

COMUNE DI BAGHERIA

Provincia di Palermo

PIANO PARTICOLAREGGIATO PER GLI INSEDIAMENTI PRODUTTIVI
NELLA VIA COTOGNI IN LOCALITA' ASPRA

RELAZIONE GEOLOGICA GEOMORFOLOGICA

visti ed approvazioni:

L'amministrazione Comunale di Bagheria, ci ha conferito l'incarico per la redazione del Piano Particolareggiato per gli insediamenti produttivi da attuare nella via Cotogni (c/d.s. Cotogni - Bagheria) in prossimità del depuratore, nella località di Aspra. Si dovranno progettare alcune strutture di ampliamento del depuratore, nel rispetto del progetto ad opera dell'attuale impianto.

Nella zona individuata dal P.R.G. per gli insediamenti produttivi, si dovranno progettare tutte le opere di urbanizzazione (strade, fognature, parcheggi) oltre ad alcuni edifici per la quale esatta ubicazione si rimanda agli allegati di progetto.

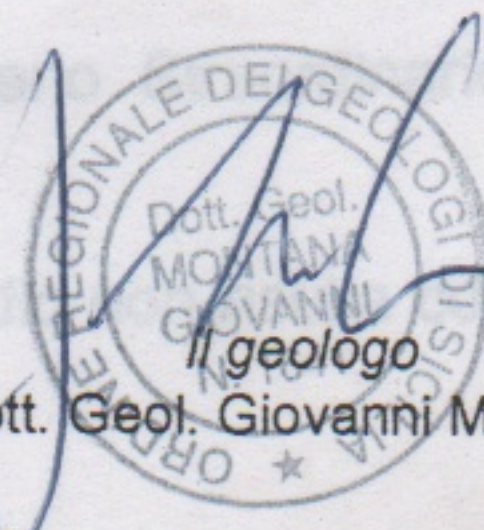
A seguito del conferimento dell'incarico, sono stati effettuati i rilievi di superficie oltre agli studi bibliografici per la redazione della relazione geologica preliminare, e la programmazione delle indagini geognostiche e geotecniche.

Successivamente, in seguito all'esigenza da parte della committenza di richiedere parere di congruità geomorfologica ai sensi dell'art. 13 della L. 04/74, è stato redatto il presente studio con lo scopo di esaminare, in relazione alle opere da realizzare:

l'assetto geologico, geomorfologico, idrografico, idrogeologico e litotecnico del sito in oggetto, in ottemperanza alle norme riportate nel D.M. 11.03.1968 (G.U. n°127 del 01.05.1968), e della Circolare dell'Assessorato Territorio ed Ambiente n°2222, pubblicata nella GURS n°23 del 29/04/1995;

Inoltre, per la redazione della presente sono state consultate le carte del territorio e del dissesto idrogeologico redatte dai funzionari della Regione Siciliana ed allegati al D.A. del 04/07/2000 riguardante il "Piano Particolareggiato per l'Assetto Idrogeologico".

In tali carte, da quanto verificato, l'area in studio è stata classificata da



Il geologo
Dott. Geol. Giovanni Montana

Premessa

L'amministrazione Comunale di Bagheria, ci ha conferito l'incarico per la redazione degli studi geologici, geomorfologici relativi alla progettazione del piano particolareggiato per gli insediamenti produttivi da attuare nella via Cotogni (c/da Cotogni – Marino) in prossimità del depuratore, nella località di Aspra. Si dovranno, inoltre, progettare alcune strutture di ampliamento del depuratore, nel terreno adiacente ad ovest dell'attuale impianto.

Nella zona individuata dal P.R.G. per gli insediamenti produttivi, si dovranno progettare tutte le opere di urbanizzazione (strade, fognature, parcheggi) oltre ad alcuni edifici per la quale esatta ubicazione si rimanda agli allegati di progetto.

A seguito del conferimento dell'incarico, sono stati effettuati i rilievi di superficie oltre agli studi bibliografici per la redazione della relazione geologica preliminare, e la programmazione delle indagini geognostiche e geotecniche.

Successivamente, in seguito all'esigenza da parte della committenza di richiede parere di congruità geomorfologia ai sensi dell'.art. 13 della L.64/74, è stato redatto il presente studio con lo scopo di esaminare, in relazione alle opere da realizzare:

l'assetto geologico, geomorfologico, idrografico, idrogeologico e litotecnico del sito in oggetto, in ottemperanza alle norme riportate nel D.M. 11.03.1988 (G.U. n°127 del 01.05.1988), e della Circolare dell'Assessorato Territorio ed Ambiente n°2222, pubblicata nella GURS n°23 del 29/04/1995;

Inoltre, per la redazione della presente sono state consultate le carte del rischio e del dissesto idrogeologico redatte dai funzionari della Regione Siciliana ed allegate al D.A. del 04/07/2000 riguardante il "Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico".

In tali carte, da quanto verificato, l'area in studio non risulta contraddistinta da

alcuna dicitura di dissesto e/o rischio.

E' stata inoltre effettuata , tra dicembre 2005 e gennaio 2006, una campagna di indagini Geognostiche con l'esecuzione di 11 sondaggi a rotazione a carotaggio continuo, con prelievo di campioni indisturbati, ed vari stendimenti sismici ed inoltre l'esecuzione di una prova Down Hole in foro. I risultati delle indagini sono integralmente allegati in copia, e ad essi si riferimento all'interno della presente.

