



**REALIZZAZIONE DEL NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE  
DI SANTA TERESA VAL D'AGRO' DELL'AUTOSTRADA A18 MESSINA  
CATANIA E CORRISPONDENTI COLLEGAMENTI ALLA VIABILITA' ORDINARIA**  
CUP: F91B13000720001 CIG: 8059580FCD



**PROGETTAZIONE**

Mandataria:



**PROGER S.p.A.**  
DIRETTORE TECNICO  
Dott. Ing. Stefano PALLAVICINI

Mandante:



**PROGIN S.p.A.**  
DIRETTORE TECNICO  
Dott. Ing. Lorenzo INFANTE



**DINAMICA s.r.l.**  
DIRETTORE TECNICO  
Dott. Ing. Antonino SUTERA

PROJECT MANAGER DELL'R.T.I.:	RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
Dott. Ing. Carlo LISTORTI	Dott. Ing. Antonio GRIMALDI
PROJECT MANAGER ASSISTANT:	Dott. Ing. Salvatore RUSSO
PROGETTAZIONE INFRASTRUTTURALE:	Dott. Ing. Lorenzo INFANTE
	Dott. Ing. Michele PIRRO
PROGETTAZIONE STRUTTURALE:	Dott. Ing. Stefano PALLAVICINI
	Dott. Ing. Paolo IORIO
PROGETTAZIONE IMPIANTI TECNOLOGICI:	Dott. Ing. Enrico D'ARGENZIO
GEOLOGO:	Dott. Geol. Marco SANDRUCCI
RESPONSABILE GEOTECNICA:	Dott. Ing. Ylenia MASCARUCCI
ESPERTO IDROLOGIA ED IDRAULICA:	Dott. Ing. Umberto RICCI
COORDINATORE SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:	Dott. Ing. Davide FERLAZZO
RESPONSABILE INTERFERENZE E ESPROPRI:	Geom. Antonino CHILLE'
RESPONSABILE DELLA QUALITA':	Dott. Ing. Jacopo BENEDETTI
GIOVANE PROFESSIONISTA:	Dott. Ing. Domenico DICUONZO

**PROGETTO DEFINITIVO**

**STUDI GENERALI  
GEOLOGIA - IDROGEOLOGIA  
Relazione Geologica e Sismica**

Questo elaborato è di proprietà della Proger S.p.A. pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

Commessa  
P20062

Nome File  
D0104-GRL01\_00

Codice Elaborato

D 01 04 G RL 01 00

Rev  
00

Scala  
-

REVISIONI	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-
	00	25/01/2021	EMISSIONE	SANDRUCCI	SANDRUCCI	LISTORTI
	REV.	DATA	MOTIVAZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

RESPONSABILE DELLE INTEGRAZIONI DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

R.U.P.: Dott. Ing. Onofrio CRISAFULLI  
Supp. R.U.P.: Dott. Ing. Adriano GRASSI

VISTI/APPROVAZIONI:



---

Comune di Santa Teresa di Riva - Città Metropolitana di Messina  
Realizzazione del nuovo svincolo autostradale di Santa Teresa Val d'Agrò  
dell'autostrada A18 Messina - Catania e corrispondenti collegamenti alla  
viabilità ordinaria - CUP: F91B13000720001 - CIG: 8059580FCD

## **RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA**

---



Comune di Santa Teresa di Riva - Città Metropolitana di Messina

Realizzazione del nuovo svincolo autostradale di Santa Teresa Val d'Agrò dell'autostrada A18 Messina - Catania e corrispondenti collegamenti alla viabilità ordinaria - CUP: F91B13000720001 - CIG: 8059580FCD

## RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

1	PREMESSA .....	3
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	3
1.2	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA .....	4
2	QUADRO GEOMORFOLOGICO - GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO .....	4
2.1	ASSETTO TETTONICO E CONDIZIONI GEOLOGICHE LOCALI .....	4
2.2	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE .....	6
2.3	PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO .....	8
2.4	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE .....	10
3	QUADRO SISMICO .....	12
3.1	PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE .....	16
4	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA .....	18
4.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	18
4.2	Modello geologico-tecnico del sottosuolo .....	22
4.3	Caratterizzazione geotecnica .....	23
4.4	Influenza della falda .....	24
5	CONCLUSIONI .....	26

**ALLEGATO 1 REPORT INDAGINI GEOGNOSTICHE**



## RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

### 1 PREMESSA

La presente relazione geologica e sismica è relativa al Progetto Definitivo per la “REALIZZAZIONE DEL NUOVO SVINCOLO AUTOSTRADALE DI SANTA TERESA VAL D'AGRO' DELL'AUTOSTRADA A18 MESSINA - CATANIA E CORRISPONDENTI COLLEGAMENTI ALLA VIABILITA' ORDINARIA CUP: F91B13000720001 - CIG: 8059580FCD”, è stato redatto dal RTI Proger S.p.A. – Progin S.p.A. – Dinamica s.r.l., aggiudicatario dei servizi di progettazione definitiva, esecutiva e del coordinamento sicurezza in fase di progettazione e esecuzione, direzione lavori misura e contabilità (Contratto Rep. N. 1814 del 22-05-2020). L'area di progetto ricade nella CTR 614050, all'interno del Foglio n.262, Quadrante I, Orientamento N.E. “S. Teresa di Riva” e risulta localizzata, in sinistra orografica della Fiumara d'Agro', in Fig.1.

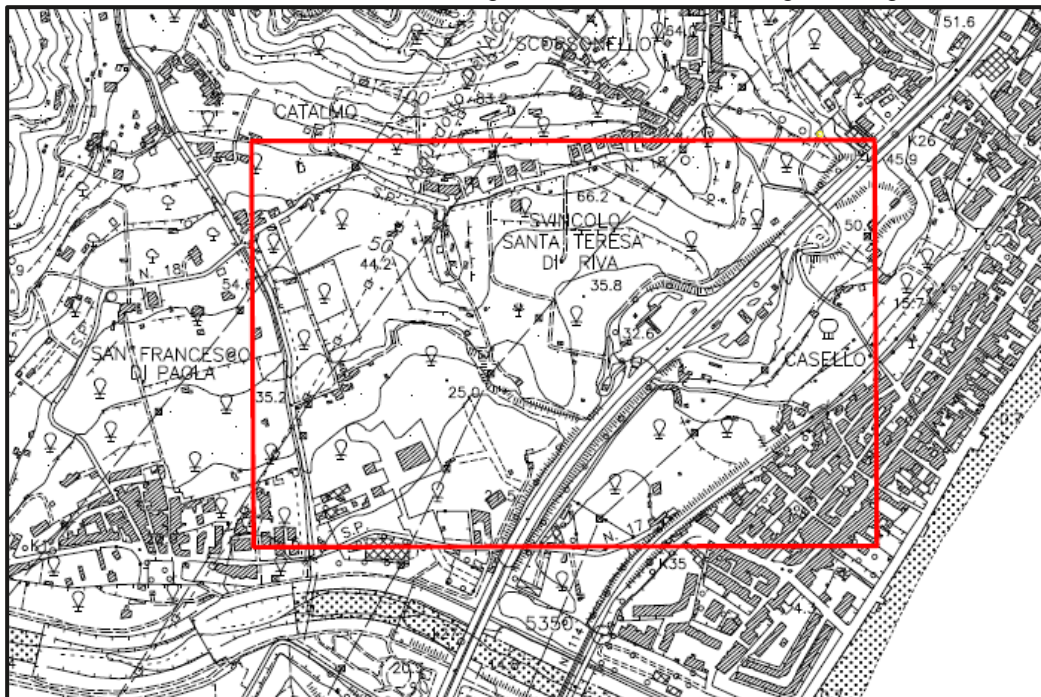


Fig.1 Localizzazione dell'area d'intervento sullo stralcio della CTR 614050 - Scala 1:10.000. In stampa fuori scala.

L'intervento in esame prevede, in linea di massima, la realizzazione dello svincolo autostradale Santa Teresa – Val d'Agro' e dei lavori di miglioramento della viabilità per l'accesso allo svincolo, ma per una dettagliata descrizione degli interventi si rimanda al progetto.

#### 1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le indagini sono state eseguite tenendo presenti le indicazioni contenute nel **D.M. 11/03/1988** e successiva **Circ. LL. PP. del 24/09/1988**, nel **Decreto Ministeriale 17.01.2018** Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (di seguito NTC2018), § 6.2.1 e § 6.2.2, nella **Circolare 21 gennaio 2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici** - Istruzioni per l'applicazione delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018 (di seguito Circolare).

Inoltre si fa riferimento anche agli Eurocodici relativi agli aspetti geotecnici e alla progettazione in zona sismica (Eurocodici 7 ed 8).





## 1.2 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Il presente studio è stato condotto al fine di effettuare la caratterizzazione e modellazione geologica (§ 6.3 NTC2018) dell'area di progetto.

Dopo una ricerca bibliografica sullo stato delle conoscenze dell'area esaminata, sono stati individuati i caratteri di pericolosità geologica ed, in particolare, litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici e geomorfologici.

In seguito alla definizione del modello geologico e dei risultati delle indagini, si è proceduto alla caratterizzazione e modellazione geologica del pendio (§ 6.3.2, § 6.3.3 NTC2018).

Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e la definizione del modello geotecnico del sottosuolo, sono stati utilizzati i dati già noti con le indagini realizzate nella fase di studio di fattibilità geomorfologica:

- n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- n. 3 tomografie elettriche 2D (SEV);
- n. 2 profili sismici a rifrazione con interpretazione tomografica;
- n. 2 prove sismiche attive MASW;
- n. 6 prove SPT;
- n. 1 prova di sismica in foro down hole (DH sondaggio S1).

e i risultati delle indagini eseguite nella fase esecutiva:

- N. 4 sondaggi geomeccanici a carotaggio continuo di cui n.2 alla profondità di 20 m (Sn3 ed Sn4) e n.2 alla profondità di 30 m (SN1 ed SN2);
- Realizzazione di prove SPT (Standard Penetration Test) ogni 3 m per ogni sondaggio;
- Prelievo di campioni rimaneggiati (3-4 per ogni sondaggio) e di campioni indisturbati;
- Prove di consistenza speditiva con Pocket Penetrometer e/o Tore Vane ogni 20 cm nei livelli coesivi (previa scortecciatura del materiale carotato);
- N. 1 piezometro a tubo aperto (tipo Norton, con tratto filtrante dai 3 m a fondo foro) installato nel foro di sondaggio SN3;
- N. 2 prove sismiche di tipo Down Hole, con misura di onde P ed S ogni metro, fino a 30 m di profondità, eseguite nei fori di sondaggio SN1-SN2, al fine di classificare il sottosuolo dal punto di vista sismico;
- N. 1 MASW, di lunghezza pari a circa 90 m, finalizzata a verificare la litologia dei terreni a grande scala, quantificandone le caratteristiche di rigidezza.

## 2 QUADRO GEOMORFOLOGICO - GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

### 2.1 ASSETTO TETTONICO E CONDIZIONI GEOLOGICHE LOCALI

Le condizioni geologiche del settore orientale della Sicilia restano determinate dalle successioni sedimentarie "postorogene", affioranti lungo il margine costiero ionico sopportate dal basamento cristallino dell'Unità Aspromonte e Mandanici, che rappresentano l'ossatura dell'arco Calabro - Peloritano, suddivisi in corpi rocciosi, deformati e dislocati in più scaglie tettoniche (Fig.2).

