



**ISTANZA PER IL RILASCIO DEL
PROVVEDIMENTO
AUTORIZZATORIO UNICO
REGIONALE (PAUR)**

Progetto di completamento della discarica
oltre quota + 43 m s.l.m.

Note integrative verifiche di stabilità

Rev. 0

Data: Giugno 2023

Ing. Massimo Gardenato

Sommario

1	<i>Premessa</i>	3
2	<i>Caratteristiche geotecniche dei rifiuti</i>	4
2.1	Caratterizzazione rifiuti già abbancati in discarica (2011)	5
2.2	Caratterizzazione “rifiuti conferibili” (2011)	6
2.3	Caratterizzazione rifiuti abbancati (+43 m slm)	7
3	<i>Proposta di monitoraggio in corso d’opera</i>	8
4	<i>Abbanamento ed assestamenti</i>	10
5	<i>Analisi di stabilità’ – aggiornamento circa i dettagli costruttivi</i>	12
5.1	Caratteristiche geotecniche dei materiali del corpo di discarica	12
5.2	Verifica di stabilità globale e locale del corpo di rifiuti	14
5.3	Risultati analisi stabilità complessiva del corpo di discarica	16

1 PREMESSA

Nell'ambito della verifica di completezza formale di cui al comma 3, art. 27 bis, parte II del DLgs 152/2006 dell'istanza di PAUR presentata da Programma Ambiente Apuane SpA ai sensi dell'art. 27 bis, parte II del decreto sopra richiamato, l'Unione dei Comuni della Versilia U.O.C. Programmazione e LLPP Uff. Unico per le funzioni paesaggistiche ha trasmesso il parere prot. 5016 del 26/05/2023 in cui relativamente al vincolo idrogeologico edilizio formula le seguenti osservazioni:

«... Le verifiche di stabilità globale effettuate non si ritengono significative per i seguenti motivi:

- i dati provengono da rifiuti, campionati e ricostruiti nel 2009 su materiali presenti in una discarica nella provincia di Piacenza;*
- i valori derivati mostrano incongruenze geotecniche che potrebbero essere dovute a rilevanti disturbi sui campioni utilizzati;*
- il corpo della discarica non può ritenersi omogeneo sia per la presenza delle diverse tipologie di rifiuti nelle varie porzioni, sia per tutti gli ulteriori elementi aggiuntivi presenti al suo interno, tra cui i drenaggi, i pozzi drenanti, gli strati di tessuto non tessuto, le scarpate con le gabbionate, ecc.*
- le condizioni dei rifiuti muteranno nel corso degli abbancamenti dei cumuli (sono previsti 13 anni per il completamento delle fasi 2 e 3), per cui anche le condizioni dei materiali depositati si modificheranno a seguito dei carichi sempre maggiori a cui saranno soggetti e alle variazioni dei loro contenuti d'acqua con la continua consolidazione. Per questo motivo le verifiche dovranno considerare questo aspetto e quindi andranno effettuate anche in condizioni non drenate.*
- in questo momento la discarica contiene rifiuti fino alla quota di 43 m.s.l.m.; per questo motivo si ritiene che la parametrizzazione geotecnica per le verifiche di stabilità globale, debba essere effettuata su tali materiali ...»*

2 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI RIFIUTI

Il presente capitolo risponde alle richieste formulate dall'ente ed indicate al primo ed al secondo punto elenco. Nello specifico, si farà espresso riferimento agli elaborati prodotti in occasione dell'istanza di PAUR (vd. GEO.01_GEOL nella cartella 05.GEOL; PROG.02 – Verif_Stab nella cartella 03.PROG_DEF) ed anche a quelli prodotti in occasione del procedimento di VIA conclusosi con DD 656/2011 (vd. PAUR.05 – GEOGN; PAUR.06 – RIS_GEOGN; PAUR.07 – GEOT_IDR; PAUR.08 – GEOMECH_STAB nella cartella 02.PAUR) e nell'istanza di AIA del 2011 (vd. PAUR.09 – VER_STAB nella cartella 02.PAUR). I documenti che verranno allegati alla presente istanza forniscono agli enti coinvolti per quanto di competenza, informazioni aggiuntive concernenti le caratteristiche geotecniche dei rifiuti, le verifiche geomeccaniche e di stabilità (vd. Tabella 1).

Tabella 1 – Elenco documenti di interesse

Elaborato	Cartella	Denominazione	Proc.	Data
PAUR.05 – GEOGN	02.PAUR	Indagini geognostiche e analisi di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica dei rifiuti già conferiti in discarica e delle ipotetiche miscele ... - Relazione analitica	VIA 208-2011	Aprile 2009
PAUR.06 – RIS_GEOGN	02.PAUR	Risultati indagini geognostiche e analisi di laboratorio per la caratterizzazione geotecnica dei rifiuti già conferiti in discarica e delle ipotetiche miscele ... - Relazione tecnica	VIA 208-2011	Aprile 2009
PAUR.07 – GEOT_IDR	02.PAUR	Valutazioni di carattere geotecnico in risposta alle richieste formulate durante la conferenza del 14/11/2008	VIA 208-2011	Aprile 2009
PAUR.08 – GEOMECH_STAB	02.PAUR	Integrazioni verbale di conferenza dei servizi del 14.11.2008 – Studio geomeccanico e verifiche di stabilità	VIA 208-2011	Marzo 2009
PAUR.09 – VER_STAB	02.PAUR	Relazione tecnica – Verifiche di stabilità	AIA 2011	Maggio 2011
GEO.01_GEOL	05.GEOL	Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	PAUR 2023	Dicembre 2022
PROG.02 – Verif_Stab	03.PROG	Relazione tecnica – Verifiche di stabilità	PAUR 2023	Giugno 2022

Come dettagliatamente ed esaurientemente descritto nella relazione geologica a firma del Dott. Geol. Carlo Alberto Turba allegata alla presente istanza di PAUR (vd. GEO.01_GEOL nella cartella 05.GEOL), le richieste ivi formulate sono già state ampiamente affrontate nell'ambito del procedimento amministrativo di VIA conclusasi con DD 656/2011 che ha visto l'Autorità competente prescrivere, in seno al verbale di Conferenza dei Servizi del 14/11/2008, l'esecuzione di indagini dirette ed indirette, campionamenti ed analisi geotecniche e tutto quanto utile alla determinazione della «... portanza dei del corpo dei rifiuti già abbancati per valutare la stabilità complessiva della discarica in progetto ...» (Cfr. DD

656/2011).

Va precisato che, nel corso degli anni, sono stati prodotti plurimi elaborati tra cui anche quello elaborato dal Prof. Paolo Scandone, Dip. Scienze della Terra dell'Università di Pisa nel settembre 2009 relativo alla "Scuotibilità sismica dell'area di Montignoso – Pietrasanta". Tale documento argomenta il quadro sismotettonico della fascia costiera della Versilia e alla prognosi dello scuotimento sismico atteso nell'area di Montignoso-Pietrasanta, con particolare riferimento alla località Porta ove è ubicata la discarica per rifiuti non pericolosi (ex Cava Viti) ed è stato prodotto a seguito del contraddittorio svoltosi nell'Udienza del 26 giugno 2009 al fine di confermare la «... *bassa pericolosità sismica dell'area della discarica ex Cava Viti ... Mi sembra di poter concludere che in Versilia non ci siano i benché minimi indizi geologici e/o sismologici ...*». Oltre a questo, si richiama anche l'indagine sismica a rifrazione argomentata nell'elaborato GEO.01_RELGEOL nella cartella 05.GEO, al cap. 9 "Modellazione sismica", di cui si riporta un breve estratto: «... *All'interno dell'area di discarica è stata appositamente eseguita, nel maggio 2011, un'indagine di sismica a rifrazione con onde SH, che ha permesso di ricostruire la seguente situazione sismostratigrafica:*

1. *Per spessori variabili da 14,0 a 18,0 m sono presenti rifiuti già abbancati in discarica, caratterizzati da una velocità media di 220 m/sec*
2. *Al di sotto è presente il substrato roccioso, caratterizzato da una velocità media di 1600 m/sec ...*».

