


**ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROV. DI TRENTO**
dott.ing. ROBERTO BOSETTI
INSCRIZIONE ALBO N° 1027

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
dott. ing. Roberto Bosetti

autostrada del brennero

ALLARGAMENTO DELLA CARREGGIATA SUD AUTOSTRADALE
IN CORRISPONDENZA DELLA SALITA DI AFFI TRA
LA PROG. KM 201+285 E LA PROG. KM 203+930 E
RIFACIMENTO DEI SOVRAPPASSI AUTOSTRADALI
N°68 "RIVOLI-ZUANE" E N°69 "S.C. RIVOLI-CAPRINO"

1.2.3.1	RELAZIONI RELAZIONI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE Opere per allargamento carreggiata sud Relazione geologica-geotecnica
----------------	--

0	MAG-2022	EMISSIONE	A. GRADIZZI	F. OSS PAPOT	C. COSTA
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:
DATA: MAGGIO 2008			DIREZIONE TECNICA GENERALE		IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA: 
NUMERO PROGETTO: 29/08					

**PROVINCIA DI VERONA
COMUNE DI RIVOLI VERONESE**

**ALLARGAMENTO DELLA CARREGGIATA SUD
IN CORRISPONDENZA DELLA SALITA DI AFFI
TRA LA PROG. KM 201+285
E LA PROG. KM 203+930**



COMMITTENTE :

AUTOSTRADA DEL BRENNERO s.p.a.

OGGETTO:

RELAZIONE GEOLOGICA - GEOTECNICA

TIMBRO-FIRMA:



DATA :

01/2010

REALIZZATO DA:

**Dott. Geol.
ANNAPAOLA GRADIZZI**

Viale del Lavoro, 7 - 37013 Caprino (VR)
Tel: 045-6245901 e Fax: 045-6239861

**PROGETTO PER L'ALLARGAMENTO DELLA CARREGGIATA SUD
AUTOSTRADALE IN CORRISPONDENZA DELLA SALITA DI AFFI TRA LA
PROGR. KM 201+285 E LA PROGR. KM 203+930
NEL COMUNE DI RIVOLI VERONESE**

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO	4
3 INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	7
4 ASSETTO IDROGEOLOGICO	11
5. SISMICITA' LOCALE	13
6. PARAMETRAZIONE GEOTECNICA.....	15
7. ANALISI DEL PROGETTO E VERIFICA DELLE PROBLEMATICHE DI ORDINE GEOLOGICO E GEOTECNICO	17
7.1 Calcolo della capacità portante dei terreni di fondazione	18
7.2 Stabilità dei fronti di scavo.....	25
7.2.1 Verifiche dei fronti di scavo secondo il DM 11/03/88	27
7.2.2 Verifiche dei fronti di scavo secondo il DM 14/01/2008	30
7.3 Verifiche di stabilità globale per le tratte in trincea	34
7.3.1 Verifiche dei fronti di scavo secondo il DM 11/03/88	35
7.3.2 Verifiche dei fronti di scavo secondo il DM 14/01/2008	39
7.4 Realizzazione dei rilevati	43

ALLEGATO 1: DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

**PROGETTO PER L'ALLARGAMENTO DELLA CARREGGIATA SUD
AUTOSTRADALE IN CORRISPONDENZA DELLA SALITA DI AFFI TRA LA
PROGR. KM 201+285 E LA PROGR. KM 203+930
NEL COMUNE DI RIVOLI VERONESE**

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA

1. PREMESSA

Su incarico e per conto dell'amministrazione dell'Autostrada del Brennero spa è stato eseguito uno studio geologico-geotecnico e idrogeologico a supporto del progetto per l'allargamento della carreggiata sud in corrispondenza della salita di Affi tra le Progr. Km 201+285 e la Progr. Km 203+930 nel Comune di Rivoli Veronese.

I lavori prevedono l'allargamento della carreggiata sud dell'Autostrada del Brennero rendendola geometricamente adeguata per poter ospitare, oltre alle due corsie di transito, ed alla corsia di emergenza già esistenti (larghezza attuale spartitraffico+corsia sorpasso+corsia marcia+emergenza: $0,50+3,75+3,75+3,50=11,50$ metri), anche una corsia di marcia per i veicoli pesanti (larghezza progetto spartitraffico+corsia sorpasso+corsia veicoli veloci+corsia veicoli lenti+emergenza+cunetta: $0,65+3,75+3,75+3,75+3,50+0,70=14,00$ metri).

Tale allargamento comporta la realizzazione di muri di sostegno e di controripa, il prolungamento delle opere minori intersecate, nonché la risistemazione del sistema di raccolta delle acque meteoriche.

Il progetto in proposta prevede l'adeguamento della corsia di emergenza della carreggiata sud nel tratto compreso tra le progressive km 201+285 e 203+930. In virtù dell'andamento altimetrico del tracciato autostradale caratterizzato da una salita piuttosto pronunciata, è prevista in particolare anche la

realizzazione di una corsia di transito dedicata ai mezzi pesanti. Tale intervento consentirà, a parità di traffico, un migliore e più sicuro deflusso veicolare in presenza di veicoli lenti nelle giornate di traffico più intenso e conseguentemente una riduzione notevole della pericolosità del tratto in questione.

