COMUNE DI MAGLIOLO

Provincia di Savona

COMUNE DI MAGLIOLO
PROVINCIA DI SAVONA
18 GIU. 2013
2944

DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI IN LOCALITA' CASEI

CONCESSIONARIA

ECOTER s.r.l. – Corso Italia, 31/3 – 17100 SAVONA

LAVORI DI GESTIONE DELLA DISCARICA
CERTIFICATO DI COLLAUDO

OGGETTO

RELAZIONE DI CONGRUITA' GEOMORFOLOGICA, GEOLOGICA E GEOTECNICA DELLA DISCARICA ATTESTANTE LA CONFORMITA' MORFOLOGICA E LA FUNZIONALITA' DELLA COPERTURA FINALE A CURA DEL Dott. Geol. CARLO BARACCO

DATA	ALL.
DICEMBRE 2010	B

CONCESSIONARIA:	CONSULENTE VERIFICHE COLLAUDO	CONSULENTE GEOLOGICO-GEOTECNICO	CONSULENTE MONITORAGGI AMBIENTALI	CONSULENTE AGRONOMO
ECOTER s.r.l. C.so Italia,31/3-17100 Savona L'AMMINISTRATORE UNICO Rag. Mario La Porta	RESPONSABILE TECNICO IMPIANTO Geom. Roberto Ottonello	Dott.Ing. Massimo Ghisolfo C.so Stalingrado, 50 17014 CAIRO MONTENOTTE	Dott. Carlo Baracco Studio Ass. Geotecnical Services Via Luccoli, 117 16123 GENOVA	LAB. C.P.G. S.n.c. C.so Stalingrado, 50 17014 CAIRO MONTENOTTE	Dott. Carlo Benelli Via Visca, 35/3 17100 SAVONA

ECOTER S.R.L.
Corso Italia, 31/3
17100 SAVONA

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI SAVONA
DOTT. ING. MASSIMO GHISOLFO
N. 1078 SEZ. A

COLLEGIO DEI GEOLOGI DELLA LIGURIA
DOTT. CARLO BARACCO
N. 407

1. PREMESSA

Questa Relazione è preparata al fine di illustrare gli aspetti morfologici, geologici e geotecnici relativi alla procedura di chiusura definitiva della discarica e al collaudo finale delle medesima così come richiesto nella comunicazione del Settore Difesa del Suolo e Tutela Ambientale , Servizio Autorizzazione Ambientali – Ufficio ciclo rifiuti della Provincia di Savona, in data 4 febbraio 2009.

Nel presente documento si sviluppano, in particolare, i seguenti argomenti:

1. conformità della morfologia finale della discarica rispetto a quanto previsto dal Piano di Adeguamento approvato,
2. presidi posti in atto al fine di prevenire infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo della discarica e la conseguente formazione di percolato,
3. considerazioni circa la stabilità globale del sistema discarica.

Per quanto riguarda il punto 2) sono stati effettuati alcuni controlli geotecnici relativi i terreni della copertura finale.
I controlli hanno riguardato i seguenti aspetti

- Determinazione delle caratteristiche di conducibilità idraulica superficiale in situ,
- Determinazione della densità "in situ" del materiale,
- Determinazione della curva di distribuzione granulometrica.
- Determinazione dei limiti di consistenza (di Atterberg) della frazione fine.

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

2. CONFORMITA' MORFOLOGICA

Dall'analisi degli ultimi rilievi plano – altimetrici del sito ed il loro confronto con quanto previsto nei progetti approvati, la morfologia dell'attuale stato del sito risulta conforme a quanto autorizzato.

I profili longitudinali e trasversali della discarica sono pienamente conformi al profilo di progetto così come modificato sulla base delle varianti del 2005 e del 2008, entrambe approvate e realizzate. (si vedano i profili delle sezioni 5 e 6 in Figura 1)

In realtà, come gli ultimi rilievi plano – altimetrici eseguiti evidenziano, i profili reali mostrano un andamento altimetrico inferiore a quanto previsto a progetto; nella parte apicale, a fronte della quota massima autorizzata di 469 m.s.l.m., si è ad oggi registrata la quota di circa 466 m.s.l.m., quindi inferiore di circa 3m. Gli assestamenti della porzione di cappa posta a quota più elevata non si sono ancora esauriti, anche se evidenziano un trend a diminuire, così come già avvenuto nelle parti più basse del sito. (si veda il particolare della Sezione 5 in Figura 2)

La minor quota del colmo rispetto al previsto comporta, inoltre, una significativa diminuzione della pendenza media del profilo sommitale del cumulo, infatti l'angolo di scarpa si riduce da circa 25° a circa 23°, con un evidente effetto a favore di sicurezza nei confronti della stabilità.

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

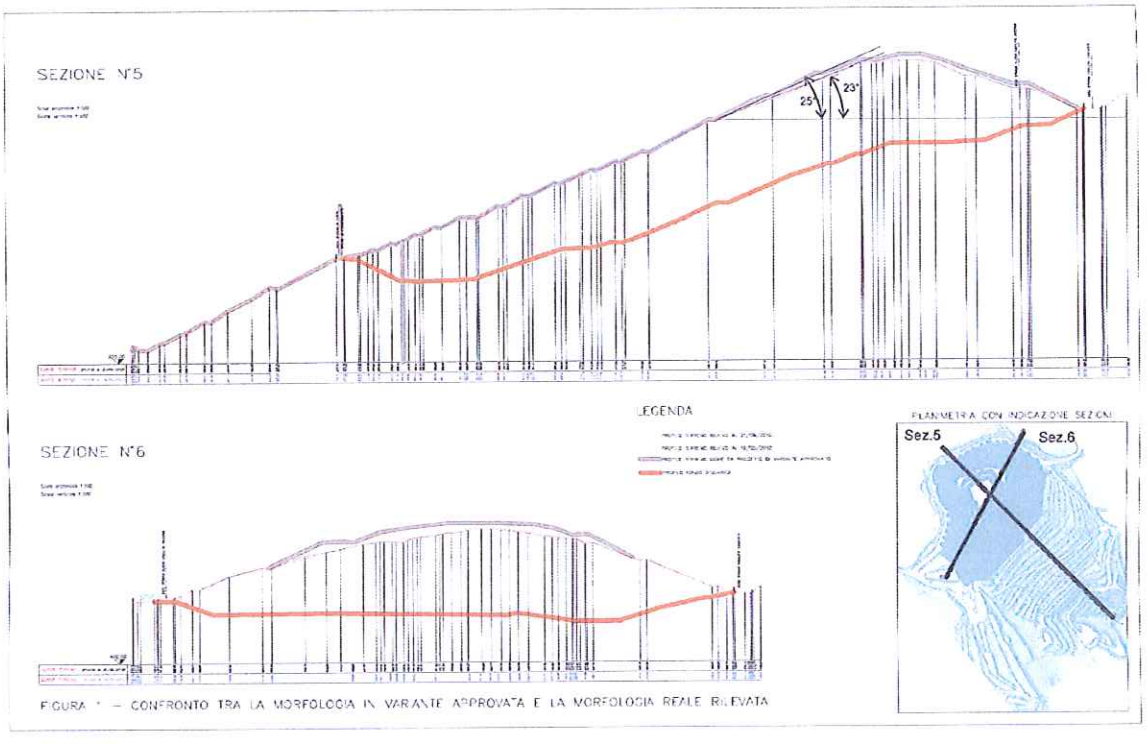
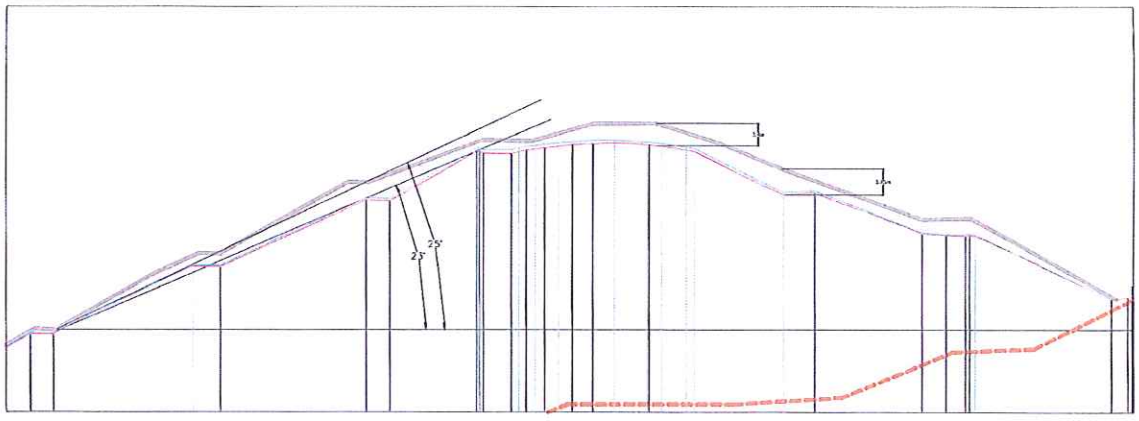


FIGURA * – CONFRONTO TRA LA MORFOLOGIA IN VARIANTE APPROVATA E LA MORFOLOGIA REALE RILEVATA



SEZIONE N°5 – Dettaglio della parte sommitale della copertura finale

Figura 2

3. PRESIDI PER IL CONTROLLO DELL'INFILTRAZIONE SUPERFICIALE DI ACQUE METEORICHE

Il ricoprimento finale deve, tra le altre, avere la funzione di impedire che acque di pioggia o di ristagno a seguito delle stesse, possano infiltrarsi e venire a contatto con il corpo dei rifiuti.
La situazione di maggior rischio potenziale si verifica sulle "banche" che separano i gradoni del paramento dove si potrebbero avere ristagni anche significativi di acque di pioggia con conseguente rischio di infiltrazione prolungata nel tempo.
Al fine di prevenire/controllare l'infiltrazione la coltre di ricoprimento è stata formata in modo tale da creare una barriera virtualmente impermeabile, a tale scopo la "cappa" è costituita da un "sandwhich" di materiali diversificati che, da un lato, ne diminuiscono in modo sostanziale la permeabilità e dall'altro, per la presenza di livelli drenanti, favoriscono l'allontanamento controllato delle eventuali acque infiltrate.