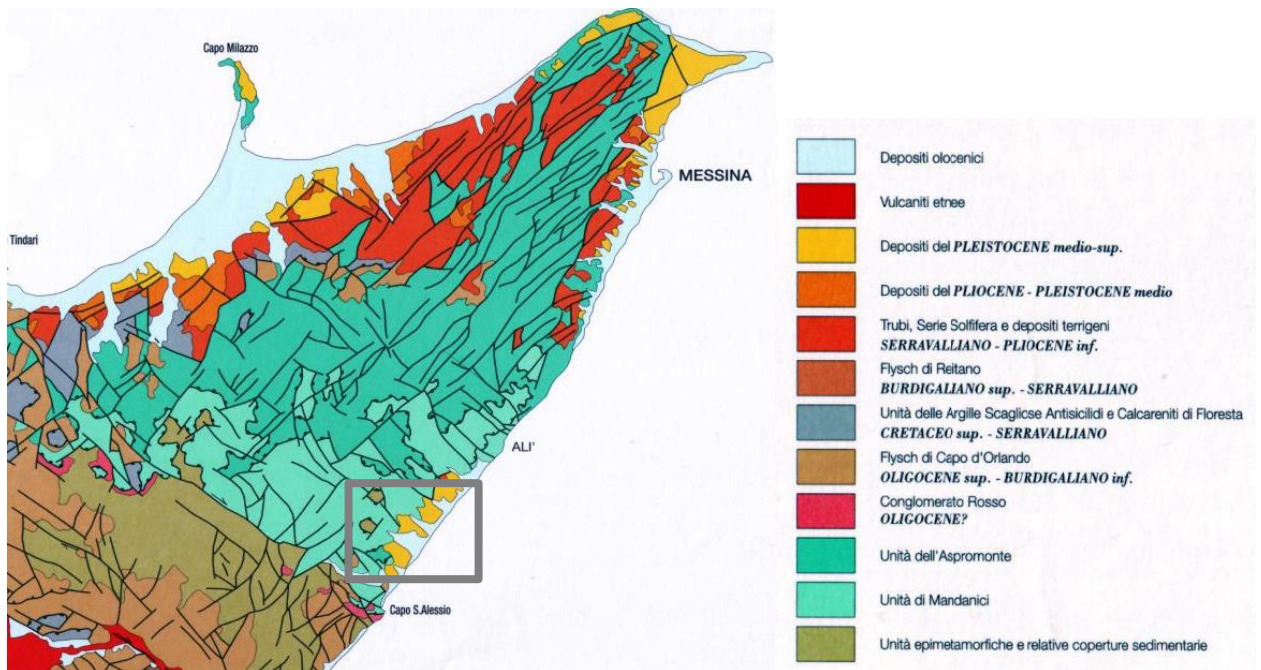


Fig.2 Schema geologico-strutturale da Lentini et al., 2000

In particolare l'assetto geologico del territorio nella zona in studio è caratterizzato dalle unità metamorfiche del Complesso Calabride (UAg – UM) e, in discordanza, dalla sovrastante successione terrigena Formazione di Stilo-Capo D'Orlando(OMar), ricoperti dalle Sabbie e Ghiaie di Messina (Qg) e dalle coltri alluvionali (ar) e detritiche (Fig.3).

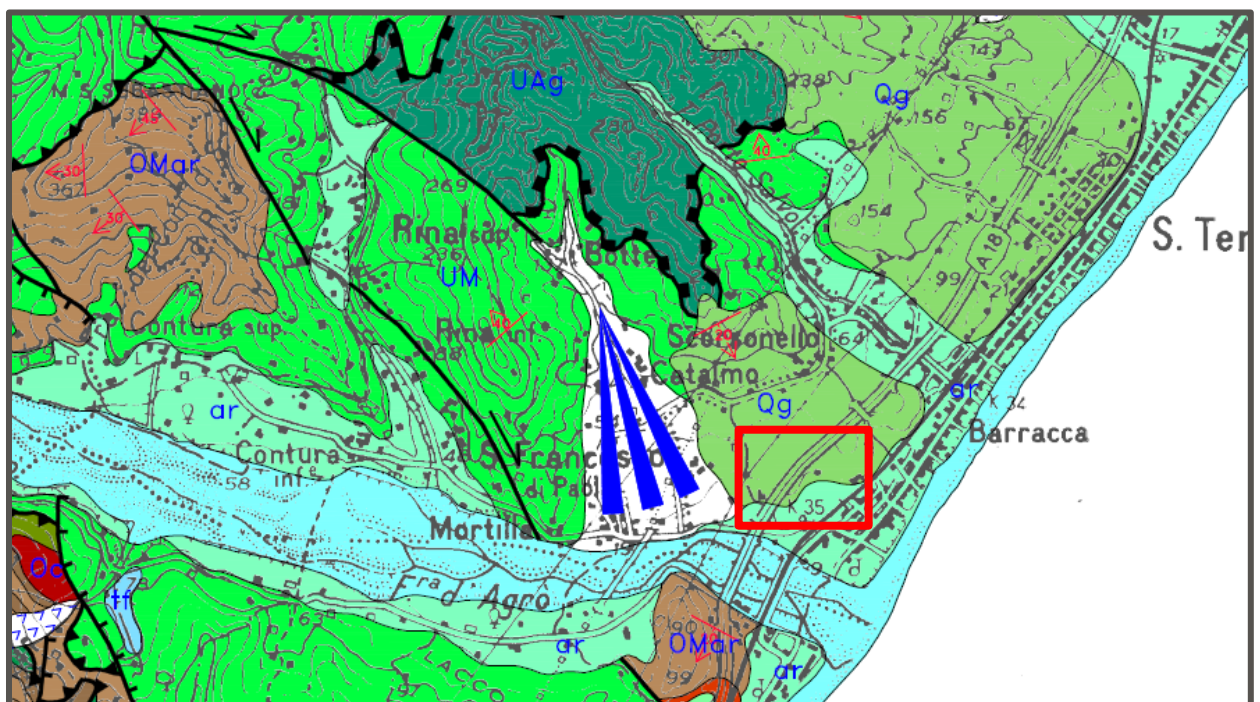


Fig.3 Stralcio carta geologica da Lentini et al., 2000 – in stampa scala 1:25.000



La descrizione geolitologica della zona in esame (Fig.4) viene proposta assimilando schematicamente i terreni affioranti nei seguenti complessi, in modo da facilitare la comprensione del quadro geo-strutturale:

- Terreni quaternari.
- Coperture Oligo-mioceniche
- Terreni delle Unità Calabridi;

#### Terreni quaternari

Le alluvioni terrazzate sono depositi olocenici costituiti da sabbie e ghiaie con limitate frazioni di limo e ciottoli eterometrici si trovano nelle fasce rialzate a ridosso dell'alveo attuale sia in sinistra che in destra orografica della Fiumara d'Agrò e nella fascia costiera. Localmente si presentano livelli di sabbie cementate. La Formazione "Sabbie e Ghiaie di Messina" è rappresentata da sedimenti fluvio-deltizi costituiti da sabbie, ghiaie e conglomerati con spessori fino a 250m del Pleistocene medio.

#### Coperture Oligo-mioceniche

Alternanza di arenarie arkosiche e livelli di marne-argillose afferenti al Flysch di Capo d'Orlando che affiorano a monte dell'area in esame ed in destra orografica della Fiumara d'Agrò.

#### Unità Calabridi

Il basamento metamorfico, affiorante a monte dell'area in esame è costituito dalle filladi con metareniti e quarziti, con una grana da fine a finissima, cristallinità bassa, una foliazione legata alle deformazioni erciniche e zone di taglio legate alle più recenti deformazioni alpine (Unità Mandanici - UM).

I gneiss e micascisti dell'Unità Aspromonte (UAg) ricoprono i termini di più basso grado e sono affioranti nei versanti a nord dell'area in studio.

In merito alla zona di conoide rilevata a S-E non interferisce con l'area di progetto.

## **2.2 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE**

L'area di progetto si trova a monte del centro abitato di Santa Teresa al limite comunale con il comune di Sant'Alessio Siculo, in sinistra orografica della Fiumara d'Agrò.

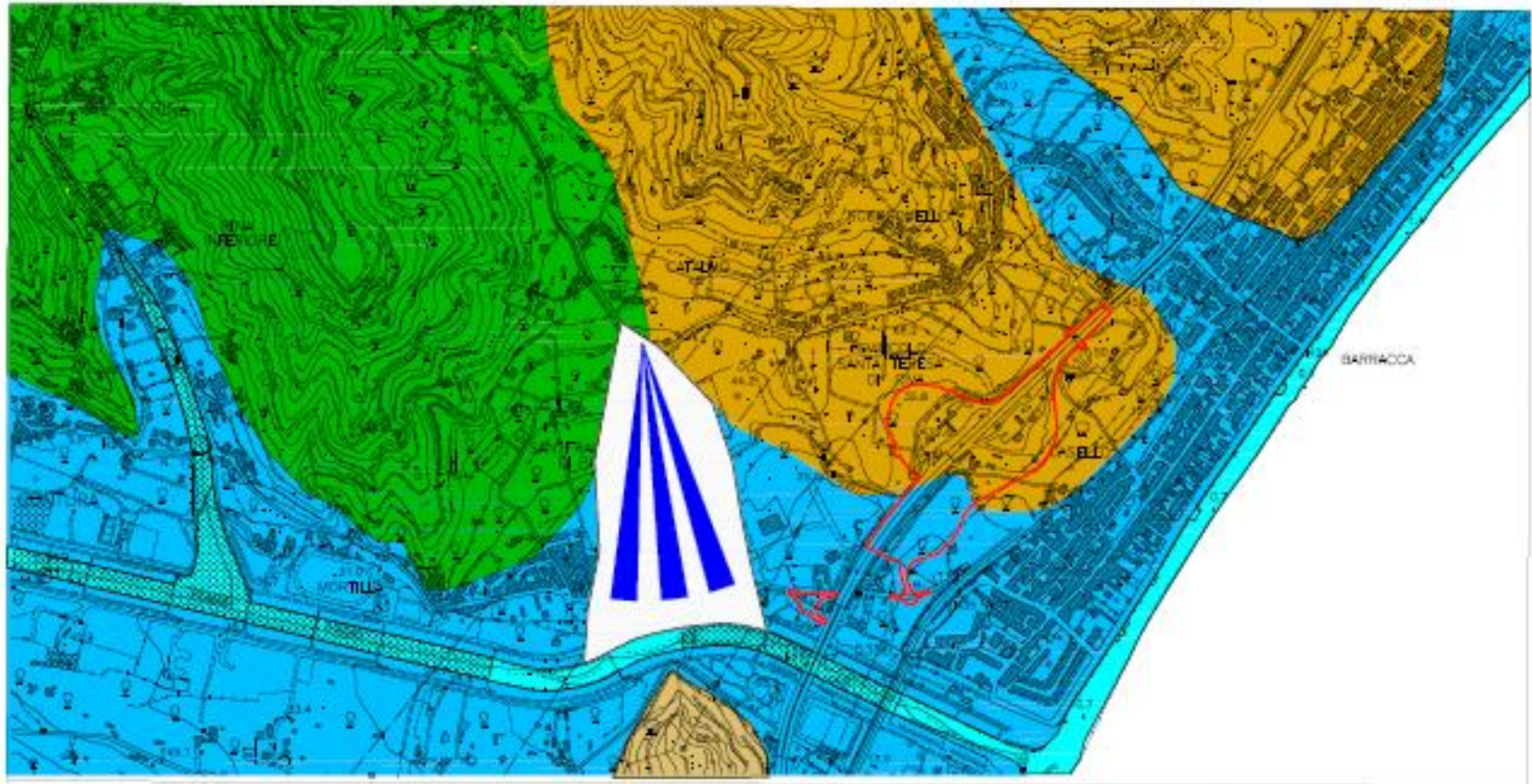
Gli interventi si sviluppano su un'area da sub-pianeggiante, tra le quote 20 e 30 m s.l.m., nella zona restrostante la fascia costiera a valle dell'attuale autostrada A18 e la zona a monte della stessa fino ad una quota di circa 40 m s.l.m. ove il pendio presenta una pendenza in media non superiore al 10% circa a meno della zona più a sud ove la pendenza arriva al 20% circa.

Nel territorio in esame, ove non sono stati rilevati particolari processi morfodinamici in atto, si ritiene di potere fare le seguenti considerazioni:

- gli elementi geomorfologici sono stati poco influenzati dagli interventi antropici che non hanno quindi, modificato l'originario assetto morfologico e le costruzioni e le opere esistenti non fanno rilevare segni riconducibili ad instabilità e/o cedimenti;
- non si rilevano forme morfologiche superficiali di rilievo ma solo lievi terrazzamenti, con una pendenza del 10% circa, e gli elementi geomorfologici di superficie escludono la presenza di fenomeni d'instabilità gravitativi e/o di dinamica delle acque superficiali;
- nella zona interessata dal presente progetto non si rileva la presenza di veri e propri corsi d'acqua a mendo di qualche canale di raccolta la cui continuità andrebbe verificata.