All'adeguamento della carreggiata sud nel tratto in oggetto, che coinvolge l'allargamento del ponte sul canale S.I.M.A. (alla prog. km 202+021) e del viadotto delle Zuane (alla prog. km 202+085), è necessariamente legato anche il rifacimento dei sovrappassi n° 68 "Rivoli - Zuane" (alla pr. km 202+957) e n° 69 "S. C. Rivoli – Caprino" (alla prog. km 203+506) in quanto la geometria delle opere di scavalco attuali non è compatibile con l'allargamento della carreggiata autostradale previsto in progetto.

Lo studio relativo alle opere progettate si è avvalso di un rilevamento geologico di dettaglio effettuato in campagna, dei dati relativi alla campagna geognostica eseguita per la realizzazione dei sovrappassi delle Zuane e di Rivoli, interni all'area di allargamento stradale, e della conoscenza bibliografica e professionale dell'ambito geologico di Rivoli Veronese.

Il presente studio ha lo scopo di verificare la fattibilità degli interventi previsti rispetto alle caratteristiche stratigrafiche ed idrogeologiche dell'area in esame, come previsto dall'art. 20 del RDL 16/05/1926 n° 1126 e dall'art. 54 delle Prescrizioni di Massima e di Polizia Forestale vigenti in Regione Veneto.

Il presente rapporto costituisce la “*relazione geologica*” che, ai sensi di quanto previsto dal D.M. 11/03/88 e dal D.M. 14/01/2008, dovrà fare parte integrante del progetto al fine di giungere alle scelte progettuali ed alle verifiche prescritte.

2. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

L'area in esame è situata in corrispondenza dell'abitato di Rivoli Veronese, poco a nord del centro cittadino. Il tratto interessato dall'allargamento in progetto si estende, da nord a sud, da località Perarola fino all'altezza del centro cittadino di Rivoli Veronese. Per l'ubicazione del sito si fa riferimento alla Carta Tecnica Regionale ed in particolare all'elemento "Rivoli Veronese" 123022, in scala 1: 5.000, e per l'assetto geologico generale si fa riferimento alla Carta Geologica d'Italia, Foglio "Peschiera" in scala 1: 100.000, di cui un estratto è riportato in Figura 1.

Dal punto di vista geomorfologico generale l'area è inserita nell'anfiteatro morenico Atesino, costituito dal potente anfiteatro rissiano e dalle tracce degli scaricatori fluvioglaciali rissiani.

Le colline moreniche presentano un andamento semicircolare, rettilineo subparallelo nella porzione centrale. I cordoni morenici ricalcano l'antica traccia del Fiume Adige.

Interposti fra le cerchie moreniche rissiane sono presenti i depositi fluvioglaciali e cataglaciali.

Il principale elemento morfologico dell'area è costituito dalla presenza dei depositi morenici dell'Anfiteatro Atesino, testimonianza di più fasi glaciali susseguitesesi in epoca quaternaria, che hanno contraddistinto, come risaputo, l'aspetto di un ben più vasto territorio.

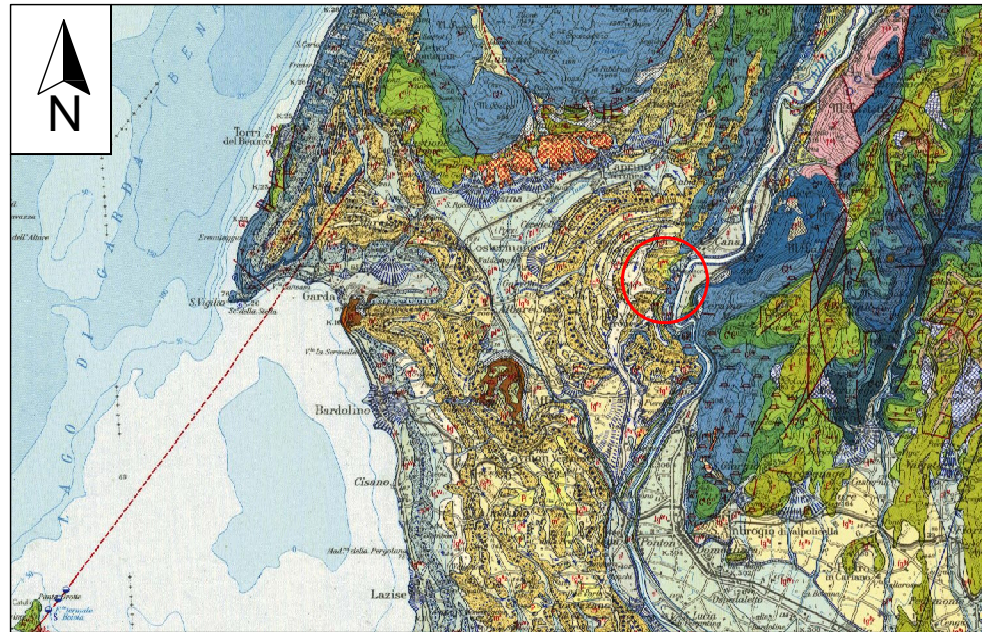
Il ghiacciaio espletava, tramite il suo fronte, un'azione di spinta e deposizione del materiale eroso a monte, producendo degli accumuli di materiale geneticamente e granulometricamente eterogeneo, noti come morene. Nel territorio in esame si possono quindi trovare i risultati di varie fasi di avanzamento glaciale, risalenti nella maggioranza dei casi alle ultime due glaciazioni del Pleistocene, rispettivamente quella Rissiana, e quella Würmiana.

