

COMUNE DI SASSARI

PROVINCIA DI SASSARI



**Discarica rifiuti speciali non pericolosi
Loc. Scala Erre - Comune di Sassari
Realizzazione Lotto 3 di ampliamento**

AUTORIZZAZIONE INTEGRATA AMBIENTALE

**21.AIA.04.4h_ VERIFICHE DI STABILITÀ
(NOTA DI RISPOSTA QUESITO 2E PROVINCIA SASSARI)**

Data: 04/2023

Rev. 1

Il Progettista:

Demus s.r.l.



Il Committente:

S.I.Ge.D s.r.l.
Sassari

Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	RISULTATI DELLE VERIFICHE ESEGUITE.....	3

Allegati 1÷3

SI.GE.D	Autorizzazione Integrata Ambientale VERIFICHE DI STABILITÀ (NOTA DI RISPOSTA QUESITO 2E PROVINCIA SS)		Cod : 21.AIA.04.4h	
	PROGETTO: Discarica rifiuti speciali non pericolosi, III Lotto di ampliamento	Cliente Ref:	Pag. 3/14	Rev. 00

Verifica richiesta dalla Provincia di Sassari

- ***Punto 2e. dovranno essere presentati gli elaborati relativi alle verifiche di stabilità richieste dal D.Lgs. 36/03 (la stabilità del fronte dei rifiuti abbancati in coerenza con il Piano degli Abbancamenti, anch'esso da presentare, delle sponde dell'invaso e la stabilità dell'insieme terreno di fondazione-discardica nonché la stabilità delle coperture). Le verifiche di stabilità dovranno essere eseguite in conformità alle vigenti NTC e dovranno essere corredate, relativamente alle indagini geognostiche dirette e indirette integrative eseguite sull'area, dai certificati delle analisi di laboratorio relativi alla caratterizzazione dei campioni prelevati allo scopo e dalle correlazioni dei risultati delle indagini geofisiche eseguite con la situazione geo-litologica e idrogeologica del sito.***

1 PREMESSA

Con riferimento a quanto richiesto dalla Provincia di Sassari, con particolare riferimento ai contenuti del punto 2e sopra riportato, la presente nota illustra gli esiti delle verifiche eseguite.

In particolare, nella presente nota sono raccolti e sintetizzati i dati relativi alle verifiche di stabilità previste dal D. Lgs. 36/03 riportate nell'elaborato¹ redatto dalla Bossich Geoengineering S.r.l. come riportato in allegato alla presente (all. 1).

Tali verifiche sono state eseguite in conformità alle vigenti NTC_2018 e sono state corredate dalle indagini geognostiche dirette e indirette integrative eseguite sull'area (all. 2) e dai certificati delle analisi di laboratorio relativi alla caratterizzazione dei campioni prelevati (all. 3).

Le verifiche eseguite sono relative al settore del III Lotto in progetto.

2 RISULTATI DELLE VERIFICHE ESEGUITE

La verifica di cui al titolo è dedicata all'analisi della stabilità delle scarpate della nuova vasca in progetto valutata per il suo massimo sviluppo in altezza, con l'obiettivo di valutare i fattori di sicurezza che si ottengono in caso di scivolamenti rotazionali lungo la scarpata tra le litozone RS (riporti a componente prevalente di scorie, della pregressa discarica di inerti autorizzata) e GS (terreni naturali a supporto granulare).

Le verifiche di stabilità sono state condotte utilizzando il criterio di scivolamento di vari autori con superficie circolare e tra tutte le superfici di scorrimento possibili, è stata scelta quella corrispondente al fattore di sicurezza minimo, e cioè alla situazione più critica e probabile (Fellenius).

Per l'analisi della stabilità si è scelta la sezione più critica non solo per la max inclinazione della scarpata di scavo ($\leq 26^\circ$) ma anche per la massima altezza valutata in 16 m, che riguarda lo scavo del piano posa argilla.

Ad ogni litozona, poi, sono stati assegnati i parametri geotecnici visibili alla successiva tabella ricavati dalla bibliografia e dalle prove esaurientemente illustrate alle pagine precedenti considerando i pesi di volume del rifiuto alla massima densità preconizzabile.

