



COMUNE DI ROSOLINI

(PROVINCIA DI SIRACUSA)

RELAZIONE GEOLOGICA

OGGETTO: MITIGAZIONE RISCHIO IDROGEOLOGICO AREA CENTRO URBANO - REALIZZAZIONE DRENAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI E COLLETTAMENTO A VALLE DEL CENTRO ABITATO.

CUP: J24H18000270001

CIG: ZD43309DDC

1.0) PREMESSA E SCOPI DELLO STUDIO GEOLOGICO

Il sottoscritto Dott. Geol. Gaetano Rizzuto, regolarmente iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n.1640, è stato incaricato dal Comune di Rosolini (SR), mediante lettera PEC del 29/11/2021 "COMUNICAZIONE E AFFIDAMENTO SERVIZIO E CONSEGNA IN VIA DI URGENZA DELL'INCARICO DELLO STUDIO GEOLOGICO-IDROGEOLOGICO -IDROLOGICO PER I LAVORI "MITIGAZIONE RISCHIO IDROGEOLOGICO AREA CENTRO URBANO - REALIZZAZIONE DRENAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI E COLLETTAMENTO A VALLE DEL CENTRO ABITATO". CUP: J24H18000270001 - CIG: 895190735A.", di redigere la presente relazione per la caratterizzazione geologica, idrogeologica e geotecnica dell'area interessata dagli interventi in oggetto.

Nello specifico il presente studio riguarda la **"MITIGAZIONE RISCHIO IDROGEOLOGICO AREA CENTRO URBANO - REALIZZAZIONE DRENAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI E COLLETTAMENTO A VALLE DEL CENTRO ABITATO"**.

L'area in esame ricade all'interno del Comune di Rosolini; l'inquadramento topografico è deducibile dalla carta topografica in scala 1:10.000, stralcio topografico delle tavolette I.G.M. "Cava d'Ispica" Foglio 276-I-SE, "Noto" Foglio 277-IV-SO, "Ispica" Foglio 276-II-NE e "Rosolini" Foglio 277-III-NO. In particolare, l'area in studio si trova all'interno del centro abitato del suddetto comune e precisamente lungo le Vie Manzoni, Via Arco Piccolo, Via Monferrato e parte a valle del centro abitato.

Tale studio si prefigge di ricostruire la successione litostratigrafica locale e di dare delle indicazioni sulle principali caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche, geotecniche e sismiche dei litotipi presenti secondo quanto previsto dalla normativa vigente.

Per assolvere all'incarico, lo scrivente, in conformità alle vigenti disposizioni di legge, ha eseguito inizialmente un dettagliato rilevamento geologico di campagna esteso ad un'area sufficientemente ampia, circostante quella interessata dai lavori di cui all'oggetto, che ha permesso di individuare i litotipi presenti ed i loro reciproci rapporti di giacitura. Successivamente, sulla base del rilevamento geologico di superficie eseguito nonché dei dati raccolti sia dalla letteratura che da quelli ottenuti dalle indagini

geognostiche e geofisiche, indagini programmate dall'Amministrazione di Rosolini e fatte eseguire dallo scrivente adattandole alla situazione reale, è stata definita la situazione geologica, idrogeologica, litostratigrafica locale e sono state valutate le caratteristiche di resistenza e deformabilità dei terreni sui quali saranno realizzati i lavori in progetto.

Durante la stesura del presente lavoro sono state prese in esame anche le indicazioni di carattere geologico-tecnico desunte da lavori eseguiti precedentemente ed inoltre si è tenuto conto del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) al fine di verificare se l'area in esame è inserita tra i "Siti di Attenzione" della Carta dei Dissesti, della Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico e nelle zone di Pericolosità e di Rischio Idraulico per fenomeni di esondazione, della Regione Sicilia.

Nello specifico, nel presente studio si prevede il rifacimento del collettore per la raccolta delle acque bianche, opere che prevedono uno scavo nei litotipi presenti nell'area ed una valutazione della quantità di acque che potrebbero riversarsi in caso di precipitazioni ordinarie ed eccezionali nel bacino di riferimento.

Il dimensionamento delle opere sarà progettate in modo tale da convogliare la portata idrologica del bacino imbrifero sotteso dalle aste dei collettori di Via Manzoni, Via Arco Piccolo e Via Monferrato.

Dall'analisi critica delle indagini effettuate e dalle conoscenze acquisite in situ si è redatta apposita cartografia di analisi e di sintesi e da ciò si è predisposto l'esecuzione degli elaborati di seguito allegati:

- 1) Corografia, scala 1:25.000
- 2) Ortofoto dell'area in studio, scala 1:5.000
- 3) Planimetria delle indagini, scala 1:3.000
- 4) Carta geologica, scala 1:5.000
- 5) Sezioni stratigrafiche, scala 1:.....
- 6) Carta idrogeologica, scala 1:5.000
- 7) Carta geomorfologica dell'area in studio, scala 1:5.000
- 8) Carta dei bacini idrografici, scala 1:25.000
- 9) Carta del reticolo idrografico, scala 1:25.000
- 10) Carta del bacino imbrifero sotteso al collettore di Via Manzoni, Arco Piccolo e Monferrato, scala 1:7.000
- 11) Carta PAI dei Dissesti – Rischio Frana, scala 1:30.000
- 12) Carta PAI delle Pericolosità e del Rischio Geomorfologico, scala 1:10.000
- 13) Carta PAI del Rischio Idraulico per fenomeni di esondazione, scala 1:10.000
- 14) Carta PAI della Pericolosità Idraulica per fenomeni di esondazione, scala 1:10.000

Fanno parte integrante dello studio di cui all'oggetto le seguenti relazioni:

- A) Relazione idrogeologica, idrologica e idraulica
- B) Relazione sulle indagini.

2.0) RIFERIMENTI NORMATIVI DI LEGGE

Per la redazione dello studio geologico si è fatto riferimento alla seguente normativa:

- D.M. 17.01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni" e relative circolari esplicative;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Istruzione per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007;
- Legge 109/94 e D.P.R. 554/99 in materia di lavori pubblici;
- D.M. LL.PP. n°47 del 11/03/1988 recante "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";

- C.M. LL.PP. n°30483 del 24/09/88 recante "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione";

- LEGGE n°64 del 02.02.1974 recante «Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche»;

- Infine, le indagini geologiche e geognostiche sono state eseguite con diretto riferimento alle "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" (1977) e "Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio" (1994) dell'Associazione Geotecnica Italiana.

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, e ss.mm.ii..

3.0) UBICAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area in esame è ubicata all'interno del centro abitato di Rosolini, ad una quota media di circa 136,00 mt s.l.m..

Cartograficamente l'area di cui all'oggetto è ubicata:

- nella carta IGM 1:25.000 d'Italia ricade nelle tavolette "Cava d'Ispica" Foglio 276-I-SE, "Noto" Foglio 277-IV-SO, "Ispica" Foglio 276-II-NE e "Rosolini" Foglio 277-III-NO;

- nella Carta Tecnica Regionale della Sicilia ricade nelle Sezioni n°648160 in scala 1:10.000;

Le coordinate geografiche, calcolate rispetto al punto più basso del sito in studio, sono le seguenti:

- WGS84:

Lat. 36.820547 Nord
Long. 14.956592 Est

- ED50:

Lat. 36.821619 Nord
Long. 14.9557402 Est



Figura 1 – Area in studio (Comune di Rosolini)

Dal punto di vista geografico, l'area in oggetto ricade integralmente all'interno del tessuto urbano di Rosolini.

Le principali arterie di comunicazione urbane ricadenti all'interno dell'area rilevata sono via Manzoni, via Arco Piccolo, via Monferrato e parte bassa del centro abitato.

4.0) INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL COMUNE DI ROSOLINI

L'area in cui ricade il territorio interessato dallo studio di cui all'oggetto, nel contesto stratigrafico-strutturale che caratterizza la regione, si colloca nel settore occidentale dell'Avampese Ibleo (Carbone S., et al., 1982); in particolare, è ubicato nel margine sud-orientale dei Monti Iblei, i quali sono rappresentati da un rilievo isolato costituito da un vasto altopiano calcareo, che si estende in direzione NE-SW, comprendendo le aree del ragusano-modicano (Dominio di Ragusa) e i rilievi dei Monti di Avola - Noto e dei Climiti (Dominio di Siracusa). Il territorio è noto per la presenza del cosiddetto Sistema dislocativo della faglia di Ispica, normale e a rigetti verticali dell'ordine di 80 m circa, che delimita verso oriente i Monti Iblei, originando così l'ampia Depressione tettonica di Ispica Capo-Passero. Il territorio è stato interessato da almeno due fasi deformative; una prima fase (Messiniano-Pliocene medio), è stata caratterizzata da movimenti trascorrenti destri, dimostrato dal fatto che i sedimenti Pliocenici e in parte quelli del Pleistocene inferiore, esposti nell'area tra Ispica, Rosolini e Capo Passero, sono influenzati da lievi pieghe con direzioni assiali N-S e NE-SW, la seconda, avvenuta a partire dal Pleistocene medio, è stata contraddistinta da movimenti normali (Grasso M., et al., 1992; Catalano S., et al., 2004).