La presenza del ghiaccio era accompagnata da una serie di fenomeni classificati come fenomeni di ambiente periglaciale. Elemento di spicco di tale

FIGURA 1 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

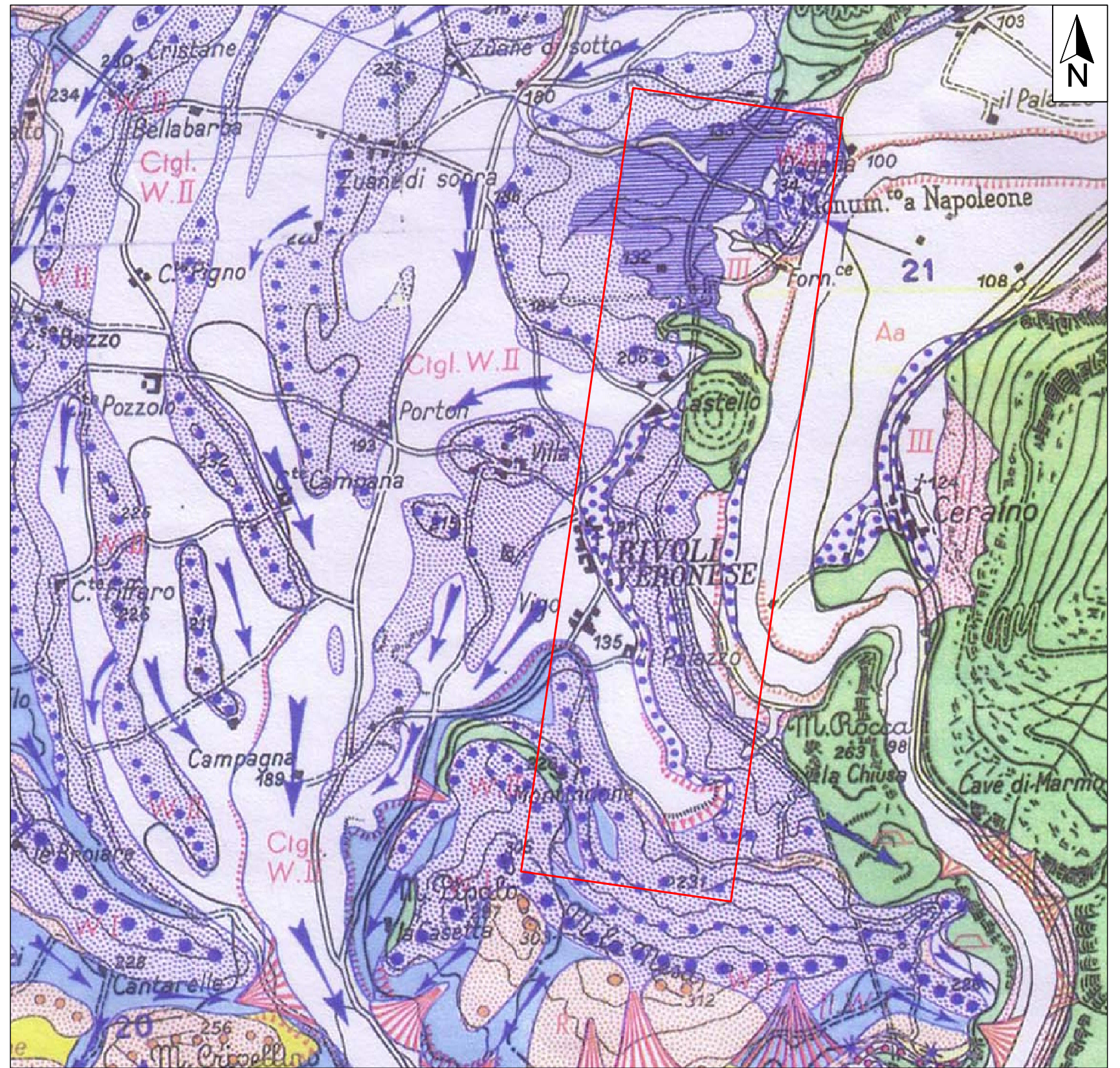
ESTRATTO CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