La sequenza del "pacchetto" di materiali di ricoprimento del rifiuto sia sulle banche sia sulle scarpate, è riconducibile a due profili stratigrafici distinti e ricostruiti sulla base delle informazioni fornite dal responsabile tecnico della discarica Geom. Ottonello. Il primo profilo si riferisce alla zona "bassa" della discarica conformata prima dell'autorizzazione del Piano di Adeguamento presentato ed approvato nel 2006, mentre il secondo profilo si riferisce alla zona "alta" conformata dopo l'attivazione sempre dello stesso Piano di Adeguamento ex art. 17 del D.Lgs n. 36/2003.

I due schemi stratigrafici sono, in dettaglio, formati, procedendo dall'alto verso il basso, come nel seguito descritto.

Sequenza "bassa" (prima di autorizzazione del Piano di Recupero del 2006) – Sezione A

1. Primo strato di terreno a bassa permeabilità di spessore compreso tra 0.60 e 0.70m con impianto di recupero a verde

2. Primo materassino di geocomposito bentonitico messo in opera sulle banche e riportato parzialmente sulla scarpata. E' costituito da Macline W1st e da Macline W05 di spessore nominale 5.5mm, massa di bentonite sodica di 3000-4000g/m2 (a seconda del prodotto) e permeabilità, a bassi livelli di tensione litostatica , di 5e-11m/s, confinato da doppio strato di tessuto-non-tessuto Questo livello di bentonite costituisce una ulteriore protezione contro l'infiltrazione di acque meteoriche a seguito di ristagni sulla superficie delle banche.

3. Doppio strato di terreno a bassa permeabilità di spessore complessivo di circa 1.0m, messi in opera per ricarica, adeguamento delle pendenze e sconfinamento del materassino bentonitico di cui al punto 4. Alla base del primo sottostrato sono state installate canne drenanti di diametro 63mm

4. Secondo materassino di geocomposito bentonitico continuo tipo Bentomat di spessore nominale 6mm, messo in opera sulle banche e riportato parzialmente sulle scarpate, massa di bentonite sodica di 5000g/m2, permeabilità di 5e-11m/s, confinato da geotessuto di polipropilene

5. Strato di terreno compattato a bassa permeabilità di spessore mediamente di 1.50m, sulle scarpate è ricoperto con 15-20cm di terreno ammendato per il recupero a verde. Sulle banche /berme è ricoperto con doppio strato di terreno di cui ai punti 1 e 3 precedenti con funzione di sistemazione delle pendenze, ricarica e ulteriore allungamento dei percorsi di filtrazione.

6. Strato drenante costituito da terreno granulare con rete di canne drenanti dia. 63mm, protette con geotessile per prevenire intasamenti, spessore compreso tra 0.15 e 0.20m.

7. Strato basale di prima ricopertura del rifiuto costituito da terreno naturale a bassa permeabilità, di spessore medio di 0.70.

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

Lo spessore medio complessivo del terreno della copertura finale è, quindi, di circa 4.20m sulle bancate e circa 2,60m sulle scarpate.

Questa sezione tipo è illustrata nella Figura 3(A)

Sequenza "alta" (dopo attivazione D.Lgs. n.36) – Sezione B, stratigrafia media relativa alle bancate orizzontali.

1. Primo strato di terreno a bassa permeabilità di spessore compreso tra 0.60 e 0.70m per adeguamento delle pendenze, ricarica, confinamento materassino bentonitico sottostante e impianto di recupero a verde.

2. Primo materassino di geocomposito bentonitico messo in opera sulle banche e riportato parzialmente sulla scarpata. E' costituito da Macline W1st e da Macline W05 di spessore nominale 5.5mm, massa di bentonite sodica di 3000-4000g/m2 (a seconda del prodotto) e permeabilità, a bassi livelli di tensione, di 5e-11m/s, confinato da doppio strato di tessuto-non-tessuto Questo livello di bentonite costituisce una ulteriore protezione contro l'infiltrazione di acque meteoriche a seguito di ristagni sulla superficie delle banche.

3. Strato di terreno a bassa permeabilità di spessore complessivo di circa 0.50m, messo in opera per ricarica e adeguamento delle pendenze.

4. Strato di terreno compattato a bassa permeabilità di spessore mediamente di 1.50m, ricoperto sulle scarpate con 15-20cm di terreno ammendato per favorire il recupero a verde.

5. Strato drenante costituito da terreno granulare con rete di canne drenanti dia. 63mm, protette con geotessile per prevenire intasamenti, spessore medio non inferiore a 0.50m

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02655560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

6. Strato di terreno a protezione superiore del secondo geocomposito bentonitico, spessore 0.15-0.20m

7. Secondo materassino di geocomposito bentonitico continuo tipo Macline W1 di spessore nominale 5.5mm, massa di bentonite sodica di 4000g/m2, permeabilità di 5e-11m/s, messo in opera con continuità sull'intera superficie della cappa, sia sulle banche che lungo le scarpate, confinato da geotessuto di polipropilene

8. Strato di terreno a protezione inferiore del secondo geocomposito bentonitico, spessore 0.15-0.20m

9. Strato drenante costituito da terreno granulare con rete di canne drenanti dia. 63mm, protette con geotessile per prevenire intasamenti, spessore medio non inferiore a 0.50m

10. Strato di terreno naturale di regolarizzazione, spessore 0.15-0.20m.

Lo spessore medio complessivo del terreno della copertura finale è, quindi, di circa 4.20m sulle bancate e circa 3.30m sulle scarpate dove manca il doppio strato di cui ai punti 1, 2 e 3 precedenti.

Questa sezione tipo è illustrata nella Figura 3(B)

E' evidente che la copertura finale, costituita in entrambi i casi da più strati di terreno naturale di bassa permeabilità con interposta, sulle aree pianeggianti, una doppia barriera impermeabile di geocomposito bentonitico e provvista di un sistema di drenaggio capillare comunque in grado di raccogliere e convogliare nel sistema di controllo e allontanamento delle acque di pioggia eventuali flussi di acqua, costituisce una adeguata protezione dal rischio di immissione di acque esterne nel corpo dei rifiuti

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

A dimostrazione di quanto sopra si presenta nel seguito una valutazione, per ciascun modello stratigrafico della copertura, delle portate di infiltrazione.

Allo scopo di determinare la conducibilità idraulica del terreno superficiale, parametro necessario per costruire un modello numerico della filtrazione (nota dalle schede tecniche la conducibilità idraulica della bentonite utilizzata e attribuita agli strati drenanti una permeabilità analoga a quella di un materiale granulare pulito) si è proceduto ad eseguire numerose prove di permeabilità in sito.

Trattandosi di misure in terreni non saturi è più corretto parlare di velocità di infiltrazione piuttosto che di permeabilità. La prova viene eseguita inserendo in un foro nel terreno un tubo fenestrato nel quale viene immessa acqua da un contenitore graduato, tramite un tubicino a becco d'oca, in modo da creare un battente idraulico noto all'interno del tubo; l'acqua assorbita dal terreno viene costantemente compensata dalla bottiglia, raggiunto un volume di assorbimento significativo si termina la prova.