2.1 Caratterizzazione rifiuti già abbancati in discarica (2011)

Nell'ambito del procedimento di VIA conclusosi con DD 656/2011, l'Autorità competente prescrive l'acquisizione di parametri geotecnici dei rifiuti già presenti in discarica (conferiti prima del 2009) dovendo valutarne la consistenza per la successiva realizzazione della prescritta barriera di fondo della discarica oltre +20 m slm. Ed in tal senso, furono prelevati complessivamente n. 19 campioni di rifiuto distribuiti nei vari lotti in cui era suddivisa la vecchia discarica (¹) ed avviati ad analisi granulometriche, prove edometriche e di taglio. I risultati delle indagini in campo e delle analisi di laboratorio sono stati inseriti nel cap. 11 "Caratterizzazione geotecnica dei rifiuti presenti in discarica" dell'elaborato GEO.01_RELGEOL di cui si riporta un estratto: «... *Nell'anno 2009 è stata eseguita la "Caratterizzazione geotecnica" dei rifiuti già conferiti in discarica e delle miscele ottenute mescolando in diverse proporzioni i rifiuti che si prevedeva di conferire in discarica ... All'epoca delle suddette indagini la discarica era suddivisa in 4 lotti separati,*

¹ Primo modulo di discarica coltivato fino a quota +20 m slm

denominati “A1”, “A2”, “B” e “C”; all'interno del Lotto B, inoltre, erano presenti due tipologie distinte di rifiuto, i campioni analizzati sono stati prelevati all'interno delle due tipologie di rifiuto conferite nel Lotto B e all'interno di quelli presenti nel Lotto C. Complessivamente sono stati prelevati n.19 campioni di rifiuto così distribuiti:

- Lotto “B” in cui erano presenti rifiuti misti: Sondaggio S5, S6, e S7, con prelievo dei campioni C1, C2, C3, C4, C5 e C6.
- Lotto “B” in cui erano presenti i rifiuti costituiti da marmettola di marmo-resine: Sondaggio S8 e S9, con prelievo dei campioni C7, C8, C9 e C10.
- Lotto “C” in cui erano presenti i rifiuti costituiti da marmettola di marmo e granito: Sondaggio S10, S11, S12 e S13, con prelievo dei campioni C11, C12, C13, C14, C15, C16, C17 e C18.
- A ridosso dell'argine del Lotto “C”, dove è presente marmettola stoccata in discarica da circa 3 anni, è stato prelevato il campione C19 ... ».

Per completezza di informazioni, sono stati prodotti anche gli elaborati originali in cui sono riportate tutte le informazioni richieste, all'epoca del procedimento VIA, dall'Autorità competente.

I risultati ottenuti sui campioni prelevati fornirono l'evidenza che ciascun lotto in cui era suddivisa la vecchia discarica presentava caratteristiche geotecniche medie discrete, ma diverse dagli altri lotti adiacenti. È stata questa l'occasione per acquisire informazioni in merito all'andamento nel tempo del grado di consistenza dei rifiuti abbancati (vecchia discarica) ed in particolare, della marmettola. È stato accertato che il grado di consistenza dei rifiuti tende ad aumentare con il passare del tempo e tale fenomeno è particolarmente evidente per la marmettola che può arrivare a valori confrontabili con un materiale litificato.

Per approfondimenti si rimanda ai paragrafi da 11.7.2 a 11.7.4 dell'elaborato GEO.01_RELGEO in cui sono state riportate delle tabelle riassuntive che forniscono interessanti informazioni sulle proprietà geotecniche medie di ciascuna tipologia di rifiuto presa in esame.

2.2 Caratterizzazione “rifiuti conferibili” (2011)

Nello stesso periodo, Programma Ambiente Apuane SpA procede anche a determinare le caratteristiche geotecniche dei rifiuti da conferire in discarica. Per fare questo, nell'anno 2011, fu approntato un campo prove presso un impianto di rifiuti in località Fossadello di Caorso (PC) al fine di “costruire” almeno due diverse tipologie di “rifiuto conferibile” in discarica. Si è proceduto con il prelievo di diverse tipologie di rifiuti, esclusivamente a matrice terrigena, presenti nell'impianto di Caorso e successivamente con la

miscelazione di aliquote predefinite.

Le due tipologie di “rifiuti conferibili” in discarica sono poi state campionate ed analizzate. Anche in questo caso, si rimanda all’elaborato GEO.01_RELGEO, capitoli 11.7.5 e seguenti, per prendere visione dei risultati analitici ottenuti. Per quanto di interesse nel caso in esame, è necessario precisare che i risultati ottenuti sui due “rifiuti conferibili” consentono di qualificarli come “limo sabbioso debolmente ghiaioso ed argilloso” (miscela 1) caratterizzata da percentuali di argilla variabili tra 5 e 10% e di ghiaia pari a ca. 12% e “sabbia fine con limo debolmente ghiaioso ed argilloso” (miscela 2) contiene argilla in percentuali al di sotto del 10% e ghiaia in percentuali variabili da 15% al 30%.

Non vi è dubbio alcuno che le caratteristiche granulometriche (e non solo) ottenute sulle due tipologie di “rifiuti conferibili” sono assolutamente confrontabili con quelle caratteristiche dei rifiuti in ingresso alla discarica: matrice terrosa, tenore di umidità generalmente al di sotto del 15% e curva granulometrica coerente con quella ottenuta sui campioni.

Alla luce di quanto sino ad ora detto, si conferma che le caratteristiche geotecniche delle due tipologie di “rifiuti conferibili” sono state utilizzate per simulare il rifiuto abbancato ai fini delle verifiche geomeccaniche e di stabilità (vd. PAUR.08 – GEOMECH_STAB nella cartella 02.PAUR).

2.3 Caratterizzazione rifiuti abbancati (+43 m s.l.m.)

Il presente capitolo prende in considerazione le richieste dell’ente di cui ai capitoli precedenti. Come detto prima, le caratteristiche geotecniche dei citati “rifiuti conferibili” (miscela 1, miscela 2) sono assolutamente coerenti e paragonabili a quelle del rifiuto a matrice terrigena conferito in discarica.

È peraltro d’obbligo evidenziare l'impossibilità concreta di eseguire prove dirette sull'attuale abbancamento dei rifiuti (Fase 1, quota +43m s.l.m.) in considerazione di quanto indicato nell'allegato 4, paragrafo 5 del DLgs 36/2003 «... nella discarica o nell'area non devono essere svolte attività, quali le perforazioni, che possono provocare una dispersione di fibre ...». Ed a tale proposito, si evidenzia che, anche nell’ambito del procedimento penale iscritto nei confronti di Pierfrancesco Lavaggi, Massimiliano Arrigoni, Giorgio Calestani e Gianpaolo Nadalini per il reato di cui all’art. 452 quinquies in relazione all’art. 452-bis c.p. conclusosi poi con l’archiviazione su richiesta dello stesso PM (Tribunale di Massa – Ufficio del Giudice per le Indagini Preliminari – N. 2565/2018 R.G.N.R.), l’ipotesi di effettuare carotaggi sul corpo della discarica è stata ritenuta impraticabile.

3 PROPOSTA DI MONITORAGGIO IN CORSO D'OPERA

Alla luce di quanto detto sino ad ora ed in coerenza con quanto disposto al p.to 2.7 “Stabilità”, allegato 1 del DLgs 36/2003, si ritiene opportuno elaborare una procedura operativa per definire tempi e modalità tecnico operative per il monitoraggio, il controllo della stabilità del fronte dei rifiuti abbancati e le caratteristiche geotecniche dei rifiuti in ingresso.

Tale procedura confluirà poi nel Piano di Sorveglianza e Controllo già agli atti.

1. Misure inclinometriche sui cigli dei fronti scavo
2. Controllo assestamenti tramite misure di precisione su mire fisse
3. Controllo della presenza di eventuali sacche di acqua in pressione tra gli strati drenanti

Per il punto (1) si ritiene di poter posizionare n. 4 inclinometri come indicati nella figura di pagina seguente dalle quote +43 m s.l.m. e +58 m s.l.m., in quanto le quote più prossime al paramento esterno e quindi più significative per seguire eventuali deformazioni, che saranno spinti sono a quota +30 m s.l.m. ca. al fine di non attraversare il nuovo fondo. La loro posizione sarà altresì non interessata dal conferimento di rifiuti contenenti amianto.