Scala 1:200.000



- Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, a ghiaie grossolane con ciottoli porfirici, terrazze e raccordate con stadi tardowürmiani (Val d'Adige, Mincio). All'interno delle cerchie moreniche, sono comprensive della fase di ritiro tardo-würmiana, a sabbie e ghiaie e, talora, con morenico fangoso di fondo. **WÜRМ RECENTE.**
- Alluvioni fluvio-glaciali e pluvio-fluviali, prevalentemente sabbiose, con strato di alterazione brunastro, di spessore limitato. Pluviale würmiano (pl*) esterno all'ambito glaciale con conoidi (Pesina-Capripino). Costituiscono la media pianura generalmente a valle della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche del massimo würmiano. **WÜRМ.**
- Morene ghiaiose bianche, con terreno di alterazione bruno. Cerchie moreniche interne all'anfiteatro del Garda e testimoni di cerchie nella bassa Valle dell'Adige, a nord di Ceraino. **WÜRМ.**
- Frane a grossi blocchi, cementate; detrito di falda cementato, a *Helix* sp. (sud-est di Dolcè) (dt*); alti conoidi arrossati ed erosi (Val d'Adige di Peri-Dolcè) e corrispondenti terrazzi sospesi di 40-60 metri (Brentino) (WR).
- Argille rosse, di dilavamento carsico (Lumini), potenti una dozzina di metri e sfruttate talora per laterizi (Ca' Verde a monte di S. Ambrogio); sottostanti argille azzurre lacustri, con resti vegetali e selci di tipo mustertiano-clactoniano. (l**). Sabbie argillose, con qualche livello ciottoloso, fluvio-lacustri, terrazzate e sospese di 50 metri sull'Adige (da Ceraino a nord di Dolcè) (l**). **INTERGLACIALE WÜRМ-RISS.**
- Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, ghiaiose, con terreno argilloso rossastro di alterazione superficiale. Terrazze e sospese sui 25 metri, si raccordano con le cerchie più interne del morenico Riss (Salionze, ecc.). **RISS RECENTE.**
- Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, da molto grossolane a ghiaiose, con strato di alterazione superficiale argilloso, giallo-rossiccio, di ridotto spessore. Terrazze, sospese sui 30 metri, costituiscono l'alta pianura generalmente a monte della zona delle risorgive e si raccordano con le cerchie moreniche maggiori dell'anfiteatro del Garda (Lonato-Esenta, Castiglione delle Stiviere, ecc.). **RISS.**
- Alluvioni fluvio-glaciali e fluviali, prevalentemente ghiaiose, alterate per oltre un metro in argille rossastre. Terrazze e sospese di 40 e più metri, si raccordano con le cerchie moreniche risiane più esterne dell'anfiteatro del Garda e di quello atesino di Rivoli Veronese. **RISS ANTICO.**
- Argille lacustri singlaciali di Incaffi (l*).
- Morene ghiaiose, talora debolmente cementate, con strato di alterazione argilloso, di colore rossastro o rosso, con qualche ciottolo calcareo, e dello spessore massimo di 1-2 metri. Dove il paleosuolo è dilavato, affiorano le sottostanti ghiaie bianche, anche calcaree, inalterate. Cerchie moreniche maggiori dell'anfiteatro del Garda e di quello atesino di Rivoli Veronese (m). **RISS.**
- Cordone morenico.
- Scaricatore fluvio-glaciale.

Area in esame



- MIOCENE INFERIORE**, in alto, calcari teneri a *Pettinidi* (Langhanol); sotto, calcari e calcareniti a *Scutella*, *Clypeus*, *Echinolompa*, denti di Pesci ecc. di M. Moscal e Rocco di Gerò.
- Soglia rossa marnosa del Cretaceo sup.: *Biancone*; serie marmorea del *Maln* - *Tionico* bianco e rosso, *rosa* - *Kimmeridgiano* o *Aspidovera arenarium*, *rosso mandorlato*, *rosa* - calcari gialli bianchi o bronzetti dell'*Oxfordiano* - *Calloviano*; calcari coltici (bronzetti) o *Pentacrinus* del *Dogger*; calcari grigi del *Lias* (Val d'Adige di Dolcè).
- WÜRМ**, argille lacustri singlaciali di Incaffi, sbarrate dalla cerchia **W. I.**
Morenico ghiaioso con terreno bruno; cerchie (fresche del **W. I** e **II**; principali scaricatori fluvio-glaciali; e cerchietti rossi le «piramidi di terra» nel morenico di fondo.

Area in esame

ESTRATTO DELLA CARTA GEOLOGICA DELL'ANFITEATRO MORENICO DEL GARDA

Scala 1:25.000

ambiente è senza dubbio quello degli scaricatori fluvioglaciali, corsi d'acqua alimentati dalla fusione del ghiaccio, che nelle fasi interglaciali o post-glaciali potevano raggiungere portate notevolissime.

Dal punto di vista geomorfologico locale l'area in esame è posta in corrispondenza dell'ampia traccia fluvioglaciale di età wurmiana che separa le cerchie moreniche più antiche dai depositi morenici più recenti, che a loro volta si raccordano con i depositi alluvionali del fondovalle (vedi Figura 1).

