ZINCOL OSSIDI S.p.A.

Pratica SUAP - 3 - 2015

DOMANDA UNICA DI AUTORIZZAZIONE IN MATERIA DI ATTIVITA' PRODUTTIVE

- Per la costruzione di capannoni industriali e palazzina uffici - opere di urbanizzazione - accesso su S.P. n. 29 diramazione C

- Per il rilascio della autorizzazione alla costruzione e all'esercizio di un impianto per la produzione di ossido di zinco

Località Ferrania, all'interno dell'area industriale Ferrania Technologies, nel Comune di Cairo Montenotte - area identificata catastalmente al Fg. n.87, Mappali 212, 324, 560 (parte), 566, 568 (parte), 592 (parte)



RELAZIONE TECNICA SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE ESEGUITE PRESSO COMPENDIO "LA MARCELLA" DI FERRANIA

Settembre 2014

SOMMARIO

1. PREMESSA 3

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO 4

2.1 UBICAZIONE ED USO ATTUALE DELL'AREA 4

2.2 ANALISI GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA 4

2.3 ANALISI IDROGEOLOGICA DELL'AREA DI INTERVENTO 5

3. ACCERTAMENTI GEOGNOSTICI 6

3.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO 6

3.2 INSTALLAZIONE PIEZOMETRI 7

3.3 PROVE IN FORO (S.P.T.) 8

3.3 CORRELAZIONE CON I PARAMETRI DI DEFORMAZIONE 10

3.4 PARAMETRIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO 12

4. MODELLO GEOLOGICO 14

4.1 ASSETTO STRATIGRAFICO DELL'AREA DI INTERVENTO 14

4.2 VALUTAZIONE PRELIMINARE DEI PARAMETRI GEOTECNICI E GEOMECCANICI 14

ALLEGATI

Allegato 1: Inquadramento geografico (scala 1:10.000)

Allegato 2: Inquadramento geologico (scala 1:10.000)

Allegato 3: Planimetria generale: ubicazione prospezioni geognostiche (scala 1: 1.000)

Allegato 4: Carta delle isofreatiche - agosto 2014 (scala 1: 1000)

Allegato 5: Stratigrafie e documentazione fotografica (agosto 2014)

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica riporta le risultanze delle indagini geognostiche eseguite nell'ambito della realizzazione del nuovo stabilimento per la produzione di ossido di zinco, di Proprietà Zincol Ossidi S.p.A., in località Ferrania, nel territorio comunale di Cairo Montenotte (SV).

In particolare il documento intende:

- Fornire i lineamenti geologici, geomorfologici ed idrogeologici del sito oggetto di intervento.
- Descrivere le indagini geologiche e le attività in campo eseguite.
- Definire l'assetto stratigrafico ed idrogeologico locale.
- Fornire una parametrizzazione geotecnica preliminare dei terreni investigati.

Per l'espletamento dell'incarico sono stati esaminati inizialmente i dati disponibili in bibliografia specializzata; successivamente, le conoscenze in possesso sono state verificate ed integrate con le risultanze delle prospezioni geognostiche.

Sulla scorta dei dati acquisiti il documento è stato pertanto suddiviso nelle seguenti sezioni:

Inquadramento dell'area di studio: descrizione dei luoghi oggetto di intervento, lineamenti geologici, geomorfologici ed idrogeologici.

Accertamenti geognostici: descrizione delle indagini geognostiche svolte presso il sito oggetto di intervento finalizzate a definire con maggior dettaglio il modello geologico - idrogeologico locale.

Modello geologico: definizione dell'assetto stratigrafico locale con spessore dei vari litotipi presenti nel sottosuolo e loro variabilità spaziale per un'ampiezza e profondità significative ai fini del progetto.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

2.1 UBICAZIONE ED USO ATTUALE DELL'AREA

L'area di proprietà si estende su una superficie di circa 40.000 m^2, e si colloca nel complesso industriale di Ferrania S.p.A. nel Comune di Cairo Montenotte (SV), dove occupa una porzione storicamente utilizzata come area verde ricreativa nel compendio "La Marcella" di Ferrania.