Le informazioni così desunte, inoltre, sono servite per contrassegnare dal punto di vista della pericolosità geologica e sismica l'area in studio in conformità a quanto riportato nella Circolare dell'Assessorato Territorio ed Ambiente n°2222/95 e nel rispetto del D.A. del 04/07/2000 riguardante il "Piano Straordinario per l'Assetto Idrogeologico", nonché al successivo Decreto di Aggiornamento del 25.07.2002 dell'Assessorato Territorio ed Ambiente; tali informazioni risultano ampiamente discusse nella presente e sinteticamente riportate nelle allegate carte della pericolosità geologica e della pericolosità sismica locale.

1 Ubicazione e morfologia

L'area in esame ricade ai margini dell'abitato di Aspra in c/da Cotogni. a sud – sud ovest dell'abitato stesso.

L'area di forma circa rettangolare è limitata a nord dalla via Cotogni, ove è ubicato l'impianto di depurazione a sud da una stradella che conduce alla macchina Giangrasso.

L'area in esame ha una quota topografica compresa tra i 24 m e gli 11 m circa s.l.m.

Topograficamente ricade nella tavoletta 250 III N.O. denominata "Ficarazzi" della carta Topografica d'Italia alla scala 1:25.000; e all'incrocio tra le Sezioni 595060 – 595070 – 595100 – 595110 della carta tecnica regionale alla scala 1:10.000.

Le caratteristiche morfologiche dell'area in cui ricade l'area progettuale in esame sono quelle comuni alla fascia costiera del palermitano, infatti siamo in presenza di terrazzi marini, con pendenze molto dolci, localmente interrotte da linee di impluvio che producono limitate incisioni.

L'area in esame, è interessata da varie depressioni morfologiche legate alla coltivazione mineraria delle calcareniti, che ha prodotto vari ordini di terrazzamento. Ed inoltre ai margini della zona ove saranno ubicate le strutture connesse al depuratore è presente un incisione torrentizia.

2 Cave di Calcareniti

La morfologia di tutta la zona è notevolmente influenzata dalle coltivazioni delle cosiddette cave di “tufo” (correttamente definite dal punto di vista petrografico “calcareniti”) o “Pietra d’Aspra”, utilizzati per costruzioni edili, le quali hanno una forma geometrica ben regolare e pareti verticali o subverticali che ne delimitano l’area coltivata.

Infatti il metodo più comunemente utilizzato nel territorio di Bagheria, Aspra e Santa Flavia, era l’estrazione “a giorno” o “a cielo aperto”; la necessità di tale tipo di coltivazione fu suggerita dal fatto che gli orizzonti calcarenitici più superficiali avevano, contrariamente a quelli palermitani, caratteristiche tali da consentirne un loro utilizzo nelle costruzioni.

Nello scavo, si procedeva dunque, dopo aver asportato lo strato vegetale e/o le terre rosse residuali (colluviali ed eluviali), secondo un piano inclinato, il quale serviva come rampa per trasportare in superficie il materiale cavato, il quale, successivamente, veniva portato a destinazione con l’ausilio di carri.

La coltivazione della cava avveniva sino a quando la calcarenite si presentava omogenea, compatta e tale da consentire la sua lavorazione, o fino a quando non si incontrava il livello di Falda.

Finita l’estrazione di tale materiale, solitamente il fondo delle cave veniva riempito con terreno vegetale su cui venivano impostati orti e giardini, per la maggior parte agrumeti.

Talvolta, venivano ricolmate con materiale di scarto proveniente da altre fronti di cava, successivamente, coperte con terreno agrario.

Queste coltivazioni avvenivano talora per piccoli lotti, all’interno della stessa area.

Tali tipi di cave, in passato venivano chiamate “pirrera” o “pirriera”.

3 Geologia

3.1 Litologie affioranti

Nell'area in esame affiorano i terreni Plio – Pleistocenici identificabili come “Biocalcareniti, biocalciruditi, sabbie con intercalazioni di livelli argilloso”, in seguito per comodità chiamate come calcareniti. Nell'area in esame la formazione è ricoperta da materiale detritico di riporto da cave e dai depositi di alterazione.

3.1.1 Calcareniti

Si tratta di depositi del “Siciliano”, che si possono presentare da grossolane, cavernose, ben cementate, solo talora invece a grana fine e maggiormente ricche di sabbia quarzosa, spesso sabbiose con intercalazioni di livelli argilloso-sabbiosi. Spesso si presentano in grossi banchi e talora in strati sottili con intercalazioni di straterelli siltitici, e presentano variazioni cromatiche che spaziano dal biancastro al giallastro.

Le Indagini effettuate hanno confermato la presenza di queste alternanze di calcareniti compatte e sabbie - sabbie limose. All'interno della formazione sono stati riscontrati inoltre livelli, anche mertici, coesivi di colore marrone classificabili, grazie alle analisi di laboratorio, come limi argillosi con sabbia. All'interno dei sondaggi è stato spesso individuata la presenza di limi argillosi grigi, con spessori compresi tra 4,00 e 8,00 circa, che aumentano procedendo verso N-W. E' stata individuata la presenza talora di livelli di alterazione rossastri, dovuti a ferrettizzazione

Dal punto di vista sedimentologico, le calcareniti risultano costituiti da clasti calcarei e un minuto tritume di fossili, che non di rado supera il 50% dell'intera roccia, per lo più a guscio calcareo, quali Lamellibranchi, Briozoi, Gasteropodi, Foraminiferi, etc, legati da una matrice calcarea, che raramente risulta essere silicea.