La porzione di territorio interessata dalle opere in progetto viene di seguito riportata in DEM, modello digitale del terreno (Fig.5) che ci consente di rappresentare la topografia naturale, priva degli artefatti antropici,





## CARTA GEOLOGICA

### LEGENDA

- |  |   |
|--|---|
|  Depositi alluvionali attuali (a) e recenti (b) - Olocene |  Metamorfiti Unità Mandanici |
|  Sabbie e ghiaie di Messina - Pleistocene medio           |  Cono di deiezione           |
|  Flysch di Capo d'Orlando - Oligocene sup.-Burdigaliano   |  Limite area di progetto     |

scala 1/10000



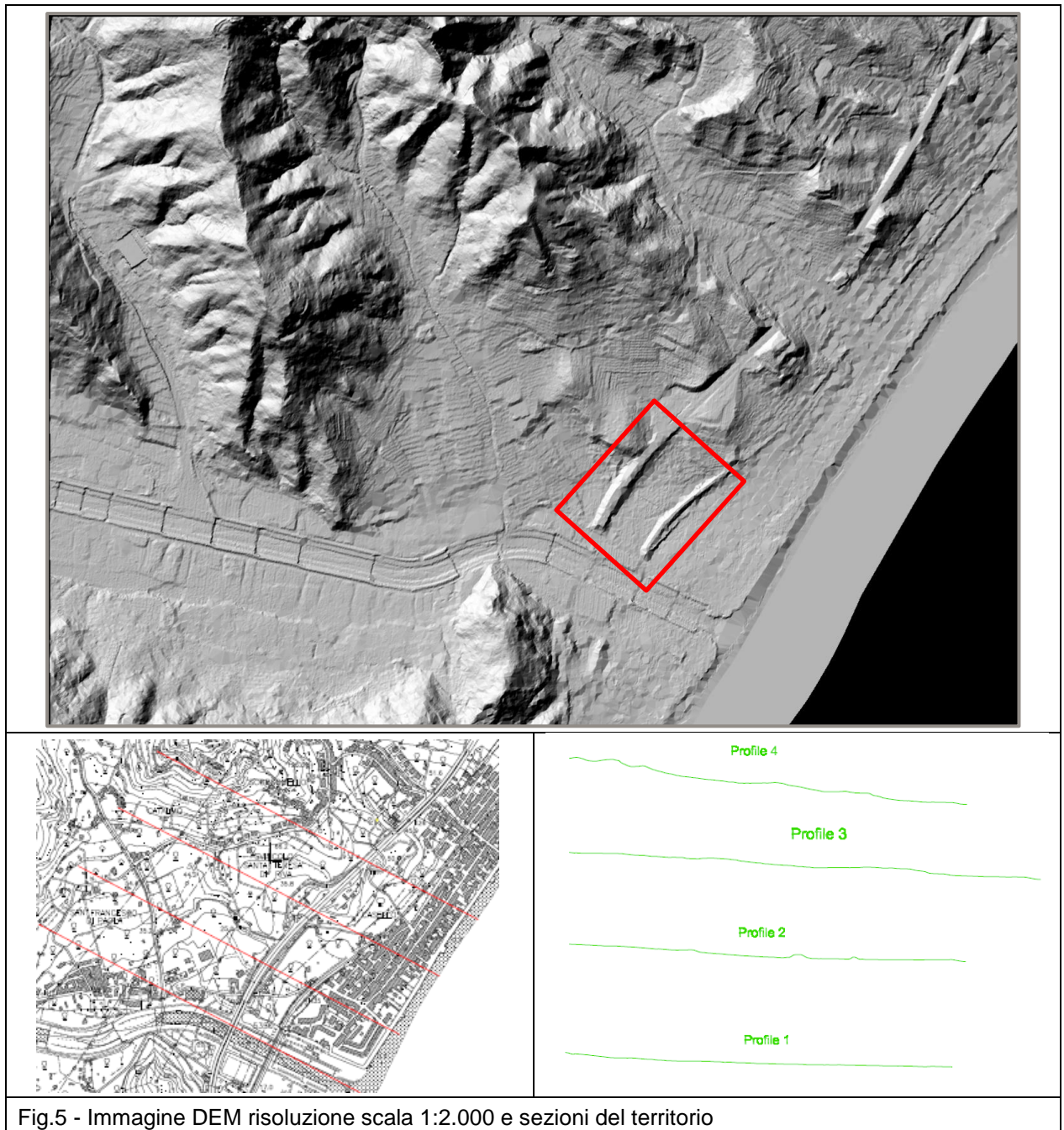
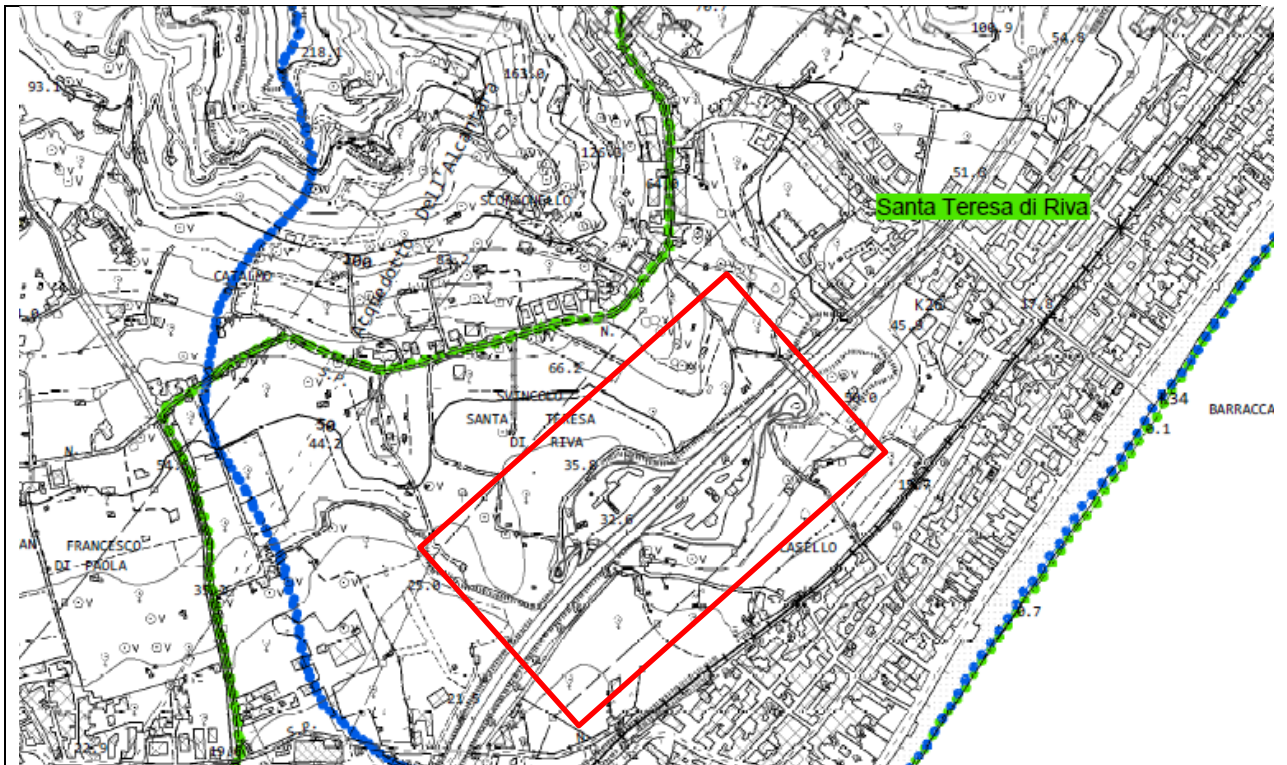


Fig.5 - Immagine DEM risoluzione scala 1:2.000 e sezioni del territorio

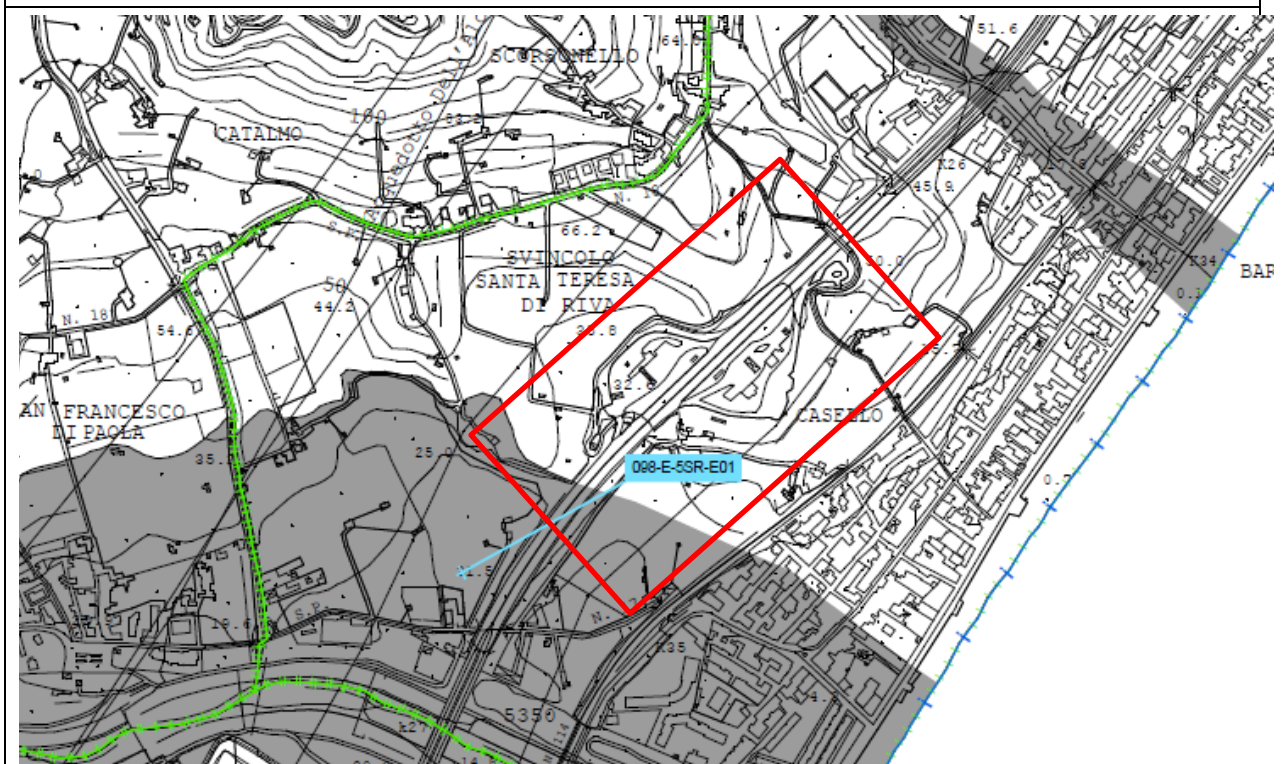
### 2.3 PIANO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Rispetto al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), il sito in esame rientra nell'area tra la F.ra d'Agrò ed il Torrente Savoca (098) e non risulta cartografato nella carta delle pericolosità e del rischio geomorfologico, aggiornamento 2017, mentre è interessato in parte dal sito di attenzione idraulica (codice dissesto 098-5SR-E01) nella carta di pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione (fig.6).





a)



b)

Fig.6 Stralcio delle carte delle pericolosità e del rischio geomorfologico (a), della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione (b)



Di seguito si riporta uno stralcio della relazione di bacino relativa alla perimetrazione delle aree potenzialmente inondabili:

**098-E-5SR-E01 - CTR 1:10.000: 614050.**

Lo studio di fattibilità per il recupero delle aree golenali dei corsi d'acqua della provincia di Messina redatto dal Genio Civile di Messina evidenzia la fiumara d'Agrò come area caratterizzata da diversi gradi di rischio. Lo studio perviene a tali determinazioni partendo da valori della pericolosità valutati utilizzando tempi di ritorno degli eventi di anni 20 (P3), 100 (P2) e 500 (P1) e cioè differenti da quelli utilizzati come riferimento nel P.A.I. per la valutazione della probabilità di inondazione moderata, bassa e alta. Le conclusioni dello studio del Genio Civile di Messina sono comunque servite ad evidenziare la presenza di siti su cui concentrare un necessario approfondimento in una fase successiva del P.A.I.

Attualmente non si rilevano evidenze di superficie che possano ricondurre a fenomeni idraulici di esondazione avvenuti in tempi recenti ma ciò non toglie che, come previsto dalle norme, nel caso in cui nelle carte della pericolosità e del rischio siano presenti aree indicate come siti di attenzione, questi vanno intesi come aree su cui approfondire il livello di conoscenza delle condizioni geomorfologiche e/o idrauliche in relazione alla potenziale pericolosità e rischio e su cui comunque gli eventuali interventi dovranno essere preceduti da adeguate approfondite indagini

Questa classificazione, in relazione alle norme di attuazione del P.A.I., impone dunque uno studio idrologico ed idraulico mirato a valutare il livello di pericolosità e di rischio dell'area di interesse facendo riferimento alla metodologia completa di cui al capitolo 7 della Relazione Generale del P.A.I. che è stato già effettuato da cui risulta che l'area in esame è esclusa da eventuali esondazioni.

