it

RELAZIONE GEOMORFOLOGICA

Studio di compatibilità geomorfologica ai sensi della Circolare 3/DRA (A.R.T.A.) prot. 28807/14 a supporto del «Rilascio del N.O. dell'Ufficio del Genio Civile ai sensi dell'art. 15 della L.R. n. 16/2016, propedeutica alla stesura del Rapporto ambientale per la variante urbanistica concernete l'esecuzione della Sentenza TAR Palermo sez. III n. 1269/2020 emessa in accoglimento del ricorso n. 2533/2019 Tocco P. E Tocco M.G. C/Comune di Cinisi, sui terreni censiti presso l'Agenzia delle Entrate di Palermo - Territorio Servizi Catastali al Foglio del Comune di Cinisi n. 10 part.lla 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623".

Il Committente:

Sigg. Tocco Matteo Giuseppe & Paolo

Il Geologo:

Dott. Giovanni Pantaleo
Iscriz. O.R.G.S. 2923 Sez. A

Visti e Approvazioni

Ns Rif. GT4221



Allegati:

Relazione sulle Indagini sismiche

INDICE

1. PREMESSA	3
2. SCOPO DEL LAVORO	6
3. QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO	7
4. REGIME VINCOLISTICO	8
5. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	10
6. ASSETTO GEOMORFOLOGICO	11
7. ASSETTO GEOLOGICO	14
7.1. TERRENI PRESENTI IN SITO	14
8. ASSETTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO	19
9. INDAGINI E CONSIDERAZIONI GEOLOGICO TECNICHE	26
9.1. CONSIDERAZIONI SISMICHE	26
<i>CONDIZIONI TOPOGRAFICHE</i>	30
9.2. CONSIDERAZIONI GEOLOGICO TECNICHE	31
10. ASPETTI LITOTECNICI	35
10.1. COPERTURA	35
10.2. SUBSTRATO	36
11. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	37
• RISCHIO SISMICO	37
• RISCHIO DERIVANTE DALLE CARATTERISTICHE LITOTECNICHE	37
• RISCHIO IDROGEOLOGICO	38
12. CONCLUSIONI	40

CARTE DI INQUADRAMENTO TERRITORIALE

1. Stralcio IGMI – scala 1/25.000;
2. Stralcio CTR – scala 1/10.000
3. Stralcio Catastale – scala 1/ 2.000;
4. Stralcio Ortofoto – scala 1 /10.000.

CARTE DEI VINCOLI

5. Stralcio PRG – scala 1/10.000;
6. Stralcio della Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico – in scala 1/10.000;
7. Stralcio della Carta del Rischio Idraulico per fenomeni di esondazione – in scala 1/10.000;
8. Stralcio della Carta dei Dissesti – in scala 1/10.000;
9. Carte delle Aree Sic e Zps – scala 1/25.000.

CARTE DELLA FASE PRELIMINARE

10. Carta geologica - scala 1/10.000;
11. Carta idrogeologica – scala 1/10.000;
12. Carta delle pericolosità Geomorfologiche – scala 1/10.000.

CARTE DELLA FASE DI DETTAGLIO

13. Carta delle indagini Acquisite ed eseguite – scala 1/2000;
14. Carta geologica – scala 1/2000;
15. Carta litotecnica - scala 1/2000;
16. Carta geomorfologica – scala 1/2000;
17. Carta delle prescrizioni ed indicazioni esecutive - scala 1/2000;
18. Sezione litostratigrafica schematica – scala 1:100.

ALLEGATI

- ✓ Relazione sulle indagini sismiche

1. PREMESSA

Il sottoscritto **Dott. Geologo Giovanni Pantaleo** iscritto regolarmente all' Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n° 2923 sez. A, ha ricevuto l' incarico dai **Sigg. Tocco Matteo Giuseppe** nato a Terrasini (PA) il 27/09/1961 residente a Cinisi (PA) nella via Renato Guttuso n. 43 - C.F. TCC MTG61P27L131B e **Tocco Paolo** nato a Terrasini il 12/06/1958 residente in Terrasini via Dante Aligheri n. 45 – C.F. TCCPLA58H12L131U, di redigere il presente Studio di compatibilità geomorfologica ai sensi della Circolare 3/DRA (A.R.T.A.) prot. 28807/14 a supporto del «*Rilascio del N.O. dell'Ufficio del Genio Civile ai sensi dell'art. 15 della L.R. n. 16/2016, propedeutica alla stesura del Rapporto ambientale in riferimento alla variante urbanistica concernete l'esecuzione della Sentenza TAR Palermo sez. III n. 1269/2020 emessa in accoglimento del ricorso n. 2533/2019 Tocco P. E Tocco M.G. C/Comune di Cinisi, sui terreni censiti presso l'Agenzia delle Entrate di Palermo - Territorio Servizi Catastali al Foglio del Comune di Cinisi n. 10 part.lla 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 – 623*».

Il lotto interessato dal progetto di variante urbanistica si estende per una superficie totale di mq 4.940,00 ricadendo per circa 3.961,00 mq in Z.T.O. D3 e per mq 646 in zona C3 e per una piccola parte pari a mq 287,00 su una strada di previsione il cui vincolo predeterminato all' espropriazione risulta decaduti.

L' istanza avanzata dalla committenza, tende ad ottenere l' attribuzione della destinazione urbanistica D3 per la porzione di lotto ricadente su strada di previsione.

L'obiettivo della presente relazione di compatibilità geomorfologica è quello di studiare ed interpretare una porzione del territorio, all'interno della quale saranno realizzate le opere di cui in progetto, per fornire un inquadramento geomorfologico, geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico con il preciso scopo di evidenziare eventuali problematiche relative agli aspetti di pericolosità geologica che possano minarne la vulnerabilità.

Infatti verranno acquisiti tutti quei dati di carattere geologico ed ambientale che possono influenzare le trasformazioni antropiche e pianificare, in base ad essi, uno sviluppo coerente delle opere in relazione ai fattori naturali quali assetto geologico e condizioni sismiche.

Verrà fornito un quadro soddisfacente ad illustrare le caratteristiche geologiche del territorio in esame ed identificare eventuali situazioni locali di pericolosità geologica tale da poter influenzare le opere di progetto e verranno indicate eventuali accorgimenti tecnici affinché tali condizioni non si aggravino nelle zone di nuova urbanizzazione come quella in oggetto.

Lo studio è stato esteso agli ambiti morfologici a valle e a monte della zona oggetto di variante di destinazione d'uso; In particolare, per l'area oggetto di Variante Urbanistica, lo studio si è sviluppato dal rilevamento geologico di superficie e dall'esame macroscopico dei terreni, effettuato per l' appunto mediante i saggi geognostici acquisiti, fino all'esecuzione e all'interpretazione di un sondaggio sismico.

Al fine di ottemperare alle prescrizioni normative si è ritenuto utile con il committente eseguire una campagna di indagini geofisiche consistenti in:

- uno stendimento sismico con l'applicazione delle metodologie MASW (MW1) la cui descrizione e i cui risultati verranno esposti in apposita relazione sulle indagini allegata al presente documento.
- Tali dati sono stati integrati con la ricerca bibliografica e con il rilievo di campagna; in particolar modo sono stati presi in considerazione i dati stratigrafici *dei Sondaggi eseguiti* in situ mediante escavatore meccanico e denominati *P1 e P3*, attraverso i quali è stato possibile ricostruire la successione stratigrafica dei litotipi presenti nell'area ed approfondire lo studio sulla pericolosità sismica locale e geologica.

Sulla base delle conoscenze acquisite sono stati redatti n° 18 elaborati grafici al fine di rappresentare un territorio più ampio di quello strettamente interessato, geologicamente significativo.

Tutti gli elaborati grafici sono stati georiferiti al Sistema di riferimento Monte Mario, Italy zone 2 EPGs: 3004.

La procedura utilizzata per la redazione del presente studio riprende quella identificata nella Circolare 3/DRA dell'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente prot. 28807 del 20 giugno 2014 di cui alla lettera B, la quale prevede:

- una fase preliminare finalizzata alla definizione del contesto geologico di riferimento, con l'indicazione di eventuali indagini da eseguirsi con l'elaborazione di una cartografia in scala 1:10.000;
- una fase di dettaglio dove verranno analizzate le indagini ritenute indispensabili per la validità del progetto ed elaborate della carte in scala 1: 2.000.

Di seguito si riporta il prospetto indicativo della fase e dei contenuti dello studio geologico Preliminare e di Dettaglio in relazione alla strumento urbanistico (Variante).

			Cartografie	Scala
(A) Strumenti Urbanistici Generali	Fase Preliminare (A1)	- raccolta dati (A1a)	- indagini	1:10.000
		- eventuali nuove indagini (A1b)	- indagini	
		- cartografie di analisi (A1c)	- geologica - geomorfologica - idrogeologica	
		- cartografie di sintesi (A1d)	- pericolosità geologica - pericolosità sismica - suscettività all'edificazione	
	Fase di Dettaglio (A2)	- cartografie di analisi (A2a)	- geologica - litotecnica - geomorfologica	1:2.000
		- cartografie di sintesi (A2b)	- carta di sintesi per la pianificazione generale	
(B) Strumenti Urbanistici Attuativi	Fase Preliminare (B1)	- raccolta dati (B1a)	- indagini	1:2.000/1:10.000
		- cartografia di analisi (B1b)	- geologica - geomorfologica - idrogeologica	1:10.000
	Fase di Dettaglio (B2)	- indagini integrative (B2a)	- indagini	1:2.000
		- cartografie di analisi (B2b)	- geologica - litotecnica - geomorfologica - eventuale idrogeologica	
		- cartografie di sintesi (B2c)	- delle prescrizioni ed indicazioni esecutive	

2. SCOPO DEL LAVORO

L'obiettivo della presente relazione geologica è quello di studiare ed interpretare una porzione del territorio, al fine di fornire le informazioni sulle caratteristiche geologiche del territorio, utilizzabili in sede di adeguamento del vigente strumento urbanistico, all'interno del quale saranno realizzate le opere di cui in progetto.

Infatti verranno acquisiti tutti quei dati di carattere geologico ed ambientale che possono influenzare le trasformazioni antropiche e pianificare, in base ad essi, uno sviluppo coerente delle opere in relazione ai fattori naturali quali assetto geologico e condizioni sismiche.

Verrà fornito un quadro soddisfacente ad illustrare le caratteristiche geologiche del territorio in esame in particolare:

- ✓ verrà fornito un quadro conoscitivo sufficiente per identificare le situazioni locali che presentino livelli di pericolosità geologica tali da poter influenzare, in modo significativo, le scelte degli strumenti urbanistici;
- ✓ verranno indicate eventuali prescrizioni ed accorgimenti tecnici affinché tali condizioni di pericolosità non si aggravino o si manifestino nelle zone di nuova urbanizzazione.

La finalità principale è quindi quella di evitare che le nuove urbanizzazioni vadano ad aggravare le condizioni geologiche che determinano evoluzioni morfologiche incompatibili con gli usi antropici.

Per raggiungere i suddetti obiettivi lo scrivente ha eseguito:

- un sopralluogo preliminare per verificare le strutture già esistenti e la loro interazione con il terreno di fondazione;
- delle osservazioni su cartografie esistenti e foto aeree per poter verificare eventuali evoluzioni morfologiche e dissesti recenti e passati;
- Una ricerca bibliografica per risalire alla storia geologica dell' area in esame;
- Un rilevamento geologico e geomorfologico esteso ad un intorno più esteso dell' area in esame;
- L' esecuzione di indagini in situ e più precisamente di indagini indirette come quella di una traversa sismica del tipo Masw ed indagini dirette come i saggi geognostici P1 e P3 eseguiti con escavatore meccanico.

3. QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO

Il presente studio geologico è stato redatto ai sensi della circolare dell'Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente (A.R.T.A.) n.° 3 del 20 giugno 2014 (Gazzetta Ufficiale della Regione Siciliana parte I n. 28 del 11/07/2014), conseguente all'articolo 13 della legge n.° 64 del 02/02/1974.

In applicazione all'art. 5 della L. R. 11 Aprile 1981, n.° 65, la quale dispone che la "formazione degli strumenti urbanistici generali deve essere compatibile con gli studi geologici che i comuni sono tenuti ad effettuare nel territorio interessato"; la circolare di cui sopra istruisce circa gli studi geologici di supporto alla formazione, revisione e adeguamento degli strumenti urbanistici generali ed attuativi e rientra nel quadro delle attività regionali tese alla riduzione del rischio geologico e sismico.

Lo stesso studio è conforme ai disposti del Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, Supplemento ordinario alla "Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20 febbraio 2018 - *"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni"*.

La circolare di cui sopra abroga e sostituisce le circolari 14 gennaio 2014, prot. n. 1588 (pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Regione siciliana n. 5 del 31 gennaio 2014), 15 ottobre 2012, prot. n. 57027 (pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Regione siciliana in data 2 dicembre 2012) e n. 2222/95 (pubblicata nella Gazzetta Ufficiale della Regione siciliana in data 29 aprile 1995).

Di seguito viene elencata nel dettaglio la normativa a cui si fa riferimento:

- L. 02 febbraio 1974 n.° 64 *"Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"*;
- D.M. 24 gennaio 1986 *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii e delle scarpate"*;
- D.M. LL. PP. 11/03/1988 e succ. *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"*;
- Circolare Ministero LL. PP. 24/09/1988;
- D.P.R. 236/88 e succ.;
- Circolare ARTA n.° 3 del 20 giugno 2014 (Gazzetta Ufficiale della Regione Siciliana parte I n. 28 del 11/07/2014) *"Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici"*;
- D.M. 16 gennaio 1996 *"Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche"*;
- L. 11/05/1999 n.° 152 e succ.;
- O.P.C.M. n.° 3274 del 20.03.03 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"*;
- D.M. 17 gennaio 2018 (G.U. n. 42 del 20.02.2018) *"Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni"*.

· Decreto Presidenziale del 04 giugno 2007 (GURS n.° 36 agosto 2007) "Approvazione del piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico del "Bacino Idrografico del Fiume Nocella ed Area tra Fiume Nocella e Fiume Jato (n. 042) - Area Territoriale tra Punta Raisi e Fiume Nocella".

4. REGIME VINCOLISTICO

Il lotto interessato dal progetto di variante urbanistica si estende per una superficie totale di mq 4.940,00 ricadendo per circa 3.961,00 mq in Z.T.O. D3 e per mq 646 in zona C3 e per una piccola parte pari a mq 287,00 su una strada di previsione il cui vincolo predeterminato all' espropriazione risulta decaduti.

Infatti le prescrizioni esecutive demandate all'attuazione del Piano Regolatore Generale Rielaborazione del 27/11/2001, a seguito della nota A.R.T.A prot. 60711 del 25/10/2001 fanno sì che i vincoli preordinati all' esproprio di "aree bianche" risultino decaduti a far data dal giugno 2018 per effetto del D.P.R. 327/2001.

La ditta committente intende presentare istanza di variante urbanistica per quelle "aree divenute bianche" e per le quali erano previste delle strade di piano al fine di farle rientrare in Z.T.O. D3 - Aree per attività turistico-alberghiere, sono le aree destinate ad attività turistico ricettive, esistenti e di nuova realizzazione.

Le attività consentite sono quelle normate dall'art.3, L.r.27/96, dall'art. 11, L.r.38/96 e dall'art.30, L.r.21/2001 e successive modifiche ed integrazioni.

Le nuove realizzazioni sottoposte a Piano Particolareggiato di iniziativa pubblica o privata e sono sottoposte al rispetto delle seguenti norme:

Le nuove realizzazioni sono sottoposte a Piano Particolareggiato di iniziativa pubblica, sono attuabili anche attraverso piani di lottizzazione di iniziativa privata che potranno prevedere anche interventi in ambito chiuso, da sottoposte al rispetto delle seguenti norme:

1) l'indice di fabbricabilità fondiaria non potrà superare mc/mq 1,00;

2) gli edifici non possono comprendere più di tre piani fuori terra e comunque non possono superare l'altezza massima di ml 10,00;

3) il rapporto di copertura non può essere superiore ad 1/4;

4) i distacchi dai fabbricati: anche in aderenza;

5) Nel caso di p.d.l. (anche in ambito chiuso), le opere di urbanizzazione primaria sono da commisurarsi per ogni posto letto previsto: sono mq. 2,50 per spazi di sosta eo parcheggi, mq. 4,50 da destinare a verde attrezzato, oltre gli spazi destinati alle sedi viarie.

Negli insediamenti esistenti sono possibili interventi di manutenzione ordinaria, straordinaria e ammodernamento dei complessi ricettivi.

La dotazione dei posteggi privati è pari a 1 posto auto ogni 2 posti letto. L'area oggetto di variante urbanistica non è sottoposta a vincolo paesaggistico ai sensi della Legge Galasso in quanto distante più di 300 metri dalla linea di costa e più di 150 metri da corsi d'acqua ed incisioni vallive significativi.

L'area di cui la lottizzazione in oggetto non ricade in zone perimetrate a pericolosità elevata (P3) o molto elevata (P4) e non costituisce un potenziale elemento a rischio elevato (R3) o molto elevato (R4) della carta della pericolosità e rischio geomorfologico n. 1 (042 – Bacino Idrografico del Fiume Nocella ed Area tra Fiume Nocella e Fiume Jato (n. 042) - Area Territoriale tra Punta Raisi e Fiume Nocella) del Piano stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

L'area oggetto di variante urbanistica non è sottoposta a vincolo idrogeologico (R.D. 3267/23).

L'area in esame non insiste in S.I.C. e/o Z.P.S.

L'area oggetto di variante, come per altro l'intero territorio comunale di Cinisi, è gravata da vincolo sismico, Codice Istat 2011: 19082031 e in particolare, ricade in categoria II secondo la classificazione OCPM n. 3274/2003 – n. 3316/2003; per effetto di tale vincolo le costruzioni di qualsiasi tipo e natura, al fine di garantire la sicurezza della popolazione, devono rispettare le specifiche norme tecniche vigenti e la loro realizzazione è subordinata alla acquisizione dello specifico parere di competenza del Genio Civile di Palermo.

Con l'entrata in vigore dell' *Aggiornamento alle Norme tecniche per le costruzioni – D.M. 17 Gennaio 2018*, la pericolosità sismica di base del territorio nazionale, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido affiorante (ovvero caratterizzato da velocità delle onde sismiche trasversali $V_s = 800$ m/sec) viene ora definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più "zona dipendente": in altre parole, definite le coordinate del sito interessato dal progetto, questo sarà sempre compreso tra quattro dei 10751 punti della griglia di accelerazioni (calcolate per un tempo di ritorno di 475 anni) indicate nelle Mappe di Pericolosità Sismica Nazionale di cui all'Allegato B del D.M. 14 Gennaio 2008, e s.m.i. tramite media pesata, ad esso competeranno valori specifici di accelerazione di base a_g e dei parametri (F_0 , T_c^* etc.) che permettono di definire gli spettri di risposta, ai sensi delle NTC 08, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale (categ. A).

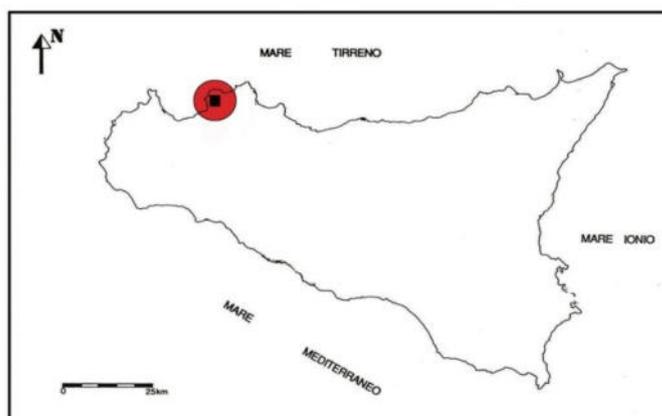
5. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il fondo dove la ditta intende realizzare l'ipotesi progettuale e nella fattispecie la variante urbanistica in virtù della l'esecuzione della Sentenza TAR Palermo sez. III n. 1269/2020, ricade nella periferia ovest del comune di Cinisi in un'area di espansione edilizia e più precisamente lungo la via Rostagno nella C.da Magaggiari, ad una quota di 25 mt s.l.m.

Cartograficamente il lotto in esame è ubicato:

- nella Carta Tecnica Regionale in Sezione n° 594020 denominata "Cinisi-Punta Raisi" in scala 1:10.000;
- Nella Tavoleta denominata "Capo Rama" al Foglio n° 249 III N.O. dell'Istituto Geografico Militare – in scala 1:25.000;
- in Catasto al Fg. n. 10 P.IIe n. 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 – 623 – in scala 1:2.000;
- Nel vigente strumento urbanistico del comune di Cinisi si evince che il lotto ricade nella sua porzione nord in zona n Z.T.O. C3 e nella porzione sud in zona D3; le due porzioni sono separate da una striscia che rappresenta una strada di previsione il cui vincolo predeterminato all'espropriazione risulta decaduto.

COORDINATE GEOGRAFICHE LOTTO 1		
LATITUDINE	38° 9'21.45"N	38.155958°
LONGITUDINE	13° 5'10.06"E	13.086127°



6. ASSETTO GEOMORFOLOGICO

Altimetricamente i siti si inquadrano nell' ambito di una zona antropizzata per via dell' espansione edilizia morfologicamente rappresentata da un' area tabulare tipica dei terrazzi marini che degradano verso mare o con ripide falesie o con aree di raccordo litorali.

Le quote sono comprese tra il l.d.m. e 25 mt di altezza e l' area mostra pendenze attorno al 4%.

Nello specifico il sito in oggetto ricade in un contesto geomorfologico caratterizzato da rilievi calcarei e calcareo dolomitici che degradano verso mare lasciando il posto a depositi terrigeni e calcarenitici, tipici della cosiddetta area dell' area Territoriale tra Punta Raisi e il Fiume Nocella.

L'attuale assetto geomorfologico è frutto di una serie di processi morfoevolutivi dipendenti principalmente dalla presenza di litotipi diversi e dall'evoluzione tettonica che ha influito sull'azione degli agenti esogeni.

Infatti l'evoluzione morfologica dell'area si può fare risalire tra la fine del Pliocene e l'inizio del Quaternario, quando una fase tettonica distensiva ha smembrato l'esistente struttura a scaglie sovrapposte formatasi durante la fase di collisione continentale mio-pliocenica.

Le diverse morfosculture presenti nel paesaggio dipendono inoltre dalla copertura vegetale e dall'inclinazione dei versanti.

Rilievi con forme aspre e accidentate, fortemente controllati dai lineamenti strutturali presenti nell'area, si riscontrano in corrispondenza di litotipi calcareo-dolomitici, caratterizzati spesso da una struttura discontinua dovuta all'intensa tettonizzazione subita e alla presenza di una fitta rete di fratture e diversi piani di faglie; su tali rilievi, inoltre, è possibile osservare anche forme legate a processi di dissoluzione chimica per carsismo.

I complessi montuosi ripidi ed accidentati degradano verso Nord lasciando il posto ad una vasta area caratterizzata da una morfologia da subpianeggiante a debolmente inclinata; il terrazzo marino si raccorda nella porzione più setten-trionale con l'orlo di una falesia di altezza media di circa 20 metri.

Tali falesie indicanti una brusca variazione della regolarità topografica coincidono agli orli dei terrazzi marini o ai processi di erosione differenziale data da processi di modellamento lungo le coste.

Dall'osservazione globale del territorio si evince un insieme piuttosto eterogeneo di forme, i cui lineamenti sono stati certamente condizionati dalla natura delle rocce e dalle loro condizioni strutturali e giaciture.