Per il punto (2) si prevede di posizionare n. 4 allineamenti (da A1 a A4 in figura seguente) a mire ottiche collegate al paramento di terra armata e rilevate da una base fissa sulla strada di accesso dirimpetto agli stessi così da controllare la deformata del paramento esterni sia in senso radiale che di quota.

Infine, per il punto (3) si prevede di controllare la eventuale presenza di sacche d'acqua tra gli strati di drenaggio così da poter controllare nel tempo la loro efficienza. Si tratta di posizionare dei tubi verticali finestrati nella posizione centrale tra due successivi strati drenanti orizzontali con al loro interno posizionate delle celle piezometriche a corda vibrante, isolate con due packer al di sopra e al di sotto delle stesse. I packer servono per isolare la posizione di misura da eventuali ingressi di acqua nel tubo stesso. In questo modo l'acqua eventualmente segnalata provverrà unicamente dall'ingresso attraverso la finestratura. Si prevede di posizionare tre elementi di questo tipo (PCV1-3 in figura seguente) nella posizione più prossima al paramento esterno.

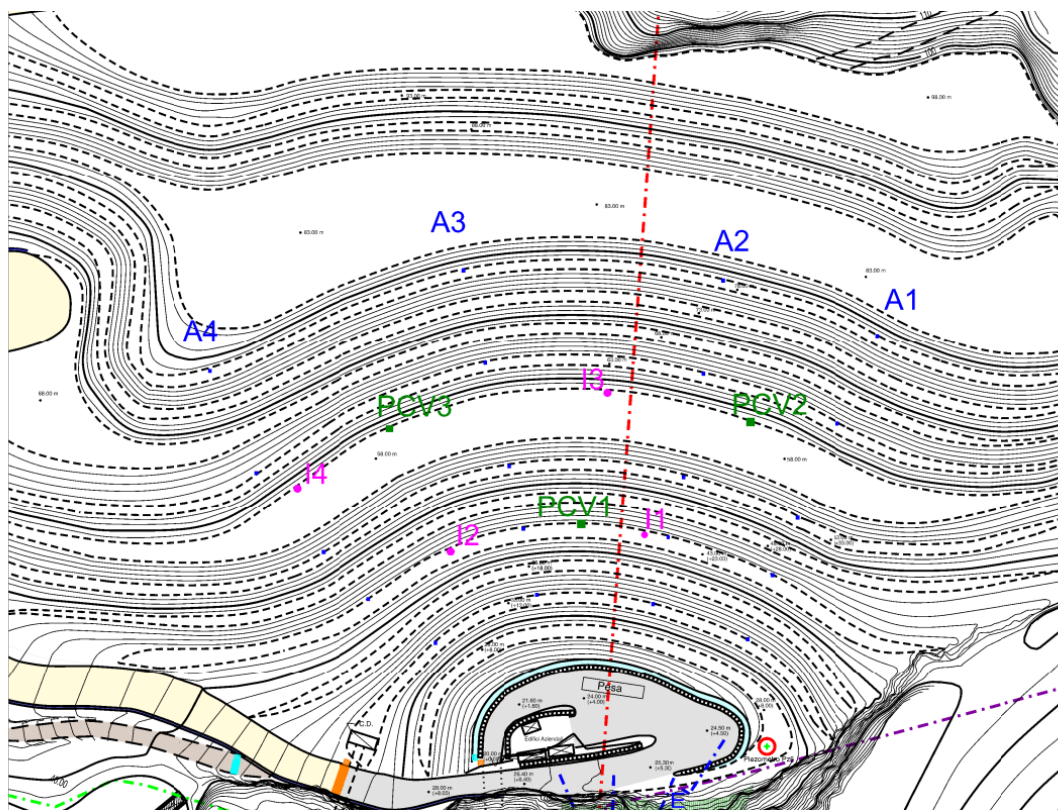


Figura 3.1 - Schema di monitoraggio del corpo di discarica

4 ABBANCAMENTO ED ASSESTAMENTI

L'ente contesta una presunta mancanza di omogeneità del rilevato di Fase 1 individuando come cause principali la presenza di rifiuti appartenenti a diverse tipologie ed anche, la presenza di reti di drenaggio, tubazioni e/o pozzetti.

È doveroso evidenziare che i rifiuti conferiti in discarica hanno tipo, origine, composizione chimica e consistenza nota, nonché bassa tendenza a produrre percolato e comportamento a lungo termine stabile.

Ed invero, la maggior parte dei rifiuti allocati in discarica potrebbero appartenere alla tipologia di “rifiuti inerti” così come definita al comma 1, lett. e) del DLgs 36/2003 ovvero, «... i rifiuti solidi che non subiscono alcuna trasformazione fisica, chimica o biologica significativa; i rifiuti inerti non si dissolvono, non bruciano né sono soggetti ad altre reazioni fisiche o chimiche, non sono biodegradabili e, in caso di contatto con altre materie, non comportano effetti nocivi tali da provocare inquinamento ambientale o danno alla salute umana. La tendenza a dar luogo a percolati e la percentuale inquinante globale dei rifiuti nonché l'ecotossicità dei percolati devono essere trascurabili e, in particolare, non danneggiare la qualità delle acque, superficiali e sotterranee ...».

È indubbio che l'apporto di “acqua” da parte dei rifiuti conferiti è residuale anche e soprattutto perché la maggior parte di questi presenta una percentuale di sostanza secca oltre ben oltre 85%. Per contro, la produzione di percolato è legata essenzialmente alle precipitazioni atmosferiche interessanti le superfici ed i piani operativi della discarica in costruzione. Per detto motivo la discarica, vedasi dettagli progettuali (vd. elaborati nella cartella 03.PROG), prevede la realizzazione di uno strato di drenaggio dello spessore di ca. 0,5 m delimitato da tessuto non tessuto collegato al sistema dei drenaggi verticali che raccolgono il percolato così come descritto nei diversi elaborati allegati alla istanza di PAUR. Questo sistema di drenaggio diffuso impedisce la formazione di battenti idraulici e l'accumulo e/o il ristagno dell'acqua.

Richiamando la richiesta avanzata dall'Unione dei Comuni, è doveroso precisare che la “condizione non drenata” è adeguata solamente nel caso di ridotta permeabilità (es. prevalenza di limi e/o argille) ed anche, per questo, essa non può essere rappresentativa per l'attuale rilevato data la presenza di manufatti in cemento amianto che crea una zona ad alta percentuale di vuoti.

È però vero che la messa a dimora di rifiuti a matrice terrigena facilita la fase di consolidamento per effetto del drenaggio, oltre che del carico gravitativo. Si ricorda altresì che il rifiuto, al fine di minimizzare la produzione di percolato, viene normalmente coperto con teli per intercettare prima della infiltrazione la maggior parte delle acque meteoriche.

Per questi motivi, la condizione non drenata è inadeguata a rappresentare lo stato del gradone di Fase 1, se non in una immediatissima fase di conferimento in caso di rilevanti piogge su locali porzioni da poco conferite, fatto che coinvolge masse ridotte e certamente non i gradoni del corpo di scarica, atteso che il completamento di anche un solo gradone di 5 m richiede un tempo prossimo all'anno.

La condizione non drenata è ritenuta, per prassi del tutto generale, una condizione di breve termine e mai di lungo termine per le verifiche di stabilità: nel caso particolare può essere del tutto esclusa anche nel breve-medio termine per effetto del diffuso e articolato sistema di drenaggio costruttivo della scarica che, se realizzato correttamente come previsto nel progetto, non consente il realizzarsi di condizioni di tipo non drenato.

Per i motivi sopra descritti si ritiene che le verifiche condotte siano rappresentative delle condizioni di stabilità sia durante la fase costruttiva che di lungo termine.

5 ANALISI DI STABILITA' – AGGIORNAMENTO CIRCA I DETTAGLI COSTRUTTIVI

La relazione di stabilità allegata alla istanza di PAUR (vd. Elab. PROG.02 – Verif_Stab nella cartella 03.PROG) riassumeva e confermava le valutazioni condotte per l'AIA 2011. In quella sede si era altresì valutata la sezione in fase costruttiva con il dettaglio richiesto al punto 3) a livello quindi di singoli gradoni, e non di stabilità globale ritenendosi le dimensioni complessive tali da assorbire il dettaglio più superficiale.

