CLIENTE:

ECOSAVONA s.r.l.

gruppo GEOTEA

PROGETTAZIONE E COORDINAMENTO:

STUDIO GEOTECNICO ITALIANO s.r.l.

ingegneria geotecnica – ingegneria ambientale – ingegneria sismica
geologia applicata

Dott. Ing. Stefano Veggi

Iscrizione Albo degli Ingegneri
Provincia di Alessandria-N. 1054
Dott. Ing. STEFANO VEGGI
STUDIO GEOTECNICO ITALIANO

PROGETTO:

COMUNE DI VADO LIGURE (SV)

DISCARICA PER RNP IN LOCALITA' BOSCACCIO

AMPLIAMENTO – IPOTESI 1
PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO – Title

RELAZIONE GEOLOGICA

GEOLOGIA E IDROGEOLOGIA:

STUDIO PROGEA
Dott. S. AICARDI
via G. Leopardi 35r, 17100 Savona
Tel e Fax 019.825956Q
Studio.Progea@gmail.com

STUDIO CARIERI
Dott. F. CARIERI
Via alla Rocca di Legino 5b, 17100 Savona
Tel 019.801866 Fax: 019.8403931
e-mail: filippo@carieri.com

IMPIANTISTICA BIOGAS:

Enrico Magnano
consulenze tecniche per l'ambiente
Via Rocca Grue, 17 15050 Sarezzano (AL) - Italy
Tel. +39 - 0131 - 88.45.96 Fax. +39 - 0131 - 88.49.21
e-mail: magnano@magnano.it web: www.magnano.it

STUDIO GEOTECNICO ITALIANO

CONTRATTO N. – Contract Nr.

IDENTIFICAZIONE SGI
SGI identification

COMMESSA	CODICE ARCHIVIO	ELABORATO	EMISSIONE
07663	065R03aE	01	

REV. Rev.	DESCRIZIONE Description	REDAZIONE Edited	VERIFICA Checked	AUTORIZZAZIONE Authorized	DATA Date
01	EMISSIONE	Studio Carieri	TER	VEG	15.06.2011

NOME FILE – File name

07663–065R03aE01

E' VIETATA LA RIPRODUZIONE DI QUESTO DOCUMENTO SENZA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE SCRITTA SGI–Reproduction of this document is forbidden without prior written permission by SGI

INDICE

1. Premessa 1

2. Inquadramento geologico generale 4

2.1 Assetto Tettonico - Strutturale 4

2.2 Caratteri lito-stratigrafici 5

2.2.1 Dolomie di S. Pietro ai Monti 6

2.2.2 Quarziti di Ponte di Nava 8

2.3 Coltre sciolta e coperture 8

3. Assetto geomorfologico 10

3.1 Morfologia del bacino e tendenze evolutive 11

3.2 Acclività dei versanti 11

4. Assetto idrogeologico 12

4.1 Permeabilità ricavate da parametri di superficie 12

4.1.1 Teoria della percolazione (Shante e Kirkpatrick) 12

4.1.2 Teoria del Kiraly 15

4.2 Permeabilità ricavate da prove di assorbimento in foro 16

4.2.1 Prove tipo Lùgeon 17

4.2.2 Prove metodo Lèfranc 17

4.3 Manifestazioni Carsiche 18

5. Indagini e prove in situ 22

5.1 Rilievo plano altimetrico 22

5.2 Rilevamento litologico strutturale 22

5.3 Prove penetrometriche dinamiche su rifiuto 23

5.4 Perforazioni e carotaggi 23

5.4.1 Stratigrafie desunte da carotaggi 23

5.4.2 Stratigrafie desunte dall'analisi delle polveri di perforazione 24

5.5 Indagini geofisiche 26

5.6 Misure freatimetriche 28

6. Inquadramento sismico 31

6.1 Classificazione sismica del territorio comunale 31

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

6.2 Categorie sismiche dei terreni nell'area di ampliamento 31
6.2.1 Aree in prossimità del perimetro della discarica approvata, con suolo costituito da roccia affiorante o sub affiorante (dolomie e quarziti) eventualmente ricoperta da coltre sottile 31
6.2.2 Aree interne alla discarica coltivata, con suolo costituito da accumuli potenti di rifiuto (rifiuto con spessore superiore a 30 m, fino a 60 m) 33
6.3 Coefficienti di amplificazione topografica 34
6.4 Vita nominale, categoria e classe d'uso 35
7. Parametri geotecnici dei terreni ricadenti nell'area di ampliamento 36
7.1 Coltri sciolte 36
7.2 Ammassi rocciosi 37
7.3 Rifiuti 41
8. Vincoli e normative di carattere geologico ambientale 43
8.1 Vincolo carsico 43
8.2 Vincolo idrogeologico 44
8.3 Compatibilità del progetto col Piano di Bacino stralcio del T. Segno 44
8.3.1 Carta della suscettività al dissesto di versante 47
8.3.2 Carta del reticolo idrografico principale 48
8.3.3 Carta degli interventi 48
8.4 Normativa geologica degli strumenti urbanistici comunali: P.R.G. e P.U.C. 2008 48
8.4.1 Piano Regolatore Generale (P.R.G.) 49
8.4.2 Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) 49
9. Conclusioni 51
9.1 Ammissibilità del progetto con la normativa geologico ambientale 51
9.2 Compatibilità col Piano di Bacino stralcio 51
9.3 Congruenza con la disciplina geologica degli strumenti urbanistici 52
9.4 Idoneità dell'area per gli aspetti di geologia applicata 52
9.5 Aspetti idrogeologici 53
9.5.1 Permeabilità dei terreni 53

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

Figure contenute nel testo:

Figura 4.1: Carsificazione lungo strato presso ARS 7 19
Figura 4.2: Condotto carsico che sbuca sulla strada per Vezzi sopra il piezometro B 20
Figura 8.1: Piano di bacino del torrente Segno 46

Tabelle contenute nel testo:

Tabella 4.1: Permeabilità dell'ammasso roccioso 14
Tabella 5.1: Stratigrafie semplificate 24
Tabella 5.2: Tomografie sismiche semplificate 27
Tabella 5.3: Monitoraggio freatimetrico 29
Tabella 7.1: Quadro riassuntivo parametri da classificazione RMR - Dolomie di S.Pietro ai Monti 39
Tabella 7.2: Quadro riassuntivo parametri da classificazione RMR - Quarziti di Ponte di Nava 39
Tabella 7.3: Angolo di attrito dei calcari dolomitici della formazione S. Pietro ai monti 40
Tabella 7.4: Coesione dei calcari dolomitici della formazione S. Pietro ai monti 41
Tabella 7.5: Parametri geotecnici medi. Rifiuti con copertura in terra, abbancati da oltre 2 anni 42
Tabella 7.6: Angolo d'attrito dei rifiuti e delle terre di copertura 42

Allegati:

Allegato A: Schede di rilevamento e caratterizzazione della formazione rocciosa. Classificazione degli ammassi rocciosi.

Allegato B: Prove penetrometriche dinamiche su rifiuto. Stratigrafie carotaggi S1-S7 con foto campionature. Prove di permeabilità tipo Lefranc e Lùgeon: ditta Sondeco srl; Stratigrafie perforazioni a distruzione di nucleo: piezometri A, B, C, NPA1, NPA2 (ditta Ecogrid s.r.l.). Rete di monitoraggio freatimetrico. Misurazioni periodiche.

Allegato C: Tomografie sismiche (ditta Geofisica & Ambiente)

Elaborati grafici di riferimento:

07663-065D19E01 Planimetria area di ampliamento con limite area carsica

07663-065D20E01	Planimetria ubicazione indagini e prove
07663-065D21E01	Carta geologica
07663-065D22E01	Repertorio fotografico Aree di Rilevamento Strutturale
07663-065D23E01	Carta di zonizzazione geomeccanica
07663-065D24E01	Sezioni geologiche

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

1. PREMESSA

Ecosavona S.r.l., per effetto della convenzione stipulata nel 1992 con il Comune di Vado Ligure, proprietario dell'area e titolare dell'autorizzazione regionale, è il gestore dell'impianto di smaltimento di rifiuti urbani e speciali non pericolosi in località Boscaccio.

La convenzione autorizza Ecosavona a svolgere anche attività di progettazione per adeguare la discarica all'evoluzione della normativa ed alle previsioni della pianificazione di settore.

A seguito della pronuncia interlocutoria negativa ricevuta in sede di V.I.A. dal Progetto di ampliamento presentato da Ecosavona (D.G.R. n. 1433 del 03.12.2010), per rispondere alle richieste del CTR per la VIA contenute nella stessa deliberazione, è stato innanzitutto predisposto uno studio per l'individuazione di possibili alternative di ampliamento della discarica e alla scelta dell'ipotesi più idonea (rif. SGI: 07663-055E02).

Il suddetto studio ha analizzato tre distinte ipotesi:

- Ipotesi 1: ampliamento a monte della discarica autorizzata con aumento della superficie occupata, corrispondente alla soluzione già presentata in sede di VIA (rif. SGI: 07663-003E02 e 07663-004E02).
- Ipotesi 2: ampliamento a monte della discarica autorizzata con riduzione dei volume di scavo e del volume per rifiuti rispetto all'ipotesi 1.
- Ipotesi 3: ampliamento a valle della discarica autorizzata in corrispondenza dell'asta di rio Mulini.

L'analisi delle tre soluzioni ha portato all'individuazione delle ipotesi 1 e 2 come preferibili. L'ipotesi 1 è diventata oggetto di Studio di Impatto Ambientale e progettazione definitiva di cui il presente documento è parte.

In particolare la progettazione è stata affidata allo Studio Geotecnico Italiano di Milano, mentre la predisposizione della documentazione geologica, comprensiva della descrizione delle caratteristiche geologiche e dell'analisi dell'area interessata dagli interventi di ampliamento, è stata affidata allo scrivente.

L'area presa in considerazione si sviluppa per la massima parte all'interno dell'attuale area autorizzata come discarica.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

Nella Carta Geologica il limite dell'area di ampliamento segue per la maggior parte il tracciato di progetto della recinzione, salvo che nel tratto compreso tra quota 313,7 m s.l.m. e 307,5 m s.l.m. dove l'area di ampliamento risulta esterna alla recinzione, dove sono previsti riporti di terra e la costruzione di terre armate per il raccordo con i versanti naturali.

Le coordinate geografiche Gauss-Boaga del baricentro dell'area esterna alla attuale discarica che verrà interessata dall'ampliamento sono:

- Latitudine: 44,2478,
- Longitudine 8,4157.

L'area destinata allo stoccaggio del rifiuto manterrà nei confronti dell'area carsica una fascia di rispetto pari a 10 m.

Altimetricamente l'ampliamento aumenterà l'altezza media finale dell'area di stoccaggio del rifiuto che passerà da quota 265,5 m s.l.m. (quota media finale della colmata approvata) a quota 311,5 m s.l.m. (quota media finale della colmata di progetto) con un dislivello complessivo di circa 46 m.

Per la redazione della presente Relazione Geologica a corredo del progetto di ampliamento lo scrivente ha seguito le procedure indicate dal D.M. 14/01/2008-T. U. "Norme tecniche per le costruzioni".

Egli ha inoltre tenuto conto della seguente Normativa:

- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, "Istruzioni per l'applicazione delle norme tecniche per le costruzioni", Circolare 2 febbraio 2009;
- D.Lgs. 13 Gennaio 2003 n°36: "Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti";
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, "Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione del territorio nazionale". Allegato al voto n.36 del 27/07/2007;
- Eurocodice 8 (1998)-Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture (parte 5): Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- Eurocodice 7.1- Progettazione geotecnica;
- Eurocodice 7.2- Progettazione geotecnica;
- Eurocodice 7.3-Progettazione geotecnica;
- L.R. n.4/1999. Vincolo idrogeologico;

- D.Lgs. n.152/2006, D.Lgs. n.4/2008, Decreto anticrisi, DGR n. 859/2008 "Criteri per la gestione e l'utilizzo di terre e rocce da scavo";
- D.C.P. n. 47 del 25/11/2003 pubblicato sul BURL del 17/12/03 "Norme d'Applicazione del Piano di Bacino ……."; D.C.P. n. 53 del 31/07/2008 "Circ. esplicativa n. 1/2008 di applicazione delle Norme di Piano"

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

2.1 Assetto Tettonico - Strutturale

L'assetto tettonico – strutturale della zona in cui ricade la porzione di ampliamento esterno all'area della attuale discarica, è inserito in un quadro il cui elemento principale è costituito dalla piega sinclinale a medio raggio di Monte Mao con senso di coricamento verso Nord ed asse orientato circa E – W.
L'asse della piega è riconoscibile sul terreno dagli allineamenti dell'affioramento quarzitico contenuto da faglie.
L'area interessata dall'ampliamento appartiene al fianco superiore della piega.
Ai sistemi di fagliazione (specie se di tipo inverso o trascorrente) sono spesso associate fasce breccioidi piuttosto estese che hanno interessato in modo particolare i litotipi più rigidi quali appunto le dolomie in facies massiccia.
Alcune delle brecce presenti nell'area di indagine, quali ad esempio quelle rinvenute nei carotaggi S.3, S.4 ed S.5, sono viceversa di origine intraformazionale.