Il rilevamento geologico di campagna, ha evidenziato una successione litostratigrafica costituita in affioramento da un complesso carbonatico passante verso l'alto a marne, su cui giacciono in discordanza depositi alluvionali quaternari. La successione litostratigrafica si può così riassumere dal basso verso l'alto (Carta Geologica 1:10.000):

- Alternanza calcarenitico-marnosa. Questa unità è formata da strati di calcareniti dure grigiastre dello spessore di 30-60 cm regolarmente alternate a strati marnoso-calcarei bianco-giallastri di spessore 40-80 cm. Lo spessore in affioramento è in media 10-20 metri. E' attribuibile alla porzione mediana del Mb. Irminio della F.ne Ragusa, di età Burdigaliano-Langhiana. In profondità, questa unità passa al Livello a banchi calcarenitici (riferibile alla porzione inferiore del Mb. Irminio della F.ne Ragusa, di età Aquitaniana), composto da banchi di calcareniti dure di colore bianco-grigiastro e bianco-giallastro con intercalati strati marnosi teneri;
- Marne calcaree ed argille marnose. Sopra l'unità descritta seguono in concordanza e in continuità di sedimentazione, le marne riferibili alla F.ne Tellaro. Trattasi di marne calcaree ed argille marnose a frattura sub-concoide di colore variabile dal giallo-biancastro al grigio-azzurro. Talvolta risultano compatte tanto da simulare un'alternanza di strati duri e teneri (alternanza calcareo-marnosa). Lo spessore accertato, aumenta gradualmente procedendo da NE verso SW fino ad un massimo di circa 60 metri. Sono riferibili al Langhiano-Messiniano.
- Alluvioni fluviali recenti e terrazzate. Sono ubicate nella porzione centrale dell'area rilevata, in corrispondenza del torrente "Vallone Ristallo-Masicugno". Si tratta di depositi costituiti da limi, sabbie, ghiaie e conglomerati con clasti calcarei, di colore bruno scuro e di spessore massimo fino a 10 metri. Sono riferibili al Pleistocene superiore-Olocene.

La tettonica che ha interessato il territorio in cui ricade l'area in esame, è di tipo distensivo e ne ha caratterizzato sia l'assetto morfologico-strutturale attuale che la giacitura delle unità litologiche. La giacitura degli strati, così come è stato osservato e misurato in scavi e sezioni naturali, è prevalentemente sub-orizzontale (0°-15°), ma con tendenza a variare in prossimità di dislocazioni tettoniche. Più in generale, estendendo l'indagine al di fuori dell'area di stretto interesse, si possono individuare due tipi di strutture così come di seguito esemplificato:

- il "primo tipo" è dato da un'insieme di "horst" con direttrici principali NE-SW e subordinatamente NW-SE, e presenta abbassamenti e innalzamenti dell'Alternanza calcarenitico-

marnosa e del Livello a banchi calcarenitici del Mb.Irminio della F.ne Ragusa; tale struttura è interrotta bruscamente, verso Sud-Est, in corrispondenza di Rosolini, dal Sistema dislocativo della faglia di Ispica (c/da "Masicugno");

- il "secondo tipo" è costituito da una serie di "graben" delimitati da faglie normali con direttrici NE-SW, le quali hanno determinato un abbassamento progressivo dell'Alternanza calcarenitico-marnosa fino alla sua scomparsa a profondità dell'ordine di 20-100 metri al di sotto delle marne della F.ne Tellaro e dei sedimenti Plio-Pleistocenici i quali ne hanno sepolto le faglie, con probabili direttrici principali NE-SW (c/da "Belliscala").

Dal rilevamento geologico di superficie, si evince che l'area di cui all'oggetto specialmente la parte terminale è interessata da una dislocazione tettonica.

5.0) ASPETTI GEOMORFOLOGICI DELL'AREA IN STUDIO

La morfologia dell'area in studio è quella tipica della parte sud-orientale dell'Altopiano Ibleo caratterizzato da un andamento collinare degradante verso il mare.

Essa è in stretta correlazione con la natura geologica dei litotipi presenti, passando da una altezza media di circa 138 m s.l.m. nell'abitato di Rosolini, dove l'elemento litologico prevalente è dato da calcari marnosi della Formazione Ragusa Membro Irminio e S. Leonardo (i quali si comportano in modo rigido agli stress tettonici come testimoniato dalla presenza di alcune scarpate di faglia presenti nel territorio), ad una zona pianeggiante avente una altezza media di circa 120 m s.l.m. interessata dall'affioramento delle argille e marne argillose appartenenti alla formazione Tellaro.

La tettonica ha dato origine ad una serie di faglie sub-verticali aventi direzione prevalente NW-SE e NNE - SSW (allineamento Pozzallo-Ispica-Rosolini); questo sistema tettonico ha permesso il sollevamento dei calcari miocenici con il conseguente abbassamento delle marne messiniane.

I calcari miocenici si presentano ben cementati (cemento spatico) per cui anche se si presentano spesso fratturati, non influiranno negativamente, in nessun modo, sulla stabilità delle opere previste in progetto. Le ricognizioni effettuate in zona, non hanno individuato alcun fenomeno di dissesto in atto, né superficiale né profondo, per cui unitamente alle caratteristiche di acclività riscontrate (inclinazione < 15°), l'area mostra un grado di stabilità soddisfacente, sia a breve che a lungo termine.

Inoltre, sono stati allegati gli stralci delle seguenti carte tematiche del P.A.I. della Regione Sicilia:

- Carta dei Dissesti (n° 17); in questa carta risulta che una piccola parte terminale dell'area in esame è interessata da una piccola di area a franosità diffusa attiva;
- Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfológico (n° 17); in questa carta risulta che una piccola parte terminale dell'area in esame è interessata da situazioni di "rischio geomorfológico", e in particolare presenta un livello di pericolosità P2 e livello di rischio Nullo;
- Carta della Pericolosità Idraulica per Fenomeni di Esondazione (n° 17); in questa carta risulta sempre che la parte terminale dell'area in esame ricade in area interessata da "pericolosità idraulica" P1.
- Carta del Rischio Idraulico per fenomeni di Esondazione (n°17); in questa carta risulta sempre che la parte terminale dell'area in esame ricade in area interessata da "rischio idraulico" R2 e in parte R3.

6.0) ASPETTI IDROGEOLOGICI DELL'AREA IN STUDIO

Dal punto di vista idrogeologico, l'area in studio, per effetto delle particolari condizioni geologico strutturali del Plateau Ibleo, presenta una morfologia dolce ed ondulata, interrotta da incisioni fluviali che localmente possono presentarsi profondamente incassate, con fianchi ripidi che si raccordano con il sovrastante tavolato.

Dal punto di vista idrografico l'area in esame si inserisce in un territorio interessato da corsi d'acqua effimeri, a carattere stagionale e/o torrentizio, con deflussi, principalmente nella stagione invernale, che avvengono in occasione di precipitazioni intense e prolungate nel tempo. Per la maggior

parte dell'anno si presentano asciutti, soprattutto nella stagione estiva per via della scarsa piovosità e dell'alta temperatura che favorisce l'evapotraspirazione.

Per effetto della debole elevazione dei rilievi, della modesta acclività dei versanti e dell'elevata permeabilità media della maggior parte dei terreni affioranti, non è presente un reticolo idrografico perenne e ben organizzato gerarchicamente.

La circolazione idrica sotterranea, invece, è alimentata esclusivamente dall'infiltrazione delle acque meteoriche che avviene preferenzialmente lungo il reticolo di fratture presenti nei banconi calcarenitici, costituenti la porzione basale del Membro Irminio (F.ne Ragusa).

Allo scopo di definire le proprietà idrogeologiche dei terreni presenti nell'area in studio, ci si è avvalsi di osservazioni fatte in campagna e di scavi posti nei pressi dell'area di interesse, pertanto le valutazioni fatte sono di tipo soggettivo, basate sulle caratteristiche litologiche-strutturali e tessiturali dei litotipi presenti.

I terreni presenti nell'area in studio sono stati compresi nella seguente classe di permeabilità:

- Terreni a permeabilità secondaria (dovuta a fenomeni di fratturazione e/o carsismo, in alcuni porzioni prettamente calcarenitico è presente una moderata permeabilità primaria con $K \approx 10^{-4}$ cm/sec.

L'intensa tettonica, essenzialmente di tipo distensivo, che ha interessato a più riprese i depositi carbonatici miocenici, ha provocato numerose dislocazioni, che sono divenute vie preferenziali della circolazione idrica ipogea e sede di numerosi fenomeni carsici, che allargando ulteriormente le fratture ha favorito una forte trasmissività; laddove invece le dislocazioni tettoniche sono riempite di materiale cataclastico e milonitico, queste possono invece impedire la circolazione idrica sotterranea assumendo la funzione di spartiacque del bacino idrogeologico.

Da studi precedenti eseguiti nell'area in studio si è visto che la superficie piezometrica si trova ad una profondità di circa 100 mt. dal p.c., in tal modo le oscillazioni freatiche non interferiranno in alcun modo con le opere di cui all'oggetto.

7.0) VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL TERRITORIO, PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)

La pericolosità geologica è definita come probabilità che un fenomeno di una certa intensità si verifichi in un determinato intervallo di tempo e in una certa area.

Per la definizione della pericolosità geologica dell'area si è fatto riferimento al **piano P.A.I** redatto dalla Regione Siciliana, uno strumento conoscitivo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

I dati riportati di seguito sono quelli indicati dalla Relazione PAI redatta dalla regione Siciliana.

La totalità del territorio in esame ricade nel "Area territoriale tra Capo Passero e il fiume Tellaro" (085-086) (quadro CTR n°648160); in particolare, oltre alla Carta Geomorfologica 1:5.000, sono stati allegati gli stralci delle seguenti carte tematiche del P.A.I, della Regione Sicilia:

- Carta dei Dissesti (n° 17); in questa carta risulta che una piccola parte terminale dell'area in esame è interessata da una piccola di area a franosità diffusa attiva;
- Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico (n° 17); in questa carta risulta che una piccola parte terminale dell'area in esame è interessata da situazioni di "rischio geomorfologico", e in particolare presenta un livello di pericolosità P2 e livello di rischio Nullo;
- Carta della Pericolosità Idraulica per Fenomeni di Esondazione (n° 17); in questa carta risulta sempre che la parte terminale dell'area in esame ricade in area interessata da "pericolosità idraulica" P1.
- Carta del Rischio Idraulico per fenomeni di Esondazione (n°17); in questa carta risulta sempre che la parte terminale dell'area in esame ricade in area interessata da "rischio idraulico" R2 e in parte R3.

8.0) PROGRAMMA DEI LAVORI D'INDAGINE GEOGNOSTICA E GEOFISICA

La campagna di indagini, che è stata programmata dall'ente appaltante ma fatta eseguire dallo scrivente, è stata in fase operativa adattata alle esigenze riscontrate, ed è consistita nell'esecuzione sia di indagini geognostiche che geofisiche ed ha permesso di verificare la natura del terreno di fondazione, di ricostruire la successione litostratigrafica locale, di individuare dissesti in atto e potenziali e la loro evoluzione nel tempo nonché le relative relazioni con la circolazione idrica superficiale e sotterranea.

