1. PREMESSA. 2
2. CARATTERI GENERALI DELLA ZONA. 3
2.1 Ubicazione del sito 3
2.2 Elementi geologici 3
2.3 Elementi geomorfologici 5
2.4 Elementi idrogeologici 6
3. CARATTERI DI DETTAGLIO DELL'AREA DI AMPLIAMENTO. 7
4. RILIEVO GEOSTRUTTURALE 8
4.1 Orientazione delle discontinuità. 9
4.2 Spaziatura. 9
4.3 Apertura e riempimento 9
4.4 Forma e scabrezza. 9
4.5 Acqua. 10
4.6 Caratteristiche geomeccaniche delle discontinuità dell'ammasso roccioso. 10
4.7 Classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso (Bieniawski 1989) ... 11
5. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE. 12
5.1 Sondaggi geognostici 12
5.2 Scavi geognostici 13
5.3 Prove di permeabilità 14
5.4 Analisi e prove di laboratorio. 16
5.5 Misure piezometriche 16
6. CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DELL'AREA 20
6.1 Condizioni stratigrafiche 20
6.2 Caratterizzazione geotecnica 20
7. STIMA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL SITO 21
8. STATO FINALE E MODALITÀ DI ESERCIZIO DELLA DISCARICA 24
8.1 Barriera geologica 24
8.2 Profilatura del fondo discarica e drenaggio di fondo 25
8.3 Profilatura delle alzate dei gradoni e coltivazione della discarica 25
8.4 Canalizzazioni 26
8.5 Controlli geotecnici in corso d'opera 26
9. COMPATIBILITÀ CON IL VINCOLO IDROGEOLOGICO E IL PIANO DI BACINO DEL TORRENTE SEGNO. 26

RELAZIONE TECNICA

1. PREMESSA.

Su incarico della IMPRESA COSTRUZIONI EDILI G. POGLIANO S.r.l. di Arturo Moraldi e C., è stata eseguita un'indagine geologica sul terreno interessato dal progetto di ampliamento della esistente discarica di inerti in loc. Pria-Tecci, in Comune di Vado Ligure.

L'indagine è stata effettuata in ossequio del dettato del D.M. 14/01/08 "Norme Tecniche...", del D.L. n°22/97, del D.L. n°36/03, ed infine di quello della L.R. n°4/99, essendo il terreno sottoposto a vincolo idrogeologico.

Obiettivi dell'indagine sono stati quelli di verificare nel dettaglio le seguenti situazioni e problematiche:

- caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche della zona;

- spessore, natura, caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dei terreni e delle rocce che contraddistinguono il sito;

- presenza di eventuali falde idriche;

- presenza di problematiche geologiche l.s. che non compatibili con il progetto di ampliamento della discarica.

Per rispondere a tali problematiche l'indagine è stata pertanto così articolata:

- acquisizione di elementi e dati storici e bibliografici sulla zona;

- rilevamento di superficie con acquisizione degli elementi geologici, geomorfologici ed idrogeologici di dettaglio dell'area interessata dal progetto e delle zone limitrofe;

- esecuzione di n°4 scavi geognostici;

- esecuzione di n°8 sondaggi geognostici a rotazione con carotaggio continuo;

- esecuzione di prove di permeabilità in sito;

- prelievo di campioni di terreno;

- esecuzione di prove ed analisi di laboratorio;

- redazione degli elaborati cartografici e numerici con rappresentazione di tutti gli elementi emersi nel corso dell'indagine;

- redazione della relazione tecnica di commento.

Si espone nel seguito quanto complessivamente emerso nel corso dell'indagine.

2. CARATTERI GENERALI DELLA ZONA.

2.1 Ubicazione del sito

L'area in oggetto è ubicata in Località Pria-Tecci, nella zona Sud del territorio comunale di Vado Ligure, lungo il versante che, con esposizione Nord-Est, costituisce il fianco sinistro della dorsale del Bric Colombino (cfr. Fig. 1 – Corografia C.T.R. scala 1:5.000).

Il sito è localizzato tra le quote 70 e 150 m s.l.m., in prossimità della galleria autostradale Fornaci, e a ponente della Cava Trevo; esso risulta distinto catastalmente su numerosi mappali dei Fogli n°37 e 38 del Comune di Vado Ligure.

In particolare esso si colloca all'interno del bacino idrologico del Rio Tecci, costituito da una valle ad andamento stretto ed allungato con sviluppo in direzione Sud, che è stata utilizzata in parte come discarica per i materiali provenienti dallo smarino della galleria autostradale "Fornaci"; il Rio Tecci passava originariamente circa al centro dell'area indicata, ed è stato canalizzato e tombinato già ai tempi della realizzazione della discarica autostradale.

Il sito di discarica attivato dall'attuale gestione (della Impresa Pogliano S.r.l.) si è sviluppato alle quote superiori rispetto alla vecchia discarica, con morfologia costituita da ampie gradonate di altezza media pari a circa 4 m e pedate di larghezza variabile, generalmente comprese tra 2 e 3 m.

L'area dei servizi dell'impianto (pesa, uffici,etc) sorge nel settore SW, grossomodo a quota 122 m s.l.m. ed appoggia sul vecchio corpo di discarica.

L'accesso all'area è consentito da valle, attraverso la strada che dalla cava ubicata nella vallecola limitrofa, conduce all'impianto; dal piazzale, tramite strada interna sterrata, si risale al sito attuale di deposito dei materiali.

L'ampliamento proposto interessa, oltre alla vallecola principale del Rio Tecci, due vallecole laterali: la prima, a N rispetto all'attuale impianto, oltre il canale di gronda perimetrale e a monte della vasca di raccolta, mentre la seconda è posta a S, oltre il canale scolmatore.

2.2 Elementi geologici

I dati emersi dal rilevamento geologico sono stati adeguatamente rappresentati nella Fig. 2 - Carta Geologica in scala 1:2.000; dal punto di vista litologico, la zona è caratterizzato dalla presenza di:

1)Scisti di Gorra

Sono presenti in tutta l'area interessata dalla discarica in essere e da quella in progetto; sono rocce di età permiana, scistose, ricche in quarzo, mica bianca (sericite), con minori quantità di albite e talora caratterizzate da una notevole quantità di clorite che conferisce alla roccia una colorazione verdolina.

Gli scisti fanno parte del tegumento permocarbonifero del dominio brianzonese, e derivano da precedenti sedimenti arenaceo argillosi formatisi durante la detrizione del basamento ercinico, probabilmente in ambiente continentale, che sono stati in seguito coinvolti nell'orogenesi alpina durante il Cenozoico e durante questo

evento hanno subito ricristallizzazioni metamorfiche tipiche della facies degli Scisti verdi.

Negli orizzonti più esterni ed esposti agli atmosferili e all'acqua, la roccia mostra una marcata tendenza all'alterazione chimico-fisica, con la formazione di un cappellaccio di alterazione di colorazione bruno marroncino dello spessore medio di un paio di metri, ma che può anche raggiungere la potenza di 4-5 m in corrispondenza delle zone a contatto con altri litotipi e in prossimità di dislocazioni tettoniche quali faglie.

Gli scisti affiorano sia in sponda destra che in sponda sinistra del Rio Tecci e costituiscono il substrato presente in tutta l'area interessata dal progetto; essi sono per lo più affioranti o subaffioranti, solo localmente sovrastati da modeste coltri di copertura detritico-eluviale opportunamente rappresentate nella allegata cartografia.

Il litotipo mostra una evidente scistosità, talora fogliettata e pieghettata, con piani di scistosità da millimetrici a centimetrici; si è comunque rilevato una sostanziale uniformità nell'immersione della scistosità, orientata mediamente intorno a 160° e con inclinazioni che variano tra 15° e 35°.

Le vicissitudini tettoniche che hanno interessato l'area hanno inoltre prodotto numerosi sistemi di discontinuità (fratturazione) in funzione della reazione del litotipo.

Per quanto concerne le discontinuità costituite dalla fratturazione, nel corso del rilevamento sono stati identificati tre sistemi principali, che presentano le seguenti giaciture medie:

Famiglia	Immersione	Inclinazione
F1	225° - 240°	60° - 75°
F2	150° - 170°	75° - 90°
F3	80° - 105°	15° - 35°

2)Quarziti di Ponte di Nava

Sono presenti a levante rispetto all'area interessata dal progetto, a monte della strada di accesso alla discarica, sul dosso che separa l'area di discarica dalla Cava Trevo.

Sono rocce debolmente metamorfiche appartenenti al Triassico inferiore, estremamente ricche in quarzo, più o meno cloritizzate. Costituiscono la base della copertura mesozoica del dominio brianzonese, che nelle zone interne è molto ridotta, e derivano da precedenti sabbie, tipiche di ambiente di spiaggia, che subirono metamorfismo durante l'orogenesi alpina; si presentano di colore bianco brillante, con sfumature verde chiaro.