In linea generale, le condizioni di dissesto derivano dalla combinazione dell'assetto litologico e strutturale con altri fattori predisponenti delle condizioni di instabilità, quali ad esempio le caratteristiche climatiche (contrasto fra il semestre piovoso e quello asciutto con notevoli variazioni cicliche annuali) e la presenza di ampie aree ad uso agricolo estensivo che espongono terreni arati e, quindi, senza vegetazione al ruscellamento autunnale ed invernale.

Una certa importanza riveste anche l'attività antropica che, con il modellamento artificiale dei pendii e il carico aggiunto dovuto all'espansione dei centri abitati, costituisce spesso uno dei fattori innescanti di rapidi processi evolutivi finalizzati a compensare gli squilibri generati, producendo anche fenomeni franosi.

L'agente dominante del modellamento dei versanti è l'acqua, sia relativamente all'azione di ruscellamento delle acque superficiali sia in relazione ai processi erosivi e di sedimentazione legati alle acque incanalate.

Nei siti in cui prevalgono gli affioramenti litoidi, principalmente calcarei, il modellamento si esplica attraverso la formazione di valli incise, con versanti scoscesi e spesso sub-verticali, nonché di dorsali e creste rocciose ben definite; gli affioramenti litoidi presentano un elevato grado di fratturazione e un alto indice di franosità.

Su tali versanti, aspri e acclivi con ampie fasce di detrito ai loro piedi e fortemente influenzati dall'andamento geostrutturale (faglie, stratificazioni), predominano i processi geomorfologici di tipo termoplastico, con disgregazione fisica delle rocce, e i fenomeni gravitativi di tipo crollo.

I versanti caratterizzati da alternanze di livelli argillosi e arenacei presentano una morfologia irregolare e complessa dovuta alle locali variazioni litologiche e strutturali.

Nei versanti argillosi l'azione erosiva si esercita con più rapidità e facilità; la rete idrografica risulta infatti notevolmente sviluppata, con incisioni più o meno accentuate in funzione delle condizioni di acclività del pendio, dello stato di alterazione dei terreni e della presenza di copertura vegetale.

In questo contesto si sviluppano condizioni di dissesto dovuti ad erosione accelerata che si manifesta con la formazione di fossi di erosione concentrata, particolarmente accentuati lungo i pendii argillosi e detritici.

Il contatto tra i ripidi massicci carbonatici e le sottostanti argille è contraddistinto da scorrimenti spesso mascherati da coltri detritiche e macereti di frana a valle dei dirupi rocciosi.

Il reticolo idrografico che caratterizza tale zona è costituito da forme "sub-dendritiche"; infatti i terreni impermeabili favoriscono un deflusso superficiale che aumenta la frequenza areale delle aste e il loro rapporto di confluenza.

L'assetto generale del territorio studiato non presenta l'esistenza di processi morfodinamici in atto, né potenziali; non sono stati individuati inoltre agenti geodinamici che possano turbare le attuali condizioni d'equilibrio.

In definitiva il sito in esame e il suo stretto intorno, presenta una condizione di stabilità testimoniata anche dal rilievo di superficie e dalle osservazioni effettuate dallo scrivente nelle strutture civili e stradali realizzate in zona, sulle quali non sono stati accertati palesi segni di sconnessione strutturale (lesioni), riconducibili ad instabilità e/o a cedimenti del sottosuolo.

Per quanto concerne gli studi esistenti sulla pericolosità geologica a scala regionale e locale, riferendoci allo studio della cartografia tematica, a corredo del Decreto Presidenziale 27 Marzo 2007 (G.U.R.S. n°25 del 1 giugno 2007) sul "Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico" (P.A.I.) dell'area territoriale compre-

sa tra il bacino Idrografico del Fiume Nocella ed area tra il Fiume Nocella e il Fiume Jato (n° 042), Area tra Punta Raisi e Fiume Nocella (n° 041), si evince che l'area oggetto di intervento **non rientra** tra le aree a Pericolosità e Rischio Geomorfologico e della Pericolosità idraulica per fenomeni da Esondazione ne all' interno dei Siti di Attenzione.

L'area d'intervento **non ricade** in zone soggette a rischio "R3 – elevato" o "R4 – molto elevato", come da Decreto dell'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia del 4 luglio 2000 (pubblicato nella G.U. del 21.07.2000) recante "*Piano straordinario per l'assetto idrogeologico*".

Si evince, pertanto, che la zona oggetto di studio non ricade all' interno del perimetro di zone a Rischio R3 "Elevato" e R4 "Molto Elevato" o "Siti di attenzione" della:

- Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico n° 10 – in scala 1:10.000;
- Carta del Rischio Idraulico per fenomeni di esondazione n° 10 – in scala 1:10.000;

Inoltre la stessa zona non è soggetta a fenomeni franosi in atto o potenziali con stato di Attività, che possano alterare l' attuale equilibrio morfogenetico, come si evince nella Carta dei Dissesti n° 10.

7. ASSETTO GEOLOGICO

La storia paleogeografia del territorio studiato si può inquadrare nel contesto tettonico del margine continentale periadriatico i cui stadi evolutivi sono connessi con l'apertura dell'Atlantico e con i movimenti relativi tra Africa ed Europa e dalle vicende geodinamiche (Lias) della Tetide orientale (Catalano e D'argenio, 1978).

L'area studiata costituisce la propaggine sud-occidentale di un vasto territorio noto nella letteratura geologica col termine "Monti di Palermo" ed è costituita da terreni carbonatici, silico-marnosi e terrigeni di età compresa tra il Trias superiore e il Miocene inferiore.

Numerosi sono gli studi effettuati nei dintorni della Piana di Terrasini e della successione di Cala Rossa, tra gli altri va comunque annoverato il lavoro di R. Catalano, G. Maniaci et alii (1973-1978) sull'evoluzione della scarpata carbonatica Panormide durante il Giurassico-Cretaceo.

La successione che più interessa l'intorno dell'opera in progetto è quella relativa alle facies sabbioso calcarenitiche di età pleistocenica che giace in modo trasgressivo su di una superficie di troncatura erosiva che la pone in contatto con le facies marnose della "Scaglia" e con i calcari di piattaforma di età mesozoica affioranti a monte.

Tali formazioni al tetto sono ricoperte da una coltre detritica variamente potente.

L'analisi strutturale del territorio ha consentito di individuare tre unità tettoniche sovrapposte (proposte nella letteratura geologica da Abate, Catalano e Renda, 1982) che rappresentano terreni alloctoni messi in posto tra il Langhiano e il Tortoniano inferiore.

I sistemi di faglie della zona presentano due orientamenti preferenziali: N.O. – S.E. e N.E. – S.O. pertinenti alla fase trans – pressiva del Pliocene inferiore (faglie inverse), ed alla fase distensiva del Pliocene superiore – Pleistocene (faglie dirette). Su alcune di queste linee tettoniche si sono impostati parte dei corsi d'acqua presenti in zona.

I sistemi di pieghe presenti nel territorio sono da attribuire alla fase plicativa del Pliocene inferiore. Le formazioni affioranti hanno reagito in maniera diversa agli stress tettonici, in conformità alle loro caratteristiche litologiche e meccaniche. In tal modo, l'intervallo calcareo – dolomitico ha registrato una risposta "fragile" o "poco duttile"; le unità in cui predomina la frazione pelitica hanno reagito invece in maniera "duttile" originando un sistema di pieghe a vario ordine di grandezza.

Spesso tale sistema dislocativo è ricoperto da sedimenti clastico – terrigeni quaternari (falde di detrito) che mascherano in parte l'originario assetto geostrutturale.

Nell'area rilevata sono state individuate successioni stratigrafiche che vanno dal Trias al Pleistocene sup. più precisamente:

Calcari di piattaforma

Si tratta di calcari e calcari dolomitici di colore grigio biancastro con addizione di organismi di scogliera (Megalodon). I presentano a luoghi massivi e a luoghi intensamente fratturati con qualche accenno di stratificazione.

Tali depositi oltre a costituire l'ossatura principale di tutto il territorio, affiorano a sud dell'area di indagine tra gli 80 ei 100 ms.l.m. circa , ricoperti a luoghi o dal terreno agrario o dalla coltre detritica.

Età: **Trias superiore - Lias inferiore.**

Depositi di margine di piattaforma

Sono composti principalmente da brecce e brecce molto grossolane di natura carbonatica a cui sono spesso associati elementi e porzioni di piattaforma, il tutto associato ad una matrice mediamente fine di colore biancastro ma spesso anche rosso tenue.

Età: **Trias superiore - Lias inferiore.**

Fm. Caltavuturo (Scaglia)

Composta principalmente da calcilutiti, calcari e calcari marnosi di colore variabile dal rosso cardinale nella porzione stratigraficamente più profonda al bianco nelle zone più elevate , successione intensamente piegata , con faune significative date da foraminiferi planctonici.

Le porzioni più basali sono spesso intercalate da liste e noduli di selce di spessore centimetrico. La stratificazione molto evidente per questa formazione è caratteristica di un ambiente deposizionale di ambiente nefritico - pelagico con fauna tipica a foraminiferi planctonici.

Età: **Cretaceo superiore - Eocene medio.**

Terrazzi marini e formazione sabbioso calcarenitica

Si tratta di depositi di ambiente marino litorale, caratterizzati da calcareniti, biocalciruditi e conglomerati variamente cementati, di spessore medio 30-50 cm, superficialmente alterati in un suolo di colore marrone-rossastro.

Lo sviluppo dell' esposizione di tali terreni è da attribuire ad una fase regressiva verificatasi nella parte bassa del Tirreniano, o meglio durante il Tirreniano inferiore iniziò un graduale ritiro del mare con conseguente esposizione delle calcareniti del terrazzo .

Le calcareniti di terrazzo rappresentano i tipici depositi del Quaternario, in vari ordini che morfologicamente sono distinti da modesti salti topografici.

I terrazzi Tirreniani che caratterizzano gran parte dell'abitato di Cinisi costituiscono il quarto ordine , cioè quello più recente con deposito da quote variabili da 20 a 50 m s.l.m.

Gli apporti clastici sono prevalentemente carbonatici, e derivano in modo inequivocabile dagli apporti originatisi nei vicini rilievi costituiti da calcari di piattaforma o margine di piattaforma che oggi circondano il centro abitato di Cinisi.

Il deposito che qui si formò è costituito da una tavola calcarenitica e sabbioso calcarenitica a struttura grano- sostenuta di ambiente litorale , debolmente immergente verso Nord.

I terrazzi marini ricoprono in apparente continuità stratigrafica depositi di ambiente marino litorale, costituiti da un'alternanza irregolare di calcareniti giallastre e biocalcareniti a grado di cementazione medio, stratificate e laminate, con sabbie bioclastiche generalmente ben addensate o parzialmente cementate; queste ultime spesso sono eteropiche ad accumuli di bioclastiti a pectinidi ed echinodermi cementati con un cemento sabbioso calcareo, ciò ha permesso tra l'altro di distinguere la serie Emiliano - Siciliana da quella Tirreniana sovrastante.

Età: **Pleistocene superiore.**

Depositi continentali del Pleistocene medio-superiore

Litologicamente si tratta di marne siltose biogeniche, sabbie quarzose con macrofossili, con trovanti conglomeratici.

Età: **Emiliano sup. - Pleistocene med.**

Strato di alterazione pedogenetica - depositi colluviali - detrito

Litologicamente sono costituiti da limi sabbiosi e limi argillosi nero-brunastri, alquanto umidi, con un'abbondante componente organica, sabbie e frammenti poligenici incoerenti. L'origine di questi depositi è imputabile all'alterazione prodotta dagli agenti esogeni sui sottostanti livelli, con un'influenza di apporti terrigeni continentali di origine colluviale.

La coltre detritica è costituita da un ammasso disomogeneo di blocchi e ghiaie di natura carbonatica immersi in una matrice limo-sabbiosa di colore bruno , generalmente ben addensato .

Nella parte alta di Cinisi ed ai piedi dei monti che circondano la spianata costiera tali coltri detritiche sono spesso accompagnate da depositi ben cementati da una matrice carbonatica tipo calice depositatasi nelle fasi interglaciali .

Età: **Quaternario**

7.1. TERRENI PRESENTI IN SITO

Le caratteristiche litostratigrafiche del sito sono state individuate oltre che con il rilevamento di campagna anche con l'ausilio delle indagini sismiche eseguite in situ e con i dati di una campagna di indagini geognostiche eseguite nel lotto in esame.

Nello specifico sono stati desunti i dati derivanti da due saggi geognostici denominati P1 e P3, realizzati con escavatore meccanico che hanno permesso di confermare l'ipotesi sul modello geologico elaborato.

Più precisamente i sondaggi P1 e P3 si sono arrestati a quote variabili da 0,50 a 0,70 m dal p.d.c. a causa della tenacità del substrato.

Tali saggi sono serviti alla ricostruzione della stratigrafia del sottosuolo anche se in fase esecutiva dovranno essere effettuate ulteriori e più specifiche indagini per caratterizzare dal punto di vista fisico meccanico i terreni di imposta delle opere da realizzare.

Le condizioni della falda sono state accertate attraverso l'analisi dei pozzi presenti nelle vicinanze del sito in esame.

L'analisi dei dati dei sondaggi hanno permesso di individuare dall'alto verso il basso la seguente successione litostratigrafica locale:

- ✓ **Coltre eluviale (Ce)** costituito da depositi limo sabbioso di bassa consistenza, alterato e rimaneggiato, umido al tatto spesso ricoperto da un sottile strato di terreno vegetale di colore marrone scuro, con presenza di tracce di sostanza organica.

Presenta uno spessore variabile da 0,50 m lungo il sondaggio P1 a 0,70 m lungo il sondaggio P3.

- ✓ **Sabbie e calcareniti (Sa.Ca).** Nell'area in esame i primi metri di tale formazione si presentano come un'alternanza di sabbie addensate e livelli calcarenitici passanti verso il basso a banchi calcarenitici tenaci. La Formazione sabbioso calcarenitica, che interessa una buona parte della zona, risulta costituita da livelli di sabbie e calcarenitici passanti verso il basso a veri e propri banchi calcarenitici cementati ricchi in macrofossili (lamellibranchi).

Spessore 15 m. verifica dati di pozzo

- ✓ **Argille (Ar),** la formazione sabbioso calcarenitica ricopre in trasgressione la formazione del Flysch che costituisce il bed rock dell'area in esame.

Nella porzione superficiale, in corrispondenza del contatto con i depositi soprastanti, si riscontra un sottile livello limo sabbioso che lascia il posto alle argille grigio chiare con venature giallo ocra (argille alterate) passanti verso il basso ad argilliti grigio scure consistenti e a tratti scagliose.

Lo spessore è ind.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**Sondaggi geognostici P1 e P3**

8. ASSETTO IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO

L'assetto idrogeologico dell'area oggetto di studio è il risultato dell'interazione delle caratteristiche idrodinamiche delle litologie affioranti ed in sottosuolo e della situazione geologica e/o tettonica.

Le caratteristiche idrogeologiche dei sedimenti che caratterizzano il sottosuolo dell'area in esame, sono in stretta relazione sia con la morfologia che con i caratteri strutturali e tessiturali dei litotipi medesimi.

La permeabilità delle rocce è uno dei fattori principali di condizionamento del circuito delle acque sotterranee; assumono importanza rilevante pertanto la litologia, la tettonica e l'alterazione superficiale, fattori che sono in stretta correlazione con le proprietà idrogeologiche dei complessi geolitologici.

Sulla base dei suddetti fattori si è ritenuto opportuno suddividere i vari complessi litologici in base al tipo di permeabilità e, quindi, al diverso comportamento idrologico.

Dal rilevamento esteso ad un' areale più esteso al lotto in esame, è possibile distinguere diversi complessi in base alle caratteristiche idrogeologiche; è stata effettuata, quindi, la seguente classificazione.

- **Complessi idrogeologici impermeabili**

Il complesso litologicamente rappresentato da unità argillose (facies pelitica oligo-miocenica del Flysch Numidico), pur manifestando elevati valori di porosità, è caratterizzato da uno scarso potere assorbente, limitato quasi esclusivamente alle rare (nell'ambito areale studiato) intercalazioni sabbioso-ghiaiose o arenaceo-ruditiche (fratturate).

Nelle peliti, le dimensioni microscopiche dei pori e la disposizione e conformazione degli stessi, fa in modo che l'acqua intraformazionale è fissata come acqua di ritenzione (il raggio d'azione delle molecole nelle pareti dei vuoti medesimi, si estende attraverso tutto lo spazio vuoto).

Occorre tenere presente però che le argille marnose, pur essendo impermeabili alla scala del campione, permettono l'infiltrazione e lo spostamento di modeste quantità acqua gravifica, lungo meati localizzati di luce notevole come: i giunti di stratificazione, le fessure di decompressione e le fratture tettoniche.

Va comunque precisato che la circolazione dell'acqua negli ammassi naturali di argille marnose è condizionata dalle dimensioni e dalla distribuzione degli interstizi tra le scaglie, dai sistemi di discontinuità, dalla struttura del mezzo e, infine, dalla presenza e dalla natura di materiale di riempimento che può impedire parzialmente o totalmente il deflusso idrico.

I valori di permeabilità, riportati in letteratura, attribuibili alle formazioni di argille scagliettate, determinate mediante prove in piezometro, sono compresi tra 10-6 e 10-8 cm/sec.

In particolare, per bassi valori di tensione efficace (quali si rinvergono nelle fasce allentate superficiali e nei fronti di scavo), la permeabilità delle argille scagliettate può risultare relativamente elevata e può generare percolazione d'acqua di effimera portata (stillicidi).

- **Complessi idrogeologici permeabili (acquiferi)**

Il Complesso dei depositi marini, rappresentati prevalentemente da unità litologiche clastiche (sabbie limose, sabbie, ghiaie e ciottoli), variamente addensati e cementati, dal punto di vista idraulico sono caratterizzati da valori di permeabilità elevati dovuti principalmente a “porosità primaria”, in pratica dovuti ai meati presenti tra le singole particelle (granuli).

Per questo, appare favorevole il drenaggio delle acque che hanno la possibilità di infiltrarsi grazie alla presenza di vuoti intercomunicanti tra loro.

La circolazione idrica, a causa delle caratteristiche porose dell’acquifero, può svilupparsi in modo articolato, con deflusso preferenziale dell’acqua nei litotipi a più alto grado di permeabilità relativa. I valori di coefficiente di permeabilità k , riportati in letteratura, attribuibili alle sabbie a grana fina-media, determinate mediante prove in piezometro, sono superiori a 10-4 cm/sec.

Valori di permeabilità elevati si riscontrano anche nelle compagini calcarenitiche e calciruditiche ben cementate, in cui l’infiltrazione delle acque avviene attraverso i numerosi giunti di stratificazione o le fratture medesime “porosità secondaria”.

In genere le fessure hanno un’elevata frequenza per metro cubo di roccia, conferendo al complesso una buona capacità d’assorbimento di acqua.

Le rocce fessurate danno comunemente origine ad acquiferi monofalda, in quanto non si tiene conto delle piccole falde sospese.

Tali litotipi, di natura carbonatica, sono da considerarsi inoltre come “rocce a permeabilità crescente”, in quanto i fenomeni di dissoluzione che si innescano all’interno delle fratture tendono, col tempo, ad allargarle fino a creare cavità ipogee.

Sulla base delle semplificazioni siffatte, si è passati ad analizzare l’insieme di più complessi idrogeologici, aventi una sostanziale unità spaziale e giaciturale (strutture idrogeologiche).

La presenza di affioramenti sabbioso-calcarenetici (permeabili) nelle zona, permette, in occasione di eventi meteorici, l’infiltrazione di quantità di acqua relativamente consistenti che originano deflussi idrici sotterranei.

Nelle regioni come quella in studio, l’elemento geometrico che influenza maggiormente la circolazione idrica di base nella citata “panchina quaternaria” è il contatto stratigrafico tra l’acquifero poroso e fessurato ed il “substrato impermeabile”, cronologicamente più antico, litologicamente rappresentato da unità pelitiche plioceniche.

I terreni affioranti nell’ area in esame, sono caratterizzati dai depositi calcarenitici che possiedono una permeabilità medio alta e tali litotipi costituiscono oltre che un veicolo per le acque di infiltrazione anche un serbatoio per le stesse acque.

Tale serbatoio naturale sede di falda idrica risulta, come descritto in precedenza, al letto tamponato dai depositi argillosi alterati poco permeabili; infatti, da dati di pozzo e dall' esame della cartografia esistente, al contatto tra i depositi superficiali calcarenitico sabbiosi e le sottostanti argille si rileva una falda a pelo libero il cui livello piezometrico si attesta mediamente a circa 13,00 mt dal p.d.c.

Tabella 1. Permeabilità dei terreni.

k (cm/s)	10 ²	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
k (m/s)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta	Bassa	BB	Impermeabile					
Tipi di terreno	Ghiaie pulite	Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie			Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi	Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi	Argille omogenee e compatte				
Determinazione diretta di K	Prove dirette in situ mediante pompaggio											
	Infiltrometri – Permeametri a carico costante											
Determinazione indiretta di K	Permeametri a carico variabile											
	Analisi granulometrica (applicabile a sabbie e ghiaie pulite)					Prove di consolidamento						

Tabella di permeabilità dei terreni

Il potere di assorbimento dei terreni superficiali, costituiti dai banchi calcarenitici, permeabili per porosità e fratturazione, consente alle acque meteoriche di ridurre notevolmente il ruscellamento garantendo una elevata infiltrazione.

La presenza di tali terreni genera l'istaurarsi di un acquifero entro il serbatoio sabbioso calcarenitico, il cui livello piezometrico della falda è stato rilevato in alcuni pozzi privati a circa 15 metri di profondità.

Le caratteristiche di permeabilità inoltre eviteranno, in condizioni di eventi piovosi straordinari, l'instaurarsi di fenomeni di impaludamento e ristagno di acque così come quelli di alluvionamento delle aree limitrofe.

ASPETTI CLIMATOLOGICI

Uno dei fattori che senza dubbio ci può fornire informazioni sulle caratteristiche idrogeologiche dell'area è il clima, inteso come l'insieme delle condizioni meteorologiche che caratterizzano un certo ambiente.

In particolare, per una caratterizzazione generale del clima nel settore nord-orientale della Sicilia, nel quale ricade l'area territoriale tra Punta Raisi e il bacino del Fiume Nocella, il bacino del Fiume Nocella e l'area territoriale tra il bacino del Fiume Nocella e il bacino del Fiume Jato, sono stati considerati gli elementi climatici Temperatura e Precipitazione; oltre a questi hanno sicuramente una loro influenza anche altri fattori quali la copertura vegetale, l'esposizione dei versanti, la direzione prevalente dei venti e la distanza dal mare.

Le precipitazioni, la temperatura e lo stato igrometrico dell'aria sono i fattori meteorologici che influenzano maggiormente i fenomeni di ruscellamento e d'infiltrazione delle acque nel sottosuolo.

Le precipitazioni incidono innanzi tutto con la loro quantità. Infatti, ad un maggiore volume d'acqua caduta in tempi relativamente lunghi (per esempio un anno), corrispondono maggiori quantitativi d'acqua d'infiltrazione e ruscellamento.

La prevalenza dell'infiltrazione sul ruscellamento o viceversa è generalmente legata ad altri fattori quali quelli morfo-logici, geologici e biologici (vegetazione), ma si fa sentire anche l'influenza della qualità delle acque atmosferiche (precipitazioni nevose o pluviali).

