



AGENZIA DEL DEMANIO

# AGENZIA DEL DEMANIO

## Direzione Regionale Calabria

VERIFICA/VALIDAZIONE/APPROVAZIONE

DATA E PROT CONSEGNA

VERIFICA/VALIDAZIONE/APPROVAZIONE

DATA E PROT

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della **nuova sede della D.I.A.**, sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina



## PROGETTO ESECUTIVO

RTP:



**MATE SOC. Coop.va (Mandataria)**

Sede Legale e Operativa: Via San Felice, 21  
40122 Bologna (BO)

Sede Operativa: Via Treviso, 18  
31020 San Vendemiano (TV)

**Dott. Geol. Alberto Caprara (Mandante)**

Sede Legale e Operativa: Via Stiore 9/8, loc. Monteveglio  
40053 Valsamoggia (BO)

PROPRIETA':

**Agenzia del Demanio**  
**Direzione Regionale Calabria**  
Via Gioacchino da Fiore, 34  
88100 Catanzaro (CZ)

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO  
TRA LE ATTIVITÀ SPECIALISTICHE  
Arch. Maurizio Pavan

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA  
Arch. Tommaso Cesaro

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA  
Arch. Arturo Augelletta

PROGETTAZIONE STRUTTURALE  
Ing. Mauro Perini

PROGETTAZIONE IMPIANTISTICA  
Ing. Lino Pollastri

GEOLOGIA  
Dott. Geol. Alberto Caprara

CSP  
Ing. Alessandro Sanna

DIRETTORE TECNICO  
MATE SOC. COOP.VA  
Arch. Maurizio Pavan

TEAM DI PROGETTAZIONE:  
Arch. Fabiana Aneghini  
Arch. Martina Buccitti  
Arch. Laura Mazzei

Il Responsabile Unico del Procedimento:  
**Ing. Salvatore Giglio**

Il Responsabile Servizi Tecnici:  
**Ing. Salvatore Concettino**

OGGETTO:  
**RELAZIONI E DOCUMENTI**  
Relazione specialistica geotecnica

TAV N.  
**PE-RE-06\_3**

DATA  
**31.10.2018**

SCALA  
**-**

**AGGIORNAMENTI**

N.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
1	Revisione	23/05/2019	DM	MP	MP
2	Osservazioni Provveditorato Opere Pubbliche	22/03/2019	DM	MP	MP
3	Revisione	17/11/2020	DM	MP	MP







## Indice

1	RELAZIONE GEOTECNICA.....	2
1.1	Relazione geologica: indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito .....	2
	Cenni di geologia regionale e tettonica.....	3
1.1.1	Geologia e sedimentologia .....	5
1.1.2	Ghiaie e Sabbie di Messina (Pcl - s) .....	6
1.1.3	Depositi alluvionali (af).....	7
1.1.4	Geomorfologia .....	7
1.1.5	Idrologia ed idrogeologia.....	7
1.1.6	Campagna di indagini.....	8
1.1.7	Sondaggio a carotaggio continuo .....	8
1.1.8	Campioni e indagini di laboratorio .....	8
1.1.9	Indagine sismica MASW .....	9
1.1.10	Indagine sismica HVSR .....	9
1.1.11	Modello geologico .....	9
1.1.12	Sondaggio a carotaggio continuo.....	10
1.1.13	Indagini geotecniche di laboratorio .....	13
1.1.14	Indagine sismica .....	13
1.1.15	Condizioni idrogeologiche .....	14
1.1.16	Risultati indagini.....	14
1.2	Relazione geotecnica: indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno.....	14
1.2.1	Ricostruzione storia sismica .....	15
1.2.2	Risposta sismica locale.....	16
1.2.3	Segnali di input .....	16
1.2.4	Profilo sismico di sito.....	18
1.2.5	Funzione di trasferimento.....	20
1.2.6	Spettro di risposta del sito .....	20
1.2.7	Effetti della topografia.....	23
1.2.8	Suscettibilità alla liquefazione dei terreni .....	23
1.2.9	Verifica capacità portante SLU.....	24
1.2.10	Verifica capacità portante SLV .....	27
1.2.11	Verifica a scorrimento.....	30
1.2.12	Stima dei cedimenti.....	31
1.2.13	Verifica stabilità versante durante le operazioni di scavo.....	32
1.3	Relazione sulla modellazione sismica concernente la "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione....	34

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina



**MATE SOC. Coop.va**  
*Sede Legale e Operativa:*  
Via San Felice, 21  
40122 Bologna (BO)  
Italia

*Sede Operativa:*  
Via Treviso, 18  
31020 San Vendemiano (TV)  
Italia

**Dott. Geol. Alberto Caprara**  
*Sede Legale e Operativa*  
Via Stiore 9/8, loc. Monteveglio  
40053 Valsamoggia (BO)

# 1 RELAZIONE GEOTECNICA

## 1.1 Relazione geologica: indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito

L'intervento riguarda la progettazione strutturale della nuova Caserma nuova sede della D.I.A. sita in Reggio Calabria, località Santa Caterina.



Figura 1- Inquadramento planimetrico intervento – Nuova Sede D.I.A

Dalle indagini geologiche-geognostiche e dai saggi eseguiti dal Dott. Alberto Caprara si riscontra, uno strato di riporto con spessori non superiori a 1,7 m e costituito da conglomerati cementizi, laterizi e blocchi di cls in una matrice sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa scarsamente addensata, di color marrone chiaro.

Oltrepassati i terreni di riporto si incontrano i materiali di composizione sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa con intercalazione di sabbia limosa e presenza di ciottoli di piccola pezzatura, di color marrone chiaro.

Le modellazioni sono state condotte utilizzando un suolo di **Tipo C** così come emerge dalle indagini geofisiche in relazione alla  $V_{s30} = 326$  m/s e al miglioramento delle caratteristiche meccaniche con la profondità.

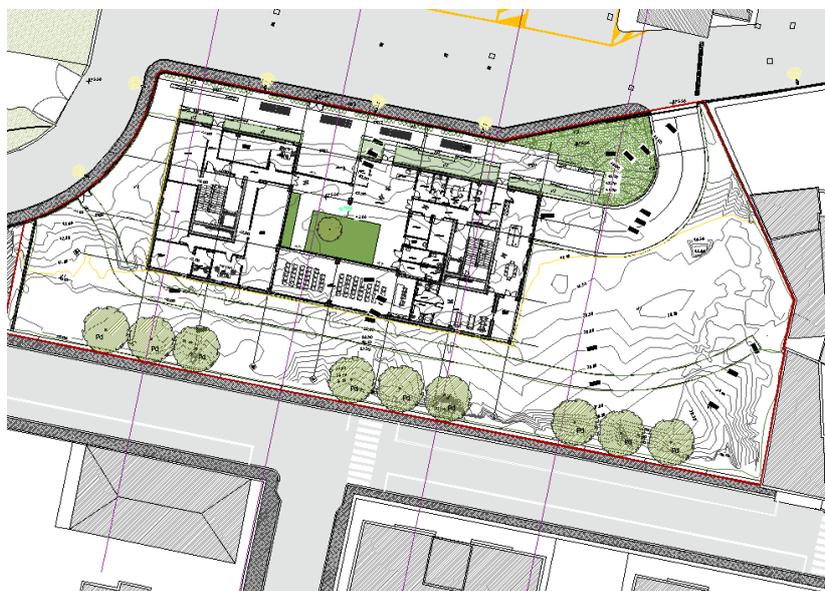


Figura 2 Pianta del comparto

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

### Cenni di geologia regionale e tettonica

Il territorio in cui ricade l'area d'intervento fa parte della vasta regione tettonica definita nel suo complesso "Arco Calabro Peloritano", qui caratterizzato dal *Graben* dello Stretto di Messina al quale, sul fronte calabro emerso, corrispondono l'*Horst* dell'Aspromonte e il meno esteso *Horst* di Piaie, che delimitano verso est l'ampia depressione controllata da più sistemi di faglie, nota in letteratura come Bacino di Reggio. Si tratta di una regione interessata da intensi movimenti tettonici verticali ancora attivi, che hanno dato origine al rapido sollevamento dell'Aspromonte in Calabria e dei Monti Peloritani in Sicilia e allo sprofondamento dello Stretto.

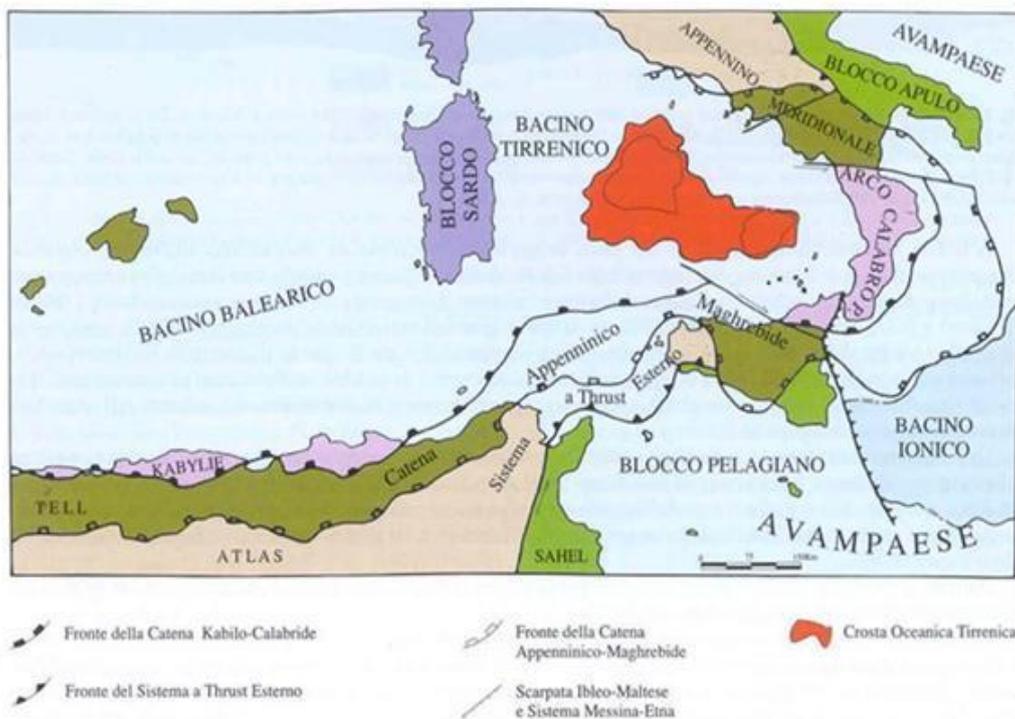


Figura 3: L'Arco Calabro Peloritano nell'evoluzione tettonica del Mediterraneo centrale (da Lentini et al., 2005, mod.).

Secondo gli studi più noti, la struttura principale di questa regione sarebbe rappresentata da uno *slab* orientato in direzione NE-SW e immergente a NW, posto sul fronte ionico, verso il quale sembra dirigersi l'intero Arco Calabro-Peloritano (v. figura 2.1 e 2.2).

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

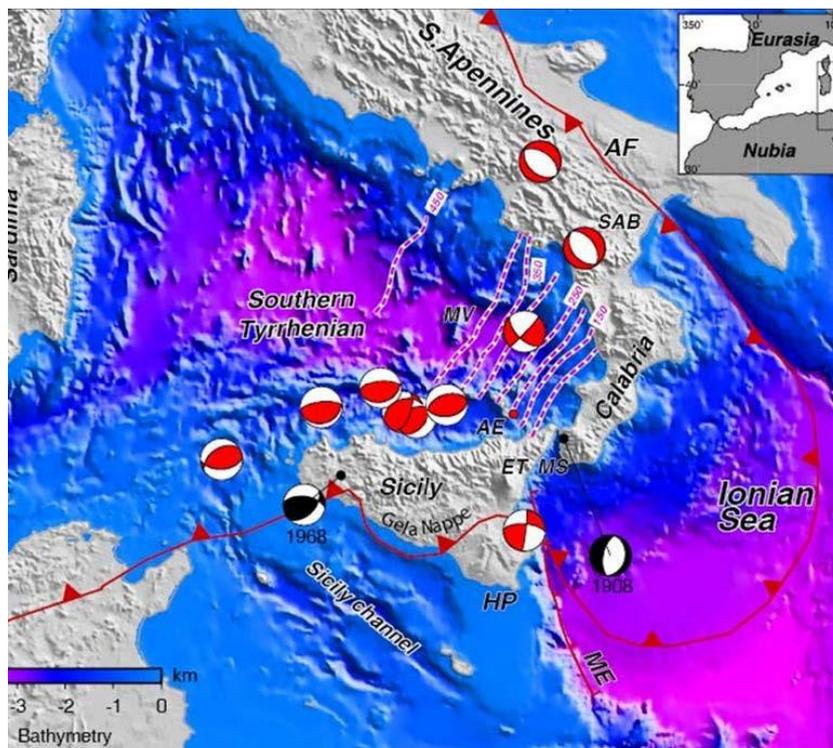


Figura 4: Spostamento tettonico dell'Arco Calabro Peloritano.

L'area ricade nella zona centrale del Bacino di Reggio Calabria, fossa complessa posta tra il bordo sud-occidentale dell'Aspromonte e lo Stretto di Messina, controllata da più sistemi di faglie alcune delle quali sono cieche (*blind fault*) o comunque disposte sui fondali marini dello Stretto, mentre altre caratterizzano la parte emersa del bacino.

Caratteristica comune a molte faglie di quest'area e quella di sembrare i piani di scorrimento sub-verticali, lungo i quali si verifica il sollevamento discontinuo del basamento cristallino, scandito dalle scarpate che delimitano il bordo esterno dei terrazzi pleistocenici che accompagnano il sollevamento polifasico della Calabria meridionale almeno dal Pleistocene.

Nel Bacino di Reggio, dove importanti fenomeni di subsidenza hanno accentuato la depressione rispetto all'entroterra appenninico in sollevamento, si sono succeduti diversi cicli di sedimentazione.

I sedimenti più antichi, deposti in aree marine peri-costiere e generalmente a debole profondità, risalgono al Miocene (Calcareniti e Sabbie molassiche) e sostengono potenti successioni, più o meno continue e spesso in forte discordanza stratigrafica e angolare, di sedimenti plio-pleistocenici di facies deltizia e continentale (Ghiaie e sabbie di Messina) apicalmente ricoperti da depositi olocenico-attuali di facies francamente continentale (Depositati di terrazzo e Depositi alluvionali). La continuità stratigrafica della sedimentazione mostra tracce evidenti di fenomeni tettonici e faglie, ma nelle aree emerse è lateralmente interrotta dagli intensi processi erosivi che hanno inciso e segmentato le formazioni, in particolare quelle pleistoceniche, di cui spesso restano soltanto modesti affioramenti isolati alla sommità dei rilievi interfluviali.

Peraltro va posto in evidenza che i sedimenti plio-pleistocenici del bacino di Reggio Calabria appoggiano con uguale frequenza sui litotipi del basamento cristallino-metamorfoico oppure sui sedimenti miocenici i quali comunque, talvolta anche in aree prossime alla costa, appoggiano sullo stesso basamento. Però, in fase plio-pleistocenica, la formazione di gran lunga più importante è rappresentata dalle Ghiaie di Messina, formazione stratificata con andamento inclinato verso la parte assiale dello Stretto (clino-stratificazione). In tale contesto geologico la zona in esame, a causa dei ripetuti processi tettonici e morfogenetici che hanno modellato i rilievi e il pattern idrologico dell'entroterra, è andato incontro a una forte progradazione che, nel corso del tempo, ha prodotto l'espansione della pianura alluvionale con un meccanismo analogo a quello rappresentato nella figura che segue.