Le quarziti si presentano in un affioramento di estensione limitata ed interposte tra gli scisti e le dolomie, in contatto tettonico con gli scisti, in contatto stratigrafico con le dolomie; esse appaiono molto fratturate e presentano una pseudoscistosità piuttosto evidente, con immersione prevalente verso SW, con valori intorno a 210°-220° ed inclinazione media pari a circa 60°.

I sistemi di fratturazione sono fitti e numerosi, con immersione dispersa in tutti i quadranti, mentre l'inclinazione varia da pochi gradi fino alla verticalità.

3) Dolomie di San Pietro dei Monti

Affiorano a levante della discarica, in tutta l'area di cava e all'intorno della stessa.

La formazione fa parte della copertura mesozoica del dominio brianzonese, ed è costituita da originari fanghi carbonatici che hanno subito processi di dolomitizzazione trasformandosi in dolomie e calcari dolomitici. Durante l'orogenesi alpina le rocce di questa formazione sono state interessate da processi di ricristallizzazione metamorfica che le hanno portate ad assumere una struttura saccaroide e un aspetto marmorizzato.

Si presentano in banchi di potenza variabile da 10 cm a 1m, di colore grigio, spesso separati da un interstrato pelitico rossastro che presenta spessori maggiori nell'area settentrionale.

La giacitura della stratificazione presenta immersione NNE ed è mediamente compresa tra 15° e 40°, mentre l'inclinazione risulta variabile tra 60° nella zona più meridionale, ed è prossima alla verticalità nella porzione settentrionale.

Per quanto concerne la fratturazione, sono stati identificati due sistemi principali, che presentano le seguenti giaciture medie:

Famiglia	Immersione	Inclinazione
F1	55° - 75°	70° - 90°
F2	150° - 170°	45° - 60°

2.3 Elementi geomorfologici

GIi elementi geomorfologici caratteristici della zona in esame sono stati rilevati e rappresentati nella Fig. 3 - Carta Geomorfologica in scala 1:2.000, alla quale si fa riferimento in questo paragrafo.

Sotto l'aspetto morfologico il sito risulta caratterizzato dalla sua particolare ubicazione, all'interno del bacino del Rio Tecci, lungo un versante che si sviluppa con media acclività, con angolo di inclinazione medio del pendio intorno a 33°-35°; sul versante, che si articola con un accentuato andamento concavo, sono presenti alcuni colatori tributari del Rio Tecci che hanno reinciso il versante dando origine a modestissime vallecole separate da dossi appena accennati che conferiscono al versante una certa ondulazione trasversale.

Nella località il substrato roccioso risulta quasi ovunque affiorante o immediatamente subaffiorante, mentre nella zona meridionale, alle quote più basse, sono presenti alcune sacche di terreno di origine eluvio-colluviale di estensione e potenza limitata. Il versante risulta pertanto caratterizzato da un substrato in condizioni di conservazione variabile, localmente molto alterato e fratturato, con una cotica di alterazione superficiale di spessore variabile, più spessa in prossimità delle modeste incisioni che evidenziano probabili zone di più intensa tettonizzazione.

Il corpo della discarica attuale mostra un'acclività limitata, con angolo medio del pendio dell'ordine di circa 25°, e risulta caratterizzata da buona stabilità sia a livello globale, sia a livello delle singole scarpate.

A levante rispetto all'area fin qui descritta, si ha una zona caratterizzata da un ampio dosso che separa la discarica dalla Cava Trevo. Quest'area, ancora con substrato affiorante o subaffiorante, mostra una buona stabilità ed un'assenza di

fenomeni erosivi, anche a seguito delle sistemazioni realizzate in fase di realizzazione della strada di accesso alla discarica. Alle quote inferiori il dosso separa l'area della discarica dall'Autostrada dei Fiori, che è stata realizzata in rilevato nella porzione Nord, mentre proprio in corrispondenza del fianco destro del dosso si ha l'imbocco della galleria "Fornaci", dalla quale provengono i materiali messi a discarica.

Infine, all'estremo levante dell'area, si ha l'area occupata dalla Cava Trevo, caratterizzata da versanti con substrato affiorante o subaffiorante in sufficienti condizioni di conservazione, fratturato e localmente alterato, in corrispondenza delle zone di contatto e in associazione a disturbi tettonici. Fanno naturalmente eccezione i fronti della cava, che si presentano con andamento subverticale o con inclinazione che segue i piani di strato, ma che non pone problemi di stabilità legati alla zona che è qui di interesse.

Nella carta geomorfologica allegata si sono distinti e cartografati separatamente i materiali di riporto che costituiscono il corpo della discarica vera e propria, con gli altri che, pur essendo di uguale natura e provenienza, risultano sostanzialmente ininfluenti rispetto all'area che sarà interessata dal progetto.

2.4 Elementi idrogeologici

L'assetto idrogeologico della zona è stato rappresentata nella Fig. 4 - Carta Idrogeologica in scala 1:2.000, nella quale si evidenzia quanto descritto di seguito.

Circa i deflussi superficiali, nell'area che qui interessa essi fanno riferimento al Rio Tecci e ai colatori suoi tributari di destra e di sinistra, che drenano e raccolgono i deflussi presenti lungo il versante. Il regime è quello tipico del versante ligure, di tipo torrentizio a carattere stagionale, per il Rio Tecci ed un'altro rio senza nome presente a Nord rispetto alla discarica, ed a carattere sporadico, in occasione di precipitazioni meteoriche significative, per quanto riguarda i colatori suoi tributari.

La realizzazione della discarica di inerti ha reso necessario l'intubamento del Rio Tecci e del suo tributario di destra, con un tombinamento che si sviluppa per circa 250 m seguendo grosso modo la vecchia asta e con sbocco a valle del ponticello al piede della discarica, sulla strada per la cava.

Anche il rilevato autostradale ha portato alla necessità di un tombinamento del rio presente nella vallecola sottostante l'area di cava, con sbocco alla confluenza tra quest'asta e il Rio Tecci.

Sono inoltre presenti alcune linee di deflusso preferenziale, costituite dal corredo idraulico della discarica e nello specifico, dai canali di gronda perimetrali alla discarica, dalle cunette che raccolgono le acque insistenti direttamente sull’area della discarica e dal canale di sicurezza che corre parallelo alla strada di accesso alla discarica, il quale convoglia le acque raccolte nel ritano a valle dell'area di cava.

Dal punto di vista della permeabilità, si possono fare le seguenti distinzioni:

- le coltri di copertura, così come il corpo della discarica, risultano a bassa permeabilità per porosità: mediamente permeabili sono le coltri, in funzione delle loro caratteristiche granulometriche, mentre i materiali messi a discarica, pur eterogenei granulometricamente, sono fortemente compattati e pertanto contrastano l’infiltrazione in profondità delle acque. I criteri costruttivi adottati e le prescrizioni in sede autorizzativa hanno comportato la messa in opera di una barriera di confinamento e di un sistema di drenaggio che separa fisicamente la vecchia discarica autostradale da

quella in gestione alla Committenza. Per tale motivo le infiltrazioni in profondità delle acque che penetrano all'interno del corpo rifiuti attuale è ulteriormente mitigato.

- il substrato roccioso costituito dagli scisti quarzo-sericitici, è sostanzialmente impermeabile, solo localmente permeabile per la disarticolazione dei livelli più superficiali.

Nel sito di discarica e nell'area di ampliamento non si è rilevata la presenza di una vera e propria falda idrica, in funzione delle caratteristiche idrogeologiche generali dell'area caratterizzata da substrato roccioso scistoso in cui si ha una esigua circolazione idrica all'interno delle fratture e delle fessurazioni che caratterizzano in prevalenza gli orizzonti più superficiali. Essa, tuttavia, non evidenzia caratteristiche di continuità nè in senso verticale né in senso orizzontale; in profondità, poi, complice la minore alterazione e disarticolazione dell'ammasso, le fratture sono più serrate e la circolazione idrica è sostanzialmente inesistente.

Al di sotto del corpo della discarica attuale si ritiene invece possibile una modesta circolazione idrica che interessa localmente le coltri di copertura, anche se le misure piezometriche (come esposto in modo più esaustivo nel seguito della relazione) denunciano situazioni di episodicità della presenza di acqua, senza continuità né areale, né verticale: Pertanto si può affermare l'assenza, anche in questo settore, di una vera e propria falda idrica.

3. CARATTERI DI DETTAGLIO DELL'AREA DI AMPLIAMENTO.

Gli elementi che caratterizzano l'area specifica su cui viene proposto l'ampliamento, sono stati ulteriormente distinti e rappresentati nella Tav. 5 – Carta degli elementi geologici di insieme, scala 1:1.000, cui si fa riferimento nel seguito della presente.