Per la caratterizzazione dell'area su cui saranno realizzati i lavori di cui all'oggetto, sono state eseguite le seguenti indagini:

- A) N°3 sondaggi geognostici (S01-S02 e S03) spinti fino alla profondità max. di 8.00 m dal p.c.;
- B) N°1 prove SPT nel sondaggio S02 a quota dal p.c. ossia da 4.80 a 5.00m dal p.c.;
- C) N°1 prelievo di campione indisturbato CI01 nel S01;
- D) N°1 prelievo di campione disturbato CR01 nel S03;
- E) N°1 rilievo con georadar sia longitudinale che trasversale lungo le vie interessate dai lavori;
- F) N°2 prove geofisiche di tipo attive Masw01 e 02;
- G) N°6 prove geofisiche di tipo passive HVS01-02-03-04-05 e 06.

I sondaggi geognostici (S01 – S02 e S03) sono stati effettuati, utilizzando una macchina perforatrice con diametro di perforazione di mm:101 e adottando un carotiere semplice per il prelievo dei campioni.

La profondità e l'ubicazione dei sondaggi è stata determinata in funzione del volume di terreno interessato dalle opere in progetto e per avere una copertura più completa possibile dell'area in esame.

Per maggior dettaglio sulle prove eseguite si rimanda alla relazione sulle indagini allegata in calce alla presente e per la loro ubicazione vedasi planimetria delle indagini allegata.

8.1) ANALISI DELLE PROVE IN SITU E PROVE GEOFISICHE

8.1.1 - Campagna indagini geognostiche

Con il fine ultimo di avere il dettaglio delle tipologie e delle caratteristiche dei materiali presenti nel sito di indagine è stata realizzata, una campagna di indagini geognostiche caratterizzata da sondaggi a carotaggio continuo e prove in situ, sono stati prelevati campioni indisturbati mediante carotiere semplice e campioni rimaneggiati e sottoposti ad analisi di laboratorio visto la natura dei terreni riscontrati. Inoltre sono state eseguite indagini geofisiche consistenti in indagini geofisiche con georadar sia longitudinalmente che trasversalmente lungo le vie di intervento, in prove geofisiche attive sismica Masw per la determinazione della categoria di sottosuolo $V_{s,eq}$, e prove geofisiche passive HVS01 per la determinazione della frequenza di risonanza del sito.

8.1.2 - Sondaggio a carotaggio continuo

Nell'ambito del programma di indagini, nell'area in esame (**MITIGAZIONE RISCHIO IDROGEOLOGICO AREA CENTRO URBANO - REALIZZAZIONE DRENAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI E COLLETTAMENTO A VALLE DEL CENTRO ABITATO**) sono state eseguite n°3 sondaggi a carotaggio continuo indicati con la sigla S01-S02 e S03.

La predisposizione e la realizzazione delle indagini è stata eseguita al fine di verificare, in particolare, lo spessore delle litologie presenti nonché le condizioni geologiche e geotecniche dei litotipi attraversati.

E' stato inoltre accertato che i lavori d'indagine corrispondono alla normativa tecnica ufficialmente riconosciuta e in particolare alle Raccomandazioni A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) 1977.

8.1.3 - Attrezzatura impiegata

Per l'esecuzione delle indagini geognostiche è stata utilizzata una macchina perforatrice con diametro di perforazione di mm:101.

Il sondaggio nell'area in esame ha interessato un settore geologicamente caratterizzato da terreni appartenenti alla form. Tellaro, parte alla form. Ragusa membro Irminio.

Le indagini eseguite sono consistite in:

- esecuzione di n°3 sondaggi a rotazione con carotaggio continuo (\varnothing 101 mm.) S01-S02 e S03;
- esecuzione di n°1 prova in situ SPT nel sondaggio S02.

Nei punti di indagine non è stata rilevata presenza di falda superficiale.

8.1.4 - Descrizione dei litotipi carotati:

Il sondaggio S01 eseguito nell'area di intervento ha evidenziato:

- da 0 a 0.50 m suolo agrario;
- da 0.50 a 1.00 m terreno di riporto;
- da 1.00 a 1.20 m trovante calcareo;
- da 1.20 a 3.00 sabbie debolmente limose di color nocciola poco consistente;
- da 3.00 a 3.50 prelievo di campione indisturbato;
- da 3.50 a 4.40 sabbie debolmente limose di color nocciola poco consistente;
- da 4.40 e fino a 5.00 m dove la prova è stata conclusa si ha la presenza di marna calcarea di colore bianco della form. Ragusa membro Irmino.

Il sondaggio S02 eseguito nell'area di intervento ha evidenziato:

- da 0 a 0.05 m tappeto bituminoso;
- da 0.05 a 2.50 m terreno di riporto;
- da 2.50 a 3.20 m terreno vegetale e riporto;
- da 3.20 a 4.00 m terreno di riporto;
- da 4.00 a 4.80 m marna calcarea di colore bianco della form. Ragusa membro Irmino;
- da 4.80 a 5.00 esecuzione prova SPT;
- da 5.00 a 6.00 m dove la prova è stata conclusa si ha la presenza di marna calcarea di colore bianco della form Ragusa membro Irmino.

Il sondaggio S03 eseguito nell'area di intervento ha evidenziato:

- da 0 a 0.05 m tappeto bituminoso;
- da 0.05 a 2.80 m si ha la presenza di marna calcarea di colore bianco della form Ragusa membro Irmino;
- da 2.80 a 3.00 m prelievo di campione disturbato;
- da 3.00 a 7.70 m dove la prova è stata conclusa si ha la presenza di marna calcarea di colore bianco della form Ragusa membro Irmino.

8.1.5 - Prove S.P.T.

Durante l'avanzamento del sondaggio, per la determinazione dello stato di addensamento dei terreni, è stata effettuata n.1 prova S.P.T. (Standard Penetration Test) nel sondaggio S02.

Per l'esecuzione delle prove è stata utilizzata un'attrezzatura automatica, mediante la quale per battitura (massa battente, altezza di caduta del maglio, peso delle aste, apertura della punta, etc., sono standardizzati) s'infinge nel terreno, a fondo foro, il campionatore Raymond (a punta chiusa) e rilevato il numero di colpi necessario per l'infissione di 3 tratte pari a 15 cm/cad..

La somma dei numero dei colpi relativo alla seconda e terza tratta forniscono NSPT = X colpi/30 cm.

Attraverso varie correlazioni si risale al valore dei parametri geotecnici del tratto testato.

La prova è stata eseguita utilizzando il campionatore Raymond e nel totale rispetto delle normative precedentemente citate.

La prova che è stata eseguita SPT01 nel sondaggio S02 è andata a rifiuto.

Nella tabella seguente è riportato il quadro riepilogativo della prova eseguita con i risultati ottenuti:

Tab.2

Sondaggi	SPT	N° colpi SPT	Profondità di esecuzione (m)	Cu Kg/cmq	ϕ	γ t/mc	γ_s t/mc	Eed Kg/cmq	Ey Kg/cmq	ν
S02	01	50-R-R cm8	2.80-2.88	---	---	---	---	---	---	---

Per un maggior dettaglio si rimanda alla relazione sulle indagini allegata in calce alla presente.

8.1.6 - Prove di Laboratorio

Durante l'avanzamento del sondaggio, per la determinazione dello stato di addensamento dei terreni, sono stati prelevati n.2 campioni tra indisturbati e rimaneggiati, il primo ossia S01C1 alla profondità di prelievo da 3.00-3.25m dal p.c., il secondo S2CR01 alla profondità di prelievo da 2.80.00-2.85m dal p.c.; i due campioni sono stati sottoposti ad analisi di laboratorio così come si può osservare dal report allegato in calce alla relazione sulle indagini.

Il campione C1 prelevato nel sondaggio S01 è stato sottoposto a prove di laboratorio e sono state eseguite le seguenti analisi:

- PROVE FISICHE:
 - o W (umidità naturale);
 - o γ_v (peso di volume naturale);
 - o γ_d (peso di volume secco);
 - o γ_s (peso specifico);
 - o e (indice dei vuoti);
 - o n (porosità);
 - o Sr (grado di saturazione);
- PROVE MECCANICHE:
 - o ELL (prova di compressione ad espansione laterale libera);
 - o Td (prova di taglio diretto CD).

Nella tabella seguente è riportato il quadro riepilogativo delle prove eseguite con i risultati ottenuti:

Tab.02

Sond.	Camp.	Profondità di esecuzione (m)	W %	γ_v KN/mc	γ_d KN/mc	γ_s KN/mc	e	n %	Sr %	TG CD c' KPa e ϕ°	ELL Cu KN/m2
S01	C1	3.00-3.25	18.47	18.630	15.725	26.328	0.674	0.403	72.13	55.50 KPa 24.80°	*

Il campione CR1 prelevato nel sondaggio S03 è stato sottoposto a prove di laboratorio e precisamente a prova di resistenza a compressione, ottenendo i seguenti risultati:

Tab.03

Sond.	Camp.	Profondità di esecuzione (m)	Descrizione	Diametro (cm)	Altezza (cm)	Peso (g)	Peso di volume (kN/m3)	Carico a rottura (kN)	Resistenza a compressione (MPa)
S03	CR1	2.80-2.95	calcarenite	8.1	8.7	948.80	20.69	64.23	12.49

Per un maggior dettaglio si rimanda agli allegati relativi ai risultati delle analisi di laboratorio fatte eseguire dallo scrivente al laboratorio geotecnico autorizzato GEO_{SERVICE} di Favara (Ag).

8.2 - INDAGINI GEOFISICHE

Per approfondire la conoscenza delle caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi presenti nel sottosuolo sono state eseguite:

- indagini geofisiche con metodologia georadar;
- indagini geofisiche con metodologia sismica attiva (Masw).
- indagini geofisiche con metodologia sismica passiva (HVSr).