In particolare, per la caratterizzazione dei rifiuti abbancati nella discarica si fa riferimento oltre alle prove geotecniche attuali (anche per la discarica Ecotorres), all'indagine della Bossich

¹ Comm. 1228/I337/14

SI.GE.D	Autorizzazione Integrata Ambientale VERIFICHE DI STABILITÀ (NOTA DI RISPOSTA QUESITO 2E PROVINCIA SS)		Cod : 21.AIA.04.4h	
	PROGETTO: Discarica rifiuti speciali non pericolosi, III Lotto di ampliamento	Cliente Ref:	Pag. 4/14	Rev. 00

Geoengineering Srl del 2014 ed alle esperienze maturata dalla medesima società nell'ambito di discariche a partire dal 1981.

In allegato alla presente si riportano i certificati di laboratorio relative alle prove eseguite (all. 3).

A questo riguardo si rammenta per i terreni naturali, che le prove di laboratorio danno valori tendenzialmente cautelativi rispetto a quelli intrinseci dei terreni sedimentati naturalmente in quanto non tengono conto dell'interlocking ed aging e per motivi strumentali vengono effettuati su campioni necessariamente rimaneggiati e sulla frazione più fine degli stessi.

Per quanto riguarda i parametri dell'argilla (due strati di materiale naturale impermeabilizzante) si è fatto riferimento alla caratterizzazione dell'argilla prescelta proveniente dalla Cava in Loc. La Crucca.

Pertanto, in base a parametrizzazioni pregresse ed esperienze di terreni consimili si possono affidare i seguenti valori alle litozone assoggettate a verifica.

LITOZONA	Peso di volume in sito naturale (kN/m3)	Angolo di attrito disponibile (°)	Coesione disponibile (kPa)
ARGILLA IMPERMEABILIZZANTE	21,7 – 18,2*	33	0,5
RIPORTO ARGILLOSO	20,0 - 18,0*	29	0 – 60**
ARGILLE IN POSTO CONGLOMERATICHE	21 – 20*	37	0 - 320**

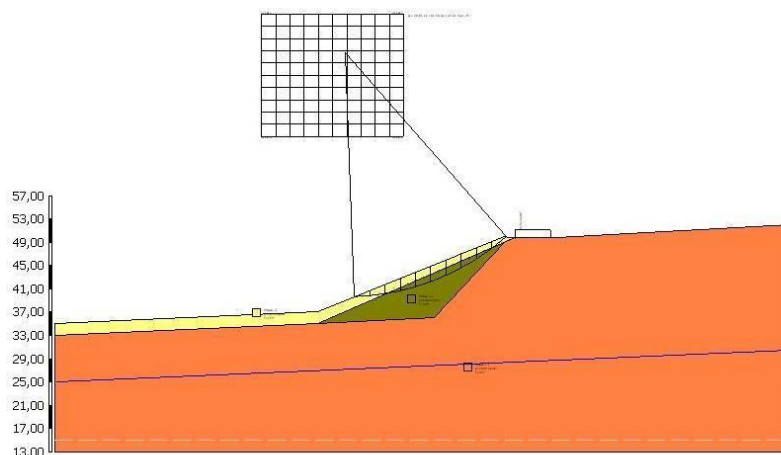
(*) peso di volume secco	(**) coesione non drenata
--------------------------	---------------------------

Di seguito si riportano le seguenti verifiche di stabilità eseguite:

SI.GE.D	Autorizzazione Integrata Ambientale VERIFICHE DI STABILITÀ (NOTA DI RISPOSTA QUESITO 2E PROVINCIA SS)		Cod : 21.AIA.04.4h	
	PROGETTO: Discarica rifiuti speciali non pericolosi, III Lotto di ampliamento	Ciente Ref:	Pag. 5/14	Rev. 00

1_Verifica di stabilità per scarpata in terra (cappellaccio di cava) riportata con presenza di sovraccarico sulla cresta (per presenza della viabilità)

1.A_CONDIZIONI DI VERIFICA



SEZIONE GEOTECNICA DI VERIFICA – Verifica di stabilità in scarpata riportata

Si è tenuto conto della presenza di sovraccarichi sulla cresta (pista) di 20 kN/m², e l'esistenza della falda.

