

S.E. 380-150-36kV CASTRONOVO

Piano Tecnico delle Opere

Relazione geologica preliminare

REV.	DATE	CUSTOMER – REVISION DESCRIPION	CHECKED	APPROVED
B	03/07/2023	Update	M. La Rovere	G. Cipolletta
A	18/11/2022	First emission	C. Schiapparelli	G. Cipolletta

	Customer drawing number:	-
	Customer Job number:	-

REV.	DATE	DESCRIPTION	COMPOSED	CHECKED	APPROVED
b	03/07/2023	Update	E. Martire	NEW DEV	NEW DEV
a	18/11/2022	First emission	E. Martire	NEW DEV	NEW DEV

 ISO 9001 BUREAU VERITAS Certification	Project: SE 380-150-36kV CASTRONOVO	Format: A4
Job number RDO 22.024	Plant: Piano Tecnico delle Opere	Scale: -
Drawing number: 65044b	Title: Relazione geologica preliminare	Sheets 1/31
Filename: 65044b_Relazione geologica preliminare.pdf		

This document contains information proprietary to SAET S.p.A. and it will have to be used exclusively for the purpose for which it has been furnished. Whichever shape of spreading or reproduction without the written permission of SAET S.p.A. is prohibit.

PREMESSA

Su incarico della società New Developments s.r.l. con sede legale in Piazza Europa n° 14, Cosenza (CS), il sottoscritto geologo Eugenio Martire iscritto all'ordine dei Geologi della Calabria a partire dal Gennaio 2013 al n° 1129, ha effettuato uno studio GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-GEOTECNICO-SISMICO DI BASE, al fine di definire le condizioni di un'area interessata dal "**Progetto preliminare per la realizzazione della Stazione Elettrica TERNA 380-150-36 KV**" nel territorio del Comune di Castronovo di Sicilia (PA).

Le finalità che si vogliono raggiungere con il presente studio si esplicano nella definizione geologica/geomorfologica, geotecnica e sismica del sito esaminato. A tal fine è stato predisposto, nell'area in esame, un programma di studi di ampiezza commisurata al contesto delle opere previste in progetto, costituito da:

- esame della cartografia ufficiale, unitamente a ricerche bibliografiche atte al reperimento di notizie (storiche, morfologiche, tettoniche, sismiche, idrologiche, idrogeologiche, ecc.) e dati tecnici riguardanti l'area in oggetto;
- caratterizzazione geologica ed esame delle condizioni geomorfologiche con il rilievo diretto di superficie esteso anche alle aree limitrofe per acquisire i dati necessari alla valutazione delle caratteristiche morfologiche, idrologiche, climatiche ed ambientali più evidenti, relative al territorio in oggetto.

Il modello geologico rilevato, gli studi e le analisi effettuate hanno consentito di definire:

Il quadro geologico/geomorfologico:

L'inquadramento geologico, con riferimento alla bibliografia geologica esistente, alla cartografia acquisita, alle indagini stratigrafiche consultate e a quelle svolte ex-novo per questo studio, consente di definire i caratteri litostratigrafici, l'origine e la natura dei litotipi, lo stato di alterazione e di aggregazione, i caratteri strutturali generali, la descrizione dei lineamenti geomorfologici della zona in generale e infine la descrizione delle forme naturali ed antropiche e degli elementi morfo-strutturali significativi ai fini geomorfologici e sismici.

Il quadro geotecnico:

Il modello geologico/tecnico di riferimento ha altresì consentito di determinare gli spessori e le caratteristiche geotecniche dei terreni, di valutare l'effetto della presenza di falde idriche sotterranee che potrebbero influenzare la stabilità dell'area e dei futuri manufatti e infine di

valutare gli eventuali processi morfologici ed le azioni di dissesto potenziali o in atto nell'area in studio ed in quella circostante.

Il quadro sismico di riferimento:

La definizione del quadro sismico locale è connessa alla macrozonazione sismica dell'area attraverso l'individuazione della zona sismica del Comune in cui ricade l'intervento da realizzare, ai sensi dell'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 e alla caratterizzazione della pericolosità sismica dell'area mediante l'individuazione del parametro a_g (accelerazione orizzontale massima del terreno) e dell'intensità macrosismica I_{max} .

Lo studio è stato condotto secondo i dettami delle seguenti normative tecniche:

- **D.M. 17/01/2018** “Norme Tecniche sulle Costruzioni”;
- **D.M. 11/3/88** “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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- **D.P.R. 380/2001 parte II capo II** “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”;
- **D.P.R. 380/2001 parte II capo IV** “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”;
- **D.P.R. 5/10/2010, n. 207** “Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n°163 recante “Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE”;
- **LEGGE regionale 13 agosto 2020, n. 19** “Norme per il governo del territorio”;
- **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)** di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000;
- **Direttiva 2007/60/CE** relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.

Il risultato di tale studio, infine, è focalizzato alla definizione degli eventuali accorgimenti tecnici necessari al mantenimento di un equilibrio idrologico e morfologico accettabile tali da migliorare, o in ogni caso non aggravare, le condizioni di sicurezza del territorio e garantire per il progetto adeguati livelli di sicurezza.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito oggetto di studio è ubicato all'interno del territorio Comunale di Castronovo di Sicilia, appartenente alla provincia di Palermo. Il comune che ospiterà la futura Stazione Elettrica ha un numero di abitanti inferiore alle 10.000 unità.

La Stazione Elettrica sarà realizzata a supporto di un progetto per un parco Eolico denominato "Astra".

L'area in oggetto si trova ad un'altitudine di m 420 s.l.m.; le coordinate geografiche, nel sistema WGS84 sono le seguenti:

- latitudine: 37.733869 N
- longitudine: 13.658979 E



Fig. 1 - Ubicazione di Castronovo di Sicilia su scala nazionale

Da un punto di vista cartografico, il sito d'intervento è rappresentato nella cartografia della Regione Sicilia, con Carta Tecnica Regionale nelle sezioni n° 620080 denominato "Lercara Friddi" e nella cartografia geologica "Carta geologica d'Italia" redatta in scala 1:100.000 dal foglio n° 259 chiamato "Termini Imerese".

INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

La Sicilia occupa un settore del Mediterraneo centro-occidentale ed è un segmento del sistema alpino che si sviluppa lungo il limite di placca Africa-Europa. Questo segmento di catena collega le Maghrebidi africane con l'Appennino meridionale, attraverso il cuneo di accrezione della Calabria. La catena ed il suo prolungamento sommerso occidentale e settentrionale si estendono dal blocco sardo attraverso la Sicilia, fino al settore ionico-pelagiano ed in parte sono affioranti nel Mar Tirreno centro-meridionale. Dopo la fase orogenica alpina paleogenica, i movimenti compressivi più importanti di questo settore del Mediterraneo sono legati alla rotazione antioraria del blocco Sardo-Corso, considerato da alcuni autori come un arco vulcanico. La rotazione, che si sviluppò dall'Oligocene superiore al Miocene inferiore, ha portato alla collisione del blocco Sardo-Corso con il margine continentale africano.

Le unità tettoniche presenti nella Sicilia Centro occidentale derivano in gran parte dalla deformazione di successioni carbonatiche, bacinali e di piattaforma carbonatica. Catalano & D'Argenio (1978, 1982), Catalano et al. (1989 a, con bibliografia), Roure et al. (1990), Lentini et al. (1995), Giunta (1993), Catalano et al. (1996), Monaco et al. (1996), Nigro & Renda (1999) hanno descritto la Sicilia occidentale e centrale come un cuneo embricato di scaglie tettoniche pellicolari costituite da rocce carbonatiche e silicoclastiche meso-cenozoiche.

L'area in esame ricadente nel Foglio 259 "Termini Imerese" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000), è ubicata nella zona centro occidentale della Sicilia, caratterizzato da affioramenti di formazioni età compresa tra il Miocene superiore e l'Eocene medio.

Il basamento dell'area in esame è costituito da formazioni *argillose, scagliose variegata con arenarie silicee o cloritiche e con calcare* risalenti all'Eocene medio (**e2**). L'evoluzione tettonico sedimentaria dell'intero bacino ha portato alla successiva deposizione di *argille sabbiose con lenti di salgemma e gesso in cristalli (m3)* e *sabbie e arenarie a grana variabile, più o meno cementate (m3a)*, entrambe del Miocene superiore.

In generale questo contesto abbraccia gran parte della Sicilia centro/occidentale; la natura geologica dei luoghi consente agli agenti atmosferici una modellazione del paesaggio con la formazione di colline dalle forme dolci e arrotondate in corrispondenza dei rilievi a sedimenti fini

(come appunto per il sito in esame) e di scarpate e forme più spigolose in corrispondenza di aree in cui le formazioni sono di natura più lapidea/cementata.