Come già espresso in precedenza, l'ampliamento si articola in corona ed alle quote superiori rispetto a quelle dell'attuale discarica, a partire dalle quote della stessa fino a lambire la q.a. 180 m s.l.m.; il territorio in esame evidenzia alcune caratteristiche morfologiche specifiche che vengono di seguito illustrate procedendo da Nord a Sud in senso antiorario.

Nel settore più a NW è presente una vallecola che si sviluppa in prossimità del limite di NW dell'attuale corpo di discarica; sotto il profilo morfologico la stessa è suddivisibile in due porzioni distinte, facilmente riconoscibili proprio a seguito di un cambio di pendenza, brusco e repentino.

La testata, costituita da un'ampia concavità delimitata da due dossi mediamente pronunciati, che evidenzia un'acclività media intorno ai 35°, in cui si origina un solco di ruscellamento attivo esclusivamente in concomitanza con gli eventi piovosi ed immediatamente successivi allo stesso; la porzione che qui interessa si sviluppa tra le quote 165 m s.l.m., fino alla quota 129 m circa, e risulta caratterizzata dalla presenza di substrato affiorante o subaffiorante pressochè senza soluzione di continuità.

La porzione inferiore si sviluppa invece con modesta pendenza, tanto che il fondo è quasi sub-pianeggiante; essa si articola a partire dalla quota 129 m s.l.m. fino alla quota 124 m circa, per uno sviluppo lineare di circa 60 m. Il fondovalle è caratterizzato dalla presenza di coperture detritiche ed eluviali con spessori medi accertati dell'ordine di 1.5 m.

Poco a Sud della suddetta vallecola, il versante diviene più uniforme e continuo, con una modesta incisione caratterizzata da deflussi saltuari e sporadici e per i quali a margine della discarica è stata inserita un'opera di presa, e un tratto di versante convesso, dalla moderata conformazione a dosso; l'acclività è pressochè costante e uniforme, dell'ordine di 35°. Anche in questo settore le coltri detritiche sono pressochè assenti ed il substrato roccioso è affiorante o subaffiorante praticamente ovunque.

Ancora più a Sud si ha la vallecola del Rio Tecci: essa presenta caratteristiche differenti rispetto alle precedenti vallecole, in quanto si articola con un fondovalle stretto ed incassato, caratterizzato da una notevole acclività, con greto dei Rio pressochè ovunque costituito da roccia affiorante. I fianchi sono anch'essi decisamente acclivi, a testimoniare l'effetto erosivo del rio.

L'ultimo settore interessato dal progetto di ampliamento, più che di una vallecola vera e propria, è un'ampia concavità del versante, in cui il substrato risulta per lo più affiorante o subaffiorante e caratterizzata da un'acclività costante nella porzione inferiore, lievemente più acclive alle quote superiori del versante. Fa eccezione la fascia assiale alle quote più basse, dove si è accertata la presenza di materiali detritici e/o riporti per spessori anche dell'ordine di 3-4 m.

Per quanto concerne il substrato, esso è costituito dagli "Scisti di Gorra". Gli scisti sono già stati dettagliatamente descritti in precedenza sotto il profilo litologico-strutturale, mentre per quanto riguarda le caratteristiche geomeccaniche sono stati sottoposti ad un accurato rilievo geomeccanico di cui si esporranno le risultanze nel successivo capitolo, a cui si rimanda.

4. RILIEVO GEOSTRUTTURALE

Sulle scarpate denudate che scontornano l'attuale sito di discarica, è stato possibile eseguire l'analisi geostrutturale di dettaglio dell'ammasso roccioso, sviluppato al piede del fronte suddetto.

Il rilievo del fronte è stato eseguito adottando, come metodologia di lavoro, le indicazioni riportate in ISRM 1978 "Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses".

Le singole superfici di discontinuità, strati, fratture o faglie, sono state caratterizzate attraverso i seguenti parametri: orientazione, spaziatura, forma, scabrezza, apertura, riempimento e presenza d'acqua.

I dati raccolti sul terreno sono stati elaborati al computer con l'utilizzo del programma "cluster", edito dalla Geo Soft di Torino, per consentire l'analisi e la valutazione delle problematiche relative alla stabilità del fronte roccioso nella condizione attuale e per progettarne la sistemazione definitiva e la messa in sicurezza, a salvaguardia dei manufatti che si intende insediare al piede.

Per il dettaglio degli elementi rilevati si rimanda alla rappresentazione delle famiglie di discontinuità statisticamente significative all'interno dell'ammasso roccioso compare sul diagramma della proiezione stereografica su reticolo equatoriale di Schmidt.

Per la determinazione dei coefficienti di rugosità delle superfici di discontinuità (JRC), si è rilevata la scabrezza dei giunti con il pettine di Barton e confrontato il risultato con i profili tipo indicati dalla ISRM 1978.

Si commenta nel seguito quanto complessivamente emerso dai rilievi geostrutturali, proponendo quindi tabelle riassuntive dei dati relativi alle caratteristiche geomeccaniche di ogni famiglia di discontinuità individuata.

4.1 Orientazione delle discontinuità.

L'elaborazione delle misure di giacitura registrate in situ (immersione ed inclinazione) è stata eseguita attraverso la proiezione stereografica di Schmidt.

La proiezione dei poli dei piani su un reticolo equatoriale equal-area e la successiva analisi statistica dei cluster, ha permesso di individuare, all'interno dell'ammasso roccioso, tre famiglie di discontinuità principali, oltre alla scistosità.

Famiglia	Immersione	Inclinazione
S	150° - 165°	15° - 35°
F1	225° - 240°	60° - 75°
F2	150° - 170°	75° - 90°
F3	80° - 105°	15° - 35°

La sostanziale caratteristica che accomuna le famiglie di discontinuità F1 e F2 è l'angolo di inclinazione, sempre molto elevato e prossimo alla verticale, in contrasto con la terza famiglia di discontinuità F3, che invece denota sempre angoli di inclinazione dell'ordine di 20-30 gradi.

4.2 Spaziatura.

L'esame della spaziatura sul fronte esaminato e nelle aree limitrofe, ha rivelato valori ricorrenti per le singole famiglie distinte, con massima frequenza, per tutti i set di discontinuità, nell'intervallo 10-50 cm (43%) e nell'intervallo 2-5 cm (39%). Solo il 6% delle discontinuità ha una spaziatura compresa tra 0.50-2.00 mt, oltre a valori dispersi.

4.3 Apertura e riempimento.

L'apertura dei giunti di frattura è tendenzialmente trascurabile se non del tutto assente. Soltanto nelle porzioni sommitali delle scarpate, negli orizzonti immediatamente sottostanti le coperture eluvio-colluviali, i giunti risultano allentati e riempiti da detrito fine prodotto dal dilavamento superficiale e del terreno sommitale.

4.4 Forma e scabrezza.

Per definire qualitativamente tali parametri, che riguardano le caratteristiche geometriche delle pareti dei singoli giunti, sono state utilizzate definizioni codificate,

scelte sulla base di quanto osservato direttamente sul terreno. La valutazione quantitativa della scabrezza, altrimenti definita rugosità, è stata invece effettuata attraverso l'utilizzo del pettine di Barton, per la definizione dell'indice JRC, proprio di ciascuna famiglia, illustrato nelle tabelle che seguono.

Più del 70 % dei giunti analizzati presenta una forma piana, mentre i giunti segmentati e ondulati rappresentano rispettivamente il 14% e il 12%.

Le superfici dei giunti, alla scala standard di un decimetro, sono lisce nel 66% dei casi, rugose nel 18% dei casi ed in subordine, segmentate ed ondulate.

Delle tre famiglie di discontinuità individuate, soltanto la F1 è ben caratterizzata, costantemente di forma piana e liscia, mentre le altre presentano una maggiore variabilità di profili geometrici.

4.5 Acqua.

Nel contesto esaminato non sono state riscontrate percolazioni idriche attive dalle discontinuità dell'ammasso roccioso; solo in limitati affioramenti si è rilevato un modesto stillicidio, dai giunti più aperti e dislocati, in occasione di sopralluoghi effettuati a seguito di precipitazioni meteoriche abbondanti; del resto i sistemi di fratturazione serrati portano ad escludere che l'ammasso roccioso possa essere interessato da filtrazione e percolazione idrica significativa.

4.6 Caratteristiche geomeccaniche delle discontinuità dell'ammasso roccioso.

Famiglia F1

Immersione e inclinazione	230°/68°
Spaziatura	20-40 cm (moderata).
Persistenza	>3 metri (alta).
Rugosità	Profilo prevalentemente liscio e piano (JRC = 0 – 2)
Apertura	Da serrata a millimetrica.
Riempimento	Quando presente, detrito fine di roccia disgregata e sabbia.
Acqua	Asciutto.