1.B_ESITO DELLA VERIFICA

In condizioni drenate si ottengono i seguenti Fattori di sicurezza, nel caso di rottura lungo la scarpata nella configurazione sismica e statica

Metodica di calcolo	Fs min SISMICO	Fs min STATICO
FELLENIOUS	1.26	1.30
BISHOP	1.28	1.33
JAMBU	1.50	1.56
MORGERSTEN - PRICE	1.30	1.33
SPENCER	1.30	1.33
BELL	1.29	1.33
SARMA	1.30	1.35
ZENG - LIANG	1.48	1.46

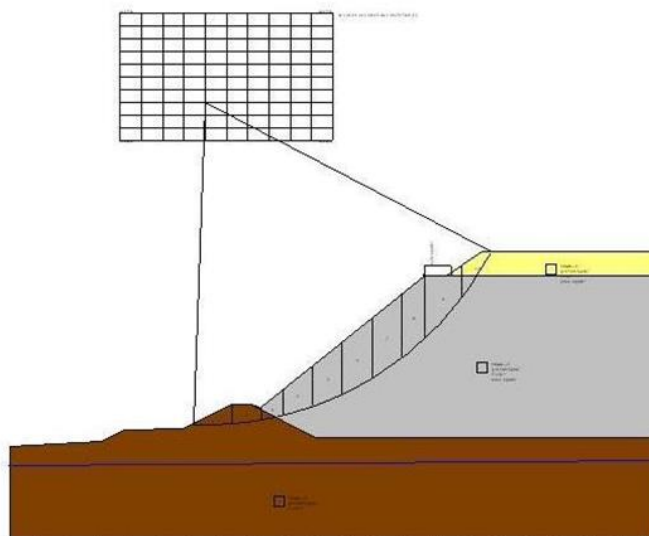
Pertanto, poiché i Fs dell'analisi globale del pendio sono sempre superiori ad 1 l'analisi è verificata positivamente secondo le NTC 2018.

SI.GE.D	Autorizzazione Integrata Ambientale VERIFICHE DI STABILITÀ (NOTA DI RISPOSTA QUESITO 2E PROVINCIA SS)		Cod : 21.AIA.04.4h	
	PROGETTO: Discarica rifiuti speciali non pericolosi, III Lotto di ampliamento	Cliente Ref:	Pag. 6/14	Rev. 00

2_Verifiche di stabilità del fronte di abbancamento di rifiuti per il III Lotto SIGED di Scala Erre a completamento della realizzazione del capping

2.A_CONDIZIONI DI VERIFICA

La verifica in oggetto è dedicata all'analisi della stabilità delle scarpate in rifiuto nel loro massimo sviluppo in altezza a fine abbancamento nella fase terminale di realizzazione del capping sino a quota 52 slm. Anche in questo frangente si è tenuto conto della presenza di sovraccarichi sulla cresta (pista) di 20 kN/m2, e della presenza della falda.



SEZIONE GEOTECNICA DI VERIFICA – Verifica di stabilità del fronte di rifiuto

2.B_ESITO DELLA VERIFICA

In condizioni drenate si ottengono i seguenti Fattori di sicurezza, nel caso di rottura lungo la scarpata nella configurazione sismica e statica

Metodica di calcolo	Fs min SISMICO	Fs min STATICO
FELLENIOUS	1.15	1.17
BISHOP	1.19	1.23
JAMBU	1.35	1.40
MORGERSTEN - PRICE	1.19	1.22
SPENCER	1.19	1.22
BELL	1.20	1.22
SARMA	1.21	1.26
ZENG - LIANG	1.34	1.34

Pertanto, poiché i Fs dell'analisi globale del pendio sono sempre superiori ad 1 l'analisi è verificata positivamente secondo le NTC 2018.

SI.GE.D	Autorizzazione Integrata Ambientale VERIFICHE DI STABILITÀ (NOTA DI RISPOSTA QUESITO 2E PROVINCIA SS)		Cod : 21.AIA.04.4h	
	PROGETTO: Discarica rifiuti speciali non pericolosi, III Lotto di ampliamento	Cliente Ref:	Pag. 7/14	Rev. 00

3_Verifiche di stabilità del piano di Fondazione della discarica

3.A.1_CONDIZIONI DI VERIFICA – Cedimenti del fondo naturale del piano di appoggio della discarica

In merito all'oggetto ed alle caratteristiche dimensionali, geotecniche e di portanza del fondo della discarica si risale alle tensioni pre-scavo nelle condizioni di massimo spessore

Il fondo di approntamento della vasca prima dell'attività estrattiva era assoggettato ad una tensione litostatica data da una colonna di argille e ghiaie e sabbie a supporto di matrice argillosa $\gamma_{min} = 19 \text{ kN/m}^3$ a 46÷47 m slm per un'altezza media di 14 m, pari cioè a circa 0.27 MPa (26.6 t/m²).