Le lineazioni individuate mediante fotointerpretazione appartengono essenzialmente a due sistemi intersecantisi: N 345 (N165) e N190 (N10).
Il rilevamento dell'area interessata dall'ampliamento e del suo intorno significativo si è basato su misure di giacitura e sull'analisi geomeccanica di 29 aree di rilevamento strutturale (ARS). A tal proposito si veda l'Allegato A: "Schede di rilevamento e caratterizzazione della formazione rocciosa".

Nel corso del rilevamento sul terreno sono stati rilevati, (ARS 17b) come peraltro ci si poteva attendere in un quadro tettonico piuttosto complesso, alcuni sistemi di faglia che non appartengono ad alcuno dei sistemi individuati con la fotointerpretazione.

Ad integrazione dell'indagine di resistività tomografica svolta dal dott. Sergio Aicardi quale supporto allo Studio idrogeologico della zona carsica, quest'ultimo redatto congiuntamente allo scrivente, il dott. Aicardi ha esteso il rilevamento litologico strutturale su di un'area ben più ampia di quella descritta nella Relazione Geologica Preliminare citata.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

Per la nuova indagine sul massiccio carbonatico il dott. Aicardi ha eseguito 297 misure di giacitura delle varie discontinuità, ma soprattutto di giacitura della stratificazione.
I punti di misura rilevati dal dott. Aicardi sono situati prevalentemente nel settore S di Monte Mao e si collegano nel settore Nord con le 29 misure eseguite dallo scrivente attorno alla discarica i cui risultati sono riportati in Allegato A.
La distribuzione delle 29 aree di rilevamento strutturale è quella evidenziata nella tavola "Planimetria ubicazione indagini e prove" in scala 1:1000 (rif. SGI: 07663-065D20E01).

In base allo studio strutturale svolto dal dott. Aicardi a supporto dell'indagine idrogeologica si è potuta determinare nel complesso carbonatico una giacitura della stratificazione genericamente immergente a NW del piano assiale della piega di M.Mao.

2.2 Caratteri lito-stratigrafici

L'area di ampliamento individuata dal progetto, comprendente la porzione superiore della discarica autorizzata e l'area esterna alla recinzione attuale della discarica, ricade prevalentemente su rocce calcareo- dolomitiche appartenenti alla formazione delle dolomie di S. Pietro ai Monti di età triassica e in piccola parte su quarziti della Formazione delle Quarziti di Ponte di Nava (Titoniano)
Le aree comprese nella zona di ampliamento ma esterne alla colmata di progetto e quindi non destinate a stoccaggio del rifiuto, ricadranno quasi esclusivamente su rocce della formazione delle dolomie di S. Pietro ai Monti.
In alcuni punti l'area di ampliamento comprende anche porzioni di area classificata carsica; queste piccole aree non verranno comunque destinate a stoccaggio di rifiuto bensì esclusivamente a strutture accessorie (riporti in terre armate, canale di gronda, viabilità).
La colmata di rifiuto propriamente detta si limiterà viceversa solo all'area compresa tra il perimetro della discarica autorizzata ed il limite inferiore dell'area classificata "carsica" ex legge R.L. n° 39/2009, mantenendo da questa in ogni punto una distanza (fascia di rispetto) di 1 0m.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

La stratigrafia dell'area di ampliamento ricadente in roccia è caratterizzata dalla seguente successione (dall'alto):

- Quarziti di Ponte di Nava e Verrucano Brianzonese (Perm. sup. - Trias inf.), che costituiscono il nucleo della piega
- Dolomie di S. Pietro ai Monti (Trias medio) in serie rovesciata. Il rovesciamento della successione stratigrafica è stato confermato nell'area dal sondaggio a carotaggio continuo S.7, cha ha individuato sotto le quarziti, alla profondità di circa 27m, le dolomie triassiche.

Il basamento, costituito da rocce metamorfiche appartenenti alla formazione degli scisti di Gorra e alla formazione di Eze (tegumento Permo - Carbonifero.), nell'area di indagine si trova a profondità superiori ai 150m (presumibilmente oltre 170m in loc. Cascina Trevo) e non è stato raggiunto dalle perforazioni eseguite nel corso dell' indagine.

La porzione dell'area di ampliamento esterna all'attuale discarica non interesserà terreni del basamento paleozoico (Formazione di Eze, Scisti di Gorra) che affiorano nella porzione inferiore della discarica al disotto di quota 200 mslm.

2.2.1 Dolomie di S. Pietro ai Monti

Le rocce della Formazione di S.Pietro ai Monti sono rappresentate da dolomie e calcari dolomitici di colore grigio, talora molto scuro, ben stratificati, in bancate di potenza variabile (da decimetrica a metrica) con frequenti passate pelitico - marnose che localmente danno luogo a livelli pelitici, normalmente centimetrici, ma che possono raggiungere anche potenza pluridecimetrica.

Come si è detto la serie delle dolomie risulta rovesciata (piega di Monte Mao), con presenza di diversi sistemi di fagliazione, fratturazione e plicazioni sia a grande che a piccola scala (si veda la tavola "Repertorio fotografico ARS"; rif. SGI: 07663-065D22E01).

In prossimità delle faglie di maggior dimensione sono talora presenti all'interno della formazione calcareo- dolomitica, livelli costituiti da brecce perlopiù ben ricementate (brecce di frizione) o da prodotti di laminazione tettonica (scisti milonitici a componente argilloso marnosa e calcareo marnosa).

Come si è detto alcune delle brecce rinvenute nei carotaggi S.3, S.4 ed S.5 sembrano viceversa essere di origine intraformazionale.

Mediante attacco di HCl al 10%, (a freddo ed a caldo), su campioni prelevati in superficie si è accertata la prevalenza di componente dolomitica; viceversa nei campioni profondi (carote, polveri di perforazione) si è riscontrata una maggior percentuale di $CaCO_3$.

Lungo tutta la successione carbonatica sono presenti intercalazioni di livelli marnoso - pelitici, di colore rosato, giallo, viola ed ocraceo; essi assumono particolare rilevanza, sia per frequenza sia per potenza, in prossimità del contatto con le quarziti.
Alla base delle quarziti (base che costituisce in effetti il tetto della formazione in serie rovesciata), prima di raggiungere le dolomie (si veda sondaggio S.7) è spesso presente un livello pelitico scistoso di colore verde, violetto o rossiccio, a composizione muscovitico – sericitico - cloritica con subordinata frazione fine, arenaceo - siltosa, che sembra da attribuire alla fascia di transizione quarziti - dolomie.
La stratificazione presenta direzione dell'immersione abbastanza costante, compresa tra N 325° e N. 355°.
A causa della deformazione plicativa e del raddrizzamento degli strati sono presenti inversioni della direzione dell'immersione; nel rilevamento di superficie sono state misurati direzioni dell'immersione di 4°N in corrispondenza dell'ARS 27 e di 5°N in corrispondenza dell'ARS 29.
L'inclinazione dell'immersione è compresa tra i 30° ed i 60° (si veda l'Allegato A con Quadro sinottico giaciture e § Rilevamento Geologico Strutturale della Relazione Idrogeologica a firma Aicardi-Carieri)
Nel corso del rilevamento di superficie sono state individuate e misurate anche 7 distinte famiglie di giunti di frattura e 2 sistemi di faglia (ARS 17b).
Mentre l'attribuzione delle discontinuità dovute a stratificazione e faglia sono certe in base a caratteristiche evidenti (ripple marks, dendriti di Mn, variazioni cromatiche negli strati, brecce di frizione e rigetti nella stratificazione per le faglie) non altrettanto può dirsi per i sistemi di frattura la cui attribuzione presenta qualche margine di incertezza.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

2.2.2 Quarziti di Ponte di Nava

Le quarziti affiorano nell'area di ampliamento sotto forma di un piccolo cuneo inserito nella formazione delle dolomie (si veda la tavola "Carta geologica"; rif. SGI: 07663-065D21E01).

In questo cuneo, appartenente presumibilmente al nucleo della piega di Monte Mao, le quarziti sono rappresentate da una successione di arenarie quarzose medio - fini, ben cementate, di colore grigio biancastro o verdino disposte in banchi sub orizzontali di potenza decimetrica, con qualche intercalazione di livelli conglomeratici a clasti di media pezzatura (Verrucano?) e sottili livelli pelitici verdi o violacei, che potrebbero indicare il coinvolgimento nella piega di terreni permiani.

Significativa a questo proposito la stratigrafia del carotaggio S.7, che attraversa quarziti della formazione delle "Quarziti di Ponte di Nava" ad iniziare dal letto della fascia eluviale (m.3,3) fino alla profondità di m. 17,50. Segue una fascia di transizione costituita da alternanze di scisti pelitico- marnosi e orizzonti carbonatici intercalati con siltiti, brecce e miloniti fino alla profondità di 27,30. Otre i 27,3 metri riprendono le Dolomie che raggiungono la profondità di 50,00m (fondo foro), confermando così l'inversione della serie permo- triassica attribuita alla piega rovesciata di M. Mao.

2.3 Coltre sciolta e coperture

In tutta l'area di ampliamento le coperture sciolte sono assenti o di potenza assai ridotta sulle dolomie e poco più sviluppata sulle quarziti.

La pedogenesi ha interessato il substrato carbonatico per profondità non superiori al metro, con formazione di litosuoli costituiti da pochi decimetri di humus, e più in profondità, da frammenti di roccia immersi in matrice limoso argillosa molto ossidata (Terre Rosse) caratterizzate da bassa permeabilità.

La copertura vegetale di tali suoli è costituita da arbusti della macchia mediterranea (corbezzolo, ginestra, erica, bagolaro) con sporadici pini.

In prossimità dei contatti di natura tettonica la roccia assume frequentemente facies di breccia, facilmente erodibile da parte degli atmosferili senza però produrre coltri potenti poiché il detrito viene facilmente asportato dalle acque di ruscellamento.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

La pedogenesi in queste coltri, costituite essenzialmente da frammenti di roccia calcareo- dolomitica con clasti di dimensioni centimetriche, è comunque poco sviluppata data la discreta permeabilità della formazione carbonatica.

In corrispondenza della piccola lente di quarziti presente nella porzione SE dell'area di ampliamento, la coltre presenta maggior potenza (comunque inferiore a 3 metri).
La coltre trae origine sia dalla detrizione e trasformazione in eluvio della roccia sia dalla frantumazione tettonica delle formazioni a contatto.
Le coltri di origine tettonica sono riconoscibili dalla differente granulometria dei clasti costituenti la coltre eluviale, che si riduce in quelle più prossime al contatto, dove anche la forma dei clasti assume spesso facies lamellare (argille).
La maggiore percentuale della frazione granulometrica fine (argillosa e limosa) ed il migliore sviluppo della pedogenesi, consentono, sulle coltri di copertura dei contatti formazionali: quarziti/dolomie, l'impianto di essenze vegetali quali castagno, leccio, roverella, meno frugali rispetto a quelle presenti sul substrato carbonatico.
L'angolo di attrito interno delle coltri misurato con scissometro portatile nelle zone a componente più fine non supera i 22°, mentre la coesione è compresa tra 40 e 100 kPa.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

3. ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L'area interessata dal progetto di ampliamento occupa come superficie di maggior estensione, la parte superiore della colmata di rifiuto autorizzata, costituita da un pianoro attorno a quota 265,5 m s.l.m., con morfologia interamente artificiale in conformità del Piano di Coltivazione approvato.

L'area di ampliamento esterna alla discarica autorizzata comprende il tratto di versante a monte dell'esistente canale di gronda principale, appartenente al bacino idrografico di rio Mulini.

La porzione di bacino presenta pendenza abbastanza costante (inclinazione 40 – 45°), ed è incisa da 6 vallecole intercalate ad altrettanti crinali.