La prova è condotta in accordo alla procedura definita in:
EARTH MANUAL – U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR
Field Permeability Test, well permeameter method – Designation E-19

Il valore della conducibilità idraulica è calcolato utilizzando la formula che segue, valida nel caso di falda o strato impermeabile profondo.

$$k = 525.600*[\sinh^{-1}(H/r)-1]*Q/2\pi H^2$$

dove:
k è il coefficiente di permeabilità (feet/year)
H è il battente d'acqua (feet)
r è il raggio del tubo infisso nel terreno
Q è il debito d'acqua (cubic feet /minuto)

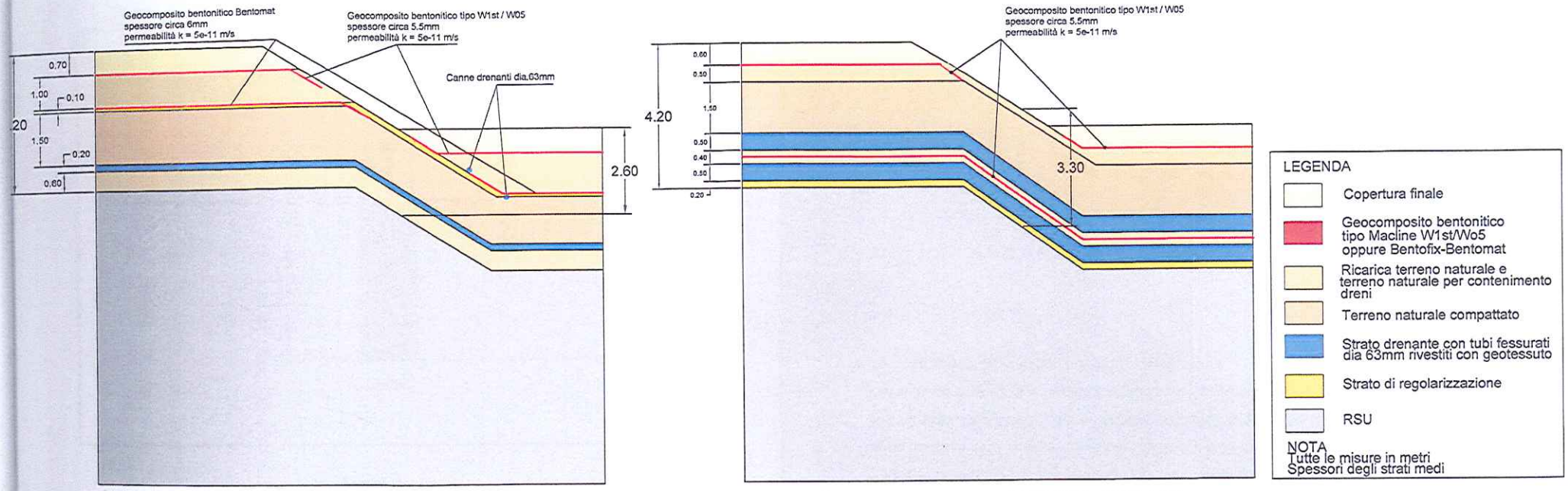
Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

Per trasformare le unità del sistema anglosassone in unità SI si considerino le seguenti equivalenze:

1 foot = 0.3048m
1 foot/minuto = 0.00508m/s
1 foot^3/s = 0.0283m^3/s

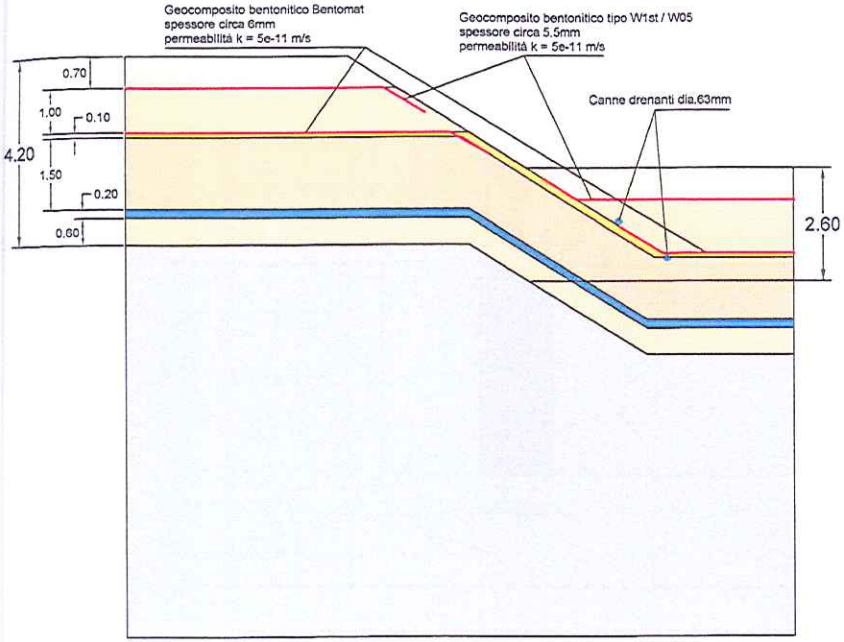
La Figura 4 che segue illustra lo schema di una prova. Sono state eseguite in totale 47 prove ubicate sulle banche dei gradoni della discarica (si veda la planimetria di Figura 5, allegata), i certificati di ciascuna prova sono raccolti nell'Allegato A e, per facilità di lettura , i valori di k sono riassunti nella Tabella 1, il valore medio di k è 1e-6m/s. Questo valore è stato adottato per tutti gli strati costituiti da terreno naturale di ricarica o regolarizzazione. Per gli strati di terreno naturale compattati si è ritenuto ragionevole considerare una permeabilità di 1e-07m/s in considerazione del maggior grado di addensamento.

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

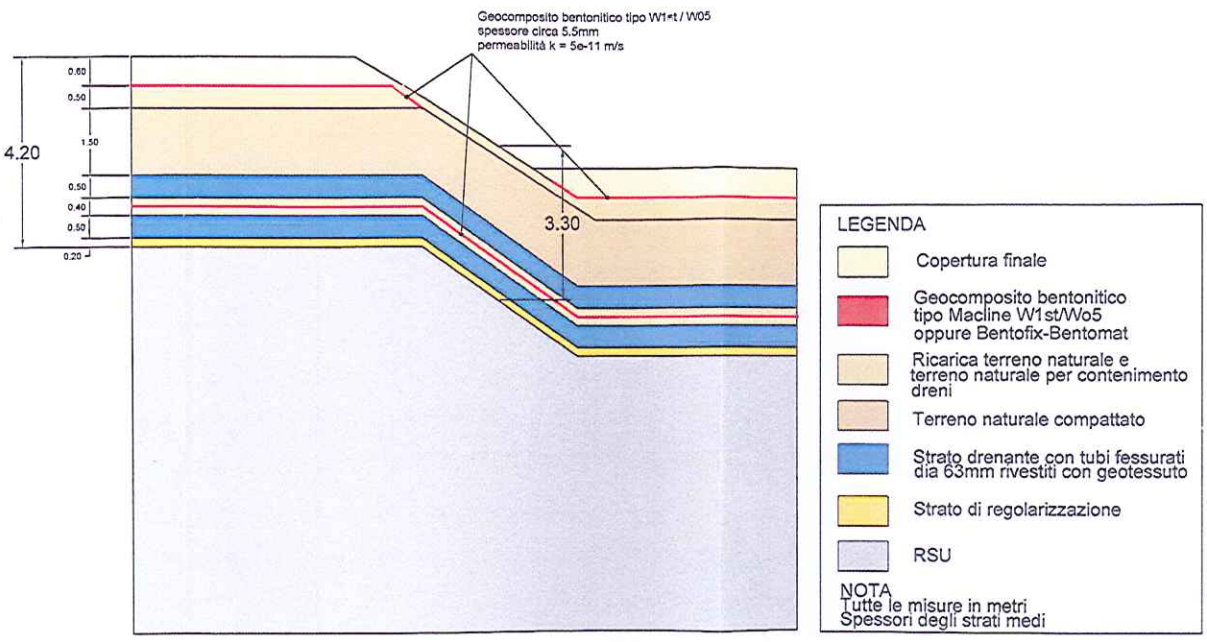


A STRATIGRAFIA TIPO COPERTURA - ZONA BASSA
(prima di autorizzazione Piano di Recupero 2006)

B STRATIGRAFIA TIPO COPERTURA - ZONA ALTA
(dopo attivazione D.Lgs 36)



A STRATIGRAFIA TIPO COPERTURA - ZONA BASSA
(prima di autorizzazione Piano di Recupero 2006)



B STRATIGRAFIA TIPO COPERTURA - ZONA ALTA
(dopo attivazione D.Lgs 36)