L'apporto d'acqua di pioggia al sottosuolo è legato ad altri fattori quali la durata e l'intensità degli eventi piovosi. In-fatti, a parità di millimetri d'acqua caduti, l'infiltrazione è più agevole se la distribuzione nel tempo è lunga.

Al contrario, nel caso di piogge intense e brevi, può crearsi uno strato superficiale saturo del suolo dovuto ad una velocità d'assorbimento del terreno inferiore a quella d'afflusso delle acque; ciò comporta un aumento delle aliquote d'acqua di ruscellamento.

Le temperature dell'aria e del suolo influenzano anch'esse l'infiltramento ed il ruscellamento in modo marcato. Un'elevata temperatura dell'aria, infatti, può determinare alti valori d'evapotraspirazione, mentre il suolo gelato costituisce un elemento impermeabile che agevola il deflusso superficiale.

Infine, anche lo stato igrometrico dell'aria incide indirettamente sull'infiltrazione poiché, ad una maggiore umidità relativa, corrispondono minori quantitativi d'acqua di evapotraspirazione.

Analisi del regime pluviometrico e termometrico

I dati acquisiti, per lo studio delle caratteristiche sia pluviometriche sia termometriche della zona, sono stati attinti dagli Annali Idrologici, editi a cura del Ministero dei LL.PP. su un periodo di osservazione che va dal 1985 al 2014.

Essi riguardano le sole stazioni pluviometrica di Cinisi (62 m s.l.m.) e termometrica di "Partinico" (189 m. s.l.m.).

Le due stazioni sono state identificate e prese in considerazione per la loro posizione geografica e per la loro copertura del territorio; esse forniscono certamente dati climatici più indicativi rispetto alle altre stazioni vicine e ricadenti nell'area territoriale descritta all'inizio del presente paragrafo.

Come è noto l'altezza pluviometrica mensile e annua (intesa come somma delle altezze giornaliere osservate rispettivamente nel corso del mese o dell'anno) variano, anche notevolmente, nel corso del tempo; vi sono quindi annate molto piovose ed annate tendenzialmente asciutte.

Al fine di avere un quadro del regime pluviometrico più attendibile, si è ritenuta ragionevole l'acquisizione e l'analisi di dati per un lungo periodo, quale è il ventennio che va dal 1985 al 1994.

La TAV. 1 riassume i dati pluviometrici della stazione di Cinisi mentre la TAV. 2 rappresenta i dati termometrici della Stazione di Partinico.

TAV. I - Dati della stazione pluviometrica di "Cinisi" (62 metri s.l.m.). Periodo di osservazione: 1985 - 2014.

CINISI	
Bacini tra Oreto e Giancal- dara	
62 s.l.m.	ANNO TIPO
G	87,20
F	73,00
M	62,60
A	70,00
M	24,80
G	10,70
L	4,10
A	17,10
S	70,20
O	97,10
N	92,20
D	118,90
Anno	727,90

TAV. II - Dati della stazione pluviometrica di "Partinico" (189 metri s.l.m.). Periodo di osservazione: 1985 - 2014.

PARTINICO	
170 s.l.m.	medie
G	11,30
F	11,40
M	13,40
A	16,10
M	20,00
G	23,90
L	26,70
A	27,10
S	24,10
O	20,60
N	16,00
D	12,50
MEDIA	18,59

Al fine di meglio approfondire l'aspetto climatico, utilizzando le precipitazioni e le temperature medie annue delle suddette stazioni, si sono voluti calcolare alcuni indici climatici per poter classificare il clima di questo territorio.

Secondo la "Classificazione di LANG" che si basa sul rapporto fra il valore delle precipitazioni medie annue (mm) e quello delle temperature medie annue (°C), assumendo per le precipitazioni medie annue di 727.90 mm e una temperatura media di 18.59°C, si ottiene:

$$R=P/T=39.1$$

Tale classificazione distingue 5 classi climatiche:

CLIMA	R
Umido	>160
Temperato umido	160÷100
Temperato caldo	100÷60
Semiarido	60÷40
Steppa	<40

Quindi sulla base del nostro calcolo nella zona di nostro interesse il pluvio fattore di Lang è steppico.

La Classificazione di DE MARTONNE tiene conto dell'Indice di Aridità (Ia), i parametri climatici considerati sono le precipitazioni medie annue (mm) e la temperatura media annua (°C).

Anche in questo caso si è tenuto conto dei dati della stazione di Partinico e secondo la formula di De Martonne, si è ottenuto:

$$Ia=P/(T+10) = 25.42$$

Anche in questo caso sono definite 5 classi climatiche:

CLIMA	Ia
Umido	>40
Temperato umido	40÷30
Temperato caldo	30÷20
Semiarido	20÷10
Steppa	10÷5

Pertanto l'indice di DE MARTONNE evidenzia un clima Semiarido.

Stima della capacità di accettazione delle piogge

Si riferisce alla capacità del suolo di accettare apporti idrici senza che si verifichino fenomeni di ruscellamento superficiale o sottosuperficiale e di percolazione profonda, e viene valutata facendo riferimento alla "Guida alla descrizione dei suoli in campagna e alla definizione delle loro qualità» dell'Istituto sperimentale per lo studio e la difesa del suolo di Firenze".

Deriva da una stima indiretta effettuata utilizzando i seguenti caratteri del suolo:

- Drenaggio interno;
- Pendenza;
- Profondità di un orizzonte a lenta permeabilità;
- Permeabilità degli orizzonti al di sopra di quello con permeabilità lenta.

Secondo il seguente schema:

Drenaggio	Profondità orizz. a permeabilità lenta (cm)	Pendenza								
		0-8%			8-16%			16-35%		
		Permeabilità al di sopra dello strato a permeabilità lenta								
		Elevata	Media	Lenta	Elevata	Media	Lenta	Elevata	Media	Lenta
3 ben drenato	>80	1	1	2	1	1	2	1	2	3
	40-80	1	1	2	2	2		3	3	4
	<40	***	***	***	***	***	***	***	***	***
4 moderat. ben drenato	>80	2	2	3	3	3	4	***	4	5
	40-80	2	3	3	3	4	4	4	4	5
	<40	3	4	4	4	4	4	4	5	5
5 piuttosto mal drenato	>80	4	4	5	5	5	5	***	5	5
	40-80	4	5	5	5	5	5	***	5	5
	<40	5	5	5	5	5	5	5	5	5

(Da Jarvis e Mackney (1979) in RER, 1995)

dove:

Codice	Classe di capacità di accettazione delle piogge
1	Molto alta
2	Alta
3	Moderata
4	Bassa
5	Molto bassa

considerando un moderato drenaggio degli stessi, una profondità massima dell'orizzonte a permeabilità lenta > 70 cm, una pendenza tra 0-5%, una permeabilità media al di sopra dello strato a permeabilità lenta, la capacità di accettazione delle piogge è ALTA.

Studio di compatibilità geomorfologica ai sensi della Circolare ARTA 3/DA prot. 28807 del 20 giugno 2014 a supporto del Rilascio del N.O. dell'Ufficio del Genio Civile ai sensi dell'art. 15 della L.R. n. 16/2016, propedeutica alla stesura del Rapporto ambientale in riferimento alla variante urbanistica concernente l'esecuzione della Sentenza TAR Palermo sez. III n. 1269/2020 emessa in accoglimento del ricorso n. 2533/2019 Tocco P. E Tocco M.G. C/Comune di Cinisi, sui terreni censiti presso l'Agenzia delle Entrate di Palermo - Territorio Servizi Catastali al Foglio del Comune di Cinisi n. 10 part.lla 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623.

ASPETTI PEDOLOGICI

La natura del terreno di Fondo, appartenendo all'associazione pedologica Suoli bruni lisciviati – Terra rossa (Associazione n. 29 Carta dei Suoli della Sicilia a cura di Prof. Giovanni Fierotti).

La tessitura è di medio impasto tendente all'argilloso. Il suolo appartiene alla classe granulometrica GmSA: Grana media Sabbiosa (Classificazione metodo Soil Survey americano).

9. INDAGINI E CONSIDERAZIONI GEOLOGICO TECNICHE

In funzione della natura dell'intervento progettuale è stato eseguito, nella zona in esame, uno studio geologico di superficie esteso ad un intorno del territorio sufficientemente vasto per ricostruire un modello della successione stratigrafica.

Al fine di risalire con maggiore precisione all'andamento del substrato ed alle caratteristiche fisico – meccaniche dei terreni con relativi spessori delle coperture e delle coltri di alterazione sono stati presi in considerazione i risultati di prove di laboratorio su litotipi simili.

Inoltre, al fine di valutare la *Risposta sismica locale*, si è stabilito, sempre di raccordo con la committenza, di eseguire un ulteriore sondaggio sismico con la Metodologia Masw denominato **MW1**, in ottemperanza al *Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, pubblicato sulla G.U. n. 42 del 20/02/18 supplemento ordinario n° 08 (Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni)*, per l'individuazione delle categorie di suolo di fondazione con l'utilizzo di opportune indagini sismiche secondo quanto previsto dal paragrafo 3.2.2. del suddetto D.M.

Per le modalità di esecuzione ci si è attenuti a quanto previsto dalla specifica normativa e ai relativi standard esecutivi e il tutto è stato integrato da conoscenze bibliografiche e da indagini geologiche precedenti, eseguite su terreni simili ed in aree adiacenti.

Le indagini di cui sopra sono state inserite nell'elaborato denominato "*Carta delle indagini acquisite ed eseguite*" in scala 1:2.000, secondo quanto previsto al punto 4.1.3 della Circolare ARTA, che rappresenta le ubicazioni dei saggi geognostici eseguiti (**denominati P1 e P3**) e della traversa sismica Masw (**MW1**), eseguita in situ.

9.1. CONSIDERAZIONI SISMICHE

In questo paragrafo cerchiamo di dare il maggior numero di informazioni utili per caratterizzare la zona (a grande scala) e il sottosuolo (a piccola scala), dal punto di vista sismico, secondo le disposizioni del *Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, pubblicato sulla G.U. n. 42 del 20/02/18 supplemento ordinario n° 08 (Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni)*, per l'individuazione delle categorie di suolo di fondazione con l'utilizzo di opportune indagini sismiche secondo quanto previsto dal paragrafo 3.2.2. del suddetto D.M..

• *Studio di compatibilità geomorfologica ai sensi della Circolare ARTA 3/DA prot. 28807 del 20 giugno 2014 a supporto del Rilascio del N.O. dell'Ufficio del Genio Civile ai sensi dell'art. 15 della L.R. n. 16/2016, propedeutica alla stesura del Rapporto ambientale in riferimento alla variante urbanistica concernete l'esecuzione della Sentenza TAR Palermo sez. III n. 1269/2020 emessa in accoglimento del ricorso n. 2533/2019 Tocco P. E Tocco M.G. C/Comune di Cinisi, sui terreni censiti presso l'Agenzia delle Entrate di Palermo - Territorio Servizi Catastali al Foglio del Comune di Cinisi n. 10 part.lla 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623.*

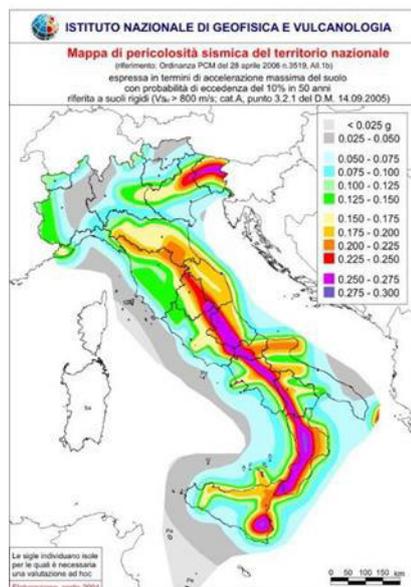
L'elaborato grafico (tav. n. 1), redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e vulcanologia, che rappresenta la mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, è riportato per mostrare che la nuova classificazione sismica del territorio nazionale, si basa su uno studio probabilistico, che tiene conto di tutti gli eventi sismici verificatisi in Italia dall'anno 1000 fino ad oggi.

Da tale studio condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sono state realizzate delle carte di pericolosità sismica.

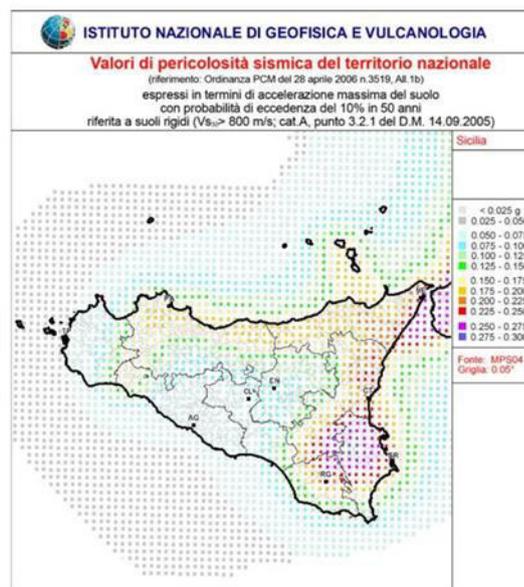
L'INGV ha contribuito a questo importante provvedimento per il proprio campo di competenza, visto che l'azione sismica di riferimento per la progettazione (riportata nell'allegato A di tale decreto) è stata definita sulla base delle stime di pericolosità sismica per il territorio nazionale realizzate dal Progetto S1 nell'ambito della Convenzione 2004-2006 tra l'INGV stesso e il Dipartimento della Protezione Civile.

Tra le novità più importanti di queste norme vi è il fatto che per la prima volta tale azione sismica non viene definita sulla base di 4 zone sismiche (a ognuna delle quali era associato uno spettro di progetto standard), ma è determinata per ogni sito in Italia secondo una griglia regolare di nodi (con passo di 5 km, per un totale di oltre 10000 nodi) per ognuno dei quali il Progetto S1 ha calcolato oltre 2200 parametri che descrivono in maniera esaustiva la pericolosità sismica (picchi di accelerazione, accelerazioni spettrali, disaggregazioni, ecc., tutti calcolati per diverse probabilità di accadimento in 50 anni; tutti i dati sono accessibili e visualizzabili in mappa nel sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>). L'elaborato grafico (tav. n. 2), redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e vulcanologia, rappresenta il dettaglio riguardante la regione Sicilia della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale.

Tav. 1



Tav. 2



Va ricordato che il territorio del Comune di Cinisi, con riferimento alla L. n. 64/74 e dell'art. 93 del D.L. 112/1998, aggiornato al 25/03/03, è stato classificato sismico con grado di sismicità $S = 9$ e rientra nella Categoria II.

• **Studio di compatibilità geomorfologica ai sensi della Circolare ARTA 3/DA prot. 28807 del 20 giugno 2014 a supporto del Rilascio del N.O. dell'Ufficio del Genio Civile ai sensi dell'art. 15 della L.R. n. 16/2016, propedeutica alla stesura del Rapporto ambientale in riferimento alla variante urbanistica concernente l'esecuzione della Sentenza TAR Palermo sez. III n. 1269/2020 emessa in accoglimento del ricorso n. 2533/2019 Tocco P. E Tocco M.G. C/Comune di Cinisi, sui terreni censiti presso l'Agenzia delle Entrate di Palermo - Territorio Servizi Catastali al Foglio del Comune di Cinisi n. 10 part.lla 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623.**

Per ottenere un quadro il più significativo possibile delle condizioni sismiche locali nel sito in esame è stato eseguito, di raccordo con la committenza, un sondaggio sismico i cui dati ottenuti sono stati elaborati anche mediante metodologia MASW (**MW1**).

Nel nostro caso vengono definiti alcuni dei parametri del sito di progetto quali le coordinate:

COORDINATE GEOGRAFICHE LOTTO		
LATITUDINE	38° 9'21.45"N	38.155958°
LONGITUDINE	13° 5'10.06"E	13.086127°

Le indagini sismiche prodotte in armonia con tutti gli altri dati derivanti dai saggi geognostici eseguiti in situ, hanno consentito la definizione dello scenario presente nel sottosuolo e quindi di appurare con un migliore grado di approssimazione le condizioni e gli elementi indispensabili per una significativa valutazione della risposta sismica locale.

La nuova normativa sismica italiana (Ordinanza n. 3274 del 20/03/03 della Presidenza del Consiglio dei Ministri), così come il D.M. 17 Febbraio 2018 definiscono l'azione sismica di progetto, in assenza di analisi specifiche, sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera.

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

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

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo per un totale di N strati presenti, H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Nel sito in esame il substrato risulta dopo i 30 m.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio **$V_{S,eq}$** è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Sulla base dei dati ricavati del sondaggio sismico eseguito e tenuto conto della situazione globale del sito, considerando il valore di V_{S30} ottenuto dalle prove pari a **404 m/s**, è possibile ascrivere il suolo di fondazione entro la **categoria B**, la cui descrizione è specificata nella tabella seguente:

• *Studio di compatibilità geomorfologica ai sensi della Circolare ARTA 3/DA prot. 28807 del 20 giugno 2014 a supporto del Rilascio del N.O. dell'Ufficio del Genio Civile ai sensi dell'art. 15 della L.R. n. 16/2016, propedeutica alla stesura del Rapporto ambientale in riferimento alla variante urbanistica concernente l'esecuzione della Sentenza TAR Palermo sez. III n. 1269/2020 emessa in accoglimento del ricorso n. 2533/2019 Tocco P. E Tocco M.G. C/Comune di Cinisi, sui terreni censiti presso l'Agenzia delle Entrate di Palermo - Territorio Servizi Catastali al Foglio del Comune di Cinisi n. 10 part.lla 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623.*

CAT.	DESCRIZIONE
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
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.

Tabella 1. Categorie di sottosuolo, Tabella 3.2. II delle N.T.C., D.M. 17 Gennaio 2018

Sulla base dei dati ottenuti dalla prova e eseguendo delle correlazioni con le conoscenze litostratigrafiche dei luoghi esaminati, è stato possibile ricostruire il seguente profilo sismico, in cui sono riportati i valori delle velocità delle onde di taglio (V_s verticali) misurati, e i parametri elastici ottenuti mediante le espressioni più diffuse in bibliografia.

Sismostrato	Descrizione litologica	H	Z	γ	ν	V_s	V_p	E	Eed	R
		[m]	[m]	[kg/mc]	[-]	[m/s]	[m/s]	[kN/cm ²]	[kN/cm ²]	[kN/cm ²]
		Spessore	Profondità	P.U.V.	Mod. di Poisson	Velocità trasversale	Velocità longitudinale	Modulo di Yung	Modulo edometrico	Modulo di rigidità
1	Sabbie mediamente addensate	2	-2	1750	0,4	313	766,69	47	101	17
2	Sabbie mediamente addensate	0,7	-2,7	1800	0,42	370	996,26	69	175	24
3	Calcareniti	1	-3,7	1850	0,3	425	795,1	85	115	33
4	Calcareniti	0,8	-4,5	1900	0,25	515	892,01	124	148	49
5	Calcareniti	1,2	-5,7	1900	0,25	587	1016,71	161	193	64
6	Argille	1,2	-6,9	1850	0,3	445	832,52	93	126	36
7	Argille	1,3	-8,2	1900	0,35	375	780,62	71	114	2672
8	Argille	0,5	-8,7	1900	0,35	398	828,5	80	128	3010
	Argille	0	-∞	1900	0,3	414	774,52	83	112	3257

Per quanto riguarda accelerazione massima attesa al sito, considerando la possibilità di fenomeni di amplificazione sismica locale, in fase di analisi progettuale agli stati limite si consiglia di utilizzare il seguente valore di fattore di amplificazione:

$$F_a = 1.86$$

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione. Nel caso specifico essendo il sito con pendenza media minore di 15° si può classificare entro la categoria T1.

Categorie topografiche	Categoria Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

N.T.C. Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

9.2. CONSIDERAZIONI LITOTECNICHE

Il profilo geotecnico è la rappresentazione sintetica di tutte le informazioni provenienti dalle indagini condotte in sito ed in laboratorio, come indicato nelle *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche* dell'Associazione Geotecnica Italiana.

In questo paragrafo pertanto vengono esposti a livello qualitativo e quantitativo le principali proprietà meccaniche dei litotipi di interesse progettuale presenti nel sottosuolo dell'area in oggetto, che sono frutto di varie fasi di lavoro quali: l'osservazione diretta delle caratteristiche geolitologiche dei terreni, l'acquisizione di dati ed analisi e prove di laboratorio su litotipi estratti in situ.

Come precedentemente evidenziato, la successione litostratigrafica locale è stata ricostruita attraverso una campagna di indagini geognostiche svolta in situ (pozzetti di scavo P1 e P3).

I saggi geognostici hanno permesso di individuare i litotipi costituenti i terreni di posa delle fondazioni delle eventuali strutture che verranno previste in fase esecutiva ed i cui parametri geotecnici saranno definiti successivamente attraverso opportune e specifiche indagini e/o prove.

Gli scavi sono stati effettuati meccanicamente mediante un escavatore provvisto di benna e la profondità raggiunta dallo stesso è dipesa dalla tenacia offerta dai terreni aggrediti in rapporto alla potenza del mezzo di scavo; in particolare le profondità raggiunte si sono attestate per entrambi i sondaggi alla profondità di - 0,50 – 0,70 m dal piano di campagna.

Per la classificazione geotecnica dei terreni di fondazione dei terreni non avendo provveduto in questa fase ad eseguire indagini dirette in situ, ci si avvale delle indicazioni bibliografiche ed in particolare della classifica orientativa dei terreni incoerenti (U.S.C.S.) dell'Associazione Geotecnica Italiana, che identifica i terreni mediante la determinazione delle dimensioni dei granuli e degli indici di Atterberg.

La successione stratigrafica individua:

- una *copertura biodegradata superficiale* dello spessore che va da 0,50 a 0,70 metri (rispettivamente riscontrate lungo le verticali dei pozzetti di scavo P1 e P3), costituita da limi sabbiosi e materiale di riporto frammisto a terreno vegetale, poco consistenti con abbondante componente organica ("terreno vegetale");
- sabbie e calcareniti (spessore circa 15,00 mt) assimilabili a sabbie moderatamente addensate;
- terreni coesivi costituiti da Argille finemente scagliettate assimilabili a "Argilla moderatamente consistente".

Tralasciando i parametri geotecnici della coltre degradata superficiale che va totalmente asportata in quanto non idonea a supportare i carichi si può considerare il seguente profilo geotecnico:

Unità superficiali - Sabbie e calcareniti:

nella classifica orientativa dello stato di compattezza dei terreni granulari corrisponde ad un valore di N_{spt} medio variabile da $10 \div 30$.

N	STATO DI ADDENSAMENTO
0-4	Sciolto
4-10	Poco Addensato
10-30	Moderatamente Addensato
30-50	Addensato
>50	Molto Addensato

Classifica orientativa dello stato di addensamento (Raccomandazioni dell'A.G.I.)