Famiglia F2

Immersione e inclinazione	160°/80°
Spaziatura	10-30 cm (fitta).
Persistenza	>3 metri (molto alta, dove evidente).
Rugosità	Profilo prevalentemente liscio e piano, localmente ondulato e rugoso. (JRC = 4 – 6)
Apertura	Da serrata a millimetrica

Riempimento	Quando presente, detrito fine di roccia disgregata e sabbia.
Acqua	Asciutto.

Famiglia F3

Immersione e inclinazione	90°/25°
Spaziatura	2-20 cm (fitta).
Persistenza	< 1 mt (molto bassa).
Rugosità	Profilo prevalentemente liscio e piano, localmente segmentato. (JRC = 4 – 6)
Apertura	Da serrata a millimetrica.
Riempimento	Quando presente, detrito fine di roccia disgregata e sabbia.
Acqua	Asciutto.

4.7 Classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso (Bieniawski 1989).

La sintesi di tutti i dati geologici, geostrutturali e geomeccanici esposti ai paragrafi precedenti, porta a ritenere che il modello di riferimento per l'ammasso roccioso analizzato, alla scala delle problematiche considerate, debba essere quello del continuo equivalente.

Per completare la caratterizzazione geomeccanica, è stata pertanto applicata la classificazione geomeccanica di Bieniawski (1989).

Resistenza uniassiale della matrice rocciosa sana (determinata con martello di Schmidt) σc = 250 MPa.

Rating: 4

RQD = 25-50%

Rating: 8

Spaziatura discontinuità: 10-20 cm (ricorrente)

Rating: 10

Condizione discontinuità: superfici lisce

Rating: 10

Acqua: umido - secco

Rating: 10

BMR: 40-45 classe III, media qualità.

Adottando il criterio di Mohr-Coulomb, valido solo per modelli di comportamento continuo ed isotropo (pertanto valido nella situazione esaminata), i valori dei parametri di resistenza dell'ammasso, espressi in

termini di coesione ed angolo di attrito, sono ricavabili attraverso le correlazioni con l'indice BMR proposte da Bieniawski, dalle quali si ottiene:

* angolo di attrito: **35-40°**

* coesione: **100** kPa

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE.

Le indagini in sito sono state così articolate:

- esecuzione di n°8 sondaggi geognostici a rotazione a carotaggio continuo;
- esecuzione di n°4 scavi geognostici, spinti fino all'interno del substrato roccioso;
- esecuzione di n°1 prova di permeabilità in sito;
- prelievo di campioni indisturbati di terreno;
- esecuzione di prove ed analisi di laboratorio.

Si illustrano nel seguito le risultanze relative a tali indagini.

5.1 Sondaggi geognostici

La campagna di indagini, è stata realizzata dalla Società GeoService di Acqui Terme in due fasi distinte, nel febbraio-marzo 2007, attraverso l'esecuzione di n°3 sondaggi, e nell'aprile-maggio 2008, attraverso l'esecuzione di n°5 sondaggi geognostici; tutti i sondaggi sono stati realizzati a carotaggio continuo, ubicati nelle posizioni indicate sulla Tav. 5, Carta degli elementi geologici di insieme, scala 1:1.000).

I sondaggi 2007, denominati rispettivamente S1-S2/07, S3-S4/07 e S5-S6/07, presentano doppia sigla in quanto in ciascuna posizione sono state fatte due perforazioni, attrezzando un foro a piezometro e l'altro foro ad inclinometro; la denominazione del Piezometri è PZ1 (S1-S2), PZ2 (S3-S4), PZ3 (S5-S6).

Gli stessi sono stati realizzati sulla pista che corre tra le q.a. 115 e 120 m s.l.m. dalla zona uffici fino alle vasche di raccolta poste a NW, nella fascia a valle della discarica di gestione attuale.

Le perforazioni sono state eseguite con sonda tipo Fraste C4, montata su mezzo cingolato, utilizzando carotieri semplici e doppi del diametro ϕ = 101 mm e tubazioni di rivestimento provvisorio del diametro ϕ = 127 mm.

I sondaggi 2008, denominati rispettivamente S1/08, S2/08, S3/08, S4/08 e S5/08, sono stati perforati attrezzandone alcuni a piezometro; la denominazione del Piezometri è PZ4 (S5/08), PZ5 (S2/08), PZ6 (S3/08).

Gli stessi sono stati realizzati nell'area a monte della discarica attuale, in corrispondenza sia della concavità a Sud, sia del versante a monte del piazzale sommitale (PZ4-S5/08).

Le perforazioni sono state eseguite con sonda tipo Mustang A65, montata su mezzo cingolato, utilizzando carotieri semplici e doppi del diametro ϕ = 101 mm e tubazioni di rivestimento provvisorio del diametro ϕ = 127 mm.

Le perforazioni sono state realizzate in parte a secco, in parte con circolazione di fluido di perforazione, nello specifico acqua additivata di polimeri biodegradabili. Questa metodologia ha permesso di raggiungere le più elevate percentuali di carotaggio possibile sia nelle coltri sciolte, sia nei tratti di substrato roccioso, ottenendo così campioni altamente rappresentativi dei terreni attraversati.

Il materiale proveniente dalla perforazione è stato inserito in successione continua in apposite cassette catalogatrici ed accuratamente descritto, come risulta dalle stratigrafie allegate.

Nel corso delle perforazioni della campagna 2008 sono state eseguite numerose prove di permeabilità di tipo Lefranc e di tipo Lugeon.

5.2 Scavi geognostici

Nelle posizioni indicate sulla Tav. 5, Carta degli elementi geologici di insieme in scala 1:1.000, sono stati realizzati n°4 scavi geognostici; in particolare, gli scavi sono stati ubicati sull'asse della vallecola e ai piedi del versante in sinistra.

Gli scavi hanno permesso:

- di definire lo spessore delle coperture detritiche ed eluviali presenti nel fondovalle della vallecola, sovrastanti il substrato roccioso;
- di prelevare campioni indisturbati di terreno, da sottoporre a prove di laboratorio;
- di realizzare una prova di permeabilità nel substrato roccioso.

Dagli stessi si ha la seguente stratigrafia media:

Scavo geognostico S1

0.00-0.30 m: terreno vegetale

0.30-1.60 m: coperture detritiche

1.60-1.75 m: substrato roccioso alterato e fratturato

Scavo geognostico S2

0.00-0.30 m: terreno vegetale

0.30-1.50 m: coperture detritiche

1.50-1.60 m: substrato roccioso alterato e fratturato

Scavo geognostico S3

0.00-0.15 m: terreno vegetale

0.15-1.70 m: substrato roccioso alterato e fratturato

Scavo geognostico S4

0.00-0.40 m: terreno vegetale

0.40-1.20 m: coperture detritiche

Per il dettaglio delle condizioni stratigrafiche si rimanda alle allegate stratigrafie che compaiono in calce alla presente.

5.3 Prove di permeabilità

5.2.1 Prova di permeabilità in pozzetto geognostico

All'interno del pozzetto geognostico S3, al fine di valutare le condizioni di impermeabilità del sedime della zona di ampliamneto a NW della discarica, si è deciso di effettuare una prova di permeabilità nel pozzetto scavato quasi integralmente nel substrato roccioso.

La bassa permeabilità del materiale non ha permesso il completo assorbimento dell'acqua versata, pertanto l'interpretazione della prova e la determinazione del coefficiente di permeabilità è stato effettuato con il metodo di Kozeny.

Come si può osservare analiticamente nell'analisi della prova (Allegato B: prova di permeabilità in pozzetto geognostico), il valore del coefficiente di permeabilità k è pari a 9,7 x 10^{-8} m/sec.

5.2.1 Prova di permeabilità in foro di sondaggio geognostico

Nel corso delle perforazioni realizzate nella campagna 2008, nelle zone destinate all'ampliamento della discarica, sempre da parte della GeoService sono state eseguite alcune prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile e di tipo Lugeon, per ricavare il valore della permeabilità del substrato roccioso.

