

REGIONE SICILIANA

CONSORZIO AMBITO TERRITORIALE OTTIMALE IDRICO DI AGRIGENTO



*GESTORE DEL SISTEMA IDRICO
INTEGRATO AMBITO TERRITORIALE
OTTIMALE DI AGRIGENTO*

L'AMMINISTRATORE DELEGATO

PROGETTO ESECUTIVO

Opere di ristrutturazione ed automazione per ottimizzazione
rete idrica Comune di Agrigento

ALLEGATO N°

2.13

TITOLO ELABORATO

Studio Geologico e Geotecnico
Relazione geotecnica

Nome file: 2.13 Relazione geotecnica.doc

Scala:

Visti ed approvazioni:

CUP:



Delta Ingegneria s.r.l.

I DIRETTORI TECNICI:
Ing. Maurizio Carlino
Ing. Nicola D'Alessandro



Arch. Carmelo Carlino
Ing. Domenico D'Alessandro
Ing. Alfonso Collura
Ing. Gerlando Vaccaro
Geol. Massimo Carlino
Ing. Alessandro Dinolfo
Ing. Sonia Vitellaro

REV.	DESCRIZIONE	DATA	VERIFICATO	CONTROLLATO	APPROVATO
B					
A					

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO E CENNI DI GEOMORFOLOGIA	7
2.1.	Descrizione principali interventi in progetto	7
2.2.	Cenni di geomorfologia generale.....	9
3.	INDAGINI GEOGNOSTICHE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	20
3.1.	Indagini in sito ed in laboratorio.....	20
3.2.	Caratterizzazione geotecnica dei terreni	21
3.2.1.	<u>AREA COLLINARE INTERNA</u>	21
3.2.2.	<u>AREA COLLINARE INTERMEDIA</u>	24
3.2.3.	<u>FASCIA COSTIERA</u>	27
4.	ANALISI GEOTECNICHE	31
4.1.	Tipologie di scavo	31
4.2.	Verifiche geotecniche.....	35
4.3.	Attraversamento aree PAI.....	56

1. PREMESSA

Il presente studio geotecnico esecutivo inerisce al progetto di “*Ristrutturazione ed automazione per ottimizzazione rete idrica comune di Agrigento*”, redatto dalla Delta Ingegneria s.r.l., in qualità di socio della Girgenti Acque S.p.A., che esegue i servizi di ingegneria relativi agli investimenti.

La Società Girgenti Acque S.p.a, ha assunto la gestione del Servizio Idrico Integrato dell’Ambito Territoriale Ottimale di Agrigento.

L’intervento in progetto prevede interventi sulla rete idrica della città di Agrigento e zone limitrofe .

La finalità dell’intervento è l’incremento dell’efficienza della rete di distribuzione cittadina, secondo i seguenti obiettivi primari:

- a) individuazione ed asservimento delle aree di utenza ai singoli serbatoi in relazione ai volumi di invaso disponibili ed ampliamento/sostituzione di eventuali strutture carenti e/o inesistenti;
- b) creazione delle necessarie interconnessioni tra i serbatoi di zona esistenti in modo da veicolare in tempo reale i flussi idrici in esubero in particolari aree per renderle disponibili ad altre aree in funzione alle turnazioni generali ed alla migrazione interna;

Per rispondere a tali obiettivi il presente progetto prevede interventi di sostituzione o di nuova realizzazione di parti dell’esistente rete idrica, sia interna che di adduzione, dislocati quindi sia nel centro abitato che nelle aree limitrofe.

Finalizzata a tali interventi progettuali, nella presente relazione viene fornito l’inquadramento geotecnico delle aree in oggetto.

L'indagine geotecnica viene condotta nel rispetto del **D.M. 11.3.1988** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione." e della **Circ. Min. LL.PP. n° 30483 del 24.9.1988** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione"

Lo scrivente ha innanzitutto effettuato, congiuntamente al geologo, vari sopralluoghi, prendendo visione delle varie aree di intervento, al fine di integrare e verificare le informazioni sui terreni presenti.

Per le indagini geognostiche si è fatto riferimento ai risultati di varie campagne geognostiche eseguite nelle varie zone oggetto di intervento e che caratterizzano ampiamente i terreni interessati dal presente progetto.

Le indagini prodotte hanno comportato l'esecuzione di sondaggi meccanici a carotaggio continuo, analisi geotecniche di laboratorio sui campioni indisturbati prelevati nel corso delle perforazioni, prove penetrometriche e pozzetti esplorativi

Gli obiettivi che si sono portati a compimento nella presente relazione geotecnica sono i seguenti:

- ◆ illustrare, commentare ed interpretare i risultati delle indagini geognostiche utilizzati per la caratterizzazione geotecnica dei terreni;
- ◆ fornire i parametri geotecnici per ciascun litotipo individuato, desunti dalla interpretazione delle analisi svolte;
- ◆ individuare, sulla base della caratterizzazione geotecnica effettuata e della geomorfologia dell'area, tutti i problemi di interazione terreno-struttura;

- ◆ Ricostruzione delle stratigrafie di calcolo, corredate dei parametri geotecnici, da utilizzarsi nelle analisi geotecniche di dimensionamento degli interventi progettuali inerenti l'interazione con il terreno, che nella fattispecie si riducono agli scavi per la posa delle condotte, non essendo previsti altri tipi di manufatto;

Nella presente relazione viene innanzitutto effettuata, così come prescrive il D.M. 11/03/88, "un'indagine geotecnica generale per la valutazione d'insieme, preliminarmente la realizzazione dell'opera, dei problemi che la natura e le caratteristiche geotecniche dei terreni impongono nelle scelte delle soluzioni progettuali e dei corrispondenti procedimenti costruttivi".

A tal fine viene eseguita una sommaria descrizione delle opere in progetto, richiamando la geomorfologia generale delle aree sulle quali tali opere saranno realizzate, desunta dagli elaborati geologici.

Si passerà quindi alla descrizione delle indagini geognostiche ricadenti nelle varie zone di intervento e desunte da altre campagne di indagine eseguite ed alla interpretazione dei risultati ottenuti, da cui vengono desunti i parametri geotecnici di ciascun litotipo presente nell'area di intervento.

Per lo svolgimento della presente relazione lo scrivente si è avvalso della seguente documentazione:

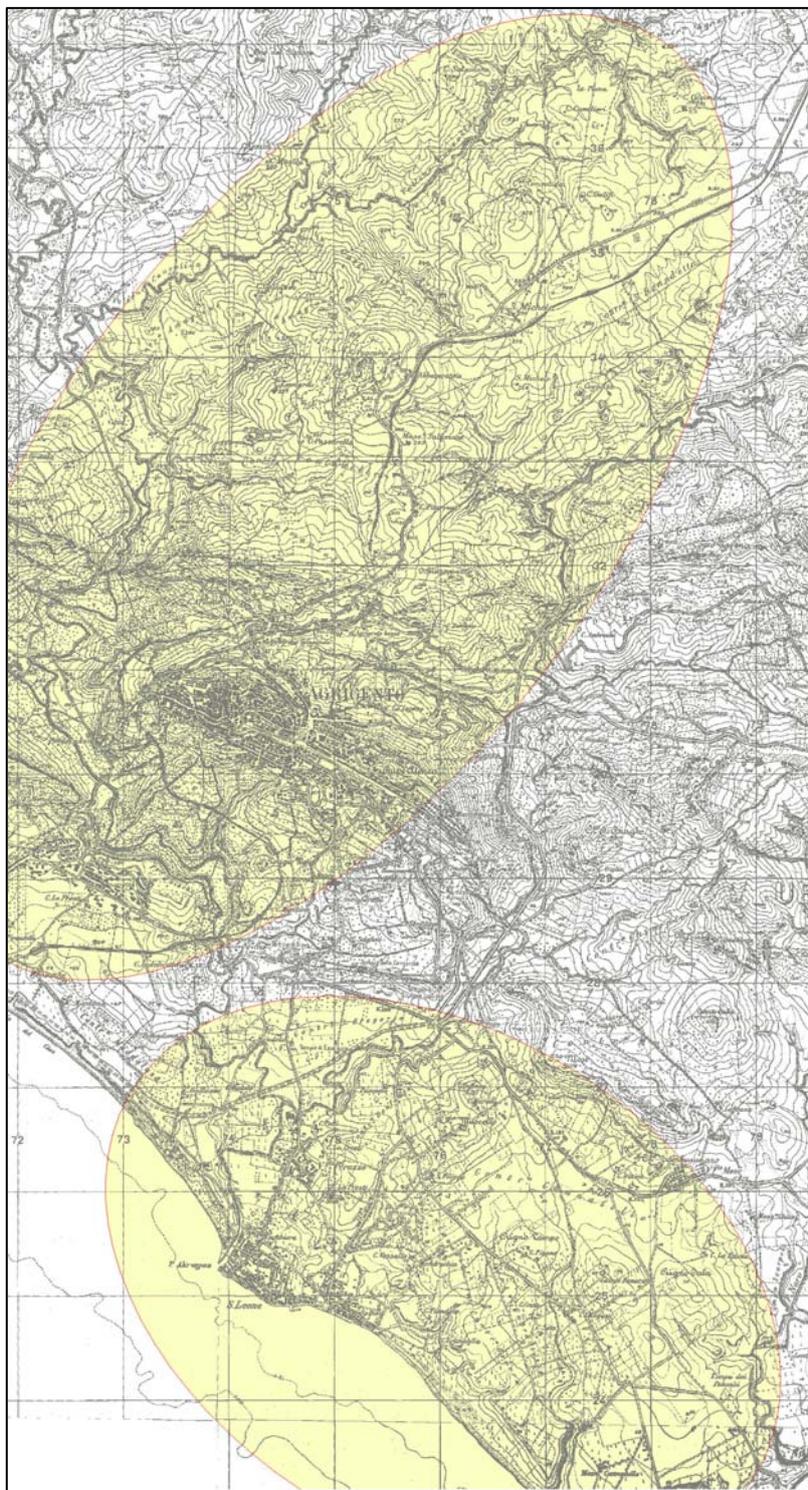
- elaborati di progetto;
- relazione geologica e relativi elaborati grafici;

Le zone oggetto di intervento non riguardano solo il centro abitato di Agrigento, ma anche le frazioni che costellano il nucleo storico della città e che determinano nel complesso la notevole estensione e complessità della rete idrica comunale.