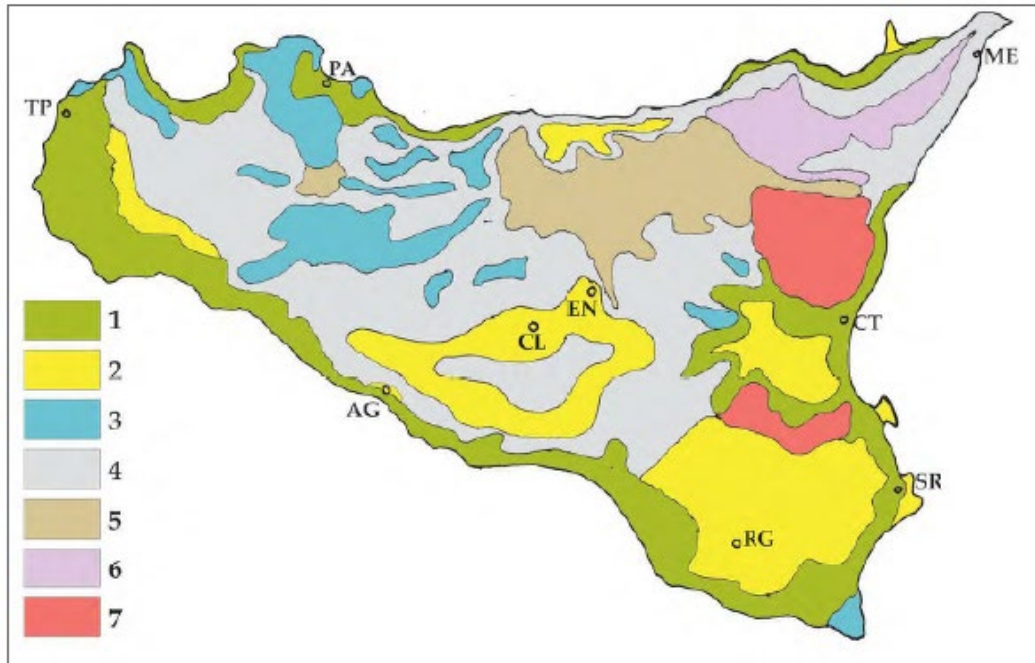


Fig. 2 – Lo schema in figura rapporta il contesto morfo-altimetrico con la natura geologica dei luoghi, per quanto concerne la regione Sicilia.

CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE

In dettaglio, nell'area in cui sorgerà la Stazione Elettrica, si rinvengono in affioramento:

- **m3**: Argille sabbiose con lenti di salgemma e gesso in cristalli con Età stimata in Miocene superiore.

Questi complessi, in genere presentano una scarsa resistenza all'erosione e bassa permeabilità.

Per la caratterizzazione geotecnica del terreno ci si è basati su una serie di prove penetrometriche dpm30 e sismiche di tipo M.a.s.w. effettuate, in riferimento ad altri progetti, in aree limitrofe ma sempre sulla stessa litologia: risulta evidente di come ci si trovi in presenza di un contesto sedimentario in cui le caratteristiche geotecniche dei terreni risentono della scarsa consistenza dei depositi affioranti; le prove esaminate confermano il fatto che terreni in loco presentano

caratteristiche geotecniche piuttosto scadenti per diversi metri al di sotto del piano campagna. In considerazione della natura del progetto, verrà considerato come “unico” il modello di sottosuolo e i vari parametri da utilizzare ai fini dei calcoli strutturali e di capacità portante saranno riferiti esclusivamente alla porzione più superficiale di terreno (quello compreso per i primi 4/5 m al di sotto del piano campagna).

Analizzando gli spettri di alcune prove M.A.S.W., effettuate in aree limitrofe e sempre sulla stessa litologia in cui insiste la Stazione Elettrica, risulta evidente di come ci si trovi in corrispondenza di terreni con velocità V_s inferiori a 800 m/s, a testimonianza del fatto che il substrato sismico non è rinvenibile nei primi 35/40 m di profondità dal piano campagna.

In definitiva si può asserire che da un punto di vista geologico il sito si presenta abbastanza omogeneo ed è costituito dalla presenza di depositi sedimentari di scarsa consistenza per i primi m a partire dal piano campagna.

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Geomorfologicamente l'area oggetto di studio si presenta quasi totalmente pianeggiante con pendenze massime che arrivano a $1^{\circ}/2^{\circ}$ circa con conseguente classificazione topografica del terreno: **T1**. Le quote altimetriche variano dai 425 m del settore più occidentale della stazione elettrica ai 420 m del settore orientale (la stazione presenta una estensione longitudinale di quasi 350 m).

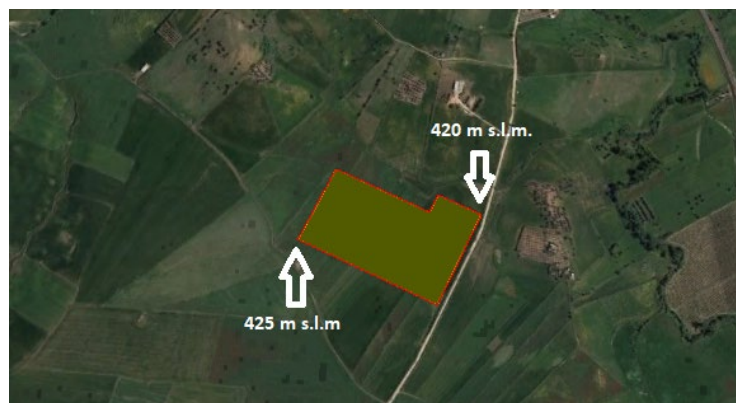


Fig. 3 – Ubicazione della stazione elettrica su base ortofoto

In generale, a grande scala, da un punto di vista geomorfologico, il sito presenta una serie di dolci picchi isolati, spesso raccordati fra loro da piccole creste morfologiche; sono frequenti anche orli di scarpate morfologiche che si sono formate in corrispondenza di piccole incisioni dei versanti causate dallo scorrere delle acque meteoriche; focalizzando l'attenzione esclusivamente all'area in cui sorgerà la stazione elettrica, invece, non si segnalano elementi degni di nota da un punto di vista geomorfologico.

Dalla consultazione del database del catalogo delle faglie capaci del sistema ITHACA risulta evidente che l'area di studio è priva di qualsiasi lineazione tettonica classificata.

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Il locale sistema idrografico, costituito da torrenti, presenta un andamento di tipo lineare di basso ordine gerarchico; esso si sviluppa in parte in loco sulle formazioni sedimentarie in affioramento e in parte dai rilievi limitrofi.

Il corso fluviale principale è rappresentato dal **Torrente Torto** che scorre nel fondovalle a circa 320 m di distanza dalla stazione elettrica in direzione Est. Il torrente Torto sorge a circa 1000 m di quota, sfocia a Termini Imerese e presenta un bacino imbrifero di ben 420 km².

Oltre al *Torrente Torto* si segnalano numerosi piccoli impluvi che si presentano in secca per gran parte dell'anno e fungono da scolo di acque piovane a seguito di eventi meteorici intensi. L'evoluzione di questi impluvi ha contribuito alla formazione di numerose piccole creste morfologiche che caratterizzano la parte sommitale dei rilievi che circondano l'area in esame.

Lungo i versanti limitrofi del sito in esame, si segnala la presenza di piccole incisioni che trovano alimentazione idrica a seguito di eventi meteorici; nell'immagine seguente è possibile apprezzare l'ubicazione della stazione elettrica rispetto al corso idrico principale.

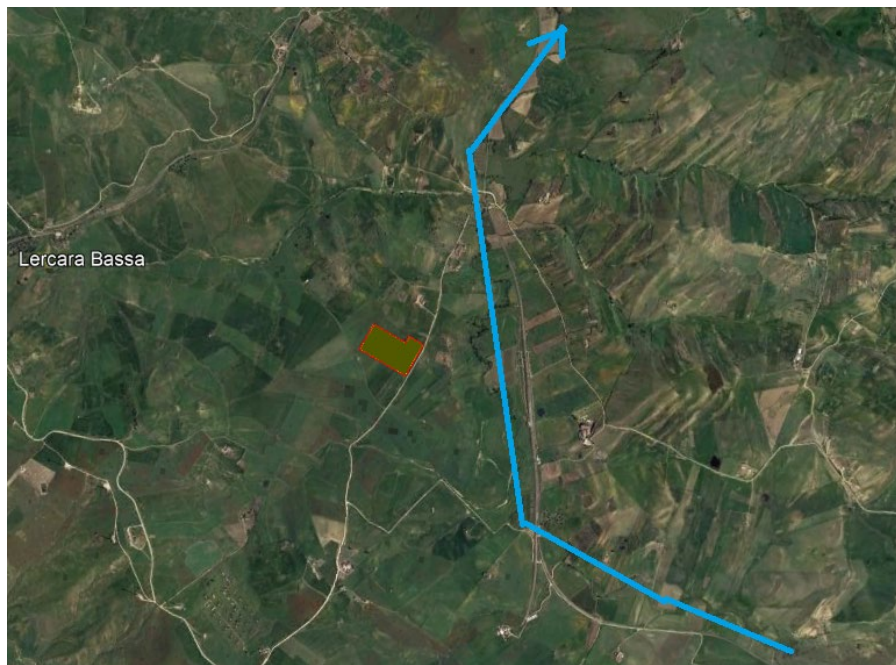


Fig. 4 – L'immagine indica l'ubicazione della stazione elettrica (poligono verde) su base ortofoto con in evidenza il segmento azzurro che indica l'asse principale del *Torrente Torto*.