Il lotto di terreno oggetto di studio insiste in sinistra orografica del Fiume Bormida di Mallare, su un'area pianeggiante ad una quota altimetrica di circa 372 metri s.l.m. in una porzione di territorio caratterizzata dalla presenza di altri siti produttivi, abitazioni ad uso civile, aree boschive ed agricole.

2.2 ANALISI GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Gli studi geologici eseguiti sulla zona (ISPRA: Carta geologica d'Italia in scala 1: 50.000, Foglio 228 Cairo Montenotte) individuano per l'ambito indagato la presenza di depositi quaternari appartenenti al "Subsintema di Dego" (indicati in cartografia con la dicitura "CMT_2"), facente parte del "Sintema di Cairo Montenotte". Tali depositi sono caratterizzati dalla presenza di sedimenti fluviali moderatamente alterati, costituiti in prevalenza da ghiaie grossolane arrotondate con clasti di dimensioni da pluricentimetriche fino a decimetriche, localmente con abbondante matrice sabbioso limosa; superficialmente sono mascherati da coltri di esondazione a dominante frazione sabbiosa, di spessore decimetrico.

Spostandosi in direzione nord si rileva il contatto con i sedimenti fluviali più recenti appartenenti al "Subsintema di Rocchetta Cairo" (indicati con la sigla "CMT_3") che si distribuiscono in tale area su tutto il fondovalle del Fiume Bormida, caratterizzati anch'essi da depositi essenzialmente ghiaiosi in abbondante matrice sabbiosa.

I depositi alluvionali poggiano sul substrato di base, qui rappresentato dalla Formazione di Murialdo (contraddistinta dalla sigla FMU), appartenente all'Unità Tettonica di Pamparato - Murialdo e costituita da metasedimenti varicolori che raggruppano rocce di diversa natura quali quarzoscisti, scisti quarzoso-micacei, scisti a cloritoide, scisti cloritico-albitici e filladi grafitiche nerastre, contenenti inoltre ankerite, calcite e abbondanti vene di quarzite.

Dal punto di vista geomorfologico, il terreno di proprietà è ubicato su un terrazzo alluvionale della piana alluvionale del Fiume Bormida di Mallare, in sinistra orografica del corso d'acqua, ed insiste su un'estesa area pianeggiante, ad una quota di circa 375 metri s.l.m.

L'area presenta una morfologia regolare e, solo marginalmente, si individuano fossi e canali erosivi realizzati in precedenti interventi edilizi. In generale, l'esame dei luoghi e delle strutture circostanti non ha individuato la presenza di fenomeni erosivi e franosi significativi.

2.3 ANALISI IDROGEOLOGICA DELL'AREA DI INTERVENTO

In merito all'assetto idrogeologico, si evidenzia la presenza di tre orizzonti differenti, di seguito descritti nell'ordine dal più superficiale al più profondo:

La coltre detritica superficiale: costituita da limo talora debolmente sabbioso, risulta poco permeabile per porosità e, in considerazione del modesto spessore, non costituisce un acquifero significativo.

I depositi alluvionali: sono qui costituiti da ghiaia, sabbia e limo in percentuali variabili tra loro e da un orizzonte a dominante ghiaiosa e ciottolosa in corrispondenza del contatto con il substrato roccioso. Tali sedimenti costituiscono un acquifero permeabile per porosità con grado di permeabilità medio alto ed ospitano una falda freatica libera con limite inferiore in corrispondenza del tetto del substrato, di norma poco permeabile. L'orizzonte basale è caratterizzato da valori di permeabilità più alti per la granulometria grossolana.