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

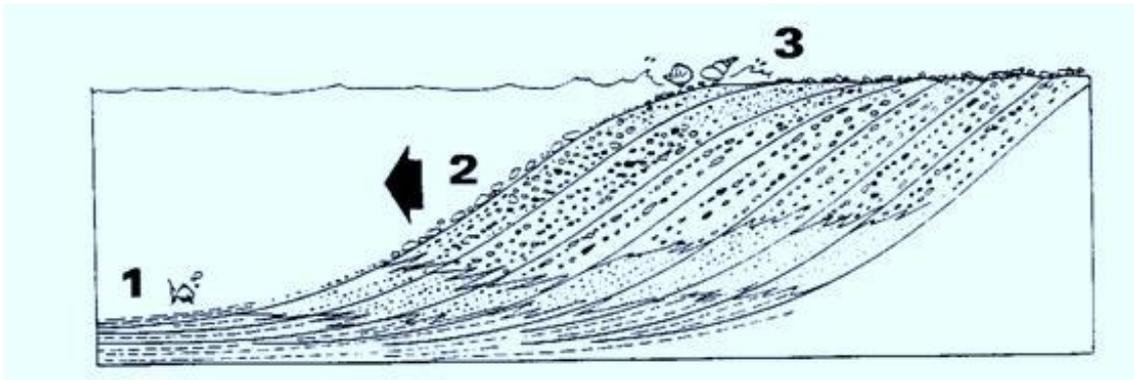


Figura 5: Meccanismo di progradazione [1 Sabbie (bottom set); 2 Ghiaie (foreset); 3 Depositi di litorale (topset)].

Al fine di fornire un quadro delle strutture sismiche presenti sul territorio si è fatto riferimento al catalogo DISS 3.2.0, messo a disposizione dall' I.N.G.V., in cui sono stati riportati le maggiori sorgenti e zone sismogenetiche dislocate nel territorio nazionale. Per quanto concerne l'area in esame, sono riportate una zona, detta `Aspromonte-Peloritani` ITCS013, ed una sorgente sismogenetica, detta `Messina Strait` ITIS013, che si vanno a sovrapporre alla zona di subduzione dell'Arco Calabro, indicata come ITSD001 `Calabrian Arc`, di cui la massima magnitudo attesa in termini di momento è di 7.1. Quindi un quadro tettonico e sismico complesso ed un evento auspicabile molto severo in termini di possibile energia rilasciata.

### 1.1.1 Geologia e sedimentologia

Le peculiarità geolitologiche del territorio emerso sono determinate dalla presenza di terreni sedimentari appartenenti a due formazioni, differenti per età e ambiente di sedimentazione. Se dai terreni affioranti nell'immediato entroterra - prevedibilmente presenti anche nel substrato dell'area di costruzione - si procede verso la costa, dove affiorano e sono in via di formazione quelli più recenti, la successione litostratigrafica può essere così schematizzata:

- Ghiaie e Sabbie di Messina (Pleistocene)
- Depositi alluvionali (Olocene – Attuale)

Di seguito viene riportato un estratto della Carta Geologica dell'I.G.M. alla scala 1:25.000 dell'area e una sezione passante nei pressi dell'area d'indagine.

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

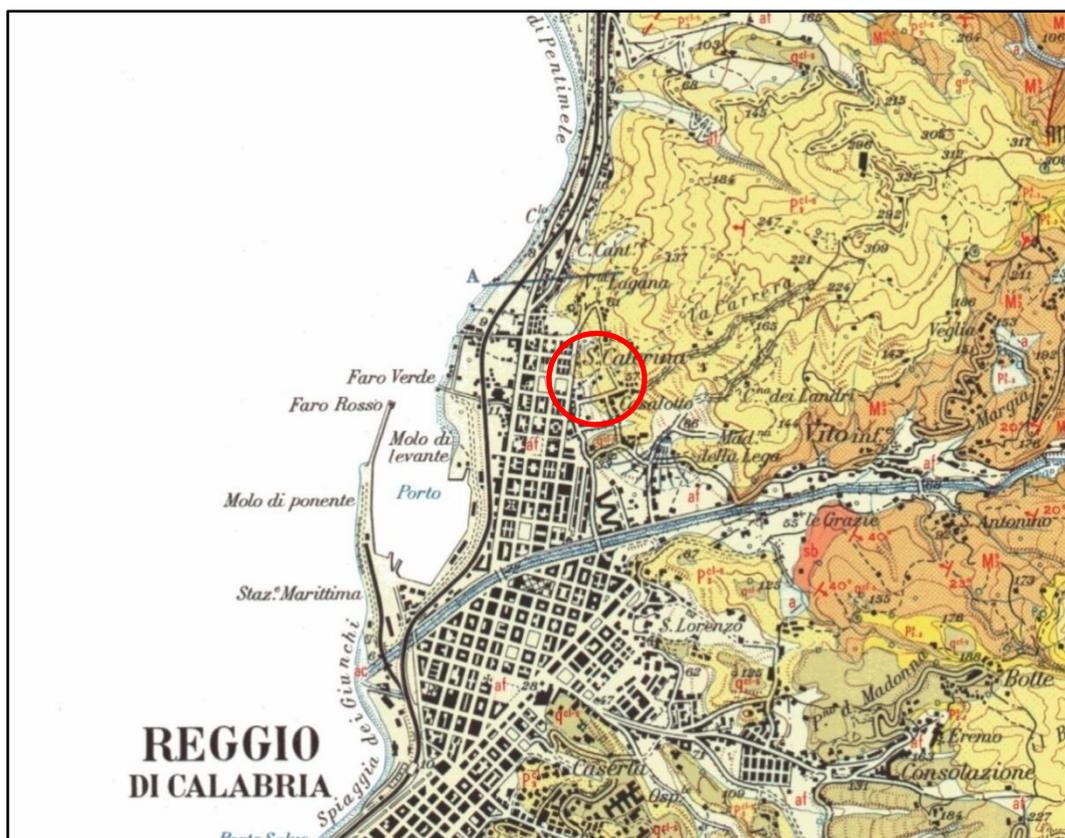


Figura 6: Estratto Carta Geologica in scala 1:25.000 dell'I.G.M. e indicazione dell'area oggetto di studio.

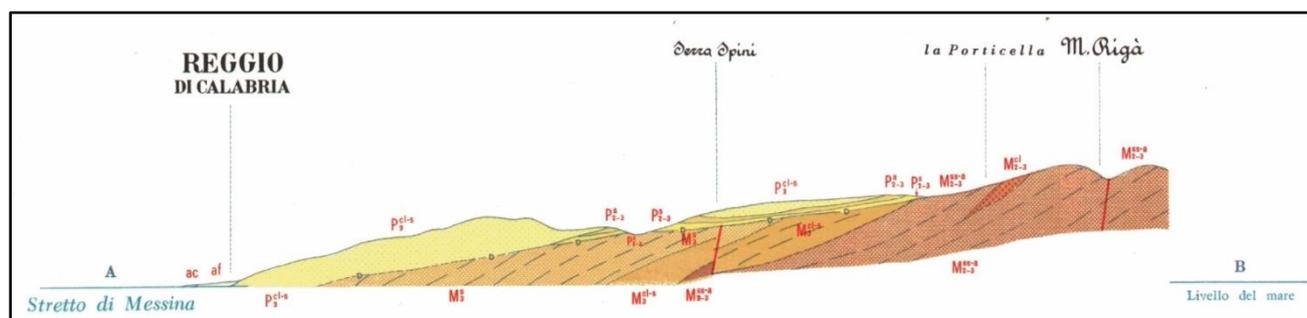


Figura 7: Sezione geologica passante pochi Km a Nord dell'area oggetto di studio.

### 1.1.2 Ghiaie e Sabbie di Messina (Pcl - s)

La formazione, costituita da ghiaie e sabbie grigio-giallastre di ambiente marino epicontinentale, viene a giorno sui rilievi collinari a est dell'area di costruzione, dove talvolta è coperta da depositi terrazzati di ambiente continentale, ma la sua presenza nel substrato profondo dell'area di costruzione è da ritenere certa. Nei luoghi di affioramento più vicini alla costa la formazione si mostra come una successione di ghiaie interstratificate con sabbie medio – grossolane localmente con intercalazioni francamente sabbiose.

Le componenti più grossolane (ciottoli) sono rappresentate da clasti sub-arrotondati di rocce cristallino – metamorfiche, di dimensioni centimetriche e talvolta decimetriche, mentre la matrice sabbiosa è in prevalenza grossolana, di natura quarzosa e subordinatamente micacea.

Nonostante i litotipi siano in prevalenza allo stato incoerente e i processi litogenetici siano a uno stadio embrionale, la diagenesi ha prodotto un addensamento elevato e non è raro che diano origine a scarpate con angolo di inclinazione maggiore all'angolo di attrito interno (imbocco dell'autostrada A3). Tuttavia la mancanza di cementazione o di una litificazione vera e propria è causa di una modesta resistenza ai processi erosivi. Nei luoghi di affioramento sopra indicati (a monte dell'Autostrada A3) si possono osservare successioni continue di ghiaie e sabbie con occasionali quantità di limo e rari trovanti. Ma talora nella formazione si possono osservare addensamenti di materiali a granulometria medio-fine ad andamento lenticolare; più spesso però prevalgono le componenti grossolane, costituite da frammenti eterometrici di rocce ignee e metamorfiche, elaborati dalle correnti fluviali durante il trasporto.

La permeabilità delle Ghiaie e Sabbie di Messina è molto elevata, e si sviluppa prevalentemente per percolazione nei

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

vuoti intergranulari (permeabilità primaria, per porosità).

### 1.1.3 Depositi alluvionali (af)

Facendo riferimento all'area di costruzione e alle sue immediate adiacenze, i rilievi e le indagini hanno permesso di stabilire la presenza di sedimenti di età olocenico-attuale, indicati sulla Carta geologica come Depositi alluvionali stabilizzati.

Si tratta di sedimenti riferibili allo smantellamento delle formazioni geologiche presenti nell'entroterra e alla sedimentazione del trasporto solido dei corsi d'acqua, la cui granulometria va dalle ghiaie e sabbie grossolane alle sabbie fini debolmente limose, ma sempre con elementi ciottolosi di natura cristallino-metamorfica. Il meccanismo della deposizione fluviale permette di prevedere anche intercalazioni più o meno lenticolari di materiali grossolani tra quelli più fini e viceversa, in relazione alla velocità, alla capacità di trasporto e alla provenienza delle antiche correnti deposizionali; considerando tuttavia la posizione dell'area di costruzione - tra il molo di ponente del Porto e la linea di riva della Spiaggia dei Giunchi - i processi deposizionali vanno correlati ai fenomeni meteomarine e alle modificazioni antropiche subite dal litorale in seguito alla costruzione del porto, dei piazzali e delle opere connesse.

### 1.1.4 Geomorfologia

L'area è collocata ad una quota topografica di circa 50 m s.l.m. in corrispondenza di un versante con esposizione verso OSO e pendenze comprese tra 8° e 12°. Le forme superficiali del tratto posto direttamente a valle risultano completamente alterate e modificate dall'urbanizzazione secolare dei luoghi. A monte invece, dove non è presente urbanizzazione, è possibile riconoscere la forma molto articolata del bacino idrografico e della superficie topografica che sottende all'area in oggetto. In particolare si notano le ricorrenti e complesse forme di erosione superficiale e modellazione della topografia riconducibili ad un substrato a composizione omogenea, poco se non per nulla stratificata, visibile fino alla cima delle colline (circa 300 m s.l.m.).

Poche centinaia di metri a Sud si osserva l'incisione dovuta al corso della Fiumara dell'Annunziata, che scorre con direzione E-O, fino a sfociare a mare nei pressi del porto.

L'abitato di Reggio sorge al di sopra di depositi recenti originati dalle concomitanti dinamiche marine, costiere e di versante.

### 1.1.5 Idrologia ed idrogeologia

L'area è caratterizzata da una circolazione superficiale delle acque fortemente condizionata dall'urbanizzazione, in particolare, nel settore di valle dell'area in oggetto. A monte, il deflusso segue e genera la fitta rete idrografica tracciata dai corsi d'acqua e dall'erosione.

La circolazione idrogeologica è direttamente condizionata dalla tipologia dei materiali presenti nel sito (di matrice grossolana) e dalle interazioni tra la falda superficiale e l'ingressione del cuneo di acqua marina.

Nell'area sono indicati una serie di pozzi per uso idropotabile, con profondità di captazione superiori a 50 m. In particolare nella seguente cartografia sono riportati i pozzi denominati Montevergine 1 e 2 di cui solo il primo risulta attualmente in uso per l'emungimento idropotabile. Dalle informazioni ottenute dal Responsabile del Servizio Idrico, Arch. Domenico Macrì, tale pozzo raggiunge la profondità di 87,5 m dal piano campagna, con profondità di emungimento posta a 70,5 m.

Le indagini di campagna effettuate (sondaggi a carotaggio continuo fino alla profondità di 15 m) non hanno rilevato la presenza di acqua di falda in circolazione. Ad ulteriore conferma, anche le indagini eseguite nell'area posta subito a Nord, sempre all'interno del polifunzionale Manganelli, sondaggi a carotaggio continuo spinti fino a 30 m di profondità, non hanno rilevato la presenza di falda superficiale.

Da tali dati si deduce che non è presente nel sito una falda superficiale e che le prime evidenze di una circolazione idrogeologica si individuano in corrispondenza dei pozzi di emungimento per uso idropotabile a circa 70 m.

La cartografia del PSC di Reggio Calabria, ed in particolare la tavola G5a e G5b - Studio geomorfologico, carta delle isopiezometriche, non riporta nell'area alcuna indicazione di una falda superficiale.

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

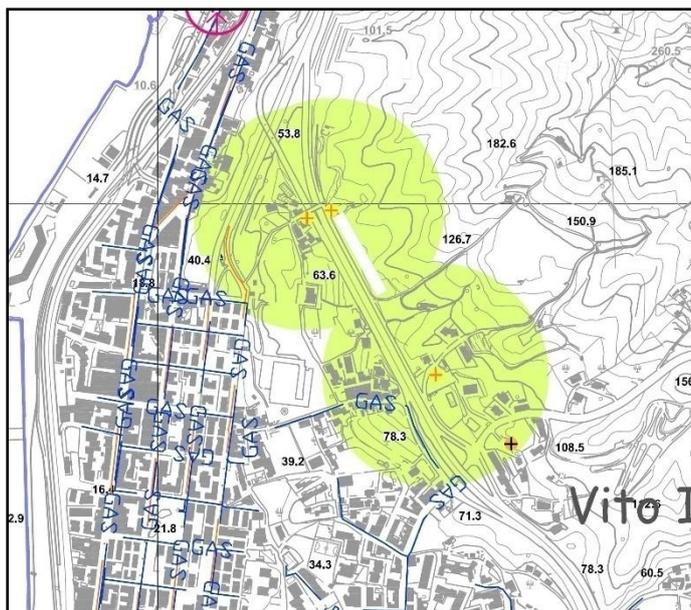


Figura 8: il pallino giallo con croce rossa al centro corrisponde all'ubicazione dei pozzi per il prelievo di acqua potabile.

### 1.1.6 Campagna di indagini

Per la ricostruzione del modello geologico del sito è stata proposta una campagna di indagini geognostiche e geofisiche che consentisse la descrizione delle proprietà litologiche, stratigrafiche, idrologiche e idrogeologiche, geotecniche e geofisiche dei terreni presenti nel lotto in oggetto.

A tal fine, in considerazione dell'accessibilità dei luoghi e della tipologia di terreni presenti in superficie (riporto eterogeneo di conglomerati cementizi e materiale vario da demolizione), sono stati realizzati 3 sondaggi a carotaggio continuo che hanno raggiunto la profondità di 15 m dal piano campagna, all'interno dei quali è stato prelevato un campione di terreno indisturbato da condurre al laboratorio per specifiche indagini geotecniche. Inoltre, per lo studio delle caratteristiche sismiche sono state realizzate una indagine HVSr (sismica passiva per lo studio del microtremore sismico) e una indagine MASW (per lo studio della propagazione delle onde superficiali).