In questa sede, al fine di fornire gli ulteriori elementi chiarificativi richiesti, si è ritenuto di estendere l'analisi alle due sezioni significative B-B e D-D introducendo globalmente i vari strati ed elementi di discontinuità connessi al sistema costruttivo (argine in argilla, drenaggi, nuovo fondo, telo di fondo HDPE, ecc.). Di questi vari elementi si era tenuto conto ancora nell'AIA 2011 ed alle relazioni in essa contenute ci si riferirà nel seguito per le caratteristiche di resistenza rappresentative già utilizzate e che si ritiene possano essere confermate (vd. Elab. PAUR.09 – VER_STAB nella cartella 02.PAUR).

L'analisi sarà condotta alla ricerca di superfici non circolari ed in particolare si analizzerà la possibilità che il piano suborizzontale del nuovo fondo possa essere una superficie di scivolamento preferenziale. Allo scopo si imporrà al software la ricerca di scivolamenti lungo detta superficie, essendo questo strato quello di minori caratteristiche di resistenza per la presenza del telo HDPE.

Sin da subito si deve osservare come il nuovo fondo, per sua caratteristica costruttiva progettuale, presenti una pendenza verso l'interno del corpo di discarica di ca. 1 metro complessivo. Questo particolare era pensato, in effetti, per scongiurare l'evenienza di cui sopra ed, al fine di consentire al codice di calcolo la possibilità di convergere ad un risultato, si è scelto conseguentemente di eseguire le verifiche introducendo la condizione peggiorativa di un nuovo fondo perfettamente orizzontale (approccio conservativo).

5.1 Caratteristiche geotecniche dei materiali del corpo di discarica

Per tutti i necessari ulteriori dettagli concernenti le miscele dei rifiuti si rimanda allo specifico studio redatto dal Dott. Geol. Carlo Alberto Turba già richiamato (vd. Elab. GEO.01 – RELGEO nella cartella 05.GEO).

Per quel che concerne le caratteristiche di resistenza utilizzate nelle successive verifiche si è fatto riferimento a quanto contenuto nella relazione di stabilità AIA 2011 ove furono assunti valori di resistenza al taglio caratteristici della miscela di rifiuto, con ampia cautela, pari a 35° per l'angolo di attrito e a 23 kPa per la coesione. Il paramento di argilla interno, che nel caso in esame è stato considerato per l'intero

sviluppo, presenta parametri caratteristici simili anche se leggermente inferiori (30° e 20 kPa, vedasi Doc R11 Relazione analisi di stabilità del progetto AIA 2011).

Per quel che concerne gli strati di drenaggio, considerati nelle successive verifiche e non in quelle precedenti, sono costituiti da materiale detritico di pezzatura grossolana per cui si può certamente considerare nelle analisi un valore di angolo di attrito pari a 45° e coesione nulla.

In merito allo strato del nuovo fondo poi realizzato a quota 25/26, sempre nel 2011, fu fatto riferimento a specifici studi di cui si darà sunto a seguire.

Nelle Tabelle seguenti sono riportati alcuni valori dei parametri di resistenza all'interfaccia tra differenti tipi di materiali utilizzati per la realizzazione dei rivestimenti compositi delle discariche.

I risultati, ricavati da prove in laboratorio o in vera grandezza, sono stati ottenuti da differenti autori (Mitchell, 1991; Pasqualini et al., 1993; Manassero et al., 1996; Pasqualini et al., 2003).

Tabella 2 - Caratteristiche di resistenza al taglio all'interfaccia terreno - geosintetico.

Interfaccia	Angolo di attrito [°]
geomembrana HDPE - sabbia	15÷28
geomembrana HDPE - argilla	5÷29
geotessile - sabbia	22÷44
geocomposito bentonitico - sabbia	20÷25
geocomposito bentonitico - argilla	14÷16
geomembrana HDPE A.M. - ghiaia	20÷25
geomembrana HDPE A.M. - sabbia	30÷43
geomembrana HDPE A.M. - argilla compattata	7÷35 (c= 20-30 kPa)
geotessile - argilla	15÷33

(A.M. = aderenza migliorata)

Tabella 3 - Caratteristiche di resistenza al taglio all'interfaccia geosintetico - geosintetico.

Interfaccia	Angolo di attrito [°]
georete - geomembrana HDPE	6÷10
geomembrana HDPE - geotessile	8÷18
geotessile - georete	10÷27
geocomposito bentonitico - geomembrana HDPE A.M.	10÷25
geocomposito bentonitico - geomembrana HDPE	8÷16
georete - geomembrana HDPE A.M.	10÷25
geotessile - geomembrana HDPE	14÷52
geocomposito bentonitico*	8÷25 (c= 8-50 kPa)

* geotessili non collegati tra di loro e agugliati/cuciti

Le variazioni dipendono dai vari tipi di materiali in commercio, dalle condizioni all'interfaccia (pulita, parzialmente pulita, sporca) e dalle condizioni di prova (temperatura e pressioni verticali).

Un metodo pratico per aumentare la resistenza all'interfaccia tra argilla e geomembrana, ad esempio, consiste nello spargere un modesto quantitativo di polvere di cemento ($100-200 \text{ g/m}^2$) sulla superficie dell'argilla compattata (Pasqualini et al., 1996).

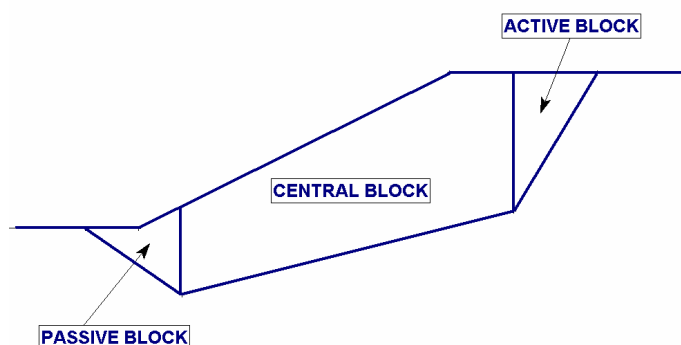
Per questi motivi all'intero dello strato di 1 metro di spessore rappresentante il nuovo fondo, costituito dallo strato minerale compattato, dal tessuto non tessuto e dal telo HDPE, furono assegnati i valori decisamente cautelativi di coesione nulla ed angolo di attrito pari a 10° .

Per quel che riguarda la cella di amianto, vedasi relazione del progetto (vd. Elab. PROG.02 – Verif_Stab nella cartella 03.PROG), essa continuerà ad essere costruita per strati includendo l'amianto, conferito in forma di big bags preconfezionate, entro strati di miscele di rifiuto che suddividono sia i piani di successivo conferimento che le file di materiale. Pertanto, il complesso della cella d'amianto può, cautelativamente, essere considerata come un insieme di corpi discreti compresi all'interno della matrice rifiuto misto. La rottura potrà pertanto avvenire lungo un involucro di micro piani compresi all'interno di questa matrice. In via altamente cautelativa la cella d'amianto verrà, come per il progetto autorizzato AIA 2011, analizzata considerando le caratteristiche di resistenza minime delle miscele di rifiuto misto che con ampia cautela sono state assunte come in precedenza pari a 35° per l'angolo di attrito e a 23 kPa per la coesione.

5.2 Verifica di stabilità globale e locale del corpo di rifiuti

Sulla scorta delle analisi, dei principi e delle considerazioni di carattere generale, sviluppate nello studio allegato “Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica a corredo dell'Istanza per rilascio del Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale (PAUR), ai sensi del D.Lgs. 152/2006 art. 27 bis e L.R. 10/2010 art. 73 bis.” redatta dal Dott. Geol. Carlo Alberto Turba (vd. Elab. GEO.01 – RELGEO nella cartella 05.GEO), nel seguente paragrafo verrà studiata la stabilità globale del corpo di discarica nelle configurazioni di progetto di Fase 2 e Fase 3 finale seguendo, come detto in precedenza, le “Norme tecniche per le costruzioni”. Le verifiche sono state eseguite lungo le sezioni B – B e D - D in quanto la prima transitante per la linea di massima pendenza ed altezza del corpo di discarica, mentre la seconda includente i lotti in cui si conferisce il rifiuto contenente amianto. Per la costruzione della sezione di calcolo è stato utilizzato l'involucro medio della superficie esterna del rifiuto nelle due fasi di conferimento progettuali, fase 2 e fase finale, trascurando in favore di sicurezza il materiale di migliori caratteristiche generali.