L'area della stazione elettrica è interessata dal passaggio di due elementi idrici minori che trovano alimentazione esclusivamente a seguito di eventi meteorici. E' evidente di come sia necessario evitare che acque meteoriche invadano l'area della sottostazione e una valida soluzione progettuale, per evitare che questo accada, è stata quella di definire un intervento di deviazione dei fossi, previa delimitazione dei bacini di riferimento e calcolo delle portate, quest'ultime effettuate sulla base di un evento di durata 15 min e tempo di ritorno 200 anni. Le figure seguenti illustrano rispettivamente la situazione attuale e la situazione post intervento di deviazione dei fossi:

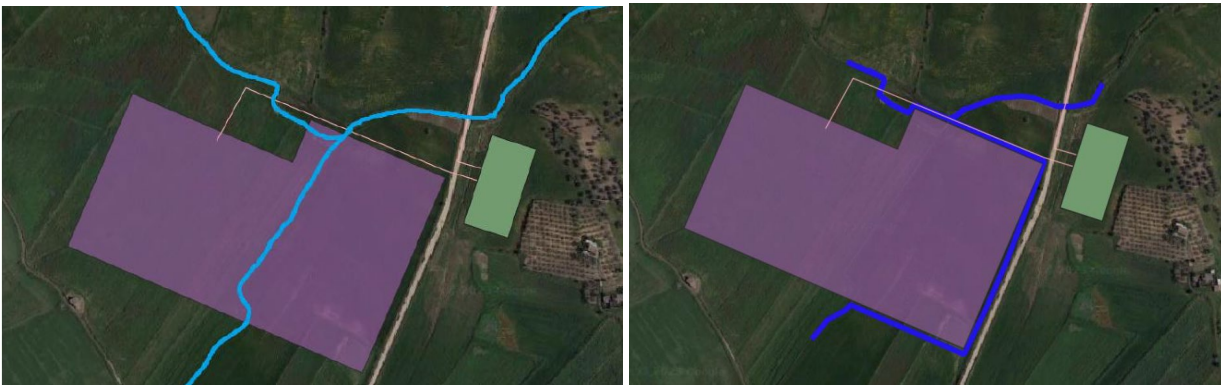


Fig. 5 – La foto di sinistra illustra la situazione attuale con due piccoli fossi che attraversano l'area della sottostazione mentre la foto di destra rappresenta la regimazione delle acque dopo la deviazione degli stessi.

Ulteriori dettagli sui calcoli effettuati per il dimensionamento dei fossi sono reperibili all'interno della **Relazione Idrologica ed Idraulica** redatta a corredo dell'intero iter progettuale.

In allegato al presente studio, è stata prodotta la **Carta Idrogeologica** in scala 1:10.000 in cui le varie unità litologiche presenti nell'area sono state classificate in base al loro gradiente di permeabilità. In generale si riscontrano due unità differenti:

LITOTIPI A PERMEABILITÀ MEDIO-ALTA

Questa classe è identificabile con l'unità:

- **m3a**: Sabbie e arenarie a grana variabile, più o meno cementate con Età stimata in Miocene superiore.
- **a** : Alluvione, Sabbie , ghiaie ed argille fluviali di età recente.

Queste formazioni, essendo costituite da sedimenti principalmente grossolani, risultano caratterizzate da una permeabilità primaria per porosità ($10^{-2} < K < 10^{-4}$ m/sec), con medio alte caratteristiche di trasmissività.

Nell'ambito di questi depositi si distinguono orizzonti molto permeabili, dati dai livelli di ghiaia e sabbia a granulometria grossolana.

L'idrologia si sviluppa attraverso una circolazione idrica per falde abbastanza estese e in profondità con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alta permeabilità.

LITOTIPI A PERMEABILITÀ BASSA

Questa classe è identificabile con la litologia:

- **m3**: *Argille sabbiose con lenti di salgemma e gesso in cristalli* con Età stimata in Miocene superiore.

Queste formazioni, essendo costituite da depositi principalmente argillosi, risultano caratterizzate da una scarsa permeabilità, con bassissime caratteristiche di trasmissività ($10^{-7} < K < 10^{-9}$ m/sec). La caratteristica principale dell'argilla è che la dimensione dei suoi pori è talmente piccola da non consentire il passaggio dell'acqua che viene praticamente trattenuta per ritenzione; ne deriva una circolazione idrica nulla o comunque trascurabile che favorisce il ruscellamento superficiale.

La stazione elettrica verrà realizzata, appunto, su *litotipi a bassa permeabilità (m3)*.

Dalle indagini effettuate non è stata rilevata la presenza della falda freatica; tuttavia oltre alle varie considerazioni che si possono fare, è stato consultato il sito dell'ISPRA http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/?resource=wms%3Ahttp%3A//sgi2.isprambiente.it/arcgis/services/servizi/indagini464/MapServer/WMSserver%3Frequest%3DGetCapabilities%26service%3DWMS&title=ITA_Indagini_sottosuolo464# in cui sono riportati i dati di vari pozzi eseguiti su territorio nazionale.

Dalla consultazione del portale, non si rileva la presenza di un pozzo nelle immediate vicinanze del sito, il pozzo più vicino è a oltre 20 km di distanza.

In tutto il territorio nazionale e in particolar modo in aree urbanizzate e/o devote all'agricoltura, si ricorre all'utilizzo di pozzi per la captazione delle acque sotterranee; la mancanza di un pozzo nelle vicinanze del sito in esame, generalmente indica **la mancanza di una falda freatica nei primi 100 m di profondità dal piano campagna**.

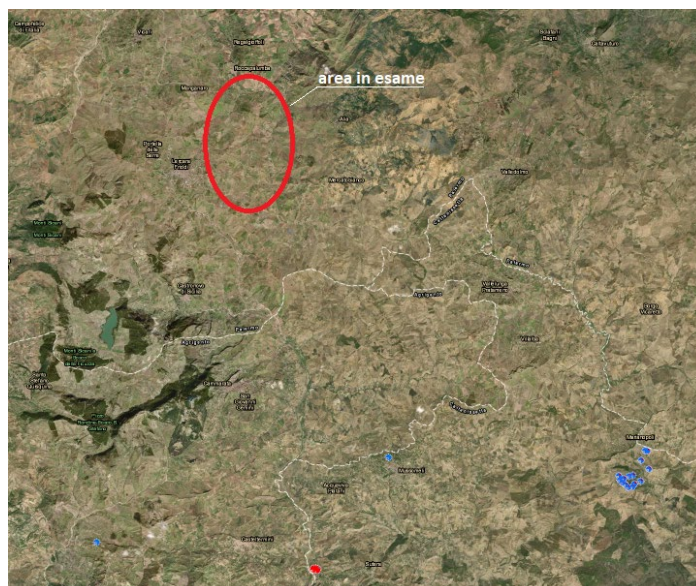


Fig. 5 - La figura indica l'ubicazione dei pozzi (punti azzurri) nelle aree limitrofe al sito d'intervento; Il pozzo più vicino si trova nei pressi del comune di Mussomeli (CL) ad oltre 20 km di distanza dal sito in esame (ellisse rosso)

Per quanto riguarda la piovosità, nella provincia di Palermo gli apporti maggiori derivano da correnti orientali e occidentali. La piovosità media del comune di Lercara Friddi è di soli 340 mm di pioggia con una temperatura media annuale di 21°C.

Per quanto riguarda le temperature, la provincia di Palermo è fra le più calde per quanto concerne le temperature medie, ma comunque non soggetta agli eventi estremi che coinvolgono altre parti dell'isola. La figura successiva mostra le temperature medie mese per mese in riferimento al comune di Prizzi (PA) a pochissimi km dal sito in esame.