Solo le cinque vallecole con direzione verso N (verso N-W la principale e verso N-E le altre quattro) risultano ben incise con asta delineata e riconoscibile, mentre l'impluvio con direzione E, situato sul perimetro Ovest dell'ampliamento risulta poco inciso e privo di asta evidente.

Una Analisi Geomorfica Quantitativa eseguita nel 2001 per rilevare le tendenze evolutive del bacino, partendo da misure di lunghezza e pendenza dei rami del reticolo idrografico ha consentito di redigere preliminarmente una carta del reticolo idrografico del bacino.

Per determinare in modo quantitativo il grado di maturità del bacino, è stata costruita la curva ipsometrica, suddividendo il dislivello totale (Qmax - Qmin) del bacino in più fasce altimetriche. Sia la curva ipsometrica del bacino del Rio Mulini superiore, sia l'integrale di bacino (I = 0,487) evidenziano una fase di generale maturità del tratto di bacino comprendente anche l'area di ampliamento della discarica.

La porzione superiore all'area di ampliamento, viceversa, si trova tuttora in una situazione di tipo giovanile a carattere prevalentemente erosivo.

Sovrapponendo la Carta del reticolo idrografico alla Carta Geologica (Vedi anche il paragrafo relativo al "rilevamento litologico strutturale" contenuto nel citato Studio idrogeologico della zona carsica di Aicardi e Carieri), si evidenzia come il reticolo idrografico sia controllato strutturalmente e coincida con elevata approssimazione con le direttrici tettoniche di fragilità.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

3.1 Morfologia del bacino e tendenze evolutive

La morfologia degli impluvi, prevalentemente impostati su lineazioni, evidenzia una generale asimmetria tra i due fianchi delle vallecole (versanti di sinistra più acclivi rispetto ai versanti in sponda destra).

I piccoli impluvi risultano:

- fortemente incisi quelli impostati su lineazioni tettoniche con gradiente di pendio superiore al 100% e con pendenza d'asta minore (74,3%);
- poco o mediamente incisi quelli con disposizione a reggipoggio dei giunti di stratificazione della roccia (gradiente di pendio medio pari al 75 %) e maggior pendenza d'asta (mediamente maggiore del 100%).

Tale situazione è comunque condizionata rispetto a situazioni di modellamento naturale, dall'intervento antropico tra cui, elemento dominante, la costruzione del canale di gronda principale (costituito da uno scatolato in c.a. che intercetta tutti gli impluvi della porzione destra del bacino superiore di rio Mulini).

3.2 Acclività dei versanti

In corrispondenza della porzione di ampliamento in roccia, che ricade all'esterno dell'attuale discarica, l'inclinazione di versante varia tra il 30 ed il 60%.
Sulla formazione delle dolomie, la coltre risulta spesso assente (roccia affiorante) o molto sottile. Nella piccola porzione dell'area di ampliamento che ricade sulle quarziti la coltre sciolta è ancora sottile e comunque intensamente vegetata e stabile.
Nelle aree comprese nel progetto di ampliamento che ricadono sulla discarica coltivata, l'acclività dell'area di appoggio dell'ampliamento risulta bassa (< 10%) o sub pianeggiante.
Le verifiche di stabilità di queste aree con sottosuolo costituito da rifiuto sono contenute nella Relazione Geotecnica allegata al progetto (rif. SGI: 07663-065R04E01).

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

4. ASSETTO IDROGEOLOGICO

4.1 Permeabilità ricavate da parametri di superficie

4.1.1 Teoria della percolazione (Shante e Kirkpatrick)

La permeabilità media dell'area è stata preliminarmente ricavata attraverso l'analisi dei parametri ricavati dal rilevamento di superficie nelle 29 aree di rilevamento strutturale (ARS)

Il coefficiente di permeabilità k è stato ottenuto dall'analisi dei parametri misurati negli ARS (e quindi per la porzione superficiale dell'ammasso roccioso) mediante calcolo dell'apertura idraulica equivalente (Bandis; 1985), con programma CSAR versione 2.0.1 della Geosoft di A.Bruschi.

La permeabilità k del singolo giunto viene ricavata dalla sua apertura idraulica "e" mediante l'espressione:

$$k = e^2/12$$

Per la valutazione della permeabilità dell'ammasso il software fa ricorso alla cosiddetta "teoria della percolazione" formulata da Shante e Kirkpatrick, che calcola la permeabilità intrinseca dell'ammasso tramite l'espressione:

$$K = \frac{4\pi\nu A^3 R^2}{15\, S^3} \quad (1)$$

dove:

A = apertura idraulica equivalente media dei sistemi di discontinuità

R = raggio medio delle discontinuità

S = spaziatura media dei sistemi di discontinuità

ν = frequenza di percolazione di una rete infinita

Dalla permeabilità intrinseca si passa alla permeabilità dell'ammasso mediante l'espressione:

$$k = \frac{K\, g\, \rho}{\xi}$$

dove:

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

g = accelerazione di gravità

ρ = densità dell'acqua

ξ = viscosità dinamica dell'acqua

Il valore dell'apertura idraulica A_i di ogni famiglia "$_i$" viene ricavato dall'apertura meccanica E_i dalla nota relazione di Barton-Bandis:

$$A_i = \frac{E_i^2}{JRC_i^{2,5}}$$

dove JRCi (Joint Roughness Coefficient) è il coefficiente di scabrezza, misurato o stimato, della famiglia i-esima.

Il valore di A_i tende comunque ad un valore massimo limite (Barton- De Quadros) dato dall'espressione:

$$A_i = \sqrt{\frac{100\ JRC^{3,5}}{26,4}}$$

Il valore di R (raggio medio delle discontinuità) indicato nell'espressione (1), in considerazione del fatto che nella teoria le fratture vengono considerate di forma discoidale, esprime il contributo della lunghezza, o continuità dei giunti, secondo l'espressione:

$$R = \frac{2\,L}{\pi} \qquad (1)$$

dove L è la lunghezza media delle famiglie.

L'elaborazione dei parametri superficiali riportati nelle schede di caratterizzazione (Allegato A) ha fornito i risultati evidenziati in Tabella 4.1 (vedi anche Allegato B: "Classificazione degli ammassi rocciosi")

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

ARS N°	COEFF. DI PERMEABILITÀ [cm/s]	LITOTIPO
1	$7{,}597 \times 10^{-6}$	Dolomia compatta
2	$1{,}46954 \times 10^{-4}$	Dolomia molto fratturata breccioide
6	$2{,}008899 \times 10^{-3}$	Dolomia fratturata
7	$1{,}2105 \times 10^{-5}$	Dolomia fratturata
8	$1{,}367 \times 10^{-6}$	Dolomia mediamente compatta
9	$5{,}322 \times 10^{-6}$	Dolomia compatta
10	$4{,}515 \times 10^{-3}$	Dolomie con livelli pelitici
11	$1{,}2227 \times 10^{-2}$	Quarziti con livelli pelitici in contatto con brecce calcareo-dolomitiche
12	$7{,}95 \times 10^{-7}$	Dolomie scistose con livelli pelitici
13	$2{,}894 \times 10^{-6}$	Dolomie scistose con livelli pelitici
14	$4{,}145 \times 10^{-5}$	Dolomia laminata
15	$1{,}0 \times 10^{-8}$	Dolomia brecciata
16	$3{,}334 \times 10^{-5}$	Dolomia compatta
17	$4{,}899 \times 10^{-5}$	Dolomia compatta
17b	$1{,}330 \times 10^{-2}$	Dolomia molto fratturata
18	$1{,}116 \times 10^{-4}$	Dolomia solettata mediamente fratturata
19	$9{,}798 \times 10^{-6}$	Dolomia mediamente compatta
20	$1{,}438 \times 10^{-5}$	Dolomia compatta
21	$2{,}240 \times 10^{-5}$	Dolomia mediamente fratturata
23	$4{,}956 \times 10^{-5}$	Dolomia piuttosto compatta
24	$1{,}165 \times 10^{-5}$	Dolomia mediamente fratturata
25	$3{,}353 \times 10^{-4}$	Dolomia mediamente compatta
26	$1{,}70 \times 10^{-5}$	Dolomia mediamente compatta
27	$6{,}202 \times 10^{-6}$	Dolomia mediamente compatta
28	$2{,}386 \times 10^{-5}$	Dolomia piuttosto compatta
29	$1{,}51 \times 10^{-7}$	Dolomia piuttosto compatta

Tabella 4.1: Permeabilità dell'ammasso roccioso

Come si evince dalla Tabella 4.1, le permeabilità calcolate comprendono un range abbastanza ampio, anche per litotipi apparentemente simili.

Le permeabilità minori (10^{-6} - 10^{-7} cm/sec) sono state individuate nelle litofacies più compatte o scistose delle dolomie, mentre le permeabilità maggiori (10^{-2} cm/sec) sono state riscontrate nelle dolomie fratturate e brecciodi ed inaspettatamente, nelle quarziti scistose ancorché contenenti interstrati pelitici (ARS 11).

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

4.1.2 Teoria del Kiraly

Per una verifica dei risultati riportati in Tabella 4.1 è stato sviluppato anche un calcolo della permeabilità superficiale della roccia utilizzando il metodo suggerito da G. Bruno e R. Pagliarulo (v. G. Bruno e R. Pagliarulo, Studio idrogeologico - strutturale di un'area a prevalente tettonica distensiva. Geologia Tecnica 2, 1990).

Il metodo è basato sull'applicazione della metodologia proposta da L. Kiraly (*Anisotropie et heterogeneitè de la permeabilitè dans les calcaires fissurès*. Ecl. Geol. Helv.,62, 1969) che ricava la permeabilità di un ammasso roccioso fratturato tramite formule matematiche i cui termini vengono ricavati da un rilevamento geo-strutturale di dettaglio delle discontinuità.

Per l'applicazione del metodo sono state utilizzati i parametri ricavati nelle aree di rilevamento strutturale (ARS) di cui una, (ARS n° 11), in quarziti.

Dalle caratteristiche dei giunti di discontinuità quali spaziatura, persistenza, apertura e l'eventuale tipo di riempimento riportati nelle schede degli ARS, si sono ricavate in ciascuna area tipo le caratteristiche intrinseche dei giunti.

Le singole discontinuità di ogni area campione sono state successivamente proiettate come poli sul Reticolo di Schmidt e raggruppate in aree a diversa percentuale di frequenza, i cui baricentri rappresentano le famiglie di discontinuità (v. diagrammi "Density Plots" allegati alla Caratterizzazione ammasso roccioso e analoghi inseriti nel paragrafo "Indagine strutturale" della Relazione Idrogeologica a corredo del progetto di ampliamento della discarica; rif. SGI: 07663-065R03bE01).

Per ottenere il valore del modulo di permeabilità media di un ammasso roccioso, interessato da un numero qualunque di sistemi di discontinuità, è stata applicata la seguente espressione adottata da diversi Autori, quali Louis, Kiraly, e Snow:

$$KTot = S\ Kmi = Si\ \{[(Do3 \times Si \times g)/(12 \times v)] + Dfi \times Si \times Kfi\} \qquad (2)$$

dove:

Kmi = permeabilità relativa alla famiglia i-esima (m/s)

Dt = apertura media della famiglia i-esima (m)

Do3 = apertura media non riempita della famiglia i-esima (m)

Si = spaziatura media della famiglia i-esima (m)

g = accelerazione di gravità (m/s^2)

v = viscosità cinematica dell'acqua a 20° ($1 \times 10^{-6}\ m^2/s$)

Dfi = apertura media riempita della famiglia iesima (m)
Kfi = permeabilità media presunta del materiale di farcitura (1 x 10^{-6} m/s)
KTot = permeabilità media dell'ammasso roccioso (m/s).