Si considerano le seguenti zone principali, per ciascuna delle quali è stato condotto un approfondito studio geologico – tecnico atto a definire il modello stratigrafico, litologico e geotecnico propedeutico alla progettazione esecutiva:

- **zona Rupe – Forche - Giardini:** comprendente la zona Nord – Est del centro abitato delimitata a Nord dalla Rupe Atenea , è alimentata dagli omonimi serbatoi, ubicati rispettivamente sulla collina della Rupe Atenea e via San Vito;
- **Zona Itria:** comprendente la zona del centro storico della città, Nord-ovest, alimentata dal Serbatoio Itria;
- **Zona Viale** , comprendente la zona Sud del centro abitato di Agrigento , alimentata dal serbatoio ubicato sotto il viale della vittori;
- **Zona Villaggio Mosè:** comprendente la frazione del Villaggio Mosè in continuo sviluppo nell'intorno della SS 115 ad EST di Agrigento.;
- **Zona Poggio Muscello – San Leone:** comprendente le frazioni di San Leone, Cannatello, e parte del Villaggio Mosè che si sviluppano lungo l'ampia fascia costiera ricadente nel territorio di Agrigento. Sono alimentate dai Serbatoi Poggio Muscello e dal serbatoio San Leone, denominato “Lo Presti”;
- **zona Fontanelle,** comprendente l'omonima frazione di espansione edilizia ubicata a Nord – Ovest del centro abitato;
- **zona Madonna delle Rocche,** comprendente il quartiere Spina Santa a Nord dell'abitato e delimitato a Sud dalla SS 118 ed a Nord dal quartiere di espansione edilizia denominato Fontanelle.
- **zona Villaseta – Monserrato:** comprendente le frazioni di Villaseta e Monserrato ubicate ad Ovest del centro abitato, alimentata dal Serbatoio Fontanelle .

Nella figura seguente è presentata la corografia d'insieme delle zone oggetto di intervento, che ricadono nel territorio comunale di Agrigento, e riguardano il centro urbano, le zone a nord, dove verranno realizzate e/o sostituite con alcune condotte di adduzione, le frazioni di San Leone, Villaseta e Villaggio Mosè.



2. DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO E CENNI DI GEOMORFOLOGIA

2.1. Descrizione principali interventi in progetto

L'intervento in progetto prevede interventi nella rete idrica esistente sia nel centro abitato che nelle aree periferiche.

Si interviene soprattutto nelle aree del centro urbano servite dai serbatoi Itria, Rupe Atenea, Viale e Giardini, prevedendone il totale rifacimento della rete, mentre sulla rimanente rete esistente si interviene in modo da trasformarla in un organismo flessibile alle variazioni di portata in arrivo dagli enti fornitori esterni e alle esigenze della domanda interna degli utenti serviti.

Per il generale miglioramento del servizio sarà riorganizzato funzionalmente:

- il sistema esterno di adduzione, rendendolo atto alla sola alimentazione dei serbatoi di testata;
- il sistema interno di distribuzione, riordinando le aree afferenti ai singoli serbatoi di testata per omogeneizzare le quote piezometriche delle zone di utenza;

Sistema esterno di adduzione

Si prevede essenzialmente:

a) Per la zona Mosè:

- Il potenziamento dell'esistente adduttrice interna tra il serbatoio viale e l'area di C.da San Biagio - Villaggio Mosè Alto (Parco Angeli e nuova espansione)

- L'eliminazione dei cosiddetti "servizi esterni", per l'area Villaggio Mosè bassa- SS .115, con la riconessione della rete esistente al serbatoio di Cozzo Mosè.

b) Per la fascia costiera:

– Rifacimento dell'adduttore interno dal Serbatoio Poggio Muscello al Serbatoio Lo Presti di San Leone dal partitore Poggio Muscello.

c) Per il centro urbano :

– Rifacimento dell'adduttore interno a servizio del serbatoio Giardini con alimentazione dal serbatoio Forche.

Sistema interno di distribuzione

Per la rete idrica a servizio del centro urbano sottesa dai serbatoi Itria, Rupe Ate-nea, Viale e Giardini è previsto il rifacimento totale della rete idrica.

Si è resa necessaria anche la integrazione strutturale di reti secondarie in aree carenti, che riguardano essenzialmente le aree a servizio dei serbatoio San Leone, Poggio Muscello, Cozzo Mosè e Villaseta.

In tali aree l'integrazione avverrà seguendo le tipologie già in atto presenti nelle nuove reti, utilizzando le medesime tubazioni in Pead con diametri variabili dal DN 80 a DN 250, apparecchi di distribuzione tipo Gallo per l'appresamento delle utenze.

2.2. Cenni di geomorfologia generale

Nel presente paragrafo, sulla base dei lineamenti morfologici indicati nella relazione geologica, viene riproposta la caratterizzazione geotecnica generale dei terreni interessati dalla realizzazione delle opere in progetto.

Si considerano le seguenti zone:

- **zona Rupe – Forche - Giardini:**
- **Zona Itria:**
- **Zona Viale**
- **Zona Villaggio Mosè:**
- **Zona Poggio Muscello – San Leone:**
- **zona Fontanelle,**
- **zona Madonna delle Rocche,**
- **zona Villaseta – Monserrato:**

Tali zone di intervento vengono accorpate in aree geomorfologiche, di seguito richiamate, procedendo da nord verso sud, sulla base dell'inquadramento geomorfologico generale presentato nella relazione geologica, alla quale si rimanda per maggiori dettagli.

Area collinare interna

Comprende le seguenti zone, tutte poste a nord del centro abitato:

- **zona Fontanelle,**
- **zona Madonna delle Rocche,**

Nel settore prevalgono affioramenti terrigeni di natura argillosa, con intercalazioni sabbiose ed arenitiche o conglomeratiche della *Fm. Terravecchia*.

Il paesaggio dal punto di vista morfologico è tipicamente collinare .

I principali corpi idrici della zona sono i valloni Consolida e San Benedetto che confluiscono entrambi nel fiume San Leone.

Data la natura argillosa degli affioramenti, prevalgono i fenomeni di versante di natura gravitativi, quali colamenti, scorrimenti e processi di erosione accelerata che generano morfologie calanchive diffuse e a luoghi molto estese.

Questi, diffusi soprattutto lungo le sponde del vallone S. Benedetto, non interferiscono con gli scavi e le opere in progetto.

Area collinare intermedia

Comprende le seguenti zone, poste lungo l'asse est-ovest del centro abitato, e comprende le colline dove sorgono il centro abitato di Agrigento e le frazioni di Villasetta-Monserrato ad ovest e Villaggio Mosè ad est:

- **zona Rupe – Forche - Giardini:**
- **zona Itria:**
- **zona Viale**
- **zona Villaggio Mosè:**
- **zona Villasetta – Monserrato:**

Il settore è caratterizzato da colline che degradano dolcemente verso le aree pianeggianti costiere.

L'assetto morfologico dell'area, è di tipo prevalentemente collinare, con deboli spianate lievemente pendenti verso sud.

Litologicamente il settore in esame è caratterizzato dagli affioramenti di natura calcarenitica della *F.ne Agrigento* che a luoghi risultano interrotti e intervallati da intercalazioni sabbiose e argillo-sabbiose a cementazione variabile.

Le calcareniti compatte si riscontrano nell'abitato di Agrigento (*Rupe Atenea*) dove ricoprono le argille plioceniche della *F.ne Narbone a Villaseta* e nei pressi di *Cozzo Mosè*.

Procedendo verso sud sud-est (Villaggio Mosè) il paesaggio geomorfologico presenta un tipico assetto terrazzato di genesi marina, con ampie spianate e modeste scarpate poste a diverse quote che costituiscono i vari ordini terrazzati.

Il terrazzo presenta sedimenti di facies marina costituiti da depositi eterogenei di sabbie, argille, ghiaia e blocchi, di varia natura litologica, sono talvolta intaccati da incisioni pluviali che evidenziano il substrato plastico su cui poggiano, costituito dalle argille e marne argillose della formazione Monte Narbone.

La rete idrografica è poco sviluppata e gli unici corpi idrici presenti nella zona sono i fiumi Akragas ed Hypsas.

Gli interventi da realizzare (scavi e rinterri per posa di nuove condotte di profondità massima di 2-3 metri) non interferiscono in alcun modo con la falda freatica.

Altro elemento da segnalare nelle calcareniti affioranti della zona del centro storico e della valle dei templi, sono la presenza di ipogei che si estendono complessivamente per circa 17 km.

Si tratta di gallerie a sezione trapezoidale scavate nella roccia dotate sul fondo di una canaletta impermeabile per il trasporto delle acque.

Fascia costiera

Comprende le seguenti zone di intervento, poste a sud del centro abitato:

- **zona Poggio Muscello – San Leone:**

La zona si caratterizza per l'ampia spianata sub-pianeggiante, che a partire dalla linea di costa si spinge nell'entro-terra fino alle pendici delle collinette argillose plioce-niche o direttamente al piede del Terrazzo Marino pleistocenico.

Litologicamente il settore costiero è caratterizzato da depositi sciolti quali ghiaie, ciottoli, sabbie costiere e dune attuali, che ricoprono le sottostanti marne-argillose grigio-azzurre della "Formazione Monte Narbone".

Tali sedimenti di copertura sono di duplice origine (marina e continentale), derivano sia dalla deposizione di materiale lapideo proveniente dallo smantellamento delle retrostanti strutture collinari, sia da depositi prettamente costieri e marini.

Alle spalle del settore investigato, (a monte di San Leone in direzione Contrada Guardia – Cannatello, via degli Imperatori) il paesaggio geomorfologico presenta un tipico assetto terrazzato di genesi marina, con ampie spianate e modeste scarpate poste a diverse quote che costituiscono i vari ordini terrazzati.