In particolare sono state realizzate n°3 prove Lefranc a carico variabile, negli orizzonti più superficiali del substrato roccioso, corrispondenti al cappellaccio di alterazione e n° 7 prove Lugeon, sia nel cappellaccio di alterazione, sia negli orizzonti sottostanti a minor grado di alterazione e fratturazione, così ripartite:

Sondaggio	**Prova Lefranc**	**Prof. (m da p.c.)**	**Prova Lugeon**	**Intervalli di prova (m da p.c.)**
S1/08	SI	3,95-7,20	SI	4,55-7,20 e 8,00-12,00
S2/08	NO	-	SI	9,00-11,90 e 12,50-16,40
S3/08	SI	2,95-4,30	SI	6,50-10,40
S4/08	SI	2,00-3,60-	SI	7,60-10,70
S5/08	NO	-	SI	10,70-15,50

Le prove Lefranc, le cui risultanze appaiono in allegato, hanno fornito i seguenti risultati:

Sondaggio	Profondità di esecuzione (metri da p.c.)	Valore del coefficiente di permeabilità in m/sec
S1/08	3,95 - 7,20	5,26E-09
S3/08	2,95 – 4,30	3,74E-08
S4/08	2,00 - 3,60	2,12E-07

Si rimarca che mentre le prove in S1/08 e S3/08 sono state sviluppate all'interno del cappellaccio di alterazione del substrato, la prova effettuata nel sondaggio S4/08 ha interessato in parte anche la coltre detritica sovrastante il cappellaccio di alterazione del substrato, ed è da imputare a tale condizione il valore di permeabilità più alto ottenuto.

Le prove Lugeon, le cui risultanze appaiono in allegato, hanno fornito valori di permeabilità diversi a seconda delle pressioni adottate nella prova; è ragionevole, per lo scopo del presente lavoro, considerare i risultati ottenuti applicando la pressione di 1 bar, già fortemente penalizzante (e pertanto a favore della sicurezza):

Sondaggio	Profondità di esecuzione (metri da p.c.)	Valore del coefficiente di permeabilità in m/sec
S1/08	4,55 - 7,20	Nessun assorbimento
S1/08	8,00 – 12,00	Nessun assorbimento
S2/08	9,00 - 11,90	1,00E-07
S2/08	12,50 - 16,40	2,52E-07
S3/08	6,50 - 10,40	Nessun assorbimento
S4/08	7,60 – 10,70	Nessun assorbimento
S5/08	10,70-15,50	1,46E-07

Per ottenere prove maggiormente rappresentative le stesse sono state realizzate per tratti di foro di sviluppo pari ad almeno 3-4 m lineari; in quattro casi non si è avuto nessun assorbimento d'acqua e nessuna perdita di carico, determinando così la sostanziale impermeabilità del substrato roccioso, mentre in 3 prove si sono avuti valori dell'ordine di 1-2 x 10^{-7} m/sec.

5.4 Analisi e prove di laboratorio.

Sui campioni di terreno indisturbati, prelevati nei pozzetti geognostici, la SGL Servizi Geotecnici Liguri Srl ha realizzato alcune analisi e prove di laboratorio le cui risultanze compaiono analiticamente sulle allegate certificazioni; si riporta di seguito una sintesi dei valori rilevati dei principali parametri geotecnici.

CAMPIONI INDISTURBATI			
	S1CI1	S2C1	S4C1
PROF. (m)	0.50	1.00	0.80
GHIAIA%	7	10	22
SABBIA%	34	35	36
LIMO %	48	42	32
ARGILLA %	11	13	10
γ_n (kN/mc)		18.9	19.8
γ_d (kN/mc)		15.1	20.4
e		0.77	0.59
$S_{r\,\%}$		89	84
LL%	38	38	25
LP%	29	27	20
IP%	9	11	5
Classificazione USCS	ML	ML	SM-SC
Taglio diretto c' (KPa) ϕ°		14 29	15 32
Permeabilità K (m/sec)	5.46×10^{-8}	3.65×10^{-9}	1.14×10^{-8}
Permeabilità K (m/sec)	2.98×10^{-8}	3.49×10^{-9}	8.43×10^{-9}

5.5 Misure piezometriche

Le misure dei livelli piezometrici sono state effettuate dalla SISMA S.r.l.; esse sono state articolate in tempi successivi con la funzione di determinare tali livelli in differenti condizioni stagionali, dopo avere provveduto allo spurgo dei piezometri ed avere atteso il ristabilirsi delle condizioni stazionarie. Le osservazioni si sono articolate su un arco temporale decisamente ampio:

- per i primi 3 piezometri (PZ1, PZ2 e PZ3) le misure sono cominciate nel Settembre 2007;
- per gli altri le misure sono iniziate a giugno 2008 (PZ4, PZ5)
- è stato tuttavia necessario rifare il piezometro PZ6 a seguito di un danneggiamento e quindi sullo stesso le misure sono cominciate solo nel marzo 2009. Peraltro le misure effettuate hanno evidenziato che il livello misurato è dovuto ad acqua mista a fango al fondo del piezometro, quindi si può assumere

che non vi sia alimentazione e/o circolazione d'acqua nell'intorno del piezometro. In pari data sono stati riattivati i vecchi piezometri P1 e P2.

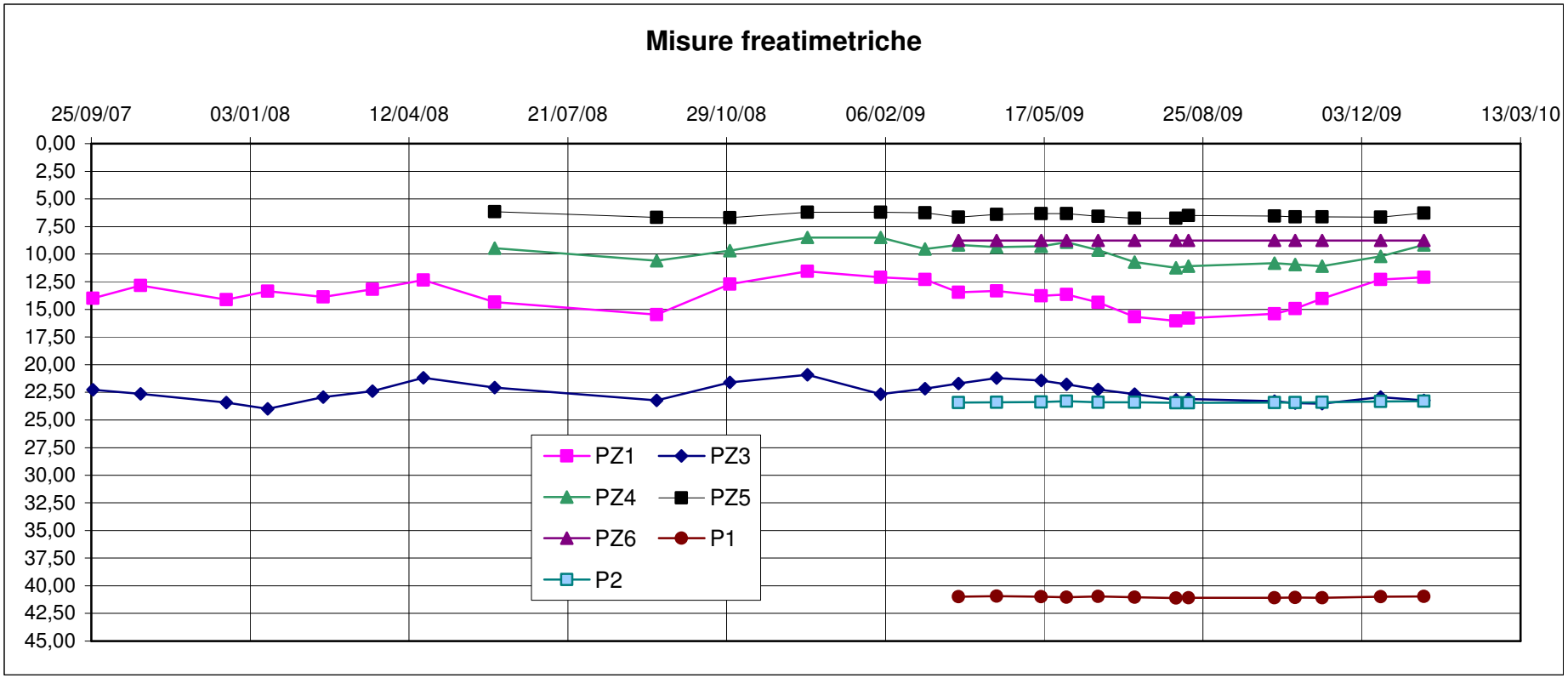
Su tutti i piezometri le misure si sono protratte fino al Gennaio 2010, quindi per un periodo di tempo sufficientemente lungo per poter sviluppare osservazioni significative.

Le misure sono state realizzate mediante freatimetro con scala centimetrica; le misure sono fornite in metri di profondità dal piano di campagna.

La tabella riassuntiva delle misure effettuate dalla Sisma s.r.l. viene riportata nel seguito della presente, unitamente alla rappresentazione grafica delle misure relativamente alla soggiacenza del livello rispetto al p.c.