Considerando i valori precedentemente esposti un terreno incoerente, con valori di N_{spt} compresi nell'intervallo $10 \div 30$, è assimilabile a sua volta a una *sabbia di media consistenza*, così come si evince dalla tabella seguente:

Consistenza	N	Densità rel. (Dr)	Angolo di attrito ϕ'
Molto Sciolto	<4	<0,2	<30°
Sciolto	4-10	0,2-0,4	30°-35°
Medio	10-30	0,4-0,6	35°-40°
Denso	30-50	0,6-0,8	40°-45°
Molto Denso	>50	>0,8	>45°

Correlazione tra N e parametri geotecnici delle sabbie (tratto dal Manuale del Geologo)

Per quanto riguarda i parametri geotecnici, per i terreni di fondazione assimilati a *sabbie mediamente addensate*, l'angolo di attrito in termini di tensioni efficaci si considera $< 30^\circ$ e il peso dell'unità di volume attorno a 18 KN/mc.. si considerano i seguenti parametri:

Parametri geotecnici di riferimento:

* peso specifico di volume (stato naturale)	$\gamma = 1.80 \text{ T/m}^3$
* angolo di attrito interno	$\phi' = 28^\circ$
* coesione (in termini di tensioni efficaci)	$C' = 0.0 \text{ T/m}^2$
* coesione in condizioni drenate	$C_u = 0,0 \text{ T/m}^2$

Unità profonde - Argille del Flysch:

nella classifica orientativa dello stato di compattezza dei terreni granulari corrisponde ad un valore di N_{spt} medio variabile da 4 ÷ 8.

Nspt	VALUTAZIONE DELLA CONSISTENZA
<2	Privo di consistenza
2-4	Poco consistente (molle)
4-8	Moderatamente consistente
8-15	Consistente
15-30	Molto Consistente
>30	Estremamente consistente

Classifica orientativa dello stato di consistenza (Raccomandazioni dell'A.G.I.)

Considerando i valori precedentemente esposti un' *argilla moderatamente consistente*, con valori di N_{spt} compresi nell'intervallo 4 ÷ 8, è definibile *come un' argilla plastica*, con valori di coesione non drenata (C_u) compresa tra 0,25 e 0,50 bar così come si evince dalla tabella seguente:

Definizione Consistenza	Numero colpi N (Spt)	Indice di consistenza (Ic)	Coesione non drenata (C_u) in Bar
Terreno coerente			
Molto soffice	<2	0	>0,1
Soffice	2-4	0-0,25	0,1-0,25
Plastico	4-8	0,25-0,5	0,25-0,5
Duro	8-15	0,5-0,75	0,5-1
Molto Duro	15-30	0,75-1	1,0-2,0
Durissimo	>30	>1,00	>2,00

Correlazione tra N e parametri geotecnici delle Argille (tratto dal Manuale del Geologo)

Secondo quanto indicato in bibliografia la *coesione drenata* può essere assimilata a circa 1/3 della coesione non drenata.

Per quanto riguarda i parametri geotecnici, per i terreni di fondazione assimilati a *argille moderatamente consistenti*, l'*angolo di attrito* in termini di tensioni efficaci si considera compresa tra 22° e 24° e il *peso dell'unità di volume secco* nell' intervallo compreso tra 1900 e 2200 Kg/mc.

• *Studio di compatibilità geomorfologica ai sensi della Circolare ARTA 3/DA prot. 28807 del 20 giugno 2014 a supporto del Rilascio del N.O. dell'Ufficio del Genio Civile ai sensi dell'art. 15 della L.R. n. 16/2016, propedeutica alla stesura del Rapporto ambientale in riferimento alla variante urbanistica concernente l'esecuzione della Sentenza TAR Palermo sez. III n. 1269/2020 emessa in accoglimento del ricorso n. 2533/2019 Tocco P. E Tocco M.G. C/Comune di Cinisi, sui terreni censiti presso l'Agenzia delle Entrate di Palermo - Territorio Servizi Catastali al Foglio del Comune di Cinisi n. 10 part.IIe 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623.*

In base alle considerazioni suddette, mantenendoci entro gli intervalli delle tabelle esaminate pur considerando un approccio cautelativo, si considerano per i terreni in questione i seguenti parametri:

Parametri geotecnici di riferimento:

<i>* peso specifico di volume (stato naturale)</i>	$\gamma = 2,00 \text{ T/m}^3$
<i>* angolo di attrito interno</i>	$\varphi' = 24^\circ$
<i>* coesione in condizioni drenate</i>	$C' = 0,2 \text{ Kg/cm}^2$

La permeabilità, altro parametro fondamentale ai fini geotecnici della componente a grana fine di questi depositi, è da considerare estremamente bassa e cautelativamente tale valutazione si può estendere al deposito nel suo complesso; tuttavia data la presenza di livelli scagliosi la stessa permeabilità aumenta in seguito alla disconnessione tra i vari frammenti.

Inoltre possono crearsi delle deformazioni a seguito di applicazioni di carichi, che generano un aumento di pressione totale del terreno determinando una consolidazione con riduzione della pressione neutra e aumento di quella effettiva.

Alla luce di quanto sopra esposto si raccomanda in fase esecutiva di eseguire delle indagini atte a confermare i valori sopra riportati.

10. ASPETTI LITOTECNICI

Successivamente allo studio di carattere geologico, geomorfologico, idrologico ed idrogeologico, qui di seguito verrà riportata una parametrizzazione meccanica dei litotipi presenti nel sottosuolo dell'area oggetto di studio, al fine di ricavare i valori necessari per affrontare le problematiche inerenti alle finalità di studio.

In armonia con la Circolare 20 Giugno 2014, prot. n. 28807 che abroga e sostituisce la Circolare 15 Ottobre 2012, prot. n. 57027 e la precedente Circolare 2222/95 dell'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente e s.m.i. le unità litotecniche sono rappresentate dalla "copertura" e dal "substrato".

La definizione di unità litotecniche deve essere preceduta da una identificazione di unità litostratigrafiche che tenga conto almeno di una schematica suddivisione genetica del tipo:

- detriti di falda
- coltri eluviali
- depositi alluvionali
- depositi colluviali
- accumuli di frana

10.1. COPERTURA

In base ad uno schema generico, la "copertura" è rappresentata dalla seguente successione di unità litostratigrafiche: "*copertura biodegradata superficiale*" dello spessore variabile da 0,50 a 1,50, costituita *materiale di riporto e limi sabbiosi , poco addensati con abbondante componente organica ("terreno vegetale")*.

Segue la Formazione sabbioso calcarenitica (15,00 m circa di spessore) costituita da sabbie fini incoerenti di colore dal giallo al biancastro, con inclusi livelli calcarenitici passanti verso il basso a veri e propri banchi calcarenitici cementati ricchi in macrofossili (lamellibranchi).

Relativamente alle caratteristiche granulometriche e alle proprietà tecniche, l'intera copertura può essere individuata come "SEDIMENTI A GRANA MEDIO FINE", rappresentati da **materiali cementati**, di tipo "**G3 – SABBIE CEMENTATE**" allegato D) della Circolare 26/06/14, prot. n. 28807.

Trattasi di un deposito di potenza mediamente compresa tra 0.50 e 15,00 m presente nelle porzioni sommitali del sottosuolo.

Il suo assortimento granulometrico e la macrostruttura articolata rendono il sedimento eterogeneo dal punto di vista meccanico sia in senso verticale che orizzontale.

Complessivamente si individua un comportamento di tipo granulare, ma non mancano zone a comportamento di tipo pseudocoesivo.

10.2. SUBSTRATO

L'unità litotecnica che rappresenta il "substrato" è costituita da *terreni coesivi costituiti da argille marnose scagliettate di colore grigio scuro*, tipo **H1 - limi argillosi od argille** – SEDIMENTI A GRANA FINE E FINISSIMA, con ovvio comportamento coesivo, caratterizzate da un buon grado di consolidazione e generale, da buone condizioni di omogeneità litologica, granulometrica, strutturale e tessiturale.

11. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

In questo capitolo, vengono individuate le peculiarità dei terreni indagati per valutarne la vocazione ad essere utilizzati per i futuri interventi edificatori.

Più precisamente vengono esaminati nel dettaglio e nella giusta scala tutti quegli elementi legati alla pericolosità geologica esistente e potenziale e consigliate le prescrizioni e/o le soluzioni percorribili, volte ad una loro mitigazione, laddove necessario.

A livello generale l'area ricade in un intorno privo di specifici rischi idrogeologici così come sottolineato nel *"Piano straordinario per l'assetto idrogeologico"* (Decreto dell'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia del 4 luglio 2000 (pubblicato nella G.U. del 21.07.2000)) riferito al Bacino Idrografico del Fiume Nocella ed area Territoriale tra il Fiume Nocella e il Fiume Jato (n° 042), Area tra Punta Raisi e Fiume Nocella (n° 041), redatte ai sensi dell'Art. 1 del D.L. 180/98 convertito con modifiche con la L. 267/98 e SS. MM. II., aggiornato al 2006, del Dipartimento Territorio e Ambiente - Servizio 4 "Assetto del Territorio e Difesa del suolo" dell'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Siciliana.

Procedendo in maniera schematica, per ciascuno dei fattori canonici di rischio, si osserva:

- **RISCHIO SISMICO**

Come abbondantemente descritto, l'assetto geologico dei terreni presenti nel sottosuolo indagato non crea i presupposti per significative amplificazioni locali dell'intensità macrosismica teorica.

Il rischio appare mitigato dalle confortanti proprietà dei depositi terrigeni e ciò influisce positivamente sulle modalità di propagazione delle onde sismiche escludendo tra l'altro la possibilità che si creino fenomeni di liquefazione del suolo.

L'assenza nel sottosuolo di forti contrasti in termini di impedenza sismica evita o tutt'al più stempera eventuali interferenze a tutto vantaggio della risposta locale.

Infine, le caratteristiche granulometriche, strutturali e tessiturali dei sedimenti presenti nell'area destinata all'edificazione così come la successione litostratigrafica complessiva ed il modello idrogeologico del sottosuolo escludono la possibilità che si realizzino fenomeni di liquefazione del suolo sia concentrati che diffusi.

- **RISCHIO DERIVANTE DALLE CARATTERISTICHE LITOTECNICHE**

I litotipi presenti nel sottosuolo dell'area destinata all'edificazione sino a profondità di interesse progettuali godono di discrete doti meccaniche.

Essi rientrano, infatti, nell'ambito dei sedimenti a grana fine coesivi; più in basso, le argille del substrato appaiono sufficientemente consistenti e consolidate; complessivamente, quindi, appaiono contrassegnate da apprezzabili doti, almeno in valore assoluto, in termini di resistenza alla rottura ed alla deformazione.

• *Studio di compatibilità geomorfologica ai sensi della Circolare ARTA 3/DA prot. 28807 del 20 giugno 2014 a supporto del Rilascio del N.O. dell'Ufficio del Genio Civile ai sensi dell'art. 15 della L.R. n. 16/2016, propedeutica alla stesura del Rapporto ambientale in riferimento alla variante urbanistica concernente l'esecuzione della Sentenza TAR Palermo sez. III n. 1269/2020 emessa in accoglimento del ricorso n. 2533/2019 Tocco P. E Tocco M.G. C/Comune di Cinisi, sui terreni censiti presso l'Agenzia delle Entrate di Palermo - Territorio Servizi Catastali al Foglio del Comune di Cinisi n. 10 part. I le 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623.*

Nello specifico le unità litotecniche che rappresentano il “**substrato**” sono costituite da argille, a comportamento pseudocoesivo, caratterizzate da un buon grado di consolidazione e da buone condizioni di omogeneità litologica, granulometrica, strutturale e tessiturale.

La “**copertura**” invece è costituita da un deposito limo argilloso di potenza mediamente compresa tra 2,0 e 15 m presente nelle porzioni sommitali del sottosuolo.

Tali depositi di copertura sono stati investigati e riscontrati lungo la verticale dei pozzetti di scavo eseguiti ed inoltre la loro presenza è stata correlata con i risultati delle indagini geofisiche eseguite in situ.

L’assortimento granulometrico e la macrostruttura articolata rendono il sedimento eterogeneo dal punto di vista meccanico sia in senso verticale che orizzontale tipico delle coltri eluviali, assimilabili a sedimenti a grana medio fine e sciolti.

Complessivamente si individua un comportamento di tipo granulare, ma non mancano zone a comportamento di tipo pseudocoesivo.

- **RISCHIO IDROGEOLOGICO**

L’area oggetto di studio insiste su una porzione di territorio complessivamente sub orizzontale, dolcemente degradante verso valle con valori di acclività compresi tra 0 e 5°; se ne deduce un ambiente a modestissima energia e al riparo da effetti gravitativi.

Così come si evince nel Piano stralcio di Bacino per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.), del Bacino Idrografico del Fiume Nocella ed Area Territoriale tra il Fiume Nocella e il Fiume Jato (n° 042), Area tra Punta Raisi e Fiume Nocella (n° 041), l’area oggetto di intervento **non rientra** tra le aree a Pericolosità e Rischio Geomorfologico e della Pericolosità idraulica per fenomeni da Esondazione nè all’interno dei Siti di Attenzione, delle:

- *Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico n° 10 – in scala 1:10.000;*
- *Carta del Rischio Idraulico per fenomeni di esondazione n° 10 – in scala 1:10.000;*

Inoltre la stessa zona non è soggetta a fenomeni franosi in atto o potenziali con stato di Attività, che possano alterare l’attuale equilibrio morfogenetico, come si evince nella *Carta dei Dissesti n° 10*.

La successione litostrutturale individuata nel sottosuolo e il comportamento meccanico in termini di resistenza al taglio dei terreni del sottosuolo, manifestano, nel complesso, rassicuranti condizioni di stabilità dei luoghi.

Nel lotto non esistono tracce e/o segnali riconducibili ad un deflusso orientato e concentrato che possa interferire con le strutture esistenti e/o con quelle in progetto.

Gli eventuali apporti diretti meteorici vengono drenati dal suolo mentre la restante parte defluisce per ruscellamento diffuso sull’intera area.

La circolazione idrica sotterranea, nell'area oggetto di studio e nel suo immediato intorno, è strettamente legata alla natura del deposito nonché al suo grado di permeabilità e porosità.

Nella sequenza di depositi che formano la copertura, procedendo dall'alto verso il basso, si evidenzia una progressiva riduzione della permeabilità e della porosità che permette alle acque meteoriche una limitata permeazione e circolazione in senso verticale.

Non sono state rinvenute inoltre emergenze idriche e potenziali dissesti di natura idrogeologica.

Per quanto sopra esposto, ne deriva un grado di pericolosità geologica trascurabile e di conseguenza la vocazione del sito ad essere utilizzato per gli scopi di progetto.

- **VULNERABILITÀ DELL' ACQUIFERO**

Per vulnerabilità all'inquinamento delle falde idriche si intende la facilità o meno con cui le sostanze contaminanti si possono propagare e possono persistere in un dato acquifero.

Non si ravvisa la presenza di pericolosità geologiche legate alla vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale.

La falda idrica di fondo, contenuta entro l'acquifero calcarenitico sabbioso, si attesta ad una profondità dal piano campagna dell'ordine di una decina di metri.

L'alternarsi ripetuto di sequenze permeabili e la profondità della falda contenute dal complesso sabbioso calcarenitico, determina una vulnerabilità media del sistema idrogeologico sottostante che dovrà essere salvaguardato in fase esecutiva.

- **SUSCETTIVITÀ ALL' EDIFICAZIONE**

La suscettività all'edificazione sintetizza i dati concernenti le caratteristiche geologiche del territorio indagato e fornisce le indicazioni in ordine alle limitazioni definiti da strumenti di pianificazione sovraordinati come il P.A.I. ed ai condizionamenti dovuti alle criticità di carattere geologico e geomorfologico, comprese le limitazioni provenienti dalla carta delle pericolosità sismica, che implicino la necessità di prevedere specifiche cautele nella realizzazione degli interventi consentiti nell'uso del territorio.

In questo paragrafo, sulla scorta delle informazioni acquisite attraverso le carte di analisi e della carte della pericolosità geologica e sismica, a corredo della presente, si evidenzia come nell'ambito del sito oggetto della proposta di variante si è individuata un' area che non presenta particolari limitazioni all'utilizzo e/o alla modifica della destinazione d'uso per le quali potranno essere applicate le disposizioni di quanto prescritto dalle vigenti NTC; inoltre si tratta di aree a bassa o bassissima acclività, prive di problematiche geologiche e/o geomorfologiche, idrauliche, idrogeologiche e litotecniche.

L'area in esame ricade nell'ambito della classe sopra descritta, ovvero in una zona a suscettività d'uso non condizionata.

12. CONCLUSIONI

La presente relazione, espone i risultati di uno studio di compatibilità geologica e geomorfologica a supporto del « *Rilascio del N.O. dell'Ufficio del Genio Civile ai sensi dell'art. 15 della L.R. n. 16/2016, propedeutica alla stesura del Rapporto ambientale in riferimento alla variante urbanistica concernete l'esecuzione della Sentenza TAR Palermo sez. III n. 1269/2020 emessa in accoglimento del ricorso n. 2533/2019 Tocco P. E Tocco M.G. C/Comune di Cinisi, sui terreni censiti presso l'Agenzia delle Entrate di Palermo - Territorio Servizi Catastali al Foglio del Comune di Cinisi n. 10 part.lla 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623* ».

Sono stati studiati ed interpretati tutti quei fattori di carattere geologico ed ambientale che possono influenzare le trasformazioni antropiche del territorio in oggetto e pianificare, in base ad essi, uno sviluppo coerente delle opere in relazione ai fattori naturali quali assetto geologico e condizioni sismiche.

E' stato eseguito inoltre un rilevamento di campagna esteso ad intorno significativo del lotto in oggetto al fine di tracciare un inquadramento geomorfologico, geologico, idrogeologico, geotecnico e sismico con il preciso scopo di evidenziare eventuali problematiche relative ad aspetti legati al Rischio geologico indotto dalla realizzazione di eventuali opere.

In particolare, il rilevamento di campagna associato ad una ricerca dei dati di bibliografia sulle caratteristiche geologiche del sito supportato da una campagna d'indagine geognostico-geofisica, ha consentito di valutare le condizioni geologiche del suolo e del sottosuolo dell'area interessata.

Lo studio è stato realizzato in ottemperanza a quanto previsto:

- nella *Circolare 3/DRA dell'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente prot. 28807 del 20 giugno 2014*, relativamente agli strumenti urbanistici generali e particolareggiati.
- ai sensi dell'art. 13 della *L. 02 febbraio 1974 n. 64* ("Provvedimenti per le costruzioni in zone sismiche...");
- dal *Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, pubblicato sulla G.U. n. 42 del 20/02/18 supplemento ordinario n° 08 (Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni)*, per l'individuazione delle categorie di suolo di fondazione con l'utilizzo di opportune indagini sismiche secondo quanto previsto dal paragrafo 3.2.2. del suddetto D.M.

Pertanto, in accordo con la suddetta circolare, oltre alle condizioni litologiche, meccaniche, morfologiche ed idrogeologiche sono state affrontate e determinate le principali peculiarità sismiche dei terreni costituenti il sottosuolo onde prevederne la risposta locale e gli eventuali effetti.

L'esame degli allegati cartografici e di quanto esposto nei vari capitoli, a cui si rimanda per un maggior dettaglio, permette di acquisire separatamente per ciascun aspetto considerato gli elementi indispensabili che concorrono a definire il modello geologico della zona.

Sinteticamente si osserva:

- I terreni sedimentari presenti in affioramento e nel sottosuolo del lotto sino ed oltre le profondità di interesse progettuale sono contraddistinti da discrete doti meccaniche, le cui caratteristiche verranno definite in fase esecutiva, con opportune indagini e prove.
- I luoghi appaiono stabili dal punto di vista dell'equilibrio geomorfologico e non si ravvisano elementi che possano alterare in un prossimo futuro le condizioni di equilibrio da essi raggiunte.
- Il lotto insiste in una fascia di territorio ad andamento suborizzontale solo lievemente digradante verso la linea di costa con acclività che varia da 0° a 5°.
- Non esistono tracce e/o forme riconducibili a deflussi concentrati delle acque meteoriche che possano determinare invasioni del lotto da parte di tributari idrici provenienti da monte e fenomeni erosivi concentrati.
- Non si individuano presupposti per risposte sismiche locali anomale che possano indurre amplificazioni significative di intensità macrosismica.
- Le caratteristiche strutturali e tessiturali dei sedimenti così come le peculiarità idrogeologiche individuate, inoltre, escludono la possibilità che si realizzino fenomeni di liquefazione, se si esclude la copertura dai terreni di fondazione.
- Le caratteristiche di permeabilità dei terreni presenti in situ, escludono la possibilità del verificarsi di fenomeni di impaludamenti, ristagni e/o alluvionamenti, anche in caso di precipitazioni meteoriche eccezionali, fatto salvo eventuali problematiche dovute ai sistemi idrici e fognari al servizio delle aree urbanizzate del comune.
- Le condizioni idrogeologiche riscontrate nel sottosuolo non sembrano creare elementi ostativi per la realizzazione delle strutture; non essendo state rinvenute inoltre emergenze idriche e potenziali dissesti di natura idrogeologica.
- L'area in esame ricade nell'ambito della classe sopra descritta, ovvero in una zona a suscettività d'uso non condizionata.

Il sottoscritto geologo Giovanni Pantaleo, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia, al n.° 2923 Sez. A, con la presente, in base al Decreto Presidenziale del 27 marzo 2007 (GURS n.° 29 Giugno 2007) - Approvazione del piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico del Bacino Idrografico del Fiume Nocella ed Area tra Fiume Nocella e Fiume Jato (n. 042) - Area Territoriale tra Punta Raisi e Fiume Nocella (042), ai sensi dell'art. 130, comma 2, della legge regionale 3 maggio 2001, n. 6,

DICHIARA:

che l'area oggetto di Variante, sita nel Comune di Cinisi in zona "Area Bianca" in C.da Magaggiari censita al foglio 10 part.lla 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623, **non rientra** tra le aree a rischio idrogeologico in quanto non risulta inserita tra le zone a pericolosità e rischio idrogeologico, né tra i siti di attenzione del P.A.I. (D.A. A.R.T.A. 298/41 del 04/07/2000 e s.m.i.); inoltre l'area oggetto di variante non ricade in aree pe-

rimetrate a pericolosità elevata (P3) o molto elevata (P4) e l'insediamento previsto non costituisce un potenziale elemento a rischio elevato (R3) o molto elevato (R4) o "Siti di attenzione" della carte:

- Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico n° 10 – in scala 1:10.000;
- Carta del Rischio Idraulico per fenomeni di esondazione n° 10 – in scala 1:10.000;

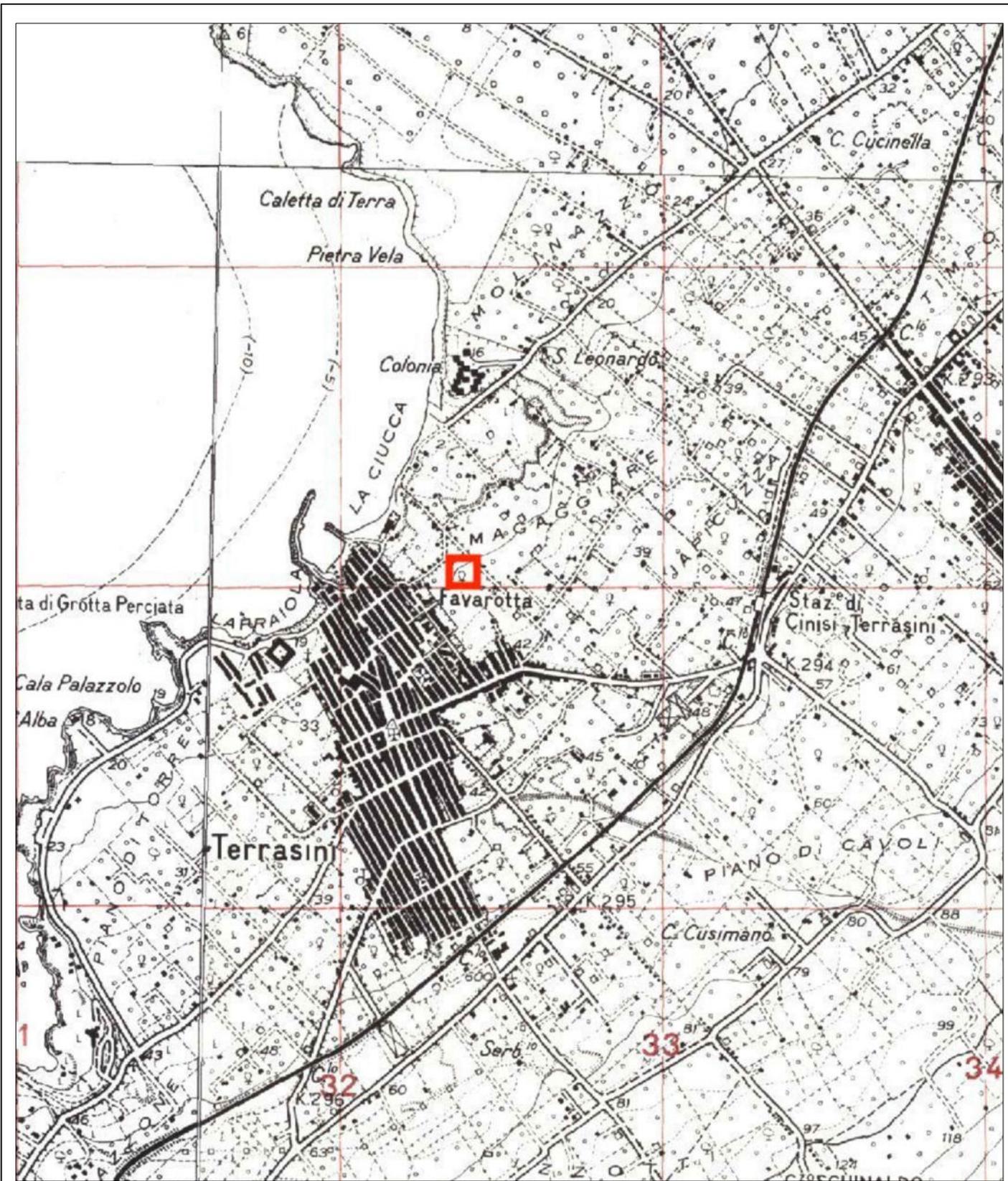
Le considerazioni sopra esposte, in assenza di elementi significativi di pericolosità geologica, concorrono nel far emergere la vocazione edificatoria del lotto e quindi esprimere un parere favorevole, almeno da questo punto di vista, circa il suo utilizzo per gli scopi di progetto futuri.