Il terrazzo marino copre le argille marnose della formazione Monte Narbone che affiorano in prossimità dei gradini e delle scarpate più ripide.

Gli interventi da realizzare a potenziamento e razionalizzazione sia dell'esistente rete idrica interna che degli adduttori esterni e di collegamento tra i serbatoi, essendo estesa su di un'ampia porzione di territorio, interessa, a livello di stratigrafia superficiale, varie tipologie di terreno.

I problemi geotecnici riscontrabili per tali tipologie di intervento sono quelli relativi all'apertura temporanea degli scavi per la posa delle tubazioni, che saranno comunque poco profondi. La maggiore profondità di scavo prevista non supera 1.50 m.

Vengono qui di seguito riproposte le proprietà geotecniche dei terreni presenti nelle aree in oggetto operando una distinzione in unità geotecniche che comprendono terreni che presentano comportamento e caratteristiche meccaniche assimilabili.

Litologie ricadenti principalmente nella fascia costiera

Terrazzi marini

Rappresentano un deposito clastico di mare basso, testimone di un'ingressione marina, posto in discordanza sulle sottostanti formazioni delle argille e argille marnose plioceniche o i calcari marnosi (Trubi) che ne rappresentano il substrato. I sedimenti dei Terrazzi presenti nella zona sono composti in prevalenza da conglomerati incoerenti - ghiaie - sabbie e sabbie argillose di colore giallastro.

La litologia di tali frammenti è varia in generale prevale una componente calcarea essendo il deposito di facies litorale.

Sono caratterizzati dall'essere costituiti da sedimenti conglomeratici fossiliferi, discretamente cementati. Gli spessori di questi depositi sono di pochi metri.

Depositi alluvionali

La particolare morfologia pianeggiante e la presenza di torrenti hanno consentito una importante sedimentazione di tipo continentale con la formazione di depositi alluvionali. Si rinvencono nella zona di S. Leone e di Cannatello

Sono costituite dei depositi continentali costituiti da un'insieme sciolto o scarsamente cementato di limi argillosi frammisti a ghiaia, sabbia e ciottoli; talora si rinvencono blocchi e livelli conglomeratici grossolani che si ricollegano all'azione di trasporto della rete idrografica a regime torrentizio che sfiora sulle zone di pianura.

I depositi presentano inoltre abbondanti resti vegetali sia decomposti (Humus), che parzialmente decomposti; ciò determina fenomeni di compressibilità e variazioni di volume in relazione al contenuto d'acqua che possono interagire negativamente con le opere stradali da realizzare.

Le alluvioni in esame presentano scarsa permeabilità essendo molto abbondante la frazione limosa e argillosa; non di rado sono frequenti fenomeni di ristagno superficiale delle acque meteoriche.

Litologie ricadenti principalmente nell'area collinare intermedia

Calcareniti

Le calcareniti di sedimentazione pleistocenica rappresentano la chiusura del ciclo sedimentario del quaternario e costituiscono un terreno di natura fossilifera più o meno cementato.

Si presentano di colore dal giallo-bruno al marrone e possono essere costituite da piccoli strati cementati di poco spessore alternati a livelletti sabbiosi meno cementati.

Lo spessore dell'unità è assai variabile; generalmente si ipotizza uno spessore di circa 15-20 metri, anche se il passaggio alle sottostanti argille non è netto ma graduale.

Tale strato, laddove sarà interessato dagli scavi di posa della rete idrica, non comporta alcuna problematica di carattere geotecnico, date le buone caratteristiche di portanza e la possibilità di effettuare in esso pareti di scavo pressochè verticali.

Affioramenti di questa litologia si hanno nel centro storico di Agrigento, che ne costituisce il substrato, in parte dell'abitato di Villaseta e nei pressi di cozzo Mosè.

Formazione marnoso arenacea - Argille e argille sabbiose plioceniche

L'unità è composta da argille grigio-azzurre omogenee a struttura scagliosa passanti verso l'alto a sedimenti sempre più limo-sabbiose segnando il termine superiore dell'unità di passaggio alle sovrastanti sabbie e calcareniti.

In perforazione si presentano di colore grigio-verde con livelli di argille alternati ad argille sabbiose e veli di sabbia giallastra; presentano resti di fossili, e luoghi minuti cristalli di gesso. Affiorano nel settore centrale dell'area in studio .

Trattasi di un deposito di transizione tra ambiente di mare poco profondo e mare aperto; numerose sono le variazioni di facies testimoniate dalla presenza di livelli sabbiosi e talora ghiaiosi alternati a grossi banchi argillosi. Tale alternanza si riscontra sia verticalmente che orizzontalmente, pertanto il passaggio con le sabbie e calcareniti non è mai netto sia in affioramento che in perforazione.

Formazione marnoso arenacea - sabbie e sabbie limose (pliocene –pleistocene)

Affiorano in continuità con le Argille Marnose in concomitanza di collinette ed alti strutturali (Cozzo Mosè, a sud della Rupe Atenea e in buona parte di Villaseta).

L'unità è costituita da sabbie fini giallastre con livelli limosi e talora argillosi generalmente poco cementati; si riscontrano inoltre modesti livelli di ghiaia e, nella parte alta della sequenza veli di calcarenite.

Si tratta di un tipico deposito di mare basso passante dalle argille sabbiose grigie alle sabbie sciolte o debolmente cementate, per poi passare gradatamente a calcareniti cementate molto ricche in fossili.

Nel settore di progetto le sovrastanti calcareniti non sono state riscontrate e non intersecano direttamente l'opera.

Lo spessore dell'unità è assai variabile; i sondaggi realizzati hanno evidenziato uno spessore di circa 15 metri, anche se il passaggio alle sottostanti argille non è mai netto ma graduale.

Detrito di falda

Si tratta di una coltre di copertura delle formazioni in posto con spessori variabili da pochi decimetri a 2-3 m, è presente nelle zona sud della Rupe Atenea nei pressi dell'area cimiteriale di Agrigento e nelle vicinanze dello stadio Esseneto.

Generalmente è costituito da ghiaie, brecce, variamente cementate a luoghi misti a matrice terrosa o sabbioso-argillosa. I frammenti sono generalmente di natura calcarenitica e provengono dallo smantellamento delle formazioni topograficamente sovrastanti.

Litologie ricadenti principalmente nell'area collinare interna

Argille tortoniane

Affiorano diffusamente a nord dell'abitato di Agrigento

L'unità è costituita prevalentemente da argille ed argille marnose grigio azzurre, con modesti lenti di argille sabbiose e porzioni di conglomerati.

Spesso le argille presentano in superficie uno strato di copertura alterato dello spessore variabile da 1 a 5 m, costituito da limi argillosi, di colore marrone scuro caratterizzati da una discreta plasticità, decrescente con la profondità.

Oltre tale livello si passa alla formazione argillosa inalterata, costituita da argille marnose e/o sabbiose, di colore grigio-azzurro, mediamente consistenti e plastiche, con generale miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche.

Le argille presentano varia tessitura: scagliettata, brecciata, puddingoide; solitamente gli elementi stratimetrici sono molto poveri, raramente è possibile riconoscere la stratificazione essendo le giaciture caotiche.

Lo spessore dell'unità è indeterminabile, poiché non affiora il letto dello strato, e poiché i numerosi sondaggi eseguiti non danno indicazioni valide circa lo spessore.

Trubi

Formazione che affiora nella parte a nord dell'abitato di Agrigento.

Trattasi di calcari marnosi più o meno cementati passanti a marne calcaree; in affioramento si presentano ben stratificati, con strati aventi uno spessore di circa 10 - 20

cm e con delle fratture ortogonali alla stratificazione stessa.

Associate ai Trubi a tratti intercalate e frammiste, si rinvencono brecce argillose a struttura caotica con intercalazioni di marna calcarea.

I Trubi si possono considerare a coesione variabile. Nella parte alta per spessori di pochi metri sono permeabili per fratturazione ed alterazione, mentre in profondità, essendo delle rocce insolubili, sono impermeabili. Lo spessore della Formazione è variabile tra i 40 e i 60 m .

Calcari - Calcari marnosi

Il Calcarea di base è senza dubbio uno dei litotipi che imprime alla morfologia della zona rilevata una notevole impronta. Infatti le serre ed i cozzi, che caratterizzano il tipico paesaggio collinare dell'area, sono costituiti da questa litologia.

Affiora a nord del centro abitato, in prossimità della “contrada Minaga”.

Si presenta in grossi banchi, separati da intercalazioni marnose, che contengono a loro volta straterelli calcarei di pochi centimetri.

Gli spessori assai variabili mostrano valori medi intorno ai 50-70 m .

I calcari marnosi e le marne calcaree sono di colore biancastro e si presentano spesso intensamente fratturati. Presentano colore biancastro o grigiastro, tessitura cristallina o saccaroide a grana fine, stratificazione in banchi, talvolta molto tettonizzati, con spessore variabile da qualche decimetro a qualche metro. Sono litotipi molto resistenti con elevati valori di resistenza a rottura.

Tripoli – (marne tripolacee)

E' l'unità di base della serie Gessoso Solfifera ed è presente con modesti affioramenti a ridosso dei Calcari

Generalmente gli spessori sono modesti così come limitata è la sua continuità laterale. E' costituito da una alternanza di strati diatomitici e marnoso-calcarei; si presenta friabile, terroso, con nette sfaldature lungo i piani di laminazione, presenta un caratteristico basso peso specifico, che lo rende molto leggero e facilmente riconoscibile.

Verso l'alto il Tripoli presenta le stratificazioni marnoso-calcaree più spesse, ed intercalazioni di sottili straterelli di pochi centimetri di calcare rossastro, che testimonia il graduale passaggio ad un ambiente sempre più evaporitico.

Lo spessore riscontrabile negli affioramenti è di pochi metri (10-15), valore che sembra seguire la tendenza di tutto il bacino evaporitico.