LETTURE PIEZOMETRICHE

Piezom.	Prof.	Q. terreno	Q. Bocca		26/09/07	26/10/07	19/12/07	14/01/08	18/02/08	20/03/08	21/04/08	05/06/08	15/09/08	31/10/08	19/12/08	03/02/09	03/03/09	24/03/09	17/04/09	15/05/09	31/05/09	20/06/09	13/07/09	08/08/09	16/08/09	09/10/09	22/10/09	08/11/09	15/12/09	11/01/10
n°	m	m	m																											
PZ1	24,00	118,78	118,73	Prof. da b.f.	13,99	12,84	14,12	13,37	13,88	13,19	12,35	14,35	15,48	12,72	11,56	12,10	12,31	13,45	13,34	13,78	13,65	14,37	15,67	16,05	15,80	15,40	14,94	14,02	12,29	12,10
				Quota H20	104,74	105,89	104,61	105,36	104,85	105,54	106,38	104,38	103,25	106,01	107,17	106,63	106,42	105,28	105,39	104,95	105,08	104,36	103,06	102,68	102,93	103,33	103,79	104,71	106,44	106,63
PZ2	27,00	117,35	117,27	Prof. da b.f.	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto	vuoto
				Quota H20																										
PZ3	24,00	116,2	117,07	Prof. da b.f.	22,27	22,63	23,43	23,99	22,93	22,40	21,18	22,08	23,22	21,61	20,92	22,65	22,16	21,70	21,22	21,43	21,78	22,23	22,65	23,18	23,10	23,30	23,48	23,53	22,94	23,22
				Quota H20	94,80	94,44	93,64	93,08	94,14	94,67	95,89	94,99	93,85	95,46	96,15	94,42	94,91	95,37	95,85	95,64	95,29	94,84	94,42	93,89	93,97	93,77	93,59	93,54	94,13	93,85
PZ4	16,00	152,2	151,94	Prof. da b.f.								9,48	10,60	9,70	8,50	8,50	9,54	9,18	9,38	9,31	8,92	9,64	10,73	11,25	11,10	10,83	10,95	11,09	10,20	9,18
				Quota H20								142,46	141,34	142,24	143,44	143,44	142,40	142,76	142,56	142,63	143,02	142,30	141,21	140,69	140,84	141,11	140,99	140,85	141,74	142,76
PZ5	15,65	119,89	119,65	Prof. da b.f.								6,16	6,67	6,68	6,20	6,20	6,24	6,64	6,40	6,33	6,33	6,58	6,73	6,73	6,50	6,54	6,62	6,62	6,65	6,27
				Quota H20								113,49	112,98	112,97	113,45	113,45	113,41	113,01	113,25	113,32	113,32	113,07	112,92	112,92	113,15	113,11	113,03	113,03	113,00	113,38
PZ6	9,05	138,14	138,44	Prof. da b.f.															8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75	8,75
				Quota H20															129,69	129,69	129,69	129,69	129,69	129,69	129,69	129,69	129,69	129,69	129,69	129,69
P1	45,00	124,15	124,55	Prof. da b.f.															40,98	40,95	40,99	41,05	40,97	41,03	41,11	41,10	41,09	41,07	41,08	40,99
				Quota H20															83,57	83,60	83,56	83,50	83,58	83,52	83,44	83,45	83,46	83,48	83,47	83,56
P2	28,00	123,85	124,14	Prof. da b.f.															23,42	23,40	23,38	23,30	23,39	23,40	23,45	23,44	23,43	23,42	23,39	23,32
				Quota H20															100,72	100,74	100,76	100,84	100,75	100,74	100,69	100,70	100,71	100,72	100,75	100,82


Misure freatimetriche
25/09/07
03/01/08
12/04/08
21/07/08
29/10/08
06/02/09
17/05/09
25/08/09
03/12/09
13/03/10
0,00
2,50
5,00
7,50
10,00
12,50
15,00
17,50
20,00
22,50
25,00
27,50
30,00
32,50
35,00
37,50
40,00
42,50
45,00
PZ1
PZ3
PZ4
PZ5
PZ6
P1
P2

6. CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA E GEOTECNICA DELL'AREA

6.1 Condizioni stratigrafiche

Le risultanze delle diverse indagini geognostiche, unitamente ai dati emersi nel corso del rilevamento di superficie, hanno permesso di ricostruire le condizioni stratigrafiche del sito attraverso n°4 sezioni geologiche interpretative in scala 1:1.000, che appaiono nella TAV. 7 – Sezioni geologiche interpretative, scala 1:1.000

Le sezioni sono state ubicate nelle posizioni indicate nella Tav.5, Carta degli elementi geologici di insieme, in scala 1:1.000, che rappresenta la situazione attuale del sito, e nella Tav.6 – Planimetria di progetto: predisposizione fondo e cappa finale, scala 1:2.000.

Al fine di fornire una quadro più chiaro ed esaustivo delle caratteristiche dell'area e delle soluzioni individuate in sede di progettazione, nelle sezioni, oltre allo stato attuale, è stato rappresentato anche l'andamento del fondo discarica in progetto, con la riprofilatura del versante, e l'andamento della superficie finale degli inerti che verranno stoccati nel sito.

Dalle stesse si evince la seguente situazione:

- nella porzione più acclive del versante si ha una condizione pressochè uniforme di substrato affiorante o subaffiorante, solo localmente sovrastato da coltri eluvio-colluviali di spessore decimetrico;

- nella fascia occupata dall'attuale corpo di discarica e da quella autostradale, è stato rilevata la presenza di coperture detritiche ed eluviali di spessore variabile, generalmente inferiore a 2m ma che talora (cfr. Sezione 7) raggiunge anche i 4 m di spessore;

- analogamente, nelle fasce assiali delle vallecole è stata rilevata la presenza di coltri detritiche con spessori da 2 a 4 m;

- infine, a letto, substrato roccioso costituito da scisti quarzo-sericitici appartenenti alla formazione degli "Scisti di Gorra", a diverso grado di alterazione e fratturazione soprattutto nei livelli più superficiali.

6.2 Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione geotecnica ha preso in considerazione tutti i materiali definiti nel precedente paragrafo; in particolare sono stati definiti i parametri geotecnici dei materiali sciolti e lapidei raggruppati nella seguente successione stratigrafica:

- coperture detritiche ed eluviali;

- substrato roccioso.

Coperture detritiche ed eluviali

Il comportamento geotecnico delle coltri sulla base delle prove di laboratorio eseguite, forniscono i seguenti valori:

- peso di volume naturale: 19-20 kN/mc
- angolo di attrito: 30°-32°

- coesione drenata: 14 kPa

Substrato roccioso

La definizione del comportamento geotecnico del substrato roccioso si è basato sulla classificazione degli ammassi rocciosi, in particolare attraverso le valutazioni qualitative e quantitative fornite dalla classificazione di Bieniawski e di Barton.

Attraverso gli indici delle due classificazioni si perviene ai seguenti valori dei parametri geotecnici:

- peso di volume: 2.4 t/mc
- angolo di attrito: 40°
- coesione: 100 kPa

Materiali inerti stoccati

Il materiale che costituisce l'attuale volume del rilevato è stato caratterizzato in funzione delle modalità di posa in opera, sulla base di quanto emerso nel corso dei controlli e delle prove realizzate nel corso degli anni, che hanno dimostrato l'elevato grado di compattazione ottenuta, superiore al 92% e le ottime caratteristiche di portanza, ottenute attraverso prove di carico con piastra.

Al materiale abbancato, in analogia con quanto precedentemente definito in sede di indagine per l'attuale corpo di discarica, si attribuiscono i seguenti parametri:

- peso di volume naturale: γ = 20 kN/mc
- angolo di attrito: ϕ = 32°
- coesione: 5 kPa

7. STIMA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL SITO

L'area in esame è classificata in Zona Sismica 3b sulla base della D.G.R. n°1208/2008 e alla O.P.C.M. n° 3519 del 2006. I valori di accelerazione di picco al suolo ag con probabilità di superamento del 10% in 50 anni sono pari a 0,10 g.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 la stima della pericolosità sismica viene definito mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite attraverso un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita dalla "pericolosità sismica di base" del sito, elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Il terreno di fondazione rientra pertanto nella categoria E tra quelle previste alla Tabella 3.2 II delle NTC 2008, costituita da terreni a grana grossa da mediamente a scarsamente addensati e da terreni a grana fine da mediamente consistenti a scarsamente consistenti, giacenti su un substrato di materiale più rigido, con Vs > 800 m/s.