Anche col metodo suggerito da Bruno e Pagliarulo, i valori della permeabilità risultano piuttosto variabili nelle diverse aree: si passa infatti da 8,4x10^{-4} m/s dell'affioramento quarzitico a valori compresi tra 1,3 e 2,2 x 10^{-3} m/s per gli affioramenti calcareo - dolomitici.
La differenza di permeabilità tra quarziti e dolomie è in primo luogo attribuibile al maggior numero di famiglie di discontinuità statisticamente riscontrabili in queste ultime, mentre per quanto concerne le differenze all'interno delle dolomie gioca un ruolo essenziale la minor spaziatura tra i giunti (minore *block size* e quindi maggior frammentazione), riscontrabile in alcuni affioramenti nella porzione Est dell'area di ampliamento.
Le sostanziali differenze del valore della permeabilità dell'ammasso roccioso, riscontrate tra i risultati di Tabella 4.1 e quelle ottenute col metodo statistico di Kiraly, sono probabilmente intrinseche alle approssimazioni contenute nelle diverse metodologie utilizzate, ciò sottolinea che il valore che può essere attribuito a simili metodi di determinazione delle permeabilità in via teorica è puramente orientativo.
Vi è anche da rilevare che le misure freatimetriche storiche confermano attraverso i valori dei livelli freatici, permeabilità più elevate nelle rocce carbonatiche rispetto alle quarziti (persistenza dell'acqua e battenti d'acqua maggiori nei piezometri in quarzite rispetto a quelli nelle dolomie).

4.2 Permeabilità ricavate da prove di assorbimento in foro

Valori di permeabilità sono stati ottenuti in modo diretto attraverso prove di permeabilità tipo Lèfranc e Lugeon in foro.
Prove di permeabilità "Lùgeon" sono state eseguite dalla ditta Sondeco durante l'esecuzione della serie di carotaggi S.1 – S.7 (fori con diametro ϕ = 101 mm). Si veda a tal proposito l'Allegato B contenente "Prove di permeabilità tipo Lefranc e Lùgeon: ditta Sondeco srl".
In particolare sono state eseguite le prove sintetizzate nei paragrafi seguenti.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

4.2.1 Prove tipo Lùgeon

Prove di assorbimento tipo Lùgeon sono state eseguite nei fori di carotaggio S.3 ed S.7, in corrispondenza di tratti di foro costituiti da roccia ritenuta idonea in base all'esame delle carote estratte, alla tenuta del *packer*. La lunghezza della tasca è stata determinata stimando di poter raggiungere la pressione di 10 kg/cmq. Nel sondaggio 3 con una tasca di prova di 70 cm di lunghezza, la pressione a 10 kg/cmq non è stata raggiunta per cui nella seconda prova la lunghezza della tasca è stata ridotta a 40 cm.

carotaggio S3:

- Prova n° 1: eseguita nel tratto di foro tra le profondità 18,0 e 18,7 m, per gradini di pressione 1,2,3, kg/cmq, ottenendo valori di 434,56 Unità Lugeon (a 2,86 kg/cmq). Non è stato possibile raggiungere pressioni più elevata a causa dell'eccessivo assorbimento d'acqua.
- Prova n° 2: nel tratto di foro tra le profondità 21,6 e 22 m. In questa prova si è raggiunta la pressione di 10 kg/cmq ottenendo il valore di 2,85 U.L.

carotaggio S7:

- Prova n° 1: eseguita nel tratto di foro tra le profondità 19,5 e 20,2 m. Anche in questa prova è stata raggiunta la pressione di 10 kg/cmq, ottenendo il valore di 1,786 U.L.

4.2.2 Prove metodo Lèfranc

Sono state eseguite prove di permeabilità con metodo Lèfranc a carico variabile nelle perforazioni di sondaggio, S.1, S.3, S.4, S.5, ed S.6 spingendo la tubazione di rivestimento fino alla profondità stabilita (testa della tasca).
Vista l'entità non eccessiva degli assorbimenti che permettevano di utilizzare tasche di assorbimento anche di considerevole altezza, si è stabilito di eseguire prove su tratti di perforazione estesi, in modo da ricavare permeabilità medie significative. Così si è proceduto nei sondaggi 4 e 6.Viceversa, in corrispondenza del sondaggio S.3 dove sono state eseguite tre diverse prove di assorbimento e nelle altre perforazioni la lunghezza della tasca è stata contenuta tra 0,4 e 1,3 m.

La lunghezza massima delle tasche lunghe è di 8,5 m (sondaggio S.4).
Le tasche più corte sono state realizzate nel sondaggio S.3, con lunghezze di tasca rispettivamente di 40, 50 e 60 cm.
Le permeabilità ricavate su tasche lunghe risultano più omogenee, variando tra 4,5 x 10^{-6} m/sec (sondaggio S.4) e 3,4 x 10^{-7} m/sec (sondaggio S.6).
Viceversa con tasche corte si sono ricavati valori di permeabilità massimi di 2,3 x10^{-5} m/sec (Sondaggio S.3, tasca da 0,5m tra -41,5 e – 42 m) e minimi di 4,7 x 10^{-8} m/sec (tasca da 1,3 m nel sondaggio S.1 tra 18,70 e 20 m).

4.3 Manifestazioni Carsiche

Nel corso del rilevamento di superficie sono state individuate a monte dell'area interessata dal progetto di ampliamento della discarica, due cavità attribuibili a manifestazioni carsiche, situate nella fascia epidermica della formazione carbonatica o in corrispondenza di facies breccioidi:

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

a. lungo la vallecola in cui ricadono gli ARS 27 e 28 (Figura 4.1)



Figura 4.1: Carsificazione lungo strato presso ARS 7

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

b. lungo la strada per Voze al piede dello scavo di controripa (circa 3 m al disotto della superficie topografica) con fuoriuscita d'acqua per alcuni giorni dopo le precipitazioni dell'autunno 2008 (Figura 4.2).



Figura 4.2: Condotto carsico che sbuca sulla strada per Vezzi sopra il piezometro B

Nessuna cavità è stata individuata durante l'esecuzione dei carotaggi S.1 – S7 e nessuna evidenza di carsismo è stata riscontrata sulle carote estratte.

Cavità di origine carsica sono state viceversa individuate durante l'esecuzione delle perforazioni a distruzione di nucleo per la costruzione dei piezometri NPA1, NPA2 ed F.

In particolare:

- la perforazione del piezometro F è stata spostata di circa 8 m verso monte dalla sua posizione iniziale per la presenza di una cavità di circa 2 m di altezza individuata tra i 7 e 9 m di profondità.
- La perforazione NPA1 ha attraversato una cavità carsica di circa 1 m di altezza tra i 96 m ed i 97 m di profondità.

- La perforazione NPA2 ha attraversato due piccole cavità (40 – 50 cm di altezza) alla profondità di circa 70 m e attorno a 102 m.

L'indagine di tomografia sismica non ha evidenziato, all'interno dell'area indagata, riduzioni di velocità collegabili alla presenza di cavità carsiche.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

5. INDAGINI E PROVE IN SITU

Le indagini per la definizione dei parametri di carattere geologico applicato a supporto del progetto di ampliamento comprendono gli elementi riportati nei seguenti paragrafi.

5.1 Rilievo plano altimetrico

Il rilievo planoaltimetrico di dettaglio è stato considerato come componente propedeutica essenziale per la corretta interpretazione dei dati di campagna e per la progettazione esecutiva. È stato pertanto effettuato il rilevamento georeferenziato e riferito alla CTR della zona di indagine, restituito in scala 1:500, in coordinate Gauss-Boaga comprendente sia l'area destinata all'ampliamente della discarica che le aree circostanti sulle quali si è sviluppata l'indagine geognostica e geofisica.
La densità dei punti battuti ha consentito e consente l'elaborazione sia di planimetrie a punti quotati di elevata risoluzione sia a curve di livello con equidistanza = 1 m appropriate per la scala progettuale.

5.2 Rilevamento litologico strutturale

L'indagine di superficie si è sviluppata preliminarmente nell'identificazione di 29 aree degli affioramenti rocciosi con caratteristiche omogenee e successivamente col rilevamento litologico strutturale di altre 297 aree (si veda Relazione strutturale contenuta nella Relazione idrogeologica; rif. SGI: 07663-065R03bE01).
Sulla formazione rocciosa affiorante nelle 29 stazioni di rilevamento strutturale (ARS) è stata eseguita un'indagine di dettaglio, finalizzata ad evidenziare le caratteristiche strutturali e geomeccaniche dell'ammasso roccioso.
In particolare sono stati rilevati, sia nella giacitura che nelle loro caratteristiche geotecniche i giunti di discontinuità presenti nelle ARS, giunti che vengono descritti seguendo le indicazioni della "Commissione per la standardizzazione delle prove di campagna e di laboratorio" della International Society for Rock Mechanics (si veda:

"Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses" - International Society for Rock Mechanics- Vol. 15 - Pergamon Press Ltd. 1978).
La giacitura dei giunti di discontinuità è individuata attraverso due valori espressi in gradi sessagesimali (1° valore = direzione dell'immersione misurata in senso orario a partire da Nord; 2° valore = inclinazione dell'immersione misurata in gradi sessagesimali a partire dal piano orizzontale, verso il basso).
I risultati del rilevamento di superficie sono riportati, assieme a quelli dei carotaggi e delle stese sismiche nel "Quadro sinottico rilevamento strutturale di superficie, carotaggi e stese sismiche", utilizzato per la costruzione della tavola "Carta di zonizzazione geomeccanica" (rif. SGI: 07663-065D23E01).

5.3 Prove penetrometriche dinamiche su rifiuto

Durante la coltivazione della discarica sono state eseguite a vario titolo prove penetrometriche dinamiche per ricavare alcuni parametri geotecnici necessari alle verifiche di stabilità.
Per la caratterizzazione geotecnica del rifiuto abbancato in discarica si riportano in Allegato B gli elementi desunti da 3 prove penetrometriche dinamiche eseguite in corrispondenza del 2° Stralcio del 2° Settore del Piano di Coltivazione in data 08/11/2002 su rifiuto con tempo di abbancamento di circa 2 anni (all'epoca dell'esecuzione delle prove).

5.4 Perforazioni e carotaggi

5.4.1 Stratigrafie desunte da carotaggi

Sono stati eseguiti sette carotaggi a rotazione con circolazione d'acqua con diametro iniziale di 131 mm e finale di 101 mm attrezzati poi a piezometro (piezometri S.1 – S.7)
Le campionature sono state eseguite con carotieri doppi e tripli e corone prevalentemente diamantate, salvo nei casi in cui la presenza di materiale sciolto ha richiesto il campionamento a secco. In questi casi sono stati impiegati carotieri semplici e corone a prismi duri (Widia).

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

Le metodologie di campionamento impiegate sono riportate in calce alle tabelle stratigrafiche.

Nell'Allegato B sono riportate le colonne stratigrafiche elaborate dal dott. Geol. G. Chiesa direttore di cantiere per conto dell'Impresa Sondeco s.r.l. di Torino che ha eseguito i carotaggi.

I campioni di carota sono tuttora disponibili in cassette catalogatrici, presso lo stabilimento Ecosavona all'interno del capannone trattamento.

Le tabelle stratigrafiche fornite dalla Sondeco riportano oltre alla profondità, potenza ed alla descrizione degli orizzonti attraversati, il diametro e la profondità del rivestimento provvisorio utilizzato, nonché la percentuale di carotaggio ottenuta ed il valore RQD.

Nell'Allegato B è inoltre riportata la documentazione fotografica dei campioni sistemati nelle cassette catalogatrici.

Ad ulteriore commento della campagna di carotaggi si vuole sottolineare come in tutte le perforazioni eseguite, l'acqua di circolazione sia sempre tornata a giorno, a dimostrazione di assorbimenti non importanti da parte del terreno attraversato.

Al fine di comporre i risultati dei carotaggi con le ulteriori indagini eseguite è stato predisposto un quadro sinottico semplificato dei risultati dei carotaggi.

N. SONDAGGIO	INTERVALLI DI PROFONDITÀ E VALORI RQD					GIUDIZIO DI ZONA
1	0-12=75%	12-17=40%	17-20=65%			ottimo
2	0-15=20%	15-20=80%				buono
3	0-17 =0%	17-26=15%	26-37=0%	37-41=45%	41-50=0%	scadente
4	0-6=0%	6-17=20%	17-20=90%			
5	0-11=0%	11-14=15%	14-16=0%	16-19=55%	19-20=0%	scadente
6	0-3 = 0%	3-10= 50%	10-17=5%	17-20=0%		mediocre
7	0-7=0%	7-10=15%	10-15=0%	15-42= 50%	42-50=20%	mediocre

Tabella 5.1: Stratigrafie semplificate

5.4.2 Stratigrafie desunte dall'analisi delle polveri di perforazione

Successivamente alla realizzazione di piezometri aperti nei fori di sondaggio (nn. 1 – 7), in considerazione del fatto che l'assenza d'acqua nei piezometri realizzati in corrispondenza dei sondaggi S.1, S.2 ed S.3 impediva la costruzione delle isofreatiche a monte dell'area di ampliamento, sono state

realizzate mediante martello fondo foro con circolazione di aria per facilitare la costruzione di piezometri profondi, dapprima 3 perforazioni denominate:

- A: (profondità 100,6 m)
- B: (profondità 100 m)
- C: (profondità 96 m).