Bisogna specificare che in tutto il complesso è frequente una variabilità granulometrica legata all'alternanza continua delle condizioni di sedimentazione, dovuta ad un regime di correnti apportatrici di fanghiglie e al prevalere, talora, di

quelle altre che hanno permesso la sedimentazione calcarenitica o sabbiosa o ghiaiosa.

Le parti litoidi sono costituite da granuli di diversa natura (in % maggiori carbonatica e quarzosa), ben cementati tra di loro da cemento calcareo e siliceo; quindi, lo scheletro di tale roccia risulta essere costituito da clasti vari, generalmente calcarei, ed è, inoltre, presente un alto residuo paleontologico

Nell'area in esame sono ben visibili nelle pareti che delimitano le vecchie cave. Tali depositi calcarenitici litoidi si presentano di colore giallastro, e di aspetto grossolane e ben cementate. Sono caratterizzate da una buona porosità, infatti alcuni studi specifici (G. MONTANA – R. SCADUTO), hanno identificato nella cave della zona una porosità variabile dal 25 al 45, ed identificato scarsa presenza degli elementi quarzosi e dimensione dei bioclasti variabile tra 0.3 e 3 mm con maggiore frequenza tra 1.3 e 1.5 mm. Dal punto di vista geotecnico, essa si presenta come una "roccia coerente". La stratificazione non è ben individuabile e comunque va da 20 cm ad 1 metro circa. Sono visibili livelli fossiliferi che ci indicano una giacitura sub - orizzontale del complesso.

Le parti incoerenti hanno granulometria variabile composte da sabbie e sabbie limose fino a limi argillosi con sabbia.

La potenza di questa formazione è di solito di almeno 20 - 30 metri.

3.2 Terreni di Riporto

Tali depositi sono localizzati all'interno delle parti depresse connesse alla coltivazione mineraria. Si tratta molto spesso dei materiali di risulta provenienti da altri fronti di cava, con i quali venivano ricolmate le depressioni alla fine dell'attività estrattiva.

E' quindi possibile riscontrare, all'interno degli stessi, una notevole variabilità delle caratteristiche fisiche e meccaniche. Al di sopra di essi è stato spesso riportato del terreno agrario per permettere la coltivazione.

Le Indagini effettuate hanno infatti messo in luce la variabilità composizionale di questi depositi. Infatti si presentano, talora come sabbie giallastre con clasti e spezzoni calcarenitici, tali da essere difficilmente distinguibili dai livelli meno compatti della formazione in posto, talora invece questi depositi si presentano come depositi limoso argillosi, a volte di colore rossastro.

La potenza di questi depositi, ove presenti, appare essere mediamente di 5 – 7 metri e raggiungere solo in alcuni punti gli 8,00 – 9,00 metri.

3.3 Depositi eluviali, residuali

Si tratta di depositi eluviali e derivanti dall'alterazione della formazione calcarenitica. Esse hanno colore rossastro e presentano matrice limoso sabbiosa con ciottoli prevalentemente di piccole dimensioni. Esse hanno normalmente uno spessore di circa 50 cm – 1,5 m, ma localmente in presenza di zona di alterazione più spinta, possono avere spessori maggiori fino a 2 metri

I terreni affioranti, sono state distinti in "unità litotecniche", le quali sono state opportunamente riportate nell'allegata cartografia redatta in scala 1:2.000.

Tali unità, secondo quanto riportato nella Circolare n°2222 del 31.01.1995 dell'Assessorato Territorio ed Ambiente, vengono distinte in due gruppi, di cui uno relativo ai litotipi che costituiscono in "substrato" e l'altro a quelli caratterizzanti i terreni di "copertura".

Relativamente al nostro settore, dalle analisi litostratigrafiche descritte (a cui si rimanda), è possibile distinguere due differenti gruppi di litotipi riferibili l'uno al gruppo della copertura e l'altro al gruppo del substrato.

In particolare, da quanto riportato nell'allegato D della Circolare Assessoriale citata si ha:

- per i terreni riferibili alla copertura, costituiti dai litotipi riferibili ai depositi eluviali, residuali (terre Rosse) e terreni di riporto, il gruppo **D2**;

- per i terreni riferibili al substrato costituito dai litotipi descritti in precedenza e riferibili al Plio – Pleistocenici identificabili come “*Biocalcareniti, biocalciruditi, sabbie con intercalazioni di livelli argilloso*”, il gruppo **E3**

3.2 Assetto Geologico

In definitiva l'area oggetto dell'insediamento presenta due zone con stratigrafie tipo differenti.

Nella prima zona, (Zona 1) non soggetta a coltivazione delle cave di tufo, affiora il complesso calcarenitico, ricoperto da un modesto strato di depositi eluviali e di alterazione di spessore mediamente variabile nel range di 0,5 – 1,5 metri. Tale zona, è ubicata nella parte ovest nord ovest dell'area in esame.

In particolare il sondaggio S 8 ha messo in evidenza un ricoprimento di solo 0,5 di terreno agrario prima di entrare nel complesso calcarenitico.