La stima della pericolosità sismica è stata effettuata attraverso il software on line Geostru PS Parametri Sismici; ci si è basati sui seguenti dati di sito e di progetto:

Sito in esame.

latitudine: 44,2516

longitudine: 8,4041

categoria sottosuolo: E

categoria topografica: T2

Vita nominale: 50 anni

Classe d'uso: 2

Coefficiente d'uso: 1

Periodo di riferimento: 50 anni

Le coordinate dei siti di riferimento del Ministero e la distanza del sito dai nodi della maglia sono i seguenti:

Siti di riferimento

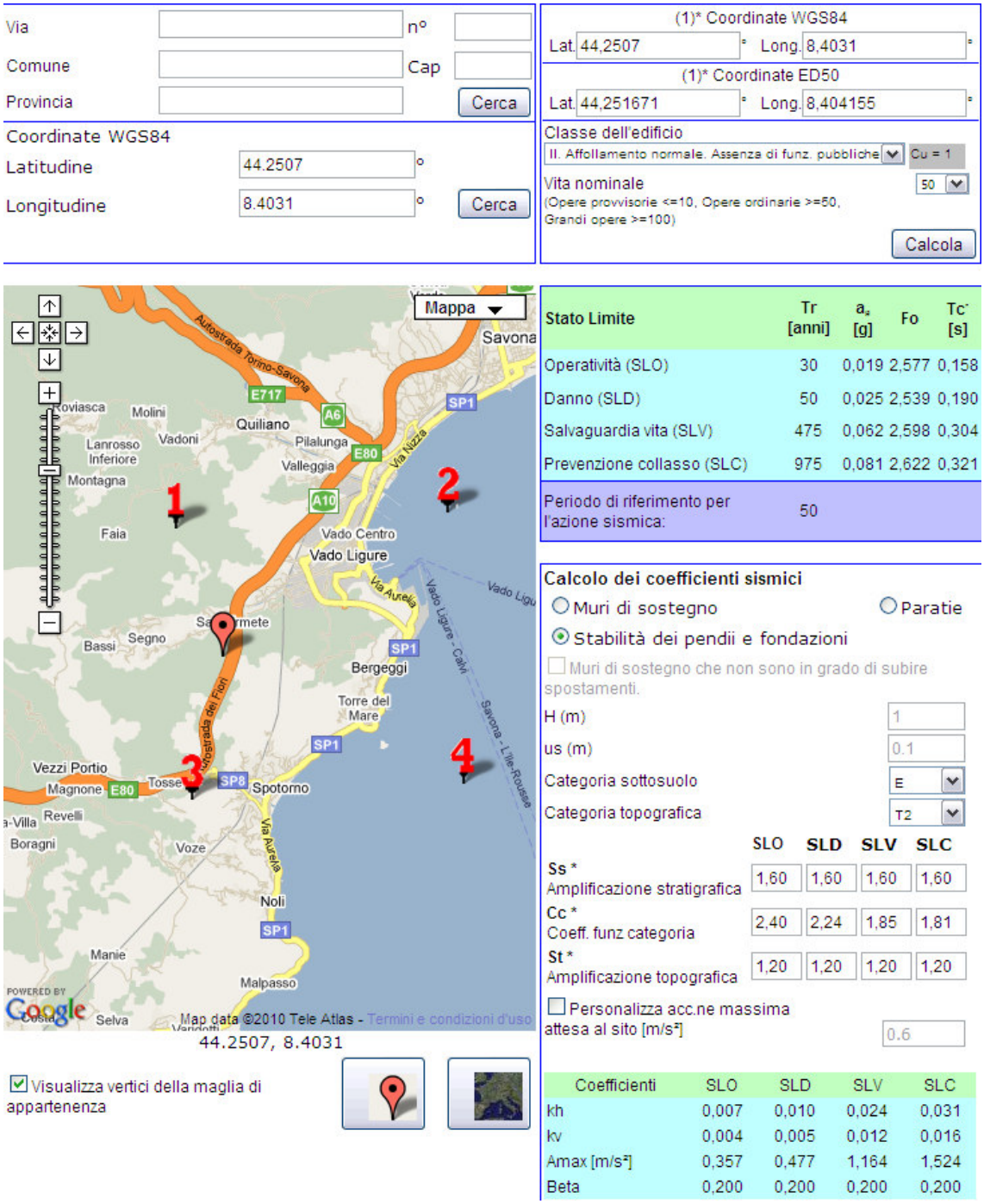
Sito 1 ID: 17354 Lat: 44,2752Lon: 8,3921 Distanza: 2790,038

Sito 2 ID: 17355 Lat: 44,2782Lon: 8,4618 Distanza: 5453,074

Sito 3 ID: 17576 Lat: 44,2253Lon: 8,3963 Distanza: 2998,509

Sito 4 ID: 17577 Lat: 44,2283Lon: 8,4659 Distanza: 5561,764

I coefficienti sismici che appaiono nella tabella sono quelli da adottare nelle verifiche di stabilità.



Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0,019	2,577	0,158
Danno (SLD)	50	0,025	2,539	0,190
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,062	2,598	0,304
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,081	2,622	0,321
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Calcolo dei coefficienti sismici

○ Muri di sostegno ○ Paratie

◉ Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1

us (m): 0.1

Categoria sottosuolo: E

Categoria topografica: T2

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss * Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,60	1,60
Cc * Coeff. funz categoria	2,40	2,24	1,85	1,81
St * Amplificazione topografica	1,20	1,20	1,20	1,20

☐ Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,007	0,010	0,024	0,031
kv	0,004	0,005	0,012	0,016
Amax [m/s²]	0,357	0,477	1,164	1,524
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

dove:

Tr = tempo di ritorno

ag = accelerazione orizzontale massima al sito

Fo = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

Tc* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Ss = coefficiente di amplificazione stratigrafica

Cc = Coefficiente funzione della categoria di sottosuolo

St = coefficiente di amplificazione topografica

Kh = coefficiente sismico orizzontale

Kv = coefficiente sismico verticale

Amax = accelerazione massima

Beta = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

8. STATO FINALE E MODALITÀ DI ESERCIZIO DELLA DISCARICA

8.1 Barriera geologica

Le risultanze delle indagini e in particolare le prove di permeabilità effettuate hanno evidenziato che il sito destinato ad ospitare l'ampliamento della discarica vede la presenza di un substrato roccioso che risulta caratterizzato, sia in senso orizzontale, sia in senso verticale, da permeabilità prevalentemente nulla; solo localmente, in aree ristrette, si evidenzia, per fratturazione/fessurazione, una qualche permeabilità che è tuttavia pur sempre bassissima, con valori di $K \leq 1 \times 10^{-7}$ m/s;

Nelle aree dove il substrato è sovrastato da coperture sciolte, a seguito della composizione granulometrica di queste ultime, con una presenza di limo e argilla superiore al 50%, le prove di permeabilità eseguite hanno dimostrato che anche le coltri hanno permeabilità estremamente bassa, con valori di $K \leq 1 \times 10^{-7}$ m/s.

Il D.L. 13/01/2003, n° 36 stabilisce che, al di sotto ed in prossimità di una discarica, la barriera geologica è determinata da condizioni geologiche ed idrogeologiche tali da assicurare una capacità di attenuazione sufficiente per evitare rischi per il suolo e per le acque superficiali e sotterranee. Il substrato della base e dei lati della discarica deve consistere in una formazione naturale che risponda a requisiti di permeabilità e spessore almeno equivalenti a quello risultanti dai seguenti criteri:

- conducibilità idraulica K minore o uguale a 1×10^{-7} m/s;
- spessore maggiore o uguale a 1 m.

Sulla base di quanto riscontrato è pertanto possibile affermare che il substrato roccioso risponde ai suddetti requisiti e può quindi essere considerato una barriera geologica naturale.

Le misure piezometriche effettuate confermano l'assenza di una falda idrica estesa senza soluzione di continuità nel sito di discarica; al contrario, evidenziano solo una locale e modestissima presenza di acqua nei circuiti di frattura, peraltro caratterizzati da valori di permeabilità dell'ordine di 10^{-7} m/s.

Si tratta di situazioni del tutto locali e non confrontabili, visto che alcuni piezometri sono asciutti e i livelli misurati in altri risultano non correlabili tra loro. Tale condizione è confermata dalle osservazioni effettuate direttamente sulle scarpate e sugli affioramenti rocciosi, dove si evidenziano affioramenti rocciosi completamente asciutti ed altri che mostrano occasionalmente un modesto stillicidio in corrispondenza di alcune fratture, laddove l'ammasso roccioso risulta maggiormente scompaginato dai fenomeni tettonici.

I dati piezometrici rilevati al di sotto del vecchio e attuale corpo di discarica indicherebbero una circolazione idrica all'interno di un mezzo dotato di permeabilità secondaria, in corrispondenza della fascia di alterazione del substrato roccioso e all'interfaccia dello stesso con le coltri sovrastanti. Tuttavia, come evidenzia il piezometro PZ2, anche sotto il corpo di discarica non è possibile ipotizzare una circolazione idrica estesa a tutta l'area senza soluzione di continuità e pertanto si ricava che i rilievi piezometrici effettuati si devono obbligatoriamente riferire a presenze puntuali di acqua, non in connessione tra loro.