### 1.1.7 Sondaggio a carotaggio continuo

Il sondaggio a carotaggio continuo prevede l'impiego di una macchina dotata di una testa rotante montata su carrello verticale scorrevole che permette l'infissione nel terreno di un carotiere collegato ad una batteria di aste. L'avanzamento nel terreno si ottiene infiggendo il carotiere nel terreno e asportando il terreno raccolto all'interno. Il materiale prelevato viene poi riposto nelle specifiche cassette catalogatrici per poter osservare in maniera diretta la successione dei terreni estratti.

I sondaggi sono stati realizzati nelle giornate del 7 e 8 Marzo 2018, fino a -15,0 m dal piano campagna per lo studio delle caratteristiche litologiche in successione nel sottosuolo.

### 1.1.8 Campioni e indagini di laboratorio

In corrispondenza dei fori di sondaggio sono stati prelevati un campione di materiale indisturbato per ciascuna verticale. Il prelievo è stato realizzato per mezzo della macchina perforatrice attrezzata con un campionatore di tipo Shelby, portato alla profondità di interesse durante la perforazione del sondaggio, e infisso nel terreno a pressione per il prelievo del campione.

Nella tabella seguente si riassumono le caratteristiche principali di prelievo e le analisi effettuate.

Campione	Sondaggio	Profondità [m]	Prove geotecniche di laboratorio
C1	S1	5,00 – 5,45	Limiti di Atterberg, curva granulometrica, taglio diretto CD
C2	S2	3,00 – 3,40	Limiti di Atterberg, curva granulometrica, taglio diretto CD
C3	S3	3,00 – 3,40	Limiti di Atterberg, curva granulometrica, taglio diretto CD

Tabella 1: campioni indisturbati per il laboratorio geotecnico.

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

### 1.1.9 Indagine sismica MASW

Lo stendimento sismico composto da 10 geofoni che registrano le energizzazioni nel terreno, permette lo studio specifico della propagazione delle onde superficiali, consentendo la definizione di una curva di dispersione tipica del sito da utilizzare per la determinazione del profilo delle onde S. Tale tipologia di indagine, pur non riuscendo a raggiungere profondità elevate (generalmente inferiori a 20 m), ha un buon grado di definizione degli strati superficiali, consentendo di riconoscere con buona approssimazione la velocità delle onde S negli strati superficiali, cambi di velocità e importanti contrasti di impedenza sismica lungo la verticale.

In particolare è stata acquisita una linea sismica con direzione circa N-S, con centralina di registrazione posizionata in corrispondenza del sondaggio S3, in modo da avere adeguate indagini di taratura.

### 1.1.10 Indagine sismica HVSR

La misura HVSR consiste nella registrazione in continuo del rumore sismico ambientale (microtremori) per consentire lo studio delle frequenze che subiscono fenomeni di amplificazione sismica. La trasposizione del rumore ambientale in frequenze di risonanza permette di ottenere informazioni utili alla valutazione di effetti locali di amplificazione di sito e alla definizione di un profilo di Vs fino al substrato sismico (per definizione individuato come privo di effetti di amplificazione).

La prova è stata realizzata in corrispondenza del sondaggio S3, in quanto caratterizzato da modesti spessori di materiale di riporto.

### 1.1.11 Modello geologico

Di seguito vengono presentati i dati ottenuti dalle indagini eseguite nel sito. Da questi è possibile ricostruire il modello geologico del sito in esame.

Le prove geognostiche sono state ubicate come riportato nella seguente immagine.



Figura 9: ubicazione indagini geognostiche.

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

### 1.1.12 Sondaggio a carotaggio continuo

Al fine di avere un riscontro visivo dei materiali presenti nel sottosuolo ed una taratura delle altre tipologie di indagine, sono stati eseguiti 3 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di -15,0 m. all'interno dei fori sono state eseguite delle prove SPT (Standard Penetration Test) per la verifica della consistenza dei terreni attraversati. Inoltre sono stati prelevati campioni di terreno indisturbato da condurre in laboratorio geotecnico per l'esecuzione di analisi geotecniche specifiche per la determinazione dei parametri fisico-meccanici dei terreni.

Di seguito sono riportate le immagini relative al piazzamento della strumentazione per il sondaggio, le cassette catalogatrici con i materiali risultanti e il log stratigrafico completo come descritto dalla ditta di perforazione.

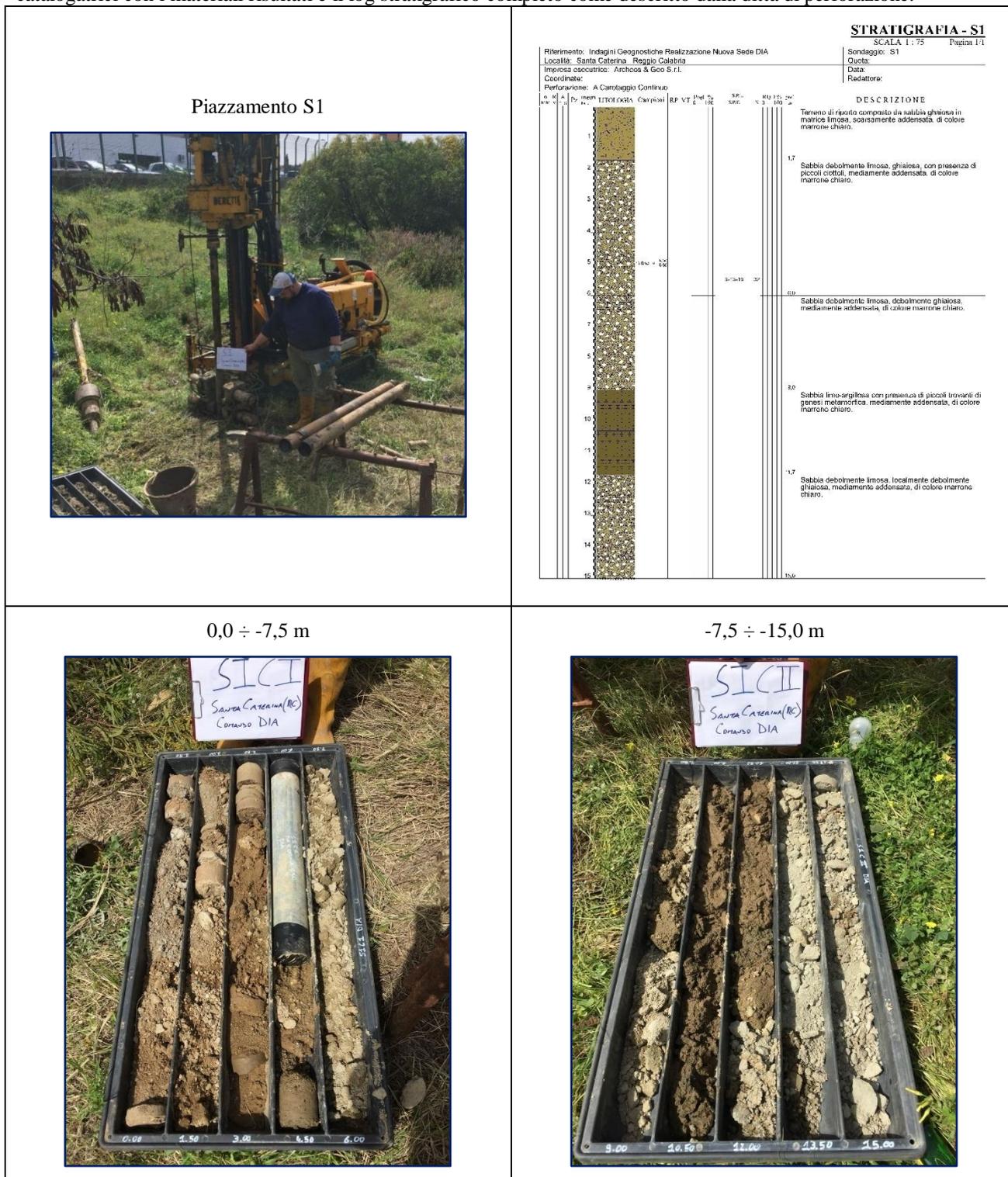


Figura 10: foto dell'ubicazione del sondaggio S1 e cassette catalogatrici fino a -15,0 m.

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

### Piazzamento S2



### STRATIGRAFIA - S2

SCALA 1:75 Pagina 1/1

Riferimento: Indagini Geostatiche Realizzazione Nuova Sede DIA  
 Località: Santa Caterina - Reggio Calabria  
 Impresa esecutrice: Anthes & Geo S.r.l.  
 Coordinate:

Sondaggio: S2  
 Quota:  
 Data:  
 Redattore:

Perforazione: A Carotaggio Continuo

Profondità (m)	DESCRIZIONE
0	Terreno di riporto composto da sabbia in matrice limosa, debolmente ghiaiosa, scarsamente addensata, di colore marrone chiaro.
1.4	Sabbia limosa, ghiaiosa, mediamente addensata, di colore marrone chiaro.
3.5	Sabbia in matrice limosa, con presenza di frammenti di gneiss metamorfica, mediamente addensata, di colore grigio chiaro.
4.8	Trovante di gneiss metamorfica, di colore grigio chiaro.
7.2	Sabbia argillosa con presenza di locali livelli debolmente ghiaiosi, mediamente addensata, di colore marrone.
8.2	Sabbia in matrice limosa, mediamente addensata, di colore marrone chiaro.
9.2	Sabbia limosa a granulometria medio-grossolana, mediamente addensata, di colore marrone chiaro.
11.0	Sabbia in matrice limosa, mediamente addensata, di colore marrone chiaro.

0,0 ÷ -7,5 m



-7,5 ÷ -15,0 m



Figura 11: foto dell'ubicazione del sondaggio S2 e cassette catalogatrici fino a -15,0 m.

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

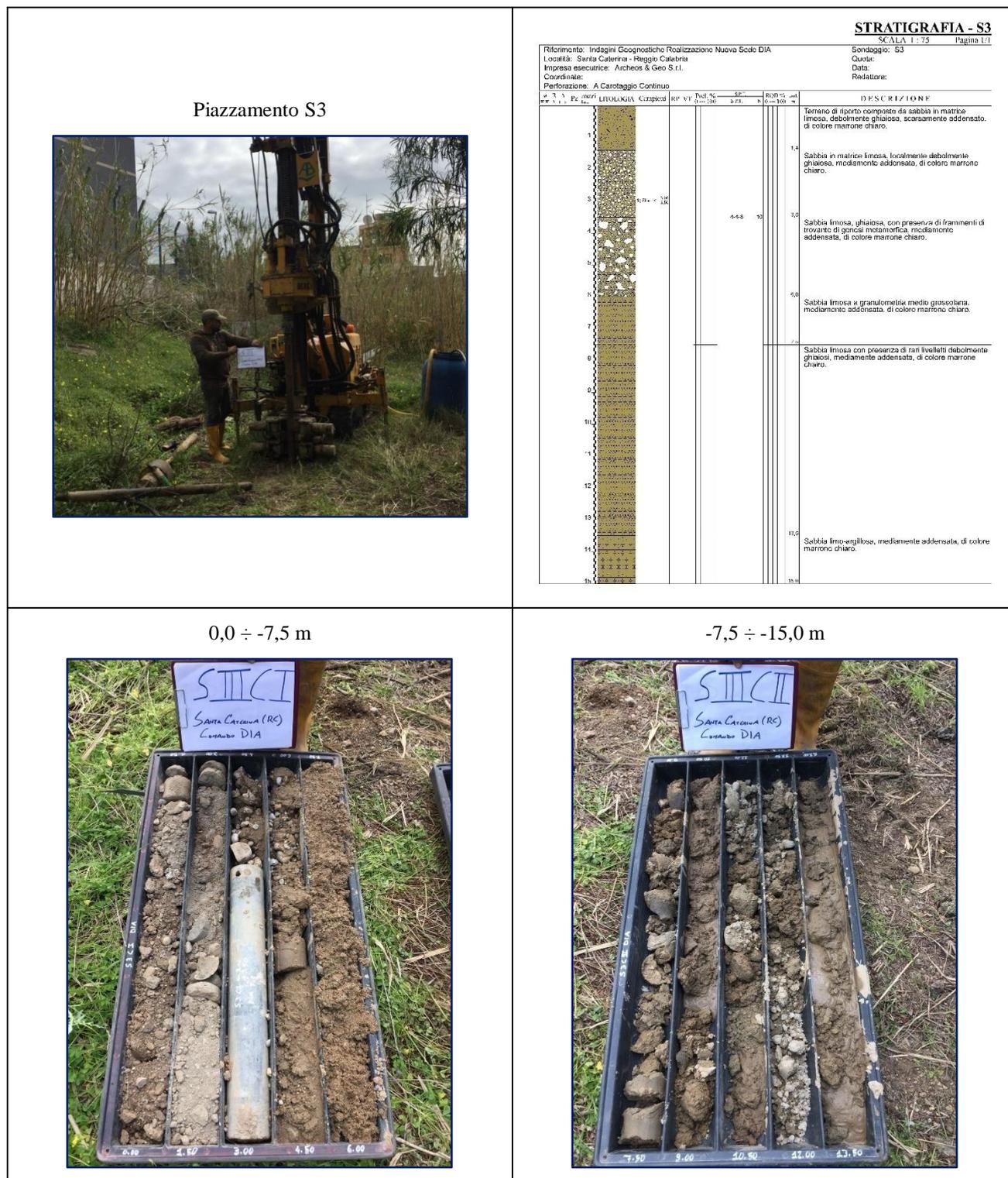


Figura 12: foto dell'ubicazione del sondaggio S3 e cassette catalogatrici fino a -15,0 m.

La successione ricostruita dai sondaggi risulta piuttosto omogenea lungo le tre verticali indagate, con elementi caratterizzanti che è possibile individuare in tutte le indagini.

In particolare, lo spessore di materiali di riporto risulta generalmente non superiore a 1,7 m e costituito da conglomerati cementizi, laterizi e blocchi di cls in una matrice sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa scarsamente addensata, di color marrone chiaro.

Oltrepassati i terreni di riporto si incontrano i materiali di composizione sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa con intercalazione di sabbia limosa e presenza di ciottoli di piccola pezzatura, di color marrone chiaro. Tale unità è visibile in tutti i sondaggi eseguiti e mostra spessori variabili da circa 2 m nella prova S3 a circa 4 m nell'indagine S1. Sono state eseguite

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

3 prove SPT per poter caratterizzare dal punto di vista fisico-meccanico tale unità. I risultati mostrano come tali materiali di natura incoerente risultino debolmente addensati, con presenza di trovanti di dimensioni decimetriche, molto consistenti (blocchi di rocce metamorfiche).

Oltrepassato tale orizzonte i terreni risultano costituiti da una successione prevalentemente sabbiosa da fine a grossolana, con intercalazioni di sabbie limose e sabbie ghiaiose. I terreni risultano poco o per niente cementati e con grado di addensamento modesto.

### 1.1.13 Indagini geotecniche di laboratorio

I campioni sono stati analizzati in laboratorio con prove specifiche per determinare alcuni parametri fondamentali del terreno, utili dal punto di vista geotecnico e per la classificazione dei terreni.

Nella seguente tabella si riportano riassunti i parametri ottenuti. In allegato sono riportati i report completi del laboratorio geotecnico.