Nonostante le evidenze d'acqua apparse durante la perforazioni, anche i tre piezometri A, B, C hanno mostrato battenti d'acqua molto ridotti (Allegato B. Rete di monitoraggio freatimetrico. Misurazioni periodiche.).

Successivamente, al fine di completare il quadro delle isofreatiche attorno all'area di discarica sono stati individuati altri tre punti in cui sono state realizzate perforazioni a distruzione di nucleo attrezzate a piezometro di minor profondità denominate D, E, F.

L'ubicazione di questi 6 nuovi piezometri eseguiti tra novembre e dicembre 2008 è riportata sulla tavola "Planimetria ubicazioni indagini geognostiche e geofisiche" (rif. SGI: 07663-065D20E01), mentre le Stratigrafie di questi piezometri realizzati con perforazioni a distruzione di nucleo sono contenute nell'Allegato B, paragrafo "Perforazioni a distruzione di nucleo (ditta Ecogrid s.r.l.)".

A seguito dei risultati dell'indagine di resistività tomografica affidata al dott. S. Aicardi (inizio 2009) sono infine state decise e realizzate altre due perforazioni a profondità superiore a quelle fino ad allora eseguite, denominate NPA1 (145 m) e NPA2 (160 m).

Anche in questo caso, per mantenere diametri di colonna montante di diametro sufficiente per l'inserimento di strumentazione fissa (sonde multiparametriche) e di un loro eventuale utilizzo come piezometri di controllo, è stata scelta la metodologia di perforazione a distruzione di nucleo con martello fondo foro.

Mediante l'esame delle polveri raccolte ogni cambio d'asta (intervallo di 3 m) e previa pulizia del foro sono state elaborate le stratigrafie degli orizzonti attraversati.

Le stratigrafie riportano:

- profondità raggiunta dal martello fondo foro;
- granulometria, colore e forma del detrito;
- reazione (a freddo) del campione all'acido cloridrico diluito (10%).

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

Le stratigrafie sono riportate in Allegato B, paragrafo 2 "Stratigrafie perforazioni a distruzione di nucleo: piezometri A, B, C, D, E, F, NPA1, NPA2 (ditta Ecogrid s.r.l.)".
Anche nel corso delle perforazioni per l'esecuzione del piezometri profondi il fluido di circolazione (in questo caso aria compressa) ha sempre consentito la pulizia del foro trasportando a giorno il detrito di perforazione anche alla massima profondità raggiunta.

5.5 Indagini geofisiche.

Ad integrazione delle prove puntuali (perforazioni e penetrometrie) sono state eseguite dalla ditta Geofisica e Ambiente (operatore dott. L. Spalluto) nella zona perimetrale della discarica destinata all'ampliamento su substrato roccioso 19 tomografie sismiche su onde di compressione lungo gli stendimenti indicati nella tavola "Planimetria ubicazioni indagini geognostiche e geofisiche" (rif. SGI: 07663-065D20E01). Per il commento all'indagine, dromocrone e profili sismici si veda l'Allegato C: "Tomografie sismiche.
Al fine di incrociare i dati ricavati dall'indagine sismica con gli altri parametri ricavati dalle prove svolte nella medesima zona di indagine (rilevamento litologico strutturale e carotaggi), si sono riassunte nella seguente Tabella 5.2 "Tomografie sismiche semplificate" le principali caratteristiche rilevate dall'analisi dei profili sismici semplificati ed un giudizio di carattere applicato sulle diverse zone interessate dalle indagini.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

STESA	PROFONDITÀ, DISTANZE DALL'ORIGINE DELLA STESA E VELOCITÀ SISMICHE	GIUDIZIO DI ZONA
1	Salvo l'orizzonte superficiale(0- 4m) Vs > 2000 m/sec (>2500 tra 20 e 40m dall'origine)	Ottimo
2	Fino a 18m dall'origine Vs sempre < 1000 m/sec. Oltre i 18m Vs< 1500m/s fino a 3m di profondità. Oltre i 3m Vs sempre > 2000 m/s con punte > 2500m/sec	Buono
3	Fino a 3m di profondità Vs<1500 m/s salvo cuspide centrale con Vs>2000m/s. Oltre i 6m di profondità Vs sempre > di 2500 m/sec.	Buono
4	Fino a 50 m dall'origine strato superficiale di 4-6m di spessore con Vs = 1500 m/s. Oltre 6m di profondità Vs sempre > 2000-2500m/s	Buono
5	Fino a 30m dall'origine strato superficiale fino a 7m con Vs<1500 m/s e Vs=2000m/s oltre i 7m. Oltre 30m dall'origine e oltre 7m di profondità Vs sempre > 2500 m/s	Buono
6	Fino a 4m di profondità Vs<1500 m/s. Oltre 4m di profondità Vs >2000 e al centro >2500	Buono
7	Fino a 6m di profondità Vs> 1500 m/s. Fossa centrale con Vs< 1500 m/s.	Mediocre
8	Fino a 2m di profondità Vs< 1500 m/s. Oltre i 2m Vs sempre > 2000-2500 m/sec	Ottimo
9	Fino a 4-6m di profondità Vs =1000m/s. Più in profondità Vs > 2000. Tra 45 e 65 m dall'origine fossa con Vs < 1500	Mediocre
10	Dall'origine fino a 25m e oltre 40m Vs< 1500 m/s fino a 5m di profondità. Oltre i 5m Vs compreso tra 2000 e 2500 m/s.	Mediocre
11	Zona iniziale e finale della stesa (0-25 m e oltre 50m dall'origine) gfino a 6m di profondità Vs < 1500 m/s. Oltre 6 m di profondità Vs > 2000m/s.	Buono
12	Strato superficiale fino a 3m con Vs<1000m/s. Fossa tra 5 e 18m dall'origine dove Vs<1000 raggiunge i 7m. Oltre le profondità indicate Vs> 1500-2000m/s	Buono
13	Fino a 4m di profondità Vs<1500m/s. Oltre 4m Vs> 2000 e 2500 alle estremità stesa	Ottimo
14	Profilo regolare con Vs< 1500 m/s fino a 6m e Vs = 2000 oltre questa profondità	Mediocre
15	Oltre i 5m di profondità Vs sempre > 200 m/s, salvo la parte terminale (50m dall'origine) dove Vs< 1500 m/s oltre gli 8m	Mediocre
16	Oltre i 5m Vs sempre > 2000 m/s, salvo la parte terminale (45m dall'origine) dove Vs<1500 m/s. fino ad 8m di profondità	Mediocre
17	Oltre i 5m Vs>1500m/s,salvo la parte terminale (40m dall'origine) dove Vs < 1500 fin oltre 8m.	Mediocre
18	Profonda fossa (oltre 12m) nella parte iniziale della stesa (3-35m dall'origine) con Vs < 1500 m/s. oltre i 60m dall'origine Vs> 2500 m oltre i 4m di profondità	Mediocre
19	Stesa lungo l'asta di un rio con profilo regolare Fino a 6m di profondità Vs < 1000m/s. Oltre i 6m Vs> 1500 m/s	Buono

Tabella 5.2: Tomografie sismiche semplificate

5.6 Misure freatimetriche

Misurazioni di livello del pelo libero dell'acqua all'interno dei freatimetri sono state eseguite a corredo dei carotaggi direttamente dall'Impresa esecutrice (Sondeco) nel corso delle operazioni di campagna (Vedi allegate "Note tecnico-esecutive" a firma dott. Geol. G. Chiesa, in Allegato B). Le misure vanno dal 23 Giugno al 18 Luglio 2008 e risultano scarsamente significative atteso che in calce al quadro riassuntivo di queste misure si riconosce che il livello di falda misurato nel periodo è da considerare fittizio in quanto indotto dalle acque di lavorazione. L'unico elemento utile che si può ricavare dal quadro se pur solo orientativo è costituito dai lunghi tempi registrati per l'assorbimento di queste acque di lavorazione.

Le serie di letture eseguite a lavoro ultimato e considerate valide per la misura del livello freatico (con eccezione probabilmente per il piezometro S.6 in cui il battente d'acqua ha continuato a diminuire anche successivamente al 21 Agosto 2008) sono riportate nella seguente tabella.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

DATI PIEZOMETRO	DATA	S.1	S.2	S.3	S.4	S.5	S.6	S.7
Quota testa [m s.l.m.]		264,77	328,89	263,96	267,24	271,73	315,19	279,5
Profondità piezo [m]	21.08	20,35	19,85	49,00	19,40	20,00	19,95	49,9
Prof. acqua da testa piezo [m]	21.08	>20,35	>19,85	>49,0	19,20	17,90	18,40	33,00
Quota acqua [m s.l.m.]	21.08	<244,42	<309,94	<214,96	248,04	253,83	296,79	246,5
Battente d'acqua [m]	21.08	0,00	0,00	0,00	0,2	2,10	1,55	16,90
Profondità piezo [m]	13.11	20,35	19,85	49,00	18,45	20,00	19,95	49,9
Prof. acqua da testa piezo [m]	13.11	>20,35	>19,85	>49,0	17,10	13,61	>19,95	35,82
Quota acqua [m s.l.m.]	13.11	<244,42	<309,94	<214,96	230,94	240,22	<296,75	243,68
Battente d'acqua [m]	13.11	0,00	0,00	0,00	1,35	6,39	0,00	15,08

Tabella 5.3: Monitoraggio freatimetrico

Dall'insieme delle letture si nota:

a. nei piezometri S.1, S.2 ed S.3 non vi è presenza di falda al disopra della quota di fondo foro (quota minima s.l.m. = m. 214,96). Vi è invece un tetto freatico a quota di 38,87 m superiore (m. 253,83) in corrispondenza del piezometro S.5, che dista dal piezometro S.3 195 m;
b. nel piezometro S.6 la prima lettura del 21 Agosto, risentiva ancora nonostante fosse passato più di un mese dal termine della perforazione, della permanenza di acqua di circolazione;
c. nei piezometri S.4 ed S.5 si è verificato un significativo innalzamento del tetto freatico, coerentemente con l'abbondanza di precipitazioni che si è verificata nell'autunno.
d. nel piezometro S.7, si è verificato un abbassamento di circa 1,8 m non sostanziale ma comunque importante della superficie freatica. Poiché è improbabile che la riduzione sia in questo caso da attribuire alla saturazione

dell'acquifero conseguente all'acqua di circolazione, occorre prendere in considerazione un deficit di ricarica rispetto al deflusso sotterraneo.

Dalle considerazioni svolte ai punti a) e b) sembra emergere la constatazione che le permeabilità all'interno della formazione carbonatica sono piuttosto basse con formazione di tetti freatici molto inclinati (pendenza = 19,93%) e comunque anisotrope.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

6. INQUADRAMENTO SISMICO

6.1 Classificazione sismica del territorio comunale

In base alla DGR 1308/2008: "Nuova classificazione sismica della Regione Liguria", pubblicata sul B.U.R.L. n° 47 del 19.11.08, il Comune di Vado Ligure è inserito in Zona 3b (N° identificativo del Comune su mappa = 64).

In Zona 3b, le verifiche di stabilità debbono essere svolte con i criteri indicati dal D.M. 14.01.08 per le Zone sismiche diverse dalla 4 (Verifica agli Stati Limite).

Nella allegata scheda (Pericolosità sismica di base) sono ricavate mediante free software GeoStru: le caratteristiche sismiche dell'area di intervento in base alla maglia di riferimento indicata dal Ministero, l'accelerazione massima attesa ed i coefficienti sismici da impiegare nelle verifiche per la stabilità dei pendii e fondazioni.