Valutando un peso di volume di rifiuto al massimo costipamento di 16 kN/m³ per un'altezza massima con quota finale (rifiuto + capping + pacco argille di fondo) di 51 m slm, 49 m slm, 46 m slm il fondo vasca naturale (piano posa argilla medio 33.5 slm) è assoggettato rispettivamente nel settore ovest a circa 0.265 MPa (26.4 t/m²), il settore centrale a circa 0,248 MPa (24.8 t/m²), nel settore est a circa 0.20 Mpa (20.0 t/m²).

Pertanto, in tutti e tre i settori si verifica che l'incremento di carico dovuto all'abbancamento dei rifiuti risulta essere in valore inferiore alla tensione geostatica originaria. Ciò determina la piena compensazione dell'incremento tensionale sul terreno dovuto all'abbancamento dei rifiuti in discarica e, pertanto i cedimenti attesi risultano essere nulli in quanto il terreno risulta essere stato precaricato naturalmente da un carico superiore a quello derivante dai rifiuti abbancati.

In allegato alla presente si riporta il report delle indagini integrative eseguite per la caratterizzazione del fondo della discarica (all. 4).

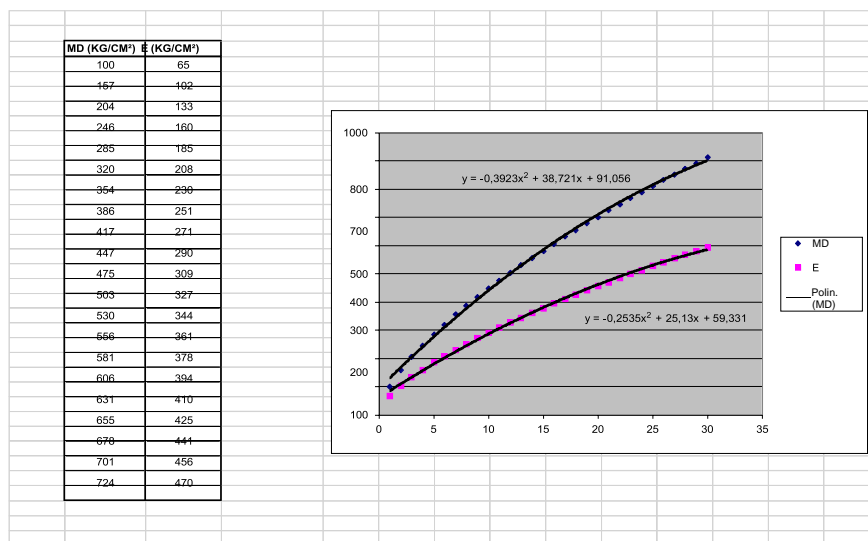
3.A.2_CEDIMENTI STRATO ARGILLOSO MINERALE DI FONDO E DELLE PARETI DELLA III VASCA

Per il calcolo dei cedimenti dello strato minerale impermeabilizzante di fondo e di sponda è stato utilizzato lo stesso modello geometrico e geotecnico utilizzato per gli assestamenti del fondo.

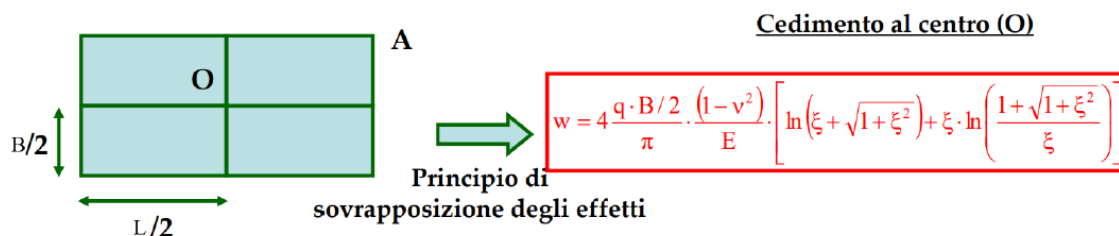
Il pacchetto impermeabilizzante di fondo costituito da due strati di argilla con spessore complessivo di 2 metri (1+1 m) dovranno garantire un modulo elastico operativo di almeno 50 MPa cadauno.

Come evidenziato nella sottostante tabella per la verifica del modulo elastico operativo sarà necessario che le prove di controllo di carico su piastra da 30 cm, diano un Md (modulo di deformazione al primo ciclo di carico tra 15 e 25 MPa) di almeno 77 MPa.