N° d'ordine	Rif. interno	Sondaggio	Campione	Classe campione (AGI)	Profondità		$\gamma_n$	$W_n$	$\gamma_s$	Sr	Granulometria				Taglio Diretto	
					da metri	a metri					G	S	L	A	$c' *$	$\phi' *$
					(%)	(%)					(%)	(%)	(kPa)	(°)		
1	116-18	S1	C1	Q5	5,00	5,45	17,7	9,9	2,65	43	14,9	83,2	1,9	0,4	31,2	
2	117-18	S2	C1	Q5	3,00	3,40	18,1	7,9	2,64	38	11,4	87,1	1,5	0,4	27,2	
3	118-18	S3	C1	Q5	3,00	3,40	19,2	7,5	2,67	43	34,5	64,0	1,5	0,2	27,2	

$\gamma_n$  = Densità naturale -  $W_n$  = Umidità naturale -  $\gamma_s$  = Peso specifico - Sr = Grado di saturazione - G = Ghiaia - S = Sabbia - L = Limo - A = Argilla -  $c'$ ,  $\phi'$  = Coesione e angolo di resistenza al taglio (tensioni efficaci da Taglio Diretto)

**Tabella 2: quadro riassuntivo dei risultati delle indagini geotecniche di laboratorio.**

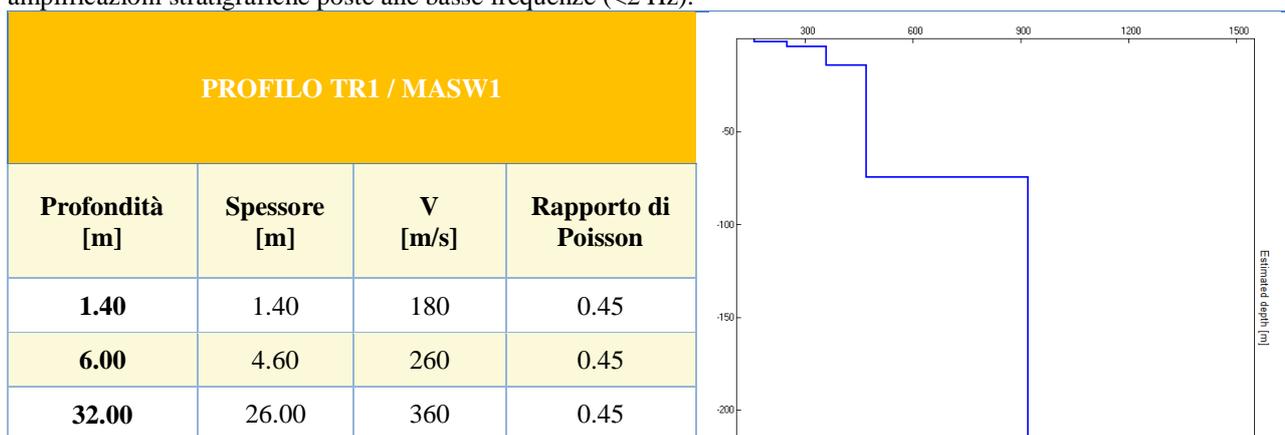
Dai dati raccolti e ottenuti si conferma la predominanza della componente sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa del deposito, con valori caratteristici del terreno corrispondenti ai parametri tipici di tali materiali, e una componente fine quasi assente. Anche la prova di taglio diretto conferma la modestissima presenza di coesione nei terreni e un angolo d'attrito superiore a 27°, tipico di sabbie fini.

### 1.1.14 Indagine sismica

Le indagini sismiche sono state eseguite posizionando la centralina di acquisizione in corrispondenza del Sondaggio S3, posto nel lato Sud dell'area di sedime del fabbricato in progetto.

La vicinanza della prova permette di correlare le indagini e di fornire i vincoli stratigrafici necessari per la corretta interpretazione delle misure sismiche.

Il sito non presenta importanti effetti di risonanza sismica dovuta alla successione stratigrafica. Si osservano per lo più amplificazioni stratigrafiche poste alle basse frequenze (<2 Hz).



Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

<b>112.00</b>	80.00	600	0.45
<b>292.00</b>	180.00	880	0.45
<b>inf.</b>	inf.	1180	0.45

**Tabella 3: Profilo sismico in Vs ottenuto dalle indagini Tr1 e MASW1.**

In allegato si riporta la relazione completa relativa alle misure e alla loro interpretazione.

### 1.1.15 Condizioni idrogeologiche

In occasione dell'esecuzione delle indagini geognostiche è stato possibile verificare l'assenza della falda freatica all'interno dei fori di prova, in quanto la circolazione idrogeologica nei terreni si attesta a profondità maggiori. Ciò è confermato anche dalla presenza, nelle vicinanze dell'area, di pozzi a fini idropotabili con profondità di captazione maggiore di 50 m.

### 1.1.16 Risultati indagini

Per i tabulati delle indagini si rimanda alla relazione geologica a firma del Dott. Geol. Alberto Caprara.

## 1.2 Relazione geotecnica: indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva delle caratteristiche dei terreni, secondo una suddivisione schematica e media delle indagini realizzate. Le profondità infatti risultano indicative di uno spessore medio delle unità, ma differiscono nelle singole prove. Le caratteristiche geotecniche possono essere presi come riferimento per la progettazione.

I valori proposti tengono conto della variabilità dei materiali anche all'interno della stessa unità stratigrafica.

INDICAZIONE DEI PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO						
Unità litotecniche	Profondità	Litologia	Comp. geotec.	$\gamma_n$ [ $t/m^3$ ]	$c'$ [kPa]	$\phi'$ [°]
<b>Unità T.R.</b>	0,0 – 0,6	Materiale misto, con laterizi e inclusi cementizi	<i>Incoerente</i>	1,85	0,1 – 0,4	27 - 30
<b>Unità A</b>	0,6 – 6,0	Sabbia e ghiaia	<i>Incoerente</i>	1,85	0,1 - 0,4	27 - 31
<b>Unità B</b>	6,0 – 15,0	Sabbia da fine a grossolana	<i>Incoerente</i>	1,85	0,1 – 0,4	27 - 31

Lo studio di analisi sismica locale eseguito ha evidenziato uno spettro caratteristico del sito inscrivibile allo spettro semplificato previsto dalle NTC 2018 per la categoria di sottosuolo di tipo "C": "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s." pertanto si a favore di sicurezza si è utilizzato lo spettro da NTC 2018 per tale categoria.

Di seguito si riporta la sovrapposizione grafica fra lo spettro medio da RSL e gli Spettri semplificati previsti dalle NTC 2018 per i terreni di Cat. B e C in cui risulta chiaro come lo spettro da analisi sismica locale sia sempre contenuto all'interno dei valori dello spettro dei terreni di Cat. C, pertanto che l'assunzione di tale categoria risulti essere in linea con quanto atteso e a favore di sicurezza.

Una corretta caratterizzazione sismica del sito prevede lo studio delle informazioni storiche relative all'area in oggetto. In seguito è stato approfondito lo studio introducendo i dati provenienti dalle indagini eseguite fino ad elaborare la risposta sismica locale relativa al sito in esame.

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

### 1.2.1 Ricostruzione storia sismica

Portando l'attenzione sulla storia sismica della zona in esame, è possibile osservare che non è caratterizzata da una attività significativa nell'immediato intorno. Prendendo in analisi la seguente Fig.6, dove vengono indicati gli epicentri dei principali eventi sismici storici, notando che le manifestazioni telluriche sono associate alle strutture sismiche di cui si è trattato poco sopra.

La scossa più significativa, in termini di energia coinvolta è quella registrata nel 1908 nella zona di Reggio Calabria (circa 6 km di distanza), in cui è stata stimata una magnitudo di 7.24 Mw.

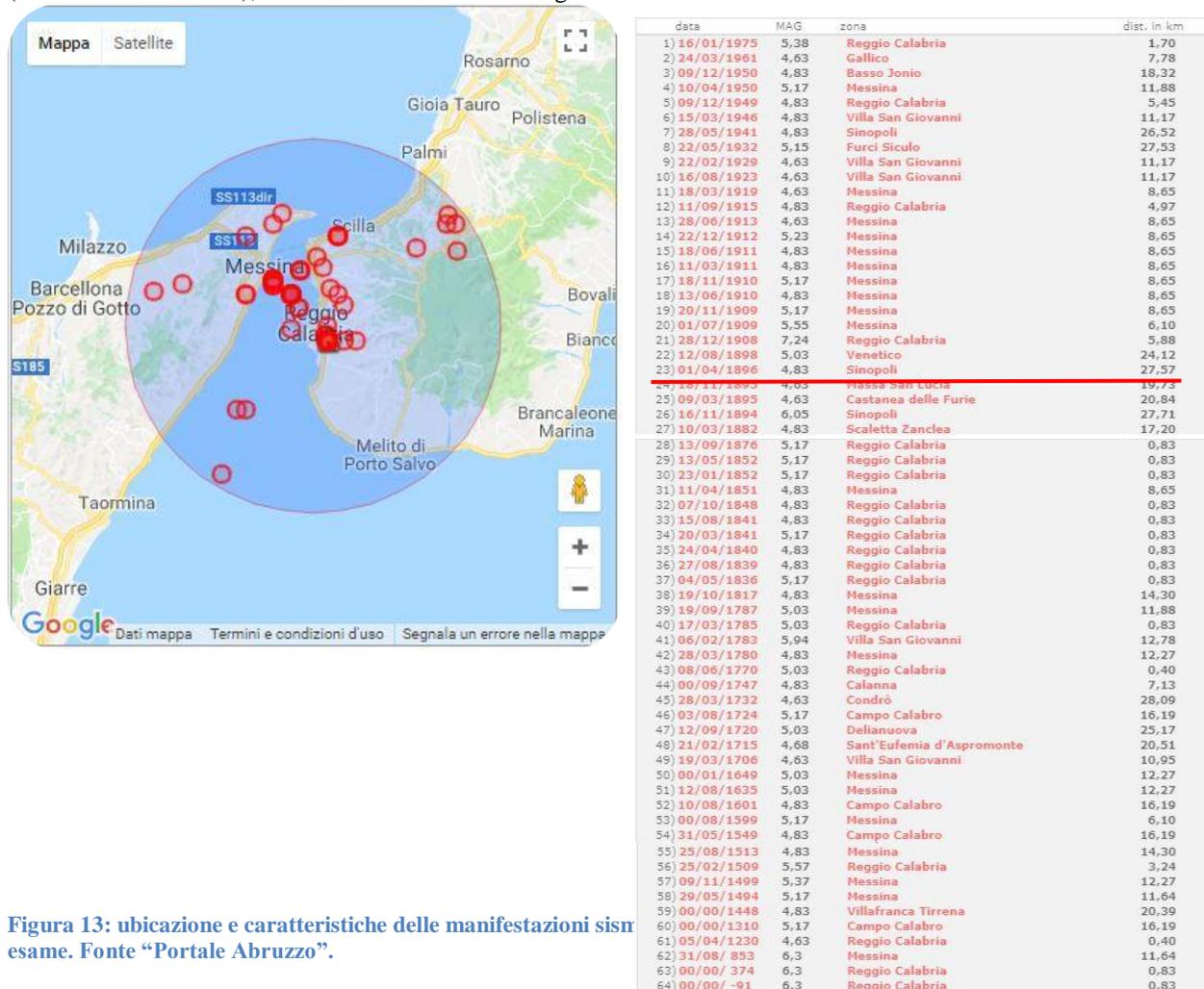


Figura 13: ubicazione e caratteristiche delle manifestazioni sismiche in esame. Fonte "Portale Abruzzo".

Per quanto concerne la situazione più recente (2010 – attuale), l'evento con la maggiore energia rilasciata è stato nell'Agosto 2012. Come è possibile osservare gli ultimi anni sono stati caratterizzati da una sismicità abbastanza contenuta, con la maggior parte degli eventi di magnitudo inferiore al 4° grado (che non sono stati riportati nella figura seguente). In particolare l'evento più significativo è stato registrato ad una distanza di circa 17 km con una magnitudo momento di 4.6.

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

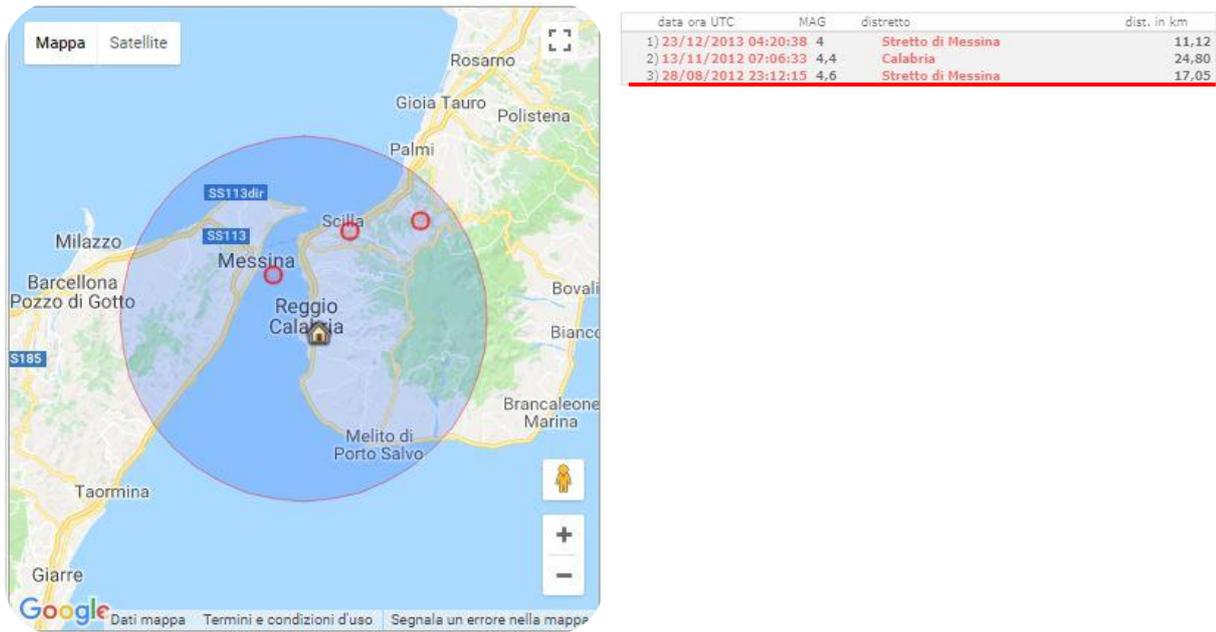


Figura 14: ubicazione e caratteristiche delle manifestazioni sismiche recenti, registrate nell'intorno di 30 km dalla zona in esame. Fonte "Portale Abruzzo".

### 1.2.2 Risposta sismica locale

Lo studio ha come obiettivo la restituzione di uno spettro in accelerazione riferito al sito in esame che, a seguito di elaborazioni analitiche, tenga conto della modificazione che il segnale sismico subisce durante il suo percorso dalla sorgente fino alla superficie di riferimento.

L'elaborazione è stata svolta utilizzando il software Strata che permette una modellazione numerica 1D della propagazione dell'onda sismica a partire da segnali sismici di input. In particolare il software conduce un'analisi lineare equivalente di risposta del sito nel dominio delle frequenze, usando come input le sollecitazioni nel dominio del tempo (accelerogrammi).

Per poter svolgere il calcolo sono necessari:

- set di segnali di input nel dominio del tempo (accelerogrammi);
- profilo di velocità del sito fino al bedrock sismico;
- curve di decadimento del modulo di rigidezza e di variazione dello smorzamento per i terreni presenti lungo il profilo.

### 1.2.3 Segnali di input

Al fine di effettuare un'analisi statisticamente valida sono stati ricercati altri segnali spettro-compatibili per il sito. Tali accelerogrammi sono stati ricavati attraverso l'utilizzo del software REXEL<sup>1</sup>, che consulta un data-base di terremoti registrati nazionali e mondiali, e seleziona accelerogrammi compatibili con gli spettri delle NTC18.