Le varie prospezioni sismiche effettuate hanno messo in evidenza la presenza di un primo sismostrato costituito, verosimilmente, da un complesso calcarenitico a prevalente componente sabbiosa, per i primi 3- 5 metri, mentre un secondo sismostrato, sembra essere formato da livelli litoidi altamente cementati (PS5, PS7, PS8, PS9). Le prospezioni sismiche con stendimenti più corti (PS2SP, PS3, PS6), inoltre, hanno permesso di individuare uno strato di depositi areati (eluviali e residuali) sovrastante il complesso calcarenitico con spessori compresi tra 1 e 1,5 metri

I sondaggi S5 e S7 anche essi effettuati nella stessa zona meritano alcune precisazioni.

Il sondaggio S5 è stato effettuato vicino alla scarpata che, alta 2 – 2,5 metri, limita la zona non cavata dalla zona morfologicamente più depressa oggetto di coltivazione mineraria. Tale saggio ha messo in evidenza la presenza di circa cinque metri di materiale detritico probabilmente costituente una rampa di comunicazione tra la parte più depressa ed il pianoro ove è presente una strada di accesso alle aree.

Il sondaggio S7, ha evidenziato la presenza di 6 metri di detrito; tuttavia, dopo alcune verifiche, si è potuto accertare che il sito era stato precedentemente scavato e poi riempito per permettere la posa di collettori della fognatura. Per tale motivo i primi 6 metri non sono indicativi della reale stratigrafia della zona, così come è stato tra l'altro verificato dalle risultanze dei 2 stendimenti sismici (PS3, PS4). effettuati in prossimità dello stesso.

La zona ad ovest dei depuratori è anch'essa assimilabile come assetto stratigrafico alla zona precedentemente descritta a cui sarà pertanto accomunata nel prosieguo nelle considerazioni. Infatti dai sondaggi (S6, S12) e dalle prospezioni sismiche effettuate (PS1, PS1SP), oltre che dal rilievo geologico è possibile schematizzare il seguente assetto stratigrafico:

Per 1 – 1,5 m abbiamo presenza di terreno agrario e di alterazione, per poi passare al complesso calcarenitico. Tale complesso inizia con un banco compatto, come dimostrano le elevate velocità sismiche ottenute dopo il passaggio tra i due strati. Nel sondaggio 6 è identificabile a 13,00 dal p.c il passaggio alle argille grigio azzurre che continuano fino a 20,00 metri.

Nella seconda zona, (ZONA 2) soggetta anticamente alla coltivazione di tufo, affiorano i terreni di riporto costituiti principalmente dai detriti di cava. L'assetto stratigrafico è decisamente più complesso e vario della zona precedentemente descritta; esso, infatti, risente di fattori difficilmente prevedibili, essendo, tale assetto, funzione dell'attività antropica. Per tale motivo nella zona si sono concentrate la maggior parte delle indagini.

Dalle risultanze delle stesse è tuttavia possibile schematizzare una stratigrafia media tipo dell'area che è la seguente:

Detrito di cava per uno spessore medio di 5 – 7 metri, solo localmente arriva a 8 – 9 metri per poi passare al Complesso Calcarenitico.

Tale complesso si presenta con alternanze di sabbie e limi argillosi con sabbie, di spessori talora metrici, spesso molto abbondanti nelle zone di passaggio. E' stato riscontrato la presenza di un grosso livello di limi argillosi grigi con spessori di 4 – 5

metri. La quota in cui è stato ritrovato questo strato varia dai 20 metri circa dei sondaggi S1 – S2 – S4, per diminuire fino a 16 m dal p.c nei sondaggi S9 – S11.

La stratigrafia della zona è come detto precedentemente variabile localmente e difficilmente prevedibile. Tuttavia, come già precedentemente accennato, è possibile ipotizzare un ricoprimento medio variabile tra 5 ed i 7 metri, anche se tale spessore sembra tendenzialmente diminuire andando verso ovest. Al contrario, la zona ove sono stati rilevati i maggiori spessori è quella nord-est adiacente alla via Cotogni. In particolare la zona ove sono stati effettuati i sondaggi S1 ed S9 ed in prossimità dell'area in particolare nel sondaggio S1 è stato riscontrato uno spessore di quasi 9 metri di riporto. Nella zona adiacente a tale sondaggio le prospezioni sismiche hanno messo in evidenza la presenza di un detrito eterogeneo con al suo interno vari blocchi di calcarenite anche di grosse dimensione (TOMPS16). Dalle risultanze di tali indagini geofiche è possibile ipotizzare la presenza di spessori massimi di detrito nell'area ove è stato effettuato il sondaggio S1, i quali mediamente, sembrano attestarsi sui 7 metri. Procedendo verso sud (S2 – S4) gli spessori dei detriti assumono valori sui 6 – 7 metri.

L'altro sondaggio ove è possibile individuare uno spessore maggiore della media è l'S9 (8,00 – 8,50m); tuttavia le risultanze dei Sondaggi S10 ed S11, ove tra l'altro è stata effettuata la prova down Hole, eseguiti nelle vicinanze, mostrano spessori di detriti pari a 5 metri. E' possibile quindi ritenere che la presenza di questi spessori un fatto locale.

Tuttavia non è possibile escludere che in tale zona possano essere presenti locali approfondimenti degli spessori del detrito, così come è molto probabile poter ritrovare locali emergenze di calcareniti in posto, relitti dei vecchi camminatoi interni alle cave. Tuttavia tali locali anomalie non inficiano la ricostruzione globale dell'assetto geologico dell'area, né la risposta sismica globale, scopo della presente relazione.