In questo caso si è andati a ricercare la possibile superficie di scorrimento lungo una linea non circolare che intercetti il nuovo fondo. Una tipica massa di scorrimento non circolare può essere considerata come costituita da blocchi attivi, passivi e centrali di materiale, come mostrato di seguito.



Il metodo utilizzato nella valutazione di stabilità è il metodo di Bishop, utilizzando i valori caratteristici dei parametri geotecnici del terreno divisi i loro coefficienti parziali γ_M , mentre γ_R e γ_{G1} i rispettivi coefficienti parziali per le azioni e per le resistenze.

Anche nelle verifiche condotte successivamente sarà adottata la combinazione 2 dell'approccio 1, vale a dire la combinazione di coefficienti A2 - M2 - R2 in cui vengono lasciati inalterate le azioni ($\gamma_{G1}=1$) e ridotte le resistenze caratteristiche ($\gamma_R=1,1$).

Per il modello della discarica, supponendo in questo caso l'esistenza di uno strato debole quale potrebbe essere il nuovo fondo, il modo migliore per eseguire la ricerca del possibile blocco consiste nell'utilizzare, all'interno del programma impiegato per l'occasione (SLIDE), una polilinea lungo tutto lo sviluppo del nuovo fondo a partire dalla parete rocciosa sino a raggiungere l'esterno del deposito. La possibile superficie di scorrimento è vincolata a seguire la polilinea, ovvero la superficie di separazione tra il nuovo fondo e il deposito di rifiuti sovrastante.

Il software ricerca quindi il blocco di minor fattore di sicurezza che si evidenzia nelle immagini a seguire. Il nuovo fondo, come già descritto, è stato realizzato con una pendenza di ca. 1% a scendere verso monte il che impedisce di fatto la realizzazione della superficie di scivolamento, per cui per estrema cautela si è supposto, come espresso in apertura, che il nuovo fondo sia uno strato orizzontale.

L'analisi è stata compiuta in condizioni drenate per i motivi già discussi sopra.

Il contributo dovuto alla presenza di un battente idraulico è quindi, a parere dello scrivente, sostanzialmente assente. Questa affermazione si basa su vari aspetti legati a tutte le opere di regimazione

e ai sistemi di drenaggio e recupero del percolato che tendono ad allontanare le acque piovane infiltranti che gravano in questa zona e non permettendo un accumulo di acqua all'interno del deposito stesso.

Comunque per porsi in ogni caso in una condizione peggiorativa, come d'altronde suggerisce il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17/01/2018 e successiva circolare del 29/01/2019, si è deciso in ogni modo di considerare il contributo legato alla presenza di acqua (nell'ipotesi di un rallentato drenaggio del sistema di raccolta) andando a valutare la stabilità del versante impostando il materiale (sia il rifiuto che le celle di amianto) come vicino alla condizione di saturazione aumentando il loro peso specifico, quanto meno nella fase transitoria di costruzione (Fase 2), mentre a lungo termine (Fase 3 finale), allorché la discarica sarà costruita e coperta, non si avrà certamente possibile presenza di acqua. Al valore del Livello di Sicurezza riportato nelle immagini successive, per entrambe le sezioni, bisogna applicare il coefficiente parziale γ_R per cui l'effettivo livello di sicurezza valutato secondo il Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17/01/2018 e successiva circolare del 29/01/2019. Nel caso statico il suddetto valore deve essere diviso per 1.1 mentre nel caso dinamico per 1.2.

5.3 Risultati analisi stabilità complessiva del corpo di discarica

Come accennato in precedenza, nelle sezioni B – B e D – D è stato analizzato l'involuppo del profilo esterno del rifiuto. Nella prima sezione il rifiuto è stato considerato con le caratteristiche di resistenza, ridotte con gli opportuni coefficienti, del rifiuto misto emerse dalle analisi condotte nel campo sperimentale (strati rappresentati in verde nelle immagini successive), mentre nella seconda sezione il corpo di discarica è stato suddiviso in zone aventi diverse caratteristiche in quanto tale sezione comprende anche i lotti contenenti amianto.

Il complesso della cella d'amianto può cautelativamente essere considerato come un insieme di corpi discreti compresi all'interno della matrice rifiuto misto. La rottura potrà pertanto avvenire lungo un involucro di micro-piani compresi all'interno della matrice rifiuto misto. In via altamente cautelativa la cella d'amianto verrà pertanto analizzata considerando i parametri di resistenza caratteristici del rifiuto misto già descritti con l'accorgimento di utilizzare un valore cautelativo del peso specifico medio che in questo caso sarà considerato pari a $1,3 \text{ t/m}^3$ ($1,5 \text{ t/m}^3$ in presenza di acqua nell'ipotesi peggiorativa di cui sopra), valore ottenuto attraverso la valutazione proporzionale della quantità di amianto e di rifiuto misto che si stoccherà in queste aree (strati rappresentati in viola nelle immagini successive).

Inoltre, sono state analizzate tutte le sezioni nelle varie configurazioni considerando lo strato del nuovo fondo realizzato comprendente il telo HDPE i cui valori di resistenza sono anch'essi stati ridotti con gli

opportuni coefficienti (strato indicato in rosso nelle immagini successive).

Conformemente alle osservazioni di cui in apertura, per le sezioni è stato considerato il paramento esterno (strato indicato in arancione), il paramento di argilla interno (strato indicato in blu) e i vari strati drenanti, posizionati come da progetto a ca. 5 m di distanza uno dall'altro (strati indicati in bianco) per l'intero sviluppo del rilevato.

Alle pagine che seguono si hanno gli output di calcolo del software relativi alle sezioni B – B, D - D nelle due configurazioni di progetto e nelle tre diverse condizioni di analisi (condizioni drenate, condizioni drenate più possibile presenza di acqua, condizioni drenate + presenza acqua + sisma in Fase 2 e condizioni drenate + sisma in fase finale di lungo periodo).

Come si può osservare nei grafici successivi, nonostante le ipotesi altamente cautelative utilizzate (in particolare lo strato del nuovo fondo orizzontale e il peso specifico incrementato), i risultati sono soddisfacenti in tutte le configurazioni di progetto ed in tutte le condizioni di analisi.

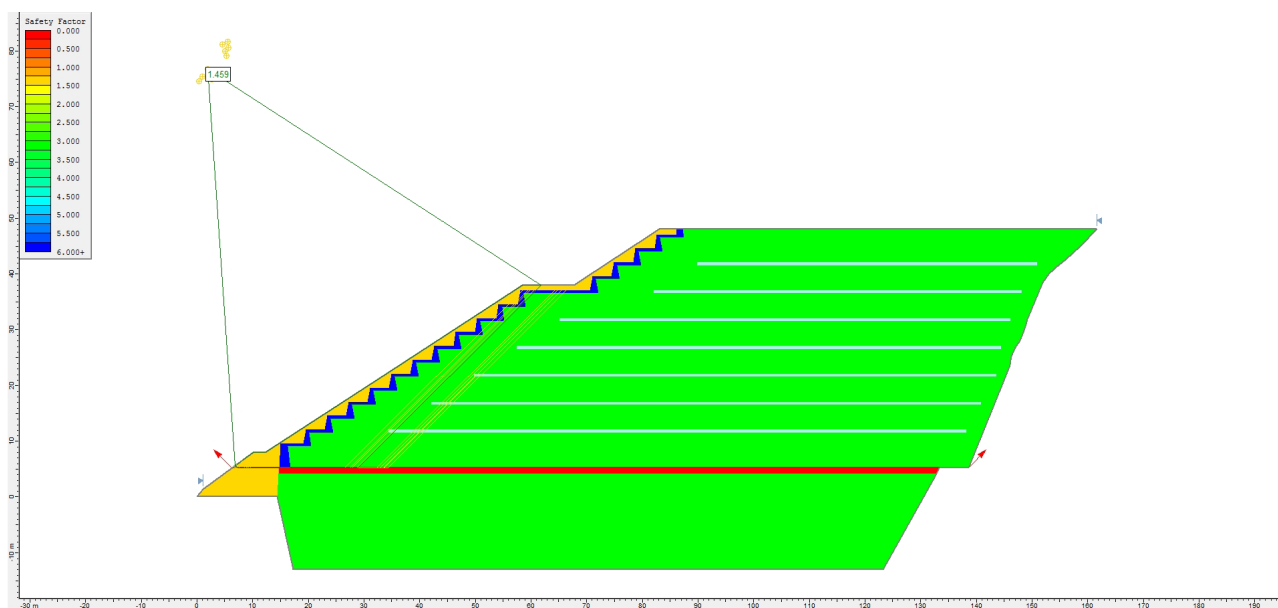


Figura 5.1 - Sezione B – B – Analisi fase 2 in condizioni drenate.