Perciò si è proceduto con il definire lo spettro di risposta elastico in accelerazione per il sito, facendo riferimento ai parametri progettuali definiti per l'opera (dati di input riportati nella tabella seguente). Inoltre è stato necessario eseguire uno studio sulla pericolosità e sulla storia sismica dell'area, che permettesse di individuare le caratteristiche in magnitudo e distanza epicentrale di un possibile sisma atteso per l'area. La ricerca è stata condotta nella banca dati European Strong-motion Data-base<sup>2</sup>, tenendo conto dei dati di input riportati nella seguente tabella.

	Long.	Lat.
<b>Coordinate [°]</b>	15.6576	38.1289

<sup>1</sup> Iervolino, I., Galasso, C., Cosenza, E.

**REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis.**  
*Bulletin of Earthquake Engineering*, 8:339-362, 2010; DOI 10.1007/s10518-009-9146-1

<sup>2</sup> Ambraseys, N., Smit, P., Sigbjornsson, R., Suhadolc, P. and Margaris, B.

**Internet-Site for European Strong-Motion Data,**

European Commission, Research-Directorate General, Environment and Climate Programme (2002); <http://www.isesd.cv.ic.ac.uk/ESD/>

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

<b>Categoria sottosuolo</b>	A	
<b>Categoria topografica</b>	T1	
<b>Vita nominale - Vn [anni]</b>	50	
<b>Coefficiente d'uso - Cu</b>	2,0	
<b>Stato limite</b>	SLV	
	minimo	massimo
<b>Magnitudo</b>	6.5	8.0
<b>Distanza epicentrale [km]</b>	0	30

Tabella 4: parametri di riferimento per la ricerca di sismi "spettro-compatibili".

Sono stati quindi individuati 7 segnali sismici spettro-compatibili con il sito ai quali è stato associato un fattore di scala per poterli ricondurre al valore di PGA di interesse, corrispondente a 0,358 g, che deriva dalla curva definita dalle NTC18, considerando i parametri di riferimento per la progettazione dell'opera (tabella 3). Nell'immagine che segue è riportato lo spettro di normativa di riferimento (target spectrum), con il limite inferiore e superiore (Lower e Upper Tolerance) per la ricerca dei sismi "spettro-compatibili" all'interno dell'intervallo di 0,15 s e 2,0 s (Range of Period), gli spettri dei sismi individuati, con i relativi fattori di scala (SF – scale factor), e il loro spettro medio (Average Spectrum).

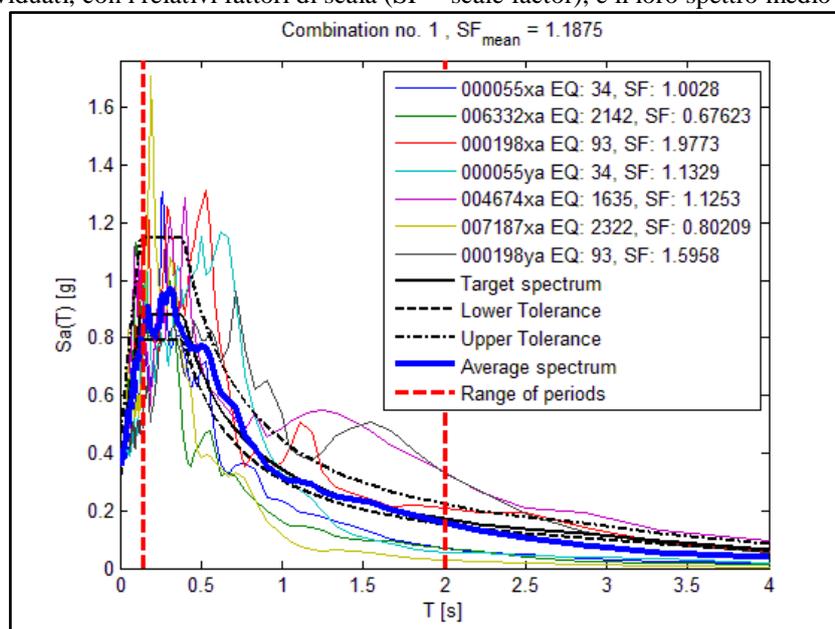


Figura 15: Spettri dei 7 sismi di riferimento individuati e rispettivi fattori di scala.

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

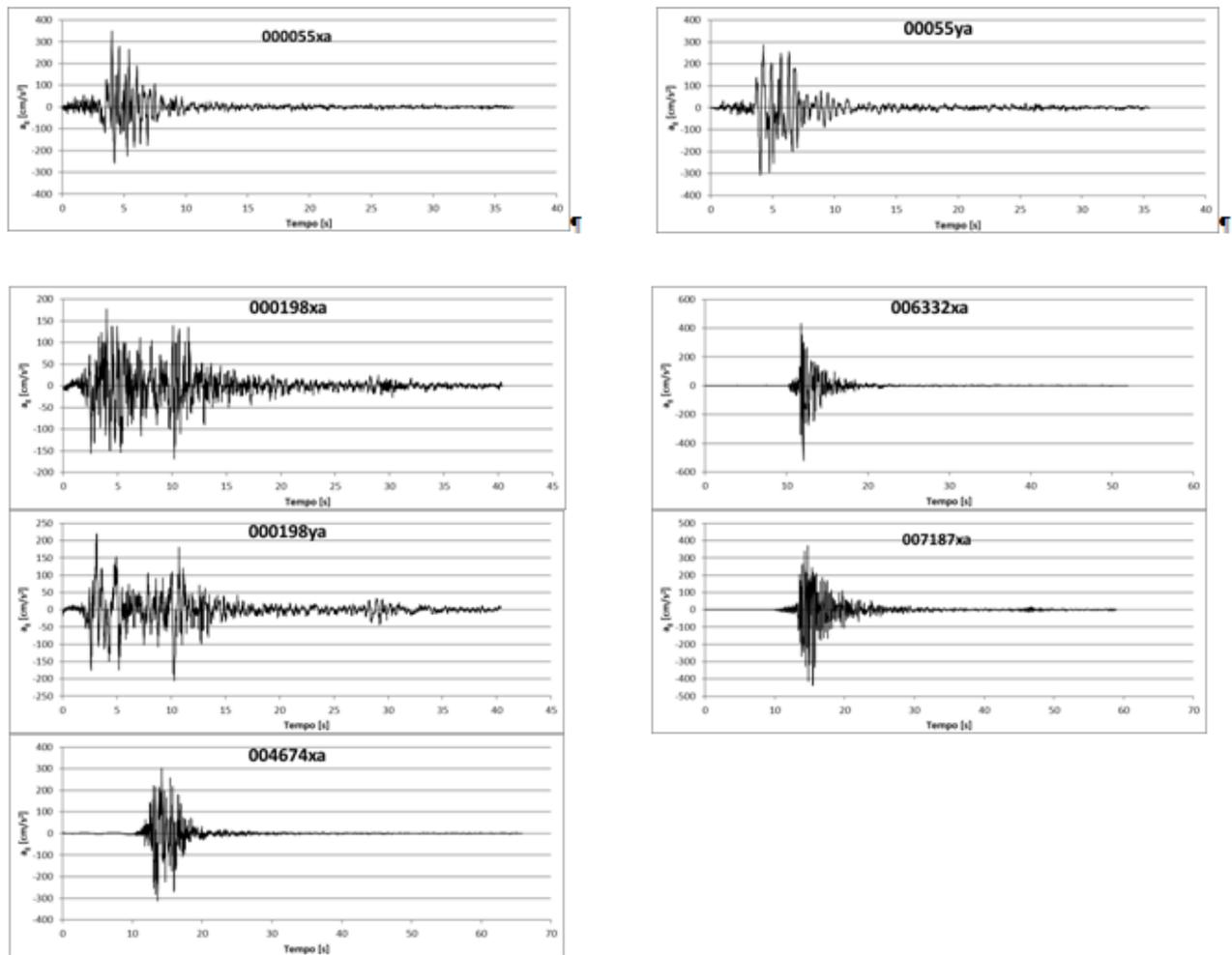


Figura 16: Accelerogrammi non scalati dei 7 sismi di riferimento.

Lo studio è stato svolto utilizzando il software Strata che permette una modellazione numerica 1D della propagazione dell'onda sismica a partire da segnali sismici di input. In particolare il software conduce un'analisi lineare equivalente di risposta del sito nel dominio delle frequenze, usando come input le sollecitazioni nel dominio del tempo (accelerogrammi).

#### 1.2.4 Profilo sismico di sito

Una volta definiti i segnali di input è stato inserito il modello fisico-meccanico e sismico del sottosuolo (1-D) fino alla profondità del bedrock sismico. A tal fine, utilizzando i dati ottenuti dalle indagini compiute nel sito, è possibile definire nel programma le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali di riferimento per la ricostruzione del profilo del sito. In particolare sono associati a ciascuna litologia il peso di volume del materiale e le curve di degrado ( $G/G_{max}$  in funzione dello sforzo di taglio [%]) e di smorzamento (Damping Ratio [%] in funzione dello sforzo di taglio [%]). I valori utilizzati per il sito derivano da apposite curve riportate in bibliografia. Al bedrock sismico (ultimo strato del profilo sismico) viene riferito un valore di smorzamento pari a 1,0%.

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

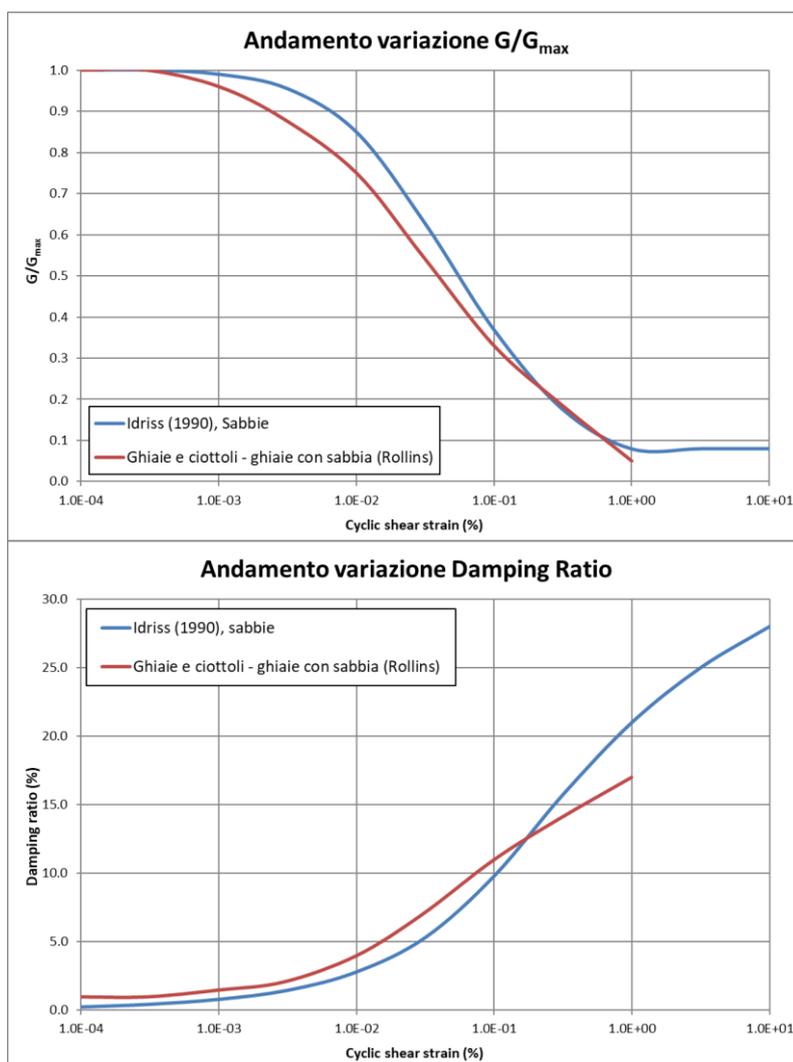


Figura 17: Curve di decadimento del materiale utilizzate per il sito.

I parametri che caratterizzano i materiali sono stati attribuiti agli strati definiti nel profilo sismico, così come ricavato dall'indagine geofisica. Di seguito viene riportato il modello di sottosuolo utilizzato per il sito.

Strati	Profondità [m]	V <sub>s</sub> [m/s]	Materiali	Peso unità di volume [kN/m <sup>3</sup> ]	Curva di degrado	Curva di smorzamento
1	1.40	180	Terreno superficiale	18,5	Rollins, ghiaie con ciottoli, ghiaie con sabbia	Rollins, ghiaie con ciottoli, ghiaie con sabbia
2	6.00	260	Coltre	19,0	Idriss (1990), sand	Idriss (1990), sand
3	32.00	360	Substrato poco consistente	20,0	Rollins, ghiaie con ciottoli, ghiaie con sabbia	Rollins, ghiaie con ciottoli, ghiaie con sabbia
4	112.00	600	Substrato	21,0	Rollins, ghiaie con ciottoli, ghiaie con sabbia	Rollins, ghiaie con ciottoli, ghiaie con sabbia
5	292.00	880	Substrato	21,0	Rollins, ghiaie con ciottoli, ghiaie con sabbia	Rollins, ghiaie con ciottoli, ghiaie con sabbia
6	inf.	1180	Bedrock sismico	22,0	-	1,0%

Tabella 5: Modello sismostratigrafico del sito.

### 1.2.5 Funzione di trasferimento

Nella figura seguente è riportata la funzione di trasferimento per ogni segnale ed il valore medio nel campo delle frequenze che corrisponde al rapporto tra lo spettro del moto sismico atteso in superficie e lo spettro della sollecitazione in corrispondenza del bedrock sismico.

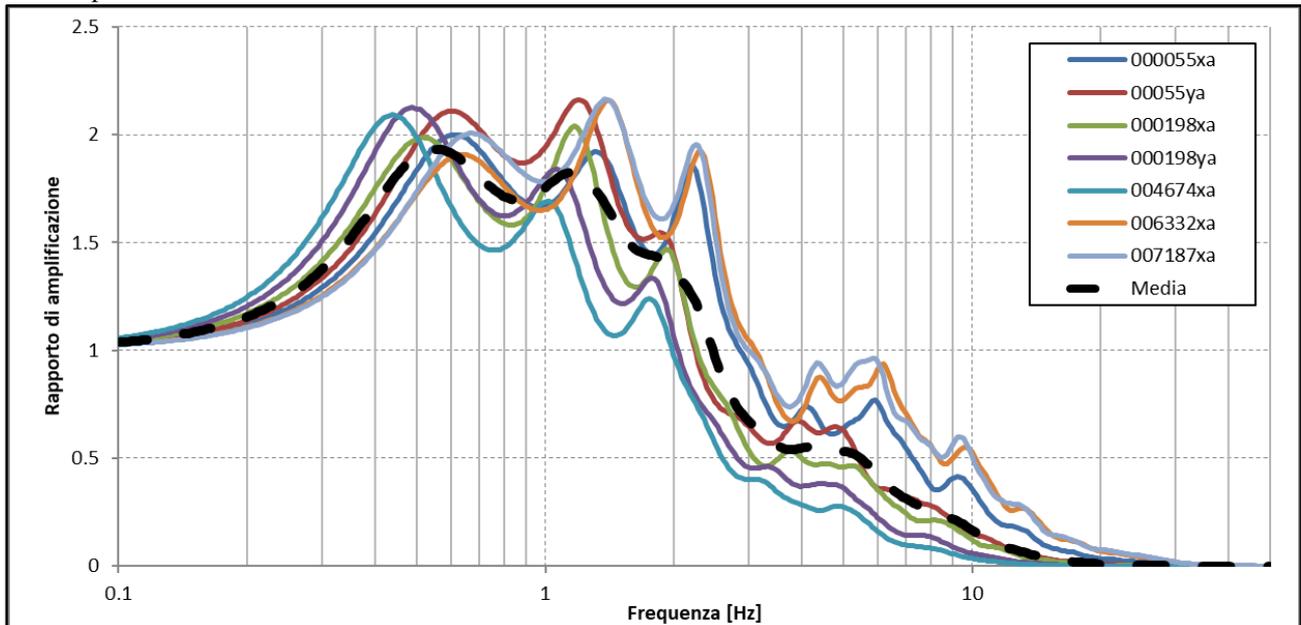


Figura 18: Funzione di trasferimento (rapporto tra lo spettro del moto in superficie ed al bedrock).