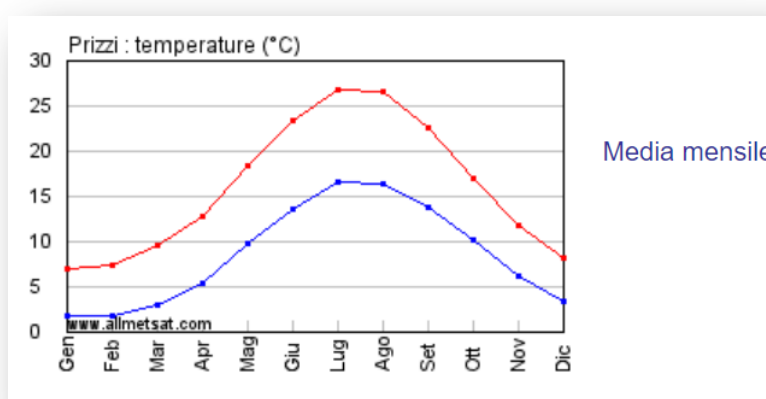


Fig. 6 - La figura indica le temperature medie mese per mese, registrate dalla stazione meteorologica di Prizzi (PA)

INQUADRAMENTO P.A.I.

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico P.A.I. redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- La funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- La funzione normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- La funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

Per il sito in esame, il P.A.I. non riporta alcun tipo di criticità sia per quanto riguarda il rischio idraulico che per ciò che concerne il rischio frane. Da sopralluogo effettuato non si segnalano criticità o situazione di precaria stabilità per quanto riguarda il punto in cui sorgerà la stazione elettrica.

Si segnalano, nell'area d'interesse, diverse piccole instabilità, spesso legate ad acclività maggiori dei pendii. Si tratta di movimenti molto piccoli e circoscritti che non destano preoccupazione ai fini progettuali in quanto posti a debita distanza dal sito che accoglierà la stazione.

L'area del Torrente Torto, provoca un importante *Sito di Attenzione* (SA) che rimane, comunque esterno all'area in esame.

MODELLO GEOLOGICO

Per la definizione del *modello geologico* dell'area, sono state riesaminate prove sismiche di tipo MASW e prove penetrometriche DPM30 effettuate in aree limitrofe, per altri progetti, ma sempre sulla medesima litologia sulla quale sorgerà la stazione elettrica.

In generale, si segnala in affioramento uno strato di terreno vegetale con spessore pari a circa 4/5 m, che presenta caratteristiche geotecniche piuttosto basse; successivamente, man mano che si scende in profondità rispetto al piano campagna, i parametri geotecnici delle formazioni in loco migliorano sensibilmente.

Sulla base delle indagini esaminate, dalle consultazioni di carte tematiche e di referti bibliografici sui litotipi affioranti, è stato possibile produrre il seguente **Modello Geologico** del sito in esame.

- **Terreno di copertura di natura argilloso/sabbioso** poco consistente con spessore di circa 4/5 m;
- **Depositi argilloso/sabbiosi** mediamente consistenti, riscontrabili a partire da profondità variabili da 4 a 5 m dal piano campagna con spessori da 6 a 7 m.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Il modello geotecnico che qui si propone è un compendio di tutte le prove e le indagini storiche esaminate. Nella tabella sono riportati i parametri geotecnici che meglio caratterizzano i terreni in loco.

Strato	ϕ (°)	Cu (Kg/cm ²)	γ
	Picco	Picco	(t/m ³)
Terreno di copertura poco consistente (profondità dal piano campagna: da 0 a 4/5 m)	22 – 24	0,12 – 0,2	1,65 - 1,70
Depositi costituiti da argille e sabbie mediamente consistenti (profondità dal piano campagna: da 4/5 a 10/12 m)	25 – 26	0,2 – 0,3	1,75 - 1,85

SISMICITA' DELL'AREA

La caratterizzazione sismica del sito è un elemento necessario ai fini della modellazione geologica e della progettazione geotecnica degli interventi.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), ha dato conto dei principali terremoti registrati dalle diverse fonti di carattere storiografico, letterario e naturalistico nella pubblicazione del **DBMI15** - Database Macrosismico Italiano 2015, di cui a seguire si riporta, un estratto degli eventi sismici più significativi per l'area, negli ultimi anni.

Castronovo di Sicilia



PlaceID	IT_66441
Coordinate (lat, lon)	37.678, 13.604
Comune (ISTAT 2015)	Castronovo di Sicilia
Provincia	Palermo
Regione	Sicilia
Numero di eventi riportati	7

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	📄	1823	03	05	16	37	Sicilia settentrionale	107	8	5.81
NF	📄	1907	01	21	03	41	Tirreno meridionale	32	5	4.14
6	📄	1968	01	15	02	01 09	Valle del Belice	162	10	6.41
NF	📄	1994	01	05	13	24 1	Tirreno meridionale	148		5.82
NF	📄	1995	04	11	12	06 5	Sicilia centrale	43	3-4	4.03
3	📄	1996	12	14	00	18 4	Monti Madonie	45	5	4.27
NF	📄	2004	05	05	13	39 4	Isole Eolie	641		5.42

Legenda

Int.	Intensità macrosismica, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg
NMDP	Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto
Io	Intensità macrosismica epicentrale, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg
Mw	Magnitudo momento

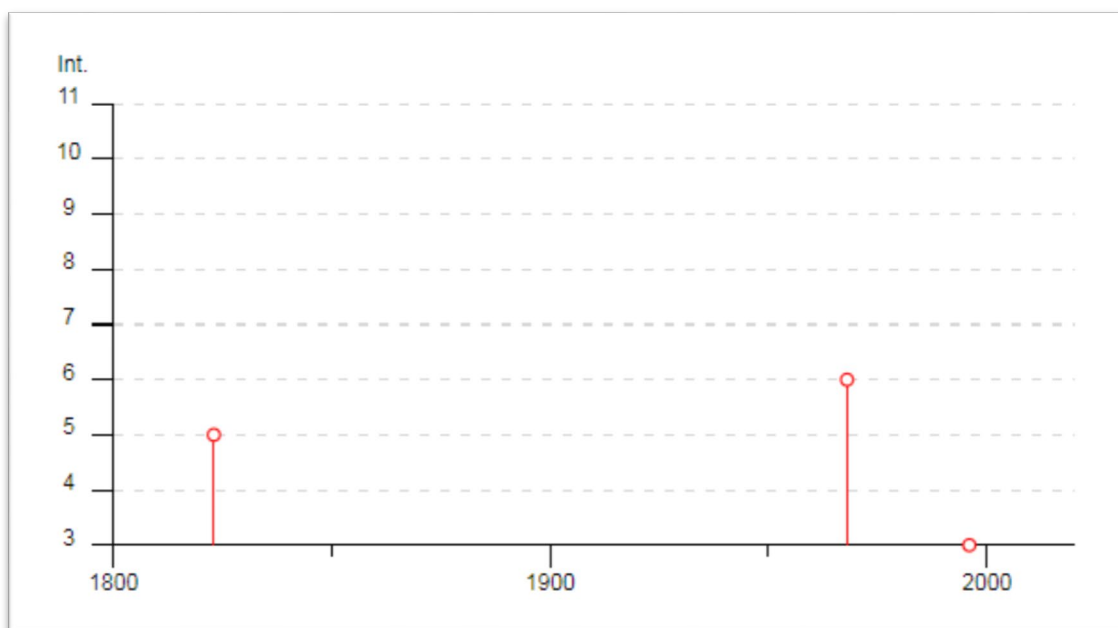


Fig. 7 - Rappresentazione grafica della storia sismica del Comune di Castronovo di Sicilia - PA

NORMATIVA SISMICA

Per quanto attiene alla caratterizzazione sismica dell'area oggetto d'intervento, si fa riferimento al DM 17/01/2018, che riprende l'O.P.C.M. 3274/2003, che prevede la definizione di una pericolosità sismica di base, espressa in termini di accelerazione massima prevista su substrato di riferimento, su cui è stata creata una mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche. L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, ha promosso nel luglio del 2003 la redazione della mappa; in particolare è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9 (Meletti et al., 2008), a partire da un sostanziale ripensamento della precedente zonazione ZS4 (Meletti et al., 2000) alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni. La ZS9 è corredata, per ogni Zona Sismogenetica, da un meccanismo focale prevalente e da un valore di profondità media dei terremoti, determinati nella prospettiva di un loro utilizzo con le relazioni di attenuazione.

La zonazione sismogenetica ZS9 è il risultato di modifiche, accorpamenti ed elisioni delle numerose zone sismogenetiche della ZS4 e dell'introduzione di nuove zone.

Riassumendo, nella ZS9 le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche s'innestano sul quadro di evoluzione cinematica plio-quaternaria su cui si basava la ZS4. Tuttavia, l'elaborazione della ZS9 si fonda su una base informativa decisamente più ricca e affidabile di quella disponibile all'epoca della prima realizzazione della ZS4.