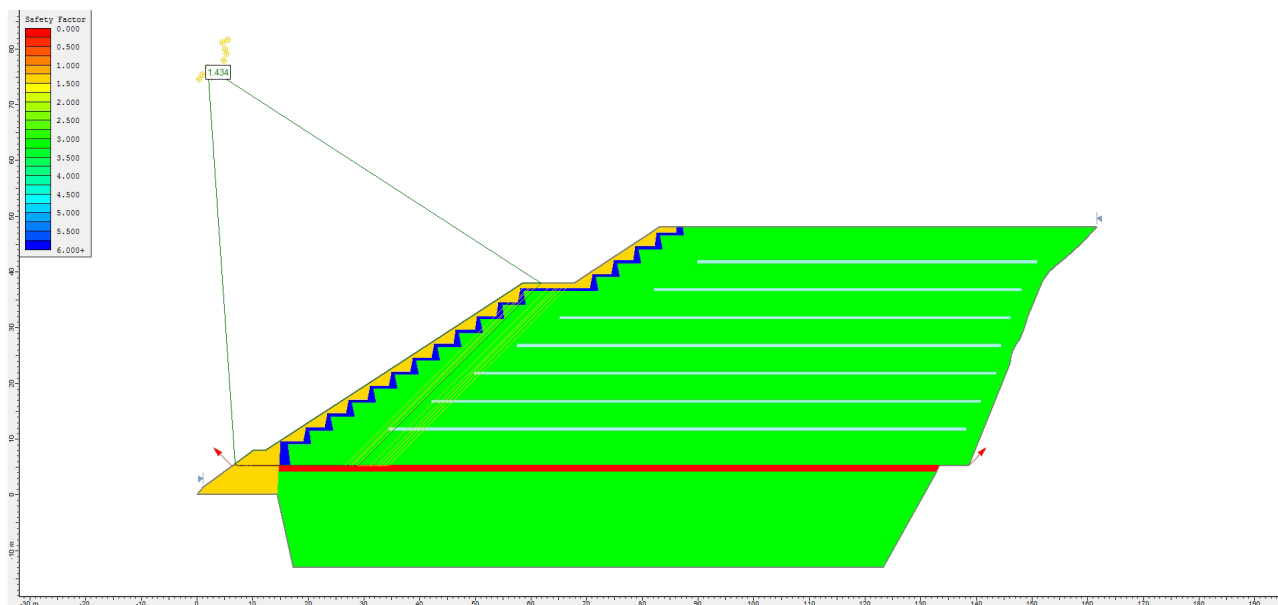


Figura 5.2 - Sezione B – B – Analisi fase 2 in condizioni con presenza di acqua.

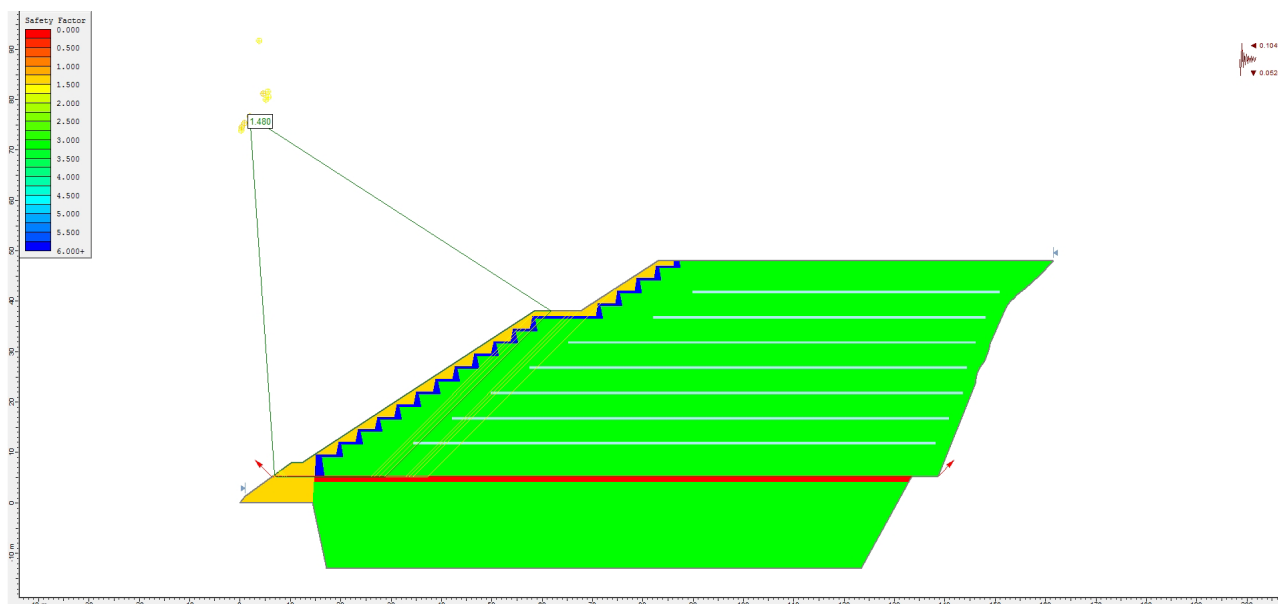


Figura 5.3 - Sezione B – B – Analisi fase 2 in condizioni con presenza di acqua + sisma.

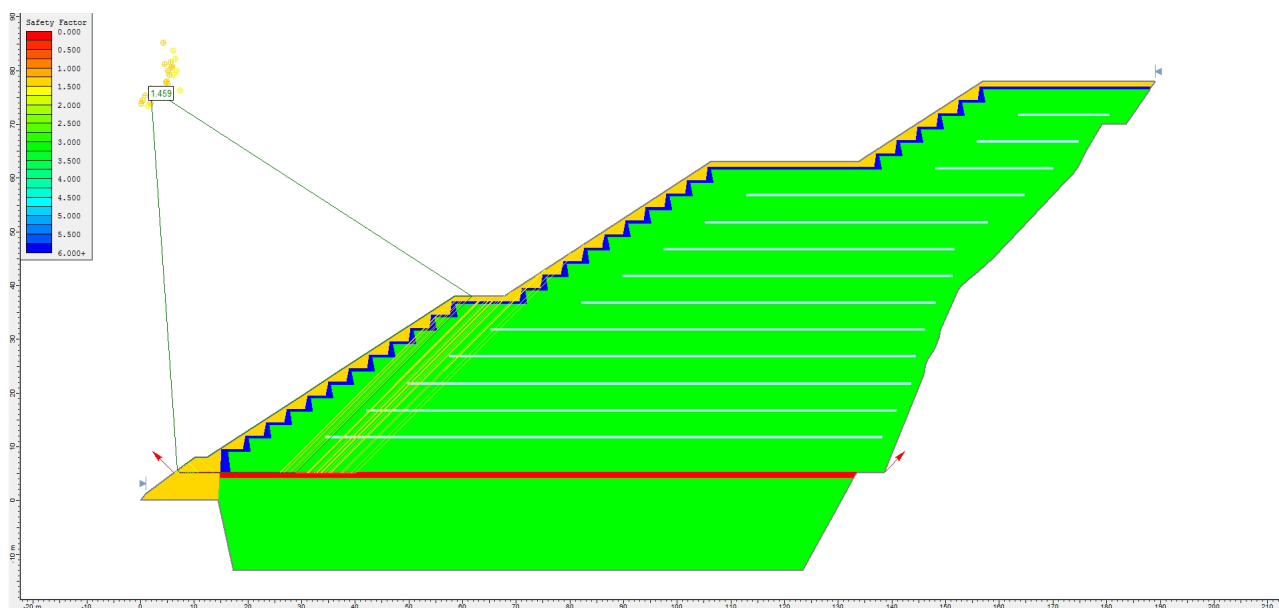


Figura 5.4 - Sezione B – B – Analisi fase finale in condizioni drenate.

