



CORINALDO

## ACCORDO DI PROGRAMMA TRA I COMUNI



CASTELLEONE DI SUASA



REGIONE MARCHE

PROVINCIA DI ANCONA

### AMPLIAMENTO DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI DI CORINALDO

### PROGETTO DEFINITIVO DI PRIMO LOTTO AUTONOMO

N. ELAB.	TITOLO ELABORATO	FORMATO
F.1	RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE – RELAZIONE DI CALCOLO ARGINI	A4
		SCALA
		--

PROGETTISTI

TIMBRO E FIRMA

STUDIO INGEGNERI ASSOCIATI DI PANDOLFI ADALBERTO E  
PANDOLFI LUCA



DESCRIZIONE	DATA	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO
EMISSIONE	31/10/2012	ING. C. TAGNANI	ING. A. FARNESE	ING. G. BARDUCCI
REVISIONE				

É VIETATA, AI SENSI DI LEGGE, LA DIVULGAZIONE E LA RIPRODUZIONE DEL PRESENTE DOCUMENTO SENZA LA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE

## INDICE

<b>1.</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1</b>	<b>SCOPO DEL LAVORO .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2</b>	<b>DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>1.4</b>	<b>DESCRIZIONE SINTETICA DEI LUOGHI.....</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>ARGINI. VERIFICHE GEOTECNICHE .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1</b>	<b>CRITERI DI SCELTA DELLE SEZIONI TIPO PIÙ CRITICHE.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE STRATIGRAFICA .....</b>	<b>14</b>
<b>2.3</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4</b>	<b>CARICHI ESTERNI ACCIDENTALI SULLA VIABILITÀ IN TESTA ALL' ARGINE .....</b>	<b>23</b>
<b>2.5</b>	<b>VERIFICHE DI STABILITÀ .....</b>	<b>23</b>
2.5.1	<i>Stabilità in condizioni sismiche .....</i>	26
2.5.2	<i>Risultati delle verifiche di stabilità in condizioni sismiche.....</i>	26
<b>2.6</b>	<b>SEZIONE TIPO E - VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI.....</b>	<b>27</b>
<b>3.</b>	<b>RACCOMANDAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>30</b>

## ELENCO DELLE FIGURE

<b>FIGURA 1</b>	<i>- PLANIMETRIA GENERALE DELL'AREA DI AMPLIAMENTO, E DELL'AREA DI ATTUALE COLTIVAZIONE, DELLA DISCARICA DI CORINALDO, CON INDICAZIONE DEI LOTTI DI AMPLIAMENTO, DEGLI ARGINI DI SEPARAZIONE, DELLA PARATIA DI PALI TIRANTATA, DELLE SEZIONI DI RIFERIMENTO E DELLE VERTICALI DI INDAGINE GEOGNOSTICA E GEOTECNICA. (NON IN SCALA).....</i>	<b>8</b>
<b>FIGURA 2</b>	<i>- PLANIMETRIA GENERALE DELL'AREA DI AMPLIAMENTO DELLA DISCARICA DI CORINALDO, CON UBICAZIONE DELLE VERTICALI DI INDAGINE DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA I CUI RISULTATI SONO ESPOSTI NELLA RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA DEL DOTT. GEOL. PIERAMELIO BALDELLI. (NON IN SCALA).....</i>	<b>9</b>
<b>FIGURA 3</b>	<i>- SEZIONE TIPO B. (SI TRATTA DELL'ARGINE NORD-OVEST DEL LOTTO I°, CHE LO SEPARA DAL LOTTO II°) (NON IN SCALA). .....</i>	<b>12</b>
<b>FIGURA 4</b>	<i>- SEZIONE TIPO E. (SI TRATTA DELL'ARGINE SUD, DELL'AREA DI AMPLIAMENTO DELLA DISCARICA, UBICATO A VALLE DEL LOTTO I° E DEL LOTTO III°, SUL QUALE È PREVISTO IL TRANSITO DI MEZZI DI TRASPORTO E MOVIMENTAZIONE DEI RIFIUTI). (NON IN SCALA). .....</i>	<b>12</b>
<b>FIGURA 5</b>	<i>- SEZIONE TIPO E CON PIAZZALE. (SI TRATTA DELLA PARTE CENTRALE DELL'ARGINE SUD DELL'AREA DI AMPLIAMENTO DELLA DISCARICA, UBICATO A VALLE DEL LOTTO I°, IN CORRISPONDENZA DEL PIAZZALE A VALLE; ANCHE SU DI ESSO È PREVISTO IL TRANSITO DI MEZZI DI TRASPORTO E MOVIMENTAZIONE DEI RIFIUTI). (NON IN SCALA).....</i>	<b>13</b>
<b>FIGURA 6</b>	<i>- SEZIONE TIPO H. (SI TRATTA DELL'ARGINE A OVEST DELL'AREA DI AMPLIAMENTO DELLA DISCARICA, NEL TRATTO IN CUI IL LOTTO I°, E PER UN PICCOLO TRATTO IL LOTTO II°, CONFINANO CON LA DISCARICA ESISTENTE, COSTITUENDO IL SOSTEGNO DEI CUMULI DI RIFIUTI GIÀ ABBANCATI. (NON IN SCALA) .....</i>	<b>13</b>
<b>FIGURA 7</b>	<i>- ANDAMENTO DELLA COMPOSIZIONE GRANULOMETRICA DEI TERRENI CON LA PROFONDITÀ DAL P.C. ....</i>	<b>16</b>
<b>FIGURA 8</b>	<i>- ANDAMENTO DEL VALORE DEL PESO DI VOLUME NATURALE DEI TERRENI CON LA PROFONDITÀ DAL P.C. ....</i>	<b>16</b>
<b>FIGURA 9</b>	<i>- ANDAMENTO DEI VALORI DI COESIONE INTERCETTA DEI TERRENI CON LA PROFONDITÀ DAL P.C. ....</i>	<b>17</b>
<b>FIGURA 10</b>	<i>- ANDAMENTO DEI VALORI DELL'ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO EFFICACI DEI TERRENI CON LA PROFONDITÀ DAL P.C.....</i>	<b>17</b>
<b>FIGURA 11</b>	<i>- ANDAMENTO DEI VALORI DEL MODULO DI DEFORMAZIONE EDOMETRICA DEI TERRENI CON LA PROFONDITÀ DAL P.C.....</i>	<b>18</b>
<b>FIGURA 12</b>	<i>- ANDAMENTO DEI VALORI DEL COEFFICIENTE DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA DEI TERRENI CON L PROFONDITÀ DAL P.C.....</i>	<b>18</b>
<b>FIGURA 13</b>	<i>- ANDAMENTO DEI VALORI DELLA DENSITÀ SECCA MASSIMA PROCTOR MODIFICATA DEI TERRENI CON LA PROFONDITÀ DAL P.C. ....</i>	<b>19</b>
<b>FIGURA 14</b>	<i>- ANDAMENTO DEI VALORI DELLA UMIDITÀ OTTIMALE DI COMPATTAZIONE PROCTOR MODIFICATA DEI TERRENI CON LA PROFONDITÀ DAL P.C.....</i>	<b>19</b>
<b>FIGURA 15</b>	<i>- ANDAMENTO DEI CEDIMENTI DI CONSOLIDAZIONE PRIMARIA CON IL TEMPO, IN FUNZIONE DELLO SPESSORE DEGLI STRATI COESIVI POCO PERMEABILI TRA DUE SUCCESSIVI STRATI DRENANTI.CONCLUSIONI .....</i>	<b>29</b>
<b>FIGURA 16</b>	<i>- SEZIONE TIPO B - VERIFICA DI STABILITÀ COMPOSTA 2 (FATTORE DI SICUREZZA = <math>1/\mu = FS = 1.14</math>).....</i>	<b>31</b>
<b>FIGURA 17</b>	<i>- SEZIONE TIPO B - VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE (FATTORE DI SICUREZZA = <math>1/\mu = FS = 1.35</math>). .....</i>	<b>32</b>

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

**INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL**

**F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0**

<i>FIGURA 18</i>	- SEZIONE TIPO B – CONFIGURAZIONE TERRA RINFORZATA CON INDICAZIONE ED UBICAZIONE DELLE GEOGRIGLIE DI RINFORZO.....	33
<i>FIGURA 19</i>	- SEZIONE TIPO E - VERIFICA DI STABILITÀ COMPOSTA 1 (FATTORE DI SICUREZZA = $1/\mu = FS = 1.10$ ).....	34
<i>FIGURA 20</i>	- SEZIONE TIPO E - VERIFICA DI STABILITÀ COMPOSTA 2 (FATTORE DI SICUREZZA = $1/\mu = FS = 1.10$ ).....	35
<i>FIGURA 21</i>	- SEZIONE TIPO E - VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE (FATTORE DI SICUREZZA = $1/\mu = FS = 1.14$ ). ....	36
<i>FIGURA 22</i>	- SEZIONE TIPO E - CONFIGURAZIONE TERRA RINFORZATA CON INDICAZIONE ED UBICAZIONE DELLE GEOGRIGLIE DI RINFORZO.....	37
<i>FIGURA 23</i>	- SEZIONE TIPO H - VERIFICA DI STABILITÀ COMPOSTA (FATTORE DI SICUREZZA = $1/\mu = FS = 1.22$ ).....	38
<i>FIGURA 24</i>	- SEZIONE TIPO H - VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE (FATTORE DI SICUREZZA = $1/\mu = FS = 1.10$ ). ....	39
<i>FIGURA 25</i>	- SEZIONE TIPO H - CONFIGURAZIONE TERRA RINFORZATA CON INDICAZIONE ED UBICAZIONE DELLE GEOGRIGLIE DI RINFORZO. ....	40
<i>FIGURA 26</i>	- SEZIONE TIPO E - RAPPRESENTAZIONE DELL'ANDAMENTO DEI CEDIMENTI DELL'ARGINE LUNGO IL SUO SVILUPPO LONGITUDINALE, SULLE SEZIONI TRASVERSALI (DALLA SEZ. 14 ALLA SEZ. 19). RAPPRESENTAZIONE DELL'ANDAMENTO DEI CEDIMENTI ANCHE NELLE CONDIZIONI DI COMPLETO ABBANCAMENTO DEI RIFIUTI NEL LOTTO I°, IMMEDIATAMENTE A MONTE DELL'ARGINE DELLA SEZIONE TIPO E, IN CORRISPONDENZA DELLA SEZ. 18.....	41

## **ELENCO DELLE TABELLE**

<i>TABELLA 1</i>	- TENSIONI DI PROGETTO E FATTORI DI RIDUZIONE DEI GEOSINTETICI DI RINFORZO UTILIZZATI PER LE VARIE SEZIONI SOTTOPOSTE A VERIFICA DI STABILITÀ.....	25
<i>TABELLA 2</i>	- SEZIONI TIPO - VERIFICHE DI STABILITÀ COMPOSTA E GLOBALE IN CONDIZIONI SISMICHE. ....	27
<i>TABELLA 3</i>	- SCHEMA STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DEL TERRENO DI FONDAZIONE PER LA VALUTAZIONE DEI CEDIMENTI SOTTOL'ARGINE DELLA SEZIONE TIPO E. ....	28

## **ELENCO DEGLI ALLEGATI**

ALLEGATO 1.	SEZIONE TIPO B – ARGINE IN TERRA RINFORZATA - VERIFICA DI STABILITÀ - TABULATO DI CALCOLO.
ALLEGATO 2.	SEZIONE TIPO E – ARGINE IN TERRA RINFORZATA - VERIFICA DI STABILITÀ - TABULATO DI CALCOLO.
ALLEGATO 3.	SEZIONE TIPO H – ARGINE IN TERRA RINFORZATA - VERIFICA DI STABILITÀ - TABULATO DI CALCOLO.

## 1. PREMESSA

La presente relazione geotecnica, redatta in ottemperanza all'incarico ricevuto, prende in considerazione le problematiche di ordine geotecnico connesse con la realizzazione delle opere di contenimento, del terreno e dei rifiuti, previste nell'ambito del Progetto Definitivo di Ampliamento della Discarica per Rifiuti Non Pericolosi, sita in località San Vincenzo del Comune di Corinaldo (AN).

La caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dalla discarica e dalle opere in progetto è stata basata sui risultati dell'indagine geognostica e geotecnica esposti e commentati nella Relazione Geologica e Geotecnica redatta, su incarico del Comune di Corinaldo (AN) e del Comune di Castelleone di Suasa (AN), dal Geologo Dott. Pieramelio Baldelli di Serra dei Conti (AN), che è allegata al progetto.

### 1.1 Scopo del lavoro

Lo scopo della presente relazione è di fornire, sulla base dei dati geologici, geognostici, geotecnici e sismici acquisiti con la suddetta indagine, indicazioni sulla stabilità delle opere in progetto e sul loro dimensionamento geotecnico.

In particolare sulla base del progetto definitivo complessivo di ampliamento sono stati presi in considerazione gli argini del primo lotto di ampliamento.

### 1.2 Documenti di riferimento

1. R.T.P. Rossi – Taddei – Fata – Vallesi – Via Cimabue 11/12 Senigallia, “Comune di Corinaldo – Comune di Castelleone di Suasa - Ampliamento Discarica per Rifiuti Non Pericolosi di Corinaldo (AN) – Definizione dei Contenuti dello Studio di Impatto Ambientale Fase di Consultazione Preliminare (art. 21 D.Lgs. 152/2006 e art. 7 L.R. 7/2004 - Progetto Preliminare” – Ing. Gianrico Rossi (mandante), Dott. Luciano Taddei, Dott. Stefano Fata, Dott. Paolo Vallesi (mandatari), Rev. 0, Emissione, Ott. 2010.
2. STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA BALDELLI Geol. PIERAMELIO, “Comune di Corinaldo – Comune di Castelleone di Suasa (AN) - Località : San Vincenzo - Discarica per

Rifiuti Non Pericolosi - Progetto definitivo - Relazione Geologica E Geotecnica”, Rev. 0, Emissione, Giu - 2012.

### **1.3 Normativa di riferimento**

Nella redazione della relazione in oggetto è stata presa in considerazione la vigente normativa tecnica italiana, ed in particolare, le seguenti disposizioni:

- Circolare del Ministero dei lavori Pubblici, n. 3797 (Pres. Cons. Superiore-Servizio Tecnico Centrale, 6 novembre 1967)
- Istruzioni per il progetto, esecuzione e collaudo delle fondazioni.
- Legge del 2/2/1974 n. 64
- Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Decreto del Ministro dei LL.PP. del 11/3/1988
- Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circolare del Ministro dei LL.PP. n. 30483 del 24/9/1988
- Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circolare 9 gennaio 1996 n. 218/24/3
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica.
- Decreto del Ministro dei LL.PP. del 16/1/1996
- Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 6/6/2001 (e successive modifiche ed integrazioni)
- Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274 (e successive modifiche ed integrazioni)

- Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica.
- Legge 17 agosto 2005, n. 168
- Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 30 giugno 2005, n. 115, recante disposizioni urgenti per assicurare la funzionalità di settori della pubblica amministrazione. Disposizioni in materia di organico del personale della carriera diplomatica, delega al Governo per l'attuazione della direttiva 2000/53/CE in materia di veicoli fuori uso e proroghe di termini per l'esercizio di deleghe legislative.
- Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti di concerto con il Ministero dell'Interno ed il Dipartimento della Protezione Civile del 14/09/2005
- Norme Tecniche per le costruzioni.
- Legge 26 febbraio 2007, n. 17 –
- Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 28 dicembre 2006, n. 300, recante proroga dei termini previsti da disposizioni legislative. Disposizioni di delegazione legislativa.
- Decreto ministeriale (infrastrutture) del 14 gennaio 2008
- Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni. (detto anche “Testo Unico delle Costruzioni”)
- Legge di conversione 28 febbraio 2008 n. 31 del Decreto-Legge 31 dicembre 2007, n. 248
- Proroga dei termini previsti da disposizioni legislative e disposizioni urgenti in materia finanziaria.
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n. 617 del 2 febbraio 2009
- Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

#### **1.4 Descrizione sintetica dei luoghi**

L'area in oggetto è adiacente alla discarica esistente di R.S.U. del Comune di Corinaldo (AN) situata in località San Vincenzo, e rappresenta la testata dell'impluvio del fosso della Casalta.

Essa è delimitata praticamente su tre lati dal crinale che funge da spartiacque e che delimita il bacino idrografico del fosso della Casalta, crinale in corrispondenza del quale corre la strada comunale. Verso

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

**INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL**

**F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0**

Sud la zona di studio è delimitata dal piccolo fosso, tributario in sinistra idrografica del fosso della Casalta, presente immediatamente a meridione dell'attuale discarica. L'allineamento su questo fosso lungo l'altro versante, in destra idrografica, rappresenta il limite meridionale su questo lato dell'area di studio.

In pratica, quindi, lo studio si svolge a cavallo del limite comunale tra i Comuni di Corinaldo a Est e quello di Castelleone di Suasa ad Ovest.

In questo ambito, oltre alla discarica esistente, vi è l'impianto di trattamento della frazione organica per la produzione del compost situato nella zona di crinale.

I riferimenti cartografici principali sono:

Tavoletta IGM a scala 1:25.000 F.117 - IV - N.O. CORINALDO

Ortofotocarta regionale a scala 1:10.000 Sez. 281130 CORINALDO.

Le coordinate del sito sono:

Coordinate WGS84

Latitudine 43,621009°

Longitudine 13,012318°

Coordinate ED50

Latitudine 43,621955°

Longitudine 13,013258°

La planimetria generale dell'area di ampliamento della discarica, con indicazione dei Lotti, delle sezioni di riferimento e con la ubicazione delle verticali di indagine geognostica e geotecnica eseguite, è riprodotta nelle Figure 1 e 2 seguenti (non in scala).

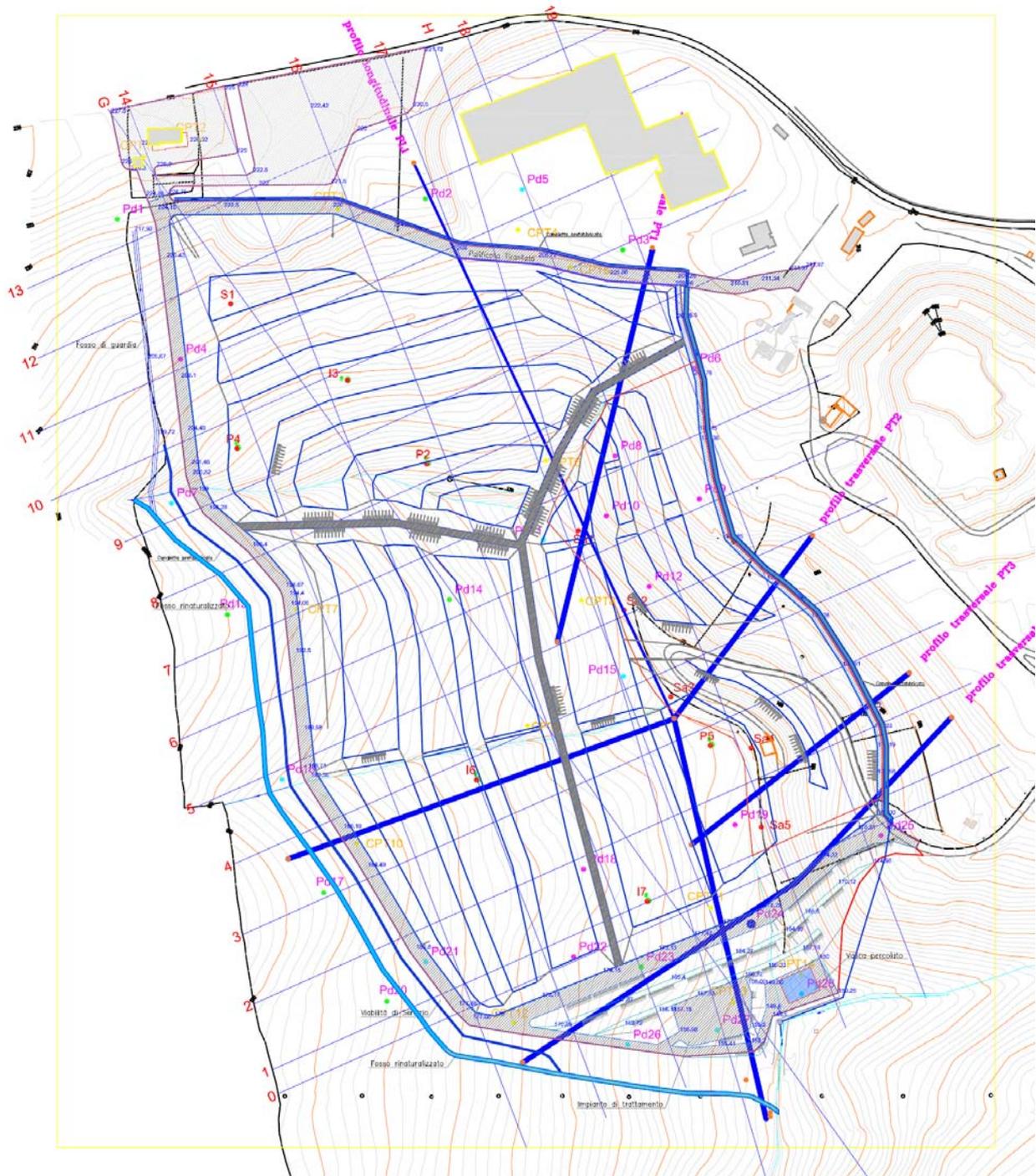


Figura 1 - Planimetria generale dell'area di ampliamento, e dell'area di attuale coltivazione, della discarica di Corinaldo, con indicazione dei Lotti di ampliamento, degli argini di separazione, della paratia di pali tirantata, delle sezioni di riferimento e delle verticali di indagine geognostica e geotecnica. (non in scala).

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0



Figura 2 - Planimetria generale dell'area di ampliamento della discarica di Corinaldo, con ubicazione delle verticali di indagine della campagna geognostica i cui risultati sono esposti nella Relazione Geologica e Geotecnica del dott. geol. Pieramelio Baldelli. (non in scala).

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0

## 2. ARGINI. VERIFICHE GEOTECNICHE

L'area di ampliamento della discarica è suddivisa in tre lotti: Lotto I°, Lotto II° e Lotto III°, la cui disposizione areale è mostrata nella Figura 3 allegata.

Le aree dei singoli lotti sono contornate, e delimitate, da argini in terra rinforzata di varie forme, dimensioni e altezze.

Questi argini hanno la funzione di sostenere il terreno nelle fasi di scavo per la predisposizione preliminare dei singoli lotti, e poi, di sostenere i cumuli di rifiuti che saranno abbancati nelle varie fasi di coltivazione dell'ampliamento, a partire dal Lotto I°, che è quello che sarà predisposto e coltivato per primo.

Il più importante di questi argini è ubicato a valle dell'intera area di ampliamento (al margine Sud dei Lotti I° e III°), e costituisce il limite di espansione a valle dell'ampliamento della discarica, e dovrà svolgere la principale funzione di sostenere i cumuli di rifiuti dei suddetti lotti; ha però anche la funzione di costituire, al suo colmo, le vie di transito dei mezzi di trasporto e movimentazione dei rifiuti.

Pertanto,

- alcuni degli argini, soprattutto quelli ubicati al limite esterno (confine Ovest) dell'ampliamento, nella fase di scavo per la predisposizione delle aree di abbancamento dei rifiuti, avranno dapprima la funzione di sostenere il terreno naturale esterno alla discarica, che rappresenta la condizione critica di verifica, mentre in seguito, col progredire degli abbancamenti di rifiuti, si troveranno ad usufruire a valle della collaborazione degli abbancamenti;
- altri argini, invece hanno la funzione di separare i lotti di ampliamento tra loro e di separare i lotti di ampliamento (fondamentalmente il Lotto I°) dalla discarica esistente, lungo il loro margine Est.

### **2.1 Criteri di scelta delle Sezioni Tipo più critiche**

Al fine di verificare dal punto di vista geotecnico i suddetti argini, sono state selezionate alcune Sezioni Tipo, che rappresentano, ciascuna per il tratto di competenza e per la omogeneità della funzione, la situazione più sollecitata, per condizioni geometriche e morfologiche (sia dell'argine stesso che del terreno/cumulo di rifiuti a tergo) e quindi di entità della spinta da sostenere, nella fase e nelle condizioni più critiche.

Tali condizioni più critiche, come già anticipato, sono:

- per alcuni argini (quelli di margine esterno dell'area di ampliamento) sono rappresentate dalle fasi di scavo per la preparazione dei lotti di ampliamento (visto che nelle fasi di successiva coltivazione, con il procedere delle fasi di abbancamento dei rifiuti, si verranno a trovare in condizioni statiche di migliore stabilità, per la collaborazione resistente offerta dai cumuli stessi quando saranno completati anche sull'altra parte dell'argine, verso il lotto limitrofo);
- per altri argini (quelli di separazione tra i lotti di ampliamento) sono rappresentate invece dalle fasi di coltivazione e di completo riempimento dei lotti con il completamento degli abbancamenti di rifiuti, di cui si troveranno a sostenere la spinta dalla sola parte del Lotto in coltivazione (visto che nelle fasi di successiva coltivazione anche del lotto limitrofo, si verranno a trovare in condizioni statiche di migliore stabilità, per la collaborazione resistente offerta dai cumuli stessi quando saranno completati anche sull'altra parte dell'argine, verso il lotto limitrofo);
- infine per quelli di separazione tra la discarica esistente e l'ampliamento, sono rappresentate dalle fasi iniziali di costruzione di tali argini che si troveranno a sostenere immediatamente i cumuli di rifiuti già abbancati nella discarica, mentre si verranno a trovare in condizioni statiche di migliore stabilità, quando la coltivazione del lotto di ampliamento limitrofo abbancando i rifiuti anche a valle dell'argine offrirà la collaborazione resistente dei nuovi cumuli stessi abbancati sull'altra parte dell'argine).

Seguendo i criteri suddetti, le Sezioni Tipo più critiche, che sono state scelte per rappresentare le varie situazioni degli argini lungo i confini del solo lotto 1 della discarica, sono indicate nella Planimetria allegata, con indicazione del relativo del tratto omogeneo.

Gli schemi delle Sezioni Tipo sono riprodotti di seguito (la marca e il modello delle geogriglie di rinforzo sono puramente indicativi, sono invece vincolanti le loro caratteristiche meccaniche riportate nelle sezioni tipo).

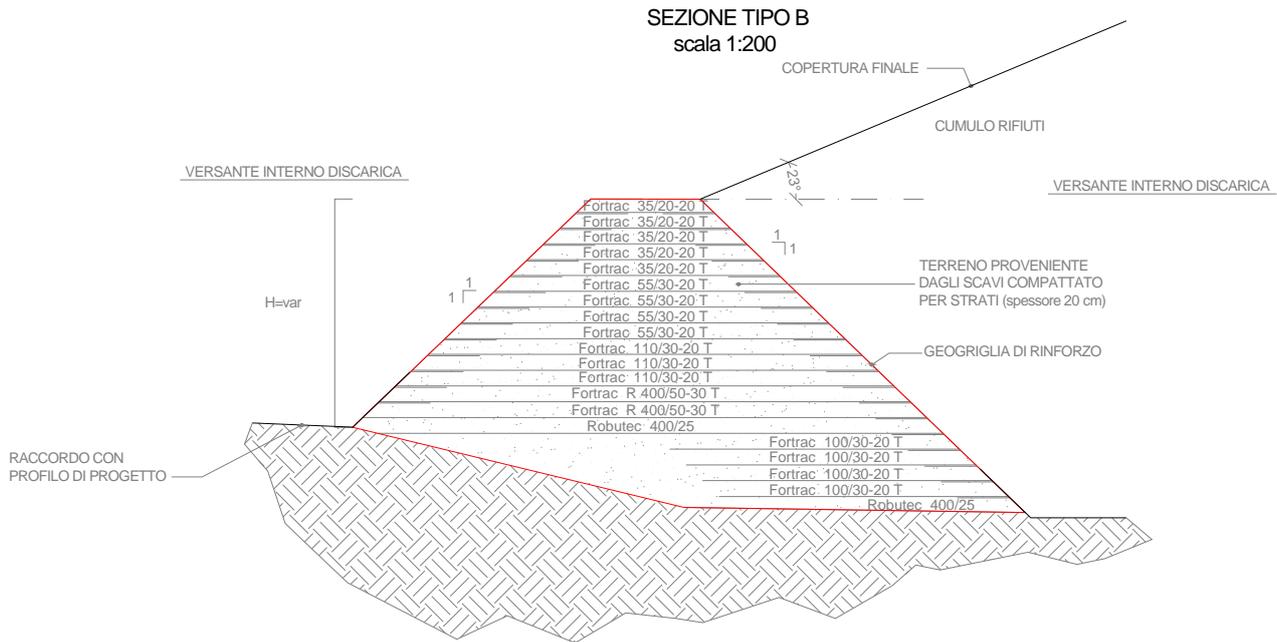


Figura 3 - Sezione Tipo B. (si tratta dell'argine Nord-Ovest del Lotto I°, che lo separa dal Lotto II°) (non in scala).

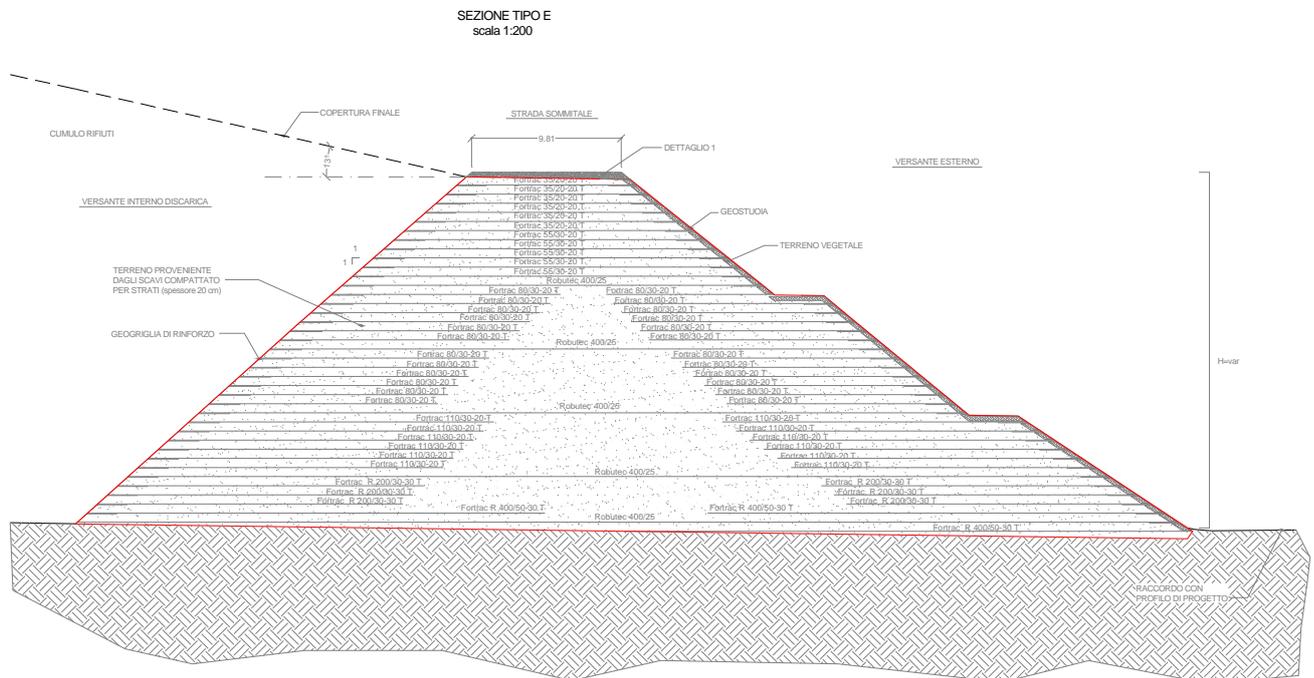


Figura 4 - Sezione Tipo E. (si tratta dell'argine Sud, dell'area di ampliamento della discarica, ubicato a valle del Lotto I° e del Lotto III°, sul quale è previsto il transito di mezzi di trasporto e movimentazione dei rifiuti). (non in scala).

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

**INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL**

**F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0**

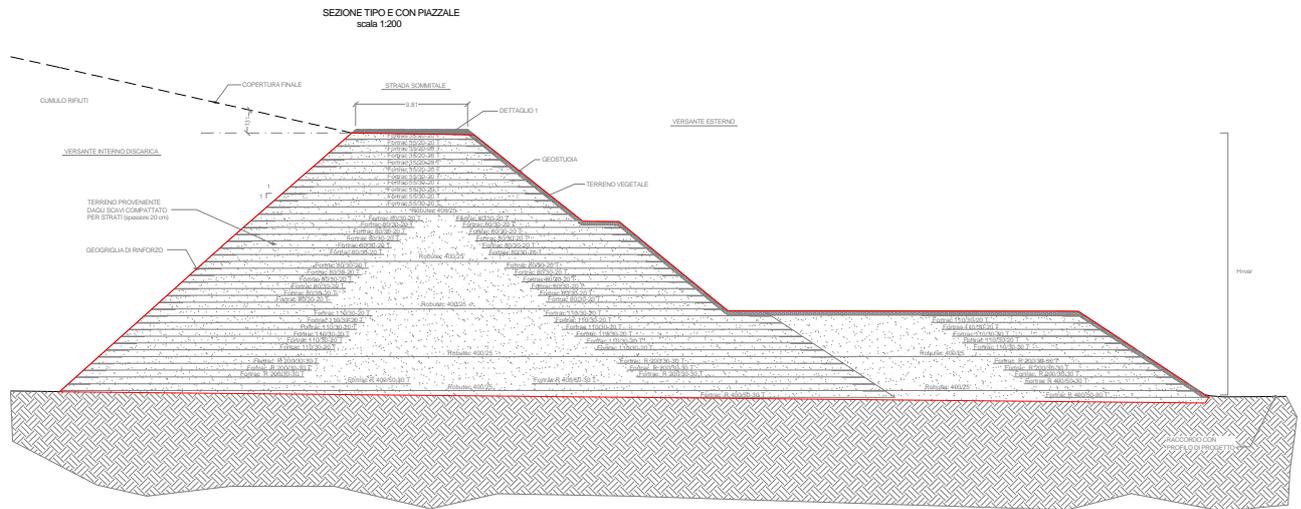


Figura 5 - Sezione Tipo E con Piazzale. (si tratta della parte centrale dell'argine Sud dell'area di ampliamento della discarica, ubicato a valle del Lotto I°, in corrispondenza del piazzale a valle; anche su di esso è previsto il transito di mezzi di trasporto e movimentazione dei rifiuti). (non in scala).