4. Geomorfologia

Come già accennato la zona presenta dei terrazzi morfologici di origine marina. Tuttavia alla morfologia naturale si è fortemente sovrapposta l'azione mineraria dell'uomo che ha fortemente modificato il paesaggio. Nell'area in esame, infatti, al pari di tutta le zone limitrofe sono presenti terrazzamenti di origine umana. Sono altresì presenti alcune scarpate subverticali mediamente di altezze comprese tra i 2 – 3 m, che solo localmente raggiungono i 5 - 6 metri, legate anche esse alle vecchie attività minerarie.

Nell'area sono presenti fenomeni di ruscellamento diffuso, con direzione prevalente, verso le parti più depresse localizzate nella parte nord est

Dall'analisi delle curve di livello è possibile notare la presenza di una linea di impluvio, seppur non molto marcata, localizzata nella parte più integra dell'originario terrazzo, nella zona sud – ovest dell'area .

E' inoltre presente una linea di impluvio marcata anche se non molto ampia, nella zona interessata dalla costruzione di opere connesse all'impianto di depurazione. Tale impluvio però non sembra poter essere sede di grossa circolazione idrica, se non per episodi temporali limitati, infatti l'intensa urbanizzazione della zona ne ha quasi tagliato il bacino di alimentazione.

E' inoltre presente ad ovest del sondaggio S5 una piccola zona cavata, con pareti sub verticali, profonda 3 – 4 metri.

Sono inoltre presenti altre forme di natura antropica, piccoli terrazzamenti, nell'area interessata dalle antiche coltivazioni di cava. In Particolare è possibile notare una trincea profonda 1,5 – 2 metri nella zona centrale ed in particolare ove è stato effettuato lo stendimento PS 13. Tale trincea è tutta all'interno dei detriti di cava.

La zona in esame non presenta fenomeni di instabilità geomorfologica in atto o potenziale e quindi da considerarsi stabile.

5 Considerazioni Idrogeologiche

Dal punto di vista idrogeologico per i litotipi affioranti nella zona identificabili come “*Biocalcareniti, biocalciruditi, sabbie con intercalazioni di livelli argilloso*”, e terreni di riporto è possibile attribuire un permeabilità primaria per porosità da media ad elevata per porosità. Con un range di valori compreso tra 10^{-2} 10^{-4} cm/s

Per il fatto che tali litotipi presentano valori di permeabilità da medi ad elevati - e considerati i bassi valori di pendenza della piana quaternaria, che fanno aumentare notevolmente il tempo di corrivazione delle acque superficiali, si rinvengono, con notevole frequenza, circolazioni più o meno sviluppate di acqua nel sottosuolo.

L'alimentazione di detta falda è dovuta, oltre che alle acque proprie di infiltrazione efficace, anche agli scoli e trabocchi dei massicci carbonatici triassici presenti nelle zone

Il pelo libero della falda nella zona sembra essere localizzata tra i 2 – 2,5 (S2 – S9) m s.l.m. circa nella zona est, per alzarsi fino a 4 – 4,5 m circa s.l.m. andando verso ovest e nella zona dei depuratori (S5 – S6).

Il livello di falda si attesta comunque tra gli 11, 5 metri ed i 15,00 in tutta l'area, ad eccezione del sondaggio S6, che risulta in un punto morfologicamente depresso, a 7,5 m circa dal p.c.

Si tratta di una falda di acqua dolce, usata in tutte le zone limitrofe per l'irrigazione. Tale falda probabilmente galleggia su acqua salmastra, infatti spesso in tutto l'areale è stato riscontrato l'ingresso di acqua salmastra per eccessivo sfruttamento o approfondimento del pescaggio.

Comunque tale falda si mantiene sempre ad una profondità tale da non interagire con le eventuali fondazioni di progetto.

6. Caratterizzazione Geotecnica

Attraverso la indagini e prove di laboratorio effettuate è possibile caratterizzare geotecnicamente i litotipi presenti

Calcareniti

Dal punto di vista meccanico le calcareniti presentano variabilità dei parametri meccanici influenzate dalla variabilità composizionali e di cementazione della formazione. Dalle prove effettuate sono stati riscontrati, per la parte litoide, i seguenti valori:

$$\gamma = 2,1 - 2,2 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Resistenza allo schiacciamento } \sigma_r = 90 - 120 \text{ Kg/cm}^2$$

Dal rilievo di alcuni affioramenti e da una valutazione degli indici relativi all'RQD alla resistenza allo schiacciamento, è stato valutato l'indice RMR secondo BENIAWSKY. Per la roccia in esame è possibile attribuire, un indice R.M.R. variabile tra 47 - 55

Da cui è possibile attribuire alla suddetta formazione per le parti litoidi i seguenti valori meccanici:

$$\gamma = 2,1 - 2,2 \text{ t/m}^3$$

$$c = 2,4 - 2,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varphi = 29^\circ - 33$$

Per i livelli limo - argillosi con sabbia marroni, dall'analisi e prove effettuate, è possibile attribuire i seguenti parametri geotecnici

$$\gamma = 1,9 \text{ t/m}^3$$

$$c' = 0,2 - 0,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varphi = 24^\circ - 25$$