Il substrato roccioso: costituito prevalentemente da scisti cloritici ed in subordine da conglomerati con matrice sabbiosa, rappresenta un acquifero scarsamente permeabile per fratturazione. La circolazione dell'acqua avviene lungo le discontinuità primarie (piani di scistosità) e/o acquisite (giunti di discontinuità) presenti nell'ammasso roccioso. In uno spaccato verticale dell'affioramento roccioso, si differenzia una zona più superficiale, caratterizzata da una permeabilità più accentuata e che garantisce una buona infiltrazione delle acque meteoriche. In profondità il deflusso delle acque avviene all'interno del reticolo delle discontinuità e segue percorsi tortuosi e spesso difficilmente individuabili.

La soggiacenza della falda freatica presente all'interno dei deposti alluvionali si attesta ad una profondità variabile da circa 2,7 a 3,5 m al di sotto del p.c. (misure eseguite durante il mese di agosto 2014). La falda, alimentata dai contributi di precipitazione diretta e dalle acque raccolte dal bacino imbrifero immediatamente a monte, presenta un andamento tabulare in direzione nord.

3. ACCERTAMENTI GEOGNOSTICI

Il Piano di investigazione eseguito ha previsto le seguenti attività.

- Esecuzione di n. 5 sondaggi a carotaggio continuo spinti fino al raggiungimento del substrato roccioso di base.
- Installazione di n.3 piezometri in PVC, diametro 3" in tre fori di sondaggio, rilievi della soggiacenza della falda, anche in corrispondenza di due piezometri preesistenti, e redazione della carta delle isofreatiche
- Esecuzione di n.2 prove penetrometriche dinamiche standard (S.P.T.) in ciascuna verticale di sondaggio.

3.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO

I sondaggi sono stati eseguiti a rotazione a carotaggio continuo fino al raggiungimento del substrato roccioso ed utilizzando carotieri semplici e doppi di diametro pari a 116 mm con inserti in widia e diamante; in assenza dell'autosostentamento del foro sono stati impiegati rivestimenti provvisori del diametro pari a 140 mm con scarpa ad inserti in widia.

Di ogni sondaggio è stata redatta una descrizione stratigrafica in cui sono stati indicati: il tipi di terreno, le condizioni di umidità, la consistenza, il colore, la struttura; sono stati inoltre indicati la profondità della falda, la percentuale di recupero e la strumentazione installata.

Tabella 1: schema riassuntivo dei risultati dei sondaggi geognostici eseguiti

Sondaggio	**Fondo foro** (m da p.c.)	**Spessore terreni di copertura** (m.)	**Quota substrato roccioso integro** (m da p.c.)	**Piezometro**
SP1	9,00	6,3	6,70	X
S2	10,00	6,8	8,10	
SP3	13,10	9,3	9,30	X
S4	10,00	7,4	9,00	
SP5	10,00	6,9	8,60	X

Per le descrizioni di dettaglio si rimanda ai rapporti ed alla documentazione fotografica allegati in calce al presente documento.

3.2 INSTALLAZIONE PIEZOMETRI

Per la verifica della presenza e della qualità della falda freatica, la campagna geognostica ha previsto l'installazione di piezometri a tubo aperto nei fori di sondaggio, denominati SP1, SP3 e SP5. Per l'allestimento del piezometro, sono stati impiegati tubi piezometrici in spezzoni di varia lunghezza con diametro nominale di 3 pollici, tubo in PVC, microfessurato da fondo foro fino a quota - 1 m dal p.c., cieco per il tratto superficiale.

Al termine delle operazioni di perforazione e installazione del piezometro, dopo un periodo di tempo sufficientemente lungo per il ristabilirsi degli equilibri piezometrici, è stata verificata la profondità del pozzo e rilevata la soggiacenza della falda freatica mediante una sonda dedicata (freatimetro), riferendo le misure alla testa del pozzo.

Si riportano nella tabella seguente le caratteristiche dei piezometri e la soggiacenza della falda freatica rispetto a bocca pozzo, rilevata al termine delle attività di perforazione.