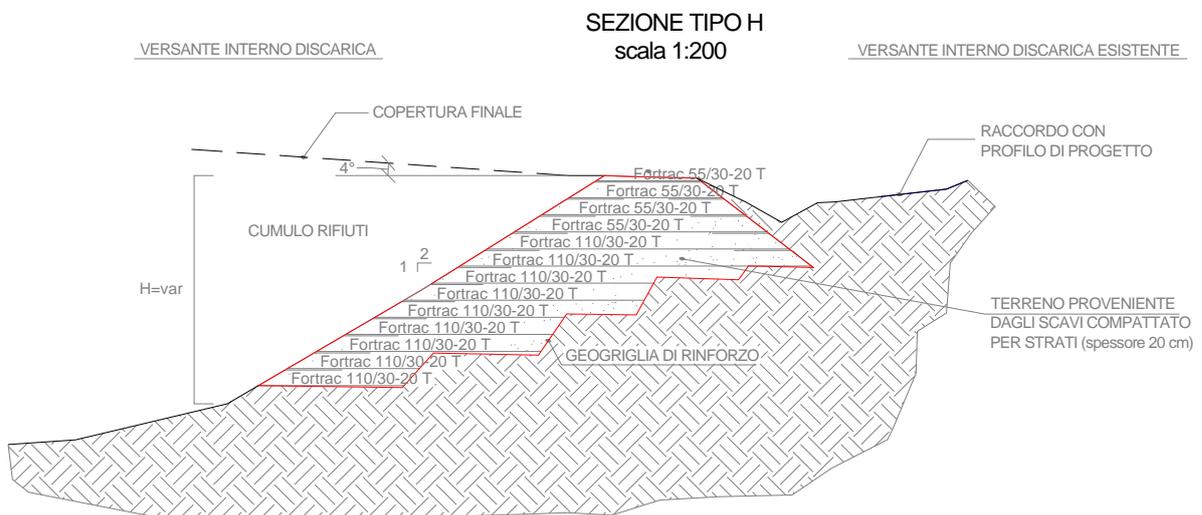


Figura 6 - Sezione Tipo H. (si tratta dell'argine a Ovest dell'area di ampliamento della discarica, nel tratto in cui il Lotto I°, e per un piccolo tratto il Lotto II°, confinano con la discarica esistente, costituendo il sostegno dei cumuli di rifiuti già abbancati). (non in scala)

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0

## 2.2 Caratterizzazione stratigrafica

In sintesi, con riferimento ai risultati dell'indagine geognostica e geotecnica, illustrati nella Relazione geologica e geotecnica del dott. Geol. Pieramelio Baldelli, la successione litostratigrafica che caratterizza la zona è la seguente<sup>1</sup>:

- **Terreno vegetale:** di natura prettamente limo-argillosa, si presenta di colorazione brunastra, ricca in materia organica e resti vegetali. Per uno spessore di 0,5 – 1,2 m;
- **Litotipo A: Coltre colluviale:** limi argillosi da poco a mediamente consistenti. A struttura caotica, con concrezioni carbonati e macule di torba. Rare patine di ossidazione. Di colorazione da nocciola a brunastra, con rare venature grigiastre. A luoghi inclusi sabbiosi. Lo spessore è variabilissimo, in genere con la tendenza ad aumentare andando dalle zone di sommità del rilievo alla base del pendio.

Generalmente si tratta di spessori di pochi metri (3-5). Nel caso del ricordato sondaggio Pd3, anche per la presenza del soprastante riporto, arriva fino alla profondità di 14.70 m. Non è presente nei sondaggi Pd2 e Pd5 dove già era esigua la potenza successivamente sbancata per la realizzazione del ricordato impianto di compostaggio. Nelle prove CPTe è caratterizzata da una resistenza alla punta ( $q_c$ ) generalmente minore di 2-4 MPa;

- **Litotipo B: Fascia eluviale:** si tratta di argille, argille limose consistenti con sottili inclusioni di sabbie fini di colorazione da giallastra a grigiastra. Le argille-limose si presentano di colorazione nocciola, grigiastra variegata. Con rare concrezioni carbonatiche.

Per spessori modesti, generalmente compresi entro 3-4 m. Raggiunge spessori più consistenti nel tratto di pendio indagato con il sondaggio Pd14 (6 m circa) e con la prova CPT7 (7 m circa). Si tratta, di fatto, dell'alterazione del substrato in posto. Al penetrometro è caratterizzata da una resistenza alla punta ( $q_c$ ) pari a 4-6 MPa;

- **Litotipo C: Formazione plio-pleistocenica:** argille, argille marnose grigiastre, molto consistenti e poco plastiche intercalate a sottili livelli di sabbie fini grigiastre. Ben stratificata, a stratificazione sub orizzontale, con strati centimetrici marcati da sottili veli di sabbie fini sempre grigiastre o, più

<sup>1</sup> Vedi Relazione Geologica e Geotecnica del dott. geol. Pieramelio Baldelli [Rif. 2], al paragrafo 4.3 Litostratigrafia di riferimento.

raramente, giallastre. In alcuni tratti della zona indagata il tetto del substrato è praticamente in affioramento (esempio nei sondaggi Pd2, Pd5, Pd10). Nelle zone dove è più profonda, il tetto del substrato è stato rinvenuto alla profondità di 14.0 m circa come nei sondaggi Pd3, Pd13 e Pd14. Al penetrometro la resistenza alla punta è notevole. In genere  $q_c > 8-10$  MPa.

### **2.3 Caratterizzazione geotecnica**

Per le verifiche di stabilità degli argini in terra rinforzata (globale e composita, in presenza del sisma di progetto), nelle loro differenziate funzioni sopra descritte, la caratterizzazione geotecnica è stata fatta per litotipi, vista la omogeneità di comportamento evidenziato dai litotipi stessi nell'ambito dell'area di ampliamento della discarica, come dimostrano i risultati delle prove di laboratorio geotecnico eseguite sui campioni indisturbati prelevati a varie profondità nei sondaggi eseguiti, ed esposte in dettaglio nella Relazione geologica e geotecnica redatta dal dott. Geol. Pieramelio Baldelli<sup>2</sup> e riassunti nelle Figure 7 ÷ 14 seguenti, insieme ai valori caratteristici dei parametri assunti per le verifiche di stabilità in oggetto.

Tale omogeneità si manifesta soprattutto con riferimento ai valori dei parametri di resistenza al taglio drenati (determinati nel corso di prove di taglio diretto<sup>3</sup>), che presidono il comportamento degli argini, e del pendio su cui sono impostati, nelle verifiche di stabilità.

La caratterizzazione stratigrafica di ogni Sezione Tipo è stata impostata sulla base delle sezioni litologiche ricostruite nella Relazione geologica e geotecnica redatta dal dott. Geol. Pieramelio Baldelli, ma con rielaborazioni che hanno utilizzato direttamente le verticali di indagine (sondaggi e prove penetrometriche CPTe) eseguite nelle vicinanze di ognuna delle sezioni in verifica, adoperando per la scelta delle condizioni stratigrafiche, e della posizione della superficie piezometrica, un criterio che facesse riferimento alle condizioni più critiche presenti nell'ambito di validità delle verifiche sulla singola Sezione Tipo in questione.

La caratterizzazione geotecnica ha anche riguardato il terreno che si intende utilizzare per la costruzione del corpo dei rilevati delle terre rinforzate ed i rifiuti, sia quelli già abbancati nell'ambito

<sup>2</sup> Vedi Relazione Geologica e Geotecnica del dott. geol. Pieramelio Baldelli [Rif. 2], al paragrafo, **4.4 Caratterizzazione geotecnica**.

<sup>3</sup> Vedi Relazione Geologica e Geotecnica del dott. geol. Pieramelio Baldelli [Rif. 2], al sotto-paragrafo **4.4.1 Risultati prove di laboratorio** del paragrafo **4.4 Caratterizzazione geotecnica**.

della discarica esistente (per le zone di interferenza con l'ampliamento), sia quelli di futuro abbancamento nei lotti di ampliamento della discarica in progetto.

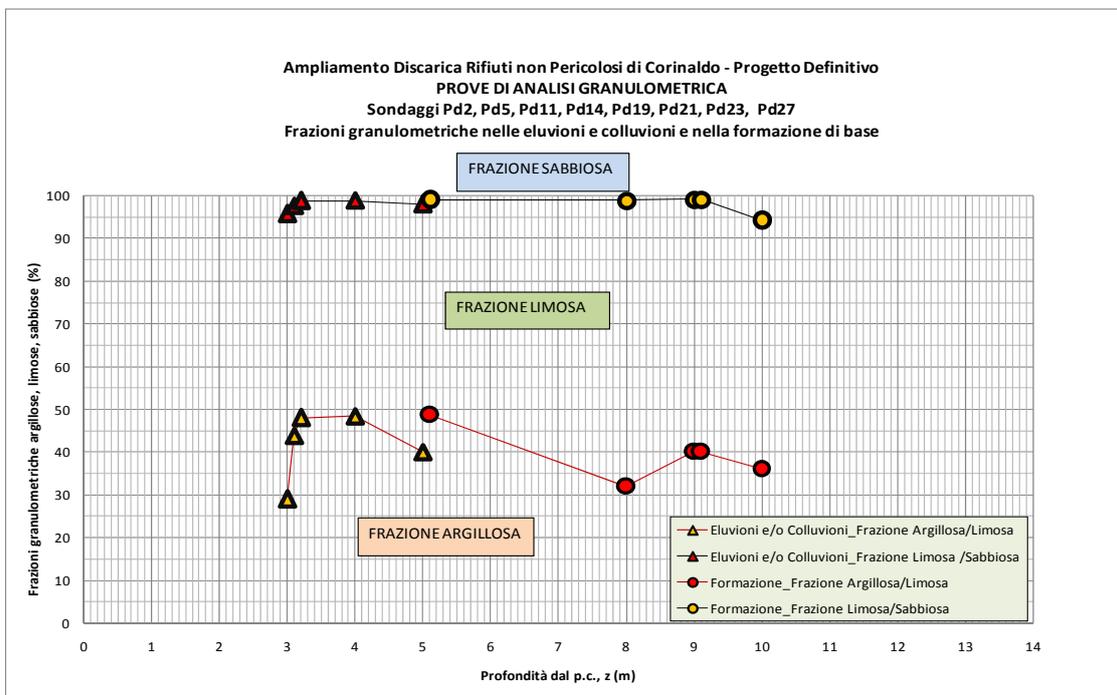


Figura 7 - Andamento della composizione granulometrica dei terreni con la profondità dal p.c..

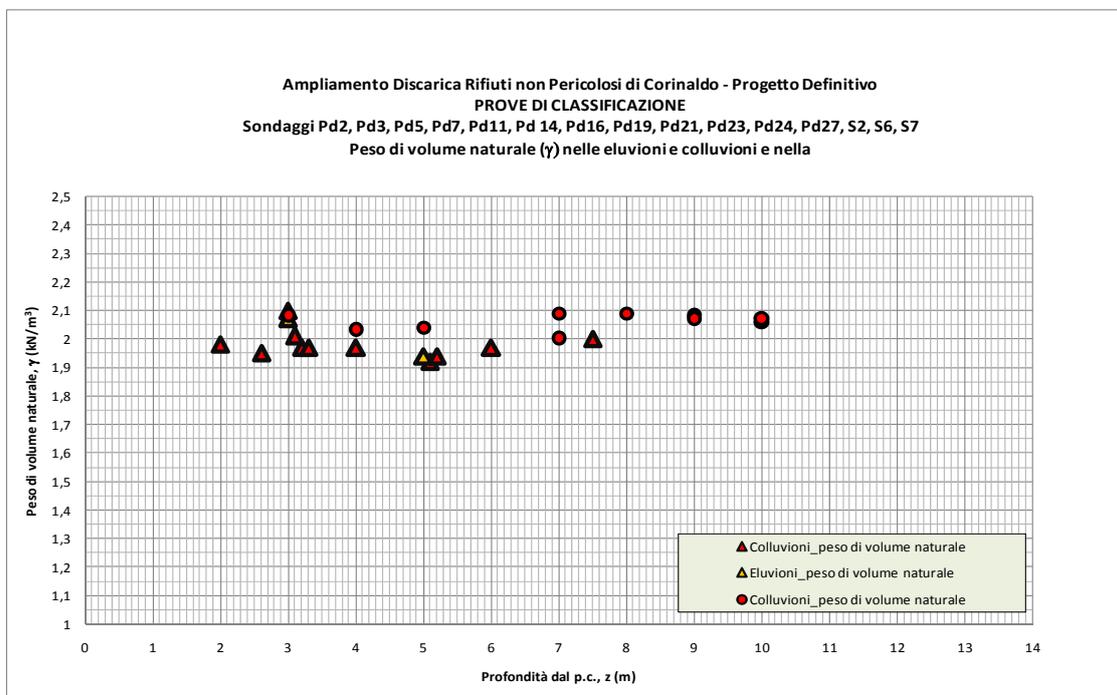


Figura 8 - Andamento del valore del peso di volume naturale dei terreni con la profondità dal p.c.

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0

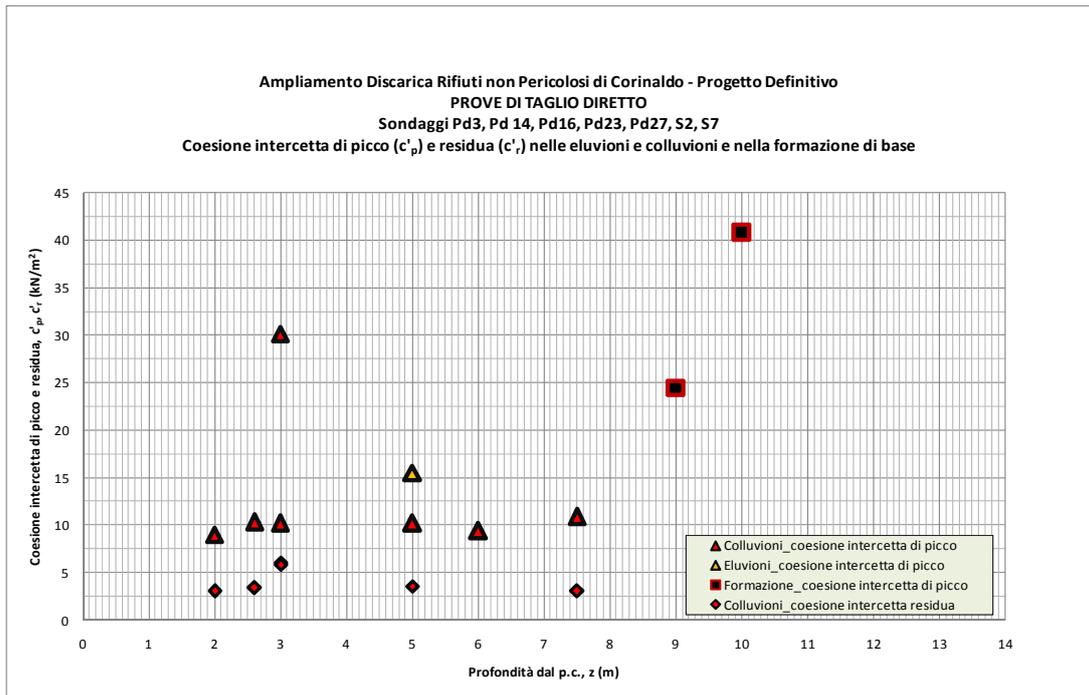


Figura 9 - Andamento dei valori di coesione intercetta dei terreni con la profondità dal p.c..

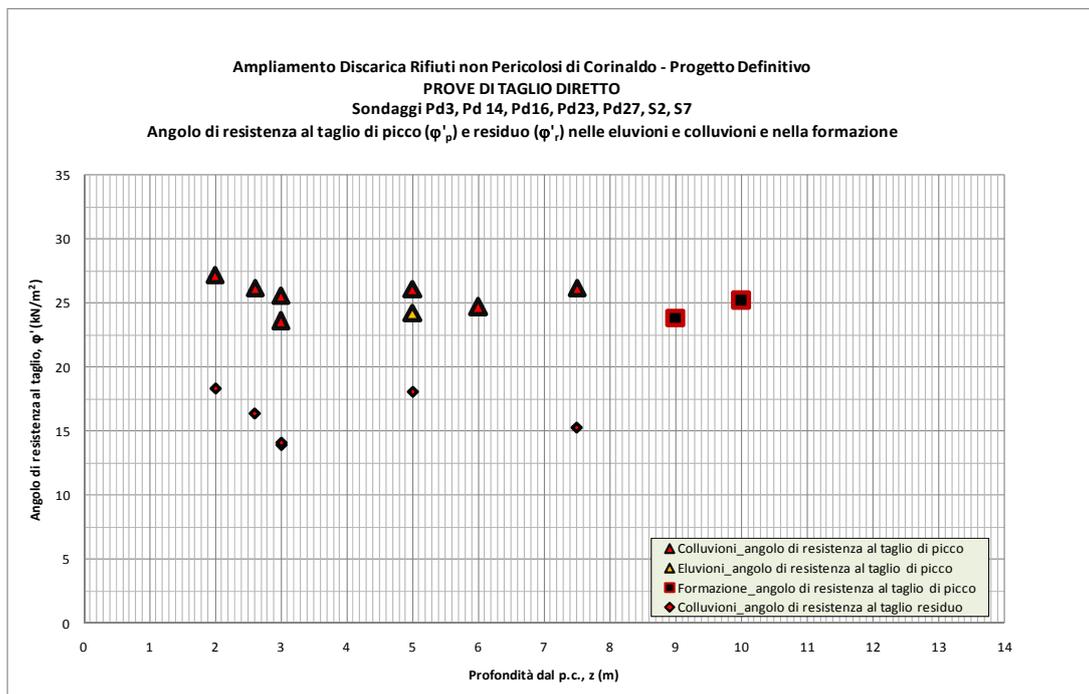


Figura 10 - Andamento dei valori dell'angolo di resistenza al taglio efficaci dei terreni con la profondità dal p.c..

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0

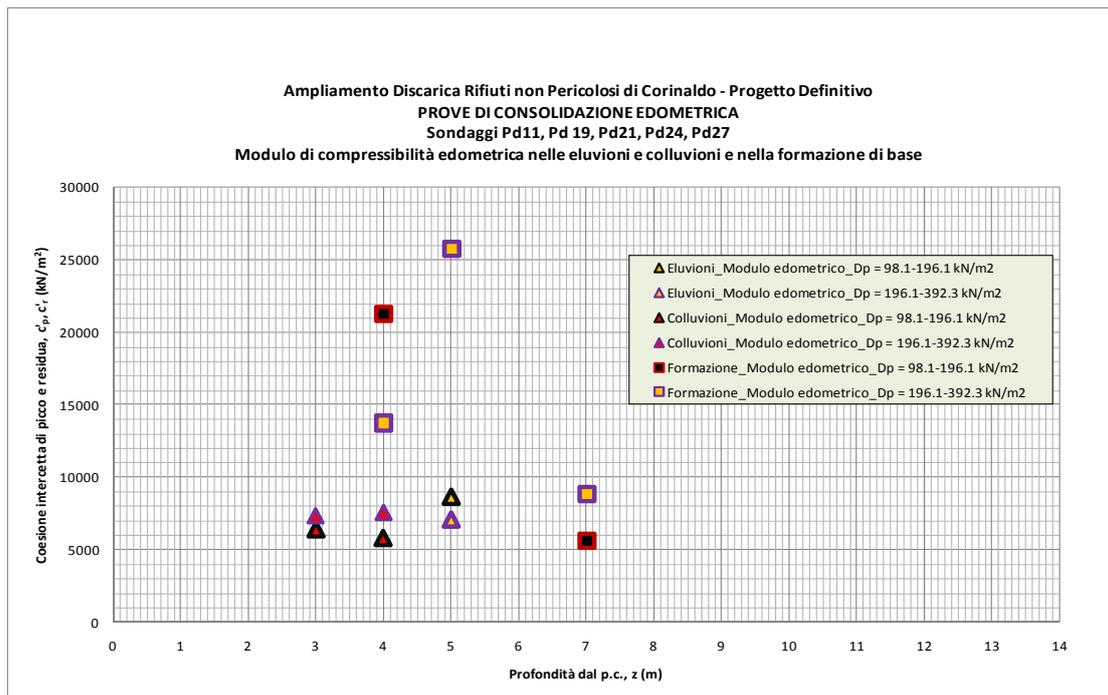


Figura 11 - Andamento dei valori del modulo di deformazione edometrica dei terreni con la profondità dal p.c.-

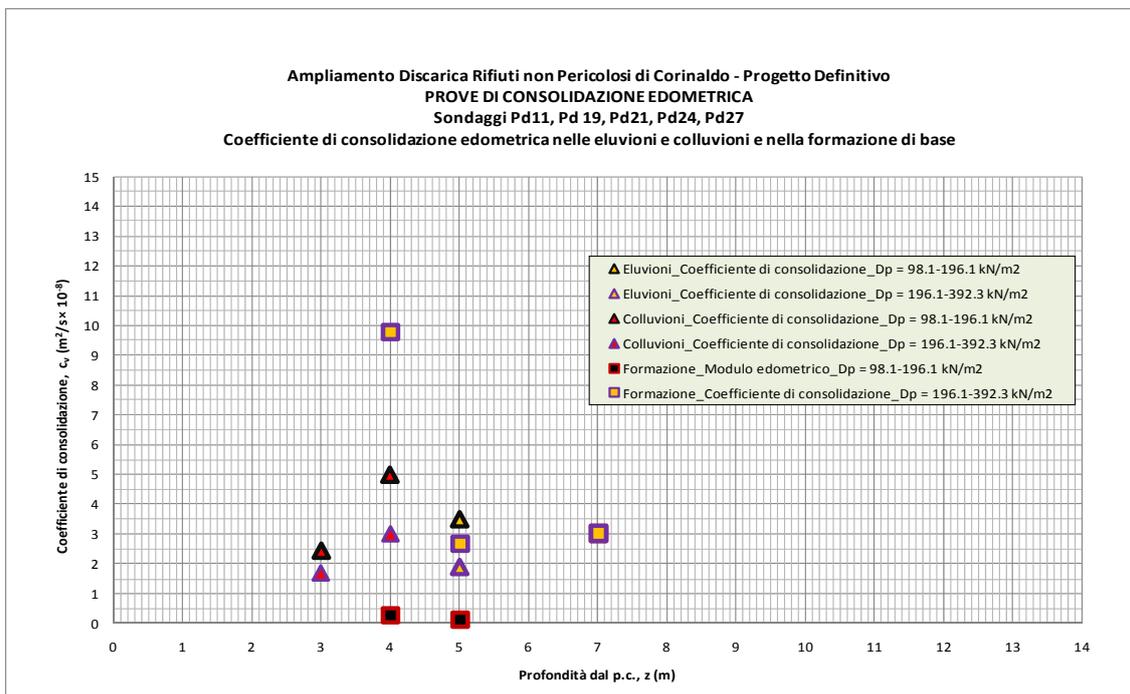


Figura 12 - Andamento dei valori del coefficiente di consolidazione primaria dei terreni con la profondità dal p.c..

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0

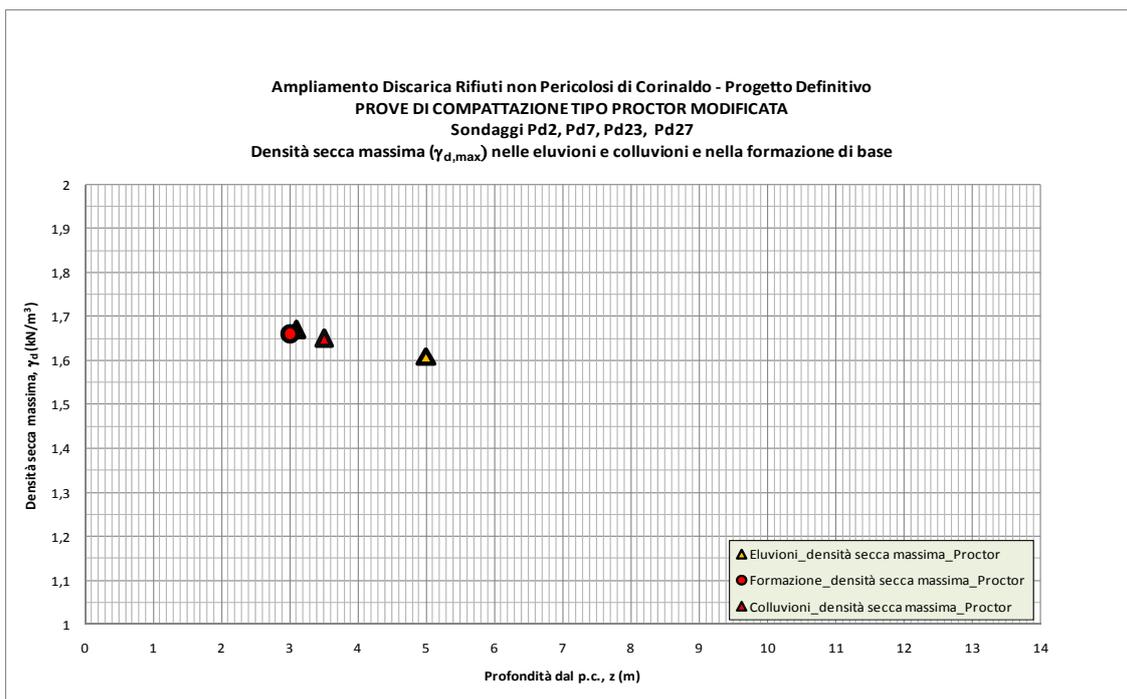


Figura 13 - Andamento dei valori della densità secca massima Proctor Modificata dei terreni con la profondità dal p.c..

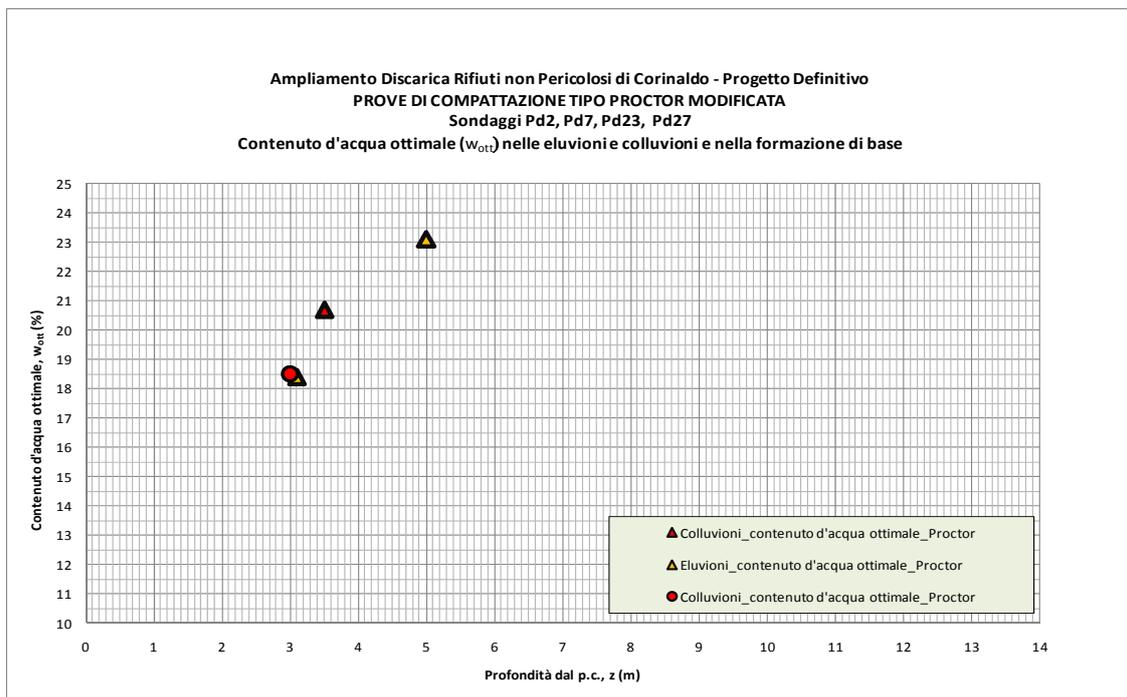


Figura 14 - Andamento dei valori della umidità ottimale di compattazione Proctor Modificata dei terreni con la profondità dal p.c..

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0

Il terreno che si intende utilizzare per la costruzione dei rilevati delle terre rinforzate è il terreno proveniente dagli scavi che si dovranno effettuare nell'ambito dell'area di ampliamento per la predisposizione dei nuovi lotti: si tratterà di terreno proveniente prevalentemente dalle coltri di ricoprimento eluviali e colluviali<sup>4</sup> (con esclusione dello strato superficiale agrario e pedogenizzato), di natura limoso-argillosa e/o argilloso-limosa, ed in parte complementare dalla parte superiore alterata della formazione di base di natura argilloso-marnosa<sup>5</sup>.

Nella caratterizzazione di questo terreno, utilizzato per la costruzione del rilevato della terre rinforzate, si è ipotizzato che, nella posa in opera, si osservino le prescrizioni di buona costruzione, qui di seguito riassunte:

- Posa in opera del terreno in strati dello spessore di 20 cm massimo, compattati<sup>6</sup> al 90% della densità secca massima ed alla umidità ottimale ( $\pm 2\%$ ) determinate nel corso di una prova Proctor modificata<sup>7</sup>, utilizzando rulli “a zampa di pecora” o similari<sup>8</sup>, adatti per compattare con efficienza terreni coesivi;

<sup>4</sup> Con riferimento alla Relazione Geologica e Geotecnica del dott. geol. Pieramelio Baldelli [Rif. 2], al paragrafo **4.3 Litostratigrafia di riferimento**:

**Litotipo A: Coltre colluviale:** limi argillosi da poco a mediamente consistenti. A struttura caotica, con concrezioni carbonati e macule di torba. Rare patine di ossidazione. Di colorazione da nocciola a brunastra, con rare venature grigiastre. A luoghi inclusi sabbiosi.

**Litotipo B: Fascia eluviale:** si tratta di argille, argille limose consistenti con sottili inclusioni di sabbie fini di colorazione da giallastra a grigiastra. Le argille-limose si presentano di colorazione nocciola, grigiastra variegata. Con rare concrezioni carbonatiche.

<sup>5</sup> Con riferimento alla Relazione Geologica e Geotecnica del dott. geol. Pieramelio Baldelli [Rif. 2], al paragrafo **4.3 Litostratigrafia di riferimento**:

**Litotipo C: Formazione plio-pleistocenica:** argille, argille marnose grigiastre, molto consistenti e poco plastiche intercalate a sottili livelli di sabbie fini grigiastre. Ben stratificata, a stratificazione sub orizzontale, con strati centimetrici marcati da sottili veli di sabbie fini sempre grigiastre o, più raramente, giallastre.

<sup>6</sup> La compattazione del terreno, è definita come il metodo atto ad aumentare meccanicamente la densità del terreno e quindi la sua capacità portante, migliorando la propria stabilità ed impermeabilità e riducendo così al minimo i rischi di assestamento.

<sup>7</sup> La Prova Proctor Modificata dovrà essere eseguita in accordo alle norme CNR BU n° 69/73, oppure UNI EN 13286-2:2005 oppure alle raccomandazioni internazionali ASTM D 1557 o AASHTO T 180.

<sup>8</sup> Rulli a “zampa di pecora” o a “denti tronco piramidali” o a zampa di montone” sono formati da un rullo d'acciaio munito di punte di varia forma, e possono essere trainati o semoventi. Si differenziano tra loro per la forma delle punte. Le punte esercitano un'azione di punzonamento e taglio nello spessore di terreno direttamente interessato. Tra tutti i tipi di rulli, quelli a “zampa di pecora” si sono dimostrati i più adatti a terreni coesivi. Essi esercitano pressioni elevate, in un primo tempo compattano gli strati più bassi, poi la loro azione si trasferisce gradualmente in superficie affinché il terreno sottostante acquisti resistenza. Tali rulli contribuiscono anche alla miscelazione del terreno.

- Inserimento di dreni, sia alla base che a tergo dei rilevati in terra rinforzata, mediante interposizione di geocomposito drenante idoneo a sopportare, senza perdere la propria trasmissività, le pressioni litostatiche cui sarà sottoposto in fase di posa e di esercizio (vista l'altezza non trascurabile di molti dei rilevati in terra rinforzata); le acque così drenate dovranno essere raccolte e smaltite in reti di scarico indirizzate a valle dell'area della discarica;
- Dotazione di opere di regimazione delle acque superficiali, opportunamente ubicate a monte dei rilevati in terra rinforzata; anche le acque così raccolte dovranno essere smaltite in reti di scarico indirizzate a valle dell'area della discarica.

I parametri di resistenza al taglio assunti nelle verifiche di stabilità (globali e composite), per i litotipi interessati per il terreno di costruzione dei rilevati in terra rinforzata, e dei rifiuti (quelli abbancati nella discarica esistente e quelli di futuro abbancamento nei lotti di ampliamento) sono di seguito esplicitati. Per la definizione dei parametri geotecnici di caratterizzazione dei rifiuti si è fatto riferimento a dati di letteratura tecnica<sup>9</sup> che si adattano alle modalità di abbancamento, per strati di rifiuti compattati e ricoperti con terreno, che si sono adottati nella discarica esistente, e che si intendono adottare nella coltivazione dei lotti di ampliamento.

### **Litotipo A e B: Coltre di copertura colluviale e Fascia eluviale**

**Coltre colluviale** (limi argillosi da poco a mediamente consistenti. A struttura caotica, con concrezioni carbonati e macule di torba. Rare patine di ossidazione. Di colorazione da nocciola a brunastra, con rare venature grigiastre. A luoghi inclusi sabbiosi) e,

**Fascia eluviale** (argille, argille limose consistenti con sottili inclusioni di sabbie fini di colorazione da giallastra a grigiastra. Le argille-limose si presentano di colorazione nocciola, grigiastra variegata. Con rare concrezioni carbonatiche).

peso di volume medio:	$\gamma$	=	20 kN/m <sup>3</sup>
coesione intercetta:	$c'$	=	10 kN/m <sup>2</sup>
angolo di resistenza al taglio:	$\varphi'$	=	25°

<sup>9</sup> Per l'attribuzione ai rifiuti abbancati dei parametri da utilizzare nelle verifiche di stabilità si può fare riferimento ai seguenti valori caratteristici (Oweis & Khera, 1990; Landva e Clark, 1990; Jessberger & Kockel, 1991, 1993; Manassero et al., 1996):

- peso di volume medio:  $\gamma = 1 \div 1.2 \text{ t/m}^3 = 10 \div 12 \text{ kN/m}^3$ ;
- angolo di attrito interno:  $\varphi' = 25^\circ \div 30^\circ$  (= angolo di resistenza al taglio efficace);
- coesione:  $c' = 0.5 \div 2 \text{ t/m}^2 = 5 \div 20 \text{ kN/m}^2$ .