Per i livelli limo - argillosi grigi presenti all'interno dell'ammasso in calcarenitico i seguenti parametri meccanici:

$$\gamma = 1,9 \text{ t/m}^3$$

$$c' = 0,15 - 0,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varphi = 21^\circ - 23^\circ$$

$$C_u = 1 \text{ kg/cm}^2$$

Nel complesso, anche in considerazione dei livelli sabbiosi e limosi spesso presenti, è consigliabile utilizzare per l'ammasso calcarenitico i seguenti parametri:

$$\gamma = 2,00 \text{ t/m}^3$$

$$c' = 0,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varphi = 28$$

.Per tale complesso dalla analisi dei risultati della prova down Hole è possibile attribuire i seguenti valori caratteristici dell'ammasso:

$$\text{Modulo di taglio } G : 11.450 - 14.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Modulo di Poisson } 0,36 - 0,38$$

Tale modulo esprime la media dei differenti moduli di tagli dei vari sismostrati presenti (vedi allegato prove geofisiche - down Hole)

Terreni di riporto (detriti)

Per tale formazione l'attribuzione di parametri meccanici medi è difficoltoso visto la variabilità degli stessi, e l'estrema difficoltà di prelevare campioni indisturbati. Anche alcune le prove S.p.t. hanno evidentemente risentito del disturbo del carotaggio e di eventuali piccoli franamenti all'interno dei fori (vedi valori eccessivamente bassi) e della presenza di blocchi di calcarenite compatte (prove a rifiuto).

Differentemente le prove sismiche, in specialmodo il down Hole, hanno messo in luce che questi detriti, a parte i primi 1 – 1,5, m hanno una certo grado di addensamento, come dimostrato dalla Vs (280 m/sec) ottenute con la prova nel I sismostrato.

Quindi dall'analisi di tali prove è possibile cautelativamente attribuire a tale strato i seguenti parametri meccanici medi:

$$\gamma = 1,9 \text{ t/m}^3$$

$$c' = 0,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$\varphi = 20^\circ - 24^\circ$$

$$\text{Modulo di taglio } G : 1.850 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Modulo di Poisson } 0,344$$

7.Indicazioni sulla risposta sismica locale

7.1 C.a. 2222/95

La zona rientra nella Macrozona Tirrenica- Taorminese ed è classificata come area sismica di seconda categoria.

Per quanto riguarda la risposta sismica locale in considerazione della loro natura intrinseca e della successione litostratigrafica presente, ampiamente discussa e riportata, la zona è suddivisibile, secondo quanto riportato nelle direttive della C.A n°2222/95, in due zone a comportamento sismico differente.

Per la risposta sismica locale dei terreni affioranti, ricavata grazie alle indagini eseguite, si possono attribuire i seguenti valori

Terreni di substrato, complesso calcarenitico: Vs 750 ÷ 800 m/s

Terreni di copertura, detrito: Vs 230 - 290 m/s

I valori di Vs del complesso calcarenitico sono una media tra i valori più elevati registrati all'interno degli strati litoidi compatti (Vs fino a 1000 m/s, PS1 SP S, down hole VI sismostrato) e quelli più bassi dei livelli limo argillosi (III e V sismostrato).

Il valore dei terreni detritici è anch'esso una media dei valori più bassi dei primi 1,00 – 1,50 metri e quelli più elevati che si registrano man mano che ci si approfondisce.

Zona 1 (compreso quella dei depuratori). Questa zona non è interessata da cave, e sono presenti le calcareniti con modesti spessori di copertura (1 -1,5 m), costituita da depositi eluviali, residuali e di alterazione. Tale stratigrafia è assimilabile alla categoria **S1/a**.

Infatti, in tale categoria vengono raggruppati tutti quei terreni aventi una natura e successione litostratigrafica paragonabile a quella di un complesso costituito rocce lapidee, con eventuale strato di alterazione o copertura non superiore a 5 m, o altro materiale caratterizzato comunque da velocità Vs di propagazione delle onde sismiche trasversali superiori a 700 m/s,

Tale zona non rientra in nessuno degli scenari di pericolosità sismica degli allegati E1 ed E2 della citata C.A.

Zona 2 Questa zona è interessata dalle vecchie aree di cava. In essa affiorano i terreni di riporto (V_s 250 - 280 m/s) per uno spessore medio variabile tra i 5 e 7 metri, solo localmente arriva a 8 - 9 m. Tali depositi poggiano sul substrato calcarenitico (v_s 750 - 800 m/s) (vedi colonna stratigrafica tipo di seguito riportata). La stratigrafia tipo della zona non è perfettamente inquadrabile in nessuno dei tipi descritti dalla C.A.. infatti, ove il detrito è 5 metri, potrebbe essere classificato come S1/a (vedi prova down Hole); tuttavia dai sondaggi è emerso che la zona presenta, in generale, spessori leggermente superiori, 5 – 7 metri. Quindi appare più pertinente, seppur non perfettamente aderente, la classificazione nella categoria S1/b.