La barriera di confinamento e la rete drenante posta al di sopra della stessa, messe in opera a seguito delle prescrizioni in sede autorizzativa dell'attuale discarica,

separa fisicamente il corpo degli inerti autostradali da quelli abbancati dalla Committenza, contribuendo all'intercettazione di potenziali acque di infiltrazione.

In funzione del disposto del D.L. n°36/2003, della condizione per cui l'ampliamento della discarica si sviluppa in parte sui materiali già messi in opera, nonchè per quanto rilevato in merito alla circolazione idrica sotterranea, si è ritenuto opportuno prevedere, laddove i materiali verranno messi a dimora nelle aree subpianeggianti, la messa in opera di una ulteriore barriera artificiale di confinamento opportunamente realizzata che fornisca una protezione supplementare. Sempre secondo il D.L. la barriera messa in opera artificialmente deve avere uno spessore non inferiore a 0,5 m e un franco di sicurezza dalla massima escursione della falda pari a 1,5 m. Si osserva che la soggiacenza dei livelli misurati nei piezometri è abbondantemente superiore a detto valore.

La suddetta barriera artificiale potrà essere costituita da materiale che, debitamente compattato abbia valori di permeabilità inferiori a 10^{-7} m/s: la Committenza sarà in grado di reperirlo in zona o acquisirlo da cave, in analogia con le procedure adottate in altri siti di discarica localizzati nelle vicinanze. Va da sé che detto materiale sarà sottoposto ad analisi e prove di laboratorio al fine di verificarne l'idoneità all'impiego.

8.2 Profilatura del fondo discarica e drenaggio di fondo

La profilatura delle scarpate naturali in roccia potrà avvenire mediante un angolo di scarpa non superiore a 45°, realizzando anche lo scotico delle limitatissime coperture vegetali esistenti. In questo modo si ottiene una sagomatura "a denti di sega", o a piccoli gradoni, funzionale ad aumentare le condizioni di sicurezza di un eventuale scivolamento sul fondo del corpo della discarica e alla captazione di eventuali acque di infiltrazione.

La fascia assiale delle vallecole e delle aree a minor pendenza caratterizzate dalla presenza di coltri sciolte, potrà essere profilata con una modesta livellazione al fine di ottenere un fondo con pendenza verso valle e trasversale, in direzione del versante, al fine di raccogliere le eventuali acque di percolazione.

Per evitare che l'eventuale infiltrazione delle acque meteoriche possano creare, anche se solo temporaneamente, un flusso idrico subsuperficiale e una falda temporanea all'interno dei materiali inerti, è prevista, sul fondo discarica e su alcune pedate del gradonamento lungo il versante, l'inserimento di tubazione fessurate drenanti, in grado di raccogliere tali apporti idrici e convogliarli alle vasche di raccolta.

8.3 Profilatura delle alzate dei gradoni e coltivazione della discarica

Le alzate dei gradoni artificiali di nuova realizzazione dovranno essere anch'esse profilate con angoli non superiori a 30°, avendo cura di utilizzare, in tutta la fascia più esterna, materiali granulari, e di scartare invece eventuali materiali contenenti abbondante frazione fine e quindi caratterizzati da resistenza al taglio a componente prevalentemente coesiva.

Il materiale inerte dovrà essere posto a discarica in strati di 50 cm di spessore, opportunamente rullati e compattati con mezzo idoneo.

Tutte le alzate dovranno poi essere ricoperte da un manto di terreno vegetale su cui si procederà alla sistemazione definitiva come descritto nella relazione di progetto.

8.4 Canalizzazioni

Durante la coltivazione della discarica dovrà essere garantito il drenaggio delle acque superficiali, saranno pertanto realizzate delle canalizzazioni (canali di gronda) lungo il perimetro della discarica, che scaricheranno le acque raccolte nei collettori naturali localizzati ai margini della discarica.

La gestione dell'opera in progetto non dovrà prescindere da una regolare e puntuale manutenzione e pulizia di tutte le opere di canalizzazione e regimazione delle acque superficiali, con particolare attenzione alle opere di presa, al fine di eliminare eventuale materiale vegetale e terroso mobilitato dalle portate di piena.

8.5 Controlli geotecnici in corso d'opera

Nel corso della gestione dell'impianto dovranno essere previsti alcuni controlli sulle caratteristiche di addensamento degli strati posti in opera, mediante l'esecuzione di prove di carico su piastra, da realizzarsi in numero di 2 ogni 10.000 mc. Gli inclinometri posti in essere dovranno essere letti con cadenza trimestrale, verificando periodicamente l'assenza di spostamenti significativi.

Le caratteristiche del materiale di impermeabilizzazione e la sua corretta messa in opera saranno verificate attraverso il prelievo di un numero idoneo di campioni indisturbati di terreno compattato che, successivamente, saranno oggetto di determinazione del coefficiente di permeabilità mediante l'impiego di permeametro a parete rigida o flessibile.

Per il controllo e verifica finale delle prestazioni del rivestimento dello strato compattato si eseguiranno prove di conducibilità idraulica in situ mediante il permeametro Boutwell o mediante infiltrometri. Questi sistemi hanno il vantaggio di coinvolgere aree molto più estese, e quindi più rappresentative, dello strato impermeabile.

9. COMPATIBILITÀ CON IL VINCOLO IDROGEOLOGICO E IL PIANO DI BACINO DEL TORRENTE SEGNO.

Sulla scorta di quanto precedentemente esposto, con riferimento alla presenza sul terreno del vincolo idrogeologico, si certifica che l'intervento:

- è compatibile con la natura dei luoghi;

- rispetta le condizioni poste a tutela dell'assetto idraulico, idrogeologico e delle falde acquifere;

- è compatibile e non in contrasto con la presenza sul terreno del vincolo idrogeologico.

Con riferimento al Piano di Bacino del Torrente Segno, Piano Stralcio per la tutela del rischio idrogeologico di cui all'art. 1, comma 1 del D.L. 11/06/1998 n°180, convertito in legge 03/08/1998 n°267 e s.m. e i., a completamento della

documentazione si allegano alla presente gli stralci delle seguenti carte che fanno parte degli elaborati grafici del Piano:

- Carta della suscettività al dissesto, scala 1/10.000;
- Carta del reticolo idrografico, scala 1/10.000;
- Carta degli interventi, scala 1/10.000;

Non viene allegata la carta delle fasce di inondabilità in quanto l'area in esame si colloca a quote sensibilmente superiori a quelle dell'alveo più prossimo.

Sugli stralci è stata individuata l'area oggetto dell'intervento; si rileva quanto segue:

In merito alla suscettività al dissesto dei versanti, l'intervento ricade in un'area classificata a suscettività BASSA (Pg1)

Circa il reticolo idrografico si osserva che l'intervento ricade a distanze superiori a 40 m dai corsi d'acqua più prossimi ed individuati come demaniali;

Circa quanto appare sulla Carta degli interventi, questi ultimi sono tutti abbondantemente al di fuori del territorio interessato.

Pertanto, con riferimento alla NORMATIVA DI PIANO, TITOLO II – CAPO III – SEZIONE II – Art. 16 – Punti 4, 5 e 6, sulla base di quanto fin qui esposto, si certifica che:

- l'intervento in progetto non aggrava il grado di suscettività al dissesto dell'area;
- l'intervento prevede ogni accorgimento necessario ad assicurare la tutela della incolumità pubblica e privata e il non aumento del rischio.
- non pregiudica la possibilità di attuare le previsioni di piano e la sistemazione idrogeologica definitiva;
- non interferisce con il reticolo idrografico e con i corsi d'acqua principali;
- è compatibile con i contenuti del Piano di bacino e le Norme di attuazione del piano stesso;
- è compatibile con quanto previsto e prescritto nel Piano di emergenza comunale (marzo 2005).

Savona, maggio 2010

Il geologo incaricato

(Dr. Cesare Ferrero)

ALLEGATI:

Allegato A: Cartografia Tematica

- 1 Corografia, scala 1:5.000
- 2 Carta geologica, scala 1:2.000
- 3 Carta geomorfologica, scala 1:2.000
- 4 Carta idrogeologica, scala 1:2.000
- 5 Carta degli elementi geologici di insieme, scala 1:1.000
- 6 Planimetria di progetto: fondo e cappa finale, scala 1:2.000
- 7 Sezioni geologiche interpretative, scala 1:1.000
- 8 Piani di Bacino, scala 1:10.000

Allegato B: Indagini in sito e prove di laboratorio

- Rilievo strutturale
- Stratigrafie sondaggi geognostici 2007
- Stratigrafie sondaggi geognostici 2008
- Stratigrafie pozzetti geognostici
- Prove permeabilità in sondaggi geognostici
- Prova permeabilità in pozzetto geognostico
- Certificati prove laboratorio