Gessi

Affiorano nella parte nord di Agrigento e sono quelli del secondo ciclo "Gessi di Paquasia" con i quali inizia il complesso evaporitico superiore.

Sono costituiti dall'alternanza di potenti banconi di gesso macrocristallino, da livelli di gesso "balatino" e gesso selenitico, separati da intercalazioni marnose.

Le sequenze iniziano con una zona inferiore caratterizzata da sottili strati di Gesso Balatino cui segue una zona di Gesso Selenitico. Il primo presenta un fitto numero di veli di gesso spessi poco più di qualche millimetro, di colore bianco-grigio, di probabile deposito primario; l'attuale stratificazione è disturbata da fenomeni tettonici.

I banconi di gesso selenitico si presentano con macrocristalli geminati a coda di rondine, di dimensioni comprese fra i 2-3 cm fino ai 15-20 cm.

I gessi in molti casi sono nettamente separati dalle formazioni sottostanti da livelli gessarenitici e da una formazione torbiditica, caotica, inglobante al suo interno oltre che conglomerati a matrice gessosa anche livelli diatomitici e marnosi bituminosi.

In molti casi questa formazione gessosa è presente accompagnata da sedimenti tipicamente argillosi sotto forma di intercalazioni che determinano nella morfologia di superficie degli addolcimenti del rilievo.

A volte i gessi appaiono di spessore molto ridotto o talora assenti; in tal caso i Trubi poggiano direttamente sui calcari.

Lo spessore della formazione è assai variabile, assumendo spesso una conformazione a lente con massimi di 70 - 90 m, e parti dove è totalmente assente. I dati stratigrafici bibliografici, indicano un valore medio di 50 - 60 m .

Data la piccola profondità degli scavi per la posa in opera delle tubazioni previste per la razionalizzazione della rete idrica, per la relativa parametrizzazione geotecnica sono da utilizzare i valori relativi agli strati superficiali delle varie tipologie stratigrafiche individuate.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

3.1. Indagini in sito ed in laboratorio

Come detto nelle premesse, per la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dai vari interventi previsti in progetto si sono utilizzate varie campagne di indagini geognostiche effettuate in zona.

Si è fatto riferimento a campagne di indagine variamente dislocate nel territorio ma ricadenti in zone oggetto di intervento, il cui report completo è allegato allo studio geologico-geotecnico, sia come planimetria di ubicazione che come risultati di indagini.

Le indagini geognostiche utilizzate hanno previsto le seguenti tipologie esplorative:

- 1) Esecuzione di sondaggi meccanici a carotaggio continuo spinti a profondità variabile;
- 1) Esecuzione di prove penetrometriche e o di pozzetti esplorativi;
- 2) Prelevamento di campioni indisturbati in fustella d'acciaio;
- 3) Analisi di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica del terreno di substrato.

Tali indagini hanno permesso di rendere più completo l'inquadramento geognostico del substrato interessato dagli scavi per la posa delle varie tubazioni previste.

3.2. Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Le zone in cui viene appresso eseguita la caratterizzazione geotecnica vengono suddivise in aree geomorfologiche, procedendo da nord verso sud, analogamente a quanto effettuato nell'inquadramento geomorfologico precedentemente presentato

3.2.1. AREA COLLINARE INTERNA

Comprende le seguenti zone, tutte poste a nord del centro abitato:

- **zona Fontanelle,**
- **zona Madonna delle Rocche,**

Nelle zone più a nord dell'area in esame affiorano le argille tortoniane, che presentano una porzione superficiale alterata, costituita da argille e limo argilloso-sabbioso plastico.

Nella zona di Fontanelle si rinvencono, oltre alle argille tortoniane, varie emergenze calceree (Contrada Minaga).

Nella zona di Madonna delle Rocche si rinvencono formazioni gessose.

Si presentano qui di seguito le caratterizzazioni geotecniche dei litotipi predominanti presenti nell'area.

Argille tortoniane

Dai numerosi report di indagine relativi alle argille tortoniane della zona a nord di Agrigento si è estrapolata la seguente caratterizzazione geotecnica delle argille tortoniane, suddivisa in parte superficiale e parte profonda:

A) STATO SUPERFICIALE costituito da argille limo sabbiose passanti a limo argilloso

- contenuto d'acqua variabile tra 20% e 24% con un valore medio di 22%
- peso di volume e peso specifico variabili tra 1.90 e 2.0 e tra 2.70 e 2.78 per i seguenti valori medi: peso di volume 1.95 t/mc;

peso specifico 2.74.

- Grado di saturazione variabile tra 86% e 96% con un valore medio di 90%
- I limiti di Atterberg hanno dato i seguenti valori medi:
WI=57% ; Wp=28% ; Ip=29%
- La percentuale di argilla presente è risultata mediamente del 49%.
- Gli indici di consistenza ed attività sono pari a $I_c=1.20$ ed $I_a=0.60$ che classificano lo strato preso in considerazione come argille inattive di consistenza molto compatta.

Riguardo ai parametri di resistenza si sono ottenuti i seguenti valori:

- Coesione non drenata compresa tra 0.40 ed 1.37 kg/cm² per un valore medio di 0.89 kg/cm².
- Coesione da prove di taglio drenate compresa tra 0.40 e 0.70 kg/cm² per un valore medio di 0.45 kg/cm²
- Angolo di attrito variabile tra 16 e 20 per un valore medio di 18 gradi.

B) STRATO PROFONDO costituito da argille limo sabbiose passanti a limo argilloso

- contenuto d'acqua variabile tra 16% e 23% con un valore medio di 20%
- peso di volume e peso specifico variabili tra 1.95 e 2.04 e tra 2.68 e 2.77 per i seguenti valori medi: peso di volume 2.00 t/mc; peso specifico 2.73.

- Grado di saturazione variabile tra 72% e 96% con un valore medio di 84%
- I limiti di Atterberg hanno dato i seguenti valori medi:
WI=56% ; Wp=26% ; Ip=30%
- La percentuale di argilla presente è risultata mediamente del 49%.

- Gli indici di consistenza ed attività sono pari a $I_c=1.20$ ed $I_a=0.60$ che classificano lo strato preso in considerazione come argille inattive di consistenza molto compatta.

Riguardo ai parametri di resistenza si sono ottenuti i seguenti valori:

- Coesione non drenata compresa tra 0.80 ed 1.20 kg/cm² per un valore medio di 1.00 kg/cm².
- Coesione da prove di taglio drenate compresa tra 0.23 e 0.80 kg/cm² per un valore medio di 0.45 kg/cm²
- Angolo di attrito variabile tra 19 e 25 per un valore medio di 21 gradi.

Ricapitolando, la successione stratigrafica individuata è la seguente:

Da 1.50 a 5.00 m formazione alterata

$$\gamma = 1.95 \text{ t/mc} \quad c_u = 9 \text{ t/mq}$$

$$\text{oppure } c' = 4 \text{ t/mq} \quad \phi' = 18$$

Da 5.00 in poi formazione di base

$$\gamma = 2.0 \text{ t/mc} \quad c_u = 10 \text{ t/mq}$$

$$\text{oppure } c' = 4 \text{ t/mq} \quad \phi' = 21$$

Gessi

Gessi selenitici litoidi

Per le analisi geotecniche si considerano i seguenti valori caratteristici:

$$\gamma = 2.20 \text{ t/mc}$$

$$\phi' = 35^\circ$$

Calcari

Calcare evaporitico a struttura massiva

Si attribuiscono i seguenti valori fisici e meccanici:

$$\gamma = 2.2 \text{ T/mc} \quad (C_u = 2.50 \text{ Kg/cm}^2)$$

$$\phi' = 35^\circ - 40^\circ$$

3.2.2. AREA COLLINARE INTERMEDIA

Comprende le seguenti zone, poste lungo l'asse est-ovest del centro abitato:

- **zona Rupe – Forche - Giardini:**
- **zona Itria:**
- **zona Viale**
- **zona Villaggio Mosè:**
- **zona Villaseta – Monserrato:**

queste vengono ulteriormente suddivise in:

Agrigento centro

Nella zona affiorano principalmente le calcareniti, anche con modesti spessori di ricoprimento di detriti o riporti.

Per il tratto di condotta da sostituire, di adduzione al serbatoio Forche, si attraversano le argille plioceniche, le argille brecciate e una piccola porzione di trubi.

Raggruppa le zone

- **zona Rupe – Forche - Giardini:**
- **Zona Itria:**
- **Zona Viale**

Villaseta –Monserrato

Le opere da realizzare in questa zona insistono prevalentemente sui depositi calcarenitici, ampiamente diffusi nell'abitato di Villaseta.

Raggruppa le zone

- **zona Villaseta – Monserrato:**

Villaggio Mosè

Le opere da realizzare in questa zona insistono prevalentemente sui terrazzi marini, che presentano sedimenti costituiti da depositi eterogenei di sabbie, argille, , di varia natura litologica, talvolta intaccati da incisioni pluviali che evidenziano il substrato costituito da argille e marne argillose.

Raggruppa le zone

- **zona Villaggio Mosè:**

Si presentano qui di seguito le caratterizzazioni geotecniche dei litotipi predominanti presenti nell'area.

Calcareniti

Calcareniti di sedimentazione pleistocenica

Per le analisi geotecniche si considerano i seguenti valori caratteristici:

$$\gamma = 1.8 \text{ T/mc.}$$

$$c' = 0 \quad \varphi' = 35^\circ$$

Trubi

Trubi – Calcari marnosi

Per le analisi geotecniche si considerano i seguenti valori caratteristici:

$$\gamma = 1.9 \text{ T/mc}$$

$$C_u = 1.45 \text{ Kg/cm}^2$$

$$c' = 0.3 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\varphi' = 29/32^\circ$$

Argille plioceniche

Dai numerosi report di indagine relativi alle argille plioceniche si è estrapolata la seguente caratterizzazione geotecnica delle argille plioceniche, suddivisa in parte superficiale e parte profonda:

E' presente nella parte superficiale della colonna stratigrafica e si rinviene su quasi tutta la fascia indagata, a quote comprese tra 1.00 e 5.00 m. da p.c., e costituisce la parte superficiale alterata della formazione argillosa di substrato.