SI.GE.D	Autorizzazione Integrata Ambientale VERIFICHE DI STABILITÀ (NOTA DI RISPOSTA QUESITO 2E PROVINCIA SS)		Cod : 21.AIA.04.4h	
	PROGETTO: Discarica rifiuti speciali non pericolosi, III Lotto di ampliamento	Cliente Ref:	Pag. 8/14	Rev. 00



In relazione alla tipologia fondazionale non rigida, all'estensione areale ed al comportamento coesivo del materiale naturale in questione, analiticamente, il cedimento immediato H_i è stato calcolato secondo Bowles (1991), implementando l'equazione di elasticità (Timoshenko e Goodier) modificata con i coefficienti di influenza di Christian e Carrier 1978 in cui $\mu_0 = 1$ e $\mu_1 = 0,48$ ricavato da D/B circa 2 ed H/B (H rappresenta la soggiacenza del substrato lapideo e $B = B/2$).



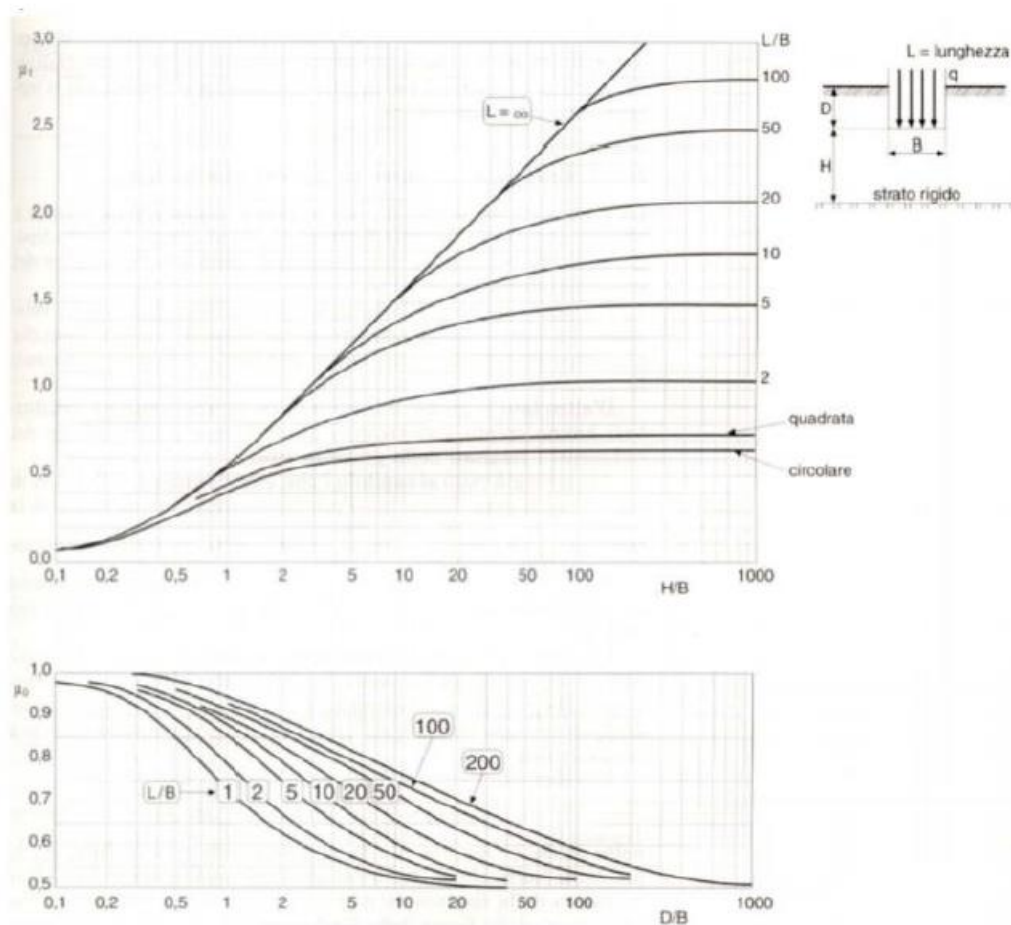
Cedimento allo spigolo (A)

$$s = \frac{p \cdot B \cdot (1-\nu^2)}{E} \cdot I_s$$

$$\xi = \frac{L}{B}$$

$$I_s = \frac{1}{\pi} \cdot \left[\ln(\xi + \sqrt{1+\xi^2}) + \xi \cdot \ln\left(\frac{1+\sqrt{1+\xi^2}}{\xi}\right) \right]$$