8.2.1 - Indagine geofisica con georadar per l'individuazione dei sottoservizi

L'indagine geofisica georadar è stata eseguita lungo tutto il tracciato in studio ossia Via Manzoni, Via Arco Piccolo e Via Monferrato ed è stata eseguita per cercare di rilevare tutti i sottoservizi presenti anche se il ritrovamento del 100% di essi non può mai avvenire perché sono molti i fattori che influenzano la prospezione georadar come per esempio la loro profondità, tipo di materiale, geologia e prossimità ad altri sottoservizi ecc..

Per un maggior dettaglio si rimanda agli allegati allegati in calce alla relazione sulle indagini e alla planimetria in essa allegata.

8.2.2 - Indagine sismica per la determinazione della $V_{s,eq}$ (V_{s30}) (metodo Masw) e frequenza di risonanza del sito (metodo HVSR)

Al fine della definizione della categoria di suolo e della caratterizzazione della risposta sismica del sito in esame sono state effettuate due acquisizioni Masw utili a definire il profilo verticale della Vs ovvero velocità di propagazione delle onde di taglio.

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018).

Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (VS).

Nel caso in esame, nei sondaggi sismici eseguiti, la $V_{s,eq}$ ottenuta, applicando la seguente formula

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} \quad [3.2.1]$$

In cui:

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

hi = spessore (metri) dello i-esimo strato.

Vi = velocità dell'onda di taglio nello i-esimo strato.

N = numero di strati.

a partire dalla superficie la $V_{s,eq}$ ($V_{s,30}$) risulta pari a **355.27 m/s** nella Masw01 e **402.85 m/s** nella Masw02 corrispondente quindi ad una **categoria di sottosuolo di tipo C nella masw01 e tipo B nella masw02**; il tutto secondo quanto detto dal D.M. 17 gennaio 2018.

Le indagini HVSR, registrazione con tromografo del rumore sismico ambientale di fondo (microtremore), hanno come obiettivo preminente l'individuazione delle diverse frequenze di risonanza del terreno, nell'ottica di valutare eventuali fenomeni di amplificazione del moto sismico nel terreno d'indagine.

L'acquisizione tromografica, sfruttando la teoria ormai consolidata dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quello verticale, permette la stima della frequenza di risonanza fondamentale (f_0) del sottosuolo e della profondità del bedrock sismico secondo la relazione $f_0 = V_s/4H$ (con H = spessore dello strato meno rigido sovrastante).

Dalle indagini geofisiche HVSR si sono ottenuti i seguenti risultati:

- HVSR01: Frequenza del picco del rapporto H/V = 87.05 ± 0.29 Hz
- HVSR02: Frequenza del picco del rapporto H/V = 140.75 ± 0.33 Hz
- HVSR03: Frequenza del picco del rapporto H/V = 1.00 ± 0.88 Hz
- HVSR04: Frequenza del picco del rapporto H/V = 168.95 ± 0.14 Hz
- HVSR05: Frequenza del picco del rapporto H/V = 17.15 ± 0.89 Hz

- HVSRO6: Frequenza del picco del rapporto H/V = 9.35 ± 0.52 Hz

9.0) INQUADRAMENTO SISMICO DELLA SICILIA E DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO SISMICO DELL'AREA IN ESAME (Comune di ROSOLINI)

Con l'Ordinanza Presidente del Consiglio n° 3274 del 20/03/2003 pubblicata nella G.U. n. 105 8/5/2003 (Figura 2). in tema di classificazione sismica del territorio, il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone a seconda della probabilità ed intensità dell'evento sismico (riferita ai valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ag).

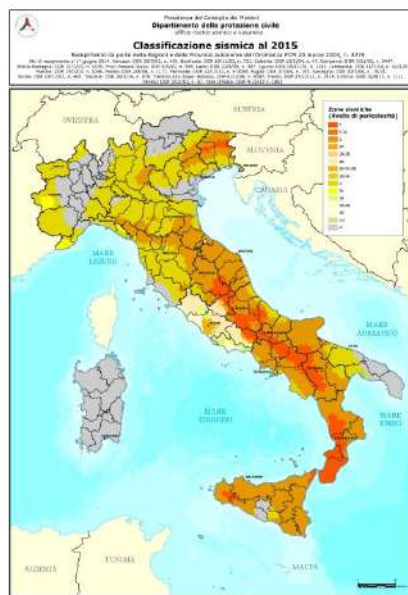


Figura 2

Le prime tre corrispondono, dal punto di vista della relazione con gli adempimenti previsti dalla Legge n. 64 del 2 Febbraio 1974 e dei successivi decreti ministeriali, alle zone di sismicità alta ($S=12$), media ($S=9$) e bassa ($S=6$), mentre per la zona 4 è stata data facoltà alle regioni di imporre l'obbligo della progettazione antisismica.

Tab.3

CLASSIFICAZIONE L. 64 DEL 2/2/74	CLASSIFICAZIONE 2003 ORD. P.C. N°3274 DEL 20/3/03
SISMICITÀ ALTA $S = 12$	1
SISMICITÀ MEDIA $S = 9$	2
SISMICITÀ BASSA $S = 6$	3
N.C.	4

La classificazione sopra riportata (Tab.3) prevede per il territorio siciliano la scomparsa delle zone non classificate che divengono tutte di 4° livello, pertanto con la nuova classificazione sismica, il territorio del comune di Rosolini è stato classificato quale appartenente alla classe sismica 2 e con livello medio di pericolosità così come indicato nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 3274/03.

Al fine di potere fornire le valutazioni sul Rischio Sismico dell'area di studio, si è tenuto conto della situazione sismo-statigrafica generale così come previsto dall'Ordinanza P.C.M. 3274 del 20/04/2003 e delle mappe di pericolosità sismica di base per il territorio siciliano pubblicate sul sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/> (vedi mappa di pericolosità interattiva allegata).



Dall'elaborazione statistica della distribuzione e intensità degli eventi sismici registrati, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha prodotto la carta della pericolosità sismica nazionale, dalla quale è estratta la parte rappresentativa della Sicilia.

La normativa vigente, in termini di pericolosità sismica, è stata aggiornata con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 e dall'attuale D.M. 17 gennaio 2018, e secondo tale normativa la pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Dal luglio del 2009, con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", e dall'attuale D.M. 17 gennaio 2018 per ogni costruzione ci si deve riferire ad un'accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate dell'area di progetto ed in funzione della vita nominale dell'opera.

Il valore di pericolosità di base, dunque, è stato definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 Km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

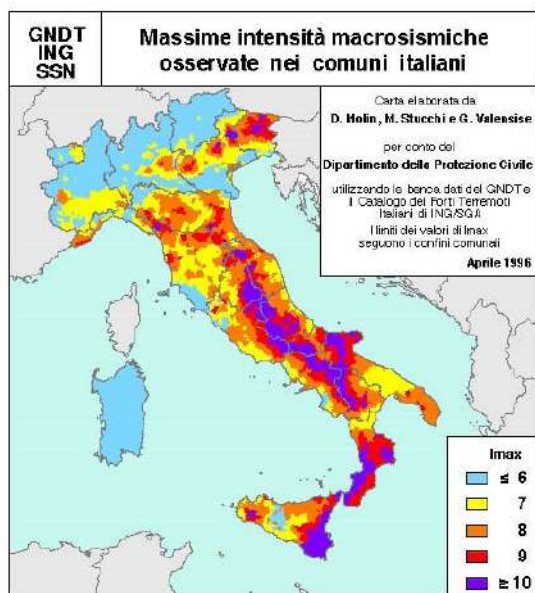
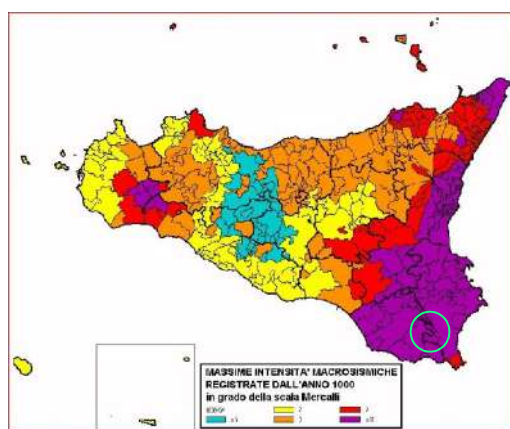


Figura 3 – Carta delle massime intensità sismiche dell'Italia (Fonte INGV)



**Figura 4 – Carta delle massime intensità sismiche per la Regione Sicilia (Fonte INGV)-
Cerchiata in verde la zona in cui ricade il territorio comunale di Rosolini.**

La carta delle massime intensità sismiche registrate in Sicilia prodotta dall'INGV, evidenzia come l'area della provincia di Siracusa sia principalmente caratterizzata da Intensità sismiche massime ≥ 10 .

Nell'ambito degli archivi storici dell'INGV di terremoti di area italiana si riportano a seguire i dati relativi agli eventi di sismicità relativa al territorio del comune di Rosolini.

A tal riguardo, è interessante evidenziare che il territorio comunale in esame non è prossimo a nessuna delle sorgenti sismogenetiche contemplate nell'intera penisola Italiana.

Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20.03.03 n. 3274)
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

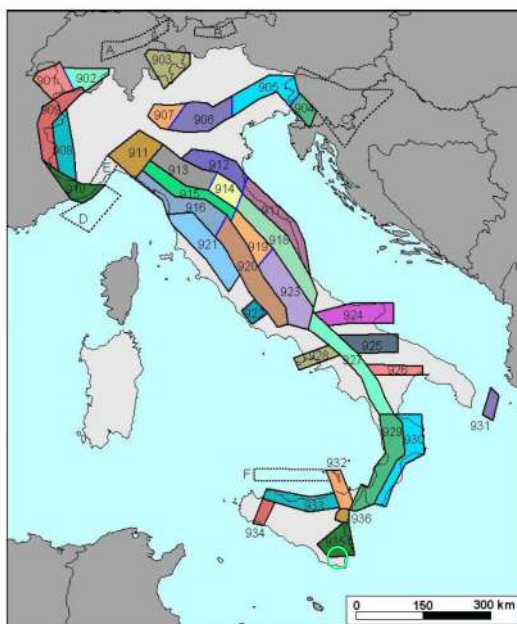


Figura 2 - Zonazione sismogenetica ZS9. Le diverse zone sono individuate da un numero; le zone indicate con una lettera non sono state utilizzate per la valutazione della pericolosità sismica. Il significato del colore (blu o nero) dei bordi delle zone è spiegato nel testo. Il colore delle zone non è invece significativo.