Per quanto sopra, a parte la verifica ed idrologico da effettuare, il sito risulta stabile dal punto di vista geomorfologico ed idoneo alla realizzazione del progetto in esame.

## 2.4 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Nell'area in esame il serbatoio idrogeologico è costituito sia dai depositi alluvionali che dalle successioni terrigene della Formazione Stilo-Capo d'Orlando, mentre i terreni metamorfici rappresentano l'impermeabile. I lineamenti da foto aeree coincidono con le principali strutture neotettoniche.

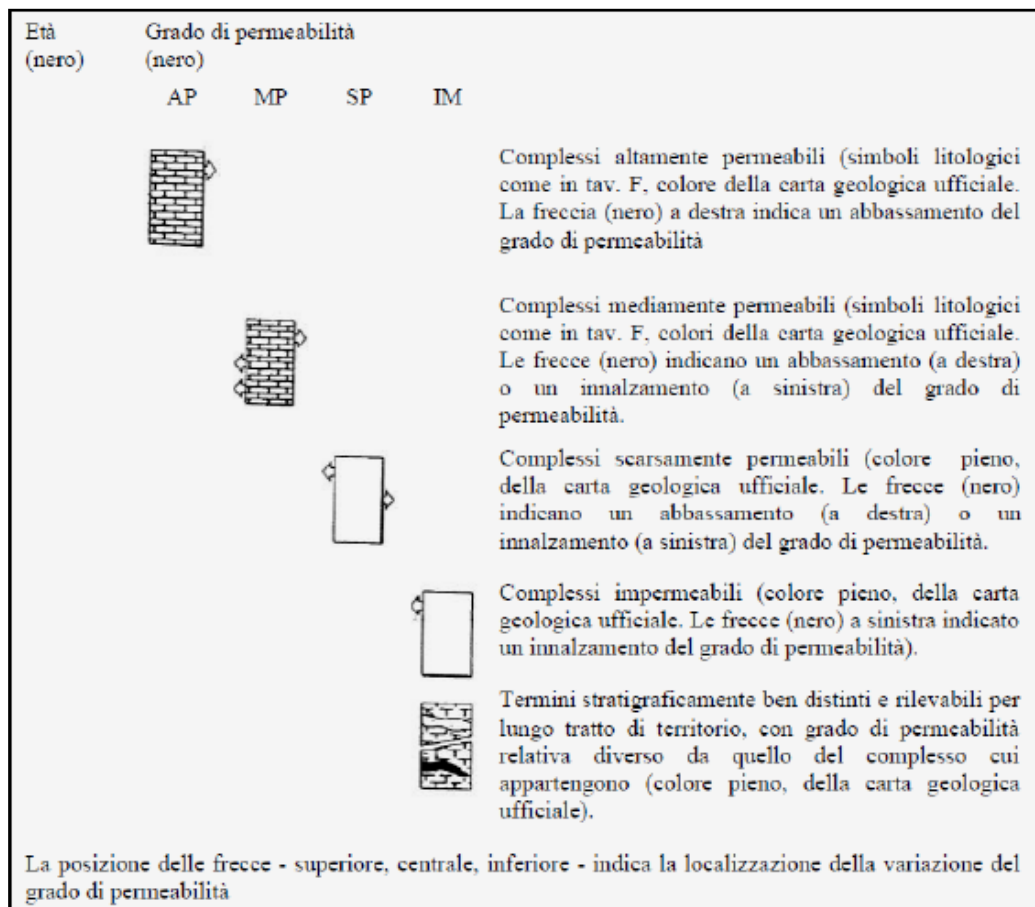
La caratterizzazione idrogeologica dei terreni affioranti viene eseguita in base alla valutazione qualitativa del tipo e grado di permeabilità, rideterminando "complessi idrogeologici", definiti come un insieme di termini litologici simili aventi una comprovata unità spaziale e giaciturale, un tipo di permeabilità prevalente comune ed un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto (CIVITA, 1973).

Nello schema di legenda dei complessi idrogeologici, proposto dal SGN (1985), si classificano i complessi in funzione al grado di permeabilità per come segue:

- complessi altamente permeabili AP
- complessi mediamente permeabili MP
- complessi scarsamente permeabili SP
- complessi impermeabili IM

I complessi idrogeologici possono essere distinti anche in funzione dell'infiltrazione efficace, cioè della quantità media annua d'acqua, che attraverso il processo di infiltrazione, raggiunge e alimenta la falda. L'infiltrazione efficace, espressa in mm/anno, dipende dalle condizioni litologiche e morfologiche ed ovviamente dalle condizioni climatiche.





Schema di legenda dei complessi idrogeologici in funzione della permeabilità (SGN, 1985)

Nell'ambito del territorio in esame, tenendo conto anche di recenti studi idrogeologici (OIENI et al, 2009; CIMINO et al. 2011), si è proceduto alla caratterizzazione dei complessi idrogeologici in base a 5 classi del grado di permeabilità (molto elevata, elevata, media, bassa, molto bassa o impermeabile), oltre alla definizione del tipo di permeabilità, distinguendo permeabilità prevalente per porosità, fessurazione o mista (porosità + fessurazione). I complessi idrogeologici sono ordinati dall'alto verso il basso in base alla posizione tettonico-strutturale prevalente, che a volte non corrisponde a quella stratigrafica.

COMPLESSO IDROGEOLOGICO	TIPO DI PERMEABILITÀ PREVALENTE			GRADO DI PERMEABILITÀ				
	P	F	P+F	MOLTO ELEVATA	ELEVATA	MEDIA	BASSA	MOLTO BASSA O IMPERMEABILE
DETRITICO								
ALLUVIONALE								
CALCAREO-MARNOSO E ARGILLO-SABBIOSO								
CALCAREO								
METAMORFICO								
FLISCIODE								
ARGILLOSO								



I "complessi idrogeologici" definiti nell'area in esame e correlati con i principali litotipi affioranti, risultano:

- Complesso a permeabilità elevata: si tratta dei depositi alluvionali attuali recenti e terrazzati e Sabbie e Ghiaie di Messina, a prevalente componente granulare, permeabili per porosità, anche se con presenza di orizzonti a granulometria fine, discontinue verticalmente e lateralmente, si determinano variazioni della permeabilità orizzontale e verticale e della potenzialità dell'acquifero;
- Complesso a permeabilità da media a bassa: si tratta dei depositi torbiditici con alternanze di litotipi diversi (Flysch di Capo d'Orlando), a permeabilità mista per porosità e fessurazione e delle metamorfiti di alto grado con una porosità per fratturazione; afferiscono a questo complesso anche le aree in frana e i corpi detritici principali, distinte solo per il tipo di permeabilità (per porosità), ove la circolazione idrica sotterranea è disarticolata anche per effetto dei movimenti gravitativi più o meno lenti;
- Complesso idrogeologico a permeabilità da bassa a molto bassa: si tratta delle metamorfiti di basso grado (semiscisti e filladi) con permeabilità per fessurazione decrescente con l'aumentare della profondità, fino a costituire un vero e proprio orizzonte impermeabile.

Per quanto rilevato nel sondaggio Sn4 e da un pozzo esistente limitrofo all'area d'interesse, nella zona di fondovalle la falda si trova ad una profondità di circa 7 m dal p.c. (rilevata nel dicembre del 2020) mentre nei versanti collinari non è stata rilevata la falda fino alla profondità di 30 m dal p.c.

Nel sondaggio Sn2 si rileva un livello freatico di modesta entità, tra le quote 20 e 24 m circa dal p.c al contatto con le argille sottostanti, come confermato anche dall'indagine sismica.

### 3 QUADRO SISMICO

Nella zona di progetto sono attivi i processi cinematici connessi Zone dell'Arco Calabro, verosimilmente legate alla subduzione passiva della litosfera ionica, e Sicilia Settentrionale.

La zonizzazione sismogenetica ZS4 (Meletti ed al., 2000a) per la zona in esame prevede un comportamento cinematico delle strutture sismogenetiche di dip-slip con assi T W-E e WNW-ESE nelle strutture longitudinali.

Nella zonizzazione ZS9, a cura di C. Meletti e G. Valensise (marzo 2004), l'area ricade nell'area meridionale della zona 929 collegata alle zone sorgente della Calabria fino allo stretto di Messina.

La storia sismica dell'area in esame è ricostruita nella seguente tabella, ripresa da Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 206. CPT15, the 205 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. (<http://doi.org/0.6092/INGV.IT-CPT15>).

Stazione sismica di Santa Teresa di Riva [37.945, 15.367]					
Numero di eventi: 14					
Effetti	In occasione del terremoto del:				
Int	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1894 02 20	Monti Peloritani ?	16	5	4.33
6	1894 11 16 17 52	Calabria meridionale	303	9	6.12
5	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
4-5	1907 10 23 20 28 1	Aspromonte	274	8-9	5.96
NF	1910 06 13 23 43	Calabria meridionale	14	5	4.36
5	1975 01 16 00 09 4	Stretto di Messina	346	7-8	5.18
NF	1977 06 05 13 59	Monti Nebrodi	108	6-7	4.61
4-5	1978 03 11 19 20 4	Aspromonte	126	8	5.22
5	1978 04 15 23 33 4	Golfo di Patti	330	8	6.03
5	1990 12 13 00 24 2	Sicilia sud-orientale	304		5.61
NF	1995 08 27 19 42 1	Golfo di Patti	55	4-5	4.11
NF	2004 05 05 13 39 4	Isole Eolie	641		5.42
4	2006 02 27 04 34 0	Monti Peloritani	55	5	4.38
4	2010 08 16 12 54 4	Isole Eolie	29	5-6	4.68

\* NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io = intensità al sito (MCS); Mw = Magnitudo momento.



Secondo la recente classificazione sismica (DPCM n.3274/2003) il comune di Santa Teresa è stato classificato con i valori di accelerazione:

Decreti fino al 984	Proposta del GdL 998	Ord. PCM 2003
2	1	1
Accelerazioni orizzontali con superamento pari al 0% in 50 anni		0,5 – 0,25 [ag/g]
Accelerazioni orizzontali spettro di risposta elastico (Norme Tecniche)		0,25 [ag/g]

Ai fini della caratterizzazione delle azioni sismiche (§ 3.2 NTC2018), le coordinate del comune dell'area in esame, in riferimento al sistema ED50



sono:

Latitudine	$\Phi$ 37.9372	Longitudine	$\lambda$ 15.3553
------------	----------------	-------------	-------------------

Il profilo stratigrafico del suolo in esame (Tab. 3.2.II NTC2018) tiene conto delle indagini effettuate in situ in questa fase e in quella precedente di seguito riportate:

Indagine	Fase di studio	$V_{s\text{equivalente}}$	Categoria	Litologia
Masw TM01	Studio di fattibilità	$V_s = 411.4$ m/s	B	Depositi alluvionali
Masw TM02	Studio di fattibilità	$V_s = 357.6$ m/s	C	Depositi alluvionali
DH1	Studio di fattibilità	$V_s = 295.7$ m/s	C	Depositi alluvionali
DH1	Studio esecutivo	$V_s = 356.75$ m/s	C	Sabbie e Ghiaie
DH2	Studio esecutivo	$V_s = 353.75$ m/s	C	Sabbie e Ghiaie
Masw 1	Studio esecutivo	$V_s = 536.61$ m/s	B	Sabbie e Ghiaie

In considerazione del fatto che sia i depositi alluvionali che le Sabbie e ghiaie di Messina fanno rilevare valori di velocità delle onde  $V_s < 360$  m/s (a meno di alcuni valori puntuali) si considera valida, e non eccessivamente cautelativa, per tutta l'area di progetto la seguente categoria:

<b>Depositi alluvionali</b>	
C	Depositi di terreni ..... e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s

Dalla classificazione delle condizioni topografiche (Tab. 3.2.IV NTC2018), il sito in esame rientra nella categoria:

T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
----	--





La "pericolosità sismica di base", l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche, 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);
- dalle ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR (probabilità di superamento nel periodo di riferimento), nel periodo di riferimento VR;
- con l'uso di accelerogrammi.