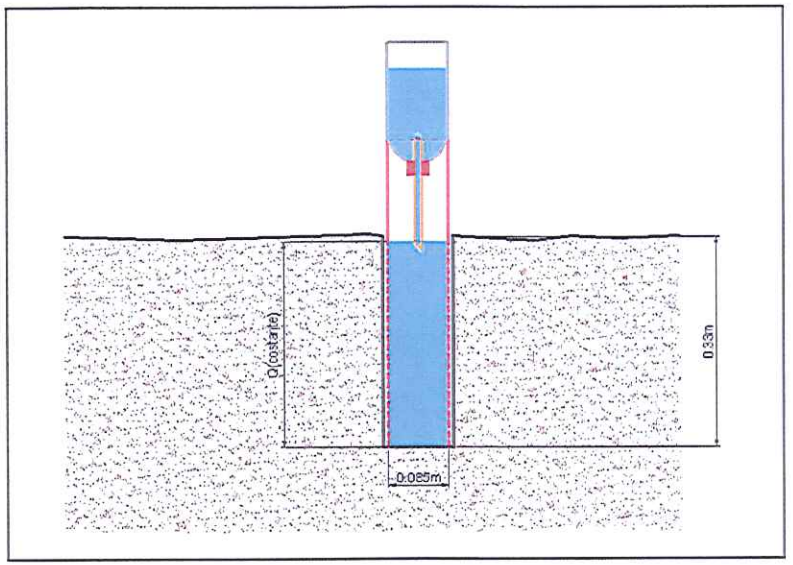


Figura 4

PROVA	M.Vol. (kN/m^3)	GHIAIA %	SABBIA %	FINE %	Lim.Liq LL	In.Plast. IP	Class.	k (m/s)
1	17,63	20,92	51,43	27,65	32	9	SC	1,5E-07
2								4,0E-07
3	18,29	38,44	36,62	24,94	31	9	GC	3,6E-06
4	18,26	23,78	42,53	33,69	31	9	SC	1,6E-07
5								5,2E-08
6	17,21	24,61	53,83	21,56				8,5E-08
7	17,45	40,9	30,72	28,38	31	11	GC	2,2E-08
8	17,93	34,23	38,65	27,12	31	12	SC	3,4E-08
9	17,01	26,95	45,18	27,87	32	12	SC	8,6E-07
10								6,6E-08
11	17,88	21,8	42,85	35,35	31	9	SC	2,4E-09
12	16,90	26,1	41,87	32,03	33	10	SC	1,1E-07
13								2,0E-07
14	16,25	35,85	42,87	21,28				2,1E-07
15								1,3E-07
16								1,2E-05
17	16,93	38,28	37,37	24,35	32	12	GC	1,2E-07
18								1,9E-08
19	17,08	38,36	44,86	16,78				1,0E-06
20								4,3E-08
21	17,77	40,52	41,08	18,40				7,6E-07
22	17,57	29,67	54,37	15,96				1,5E-05
23								3,6E-08
24	17,87	44,72	35,19	20,09				4,0E-08
25	17,16	28,43	44,77	26,80	33	10	SC	2,9E-08
26	19,23	51,12	33,06	15,82				2,2E-08
27								4,5E-08
28	18,63	39,36	39,78	20,86				5,0E-08
29	15,40	36,51	37,98	25,51	33	11	SC	1,1E-07
30	17,38	41,74	38,24	20,02				2,7E-08
31								1,0E-05
32	16,85	38,64	38,56	32,80	33	12	SC	2,4E-08
33	15,59	26,33	48,51	25,16				3,6E-08
34								1,2E-07
35								1,0E-06
36	18,16	38,87	39,39	21,74				7,7E-08
37								5,6E-08
38	19,24	43,52	35,55	20,93				1,0E-07
39								6,4E-08
40	16,73	40,47	37,24	22,39				4,7E-08
41	18,05	35,63	49,14	15,23				5,0E-08
42	16,97	30,64	35,86	33,50	32	14	SC	2,8E-08
43								1,9E-08
44	18,72	56,84	28,36	14,80				2,1E-07
45	19,19	39,55	34,91	25,14	29	8	GC	3,6E-08
46	18,97	34,78	34,08	31,14	32	10	GC	2,0E-08
47								7,0E-08

Tabella 1

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

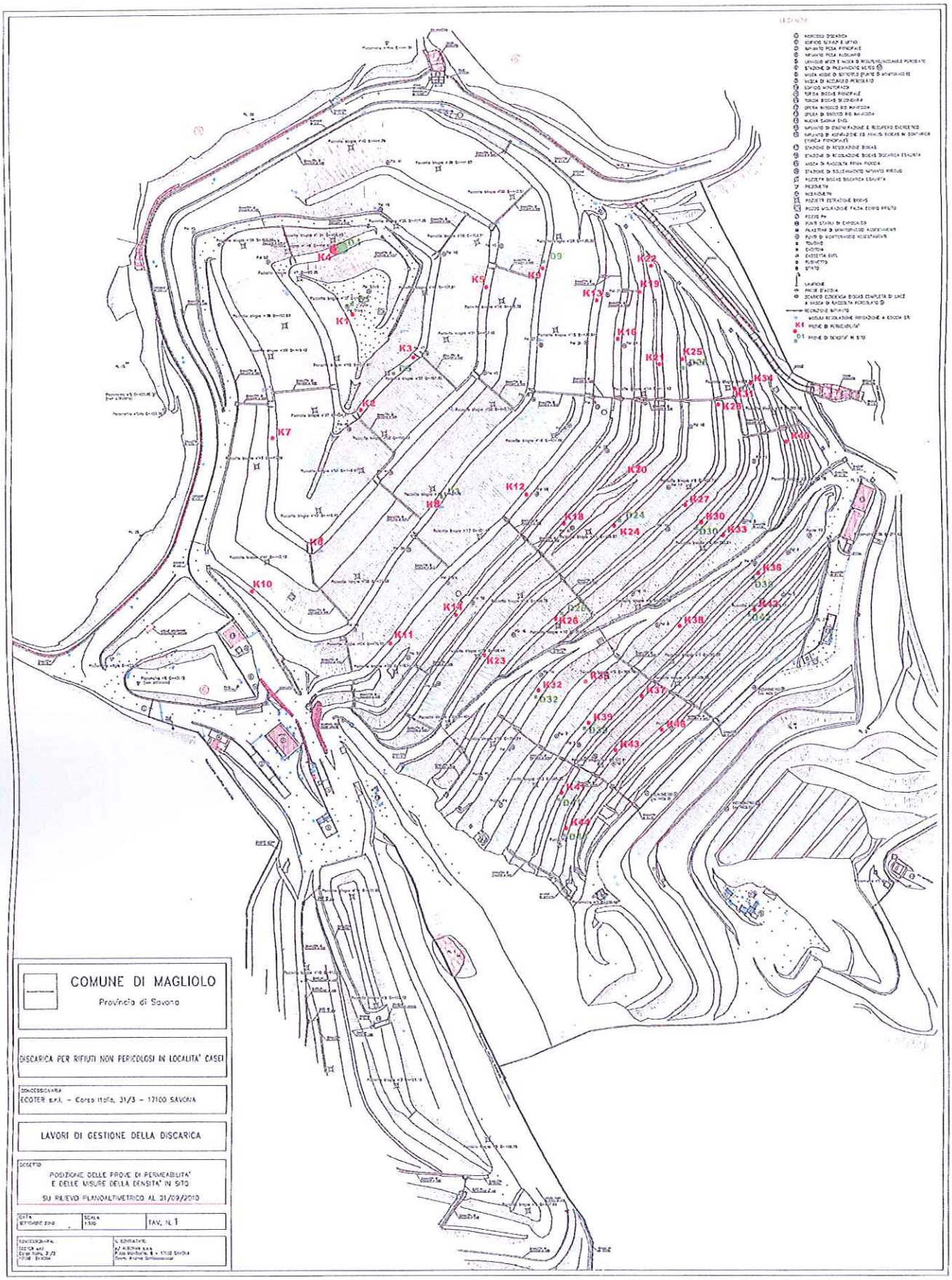


Figura 5 – Ubicazione delle prove in sito

C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova Sede operativa – Via Passo Buole 3A, 16152 Genova
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

L'analisi numerica agli elementi finiti in campo bidimensionale dell'infiltrazione potenziale è stato effettuata utilizzando la routine "Groundwater" inserita nel codice di calcolo SLIDE vs. 5.0 della Rocscience Inc (Toronto, Canada).

La velocità di infiltrazione nel mezzo poroso insaturo decresce nel tempo: non disponendo dei parametri necessari a definire la legge di variazione della velocità di infiltrazione nel tempo, si è considerata una velocità di infiltrazione di 30mm/h (equivalente a 8E-065m/s) all'istante t_0 sul piano delle banche assumendo inoltre che tutta l'acqua di precipitazione si infiltri nel terreno ovvero non vi sia ruscellamento e evaporazione e di 15mm/h (equivalenti a 4E-06m/s) lungo le scarpate in considerazione del ruscellamento e della presenza di vegetazione. Questo valori di infiltrazione sono da considerarsi cautelativi e quindi i risultati delle analisi possono essere in una qualche misura sovrastimati. Lo scopo di questo esercizi è quello di dimostrare, attraverso un calcolo, probabilmente approssimato per eccesso, che lo schema di prevenzione delle infiltrazioni messo in opera è funzionale allo scopo prefissato anche per condizioni severe e poco probabile.

I risultati delle analisi relativi alla sezione tipo A ed alla sezione tipo B sono illustrati rispettivamente, nelle Figure che seguono:

Figura 6	Sezione A – Stratigrafia tipo "bassa"
	Modello di calcolo con relativi parametri di input
Figura 7	Risultati dell'analisi
Figura 8	Sezione B – Stratigrafia tipo "alta"
	Modello di calcolo con relativi parametri di input
Figura 9	Risultati dell'analisi

I risultati evidenziano come le portate di infiltrazione sono, per le condizioni assunte, molto basse,: infatti nel caso della sezione B (stratigrafia tipica zona "alta") la portata di infiltrazione è di 5E-02l/h per m^2 mentre nel caso della zona "bassa" (stratigrafia come in sezione A) la portata di infiltrazione è stimata di 1,85l/h per m^2

Si può ancora stimare il tempo impiegato dall'acqua, a prescindere dalla portata, per attraversare lo strato di copertura ed arrivare al piano del rifiuto:

nel caso della Sezione A questo tempo è di circa 8 anni, (si veda la Tabella 2), mentre nel caso della sezione B il tempo è di 7,5 anni (si veda la Tabella 3). E' opportuno ricordare che questa stima non tiene in conto dell'effetto dovuto alla captazione dell'acqua, eventualmente infiltrata, da parte della rete di drenaggio alla quale è demandata la funzione di intercettare le portate, peraltro molto modeste, e convogliarle nel sistema di scarico.