### 1.2.6 Spettro di risposta del sito

Di seguito sono riportati gli spettri di risposta in accelerazione relativi ai 7 sismi, così come ottenuti dall'elaborazione numerica e la curva dei valori medi.

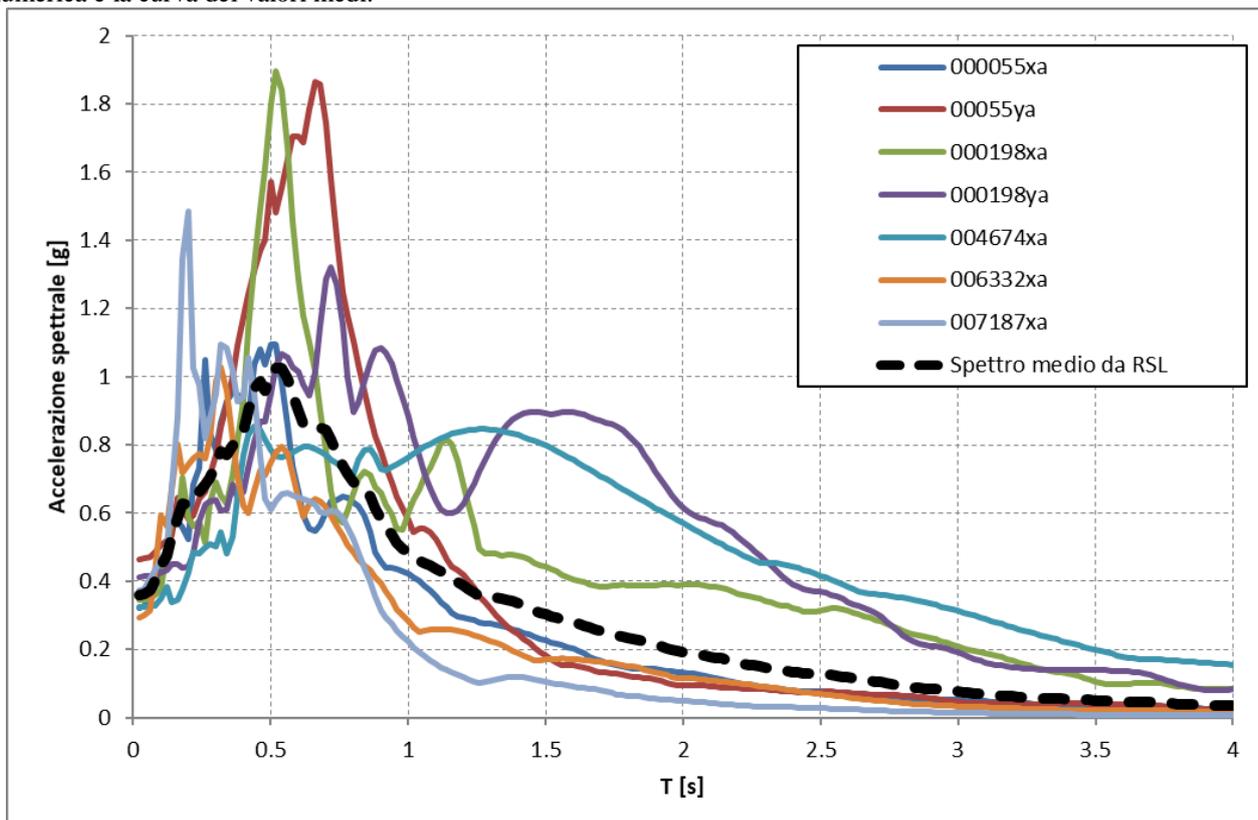
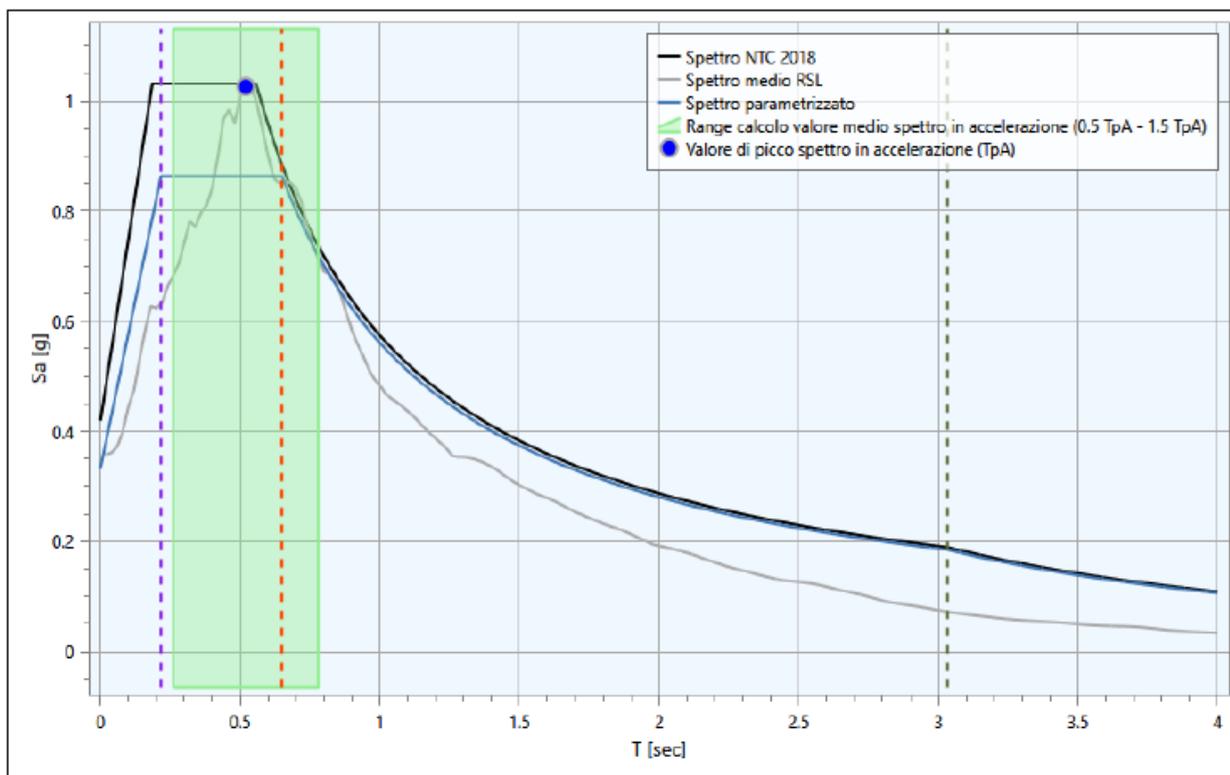


Figura 19: Spettri di risposta calcolati a partire dai 7 sismi di riferimento.

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina



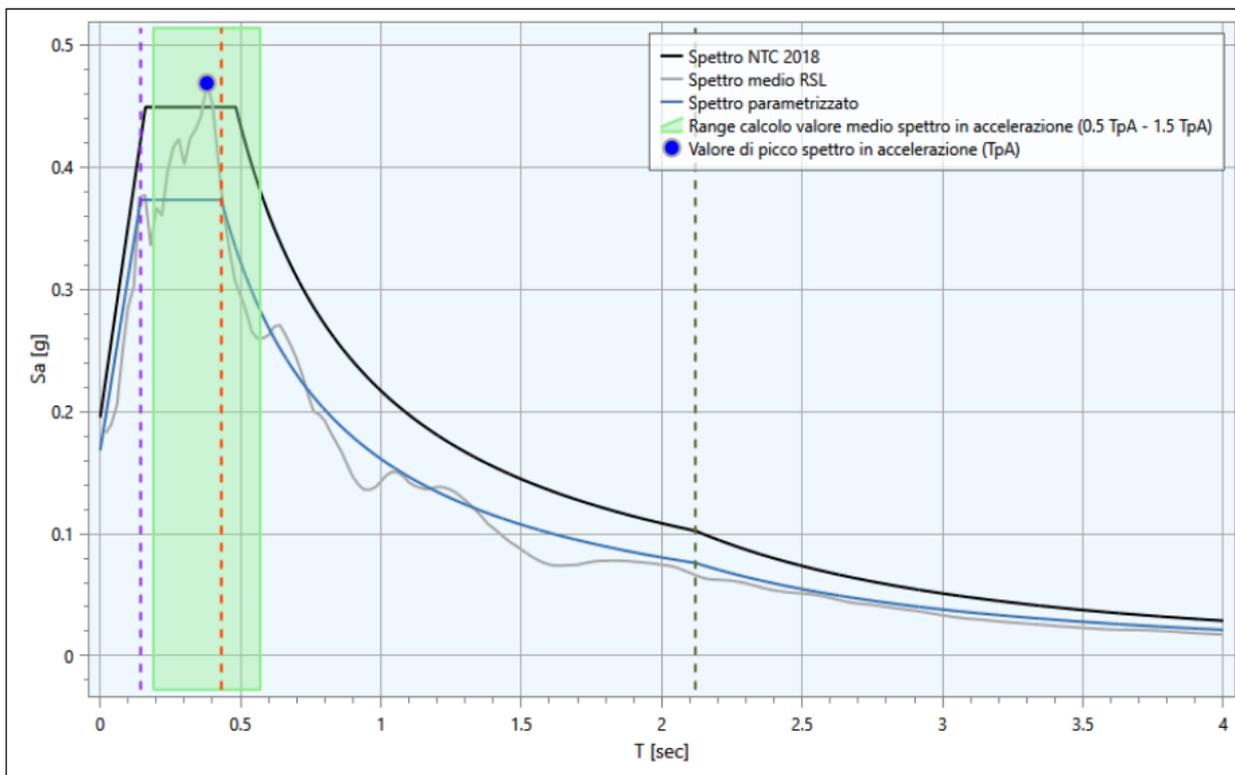
Confronto SPETTRI SLV

Parametro	Valore medio da RSL	Categoria C da NTC18
$a_{max}$	0.333	0.4189
S	1.00	1.171
$F_0$	2.59	2.4656
$T_B$	0.22	0.19
$T_C$	0.65	0.56
$T_D$	3.03	3.03

Confronto SPETTRI SLV

**Lo spettro normalizzato agli SLV risulta sempre contenuto nello spettro SLV Semplificato per terreno di tipo C, pertanto a favore di sicurezza si utilizza lo spettro semplificato previsto dalle NTC 2018.**

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

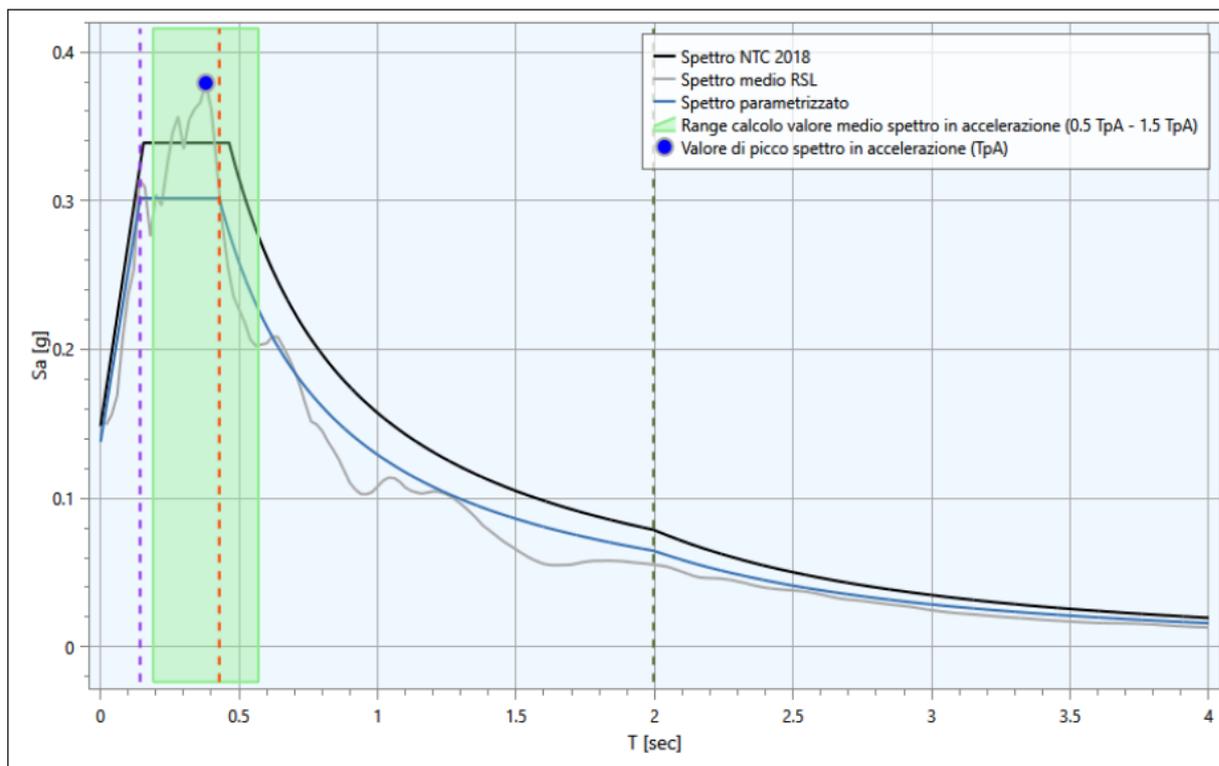


CONFRONTO SPETTRI SLD

Parametro	Valore medio da RSL	Categoria C da NTC18
$a_{max}$	0.168	0.1938
S	1.00	1.50
$F_0$	2.22	2.302
$T_B$	0.14	0.16
$T_C$	0.43	0.48
$T_D$	2.12	2.12

Lo spettro normalizzato agli SLD risulta sempre contenuto nello spettro SLD Semplificato per terreno di tipo C, pertanto a favore di sicurezza si utilizza lo spettro semplificato previsto dalle NTC 2018.

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina



CONFRONTO SPETTRI SLO CONFRONTO SPETTRI SLO

Parametro	Valore medio da RSL	Categoria C da NTC18
$a_{max}$	0.138	0.1482
S	1.00	1.50
$F_0$	2.19	2.282
$T_B$	0.14	0.16
$T_C$	0.43	0.47
$T_D$	2.00	2.00

CONFRONTO SPETTRI SLO CONFRONTO SPETTRI SLO

Lo spettro normalizzato agli SLO risulta sempre contenuto nello spettro SLO Semplificato per terreno di tipo C, pertanto a favore di sicurezza si utilizza lo spettro semplificato previsto dalle NTC 2018.

### 1.2.7 Effetti della topografia

Da un'analisi cartografica e di superficie è possibile escludere per l'area in esame la presenza di condizioni topografiche e morfologiche che comportino amplificazione dell'azione sismica. Il versante infatti risulta poco pendente e l'area in oggetto si trova nella porzione inferiore dello stesso, determinando un effetto topografico di amplificazione delle onde sismiche quasi nullo.

### 1.2.8 Suscettibilità alla liquefazione dei terreni

In terreni incoerenti saturi (sabbie sciolte in falda) è possibile, in caso di sollecitazione sismica, che si verifichi il

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

fenomeno della liquefazione che, a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali, determina una perdita totale della resistenza agli sforzi di taglio da parte del terreno ed una conseguente fluidificazione del materiale. Tale fenomeno si verifica però solo quando si presentano simultaneamente tutte le seguenti condizioni:

- profondità del livello liquefacibile: < 15-20 m dal p.c.;
- profondità della falda: < 5 m;
- densità relativa dei terreni:  $D_r < 60\%$ ;
- diametro medio:  $0.02 \text{ mm} < D_{50} < 2 \text{ mm}$
- frazione di fini (diametro < 0.005 mm): < 15%
- magnitudo: > 5,5;
- $a_g > 0,15g$ ;
- durata: > 15-20 sec.