Risulta variamente alterato e con un elevato contenuto d'acqua, spesso, in corrispondenza degli impluvi si rinviene in alternanza alle alluvioni a grana grossa, di cui ne costituisce la matrice.

Ha una piccola frazione sabbiosa che può risultare variabile tra 0 e 10%.

La frazione argillosa presente è risultata mediamente compresa tra 50 e 65%.

La caratterizzazione geomeccanica individuata è la seguente:

Parte superficiale alterata delle argille plioceniche.

$$\gamma = 1.9 \text{ T/mc. } c_u = 0.6 \text{ Kg/cmq}$$

$$c' = 0.5 \text{ Kg/cmq. } \phi' = 14^\circ$$

Argille plioceniche grigio-azzurre compatte

$$\gamma = 1.9 \text{ T/mc. } c_u = 1.9 \text{ Kg/cmq}$$

$$c' = 1.2 \text{ Kg/cmq. } \phi' = 20^\circ$$

3.2.3. FASCIA COSTIERA

Comprende le seguenti zone di intervento, poste a sud del centro abitato:

- **zona Poggio Muscello – San Leone:**

queste vengono ulteriormente suddivise in:

San Leone

Le opere da realizzare in questo settore insistono sulle argille plioceniche sui depositi elu-colluviali e in parte sui terrazzi marini che affiorano a nord dell'abitato.

Poggio Muscello

Il settore in esame si caratterizza per i vasti affioramenti di terrazzi marini e argille plioceniche nei poggi e nelle collinette più alte.

In prossimità di *Cozzo Mosè* si hanno, invece, affioramenti di calcareniti e sabbie pleistoceniche.

Si presentano qui di seguito le caratterizzazioni geotecniche dei litotipi predominanti presenti nell'area.

Depositi eluolluviali

Terreni di copertura: materiali di riporto o terreno vegetale; depositi eluolluviali costituiti da limi, frammenti lapidei e sostanza organica.

Si considerano i seguenti valori:

$$\gamma = 1.80 \text{ t/mc} \quad c' = 0.0 \text{ kg/cmq}$$

$$\phi' = 18^\circ/20^\circ$$

Depositi alluvionali

Per le analisi geotecniche si considerano i seguenti valori caratteristici:

Alluvioni fini: *sabbie e limi sabbiosi*

$$\gamma = 1.85 \text{ t/mc}$$

$$c_u = 0.50 \text{ kg/cmq}$$

$$c' = 0.15 \text{ kg/cmq}$$

$$\phi' = 22^\circ$$

Alluvioni a grana grossa: *sabbie e ghiaie*

$$\gamma = 1.95 \text{ t/mc}$$

$$c' = 0.00 \text{ kg/cmq}$$

$$\phi' = 25^\circ/27^\circ$$

Terrazzo marino

Costituito da *conglomerati, sabbie e limi sabbiosi*

Per le analisi geotecniche si considerano i seguenti valori caratteristici:

$$\gamma = 1.9 \text{ T/mc.}$$

$$c_u = 0.5 \text{ Kg/cmq}$$

$$c' = 0 \quad \phi' = 25^\circ$$

Detrito

Costituito dal materiale di riporto antropico, formato da detrito vario a matrice limosa

- Contenuto d'acqua **22.2%**

- Peso di volume **1.9 T/mc**

Riguardo ai parametri di resistenza, si sono ottenuti i seguenti valori:

- $C_u = 0.9 \text{ Kg/cmq}$

Circa i parametri drenati, le prove di taglio hanno dato i seguenti risultati:

- $c' = 0.5 \text{ Kg/cmq}$ $\varphi' = 21^\circ$

Sabbie

Sabbie grossolane a matrice silciosa.

Riguardo ai parametri di resistenza, si propone in via cautelativa:

- Peso di volume **1.9 T/mc**

parametri non drenati

- $C_u = 0 \text{ Kg/cmq}$

parametri drenati

- $c' = 0 \text{ Kg/cmq}$ - $\varphi' = 25^\circ$

Classi di scavo

Dalla caratterizzazione geotecnica effettuata su possono ricavare per le varie tipologie di terreno individuate le seguenti classi di scavo omogenee :

Litologia	Resistenza allo schiacciamento Classe di scavo N/mm ²
Argille Plio-pleistoceniche e tortoniane	0-4
Calcareni e Trubi	4-10
Depositi elu-colluviali ed alluvionali	0-4
Sabbie e depositi marini sciolti	0-4
Sabbie e depositi marini debolmente cementati	4-10
Gessi e Calcari	20-40

4. ANALISI GEOTECNICHE

Nel presente paragrafo vengono dimensionate dal punto di vista geotecnico, alla luce dei risultati delle indagini geognostiche effettuate e della caratterizzazione geotecnica precedente, le interazioni con il terreno.

In particolare verranno fornite indicazioni geotecniche di carattere generale riguardo gli scavi per la posa in opera delle tubazioni.

4.1. Tipologie di scavo

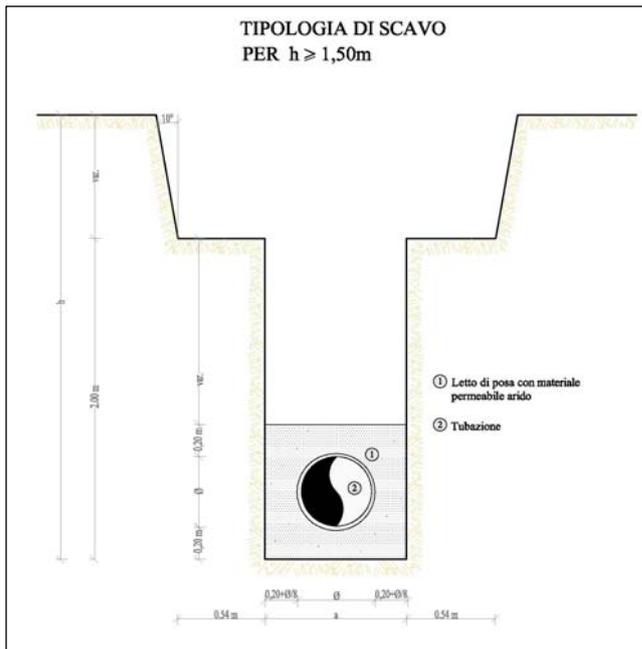
Dall'analisi dei profili geomeccanici e dalla verifica delle geometrie degli scavi si è scelto di adottare due tipologie di intervento:

- per scavi di profondità inferiore a 1,50 m si adotterà uno scavo a sezione obbligata di tipo rettangolare dalla larghezza di 80 cm.
- per scavi di profondità maggiore di 1,50 m si adotterà una geometria di scavo di tipo trapezoidale con pareti inclinate di 10° sulla verticale, per aumentare la sicurezza e la stabilità dello scavo.

In fase di esecuzione dei lavori si verificheranno le soluzioni adottate in progetto, tratto per tratto, intervenendo con eventuali opere di sostegno provvisorie, qualora necessario.

Di seguito e in maniera dettagliata si riportano le tipologie di scavo adottate e, a seguire, le verifiche di stabilità per i fronti di scavo previsti.

Tratti su terreno



La sezione di scavo, per profondità inferiori a 1,50 [m], sarà di tipo rettangolare con larghezza di 0,80 [m]; il ricolmo, al di sopra dello strato di inglobamento della tubazione con materiale arido permeabile (sabbia), verrà realizzato con idonei materiali provenienti dagli scavi adeguatamente costipati. Per profondità di scavo maggiori di 1,50 [m] verrà adottata una sezione di scavo di tipo trapezoidale con pareti inclinate di 10° sulla verticale; ricolmo e ripristino finale della sezione saranno realizzati analogamente alla precedente tipologia di sezione.

Tratti su terreno in litologie sciolte



La sezione di scavo, per profondità superiori a 1,50 [m], sarà di tipo di tipo trapezoidale trapezoidale con pareti inclinate di 10° sulla verticale; il ricolmo, al di sopra dello strato di inglobamento della tubazione con materiale arido permeabile (sabbia), verrà realizzato con idonei materiali provenienti dagli scavi adeguatamente costipati.

4.2. Verifiche geotecniche

Criteri generali per la stabilità delle pareti di scavo

In merito alle problematiche di carattere generale circa la posa in opera delle tubazioni si forniscono le seguenti indicazioni, distinguendo i casi di profondità di scavo fino a 1.50 m. e di profondità maggiore di 1.50 m.

Profondità di scavo fino a 1.50 m.

Si è riscontrato che la quasi totalità degli scavi, soprattutto per la posa delle reti idriche interne di distribuzione, raggiungono una profondità non superiore di 1.50 m.

Come visto precedentemente, gli scavi interessano numerose tipologie di terreno, data la vastità dell'intervento, e delle varie litologie solamente la parte più superficiale, costituita da terreni prevalentemente alterati o da fondazione stradale.

Prendendo in considerazione la fase temporanea relativa all'apertura dello scavo, viene appresso eseguita un'analisi geotecnica a breve termine, cioè in condizioni non drenate, finalizzata a fornire indicazioni utili circa l'altezza limite della parete verticale che si può raggiungere negli scavi fino a 1.50 m. di profondità

Analizzando le varie caratterizzazioni geotecniche precedentemente fornite, si può ricavare che la quasi totalità delle litologie riscontrate nelle zone di intervento, ad eccezione delle sabbie sciolte, ha una coesione non drenata per lo strato superficiale non inferiore a:

$$c_u = 0.50 \text{ kg/cmq.}$$

Per tenere conto mediamente della parte superficiale costituita da materiale di riporto, tale valore si porta cautelativamente a 0.35 kg/cmq.