Tabella 2: caratteristiche dei piezometri

Piezometro	**Diametro** *(pollici)*	**Lunghezza tratto cieco** *(m da b.p.)*	**Profondità** *(m da b.p.)*	**Livello di falda 6 agosto 2014** *(m da b.p.)*
SP1	3"	1	9,00	3,38
SP3	3"	1	13,10	3,14
SP5	3"	1	10,00	3,47

In base al rilievo planoaltimetrico delle teste di tutti i piezometri presenti nell'area indagata, compresi due piezometri preesistenti ed indicati in planimetria con la dicitura PZ e S5-2008, la profondità della falda è stata riferita al livello medio del mare. La tabella seguente riporta i dati relativi a ciascun punto di misura.

Tabella 3: livelli piezometrici e dati piezometri - rilievo agosto 2014

Piezometro	**Profondità** *(m da t.p.)*	**Diametro** *(pollici)*	**Livello di falda Agosto 2014** *(m da t.p.)*	**Quota t.p.** *(m s.l.m.)*	**Quota falda** *(m s.l.m.)*
SP1	9	3"	3,38	371,06	367,68
SP3	13,10	3"	3,14	371,40	368,26
SP5	10,0	3"	3,47	373,30	369,83
PZ	14,45	4"	3,05	371,21	368,16
S5-2008	11,95	2"	2,73	370,84	368,11

I valori rilevati sono stati utilizzati per la redazione della carta delle isofreatiche mediante l'utilizzo di un software dedicato (Surfer 8 della società "Golden Software"), e riportata in allegato.

La modellazione dei dati acquisiti individua una falda tabulare con andamento regolare delle isofreatiche e direzione di deflusso orientata da sud verso nord con gradiente idraulico medio pari a 0,015.

3.3 PROVE IN FORO (S.P.T.)

Per la parametrizzazione preliminare dei terreni di copertura sono state eseguite n.2 prove penetrometriche dinamiche standard (S.P.T.) in ciascun foro di sondaggio.

La prova consiste nell'infissione a percussione di uno speciale campionatore che, penetrando nel terreno, consente di valutarne la resistenza meccanica alla penetrazione (come numero N di colpi di un apposito maglio per un dato avanzamento).

In particolare la prova prevede la penetrazione del campionatore, posato in fondo al foro, per due tratti successivi, registrando il numero di colpi di maglio.

Il primo tratto, detto di avviamento, corrisponde ad un avanzamento di 15 cm ed il relativo numero di colpi è designato con la sigla N1.
Se N1 = 50 e l'avanzamento è minore di 15 cm, l'infissione è sospesa e la prova è considerata conclusa.
Se il tratto di avviamento è superato con N1 < 50, la prova prosegue ed il campionatore viene infisso per un secondo tratto di 30 cm contando separatamente il numero di colpi necessario per la penetrazione dei primi e dei secondi 15 cm (N2 e N3) correlando quest'ultimo valore all'angolo di attrito dei terreni mediante abachi reperibili in bibliografia specializzata (Figura 1).

Caratteristiche del dispositivo:
Maglio: 63,5 Kg
Volata: 75 cm
Diametro aste: 50 mm

Si riportano qui di seguito le risultanze delle prove eseguite:

Sondaggio SP1

Profondità	Litologia	N1	N2+N3
1,50 - 1,95	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa	8	27
3,00 - 3,45	Limo sabbioso con ghiaia	11	R

Sondaggio S2

Profondità	Litologia	N1	N2+N3
4,50 - 4,95	Sabbia limosa e ghiaiosa e ghiaia sabbiosa e argillosa	8	32
6,00 - 6,45	Ghiaia sabbiosa e argillosa	12	47

Sondaggio SP3

Profondità	Litologia	N1	N2+N3
3,00 - 3,45	Limo debolmente ghiaioso con tracce di sabbia	2	8
4,50 - 4,95	Sabbia con limo ghiaiosa	32	R