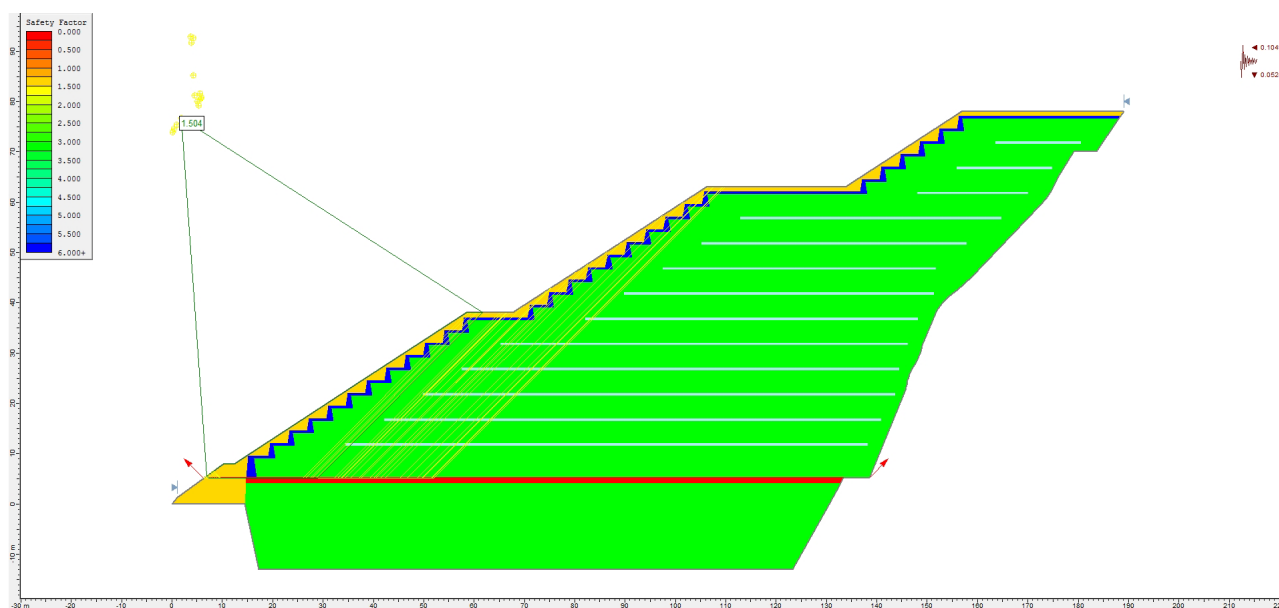


Figura 5.5 - Sezione B – B – Analisi fase finale in condizioni drenate + sisma.

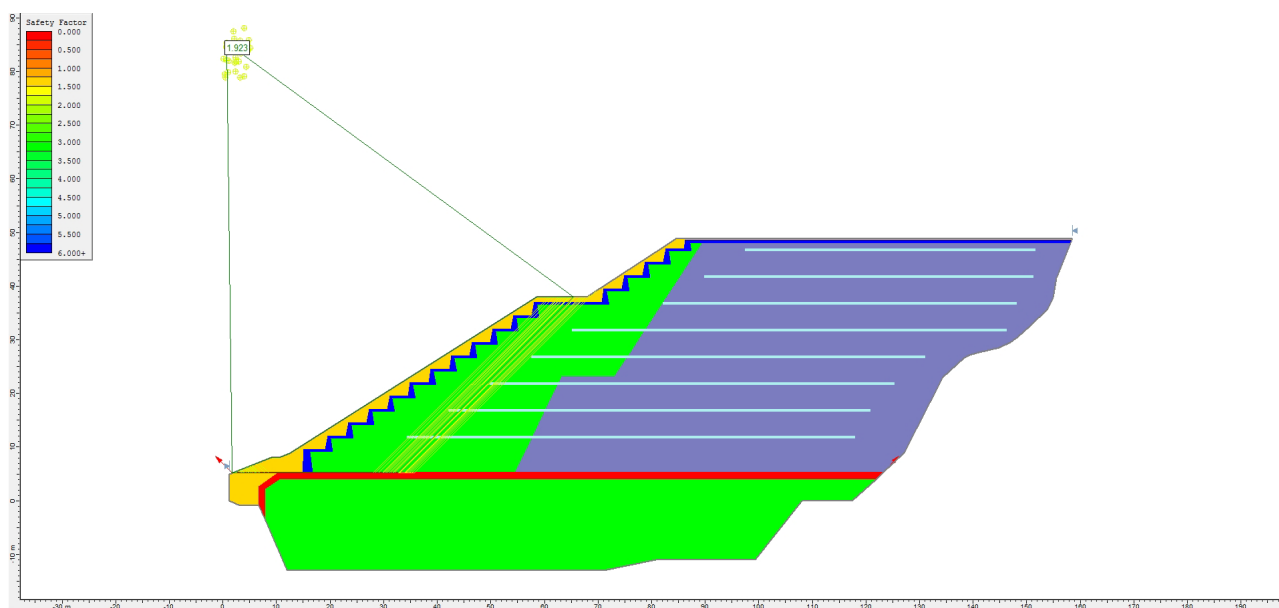


Figura 5.6 - Sezione D – D – Analisi fase 2 in condizioni drenate.

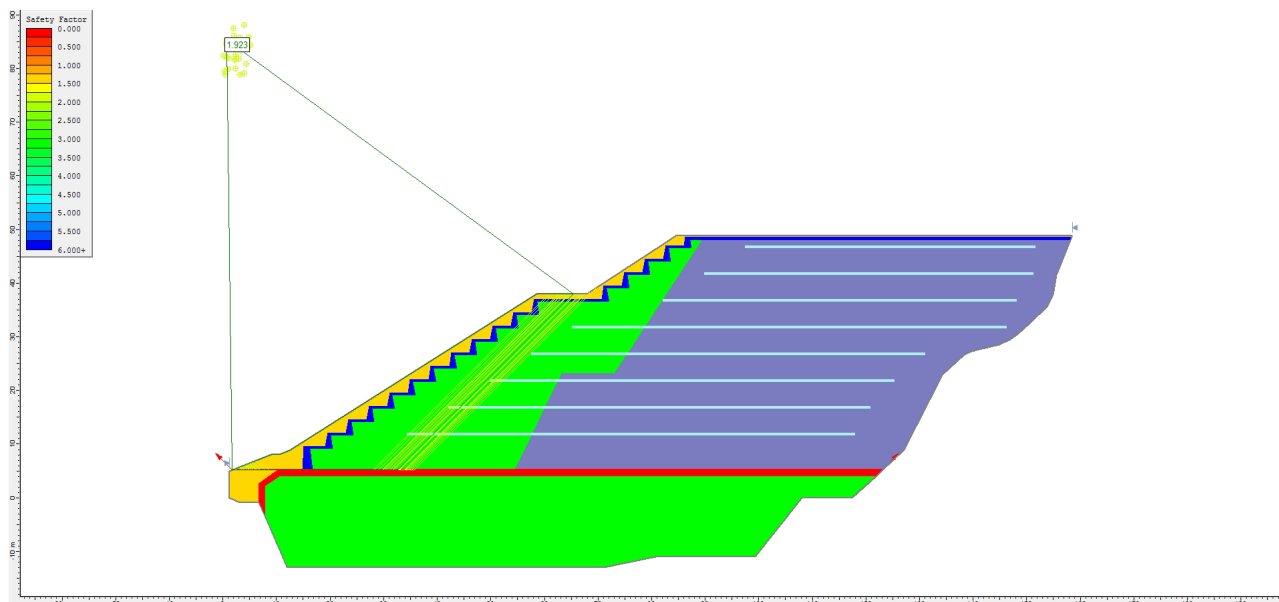


Figura 5.7 - Sezione D – D – Analisi fase 2 in condizioni con presenza di acqua.