SI.GE.D	Autorizzazione Integrata Ambientale VERIFICHE DI STABILITÀ (NOTA DI RISPOSTA QUESITO 2E PROVINCIA SS)		Cod : 21.AIA.04.4h	
	PROGETTO: Discarica rifiuti speciali non pericolosi, III Lotto di ampliamento	Cliente Ref:	Pag. 9/14	Rev. 00



Il cedimento ΔH_i secondo la relazione di calcolo riferita alla media ponderata del sovraccarico $q_0=0.28$ MPa ragguagliata ad un quarto dell'impronta di fondo discarica (rettangolo di 105 m per 47 m di lato) è espresso come aliquota di fattori di profondità / geometria, inseriti nel rapporto tra il coefficiente di Poisson (0.4) e modulo elastico M (50 MPa) e per il carico q_0 , ricavati in precedenza. Analiticamente si potrà avere al baricentro del fondo vasca un cedimento max ΔH_i di 40 cm ed ai lati di 10 – 20 cm: tali valori sono corretti con i coefficienti di Christian e Carrier 1978 che dimezzano l'entità degli assestamenti.

I cedimenti primari massimi risultano pertanto al centro discarica $W = 19$ cm e minimi ai lati $S = 9$ cm.

I cedimenti secondari saranno l'aliquota inferiore, stimati tra il 10 ed il 25% rispetto a quelli di cedimento primario (in base alle caratteristiche geotecniche di rigidità dell'argilla), e potranno dare pertanto a quota geomembrana un cedimento massimo complessivo di 25 cm.

La miglior stima degli assestamenti complessivi a fondo vasca può essere presa pertanto di 35 cm a fine colmatazione (a lungo termine), valori compatibili ed usuali superfici impermeabilizzate con teli saldati in PEAD di spessore ≥ 2 mm.

In merito al mantenimento delle caratteristiche dimensionali dell'impermeabilizzazione di fondo e delle strutture drenanti connesse, gli eventuali assestamenti saranno distribuiti uniformemente in relazione alle dimensioni del sovraccarico che risulta uniformemente distribuito sull'attuale area di influenza alla sezione, i rapporti geometrici e le pendenze rimarranno reciprocamente costanti.

SI.GE.D	Autorizzazione Integrata Ambientale VERIFICHE DI STABILITÀ (NOTA DI RISPOSTA QUESITO 2E PROVINCIA SS)		Cod : 21.AIA.04.4h	
	PROGETTO: Discarica rifiuti speciali non pericolosi, III Lotto di ampliamento	Cliente Ref:	Pag. 10/14	Rev. 00

I massimi cedimenti sulle scarpate si manifesteranno alla base delle stesse in relazione all'altezza massima di coltivazione del giacimento controllato.

SI.GE.D	Autorizzazione Integrata Ambientale VERIFICHE DI STABILITÀ (NOTA DI RISPOSTA QUESITO 2E PROVINCIA SS)		Cod : 21.AIA.04.4h	
	PROGETTO: Discarica rifiuti speciali non pericolosi, III Lotto di ampliamento	Cliente Ref:	Pag. 11/14	Rev. 00

Allegato 1

Studio geologico, idrogeologico e geotecnico III lotto discarica SIGED

SI.GE.D	Autorizzazione Integrata Ambientale VERIFICHE DI STABILITÀ (NOTA DI RISPOSTA QUESITO 2E PROVINCIA SS)		Cod : 21.AIA.04.4h	
	PROGETTO: Discarica rifiuti speciali non pericolosi, III Lotto di ampliamento	Cliente Ref:	Pag. 12/14	Rev. 00

Allegato 2

Ubicazione delle indagini di riferimento

SI.GE.D	Autorizzazione Integrata Ambientale VERIFICHE DI STABILITÀ (NOTA DI RISPOSTA QUESITO 2E PROVINCIA SS)		Cod : 21.AIA.04.4h	
	PROGETTO: Discarica rifiuti speciali non pericolosi, III Lotto di ampliamento	Cliente Ref:	Pag. 13/14	Rev. 00

Allegato 3

Certificati prove di laboratorio

SI.GE.D	Autorizzazione Integrata Ambientale VERIFICHE DI STABILITÀ (NOTA DI RISPOSTA QUESITO 2E PROVINCIA SS)		Cod : 21.AIA.04.4h	
	PROGETTO: Discarica rifiuti speciali non pericolosi, III Lotto di ampliamento	Cliente Ref:	Pag. 14/14	Rev. 00

Allegato 4

Indagini integrative fondo discarica