Dalla formula per l'altezza critica dei fronti di scavo,

$$h_{\text{critica}} = \frac{2.67c'}{\gamma'} \times \text{tg} \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right) \quad (\text{Terzaghi})$$

facendo l'analisi a breve termine, e quindi in condizioni non drenate ($\phi'=0$), si ottiene:

$$h_c = \frac{2.67 C_u}{\gamma}$$

Applicando a tale altezza critica un coefficiente di sicurezza di 3, ed utilizzando i valori ottenuti di C_u si ottiene la seguente altezza ammissibile di scavo a parete verticale:

$$H_{\text{amm}} = 1.60 \text{ m}$$

E' quindi possibile realizzare sezioni di scavo a parete verticale per l'altezza prevista di m. 1.50, sempre che il fronte di scavo si mantenga aperto per il tempo strettamente necessario alla posa del tubo e non si siano rinvenuti altri fenomeni di instabilità locale.

Per tale considerazione, l'altezza sopraindicata è localmente suscettibile di variazione in base alla possibilità di rinvenire durante le fasi di scavo tipologie di terreno diverse da quella schematizzata, come ad esempio il caso delle sabbie sciolte.

Quindi per gli scavi fino a 1.50 di profondità si conferma che è possibile realizzare pareti di scavo a sezione verticale per tutte le tipologie individuate, ad eccezione delle sabbie sciolte o scarsamente cementate, per le quali è opportuno realizzare pareti inclinate sulla verticale anche per profondità di scavo minori di 1.50 m.

Profondità di scavo maggiori di 1.50 m.

Le profondità di scavo maggiori di 1.50 m. si rilevano soprattutto per la posa degli adduttori esterni, di limitata estensione e sviluppo, per i quali si può effettuare un'analisi geotecnica più specifica per la verifica della stabilità della parete dello scavo.

In particolare gli interventi di sostituzione di collettori di maggior diametro previsti in progetto e presi in considerazione sono:

- Rifacimento del collegamento dal Serbatoio Itria al partitore di San Giusippuzzu - DN 350
- Rifacimento dell'adduttore interno dal Serbatoio Poggio Muscello al Serbatoio Lo Presti di San Leone – DN 250 .

Nel primo caso si considera l'attraversamento della parte superficiale delle argille tortoniane, mentre nel secondo caso vengono attraversati i terrazzi marini e le argille plioceniche.

La caratterizzazione geotecnica dei siti individuati è la seguente:

Argille tortoniane, parte superficiale

$\gamma = 1.95 \text{ t/mc}$ $c_u = 0.9 \text{ Kg/cmq}$

oppure $c' = 0.4 \text{ Kg/cmq}$ $\varphi' = 18$

Terrazzi marini

$\gamma = 1.9 \text{ T/mc}$. $c_u = 0.5 \text{ Kg/cmq}$

$c' = 0$ $\varphi' = 25^\circ$

Argille plioceniche, parte superficiale

$\gamma = 1.9 \text{ T/mc}$. $c_u = 0.6 \text{ Kg/cmq}$

$c' = 0.5 \text{ Kg/cmq}$. $\varphi' = 14^\circ$

Per tali caratterizzazioni viene qui di seguito effettuata una verifica di stabilità della parete dello scavo inclinata di 10° rispetto alla verticale per un'altezza di scavo di m. 2.50.

La verifica viene effettuata secondo il nuovo D.M. sulle costruzioni in zona sismica, considerando una zona sismica di II categoria, categoria di suolo tipo D ed accelerazione $ag/g = 0.25$

Viene quindi presa in considerazione l'azione dinamica schematizzando la presenza del sisma.

L'analisi è condotta in condizioni non drenate, sia per la presenza del sisma che per il fatto che trattasi di scavi provvisori e quindi a breve termine.

Per quanto riguarda la scelta della categoria di tipo di suolo si desume dalla relazione geologica che sia per la zona a nord di Agrigento che per la zona di San Leone la tipologia di suolo schematizzata è la tipo D.

Difatti:

Nelle zone a nord, dove affiorano le argille tortoniane, che presentano una porzione superficiale alterata, costituita da argille e limo argilloso-sabbioso plastico, il profilo sismico appartiene alla categoria **D** "Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 180$ m/s ($N_{Spt} < 15$, $C_u < 70$ kPa).

Nelle zone di San Leone-Poggio Muscello affiorano le argille plioceniche sui depositi elu-colluviali e, in parte, i terrazzi marini, soprattutto a nord dell'abitato di S. Leone. Gli studi condotti orientano a considerare la zona in esame il di categoria **D** "Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente consistenti.

Viene verificata l'altezza massima della parete dello scavo di 2.50 m. .

Delle tre tipologie litologiche individuate di analizza quella che ha i parametri geotecnici più bassi in condizioni non drenate.

Per la sezione di scavo si prevede una inclinazione della parete di 10° dalla verticale.

Non viene considerato presente alcun sovraccarico a bordo scavo in quanto per legge il materiale scavato non può essere accumulato a bordo scavo ma va necessariamente allontanato.

Il metodo di calcolo utilizzato fa parte dei metodi che studiano la stabilità globale nella condizione di equilibrio limite ultimo.

Il metodo consiste, prefissata una probabile superficie di scivolamento a direttrice circolare, nel suddividere il masso di terreno delimitato da questa e dal profilo del terreno in conci e nel valutare, per ogni concio, le grandezze che intervengono nella determinazione del coefficiente di sicurezza.

Queste sono:

W_i : peso del concio iesimo;

U_i : pressione neutra alla base del concio iesimo;

$\sin \alpha_i$: seno, coseno, tangente dell'angolo che la congiungente il

$\cos \alpha_i$ centro della direttrice circolare con il baricentro della

$\tan \alpha_i$ base del concio iesimo forma con la verticale;

A_{xi} : larghezza del concio iesimo;

Ad ogni superficie di scivolamento compete un valore di F .

In ogni sezione viene evidenziato il campo dei centri delle probabili superfici di scivolamento.

Dai tabulati di verifica presentati si ricava che la parete di scavo presa in considerazione determina coefficienti di sicurezza alla stabilità globale minimo di 3.55.

La sezione della parete dello scavo schematizzata si ritiene dunque verificata alla stabilità.

Nelle pagine successive vengono presentati i grafici delle superfici di scivolamento più rappresentative individuate che hanno determinato i coefficienti di sicurezza minori per le situazioni analizzate.

DATI GENERALI STABILITA' PENDIO

D A T I G E N E R A L I D I V E R I F I C A	
Zona Sismica	: II
Categoria Suolo	: D
Coefficiente di Amplif. Topograf.:	1,0
Coefficiente Spinta Sismica Orizz:	0,169
Coefficiente Spinta Sismica Vert.:	0,084
Numero conci	: 20
Numero elementi rigidi:	0
Tipo Superficie di rottura :	CIRCOLARE PASSANTE PER UN PUNTO
COORDINATE PUNTO DI PASSAGGIO CERCHI DI ROTTURA	
Ascissa pto passaggio cerchio (m):	9,980
Ordinata pto passaggio cerchio (m):	10,020
PARAMETRI MAGLIA DEI CENTRI PER SUPERFICI DI ROTTURA CIRCOLARI	
Ascissa Polo (m):	7,880
Ordinata Polo (m):	14,700
Numero righe maglia :	10,0
Numero colonne maglia :	10,0
Passo direzione 'X' (m) :	0,50
Passo direzione 'Y' (m) :	0,50
Rotazione maglia (Grd) :	0,0
Peso specifico dell' acqua (t/mc) :	1,000

SOFTWARE: C.D.D. - Computer Design of Declivity - Rel.2008 - Lic. Nro: 340 S

DATI GEOTECNICI E STRATIGRAFIA

SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le descrizioni dei campi riportate di seguito:

Str. N.ro : Numero dello strato

Descrizione strato : Descrizione sintetica dello strato

Coesione : Coesione

Ang. attr. : Angolo di attrito interno del terreno
dello strato in esame

Densita' : Peso specifico del terreno secco

D. Saturo : Peso specifico del terreno saturo

Vert. N.ro : Numero del vertice della poligonale che
definisce lo strato

Ascissa / Ordinata : Coordinate dei vertici dello strato

SOFTWARE: C.D.D. - Computer Design of Declivity - Rel.2008 - Lic. Nro: 340 S

Pag.2

DATI GEOTECNICI E STRATIGRAFIA

Str. N.ro	Descrizione Strato	Coesione t/mq	Ang.attr Grd	Densita' t/mc	D.Saturo t/mc	Vert N.ro	Ascissa (m)	Ordinata (m)
	Profilo del pendio					1	5,00	10,00
						2	10,00	10,00
						3	10,45	12,50
						4	20,00	12,50
1		5,000	0,00	1,900	1,900			

SOFTWARE: C.D.D. - Computer Design of Declivity - Rel.2008 - Lic. Nro: 340 S

Pag.3

COEFFICIENTI DI SICUREZZA DEL PENDIO

N.ro Cerchio critico : 22											
Cerchi	Xc	Yc	Rc	Bishop	Jambu	Bell	MP - Fx = C	MP - Fx=sin	MP-Fx=sin/2	Sarma	Spencer
N.ro	(m)	(m)	(m)								
1	7,9	14,7	5,1			3,6573					
2	8,4	14,7	4,9			3,5912					
3	8,9	14,7	4,8			3,5715					
4	9,4	14,7	4,7			3,599					
5	9,9	14,7	4,7			3,6923					
6	10,4	14,7	4,7			3,8296					
7	10,9	14,7	4,8			4,0064					
8	11,4	14,7	4,9			4,2171					
9	11,9	14,7	5,1			4,441					
10	12,4	14,7	5,3			4,6566					
11	7,9	15,2	5,6			3,5999					
12	8,4	15,2	5,4			3,5631					
13	8,9	15,2	5,3			3,5624					
14	9,4	15,2	5,2			3,6133					
15	9,9	15,2	5,2			3,7069					
16	10,4	15,2	5,2			3,8345					
17	10,9	15,2	5,3			3,9929					
18	11,4	15,2	5,4			4,1771					
19	11,9	15,2	5,5			4,3659					
20	12,4	15,2	5,7			4,5492					
21	7,9	15,7	6,1			3,5702					
22	8,4	15,7	5,9			3,5524					
23	8,9	15,7	5,8			3,5726					
24	9,4	15,7	5,7			3,6363					
25	9,9	15,7	5,7			3,7287					
26	10,4	15,7	5,7			3,8482					
27	10,9	15,7	5,8			3,9921					
28	11,4	15,7	5,8			4,1541					
29	11,9	15,7	6,0			4,3184					
30	12,4	15,7	6,2			4,4765					
31	7,9	16,2	6,5			3,5565					
32	8,4	16,2	6,4			3,5539					
33	8,9	16,2	6,3			3,5967					
34	9,4	16,2	6,2			3,6639					
35	9,9	16,2	6,2			3,7546					
36	10,4	16,2	6,2			3,8673					
37	10,9	16,2	6,2			3,9995					
38	11,4	16,2	6,3			4,1448					
39	11,9	16,2	6,5			4,2898					
40	12,4	16,2	6,6			4,4278					