Figura 5 – Carta delle Sorgenti Sismogenetiche (Progetto DISS – Fonte INGV)
- Cerchiata in verde la zona in cui ricade il territorio comunale di Rosolini

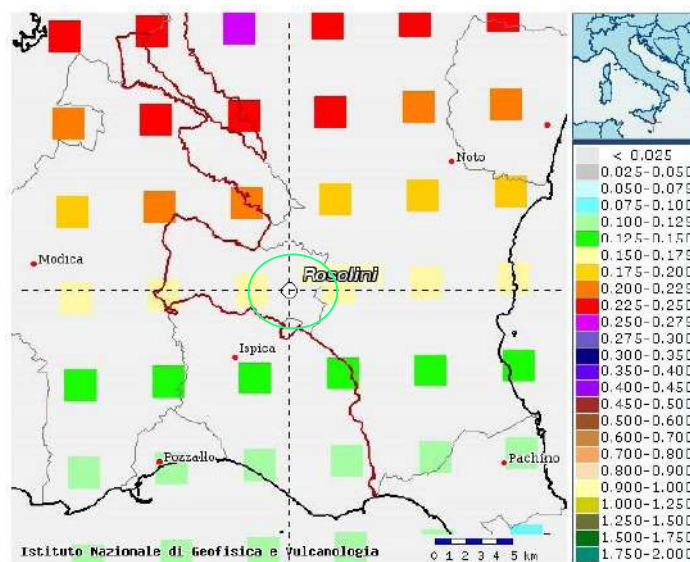


Figura 6 – Stralcio della Mappa di Pericolosità sismica – Fonte INGV

- Cerchiata in verde la zona di progetto

- Legenda: Accelerazione Sismica con Probabilità in 50 anni del 10% - Percentile 50

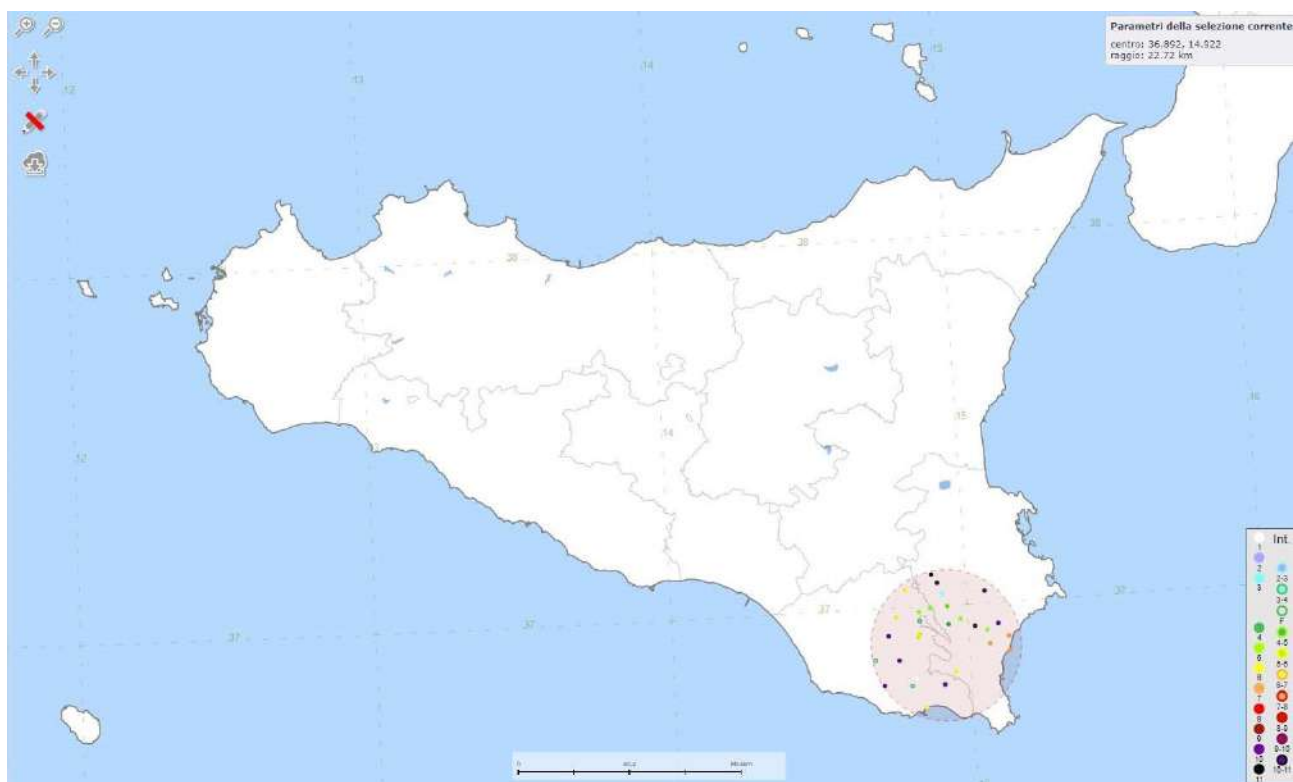
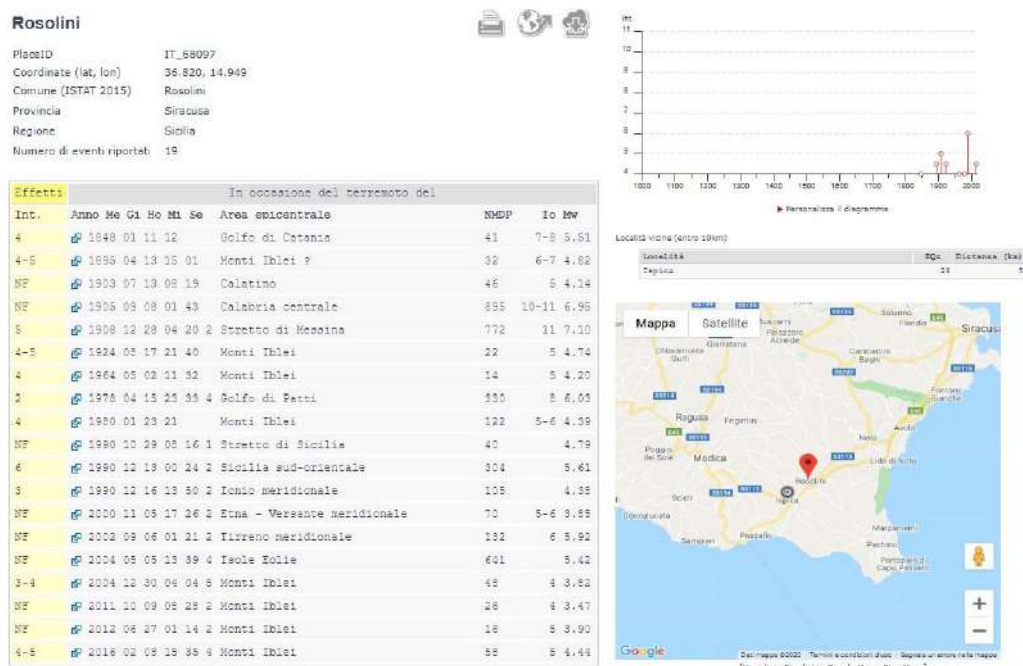


Figura 7 – Dati macrosismici del terremoto del Comune di Rosolini. Nella tabella sono riportati i valori di intensità sismica relativa ai diversi comuni della Sicilia
(http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_eq/external_call.htm?eq_id=2834).

Naturalmente a questi fattori di carattere generale vanno abbinate le circostanze locali di ordine geologico, geomorfologico e idrogeologico.

A tal proposito è importante sottolineare come dalla consultazione della bibliografia di settore (in particolare ISPRA-Progetto Ithaca), si segnala nell'area in studio la presenza di faglie classificabili come attive e capaci.



Ai fini della categorizzazione sismica del sottosuolo, ai sensi delle NTC 2018, i litotipi di substrato dell'area del Comune di Rosolini e precisamente dell'area interessata dai lavori di cui all'oggetto sono assimilabili a terreni nella **Categoria C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s.*) nel sito della Masw01 e nella **Categoria B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s*) nel sito della Masw02.

Si è pervenuti ad una $V_{s,eq}$ ($V_{s,30}$) che individua la categoria di sottosuolo di fondazione così come espresso dal D.M. 17/01/2018 mediante la seguente tabella:

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 metri</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D con profondità del substrato non superiore a 30 metri.</i>

10.0) CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO (D.M. 17/01/2018)

10.1.) Pericolosità sismica

L'azione sismica sui manufatti è generata dal moto non uniforme del terreno di sedime per effetto della propagazione delle onde sismiche. Il moto sismico eccita la struttura provocandone la risposta elastica che va riferita e controllata negli aspetti di sicurezza e di prestazioni attese. Le azioni sismiche di

progetto si definiscono in base alla pericolosità sismica del sito di costruzione e si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste sono definite su sito di riferimento rigido orizzontale in funzione dei tre parametri:

- a_g - accelerazione orizzontale massima del terreno;
- 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.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 e ora dell'aggiornamento del D.M. 17 gennaio 2018 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s,eq} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio **"sito dipendente"**.

Con il D.M.14 gennaio 2008 e l'aggiornamento del D.M. 17 gennaio 2018, la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica di base; pertanto la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento in cui è stata rappresentata la sua ubicazione di progetto relativamente a quella dei 4 nodi (di cui è indicato il CODICE IDENTIFICATIVO ID) nella griglia che comprende il sito stesso (vedi **TABELLA 1 del D.M. 14/01/2008**).

La pericolosità sismica del sito è identificata con la probabilità (probabilità di superamento) che, in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento), si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato, determinato in base ai dati forniti dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Le caratteristiche del moto sismico sono date, come riportato precedentemente, dall'accelerazione massima al sito (a_g) e dal corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione (F_0 e T_c), definiti di seguito.