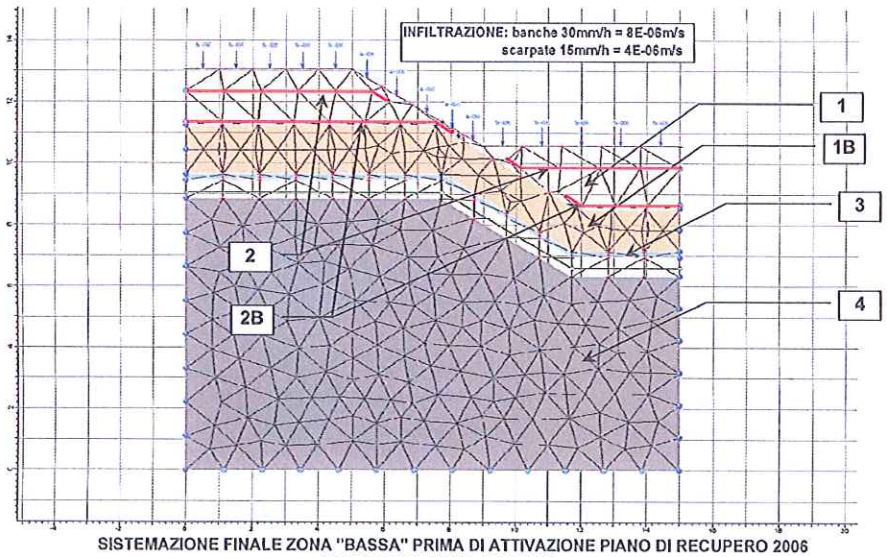
CALCOLO DEL TEMPO DI PERCOLAMENTO - SEZIONE A					
h strato	tipo	perm.	tempo		
(m)		(m/s)	(s)	(gg)	(anni)
0,70	terreno	1,00E-06	7,00E+05	8,10E+00	2,22E-02
0,0055	W1/W05	5,00E-11	1,10E+08	1,27E+03	3,49E+00
1,00	terreno	1,00E-06	1,00E+06	1,16E+01	3,17E-02
0,006	bentomat	5,00E-11	1,20E+08	1,39E+03	3,81E+00
1,5	ter.comp.	1,00E-07	1,50E+07	1,74E+02	4,76E-01
0,20	dreno				
0,60	terreno	1,00E-06	6,00E+05	6,94E+00	1,90E-02
				Totale	**7,84E+00**

Tabella 2

CALCOLO DEL TEMPO DI PERCOLAMENTO - SEZIONE B					
h strato	tipo	perm.	tempo		
(m)		(m/s)	(s)	(gg)	(anni)
0,65	terreno	1,00E-06	6,50E+05	7,52E+00	2,06E-02
0,0055	W1/W5	5,00E-11	1,10E+08	1,27E+03	3,49E+00
0,50	terreno	1,00E-06	5,00E+05	5,79E+00	1,59E-02
1,50	terreno comp.	1,00E-07	1,50E+07	1,74E+02	4,76E-01
0,50	dreno				
0,20	terreno	1,00E-06	2,00E+05	2,31E+00	6,34E-03
0,0055	W1/W5	5,00E-11	1,10E+08	1,27E+03	3,49E+00
0,20	terreno	1,00E-06	2,00E+05	2,31E+00	6,34E-03
0,50	dreno				
0,20	terreno	1,00E-06	2,00E+05	2,31E+00	6,34E-03
				Totale	**7,51E+00**

Tabella 3

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

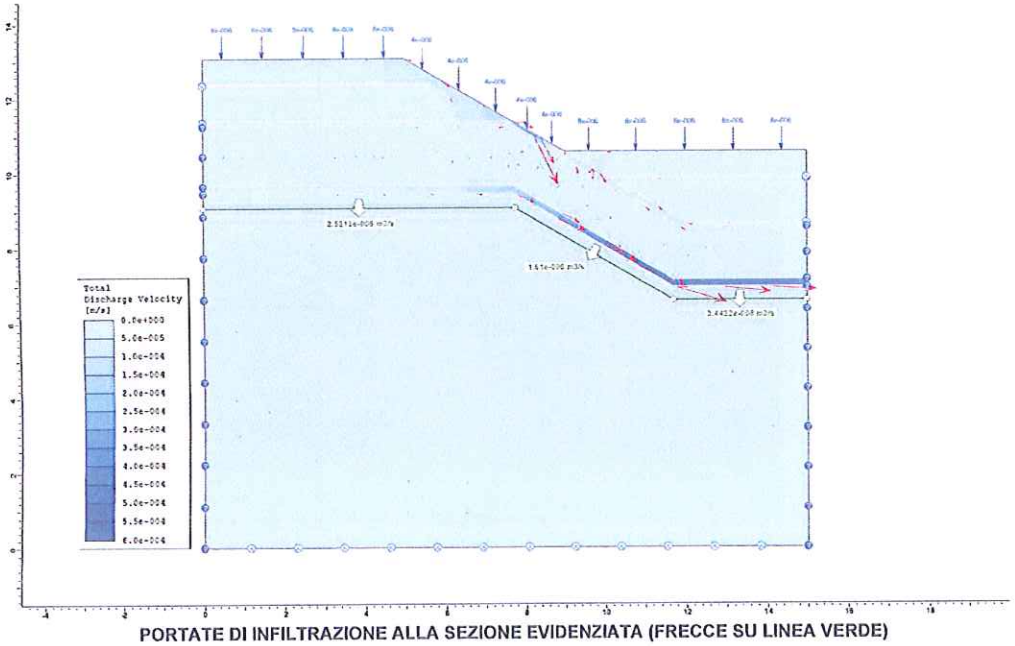


SISTEMAZIONE FINALE ZONA "BASSA" PRIMA DI ATTIVAZIONE PIANO DI RECUPERO 2006

MESH E CONDIZIONI AL CONTORNO

1 Terreno naturale di ricopertura, k = 1e-06m/s
1B Terreno naturale compattato, k = 1e-07m/s
2 Geocomposito bentonitico tipo Macline W05 oppure W1st, k = 5e-11m/s
2B Geocomposito bentonitico tipo Bentomat, k = 5e-11m/s
3 Materiale drenante, k = 1e-02m/s (stima)
4 Rifiuto

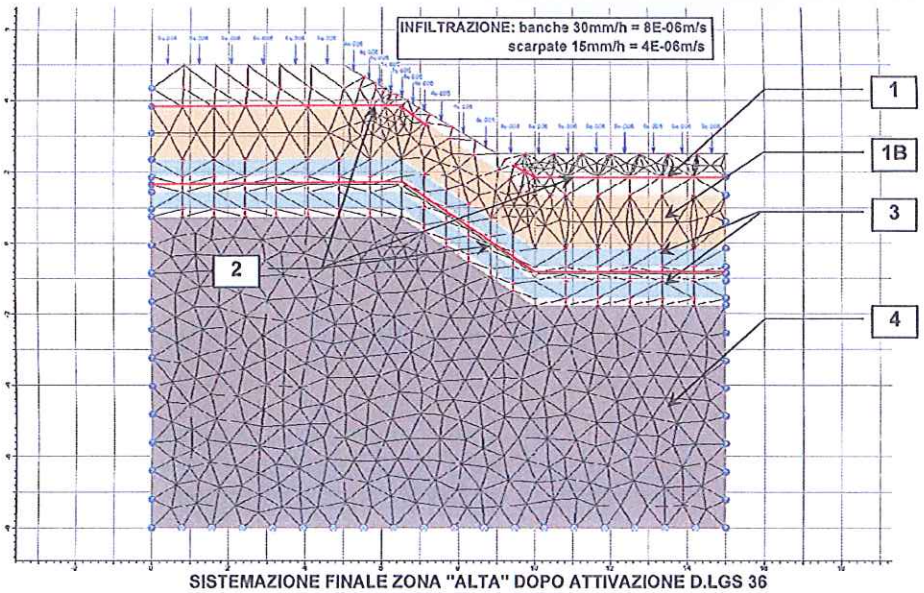
Figura 6



PORTATE DI INFILTRAZIONE ALLA SEZIONE EVIDENZIATA (FRECCE SU LINEA VERDE)