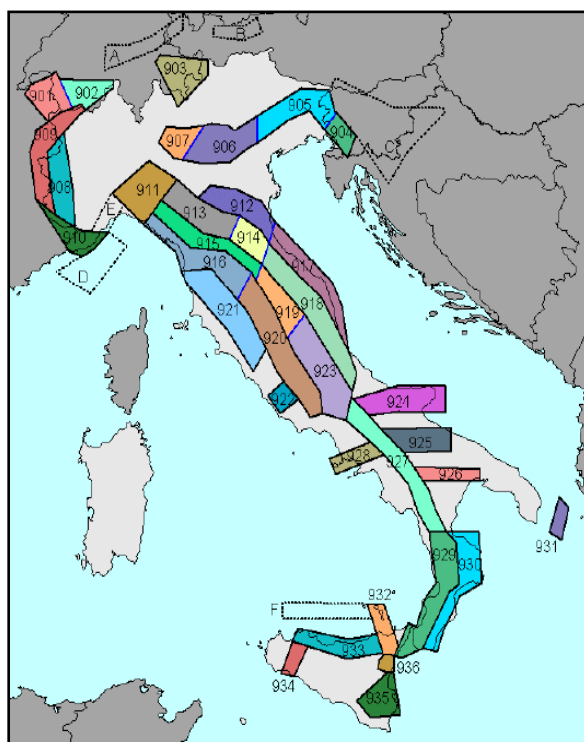


Fig. 8 - Zonazione Sismogenetica ZS9

La zonazione è costituita da 36 zone–sorgente, cui vanno aggiunte 6 zone–sorgente per le quali non è valutata però la pericolosità sismica.

Il territorio in oggetto non ricade all'interno di alcuna zona della zonazione sismogenetica ZS9.

L'O.P.C.M. 3274/2003 prevede anche una pericolosità dipendente dalle caratteristiche geologiche del sito, espressa secondo il concetto di categoria di suolo di fondazione, che a sua volta si basa sulla concetto di $V_{s,30}$, ovvero di velocità equivalente delle onde S nei primi 30 m di spessore. Tale parametro è determinato tramite indagini geofisiche oppure tramite indagini geotecniche che forniscono il valore di N_{spt} .

In base alle Nuove norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018, emesse ai sensi delle leggi 05/11/1971 n. 1086, 02/02/1974 n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al D.P.R. 06/06/2001 n. 380, e all'art. 5 del decreto legge 28/05/2004 n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27/07/2004 n. 186 e ss. mm. ii, si definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso d'incendio, e di durabilità. Esse forniscono, quindi, i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

In particolare, le azioni sismiche di progetto, 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. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La definizione di “pericolosità sismica di base” è espressa in termini di accelerazione orizzontale massima prevista su substrato di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (bedrock, suolo A), nonché in ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione in essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_vR , nel periodo di riferimento V_R .

Ai fini della suddetta normativa, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_vR , a partire dai seguenti valori dei parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- Tc periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La zona investigata ricade nell’ambito del territorio Comunale di Castronovo di Sicilia che, in base alla classificazione sismica nazionale (O.P.C.M. 2003), rientra in **zona 2**.


<i>zona sismica</i>	<i>Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ag/g]</i>	<i>Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag/g]</i>
1	> 0.25	0.35
 2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Fig. 9 - Valori di accelerazione orizzontale nelle zone sismiche

Sulla base della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, il territorio in questione si colloca in un’area in cui si possono verificare valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni, compresi tra 0.15 e 0.25 ag/g.

Si riporta il risultato della consultazione tramite il sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it> della mappa probabilistica della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa su una griglia regolare a

passo 0.02°, relativamente al parametro dello scuotimento rappresentato da a_g (accelerazione orizzontale massima del suolo).

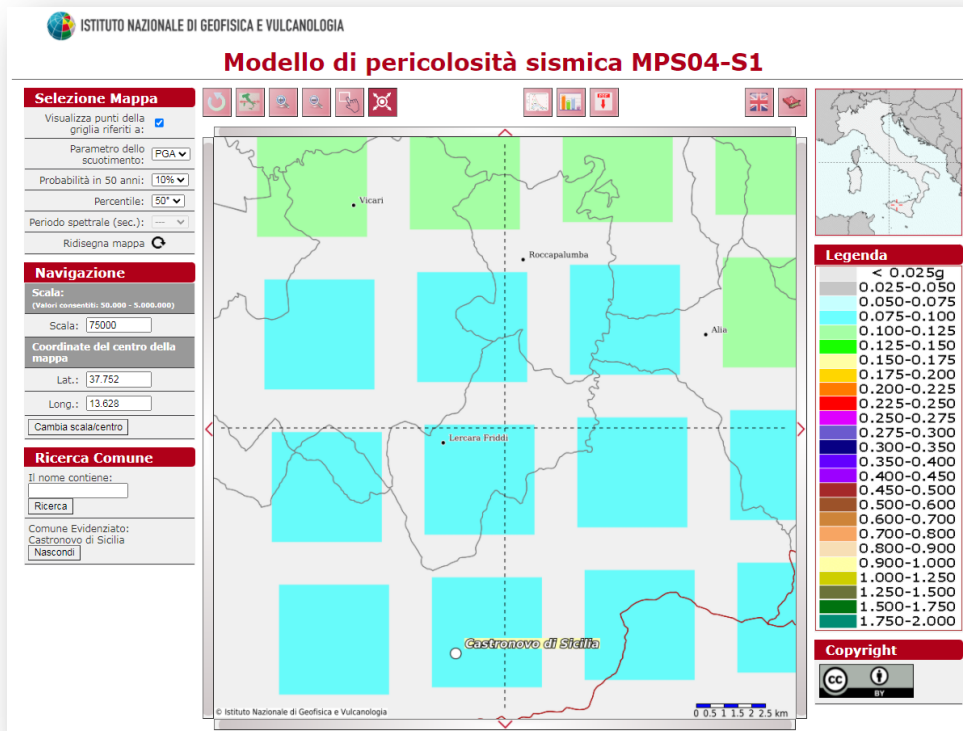


Fig. 10 - Stralcio della mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Castronovo di Sicilia. I punti visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento $a(g)$; probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE ED EFFETTI DI SITO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi; in assenza di tali analisi, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, attraverso la misura delle V_s . In particolare si valuta:

- **Effetti Stratigrafici** legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- **Effetti Topografici** legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in

proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.

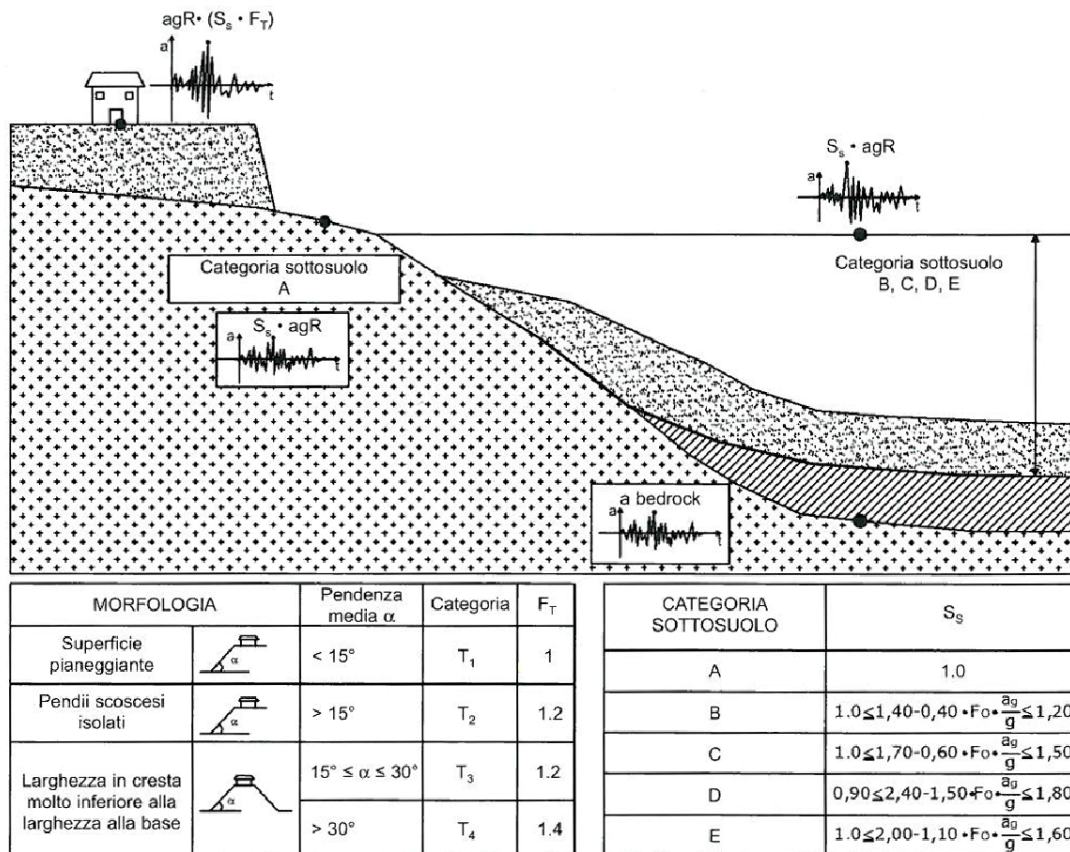


Fig. 11 - Rappresentazione schematica del significato delle accelerazioni, delle classi di categoria di suolo e del fattore topografico (da Microsism - procedure automatiche di microzonazione sismica, Giulio Riga)