Le forme spettrali necessarie per la determinazione delle azioni sismiche sono definite a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$	Accelerazione orizzontale massima al sito
$F_0$	Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
$T^*C$	Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Utilizzando il programma Spettri- NTC vers.0.3 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici è possibile ricavare gli spettri di risposta delle componenti (orizzontali e verticali) della azioni sismiche di progetto.

Il programma si sviluppa in tre fasi e, nel caso in esame i dati di ingresso sono i seguenti:

<b>FASE 1 – Individuazione della pericolosità del sito</b>					
<i>Regione</i>	<b>Sicilia</b>	<i>Provincia</i>	<b>Messina</b>	<i>Comune</i>	<b>Santa Teresa di Riva</b>
<i>Long.</i>	<b>15.3553</b>	<i>Lat.</i>	<b>37.9372</b>	<i>Interpolaz</i>	<b>Media p.</b>
<b>FASE 2 – Scelta della strategia di progettazione</b>					
Vita nominale della costruzione (in anni) $V_N$ (2.4. NTC-18)					<b>50</b>
Coefficiente d'uso della costruzione $C_u$ (2.4.3 NTC-18)					<b>4</b>
<b>FASE 3 – Determinazione dell'azione di progetto</b>					
Stato limite considerato $V_N$ (3.2.3 NTC-08)					<b>SLV</b>
Risposta sismica locale (3.2.3.2. NTC-18)	Categoria di suolo				<b>C</b>
	Categoria topografica				<b>T1</b>
	h/H (quota/altezza)				<b>0,00</b>
Componente orizz- spettro di progetto (3.2.3 NTC-18)	Smorzamento				<b>5</b>
	Fattore $q_0$				<b>3</b>
Componente verticale- spettro di progetto (7.3. NTC-18)	Fattore di struttura $q$				<b>1.5</b>

In uscita dalla fase 2 si riporta la tabella dei parametri di azione sismica:

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	60	0.090	2.382	0.291
SLD	101	0.117	2.357	0.308
SLV	949	0.319	2.464	0.368
SLC	1950	0.422	2.477	0.402

In uscita dalla fase 3 si riportano solo i parametri ed i punti spettri di risposta:

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_0$	0.319 g
$F_0$	2.464
$T_C$	0.368 s
$S_S$	1.229
$C_C$	1.460
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.229
$\eta$	1.000
$T_B$	0.179 s
$T_C$	0.538 s
$T_D$	2.875 s

Quanto sopra è utile come riscontro e verifica dei valori rilevabili con il programma di calcolo delle strutture.

L'accelerazione sismica al suolo:  $a_{max}/g = a_g/g * S_T * S_S$  con  $a_g/g = 0.319$

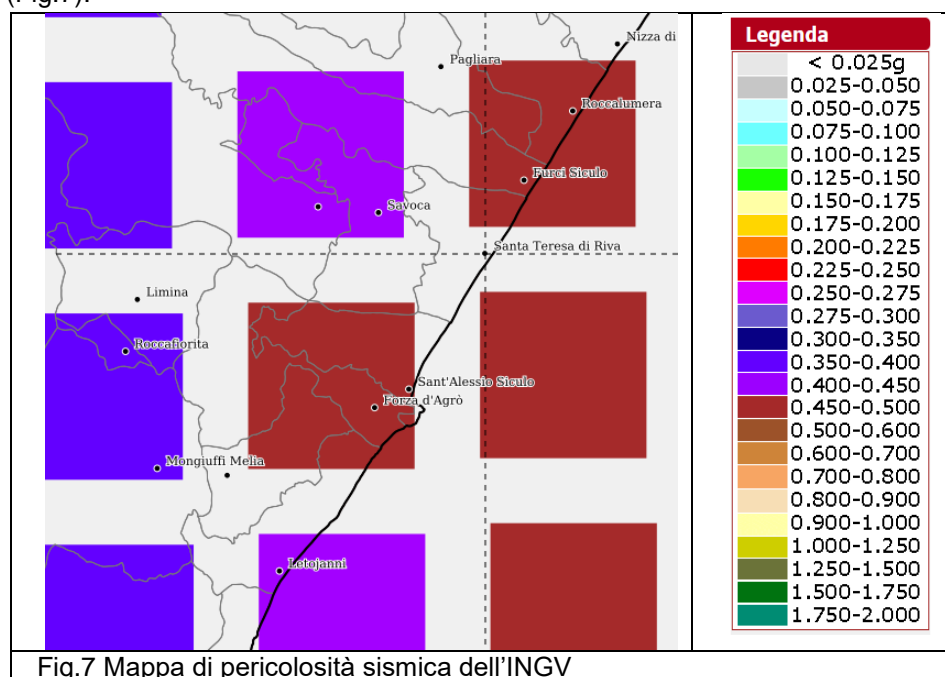
$S_T = 1$  per le condizioni morfologiche favorevoli

$S_S$  (per un suolo tipo C) = 1.229

risulta:

Terreni tipo C
$a_{max}/g = 0.39$

Dalla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale redatto dall'Istituto Nazionale di Geofisica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo e dello spettro di risposta elastico in funzione del periodo T, con probabilità di eccedenza del 2% in 50 anni, l'area in esame rientra nel seguente campo  $a_g = 0.450 - 0.500$  (Fig.7).





Rispetto al pericolo derivante dalla presenza di faglie attive e capaci per quanto rilevato dal progetto ITHACA (ITaly HAZard from Capable faults) del Servizio Geologico d'Italia – ISPRA che ha sviluppato un database che raccoglie tutte le informazioni sulle strutture tettoniche attive, l'area in studio risulta esclusa (Fig.8).

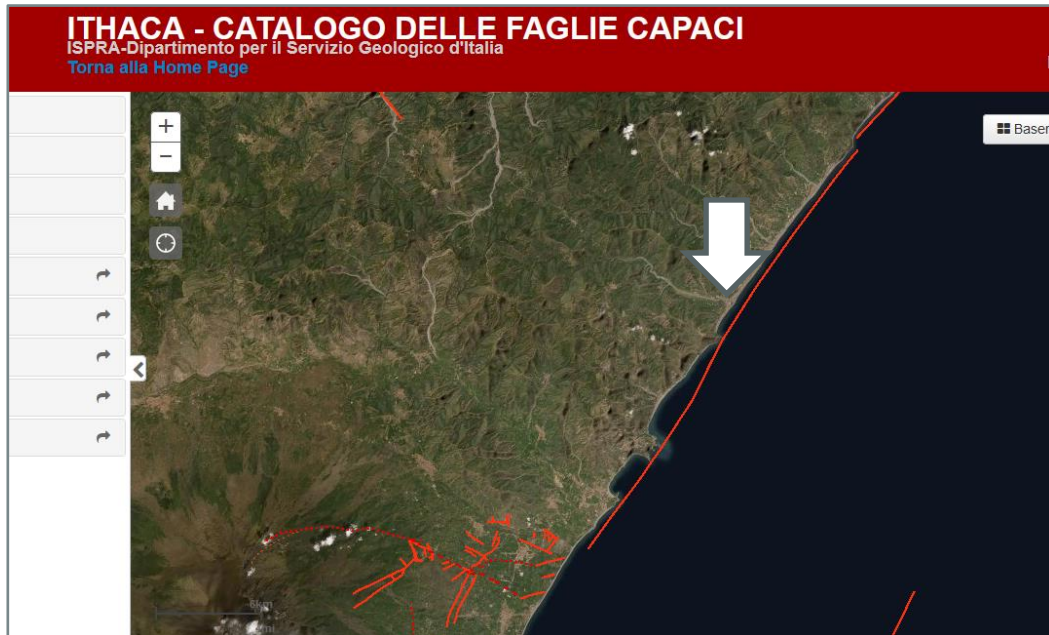


Fig.8 Catalogo delle faglie capaci – Ispra.

La faglia parallela alla costa che non interessa l'area di progetto si trova a circa 1 Km ed è classificata con il codice 12600, denominata Messina – Giardini come faglia normale lunga 29.8 Km attiva negli ultimi 3.000 anni, rilevata con le prospezioni geofisiche, interessa i depositi del pleistocene – olocene ed anche se la qualità dello studio è considerato basso si ritiene altamente affidabile.

### 3.1 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Le valutazioni sulla pericolosità sismica locale considerano le esaltazione del moto sismico del suolo “effetti di sito” che a causa di condizioni geomorfologiche e geotecniche possono innescare “effetti locali”.

Dal documento “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” (GdL MS, 2008), in base alle osservazioni geolitologiche e idro-geomorfologiche, si riporta la seguente zonazione del territorio in prospettiva sismica:

sigla	zona	situazione-tipo
A	Zona stabile	Substrato geologico affiorante ( $V_s \geq 800$ m/s) con morfologia pianeggiante o poco inclinata ( $\alpha > 15^\circ$ )
B1	Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per effetto litologico	Terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato ( $J_v > 10 - 15$ ) o substrato affiorante con $V_s < 800$ m/s per spessori $> 5$ m
B2	Zona stabile suscettibile di amplificazioni locali per effetto morfologico	Discontinuità morfologiche, quali pendii con $\alpha > 15^\circ$ e $H > 30$ m, bordi di terrazzo o zone di ciglio di scarpata con $H > 10$ m, creste rocciose sottili ( $L_{cresta} \ll L_{base}$ e $\alpha > 30^\circ$ )
C1	Zona suscettibile d'instabilità	Instabilità di versante (tipo di frane e attività)
C2		Liquefazione in terreni sabbiosi, sabbioso-limosi e sabbioso-ghiaiosi con soggiacenza della falda idrica $< 15$ m dal p.c.
C3		Faglia attiva e capace





C4	Cedimenti differenziali in aree di contatto stratigrafico o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse
----	--

La caratterizzazione geologica e idro-morfologica del sito in progetto, sintetizzata nella successiva tabella, unitamente ai dati di "pericolosità sismica di base", consente un preliminare inquadramento degli effetti di amplificazione e di instabilità sismo-indotti.

Caratteristiche geo-idro-morfologiche del sito	Descrizione
Geolitologia	Sabbie ghiaiose e sabbie con limo
Neotettonica	Assenza di interferenza tra il sito in progetto e faglie attive riportate in documenti ufficiali o con evidenze morfologiche di lineamenti neotettonici. Si rileva una faglia attiva e capace, riportata nel database Ithaca ad una distanza di circa 1 Km
Idrogeologia	Falda freatica con soggiacenza a circa - 7 m dal p.c. rilevata in una zona di fondovalle nei depositi alluvionali
Geomorfologia	Contesto morfologico di pendio con acclività < 15°. Assenza di movimenti franosi attivi, quiescenti e di segni premonitori di instabilità

La caratterizzazione lito-sismica del sottosuolo in funzione e della velocità caratteristica delle onde di taglio, dalle indagini effettuate in sito (Masw e Down-Hole) rileva un suolo di tipo C con  $180 \text{ m/s} < V_{seq} < 360 \text{ m/s}$ . Nel sito in esame, per quanto rilevato, non si rileva fenomeni di amplificazione sismica;  
 - effetto morfologico, come risulta in base alle categorie topografiche e al sito di ubicazione, riportate nell'EC-8 e nelle NTC2018.

catg	caratteristiche topografiche	ubicazione dell'intervento	ST
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i < 15^\circ$	--	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta $\ll$ alla base e $i = 15^\circ-30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta $\ll$ alla base e $i > 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4
Categorie topografiche - coefficiente di amplificazione topografica (NTC-2018)			

Il rischio di suscettività alla liquefazione è estraneo al sito di progetto per le caratteristiche geo-lito-idrologiche.

Anche il rischio di franosità sismo-indotta si può ritenere potenzialmente assente, per l'assenza nel sito in progetto di fenomenologie gravitative in atto o quiescenti (vedi carta del rischio geomorfologico del Piano per l'Assetto Idrogeologico), sismicamente riattivabili.

Il sito in progetto, in base alla caratterizzazione geo-idro-morfologica in prospettiva sismica, rientra in una zona suscettibile di instabilità per effetto di liquefazione dei terreni saturi.

Per la valutazione del potenziale di liquefazione si rimanda al paragrafo riservato.



## 4 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

### 4.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nell'area di progetto sono state eseguite due campagne d'indagine geognostica, localizzate nella seguente Fig.9, la prima nella fase di fattibilità dell'opera (riportate in blu) e la seconda in fase di progetto esecutivo (in rosso).