Partinico Maggio 2021

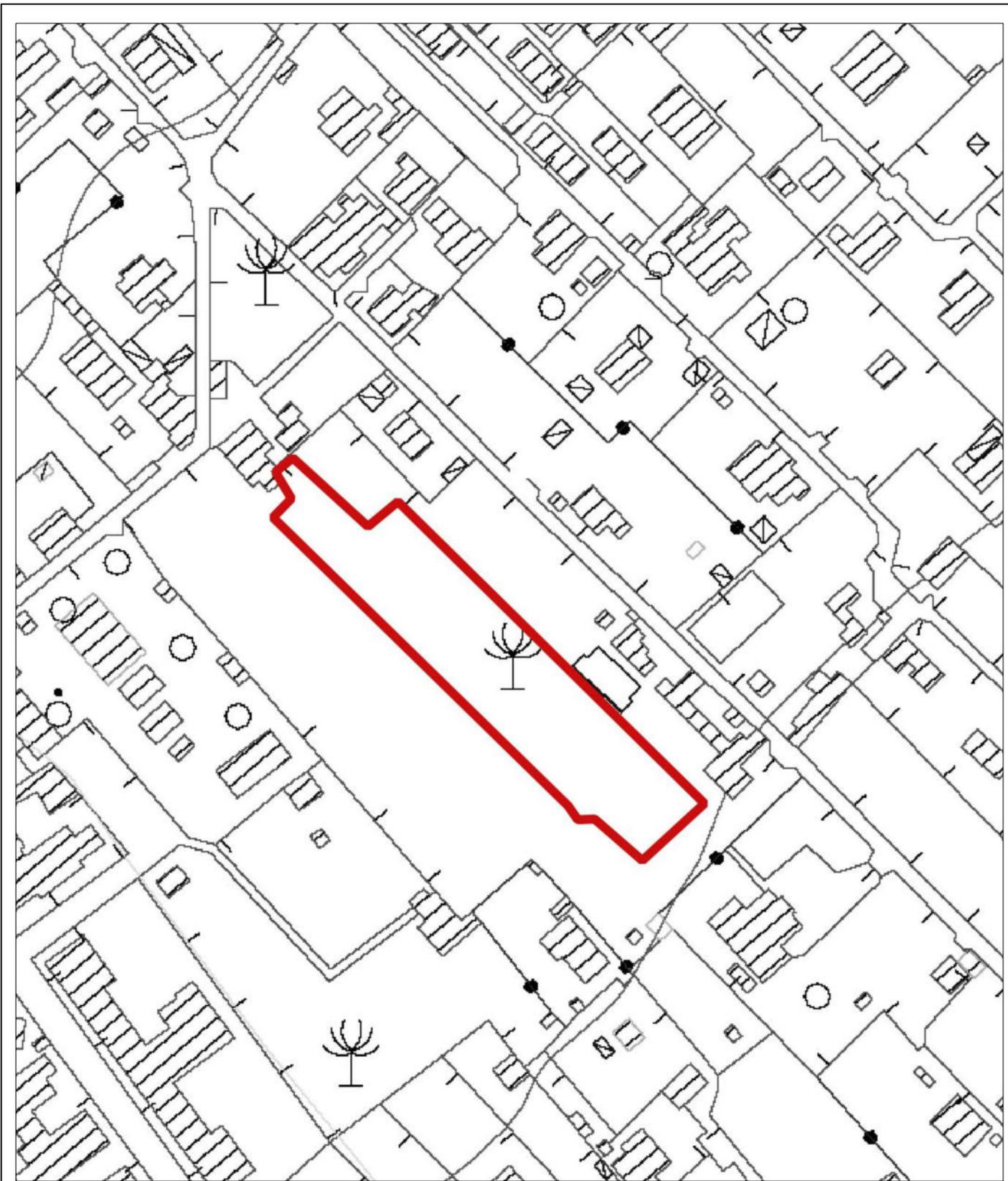
Il Geologo

Dr. Giovanni Pantaleo

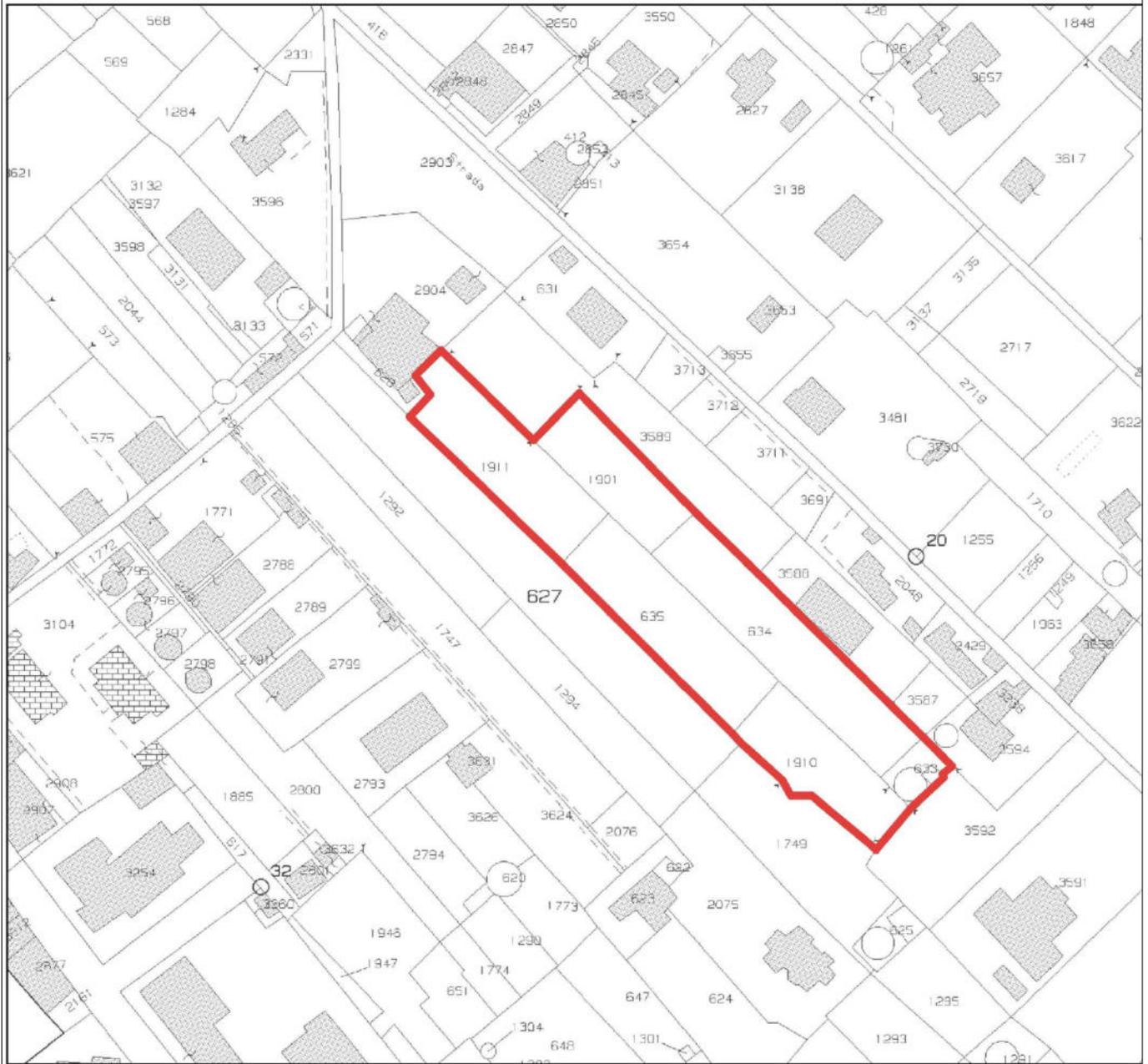
(Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia n. 2923 sez. A)



<p>ORIENTAMENTO</p> 	<p>ELABORATO</p> <p style="text-align: center;">STRALCIO TOPOGRAFICO</p>		<p>IL GEOLOGO</p> 
<p>Lotti di Progetto</p> 	<p>NUM.</p> <p style="text-align: center;">1</p>	<p>CARTOGRAFIA</p> <p style="text-align: center;">I.G.M.I</p>	
<p>SCALA</p> <p style="text-align: center;">1:25.000</p>	<p>SEZIONE</p> <p style="text-align: center;">"Capo Rama" Foglio n° 249 III N.O.</p>		
<p>DATA</p> <p style="text-align: center;">Maggio 2021</p>	<p>RIF. PROG.</p> <p style="text-align: center;">GT4221</p>	<p>COMMITTENTE</p> <p style="text-align: center;">Tocco Matteo Giuseppe & Paolo</p>	



<p>ORIENTAMENTO</p> 	<p>ELABORATO</p> <p style="text-align: center;">STRALCIO AEREOFOTOGRAMMETRICO</p>		<p>IL GEOLOGO</p> 
<p>Lotto di Progetto</p> 	<p>NUM.</p> <p style="text-align: center;">2</p>	<p>CARTOGRAFIA</p> <p style="text-align: center;">C.T.R.</p>	
<p>SCALA</p> <p style="text-align: center;">1:10.000</p>	<p>SEZIONE</p> <p style="text-align: center;">" Cinisi - Punta Raisi " 594020</p>		
<p>DATA</p> <p style="text-align: center;">Maggio 2021</p>	<p>RIF. PROG.</p> <p style="text-align: center;">GT4221</p>	<p>COMMITTENTE</p> <p style="text-align: center;">Tocco Matteo Giuseppe & Paolo</p>	



0 25 50 75 100 m



 Limiti progetto

ORIENTAMENTO



ELABORATO

STRALCIO CATASTALE

NUM.

3

FOGLIO

10

SCALA

1:2.000

PARTICELLE

1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623

DATA

Maggio 2021

RIF. PROG.

GT4221

COMMITTENTE

Tocco Matteo Giuseppe & Paolo

IL GEOLOGO



2351600

2352000

2352400



2351600

2352000

2352400

0 100 200 300 400 m



 Limiti progetto



ORIENTAMENTO



ELABORATO

STRALCIO ORTOFOTO

NUM.

4

Z.T.O.

AREA BIANCA

LEGENDA



Lotto di progetto

SCALA

1:10.000

RIFERIMENTI CATASTALI

Foglio n° 10, Particelle 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623

DATA

Maggio 2021

RIF. PROG.

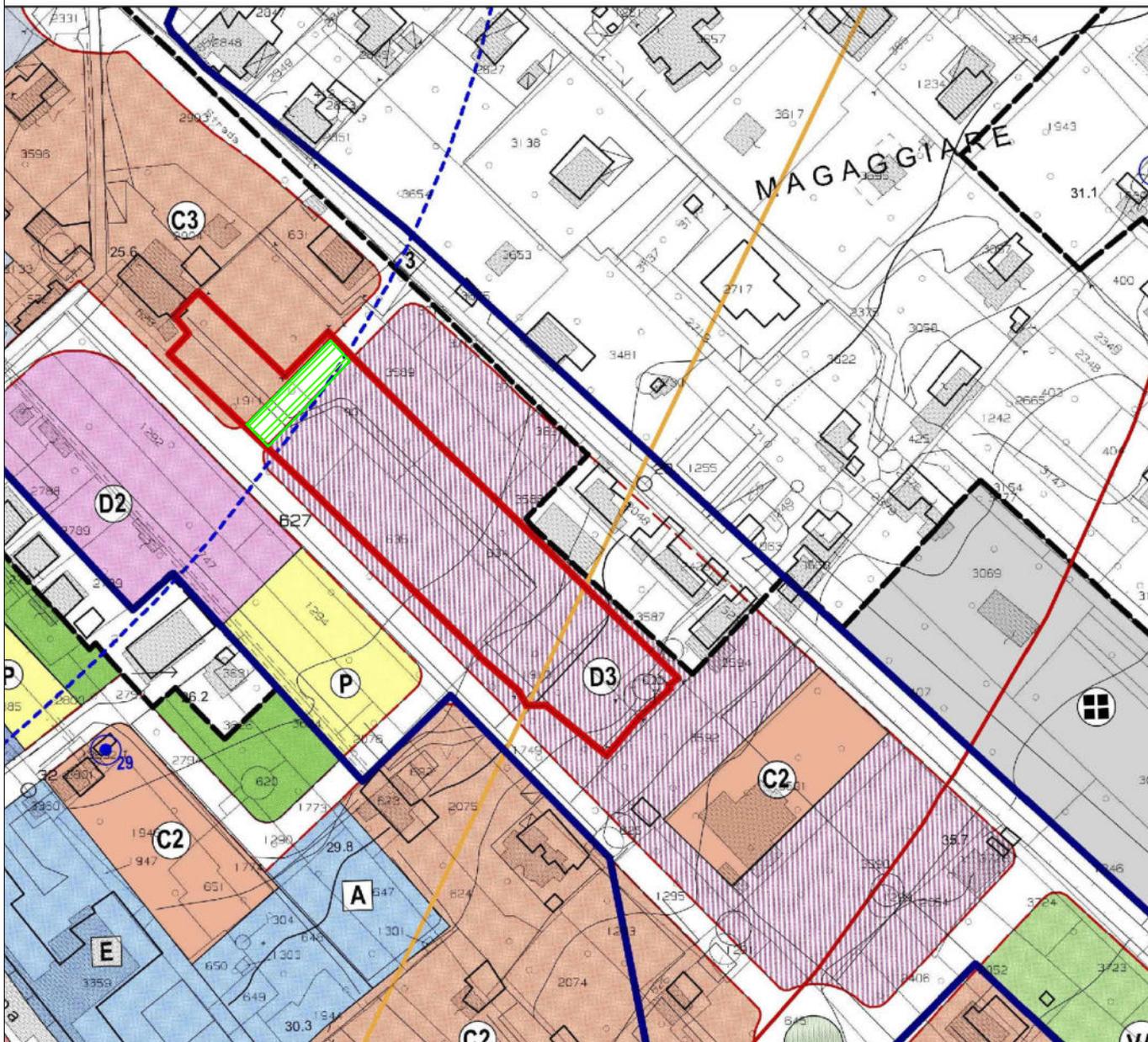
GT4221

COMMITTENTE

Tocco Matteo Giuseppe & Paolo

IL GEOLOGO





ORIENTAMENTO

ELABORATO

STRALCIO PRG

NUM. 5	Z.T.O. C3- D3 - AREA BIANCA
--------	-----------------------------

IL GEOLOGO

LEGENDA

- Lotto di progetto
- Strada di Piano

SCALA

1:10.000

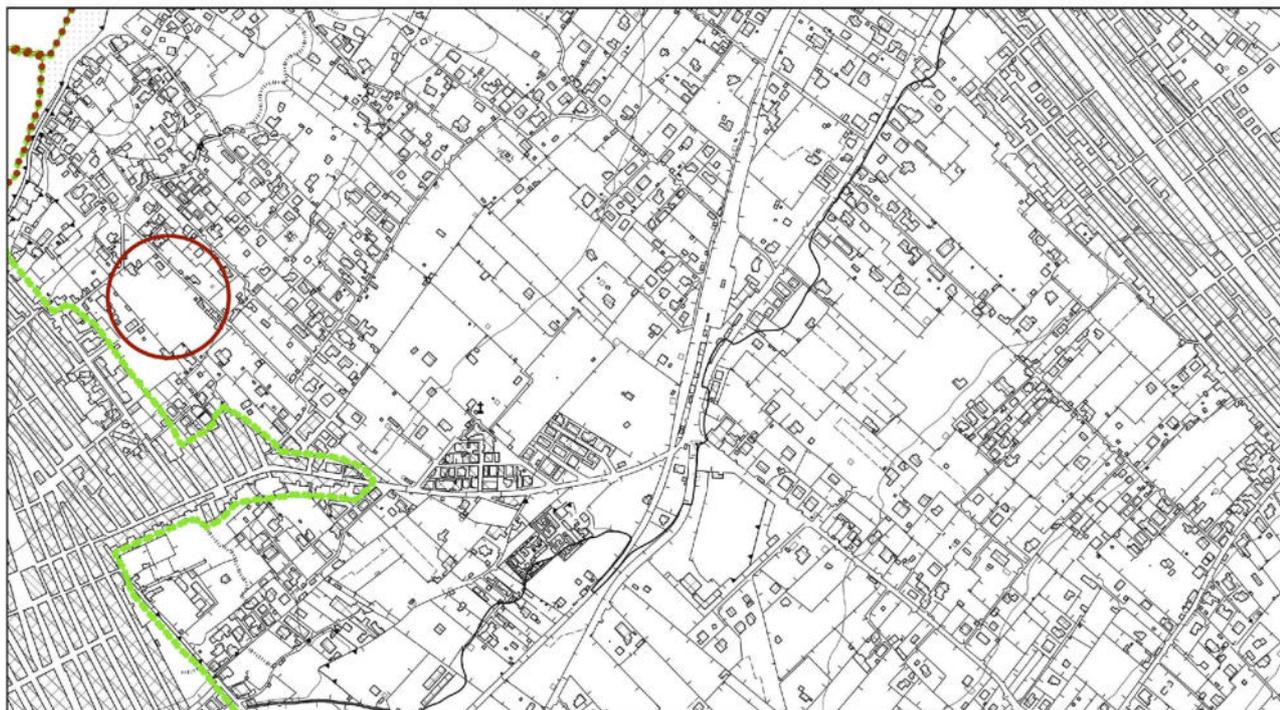
DATA

RIFERIMENTI CATASTALI

Foglio n° 10 part. I.e 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623

RIF. PROG.

COMMITTENTE



LEGENDA

LIVELLI DI PERICOLOSITA'

-  P0 basso
-  P1 moderato
-  P2 medio
-  P3 elevato
-  P4 molto elevato
-  Sito di attenzione

LIVELLI DI RISCHIO

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

-  Limite bacino idrografico
-  Limite area territoriale
-  Limite comunale

REPUBBLICA ITALIANA
 Regione Siciliana
 Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente
 DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'AMBIENTE
 Servizio 3 - ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO
**Piano Stralcio di Bacino
 per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)**
PROV. DI MESSINA
 Bacino Idrografico del Fiume Nocella ed
 Area Territoriale tra il Fiume Nocella ed il Fiume Jato (042)
 Area Territoriale tra Punta Raisi ed il Fiume Nocella (041)
 1° Aggiornamento "Parziale"
 (C.T.R. n. 5949/09)



CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO
 COMUNI DI
 CINISI, TERRESVIA
 Scala 1:10.000



Anno 2013

ORIENTAMENTO



ELABORATO

STRALCIO PAI

NUM.

6

RIFERIMENTO CARTOGRAFICO

Stralcio Carta della Pericolosità e del Rischio
 geomorfologico n° 10

LEGENDA



SCALA

1:10.000

SEZIONE

594020 - " Cinisi - Punta Raisi"

DATA

Maggio 2021

RIF. PROG.

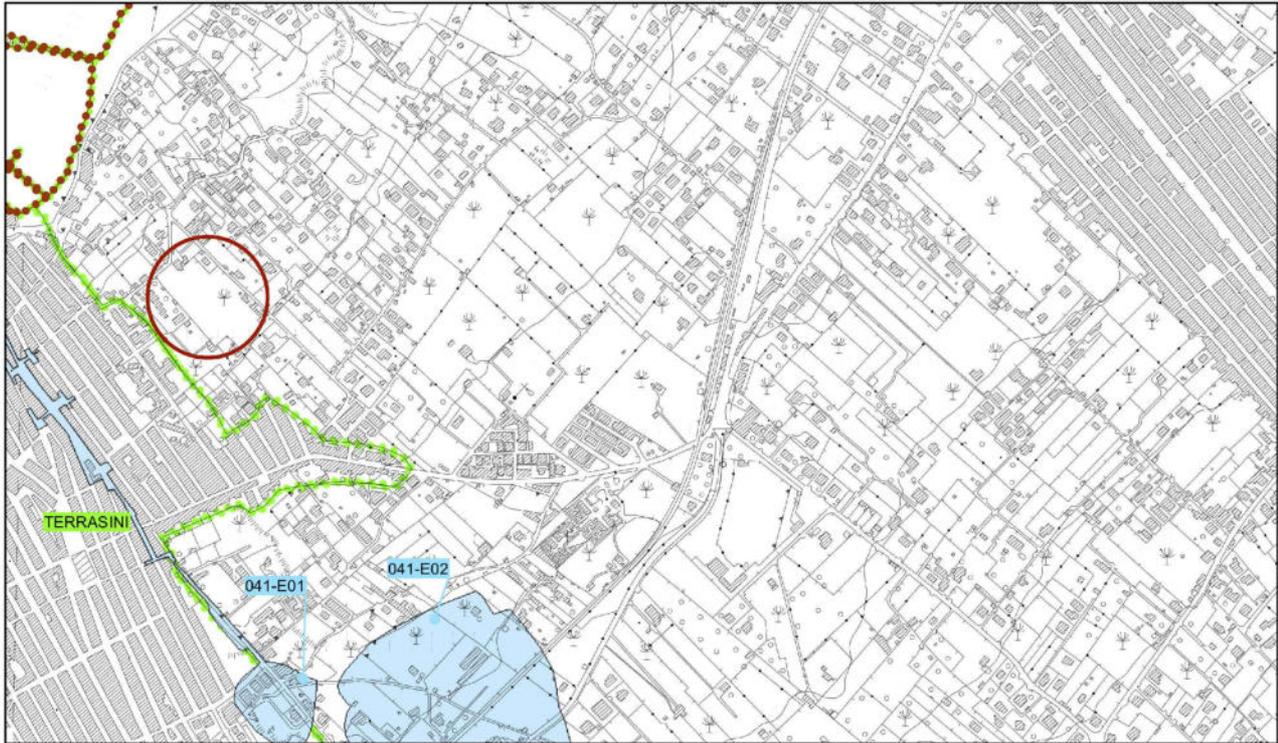
GT4221

COMMITTENTE

Tocco Matteo Giuseppe & Paolo

IL GEOLOGO





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 "ASSESSATO DEL TERRITORIO E DELLA DEL SUOLO"

Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

(ART. 1 C.L. N. 30 DEL 28 FEBBRAIO 1987, CON LA LEGGE N. 36 DEL 28 MARZO 1987)

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

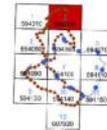


CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA PER FENOMENI DI ESONDAZIONE N° 02

COMUNE DI

Cinisi - Terrasini

Scala 1:10.000



Anno 2008

ORIENTAMENTO



ELABORATO

STRALCIO PAI

NUM.