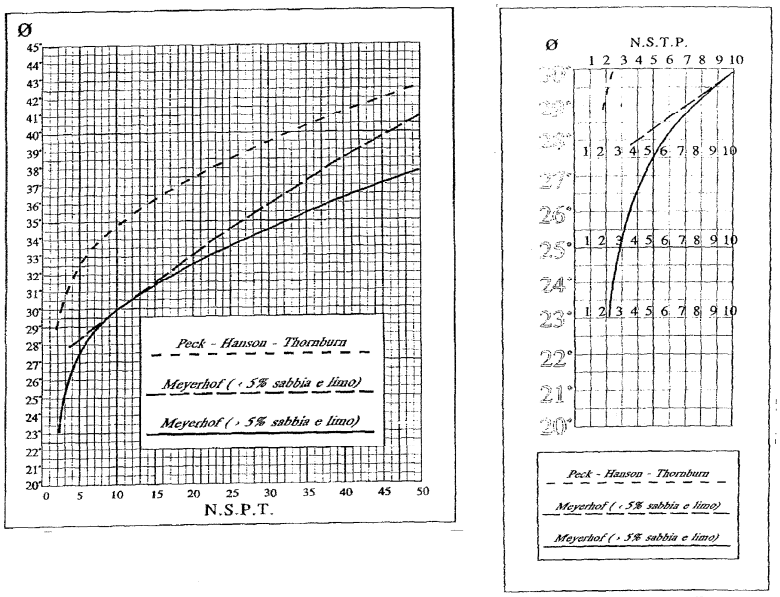
Sondaggio S4

Profondità	Litologia	N1	N2+N3
1,50 - 1,95	Ghiaia con limo debolmente sabbiosa	5	12
4,50 - 4,95	Ghiaia con sabbia limosa	14	R

Sondaggio SP5

Profondità	Litologia	N1	N2+N3
3,00 - 3,45	Ghiaia con ciottoli limosa e debolmente sabbiosa	9	22
6,00 - 6,45	Ghiaia sabbiosa e limosa	9	R

Fig.1: Correlazione N_{SPT} - Angolo di attrito dei terreni



Tramite gli abachi riportati in figura per i terreni incoerenti e la formula di Terzaghi per i terreni coesivi (Cu = 0,067 Nspt), si ricava:

Sondaggio SP1

Profondità	N2+N3	Angolo di attrito	Cu (kg/cmq)
1.50 - 1.95	27	34°	-
3.00 - 3.45	R	-	-

Sondaggio S2

Profondità	N2+N3	Angolo di attrito	Cu (kg/cmq)
4.50 - 4.95	32	35°	-
6.00 - 6.45	47	37°	-

Sondaggio SP3

Profondità	N2+N3	Angolo di attrito	Cu (kg/cmq)
3.00 - 3.45	8	29°	0.5
4.50 - 4.95	R	-	-

Sondaggio S4

Profondità	N2+N3	Angolo di attrito	Cu (kg/cmq)
1.50 - 1.95	12	30°	-
4.50 - 4.95	R	-	-

Sondaggio SP5

Profondità	N2+N3	Angolo di attrito	Cu (kg/cmq)
3.00 - 3.45	22	33°	-
6.00 - 6.45	R	-	-

3.3 CORRELAZIONE CON I PARAMETRI DI DEFORMAZIONE

Modulo edometrico

Il Modulo edometrico Ed è stato stimato in via preliminare attraverso il valore N_{spt} delle prove eseguite in foro tramite la relazione di Menzebach e Malcev rappresentata dalle seguenti espressioni:

Ed (kg/cmq) = 3,54 Nspt + 38 nel caso di sabbia fine

Ed (kg/cmq) = 14,46 Nspt + 38 nel caso di sabbia con ghiaia

Da cui:

Sondaggio SP1

Profondità	Litologia	N2+N3	Ed (kg/cmq)
1,50 - 1,95	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa	27	428
3,00 - 3,45	Limo sabbioso con ghiaia	R	-