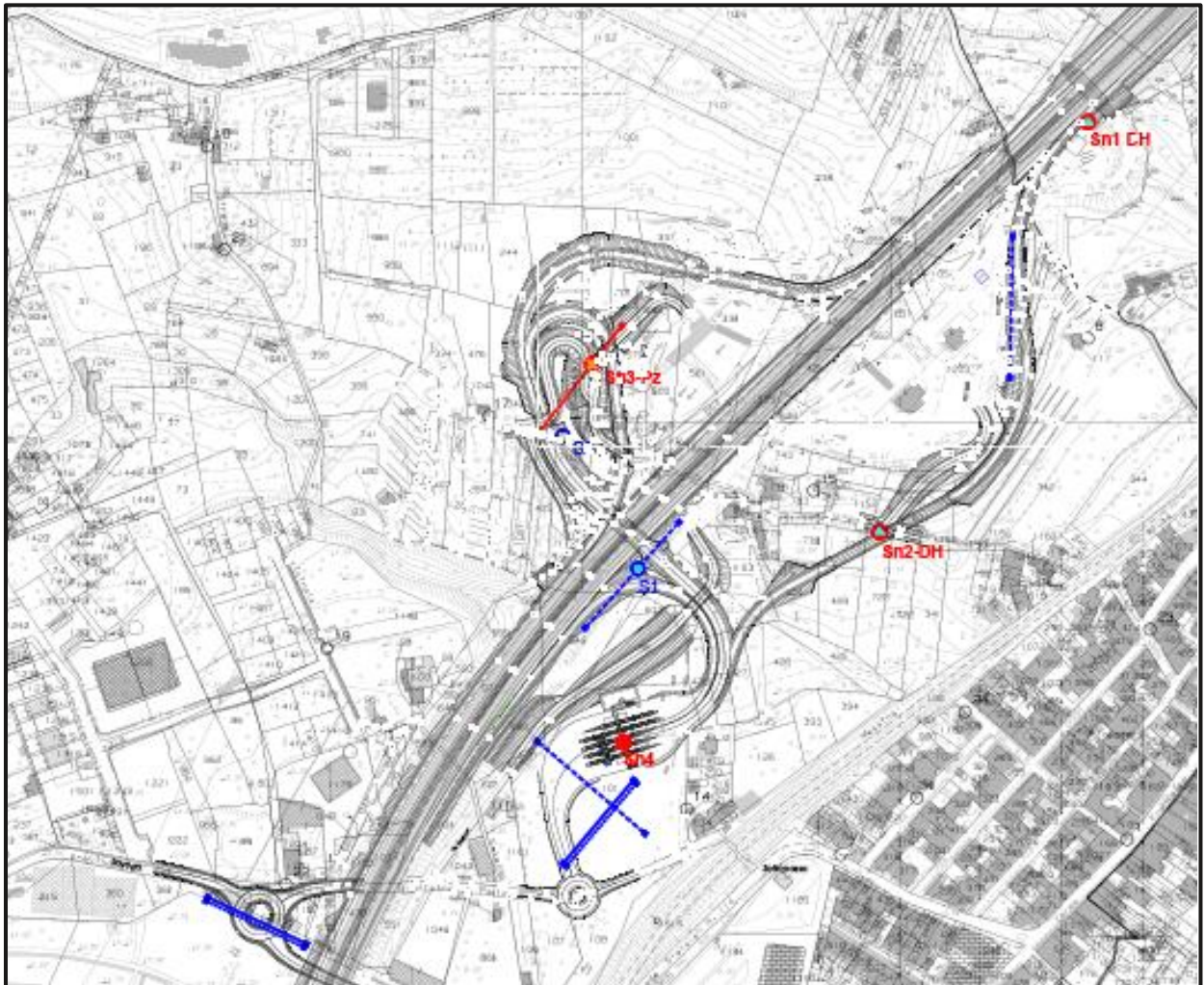


Fig.9 Sovrapposizione delle campagne di indagine

Per una descrizione dettagliata delle indagini si rimanda ai relativi report di cui uno relativo alle indagini del dicembre 2020/gennaio 2021 in allegato alla presente.

A seguire si riporta una descrizione sintetica delle indagini integrative svolte nella fase esecutiva che consistono in:

- N. 4 sondaggi geomeccanici a carotaggio continuo di cui n.2 alla profondità di 20 m (SN3 ed SN4) e n.2 alla profondità di 30 m (SN1 ed SN2);
- Realizzazione di prove SPT (Standard Penetration Test) ogni 3 m per ogni sondaggio;
- Prelievo di campioni rimaneggiati (3-4 per ogni sondaggio) e di campioni indisturbati;



- Prove di consistenza speditiva con Pocket Penetrometer e/o Tore Vane ogni 20 cm nei livelli coesivi (previa scortecciatura del materiale carotato);
- N. 1 piezometro a tubo aperto (tipo Norton, con tratto filtrante dai 3 m a fondo foro) installato nel foro di sondaggio SN3;
- N. 2 prove sismiche di tipo Down Hole, con misura di onde P ed S ogni metro, fino a 30 m di profondità, eseguite nei fori di sondaggio SN1-SN2, al fine di classificare il sottosuolo dal punto di vista sismico;
- N. 1 MASW, di lunghezza pari a circa 90 m, finalizzata a verificare la litologia dei terreni a grande scala, quantificandone le caratteristiche di rigidità.

### **SONDAGGI GEOMECCANICI**

Le colonne stratigrafiche dei sondaggi effettuati sono di seguito riportate.

Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	Falda
S1	0.00 - 0.50	Asfalto e riporto eterogeneo	Non rilevata
	0.50 - 3.50	Sabbia ghiaiosa con limo giallo-bruna	
	3.50 - 4.60	Livello ghiaioso con sabbia di colore giallastro	
	4.60 - 15.0	Sabbia limosa con ciottoli di colore grigio	
	15.0 - 16.0	Livello limo-sabbioso grigiastro	
	16.0 - 25.0	Sabbia ghiaiosa e/o limosa dal grigio al marrone	
	25.0 - 30.0	Limo-sabbioso con ciottoli	
S2	0.0 - 0.70	Asfalto, sottofondo stradale e riporto	Di limitata entità da 20 a 24 m
	6.00-6.40	Sabbia limosa marrone con ciottoli	
	6.40-8.20	Sabbia e ghiaia di colore marrone	
	8.20-9.20	Limo-sabbioso marrone	
	9.20-18.60	Sabbia e ghiaia di colore grigio	
	18.60-21.50	Limo-argilloso-sabbioso marrone	
	21.50-30.00	Argilla ghiaioso-sabbiosa di colore variabile dal marrone al grigio al rossastro a luoghi a scaglie	
Sn3	0.00 - 0.30	Terreno agrario	Non rilevata
	0.30 - 5.00	Sabbia con ghiaia giallo-bruna	
	5.00 - 6.20	Livello sabbioso-ghiaioso grigiastro	
	6.20 - 11.30	Sabbia grigiastra con limo e ghiaia	
	11.30 - 12.00	Livello sabbioso-ghiaioso grigiastro	
Sn4	12.00 - 20.00	Sabbia ghiaiosa marrone con poco limo	6.90 m dal p.c.
	0.00 - 0.20	Terreno agrario	
	0.20 - 1.00	Limo-sabbioso marrone	
	1.00 - 5.50	Sabbia ghiaiosa e ghiaia di colore grigio	
	5.50 - 8.00	Sabbia limosa grigio-marrone con ghiaia	
	8.00 - 20.00	Sabbia cementata e sabbia ghiaiosa con limo di colore dal bianco-giallastro al grigio	





I valori della resistenza penetrometrica, risultanti dalle prove SPT (Standard Penetration Test), sono di seguito riportati:

Prof	Sondaggio Sn1		Sondaggio Sn2		Sondaggio Sn3		Prof	Sondaggio Sn4	
	SPT	NSPT	SPT	NSPT	SPT	NSPT		SPT	NSPT
3.00 - 3.45	18-20-22	42	12-14-18	32	15-19-20	39	5.00 - 5.45	14-30-39	69
6.00 - 6.45	19-23-21	46	16-19-21	40	20-26-29	55	10.00 - 10.45	R	--
9.00 - 9.45	20-25-26	51	15-22-23	45	22-25-21	46			
12.0 - 12.45	22-29-30	59	21-27-29	56	23-21-33	54			
15.0 - 15.45	18-21-29	50	20-29-30	59	36-39-31	70			
18.0 - 18.45	25-30-32	62	32-31-34	65	32-41-40	81			
21.0 - 21.45	27-33-39	71	22-28-32	60					
24.0 - 24.45	25-36-38	74	39-R	--					
27.0 - 27.45	27-59-R	--	50-R	--					
30.0 - 30.45	30-R	--	R	--					

Nel Sondaggio Sn2 dalla profondità di 22 m circa sono stati rilevati dei terreni coesivi per cui è stato possibile effettuare, come previsto dal piano d'indagine, delle prove di consistenza speditiva con Pocket Penetrometer previa scortecciatura del materiale carotato, con i seguenti risultati:

Prof. (m)	22.10	22.30	23.00	23.20	23.40	23.60	23.80	24.00
UCS (Kg/cmq)	4.5	9.8	1.8	1.7	1.4	1.1	2.5	0.7
Prof. (m)	24.40	24.60	24.80	25.00	25.20	25.40	25.60	25.80
UCS (Kg/cmq)	1.4	1	0.5	0.9	0.9	--	0.8	2.2
Prof. (m)	26.00	26.20	26.40	26.60	26.80	27.00	27.20	27.40
UCS (Kg/cmq)	0.2	2.8	5.5	4.6	7.0	7.8	0.8	--
Prof. (m)	27.60	27.80	28.00	28.20	28.40	28.60	28.80	
UCS (Kg/cmq)	4.6	3.2	6.0	1.8	1.2	3.2	10	

Con UCS unconfined compressive strenght (resistenza alla compressione non limitata).

### Prove di laboratorio

Dai sondaggi geomeccanici sono stati prelevati ed inviati al laboratorio geotecnico dei campioni disturbati ed un campione indisturbato per effettuare la caratterizzazione fisico-meccanica i cui risultati sono riportati di seguito. La natura dei terreni non ha consentito il prelievo di campioni indisturbati a meno del sondaggio Sn2 ad una profondità di 22.50 m dal p.c..

Di seguito si riporta una sintesi:

Sondaggio	Campione	Profondità	Descrizione visiva	Densimetria (%)		
				Ghiaia	Sabbia	Limo / Argilla
Sn1	1R	3.00 – 3.50	Sabbia limoso-argillosa con ghiaia, di colore giallo-bruno	32	47	21
Sn1	2R	12.00-12.50	Sabbia debolmente limoso-argillosa con ghiaia, di colore grigio	40.6	45.7	13.6
Sn1	3R	16.00-16.50	Sabbia ghiaiosa debolmente limoso-argillosa, di colore grigio	18	73	9
Sn1	4R	24.50-25.00	Sabbia debolmente limoso-argillosa con ghiaia, di colore grigio	30	63	7
Sn2	1R	4.00 – 4.50	Sabbia debolmente limoso-argillosa con ghiaia, di colore giallo-bruno	41	52.6	6.4
Sn2	2R	11.00-11.40	Sabbia debolmente limoso-argillosa con ghiaia, di colore giallo-bruno	36	52	12



Sn2	3R	17.00-17.40	Sabbia ghiaiosa limoso-argillosa, di colore grigia	20	65	15		
Sn2	I	17.00-17.40	Argilla ghiaioso-sabbiosa con limo di colore marrone, plastica, moderatamente consistente (P=2,5 Kg/cm <sup>2</sup> )	4	4	43/49		
			Contenuto acqua %	Peso di volume g/cm <sup>3</sup>		Taglio diretto	Limiti Atterberg	
			27.30	1.973	CU=135kPa	Φ' = 22° C' = 10kPa	64.5 LL 22.5 LP	
Sn3	1R	3.00 – 3.50	Sabbia con ghiaia di colore giallo-bruna		55.3	1.4		
Sn3	2R	7.50-8.00	Sabbia limoso-argillosa con ghiaia di colore giallo-bruna		46	25		
Sn3	3R	14.50-15.00	Ghiaia con sabbia di colore giallo-bruna		32.6	2		
Sn4	1R	3.50 - 4.00	Ghiaia con sabbia di colore grigio		30	5		
Sn4	2R	9.40-9.80	Calcarenite di colore bianco giallastro. Sono presenti rari vacuoli 0,1<Φ<1mm di forma prevalentemente circolare o allungata		--	--		
			Resistenza a compressione Mpa					
			8.12					
Sn4	3R	17.50-18.00	Sabbia debolmente limoso-argillosa con ghiaia di colore grigio	35	49	16		