6.2 Categorie sismiche dei terreni nell'area di ampliamento

Poiché l'ampliamento interessa aree molto diverse tra loro per caratteristiche sismiche e cioè roccia affiorante e rifiuto, occorre differenziare la categoria sismica dei due comparti e cioè:

6.2.1 Aree in prossimità del perimetro della discarica approvata, con suolo costituito da roccia affiorante o sub affiorante (dolomie e quarziti) eventualmente ricoperta da coltre sottile

categoria di sottosuolo: A

Le coordinate geografiche del punto significativo ai fini della maglia sismica di riferimento attribuite a quest'area sono: Latitudine: 44,2477; Longitudine: 8,41857

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica da applicare in quest'area è: Ss = 1; (Vedi Scheda seguente "Zonizzazione Sismica Roccia)

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI



Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	45	0,024	2,546	0,183
Danno (SLD)	75	0,031	2,546	0,211
Salvaguardia vita (SLV)	712	0,072	2,611	0,313
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,093	2,626	0,328
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			

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: A

Categoria topografica: T4

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss * Amplificazione stratigrafica	1,00	1,00	1,00	1,00
Cc * Coeff. funz categoria	1,00	1,00	1,00	1,00
St * Amplificazione topografica	1,40	1,40	1,40	1,40

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

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,007	0,009	0,020	0,026
kv	0,003	0,004	0,010	0,013
Amax [m/s²]	0,327	0,420	0,987	1,283
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

latitudine: 44,2477

longitudine: 8,41857

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

6.2.2 Aree interne alla discarica coltivata, con suolo costituito da accumuli potenti di rifiuto (rifiuto con spessore superiore a 30 m, fino a 60 m)

categoria di sottosuolo: D



Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	45	0,024	2,546	0,183
Danno (SLD)	75	0,031	2,546	0,211
Salvaguardia vita (SLV)	712	0,072	2,612	0,314
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0,093	2,627	0,328
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			

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: D

Categoria topografica: T4

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss * Amplificazione stratigrafica	1,80	1,80	1,80	1,80
Cc * Coeff. funz categoria	2,92	2,72	2,23	2,18
St * Amplificazione topografica	1,40	1,40	1,40	1,40

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

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,012	0,015	0,036	0,047
kv	0,006	0,008	0,018	0,024
Amax [m/s²]	0,589	0,756	1,774	2,306
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

latitudine: 44,2478

longitudine: 8,42097

L'attribuzione della categoria D al rifiuto è stata determinata in base al suo spessore: > 30 m ed alle sue caratteristiche geotecniche (materiale abbancato: rifiuti

compattati e terre di copertura) che pare possano essere assimilate ai "Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati, con valori Vs_{30} < 180 m/sec o $NSPT_{30}$ <15".

Non sono disponibili dati di Velocità sismica Vs_{30}, mentre lo sono risultati di prove penetrometriche eseguite nel rifiuto (Vedi valori $NSPT_{30}$ " Prove penetrometriche dinamiche continue" – nell'Allegato B).

Dalla elaborazione dei dati penetrometrici risultano valori $NSPT_{30}$ mediamente inferiori a 15, con sporadici picchi di resistenza elevata ma chiaramente da attribuire alla presenza di trovanti di elevata resistenza che però non modificano la risposta sismica dell'accumulo.

Le coordinate geografiche impiegate per la zonizzazione sismica dell'area in rifiuto sono:

Latitudine: 44,2478; Longitudine: 8,42097.

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica da applicare in quest'area di ampliamento coerentemente con il D.M. 14.01.08 NTC è Ss = 1,8

6.3 Coefficienti di amplificazione topografica

Per quanto riguarda il fattore di amplificazione topografica si è ritenuto di applicare ad entrambi gli ambiti una unica categoria topografiche e cioè la T4.

Per il tratto di versante in cui ricade l'ampliamento in roccia l'attribuzione della categoria T4 segue le indicazioni delle Tabelle 3.2.IV e 3.2.VI del D.M. 14.01.08, trattandosi di aree situate in pendio con inclinazione media > 30°, in prossimità della cresta del rilievo.

Tale categoria topografica è stata applicata anche al comparto dove l'ampliamento avverrà mediante sopraelevazione della colmata di rifiuto poiché anche l'area dove appoggerà il rifiuto corrisponde alla cresta del rilievo (Tabella 3.2.VI NTC 2008).

Per l'intera area di ampliamento pertanto si ritiene di applicare il coefficiente di amplificazione topografica St = 1,4.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

Poiché il Comune di Vado Ligure è inserito in zona 3b, la componente **verticale** dell'azione sismica di cui si tiene conto per le zone 5, **non viene considerata** (par. 3.2.3.1.del DM 14.01.08)

6.4 Vita nominale, categoria e classe d'uso.

La vita nominale, la categoria e la classe d'uso delle strutture di progetto è definita dalla Relazione Geotecnica allegata al progetto. I parametri sismici da applicare in relazione a questi parametri sono riportati nelle due schede di pericolosità sismica allegate.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

7. PARAMETRI GEOTECNICI DEI TERRENI RICADENTI NELL'AREA DI AMPLIAMENTO

I parametri geotecnici medi dei terreni presenti nell'area di ampliamento esterna alla discarica approvata, si riferiscono prevalentemente agli ammassi rocciosi delle Dolomie e delle Quarziti, data l'assenza o il limitato spessore delle coltri sciolte presenti nell'area.

Il progetto di ampliamento prevede peraltro che le coltri sciolte eventualmente presenti vengano completamente asportate.

Per converso il progetto prevede la costruzione di rilevati in materiale sciolto per compensare le irregolarità morfologiche presenti lungo il perimetro di monte dell'area di ampliamento.

Le caratteristiche ed i parametri geotecnici di questi riempimenti previsti nel progetto di ampliamento dovranno essere definiti nella Relazione Geotecnica.

7.1 Coltri sciolte

Laddove presenti, le coltri sciolte mostrano caratteristiche granulometriche e di comportamento assai variabili dipendendo queste caratteristiche dalla diversa origine di ciascuna coltre.

Le caratteristiche granulometriche possono variare dalle ghiaie sciolte ai limi argillosi.

Il dato comune ai depositi di coltre naturale presenti nell'area di intervento è però la loro minima potenza che non supera mai i 3m.

Sulla scorta di penetrometrie dinamiche eseguite a vario titolo sulla coltre sciolta per la realizzazione di infrastrutture in prossimità dell'area destinata all'ampliamento (recinzione, canale di gronda principale) si sono ottenuti valori orientativi del peso di volume di 15 – 16 kN/mc e di 25° ed i 30° per l'angolo di attrito interno.

Nella matrice limoso argillosa delle coltri sciolte e nelle terre rosse, la coesione, misurata con scissometro portatile normalmente supera i 50 kPa e mediamente si aggira su 100 kPa.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

7.2 Ammassi rocciosi

La tavola "Carta di zonizzazione geomeccanica" (rif. SGI: 07663-065D23E01) è stata ricavata combinando i risultati ottenuti dal rilevamento geomeccanico di superficie, dai sondaggi a carotaggio continuo e dalle stese sismiche. Nella Carta, non è stato tenuto conto delle coperture sciolte, sia per il loro modesto spessore sia per la previsione della loro integrale asportazione in sede di predisposizione delle vasche di stoccaggio del rifiuto.

L'area con sottosuolo costituito da roccia è stata suddivisa in tre classi di qualità, variamente distribuite con caratteristiche geomeccaniche relativamente omogenee. Per l'attribuzione delle zone a ciascuna classe sono stati valutati:

- RQD medio ricavato dai sondaggi a carotaggio continuo;
- Classe di appartenenza della classificazione SMR (Romana);
- Velocità sismiche ricavate dall'indagine tomografica.

Il valore di RQD medio si è rivelato decisamente variabile nei diversi sondaggi, con valori medi compresi tra un minimo di 8.64% e un massimo di 59%.

La classificazione geomeccanica SMR di Romana ha RQD ha permesso di suddividere gli affioramenti rocciosi in due classi (II-buona e III-mediocre).

Le velocità di propagazione delle onde P sono state grossolanamente suddivise in due classi:

- inferiore a 1500-2000 m/s caratteristico di rocce con scadenti caratteristiche geomeccaniche;
- superiore a 1500-2000 m/s, indice di rocce con buone caratteristiche geomeccaniche

Le tre classi adottate per la zonizzazione geomeccanica sono:

- CLASSE A: rocce caratterizzate da buone caratteristiche geomeccaniche, appartenenti alla II classe della classificazione SMR, con RQD medio superiore a 40% e velocità di propagazione delle onde sismiche P maggiore di 2000 m/s a partire dalla profondità di circa 2 m dal p.c.
- CLASSE B: rocce caratterizzate da medie caratteristiche geomeccaniche, appartenenti alla II o III classe della classificazione SMR, con RQD medio

compreso tra 10% e 40% e velocità di propagazione delle onde sismiche P maggiore di 2000 m/s a partire da circa 4-5 m dal p.c.

- CLASSE C: rocce caratterizzate da mediocri caratteristiche geomeccaniche, appartenenti alla III classe della classificazione SMR, con RQD medio inferiore a 10% e velocità di propagazione delle onde sismiche P maggiore di 2000 m/s a partire da circa 6-10 m di profondità dal p.c.

Dall'esame della tavola "Carta di zonizzazione geomeccanica" (rif. SGI: 07663-065D23E01) si ravvisa una buona corrispondenza tra la zonizzazione geomeccanica e l'assetto strutturale e geomorfologico dell'area.
I terreni in classe C si concentrano infatti in corrispondenza degli impluvi, impostati lungo le zone di fragilità costituite dalle lineazioni tettoniche, dove la notevole frammentazione dell'ammasso roccioso ha favorito i fenomeni erosivi.
La classe A caratterizza al contrario le dorsali comprese tra gli impluvi, costituite da roccia tenace, poco soggetta all'erosione, caratterizzata da buone caratteristiche geomeccaniche.

L'area di ampliamento esterna all'attuale discarica ricade:

- in classe A per il 49%
- in classe B per il 39%
- in classe C per il 12%

Pertanto solo il 12% dell'area di ampliamento ricade in zone con scadenti caratteristiche geomeccaniche.

Per quanto riguarda le formazioni rocciose interessate dal progetto di ampliamento, i parametri geotecnici medi delle due formazioni rocciose presenti nell'area (dolomie e quarziti) sono deducibili sia direttamente dagli elementi raccolti durante il rilevamento sia dalla elaborazione degli stessi elementi, riassunta in Allegato A "Classificazione degli ammassi rocciosi".
Le caratteristiche geomeccaniche principali desunte dalla classificazione RMR sono esposti nelle seguenti tabelle a partire dalle relazioni proposte dal Bieniawsky, secondo cui:

- coesione $c =$ 5 RMR [kPa]
- angolo d'attrito $\phi =$ 0,5 RMR +5 [°]

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

ARS	RMR BASE	SMR BASE	COESIONE [kPa]	ANGOLO ATTRITO ϕ [°]
1	56	70-71	280	33
2	45	57-60	225	27,5
3	46	61	230	28
6	47	52-62	235	28,5
7	53	67-68	265	31,5
8	49	63-64	245	29,5
9	51	66	255	30,5
10	39	54	195	24,5
12	53	68	265	31,5
13	54	68-69	270	32
14	46	60-61	230	28
15	62	77	310	36
16	49	63-64	245	29,5
17	49	64	245	29,5
17b	45	56-60	225	27,5
18	49	64	245	29,5
19	50	64-65	250	30
20	50	65	250	30
21	50	65	250	30
23	44	59	220	27
24	48	59-63	240	29
25	48	63	240	29
26	56	67-71	280	33
27	47	61-62	235	28,5
28	46	61	230	28
29	67	82	335	38,5
media	44,79		223,95	27,39

Tabella 7.1: Quadro riassuntivo parametri da classificazione RMR - Dolomie di S.Pietro ai Monti

ARS	RMR BASE	SMR BASE	COESIONE	ANGOLO ATTRITO ϕ
			[kPa]	[°]
11	38	53	190	24

Tabella 7.2: Quadro riassuntivo parametri da classificazione RMR - Quarziti di Ponte di Nava

Per le quarziti per cui si dispone di una sola misura i parametri c e ϕ ricavati debbono essere considerati solo orientativi ed utilizzati con cautela.

A partire dai valori medi suindicati si possono ricavare i parametri caratteristici e di progetto degli ammassi rocciosi in condizioni sismiche (approccio 1, combinazione 2) secondo quanto indicato nelle due seguenti tabelle di calcolo (D.M. 14.01.08 NTC 2008).