7

RIFERIMENTO CARTOGRAFICO

Stralcio Carta del Rischio Idraulico per fenomeni di esondazione n° 10

LEGENDA



SCALA

1:10.000

SEZIONE

594020 - " Cinisi - Punta Raisi"

DATA

Maggio 2021

RIF. PROG.

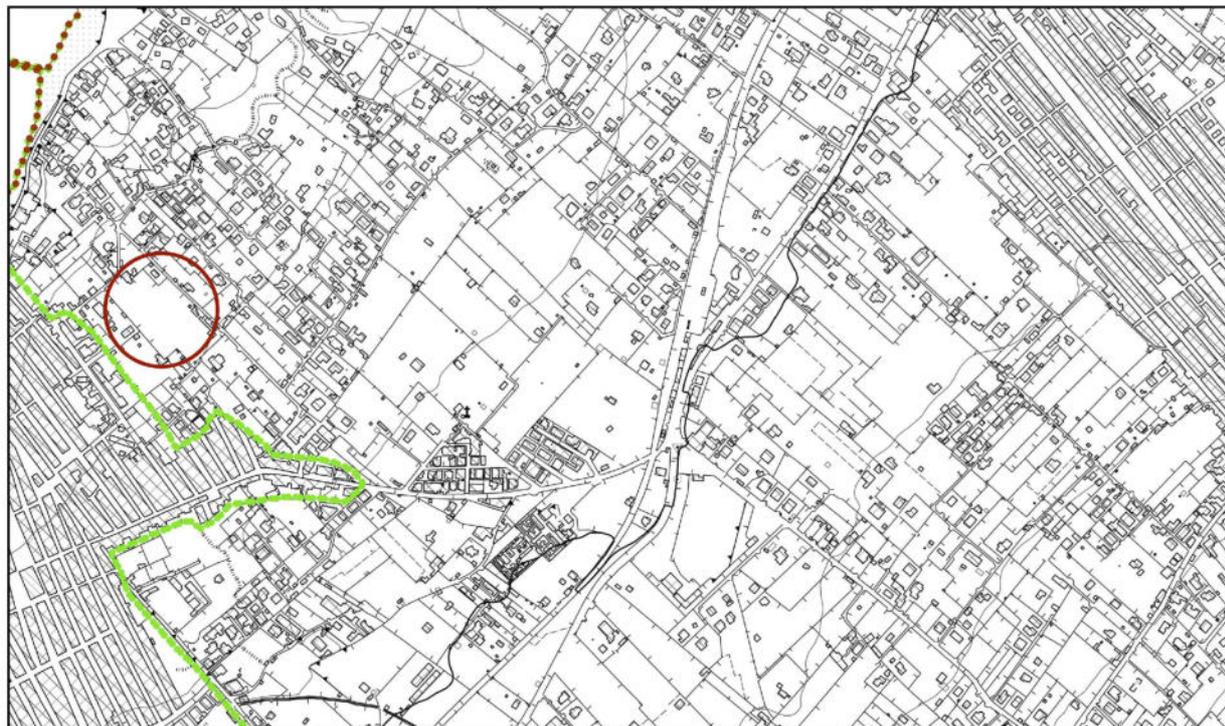
GT4221

COMMITTENTE

Tocco Matteo Giuseppe & Paolo

IL GEOLOGO





LEGENDA

FENOMENI FRANOSI

- Cracks or settlements
- Rapid sliding
- Spreading
- Sliding
- Complex failure
- Lateral expansion or gravitational deformation (DGPV)
- Slow sliding
- Area of diffuse landslide
- Slow surface deformation
- Calanchi
- Dissected areas due to accelerated erosion
- Sinkholes

STATO DI ATTIVITA'

- Attivo
- Inattivo
- Quiescente
- Stabilizzato artificialmente o naturalmente

Limiti:

- Limite bacino idrografico
- Limite area territoriale
- Limite comunale

REPUBBLICA ITALIANA

Regione Siciliana
Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente

DIPARTIMENTO REGIONALE DELL'AMBIENTE
Servizio 3 - ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO

Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Bacino Idrografico del Fiume Nocella ed Area Territoriale tra il Fiume Nocella ed il Fiume Jato (042) Area Territoriale tra Punta Raisi ed il Fiume Nocella (041)

1° Aggiornamento "Parziale"
(C.T.R. n. 594020)

CARTA DEI DISSESTI
COMUNE DI: CINISI - TERRASINI
Scala 1:10.000

Anno 2013

ORIENTAMENTO

ELABORATO

STRALCIO PAI

NUM. 8

RIFERIMENTO CARTOGRAFICO
Stralcio Carta dei Dissesti

IL GEOLOGO

LEGENDA

SCALA
1:10.000

SEZIONE
594020 - "Cinisi - Punta Raisi"

DATA
Maggio 2021

RIF. PROG.
GT4221

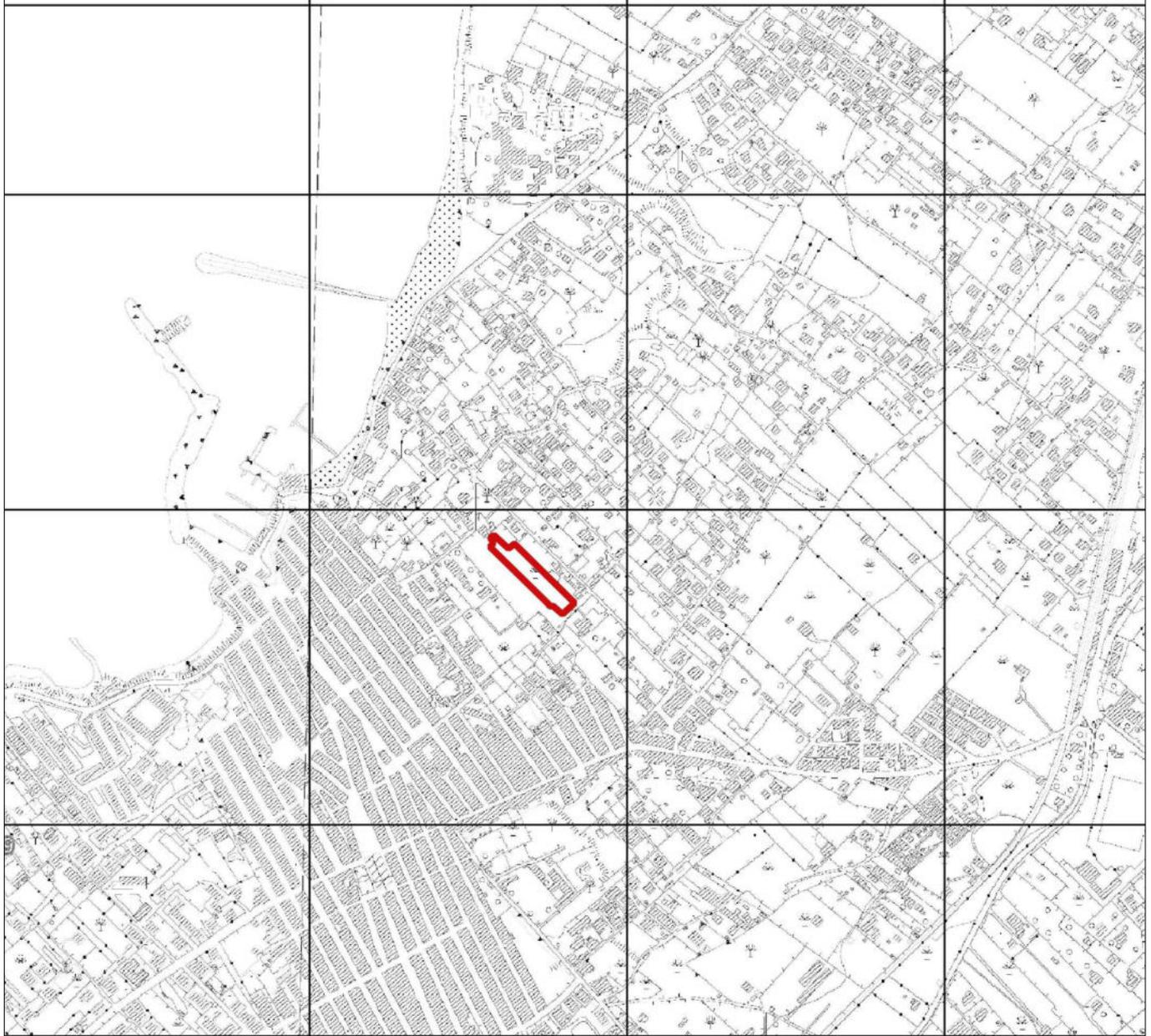
COMMITTENTE
Tocco Matteo Giuseppe & Paolo

500

2352000

2352500

2353000



2352500

2353000

ORIENTAMENTO



UBICAZIONE LOTTO



ELABORATO

CARTE DELLE AREE SIC E ZPS

NUM.

9

FOGLIO

10

SCALA

1:25.000

PARTICELLE

1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623

DATA

Maggio 2021

RIF. PROG.

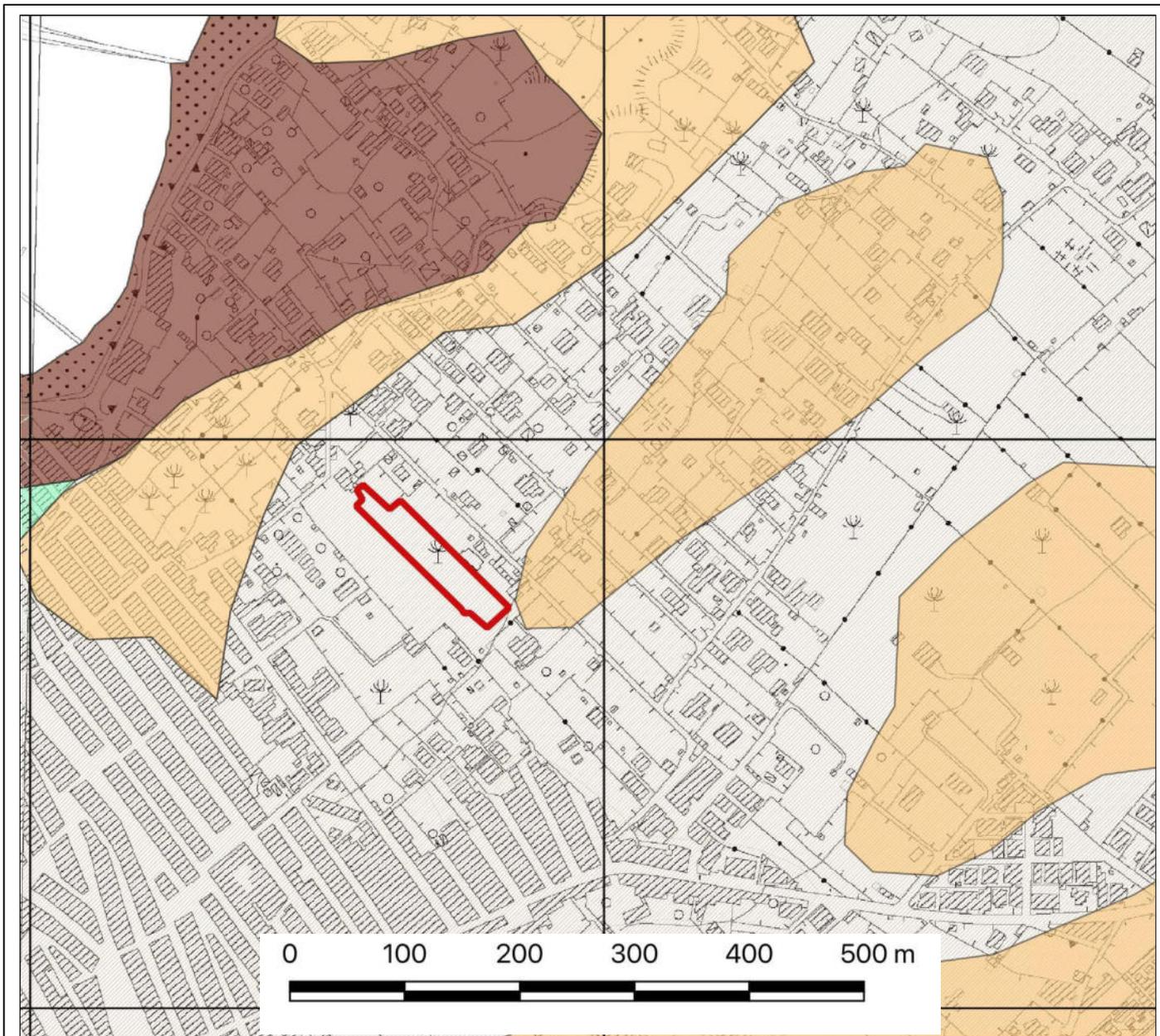
GT4221

COMMITTENTE

Tocco Matteo Giuseppe & Paolo

IL GEOLOGO





LEGENDA

- Calcareniti MRSc - Sintema di Marsala
- Flysh Numidico FYN
- Calcilutiti AMM - Formazione Amerillo
- Coltre eluvio-colluviale
- Limiti progetto

ORIENTAMENTO

ELABORATO

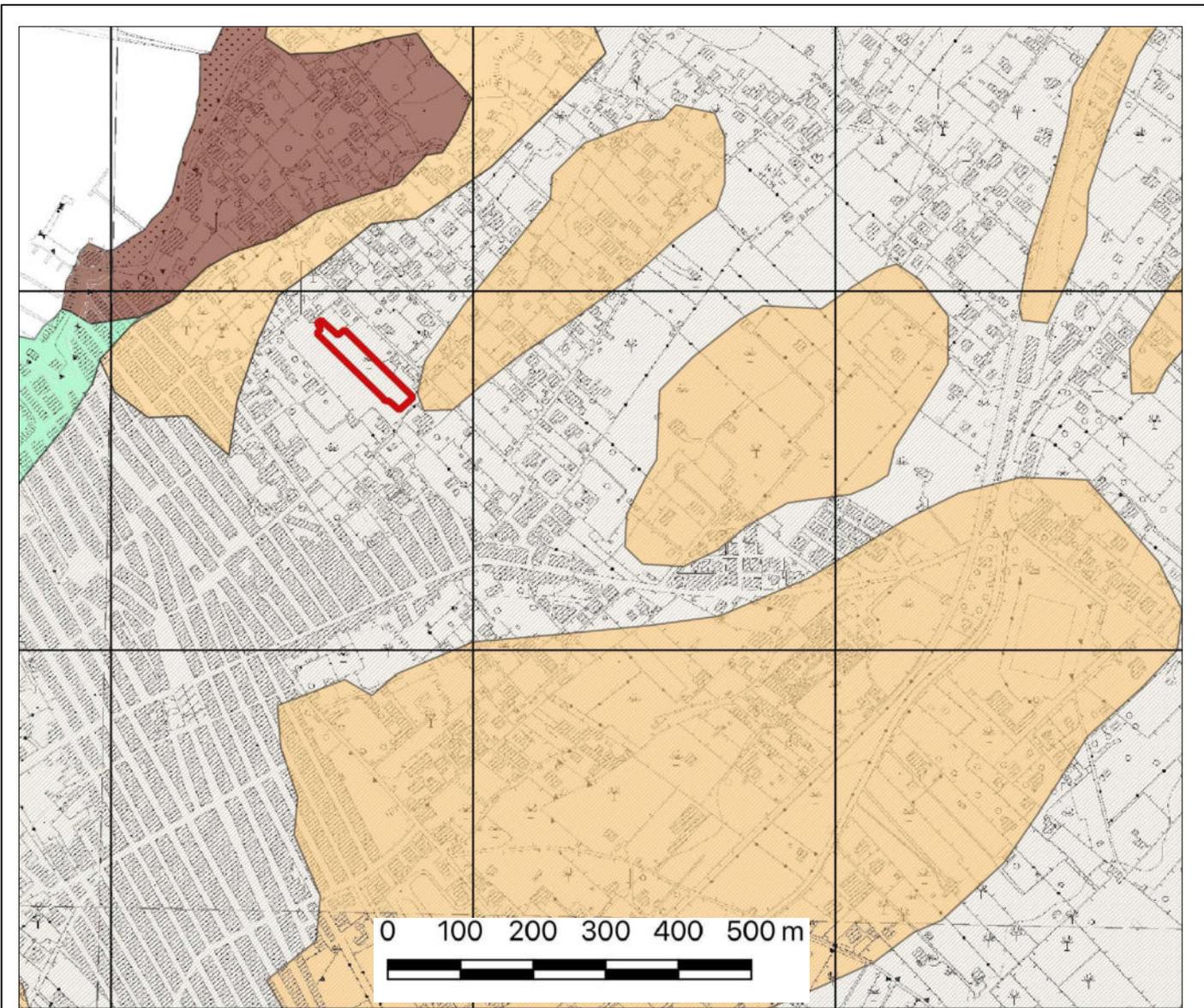
CARTA GEOLOGICA

NUM.	10	CARTOGRAFIA	C.T.R.
------	----	-------------	--------

IL GEOLOGO

SCALA	1:10.000
DATA	Maggio 2021

SEZIONE	594020 "Cinisi- Capo Rama"
RIF. PROG.	GT4221
COMMITTENTE	Tocco Matteo Giuseppe & Paolo



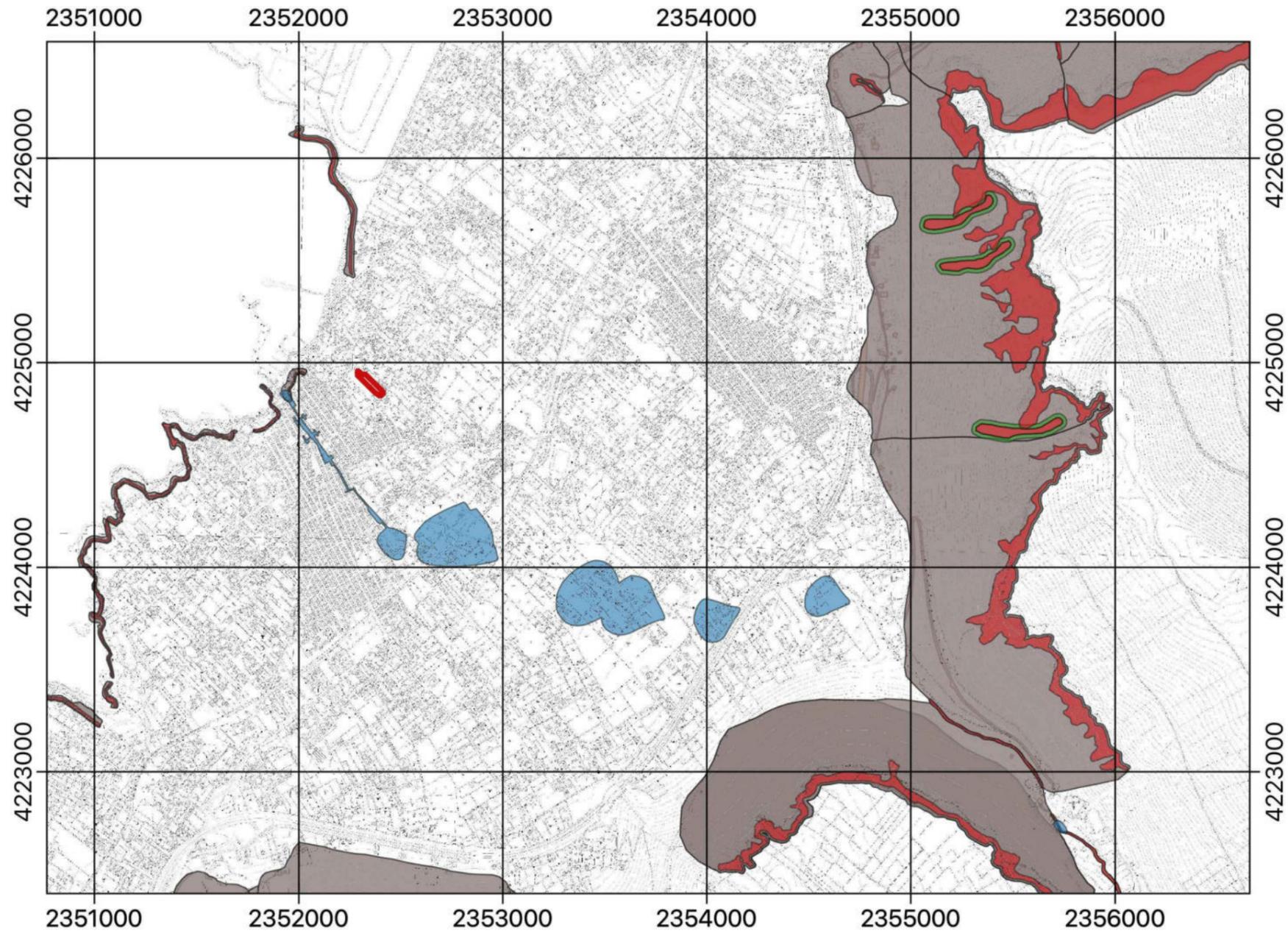
LEGENDA

- Coltre eluvio-colluviale K 10-4 cm/sec
- Complesso dei depositi marini K 10-1 e 10-4 cm/sec
- Facies pelitica del flysch K 10-6 e 10-8
- Calcilutiti K 10-3 e 10-5
- Limiti progetto

ORIENTAMENTO 	ELABORATO CARTA IDROGEOLOGICA		IL GEOLOGO
	NUM. 11	CARTOGRAFIA Carta Tecnica Regionale	
SCALA 1:10.000	SEZIONE 594020 "Cinisi- Capo Rama"		
DATA Maggio 2021	RIF. PROG. GT4221	COMMITTENTE Tocco Matteo Giuseppe & Paolo	



ELABORATO			CARTA DELLE PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICHE		
NUM.	12	CARTOGRAFIA Carta Tecnica Regionale			
SCALA	1:10.000	SEZIONE 594020 "Cinisi- Capo Rama"			
DATA	Maggio 2021	RIF. PROG. GT4221	COMMITTENTE Tocco Matteo Giuseppe & Paolo		



- Dissesti
- Fascia di rispetto P3 P4 geomorfologica
- Pericolosità geomorfologica
- Rischio geomorfologico
- Siti di attenzione
- Limiti progetto