Il tratto di tracciato autostradale in esame taglia la porzione più interna dell'anfiteatro morenico atesino. In particolare in corrispondenza del suo margine più settentrionale, indicativamente fra le progressive di progetto Km 201 e Km 202, il tracciato taglia i depositi alluvionali antichi del Fiume Adige, in seguito risale parte della collina morenica e prosegue poi nell'ampia traccia fluvioglaciale wurmiana e rissiana.

Dal punto di vista geolitologico locale il tracciato in esame attraversa tre tipologie di depositi: i depositi morenici, i depositi fluvioglaciali e i depositi alluvionali antichi dell'Adige.

I depositi morenici sono prevalentemente di natura ghiaiosa in matrice sabbioso-limoso, costituiti da ciottoli poligenici, ben arrotondati, di litologia varia.

I depositi fluvioglaciali sono costituiti dall'interdigitarsi di depositi di diversa natura, prevalentemente ghiaiosi, ma anche sabbiosi e sabbioso limosi.

Lo scaricatore fluviogalcialo depositava infatti differenti sedimenti a seconda delle diverse fasi di stasi o trasporto che interessavano il ghiacciaio.

I depositi alluvionali antichi del Fiume Adige sono prevalentemente costituiti da ghiaie grossolane in scarsa matrice sabbiosa.

Le caratteristiche geolitologiche e geomorfologiche di dettaglio sono riportate in Tavola 1. In particolare dal punto di vista geolitologico i materiali sono stati suddivisi sulla base dei dati in nostro possesso in depositi genericamente glaciali a prevalente tessitura grossolana e a prevalente tessitura sabbiosa.

I dati per la realizzazione di questa carta geologica e geomorfologia derivano

dal rilevamento di campagna, dai dati della campagna geognostica e dai dati ricavati da lavori professionali eseguiti nelle vicinanze del tracciato autostradale.

Si è scelto di fornire quindi una caratterizzazione più geotecnica che genetica dei materiali intercettati dal tratto autostradale in allargamento.

I materiali che verranno intercettati dai lavori per la realizzazione dell'allargamento della carreggiata sud in corrispondenza della salita di Affi sono quindi di tre tipologie:

DEPOSITI GLACIALI PREVALENTEMENTE GHIAIOSI

DEPOSITI GLACIALI PREVALENTEMENTE SABBIOSI

DEPOSITI ALLUVIONALI.

I depositi glaciali prevalentemente ghiaiosi sono costituiti da ghiaie medio-grossolane in matrice sabbioso-limosa con ciottoli ben arrotondati, poligenici, di diametri variabili da 2 cm fino a 20 cm.

I depositi glaciali prevalentemente sabbiosi sono costituiti da sabbie medio-grossolane, solitamente di colore nocciola chiaro, limose, con ciottoli e intercalazioni di lenti ghiaiose.

I depositi alluvionali sono costituiti da ghiaie medio-grossolane in scarsa matrice sabbioso-limosa, con frequenti ciottoli ben arrotondati, grossolani, poligenici, con un grado di addensamento inferiore rispetto ai depositi glaciali.

Per la parametrizzazione geotecnica dei materiali costituenti il sottosuolo del sito in esame si rimanda al capitolo 6, per la loro distribuzione e ubicazione rispetto al tracciato in progetto si rimanda alla Tavola 1, per la relativa documentazione fotografica si rimanda all'Allegato 1 al testo.

Dal punto di vista geomorfologico di dettaglio il tracciato in esame intercetta delle strette vallecole, di direzione circa W-E, affluenti del Fiume Adige. Si tratta di vallecole con forma a "V", strette, non interessate da scorrimento idrico perenne, ma interessate da scorrimento idrico solamente in corrispondenza degli eventi meteorici principali. Il tracciato in esame intercetta localmente anche delle scarpate fluviali (vedi Tavola 1), le sponde delle vallecole citate sopra.

Infine il tracciato in esame attraversa, poco prima dell'abitato di Rivoli, una zona di cava di inerti dimessa.

3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di riconoscere la corretta e locale successione stratigrafica e di visionare direttamente i materiali presenti nel sottosuolo per poterli poi parametrare correttamente dal punto di vista geotecnico, è stata realizzata una campagna geognostica costituita da quattro sondaggi a carotaggio continuo corredati dall'esecuzione di prove SPT in foro e da prove di laboratorio.

I sondaggi citati sono stati eseguiti per la realizzazione dei sovrappassi delle Zuane e di Rivoli (sovrappassi N° 68 e 69), interni al tracciato interessato dall'allargamento della carreggiata autostradale in esame.

Di seguito vengono riassuntivamente riportate le stratigrafie dei sondaggi.

I dati ricavati da questa campagna geognostica sono stati utilizzati anche per la parametrizzazione geotecnica dei materiali riportata nel Capitolo 6, al quale si rimanda.

Per una descrizione più dettagliata dei logs stratigrafici e delle prove eseguite si rimanda alle relazioni specialistiche, geotecnica e geologica, redatte per gli studi specifici riguardanti i due sovrappassi e redatte dalla sottoscritta nel 2008.