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

	ANGOLO DI ATTRITO [°]
ARS 1	33
ARS 2	27,5
ARS 3	28
ARS 6	28,5
ARS 7	31,5
ARS 8	29,5
ARS 9	30,5
ARS 10	24,5
ARS 12	31,5
ARS 13	32
ARS 14	28
ARS 15	36
ARS 16	29,5
ARS 17	29,5
ARS 17b	27,5
ARS 18	29,5
ARS 19	30
ARS 20	30
ARS 21	30
ARS 23	27
ARS 24	29
ARS 25	29
ARS 26	33
ARS 27	28,5
ARS 28	28
ARS 29	38,5
Media	29,98
Deviazione standard	2,82
Rapporto deviazione standard/media	0,093941
Angolo d'attrito caratteristico Φ_k	25,35
Angolo d'attrito di progetto Φ_d	20,76

Tabella 7.3: Angolo di attrito dei calcari dolomitici della formazione S. Pietro ai monti

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

	COESIONE [kPa]
ARS 1	280
ARS 2	225
ARS 3	230
ARS 6	235
ARS 7	265
ARS 8	245
ARS 9	255
ARS 10	195
ARS 12	265
ARS 13	270
ARS 14	230
ARS 15	310
ARS 16	245
ARS 17	245
ARS 17b	225
ARS 18	245
ARS 19	250
ARS 20	250
ARS 21	250
ARS 23	220
ARS 24	240
ARS 25	240
ARS 26	280
ARS 27	235
ARS 28	230
ARS 29	235
Media	245,96
Deviazione standard	22,53
Rapporto deviazione standard/ media	0,09161
Coesione Caratteristica c_k	208,90
Coesione di progetto c_d	167,12

Tabella 7.4: Coesione dei calcari dolomitici della formazione S. Pietro ai monti

7.3 Rifiuti

Per quanto attiene ai parametri geotecnici del rifiuto su cui ricade la maggior parte dell'area di ampliamento, gli elementi disponibili sono quelli contenuti nelle già citate elaborazioni delle "Prove penetrometriche dinamiche su rifiuto" contenute in Allegato B.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

Ancorché si tratti di un numero limitato di prove, si propende per la loro significatività in considerazione del fatto che interessano rifiuto abbancato da oltre due anni e quindi sufficientemente rappresentativo di valori medi del rifiuto stoccato.

Nella seguente Tabella sono indicati i valori medi significativi ottenuti dalle prove penetrometriche (media dei valori, esclusi i valori che si scostano eccessivamente dalla media)

DCPT	**PROFONDITÀ** [m]	**N 60**	γ [kN/m^3]	ϕ [°]
N° 1	0-5,4	7,8	17,4	31,3
N° 1	5,4 – 7,8		20,6	36
N° 2	0- 4	6,56	16,03	31,3
N° 2	4 – 6		19,7	38
N° 3	0- 4	5,57	15,85	28

Tabella 7.5: Parametri geotecnici medi. Rifiuti con copertura in terra, abbancati da oltre 2 anni

Si riporta di seguito la Tabella dei valori medi dei parametri geotecnici, caratteristici e di progetto dei materiali costituenti la discarica

	ANGOLO D'ATTRITO [°]
DCPT 1:0-5,4m	31,3
DCPT1: 5,4-7,8m	36
DCPT2:0-4m	31,3
DCPT2:4-6m	38
DCPT 3:0-6m	28
Media	32,92
Deviazione standard	3,60
Rapporto deviazione standard/ media	0,109312
Angolo d'attrito caratteristico Φ_k	27,0
Angolo d'attrito di progetto Φ_d	22,18

Tabella 7.6: Angolo d'attrito dei rifiuti e delle terre di copertura

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

8. VINCOLI E NORMATIVE DI CARATTERE GEOLOGICO AMBIENTALE

L'area interessata dal progetto di ampliamento è soggetta a vincoli territoriali a componente geologico – ambientale, gravanti direttamente sull'area di ampliamento o comunque esistenti nelle sue adiacenze.

8.1 Vincolo carsico

Ai sensi della legge regionale ligure L.R. n° 39/2009 "Norme per la tutela e la valorizzazione del patrimonio speleologico delle aree carsiche e lo sviluppo della speleologia". L'art. 4 della legge prevede che venga approvato un elenco delle principali aree carsiche. Detto elenco approvato con D.G.R. n°6665 del 23.09.94 non comprende l'area occupata dall'attuale impianto di smaltimento né quella interessata dal progetto di ampliamento.
In particolare, poiché l'area a monte della discarica risulta viceversa inserita nell'elenco delle aree carsiche e il D.Lgs. 36/03, che disciplina gli interventi su queste aree vieta espressamente di ubicare discariche per rifiuti in tali aree, per la definizione del limite dell'area di ampliamento destinata allo smaltimento dei rifiuti, si è provveduto a riportare sulle planimetrie della discarica esistente il limite carsico ricavato tramite le coordinate Gauss-Boaga a partire dalla cartografia regionale, mantenendo un franco di sicurezza di 10 m dal limite esterno dell'area carsica.

Oltre alla delimitazione ufficiale di area carsica definita dalla cartografia regionale, va segnalato che dal rilievo geologico di dettaglio recentemente eseguito sono emerse scarse evidenze di carsismo nell'area di ampliamento e nella zona soprastante l'attuale discarica autorizzata.
Anche le indagini del sottosuolo eseguite mediante perforazioni a carotaggio continuo e a distruzione di nucleo per la costruzione di piezometri profondi (fino a 100 m) che hanno interessato l'area a monte della zona di ampliamento, non hanno evidenziato alcun fenomeno attribuibile a carsismo.
Il progetto di ampliamento comunque non prevede aree destinate a discarica di rifiuto nell'area carsica.

Nella zona di vincolo carsico sono previste solo aree dove possono ricadere porzioni di alcuni elementi accessori alla discarica (pista di coronamento, piazzali di servizio, canali di gronda, recinzione perimetrale ecc.).

8.2 Vincolo idrogeologico

Sia l'area occupata dalla discarica autorizzata sia l'area prevista per l'ampliamento ricadono in zona di vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. 3267/23 e della R.L. 4/99.

Il vincolo idrogeologico non comporta il divieto di impiantare discariche nelle aree tutelate, limitandosi a prescrivere accertamenti e condizioni di intervento tali da evitare dissesti idrogeologici.

Gli interventi che comportano movimenti di terra debbono quindi essere autorizzati dall'organo competente alla tutela del vincolo (nella fattispecie la Comunità Montana del Giovo).

L'indagine geologico applicata e idrogeologica e le verifiche di stabilità relative allo stato attuale dei versanti, descritte nella presente Relazione e svolte ai sensi del DM 11.03.88 di applicazione della legge n°64/74, costituiscono adempimento alla normativa vigente.

Gli elaborati progettuali con le verifiche allo stato di progetto e gli accorgimenti per il mantenimento del buon assetto idrogeologico dell'area di ampliamento e delle sue adiacenze corrispondono alle prescrizioni di tutela del vincolo.

L'intervento di ampliamento della discarica risulta quindi compatibile con le limitazioni e prescrizioni dettate dalla normativa sul vincolo idrogeologico.

8.3 Compatibilità del progetto col Piano di Bacino stralcio del T. Segno

Il Piano di Bacino stralcio sul rischio idrogeologico del T. Segno è stato adottato con D.C.P. n° 47 del 25/11/03 e modificato con successive D.C.P. di cui la più recente è la n° 90 del 29 Aprile 2008.

Il Piano di Bacino prescrive che gli interventi siano compatibili con i regimi normativi indicati nelle seguenti carte:

- Carta della suscettività al dissesto di versante

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

- Carta del reticolo idrografico principale
- Carta degli interventi.

Non è stata presa in considerazione la Carta delle fasce di inondabilità poiché l'area di intervento non risulta tra le aree indagate ed è situata ad una distanza e ad una quota altimetrica tali da escludere che l'area di intervento possa essere interessata da questa componente di rischio.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

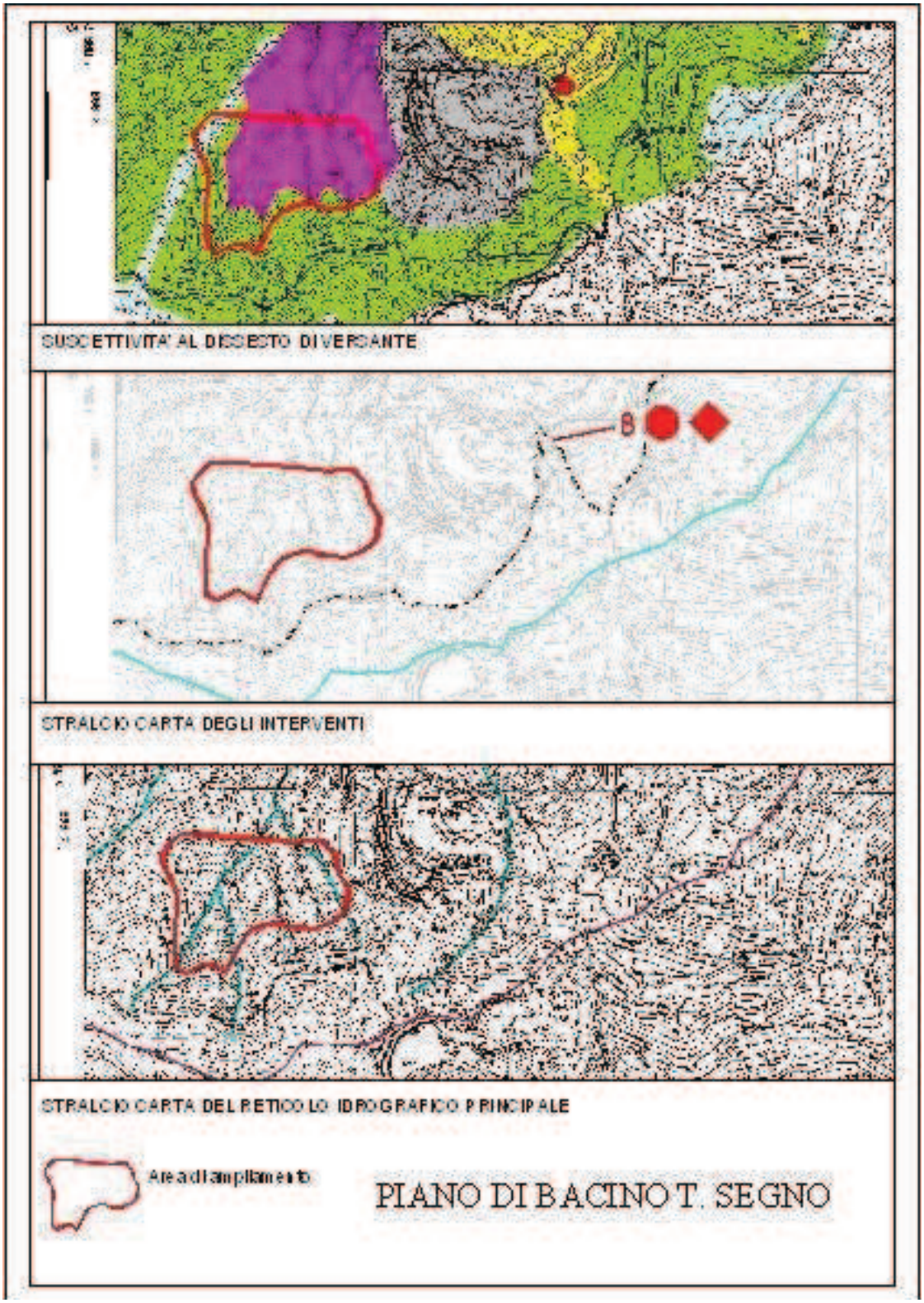


Figura 8.1: Piano di bacino del torrente Segno

8.3.1 Carta della suscettività al dissesto di versante

L'area interessata dal progetto di ampliamento ricade in parte sulla discarica autorizzata esistente e parte in zona Pg0 e Pg1.

Per la parte in cui l'ampliamento avverrà mediante ricopertura della discarica esistente la CSDV indica area speciale "Discarica in esercizio" (colore viola). Per queste aree la disciplina rinvia alla normativa contenuta nei piani di coltivazione e nei progetti approvati.

Nel caso specifico, la discarica esistente è stata autorizzata mediante approvazione con Deliberazione della G.P. n°78 del 20.05.03 del "Progetto di Adeguamento Tecnologico e ampliamento della discarica del Boscaccio"

Le indagini geologiche svolte a corredo del progetto generale, integrate dalle indagini eseguite per redigere la presente relazione indicano secondo quanto richiesto dalla normativa di attuazione del piano di bacino stralcio "gli elementi che determinano il livello di pericolosità" e indicano le modalità tecnico costruttive più appropriate.

Le verifiche di stabilità dei versanti sono contenute nella Relazione Geotecnica a corredo del progetto(rif. SGI: 07663-065R04E01), in cui è dimostrata l'ammissibilità dei movimenti di terra previsti ed il non peggioramento dell'assetto di versante in conseguenza dell'intervento.