Nella *categoria S1/b* vengono raggruppati tutti quei terreni aventi una natura e successione litostratigrafia paragonabile a quella di un deposito di sabbie e ghiaie addensate e/o terreni coesivi compatti, senza un substrato a forte contrasto di proprietà meccaniche, entro i primi 90 m circa dalla superficie caratterizzati da valori crescenti delle *onde trasversali* compresi almeno tra $250 \text{ m/s} < V_s < 500 \text{ m/s}$ per profondità comprese tra 5 e 30 m dal p.c. e nella fascia $350 \text{ m/s} < V_s < 700 \text{ m/s}$ (valori di poco inferiori a quelli misurati) per profondità maggiori

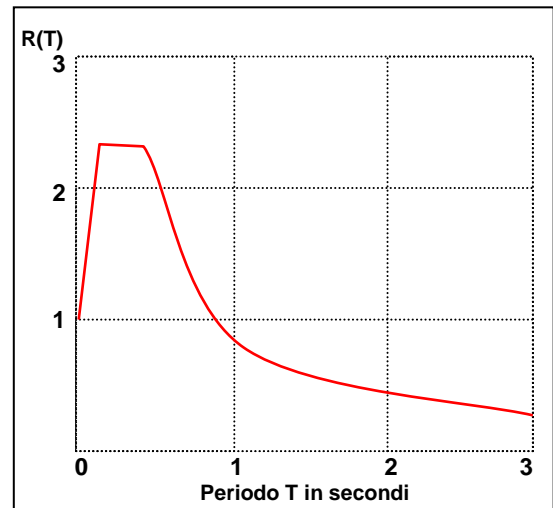
La zona non pare essere assimilabile nessuno degli scenari di pericolosità sismica degli allegati E1 ed E2 della C.A,

Infatti, seppur la Stratigrafia tipo della zona 2 indica la possibilità del verificarsi di amplificazioni sismiche, tuttavia il contrasto di rigidità tra i due sismostrati semplificati non appare eccessivo; come è possibile verificare nella relazione sismica, alla quale si rimanda, riguardo al valore del fattore di amplificazione; e quindi sono attendibili amplificazioni sismiche di modesta entità.

A conforto di quanto precedentemente detto, bisogna rilevare che gli spessori del detrito, ad eccezione di locali aree, sono di poco superiore ai 5 metri, ed in varie zone anche sui 4 – 5 metri ed bisogna inoltre considerare che gli scavi per posizionare le fondazioni ridurranno i detti spessori a valori quasi sempre minori ai 5 metri.

Tralatro le tipologie di fondazione da prevedere nella zona (vedi paragrafo 8), hanno caratteristiche tali da assorbire le piccole amplificazioni che dovessero verificarsi.

spettri elastici
normalizzati di
accelerazione per
condizioni sismiche
locali di tipo S1
 $T1 = 0,1$ $T0 = 0,35$ $R0 = 2,5$.



In tutta la zona oggetto degli interventi, non sono state riscontrate le caratteristiche geologiche e idrogeologiche tali da innescare processi di liquefazione come definito dall'allegato G della C.A.

7.2 ORDINANZA PCM n° 3274/2003

Con la presente si vuole, inoltre classificare le tipologie stratigrafiche presenti anche secondo l'ordinanza n. 3274/2003 e s.m.e.i. recepita dal Decreto del 14/09/2005 del Ministero delle Infrastrutture alle *Norme tecniche per le costruzioni*, pubblicato su *G.U.S.O. n°222 del 23 settembre 2005*,

Tale normativa prevede che ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto le tipologie del suolo di fondazione vengano suddivise in due gruppi: il primo gruppo è definito da 5 categorie (A, B, C, D, E) di profili stratigrafici, mentre il secondo gruppo comprende 2 categorie (S1, S2) per le quali sono richiesti studi speciali.

A	<i>Formazioni litoidi o suolo omogenei molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	<i>Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti</i> , con spessore di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 360m/s e 800 m/s (ovvero con $N_{SPT} > 50$, o $c_u > 250$ kPa).
C	<i>Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza</i> , con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{S30} compresi tra 180 m/s 360 m/s (ovvero con $15 < N_{SPT} < 50$, o $70 < c_u < 250$ kPa).
D	<i>Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti</i> , caratterizzati da valori di $V_{S30} < 180$ m/s (ovvero con $N_{SPT} < 15$, o $c_u < 70$ kPa).
E	<i>Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali</i> , caratterizzati da valori di V_{S30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 m e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{S30} > 800$ m/s.
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di $V_{S30} < 100$ m/s (ovvero con $10 < c_u < 20$ kPa).
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi presedenti.

La prova Down Hole effettuata (vedi allegato) permette di ascrivere i terreni alla categoria "B".

Per la zona 1 (area ove affiorano le calcareniti) tale classificazione appare sostanzialmente corretta.

Per quanto riguarda la zona 2 (area ove affiora il detrito) appare più corretta la attribuzione alla categoria "E", seppure le Vs del substrato sono leggermente inferiori agli 800 m/sec.

In particolare, per definire lo spettro di risposta elastica specifico del sito si utilizzerà l'accelerazione massima orizzontale (**agS**) pari **0,25g** relativo alla zona sismica di **categoria 2**. Inoltre per definire il livello di sismicità di una specifica area vengono definiti i periodi TB, TC e TD che individuano la forma della componente orizzontale e della componente verticale dell'azione sismica, funzione delle diverse stratigrafie presenti.

Categoria di Suolo	S	TB	TC	TD
A	1,0	0,15	0,40	2,0
B, C, E	1,25	0,15	0,50	2,0
D	1,35	0,20	0,80	2,0

Valori dei parametri dello spettro di risposta elastica della componente orizzontale

Categoria di Suolo	S	TB	TC	TD
A, B, C, D, E	1,0	0,05	0,15	1,0

Valori dei parametri dello spettro di risposta elastica della componente verticale

In definitiva, in un determinato sito, il moto sismico viene definito da uno spettro di risposta elastico la cui componente dipende, tramite opportuni coefficienti numerici, dalle caratteristiche del terreno (fattore S e periodi TB, TC e TD), dal periodo di vibrazione della struttura (T0), dall'accelerazione del suolo e dal fattore η che tiene conto dello smorzamento viscoso della struttura.