Nei paragrafi seguenti verranno via via individuati i singoli valori che entrano in relazione al fine di determinare l'azione sismica e la risposta sismica locale, in relazione alla tipologia di progetto e dell'azione determinata

10.2.) Vita nominale delle strutture

Sempre in base al D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", occorre definire la Vita Nominale V_N delle strutture sulla base di tre tipologie di costruzioni con diverso valore, espresso in anni della loro durata, in relazione al variare della classe d'uso.

Tabella 2.4.1. - Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

All'opera in progetto si assegna una $V_N=50$ anni

10.3.) Classe d'uso - C_u

Sempre in base al D.M. 17 gennaio 2018 (Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"), il secondo parametro utile alla definizione dell'azione sismica di progetto è la **"Classe d'Uso" (C_u)**, che nel nostro caso è la **II**; essa rappresenta sostanzialmente quello che prima veniva identificato come "coefficiente di importanza" γ_i (OPCM 3431), oppure come "Classe Strutturale" (DM05), ora, più in dettaglio, la norma definisce ben quattro classi d'uso per diversi tipi di opere:

Paragrafo 2.4.2 - CLASSI D'USO

- | |
|--|
| <p>Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.</p> <p>Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.</p> |
|--|

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792. "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il valore da assegnare al coefficiente di uso C_u viene fornito attraverso la tabella riportata in funzione delle classi d'uso sopra definite:

Tabella 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_u

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0.7	1.0	1.5	2.0

L'opera in progetto si riferisce alla Classe d'uso II e pertanto al coefficiente $C_u = 1,0$

10.4.) **Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R**

L'azione combinata dei due parametri precedentemente stabiliti, porta alla definizione del parametro chiamato "**Periodo di Riferimento per l'azione sismica**" (V_R). Moltiplicando infatti la vita nominale V_N per la classe d'uso C_u , si ottiene infatti proprio V_R :

$$V_R = V_N \times C_u = 50 \text{ anni}$$

10.5.) **Definizione dello stato limite di riferimento**

Al fine di indicare il comportamento che dovrà sopportare la struttura in progetto sono definiti quattro stati limite:

Paragrafo 3.2.1 – STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITA' DI SUPERAMENTO

Gli stati limiti di esercizio sono:

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

Gli stati limite ultimi comprendono:

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

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva Tab. 3.2.I.

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di	SLO	81%

esercizio	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Il parametro a_g (accelerazione orizzontale massima al sito) va ricavato alla fine di una procedura propedeutica, finalizzata alla determinazione del "**periodo di ritorno dell'azione sismica T_R** ", espresso in anni e funzione di V_R e P_{VR} .

$$T_R = - \ln(1 - P_{VR}) / \ln(1 - P_{VR}) = - C_u V_R / \ln(1 - P_{VR})$$

Tabella A - Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

Stati limite			T_R
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	30
	Stato limite di danno	SLD	50
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	475
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	975

L'attuale pericolosità sismica su reticolo di riferimento è strutturata, come visibile nella Tabella A, (relativa al progetto in esame) dove sono riportati i valori dei parametri spettrali (per un tempo di ritorno pari a 30-50-475 e 975 anni), dai quattro punti del reticolo (tabella 1 del D.M. 14 gennaio 2008).

10.6.) Indagine sismica eseguita nell'area in studio per la determinazione della categoria del suolo

Le prove di sismica attiva Masw01 e 02 eseguite nell'area in esame hanno evidenziato a partire dalla superficie la $V_{S,eq}$ ($V_{S,30}$) risultata pari a **355.27 m/s** nella Masw01 e **402.85 m/s** nella Masw02 corrispondente ad una **categoria di sottosuolo di tipo C nella masw01 e di tipo B nella masw02**; il tutto secondo quanto detto dal D.M. 17 gennaio 2018.

10.7.) Condizioni topografiche

La valutazione delle condizioni di tipo topografico è stata fatta attraverso l'analisi dei luoghi e la pendenza media max è risultata di 0-4°, e quindi $< 15^\circ$ e dalla tabella sotto riportata si desume, nel nostro caso, una categoria topografica **T1**;

Tabella 3.2.III - Categorie topografiche

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

Tabella 3.2.V - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	---	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

10.8.) Azione sismica di riferimento

L'applicazione delle NTC 2018 comporta la determinazione di una serie di parametri necessari alla definizione della "pericolosità sismica di base" del sito.

Ai fini della presente normativa le azioni sismiche sono riconducibili alla determinazione di uno spettro di risposta elastico della accelerazione, per la componente orizzontale del moto, dipendente dai seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale

- a_g : accelerazione orizzontale massima (m/s^2) in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale;

- F_0 : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima;

- T_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In alternativa all'uso di indagini specifiche, tali parametri, possono essere desunti dall'allegato B della predetta norma, dove, per tutto il territorio nazionale, sono forniti i valori di a_g , F_0 , T_c . Tali valori vengono forniti per 10751 punti del reticolo di riferimento, definiti in termini di Latitudine e di Longitudine, e per 9 valori del periodo di ritorno T_R .

Qualora la **tabella B** non contempli il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e alla P_{VR} fissate, il valore del generico parametro $p(a_g, F_0, T_c^*)$ ad esso corrispondente, potrà essere ricavato per interpolazione, a partire dai dati relativi ai T_R previsti nella pericolosità sismica, utilizzando l'espressione seguente:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log(p_1/p_2) \times \log(T_R/T_{R1}) \times \log[\log(T_{R2}/T_{R1})]^{-1} \quad [2]$$

nella quale:

p è il valore del parametro di interesse corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato;

T_{R1} , T_{R2} sono i periodi di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori p_1 e p_2 del generico parametro p

Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri $p(a_g, F_0, T_c^*)$, possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad [3]$$

nella quale:

p, è il valore del parametro di interesse nel punto in esame;

p_i , è il valore del parametro di interesse nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;

d_i , è la distanza del punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta.

Tabella B - dell'area in esame

ID	LON	LAT	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$			$T_R = 101$		
			a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*
50973	14,9833	36,8246	10,499	87,00	7,43	14,598	88,37	8,77	18,632	86,59	9,48	22,356	87,68	9,99
50972	14,9211	36,8254	9,072	74,98	6,39	12,699	75,94	7,52	16,139	74,53	8,15	19,405	75,38	8,58
51195	14,9822	36,7746	5,273	47,26	4,01	7,150	48,51	4,77	9,018	47,84	5,16	10,860	48,34	5,47
51194	14,9201	36,7754	4,993	44,68	3,78	6,776	45,82	4,49	8,592	45,04	4,87	10,308	45,60	5,16

$T_R = 140$			$T_R = 201$			$T_R = 475$			$T_R = 975$			$T_R = 2475$		
a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*	a_g	F_0	T_c^*
27,998	83,35	11,14	36,260	81,10	11,61	58,067	80,69	14,53	84,694	82,19	15,68	128,713	84,02	18,21
24,384	71,54	9,57	31,570	69,63	9,96	50,545	69,30	12,47	73,656	70,69	13,49	112,307	72,12	15,66
12,879	48,02	6,11	16,591	46,33	6,61	27,014	45,27	8,19	39,844	45,61	8,77	58,605	47,49	10,19
12,282	45,11	5,76	15,833	43,62	6,22	25,752	42,66	7,71	37,972	43,01	8,26	55,891	44,81	9,59

Riferendosi alle prestazioni dei manufatti nel suo complesso vengono individuati gli stati limite, sia d'esercizio (stato limite di operatività e di danno), sia ultimi (stato limite di salvaguardia della vita e di prevenzione del collasso) nei confronti delle azioni sismiche.

10.9.) Pericolosità sismica di base



Vita nominale (Vn): 50 [anni]
 Classe d'uso: II
 Coefficiente d'uso (Cu): 1
 Periodo di riferimento (Vr): 50 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 50 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 475 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 975 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 36.8196220 [°]
 Longitudine (WGS84): 14.9545231 [°]
 Latitudine (ED50): 36.8206940 [°]
 Longitudine (ED50): 14.9553328 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	50972	36.825420	14.921130	3089.46
2	50973	36.824570	14.983270	2523.80
3	51195	36.774580	14.982190	5657.73
4	51194	36.775420	14.920090	5932.06

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.030	2.527	0.215
SLD	50	0.041	2.573	0.254
SLV	475	0.162	2.365	0.426
SLC	975	0.236	2.401	0.459

10.10.) Pericolosità sismica di sito

Valutati i parametri spettrali a_g , F_0 e T^*_c per il sito in esame secondo la formula **3** corretti per il calcolo del periodo di ritorno necessario, incrementati per l'amplificazione stratigrafica e topografica e sulla base della classe d'uso della costruzione, è possibile definire gli spettri orizzontali e verticali necessari per la stima dell'azione sismica di progetto per il sito.

Tale stima è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali (X e Y) ed una verticale (Z), da considerare tra di loro indipendenti.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} .

La costruzione dello spettro elastico, per ogni sito in esame, deve quindi essere proceduta dalla definizione dei periodi di riferimento T_b , T_c e T_d ; infatti, a partire dal valore di T^*_c e del valore del **Coefficiente di amplificazione stratigrafica (Cc)** calcolato come in tabella 3.2.IV.

Tabella 3.2.IV - Espressioni di Ss e di Cc

Categoria sottosuolo	Ss	Cc
A	1	1
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \times F_0 \times a_g / g \leq 1,20$	$1,10 \times (T^*_c)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \times F_0 \times a_g / g \leq 1,50$	$1,05 \times (T^*_c)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \times F_0 \times a_g / g \leq 1,80$	$1,25 \times (T^*_c)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \times F_0 \times a_g / g \leq 1,60$	$1,15 \times (T^*_c)^{-0,40}$

Si ricava il valore di T_c :

$$T_c = Cc \times T^*_c$$

per poi ricavare gli altri valori cercati:

$$T_b = T_c / 3$$

e

$$T_d = 4.0 \times (a_g / g) + 1.6$$

In abbinamento a Cc la tabella riporta un altro coefficiente di amplificazione stratigrafica, Ss, che, in base alla categoria di sottosuolo ottenuta, per ogni sito in esame, assume un valore che, abbinato al coefficiente di amplificazione topografica S_T , determina il coefficiente S, che entra direttamente nella formula di costruzione dello spettro ricercato.

$$S = Ss \times S_T$$

Dal valore nominale di a_g (g) si passa a a_g (m/s²) moltiplicando per 9.81 ed infine l'accelerazione massima a_{max} che sarà dato da $a_g \times S$, e quindi oltre all'accelerazione massima a_{max} , si otterrà K_h , K_v e Beta per ogni stato limite.