**Litotipo C: Formazione plio-pleistocenica**

argille, argille marnose grigiastre, molto consistenti e poco plastiche intercalate a sottili livelli di sabbie fini grigiastre. Ben stratificata, a stratificazione sub orizzontale, con strati centimetrici marcati da sottili veli di sabbie fini sempre grigiastre o, più raramente, giallastre.

peso di volume medio:	$\gamma$	=	20.5 kN/m <sup>3</sup>
coesione intercetta:	$c'$	=	25 kN/m <sup>2</sup>
angolo di resistenza al taglio:	$\varphi'$	=	24°

**Rifiuti solidi urbani**

**Rifiuti** abbancati nella discarica esistente.

peso di volume medio:	$\gamma$	=	12 kN/m <sup>3</sup>
coesione intercetta:	$c'$	=	0.0 kN/m <sup>2</sup>
angolo di resistenza al taglio:	$\varphi'$	=	25°

**Rifiuti** di futuro abbancamento nei lotti di ampliamento.

peso di volume medio:	$\gamma$	=	12 kN/m <sup>3</sup>
coesione intercetta:	$c'$	=	10 kN/m <sup>2</sup>
angolo di resistenza al taglio:	$\varphi'$	=	25°

**Terra rinforzata**

**Terreno di scavo**, ricompattato in strati (secondo le modalità precedentemente esposte).

peso di volume medio:	$\gamma$	=	19 kN/m <sup>3</sup>
coesione intercetta:	$c'$	=	0.0 kN/m <sup>2</sup>
angolo di resistenza al taglio:	$\varphi'$	=	24°

La quota della falda, in generale, è stata assunta coincidente con la superficie superiore della formazione di base. Solo in situazioni particolari, per la presenza di dreni appositamente costruiti alla base o a tergo delle terre rinforzate, l'andamento della falda è stato conseguentemente variato.

Inoltre, alla base dei cumuli di rifiuto, si è considerato un battente d'acqua di 1.0 m di altezza rispetto al fondo dei cumuli (per tenere conto della presenza della membrana impermeabilizzante in HDPE).

## **2.4 Carichi esterni accidentali sulla viabilità in testa all'argine**

Per quanto riguarda i **carichi esterni** da applicare sulla parte superiore di quegli argini in terra rinforzata ove è previsto che vi transiteranno i mezzi di interni alla discarica: camion e mezzi di movimentazione e trasporto rifiuti, si è applicato un valore di carico permanente equivalente, uniformemente distribuito, pari a:

$$q = 200 \text{ kg/m}^2 = 2.0 \text{ kN/m}^2$$

## **2.5 Verifiche di stabilità**

Le verifiche di stabilità sono state eseguite con il metodo dell'equilibrio limite globale, tenendo conto della presenza del sisma, in condizioni pseudo statiche.

Il metodo "dell'equilibrio limite" consiste nell'individuare diverse possibili superfici di scivolamento, coinvolgenti uno o più materiali, e nell'analizzare, per ciascuna di esse, l'equilibrio allo scivolamento del cuneo di materiali soprastanti, considerato come se fosse rigido.

I vari metodi di calcolo dell'equilibrio limite disponibili in letteratura tecnica (Bishop, 1955; Janbu, 1973; Morgenstern e Price, 1965; Fellenius, 1927; ecc.), si basano tutti sulle ipotesi seguenti:

- il coefficiente di sicurezza (FS) è definito come rapporto tra resistenza al taglio e sforzo di taglio mobilitato lungo la ipotetica superficie di scorrimento;
- il coefficiente di sicurezza è assunto costante in tutti i punti della superficie di scorrimento;
- la rottura avviene per il raggiungimento, contemporaneamente in tutti i punti della superficie di scorrimento, della resistenza al taglio limite.

Per condurre le verifiche di stabilità è stato utilizzato il codice di calcolo GGU-STABILITY - *Slope Stability Analysis and Analysis of Soil Nailing and Reinforced Earth Walls – Version 8.28<sup>10</sup>*, lungo superfici di scivolamento circolari, utilizzando gli algoritmi di Bishop e/o Krey. Il programma

---

<sup>10</sup> GGU-STABILITY - Slope stability analysis and analysis of soil nailing and reinforced earth walls to DIN 4084 and EC 7 - VERSION 8.28 - Copyright: Technical implementation and sales: February 2012 Prof. Dr. Johann Buß Civilserve GmbH, Steinfeld  
The GGU-STABILITY program system allows slope failure investigations according to German Standard DIN 4084, DIN 4084:1996 and DIN 4084:2009, using circular slip surfaces (Bishop or Krey) and polygonal slip surfaces (Janbu, General Wedge method and Vertical slice method). Further- more it is possible to investigate soil nailing and reinforced earth walls. The formulas and relation- ships given in DIN 4084 are used.  
The fundamentals of analysis using partial factors are given in EC 7/DIN 1054:2005. DIN 4084 contains the calculation procedures (Bishop, Janbu, General wedge method, etc.).

utilizzato è in grado di tenere conto del rinforzo del terrapieno e/o dell'argine con geosintetici (geogriglie).

Il codice di calcolo GGU-STABILITY consente di eseguire analisi di stabilità utilizzando coefficienti di sicurezza parziali sia secondo le norme DIN 1054:2005 che le norme EC 7.

Le verifiche sono state effettuate in osservanza delle prescrizioni della NTC (D.M. 14.01.2008), espresse nel Capitolo 6.8 OPERE DI MATERIALI SCIOLTI E FRONTI DI SCAVO, ed in particolare, nel paragrafo 6.8.2 VERIFICHE DI SICUREZZA (SLU), che di seguito sono riportate in stralcio.

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione:

$$E_d \leq R_d \quad (6.2.1)$$

Dove,

$E_d$  è il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione;

$R_d$  è il valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico;

verificando che non si raggiunga una condizione di stato limite ultimo con i valori di progetto delle azioni e dei parametri geotecnici.

Le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1:

Combinazione 2: (A2+M2+R2)

tenendo conto dei valori dei coefficienti parziali riportati nelle Tabelle 6.2.I, 6.2.II e 6.8.I.

**Tabella 6.8.I** – *Coefficienti parziali per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e di fronti di scavo.*

Coefficiente	<b>R2</b>
$\gamma_R$	1.1

La stabilità globale dell'insieme manufatto-terreno di fondazione deve essere studiata nelle condizioni corrispondenti alle diverse fasi costruttive, al termine della costruzione e in esercizio.

Le verifiche locali devono essere estese agli elementi artificiali di rinforzo, eventualmente presenti all'interno ed alla base del manufatto, con riferimento anche ai problemi di durabilità. Nel caso di manufatti su pendii si deve esaminare l'influenza dell'opera in terra sulle condizioni generali di sicurezza del pendio, anche in relazione alle variazioni indotte nel regime idraulico del sottosuolo

Nelle verifiche di stabilità, le tensioni di progetto dei geosintetici di rinforzo sono state determinate applicando una serie di fattori di riduzione secondo quanto previsto dal British Standard BS 8006. Tali fattori sono ricavati dai rispettivi certificati rilasciati dall'istituto di accreditamento ERA.

Si ha dunque che:

$$P_a = \left[ \frac{P_{ult} \cdot RF_{creep}}{f_{m11} \cdot f_{m12} \cdot f_{m21} \cdot f_{m22}} \right]$$

dove i coefficienti hanno il seguente significato:

- $P_a$ : tensione di progetto;
- $P_{ult}$  [kN/m]: tensione nominale di rottura istantanea (a breve termine);
- $RF_{creep}$ : fattore di riduzione per creep considerando una vita utile di 120 anni;
- $f_{m11}$ : fattore di riduzione per la variabilità della produzione;  
 $f_{m11} = 1,00$  dal momento che la Huesker Synthetic GmbH è azienda certificata ISO 9001:2000 ed i valori della resistenza ultima sono valori caratteristici (secondo quanto previsto dal British Standard);
- $f_{m12}$ : fattore di riduzione per estrapolazione dei dati (considerando una vita utile di 120 anni);
- $f_{m21}$ : fattore di riduzione per danneggiamento meccanico (considerando come materiale di riempimento ghiaia sabbiosa);
- $f_{m22}$ : fattore di riduzione per effetti ambientali (considerando pH 4,0÷9,0);

Per i rinforzi considerati, i coefficienti assumono i seguenti valori (vedi Tabella 1) seguente.

Tabella 1 - Tensioni di progetto e fattori di riduzione dei geosintetici di rinforzo utilizzati per le varie sezioni sottoposte a verifica di stabilità.

MATERIALE	$P_{ult}$	$RF_{creep}$	$f_{m11}$	$f_{m12}$	$f_{m21}$	$f_{m22}$	$P_a$
<b>FORTRAC® 35/20-20 T</b>	35 kN/m	0,660	1,00	1,05	1,15	1,09	<b>27,58 kN/m</b>
<b>FORTRAC® 55/30-20 T</b>	55 kN/m	0,660	1,00	1,05	1,15	1,09	<b>27,58 kN/m</b>
<b>FORTRAC® 80/30-20 T</b>	80 kN/m	0,660	1,00	1,05	1,15	1,09	<b>40,12 kN/m</b>
<b>FORTRAC® 110/30-20 T</b>	110 kN/m	0,660	1,00	1,05	1,10	1,09	<b>57,67kN/m</b>
<b>FORTRAC® R 200/30-30 T</b>	200 kN/m	0,660	1,00	1,05	1,10	1,09	<b>104,85 kN/m</b>

<b>FORTRAC® R 400/30-30 T</b>	400 kN/m	0,660	1,00	1,05	1,05	1,09	<b>219,68 kN/m</b>
<b>ROBUTEC® 400/25</b>	400 kN/m	0,655	1,00	1,15	1,07	1,06	<b>200,87 kN/m</b>

La marca e il modello delle geogriglie riportate in tabella, sono puramente indicativi, sono invece vincolanti i valori delle loro caratteristiche meccaniche.

### 2.5.1 Stabilità in condizioni sismiche

La stabilità in condizioni sismiche è stata valutata mediante il metodo pseudo-statico, in cui il coefficiente sismico,  $k_h$ , viene calcolato come (par. 7.11.3.5.2 delle NTC del D.M. 14.01.2008):

$$k_h = \beta_s \cdot \frac{a_{\max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 \cdot k_h$$

Dove (con riferimento alla Relazione Geologica e Geotecnica del dott. geol Pieramelio Baldelli)<sup>11</sup>:

$$\beta_s = 0.28 = \text{coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito}^{12};$$

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1.385 \times 1.0 \times 0.214 = 0.296 g = \text{accelerazione orizzontale massima attesa al sito};$$

$g$  = accelerazione di gravità

Da cui si ottengono i valori dei coefficienti sismici orizzontali e verticali:

$$k_h = 0.083$$

$$k_v = 0.041$$

Come già detto, le analisi di stabilità in condizioni sismiche sono eseguite assegnando ai materiali ed ai terreni interessati i valori caratteristici dei parametri geotecnici.

### 2.5.2 Risultati delle verifiche di stabilità in condizioni sismiche

I risultati ottenuti sono illustrati, per ogni Sezione Tipo, in termini di verifica di stabilità composta (interna), verifica di stabilità globale opera-terreno e composizione (indicazione della tipologia e posizionamento delle geogriglie di rinforzo) nelle Figure 16 ÷ 25 seguenti.

Gli stessi risultati delle verifiche sono altresì riassunti nella Tabella 2 seguente.

<sup>11</sup> In particolare, ci si riferisce ai paragrafi **4.7 Sismicità** e **4.8 Verifiche di stabilità** (al sottoparagrafo 4.8.1 Metodologia) della Relazione geologica e Geotecnica.

<sup>12</sup> Categoria di sottosuolo C.

Tabella 2 - Sezioni Tipo - Verifiche di stabilità composta e globale in condizioni sismiche.

Sezione Tipo	Tipo di Verifica di Stabilità	Utilization Factor $\mu = 1/FS$	Global Safety Factor $FS = 1/\mu$
B	Composta	0.88	1.14
	Globale	0.74	1.35
E	Composta 1	0.91	1.10
	Composta 2	0.91	1.10
	Globale	0.88	1.14
H	Globale	0.82	1.22
	Composta	0.91	1.10

I tabulati di calcolo delle verifiche di stabilità (composte e globali) delle singole Sezioni Tipo prese in considerazione sono riprodotti negli Allegati 1 ÷ 3.

## **2.6 Sezione Tipo E - Valutazione dei cedimenti**

Al fine di prevedere l'entità dei cedimenti, indotti a lungo termine, dall'argine di dimensioni maggiori (Sezione Tipo E) sul terreno di fondazione, sono stati eseguiti alcuni calcoli di valutazione dei cedimenti lungo le varie sezioni topografiche (dalla 14 alla 19, con riferimento alle Planimetrie delle Figure 2 e 3) tracciate trasversalmente allo sviluppo longitudinale della Sezione Tipo E.

Sono stati valutati i cedimenti indotti dalla presenza del solo argine in terra rinforzata (condizione ipotetica)<sup>13</sup>, e sono stati anche valutati i cedimenti nelle condizioni di completo abbancamento dei rifiuti nel Lotto I°, immediatamente a monte dell'argine della Sezione Tipo E.

Per la caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del terreno di fondazione dell'argine, ed in particolare della compressibilità, si è fatto riferimento ai risultati dei sondaggi (Pd22, Pd 23, Pd 24, Pd 25) e delle prove penetrometriche statiche (CPT11, CPT12) eseguite lungo lo sviluppo dell'argine, ed in particolare ai risultati delle prove edometriche eseguite sui campioni prelevati dai sondaggi ed alle interpretazioni, in termini di modulo di deformazione confinato, delle prove CPT.

<sup>13</sup> La condizione di permanenza del solo argine Sezione Tipo E per tutto il tempo di sviluppo dei cedimenti è una condizione teorica, in quanto dopo la fine della costruzione dell'argine si procederà all'abbancamento dei rifiuti nel Lotto I° a monte, abbancamenti che indurranno anch'essi cedimenti sul terreno di fondazione.

In considerazione che la fondazione dell'argine in terra rinforzata poggerà sulla formazione di base, la stratigrafia adottata per la valutazione dei cedimenti è rappresentata nella seguente Tabella 3 che tiene conto dell'aumento di rigidità della formazione con la profondità.

Tabella 3 - Schema stratigrafico e geotecnico del terreno di fondazione per la valutazione dei cedimenti sotto l'argine della Sezione Tipo E.

Strati	Prof (m)	Div (-)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$M_0$ (kN/m <sup>2</sup> )
Formazione di base superficiale alterata	0,0	5	20,5	15000
Formazione di base poco alterata	5,0	3	21	30000
Formazione di base integra	8,0	17	22	50000
Formazione di base integra profonda	25,0	25	22	60000
	50,0			

I risultati ottenuti sono rappresentati nei vari riquadri della Figura 26 seguente, ove, per l'incidenza dei vari corpi di rilevato, lungo lo sviluppo longitudinale della Sezione Tipo E, si hanno cedimenti che vanno da 4.4÷5.0 cm nelle sezioni estreme 14 e 19, a 21.7÷24.4 cm nelle sezioni intermedie 15 e 16, fino ai 33.6÷39.3 delle sezioni centrali 17 e 18 che hanno la maggiore altezza.

Nel caso della sezione 18 che risulta la più imponente e che da luogo ai maggiori cedimenti (39.3 cm) nel caso di sola presenza dell'argine, è stato valutato anche il valore dei cedimenti considerando la presenza anche degli abbancamenti di rifiuti quando saranno completati: il cedimento nella parte a monte dell'argine, verso il cumulo dei rifiuti, si omogeneizza con valori che vanno da 42,7 cm a 41,2 cm ad un massimo di 44.0 cm.

In definitiva, nella condizione finale di completo abbancamento dei rifiuti, di lunghissimo periodo considerando i lunghissimi tempi di sviluppo dei cedimenti, e considerando che nel frattempo saranno costruiti i cumuli di rifiuti a monte, non causeranno sollecitazioni critiche per la membrana, visto l'andamento dei cedimenti attesi (vedi ultimo riquadro della Figura 26).

Con riferimento alla Figura 12, assumendo per il coefficiente di consolidazione verticale, i valori più ricorrenti e compresi tra  $c_v = 2 \div 3 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ , la valutazione del tempo di sviluppo dei cedimenti nel tempo, in funzione dello spessore  $H_{50}$  degli strati coesivi poco permeabili, tra due successivi livelli drenanti, può essere valutato con la formula seguente:

$$t_{90} = \frac{H_{50}^2 \cdot 0.848}{c_v}$$

ed ha dato i risultati illustrati nella sottostante Figura 15.

In definitiva, perché si sviluppi il 90% del cedimento totale di consolidazione primaria, vista la bassissima permeabilità dei terreni di fondazione, saranno necessari, per spessori degli strati coesivi di almeno 5 m, più di 20 o 30 anni, e per spessori degli strati coesivi di almeno 6 m, più di 30 o 40 anni. Le stratificazioni dei terreni di fondazione consentono di assumere questi valori.

Pertanto, lo sviluppo della quasi totalità dei cedimenti previsti e conseguenti al consolidamento, si svilupperà quando anche gli abbancamenti di rifiuti presenti a monte saranno presumibilmente completati.

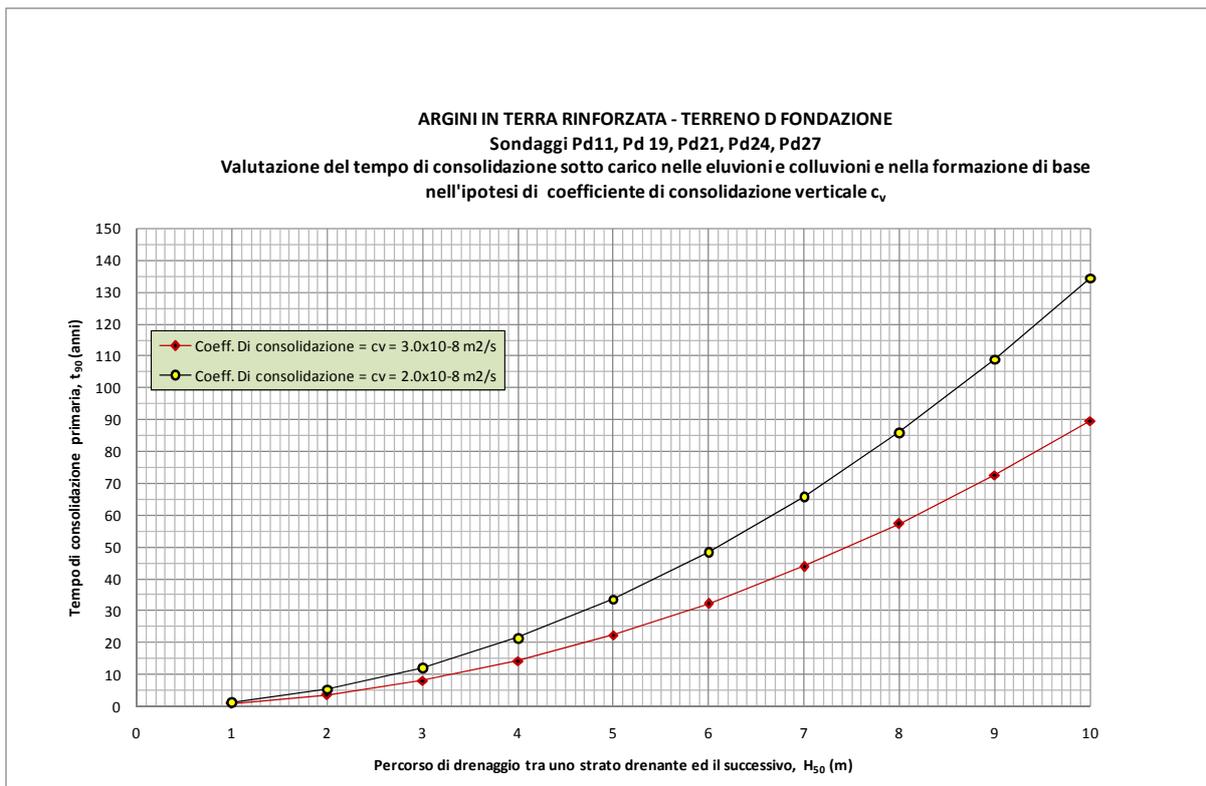


Figura 15 – Andamento dei cedimenti di consolidazione primaria con il tempo, in funzione dello spessore degli strati coesivi poco permeabili tra due successivi strati drenanti.conclusioni

### 3. RACCOMANDAZIONI CONCLUSIVE

Per il buon funzionamento delle opere verificate nella presente relazione è fondamentale che siano dotate di drenaggio a tergo, come peraltro prescritto dalle NTC (paragrafo 6.5.1 Criteri generali di Progetto delle Opere di sostegno, che si applicano anche alle paratie ed alle terre rinforzate con funzione di sostegno) e prescritto anche nel paragrafo 2 della presente relazione.

Vista la natura dell'intervento, che si applica su pendii in terreni coesivi, sarà anche di fondamentale importanza dotare le opere suddette di presidi di regimazione delle acque superficiali a monte.

Sia per i drenaggi che per la regimazione delle acque superficiali particolare cura dovrà essere usata nel predisporre la raccolta e lo smaltimento a valle delle acque drenate e raccolte, evitando che esse vadano ad imbibire i versanti interni e circostanti il primo lotto di ampliamento della discarica.

Si richiama infine l'attenzione a quanto dichiarato al paragrafo **4.8.3 Sintesi dei risultati delle verifiche di stabilità** della relazione geologica e geotecnica del dott. geol. Pieramelio Baldelli: si raccomanda di stabilizzare i versanti eterni ed a monte dell'area di ampliamento della discarica, in modo da assicurarne la stabilità, prevenendo la loro saturazione nel corso dei periodi piovosi: tale stabilizzazione potrà essere ottenuta predisponendo drenaggi (mediante trincee drenanti) nei pendii ove le verifiche di stabilità eseguite dal geologo e l'ispezione geomorfologica hanno evidenziato potenziali instabilità (in particolare i pendii delle Sezioni 7, 15, 16 e I).

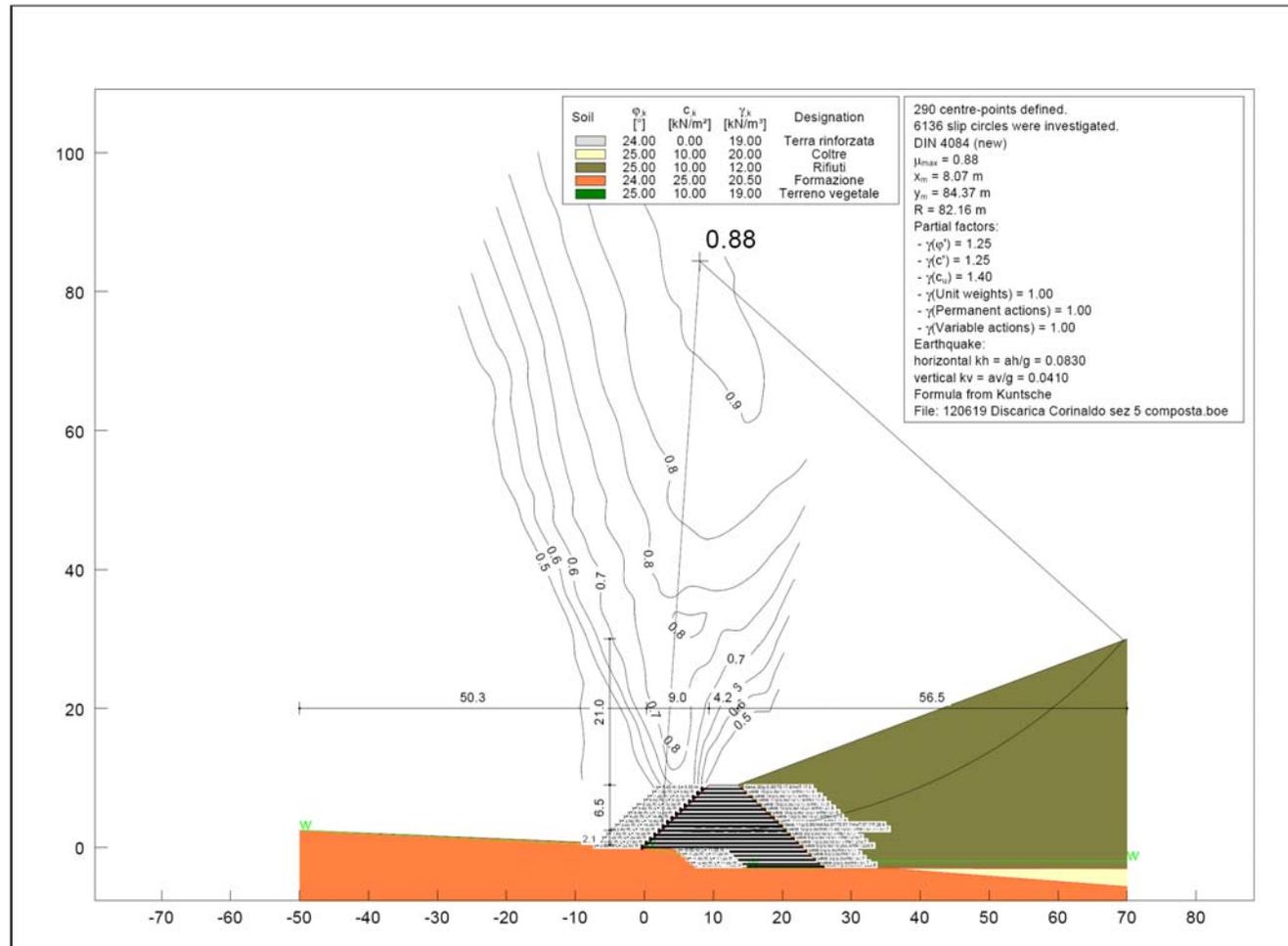


Figura 16 - Sezione Tipo B - Verifica di Stabilità Composta 2 (Fattore di Sicurezza =  $1/\mu = FS = 1.14$ ).

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0

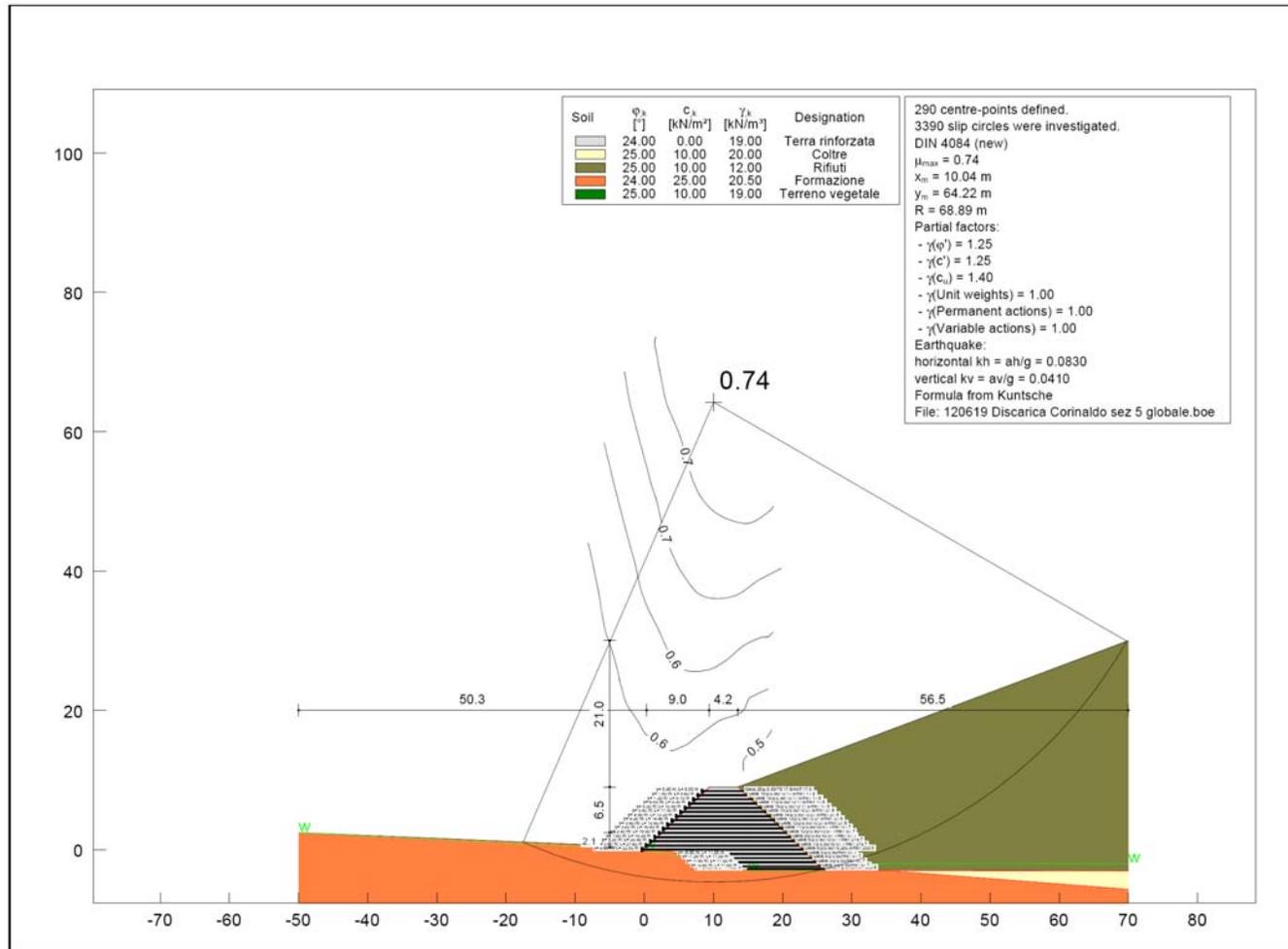


Figura 17 - Sezione Tipo B - Verifica di Stabilità Globale (Fattore di Sicurezza =  $1/\mu = FS = 1.35$ ).

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0

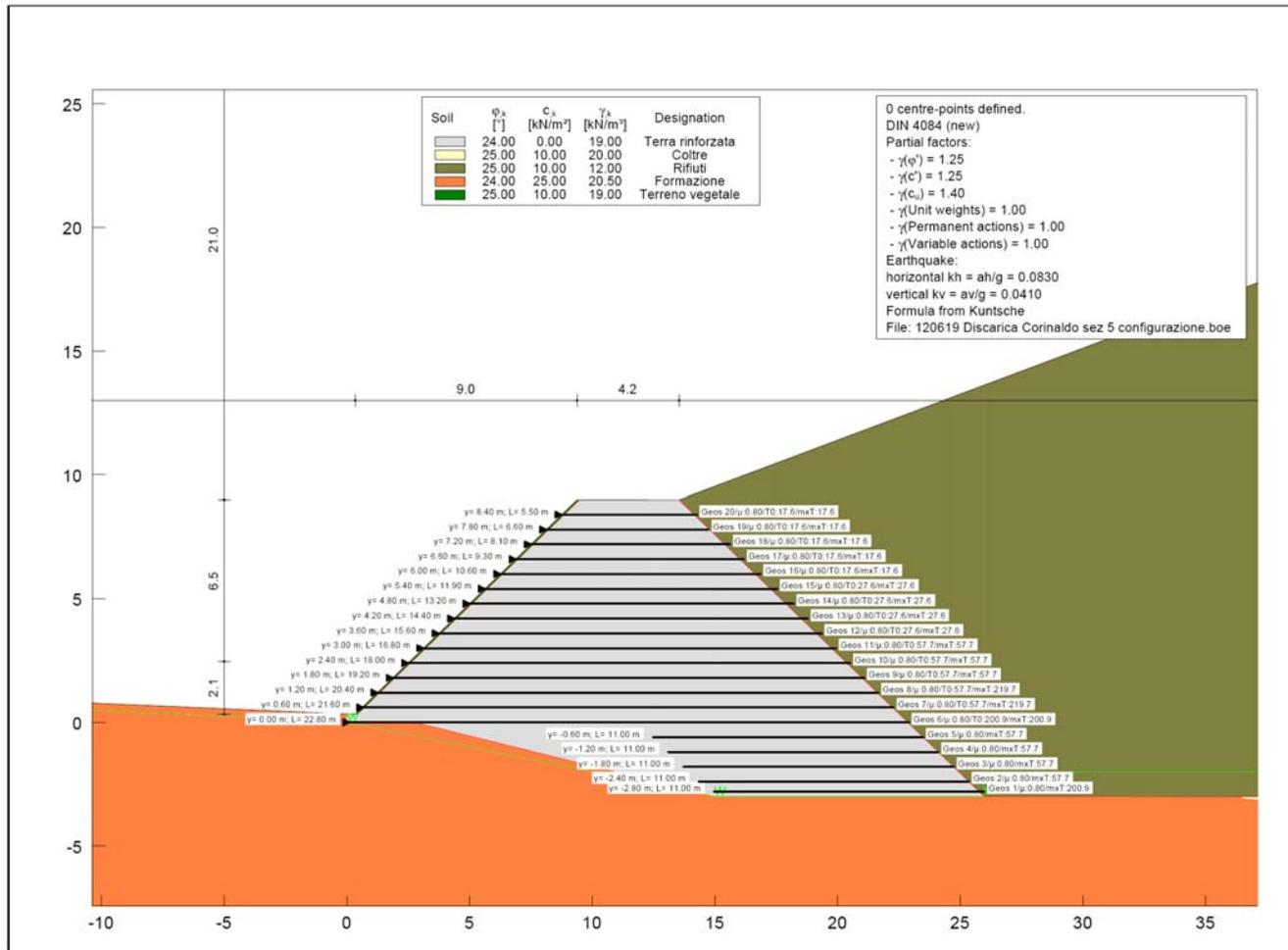


Figura 18 - Sezione Tipo B – Configurazione terra rinforzata con indicazione ed ubicazione delle geogriglie di rinforzo.