Sondaggio S2

Profondità	Litologia	N2+N3	Ed (kg/cmq)
4,50 - 4,95	Sabbia limosa e ghiaiosa e ghiaia sabbiosa e argillosa	32	500
6,00 - 6,45	Ghiaia sabbiosa e argillosa	47	717

Sondaggio SP3

Profondità	Litologia	N2+N3	Ed (kg/cmq)
3,00 - 3,45	Limo debolmente ghiaioso con tracce di sabbia	8	66
4,50 - 4,95	Sabbia con limo ghiaiosa	-	-

Sondaggio S4

Profondità	Litologia	N2+N3	Ed (kg/cmq)
1,50 - 1,95	Ghiaia con limo debolmente sabbiosa	12	211
4,50 - 4,95	Ghiaia con sabbia limosa	-	-

Sondaggio SP5

Profondità	Litologia	N2+N3	Ed (kg/cmq)
3,00 - 3,45	Ghiaia con ciottoli limosa e debolmente sabbiosa	22	356
6,00 - 6,45	Ghiaia sabbiosa e limosa	-	-

Modulo elastico

Per quel che riguarda il modulo elastico E è stata utilizzata la seguente espressione per i terreni di copertura:

E (Mpa) = 0,5 (Nspt + 15) (Bowles 1982)

Sondaggio SP1

Profondità	Litologia	N2+N3	E (MPa)
1,50 - 1,95	Ghiaia sabbiosa debolmente limosa	27	21
3,00 - 3,45	Limo sabbioso con ghiaia	-	-

Sondaggio S2

Profondità	Litologia	N2+N3	E (MPa)
4,50 - 4,95	Sabbia limosa e ghiaiosa e ghiaia sabbiosa e argillosa	32	23
6,00 - 6,45	Ghiaia sabbiosa e argillosa	47	31

Sondaggio SP3

Profondità	Litologia	N2+N3	E (MPa)
3,00 - 3,45	Limo debolmente ghiaioso con tracce di sabbia	8	11
4,50 - 4,95	Sabbia con limo ghiaiosa	-	-

Sondaggio S4

Profondità	Litologia	N2+N3	E (MPa)
1,50 - 1,95	Ghiaia con limo debolmente sabbiosa	12	13
4,50 - 4,95	Ghiaia con sabbia limosa	-	-

Sondaggio SP5

Profondità	Litologia	N2+N3	E (MPa)
3,00 - 3,45	Ghiaia con ciottoli limosa e debolmente sabbiosa	22	18
6,00 - 6,45	Ghiaia sabbiosa e limosa	-	-

3.4 PARAMETRIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO

Al fine di ottenere informazioni sulle caratteristiche geomeccaniche del substrato roccioso è stato eseguito un rilevamento geomeccanico sui campioni di roccia prelevati in foro.

Natura del substrato roccioso

Gli affioramenti rocciosi sono costituiti in prevalenza da scisti cloritici, debolmente alterati, con fratture ravvicinate di colore grigio e rossastro.

Parametrizzazione dell'ammasso roccioso

Poiché il substrato risulta fratturato per la presenza di famiglie di discontinuità, che tendono a scomporlo in blocchi, è stato valutato un comportamento globale dell'ammasso roccioso in termini di resistenza. In particolare si è ricorsi al criterio di rottura empirico di Hoek e Brown; il criterio di rottura (Hoek - Brown) valuta i parametri di resistenza a partire dalle proprietà del materiale roccia che costituisce i blocchi dell'ammasso e dall'influenza delle discontinuità che governano il comportamento dell'ammasso stesso. Per la definizione dei parametri è stato utilizzato il software freeware RocLab distribuito dalla società Rocscience.