I dati ricavati dalla campagna geognostica sono stati integrati ai dati ricavati dal rilevamento geologico e geomorfologico e ai dati geologici-geotecnici acquisiti a livello professionale nel territorio di Rivoli.

Riassuntivamente sono di seguito descritte le successioni stratigrafiche individuate nei sondaggi S1 e S2 eseguiti per il sovrappasso delle Zuane.

SONDAGGIO S1:

0.0 m – 6.5 m = Ghiaia medio-fine debolmente limosa di colore marron chiaro con grani arrotondati di dimensioni massime pari a 3-4 cm;

6.5 m – 12.3 m = Alternanze di argille limose e limi sabbiosi di colore marron chiaro. Deposito asciutto e molto addensato;

12.3 m – 40 m = Ghiaia in matrice sabbiosa leggermente limosa di colore

marron chiaro costituita da grani arrotondati di diametro massimo pari a 10 cm.

SONDAGGIO S2:

0.0 m – 6.8 m = Ghiaia sabbiosa leggermente limosa di colore marron, costituita da grani arrotondati di diametro massimo pari a 3-4 cm;

6.8 m – 27.6 m = Sabbia limosa debolmente ghiaiosa e limo sabbioso di colore marron chiaro;

27.6 m – 35 m = Ghiaia con sabbia fine debolmente limosa di colore marron chiaro. Deposito asciutto e molto addensato.

Tutti i materiali rilevati appartengono ai depositi fluvioglaciali rissiani, depositi glaciali prevalentemente ghiaiosi, costituiti da ghiaie medio-grossolane intervallate a lenti di materiali fini di natura limo sabbiosa e argillosa.

In corrispondenza del sovrappasso 68 è stato rilevato un primo strato costituito da ghiaie in matrice sabbiosa leggermente limosa, che si estende con spessore praticamente costante su entrambi i lati del sovrappasso. In particolare questo primo strato di ghiaie si estende fino alla profondità di circa 6.5 m dal p.c.. Queste ghiaie sono costituite da grani arrotondati, poligenici, di diametro massimo pari a 3-4 cm. Il deposito è asciutto e addensato.

A questo primo strato segue su entrambe le spalle una lente di materiali fini, che in corrispondenza della spalla destra è costituita da argille limose e limi sabbiosi e si estende fino alla profondità di circa 12.5 m dal p.c., mentre in corrispondenza della spalla sinistra la lente di materiali fini, costituita da sabbie limose e limi sabbiosi, si estende per profondità superiori, fino a circa 27.5 m dal p.c.. In corrispondenza della spalla sinistra viene intercettata quindi un'importante lente di materiali fini anche se costituiti prevalentemente da sabbie. Il deposito si presentava comunque asciutto e addensato.

Il modello geologico locale si chiude con uno spessore univoco e costante su entrambe le spalle costituito da ghiaie in matrice sabbiosa leggermente limosa, deposito caratterizzato da addensamento molto elevato.

Riassuntivamente sono di seguito descritte le successioni stratigrafiche individuate nei sondaggi S1 e S2 eseguiti per il sovrappasso di Rivoli.

SONDAGGIO S1:

0.0 m – 2.8 m = Ghiaia e sabbia fine limosa di colore marron;

2.8 m – 10.3 m = Ghiaia eterometrica e poligenica con grani subarrotondati del diametro massimo di 10 cm in matrice sabbioso-limosa di colore marron chiaro;

10.3 m – 40 m = Sabbie fini limose di colore marron chiaro con ghiaia sparsa. Terreno addensato localmente umido.

SONDAGGIO S2:

0.0 m -2.6 m e 11.5 m – 14.3 m e 23.6 m – 26.4 m e 27.6 m – 40 m = Limo sabbioso di colore marron chiaro con sparsa ghiaia eterometrica costituita da grani poligenici, ben arrotondati, con diametro massimo pari a 4-5 cm;

2.6 m – 11.5 m e 14.3 m – 23.6 m e 26.4 m e 27.6 m = Ghiaia eterometrica e poligenica con grani arrotondati di diametro massimo pari a 6 cm in matrice sabbioso-limosa di colore marron chiaro.

Tutti i materiali rilevati appartengono ai depositi fluvioglaciali rissiani, depositi glaciali prevalentemente ghiaiosi, costituiti da ghiaie medio-grossolane intervallate a depositi limo-sabbiosi.

In corrispondenza del sovrappasso 69 sono state intercettate tre grandi lenti di ghiaie in matrice sabbioso-limosa, un primo strato univoco si trova alle profondità di circa 2.5 m-10 m dal p.c. ed è presente in entrambi i sondaggi. Altre due lenti sono state intercettate solamente in corrispondenza del sondaggio S2 eseguito in corrispondenza della spalla sinistra e sono ubicate alle profondità di 14.3 m-23.6 m e 26.4 m-27.6 m.

La maggior parte dei materiali che caratterizzano il sottosuolo del sovrappasso 69 è costituita da un deposito fluvioglaciale medio-fine. In particolare

si tratta di sabbie fini limose con scheletro ghiaioso o con ghiaia sparsa. Questo è lo strato predominante e che si sviluppa al di sotto della profondità di circa 10 m dal p.c. dove sono stati eseguiti i sondaggi, corrispondente all'attuale piano stradale dei sovrappassi esistenti.