Le prime cinque condizioni sono relative alle caratteristiche granulometriche e geotecniche del terreno in esame, mentre le ultime tre sono relative alle azioni sismiche che possono determinare liquefazione.

Nel sito in esame le condizioni stratigrafiche mostrano un sito caratterizzato da terreni granulari a partire dal piano campagna e per tutta la successione indagata. La falda, in occasione delle indagini, non è stata individuata e dati pregressi mostrano come essa si attesti a profondità maggiori.

Non essendo presenti nel sito condizioni predisponenti o di innesco di fenomeni di liquefazione, non è stata effettuata alcuna modellazione numerica del rischio.

### 1.2.9 Verifica capacità portante SLU

#### Formula generale:

$$Q_{lim} = 1/2 g' B N_g S_g i_g b_g g_g r_g + c' N_c S_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q S_q d_q i_q b_q g_q g_g$$

#### Dati d'ingresso:

<b>Terreno di fondazione</b>		
Coesione (c')	0	kPa
Angolo di attrito (φ')	27	°
Coefficiente parziale (γc') (M1)	1	
Coefficiente parziale (γf') (M1)	1	
Coesione (c')	0	kPa
Angolo di attrito (f')	27	°
Peso di volume terreno di fondazione (g <sub>1</sub> )	17.0	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume terreno sopra fondazione (g <sub>2</sub> )	17.0	kN/m <sup>3</sup>
<b>Fondazione</b>		
Larghezza (B)	27.1	m
Lunghezza (L)	50.4	m
Profondità piano di posa (D)	1.5	
<b>Carichi inclinati</b>		
Componente orizzontale (Hx)	516.5	t
Componente orizzontale (Hy)	151.8	t
Componente verticale (N)	18451.0	t
Larghezza B' plinto equivalente	26.48	m
Lunghezza L' plinto equivalente	50.22	m

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

<b>Fattori capacità portante</b>	
$N_g$	14.47
$N_c$	23.94
$N_q$	13.20
<b>Fattori forma della fondazione</b>	
$s_g$	1.14
$s_c$	1.28
$s_q$	1.14
<b>Fattori inclinazione del carico</b>	
$i_g$	0.93
$i_c$	0.95
$i_q$	0.95
<b>Fattori inclinazione piano di posa</b>	
$b_g$	1.00
$b_c$	1.00
$b_q$	1.00
<b>Fattori inclinazione piano campagna</b>	
$g_g$	0.68
$g_c$	0.60
$g_q$	0.68
<b>Fattori profondità piano di posa</b>	
$d_c$	1.02
$d_q$	1.02
$r_g$	0.72

Riduzione per forma

**Risultato:**

Pressione limite S.L.U ( $Q_{lim}$ )	1934.7	kPa	→	19.72	kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di sicurezza S.L.U. (R3)	2.3				
<b>Pressione MAX S.L.U. (APP.2)</b>	<b>841.2</b>	<b>kPa</b>	<b>→</b>	<b>8.57</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
Coefficiente di sicurezza S.L.E.	3				
<b>Pressione MAX S.L.E.</b>	<b>644.9</b>	<b>kPa</b>	<b>→</b>	<b>6.57</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Carico ultimo Platea - Plinto equivalente =</b>				<b>114453</b>	<b>t</b>
<b>Coeff. Di Sicurezza =</b>	<b>6.20</b>			<b>VERIFICATO</b>	

A livello di pressioni locali sul terreno si riporta la seguente valutazione della capacità portante del terreno:

## DETERMINAZIONE DELLA PRESSIONE LIMITE

### FORMULA GENERALE DI BRINCH-HANSEN (1970)

(Lancellotta R., Geotecnica, II Ediz., 1993)

**Formula generale:**



MATE SOC. Coop.va  
Sede Legale e Operativa:  
Via San Felice, 21  
40122 Bologna (BO)  
Italia

Sede Operativa:  
Via Treviso, 18  
31020 San Vendemiano (TV)  
Italia

Dott. Geol. Alberto Caprara  
Sede Legale e Operativa  
Via Stiore 9/8, loc. Monteveglio  
40053 Valsamoggia (BO)

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

$$Q_{lim} = 1/2 g' B N_g s_g i_g b_g g_g + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q$$

Dati d'ingresso:

<b>Terreno di fondazione</b>		
Coesione (c')	0	kPa
Angolo di attrito (φ')	27	°
Coefficiente parziale (γc') (M1)	1	
Coefficiente parziale (γf') (M1)	1	
Coesione (c')	0	kPa
Angolo di attrito (f')	27	°
Peso di volume terreno di fondazione (g <sub>1</sub> )	17.0	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume terreno sopra fondazione (g <sub>2</sub> )	17.0	kN/m <sup>3</sup>
Inclinazione piano campagna	0	°
<b>Fondazione</b>		
Larghezza (B)	2.5	m
Lunghezza (L)	2.5	m
Profondità piano di posa (D)	1.5	
<b>Carichi inclinati</b>		
Componente orizzontale (H)	0	t
Componente verticale (N)	150	t
<b>Fattori capacità portante</b>		
N <sub>g</sub>	14.47	
N <sub>c</sub>	23.94	
N <sub>q</sub>	13.20	
<b>Fattori forma della fondazione</b>		
s <sub>g</sub>	1.27	
s <sub>c</sub>	1.53	
s <sub>q</sub>	1.27	
<b>Fattori inclinazione del carico</b>		
i <sub>g</sub>	1.00	
i <sub>c</sub>	1.00	
i <sub>q</sub>	1.00	
<b>Fattori profondità piano di posa</b>		
d <sub>c</sub>	1.20	
d <sub>q</sub>	1.18	
Pressione limite S.L.U. (Q <sub>lim</sub> )	893.3	kPa →
Coefficiente di sicurezza S.L.U. (R3)	2.3	
Pressione MAX S.L.U. (APP.2)	388.4	kPa →
Coefficiente di sicurezza S.L.U.	3	

Risultato:

9.11 kg/cm<sup>2</sup>  
3.96 kg/cm<sup>2</sup>

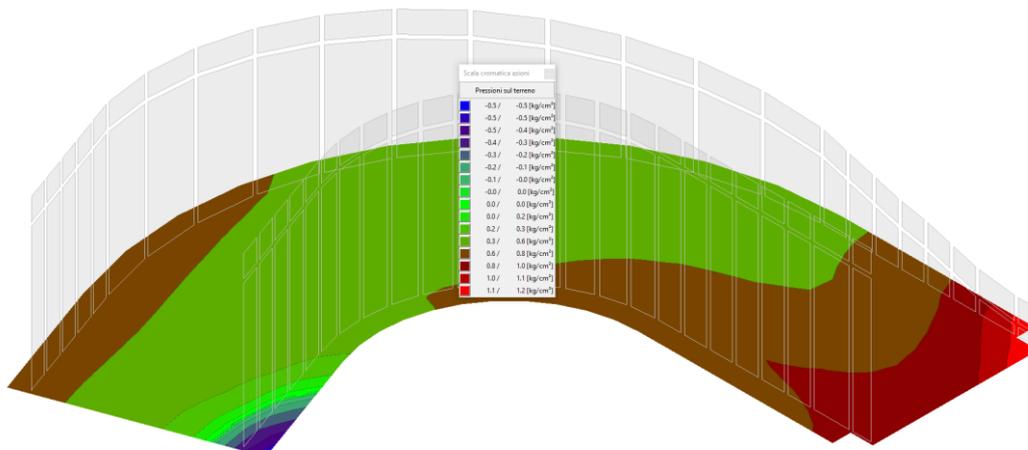
### PRESSIONI SUL TERRENO AGLI SLU



MATE SOC. Coop.va  
Sede Legale e Operativa:  
Via San Felice, 21  
40122 Bologna (BO)  
Italia

Sede Operativa:  
Via Treviso, 18  
31020 San Vendemiano (TV)  
Italia

Dott. Geol. Alberto Caprara  
Sede Legale e Operativa  
Via Stiore 9/8, loc. Monteveglio  
40053 Valsamoggia (BO)



### PRESSIONI SUL TERRENO AGLI SLV ZONA RAMPA

Come si evince dalla figura riportata anche da un confronto sulla tensione localizzata si ha che la tensione massima sul terreno si attesta su  $2.2 \text{ kg/cm}^2 \leq 3,96 \text{ kg/cm}^2$  per la platea di fondazione del fabbricato principale e di  $1,2 \text{ kg/cm}^2 \leq 3,96 \text{ kg/cm}^2$  per la zona della rampa.

Pertanto il sistema fondale risulta **idoneo**.

#### 1.2.10 Verifica capacità portante SLV

Per il calcolo della capacità portante agli SLV, a favore di sicurezza, si sono stimate le azioni compressive da sisma con un'analisi statica equivalente applicando il 100% delle masse con periodo ricadente nel tratto orizzontale dello spettro  $S_d = 0.4303$  e stimando la posizione del baricentro delle azioni sismiche con la formulazione 7.3.7. Si riporta di seguito la verifica considerando il "Plinto Equivalente" e la il confronto tensionale.

#### Dati d'ingresso:

<b>Terreno di fondazione</b>		
Coesione (c')	0	kPa
Angolo di attrito ( $\phi'$ )	27	°
Coefficiente parziale ( $\gamma_c'$ ) (M1)	1	
Coefficiente parziale ( $\gamma_f'$ ) (M1)	1	
Coesione (c)	0	kPa
Angolo di attrito (f')	27	°
Peso di volume terreno di fondazione ( $g_1$ )	17.0	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume terreno sopra fondazione ( $g_2$ )	17.0	kN/m <sup>3</sup>
<b>Fondazione</b>		
Larghezza (B)	27.1	m
Lunghezza (L)	50.4	m
Profondità piano di posa (D)	1.5	
<b>Carichi inclinati</b>		
Componente orizzontale (Hx)	4055.8	t
Componente orizzontale (Hy)	1216.8	t
Componente verticale (N)	12840.2	t
Larghezza B' plinto equivalente	18.08	m
Lunghezza L' plinto equivalente	47.69	m
<b>Fattori capacità portante</b>		

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

$N_g$	14.47
$N_c$	23.94
$N_q$	13.20
<b>Fattori forma della fondazione</b>	
$s_g$	1.10
$s_c$	1.20
$s_q$	1.10
<b>Fattori inclinazione del carico</b>	
$i_g$	0.37
$i_c$	0.50
$i_q$	0.53
<b>Fattori inclinazione piano campagna</b>	
$g_g$	0.68
$g_c$	0.60
$g_q$	0.68
<b>Fattori profondità piano di posa</b>	
$d_c$	1.03
$d_q$	1.03
$r_g$	0.76

accelerazione ag/g	0.3577	g		
Fo	2.460			
Ss	1.171			
St	1			
<b>accelerazione max amax</b>	0.418861	g		
kh	0.159167			
kv	0.079584			
zc	0.949067			
zq	0.877145			
zY	0.877145			
Pressione limite S.L.V ( $Q_{lim}$ )	493.9	kPa	→	5.03 kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di sicurezza S.L.V.	2.3			
<b>Pressione MAX S.L.V. (APP.2)</b>	<b>214.7</b>	<b>kPa</b>	<b>→</b>	<b>2.19 kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Carico ultimo Platea - Plinto equivalente</b>				
=				<b>18872 t</b>
<b>Coeff. Di Sicurezza =</b>	<b>1.47</b>			<b>VERIFICATO</b>

A livello di pressioni locali sul terreno si riporta la seguente valutazione della capacità portante del terreno:

Dati d'ingresso:

**Terreno di fondazione**

Coesione (c')	0	kPa
Angolo di attrito ( $\phi'$ )	27	°
Coefficiente parziale ( $\gamma_c'$ ) (M1)	1	

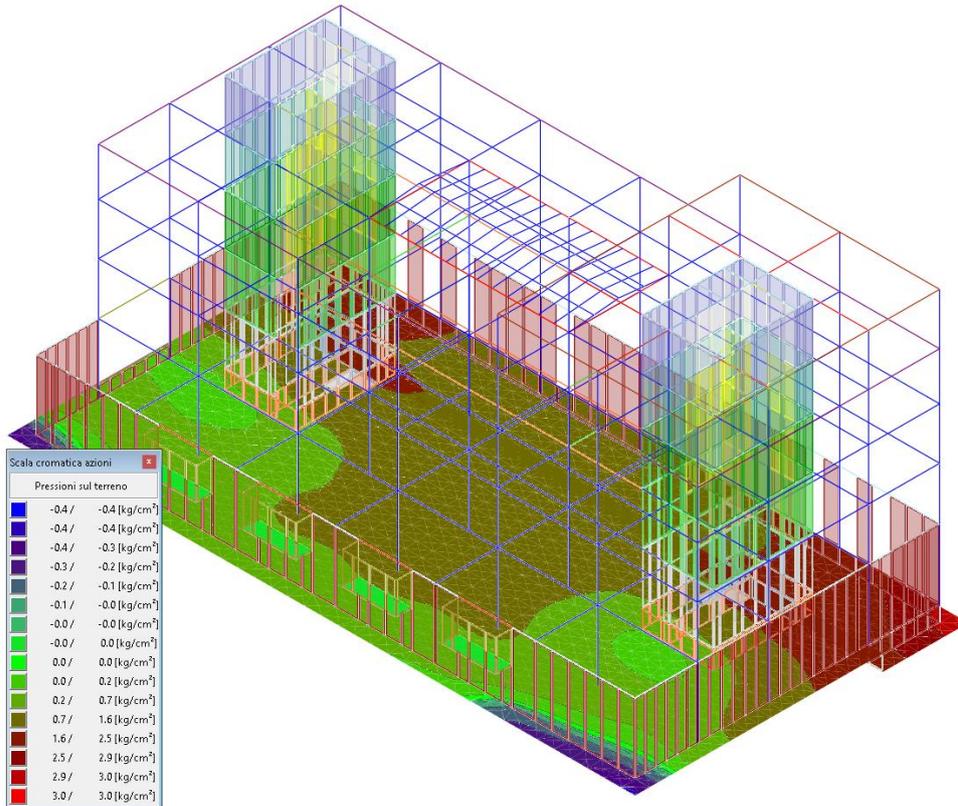
Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

Coefficiente parziale ( $\gamma_f$ ) (M1)	1	
Coazione ( $c'$ )	0	kPa
Angolo di attrito ( $f$ )	27	°
Peso di volume terreno di fondazione ( $g_1$ )	17.0	kN/m <sup>3</sup>
Peso di volume terreno sopra fondazione ( $g_2$ )	17.0	kN/m <sup>3</sup>
<b>Fondazione</b>		
Larghezza (B)	2.5	m
Lunghezza (L)	2.5	m
Profondità piano di posa (D)	1.5	
<b>Carichi inclinati</b>		
Componente orizzontale (H)	0	t
Componente verticale (N)	150	t
<b>Fattori capacità portante</b>		
$N_g$	14.47	
$N_c$	23.94	
$N_q$	13.20	
<b>Fattori forma della fondazione</b>		
$s_g$	1.27	
$s_c$	1.53	
$s_q$	1.27	
<b>Fattori inclinazione del carico</b>		
$i_g$	1.00	
$i_c$	1.00	
$i_q$	1.00	
<b>Fattori inclinazione piano di posa</b>		
$b_g$	1.00	
$b_c$	1.00	
$b_q$	1.00	
<b>Fattori profondità piano di posa</b>		
$d_c$	1.20	
$d_q$	1.18	