Effetti stratigrafici

L'amplificazione stratigrafica è attesa su suoli di categoria diversa da A, caratterizzati da $V_s < 800$ m/s e spessori $>$ di 3 metri. Qualsiasi tipologia di suolo (roccia o deposito quaternario) che possiede $V_s > 800$ m/s rientra, invece, nella categoria A ed è considerata bedrock sismico, quindi non in grado di generare amplificazione stratigrafica. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si individuano le seguenti categorie di sottosuolo (individuate dall'esame di prove M.A.S.W. effettuate in aree limitrofe, per altri progetti e comunque sempre sulla stessa litologia su cui sorgerà la stazione elettrica):

Categorie	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.

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

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s può essere calcolato in funzione dei valori di F_0 e a_g/g , mediante le seguenti espressioni:

Categoria	S_s
A	1
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_g/g \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_g/g \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_g/g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_g/g \leq 1,60$

nelle quali:

F_0 = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale; ha valore minimo pari a 2.2.

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno su sito di riferimento rigido orizzontale;

g = accelerazione di gravità.

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 spessore dell'*i*-esimo strato;

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

N numero di strati;

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

In base alle prospezioni sismiche esaminate, sono scaturiti valori di V_{seq} di compresi tra 360 e 800 m/s (con $H=30.00$ m), pertanto, il terreno può essere classificato come di **Categoria B** per quanto riguarda il sito che ospiterà la stazione elettrica.

Effetti topografici

La focalizzazione (o concentrazione) delle onde sismiche in corrispondenza di creste, cime o cigli di scarpata è il fenomeno che sta alla base della cosiddetta “amplificazione topografica”. L’amplificazione topografica è massima in corrispondenza di linee di cresta/cigli di scarpata e poi decresce con modelli complessi allontanandoci da esse.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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 $i > 30^\circ$

a cui corrispondono i seguenti valori del coefficiente topografico:

Categoria	Ubicazione dell’opera o dell’intervento	S_T
T1	-	1,00
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,20
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,20
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,40

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.

Considerando che la zona interessata dal progetto è situata nel territorio comunale di Castronovo di Sicilia, alla quota di circa 420 m s.l.m., su un versante a pendenza massima di 2° , si può

concludere, che la categoria topografica di pertinenza è la **T1**: “Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”.

VERIFICA DI STABILITA' DEL PENDIO

Ricordando quanto detto nel paragrafo *caratteristiche geomorfologiche* al quale si rimanda esplicitamente, essendo i versanti in esame assoggettati alla categoria topografica T1 con pendenze medie inferiori ai 15° e generalmente favorevoli alla stabilità, non si è ritenuto necessario eseguire specifiche verifiche di stabilità dei pendii in quanto queste avrebbero fatto registrare valori del coefficiente di sicurezza decisamente superiori ai minimi previsti dalla normativa vigente.

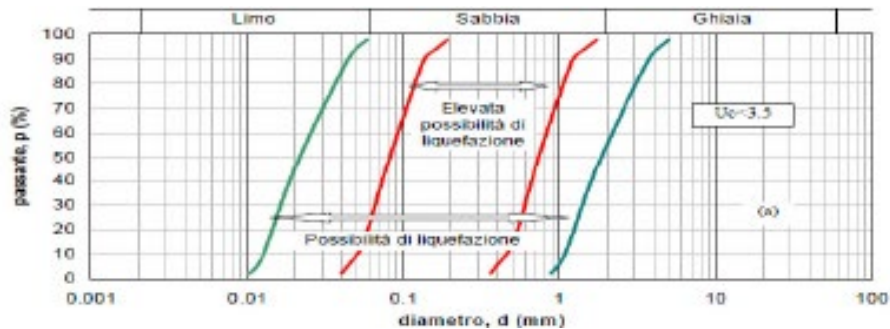
POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Le “Norme tecniche per le costruzioni” del 2018 (D.M. 17.01.2018), al § 7.11.3.4, “stabilità nei confronti della liquefazione”, forniscono la seguente definizione nei riguardi di tale possibile manifestazione: “fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate”.

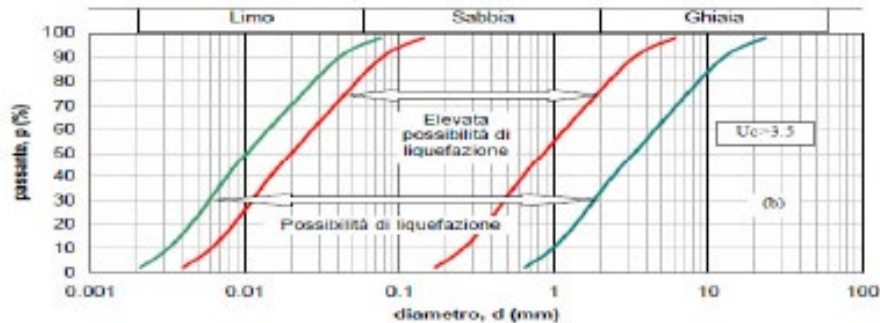
Ciò avviene quando la pressione dell’acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. In questo contesto, il problema principale che si pone in fase di progettazione è la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie, ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine lino-argillosa. In riferimento al § 7.11.3.4.2, “Esclusione della verifica a liquefazione”, della sopracitata normativa, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura successiva a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



a. Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ (da AGI, 2005).



b. Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ (da AGI, 2005).

Nel caso dell'area in esame non si ritiene possano sussistere le condizioni per il verificarsi del fenomeno di liquefazione sia per la natura argillosa delle formazioni presenti in loco che per la soggiacenza della falda a profondità decisamente maggiori di 15 m dal piano campagna.

CONCLUSIONI

Il presente studio geologico è stato redatto, su incarico della società **New Developments s.r.l.**, al fine di definire le condizioni geolitologiche, geomorfologiche, idrologiche, geomeccaniche e sismologiche di un'area interessata dal "Progetto preliminare per la realizzazione della Stazione Elettrica TERNA 380-150-36 KV" nel territorio del Comune di Castronovo di Sicilia (PA).

In considerazione delle finalità di progetto, si possono effettuare le seguenti considerazioni conclusive:

- Dal punto di vista geologico è possibile definire il seguente modello:
 - **Terreno di copertura di natura argilloso/sabbioso** poco consistente con spessore di circa 4/5 m;
 - **Depositi argilloso/sabbiosi** - mediamente consistenti, con spessori variabili da 6 a 7 m
- Dal punto di vista geomorfologico, l'area in oggetto si presenta praticamente pianeggiante con pendenze massime di 2° (Categoria Topografica T1) e la cartografia P.A.I. non annovera il sito fra quelli a rischio idrogeologico-geomorfologico.
- Dal punto di vista idrogeologico il sistema idrografico, costituito principalmente dal **Torrente Torto** e da numerose altre aste di bassissimo grado gerarchico, presenta un andamento di tipo lineare e si sviluppa in loco sulle formazioni affioranti, la falda non è stata rilevata dalle indagini e si presume si attesti a diverse decine di metri di profondità dal p.c.; due aste minori alimentate da ruscellamento superficiale a seguito di eventi meteorici, attraversano l'area della sottostazione elettrica.
- Dal punto di vista geotecnico i parametri geotecnici utili ai fini della progettazione degli interventi in oggetto vengono elencati nel capitolo "*caratterizzazione geotecnica*".
- Dal punto di vista sismico, il territorio del comune di Castronovo di Sicilia (PA), ricade in una zona con accelerazione sismica su substrato di riferimento (bedrock, suolo A) compreso tra 0.15 e 0.25 a_g/g , collocando il territorio comunale in "Zona Sismica 2". Dalle risultanze di alcune M.A.S.W effettuate per altri progetti in aree limitrofe, la categoria del sottosuolo è riconducibile alla Classe B ($V_{s_{eq}}$ compresi tra 360 e 800 m/s) per il sito che ospiterà la stazione elettrica.