In definitiva, quindi, applicando le equazioni 3.2.2 e 3.2.8 del DM18, si ottengono i seguenti parametri dipendenti per i casi di SLO, SLD, SLV e SLC per le eventuali opere da realizzare:

Nel caso in esame la pericolosità sismica di progetto è dato da:

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{(1/2)}$:

1.000

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.036	0.049	0.194	0.277
kv	0.018	0.025	0.097	0.138
amax [m/s ²]	0.351	0.485	1.902	2.712
Beta	1.000	1.000	1.000	1.000

Stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
--------------	-----	-----	-----	-----

kh	0.007	0.010	0.047	0.077
kv	0.004	0.005	0.023	0.039
amax [m/s ²]	0.351	0.485	1.902	2.712
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Muri di sostegno NTC 2018

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.023	0.074	--
kv	--	0.012	0.037	--
amax [m/s ²]	0.351	0.485	1.902	2.712
Beta	--	0.470	0.380	--

Fronti di scavo e rilevati

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	--	0.023	0.074	--
kv	--	0.012	0.037	--
amax [m/s ²]	0.351	0.485	1.902	2.712
Beta	--	0.470	0.380	--

Paratie NTC 2018

Altezza paratia (H):

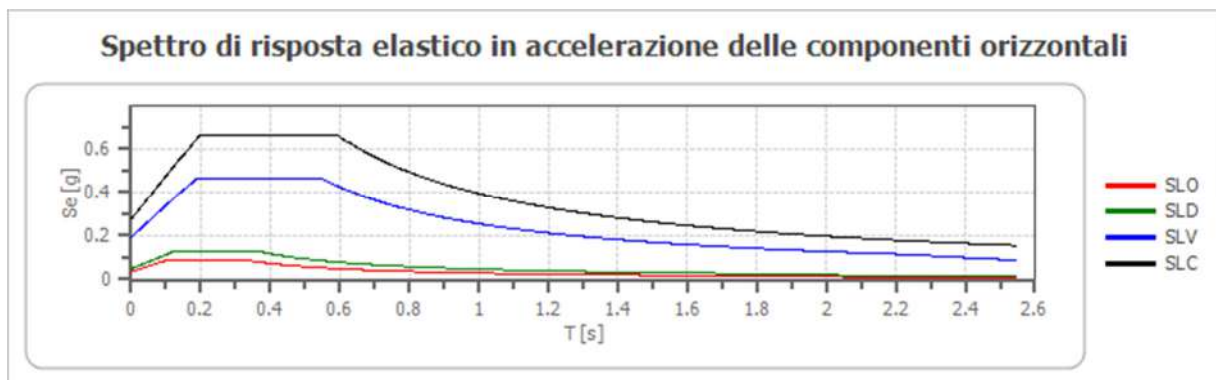
3.0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0.015 [m]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.028	0.038	0.150	0.215
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0.351	0.485	1.902	2.712
Beta	0.776	0.776	0.776	0.776

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1.0	0.030	2.527	0.215	1.200	1.500	1.000	1.200	1.000	0.108	0.323	1.719	0.036	0.090
SLD	1.0	0.041	2.573	0.254	1.200	1.450	1.000	1.200	1.000	0.123	0.369	1.765	0.049	0.127
SLV	1.0	0.162	2.365	0.426	1.200	1.300	1.000	1.200	1.000	0.185	0.554	2.246	0.194	0.458
SLC	1.0	0.236	2.401	0.459	1.170	1.290	1.000	1.170	1.000	0.197	0.592	2.545	0.277	0.664

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

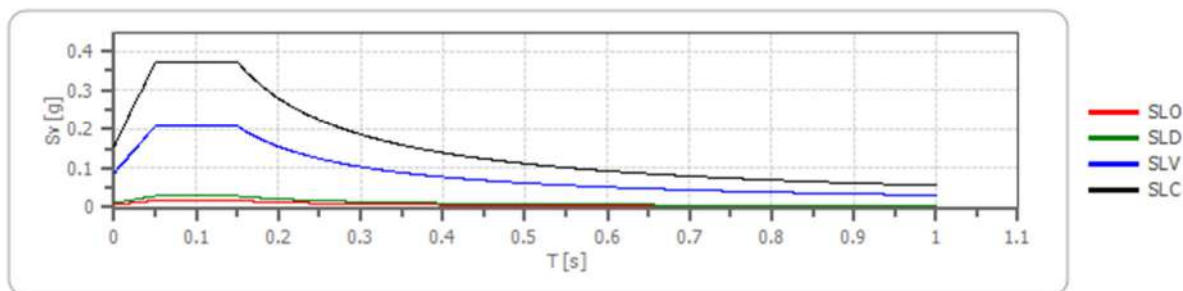
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ:

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1.000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



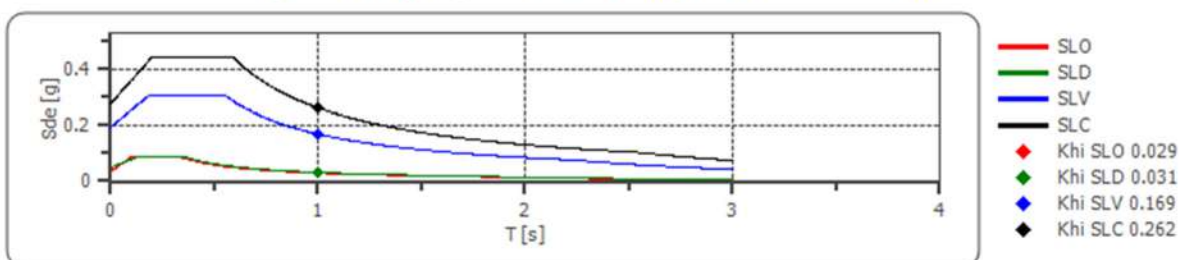
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1.0	0.030	2.527	0.215	1	1.500	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.007	0.018
SLD	1.0	0.041	2.573	0.254	1	1.450	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.011	0.029
SLV	1.0	0.162	2.365	0.426	1	1.300	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.088	0.207
SLC	1.0	0.236	2.401	0.459	1	1.290	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.155	0.373

Spettro di progetto

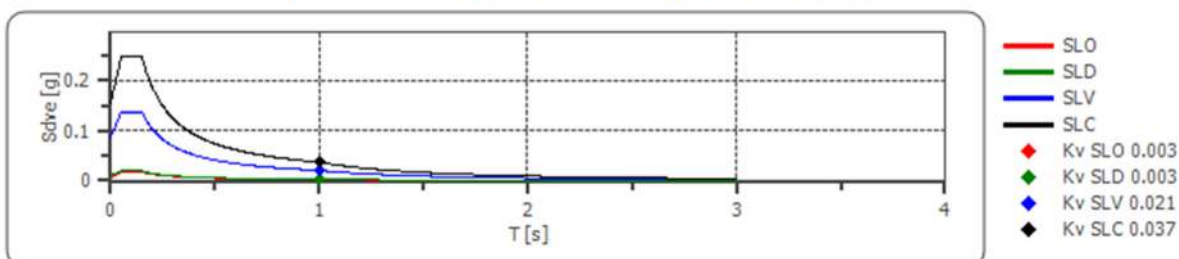
Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1.50
 Fattore di struttura spettro verticale q : 1.50
 Periodo fondamentale T : 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.029	0.031	0.169	0.262
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0.003	0.003	0.021	0.037

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



Spettro di progetto delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(T B) [g]

SLO orizzontale	1.0	0.030	2.527	0.215	1.200	1.500	1.000	1.200	1.000	0.108	0.323	1.719	0.036	0.090
SLO verticale	1.0	0.030	2.527	0.215	1.200	1.500	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.007	0.018
SLD orizzontale	1.0	0.041	2.573	0.254	1.200	1.450	1.000	1.200	1.500	0.123	0.369	1.765	0.049	0.085
SLD verticale	1.0	0.041	2.573	0.254	1.200	1.450	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.011	0.019
SLV orizzontale	1.0	0.162	2.365	0.426	1.200	1.300	1.000	1.200	1.500	0.185	0.554	2.246	0.194	0.306
SLV verticale	1.0	0.162	2.365	0.426	1.200	1.300	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.088	0.138
SLC orizzontale	1.0	0.236	2.401	0.459	1.170	1.290	1.000	1.170	1.500	0.197	0.592	2.545	0.277	0.443
SLC verticale	1.0	0.236	2.401	0.459	1.170	1.290	1.000	1.000	1.500	0.050	0.150	1.000	0.155	0.248

11.0) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dall'indagine Masw02 è stato ricavato il modulo di Young dinamico, tale parametro ai fini ingegneristici non può essere direttamente utilizzato poiché ricavato applicando al suolo deformazioni piccolissime, si può comunque partire da esso per avere una stima del modulo di Young "statico" E_s della roccia; a tal fine è stata utilizzata la relazione proposta dagli autori RZHEVSKY e NOVIK (1971) secondo i quali:

$$E_d = 8,3 * E_s + 0,97$$

Dove :







E_d è il modulo di Young dinamico (espresso) ricavato dalla prova Masw;
mentre E_s è il modulo di Young statico sostituendo si ha:

$$E_s = \frac{199.01 - 0.97}{8.3} = 23.86 \text{ MPa}$$

11.1) CARATTERIZZAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO

A partire dai dati ottenuti dalle indagini geofisiche e dalla presa visione degli affioramenti rocciosi rinvenuti in occasione di lavori effettuati nelle immediate vicinanze del sito di interesse, si è proceduto alla **caratterizzazione dell'ammasso roccioso** rinvenuto a circa -0,30m dal p.c, essa è stata eseguita legando il valore G.S.I (proposto dagli autori Hoek e Brown, 1997) con il parametro RMR proposto da Bieniawski tramite la seguente relazione:

GSI = RMR-5

Rock Type: <input type="text" value="General"/>	SURFACE CONDITIONS				
GSI Selection: <input type="text" value="50"/> <input type="button" value="OK"/>	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
STRUCTURE	DECREASING SURFACE QUALITY →				
 INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities	90			N/A	N/A
 BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets	80	70			
 VERY BLOCKY- interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets		60	50		
 BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity			40	30	
 DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces				20	
 LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes					10

Parametri ammasso

$$\begin{aligned} \text{GSI} &= 32 \\ \text{RMR} &= (32+5) = 37 \end{aligned}$$

Successivamente sono state usate le relazioni proposte dagli autori Sen e Sadagah:

$$\begin{aligned} c &= 3.625 * \text{RMR} \text{ (Kpa)} \\ \varphi^\circ &= 25[1+0.01*\text{RMR}] \quad \text{per RMR}>20 \end{aligned}$$

dalle quali si ricava:

$$\begin{aligned} c &= (3.625*37) = 134.125 \text{ Kpa (1,37 Kg/cm}^2\text{)} \\ \varphi^\circ &= 25[1+0.01*37] = 34,25^\circ \end{aligned}$$

Parametri Geotecnici Nominali

Litotipo	φ°	C (Kg/cm ²)	E _{op} (MPa)	γ (T/m ³)	K (Kg/cm ³)
Marna calcarea bianca della form. Ragusa – Membro Irmino a circa 1.00m dal p.c.	34,25°	1,37	23.86	2,10	10<K<14

11.2) PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Secondo le prescrizioni della norma dai parametri geotecnici si ricavano i valori medi e da questi i valori caratteristici X_k che rappresentano la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove.

Applicando il metodo statistico in presenza di pochi dati e distribuzione normale i valori caratteristici sono stati calcolati mediante la seguente equazione:

	x_k è il valore caratteristico desiderato
	\bar{x} con barra il valore medio (ignoto)
	$x_k = \bar{x} \pm z_{0.05} \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \approx \bar{x} \pm 1.645 \cdot$
	della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione
	z è la distribuzione normale standardizzata
	σ è la deviazione standard della popolazione
	n è la numerosità del campione

Poiché il valore di σ andrebbe determinato con l'ausilio di database locali specifici; essendo in presenza di pochi dati è utile esprimere la variabilità in termini di coefficiente di variazione, espressa anche in termini percentuali:

$$COV = \sigma / \mu$$

dove:

σ = deviazione standard della popolazione;

μ = media della popolazione.

I valori caratteristici dei parametri ϕ e c sono stati pertanto ricavati assegnando un coefficiente di variazione ricavato dalla letteratura tecnica $COV=5\%$.

Nella tabella sottostante sono riportati i valori caratteristici (X_k) dei parametri geotecnici ricavati con il metodo e le relazioni descritte; nel caso specifico, avendo a disposizione un solo dato $n = 1$.

Litotipo	ϕ°	c_k (Kg/cm ²)	$E_{op(k)}$ (MPa)	γ_k (T/m ³)	K (Kg/cm ³)
Marna calcarea bianca della form. Ragusa – Membro Irmino a circa 1.00m dal p.c.	31,51	1,26	21,95	2,10	10<K<14

12.0) STABILITA' DEI FRONTI DI SCAVO

L'opera in oggetto prevede anche un'operazione di sbancamento per una profondità di circa 4,00 metri dal p.c.; il litotipo interessato dallo scavo è dato da strati calcarenitici fratturati alternati a calcari marnosi e marne calcaree giallastre addensate e mal classate (F.ne Ragusa) aventi giacitura sub-orizzontale. Tale Formazione di per se risulta essere stabile non presentando problemi connessi alla stabilità dei fronti di scavo; tuttavia, a causa della fratturazione dell'ammasso roccioso non possono escludersi crolli localizzati di piccole porzioni rocciose totalmente disarticolate dall'A.R.. Tale eventuale pericolo verrà eliminato attuando il disgaggio di dette porzioni (durante la fase dello sbancamento) tramite mezzi meccanici.

13.0) CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio geologico è stato effettuato nell'area interessata dagli interventi in progetto che nel particolare riguardano i **"MITIGAZIONE RISCHIO IDROGEOLOGICO AREA CENTRO URBANO - REALIZZAZIONE DRENAGGIO DELLE ACQUE SUPERFICIALI E COLLETTAMENTO A VALLE DEL CENTRO ABITATO."**, ad una quota che va da 115 m s.l.m a circa 146.00 m s.l.m..

Da uno studio geologico generale per la quasi totalità dell'area la condotta delle acque bianche ricadrà nelle calcareniti grigiastre e biancastre della Form Ragusa – Membro Irminio (Burdigaliano sup. – Langhiano inf.), una piccola parte ricade nelle calcareniti bianco-grigiastre della Form Ragusa – Membro Irminio (Aquitano – Burdigaliano sup.) ed infine nelle argille marnose della form. Tellaro. (Serravalliano – Tortonianiano sup.).

Dal punto di vista geomorfologico l'area in esame presenta una morfologia sub-pianeggiante e sulla base delle considerazioni morfologiche ed idrogeologiche svolte è possibile affermare che l'area è dotata di stabilità generale e che tale situazione non subirà variazioni in seguito all'esecuzione delle opere previste in progetto.

Nello specifico, così come si può osservare dalle carte PAI allegate, l'area in esame rientra tra quelle a pericolosità da frana, idraulica o geomorfologica e rientra anche tra quelle a rischio o quant'altro previsto dal **Piano stralcio di Bacino della Sicilia, "Area territoriale tra Capo Passero e il fiume Tellaro" (085-086) (quadro CTR n°648160)" (vedasi stralci PAI allegati in calce alla presente).**

In relazione alla stabilità generale dell'area in studio, quindi, si può in conclusione asserire che non si evidenziano fenomenologie morfodinamiche - in atto o potenziali - tali da precludere la stabilità dell'area interessata dai lavori in oggetto.

Per i parametri geotecnici delle varie litologie riscontrate si rimanda ai paragrafi precedenti e alla relazione sulle indagini e ai relativi report allegati.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la categoria del profilo topografico è di tipo **T1** mentre la categoria di sottosuolo con la prova Masw01 è risultata di tipo **C** con $V_{s,eq} - V_{s,30}(0.0-30.0)$ compresa tra 180 e 360.00m/s, mentre con la prova Masw02 è risultata di tipo **B** con $V_{s,eq} - V_{s,30}(0.0-30.0)$ compresa tra 360 e 800.00m/s.

Inoltre non si registrano interferenze delle opere da realizzare con la falda idrica profonda, attestata a profondità assai superiore al piano di investigazione.

Infine nel sito in studio non sono prevedibili fenomeni di liquefazione a seguito di sisma in quanto il sito è costituito geologicamente da rocce a comportamento lapideo.

In conclusione, le condizioni di stabilità dell'area oggetto del presente studio, valutate alla luce delle considerazioni esposte e delle caratteristiche litologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche rilevate, evidenziano una situazione generale di equilibrio e le opere che si andranno a realizzare non turberanno l'attuale equilibrio geomorfologico e non apporteranno nessuna modifica al regime idrico superficiale e sotterraneo dell'area.

Cammarata li


IL GEOLOGO

(Dott. Gaetano RIZZUTO)

INDICE

PAGINE

1.0)	PREMESSA E SCOPI DELLO STUDIO GEOLOGICO.....	1
2.0)	RIFERIMENTI NORMATIVI DI LEGGE	2
3.0)	UBICAZIONE DELL'AREA DI INTERVENTO.....	3
4.0)	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DEL COMUNE DI ROSOLINI.....	4
5.0)	ASPETTI GEOMORFOLOGICI DELL'AREA IN STUDIO.....	5
6.0)	ASPETTI IDROGEOLOGICI DELL'AREA IN STUDIO.....	5
7.0)	VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA DEL TERRITORIO PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI).....	6
8.0)	PROGRAMMA DEI LAVORI D'INDAGINE GEOGNOSTICA E GEOFISICA.....	6
8.1)	ANALISI DELLE PROVE IN SITU DI LABORATORIO E PROVE GEOFISICHE.....	7
8.1.1)	Campagna indagini geognostiche	7
8.1.2)	Sondaggio a carotaggio continuo.....	7
8.1.3)	Attrezzatura impiegata.....	7
8.1.4)	Descrizione dei litotipi carotati.....	8
8.1.5)	Prove S.P.T.	8
8.1.6)	PROVE DI LABORATORIO	9
8.2)	INDAGINI GEOFISICHE.....	10
8.2.1)	Indagine geofisica con georadar per l'individuazione dei sottoservizi.....	10
8.2.2)	Indagine sismica per la determinazione della $V_{s,eq}$ (V_{s30}) e frequenza di risonanza del sito (metodo Masw).....	10
9.0)	INQUADRAMENTO SISMICO DELLA SICILIA E DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO SISMICO DELL'AREA IN ESAME (Comune di ROSOLINI)	11
10.0)	CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO (D.M. 17/01/2018).....	16
10.1)	Pericolosità sismica.....	16
10.2)	Vita nominale delle strutture.....	17
10.3)	Classe d'uso - C_u	17
10.4)	Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R	17
10.5)	Definizione dello stato limite di riferimento	18
10.6)	Indagine sismica eseguita nell'area in studio per la determinazione della categoria del suolo	19
10.7)	Condizioni topografiche	19
10.8)	Azione sismica di riferimento	19
10.9)	Pericolosità sismica di base	20
10.10)	Pericolosità sismica di sito	21
11.0)	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	24
11.1)	CARATTERIZZAZIONE DELL'AMMASSO ROCCIOSO	25
11.2)	PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI	26
12.0)	STABILITA' DEL FRONTE DI SCAVO	27
13.0)	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	27