Figura 7

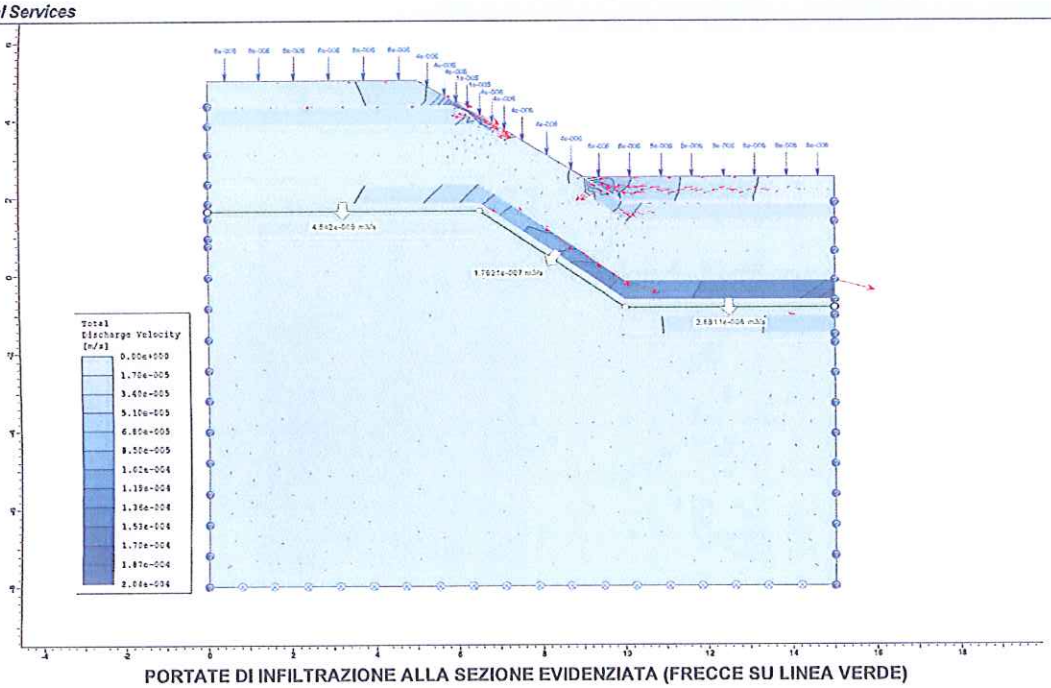
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova Sede operativa – Via Passo Buole 3A, 16152 Genova
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com



SISTEMAZIONE FINALE ZONA "ALTA" DOPO ATTIVAZIONE D.LGS 36
MESH E CONDIZIONI AL CONTORNO

1 Terreno naturale di ricopertura, k = 1e-06m/s
1B Terreno naturale compattato, k = 1e-07m/s
2 Geocomposito bentonitico tipo Macline W05 oppure W1st, k = 5e-11m/s
3 Materiale drenante, k = 1e-02m/s (stima)
4 Rifiuto

Figura 8



PORTATE DI INFILTRAZIONE ALLA SEZIONE EVIDENZIATA (FRECCE SU LINEA VERDE)

Figura 9

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

4. ALTRI CARATTERI GEOTECNICI DEI TERRENI DI COPERTURA

Al fine di meglio caratterizzare i terreni utilizzati per formare la copertura finale sono state condotte alcune semplici prove in sito ed in laboratorio, i risultati sono illustrati nei paragrafi che seguono.

4.1. Densità in sito

In parallelo alle prove di permeabilità e in ubicazioni a queste adiacenti, sono state condotte determinazioni della densità in sito del terreno con il metodo del cono di sabbia, in accordo alla Norma ASTM D1556-07. Le Figure 10 e 11 che seguono mostrano l'attrezzatura standard utilizzata per la prova.

Sono state eseguite 30 prove e i risultati sono riassunti nella Tabella 1 precedente, mentre i certificati sono raccolti nell'Allegato 2.



Figura 10



Figura 11

4.2. Analisi granulometriche

Per completare il quadro delle caratteristiche geotecniche di terreni utilizzati per la copertura sono state, inoltre, eseguite, in laboratorio, analisi granulometriche con setacci per via umida di campioni di terreno prelevati in prossimità alle posizioni delle prove di permeabilità e densità in situ. In totale sono state eseguite 30 analisi. Le analisi in questione sono state condotte in accordo alla norma ASTM D 422-63

Nella Tabella 1 sono sintetizzati i dati granulometrici più significativi, ovvero le percentuali della frazione di ghiaia, sabbia e fini (somma di limo più argilla)

La Figura 12 mostra il fascio di tutte le curve granulometriche dei campioni esaminati, mentre la Figura 13 evidenzia l'inviluppo delle stesse.

I singoli certificati delle analisi granulometriche sono raccolti nell'Allegato 3.

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

4.3. Limiti di Atterberg

Su 15 campioni dei 30 prelevati, sono stati eseguiti i limiti di consistenza (limite liquido, limite plastico, indice di plasticità) in accordo alla norma ASTM D 4318 – 05. I risultati di ciascun campione esaminato sono riassunti nella Tabella 1 e i relativi certificati di prova sono inseriti nell'Allegato 3

Il grafico di Figura 14 evidenzia come la correlazione tra la percentuale di frazione fine e il valore della permeabilità sia debole: sulla dispersione dei valori influisce senza dubbio la variabilità dello stato di addensamento del materiale

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

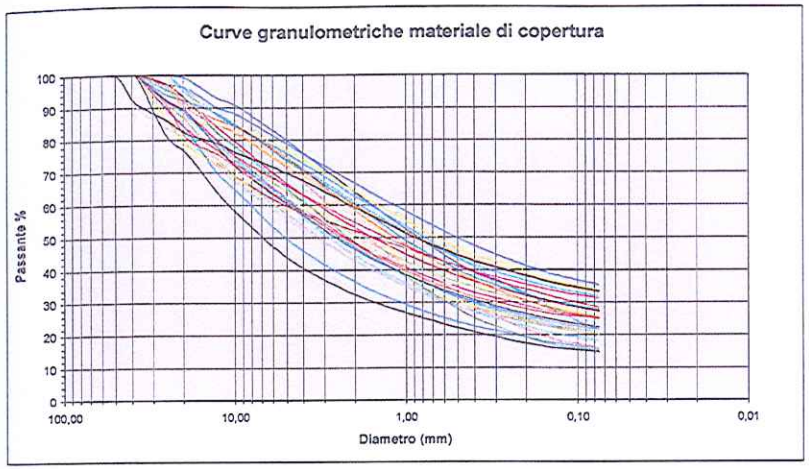


Figura 12

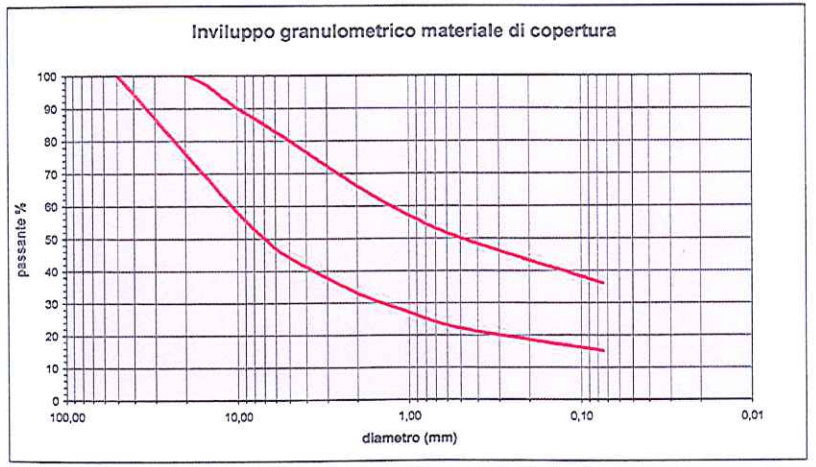


Figura 13

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

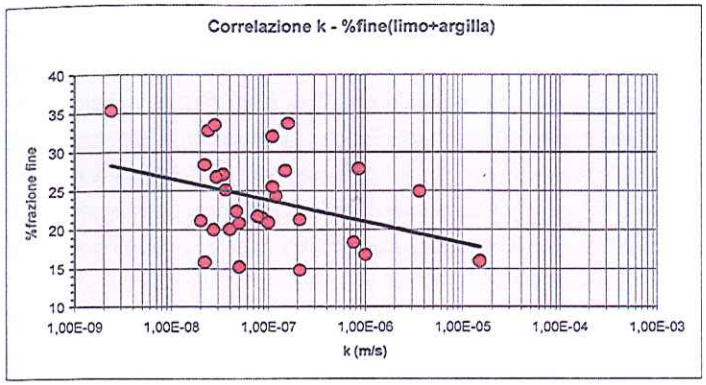


Figura 14

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

5. STABILITÀ DELLA DISCARICA

Le condizioni di stabilità globali e locali della discarica sono state verificate regolarmente nel corso della vita operativa, particolare le sezioni 5 e 6 sono state prese a riferimento. Le verifiche, condotte anche per condizioni particolarmente gravose e ipotetiche, quali, ad esempio, la parziale saturazione del corpo del rifiuto a causa del ristagno di percolato e in presenza di sisma, sono state eseguite utilizzando sempre il codice SLIDE versioni 4 e 5 e hanno regolarmente fornito valori del Fattore di Sicurezza conformi alla norma. I parametri di resistenza del substrato di fondazione, dei diversi materiali naturali ed artificiali utilizzati e del rifiuto, distinto in recente e "aged", sono riassunti nella Tabella 4 seguente, a seguire si riproducono le Tabelle riassuntive dei risultati delle analisi di stabilità (Tabelle 5 e 6). Si presentano inoltre alcuni schemi grafici relativi a verifiche di stabilità significative (Figure 14, 15 e 16). Questi elaborati sono estratti dalla "*Relazione Geologia e Geotecnica a supporto della progettazione della variante della sistemazione finale della discarica con chiusura a quota 469m.s.l.m.m. (C.Baracco, luglio 2008)*".