In definitiva, si può asserire che il rischio per l'area interessata dall'intervento è sostanzialmente basso e potenzialmente rappresentato dalla formazione di piccoli pantani a causa della natura impermeabile dei terreni di fondazione, abbinata alla scarsa pendenza del sito; si raccomanda, a tal riguardo, di rendere efficace il controllo, la regimazione e il disciplinamento delle acque di ruscellamento superficiale e d'infiltrazione, nell'intorno dei vari manufatti della stazione elettrica, mediante specifiche opere di presidio idraulico (vespai, canalizzazioni, ecc) da estendere adeguatamente attorno all'area d'interesse, con il loro recapito fino agli elementi naturali e/o artificiali più vicini e sicuri. A tal riguardo, si rende necessario effettuare una deviazione dei due piccoli fossi che attraversano l'area della sottostazione elettrica secondo modalità e calcoli specifici che devono essere predisposti da un professionista del settore.

Per la salvaguardia e l'incolumità degli operatori e per la buona riuscita delle opere, durante eventuali fasi di scavo, si dovrà operare in funzione di non creare tagli verticali o sbancamenti non protetti, o comunque con angolo di taglio del fronte di scavo non superiore all'angolo di attrito fornito nei parametri geotecnici della presente relazione.

Trattandosi di una fase preliminare di progettazione, lo scrivente rimanda a una fase successiva l'esecuzione di prove penetrometriche e sismiche nei punti in cui sorgeranno i 3 edifici di progetto, al fine di escludere la possibilità del verificarsi di cedimenti differenziali, qualora il terreno dovesse presentare caratteristiche geotecniche diverse in una limitata estensione areale.

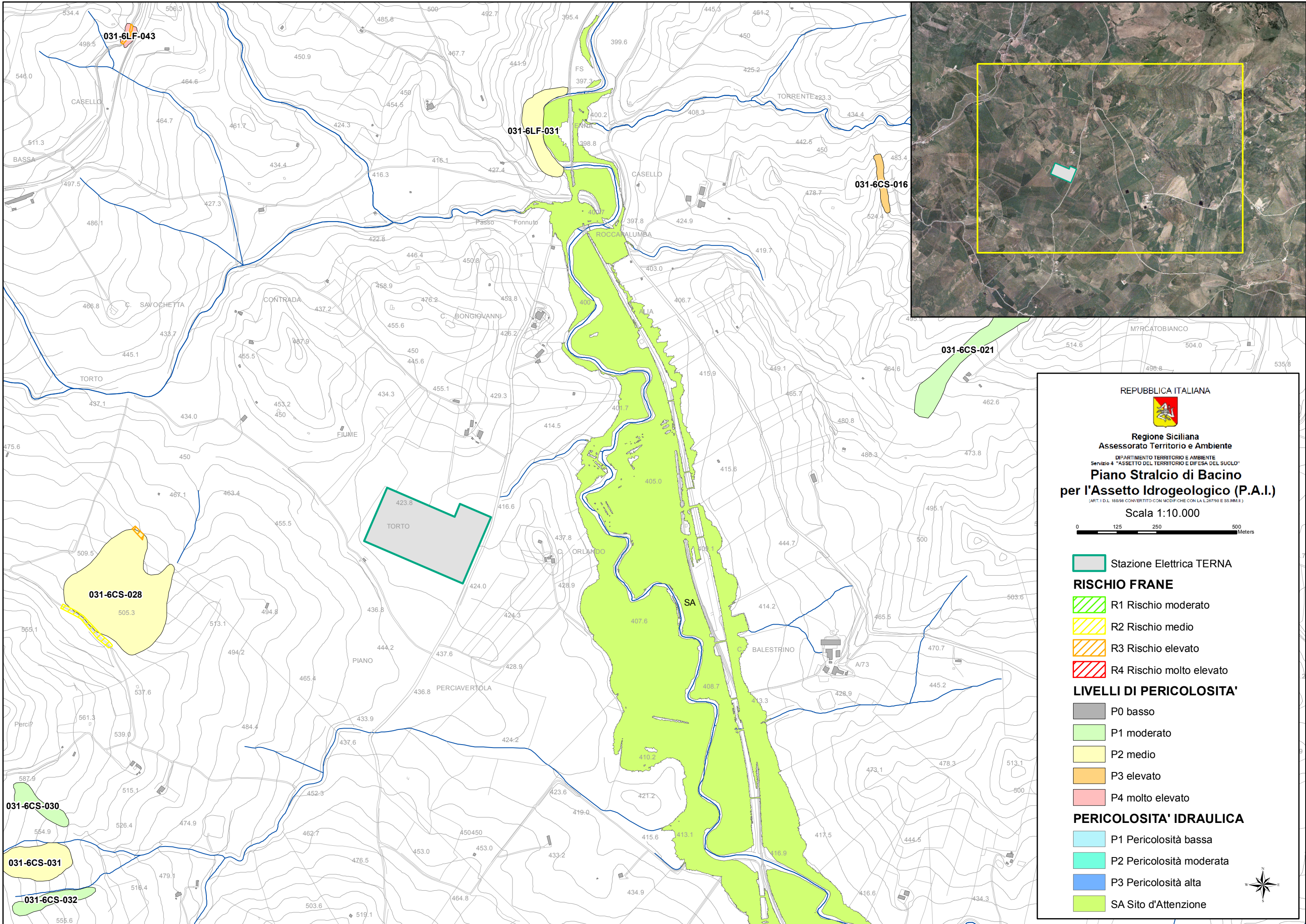
Luglio 2023


Il geologo

Dott. Eugenio Martire

















ALLEGATI



REPUBBLICA ITALIANA

 Regione Siciliana
 Assessorato Territorio e Ambiente
 DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE
 Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"
**Piano Stralcio di Bacino
 per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)**
(ART. 1 D.L. 160/98 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L.207/98 E SS.MM.II.)
 Scala 1:10.000

0 125 250 500
 Meters

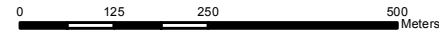
 Stazione Elettrica TERNA
RISCHIO FRANE
 R1 Rischio moderato
 R2 Rischio medio
 R3 Rischio elevato
 R4 Rischio molto elevato
LIVELLI DI PERICOLOSITA'
 P0 basso
 P1 moderato
 P2 medio
 P3 elevato
 P4 molto elevato
PERICOLOSITA' IDRAULICA
 P1 Pericolosità bassa
 P2 Pericolosità moderata
 P3 Pericolosità alta
 SA Sito d'Attenzione



ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA
CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