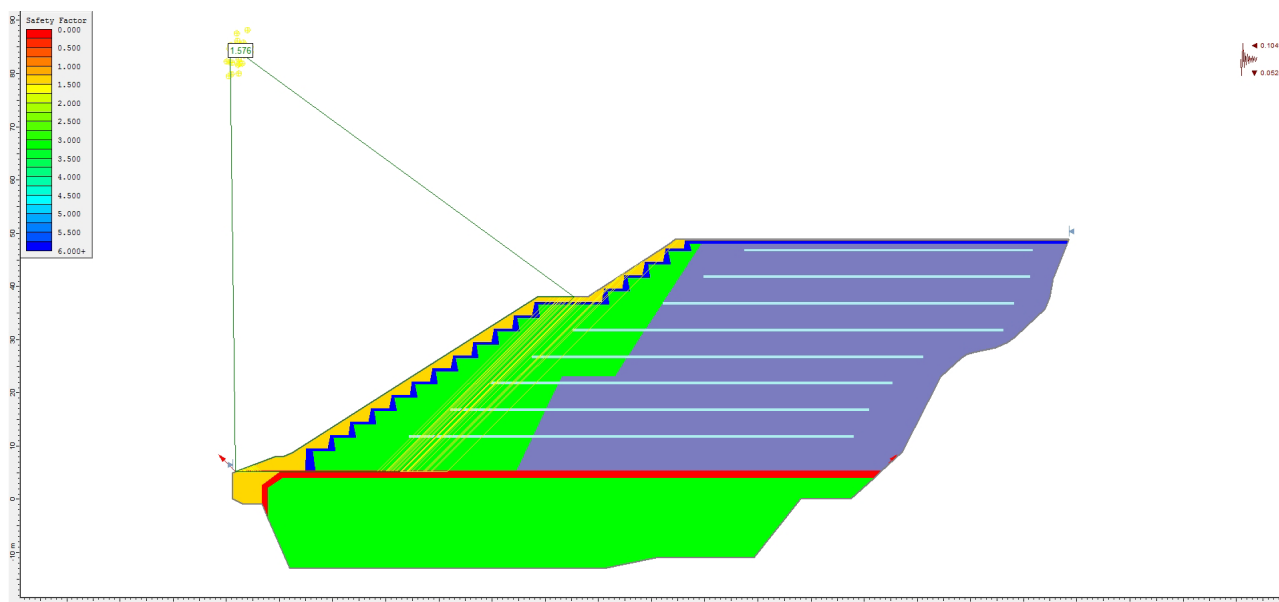


Figura 5.8 - Sezione D – D – Analisi fase 2 in condizioni con presenza di acqua + sisma.

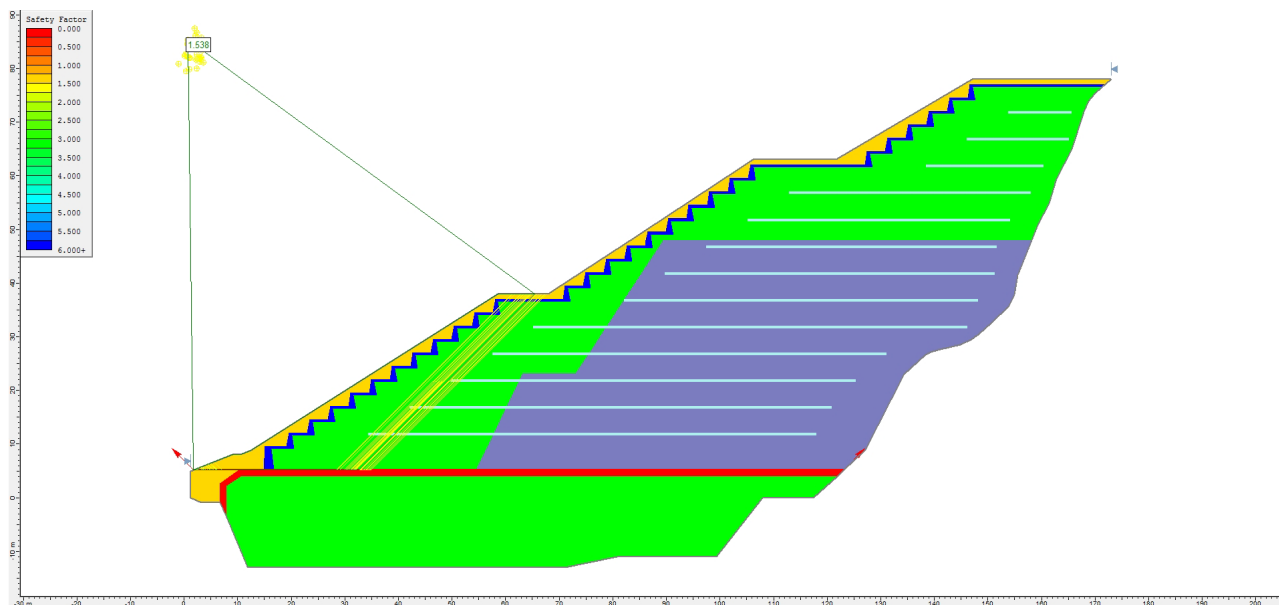


Figura 5.9 - Sezione D – D – Analisi fase finale in condizioni drenate.

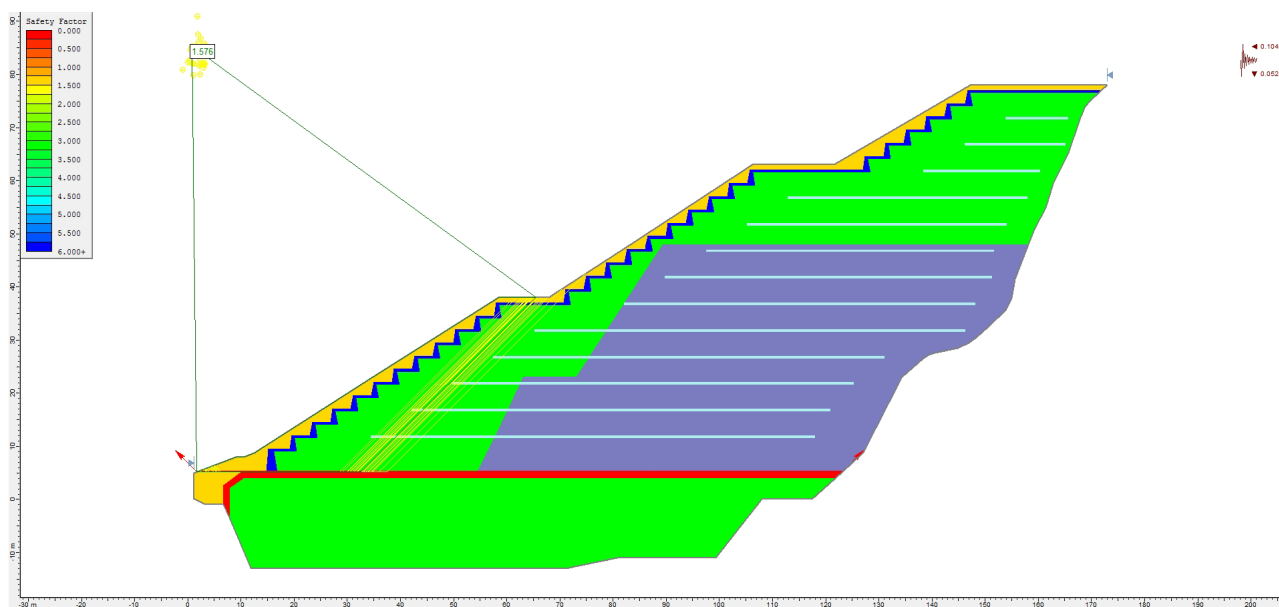


Figura 5.10 - Sezione D – D – Analisi fase finale in condizioni drenate + sisma.