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0

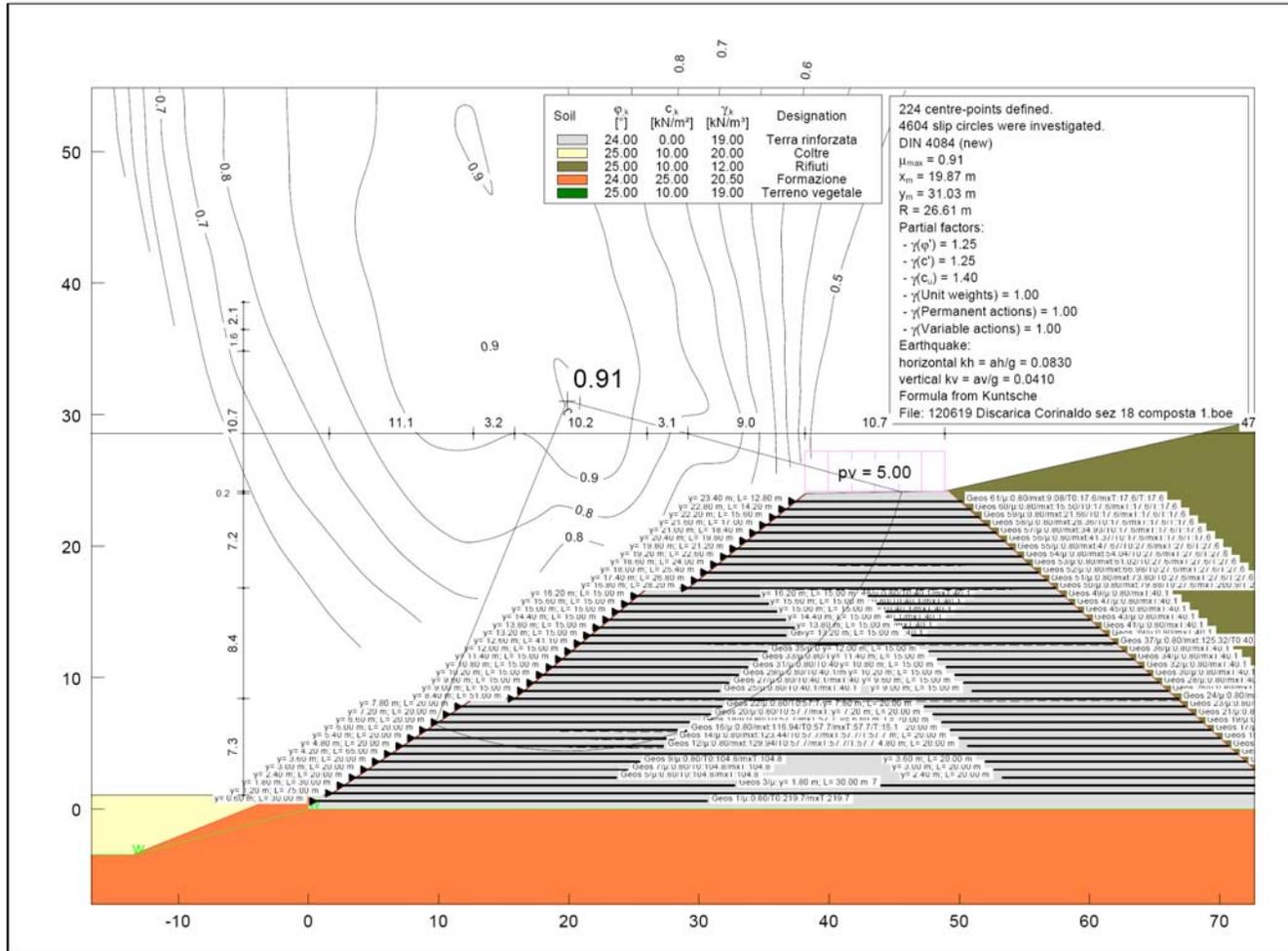


Figura 19 - Sezione Tipo E - Verifica di Stabilità Composta 1 (Fattore di Sicurezza =  $1/\mu = FS = 1.10$ ).

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0

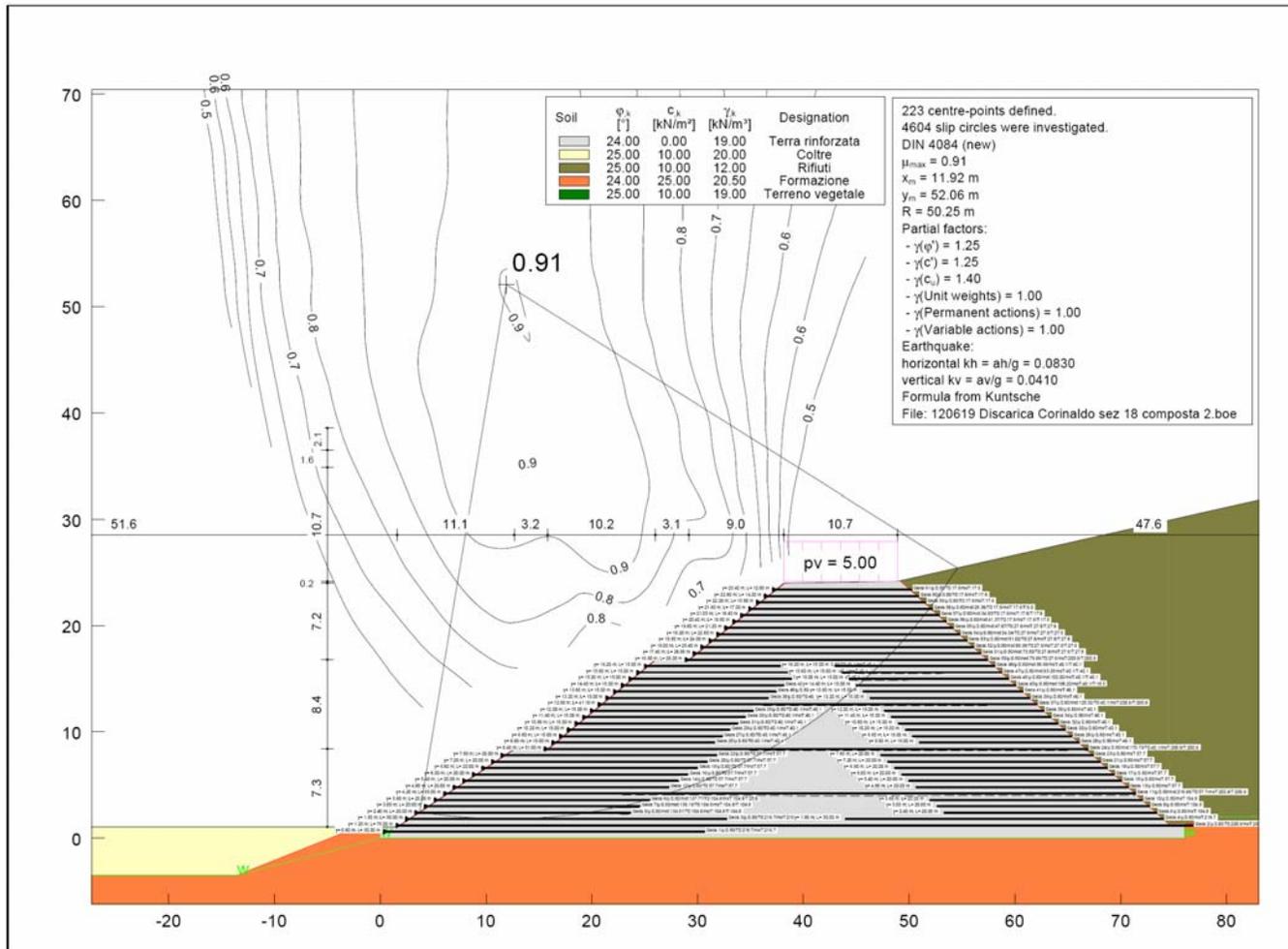


Figura 20 - Sezione Tipo E - Verifica di Stabilità Composta 2 (Fattore di Sicurezza =  $1/\mu = FS = 1.10$ ).

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0

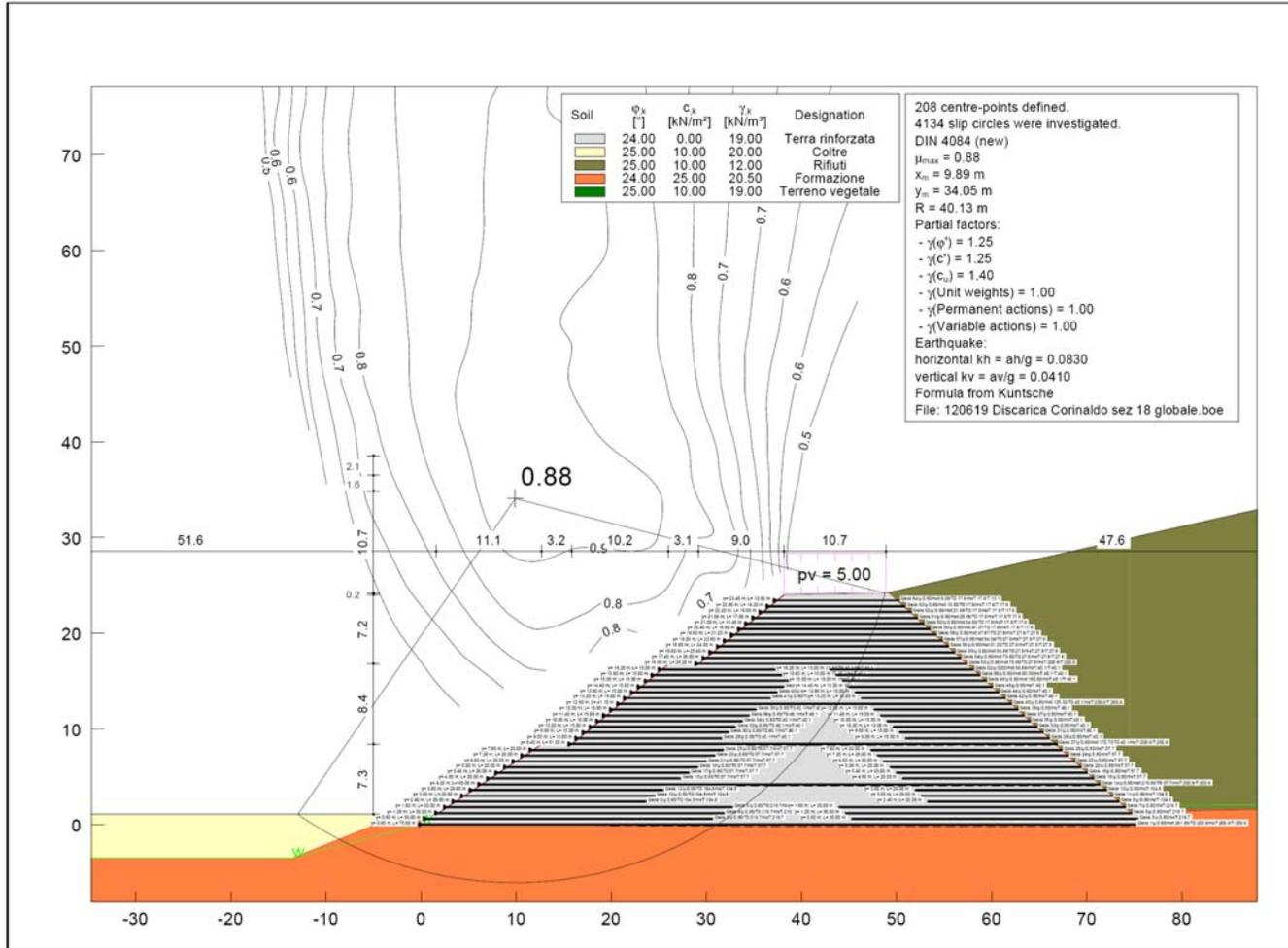


Figura 21 - Sezione Tipo E - Verifica di Stabilità Globale (Fattore di Sicurezza =  $1/\mu = FS = 1.14$ ).

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0

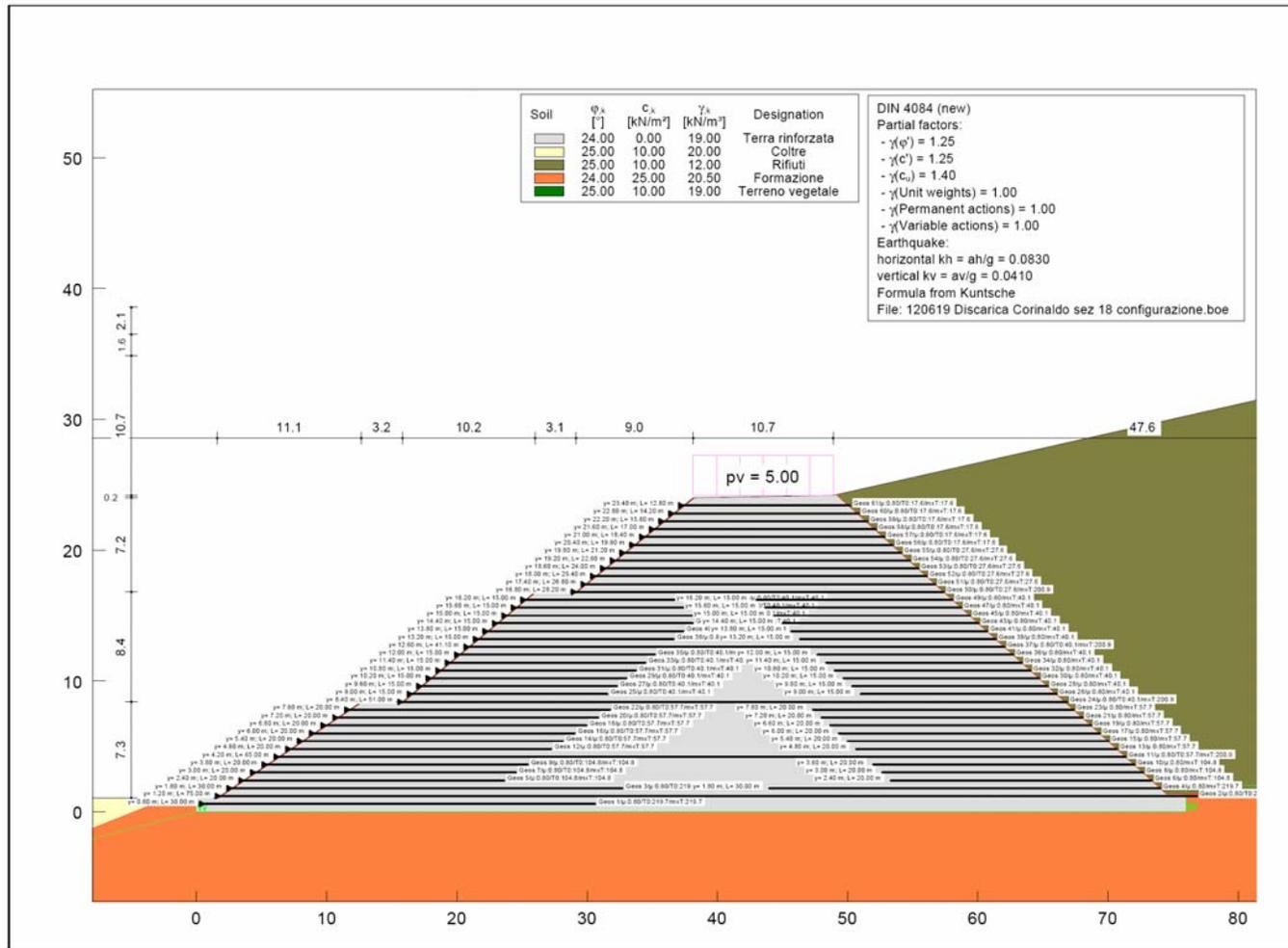


Figura 22 - Sezione tipo E - Configurazione terra rinforzata con indicazione ed ubicazione delle geogriglie di rinforzo.

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0

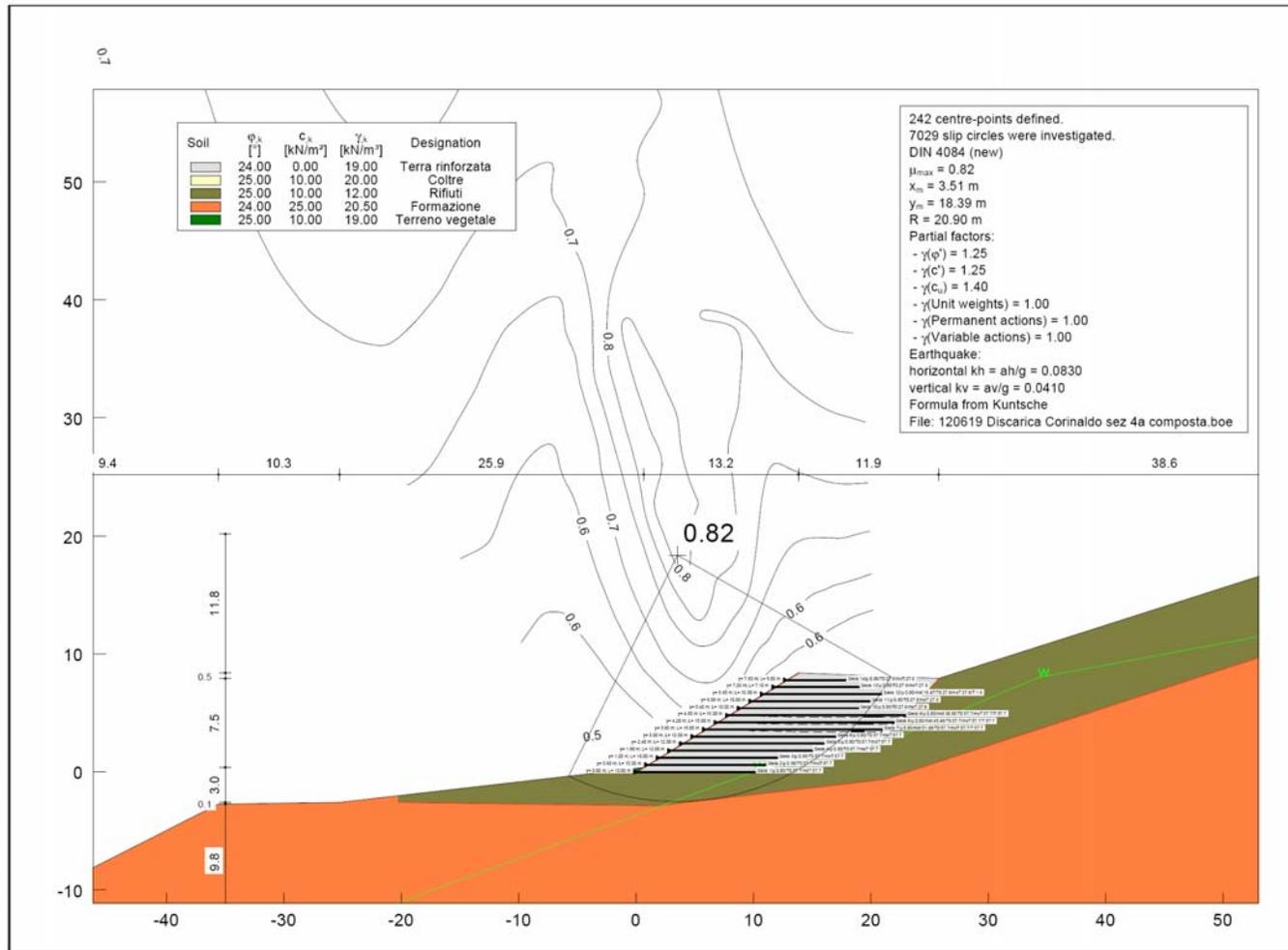


Figura 23 - Sezione Tipo H - Verifica di Stabilità Composta (Fattore di Sicurezza =  $1/\mu = FS = 1.22$ ).

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0

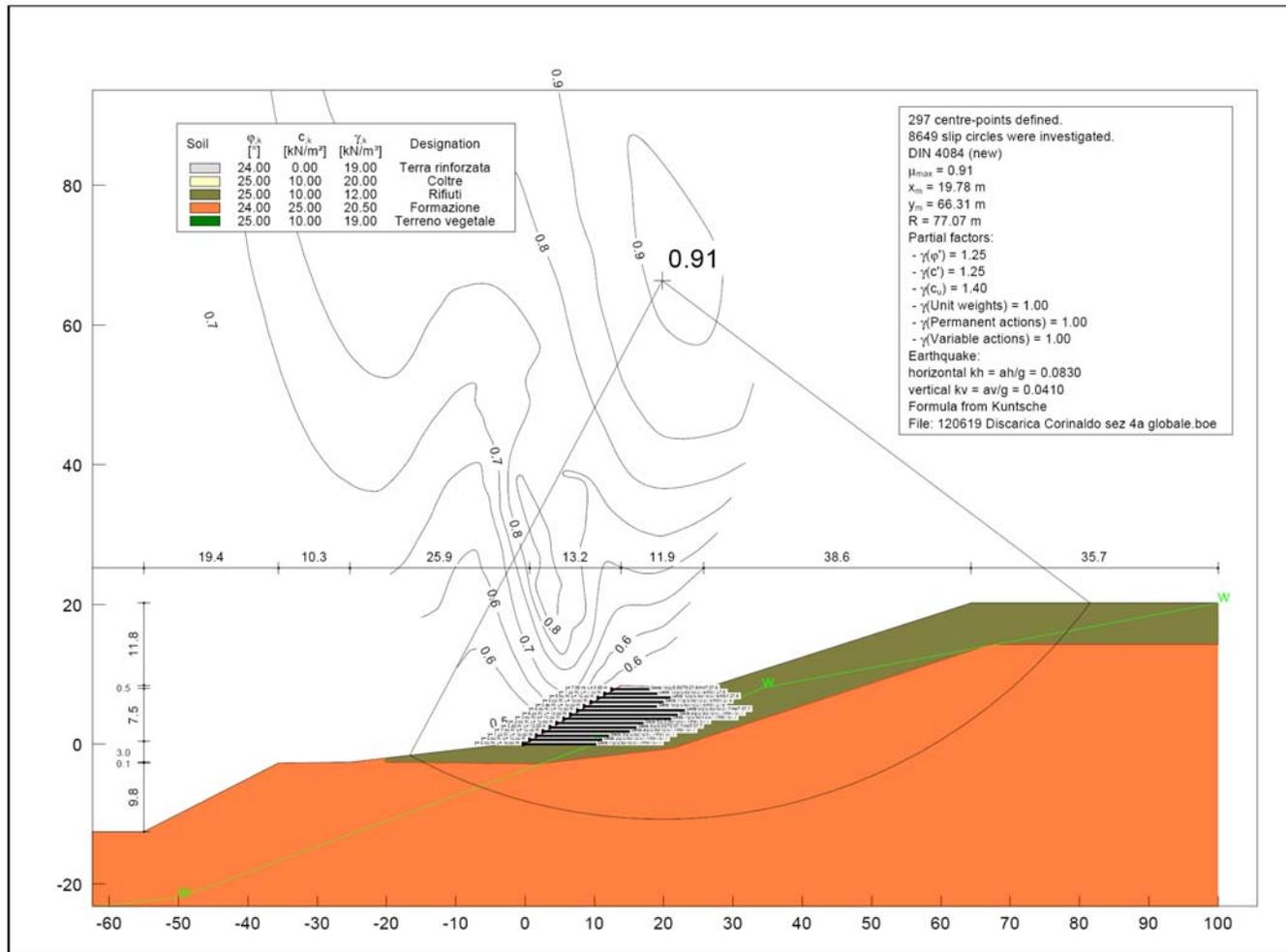


Figura 24 - Sezione Tipo H - Verifica di Stabilità Globale (Fattore di Sicurezza =  $1/\mu = FS = 1.10$ ).

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0

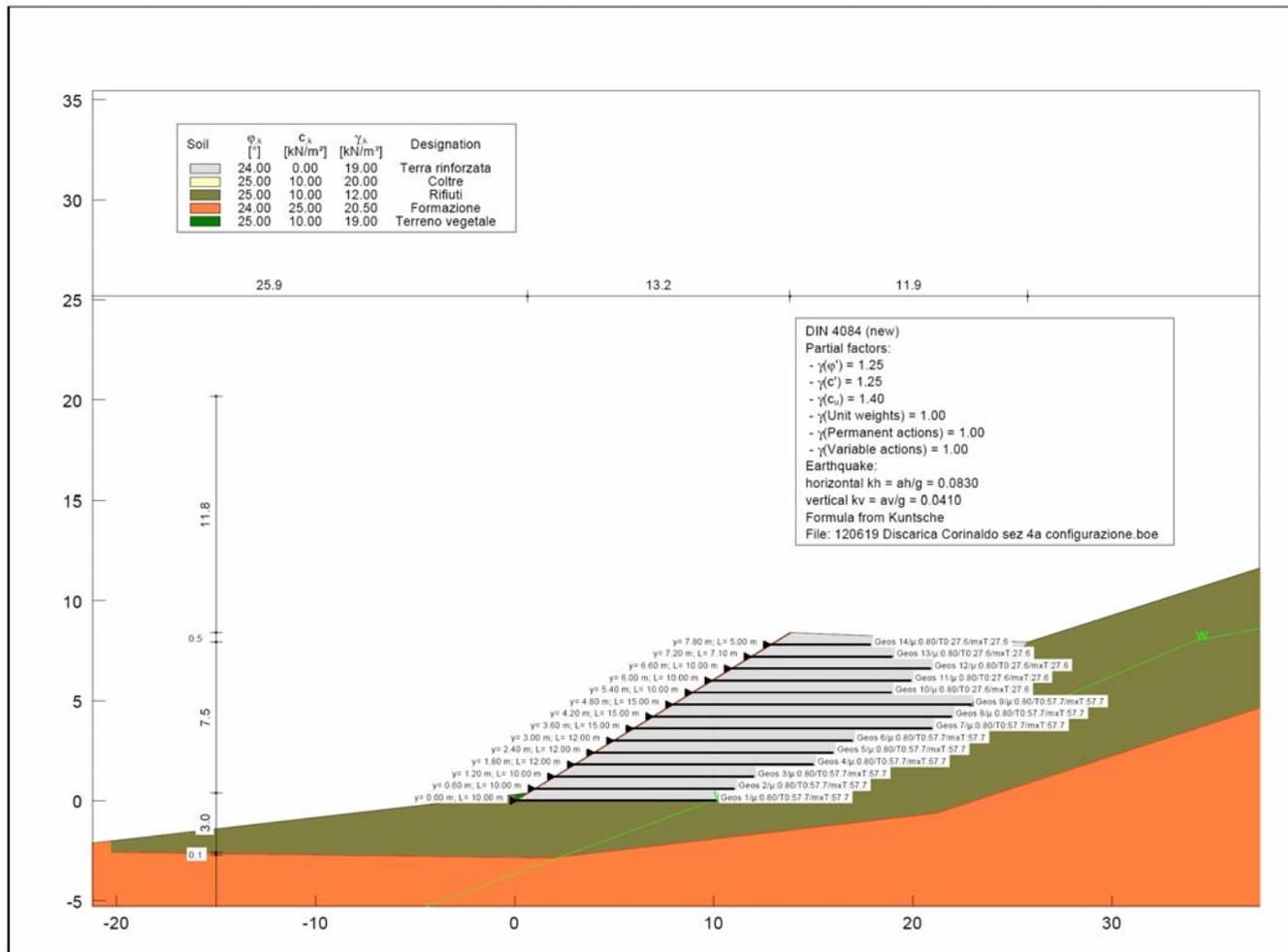
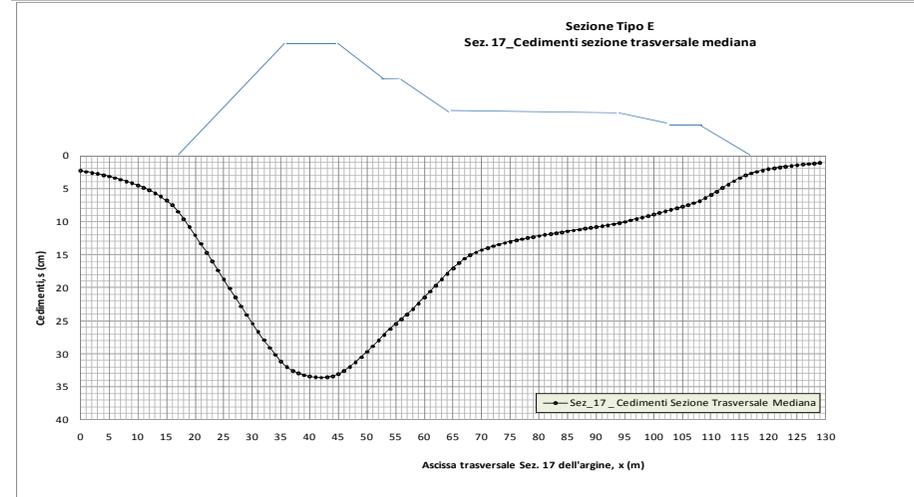
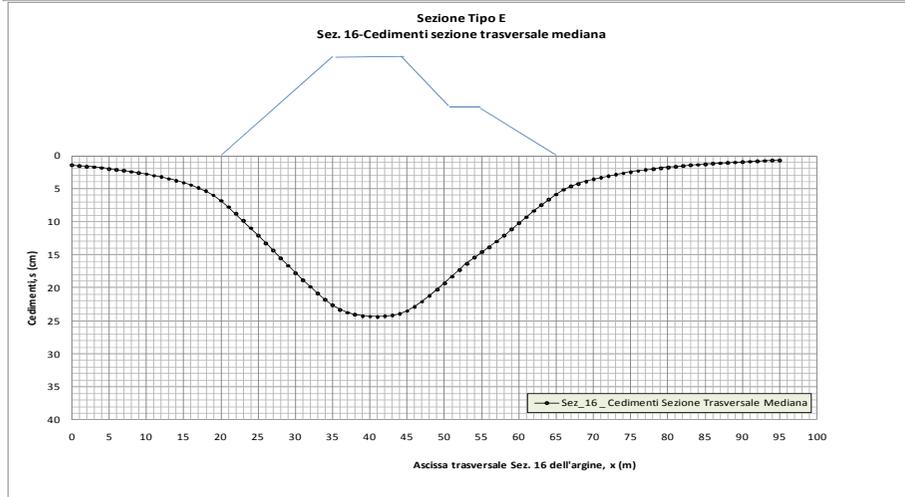
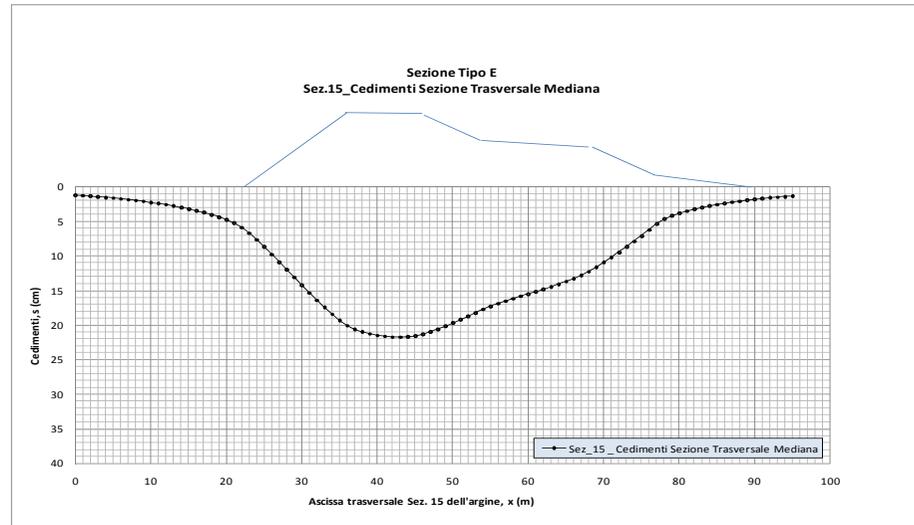
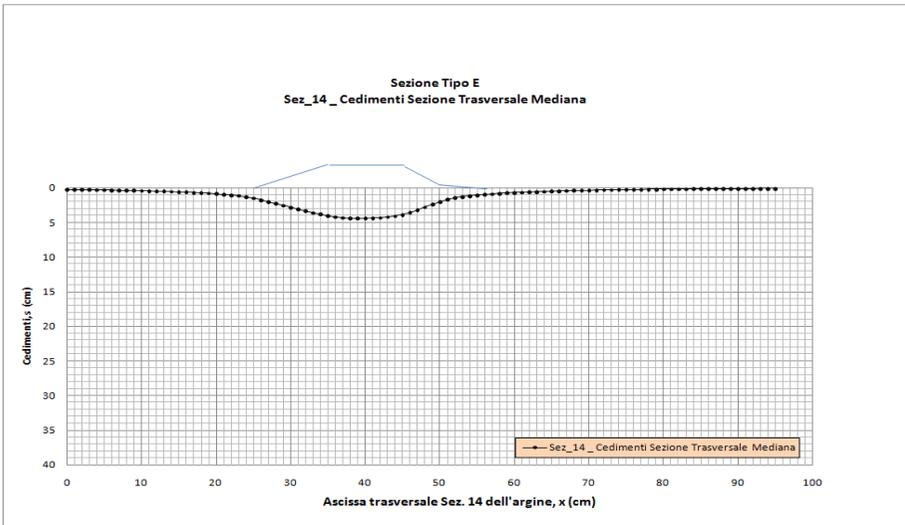


Figura 25 - Sezione Tipo H - Configurazione terra rinforzata con indicazione ed ubicazione delle geogriglie di rinforzo.