Foglio 259 - Termini Imerese

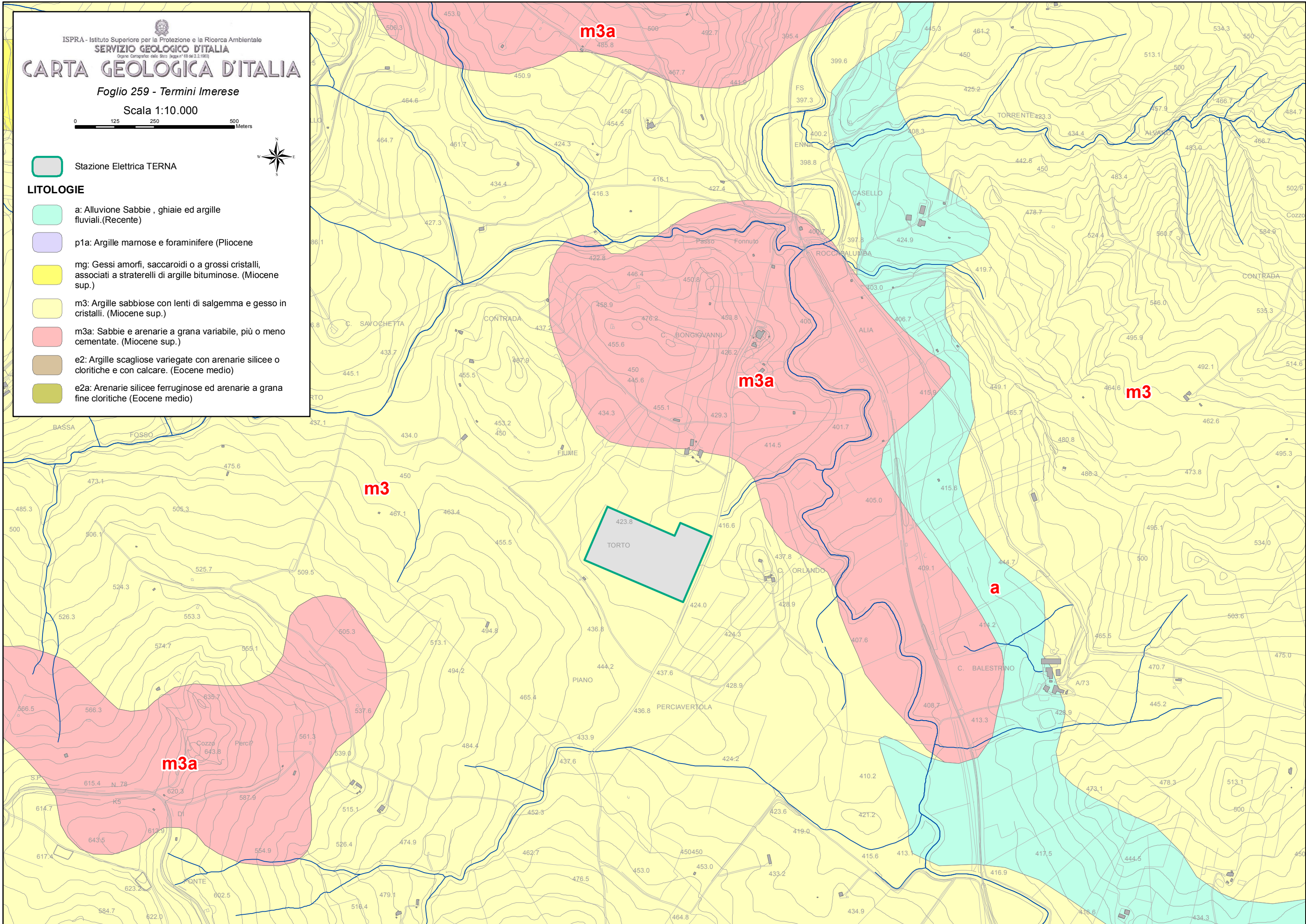
Scala 1:10.000

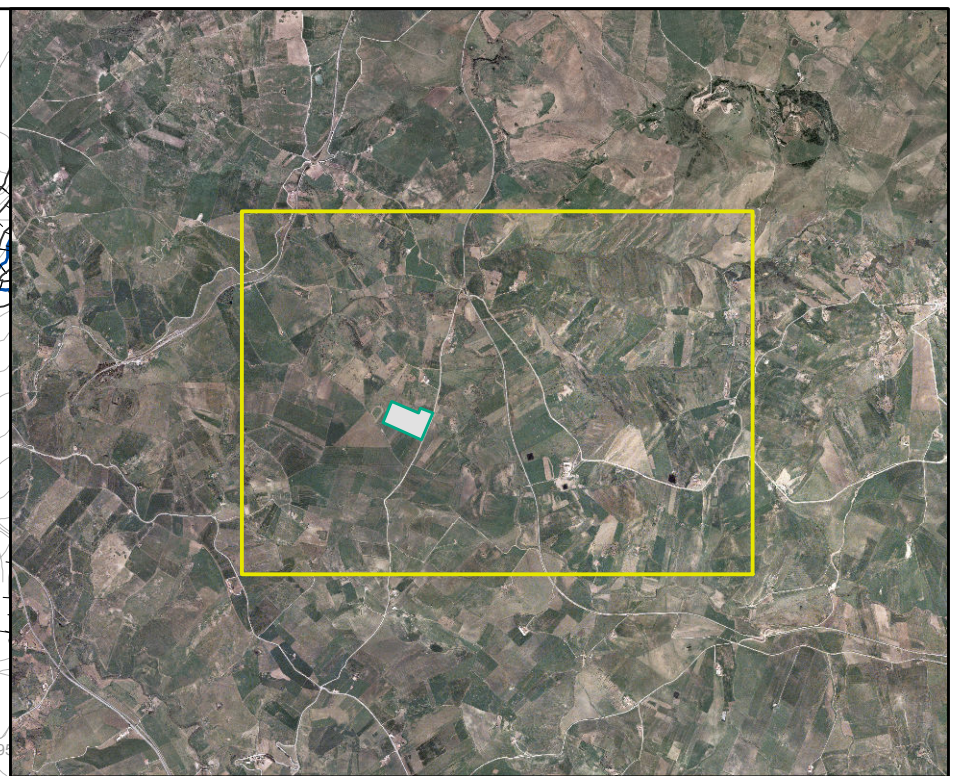
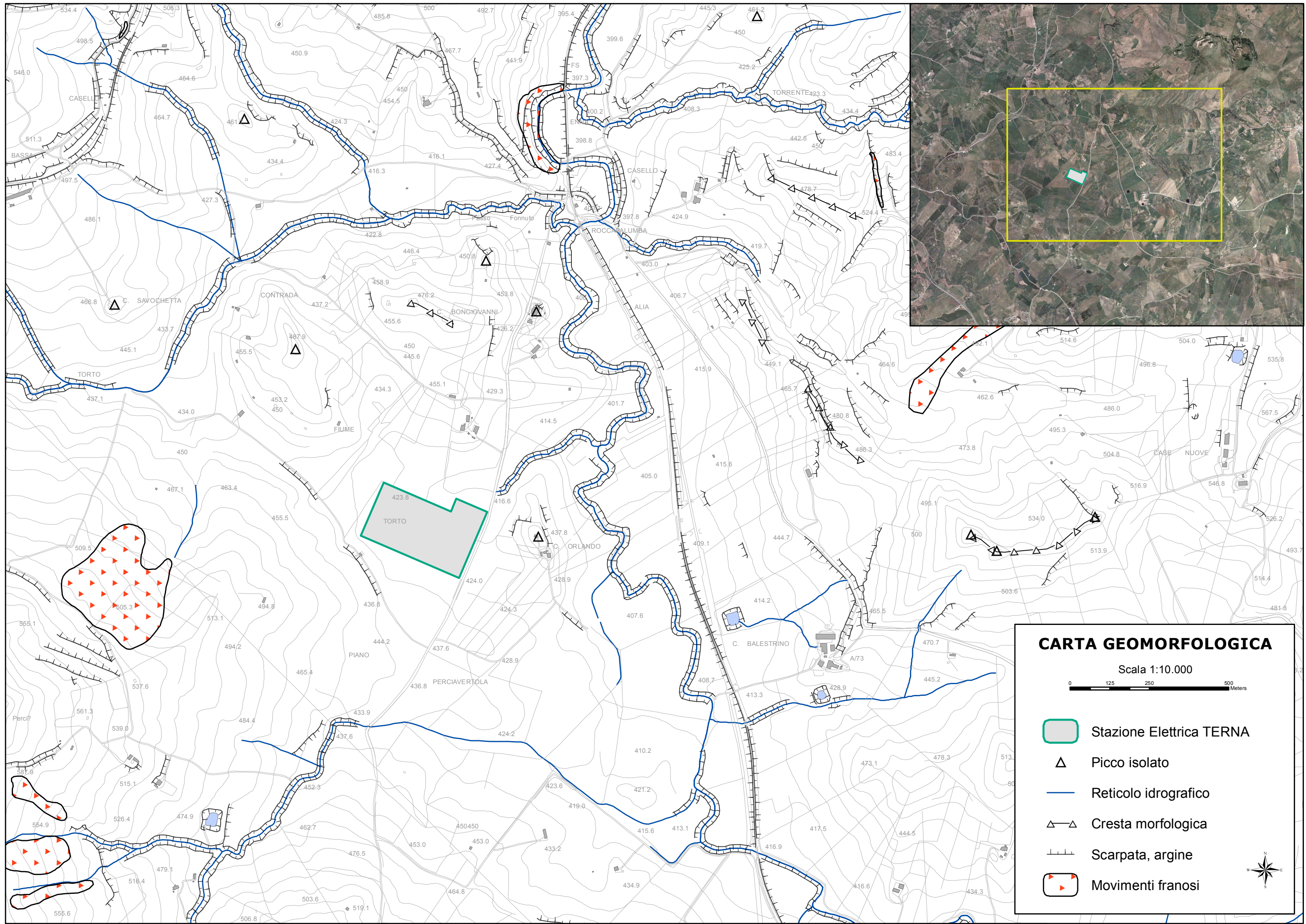


Stazione Elettrica TERNA

LITOLOGIE

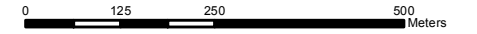
- a: Alluvione Sabbie , ghiaie ed argille fluviali. (Recente)
- p1a: Argille marnose e foraminifere (Pliocene)
- mg: Gessi amorf, saccaroidi o a grossi cristalli, associati a straterelli di argille bituminose. (Miocene sup.)
- m3: Argille sabbiose con lenti di salgemma e gesso in cristalli. (Miocene sup.)
- m3a: Sabbie e arenarie a grana variabile, più o meno cementate. (Miocene sup.)
- e2: Argille scagliose variegata con arenarie silicee o cloritiche e con calcare. (Eocene medio)
- e2a: Arenarie silicee ferruginose ed arenarie a grana fine cloritiche (Eocene medio)










CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:10.000



-  Stazione Elettrica TERNA
-  Picco isolato
-  Reticolo idrografico
-  Cresta morfologica
-  Scarpata, argine
-  Movimenti franosi