La porzione di area interessata dal progetto di ampliamento e non compresa in zona speciale ricade su aree a suscettività al dissesto molto bassa e bassa (Pg0 e Pg1).

In queste zone viene unicamente prescritto che l'intervento non peggiori la attuale suscettività al dissesto di versante.

L'indagine svolta e le verifiche di stabilità contenute nella documentazione progettuale (Relazione Geotecnica e progetto) estese all'area di ampliamento esterna alla discarica autorizzata garantiscono in effetti la conservazione del buon assetto geomorfologico esistente.

La realizzazione dell'intervento risulta pertanto compatibile con la disciplina indicata dalla carta di suscettività al dissesto di versante.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

8.3.2 Carta del reticolo idrografico principale

L'area di intervento insiste così come la discarica autorizzata su rami del reticolo idrografico principale. Per la discarica autorizzata si è proceduto alla sdemanializzazione delle aree asservite a scopo idrografico ed a sostituirle con quelle su cui corre attualmente il canale di gronda principale.
L'ampliamento prevede la costruzione a monte di un nuovo canale di gronda che sostituirà quello esistente.
Poiché il canale di gronda esistente (canale di gronda principale in scatolato di c.a.) è stato reso demaniale essendo sostitutivo del reticolo idrografico naturale occupato dalla discarica, sarà necessario chiedere l'autorizzazione per occupare le aree (demaniali) su cui insiste il canale di gronda principale e rendere demaniali le aree sostitutive occupate dal nuovo canale di gronda in progetto (scavato in terra).
Il dimensionamento del nuovo canale di gronda sarà conforme alla disciplina idraulica del piano di bacino garantendo il regolare deflusso delle acque di scorrimento superficiale ed il loro corretto scarico nei colatori naturali esistenti.
Non vi sono pertanto limitazioni derivanti dalla legge R.L. 9/93 di recepimento della Legge 183/85 e/o del R.D. 523/1904 e neppure incompatibilità con la disciplina del piano di bacino stralcio per quanto riguarda il reticolo idrografico principale.

8.3.3 Carta degli interventi

Questa carta individua gli interventi ritenuti necessari per gli adempimenti al D.L. 180/92. Nell'area di progetto e nelle sue adiacenze il piano di bacino stralcio non prevede alcun tipo di intervento.
Non vi sono quindi incompatibilità o interferenze conseguenti alla realizzazione dell'intervento con le previsioni del piano di bacino stralcio.

8.4 Normativa geologica degli strumenti urbanistici comunali: P.R.G. e P.U.C. 2008

Il Comune di Vado Ligure ha recentemente adottato il Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) che dovrebbe sostituire il P.R.G. inteso come Piano Intercomunale del Savonese (P.R.I.S.) approvato nel 1977 e parzialmente modificato

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

con la "Variante Generale 1990" vigente anche nei Comuni di Savona, Albisola Superiore, Albissola Marina, Quiliano e Bergeggi ed ha definito la disciplina paesistica mediante l'approvazione dei livelli puntuali del PTCP.
Attualmente nel territorio di Vado Ligure, per quanto riguarda la disciplina urbanistico – edilizia, vige pertanto la doppia salvaguardia.

8.4.1 Piano Regolatore Generale (P.R.G.)

Le norme tecniche di attuazione del P.R.G. sono operanti in salvaguardia, fermo restando l'obbligo di osservare anche le disposizioni vigenti nelle more della definitiva approvazione del PUC da parte della Regione Liguria.
Il P.R.G. inserisce l'area di ampliamento della discarica del Boscaccio nella Zona omogenea F3.157 dove, oltre alla esistente discarica sono presenti anche altri impianti autorizzati, costituiti da una discarica privata per rifiuti speciali e da due cave per la coltivazione di calcare (indicate nella cartografia con i simboli Ca1, Ca2, Di1 e Di3).
La disciplina geologica imposta dal P.R.G., rinvia sostanzialmente al D.M. 11.03.88 di applicazione della legge 64/74. " Norme per le costruzioni con particolare riferimento alle zone sismiche".
Rispetto al P.R.G., l'ampliamento della discarica è conforme alla disciplina urbanistica in quanto coerente con la destinazione d'uso prevista dallo strumento urbanistico.
Le indagini di carattere geologico svolte a corredo del progetto di ampliamente sono a loro volta coerenti con le prescrizioni del D.M. 11.03.88.

8.4.2 Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.)

La disciplina geologica a corredo del P.U.C. adottato inserisce la zona in cui è compresa l'area prevista per l'ampliamento della discarica del Boscaccio in zona B.1.
La zona B1 comprende aree caratterizzate da versanti in roccia più o meno fratturata e poco alterata, con versanti stabili e condizioni ottimali di intervento.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

La normativa geologica del P.U.C. prevede per la pianificazione attuativa (SUA, SAU. P.P.) che le indagini geologiche siano eseguite in conformità della L.R. 24/87 e comprendano i seguenti aspetti:

1. descrizione dell'ammasso roccioso nelle diverse facies;
2. verifiche di stabilità dei versanti;
3. definizione di estensione potenza e composizione delle coltri e della loro possibile influenza sulle sistemazioni finali delle aree.

Le indagini relative ai punti 1, 2 e 4 sono state eseguite e sono riassunte nell'ambito della presente relazione, mentre le verifiche di stabilità di versante di cui al punto 3 sono comprese nella documentazione progettuale.

Per le zone regolamentate da S.U.A. le indagini a corredo della progettazione esecutiva debbono essere specificata nella Relazione geologica di livello attuativo.
Si sottolinea comunque la necessità che le prescrizioni della Relazione Geologica comprendano le modalità di regimazione delle acque superficiali e profonde.
Per le zone non regolamentate da S.U.A. si rimanda all'applicazione del D.M.11.03.88 per i vari settori di intervento.
Le indagini svolte a corredo del progetto esecutivo di ampliamento della discarica sono state eseguite secondo quanto previsto dalle norme di attuazione del P.U.C. e dal D.M. succitato per cui sotto l'aspetto della componente geologica, il progetto risulta conforme alla normativa urbanistica.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

9. CONCLUSIONI

Con riferimento agli aspetti geologico- ambientali del progetto lo scrivente ritiene che dalle indagini e verifiche svolte, possano trarsi le conclusioni di seguito riportate.

9.1 Ammissibilità del progetto con la normativa geologico ambientale

Le aree interessate dal progetto sono prevalentemente interne al perimetro della discarica autorizzata, in piccola parte esterne e ricadono in zone soggette a vincolo paesistico e idrogeologico, ma non in zona di vincolo carsico che rappresenta l'unico vincolo che vieta, nella fattispecie, la costruzione di discariche.

Le aree che il progetto destina a discarica mantengono una fascia di rispetto di 10m dal perimetro della zona carsica (perimetro validato dal competente Ufficio Regionale).

Il progetto di ampliamento risulta quindi ammissibile sia con la legislazione sovraordinata (aree carsiche, Piano di Bacino, Vincolo idrogeologico) sia con la normativa urbanistica comunale (P.R.G., PUC e livelli puntuali del PTCP adottati).

Sotto l'aspetto della normativa geologico-ambientale pertanto il progetto risulta ammissibile.

9.2 Compatibilità col Piano di Bacino stralcio

Non sussistono incompatibilità con la disciplina del piano di bacino del T. Segno per quanto attiene alle fasce di inondabilità, alle distanze dai corsi d'acqua ed agli interventi previsti dal Piano.

Per quanto riguarda la disciplina dell'assetto geomorfologico l'area interessata dal progetto di ampliamento ricade in due distinte categorie:

a. l'area interna alla discarica esistente è inquadrata come area di discarica, soggetta alla disciplina contenuta nei piani e programmi di settore. L'intervento è pertanto ammesso in relazione alle disposizioni contenute nel progetto e negli atti autorizzativi.

b. l'area esterna alla discarica esistente interessa aree a bassa pericolosità (Pg1 e Pg0) entro le quali gli interventi non sono soggetti a particolari limitazioni e/o prescrizioni, salvo l'esecuzione di indagini volte a definire gli elementi che determinano il grado di pericolosità, le modalità tecnico esecutive dell'intervento e ad attestare che l'intervento non aggravi le condizioni di stabilità del versante.

Le indagini svolte, corredate dalle verifiche di stabilità del versante stato attuale e le verifiche di stabilità allo stato di progetto, contenute nella documentazione progettuale, attestano appunto il non aggravamento della suscettività al dissesto di versante per effetto dell'intervento.

9.3 Congruenza con la disciplina geologica degli strumenti urbanistici

Il P.R.G. ed il PUC recentemente adottato che rappresentano gli strumenti urbanistici vigenti in virtù della doppia salvaguardia, destinano l'area interessata dal progetto di ampliamento a discarica. Vi è pertanto completa congruenza del progetto con la destinazione d'uso delle aree interessate.

9.4 Idoneità dell'area per gli aspetti di geologia applicata

Le caratteristiche geomorfologico-applicate dell'area di ampliamento sono caratterizzate per la porzione interna alla discarica esistente da aree corredate da infrastrutture di sostegno e regimazione idraulica che le rendono, in aggiunta a quelle previste dal progetto, certamente idonee ad accogliere l'ampliamento.

L'area esterna è caratterizzata principalmente da roccia affiorante in buone o discrete condizioni di conservazione e con elevati parametri geomeccanici (si veda capitolo 6).

Il rapporto discontinuità/pendio è variabile da favorevole a indifferente e non comporta instabilità di pendio.

I movimenti terra previsti in progetto saranno verificati per quanto attiene alla stabilità dei fronti di scavo in modo da garantire coefficienti di sicurezza coerenti con la normativa vigente, anche in prospettiva sismica.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI

9.5 Aspetti idrogeologici

Per la destinazione d'uso a discarica dell'area di ampliamento e la sua vicinanza all'area vincolata come area carsica, gli aspetti idrogeologici risultano essenziali. Per quanto riguarda gli aspetti della vicinanza dell'aera di ampliamento alla zona carsica si sottolineano i seguenti aspetti.

- Nel corso del rilevamento di superficie non sono state individuate cavità carsiche nell'area destinata all'ampliamento.
- I sette carotaggi eseguiti entro l'area di ampliamento non hanno attraversato cavità carsiche. Le carote estratte non evidenziano alcuna traccia di carsificazione

9.5.1 Permeabilità dei terreni

Le permeabilità del massiccio carbonatico nell'area di ampliamento, misurate in base alla distribuzione delle discontinuità di superficie, per quanto assai variabili da zona a zona rientrano nel range delle permeabilità medie.

Le prove d'acqua in foro eseguite con metodo Lùgeon e Lèfranc hanno fornito anch'esse valori di permeabilità molto dispersi, compresi in un range abbastanza ampio.

Tenendo conto del tipo di permeabilità per fratturazione e quindi della eterogeneità della distribuzione delle discontinuità nell'ammasso roccioso sottoposto ad intenso stress tettonico, è da ritenere normale una anisotropia nella circolazione delle acque profonde.

In ogni caso le misure eseguite col metodo Lèfranc indicano permeabilità k comprese tra 10^{-5} m/sec e 10^{-8} m/sec che sono da considerare valori tipici di terreni *mediamente permeabili*.

Va da sé che non esistendo una barriera geologica naturale continua, la superficie di posa del rifiuto dovrà essere resa omogeneamente poco permeabile in modo artificiale, mediante la costruzione di un involucro a bassa permeabilità.

L'involucro impermeabilizzante potrà essere di tipo misto utilizzando sia terre naturali abbinate a geosintetici o, meglio, esclusivamente geosintetici (geocomposito bentonitico) che possono essere collocati su superfici a forte inclinazione.

Al disopra dell'involucro che sostituisce la barriera geologica verrà poi posata la guaina impermeabilizzante in HDPE, così come è avvenuto finora nella discarica autorizzata.

Per le considerazioni relative agli aspetti idrogeologici del progetto di ampliamento si rinvia comunque alla "Relazione idrogeologica" inserita nella documentazione del progetto di ampliamento della discarica, che affronta anche gli aspetti idrogeologico applicati dell'ampliamento, individuando i potenziali bersagli di una eventuale contaminazione ed i punti di monitoraggio disposti in modo da intercettare i possibili percorsi dei deflussi sotterranei.

è vietata la riproduzione di questo documento, senza preventiva autorizzazione scritta dello SGI
reproduction of this document is forbidden without prior written permission of SGI