La quota apicale effettivamente ad oggi rilevata è, circa, 466m.s.l.m.m., l'andamento plano-altimetrico delle banche e delle scarpate corrisponde a quello previsto nei progetti approvati (2005 – 2008) con un significativa diminuzione della pendenza media complessiva e di quelle locali, effetti già conseguiti in corso di coltivazione e ulteriormente migliorati a seguito del processo di assestamento dei rifiuti di recente abbancamento.

Si può, infine, affermare che, in ragione dell'attuale profilo morfologico, le condizioni di stabilità della discarica sono certamente migliorate.

Per quanto riguarda le azioni sismiche, valutate in accordo alla nuova Normativa sismica nazionale e regionale, si rileva che queste risultano praticamente invariate rispetto al valore del coefficiente sismico orizzontale utilizzato per le verifiche (kh = 0,05), come dimostra la zonizzazione attualizzata che segue e che, per le condizioni SLV (Stato Limite di Salvaguardia della vita), determina kh = 0,049 (si vedano i risultati nella Figura 18 e nella Tabella 7)

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

Tabella 4

TABELLA 1							
PROPRIETA' DEI MATERIALI - QUADRO RIASSUNTIVO							
Cod.	Tipo di materiale	Criterio di rottura	Peso di volume (kN/m3)	Coesione eff. (kN/m2)	Angolo att. eff. (deg)	Condiz. idrauliche	Valore di Ru
1	RIFIUTI RECENTI	Mohr-Coulomb	9	nulla	28	falda freatica	calcolato autom.
2	RIFIUTI MATURI	Mohr-Coulomb	11	15	22	falda freatica	calcolato autom.
3	SUBSTRATO ALT.	Mohr-Coulomb	21	3	25	falda freatica	calcolato autom.
4	SUBSTRATO	Mohr-Coulomb	24	135	19	falda freatica	calcolato autom.
5	COLTRE	Mohr-Coulomb	20	3	30	falda freatica	calcolato autom.
6	INT. COLTRE-BENT.	Mohr-Coulomb	20	nulla	24	falda freatica	calcolato autom.
7	ARGINE DI CONTENIM.	Mohr-Coulomb	23	nulla	40	falda freatica	calcolato autom.

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

TABELLA 5	
SEZIONE TIPICA 5 - PROSPETTI RIASSUNTIVI DEI RISULTATI	
1-STABILITA' A FINE LAVORI FATTORI DI SICUREZZA MINIMI GLOBALI	2-STABILITA' A FINE LAVORI-COND. SISMICHE FATTORI DI SICUREZZA MINIMI GLOBALI
Method: Bishop simplified SF: 1.342 Method: Spencer SF: 1.330 Method: Corp of Eng#1 SF: 1.339 Method: Corp of Eng#2 SF: 1.342 Method: GLE (General Limit Equilibrium) SF: 1.334 Method: Janbu corrected SF: 1.348	Method: Bishop simplified SF: 1.171 Method: Spencer SF: 1.162 Method: Corp of Eng#1 SF: 1.163 Method: Corp of Eng#2 SF: 1.165 Method: GLE (General Limit Equilibrium) SF: 1.164 Method: Janbu corrected SF: 1.174
MEDIA DEI FATTORI DI SICUREZZA: 1.339	MEDIA DEI FATTORI DI SICUREZZA: 1.167

3- STABILITA' A FINE LAVORI FATTORE DI SICUREZZA ALL'INTERFACCIA BENTONITE-COLTRE	4-STABILITA' A FINE LAVORI-COND. SISMICHE FATTORE DI SICUREZZA ALL'INTERFACCIA BENTONITE-COLTRE
Method: Bishop simplified SF: 2.014 Method: Spencer SF: 2.092 Method: Corp of Eng#1 SF: 2.099 Method: Corp of Eng#2 SF: 2.174 Method: GLE (General Limit Equilibrium) SF: 2.084 Method: Janbu corrected SF: 2.035	Method: Bishop simplified SF: 1.668 Method: Spencer SF: 1.794 Method: Corp of Eng#1 SF: 1.714 Method: Corp of Eng#2 SF: 1.768 Method: GLE (General Limit Equilibrium) SF: 1.785 Method: Janbu corrected SF: 1.671
MEDIA DEI FATTORI DI SICUREZZA: 2.083	MEDIA DEI FATTORI DI SICUREZZA: 1.733
NOTE	

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

TABELLA 6	
SEZIONE TIPICA 6 - PROSPETTI RIASSUNTIVI DEI RISULTATI	
1-STABILITA' A FINE LAVORI - PENDIO DI VALLE **FATTORI DI SICUREZZA MINIMI GLOBALI**	**2-STABILITA' A FINE LAVORI-COND. SISMICHE-PENDIO DI VALLE** **FATTORI DI SICUREZZA MINIMI GLOBALI**
Method: Bishop simplified **SF: 1.448** Method: Spencer **SF: 1.448** Method: Corp of Eng#1 **SF: 1.451** Method: Corp of Eng#2 **SF: 1.453** Method: GLE (General Limit Equilibrium) **SF: 1.445** Method: Janbu corrected **SF: 1.424**	Method: Bishop simplified **SF: 1.270** Method: Spencer **SF: 1.269** Method: Corp of Eng#1 **SF: 1.264** Method: Corp of Eng#2 **SF: 1.265** Method: GLE (General Limit Equilibrium) **SF: 1.267** Method: Janbu corrected **SF: 1.244**
MEDIA DEI FATTORI DI SICUREZZA: 1.445	MEDIA DEI FATTORI DI SICUREZZA: 1.263
3-STABILITA' A FINE LAVORI - PENDIO DI MONTE **FATTORI DI SICUREZZA MINIMI GLOBALI**	**4-STABILITA' A FINE LAVORI-COND. SISMICHE-PENDIO DI MONTE** **FATTORI DI SICUREZZA MINIMI GLOBALI**
Method: Bishop simplified **SF: 1.443** Method: Spencer **SF: 1.439** Method: Corp of Eng#1 **SF: 1.443** Method: Corp of Eng#2 **SF: 1.443** Method: GLE (General Limit Equilibrium) **SF: 1.438** Method: Janbu corrected **SF: 1.443**	Method: Bishop simplified **SF: 1.254** Method: Spencer **SF: 1.251** Method: Corp of Eng#1 **SF: 1.251** Method: Corp of Eng#2 **SF: 1.251** Method: GLE (General Limit Equilibrium) **SF: 1.250** Method: Janbu corrected **SF: 1.253**
MEDIA DEI FATTORI DI SICUREZZA: 1.442	MEDIA DEI FATTORI DI SICUREZZA: 1.252
NOTE	

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

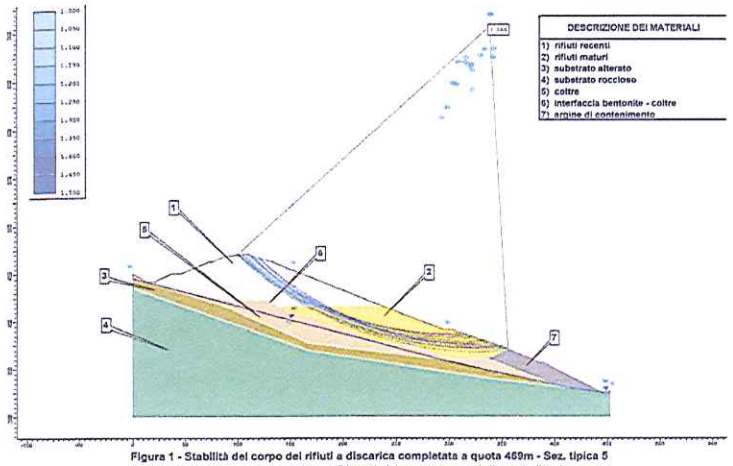


Figura 1 - Stabilità del corpo dei rifiuti a discarica completata a quota 469m - Sez. tipica 5
(sono indicati in figura le 20 superfici a più basso FdS ed il minimo globale secondo il metodo di Janbu corretto)

Figura 15

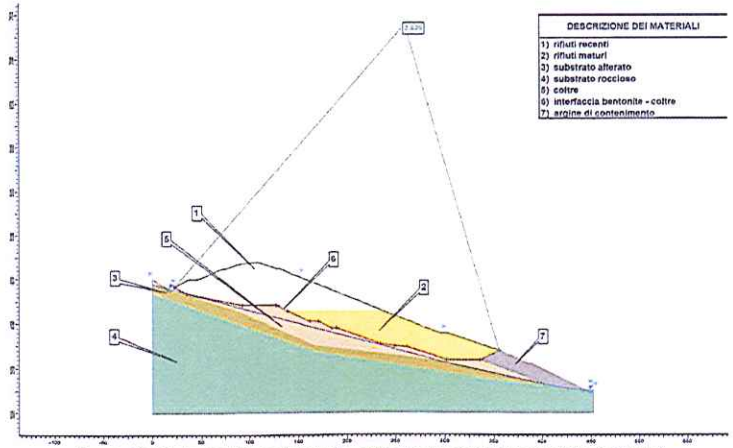


Figura 2 - Stabilità rispetto all'interfaccia bentonite - coltre a discarica completata a quota 469m - Sez. tipica 5
(indicato il FdS secondo il metodo di Janbu corretto)