8. Considerazioni opere da realizzare

Nell'area in esame dovranno realizzarsi le opere di urbanizzazione, alcuni edifici di servizio, opere connesse all'ampliamento del depuratore (2 nuove vasche), ed in seguito i capannoni industriali.

La costruzione di tali opere richiederà un approccio differente per le due zone, come prima definite.

Zona 1 (ove affiorano le calcareniti). Nella realizzazione dei manufatti, in tale zona, si potrà procedere rimuovendo il primo strato di depositi sciolti di modesto spessore per attestarsi con fondazioni di tipo diretto sulle calcareniti. Analogamente per le strade si procederà, ove possibile, alla fondazione sulle calcareniti. In tratti dove spessori di coltri superficiali particolarmente spessi non consentano di fondarsi sulle calcareniti, si dovrà procedere alla bonifica del strato superficiale con sostituzione dello stesso con materiale inerte di idonea pezzatura.

Per quanto riguarda la Zona 2 (affioramento detriti) coincidente con le vecchie aree di cava, si dovranno adottare alcuni accorgimenti nella costruzione delle opere. Infatti i detriti, seppur discretamente addensati, presentano eterogeneità di caratteristiche granulometriche ed di addensamento. Infatti, dalle indagini in sito è stato possibile verificare come essi siano generalmente composti da sabbie ghiaiose, tuttavia sono talora presenti dei terreni limosi (vedi S10). Inoltre dalle Tomografie si è evidenziata la presenza di blocchi, talora di grosse dimensioni.

Tali caratteristiche indicano, come questi depositi possano, a seguito di carichi concentrati, dar luogo a cedimenti differenziali. Alla luce di quanto detto, anche in considerazione delle amplificazioni sismiche che possono verificarsi nella zona, si consiglia di utilizzare, nella costruzione degli edifici, fondazioni a piastra rigida o il trasferimento dei carichi al substrato con fondazioni di tipo indirette.

Anche per quanto riguarda le opere rigide connesse al sostegno stradale (muri contenimento) che si dovranno realizzare soprattutto nei passaggi con forti dislivelli, si consiglia di adottare fondazioni indirette.

Per quanto riguarda le strade, onde evitare cedimenti del piano viabile, si dovrà procedere allo scortico di almeno 50cm di terreno. Si dovrà procedere ad una compattazione del sottofondo, che visto la buona composizione granulometrica del detrito nel suo complesso, dovrebbe portare il sottofondo a buoni valori di compressibilità (prova su piastra). Tuttavia, in considerazione della variabilità del deposito detritico, si dovranno effettuare in corso d'opera verifiche tramite prove su piastra e con densimetro; infatti, nei tratti con caratteristiche più scadenti si dovrà procedere a bonifiche più profonde. Al sottofondo verrà sovrapposto una fondazione stradale in misto granulare, e quindi il pacchetto bituminoso. Eventuali depressioni naturali saranno colmate con idoneo materiale anche proveniente dalle aree limitrofe ed opportunamente rullato e compattato.

Conclusioni

L'area in esame, al pari delle zone limitrofe, presenta una situazione geologica - geomorfologica notevolmente influenzata dall'azione dell'uomo, ed in particolare dall'attività mineraria dell'ultimo secolo, le cui caratteristiche sono state brevemente descritte all'interno della presente.

Nell'area in esame è presente la formazione delle calcareniti, le quali in alcune zone sono ricoperte da una limitata copertura eluviale (terre rosse), mentre in altre parti sono ricoperte da spessori notevoli di materiale detritico di riporto, spesso composto dai materiali di risulta proveniente da altri fronti di cava.

La zona in esame non presenta fenomeni di instabilità geomorfologica in atto o potenziale e quindi da considerarsi stabile.

La presenza della falda, vista la profondità, non interagisce con le strutture da progettare.

Per quanto riguarda la risposta sismica locale in considerazione della loro natura intrinseca e della successione litostratigrafica presente, la zona è suddivisibile, secondo quanto riportato nelle direttive della C.A n°2222/95, in due zone a comportamento sismico leggermente differenti:

- 1 Zona 1 La parte non interessata da cave, ove affiorano le calcareniti ricoperte da modesti spessori di terreni eluviali (terre rosse) può essere classificata come S1/a e non rientra in nessuno degli scenari di pericolosità sismica degli allegati E1 ed E2 della C.A;
- 2 Zona 2 La parte interessata dalle vecchie zone di cava ove affiorano i terreni di riporto con Vs 250 - 280 m/s, (281 m/s prova down hole) per uno spessore medio variabile tra i 5 e 7 metri, solo localmente 8 -9 metri, poggianti sul substrato con Vs 750 – 800 m/sec può essere assimilata ai terreni di tipo **S1/b**. Anche tale zona

ALLEGATI :

- Stralcio tavoletta 1.25.000 con ubicazione area
 - Copia indagini Geognostiche
 - Copia Prove di laboratorio
 - Copia indagini Geofisiche
-
- Carta Geomorfologia 1: 2.000
 - Carta Geologica 1 : 2.000
 - Carta Litotecnica 1:2.000
 - Sezioni geologiche
 - Carta Idrogeologica 1:2.000
 - Carta della Pericolosità Geologica 1:2.000
 - Carta della Pericolosità Sismica Locale 1:2.000