### Prospezioni sismiche

Nel sondaggio Sn1 ed Sn3 sono stati eseguiti n.2 Down-Hole, oltre ad una M.a.s.w. (Multichannel analysis of surface waves) da cui risulta:

Down-Hole	Vs,eq	Classificazione secondo la tabella 3.2.II del D.M. 17.01.2018	
DH1	<b>356.75 m/s</b>	C	Depositi di terreni .... e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
DH2	<b>353.75 m/s</b>	C	Depositi di terreni .... e da valori di velocità equivalenti compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

I dati del Down-Hole confermano la presenza di tre sismo-strati, che comunque non corrispondono a livelli litologici, come di seguito caratterizzati:

Sismo-strato	Prof. (m)	Vp (m/s)	Vs direz. X e Y (m/s)	Modulo di Poisson	Modulo di taglio (kPa)	Modulo di Young (kPa)	Modulo di compressibilità (kPa)
<b>Down-Hole 1</b>							
1	7	376	204-205	0.23-0.24	74908.0 - 75645.0	185771 - 186086	119083 - 114867
2	17	810	382-393	0.31-0.29	269959.0 - 285730.0	707292 - 737183	620431 - 585065
3	30	1096	553-529	0.28-0.30	596327.0 - 545689.0	1526597 - 1418791	1156512 - 1182325
<b>Down-Hole 2</b>							
1	4	315	173	0.23	53872.0 - 53872.0	132525 - 132525	81805.0 - 81805.0
2	21/24	871	389-390	0.33	281385.0 - 279943.0	748484 - 744648	733807.0 - 730047.0
3	30	1241	573-588	0.32-0.31	640241.0 - 674200.0	1690236 - 1766404	1565033.0 - 1549477.0

Dalla tomografia sismica si rileva quanto segue:

Masw	Vs,eq	Classificazione secondo la tabella 3.2.II del D.M. 17.01.2018	
Mw1	<b>536.61 m/s</b>	B	Rocce tenere e depositi di terreni .... e da valori di velocità equivalenti compresi tra 360 m/s e 800 m/s.



## 4.2 Modello geologico-tecnico del sottosuolo

Dai risultati delle indagini condotte in sito, è stato ricostruito il modello geotecnico del sottosuolo, caratterizzato come di seguito:

- Terreno vegetale, pavimentazione stradale e sottofondo, rilevati in modo discontinuo nell'area degli interventi in quanto abbastanza ampia. È possibile comunque considerare un livello superficiale, non idoneo per le opere in progetto, variabile di circa 0.5-1.0 m;
- Sabbia ghiaiosa e sabbia con limo ed alternanza di livelli più cementati dalla profondità di 8.0 m (depositi riferibili ai terreni alluvionali recenti ed affioranti solo nella parte bassa e meridionale dell'area);
- Sabbia ghiaiosa con livelli sabbioso-limosi (depositi riferibili alle sabbie e ghiaie di Messina, diffusamente affiorante nell'area di progetto).

Il substrato, rilevato nelle indagini Sn2 e prove sismiche, si rileva a profondità > 20 m dal p.c. per cui non condizionano il sottosuolo influenzato dalle opere in progetto.

Il livello statico della falda idrica, rilevata nel dicembre 2020, si rileva a circa 7.00 m dal p.c. attuale solo nella fascia alluvionale meridionale.

La seguente sezione geologica schematica (Fig.10) riporta le unità rappresentative dell'area di progetto.

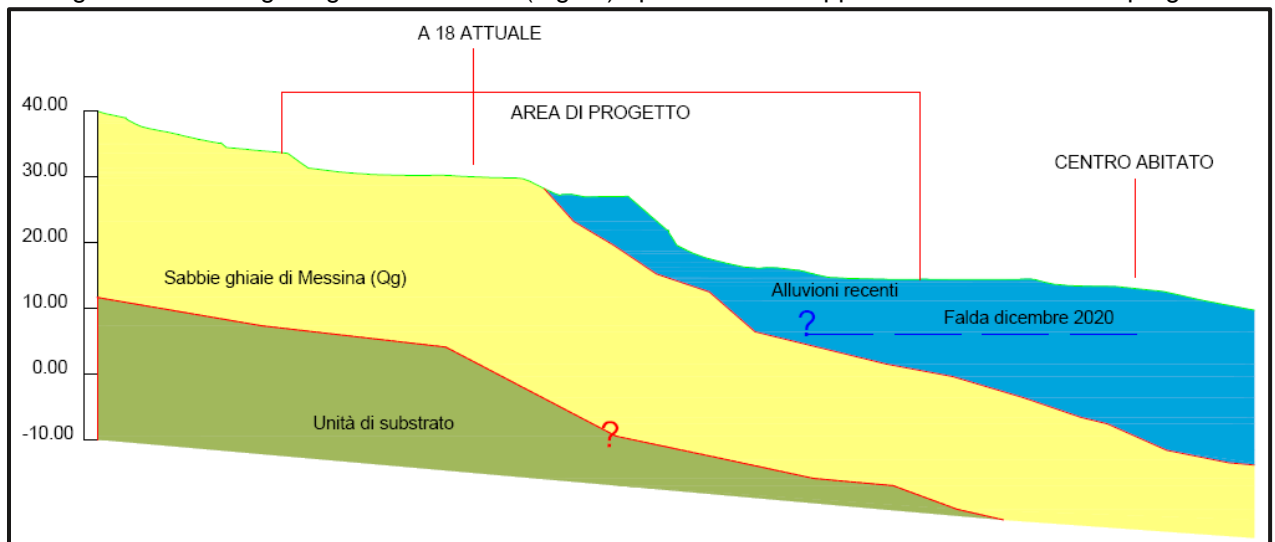


Fig.10 - Sezione geologica schematica (? rappresenta l'incertezza sulla continuità della falda e la profondità del substrato)

Dalle indagini geognostiche effettuate si rileva quanto segue:

- La sequenza stratigrafia risulta piuttosto omogenea dal punto di vista granulometrico;
- I risultati delle prove SPT confermano quanto sopra, considerato la tipica variabilità, sia verticale che orizzontale, di questi depositi;
  - Le analisi granulometriche rilevano prevalentemente una sabbia ghiaiosa debolmente limoso-argillosa caratterizzate da un comportamento granulare;
- L'indagine sismica rileva un profilo sismico caratterizzato da tre unità sismo-stratigrafiche come di seguito (Figg.11a eb):



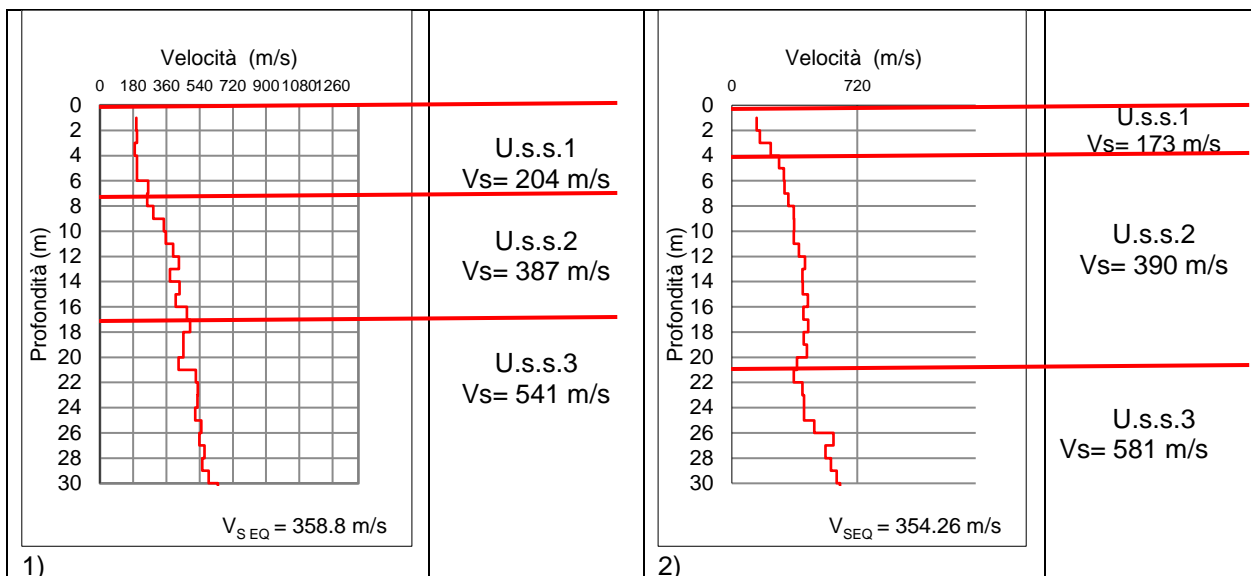
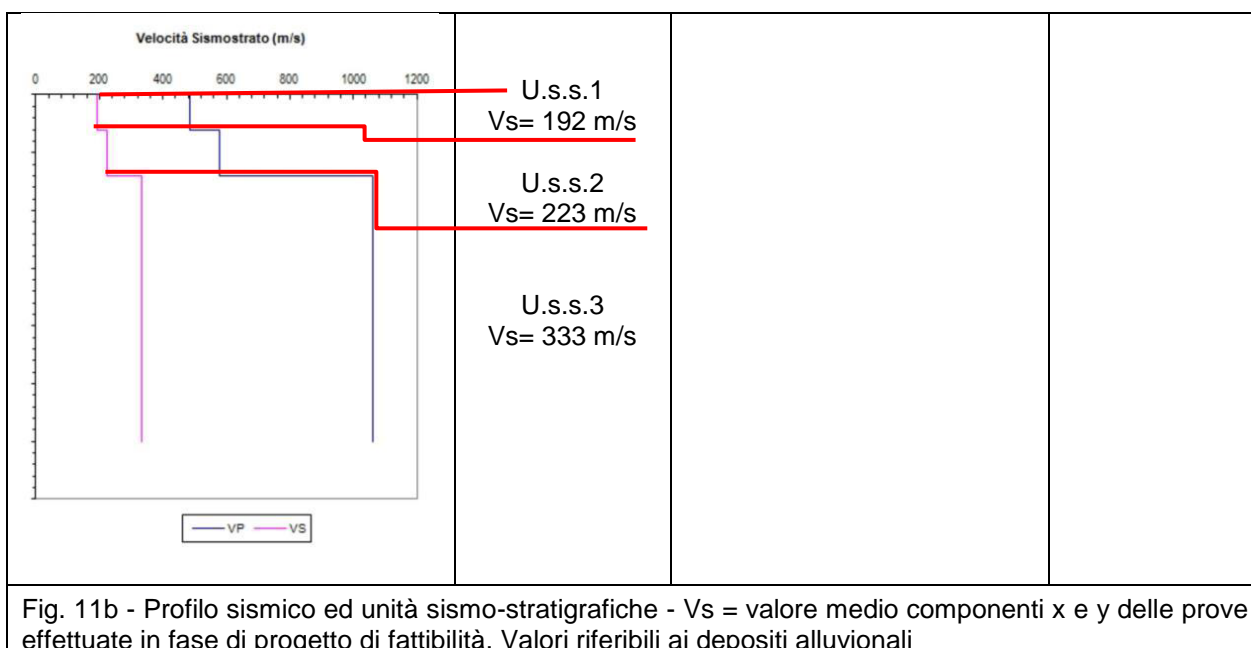


Fig. 11a - Profilo sismico ed unità sismo-stratigrafiche 1) DH1 e 2) DH2 – Vs = valore medio componenti x e y delle prove effettuate in fase di progetto esecutivo. Valori riferibili alle Sabbie e ghiaie di Messina a meno dell'unità n.3 del DH2



### 4.3 Caratterizzazione geotecnica

Il profilo geotecnico della porzione di sottosuolo di interesse ingegneristico “*volume significativo*” viene ricostruito attraverso la definizione dei seguenti parametri:

- parametri fisici e di classificazione (peso di volume, indice dei vuoti, densità relativa);
- parametri di resistenza al taglio (angolo di resistenza al taglio);
- parametri di deformabilità (modulo di taglio; moduli di deformazione “operativi” in condizioni drenate);



facendo ricorso a correlazioni empiriche, ormai di largo uso nella pratica professionale, preferibilmente in funzione della velocità sismica ( $V_s$ ) e della resistenza penetrometrica da prove SPT.

Pur rimandando alla relazione geotecnica per la caratterizzazione geotecnica del volume significativo di seguito si riporta il range di variabilità dei parametri che si rilevano dai dati delle indagini geognostiche con le correlazioni esistenti in bibliografia come di seguito:

Per le unità interferenti con le opere si assumono i seguenti valori dei parametri caratteristici.