In particolare i rilievi hanno fornito i seguenti valori per l'ammasso roccioso:

PARAMETRI DI INGRESSO	
Descrizione litologica	Roccia laminata
Resistenza compressione uniassiale	*30 Mpa (valore cautelativo ricavato dalla bibliografia)*
GSI (Geological Strenght Index) Indice che esprime le caratteristiche strutturali dell'ammasso in termini di grado di fratturazione e disturbo tettonico)	15 (valore relativo ad un ammasso roccioso costituito da scisti).
Costante Mi (coefficiente roccia intatta)	10 (valore ricavato dalla bibliografia specializzata)
D (Fattore di disturbo) Grado di disturbo subito dall'ammasso in seguito ad uno scavo	0,5 (valore relativo ad un disturbo medio dell'ammasso)
Applicazione	Profondità 10 metri

PARAMETRI DI RESISTENZA	
Peso di volume	2,5 t/mc
Angolo di attrito	39°
Coesione	0,3 Kg/cmq

4. MODELLO GEOLOGICO

4.1 ASSETTO STRATIGRAFICO DELL'AREA DI INTERVENTO

Le conoscenze in possesso e le risultanze delle indagini geognostiche hanno individuato il seguente assetto stratigrafico in corrispondenza dell'area investigata:

1° Strato: superficialmente, fino ad una profondità massima di 1,5 m rispetto al p.c., sono presenti terreni di copertura evoluti in suolo vegetale, costituiti da limo debolmente umido, poco consistente, di colore marrone rossiccio;

2° Strato: al di sotto di tale orizzonte sono presenti depositi fluviali costituiti da limo, sabbia e ghiaia in percentuali variabili tra loro, fino ad una profondità media di 4,5 - 5,0 metri;

3° Strato: segue, in corrispondenza della porzione basale del materasso alluvionale, un orizzonte a frazione ghiaiosa dominante, talvolta con presenza di ciottoli;

4° Strato: i depositi alluvionali poggiano su un sottile cappellaccio di alterazione a cui segue il substrato roccioso di base, individuato in corrispondenza di tutte le verticali di indagine ad una quota variabile da 6,7 a 9,3 m rispetto al locale p.c. La roccia di substrato è costituita in prevalenza da scisti cloritici debolmente alterati, fratturati, di colore grigio rossastro e da conglomerati con clasti sia subangolari che subarrotondati in abbondante matrice sabbiosa, di colore rossastro.

4.2 VALUTAZIONE PRELIMINARE DEI PARAMETRI GEOTECNICI E GEOMECCANICI

In base alla revisione critica delle indagini svolte vengono qui di seguito stimati, in via preliminare, i parametri geotecnici e geomeccanici medi dei vari orizzonti litologici.

1° strato - Coltre detritica

Angolo di attrito efficace (condizioni drenate)	φ	=	27° - 29°	
Coesione efficace (condizioni drenate)	c	=	0 - 0,1	kg/cmq
Peso di volume naturale	γ	=	1,7 - 1,8	t/mc

2° strato - Depositi alluvionali ghiaiosi, sabbiosi , limosi

Angolo di attrito efficace (condizioni drenate)	φ	=	28° - 34°	
Coesione efficace (condizioni drenate)	c	=	0	kg/cmq
Peso di volume naturale	γ	=	1,8 - 1,9	t/mc

3° strato - Depositi alluvionali: ghiaie grossolane

Angolo di attrito efficace (condizioni drenate)	φ	=	35° - 38°	
Coesione efficace (condizioni drenate)	c	=	0	kg/cmq
Peso di volume naturale	γ	=	1,9 - 2,0	t/mc

4° strato - Substrato roccioso

Angolo di attrito efficace (condizioni drenate)	φ	=	35° - 39°	
Coesione efficace (condizioni drenate)	c	=	0,2 - 1,0	kg/cmq
Peso di volume naturale	γ	=	2,2 - 2,6	t/mc

Imperia, lì 18 Settembre 2014

Dott. Giorgio Ligorini Geologo

STUDIO DI GEOLOGIA

Via Antica dell'Ospizio n.1, 18100 Imperia