Figura 16

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

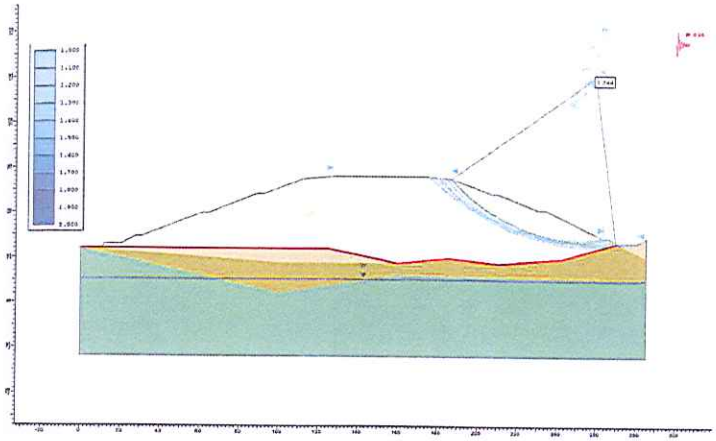


Figura 6 - Stabilità del corpo dei rifiuti a discarica completata a quota 469m in presenza di sisma - Sez. tipica 6
(sono indicati in figura le 20 superfici a più basso FdS ed il minimo globale secondo il metodo di Janbu corretto - per la descrizione dei materiali vedi Fig.5)

Figura 17

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

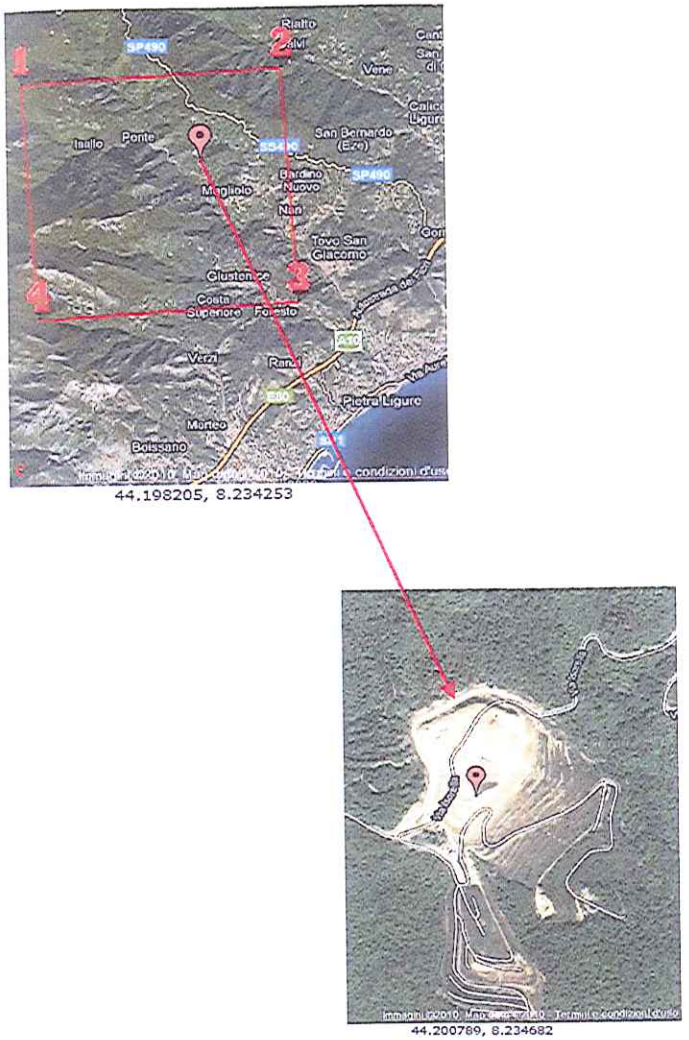


Figura 18 – Localizzazione sismica della discarica

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

Parametri sismici					
		SLE		SLU	
		SLO	SLD	SLV	SLC
Cat.suolo		C			
Classe uso		IV			
V_N	anni	50			
C_u		2			
V_R	anni	50			
P_{VR}	%	81	63	10	5
T_R	anni	60	101	949	1950
a_g	g	0,033	0,042	0,114	0,152
F_o		2,545	2,558	2,539	2,535
T_c	s	0,203	0,231	0,308	0,321
S_s		1,50			1,47
C_c		1,78	1,70	1,55	1,53
S_t		1,20			
kh		0,012	0,015	0,049	0,068
kv		0,006	0,008	0,025	0,032
a_{max}	m/s^2	0,577	0,737	2,019	2,637
β		0,200	0,200	0,240	0,240

Significato dei simboli	
V_N	vita nominale della struttura
C_u	coefficiente che dipende dalla classe d'uso
V_R	periodo di riferimento dell'azione sismica
P_{VR}	periodo di ritorno per la definizione dell'azione sismica
T_R	tempo di ritorno
a_g	accelerazione orizzontale di riferimento massima su suolo rigido (Cat. A)
F_o	fattore di amplificazione spettrale massima su suolo rigido
T_c	periodo conrrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro
S_s	coefficiente di amplificazione stratigrafica
C_c	coefficiente correttivo del periodo Tc
S_t	coefficiente di correzione topografica
kh	coefficiente sismico orizzontale
kv	coefficiente sismico verticale
a_{max}	accelerazione orizzontale massima attesa al sito
β	coeffciente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

Tabella 7

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

6. CONCLUSIONI

Sulla base del confronto tra il profilo di progetto definito a seguito della variante approvata e il profilo reale a discarica chiusa se ne attesta la conformità morfologica. Le differenze evidenziate dai rilievi mostrano un profilo della porzione di più recente abbancamento caratterizzato da pendenze minori rispetto a quelle di progetto, pertanto tali scostamenti sono a favore di sicurezza.

Per quanto riguarda la funzionalità della copertura finale nei confronti del controllo dell'infiltrazione delle acque meteoriche si può affermare che questa costituisce una efficacie barriera, virtualmente impermeabile, a protezione del corpo di rifiuti dal rischio di formazione di ulteriore percolato. L'efficienza della copertura è dimostrata a seguito di una analisi numerica che, seppure approssimata, pone in evidenza valori di portata filtrante assolutamente trascurabili anche per una ipotesi di velocità teorica di infiltrazione decisamente elevata. A maggior sicurezza si è anche dimostrato che i tempi di percolazione, in assenza di drenaggio o con drenaggio mal funzionante, dalla superficie al letto dello strato di copertura (tetto del corpo dei rifiuti), sono dell'ordine di un decennio.

Per quanto riguarda la stabilità globale e locale della discarica si conferma la validità delle ultime verifiche eseguite (2008) con quota finale a 469m, anche in ragione del fatto che le pendenze della parte sommitale della discarica risultano minori di quelle di progetto per effetto dei processi di assestamento e "consolidazione" dei rifiuti di più recente conferimento,processi tutt'ora in atto, seppure in via di completamento. La zonizzazione sismica aggiornata alla nuova normativa, definisce un coefficiente sismico praticamente invariato rispetto a quello utilizzato per le verifiche (kh = 0,049 invece di 0,050).

Infine, per quanto concerne la qualità dei materiali utilizzati per formare lo strato di chiusura, i risultati delle prove in situ e in laboratorio dimostrano che tali terreni presentano buone qualità geotecniche e sono pertanto adeguati allo scopo.

Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com

I terreni in questione sono costituiti da ghiaie con sabbia e subordinata frazione costituita di particelle fini di natura limo – argillosa (sigla USCS **GC**) ovvero da sabbie con ghiaia debolmente limo-argillose (sigla USCS **SC**) . La più che buona distribuzione dimensionale delle particelle, la presenza di percentuali subordinate, ma significative, di limi e argille di bassa plasticità conferiscono al terreno nel suo complesso stabilità, buon grado di compattezza e sufficiente resistenza all'erosione, senza penalizzare i parametri di resistenza meccanica e deformabilità (non determinati) che possono essere considerati più che accettabili. I materiali dei tipi **GC** e **SC** si collocano ai primi posti nella scala di desiderabilità (massima = 1, minima =14, NAVFAC DM 7.2, 2005) per utilizzi come terreni da rilevato, nuclei di dighe in terra, rivestimenti di canali, terreni di fondazione, basi e sottobasi stradali.

I valori del coefficiente di permeabilità sono ragionevolmente omogenei, tranne qualche caso sporadico, e si collocano in un intervallo di permeabilità medio – bassa.

Genova, 4 dicembre 2010

Dr.Geol. Carlo Baracco



Geotechnical Services - Studio Associato di Geologia e Geotecnica
C.F./P.IVA 02656560105
Sede Legale Via Luccoli – 16123 Genova
Sede Operativa Via Renata Bianchi, 38 – 16152 Genova-Campi
Tel. +390106506670 Fax 0106591896 – e-mail geotecbaracco@gmail.com