41	7,9	16,7	7,0	3,5536
42	8,4	16,7	6,9	3,576
43	8,9	16,7	6,8	3,6248
44	9,4	16,7	6,7	3,6942
45	9,9	16,7	6,7	3,783
46	10,4	16,7	6,7	3,8898
47	10,9	16,7	6,7	4,0132
48	11,4	16,7	6,8	4,1448
49	11,9	16,7	6,9	4,2741
50	12,4	16,7	7,1	4,3959
51	7,9	17,2	7,5	3,5671
52	8,4	17,2	7,4	3,6022
53	8,9	17,2	7,3	3,6554
54	9,4	17,2	7,2	3,7259
55	9,9	17,2	7,2	3,8127
56	10,4	17,2	7,2	3,9143
57	10,9	17,2	7,2	4,0312
58	11,4	17,2	7,3	4,1513
59	11,9	17,2	7,4	4,2677
60	12,4	17,2	7,6	4,3762
61	7,9	17,7	8,0	3,5903
62	8,4	17,7	7,8	3,6311
63	8,9	17,7	7,8	3,6873
64	9,4	17,7	7,7	3,7584
65	9,9	17,7	7,7	3,8431
66	10,4	17,7	7,7	3,9412
67	10,9	17,7	7,7	4,052
68	11,4	17,7	7,8	4,1624
69	11,9	17,7	7,9	4,2681
70	12,4	17,7	8,0	4,3653
71	7,9	18,2	8,4	3,6165
72	8,4	18,2	8,3	3,6614
73	8,9	18,2	8,3	3,7199
74	9,4	18,2	8,2	3,7909
75	9,9	18,2	8,2	3,8735
76	10,4	18,2	8,2	3,9708
77	10,9	18,2	8,2	4,0746
78	11,4	18,2	8,3	4,1767
79	11,9	18,2	8,4	4,2733
80	12,4	18,2	8,5	4,3612
81	7,9	18,7	8,9	3,6445
82	8,4	18,7	8,8	3,6926
83	8,9	18,7	8,7	3,7526
84	9,4	18,7	8,7	3,8233
85	9,9	18,7	8,7	3,9038
86	10,4	18,7	8,7	4,0009
87	10,9	18,7	8,7	4,0986
88	11,4	18,7	8,8	4,1935
89	11,9	18,7	8,9	4,2822
90	12,4	18,7	9,0	4,362



OPERE DI RISTRUTTURAZIONE ED AUTOMAZIONE PER
OTTIMIZZAZIONE RETE IDRICA COMUNE DI AGRIGENTO
- SISTEMA DI ADDUZIONE PRIMARIO

91	7,9	19,2	9,4		3,6736						
92	8,4	19,2	9,3		3,7242						
93	8,9	19,2	9,2		3,7851						
94	9,4	19,2	9,2		3,8553						
95	9,9	19,2	9,2		3,9382						
96	10,4	19,2	9,2		4,031						
97	10,9	19,2	9,2		4,1232						
98	11,4	19,2	9,3		4,2119						
99	11,9	19,2	9,4		4,2939						
100	12,4	19,2	9,5		4,3667						

SOFTWARE: C.D.D. - Computer Design of Declivity - Rel.2008 - Lic. Nro: 340 S

Pag.4

CARATTERISTICHE CONCI

SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le
descrizioni dei campi riportate di seguito:

h : altezza media del concio

L : sviluppo larghezza alla base del concio

α : inclinazione della base del concio

c : coesione terreno alla base del concio

φ : angolo di attrito interno alla base del concio

W : peso del concio

hw : altezza della falda dalla base del concio

Qw : risultante delle pressioni interstiziali

Tcn: Contributo elementi resistenti a taglio

Tgg: Contributo geogriglie

SOFTWARE: C.D.D. - Computer Design of Declivity - Rel.2008 - Lic. Nro: 340 S

Pag.5

CARATTERISTICHE CONCI

Superficie di Scorrimento N.ro: 22											
Concio	h	L	α	c	ϕ	W	hw	Qw	Tcn	Tgg	
N.ro	(m)	(m)	($^{\circ}$)	(t/mq)	($^{\circ}$)	(t)	(m)	(t)	(t)	(t)	
1	0	0,17	16,83	5,00	0,0	0,14	0,0	0,00	0,00	0,00	
2	1	0,18	18,53	5,00	0,0	0,41	0,0	0,00	0,00	0,00	
3	2	0,18	20,24	5,00	0,0	0,69	0,0	0,00	0,00	0,00	
4	2	0,18	21,98	5,00	0,0	0,72	0,0	0,00	0,00	0,00	
5	2	0,18	23,73	5,00	0,0	0,70	0,0	0,00	0,00	0,00	
6	2	0,18	25,51	5,00	0,0	0,67	0,0	0,00	0,00	0,00	
7	2	0,19	27,32	5,00	0,0	0,65	0,0	0,00	0,00	0,00	
8	2	0,19	29,16	5,00	0,0	0,62	0,0	0,00	0,00	0,00	
9	2	0,19	31,03	5,00	0,0	0,59	0,0	0,00	0,00	0,00	
10	2	0,20	32,94	5,00	0,0	0,55	0,0	0,00	0,00	0,00	
11	2	0,20	34,89	5,00	0,0	0,52	0,0	0,00	0,00	0,00	
12	2	0,21	36,89	5,00	0,0	0,48	0,0	0,00	0,00	0,00	
13	1	0,21	38,94	5,00	0,0	0,44	0,0	0,00	0,00	0,00	
14	1	0,22	41,05	5,00	0,0	0,40	0,0	0,00	0,00	0,00	
15	1	0,23	43,24	5,00	0,0	0,35	0,0	0,00	0,00	0,00	
16	1	0,24	45,50	5,00	0,0	0,30	0,0	0,00	0,00	0,00	
17	1	0,25	47,86	5,00	0,0	0,24	0,0	0,00	0,00	0,00	
18	1	0,26	50,33	5,00	0,0	0,18	0,0	0,00	0,00	0,00	
19	0	0,28	52,94	5,00	0,0	0,11	0,0	0,00	0,00	0,00	
20	0	0,30	55,72	5,00	0,0	0,04	0,0	0,00	0,00	0,00	

SOFTWARE: C.D.D. - Computer Design of Declivity - Rel.2008 - Lic. Nro: 340 S

FORZE VERTICALI CONCI

SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le
descrizioni dei campi riportate di seguito:

F_f = risultante delle forze verticali concentrate

F_q = risultante delle forze verticali distribuite

F_r = forza verticale da contributo peso corpo rigido

F_s = incremento sismico verticale di $W+F_f+F_q+F_r$

F_{tot} = risultante forze verticali = $W+F_f+F_q+F_r+F_s$

SOFTWARE: C.D.D. - Computer Design of Declivity - Rel.2008 - Lic. Nro: 340 S

Pag.7

FORZE VERTICALI CONCI

Superficie di Scorrimento N.ro: 22					
Concio	Ff	Fq	Fr	Fs	Ftot
N.ro	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)
1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,15
2	0,00	0,00	0,00	0,04	0,45
3	0,00	0,00	0,00	0,06	0,75
4	0,00	0,00	0,00	0,06	0,78
5	0,00	0,00	0,00	0,06	0,76
6	0,00	0,00	0,00	0,06	0,73
7	0,00	0,00	0,00	0,05	0,70
8	0,00	0,00	0,00	0,05	0,67
9	0,00	0,00	0,00	0,05	0,64
10	0,00	0,00	0,00	0,05	0,60
11	0,00	0,00	0,00	0,04	0,56
12	0,00	0,00	0,00	0,04	0,52
13	0,00	0,00	0,00	0,04	0,48
14	0,00	0,00	0,00	0,03	0,43
15	0,00	0,00	0,00	0,03	0,38
16	0,00	0,00	0,00	0,02	0,32
17	0,00	0,00	0,00	0,02	0,26
18	0,00	0,00	0,00	0,02	0,19
19	0,00	0,00	0,00	0,01	0,12
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04

SOFTWARE: C.D.D. - Computer Design of Declivity - Rel.2008 - Lic. Nro: 340 S

Pag.8

FORZE ORIZZONTALI CONCI

SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La simbologia usata in tabella va interpretata secondo le
descrizioni dei campi riportate di seguito:

- Hf : risultante delle forze orizzontali concentrate
- Hq : risultante delle forze orizzontali distribuite
- Hr : forza orizzontale da contributo inerzia corpo rigido
- Htot : risultante forze orizz. (Hf+Hq+Hr) su profilo pendio
- Hs : azione sismica orizzontale di $W+Ff+Fq+Fr$

SOFTWARE: C.D.D. - Computer Design of Declivity - Rel.2008 - Lic. Nro: 340 S

Pag.9

FORZE ORIZZONTALI CONCI

Superficie di Scorrimento N.ro: 22					
Concio	Hf	Hq	Hr	Htot	Hs
N.ro	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11
8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09
12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,08
13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,07
15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06
16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
18	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02
20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01

SOFTWARE: C.D.D. - Computer Design of Declivity - Rel.2008 - Lic. Nro: 340 S

Pag.10

REAZIONI MUTUE FRA CONCI

SPECIFICHE DEI CAMPI DELLA TABELLA DI STAMPA

La tabella di seguito esposta riporta le forze scambiate tra i vari conci secondo le teorie selezionate (Bishop, Jambu e Bell). La simbologia e' da interpretarsi come appresso descritto:

- Con. sx : Concio a sinistra della superficie di separazione tra i due conci.
- Con. dx : Concio a destra della superficie di separazione tra i due conci.
- F.or. : Risultante delle forze (orizzontali) scambiate tra i due conci ortogonalmente alla superficie (verticale) di separazione.
- F.vert. : Risultante delle forze (verticali) scambiate tra i due conci parallelamente alla superficie (verticale) di separazione.