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_RELAZIONE\_GEOTECNICA\_GENERALE\_CALCULO\_ARGINI\_R0



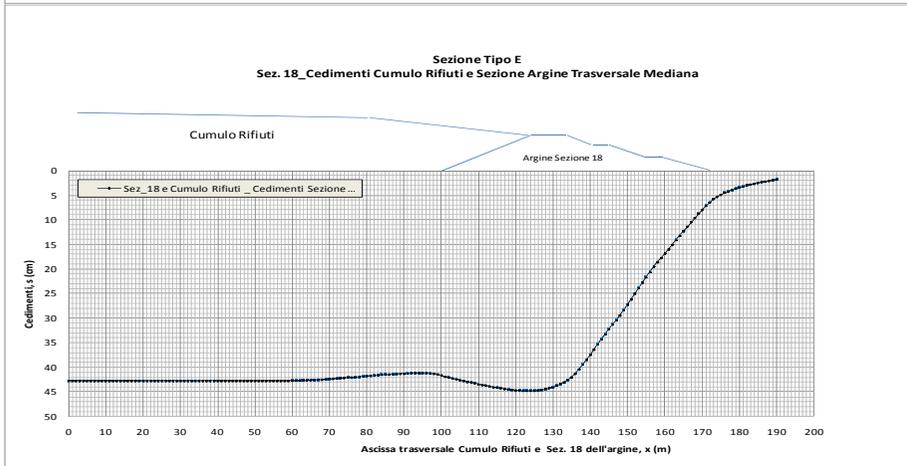
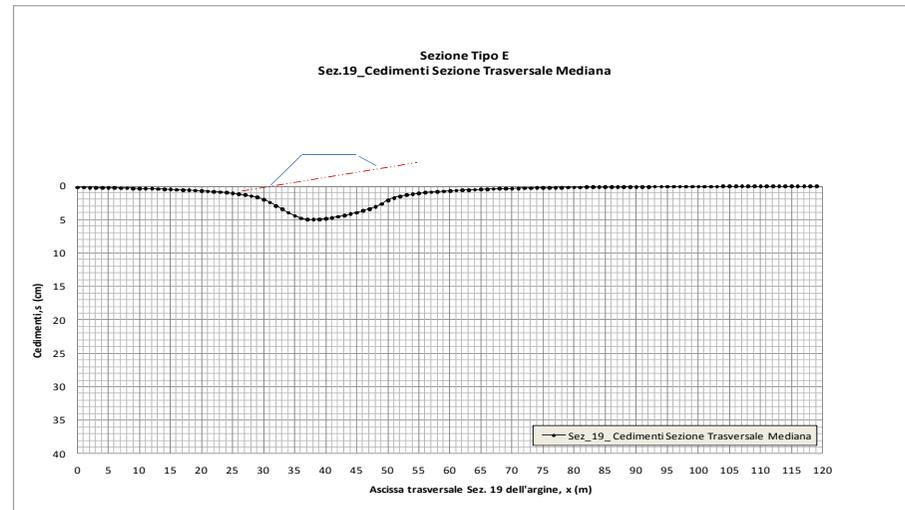
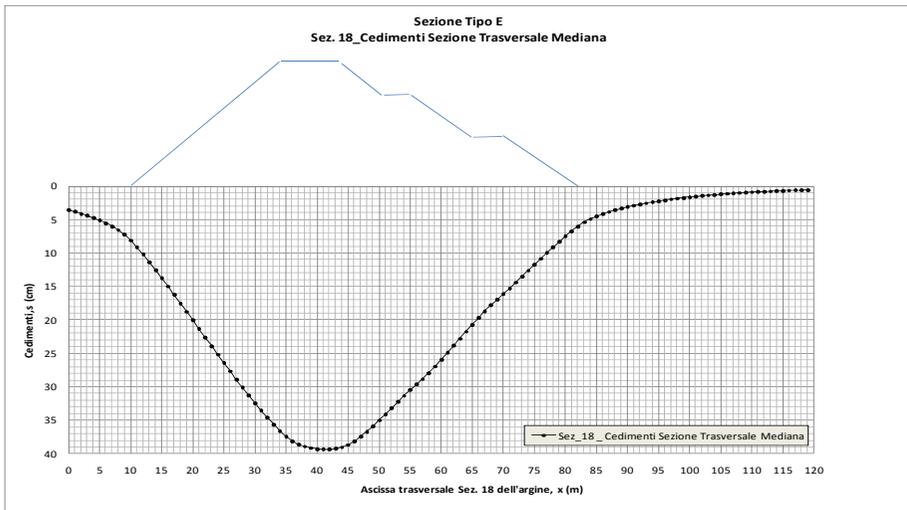


Figura 26 - Sezione Tipo E - Rappresentazione dell'andamento dei cedimenti dell'argine lungo il suo sviluppo longitudinale, sulle sezioni trasversali (dalla Sez. 14 alla Sez. 19). Rappresentazione dell'andamento dei cedimenti anche nelle condizioni di completo abbancamento dei rifiuti nel Lotto I°, immediatamente a monte dell'argine della Sezione Tipo E, in corrispondenza della Sez. 18.



CORINALDO

# ACCORDO DI PROGRAMMA TRA I COMUNI



CASTELLEONE DI SUASA



REGIONE MARCHE

PROVINCIA DI ANCONA

## AMPLIAMENTO DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI DI CORINALDO

### PROGETTO DEFINITIVO DI PRIMO LOTTO AUTONOMO

N. ELAB.	TITOLO ELABORATO	FORMATO
<b>F.1</b>	<b>ALLEGATO 1</b>	A4
		SCALA

PROGETTISTI

TIMBRO E FIRMA

STUDIO INGEGNERI ASSOCIATI DI PANDOLFI ADALBERTO E  
PANDOLFI LUCA



DESCRIZIONE	DATA	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO
EMISSIONE	31/10/2012	ING. C. TAGNANI	ING. A. FARNESE	ING. G. BARDUCCI
REVISIONE				

É VIETATA, AI SENSI DI LEGGE, LA DIVULGAZIONE E LA RIPRODUZIONE DEL PRESENTE DOCUMENTO SENZA LA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE

**SEZIONE TIPO B – ARGINE IN TERRA RINFORZATA – VERIFICA DI STABILITA' -  
TABULATO DI CALCOLO**

**Verifica di stabilità composta**

Slope stability analysis to DIN 4084 (new)  
using circular slip surfaces

Parameter list

mu = utilisation factor  
xm,ym = x and y values of slip circle centre-point  
rad = slip circle radius

Movement direction of slip body to the Left

Coordinates of surface points

No.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-50.000	2.461
2	0.340	0.326
3	9.382	9.000
4	13.543	8.993
5	70.000	30.000

Partial factors: (GZ 1C)

- gam(phi) = 1.25
- gam(c') = 1.25
- gam(cu) = 1.40
- gam(Unit weights) = 1.00
- gam(Permanent actions) = 1.00
- gam(Variable actions) = 1.00

Characteristic soil properties

Soil	phi,k	c,k	gamma,k	dräniert	Designation
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]		
1	24.00	0.00	19.00	ja	Terra rinforzata
2	25.00	10.00	20.00	ja	Coltre
3	25.00	10.00	12.00	ja	Rifiuti
4	24.00	25.00	20.50	ja	Formazione
5	25.00	10.00	19.00	ja	Terreno vegetale

Coordinates of layers and soil numbers

No.	x(left)	y(left)	x(right)	y(right)	Soil no.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.340	0.326	0.440	0.326	5
2	0.440	0.326	9.482	9.000	5
3	13.543	8.993	25.968	-3.000	3
4	25.968	-3.000	70.000	-3.067	3
5	0.000	0.000	2.779	0.000	1
6	2.779	0.000	14.968	-3.000	1
7	14.968	-3.000	25.968	-3.000	1
8	36.498	-3.103	70.000	-5.666	2
9	-50.000	-50.000	70.000	-50.000	4

Coordinates of pwp polygon course

No.	x	y
-----	---	---

	[-]	[m]	[m]
1	-50.000	2.461	
2	0.000	0.000	
3	14.968	-3.000	
4	25.968	-3.000	
5	25.968	-2.000	
6	70.000	-2.000	

Geosynthetics

Adhesion t calculated with:

$$t = \mu \cdot \tan(\phi) \cdot \sigma'$$

Nr.	x1	y1	x2	y2	$\mu$	T0	T(D)
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kN/m]
1	14.97	-2.80	25.97	-2.80	0.800	0.00	200.87
2	14.35	-2.40	25.35	-2.40	0.800	0.00	57.67
3	13.72	-1.80	24.72	-1.80	0.800	0.00	57.67
4	13.10	-1.20	24.10	-1.20	0.800	0.00	57.67
5	12.48	-0.60	23.48	-0.60	0.800	0.00	57.67
6	0.10	0.00	22.90	0.00	0.800	200.87	200.87
7	0.67	0.60	22.27	0.60	0.800	57.67	219.68
8	1.25	1.20	21.65	1.20	0.800	57.67	219.68
9	1.88	1.80	21.08	1.80	0.800	57.67	57.67
10	2.50	2.40	20.50	2.40	0.800	57.67	57.67
11	3.13	3.00	19.93	3.00	0.800	57.67	57.67
12	3.75	3.60	19.35	3.60	0.800	27.58	27.58
13	4.38	4.20	18.78	4.20	0.800	27.58	27.58
14	5.00	4.80	18.20	4.80	0.800	27.58	27.58
15	5.63	5.40	17.53	5.40	0.800	27.58	27.58
16	6.25	6.00	16.85	6.00	0.800	17.55	17.55
17	6.88	6.60	16.18	6.60	0.800	17.55	17.55
18	7.51	7.20	15.61	7.20	0.800	17.55	17.55
19	8.13	7.80	14.73	7.80	0.800	17.55	17.55
20	8.76	8.40	14.26	8.40	0.800	17.55	17.55

Earthquake

horizontal  $k_h = a_h/g = 0.0830$

vertical  $k_v = a_v/g = 0.0410$

( $a_h$  = horizontal seismic acceleration in  $m/s^2$ )

( $a_v$  = vertical seismic acceleration in  $m/s^2$ )

( $g$  = gravitational acceleration =  $9.81 m/s^2$ )

Formula from Kuntsche

Water level in front of slope left [m] = -50.00

Water level in front of slope right [m] = -50.00

Gamma water  $[kN/m^3] = 10.000$

Calculation with consideration of passive earth pressure wedge

Slip circle No. 257

$$\mu_e = 0.8814 = [M(G_i) + M(S)] / [M(T_i) + M(R)]$$

$$x_m = 8.0650$$

$$y_m = 84.3742$$

$$\text{Radius} = 82.1642$$

$$\text{Numerator} = 194228.9293$$

$$\text{Denominator} = 220355.4085$$

$$M(T_i) = 213287.8230$$

$$M(R) = 7067.5855$$

- from anchors = 0.0000

- from soil dowels = 0.0000
- from soil nails = 0.0000
- from geosynthetics = 7067.5855
- from injection piles = 0.0000
- from point loads = 0.0000
- M(Gi) = 155810.5798
- M(S) = 38418.3495
- from anchors = 0.0000

Sum M due to horizontal water pressure = 0.0000

Slice values

- x = x (slice toe)
- y = y (slice toe)
- b = slice width
- phi = friction angle
- c = cohesion
- PWP = pore water press. coeff.
- tet = inclination of slice
- g = weight
- n = normal force
- t = tangential force
- pw = pore water pressure
- pw(con) = excess pwp due to consolidation
- wv = vertical water pressure
- wh = horizontal water pressure
- pst = permanent loads and footing
- pv = live loads
- fakpv = factor for live loads

Nr.	x	y	b	phi,d	c,d	PWD	tet	g,k	n	t	pw	pw(kon)	wv	pst,d	pv,d	fakpv
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/m²]	[-]	[°]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	
1	3.617	2.330	2.233	19.6	0.0	0.00	3.1	48.3	47.2	16.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
2	5.850	2.240	2.233	19.6	0.0	0.00	1.5	143.1	138.4	49.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
3	8.084	2.210	2.233	19.6	0.0	0.00	-0.0	235.3	225.6	80.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
4	10.317	2.241	2.233	19.6	0.0	0.00	-1.6	286.7	272.7	97.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
5	12.550	2.332	2.233	19.6	0.0	0.00	-3.1	282.7	266.9	95.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
6	14.783	2.485	2.233	19.6	0.0	0.00	-4.7	269.8	253.1	90.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
7	17.017	2.699	2.233	19.6	0.0	0.00	-6.3	249.3	232.5	82.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
8	19.250	2.975	2.233	19.6	0.0	0.00	-7.8	226.2	209.9	74.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
9	21.483	3.313	2.233	20.5	8.0	0.00	-9.4	231.4	213.3	96.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
10	23.717	3.714	2.233	20.5	8.0	0.00	-11.0	242.9	223.1	100.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
11	25.950	4.180	2.233	20.5	8.0	0.00	-12.6	252.7	231.3	103.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
12	28.183	4.711	2.233	20.5	8.0	0.00	-14.2	260.7	238.1	105.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
13	30.416	5.309	2.233	20.5	8.0	0.00	-15.8	267.0	243.5	107.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
14	32.650	5.974	2.233	20.5	8.0	0.00	-17.4	271.4	247.3	109.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
15	34.883	6.710	2.233	20.5	8.0	0.00	-19.1	274.0	249.6	110.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
16	37.116	7.517	2.233	20.5	8.0	0.00	-20.7	274.6	250.4	110.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
17	39.349	8.399	2.233	20.5	8.0	0.00	-22.4	273.3	249.6	110.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
18	41.583	9.357	2.233	20.5	8.0	0.00	-24.1	269.8	247.1	109.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
19	43.816	10.396	2.233	20.5	8.0	0.00	-25.8	264.3	242.9	107.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
20	46.049	11.517	2.233	20.5	8.0	0.00	-27.5	256.5	236.8	105.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
21	48.283	12.726	2.233	20.5	8.0	0.00	-29.3	246.4	228.7	102.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
22	50.516	14.026	2.233	20.5	8.0	0.00	-31.1	233.8	218.5	98.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
23	52.749	15.423	2.233	20.5	8.0	0.00	-32.9	218.6	206.0	94.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
24	54.982	16.923	2.233	20.5	8.0	0.00	-34.8	200.7	190.8	88.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
25	57.216	18.532	2.233	20.5	8.0	0.00	-36.7	179.9	172.8	82.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
26	59.449	20.260	2.233	20.5	8.0	0.00	-38.7	155.8	151.6	74.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
27	61.682	22.115	2.233	20.5	8.0	0.00	-40.7	128.4	126.6	65.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1

28	63.915	24.111	2.233	20.5	8.0	0.00	-42.8	97.2	97.4	55.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
29	66.149	26.260	2.233	20.5	8.0	0.00	-45.0	61.8	63.1	42.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
30	68.382	28.581	2.233	20.5	8.0	0.00	-47.2	21.9	22.8	27.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1

6424.6                      0.0    0.0    0.0    0.0    0.0

Geosynthetic 1

x1 = 14.968  
 y1 = -2.800  
 x2 = 25.968  
 y2 = -2.800  
 $\mu$  = 0.800  
 T0 = 0.000  
 T(D) = 200.870  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 1130.79  
 T(AR) = 175.08

Geosynthetic 2

x1 = 14.346  
 y1 = -2.400  
 x2 = 25.346  
 y2 = -2.400  
 $\mu$  = 0.800  
 T0 = 0.000  
 T(D) = 57.670  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 1069.08  
 T(AR) = 197.69

Geosynthetic 3

x1 = 13.724  
 y1 = -1.800  
 x2 = 24.724  
 y2 = -1.800  
 $\mu$  = 0.800  
 T0 = 0.000  
 T(D) = 57.670  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 1057.53  
 T(AR) = 146.69

Geosynthetic 4

x1 = 13.102  
 y1 = -1.200  
 x2 = 24.102  
 y2 = -1.200  
 $\mu$  = 0.800  
 T0 = 0.000  
 T(D) = 57.670  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 1041.74  
 T(AR) = 99.82

## Geosynthetic 5

x1 = 12.480  
y1 = -0.600  
x2 = 23.480  
y2 = -0.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 639.21  
T(AR) = 439.20

## Geosynthetic 6

x1 = 0.100  
y1 = 0.000  
x2 = 22.900  
y2 = 0.000  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 200.870  
T(D) = 200.870  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 1598.01  
T(AR) = 119.73

## Geosynthetic 7

x1 = 0.673  
y1 = 0.600  
x2 = 22.273  
y2 = 0.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 57.670  
T(D) = 219.680  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 1511.89  
T(AR) = 8.99

## Geosynthetic 8

x1 = 1.251  
y1 = 1.200  
x2 = 21.651  
y2 = 1.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 57.670  
T(D) = 219.680  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 1211.24  
T(AR) = 183.05

## Geosynthetic 9

x1 = 1.877  
y1 = 1.800  
x2 = 21.076  
y2 = 1.800  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 57.670

T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 1108.66  
T(AR) = 116.04

Geosynthetic 10  
x1 = 2.502  
y1 = 2.400  
x2 = 20.502  
y2 = 2.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 57.670  
T(D) = 57.670  
M(R) = 4727.451  
Activated force = 57.670  
Bonded length = 0.82  
T(AL) = 608.30  
T(AR) = 458.18

Geosynthetic 11  
x1 = 3.127  
y1 = 3.000  
x2 = 19.927  
y2 = 3.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 57.670  
T(D) = 57.670  
M(R) = 2340.134  
Activated force = 28.758  
Bonded length = 0.50  
T(AL) = 890.42  
T(AR) = 28.76

Geosynthetic 12  
x1 = 3.753  
y1 = 3.600  
x2 = 19.353  
y2 = 3.600  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 27.580  
T(D) = 27.580  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 477.02  
T(AR) = 248.44

Geosynthetic 13  
x1 = 4.378  
y1 = 4.200  
x2 = 18.778  
y2 = 4.200  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 27.580  
T(D) = 27.580  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 437.01  
T(AR) = 163.34

## Geosynthetic 14

x1 = 5.004  
y1 = 4.800  
x2 = 18.204  
y2 = 4.800  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 27.580  
T(D) = 27.580  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 419.34  
T(AR) = 95.21

## Geosynthetic 15

x1 = 5.629  
y1 = 5.400  
x2 = 17.529  
y2 = 5.400  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 27.580  
T(D) = 27.580  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 369.73  
T(AR) = 38.45

## Geosynthetic 16

x1 = 6.255  
y1 = 6.000  
x2 = 16.855  
y2 = 6.000  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 17.550  
T(D) = 17.550  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 228.59  
T(AR) = 75.29

## Geosynthetic 17

x1 = 6.880  
y1 = 6.600  
x2 = 16.180  
y2 = 6.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 17.550  
T(D) = 17.550  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 181.16  
T(AR) = 40.80

## Geosynthetic 18

x1 = 7.506  
y1 = 7.200  
x2 = 15.606  
y2 = 7.200  
 $\mu = 0.800$

$T_0 = 17.550$   
 $T(D) = 17.550$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 136.46$   
 $T(AR) = 17.87$

Geosynthetic 19  
 $x_1 = 8.131$   
 $y_1 = 7.800$   
 $x_2 = 14.731$   
 $y_2 = 7.800$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 17.550$   
 $T(D) = 17.550$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 29.63$   
 $T(AR) = 46.83$

Geosynthetic 20  
 $x_1 = 8.757$   
 $y_1 = 8.400$   
 $x_2 = 14.257$   
 $y_2 = 8.400$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 17.550$   
 $T(D) = 17.550$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 42.00$   
 $T(AR) = 8.75$

## Verifica di stabilità globale

Slope stability analysis to DIN 4084 (new)  
using circular slip surfaces

Parameter list

mu = utilisation factor  
xm,ym = x and y values of slip circle centre-point  
rad = slip circle radius

Movement direction of slip body to the Left

Coordinates of surface points

No.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-50.000	2.461
2	0.340	0.326
3	9.382	9.000
4	13.543	8.993
5	70.000	30.000

Partial factors: (GZ 1C)

- gam(phi) = 1.25
- gam(c') = 1.25
- gam(cu) = 1.40
- gam(Unit weights) = 1.00
- gam(Permanent actions) = 1.00
- gam(Variable actions) = 1.00

Characteristic soil properties

Soil	phi,k	c,k	gamma,k	dränert	Designation
[-]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]		
1	24.00	0.00	19.00	ja	Terra rinforzata
2	25.00	10.00	20.00	ja	Coltre
3	25.00	10.00	12.00	ja	Rifiuti
4	24.00	25.00	20.50	ja	Formazione
5	25.00	10.00	19.00	ja	Terreno vegetale

Coordinates of layers and soil numbers

No.	x(left)	y(left)	x(right)	y(right)	Soil no.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.340	0.326	0.440	0.326	5
2	0.440	0.326	9.482	9.000	5
3	13.543	8.993	25.968	-3.000	3
4	25.968	-3.000	70.000	-3.067	3
5	0.000	0.000	2.779	0.000	1
6	2.779	0.000	14.968	-3.000	1
7	14.968	-3.000	25.968	-3.000	1
8	36.498	-3.103	70.000	-5.666	2
9	-50.000	-50.000	70.000	-50.000	4

Coordinates of pwp polygon course

No.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-50.000	2.461
2	0.000	0.000
3	14.968	-3.000
4	25.968	-3.000
5	25.968	-2.000
6	70.000	-2.000

Geosynthetics

Adhesion t calculated with:

$$t = \mu \cdot \tan(\phi) \cdot \sigma'$$

Nr.	x1	y1	x2	y2	$\mu$	T0	T(D)
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kN/m]
1	14.97	-2.80	25.97	-2.80	0.800	0.00	200.87
2	14.35	-2.40	25.35	-2.40	0.800	0.00	57.67
3	13.72	-1.80	24.72	-1.80	0.800	0.00	57.67
4	13.10	-1.20	24.10	-1.20	0.800	0.00	57.67
5	12.48	-0.60	23.48	-0.60	0.800	0.00	57.67
6	0.10	0.00	22.90	0.00	0.800	200.87	200.87
7	0.67	0.60	22.27	0.60	0.800	57.67	219.68
8	1.25	1.20	21.65	1.20	0.800	57.67	219.68
9	1.88	1.80	21.08	1.80	0.800	57.67	57.67
10	2.50	2.40	20.50	2.40	0.800	57.67	57.67
11	3.13	3.00	19.93	3.00	0.800	57.67	57.67
12	3.75	3.60	19.35	3.60	0.800	27.58	27.58

13	4.38	4.20	18.78	4.20	0.800	27.58	27.58
14	5.00	4.80	18.20	4.80	0.800	27.58	27.58
15	5.63	5.40	17.53	5.40	0.800	27.58	27.58
16	6.25	6.00	16.85	6.00	0.800	17.55	17.55
17	6.88	6.60	16.18	6.60	0.800	17.55	17.55
18	7.51	7.20	15.61	7.20	0.800	17.55	17.55
19	8.13	7.80	14.73	7.80	0.800	17.55	17.55
20	8.76	8.40	14.26	8.40	0.800	17.55	17.55

Earthquake

horizontal  $k_h = a_h/g = 0.0830$

vertical  $k_v = a_v/g = 0.0410$

( $a_h$  = horizontal seismic acceleration in  $m/s^2$ )

( $a_v$  = vertical seismic acceleration in  $m/s^2$ )

( $g$  = gravitational acceleration =  $9.81 m/s^2$ )

Formula from Kuntsche

Water level in front of slope left [m] = -50.00

Water level in front of slope right [m] = -50.00

Gamma water [ $kN/m^3$ ] = 10.000

Calculation with consideration of passive earth pressure wedge

Slip circle No. 239

$\mu_e = 0.7410 = [M(G_i) + M(S)] / [M(T_i) + M(R)]$

$x_m = 10.0413$

$y_m = 64.2215$

Radius = 68.8886

Numerator = 289272.1155

Denominator = 390400.6310

$M(T_i) = 390400.6310$

$M(R) = 0.0000$

- from anchors = 0.0000

- from soil dowels = 0.0000

- from soil nails = 0.0000

- from geosynthetics = 0.0000

- from injection piles = 0.0000

- from point loads = 0.0000

M(Gi) = 226413.9533

M(S) = 62858.1623

- from anchors = 0.0000

Sum M due to horizontal water pressure = 0.0000

Slice values

x = x (slice toe)

y = y (slice toe)

b = slice width

phi = friction angle

c = cohesion

PWP = pore water press. coeff.

tet = inclination of slice

g = weight

n = normal force

t = tangential force

pw = pore water pressure

pw(con) = excess pwp due to consolidation

wv = vertical water pressure

wh = horizontal water pressure

pst = permanent loads and footing

pv = live loads

fakpv = factor for live loads

Nr.	x	y	b	phi,d	c,d	PWD	tet	g,k	n	t	pw	pw(kon)	wv	pst,d	pv,d	fakpv
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/m²]	[-]	[°]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	-16.058	0.468	2.910	19.6	20.0	20.0	0.00	22.3	33.0	27.0	80.1	9.4	0.0	0.0	0.0	0
2	-13.148	-0.647	2.910	19.6	20.0	20.0	0.00	19.7	92.2	59.5	89.4	37.7	0.0	0.0	0.0	0
3	-10.238	-1.615	2.910	19.6	20.0	20.0	0.00	17.1	142.5	85.5	96.7	61.6	0.0	0.0	0.0	0
4	-7.328	-2.441	2.910	19.6	20.0	20.0	0.00	14.6	184.5	105.9	102.3	81.5	0.0	0.0	0.0	0
5	-4.418	-3.133	2.910	19.6	20.0	20.0	0.00	12.1	218.4	121.3	106.3	97.5	0.0	0.0	0.0	0
6	-1.508	-3.692	2.910	19.6	20.0	20.0	0.00	9.7	244.4	132.5	109.0	109.6	0.0	0.0	0.0	0
7	1.401	-4.123	2.910	19.6	20.0	20.0	0.00	7.2	320.3	203.7	133.2	111.8	0.0	0.0	0.0	0
8	4.311	-4.428	2.910	19.6	20.0	20.0	0.00	4.8	491.2	376.9	194.0	103.7	0.0	0.0	0.0	0
9	7.221	-4.609	2.910	19.6	20.0	20.0	0.00	2.3	653.2	540.7	251.5	92.0	0.0	0.0	0.0	0
10	10.131	-4.667	2.910	19.6	20.0	20.0	0.00	-0.1	768.0	659.6	293.1	76.7	0.0	0.0	0.0	0
11	13.041	-4.602	2.910	19.6	20.0	20.0	0.00	-2.5	760.7	664.7	294.3	57.9	0.0	0.0	0.0	0
12	15.950	-4.413	2.910	19.6	20.0	20.0	0.00	-4.9	731.3	647.9	287.9	41.1	0.0	0.0	0.0	0

13	18.860	-4.100	2.910	19.6	20.0	0.00	-7.4	693.3	617.0	276.5	32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
14	21.770	-3.661	2.910	19.6	20.0	0.00	-9.8	647.7	584.1	264.5	19.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0
15	24.680	-3.094	2.910	19.6	20.0	0.00	-12.3	594.4	549.0	251.9	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0
16	27.590	-2.395	2.910	20.5	8.0	0.00	-14.8	580.1	525.2	218.4	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0
17	30.500	-1.559	2.910	20.5	8.0	0.00	-17.3	588.8	544.5	225.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
18	33.409	-0.583	2.910	20.5	8.0	0.00	-19.8	592.5	549.3	227.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
19	36.319	0.542	2.910	20.5	8.0	0.00	-22.4	591.0	550.4	227.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
20	39.229	1.822	2.910	20.5	8.0	0.00	-25.1	584.1	547.6	227.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
21	42.139	3.268	2.910	20.5	8.0	0.00	-27.8	571.5	540.7	224.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
22	45.049	4.891	2.910	20.5	8.0	0.00	-30.5	552.6	529.0	220.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
23	47.959	6.707	2.910	20.5	8.0	0.00	-33.4	527.0	512.0	214.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
24	50.868	8.735	2.910	20.5	8.0	0.00	-36.3	494.0	488.7	206.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
25	53.778	10.998	2.910	20.5	8.0	0.00	-39.4	452.7	458.0	195.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
26	56.688	13.529	2.910	20.5	8.0	0.00	-42.6	402.2	417.9	181.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
27	59.598	16.370	2.910	20.5	8.0	0.00	-46.0	340.8	365.8	162.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
28	62.508	19.579	2.910	20.5	8.0	0.00	-49.6	266.5	297.7	138.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
29	65.418	23.244	2.910	20.5	8.0	0.00	-53.5	176.4	207.0	105.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
30	68.327	27.501	2.910	20.5	8.0	0.00	-57.8	65.5	81.9	60.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1

-----

13360.6                      946.0    0.0    0.0    0.0    0.0

Geosynthetic 1

x1 = 14.968

y1 = -2.800

x2 = 25.968

y2 = -2.800

μ = 0.800

T0 = 0.000

T(D) = 200.870

M(R) = 0.000

Activated force = 0.000

T(AL) = 1274.77

T(AR) = 31.10

Geosynthetic 2

x1 = 14.346

y1 = -2.400

x2 = 25.346

$$y2 = -2.400$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 0.000$$

$$T(D) = 57.670$$

$$M(R) = 0.000$$

$$\text{Activated force} = 0.000$$

$$T(AL) = 1264.69$$

$$T(AR) = 2.08$$

Geosynthetic 3

$$x1 = 13.724$$

$$y1 = -1.800$$

$$x2 = 24.724$$

$$y2 = -1.800$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 0.000$$

$$T(D) = 57.670$$

$$M(R) = 0.000$$

$$\text{Activated force} = 0.000$$

Geosynthetic 4

$$x1 = 13.102$$

$$y1 = -1.200$$

$$x2 = 24.102$$

$$y2 = -1.200$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 0.000$$

$$T(D) = 57.670$$

$$M(R) = 0.000$$

$$\text{Activated force} = 0.000$$

Geosynthetic 5

$$x1 = 12.480$$

$$y1 = -0.600$$

$$x2 = 23.480$$

$$y2 = -0.600$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 0.000$$

$$T(D) = 57.670$$

$$M(R) = 0.000$$

$$\text{Activated force} = 0.000$$

Geosynthetic 6

$$x1 = 0.100$$

$$y1 = 0.000$$

$$x2 = 22.900$$

$$y2 = 0.000$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 200.870$$

$$T(D) = 200.870$$

$$M(R) = 0.000$$

$$\text{Activated force} = 0.000$$

Geosynthetic 7

$$x1 = 0.673$$

$$y1 = 0.600$$

$$x2 = 22.273$$

$$y2 = 0.600$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 57.670$$

$$T(D) = 219.680$$

$$M(R) = 0.000$$

$$\text{Activated force} = 0.000$$

Geosynthetic 8

$$x1 = 1.251$$

$$y1 = 1.200$$

$$x2 = 21.651$$

$$y2 = 1.200$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 57.670$$

$$T(D) = 219.680$$

$$M(R) = 0.000$$

$$\text{Activated force} = 0.000$$

Geosynthetic 9

$$x1 = 1.877$$

$$y1 = 1.800$$

$$x2 = 21.076$$

$$y2 = 1.800$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 57.670$$

$$T(D) = 57.670$$

$$M(R) = 0.000$$

$$\text{Activated force} = 0.000$$

Geosynthetic 10

$$x1 = 2.502$$

$$y1 = 2.400$$

$$x2 = 20.502$$

$$y2 = 2.400$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 57.670$$

$$T(D) = 57.670$$

$$M(R) = 0.000$$

$$\text{Activated force} = 0.000$$

Geosynthetic 11

$$x1 = 3.127$$

$$y1 = 3.000$$

$$x2 = 19.927$$

$$y2 = 3.000$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 57.670$$

$$T(D) = 57.670$$

$$M(R) = 0.000$$

$$\text{Activated force} = 0.000$$

Geosynthetic 12

$$x1 = 3.753$$

$$y1 = 3.600$$

$$x2 = 19.353$$

$$y2 = 3.600$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 27.580$$

$$T(D) = 27.580$$

$$M(R) = 0.000$$

Activated force = 0.000

Geosynthetic 13

$x1 = 4.378$

$y1 = 4.200$

$x2 = 18.778$

$y2 = 4.200$

$\mu = 0.800$

$T0 = 27.580$

$T(D) = 27.580$

$M(R) = 0.000$

Activated force = 0.000

Geosynthetic 14

$x1 = 5.004$

$y1 = 4.800$

$x2 = 18.204$

$y2 = 4.800$

$\mu = 0.800$

$T0 = 27.580$

$T(D) = 27.580$

$M(R) = 0.000$

Activated force = 0.000

Geosynthetic 15

$x1 = 5.629$

$y1 = 5.400$

$x2 = 17.529$

$y2 = 5.400$

$\mu = 0.800$

$T0 = 27.580$

$T(D) = 27.580$

$M(R) = 0.000$

Activated force = 0.000

Geosynthetic 16

$x1 = 6.255$

$y1 = 6.000$

$x2 = 16.855$

$$y2 = 6.000$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 17.550$$

$$T(D) = 17.550$$

$$M(R) = 0.000$$

$$\text{Activated force} = 0.000$$

Geosynthetic 17

$$x1 = 6.880$$

$$y1 = 6.600$$

$$x2 = 16.180$$

$$y2 = 6.600$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 17.550$$

$$T(D) = 17.550$$

$$M(R) = 0.000$$

$$\text{Activated force} = 0.000$$

Geosynthetic 18

$$x1 = 7.506$$

$$y1 = 7.200$$

$$x2 = 15.606$$

$$y2 = 7.200$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 17.550$$

$$T(D) = 17.550$$

$$M(R) = 0.000$$

$$\text{Activated force} = 0.000$$

Geosynthetic 19

$$x1 = 8.131$$

$$y1 = 7.800$$

$$x2 = 14.731$$

$$y2 = 7.800$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 17.550$$

$$T(D) = 17.550$$

$$M(R) = 0.000$$

$$\text{Activated force} = 0.000$$

Geosynthetic 20

$$x1 = 8.757$$

$$y1 = 8.400$$

$$x2 = 14.257$$

$$y2 = 8.400$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 17.550$$

$$T(D) = 17.550$$

$$M(R) = 0.000$$

$$\text{Activated force} = 0.000$$



CORINALDO

## ACCORDO DI PROGRAMMA TRA I COMUNI



CASTELLEONE DI SUASA



REGIONE MARCHE

PROVINCIA DI ANCONA

### AMPLIAMENTO DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI DI CORINALDO

### PROGETTO DEFINITIVO DI PRIMO LOTTO AUTONOMO

N. ELAB.	TITOLO ELABORATO	FORMATO
<b>F.1</b>	<b>ALLEGATO 2</b>	A4
		SCALA

PROGETTISTI

TIMBRO E FIRMA

STUDIO INGEGNERI ASSOCIATI DI PANDOLFI ADALBERTO E  
PANDOLFI LUCA



DESCRIZIONE	DATA	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO
EMISSIONE	31/10/2012	ING. C. TAGNANI	ING. A. FARNESE	ING. G. BARDUCCI
REVISIONE				

**SEZIONE TIPO E – ARGINE IN TERRA RINFORZATA – VERIFICA DI STABILITA' -  
TABULATO DI CALCOLO**

**Verifica di stabilità composta 1**

Slope stability analysis to DIN 4084 (new)  
using circular slip surfaces

Parameter list

mu = utilisation factor

xm,ym = x and y values of slip circle centre-point

rad = slip circle radius

Movement direction of slip body to the Left

Coordinates of surface points

No.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-50.000	1.057
2	1.592	1.057
3	12.656	8.400
4	15.820	8.400
5	26.001	16.800
6	29.148	16.800
7	38.145	24.000
8	48.885	24.174
9	96.481	34.845
10	114.813	36.480
11	150.000	38.552

Partial factors: (GZ 1C)

- gam(phi) = 1.25

- gam(c') = 1.25

- gam(cu) = 1.40

- gam(Unit weights) = 1.00

- gam(Permanent actions) = 1.00

- gam(Variable actions) = 1.00

Characteristic soil properties

Soil	phi,k	c,k	gamma,k	dräniert	Designation
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]		
1	24.00	0.00	19.00	ja	Terra rinforzata
2	25.00	10.00	20.00	ja	Coltre
3	25.00	10.00	12.00	ja	Rifiuti
4	24.00	25.00	20.50	ja	Formazione
5	25.00	10.00	19.00	ja	Terreno vegetale

Coordinates of layers and soil numbers

No.	x(left)	y(left)	x(right)	y(right)	Soil no.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	1.592	1.057	1.692	1.057	5
2	1.692	1.057	12.756	8.400	5
3	15.820	8.400	15.920	8.400	5
4	15.920	8.400	26.101	16.800	5
5	29.148	16.800	29.248	16.800	5
6	29.248	16.800	38.245	24.000	5

7	49.181	24.179	74.506	1.336	3
8	74.506	1.336	150.000	2.398	3
9	0.000	0.000	75.987	0.000	1
10	92.277	1.500	101.176	0.093	2
11	101.176	0.093	150.000	0.093	2
12	-50.000	-3.480	-13.526	-3.480	2
13	-13.526	-3.480	-2.498	0.892	2
14	-50.000	-50.000	150.000	-50.000	4