2352150

2352300

ORIENTAMENTO



ELABORATO
CARTA DELLE INDAGINI ACQUISITE ED ESEGUITE

NUM.
13

FOGLIO
10

Lotti di Progetto



SCALA
1:2000

PARTICELLE

1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623

DATA
Maggio 2021

RIF. PROG.
GT4221

COMMITTENTE

Tocco Matteo Giuseppe & Paolo

IL GEOLOGO



4224900

42249

4224750

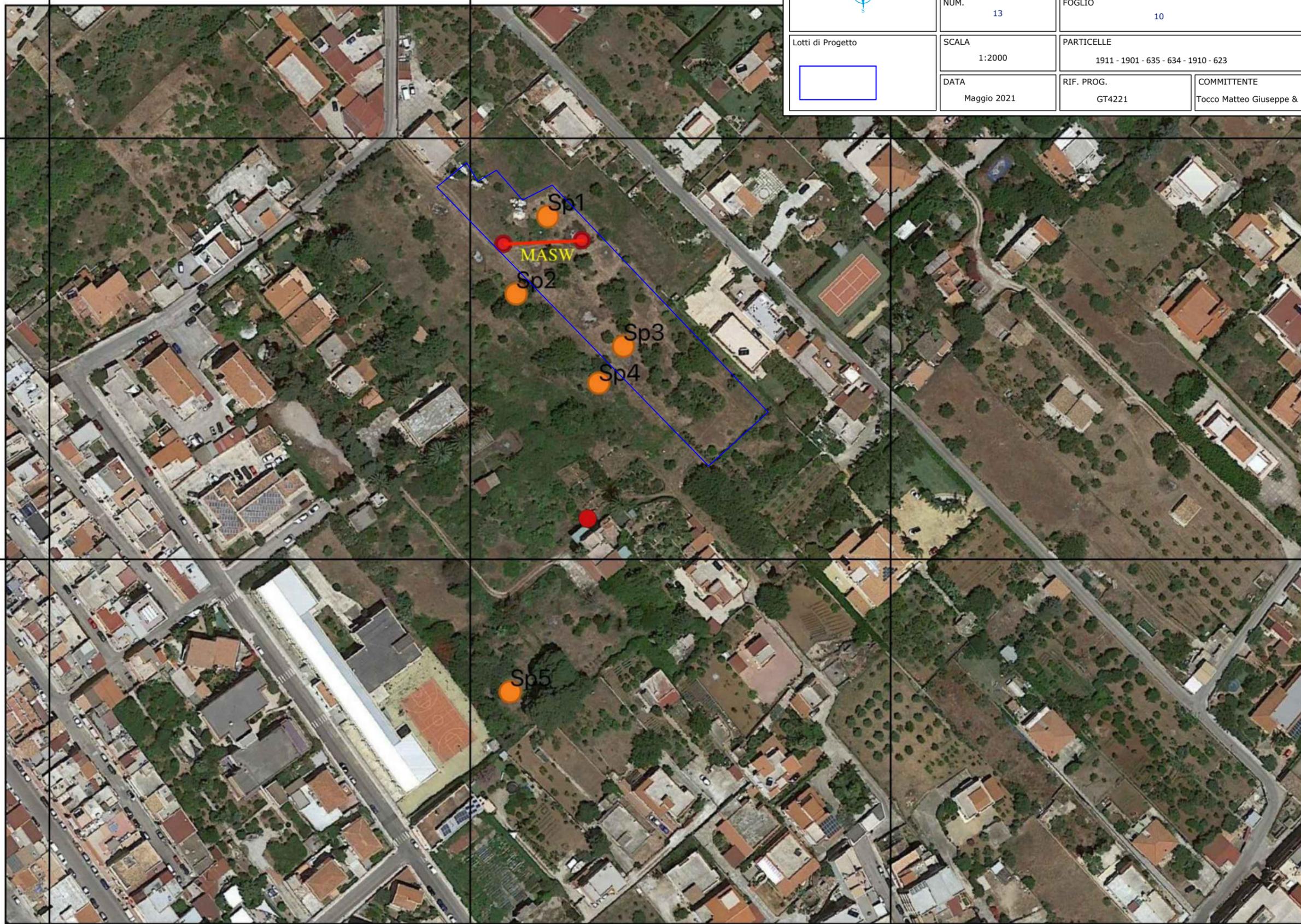
4224750

2352150

2352300

2352450

● Saggi geognostici (pozzetti esplorativi) ● MASW



2352200

2352400

ORIENTAMENTO



ELABORATO

CARTA GEOLOGICA

NUM.

14

FOGLIO

10

Lotti di Progetto



SCALA

1:2.000

PARTICELLE

1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623

DATA

Maggio 2021

RIF. PROG.

GT4221

COMMITTENTE

Tocco Matteo Giuseppe & Paolo

IL GEOLOGO



4225000

4225000

4224800

4224800

2352200

2352400

2352600

-  Calcareniti MRSc - Sintema di Marsala
-  Coltre eluvio-colluviale
-  Limiti progetto

4225000

4224800

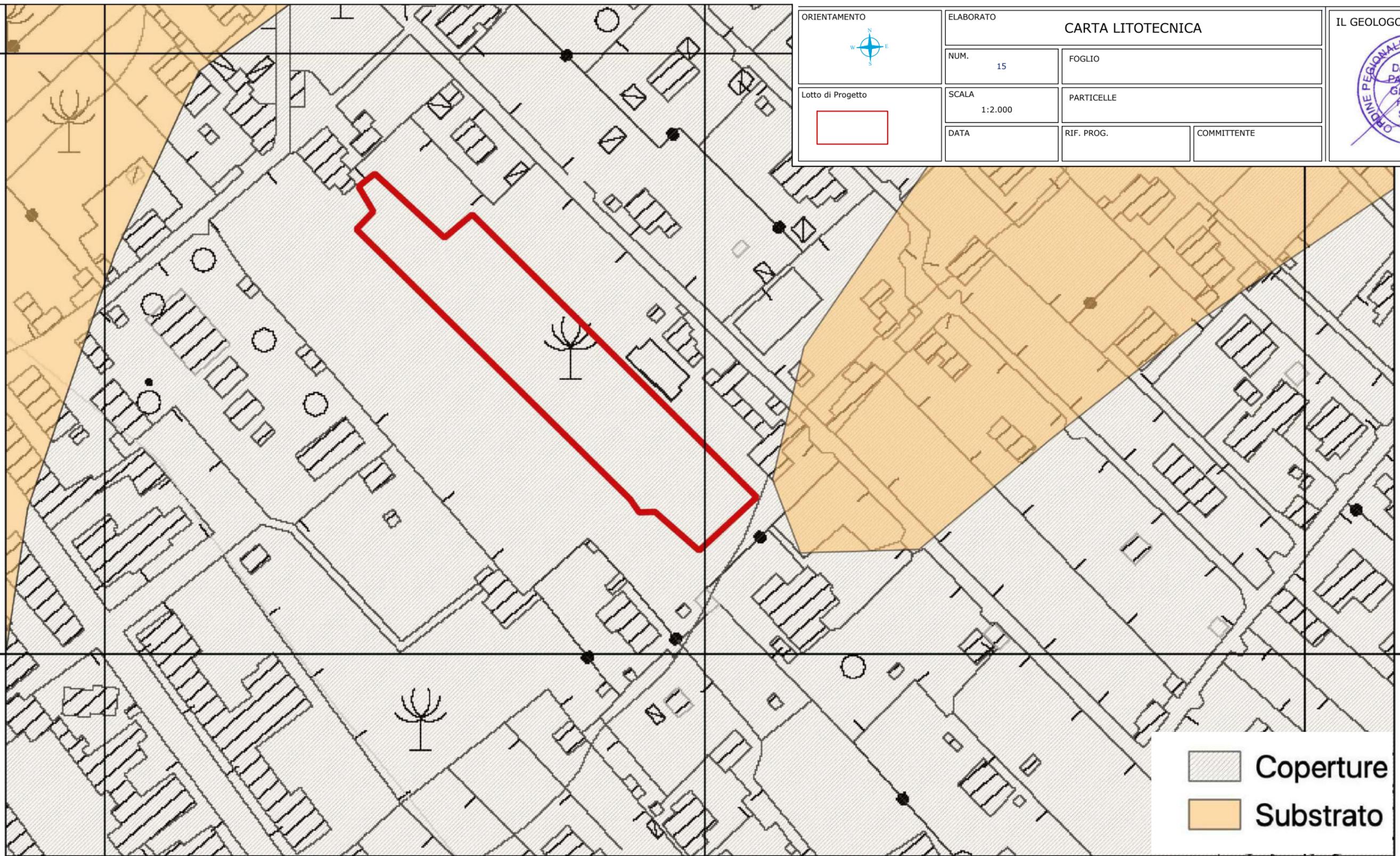
4224800

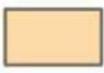
2352200

2352400

2352600

ORIENTAMENTO  Lotto di Progetto 	ELABORATO CARTA LITOTECNICA		IL GEOLOGO 
	NUM. 15	FOGLIO	
SCALA 1:2.000	PARTICELLE		
DATA	RIF. PROG.	COMMITTENTE	



	Coperture
	Substrato



Sabbie e calcareniti: nella classifica orientativa dello stato di compattezza dei terreni granulari corrisponde ad un valore di N_{spt} medio variabile da 10 ÷ 30. Per quanto riguarda i parametri geotecnici, per i terreni di fondazione assimilati a *sabbie mediamente addensate*, l'angolo di attrito in termini di tensioni efficaci si considera $< 30^\circ$ e il peso dell'unità di volume attorno a 18 KN/mc..

si considerano i seguenti parametri geotecnici di riferimento:

- peso specifico di volume (stato naturale) = 1,80 T/m³
- angolo di attrito interno' = 28° coesione (in termini di tensioni efficaci) $C' = 0,0$ T/m²
- coesione in condizioni drenate $C_u = 0,0$ T/m²

CLASSIFICAZIONE LITOTECNICA AI SENSI DELL' ALLEGATO D) CIRCOLARE ARTA 26 GIUGNO 2014 PROT. 28807

In armonia con la Circolare 20 Giugno 2014, prot. n. 28807 che abroga e sostituisce la Circolare 15 Ottobre 2012, prot. n. 57027 e la precedente Circolare 2222/95 dell'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente e s.m.i. le unità litotecniche sono rappresentate dalla "copertura".

Relativamente alle caratteristiche granulometriche e alle proprietà tecniche, l'intera copertura può essere individuata come "SEDIMENTI A GRANA MEDIO FINE", rappresentati da **materiali cementati**, di tipo "G3 - SABBIE cementate"



In corrispondenza e su un intorno significativo dell' area di progetto si riscontra che:

- I luoghi appaiono stabili dal punto di vista dell'equilibrio geomorfologico e non si ravvisano elementi che possano alterare in un prossimo futuro le condizioni di equilibrio da essi raggiunte.
- Il lotto insiste in una fascia di territorio ad andamento suborizzontale solo lievemente digradante verso la linea di costa con acclività che varia da 0° a 5°.
- Non esistono tracce e/o forme riconducibili a deflussi concentrati delle acque meteoriche che possano determinare invasioni del lotto da parte di tributi idrici provenienti da monte e fenomeni erosivi concentrati

422500

4224800

2352200

2352400

2352600

4224800

ORIENTAMENTO



Lotto di Progetto



ELABORATO CARTA DELLE PRESCRIZIONI E DELLE INDICAZIONI ESECUTIVE

NUM. 17

FOGLIO 10

SCALA 1:2.000

SEZIONE 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623

DATA Maggio 2021

RIF. PROG. GT4221

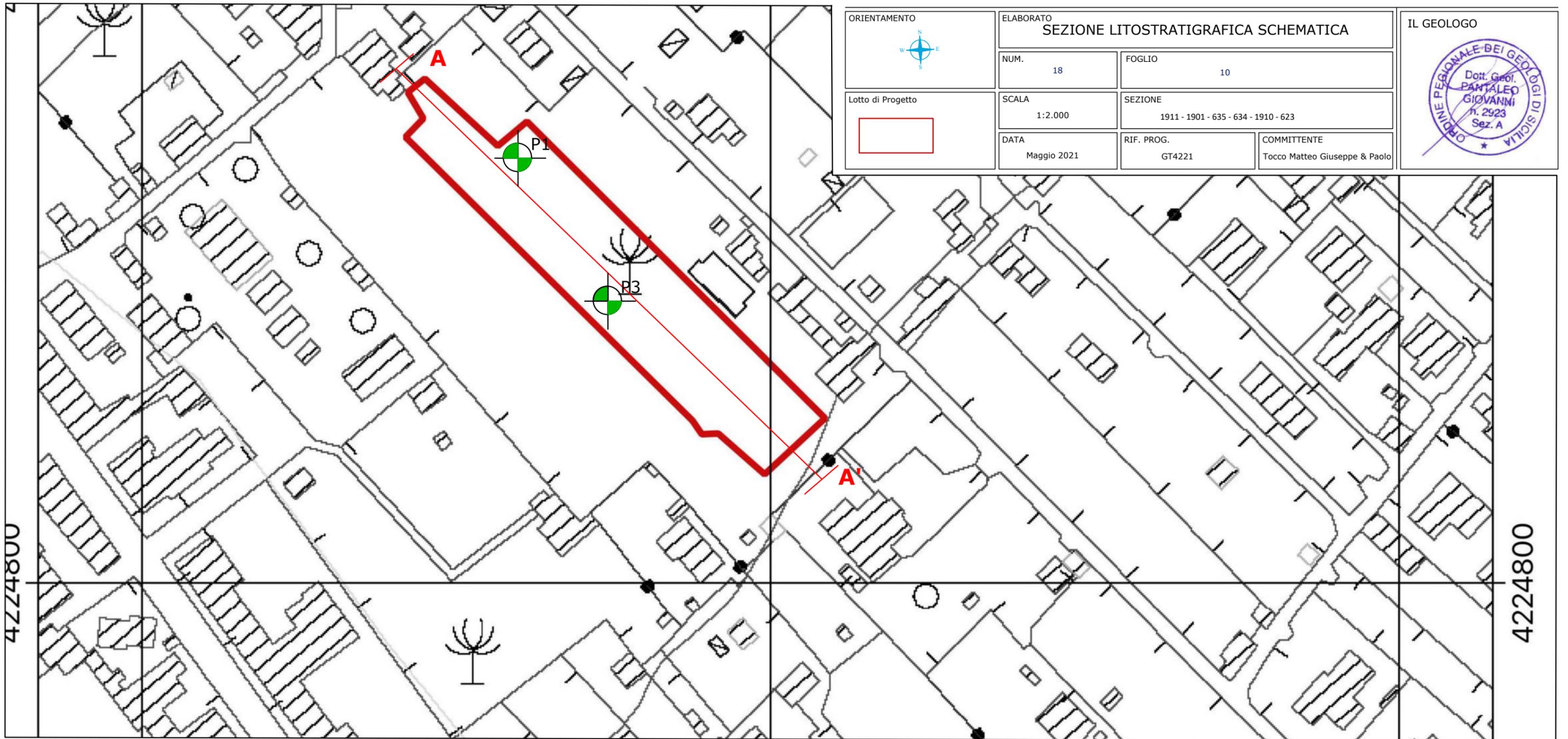
COMMITTENTE Tocco Matteo Giuseppe & Paolo

IL GEOLOGO

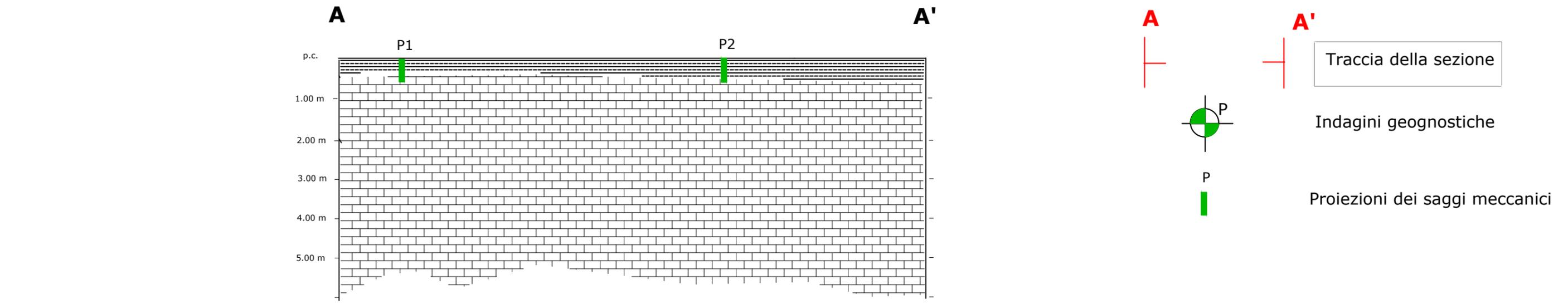


Sezione di progetto

- L' area **non è interessata da pericolosità geologiche** non ravvisandosi elementi di particolare attenzione.
- **Non si individuano** presupposti per risposte sismiche locali anomale che possano indurre amplificazioni significative di intensità macrosismica
- Le caratteristiche strutturali e tessiturali dei sedimenti così come le peculiarità idrogeologiche individuate, inoltre, **escludono** la possibilità che si realizzino fenomeni di liquefazione, se si esclude la copertura dai terreni di fondazione.
- Il sito **non rientra** tra le aree a rischio idrogeologico in quanto **non risulta** inserita tra le zone a pericolosità e rischio idrogeologico, né tra i siti di attenzione del P.A.I. (D.A.R.T.A. 298/41 del 04/07/2000 e s.m.i.)
- per quanto sopra esposto e alla luce di quanto riportato nella relazione geologica ne deriva un grado di pericolosità geologica trascurabile e di conseguenza la **vocazione del sito ad essere utilizzato per gli scopi di progetto**



ORIENTAMENTO 	ELABORATO SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA SCHEMATICA		IL GEOLOGO 
	NUM. 18	FOGLIO 10	
Lotto di Progetto 	SCALA 1:2.000	SEZIONE 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 - 623	
DATA Maggio 2021	RIF. PROG. GT4221	COMMITTENTE Tocco Matteo Giuseppe & Paolo	



REGIONE SICILIANA
COMUNE DI CINISI
AREA METROPOLITANA DI PALERMO

PROGETTO	Indagine Sismica con metodologia attiva del tipo MASW eseguita per lo Studio di compatibilità geomorfologica ai sensi della Circolare 3/DRA (A.R.T.A.) prot. 28807/14 a supporto del Rilascio del N.O. dell'Ufficio del Genio Civile ai sensi dell'art. 15 della L.R. n. 16/2016, propedeutica alla stesura del Rapporto ambientale in riferimento alla variante urbanistica concernete l'esecuzione della Sentenza TAR Palermo sez. III n. 1269/2020 emessa in accoglimento del ricorso n. 2533/2019 Tocco P. E Tocco M.G. C/Comune di Cinisi, sui terreni censiti presso l'Agenzia delle Entrate di Palermo - Territorio Servizi Catastali al Foglio del Comune di Cinisi n. 10 part.lla 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 – 623.				
ELABORATO	RELAZIONE SISMICA				
ELABORATI GRAFICI	<ul style="list-style-type: none"> SISMOGRAMMA CURVA DI DISPERSIONE SPERIMENTALE CURVA NUMERICA PROFILO VS NUMERICO 	ALLEGATI	<ul style="list-style-type: none"> DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA 		
INDAGINE	INDAGINE GEOFISICA CON LA METODOLOGIA MASW ATTIVA				
RILEVATORE	Dott. Geol. Giovanni Pantaleo	DATA INDAGINE	Maggio 2021	CODICE INDAGINE	
COMMITTENTE	Tocco Matteo Giuseppe & Paolo	DATA ELABORAZIONE		GT4221	
FIRMA DELLA DITTA COMMITTENTE		IL GEOLOGO CONSULENTE GEOFISICO			
					
VISTO DEL PROGETTISTA	VISTO DEL CALCOLISTA	VISTO DEL GEOLOGO	VISTO DELLA DITTA ESECUTRICE DEI LAVORI		
VISTI E APPROVAZIONI					
Geologo Giovanni Pantaleo		Via G.B. Pergolesi n° 1 – 90047 Partinico (PA)	geogpantaleo@gmail.com	Cell. 329/2287875	P.iva: 05859950825

INDICE

1	Premessa.....	2
1.1	<i>NORMATIVE DI RIFERIMENTO.....</i>	2
1.2	<i>CENNI SULLA METODOLOGIA D'INDAGINE MASW.....</i>	3
2	Generalità sulle prospezioni geofisiche eseguite.....	4
2.1	<i>STRUMENTAZIONE.....</i>	4
2.2	<i>GEOMETRIA DELLA PROVA MASW S1.....</i>	4
3	Elaborazione dei dati della prova MASW S1.....	5
4	Considerazioni conclusive.....	8
4.1	<i>CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE.....</i>	8
4.2	<i>PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE E INDICAZIONI PER LA VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA.....</i>	9
4.3	<i>CENNI DI MICROZONAZIONE SISMICA LOCALE E STIMA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE.....</i>	10
4.4	<i>CONDIZIONI TOPOGRAFICHE.....</i>	10
4.5	<i>PROFILO SISMICO E NOTE CONCLUSIVE.....</i>	11

1 Premessa

Il sottoscritto **Geologo Giovanni Pantaleo**, iscritto all'Albo Regionale dei Geologi di Sicilia, con il numero 2923 sez. A, su incarico conferito dai **Sigg. Tocco Matteo Giuseppe** nato a Terrasini (PA) il 27/09/1961 residente a Cinisi (PA) nella via Renato Guttuso n. 43 - C.F. TCC MTG61P27L131B e **Tocco Paolo** nato a Terrasini il 12/06/1958 residente in Terrasini via Dante Alighieri n. 45 – C.F. TCCPLA58H12L131U, ha eseguito una indagine sismica (denominata MW1) con la metodologia MASW attiva, finalizzata alla classificazione sismica del terreno di fondazione, per lo *“Rilascio del N.O. dell'Ufficio del Genio Civile ai sensi dell'art. 15 della L.R. n. 16/2016, propedeutica alla stesura del Rapporto ambientale in riferimento alla variante urbanistica concernete l'esecuzione della Sentenza TAR Palermo sez. III n. 1269/2020 emessa in accoglimento del ricorso n. 2533/2019 Tocco P. E Tocco M.G. C/Comune di Cinisi, sui terreni censiti presso l'Agenzia delle Entrate di Palermo - Territorio Servizi Catastali al Foglio del Comune di Cinisi n. 10 part.lla 1911 - 1901 - 635 - 634 - 1910 – 623”*.

1.1 Normative di riferimento

D.M. LL.PP. del 11/03/1988. Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

D.M. LL.PP. del 14/02/1992. Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche.

D.M. 9 Gennaio 1996. Norme Tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche

D.M. 16 Gennaio 1996. Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi

D.M. 16 Gennaio 1996. Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Circolare Ministero LL.PP. 15 Ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C.. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 Gennaio 1996

Circolare Ministero LL.PP. 10 Aprile 1997 N. 65/AA.GG.. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 Gennaio 1996

Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20.3.2003. Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Norme tecniche per le Costruzioni. Decreto Ministeriale 17 Gennaio 2018, GURS 20/02/2018

Eurocodice 7

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.

Eurocodice 8

Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

1.2 Cenni sulla metodologia d'indagine MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle *onde di Rayleigh*, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m, in funzione della rigidità del suolo.

Il metodo MASW consiste in tre fasi (Roma, 2002): (1) la prima fase prevede il calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale, (2) la seconda fase consiste nel calcolare la velocità di fase apparente numerica, (3) la terza ed ultima fase consiste nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il *coefficiente di Poisson* μ), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato. Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due.