Infine i primi tre metri del sottosuolo in corrispondenza della spalla destra sono caratterizzati dalla presenza di un deposito fluvioglaciale costituito da ghiaia e sabbia fine limosa, intermedio, dal punto di vista geologico, fra le due unità prevalenti e descritte sopra.

4 ASSETTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico i depositi glaciali rilevati nell'area in esame costituiscono un'unità idrogeologica avente una discreta-buona permeabilità per porosità primaria, localmente impermeabile in corrispondenza degli orizzonti granulometrici più fini.

La superficie freatica appartenente all'acquifero principale si trova a profondità superiori a quelle preventivate dal progetto in esame, non è possibile comunque escludere delle locali venute d'acqua in corrispondenza di livelli ghiaiosi sovrastanti a livelli impermeabili o cementati che fungano da confine idrogeologico.

Nel corso della campagna geognostica non sono state rilevate venute idriche o presenza di falda nei sondaggi eseguiti.

Lo scorrimento delle acque superficiali segue le linee di massima pendenza che indicativamente convogliano le acque meteoriche verso SE, dove una sensibile differenza di quota ne permette il deflusso. In particolare tutto la prima metà del tracciato autostradale in esame taglia una serie di strette vallecole di direzione circa W-E che defluiscono verso valle, verso il Fiume Adige con pendenza medio-alta che assicura un ottimo deflusso idrico. E' importante ricordare che queste vallecole non sono interessate da scorrimento idrico perenne, ma sono caratterizzate da deflussi solamente in corrispondenza degli eventi meteorici principali.

Dal punto di vista idrografico superficiale il reticolo principale è costituito dal Fiume Adige che scorre più ad est del sito in esame e dal Torrente Tasso che scorre in corrispondenza del margine esterno dell'anfiteatro morenico di Rivoli, verso ovest.

Per quanto riguarda la permeabilità dei materiali presenti nel sottosuolo dell'area in esame, per i depositi glaciali prevalentemente ghiaiosi il grado di

permeabilità è medio-alto pari a circa 10^{-4} m/sec, per i depositi glaciali prevalentemente sabbiosi il grado di permeabilità è medio-basso pari a circa 10^{-5} m/sec, per i depositi alluvionali il grado di permeabilità è alto pari a circa $5 \cdot 10^{-4}$ m/sec.

Infine, con riferimento alla cartografia tematica del PAI Piano Stralcio per la Tutela del Rischio Idrogeologico del Fiume Adige redatto dall'Autorità di Bacino dell'Adige, solamente una piccola parte del tracciato rientra in un a zona a pericolosità idraulica moderata e rischio idraulico basso.

Si tratta del primo tratto di intervento, che per una lunghezza di circa 300 m rientra in questa fascia di rispetto a basso grado di pericolosità idraulica.

Il tratto in esame lambisce l'ansa fluviale di località Perarola.

Non sussistono particolari problematiche di carattere idraulico e idrogeologico in questa situazione e soprattutto in relazione agli interventi previsti che nello specifico sono costituiti dalla realizzazione di un rilevato.

Si rimanda comunque a quanto meglio specificato nel capitolo 7.

5. SISMICITA' LOCALE

La vulnerabilità dell'area di studio nei confronti del rischio sismico è stata valutata sulla base delle classificazioni a disposizione, in particolare facendo riferimento a quanto sviluppatosi nelle classificazioni 1984-1998 e nell'Ordinanza n. 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 2003, "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*".

In particolare il Comune di Rivoli Veronese, secondo la nuova classificazione, appartiene alla Zona Sismica 3, secondo la vecchia classificazione aveva un grado di sismicità medio-basso.

Al fine di valutare l'azione sismica sulla tipologia fondazionale adottabile nell'ambito del progetto sono stati determinati i profili stratigrafici del suolo di fondazione dell'area, secondo la normativa tecnica di applicazione dell'Ordinanza n. 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 2003, "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*".

I profili determinati si riferiscono a depositi con specifici valori dell'indice geofisico V_{s30} rappresentativo delle velocità delle onde sismiche del tipo S nel sottosuolo.

In particolare è stato assegnato al substrato dell'area in esame un profilo stratigrafico B sulla base dei dati ricavati dal rilevamento geologico e dalla campagna geognostica e dei dati forniti dalla carta geologica.

Le norme tecniche per le fondazioni che accompagnano l'ordinanza descrivono il profilo stratigrafico B come segue: "*Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 360 m/sec e 800 m/sec ($N_{spt}>50$, $C_u>250$ kPa)*".

A questa zona sismica corrisponde un valore di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) volte pari a 0.15 l'accelerazione gravitativa locale (g).

A questo profilo stratigrafico corrispondono i seguenti parametri da inserire nelle espressioni dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali:

PROFILO SUOLO	S	T_B	T_C	T_D
PROFILO B	1.25	0.15	0.50	2.0

Dove:

S = fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione,

T_B, T_C, T_D = periodi che separano i diversi rami dello spettro, sempre dipendenti dal profilo.