Coordinates of pwp polygon course

No.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-50.000	-3.480
2	-13.526	-3.480
3	0.000	0.000
4	75.987	0.000
5	75.987	2.000
6	150.000	2.182

Live loads

No.	Size(left)	Size(right)	x(left)	x(right)	y
[-]	[kN/m²]	[kN/m²]	[m]	[m]	[m]
1	5.00	5.00	38.14	48.88	24.17

Geosynthetics

Adhesion t calculated with:

$$t = \mu \cdot \tan(\phi) \cdot \sigma'$$

Nr.	x1	y1	x2	y2	$\mu$	T0	T(D)
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kN/m]
1	0.61	0.60	30.61	0.60	0.800	219.68	219.68
2	1.81	1.20	76.81	1.20	0.800	200.87	200.87
3	2.71	1.80	32.71	1.80	0.800	219.68	219.68
4	43.99	1.80	73.99	1.80	0.800	0.00	219.68
5	3.62	2.40	23.62	2.40	0.800	104.85	104.85
6	53.33	2.40	73.33	2.40	0.800	0.00	104.85
7	4.52	3.00	24.52	3.00	0.800	104.85	104.85
8	52.66	3.00	72.66	3.00	0.800	0.00	104.85
9	5.42	3.60	25.42	3.60	0.800	104.85	104.85
10	52.00	3.60	72.00	3.60	0.800	0.00	104.85
11	6.33	4.20	71.33	4.20	0.800	57.67	200.87
12	7.23	4.80	27.23	4.80	0.800	57.67	57.67
13	50.67	4.80	70.67	4.80	0.800	0.00	57.67
14	8.14	5.40	28.14	5.40	0.800	57.67	57.67
15	50.00	5.40	70.00	5.40	0.800	0.00	57.67
16	9.04	6.00	29.04	6.00	0.800	57.67	57.67
17	49.34	6.00	69.34	6.00	0.800	0.00	57.67
18	9.94	6.60	29.94	6.60	0.800	57.67	57.67
19	48.67	6.60	68.67	6.60	0.800	0.00	57.67
20	10.85	7.20	30.85	7.20	0.800	57.67	57.67
21	48.00	7.20	68.00	7.20	0.800	0.00	57.67
22	11.75	7.80	31.75	7.80	0.800	57.67	57.67
23	47.34	7.80	67.34	7.80	0.800	0.00	57.67
24	15.83	8.40	66.83	8.40	0.800	40.12	200.87
25	16.56	9.00	31.56	9.00	0.800	40.12	40.12
26	51.01	9.00	66.01	9.00	0.800	0.00	40.12
27	17.28	9.60	32.28	9.60	0.800	40.12	40.12
28	50.34	9.60	65.34	9.60	0.800	0.00	40.12
29	18.01	10.20	33.01	10.20	0.800	40.12	40.12
30	49.68	10.20	64.68	10.20	0.800	0.00	40.12

31	18.74	10.80	33.74	10.80	0.800	40.12	40.12
32	49.01	10.80	64.01	10.80	0.800	0.00	40.12
33	19.47	11.40	34.47	11.40	0.800	40.12	40.12
34	48.35	11.40	63.35	11.40	0.800	0.00	40.12
35	20.19	12.00	35.19	12.00	0.800	40.12	40.12
36	47.68	12.00	62.68	12.00	0.800	0.00	40.12
37	20.92	12.60	62.02	12.60	0.800	40.12	200.87
38	21.65	13.20	36.65	13.20	0.800	40.12	40.12
39	46.35	13.20	61.35	13.20	0.800	0.00	40.12
40	22.37	13.80	37.37	13.80	0.800	40.12	40.12
41	45.69	13.80	60.69	13.80	0.800	0.00	40.12
42	23.10	14.40	38.10	14.40	0.800	40.12	40.12
43	45.02	14.40	60.02	14.40	0.800	0.00	40.12
44	23.83	15.00	38.83	15.00	0.800	40.12	40.12
45	44.36	15.00	59.36	15.00	0.800	0.00	40.12
46	24.56	15.60	39.56	15.60	0.800	40.12	40.12
47	43.69	15.60	58.69	15.60	0.800	0.00	40.12
48	25.28	16.20	40.28	16.20	0.800	40.12	40.12
49	43.03	16.20	58.03	16.20	0.800	0.00	40.12
50	29.16	16.80	57.36	16.80	0.800	27.58	200.87
51	29.90	17.40	56.70	17.40	0.800	27.58	27.58
52	30.65	18.00	56.05	18.00	0.800	27.58	27.58
53	31.40	18.60	55.40	18.60	0.800	27.58	27.58
54	32.15	19.20	54.75	19.20	0.800	27.58	27.58
55	32.90	19.80	54.10	19.80	0.800	27.58	27.58
56	33.65	20.40	53.45	20.40	0.800	17.55	17.55
57	34.40	21.00	52.80	21.00	0.800	17.55	17.55
58	35.15	21.60	52.15	21.60	0.800	17.55	17.55
59	35.90	22.20	51.50	22.20	0.800	17.55	17.55
60	36.65	22.80	50.85	22.80	0.800	17.55	17.55
61	37.40	23.40	50.20	23.40	0.800	17.55	17.55

Earthquake

horizontal  $k_h = a_h/g = 0.0830$

vertical  $k_v = a_v/g = 0.0410$

( $a_h$  = horizontal seismic acceleration in  $m/s^2$ )

( $a_v$  = vertical seismic acceleration in  $m/s^2$ )

( $g$  = gravitational acceleration =  $9.81 m/s^2$ )

Formula from Kuntsche

Water level in front of slope left [m] = -50.00

Water level in front of slope right [m] = -50.00

Gamma water [ $kN/m^3$ ] = 10.000

Calculation with consideration of passive earth pressure wedge

Slip circle No. 108

$\mu_e = 0.9101 = [M(G_i) + M(S)] / [M(T_i) + M(R)]$

$x_m = 19.8740$

$y_m = 31.0335$

Radius = 26.6148

Numerator = 63593.4981

Denominator = 69874.1468

$M(T_i) = 52720.1554$

$M(R) = 17153.9914$

- from anchors = 0.0000

- from soil dowels = 0.0000

- from soil nails = 0.0000

- from geosynthetics = 17153.9914
- from injection piles = 0.0000
- from point loads = 0.0000
- M(Gi) = 55259.5157
- M(S) = 8333.9824
- from anchors = 0.0000

Sum M due to horizontal water pressure = 0.0000

Slice values

- x = x (slice toe)
- y = y (slice toe)
- b = slice width
- phi = friction angle
- c = cohesion
- PWP = pore water press. coeff.
- tet = inclination of slice
- g = weight
- n = normal force
- t = tangential force
- pw = pore water pressure
- pw(con) = excess pwp due to consolidation
- wv = vertical water pressure
- wh = horizontal water pressure
- pst = permanent loads and footing
- pv = live loads
- fakpv = factor for live loads

Nr.	x	y	b	phi,d	c,d	PWD	tet	g,k	n	t	pw	pw(kon)	wv	pst,d	pv,d	fakpv
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/m²]	[-]	[°]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	10.300	6.200	1.196	19.6	0.0	0.00	21.1	14.4	17.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
2	11.496	5.772	1.196	19.6	0.0	0.00	18.3	42.2	47.8	17.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
3	12.691	5.406	1.196	19.6	0.0	0.00	15.7	68.0	74.5	26.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
4	13.887	5.101	1.196	19.6	0.0	0.00	13.0	75.0	79.7	28.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
5	15.083	4.853	1.196	19.6	0.0	0.00	10.4	80.6	83.5	29.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
6	16.279	4.663	1.196	19.6	0.0	0.00	7.8	93.5	94.7	33.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
7	17.475	4.527	1.196	19.6	0.0	0.00	5.2	119.0	118.1	42.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
8	18.670	4.446	1.196	19.6	0.0	0.00	2.6	143.3	139.6	49.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
9	19.866	4.419	1.196	19.6	0.0	0.00	0.0	166.3	159.5	56.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
10	21.062	4.445	1.196	19.6	0.0	0.00	-2.6	188.1	178.0	63.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
11	22.258	4.526	1.196	19.6	0.0	0.00	-5.1	208.7	195.3	69.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
12	23.453	4.661	1.196	19.6	0.0	0.00	-7.7	228.0	211.4	75.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
13	24.649	4.851	1.196	19.6	0.0	0.00	-10.3	246.1	226.6	80.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
14	25.845	5.097	1.196	19.6	0.0	0.00	-13.0	263.0	240.8	85.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
15	27.041	5.402	1.196	19.6	0.0	0.00	-15.6	259.0	236.4	84.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
16	28.237	5.767	1.196	19.6	0.0	0.00	-18.3	250.7	228.7	81.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
17	29.432	6.194	1.196	19.6	0.0	0.00	-21.0	246.1	224.9	80.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
18	30.628	6.688	1.196	19.6	0.0	0.00	-23.8	256.7	235.4	83.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
19	31.824	7.252	1.196	19.6	0.0	0.00	-26.7	265.6	245.1	87.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
20	33.020	7.892	1.196	19.6	0.0	0.00	-29.6	272.8	254.1	90.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
21	34.215	8.613	1.196	19.6	0.0	0.00	-32.6	278.1	262.3	93.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
22	35.411	9.425	1.196	19.6	0.0	0.00	-35.7	281.4	269.6	96.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
23	36.607	10.337	1.196	19.6	0.0	0.00	-39.0	282.5	276.0	98.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
24	37.803	11.364	1.196	19.6	0.0	0.00	-42.3	280.9	282.6	100.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	1
25	38.999	12.524	1.196	19.6	0.0	0.00	-45.9	261.0	275.8	98.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	1
26	40.194	13.845	1.196	19.6	0.0	0.00	-49.8	231.5	254.9	90.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	1
27	41.390	15.368	1.196	19.6	0.0	0.00	-53.9	197.3	229.2	81.6	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	1
28	42.586	17.158	1.196	19.6	0.0	0.00	-58.6	157.1	196.0	69.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	1
29	43.782	19.339	1.196	19.6	0.0	0.00	-63.9	108.0	149.6	53.3	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	1

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_ALLEGATO2

30 44.977 22.193 1.196 19.6 0.0 0.00 -70.6 43.6 74.5 26.5 0.0 0.0 0.0 0.0 6.0 1

5608.4 0.0 0.0 0.0 0.0 37.2

Geosynthetic 1

x1 = 0.607  
 y1 = 0.600  
 x2 = 30.607  
 y2 = 0.600  
 $\mu = 0.800$   
 T0 = 219.680  
 T(D) = 219.680  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 2691.98  
 T(AR) = 215.34

Geosynthetic 2

x1 = 1.808  
 y1 = 1.200  
 x2 = 76.808  
 y2 = 1.200  
 $\mu = 0.800$   
 T0 = 200.870  
 T(D) = 200.870  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 12616.16  
 T(AR) = 551.58

Geosynthetic 3

x1 = 2.712  
 y1 = 1.800  
 x2 = 32.712  
 y2 = 1.800  
 $\mu = 0.800$   
 T0 = 219.680  
 T(D) = 219.680  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 2309.63  
 T(AR) = 607.15

Geosynthetic 4

x1 = 43.992  
 y1 = 1.800  
 x2 = 73.992  
 y2 = 1.800  
 $\mu = 0.800$   
 T0 = 0.000  
 T(D) = 219.680  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 6299.57  
 T(AR) = 343.83

Geosynthetic 5

x1 = 3.616

y1 = 2.400  
x2 = 23.616  
y2 = 2.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 104.850  
T(D) = 104.850  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 1161.55  
T(AR) = 115.68

Geosynthetic 6  
x1 = 53.326  
y1 = 2.400  
x2 = 73.326  
y2 = 2.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 0.000  
T(D) = 104.850  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 3574.69  
T(AR) = 566.85

Geosynthetic 7  
x1 = 4.520  
y1 = 3.000  
x2 = 24.520  
y2 = 3.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 104.850  
T(D) = 104.850  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 1272.35  
T(AR) = 102.16

Geosynthetic 8  
x1 = 52.661  
y1 = 3.000  
x2 = 72.661  
y2 = 3.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 0.000  
T(D) = 104.850  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 3999.32  
T(AR) = 39.73

Geosynthetic 9  
x1 = 5.424  
y1 = 3.600  
x2 = 25.424  
y2 = 3.600  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 104.850  
T(D) = 104.850  
M(R) = 0.000

Activated force = 0.000

T(AL) = 914.87

T(AR) = 348.64

Geosynthetic 10

x1 = 51.996

y1 = 3.600

x2 = 71.996

y2 = 3.600

$\mu$  = 0.800

T0 = 0.000

T(D) = 104.850

M(R) = 0.000

Activated force = 0.000

T(AL) = 3690.67

T(AR) = 245.89

Geosynthetic 11

x1 = 6.328

y1 = 4.200

x2 = 71.328

y2 = 4.200

$\mu$  = 0.800

T0 = 57.670

T(D) = 200.870

M(R) = 0.000

Activated force = 0.000

T(AL) = 9434.27

T(AR) = 460.76

Geosynthetic 12

x1 = 7.232

y1 = 4.800

x2 = 27.232

y2 = 4.800

$\mu$  = 0.800

T0 = 57.670

T(D) = 57.670

M(R) = 1512.889

Activated force = 57.670

Bonded length = 0.49

T(AL) = 888.07

T(AR) = 360.79

Geosynthetic 13

x1 = 50.666

y1 = 4.800

x2 = 70.666

y2 = 4.800

$\mu$  = 0.800

T0 = 0.000

T(D) = 57.670

M(R) = 0.000

Activated force = 0.000

T(AL) = 3047.46

T(AR) = 684.14

Geosynthetic 14

x1 = 8.136

y1 = 5.400  
x2 = 28.136  
y2 = 5.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 57.670  
T(D) = 57.670  
M(R) = 1478.287  
Activated force = 57.670  
Bonded length = 0.47  
T(AL) = 1097.28  
T(AR) = 136.02

Geosynthetic 15  
x1 = 50.000  
y1 = 5.400  
x2 = 70.000  
y2 = 5.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 0.000  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 3471.16  
T(AR) = 157.95

Geosynthetic 16  
x1 = 9.040  
y1 = 6.000  
x2 = 29.040  
y2 = 6.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 57.670  
T(D) = 57.670  
M(R) = 378.229  
Activated force = 15.109  
Bonded length = 0.13  
T(AL) = 1196.92  
T(AR) = 15.11

Geosynthetic 17  
x1 = 49.335  
y1 = 6.000  
x2 = 69.335  
y2 = 6.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 0.000  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 3165.77  
T(AR) = 360.86

Geosynthetic 18  
x1 = 9.944  
y1 = 6.600  
x2 = 29.944  
y2 = 6.600  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 57.670

$T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 1130.32$   
 $T(AR) = 115.10$

Geosynthetic 19  
 $x1 = 48.670$   
 $y1 = 6.600$   
 $x2 = 68.670$   
 $y2 = 6.600$   
 $\mu = 0.800$   
 $T0 = 0.000$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 2847.55$   
 $T(AR) = 576.17$

Geosynthetic 20  
 $x1 = 10.848$   
 $y1 = 7.200$   
 $x2 = 30.848$   
 $y2 = 7.200$   
 $\mu = 0.800$   
 $T0 = 57.670$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 339.25$   
 $T(AR) = 825.38$

Geosynthetic 21  
 $x1 = 48.005$   
 $y1 = 7.200$   
 $x2 = 68.005$   
 $y2 = 7.200$   
 $\mu = 0.800$   
 $T0 = 0.000$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 3239.82$   
 $T(AR) = 79.85$

Geosynthetic 22  
 $x1 = 11.752$   
 $y1 = 7.800$   
 $x2 = 31.753$   
 $y2 = 7.800$   
 $\mu = 0.800$   
 $T0 = 57.670$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 888.09$   
 $T(AR) = 312.08$

Geosynthetic 23

x1 = 47.340  
y1 = 7.800  
x2 = 67.340  
y2 = 7.800  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 0.000  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 2943.11  
T(AR) = 271.51

Geosynthetic 24  
x1 = 15.830  
y1 = 8.400  
x2 = 66.830  
y2 = 8.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 40.120  
T(D) = 200.870  
M(R) = 4546.400  
Activated force = 200.870  
Bonded length = 1.45  
T(AL) = 1316.42  
T(AR) = 5221.10

Geosynthetic 25  
x1 = 16.557  
y1 = 9.000  
x2 = 31.557  
y2 = 9.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 674.71  
T(AR) = 258.94

Geosynthetic 26  
x1 = 51.009  
y1 = 9.000  
x2 = 66.009  
y2 = 9.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 2171.71  
T(AR) = 11.50

Geosynthetic 27  
x1 = 17.284  
y1 = 9.600  
x2 = 32.284  
y2 = 9.600  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 40.120

T(D) = 40.120  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 163.00  
 T(AR) = 749.83

Geosynthetic 28  
 x1 = 50.344  
 y1 = 9.600  
 x2 = 65.344  
 y2 = 9.600  
 $\mu = 0.800$   
 T0 = 0.000  
 T(D) = 40.120  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 1914.99  
 T(AR) = 191.35

Geosynthetic 29  
 x1 = 18.012  
 y1 = 10.200  
 x2 = 33.012  
 y2 = 10.200  
 $\mu = 0.800$   
 T0 = 40.120  
 T(D) = 40.120  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 521.20  
 T(AR) = 370.37

Geosynthetic 30  
 x1 = 49.679  
 y1 = 10.200  
 x2 = 64.679  
 y2 = 10.200  
 $\mu = 0.800$   
 T0 = 0.000  
 T(D) = 40.120  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 1643.68  
 T(AR) = 385.79

Geosynthetic 31  
 x1 = 18.739  
 y1 = 10.800  
 x2 = 33.739  
 y2 = 10.800  
 $\mu = 0.800$   
 T0 = 40.120  
 T(D) = 40.120  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 753.97  
 T(AR) = 116.42

Geosynthetic 32

x1 = 49.014  
y1 = 10.800  
x2 = 64.014  
y2 = 10.800  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 1345.43  
T(AR) = 607.11

Geosynthetic 33  
x1 = 19.466  
y1 = 11.400  
x2 = 34.466  
y2 = 11.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 388.60  
T(AR) = 460.37

Geosynthetic 34  
x1 = 48.349  
y1 = 11.400  
x2 = 63.349  
y2 = 11.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 1753.67  
T(AR) = 121.01

Geosynthetic 35  
x1 = 20.193  
y1 = 12.000  
x2 = 35.193  
y2 = 12.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 728.05  
T(AR) = 99.31

Geosynthetic 36  
x1 = 47.683  
y1 = 12.000  
x2 = 62.683  
y2 = 12.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120

M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 1492.17  
T(AR) = 303.63

Geosynthetic 37  
x1 = 20.921  
y1 = 12.600  
x2 = 62.020  
y2 = 12.600  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 40.120  
T(D) = 200.870  
M(R) = 3702.746  
Activated force = 200.870  
Bonded length = 1.62  
T(AL) = 1172.80  
T(AR) = 2704.24

Geosynthetic 38  
x1 = 21.648  
y1 = 13.200  
x2 = 36.648  
y2 = 13.200  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 576.37  
T(AR) = 207.41

Geosynthetic 39  
x1 = 46.353  
y1 = 13.200  
x2 = 61.353  
y2 = 13.200  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 1574.29  
T(AR) = 60.79

Geosynthetic 40  
x1 = 22.375  
y1 = 13.800  
x2 = 37.375  
y2 = 13.800  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 131.38  
T(AR) = 630.58

Geosynthetic 41

x1 = 45.688  
y1 = 13.800  
x2 = 60.688  
y2 = 13.800  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 1323.05  
T(AR) = 230.17

Geosynthetic 42  
x1 = 23.102  
y1 = 14.400  
x2 = 38.102  
y2 = 14.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 438.09  
T(AR) = 301.65

Geosynthetic 43  
x1 = 45.023  
y1 = 14.400  
x2 = 60.023  
y2 = 14.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 1031.27  
T(AR) = 439.09

Geosynthetic 44  
x1 = 23.829  
y1 = 15.000  
x2 = 38.829  
y2 = 15.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 702.49  
T(AR) = 12.98

Geosynthetic 45  
x1 = 44.357  
y1 = 15.000  
x2 = 59.357  
y2 = 15.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120

M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 1375.27  
T(AR) = 11.31

Geosynthetic 46  
x1 = 24.557  
y1 = 15.600  
x2 = 39.557  
y2 = 15.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 312.91  
T(AR) = 373.69

Geosynthetic 47  
x1 = 43.692  
y1 = 15.600  
x2 = 58.692  
y2 = 15.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 1136.21  
T(AR) = 165.52

Geosynthetic 48  
x1 = 25.284  
y1 = 16.200  
x2 = 40.284  
y2 = 16.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 72.62  
T(AR) = 540.32

Geosynthetic 49  
x1 = 43.027  
y1 = 16.200  
x2 = 58.027  
y2 = 16.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 845.49  
T(AR) = 370.40

Geosynthetic 50  
x1 = 29.158

y1 = 16.800  
x2 = 57.358  
y2 = 16.800  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 27.580  
T(D) = 200.870  
M(R) = 2859.092  
Activated force = 200.870  
Bonded length = 2.55  
T(AL) = 708.64  
T(AR) = 1128.79

Geosynthetic 51  
x1 = 29.898  
y1 = 17.400  
x2 = 56.698  
y2 = 17.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 27.580  
T(D) = 27.580  
M(R) = 376.013  
Activated force = 27.580  
Bonded length = 0.38  
T(AL) = 651.66  
T(AR) = 966.80

Geosynthetic 52  
x1 = 30.647  
y1 = 18.000  
x2 = 56.047  
y2 = 18.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 27.580  
T(D) = 27.580  
M(R) = 359.465  
Activated force = 27.580  
Bonded length = 0.42  
T(AL) = 593.66  
T(AR) = 819.25

Geosynthetic 53  
x1 = 31.397  
y1 = 18.600  
x2 = 55.397  
y2 = 18.600  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 27.580  
T(D) = 27.580  
M(R) = 342.917  
Activated force = 27.580  
Bonded length = 0.01  
T(AL) = 534.88  
T(AR) = 684.94

Geosynthetic 54  
x1 = 32.147  
y1 = 19.200  
x2 = 54.747  
y2 = 19.200

$\mu = 0.800$   
 $T_0 = 27.580$   
 $T(D) = 27.580$   
 $M(R) = 326.369$   
Activated force = 27.580  
Bonded length = 0.52  
 $T(AL) = 475.45$   
 $T(AR) = 563.07$

Geosynthetic 55  
 $x_1 = 32.897$   
 $y_1 = 19.800$   
 $x_2 = 54.097$   
 $y_2 = 19.800$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 27.580$   
 $T(D) = 27.580$   
 $M(R) = 309.821$   
Activated force = 27.580  
Bonded length = 0.59  
 $T(AL) = 416.14$   
 $T(AR) = 453.91$

Geosynthetic 56  
 $x_1 = 33.646$   
 $y_1 = 20.400$   
 $x_2 = 53.446$   
 $y_2 = 20.400$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 17.550$   
 $T(D) = 17.550$   
 $M(R) = 186.619$   
Activated force = 17.550  
Bonded length = 0.44  
 $T(AL) = 347.25$   
 $T(AR) = 356.77$

Geosynthetic 57  
 $x_1 = 34.396$   
 $y_1 = 21.000$   
 $x_2 = 52.796$   
 $y_2 = 21.000$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 17.550$   
 $T(D) = 17.550$   
 $M(R) = 176.089$   
Activated force = 17.550  
Bonded length = 0.52  
 $T(AL) = 289.20$   
 $T(AR) = 271.26$

Geosynthetic 58  
 $x_1 = 35.146$   
 $y_1 = 21.600$   
 $x_2 = 52.146$   
 $y_2 = 21.600$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 17.550$

T(D) = 17.550  
M(R) = 165.559  
Activated force = 17.550  
Bonded length = 0.65  
T(AL) = 232.24  
T(AR) = 197.04

Geosynthetic 59  
x1 = 35.895  
y1 = 22.200  
x2 = 51.495  
y2 = 22.200  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 17.550  
T(D) = 17.550  
M(R) = 155.029  
Activated force = 17.550  
Bonded length = 0.85  
T(AL) = 176.74  
T(AR) = 133.78

Geosynthetic 60  
x1 = 36.645  
y1 = 22.800  
x2 = 50.845  
y2 = 22.800  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 17.550  
T(D) = 17.550  
M(R) = 144.499  
Activated force = 17.550  
Bonded length = 1.22  
T(AL) = 123.04  
T(AR) = 81.25

Geosynthetic 61  
x1 = 37.395  
y1 = 23.400  
x2 = 50.195  
y2 = 23.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 17.550  
T(D) = 17.550  
M(R) = 133.969  
Activated force = 17.550  
Bonded length = 2.20  
T(AL) = 71.51  
T(AR) = 39.04

## Verifica di stabilità composta 2

Slope stability analysis to DIN 4084 (new)  
using circular slip surfaces

Parameter list

mu = utilisation factor

xm,ym = x and y values of slip circle centre-point

rad = slip circle radius

Movement direction of slip body to the Left

Coordinates of surface points

No.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-50.000	1.057
2	1.592	1.057
3	12.656	8.400
4	15.820	8.400
5	26.001	16.800
6	29.148	16.800
7	38.145	24.000
8	48.885	24.174
9	96.481	34.845
10	114.813	36.480
11	150.000	38.552

Partial factors: (GZ 1C)

- gam(phi)= 1.25

- gam(c') = 1.25

- gam(cu) = 1.40

- gam(Unit weights) = 1.00

- gam(Permanent actions) = 1.00

- gam(Variable actions) = 1.00

Characteristic soil properties

Soil	phi,k	c,k	gamma,k	dräniert	Designation
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]		
1	24.00	0.00	19.00	ja	Terra rinforzata
2	25.00	10.00	20.00	ja	Coltre
3	25.00	10.00	12.00	ja	Rifiuti
4	24.00	25.00	20.50	ja	Formazione
5	25.00	10.00	19.00	ja	Terreno vegetale

Coordinates of layers and soil numbers

No.	x(left)	y(left)	x(right)	y(right)	Soil no.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	1.592	1.057	1.692	1.057	5
2	1.692	1.057	12.756	8.400	5
3	15.820	8.400	15.920	8.400	5
4	15.920	8.400	26.101	16.800	5
5	29.148	16.800	29.248	16.800	5
6	29.248	16.800	38.245	24.000	5
7	49.181	24.179	74.506	1.336	3
8	74.506	1.336	150.000	2.398	3
9	0.000	0.000	75.987	0.000	1
10	92.277	1.500	101.176	0.093	2
11	101.176	0.093	150.000	0.093	2

12	-50.000	-3.480	-13.526	-3.480	2
13	-13.526	-3.480	-2.498	0.892	2
14	-50.000	-50.000	150.000	-50.000	4

Coordinates of pwp polygon course

No.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-50.000	-3.480
2	-13.526	-3.480
3	0.000	0.000
4	75.987	0.000
5	75.987	2.000
6	150.000	2.182

Live loads

No.	Size(left)	Size(right)	x(left)	x(right)	y
[-]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[m]
1	5.00	5.00	38.14	48.88	24.17

Geosynthetics

Adhesion t calculated with:

$$t = \mu \cdot \tan(\phi) \cdot \sigma'$$

Nr.	x1	y1	x2	y2	$\mu$	T0	T(D)
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kN/m]
1	0.10	0.00	75.10	0.00	0.800	200.87	200.87
2	0.61	0.60	30.61	0.60	0.800	219.68	219.68
3	45.32	0.60	75.32	0.60	0.800	0.00	219.68
4	1.81	1.20	31.81	1.20	0.800	219.68	219.68
5	44.66	1.20	74.66	1.20	0.800	0.00	219.68
6	2.71	1.80	32.71	1.80	0.800	219.68	219.68
7	43.99	1.80	73.99	1.80	0.800	0.00	219.68
8	3.62	2.40	23.62	2.40	0.800	104.85	104.85
9	53.33	2.40	73.33	2.40	0.800	0.00	104.85
10	4.52	3.00	24.52	3.00	0.800	104.85	104.85
11	52.66	3.00	72.66	3.00	0.800	0.00	104.85
12	5.42	3.60	25.42	3.60	0.800	104.85	104.85
13	52.00	3.60	72.00	3.60	0.800	0.00	104.85
14	6.33	4.20	71.33	4.20	0.800	57.67	200.87
15	7.23	4.80	27.23	4.80	0.800	57.67	57.67
16	50.67	4.80	70.67	4.80	0.800	0.00	57.67
17	8.14	5.40	28.14	5.40	0.800	57.67	57.67
18	50.00	5.40	70.00	5.40	0.800	0.00	57.67
19	9.04	6.00	29.04	6.00	0.800	57.67	57.67
20	49.34	6.00	69.34	6.00	0.800	0.00	57.67
21	9.94	6.60	29.94	6.60	0.800	57.67	57.67
22	48.67	6.60	68.67	6.60	0.800	0.00	57.67
23	10.85	7.20	30.85	7.20	0.800	57.67	57.67
24	48.00	7.20	68.00	7.20	0.800	0.00	57.67
25	11.75	7.80	31.75	7.80	0.800	57.67	57.67
26	47.34	7.80	67.34	7.80	0.800	0.00	57.67
27	15.83	8.40	66.83	8.40	0.800	40.12	200.87
28	16.56	9.00	31.56	9.00	0.800	40.12	40.12
29	51.01	9.00	66.01	9.00	0.800	0.00	40.12
30	17.28	9.60	32.28	9.60	0.800	40.12	40.12
31	50.34	9.60	65.34	9.60	0.800	0.00	40.12
32	18.01	10.20	33.01	10.20	0.800	40.12	40.12
33	49.68	10.20	64.68	10.20	0.800	0.00	40.12
34	18.74	10.80	33.74	10.80	0.800	40.12	40.12
35	49.01	10.80	64.01	10.80	0.800	0.00	40.12

36	19.47	11.40	34.47	11.40	0.800	40.12	40.12
37	48.35	11.40	63.35	11.40	0.800	0.00	40.12
38	20.19	12.00	35.19	12.00	0.800	40.12	40.12
39	47.68	12.00	62.68	12.00	0.800	0.00	40.12
40	20.92	12.60	62.02	12.60	0.800	40.12	200.87
41	21.65	13.20	36.65	13.20	0.800	40.12	40.12
42	46.35	13.20	61.35	13.20	0.800	0.00	40.12
43	22.37	13.80	37.37	13.80	0.800	40.12	40.12
44	45.69	13.80	60.69	13.80	0.800	0.00	40.12
45	23.10	14.40	38.10	14.40	0.800	40.12	40.12
46	45.02	14.40	60.02	14.40	0.800	0.00	40.12
47	23.83	15.00	38.83	15.00	0.800	40.12	40.12
48	44.36	15.00	59.36	15.00	0.800	0.00	40.12
49	24.56	15.60	39.56	15.60	0.800	40.12	40.12
50	43.69	15.60	58.69	15.60	0.800	0.00	40.12
51	25.28	16.20	40.28	16.20	0.800	40.12	40.12
52	43.03	16.20	58.03	16.20	0.800	0.00	40.12
53	29.16	16.80	57.36	16.80	0.800	27.58	200.87
54	29.90	17.40	56.70	17.40	0.800	27.58	27.58
55	30.65	18.00	56.05	18.00	0.800	27.58	27.58
56	31.40	18.60	55.40	18.60	0.800	27.58	27.58
57	32.15	19.20	54.75	19.20	0.800	27.58	27.58
58	32.90	19.80	54.10	19.80	0.800	27.58	27.58
59	33.65	20.40	53.45	20.40	0.800	17.55	17.55
60	34.40	21.00	52.80	21.00	0.800	17.55	17.55
61	35.15	21.60	52.15	21.60	0.800	17.55	17.55
62	35.90	22.20	51.50	22.20	0.800	17.55	17.55
63	36.65	22.80	50.85	22.80	0.800	17.55	17.55
64	37.40	23.40	50.20	23.40	0.800	17.55	17.55

Earthquake

horizontal  $k_h = a_h/g = 0.0830$

vertical  $k_v = a_v/g = 0.0410$

( $a_h$  = horizontal seismic acceleration in  $m/s^2$ )

( $a_v$  = vertical seismic acceleration in  $m/s^2$ )

( $g$  = gravitational acceleration =  $9.81 m/s^2$ )

Formula from Kuntsche

Water level in front of slope left [m] = -50.00

Water level in front of slope right [m] = -50.00

Gamma water [ $kN/m^3$ ] = 10.000

Calculation with consideration of passive earth pressure wedge

Slip circle No. 107

$\mu_e = 0.8843 = [M(G_i) + M(S)] / [M(T_i) + M(R)]$

$x_m = 21.8628$

$y_m = 25.7779$

Radius = 21.3574

Numerator = 45247.7753

Denominator = 51167.0609

$M(T_i) = 40617.9491$

$M(R) = 10549.1118$

- from anchors = 0.0000

- from soil dowels = 0.0000

- from soil nails = 0.0000

- from geosynthetics = 10549.1118

- from injection piles = 0.0000

- from point loads = 0.0000  
 M(Gi) = 39615.6138  
 M(S) = 5632.1615  
 - from anchors = 0.0000

Sum M due to horizontal water pressure = 0.0000

Slice values

x = x (slice toe)  
 y = y (slice toe)  
 b = slice width  
 phi = friction angle  
 c = cohesion  
 PWP = pore water press. coeff.  
 tet = inclination of slice  
 g = weight  
 n = normal force  
 t = tangential force  
 pw = pore water pressure  
 pw(con) = excess pwp due to consolidation  
 wv = vertical water pressure  
 wh = horizontal water pressure  
 pst = permanent loads and footing  
 pv = live loads  
 fakpv = factor for live loads