**Unità SL: sabbie limose e limi sabbiosi**

$\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 30 \div 35^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E = 30 \text{ MPa}$	modulo di Young operativo

**Unità S: sabbie medie, sabbie ghiaiose**

$\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 35 \div 38^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$E = 35 \text{ MPa}$	modulo di Young operativo

**Unità A: argille**

$\gamma = 19 \div 20 \text{ kN/m}^3$	peso di volume naturale
$c' = 5 \div 10 \text{ kPa}$	coesione drenata
$\phi' = 22 \div 23^\circ$	angolo di resistenza al taglio
$c_u = 135 \text{ kPa}$	coesione non drenata
$E = 40 \text{ MPa}$	modulo di Young operativo

#### 4.4 Influenza della falda

La falda non è presente in modo uniforme in tutta l'area di progetto ma si distinguono le seguenti zone:

- Nell'area di affioramento delle Sabbie e ghiaie di Messina la falda non è stata rilevata. La presenza di una limitata presenza idrica rilevata al contatto con le argille alla profondità di circa 21-24 m dal p.c. nel sondaggio Sn2 è di scarsa entità, non sembra avere una continuità laterale ma e quindi non ha, oltre che per la profondità, nessun effetto sulla porzione di sottosuolo di interesse ingegneristico "*volume significativo*";
- Nei depositi alluvionali la falda è stata rilevata solo nel sondaggio Sn4, rilevata nel dicembre 2020 ad una profondità di circa -7 m dal p.c. Tale dato è confermato da un pozzo presenta nell'area adiacente e da quanto già rilevato nello studio geomorfologico in fase di studio di fattibilità dell'opera. In particolare dall'analisi dei risultati delle tomografie elettriche, lo stesso studio conclude: "*Dall'esecuzione delle tomografie elettriche aventi una estensione di 94 ml e con una profondità esplorativa di circa 15,00 dal p.c., si è arrivati alla conclusione che l'unica zona dove abbiamo riscontrato la presenza della falda riguarda la Tomografia T02 in quanto la falda si trova tra 6,00 ÷ 7,00 metri dal p.c.*".  
In conclusione la presenza della falda si rileva, e quindi va considerata nei calcoli, solo nella zona alluvionale ove si prevede la realizzazione dei caselli autostradali.

Il fenomeno della liquefazione interessa generalmente i sedimenti incoerenti sabbiosi saturi a seguito di sollecitazioni sismiche con fenomeni di assestamento per riduzione della resistenza al taglio.

I metodi disponibili per la valutazione della suscettività alla liquefazione possono essere raggruppati in quattro classi: criteri empirici, metodi semplificati, metodi di analisi dinamica e metodi probabilistici.



Il metodo utilizzato in questo studio rientra tra quelli semplificati ove la resistenza del deposito alla liquefazione viene valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione ( $F = \tau_{lim} / \tau_{max}$ ), tra depositi liquefacibili e non liquefacibili.

Rispetto al diagramma di flusso riportato nella Fig.12 seguente si rileva che il sito in esame:

- 1) si trova in una zona con eventi sismici attesi con  $M > 5$ ;
- 2) profondità media stagionale della falda a -7 m dal p.c.;
- 3) una distribuzione granulometrica dei terreni sotto falda, potenzialmente liquefacibili, con spessori superiori a 3 m;
- 4) nel caso in esame si è deciso di verificare il potenziale di liquefazioni tramite i valori di  $V_s$  per cui un deposito si classifica non liquefacibile con valori  $> 210$  m/s (grafico di Fig.13).

La velocità delle onde S normalizzata  $V_{s1}$  (m/s) viene effettuata con la correlazione  $V_{s1} = C_v * V_s$  in cui  $C_v = (Pa/s^v)^{0.25}$  dove  $Pa$  = pressione atmosferica di riferimento = 100 kPa e  $s^v$  sono espresse nella stessa unità di misura.

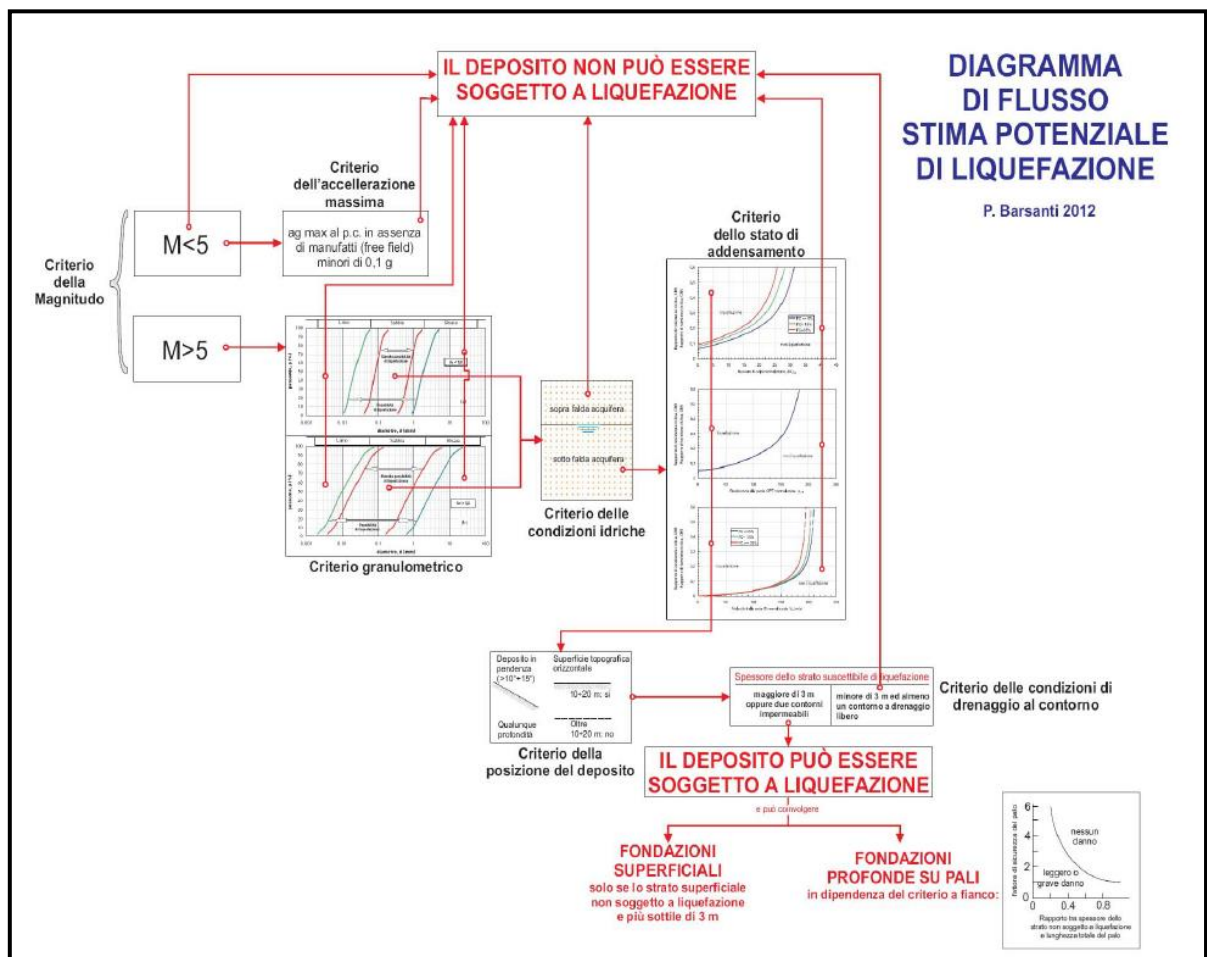


Fig.12 Stima del potenziale di liquefazione da Barsanti, 2012 da "Modellazione sismica e stabilità alla liquefazione" in I Quaderni dell'Ordine dei geologi

La velocità delle onde  $V_s$ , dall'indagine effettuata, sotto falda e cioè sotto i 7 m dal p.c., risultano valori di  $V_{s1}$  sempre e comunque superiore al limite di  $V_{s1} = 220$  per cui il deposito in esame si ritiene non liquefacibile.



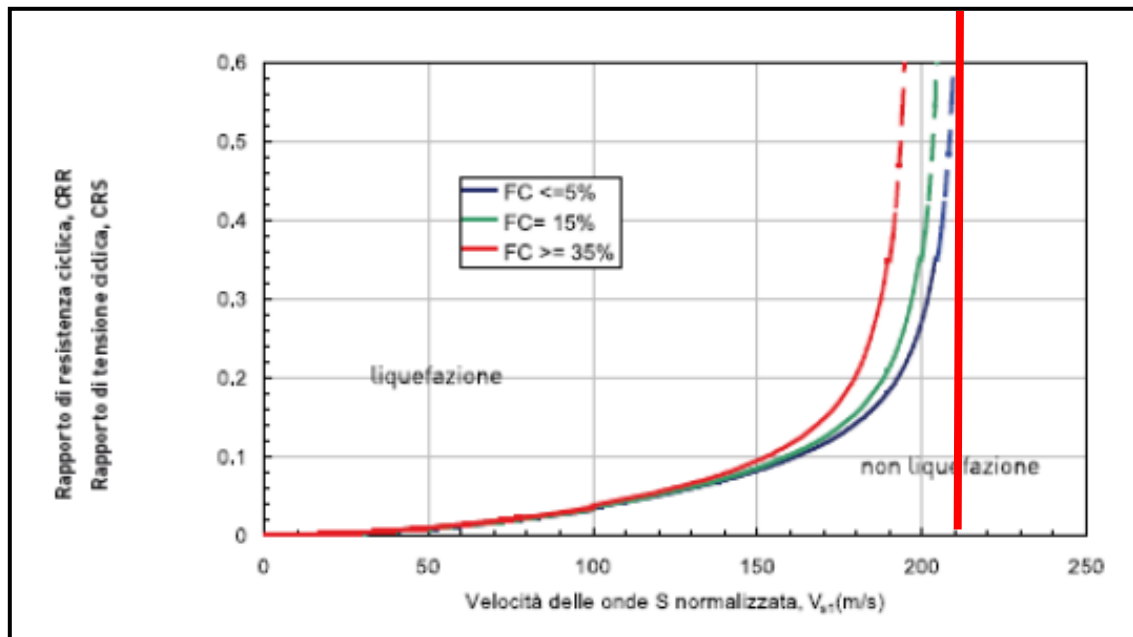


Fig.13 Stima della resistenza normalizzata alla liquefazione CRR in funzione della percentuale di fino FC e sulla base dei valori di Vs

## 5 CONCLUSIONI

Le considerazioni conclusive a cui si perviene con il presente lavoro sono sintetizzate nella seguente scheda:

<b>SCHEDA RIEPILOGATIVA (§ 6.2. NTC2018)</b>	
<i>Elementi considerati</i>	<i>Risultati</i>
Pericolosità geologica	Non si evidenziano elementi di pericolosità in atto o potenziali indotti dalla opere da realizzare
✓ Litologici	Depositi alluvionali recenti - Sabbie e ghiaie di Messina
✓ Strutturali	Zona priva di lineamenti strutturali e depositi da densi a mediamente addensati
✓ Idrogeologici	Grado di permeabilità da medio a medio-alto; Falda - 7 m dal p.c. attuale e solo in una zona della fascia alluvionale interessata dalla realizzazione dei caselli autostradali
✓ Geomorfologici	Assenza di dissesti – zona non classificata nel P.A.I.
✓ Idraulica	Una zona dell'area d'intervento è interessato da un sito di attenzione idraulica (codice dissesto 098-5SR-E01) per cui è già stato svolto uno studio idraulico
Risposta sismica locale	Approccio semplificato
✓ Coordinate	Latitudine $\Phi$ 37.9372      Longitudine $\lambda$ 15.3553
✓ Categoria suolo	C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti...
✓ Categ.topografica	T1- Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
✓ $a_g$ (475) g	0.319
✓ $S_T$	1
✓ $S_S$	1.229
✓ $a_{max}$ g	0.39
Caratteristiche fisico-meccaniche	Si rimanda alla relazione geotecnica
<b>OSSERVAZIONI</b>	
Acque di scorrimento	L'area deve essere protetta con la raccolta, canalizzazione ed allontanamento delle acque superficiali con un idoneo recapito delle acque convogliate in considerazione soprattutto del centro abitato a valle dell'area di progetto