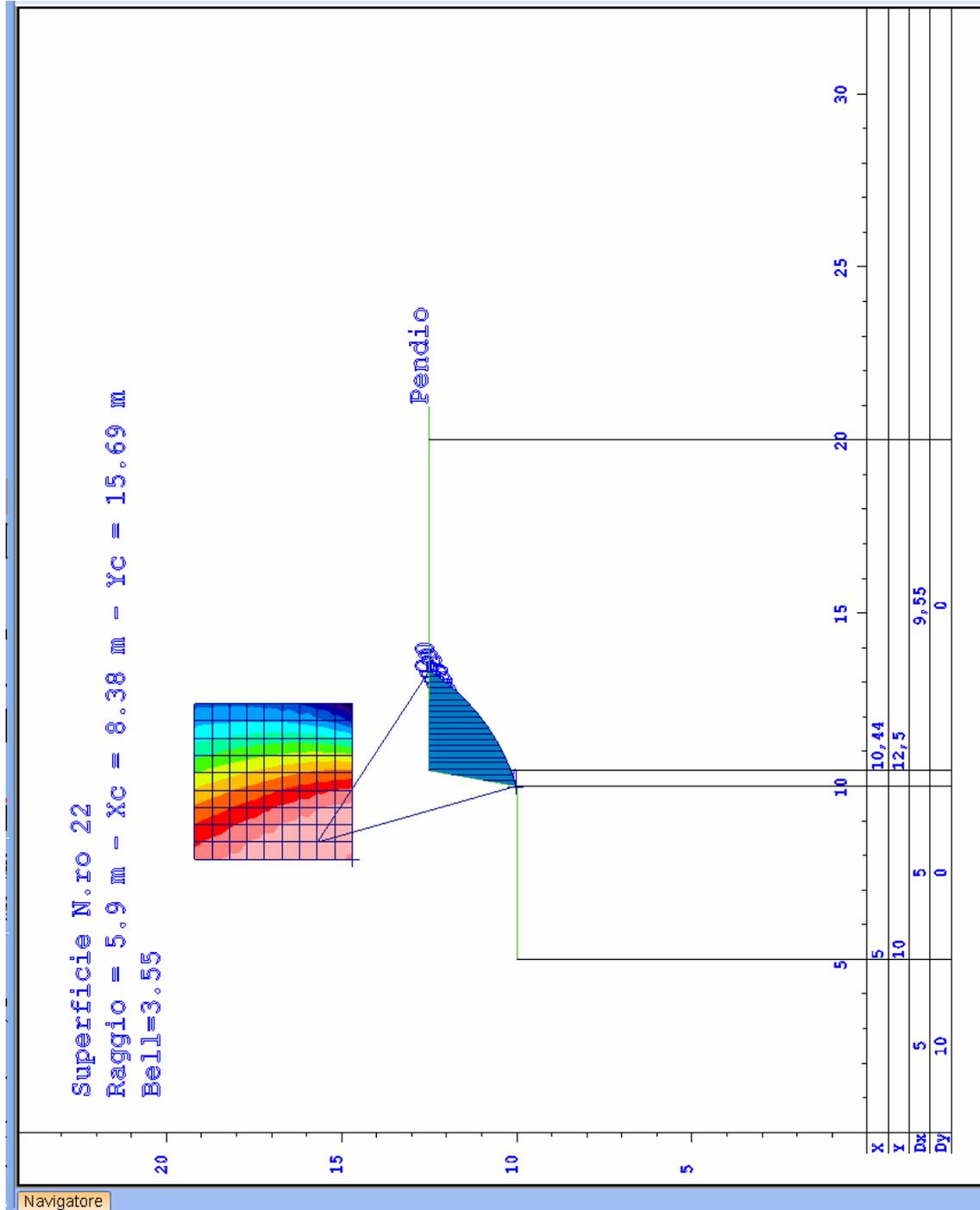
SOFTWARE: C.D.D. - Computer Design of Declivity - Rel.2008 - Lic. Nro: 340 S

Pag.11

REAZIONI MUTUE FRA CONCI

Superficie N.ro: 22																		
		BISHOP		JAMBU		BELL		MP - Fx= C		MP - Fx = SIN		MP-Fx = SIN/2		SARMA		SPENCER		
Conc.	Conc.	F.or.	F.vert	F.or.	F.vert	F.or.	F.vert	F.or.	F.vert	F.or.	F.vert	F.or.	F.vert	F.or.	F.vert	F.or.	F.vert	
sx	dx	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	(t)	
	1					0,0	0,0											
1	2					0,2	-0,1											
2	3					0,3	-0,1											
3	4					0,3	-0,1											
4	5					0,2	-0,1											
5	6					0,2	-0,1											
6	7					0,1	-0,1											
7	8					0,0	-0,2											
8	9					0,0	-0,1											
9	10					-0,1	-0,1											
10	11					-0,1	-0,1											
11	12					-0,1	0,0											
12	13					0,0	0,1											
13	14					0,1	0,3											
14	15					0,2	0,4											
15	16					0,4	0,5											
16	17					0,6	0,5											
17	18					0,9	0,5											
18	19					1,1	0,5											
19	20					1,4	0,3											
20						1,6	0,0											

SOFTWARE: C.D.D. - Computer Design of Declivity - Rel.2008 - Lic. Nro: 340 S



4.3. Attraversamento aree PAI

E' stata effettuata un'attenta analisi sulle aree attraversate che risultano censite dal PAI, piano stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico, come aree a rischio geomorfologico.

Tale analisi è stata effettuata sulla cartografia aggiornata in scala 1/10.000 prodotta dal Dipartimento Territorio dell'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente.

Il PAI costituisce lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico che pianifica gli interventi in zone censite con un determinato livello di rischio o pericolosità derivati dal dissesto idrogeologico sul territorio della Regione Sicilia.

Con riferimento al Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (art. 1 L. 267/98 e succ. mod. e int.), per la caratterizzazione del sito di progetto dal punto di vista del rischio geomorfologico, è stato preso in esame lo studio edito dalla Regione Siciliana Assessorato Territorio e Ambiente nel 2005 e le cartografie delle aree di rischio edite nel 2006 e sottoposte a continuo aggiornamento.

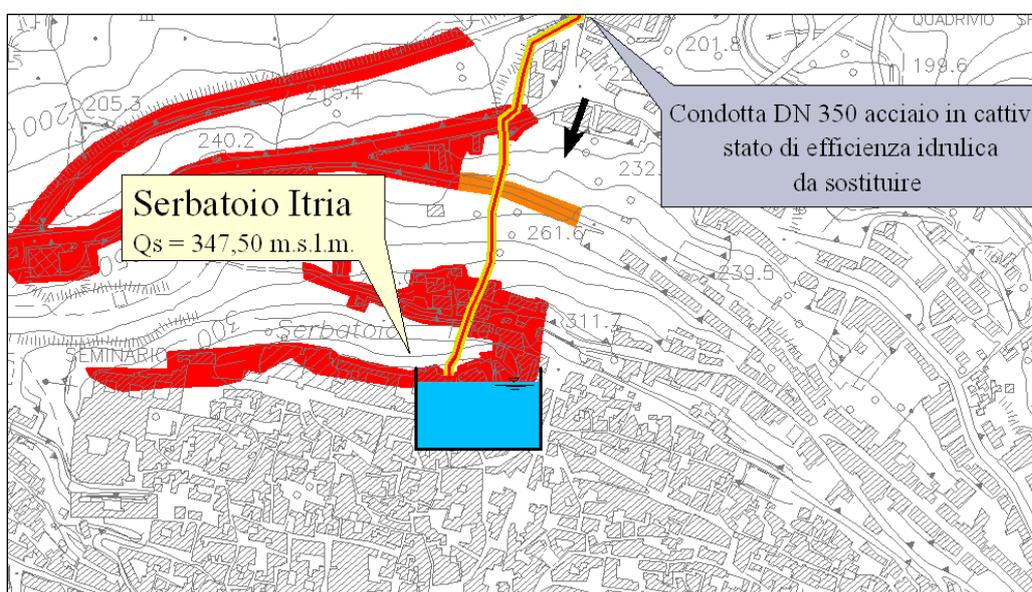
Tratti censiti a rischio geomorfologico

Vengono distinti cinque livelli di rischio geomorfologico, e che vanno da R0 a R4.

Nei tratti classificati fino a R3, le norme di attuazione consentono l'ampliamento e ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche.

Nei tratti classificati come R4, le norme di attuazione consentono solamente la manutenzione ordinaria e straordinaria e di consolidamento e restauro conservativo delle infrastrutture in questione.

L'area in cui si prevede di intervenire ricade nelle Carte del P.A.I. relative al Bacino Idrografico del Fiume S. Leone ed Area compresa tra il Bacini del F. S. Leone e del fiume Naro (067) e, con riferimento agli interventi previsti, risulta essere scarsamente interessata da pericolosità per fenomeni legati alla geomorfologia del sito, fatta eccezione per un'area a nord all'abitato di Agrigento, meritevole di attenzione, che si trova nelle vicinanze del Serbatoio Itria, evidenziata nella figura seguente:



Nella zona evidenziata, la prevista sostituzione di un collettore di adduzione esistente attraversa un'area censita a rischio geomorfologico R4.

Trattandosi di sostituzione di condotta esistente in cattivo stato di efficienza idraulica, e quindi di intervento di manutenzione straordinaria, ciò è consentito dalle norme di attuazione.