Nr.	x	y	b	phi,d	c,d	PWD	tet	g,k	n	t	pw	pw(kon)	wv	pst,d	pv,d	fakpv
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/m²]	[-]	[°]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	11.606	7.045	1.069	19.6	0.0	0.00	28.7	13.4	17.7	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
2	12.675	6.498	1.069	19.6	0.0	0.00	25.5	38.6	48.3	17.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
3	13.744	6.024	1.069	19.6	0.0	0.00	22.3	48.3	57.5	20.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
4	14.814	5.617	1.069	19.6	0.0	0.00	19.3	56.5	64.5	23.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
5	15.883	5.275	1.069	19.6	0.0	0.00	16.3	64.6	71.0	25.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
6	16.953	4.993	1.069	19.6	0.0	0.00	13.3	88.2	93.9	33.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
7	18.022	4.769	1.069	19.6	0.0	0.00	10.4	110.7	114.5	40.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
8	19.091	4.601	1.069	19.6	0.0	0.00	7.5	132.0	133.2	47.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
9	20.161	4.488	1.069	19.6	0.0	0.00	4.6	152.2	150.2	53.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
10	21.230	4.430	1.069	19.6	0.0	0.00	1.7	171.4	166.0	59.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
11	22.300	4.425	1.069	19.6	0.0	0.00	-1.2	189.4	180.5	64.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
12	23.369	4.474	1.069	19.6	0.0	0.00	-4.0	206.3	194.0	69.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
13	24.438	4.576	1.069	19.6	0.0	0.00	-6.9	222.2	206.7	73.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
14	25.508	4.734	1.069	19.6	0.0	0.00	-9.8	236.9	218.6	77.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
15	26.577	4.947	1.069	19.6	0.0	0.00	-12.8	240.8	221.0	78.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
16	27.646	5.219	1.069	19.6	0.0	0.00	-15.7	235.3	215.3	76.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
17	28.716	5.550	1.069	19.6	0.0	0.00	-18.7	228.6	209.1	74.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
18	29.785	5.944	1.069	19.6	0.0	0.00	-21.8	230.9	211.8	75.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
19	30.855	6.406	1.069	19.6	0.0	0.00	-24.9	239.0	220.4	78.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
20	31.924	6.939	1.069	19.6	0.0	0.00	-28.1	245.5	228.5	81.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
21	32.993	7.550	1.069	19.6	0.0	0.00	-31.4	250.5	236.0	84.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
22	34.063	8.248	1.069	19.6	0.0	0.00	-34.8	253.7	243.1	86.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
23	35.132	9.043	1.069	19.6	0.0	0.00	-38.4	254.9	249.6	88.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
24	36.202	9.950	1.069	19.6	0.0	0.00	-42.2	253.9	255.6	91.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
25	37.271	10.989	1.069	19.6	0.0	0.00	-46.2	250.2	260.9	92.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
26	38.340	12.190	1.069	19.6	0.0	0.00	-50.5	240.0	265.8	94.7	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	1
27	39.410	13.603	1.069	19.6	0.0	0.00	-55.2	211.7	251.1	89.4	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	1
28	40.479	15.310	1.069	19.6	0.0	0.00	-60.7	177.3	229.1	81.6	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	1
29	41.549	17.495	1.069	19.6	0.0	0.00	-67.2	133.3	196.1	69.8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	1
30	42.618	20.742	1.069	19.6	0.0	0.00	-76.4	67.7	129.2	46.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	1

5243.9                      0.0    0.0    0.0    0.0    25.0

Geosynthetic 1  
 $x1 = 0.100$   
 $y1 = 0.000$   
 $x2 = 75.100$   
 $y2 = 0.000$   
 $\mu = 0.800$   
 $T0 = 200.870$   
 $T(D) = 200.870$   
 $M(R) = 0.000$   
 Activated force = 0.000

Geosynthetic 2  
 $x1 = 0.607$   
 $y1 = 0.600$   
 $x2 = 30.607$   
 $y2 = 0.600$   
 $\mu = 0.800$   
 $T0 = 219.680$   
 $T(D) = 219.680$   
 $M(R) = 0.000$   
 Activated force = 0.000

Geosynthetic 3  
 $x1 = 45.322$   
 $y1 = 0.600$   
 $x2 = 75.322$   
 $y2 = 0.600$   
 $\mu = 0.800$   
 $T0 = 0.000$   
 $T(D) = 219.680$   
 $M(R) = 0.000$   
 Activated force = 0.000

Geosynthetic 4  
 $x1 = 1.808$   
 $y1 = 1.200$   
 $x2 = 31.808$   
 $y2 = 1.200$   
 $\mu = 0.800$   
 $T0 = 219.680$   
 $T(D) = 219.680$   
 $M(R) = 0.000$   
 Activated force = 0.000

Geosynthetic 5  
 $x1 = 44.657$   
 $y1 = 1.200$   
 $x2 = 74.657$   
 $y2 = 1.200$   
 $\mu = 0.800$   
 $T0 = 0.000$   
 $T(D) = 219.680$   
 $M(R) = 0.000$   
 Activated force = 0.000

Geosynthetic 6  
x1 = 2.712  
y1 = 1.800  
x2 = 32.712  
y2 = 1.800  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 219.680  
T(D) = 219.680  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 7  
x1 = 43.992  
y1 = 1.800  
x2 = 73.992  
y2 = 1.800  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 219.680  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 8  
x1 = 3.616  
y1 = 2.400  
x2 = 23.616  
y2 = 2.400  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 104.850  
T(D) = 104.850  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 9  
x1 = 53.326  
y1 = 2.400  
x2 = 73.326  
y2 = 2.400  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 104.850  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 10  
x1 = 4.520  
y1 = 3.000  
x2 = 24.520  
y2 = 3.000  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 104.850  
T(D) = 104.850  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 11  
x1 = 52.661  
y1 = 3.000  
x2 = 72.661

$y_2 = 3.000$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 0.000$   
 $T(D) = 104.850$   
 $M(R) = 0.000$   
 Activated force = 0.000

Geosynthetic 12  
 $x_1 = 5.424$   
 $y_1 = 3.600$   
 $x_2 = 25.424$   
 $y_2 = 3.600$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 104.850$   
 $T(D) = 104.850$   
 $M(R) = 0.000$   
 Activated force = 0.000

Geosynthetic 13  
 $x_1 = 51.996$   
 $y_1 = 3.600$   
 $x_2 = 71.996$   
 $y_2 = 3.600$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 0.000$   
 $T(D) = 104.850$   
 $M(R) = 0.000$   
 Activated force = 0.000

Geosynthetic 14  
 $x_1 = 6.328$   
 $y_1 = 4.200$   
 $x_2 = 71.328$   
 $y_2 = 4.200$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 57.670$   
 $T(D) = 200.870$   
 $M(R) = 0.000$   
 Activated force = 0.000

Geosynthetic 15  
 $x_1 = 7.232$   
 $y_1 = 4.800$   
 $x_2 = 27.232$   
 $y_2 = 4.800$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 57.670$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 1209.796$   
 Activated force = 57.670  
 Bonded length = 0.44  
 $T(AL) = 1072.07$   
 $T(AR) = 176.79$

Geosynthetic 16  
 $x_1 = 50.666$   
 $y_1 = 4.800$   
 $x_2 = 70.666$   
 $y_2 = 4.800$

$\mu = 0.800$   
 $T_0 = 0.000$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000

Geosynthetic 17  
 $x_1 = 8.136$   
 $y_1 = 5.400$   
 $x_2 = 28.136$   
 $y_2 = 5.400$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 57.670$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000

Geosynthetic 18  
 $x_1 = 50.000$   
 $y_1 = 5.400$   
 $x_2 = 70.000$   
 $y_2 = 5.400$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 0.000$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000

Geosynthetic 19  
 $x_1 = 9.040$   
 $y_1 = 6.000$   
 $x_2 = 29.040$   
 $y_2 = 6.000$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 57.670$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000

Geosynthetic 20  
 $x_1 = 49.335$   
 $y_1 = 6.000$   
 $x_2 = 69.335$   
 $y_2 = 6.000$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 0.000$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000

Geosynthetic 21  
 $x_1 = 9.944$   
 $y_1 = 6.600$   
 $x_2 = 29.944$   
 $y_2 = 6.600$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 57.670$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$

Activated force = 0.000

Geosynthetic 22

x1 = 48.670

y1 = 6.600

x2 = 68.670

y2 = 6.600

$\mu$  = 0.800

T0 = 0.000

T(D) = 57.670

M(R) = 0.000

Activated force = 0.000

Geosynthetic 23

x1 = 10.848

y1 = 7.200

x2 = 30.848

y2 = 7.200

$\mu$  = 0.800

T0 = 57.670

T(D) = 57.670

M(R) = 0.000

Activated force = 0.000

Geosynthetic 24

x1 = 48.005

y1 = 7.200

x2 = 68.005

y2 = 7.200

$\mu$  = 0.800

T0 = 0.000

T(D) = 57.670

M(R) = 0.000

Activated force = 0.000

Geosynthetic 25

x1 = 11.752

y1 = 7.800

x2 = 31.753

y2 = 7.800

$\mu$  = 0.800

T0 = 57.670

T(D) = 57.670

M(R) = 0.000

Activated force = 0.000

Geosynthetic 26

x1 = 47.340

y1 = 7.800

x2 = 67.340

y2 = 7.800

$\mu$  = 0.800

T0 = 0.000

T(D) = 57.670

M(R) = 0.000

Activated force = 0.000

Geosynthetic 27

x1 = 15.830

y1 = 8.400  
x2 = 66.830  
y2 = 8.400  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 200.870  
M(R) = 3490.700  
Activated force = 200.870  
Bonded length = 1.42  
T(AL) = 1370.12  
T(AR) = 5167.40

Geosynthetic 28  
x1 = 16.557  
y1 = 9.000  
x2 = 31.557  
y2 = 9.000  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 29  
x1 = 51.009  
y1 = 9.000  
x2 = 66.009  
y2 = 9.000  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 30  
x1 = 17.284  
y1 = 9.600  
x2 = 32.284  
y2 = 9.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 31  
x1 = 50.344  
y1 = 9.600  
x2 = 65.344  
y2 = 9.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 32  
x1 = 18.012  
y1 = 10.200

x2 = 33.012  
y2 = 10.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 33  
x1 = 49.679  
y1 = 10.200  
x2 = 64.679  
y2 = 10.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 34  
x1 = 18.739  
y1 = 10.800  
x2 = 33.739  
y2 = 10.800  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 35  
x1 = 49.014  
y1 = 10.800  
x2 = 64.014  
y2 = 10.800  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 36  
x1 = 19.466  
y1 = 11.400  
x2 = 34.466  
y2 = 11.400  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 37  
x1 = 48.349  
y1 = 11.400  
x2 = 63.349  
y2 = 11.400  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000

T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 38  
x1 = 20.193  
y1 = 12.000  
x2 = 35.193  
y2 = 12.000  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 39  
x1 = 47.683  
y1 = 12.000  
x2 = 62.683  
y2 = 12.000  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 40  
x1 = 20.921  
y1 = 12.600  
x2 = 62.020  
y2 = 12.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 200.870  
M(R) = 2647.046  
Activated force = 200.870  
Bonded length = 1.62  
T(AL) = 1123.15  
T(AR) = 2753.89

Geosynthetic 41  
x1 = 21.648  
y1 = 13.200  
x2 = 36.648  
y2 = 13.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 42  
x1 = 46.353  
y1 = 13.200  
x2 = 61.353  
y2 = 13.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120

M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 43  
x1 = 22.375  
y1 = 13.800  
x2 = 37.375  
y2 = 13.800  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 44  
x1 = 45.688  
y1 = 13.800  
x2 = 60.688  
y2 = 13.800  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 45  
x1 = 23.102  
y1 = 14.400  
x2 = 38.102  
y2 = 14.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 46  
x1 = 45.023  
y1 = 14.400  
x2 = 60.023  
y2 = 14.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 47  
x1 = 23.829  
y1 = 15.000  
x2 = 38.829  
y2 = 15.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 48

x1 = 44.357  
y1 = 15.000  
x2 = 59.357  
y2 = 15.000  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 49  
x1 = 24.557  
y1 = 15.600  
x2 = 39.557  
y2 = 15.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 50  
x1 = 43.692  
y1 = 15.600  
x2 = 58.692  
y2 = 15.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 51  
x1 = 25.284  
y1 = 16.200  
x2 = 40.284  
y2 = 16.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 52  
x1 = 43.027  
y1 = 16.200  
x2 = 58.027  
y2 = 16.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000

Geosynthetic 53  
x1 = 29.158  
y1 = 16.800  
x2 = 57.358  
y2 = 16.800

$\mu = 0.800$   
 $T_0 = 27.580$   
 $T(D) = 200.870$   
 $M(R) = 1803.392$   
Activated force = 200.870  
Bonded length = 2.55  
 $T(AL) = 620.48$   
 $T(AR) = 1216.95$

Geosynthetic 54  
 $x_1 = 29.898$   
 $y_1 = 17.400$   
 $x_2 = 56.698$   
 $y_2 = 17.400$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 27.580$   
 $T(D) = 27.580$   
 $M(R) = 231.063$   
Activated force = 27.580  
Bonded length = 0.38  
 $T(AL) = 563.38$   
 $T(AR) = 1055.09$

Geosynthetic 55  
 $x_1 = 30.647$   
 $y_1 = 18.000$   
 $x_2 = 56.047$   
 $y_2 = 18.000$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 27.580$   
 $T(D) = 27.580$   
 $M(R) = 214.515$   
Activated force = 27.580  
Bonded length = 0.42  
 $T(AL) = 506.54$   
 $T(AR) = 906.37$

Geosynthetic 56  
 $x_1 = 31.397$   
 $y_1 = 18.600$   
 $x_2 = 55.397$   
 $y_2 = 18.600$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 27.580$   
 $T(D) = 27.580$   
 $M(R) = 197.967$   
Activated force = 27.580  
Bonded length = 0.47  
 $T(AL) = 450.23$   
 $T(AR) = 769.59$

Geosynthetic 57  
 $x_1 = 32.147$   
 $y_1 = 19.200$   
 $x_2 = 54.747$   
 $y_2 = 19.200$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 27.580$   
 $T(D) = 27.580$

M(R) = 181.419  
Activated force = 27.580  
Bonded length = 0.52  
T(AL) = 394.56  
T(AR) = 643.96

Geosynthetic 58  
x1 = 32.897  
y1 = 19.800  
x2 = 54.097  
y2 = 19.800  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 27.580  
T(D) = 27.580  
M(R) = 164.871  
Activated force = 27.580  
Bonded length = 0.60  
T(AL) = 340.32  
T(AR) = 529.73

Geosynthetic 59  
x1 = 33.646  
y1 = 20.400  
x2 = 53.446  
y2 = 20.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 17.550  
T(D) = 17.550  
M(R) = 94.382  
Activated force = 17.550  
Bonded length = 0.44  
T(AL) = 277.80  
T(AR) = 426.22

Geosynthetic 60  
x1 = 34.396  
y1 = 21.000  
x2 = 52.796  
y2 = 21.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 17.550  
T(D) = 17.550  
M(R) = 83.852  
Activated force = 17.550  
Bonded length = 0.53  
T(AL) = 227.46  
T(AR) = 333.00

Geosynthetic 61  
x1 = 35.146  
y1 = 21.600  
x2 = 52.146  
y2 = 21.600  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 17.550  
T(D) = 17.550  
M(R) = 73.322  
Activated force = 17.550  
Bonded length = 0.65

$T(AL) = 179.54$   
 $T(AR) = 249.74$

Geosynthetic 62

$x1 = 35.895$   
 $y1 = 22.200$   
 $x2 = 51.495$   
 $y2 = 22.200$   
 $\mu = 0.800$   
 $T0 = 17.550$   
 $T(D) = 17.550$   
 $M(R) = 62.792$   
Activated force = 17.550  
Bonded length = 0.86  
 $T(AL) = 134.45$   
 $T(AR) = 176.07$

Geosynthetic 63

$x1 = 36.645$   
 $y1 = 22.800$   
 $x2 = 50.845$   
 $y2 = 22.800$   
 $\mu = 0.800$   
 $T0 = 17.550$   
 $T(D) = 17.550$   
 $M(R) = 52.262$   
Activated force = 17.550  
Bonded length = 1.26  
 $T(AL) = 92.55$   
 $T(AR) = 111.74$

Geosynthetic 64

$x1 = 37.395$   
 $y1 = 23.400$   
 $x2 = 50.195$   
 $y2 = 23.400$   
 $\mu = 0.800$   
 $T0 = 17.550$   
 $T(D) = 17.550$   
 $M(R) = 41.732$   
Activated force = 17.550  
Bonded length = 2.32  
 $T(AL) = 54.23$   
 $T(AR) = 56.31$

## Verifica di stabilità globale

Slope stability analysis to DIN 4084 (new)  
using circular slip surfaces

Parameter list

mu = utilisation factor

xm,ym = x and y values of slip circle centre-point

rad = slip circle radius

Movement direction of slip body to the Left

Coordinates of surface points

No.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-50.000	1.057
2	1.592	1.057
3	12.656	8.400
4	15.820	8.400
5	26.001	16.800
6	29.148	16.800
7	38.145	24.000
8	48.885	24.174
9	96.481	34.845
10	114.813	36.480
11	150.000	38.552

Partial factors: (GZ 1C)

- gam(phi)= 1.25

- gam(c') = 1.25

- gam(cu) = 1.40

- gam(Unit weights) = 1.00

- gam(Permanent actions) = 1.00

- gam(Variable actions) = 1.00

Characteristic soil properties

Soil	phi,k	c,k	gamma,k	dräniert	Designation
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]		
1	24.00	0.00	19.00	ja	Terra rinforzata
2	25.00	10.00	20.00	ja	Coltre
3	25.00	10.00	12.00	ja	Rifiuti
4	24.00	25.00	20.50	ja	Formazione
5	25.00	10.00	19.00	ja	Terreno vegetale

Coordinates of layers and soil numbers

No.	x(left)	y(left)	x(right)	y(right)	Soil no.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	1.592	1.057	1.692	1.057	5
2	1.692	1.057	12.756	8.400	5
3	15.820	8.400	15.920	8.400	5
4	15.920	8.400	26.101	16.800	5
5	29.148	16.800	29.248	16.800	5
6	29.248	16.800	38.245	24.000	5
7	49.181	24.179	74.506	1.336	3
8	74.506	1.336	150.000	2.398	3
9	0.000	0.000	75.987	0.000	1
10	92.277	1.500	101.176	0.093	2

11	101.176	0.093	150.000	0.093	2
12	-50.000	-3.480	-13.526	-3.480	2
13	-13.526	-3.480	-2.498	0.892	2
14	-50.000	-50.000	150.000	-50.000	4

Coordinates of pwp polygon course

No.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-50.000	-3.480
2	-13.526	-3.480
3	0.000	0.000
4	75.987	0.000
5	75.987	2.000
6	150.000	2.182

Live loads

No.	Size(left)	Size(right)	x(left)	x(right)	y
[-]	[kN/m²]	[kN/m²]	[m]	[m]	[m]
1	5.00	5.00	38.14	48.88	24.17

Geosynthetics

Adhesion t calculated with:

$$t = \mu \cdot \tan(\phi) \cdot \sigma'$$

Nr.	x1	y1	x2	y2	$\mu$	T0	T(D)
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kN/m]
1	0.61	0.60	30.61	0.60	0.800	219.68	219.68
2	1.81	1.20	76.81	1.20	0.800	200.87	200.87
3	2.71	1.80	32.71	1.80	0.800	219.68	219.68
4	43.99	1.80	73.99	1.80	0.800	0.00	219.68
5	3.62	2.40	23.62	2.40	0.800	104.85	104.85
6	53.33	2.40	73.33	2.40	0.800	0.00	104.85
7	4.52	3.00	24.52	3.00	0.800	104.85	104.85
8	52.66	3.00	72.66	3.00	0.800	0.00	104.85
9	5.42	3.60	25.42	3.60	0.800	104.85	104.85
10	52.00	3.60	72.00	3.60	0.800	0.00	104.85
11	6.33	4.20	71.33	4.20	0.800	57.67	200.87
12	7.23	4.80	27.23	4.80	0.800	57.67	57.67
13	50.67	4.80	70.67	4.80	0.800	0.00	57.67
14	8.14	5.40	28.14	5.40	0.800	57.67	57.67
15	50.00	5.40	70.00	5.40	0.800	0.00	57.67
16	9.04	6.00	29.04	6.00	0.800	57.67	57.67
17	49.34	6.00	69.34	6.00	0.800	0.00	57.67
18	9.94	6.60	29.94	6.60	0.800	57.67	57.67
19	48.67	6.60	68.67	6.60	0.800	0.00	57.67
20	10.85	7.20	30.85	7.20	0.800	57.67	57.67
21	48.00	7.20	68.00	7.20	0.800	0.00	57.67
22	11.75	7.80	31.75	7.80	0.800	57.67	57.67
23	47.34	7.80	67.34	7.80	0.800	0.00	57.67
24	15.83	8.40	66.83	8.40	0.800	40.12	200.87
25	16.56	9.00	31.56	9.00	0.800	40.12	40.12
26	51.01	9.00	66.01	9.00	0.800	0.00	40.12
27	17.28	9.60	32.28	9.60	0.800	40.12	40.12
28	50.34	9.60	65.34	9.60	0.800	0.00	40.12
29	18.01	10.20	33.01	10.20	0.800	40.12	40.12
30	49.68	10.20	64.68	10.20	0.800	0.00	40.12
31	18.74	10.80	33.74	10.80	0.800	40.12	40.12
32	49.01	10.80	64.01	10.80	0.800	0.00	40.12
33	19.47	11.40	34.47	11.40	0.800	40.12	40.12
34	48.35	11.40	63.35	11.40	0.800	0.00	40.12

35	20.19	12.00	35.19	12.00	0.800	40.12	40.12
36	47.68	12.00	62.68	12.00	0.800	0.00	40.12
37	20.92	12.60	62.02	12.60	0.800	40.12	200.87
38	21.65	13.20	36.65	13.20	0.800	40.12	40.12
39	46.35	13.20	61.35	13.20	0.800	0.00	40.12
40	22.37	13.80	37.37	13.80	0.800	40.12	40.12
41	45.69	13.80	60.69	13.80	0.800	0.00	40.12
42	23.10	14.40	38.10	14.40	0.800	40.12	40.12
43	45.02	14.40	60.02	14.40	0.800	0.00	40.12
44	23.83	15.00	38.83	15.00	0.800	40.12	40.12
45	44.36	15.00	59.36	15.00	0.800	0.00	40.12
46	24.56	15.60	39.56	15.60	0.800	40.12	40.12
47	43.69	15.60	58.69	15.60	0.800	0.00	40.12
48	25.28	16.20	40.28	16.20	0.800	40.12	40.12
49	43.03	16.20	58.03	16.20	0.800	0.00	40.12
50	29.16	16.80	57.36	16.80	0.800	27.58	200.87
51	29.90	17.40	56.70	17.40	0.800	27.58	27.58
52	30.65	18.00	56.05	18.00	0.800	27.58	27.58
53	31.40	18.60	55.40	18.60	0.800	27.58	27.58
54	32.15	19.20	54.75	19.20	0.800	27.58	27.58
55	32.90	19.80	54.10	19.80	0.800	27.58	27.58
56	33.65	20.40	53.45	20.40	0.800	17.55	17.55
57	34.40	21.00	52.80	21.00	0.800	17.55	17.55
58	35.15	21.60	52.15	21.60	0.800	17.55	17.55
59	35.90	22.20	51.50	22.20	0.800	17.55	17.55
60	36.65	22.80	50.85	22.80	0.800	17.55	17.55
61	37.40	23.40	50.20	23.40	0.800	17.55	17.55

Earthquake

horizontal  $k_h = a_h/g = 0.0830$

vertical  $k_v = a_v/g = 0.0410$

( $a_h$  = horizontal seismic acceleration in  $m/s^2$ )

( $a_v$  = vertical seismic acceleration in  $m/s^2$ )

( $g$  = gravitational acceleration =  $9.81 m/s^2$ )

Formula from Kuntsche

Water level in front of slope left [m] = -50.00

Water level in front of slope right [m] = -50.00

Gamma water [ $kN/m^3$ ] = 10.000

Calculation with consideration of passive earth pressure wedge

Slip circle No. 79

$\mu_e = 0.8790 = [M(G_i) + M(S)] / [M(T_i) + M(R)]$

$x_m = 9.8946$

$y_m = 34.0498$

Radius = 40.1318

Numerator = 216722.0226

Denominator = 246564.3814

$M(T_i) = 215460.4947$

$M(R) = 31103.8867$

- from anchors = 0.0000

- from soil dowels = 0.0000

- from soil nails = 0.0000

- from geosynthetics = 31103.8867

- from injection piles = 0.0000

- from point loads = 0.0000

$M(G_i) = 184464.5213$

M(S) = 32257.5012  
 - from anchors = 0.0000

Sum M due to horizontal water pressure = 0.0000

Slice values

- x = x (slice toe)
- y = y (slice toe)
- b = slice width
- phi = friction angle
- c = cohesion
- PWP = pore water press. coeff.
- tet = inclination of slice
- g = weight
- n = normal force
- t = tangential force
- pw = pore water pressure
- pw(con) = excess pwp due to consolidation
- wv = vertical water pressure
- wh = horizontal water pressure
- pst = permanent loads and footing
- pv = live loads
- fakpv = factor for live loads

Nr.	x	y	b	phi,d	c,d	PWD	tet	g,k	n	t	pw	pw(kon)	wv	pst,d	pv,d	fakpv
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[°]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	-11.924	0.367	2.058	20.5	8.0	0.00	32.9	28.4	41.2	40.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
2	-9.866	-0.880	2.058	20.5	8.0	0.00	29.5	79.7	107.8	63.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
3	-7.808	-1.967	2.058	19.6	20.0	0.00	26.2	125.2	158.2	110.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
4	-5.750	-2.907	2.058	19.6	20.0	0.00	22.9	165.8	162.2	109.3	29.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0
5	-3.692	-3.712	2.058	19.6	20.0	0.00	19.8	200.6	162.3	107.1	56.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0
6	-1.633	-4.391	2.058	19.6	20.0	0.00	16.7	229.8	159.8	104.4	81.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0
7	0.425	-4.949	2.058	19.6	20.0	0.00	13.6	250.1	153.7	100.6	101.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0
8	2.483	-5.392	2.058	19.6	20.0	0.00	10.6	291.9	182.7	109.6	111.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
9	4.541	-5.723	2.058	19.6	20.0	0.00	7.7	359.3	238.9	128.5	117.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0
10	6.599	-5.947	2.058	19.6	20.0	0.00	4.7	422.2	290.9	146.0	122.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0
11	8.658	-6.063	2.058	19.6	20.0	0.00	1.8	480.5	339.5	162.5	124.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0
12	10.716	-6.074	2.058	19.6	20.0	0.00	-1.2	534.4	385.1	178.1	125.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
13	12.774	-5.979	2.058	19.6	20.0	0.00	-4.1	580.7	425.4	191.9	123.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0
14	14.832	-5.777	2.058	19.6	20.0	0.00	-7.1	572.2	417.0	188.5	118.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0
15	16.890	-5.468	2.058	19.6	20.0	0.00	-10.0	593.7	439.6	196.2	112.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0
16	18.948	-5.047	2.058	19.6	20.0	0.00	-13.0	642.4	490.2	214.0	103.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0
17	21.007	-4.513	2.058	19.6	20.0	0.00	-16.1	686.2	539.5	231.5	92.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0
18	23.065	-3.859	2.058	19.6	20.0	0.00	-19.2	725.1	588.1	248.8	79.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0
19	25.123	-3.081	2.058	19.6	20.0	0.00	-22.3	758.6	636.1	266.0	63.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1
20	27.181	-2.168	2.058	19.6	20.0	0.00	-25.5	748.5	648.9	270.8	44.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1
21	29.239	-1.112	2.058	19.6	20.0	0.00	-28.8	706.8	637.6	267.2	22.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1
22	31.297	0.102	2.058	19.6	0.0	0.00	-32.2	720.3	682.0	242.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
23	33.356	1.490	2.058	19.6	0.0	0.00	-35.8	730.4	704.4	250.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
24	35.414	3.077	2.058	19.6	0.0	0.00	-39.5	732.8	723.8	257.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
25	37.472	4.894	2.058	19.6	0.0	0.00	-43.4	726.1	741.3	264.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8	1
26	39.530	6.989	2.058	19.6	0.0	0.00	-47.6	666.1	716.4	255.2	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	1
27	41.588	9.431	2.058	19.6	0.0	0.00	-52.2	571.9	648.7	231.1	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	1
28	43.647	12.339	2.058	19.6	0.0	0.00	-57.2	459.5	560.2	199.5	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	1
29	45.705	15.934	2.058	19.6	0.0	0.00	-63.2	320.2	433.8	154.5	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	1
30	47.763	20.763	2.058	19.6	0.0	0.00	-70.7	132.7	218.9	78.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	1

14242.1      1632.4      0.0      0.0      0.0      53.2

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_ALLEGATO2

## Geosynthetic 1

x1 = 0.607  
y1 = 0.600  
x2 = 30.607  
y2 = 0.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 219.680  
T(D) = 219.680  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 2691.98  
T(AR) = 215.34

## Geosynthetic 2

x1 = 1.808  
y1 = 1.200  
x2 = 76.808  
y2 = 1.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 200.870  
T(D) = 200.870  
M(R) = 6598.541  
Activated force = 200.870  
Bonded length = 0.97  
T(AL) = 3364.54  
T(AR) = 10004.07

## Geosynthetic 3

x1 = 2.712  
y1 = 1.800  
x2 = 32.712  
y2 = 1.800  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 219.680  
T(D) = 219.680  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 848.82  
T(AR) = 2067.96

## Geosynthetic 4

x1 = 43.992  
y1 = 1.800  
x2 = 73.992  
y2 = 1.800  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 219.680  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 6299.57  
T(AR) = 343.83

## Geosynthetic 5

x1 = 3.616  
y1 = 2.400  
x2 = 23.616  
y2 = 2.400

$\mu = 0.800$   
 $T_0 = 104.850$   
 $T(D) = 104.850$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 1251.49$   
 $T(AR) = 25.73$

Geosynthetic 6  
 $x_1 = 53.326$   
 $y_1 = 2.400$   
 $x_2 = 73.326$   
 $y_2 = 2.400$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 0.000$   
 $T(D) = 104.850$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 3574.69$   
 $T(AR) = 566.85$

Geosynthetic 7  
 $x_1 = 4.520$   
 $y_1 = 3.000$   
 $x_2 = 24.520$   
 $y_2 = 3.000$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 104.850$   
 $T(D) = 104.850$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 1064.23$   
 $T(AR) = 205.43$

Geosynthetic 8  
 $x_1 = 52.661$   
 $y_1 = 3.000$   
 $x_2 = 72.661$   
 $y_2 = 3.000$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 0.000$   
 $T(D) = 104.850$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 3999.32$   
 $T(AR) = 39.73$

Geosynthetic 9  
 $x_1 = 5.424$   
 $y_1 = 3.600$   
 $x_2 = 25.424$   
 $y_2 = 3.600$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 104.850$   
 $T(D) = 104.850$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 738.21$   
 $T(AR) = 525.31$

## Geosynthetic 10

x1 = 51.996  
y1 = 3.600  
x2 = 71.996  
y2 = 3.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 104.850  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 3690.67  
T(AR) = 245.89

## Geosynthetic 11

x1 = 6.328  
y1 = 4.200  
x2 = 71.328  
y2 = 4.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 57.670  
T(D) = 200.870  
M(R) = 5995.931  
Activated force = 200.870  
Bonded length = 0.97  
T(AL) = 2983.95  
T(AR) = 6968.74

## Geosynthetic 12

x1 = 7.232  
y1 = 4.800  
x2 = 27.232  
y2 = 4.800  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 57.670  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 376.71  
T(AR) = 929.82

## Geosynthetic 13

x1 = 50.666  
y1 = 4.800  
x2 = 70.666  
y2 = 4.800  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 3047.46  
T(AR) = 684.14

## Geosynthetic 14

x1 = 8.136  
y1 = 5.400  
x2 = 28.136  
y2 = 5.400

$\mu = 0.800$   
 $T_0 = 57.670$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 787.86$   
 $T(AR) = 445.44$

Geosynthetic 15  
 $x_1 = 50.000$   
 $y_1 = 5.400$   
 $x_2 = 70.000$   
 $y_2 = 5.400$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 0.000$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 3471.16$   
 $T(AR) = 157.95$

Geosynthetic 16  
 $x_1 = 9.040$   
 $y_1 = 6.000$   
 $x_2 = 29.040$   
 $y_2 = 6.000$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 57.670$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 1061.27$   
 $T(AR) = 150.76$

Geosynthetic 17  
 $x_1 = 49.335$   
 $y_1 = 6.000$   
 $x_2 = 69.335$   
 $y_2 = 6.000$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 0.000$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 3165.77$   
 $T(AR) = 360.86$

Geosynthetic 18  
 $x_1 = 9.944$   
 $y_1 = 6.600$   
 $x_2 = 29.944$   
 $y_2 = 6.600$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 57.670$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 766.64$   
 $T(AR) = 478.79$

## Geosynthetic 19

x1 = 48.670  
y1 = 6.600  
x2 = 68.670  
y2 = 6.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 2847.55  
T(AR) = 576.17

## Geosynthetic 20

x1 = 10.848  
y1 = 7.200  
x2 = 30.848  
y2 = 7.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 57.670  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 856.28  
T(AR) = 366.02

## Geosynthetic 21

x1 = 48.005  
y1 = 7.200  
x2 = 68.005  
y2 = 7.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 3239.82  
T(AR) = 79.85

## Geosynthetic 22

x1 = 11.752  
y1 = 7.800  
x2 = 31.753  
y2 = 7.800  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 57.670  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 910.12  
T(AR) = 290.05

## Geosynthetic 23

x1 = 47.340  
y1 = 7.800  
x2 = 67.340  
y2 = 7.800  
 $\mu = 0.800$

T0 = 0.000  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 2943.11  
T(AR) = 271.51

Geosynthetic 24  
x1 = 15.830  
y1 = 8.400  
x2 = 66.830  
y2 = 8.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 40.120  
T(D) = 200.870  
M(R) = 5152.277  
Activated force = 200.870  
Bonded length = 1.19  
T(AL) = 2400.28  
T(AR) = 4137.23

Geosynthetic 25  
x1 = 16.557  
y1 = 9.000  
x2 = 31.557  
y2 = 9.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 674.71  
T(AR) = 258.94

Geosynthetic 26  
x1 = 51.009  
y1 = 9.000  
x2 = 66.009  
y2 = 9.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 2171.71  
T(AR) = 11.50

Geosynthetic 27  
x1 = 17.284  
y1 = 9.600  
x2 = 32.284  
y2 = 9.600  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 163.00  
T(AR) = 749.83

## Geosynthetic 28

x1 = 50.344  
y1 = 9.600  
x2 = 65.344  
y2 = 9.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 1914.99  
T(AR) = 191.35

## Geosynthetic 29

x1 = 18.012  
y1 = 10.200  
x2 = 33.012  
y2 = 10.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 521.20  
T(AR) = 370.37

## Geosynthetic 30

x1 = 49.679  
y1 = 10.200  
x2 = 64.679  
y2 = 10.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 1643.68  
T(AR) = 385.79

## Geosynthetic 31

x1 = 18.739  
y1 = 10.800  
x2 = 33.739  
y2 = 10.800  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 753.97  
T(AR) = 116.42

## Geosynthetic 32

x1 = 49.014  
y1 = 10.800  
x2 = 64.014  
y2 = 10.800  
 $\mu = 0.800$

$T_0 = 0.000$   
 $T(D) = 40.120$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 1345.43$   
 $T(AR) = 607.11$