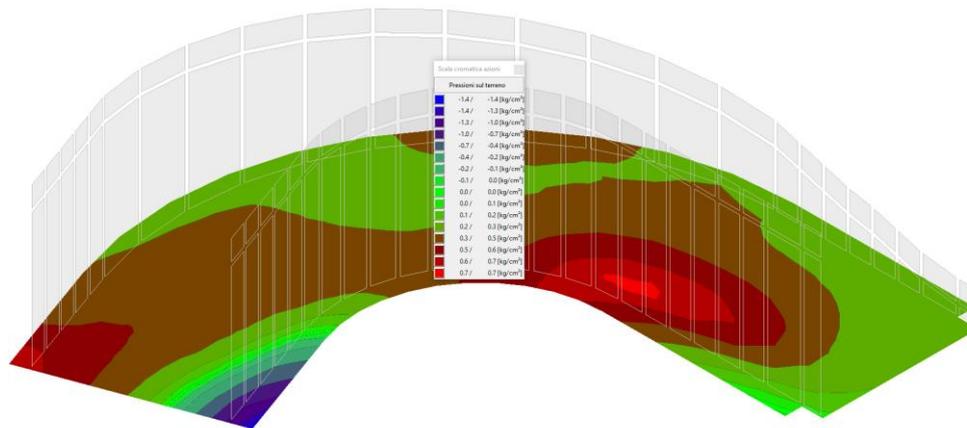
Risultato:

accelerazione max $a_{max}$	0.418503	g	
kh	0.117181		
kv	0.05859		
zc	0.962502		
zq	0.91259		
$z\gamma$	0.91259		
Pressione limite S.L.V. (Qlim)	794.4	kPa	8.10 kg/cm <sup>2</sup>
Coefficiente di sicurezza S.L.V.	2.3		
Pressione MAX S.L.V. (APP.2)	345.4	kPa	3.52 kg/cm <sup>2</sup>

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina



PRESSIONI SUL TERRENO AGLI SLV COND. 6



PRESSIONI SUL TERRENO AGLI SLV COND. 6 PLATEA RAMPA

Come si evince dalla figura riportata anche da un confronto sulla tensione localizzata si ha che la tensione massima sul terreno si attesta su  $2,9-3,0 \text{ kg/cm}^2 \leq 3,52 \text{ kg/cm}^2$  per la platea dell'edificio principale e di  $0,7 \text{ kg/cm}^2 \leq 3,52 \text{ kg/cm}^2$  per la zona platea.

Pertanto il sistema fondale risulta **idoneo**.

### 1.2.11 Verifica a scorrimento

Si riporta di seguito la verifica a scorrimento nella situazione agli SLV che presenta il minor coeff. di sicurez.

La verifica può essere posta nella seguente forma:

$$F_a < F_{rlim}/f_s$$

in cui

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

$F_a$  è la forza agente orizzontale agente sul piano di posa, che induce lo scorrimento,

$F_{rim}$  è la forza resistente orizzontale prodotta dal terreno, che si oppone allo scorrimento

$F_s$  è il fattore di sicurezza sulla resistenza globale ( $R_3=1.1$  secondo NTC18 §. 6.4.2.1).

La forza resistente orizzontale  $F_r$  può ottenersi considerando i contributi di attrito e coesione offerti dal terreno, secondo la seguente espressione:

$$F_r = W \tan\delta + ca A_{fnd}$$

in cui

$W$  è il peso totale dell'edificio [kg],

$\delta$  è l'angolo di attrito tra fondazione e terreno,

$ca$  è l'adesione tra fondazione e terreno [kg/cmq]

$A_{fnd}$  è l'area di impronta della fondazione [cmq]

I valori dell'angolo di attrito  $\delta$  e l'adesione  $ca$  dipendono da aspetti locali, come ad esempio la scabrezza della suola di fondazione e indicazioni al riguardo possono essere reperite nei manuali di geotecnica. Possiamo dire in generale che per fondazioni scabre il valore di  $\delta$  è molto prossimo al valore dell'angolo di attrito del terreno ( $\delta \approx 0.9 \phi$ ) e il valore di  $ca$  può essere ottenuto come frazione della coesione ( $ca \approx 0.6 c$ ).

Si ricorda che l'edificio in oggetto presenta un piano completamente interrato, pertanto come contributo si potrebbe considerare anche la differenza tra spinta passiva e spinta attiva sui paramenti contrapposti della parte interrata, tale aliquota, decisamente importante nel caso in oggetto, viene trascurata a favore di sicurezza.

Carichi

Componente orizzontale ( $H_x$ ) 4055.8 t

Componente orizzontale ( $H_y$ ) 1216.8 t

Componente verticale (N) 12840.2 t

Carico complessivo orizzontale  $H = 4235 \text{ t} = F_a$

Con:

$$\delta = 0.9 \times 27 = 24.3^\circ$$

$$c' = 0.1 \text{ kPa}$$

$$ca = 0.6 c'$$

$$A_{fnd} = 18.08 \times 47.69 = 862 \text{ m}^2$$

$$F_r = (W \tan\delta + ca) / R_3 = 5275.224 \text{ t}$$

$5275 \text{ t} > 4235 \text{ t}$  **Verificato**

### 1.2.12 Stima dei cedimenti

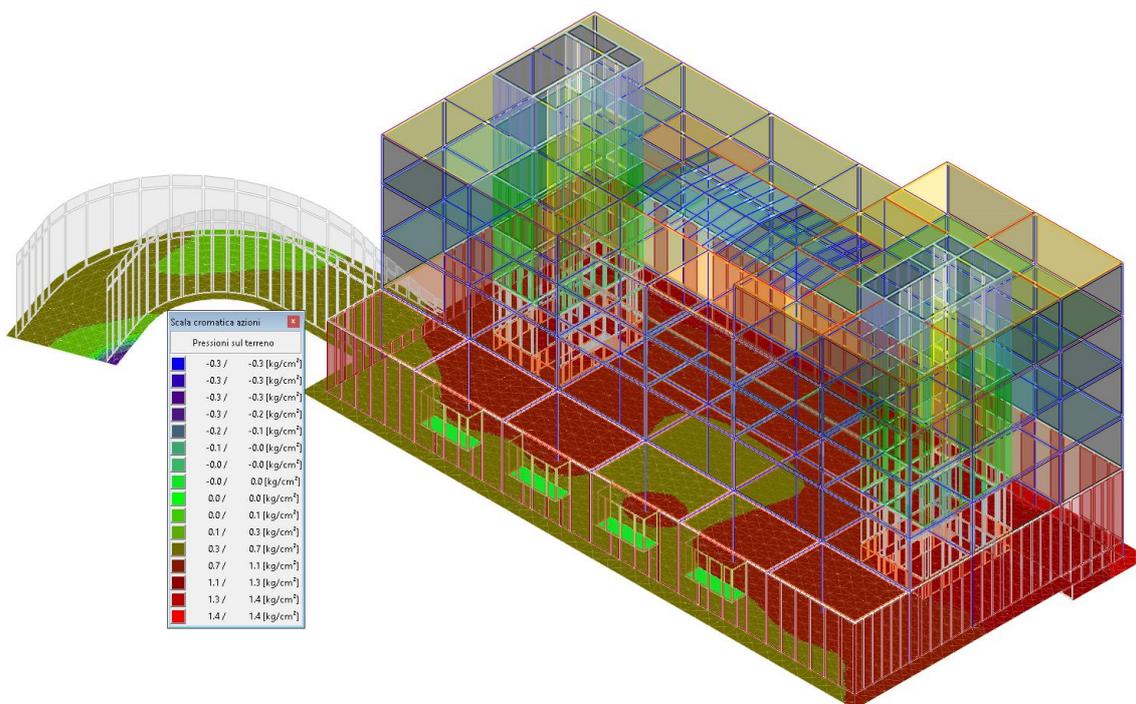


MATE SOC. Coop.va  
Sede Legale e Operativa:  
Via San Felice, 21  
40122 Bologna (BO)  
Italia

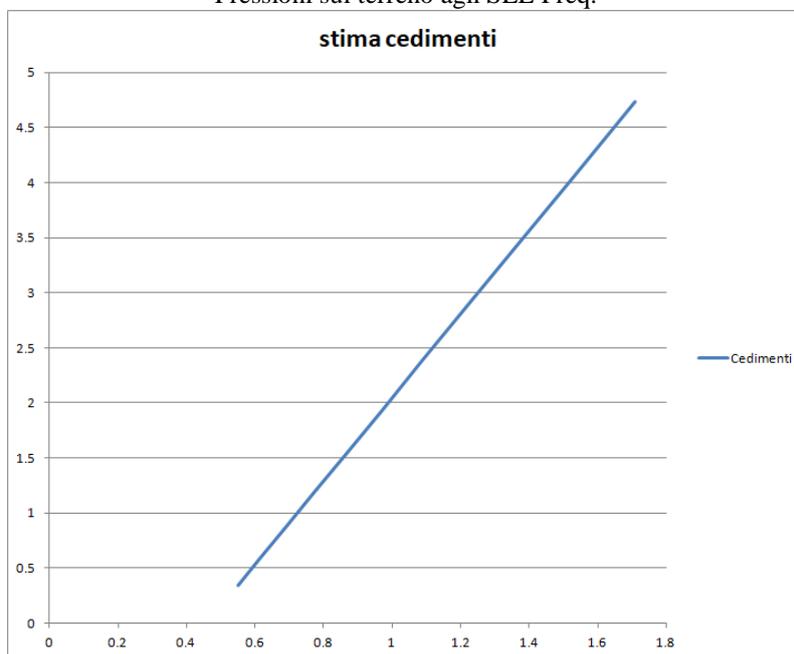
Sede Operativa:  
Via Treviso, 18  
31020 San Vendemiano (TV)  
Italia

Dott. Geol. Alberto Caprara  
Sede Legale e Operativa  
Via Stiore 9/8, loc. Monteveglio  
40053 Valsamoggia (BO)

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina



Pressioni sul terreno agli SLE Freq.



I cedimenti assoluti attesi stimati in relazione ai carichi presettni si attestano su cedimenti massimi di 4 cm, tale cedimento, di modesta entità permette di stimare dei cedimenti relativi dell'ordine di 1-2 cm. In relazione a quanto analizzato il sistema fondale risulta idoneo.

### 1.2.13 Verificia stabilità versante durante le operazioni di scavo

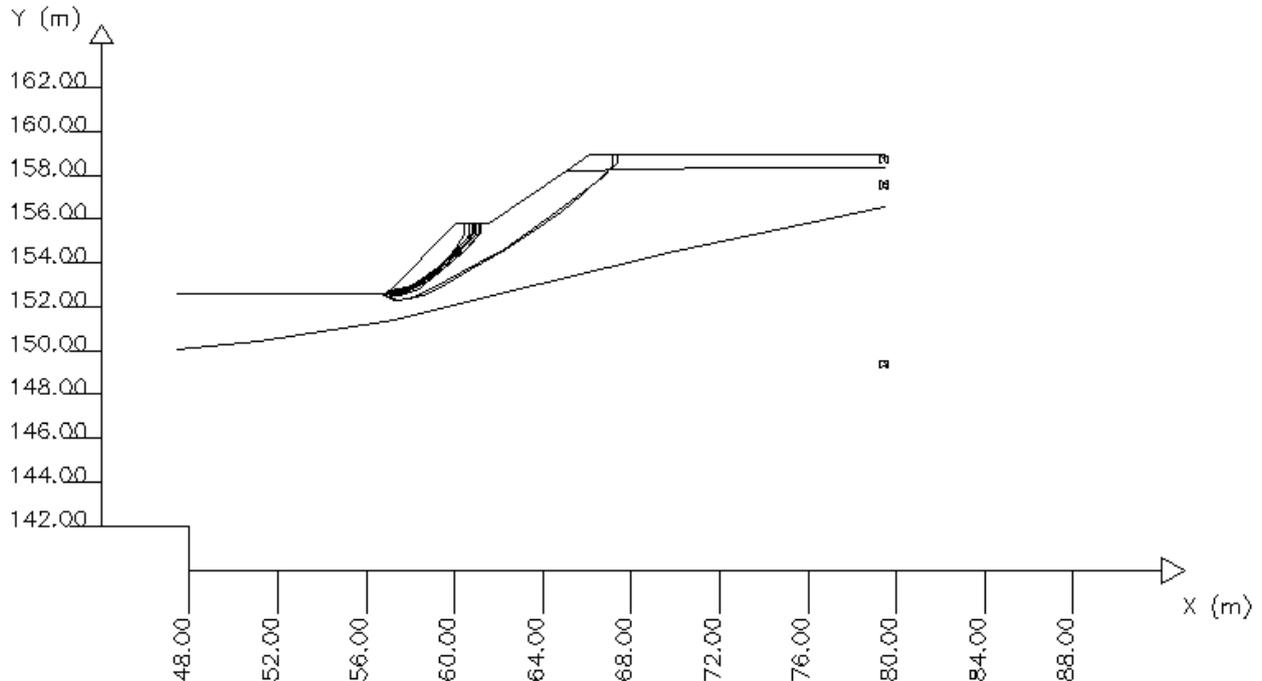
In relazione allo scavo di altezza significativa in aderenza al piazzale dell'edificio "Manganelli", necessario alla realizzazione del piano di posa delle fondazioni del fabbricato si riporta di seguito i risultati delle analisi per la stabilità dei fronti di scavo in conformità alle richieste dei § 6.2.3 e 6.8.6 delle NTC 2018.

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

SSAP 4.9.9 (2019) – Slope Stability Analysis Program  
Software by Dr.Geol. L.Borselli – [www.lorenzo-borselli.eu](http://www.lorenzo-borselli.eu)  
SSAP/DXF generator rel. 1.5.4 (2019)

Data : 14/3/2019  
Località :  
Descrizione :  
[n] = N. strato o lente

Modello di calcolo : Borselli (2016)



DATI 10 SUP. CON MINOR Fs

Fs minimo : 1.0712  
Range Fs : 1.0712 1.0842  
Differenza % Range Fs : 1.21

GENERAZIONE SUPERFICI RANDOM

Campione Superfici – N.: 10000  
Lunghezza media segmenti (m) : 1.3  
Range X inizio generazione : 48.1 – 76.9  
Range X termine generazione : 51.3 – 78.8  
Livello Y minimo considerato : 142.0

**Il fronte di scavo ipotizzato risulta verificato con un Fs minimo pari a 1.07.**

**Si precisa che nel calcolo eseguito si riferisce ad una situazione provvisoria, pertanto non si è introdotta l'azione sismica in accordo alle NTC 2018, ma a favore di sicurezza si sono comunque applicati i coeff. di riduzione dei parametri caratteristici previsti dalla norma stessa.**

**Il fronte di scavo in oggetto configura una situazione transitoria di breve durata, eseguito il getto della platea di fondazione tale fronte si riduce di 1 m. In relazione a quanto esposto si può ritenere sufficientemente cautelativo il coeff. di sicurezza pari a 1.0712.**

Affidamento dei servizi di progettazione definitiva ed esecutiva, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione e di esecuzione, direzione lavori, contabilità dei lavori ed accatastamento, finalizzati alla realizzazione della nuova sede della D.I.A., sita in Reggio Calabria, Località Santa Caterina

### *1.3 Relazione sulla modellazione sismica concernente la "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione*

Per la modellazione sismica concernente la "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione si rimanda ai § precedenti.



**MATE SOC. Coop.va**  
*Sede Legale e Operativa:*  
Via San Felice, 21  
40122 Bologna (BO)  
Italia

*Sede Operativa:*  
Via Treviso, 18  
31020 San Vendemiano (TV)  
Italia

**Dott. Geol. Alberto Caprara**  
*Sede Legale e Operativa*  
Via Stiore 9/8, loc. Monteveglio  
40053 Valsamoggia (BO)