In genere quando l'errore relativo tra curva sperimentale e curva numerica è compresa tra il 5% e il 10% si ha un soddisfacente accordo tra le due curve e il profilo di velocità delle onde di taglio V_s e quindi il tipo di suolo sismico conseguente rappresentano una soluzione valida da un punto di vista ingegneristico.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità V_{s30} e quindi individuare la categoria sismica del suolo. È necessario avere a disposizione altre informazioni complementari sulla natura e sul comportamento geotecnico del suolo, prima di poter procedere alla classificazione sismica nel caso si sospetti la presenza di suoli di tipo S1 o S2.

2 Generalità sulle prospezioni geofisiche eseguite

2.1 Strumentazione

La strumentazione utilizzata è così composta:

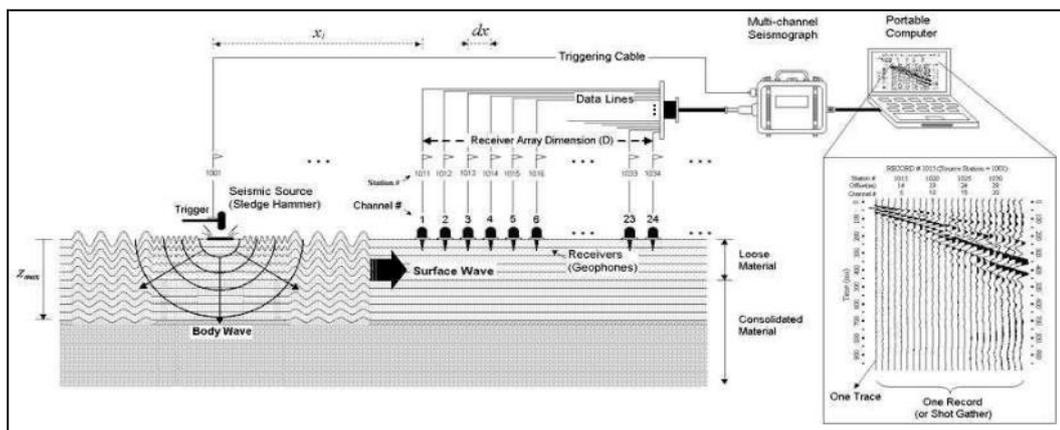
- Sismografo digitale 24 canali, a 24 bit, del tipo **Dolang Geophysical Jea 247+**
- 24 *jea units* che lavorano con un notebook pc.
- 4 cavi telemetrici per una lunghezza totale di 130m.
- “Mom power supply”.
- 24 geofoni verticali 4.5 Hz.
- Piastra di battuta Alufer D = 20 cm. H = 5 cm, con connettore per *trigger*.
- Mazza battente da 10 Kg.

Le acquisizioni sono eseguite mediante un “Software Panel Acquisition Dolang 247 FTDI”.

2.2 Geometria della prova MASW S1

La prova è stata eseguita lungo uno stendimento (*line lenght*) di 24 m. I 12 geofoni sono stati distanziati di 2.0 m.

Sono state eseguite delle acquisizioni, minimo tre, con diverse posizioni della sorgente. All'esterno dello stendimento, in posizione 0 m (*end shot 1*), con distanza 2.00 m rispettivamente dal 1° geofono.



3 Elaborazione dei dati della prova MASW S1

3.1. Curva di dispersione apparente sperimentale prova MASW

L'elaborazione delle tracce sismiche rilevate in situ è stata eseguita mediante il software "MASW". La prima fase dell'interpretazione è stata impiegata per la ricerca della curva di dispersione sperimentale, partendo da un tracciato di misura ritenuto più significativo.

Osservando la posizione dei picchi assoluti dello spettro f-k è stato possibile individuare agevolmente un intervallo di frequenza entro cui si trova la parte significativa dello spettro. Nel caso specifico la zona che individua i picchi assoluti dello spettro è compresa tra circa 7Hz e circa 60Hz. È comunque esteso l'intervallo di frequenza per il calcolo della curva di dispersione, considerando il range 2 Hz – 90 Hz, per consentire una estrapolazione dei dati misurati anche alle basse frequenze, che contengono informazioni sugli strati di terreno più profondi.

3.2. Velocità di fase apparente numerica prova MASW

Dopo che la curva di dispersione è stata calcolata nel range di frequenza definito, sono stati selezionati i punti della curva di dispersione, in maniera da rappresentare l'andamento della curva di dispersione con un numero limitato di punti, al massimo 25-30 punti. Questo perché oltre 30 punti si incrementano i tempi computazionali senza migliorare significativamente il risultato finale.

Sono stati distribuiti i punti in maniera da avere un maggiore infittimento a basse frequenze, dove generalmente la curva di dispersione ha un maggior gradiente. Ad ogni punto della curva di dispersione è stato associato un range di variazione, che è legato all'incertezza associata al valore medio della velocità di fase che si attribuisce ad ogni frequenza. Nel software questa informazione sull'incertezza dei dati sperimentali serve a definire l'incertezza associata al profilo finale di velocità Vs.

3.3. Profilo finale delle onde di taglio verticali Vs

La terza ed ultima fase ha permesso di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, modificando opportunamente lo spessore h, le velocità delle onde di taglio Vs e di compressione Vp, la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica

corrispondente al modello di suolo assegnato. È stato ottenuto il profilo finale della onde di taglio verticali V_s , raffigurato di seguito.

3.4. Elaborazione della prova MASW MW1

Di seguito sono proposte le tracce sismiche acquisite dallo stendimento MW1

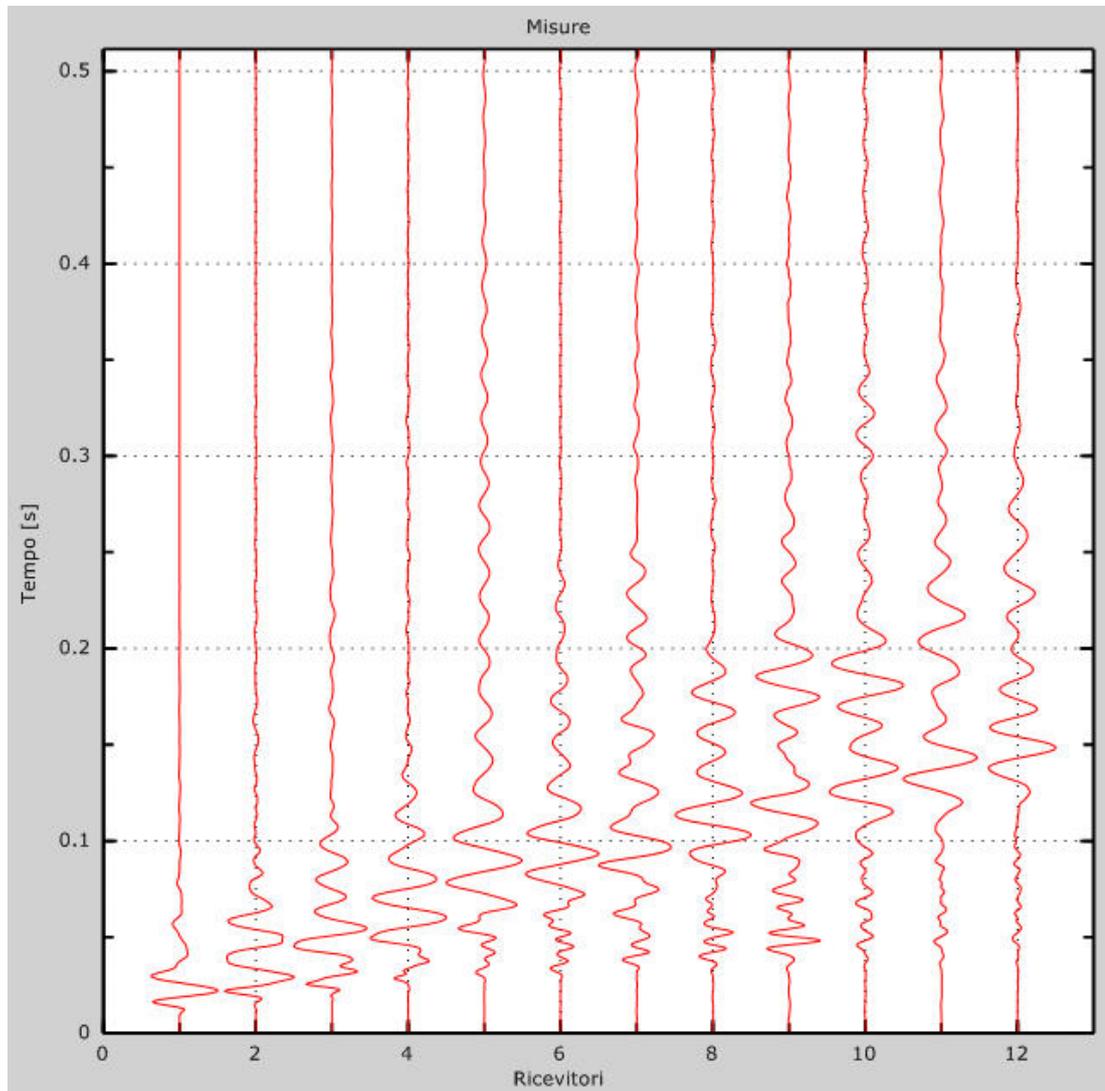
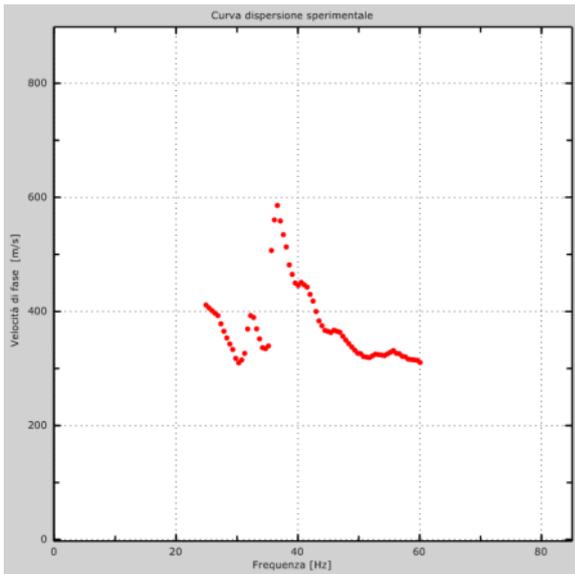
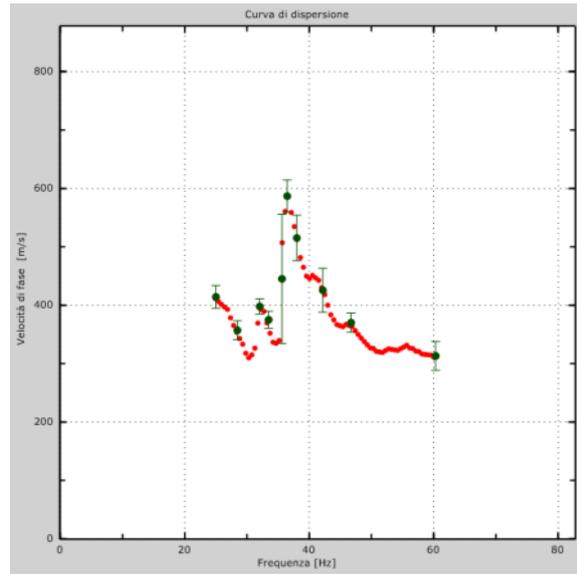


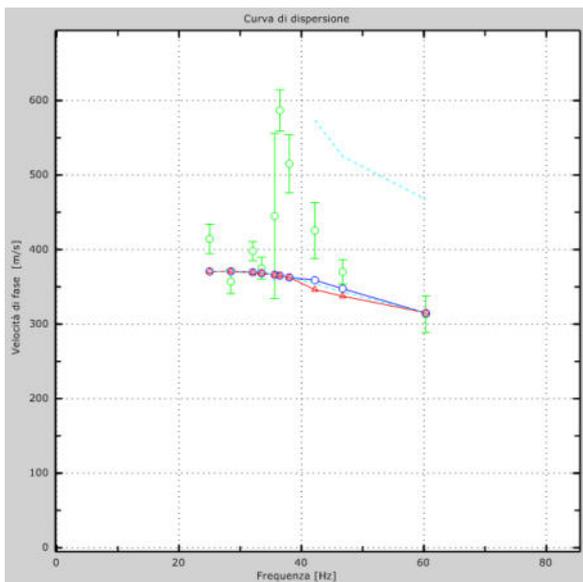
Figura Tracce sperimentali



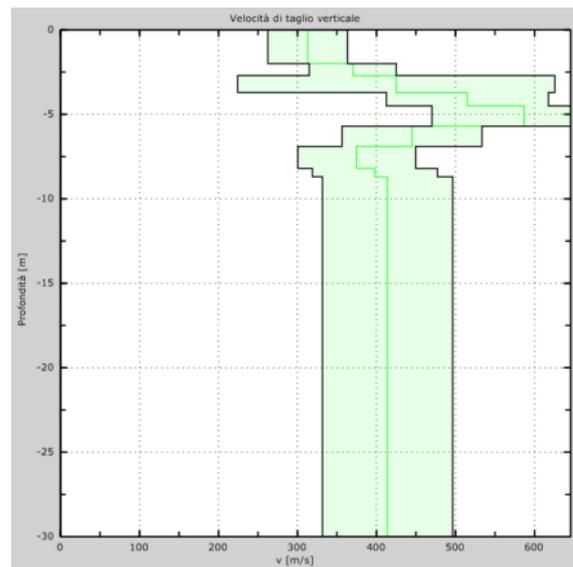
Curva di dispersione sperimentale.



Curva di dispersione sperimentale selezionata per l'elaborazione, ottenuta dalla prova MASW S1.



Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (blu).



Profilo Vs numerico, incertezza 0.1 sigma.

4 Considerazioni conclusive

4.1 Classificazione del suolo di fondazione

La nuova normativa sismica italiana (Ordinanza n. 3274 del 20/03/03 della Presidenza del Consiglio dei Ministri), così come il *D.M. 17 Febbraio 2018* definiscono l'azione sismica di progetto, in assenza di analisi specifiche, sulla base della zona sismica di appartenenza del sito e la categoria sismica di suolo su cui sarà realizzata l'opera. Il parametro V_{s30} , rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 m di profondità (al di sotto del piano di fondazione) ed è calcolato mediante la seguente formula:

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

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i - esimo per un totale di N strati presenti, H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Nel sito in esame il substrato risulta affiorante.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nel sito in questione, sulla base del profilo delle onde di taglio elaborato nei paragrafi precedenti si ottiene il seguente valore:

$$V_{Seq} = 404 \text{ m/s}$$

pertanto è possibile ascrivere il suolo di fondazione entro la **categoria B**, la cui descrizione è specificata nella tabella seguente.

CAT.	DESCRIZIONE
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	Depositati 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	Depositati 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.

Tabella 1. Categorie di sottosuolo, Tabella 3.2.II delle N.T.C., D.M. 17 Gennaio 2018

Le conoscenze geologiche e stratigrafiche locali confermano questa classificazione.

4.2 Pericolosità sismica locale e indicazioni per la valutazione dell'azione sismica

Le *azioni sismiche di progetto*, come previsto dalle N.T.C., in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “*pericolosità sismica di base*” del sito di costruzione. La *pericolosità sismica* è definita in termini di *accelerazione orizzontale massima attesa* a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 delle N.T.C.), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento V_R , come definito nel § 2.4. La determinazione della *pericolosità sismica* di un sito va effettuata sia in termini geografici, sia in termini temporali.

Inquadramento sul reticolato geografico

Il sito di progetto è ubicato sul reticolato geografico con le seguenti coordinate.

COORDINATE GEOGRAFICHE LOTTO 1		
LATITUDINE	38° 9'21.45"N	38.155958°
LONGITUDINE	13° 5'10.06"E	13.086127°

La nuova classificazione sismica del territorio nazionale, la quale si basa su uno studio probabilistico, che tiene conto di tutti gli eventi sismici verificatisi in Italia dall'anno 1000 fino ad oggi. Da tale studio condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, sono state realizzate delle carte di pericolosità sismica. L'INGV ha contribuito a questo importante provvedimento per il proprio campo di competenza, visto che l'azione sismica di riferimento per la progettazione (riportata nell'allegato A di tale decreto) è stata definita sulla base delle stime di pericolosità sismica per il territorio nazionale realizzate dal Progetto S1 (<http://esse1.mi.ingv.it>) nell'ambito della Convenzione 2004-2006 tra l'INGV stesso e il Dipartimento della Protezione Civile.

Tra le novità più importanti di queste norme vi è il fatto che per la prima volta tale azione sismica non viene definita sulla base di 4 zone sismiche (a ognuna delle quali era associato uno spettro di progetto standard), ma è determinata per ogni sito in Italia secondo una griglia regolare di nodi (con passo di 5 km, per un totale di oltre 10000 nodi) per ognuno dei quali il Progetto S1 ha calcolato oltre 2200 parametri che descrivono in maniera esaustiva la pericolosità sismica (picchi di accelerazione, accelerazioni spettrali, disaggregazione, ecc., tutti calcolati per diverse probabilità di accadimento in 50 anni; tutti i dati sono accessibili e visualizzabili in mappa nel sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Lo *spettro di risposta elastico dello spostamento* si può ottenere per trasformazione diretta dello spettro di risposta elastico delle accelerazioni:

$$S_{De}(T) = S_e(T) \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2$$

Per gli *stati limite di esercizio* lo spettro di progetto $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata (v. 2.4 e 3.2.1 N.T.C., D.M. 04.02.2018). Per le *verifiche agli stati limite ultimi*, non effettuate tramite l'uso di opportuni accelerogrammi ed analisi dinamiche al passo, ai fini del progetto o della verifica delle strutture, lo *spettro di progetto* $S_d(T)$ da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata (v. §§ 2.4 e 3.2.1, NTC), con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule 3.2.4 η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura definito nelle N.T.C.. Lo *spettro di progetto per lo stato limite di danno* può essere ottenuto riducendo lo spettro di risposta elastico secondo un fattore pari a 2,5.

4.3 Cenni di microzonazione sismica locale e stima del fattore di amplificazione

Esistono in letteratura diversi metodi per la stima dell'amplificazione sismica in superficie a carattere locale, alcune si basano sull'uso di modelli numerici complessi, che portano allo sviluppo di programmi di calcolo utilizzati per valutare gli effetti del sito, sia in condizioni monodimensionali (SHAKE) sia bidimensionali (FLUSH e QUAD 4).

Per una più semplificata esistono alcune metodologie basate sulle caratteristiche litostratigrafiche e sulla velocità di propagazione delle onde S nei livelli "superficiali" (30 m) dei terreni.

Il metodo di *Midorikawa* (1987) è consigliato nella letteratura per microzonazione sismica di 2° livello, il fattore di amplificazione di picco è calcolato nel seguente modo:

$$Fa = 68 \cdot V_s^{-0.6} \rightarrow \text{per } V_s < 1100 \text{ m/s}$$

$$Fa = 1 \rightarrow \text{per } V_s \geq 1100 \text{ m/s}$$

$$a_{\max}(g) = a_{\text{bedrock}} \cdot Fa$$

Dove V_s è la velocità media calcolata nei livelli superficiali fino ad una profondità massima di 30 m, a_{\max} rappresenta l'accelerazione massima di picco sul suolo.

Nel nostro caso, considerando il valore di V_{seq} ottenuto e il valore del fattore di amplificazione, applicando lo stesso ai valori di accelerazione massima attesa al sito, con tempo di ritorno massimo si ottengono i seguenti risultati:

$$V_s = 404 \text{ m/s}$$

$$Fa = 1.86$$

Il tecnico responsabile dei calcoli, sulla base della vita nominale utilizzata, considererà i valori di accelerazione attesa al sito riferiti ai tempi di ritorno, rispettivamente per gli stati limite: *Operatività (SLO)*, *Danno (SLD)*, *Salvaguardia vita (SLV)*, *Prevenzione collasso (SLC)*.

I valori dell'accelerazione considerati dovranno essere moltiplicati per il *fattore di amplificazione sismica locale* ottenuto precedentemente.

4.4 Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione. Nel caso specifico essendo il sito con pendenza media minore di 15° si può classificare entro la categoria T1.

Categorie topografiche	Categoria Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

N.T.C. Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

4.5 Profilo sismico e note conclusive

La prova sismica attiva MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) eseguita nel sito di progetto, ha reso possibile rilevare delle tracce sismiche generate con un idoneo sistema-sorgente e registrate con 6 geofoni verticali, disposti secondo geometria lineare, collegati ad un sismografo multicanale a memoria incrementale.

Le tracce misurate sono state elaborate mediante il software MASW (realizzato dall'Ing. Vitantonio Roma), attraverso diversi passaggi che si possono così di seguito riepilogare:

- l'analisi dei dati nel *dominio F-K* (frequency-wave number) per la determinazione di curve di dispersione delle onde superficiali di tipo *Rayleigh* redatti in grafici *Vfase-Hz*,
- l'inversione del modello di rigidità del sottosuolo fino a raggiungimento del miglior "fitting" tra i dati sperimentali e teorici, restituzione di profili *Vs* del sottosuolo.

Sulla base dei dati ottenuti dalla prova e eseguendo delle correlazioni con le conoscenze litostratigrafiche dei luoghi esaminati, è stato possibile ricostruire il seguente profilo sismico, in cui sono riportati i valori delle velocità delle onde di taglio (*Vs* verticali) misurati, e i parametri elastici ottenuti mediante le espressioni più diffuse in bibliografia.

Profilo sismico sondaggio MASW S1:

Sismostrato	Descrizione litologica	H	Z	γ	ν	V_S	V_P	E	Eed	R
		[m]	[m]	[kg/mc]	[-]	[m/s]	[m/s]	[kN/cm ^q]	[kN/cm ^q]	[kN/cm ^q]
		Spessore	Profondità	P.U.V.	Mod. di Poisson	Velocità trasversale	Velocità longitudinale	Modulo di Yung	Modulo edometrico	Modulo di rigidità
1	Sabbie mediamente addensate	2	-2	1750	0,4	313	766,69	47	101	17
2	Sabbie mediamente addensate	0.7	-2.7	1800	0,42	370	996,26	69	175	24
3	Calcareniti	1	-3.7	1850	0,3	425	795,1	85	115	33
4	Calcareniti	0.8	-4.5	1900	0,25	515	892,01	124	148	49
5	Calcareniti	1.2	-5.7	1900	0,25	587	1016,71	161	193	64
6	Argille	1.2	-6.9	1850	0,3	445	832,52	93	126	36
7	Argille	1.3	-8.2	1900	0,35	375	780,62	71	114	2672
8	Argille	0.5	-8.7	1900	0,35	398	828,5	80	128	3010
	Argille	0	-oo	1900	0,3	414	774,52	83	112	3257

Per quanto riguarda *accelerazione massima attesa al sito*, considerando la possibilità di fenomeni di amplificazione sismica locale, in fase di analisi progettuale agli stati limite si consiglia di utilizzare il seguente valore di fattore di amplificazione:

$$F_a = 1,86$$

La presente relazione non costituisce né relazione geologica né relazione geotecnica, pertanto per la definizione del modello geologico e di quello geotecnico si rimanda ai rispettivi studi specialistici.



ALLEGATO 1. Documentazione fotografica



Particolari della strumentazione utilizzata per la prova



Foto 1: Stendimento della prova MASW S1 (end shot 1)