Geosynthetic 33  
 $x_1 = 19.466$   
 $y_1 = 11.400$   
 $x_2 = 34.466$   
 $y_2 = 11.400$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 40.120$   
 $T(D) = 40.120$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 388.60$   
 $T(AR) = 460.37$

Geosynthetic 34  
 $x_1 = 48.349$   
 $y_1 = 11.400$   
 $x_2 = 63.349$   
 $y_2 = 11.400$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 0.000$   
 $T(D) = 40.120$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 1753.67$   
 $T(AR) = 121.01$

Geosynthetic 35  
 $x_1 = 20.193$   
 $y_1 = 12.000$   
 $x_2 = 35.193$   
 $y_2 = 12.000$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 40.120$   
 $T(D) = 40.120$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 728.05$   
 $T(AR) = 99.31$

Geosynthetic 36  
 $x_1 = 47.683$   
 $y_1 = 12.000$   
 $x_2 = 62.683$   
 $y_2 = 12.000$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 0.000$   
 $T(D) = 40.120$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 1492.17$   
 $T(AR) = 303.63$

## Geosynthetic 37

$x1 = 20.921$

$y1 = 12.600$

$x2 = 62.020$

$y2 = 12.600$

$\mu = 0.800$

$T0 = 40.120$

$T(D) = 200.870$

$M(R) = 4308.623$

Activated force = 200.870

Bonded length = 1.61

$T(AL) = 1760.82$

$T(AR) = 2116.22$

## Geosynthetic 38

$x1 = 21.648$

$y1 = 13.200$

$x2 = 36.648$

$y2 = 13.200$

$\mu = 0.800$

$T0 = 40.120$

$T(D) = 40.120$

$M(R) = 0.000$

Activated force = 0.000

$T(AL) = 576.37$

$T(AR) = 207.41$

## Geosynthetic 39

$x1 = 46.353$

$y1 = 13.200$

$x2 = 61.353$

$y2 = 13.200$

$\mu = 0.800$

$T0 = 0.000$

$T(D) = 40.120$

$M(R) = 0.000$

Activated force = 0.000

$T(AL) = 192.90$

$T(AR) = 1442.19$

## Geosynthetic 40

$x1 = 22.375$

$y1 = 13.800$

$x2 = 37.375$

$y2 = 13.800$

$\mu = 0.800$

$T0 = 40.120$

$T(D) = 40.120$

$M(R) = 0.000$

Activated force = 0.000

$T(AL) = 131.38$

$T(AR) = 630.58$

## Geosynthetic 41

$x1 = 45.688$

$y1 = 13.800$

$x2 = 60.688$

$y2 = 13.800$

$\mu = 0.800$

$T_0 = 0.000$   
 $T(D) = 40.120$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 347.04$   
 $T(AR) = 1206.18$

Geosynthetic 42  
 $x_1 = 23.102$   
 $y_1 = 14.400$   
 $x_2 = 38.102$   
 $y_2 = 14.400$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 40.120$   
 $T(D) = 40.120$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 438.09$   
 $T(AR) = 301.65$

Geosynthetic 43  
 $x_1 = 45.023$   
 $y_1 = 14.400$   
 $x_2 = 60.023$   
 $y_2 = 14.400$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 0.000$   
 $T(D) = 40.120$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 479.07$   
 $T(AR) = 991.30$

Geosynthetic 44  
 $x_1 = 23.829$   
 $y_1 = 15.000$   
 $x_2 = 38.829$   
 $y_2 = 15.000$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 40.120$   
 $T(D) = 40.120$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 702.49$   
 $T(AR) = 12.98$

Geosynthetic 45  
 $x_1 = 44.357$   
 $y_1 = 15.000$   
 $x_2 = 59.357$   
 $y_2 = 15.000$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 0.000$   
 $T(D) = 40.120$   
 $M(R) = 764.278$   
Activated force = 40.120  
Bonded length = 0.41  
 $T(AL) = 84.78$   
 $T(AR) = 1301.81$

## Geosynthetic 46

x1 = 24.557  
y1 = 15.600  
x2 = 39.557  
y2 = 15.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 312.91  
T(AR) = 373.69

## Geosynthetic 47

x1 = 43.692  
y1 = 15.600  
x2 = 58.692  
y2 = 15.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 740.206  
Activated force = 40.120  
Bonded length = 0.43  
T(AL) = 169.63  
T(AR) = 1132.10

## Geosynthetic 48

x1 = 25.284  
y1 = 16.200  
x2 = 40.284  
y2 = 16.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 40.120  
T(D) = 40.120  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 72.62  
T(AR) = 540.32

## Geosynthetic 49

x1 = 43.027  
y1 = 16.200  
x2 = 58.027  
y2 = 16.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 0.000  
T(D) = 40.120  
M(R) = 716.134  
Activated force = 40.120  
Bonded length = 0.47  
T(AL) = 240.55  
T(AR) = 975.33

## Geosynthetic 50

x1 = 29.158  
y1 = 16.800  
x2 = 57.358

y2 = 16.800  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 27.580  
T(D) = 200.870  
M(R) = 3464.969  
Activated force = 200.870  
Bonded length = 2.52  
T(AL) = 1006.36  
T(AR) = 831.06

Geosynthetic 51  
x1 = 29.898  
y1 = 17.400  
x2 = 56.698  
y2 = 17.400  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 27.580  
T(D) = 27.580  
M(R) = 459.202  
Activated force = 27.580  
Bonded length = 0.38  
T(AL) = 918.66  
T(AR) = 699.81

Geosynthetic 52  
x1 = 30.647  
y1 = 18.000  
x2 = 56.047  
y2 = 18.000  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 27.580  
T(D) = 27.580  
M(R) = 442.654  
Activated force = 27.580  
Bonded length = 0.41  
T(AL) = 831.69  
T(AR) = 581.22

Geosynthetic 53  
x1 = 31.397  
y1 = 18.600  
x2 = 55.397  
y2 = 18.600  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 27.580  
T(D) = 27.580  
M(R) = 426.106  
Activated force = 27.580  
Bonded length = 0.46  
T(AL) = 745.49  
T(AR) = 474.34

Geosynthetic 54  
x1 = 32.147  
y1 = 19.200  
x2 = 54.747  
y2 = 19.200  
 $\mu$  = 0.800  
T0 = 27.580

T(D) = 27.580  
M(R) = 409.558  
Activated force = 27.580  
Bonded length = 0.51  
T(AL) = 659.96  
T(AR) = 378.55

Geosynthetic 55  
x1 = 32.897  
y1 = 19.800  
x2 = 54.097  
y2 = 19.800  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 27.580  
T(D) = 27.580  
M(R) = 393.010  
Activated force = 27.580  
Bonded length = 0.58  
T(AL) = 575.73  
T(AR) = 294.32

Geosynthetic 56  
x1 = 33.646  
y1 = 20.400  
x2 = 53.446  
y2 = 20.400  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 17.550  
T(D) = 17.550  
M(R) = 239.554  
Activated force = 17.550  
Bonded length = 0.43  
T(AL) = 482.89  
T(AR) = 221.12

Geosynthetic 57  
x1 = 34.396  
y1 = 21.000  
x2 = 52.796  
y2 = 21.000  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 17.550  
T(D) = 17.550  
M(R) = 229.024  
Activated force = 17.550  
Bonded length = 0.51  
T(AL) = 401.75  
T(AR) = 158.71

Geosynthetic 58  
x1 = 35.146  
y1 = 21.600  
x2 = 52.146  
y2 = 21.600

$\mu = 0.800$   
 $T_0 = 17.550$   
 $T(D) = 17.550$   
 $M(R) = 218.494$   
Activated force = 17.550  
Bonded length = 0.63  
 $T(AL) = 322.39$   
 $T(AR) = 106.88$

Geosynthetic 59  
 $x_1 = 35.895$   
 $y_1 = 22.200$   
 $x_2 = 51.495$   
 $y_2 = 22.200$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 17.550$   
 $T(D) = 17.550$   
 $M(R) = 207.964$   
Activated force = 17.550  
Bonded length = 0.82  
 $T(AL) = 245.07$   
 $T(AR) = 65.45$

Geosynthetic 60  
 $x_1 = 36.645$   
 $y_1 = 22.800$   
 $x_2 = 50.845$   
 $y_2 = 22.800$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 17.550$   
 $T(D) = 17.550$   
 $M(R) = 197.434$   
Activated force = 17.550  
Bonded length = 1.17  
 $T(AL) = 169.99$   
 $T(AR) = 34.31$

Geosynthetic 61  
 $x_1 = 37.395$   
 $y_1 = 23.400$   
 $x_2 = 50.195$   
 $y_2 = 23.400$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 17.550$   
 $T(D) = 17.550$   
 $M(R) = 139.927$   
Activated force = 13.139  
Bonded length = 1.61  
 $T(AL) = 97.41$   
 $T(AR) = 13.14$



CORINALDO

# ACCORDO DI PROGRAMMA TRA I COMUNI



CASTELLEONE DI SUASA



REGIONE MARCHE

PROVINCIA DI ANCONA

## AMPLIAMENTO DISCARICA PER RIFIUTI NON PERICOLOSI DI CORINALDO

### PROGETTO DEFINITIVO DI PRIMO LOTTO AUTONOMO

N. ELAB.	TITOLO ELABORATO	FORMATO
<b>F.1</b>	<b>ALLEGATO 3</b>	A4
		SCALA

PROGETTISTI

TIMBRO E FIRMA

STUDIO INGEGNERI ASSOCIATI DI PANDOLFI ADALBERTO E  
PANDOLFI LUCA



DESCRIZIONE	DATA	PREPARATO	CONTROLLATO	APPROVATO
EMISSIONE	31/10/2012	ING. C. TAGNANI	ING. A. FARNESE	ING. G. BARDUCCI
REVISIONE				

É VIETATA, AI SENSI DI LEGGE, LA DIVULGAZIONE E LA RIPRODUZIONE DEL PRESENTE DOCUMENTO SENZA LA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE

**SEZIONE TIPO H – ARGINE IN TERRA RINFORZATA – VERIFICA DI STABILITA' -  
TABULATO DI CALCOLO**

**Verifica di stabilità composta**

Slope stability analysis to DIN 4084 (new)  
using circular slip surfaces

Parameter list

mu = utilisation factor  
xm,ym = x and y values of slip circle centre-point  
rad = slip circle radius

Movement direction of slip body to the Left

Coordinates of surface points

No.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-100.000	-12.530
2	-55.000	-12.530
3	-35.588	-2.715
4	-25.271	-2.590
5	0.645	0.380
6	13.828	8.400
7	25.770	7.926
8	64.323	20.182
9	100.000	20.182

Partial factors: (GZ 1C)

- gam(phi)= 1.25
- gam(c') = 1.25
- gam(cu) = 1.40
- gam(Unit weights) = 1.00
- gam(Permanent actions) = 1.00
- gam(Variable actions) = 1.00

Characteristic soil properties

Soil	phi,k	c,k	gamma,k	dräniert	Designation
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]		
1	24.00	0.00	19.00	ja	Terra rinforzata
2	25.00	10.00	20.00	ja	Coltre
3	25.00	10.00	12.00	ja	Rifiuti
4	24.00	25.00	20.50	ja	Formazione
5	25.00	10.00	19.00	ja	Terreno vegetale

Coordinates of layers and soil numbers

No.	x(left)	y(left)	x(right)	y(right)	Soil no.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	0.000	0.100	0.000	5
2	0.100	0.000	13.921	8.396	5
3	0.100	0.000	10.000	0.000	1
4	10.000	0.000	20.698	2.392	1
5	20.698	2.392	25.770	7.926	1
6	-20.271	-2.590	1.811	-2.872	3
7	1.811	-2.872	21.165	-0.631	3
8	21.165	-0.631	67.047	14.237	3

9	67.047	14.237	100.000	14.237	3
10	-100.000	-50.000	100.000	-50.000	4

Coordinates of pwp polygon course

No.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-100.000	-27.000
2	-50.000	-22.000
3	10.000	0.000
4	20.000	2.000
5	34.217	8.000
6	100.000	20.182

Geosynthetics

Adhesion t calculated with:

$$t = \mu \cdot \tan(\phi) \cdot \sigma'$$

Nr.	x1	y1	x2	y2	$\mu$	T0	T(D)
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kN/m]
1	0.10	0.00	10.10	0.00	0.800	57.67	57.67
2	1.01	0.60	11.01	0.60	0.800	57.67	57.67
3	1.99	1.20	11.99	1.20	0.800	57.67	57.67
4	2.98	1.80	14.98	1.80	0.800	57.67	57.67
5	3.97	2.40	15.97	2.40	0.800	57.67	57.67
6	4.95	3.00	16.95	3.00	0.800	57.67	57.67
7	5.94	3.60	20.94	3.60	0.800	57.67	57.67
8	6.92	4.20	21.92	4.20	0.800	57.67	57.67
9	7.91	4.80	22.91	4.80	0.800	57.67	57.67
10	8.90	5.40	18.90	5.40	0.800	27.58	27.58
11	9.88	6.00	19.88	6.00	0.800	27.58	27.58
12	10.87	6.60	20.87	6.60	0.800	27.58	27.58
13	11.86	7.20	18.96	7.20	0.800	27.58	27.58
14	12.84	7.80	17.84	7.80	0.800	27.58	27.58

Earthquake

horizontal  $k_h = a_h/g = 0.0830$

vertical  $k_v = a_v/g = 0.0410$

( $a_h$  = horizontal seismic acceleration in  $m/s^2$ )

( $a_v$  = vertical seismic acceleration in  $m/s^2$ )

( $g$  = gravitational acceleration =  $9.81 m/s^2$ )

Formula from Kuntsche

Water level in front of slope left [m] = -50.00

Water level in front of slope right [m] = -50.00

Gamma water [ $kN/m^3$ ] = 10.000

Calculation with consideration of passive earth pressure wedge

Slip circle No. 109

$$\mu_e = 0.8224 = [M(G_i) + M(S)] / [M(T_i) + M(R)]$$

$$x_m = 3.5100$$

$$y_m = 18.3903$$

$$\text{Radius} = 20.9021$$

$$\text{Numerator} = 17892.1140$$

$$\text{Denominator} = 21756.2459$$

$$M(T_i) = 19281.7853$$

$$M(R) = 2474.4606$$

- from anchors = 0.0000

- from soil dowels = 0.0000

- from soil nails = 0.0000
- from geosynthetics = 2474.4606
- from injection piles = 0.0000
- from point loads = 0.0000
- M(Gi) = 15029.5669
- M(S) = 2862.5471
- from anchors = 0.0000

Sum M due to horizontal water pressure = 0.0000

Slice values

- x = x (slice toe)
- y = y (slice toe)
- b = slice width
- phi = friction angle
- c = cohesion
- PWP = pore water press. coeff.
- tet = inclination of slice
- g = weight
- n = normal force
- t = tangential force
- pw = pore water pressure
- pw(con) = excess pwp due to consolidation
- wv = vertical water pressure
- wh = horizontal water pressure
- pst = permanent loads and footing
- pv = live loads
- fakpv = factor for live loads

Nr.	x	y	b	phi,d	c,d	PWD	tet	g,k	n	t	pw	pw(kon)	wv	pst,d	pv,d	fakpv
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/m²]	[-]	[°]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	-5.286	-0.571	0.915	20.5	8.0	0.00	24.9	3.0	3.7	10.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
2	-4.371	-0.969	0.915	20.5	8.0	0.00	22.2	8.5	10.1	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
3	-3.456	-1.317	0.915	20.5	8.0	0.00	19.5	13.5	15.4	14.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
4	-2.542	-1.616	0.915	20.5	8.0	0.00	16.8	17.9	19.8	15.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
5	-1.627	-1.871	0.915	20.5	8.0	0.00	14.2	21.8	23.4	16.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
6	-0.712	-2.081	0.915	20.5	8.0	0.00	11.7	25.3	26.4	17.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
7	0.202	-2.248	0.915	20.5	8.0	0.00	9.1	30.4	31.1	19.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
8	1.117	-2.374	0.915	20.5	8.0	0.00	6.6	37.6	37.7	21.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
9	2.032	-2.459	0.915	20.5	8.0	0.00	4.1	48.3	47.4	25.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
10	2.946	-2.504	0.915	20.5	8.0	0.00	1.5	58.4	56.5	28.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
11	3.861	-2.509	0.915	20.5	8.0	0.00	-1.0	68.1	62.7	30.7	2.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0
12	4.775	-2.473	0.915	20.5	8.0	0.00	-3.5	77.4	68.0	32.6	5.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0
13	5.690	-2.398	0.915	20.5	8.0	0.00	-6.0	86.3	73.3	34.5	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0
14	6.605	-2.281	0.915	20.5	8.0	0.00	-8.5	94.7	78.6	36.4	9.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0
15	7.519	-2.124	0.915	20.5	8.0	0.00	-11.1	102.6	83.9	38.3	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0
16	8.434	-1.923	0.915	20.5	8.0	0.00	-13.6	110.1	89.3	40.3	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0
17	9.349	-1.680	0.915	20.5	8.0	0.00	-16.2	117.1	94.7	42.3	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0
18	10.263	-1.391	0.915	20.5	8.0	0.00	-18.9	123.2	100.4	44.4	13.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0
19	11.178	-1.054	0.915	20.5	8.0	0.00	-21.5	127.9	106.3	46.7	11.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1
20	12.093	-0.668	0.915	20.5	8.0	0.00	-24.2	132.0	112.4	49.0	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1
21	13.007	-0.229	0.915	20.5	8.0	0.00	-27.0	135.5	118.8	51.4	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1
22	13.922	0.266	0.915	20.5	8.0	0.00	-29.9	137.4	124.5	53.6	4.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1
23	14.837	0.823	0.915	20.5	8.0	0.00	-32.8	129.3	121.9	52.7	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1
24	15.751	1.448	0.915	19.6	0.0	0.00	-35.8	119.5	116.7	41.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
25	16.666	2.148	0.915	19.6	0.0	0.00	-39.0	106.7	106.4	37.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
26	17.581	2.933	0.915	19.6	0.0	0.00	-42.3	92.4	94.6	33.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
27	18.495	3.818	0.915	19.6	0.0	0.00	-45.8	76.4	80.8	28.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
28	19.410	4.822	0.915	19.6	0.0	0.00	-49.5	58.3	64.1	22.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1

29	20.325	5.974	0.915	19.6	0.0	0.00	-53.6	37.7	43.6	15.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
30	21.239	7.319	0.915	19.6	0.0	0.00	-58.0	13.7	16.8	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1

2210.8                      109.6    0.0    0.0    0.0    0.0

Geosynthetic 1

x1 = 0.100  
 y1 = 0.000  
 x2 = 10.100  
 y2 = 0.000  
 $\mu = 0.800$   
 T0 = 57.670  
 T(D) = 57.670  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 388.43  
 T(AR) = 12.57

Geosynthetic 2

x1 = 1.007  
 y1 = 0.600  
 x2 = 11.007  
 y2 = 0.600  
 $\mu = 0.800$   
 T0 = 57.670  
 T(D) = 57.670  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 284.86  
 T(AR) = 102.20

Geosynthetic 3

x1 = 1.993  
 y1 = 1.200  
 x2 = 11.993  
 y2 = 1.200  
 $\mu = 0.800$   
 T0 = 57.670  
 T(D) = 57.670  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 312.60  
 T(AR) = 74.46

Geosynthetic 4

x1 = 2.979  
 y1 = 1.800  
 x2 = 14.979  
 y2 = 1.800  
 $\mu = 0.800$   
 T0 = 57.670  
 T(D) = 57.670  
 M(R) = 0.000  
 Activated force = 0.000  
 T(AL) = 464.14  
 T(AR) = 63.17

Geosynthetic 5

x1 = 3.966  
y1 = 2.400  
x2 = 15.966  
y2 = 2.400  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 57.670  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 477.01  
T(AR) = 38.93

Geosynthetic 6  
x1 = 4.952  
y1 = 3.000  
x2 = 16.952  
y2 = 3.000  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 57.670  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 476.16  
T(AR) = 21.59

Geosynthetic 7  
x1 = 5.938  
y1 = 3.600  
x2 = 20.938  
y2 = 3.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 57.670  
T(D) = 57.670  
M(R) = 852.959  
Activated force = 57.670  
Bonded length = 1.16  
T(AL) = 489.77  
T(AR) = 131.56

Geosynthetic 8  
x1 = 6.924  
y1 = 4.200  
x2 = 21.924  
y2 = 4.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 57.670  
T(D) = 57.670  
M(R) = 818.357  
Activated force = 57.670  
Bonded length = 1.34  
T(AL) = 437.94  
T(AR) = 130.84

Geosynthetic 9  
x1 = 7.910  
y1 = 4.800  
x2 = 22.910  
y2 = 4.800  
 $\mu = 0.800$

$T_0 = 57.670$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 783.755$   
Activated force = 57.670  
Bonded length = 1.59  
 $T(AL) = 383.15$   
 $T(AR) = 126.24$

Geosynthetic 10  
 $x_1 = 8.897$   
 $y_1 = 5.400$   
 $x_2 = 18.897$   
 $y_2 = 5.400$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 27.580$   
 $T(D) = 27.580$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 233.49$   
 $T(AR) = 33.29$

Geosynthetic 11  
 $x_1 = 9.883$   
 $y_1 = 6.000$   
 $x_2 = 19.883$   
 $y_2 = 6.000$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 27.580$   
 $T(D) = 27.580$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 205.19$   
 $T(AR) = 23.10$

Geosynthetic 12  
 $x_1 = 10.869$   
 $y_1 = 6.600$   
 $x_2 = 20.869$   
 $y_2 = 6.600$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 27.580$   
 $T(D) = 27.580$   
 $M(R) = 19.389$   
Activated force = 1.644  
Bonded length = 0.10  
 $T(AL) = 181.33$   
 $T(AR) = 1.64$

Geosynthetic 13  
 $x_1 = 11.855$   
 $y_1 = 7.200$   
 $x_2 = 18.955$   
 $y_2 = 7.200$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 27.580$   
 $T(D) = 27.580$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 89.18$

$$T(AR) = 12.19$$

Geosynthetic 14

$$x1 = 12.841$$

$$y1 = 7.800$$

$$x2 = 17.841$$

$$y2 = 7.800$$

$$\mu = 0.800$$

$$T0 = 27.580$$

$$T(D) = 27.580$$

$$M(R) = 0.000$$

$$\text{Activated force} = 0.000$$

$$T(AL) = 50.86$$

$$T(AR) = 2.54$$

## Verifica di stabilità globale

Slope stability analysis to DIN 4084 (new)  
using circular slip surfaces

Parameter list

mu = utilisation factor

xm,ym = x and y values of slip circle centre-point

rad = slip circle radius

Movement direction of slip body to the Left

Coordinates of surface points

No.	x	y
[-]	[m]	[m]
1	-100.000	-12.530
2	-55.000	-12.530
3	-35.588	-2.715
4	-25.271	-2.590
5	0.645	0.380
6	13.828	8.400
7	25.770	7.926
8	64.323	20.182
9	100.000	20.182

Partial factors: (GZ 1C)

- gam(phi)= 1.25

- gam(c') = 1.25

- gam(cu) = 1.40

- gam(Unit weights) = 1.00

- gam(Permanent actions) = 1.00

- gam(Variable actions) = 1.00

Characteristic soil properties

Soil	phi,k	c,k	gamma,k	dränert	Designation
[-]	[°]	[kN/m²]	[kN/m³]		
1	24.00	0.00	19.00	ja	Terra rinforzata
2	25.00	10.00	20.00	ja	Coltre
3	25.00	10.00	12.00	ja	Rifiuti
4	24.00	25.00	20.50	ja	Formazione
5	25.00	10.00	19.00	ja	Terreno vegetale

Coordinates of layers and soil numbers

No.	x(left)	y(left)	x(right)	y(right)	Soil no.
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	
1	0.000	0.000	0.100	0.000	5
2	0.100	0.000	13.921	8.396	5
3	0.100	0.000	10.000	0.000	1
4	10.000	0.000	20.698	2.392	1
5	20.698	2.392	25.770	7.926	1
6	-20.271	-2.590	1.811	-2.872	3
7	1.811	-2.872	21.165	-0.631	3
8	21.165	-0.631	67.047	14.237	3
9	67.047	14.237	100.000	14.237	3
10	-100.000	-50.000	100.000	-50.000	4

Coordinates of pwp polygon course

No. x y

	[-]	[m]	[m]
1	-100.000	-27.000	
2	-50.000	-22.000	
3	10.000	0.000	
4	20.000	2.000	
5	34.217	8.000	
6	100.000	20.182	

Geosynthetics

Adhesion t calculated with:

$$t = \mu \cdot \tan(\phi) \cdot \sigma'$$

Nr.	x1	y1	x2	y2	$\mu$	T0	T(D)
[-]	[m]	[m]	[m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kN/m]
1	0.10	0.00	10.10	0.00	0.800	57.67	57.67
2	1.01	0.60	11.01	0.60	0.800	57.67	57.67
3	1.99	1.20	11.99	1.20	0.800	57.67	57.67
4	2.98	1.80	14.98	1.80	0.800	57.67	57.67
5	3.97	2.40	15.97	2.40	0.800	57.67	57.67
6	4.95	3.00	16.95	3.00	0.800	57.67	57.67
7	5.94	3.60	20.94	3.60	0.800	57.67	57.67
8	6.92	4.20	21.92	4.20	0.800	57.67	57.67
9	7.91	4.80	22.91	4.80	0.800	57.67	57.67
10	8.90	5.40	18.90	5.40	0.800	27.58	27.58
11	9.88	6.00	19.88	6.00	0.800	27.58	27.58
12	10.87	6.60	20.87	6.60	0.800	27.58	27.58
13	11.86	7.20	18.96	7.20	0.800	27.58	27.58
14	12.84	7.80	17.84	7.80	0.800	27.58	27.58

Earthquake

horizontal  $k_h = a_h/g = 0.0830$

vertical  $k_v = a_v/g = 0.0410$

( $a_h$  = horizontal seismic acceleration in  $m/s^2$ )

( $a_v$  = vertical seismic acceleration in  $m/s^2$ )

( $g$  = gravitational acceleration =  $9.81 m/s^2$ )

Formula from Kuntsche

Water level in front of slope left [m] = -50.00

Water level in front of slope right [m] = -50.00

Gamma water  $[kN/m^3] = 10.000$

Calculation with consideration of passive earth pressure wedge

Slip circle No. 288

$$\mu_e = 0.9150 = [M(G_i) + M(S)] / [M(T_i) + M(R)]$$

$$x_m = 19.7834$$

$$y_m = 66.3080$$

$$\text{Radius} = 77.0703$$

$$\text{Numerator} = 495065.1761$$

$$\text{Denominator} = 541062.6753$$

$$M(T_i) = 541062.6753$$

$$M(R) = 0.0000$$

$$\text{- from anchors} = 0.0000$$

$$\text{- from soil dowels} = 0.0000$$

$$\text{- from soil nails} = 0.0000$$

$$\text{- from geosynthetics} = 0.0000$$

$$\text{- from injection piles} = 0.0000$$

$$\text{- from point loads} = 0.0000$$

$$M(G_i) = 365110.9822$$

M(S) = 129954.1939  
 - from anchors = 0.0000

Sum M due to horizontal water pressure = 0.0000

Slice values

- x = x (slice toe)
- y = y (slice toe)
- b = slice width
- phi = friction angle
- c = cohesion
- PWP = pore water press. coeff.
- tet = inclination of slice
- g = weight
- n = normal force
- t = tangential force
- pw = pore water pressure
- pw(con) = excess pwp due to consolidation
- wv = vertical water pressure
- wh = horizontal water pressure
- pst = permanent loads and footing
- pv = live loads
- fakpv = factor for live loads

Nr.	x	y	b	phi,d	c,d	PWD	tet	g,k	n	t	pw	pw(kon)	wv	pst,d	pv,d	fakpv
	[m]	[m]	[m]	[°]	[kN/m <sup>2</sup> ]	[-]	[°]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
1	-15.021	-2.456	3.273	20.5	8.0	0.00	26.8	40.9	53.1	55.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
2	-11.748	-4.017	3.273	19.6	20.0	0.00	24.2	153.6	189.0	151.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
3	-8.475	-5.395	3.273	19.6	20.0	0.00	21.5	259.6	307.0	190.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
4	-5.203	-6.600	3.273	19.6	20.0	0.00	18.9	354.0	364.0	207.6	33.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0
5	-1.930	-7.640	3.273	19.6	20.0	0.00	16.4	437.4	360.2	203.7	106.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0
6	1.343	-8.524	3.273	19.6	20.0	0.00	13.8	542.2	386.2	210.9	175.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0
7	4.616	-9.255	3.273	19.6	20.0	0.00	11.4	723.9	497.6	248.7	238.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0
8	7.889	-9.839	3.273	19.6	20.0	0.00	8.9	897.4	601.4	284.0	296.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0
9	11.161	-10.278	3.273	19.6	20.0	0.00	6.4	1055.4	697.9	317.0	344.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0
10	14.434	-10.576	3.273	19.6	20.0	0.00	4.0	1168.5	764.6	339.5	375.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0
11	17.707	-10.734	3.273	19.6	20.0	0.00	1.5	1164.8	721.9	323.2	401.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0
12	20.980	-10.753	3.273	19.6	20.0	0.00	-0.9	1146.1	664.9	302.0	430.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0
13	24.253	-10.633	3.273	19.6	20.0	0.00	-3.3	1076.6	550.8	260.5	472.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0
14	27.525	-10.372	3.273	19.6	20.0	0.00	-5.8	1068.9	502.3	242.6	508.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0
15	30.798	-9.971	3.273	19.6	20.0	0.00	-8.2	1112.3	507.4	243.9	540.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0
16	34.071	-9.426	3.273	19.6	20.0	0.00	-10.7	1146.1	508.9	244.0	568.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0
17	37.344	-8.735	3.273	19.6	20.0	0.00	-13.2	1170.1	530.1	251.3	566.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0
18	40.616	-7.893	3.273	19.6	20.0	0.00	-15.7	1184.0	548.6	257.7	558.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0
19	43.889	-6.895	3.273	19.6	20.0	0.00	-18.2	1187.4	563.5	262.9	546.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0
20	47.162	-5.735	3.273	19.6	20.0	0.00	-20.8	1180.0	574.5	267.0	528.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
21	50.435	-4.405	3.273	19.6	20.0	0.00	-23.4	1161.1	581.8	269.7	504.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1
22	53.708	-2.894	3.273	19.6	20.0	0.00	-26.1	1130.1	584.9	271.2	474.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1
23	56.980	-1.192	3.273	19.6	20.0	0.00	-28.9	1086.2	583.6	271.2	438.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1
24	60.253	0.718	3.273	19.6	20.0	0.00	-31.7	1028.4	577.3	269.7	396.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1
25	63.526	2.854	3.273	19.6	20.0	0.00	-34.6	955.5	565.6	266.4	346.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1
26	66.799	5.239	3.273	19.6	20.0	0.00	-37.6	834.9	517.4	250.3	287.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1
27	70.072	7.905	3.273	19.6	20.0	0.00	-40.7	658.3	423.4	218.3	220.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1
28	73.344	10.891	3.273	19.6	20.0	0.00	-44.0	458.0	313.8	181.0	142.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1
29	76.617	14.253	3.273	20.5	8.0	0.00	-47.5	232.9	184.4	97.0	52.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1
30	79.890	18.069	3.273	20.5	8.0	0.00	-51.3	83.0	89.2	62.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1

24697.4                      9555.3    0.0    0.0    0.0    0.0

PROGETTAZIONE SVILUPPATA DA:

INGEGNERI ASSOCIATI PANDOLFI ADALBERTO E PANDOLFI LUCA - TAVOLINI SRL

F1\_ALLEGATO3

## Geosynthetic 1

x1 = 0.100  
y1 = 0.000  
x2 = 10.100  
y2 = 0.000  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 57.670  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 302.56  
T(AR) = 98.43

## Geosynthetic 2

x1 = 1.007  
y1 = 0.600  
x2 = 11.007  
y2 = 0.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 57.670  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 191.76  
T(AR) = 195.30

## Geosynthetic 3

x1 = 1.993  
y1 = 1.200  
x2 = 11.993  
y2 = 1.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 57.670  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 353.97  
T(AR) = 33.09

## Geosynthetic 4

x1 = 2.979  
y1 = 1.800  
x2 = 14.979  
y2 = 1.800  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 57.670  
T(D) = 57.670  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 512.14  
T(AR) = 15.18

## Geosynthetic 5

x1 = 3.966  
y1 = 2.400  
x2 = 15.966  
y2 = 2.400  
 $\mu = 0.800$

$T_0 = 57.670$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 386.37$   
 $T(AR) = 129.58$

Geosynthetic 6  
 $x_1 = 4.952$   
 $y_1 = 3.000$   
 $x_2 = 16.952$   
 $y_2 = 3.000$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 57.670$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 492.60$   
 $T(AR) = 5.15$

Geosynthetic 7  
 $x_1 = 5.938$   
 $y_1 = 3.600$   
 $x_2 = 20.938$   
 $y_2 = 3.600$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 57.670$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 338.22$   
 $T(AR) = 225.44$

Geosynthetic 8  
 $x_1 = 6.924$   
 $y_1 = 4.200$   
 $x_2 = 21.924$   
 $y_2 = 4.200$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 57.670$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 545.96$   
 $T(AR) = 22.81$

Geosynthetic 9  
 $x_1 = 7.910$   
 $y_1 = 4.800$   
 $x_2 = 22.910$   
 $y_2 = 4.800$   
 $\mu = 0.800$   
 $T_0 = 57.670$   
 $T(D) = 57.670$   
 $M(R) = 0.000$   
Activated force = 0.000  
 $T(AL) = 429.96$   
 $T(AR) = 79.43$

## Geosynthetic 10

x1 = 8.897  
y1 = 5.400  
x2 = 18.897  
y2 = 5.400  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 27.580  
T(D) = 27.580  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 220.00  
T(AR) = 46.78

## Geosynthetic 11

x1 = 9.883  
y1 = 6.000  
x2 = 19.883  
y2 = 6.000  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 27.580  
T(D) = 27.580  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 211.76  
T(AR) = 16.53

## Geosynthetic 12

x1 = 10.869  
y1 = 6.600  
x2 = 20.869  
y2 = 6.600  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 27.580  
T(D) = 27.580  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 140.37  
T(AR) = 42.61

## Geosynthetic 13

x1 = 11.855  
y1 = 7.200  
x2 = 18.955  
y2 = 7.200  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 27.580  
T(D) = 27.580  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 84.94  
T(AR) = 16.43

## Geosynthetic 14

x1 = 12.841  
y1 = 7.800  
x2 = 17.841  
y2 = 7.800  
 $\mu = 0.800$   
T0 = 27.580

T(D) = 27.580  
M(R) = 0.000  
Activated force = 0.000  
T(AL) = 46.52  
T(AR) = 6.88