In accordo con le nuove norme tecniche per le costruzioni DM 14-01-2008 vengono di seguito forniti i parametri e i coefficienti da adottare per il calcolo delle fondazioni.

Si suggerisce di utilizzare l'Approccio 2 per il quale i coefficienti sono A1+M1+R3.

Il coefficiente A1 (coefficiente parziale per le azioni) si assume pari a 1.5.

Il coefficiente M1 (coefficiente parziale per i parametri geotecnici del terreno) da applicare ai valori di coesione efficace, angolo di resistenza al taglio, resistenza non drenata e peso di volume dei materiali costituenti il sottosuolo dell'area in esame è sempre pari a 1,0.

Il coefficiente R3 (coefficiente parziale da applicare alle resistenze caratteristiche) da applicare è pari a 1,4 per la capacità portante del terreno di fondazione e pari a 1,1 per le verifiche a scorrimento. Il parametro R3, in questo caso, fa riferimento alla Tabella 6.5.I delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni 2008, in quanto si tratta di verifiche legate allo stato limite di muri di sostegno utilizzati esclusivamente come opera di rinforzo del terreno.

6. PARAMETRAZIONE GEOTECNICA

Per la parametrizzazione geotecnica delle tipologie di materiali che interessano il sottosuolo del tratto esaminato sono stati utilizzati i dati ricavati dal rilevamento geologico e dalla campagna geognostica. Di seguito questi dati sono stati elaborati per la determinazione del modello geologico locale come prescritto dalle nuove norme tecniche (DM 14-01-2008).

Con riferimento al capitolo 2 e al capitolo 3, la successione stratigrafica locale individuata dalla campagna geognostica ha messo in evidenza tre unità stratigrafiche principali costituite dai depositi glaciali prevalentemente ghiaiosi, dai depositi glaciali prevalentemente sabbiosi e dai depositi alluvionali. Per la loro distribuzione nel tratto in esame si rimanda alla Tavola 1.

Si tratta di depositi tipici di origine glaciale che si interdigitano fra di loro variando sensibilmente la loro distribuzione laterale.

Di seguito è riportata la parametrizzazione geotecnica definita per le unità litostratigrafiche individuate, utilizzata poi nel capitolo 7 per i calcoli della stabilità dei fronti di scavo e della capacità portante.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni investigati è stata effettuata sulla base dell'osservazione diretta degli stessi nelle cassette catalogatrici dei sondaggi, ulteriormente sostenuta dai dati bibliografici e dai dati professionali acquisiti nel territorio di Rivoli Veronese.

Si stimano per i **materiali rilevati** le seguenti caratteristiche geotecniche:

DEPOSITI GLACIALI PREVALENTEMENTE GHIAIOSI

Peso di volume naturale	γ	= 18.5 kN/m ³
Angolo d'attrito	ϕ	= 30°-34°
Coesione non drenata	C	= 0-5 Kpa
Coefficiente di permeabilità	K	= 10 ⁻⁴ m/sec

DEPOSITI GLACIALI PREVALENTEMENTE SABBIOSI

Peso di volume naturale	γ	= 19.0 kN/m ³
Angolo d'attrito	ϕ	= 26°-28°
Coesione non drenata	C	= 5-10 Kpa
Coefficiente di permeabilità	K	= 10 ⁻⁵ m/sec

DEPOSITI ALLUVIONALI

Peso di volume naturale	γ	= 18.0 kN/m ³
Angolo d'attrito	ϕ	= 32°-35°
Coesione non drenata	C	= 0 Kpa
Coefficiente di permeabilità	K	= 5*10 ⁻⁴ m/sec

7. ANALISI DEL PROGETTO E VERIFICA DELLE PROBLEMATICHE DI ORDINE GEOLOGICO E GEOTECNICO

Il progetto in esame prevede l'allargamento della carreggiata sud dell'Autostrada del Brennero in corrispondenza della salita di Affi ed in particolare fra la progr. 201+285 e la progr. 203+930.

I lavori prevedono l'allargamento della carreggiata sud dell'Autostrada del Brennero rendendola geometricamente adeguata per poter ospitare, oltre alle due corsie di transito, ed alla corsia di emergenza già esistenti (larghezza attuale =11,50 metri), anche una corsia di marcia per i veicoli pesanti (larghezza progetto =14,00 metri).

Tale allargamento comporta la realizzazione di muri di sostegno e di controripa, il prolungamento delle opere minori intersecate.

Sulla base del modello stratigrafico-geotecnico indicato nei cap. precedenti, le problematiche relative a tali aspetti, dovute alle interazioni terreno-struttura delle nuove opere, riguardano:

- la capacità portante del terreno di fondazione per la realizzazione dei muri;
- la stabilità degli scavi in progetto per la realizzazione dei muri di controripa;
- la stabilità globale dei tratti di versanti interessati dagli ampliamenti in trincea;
- la realizzazione dei rilevati.

7.1 Calcolo della capacità portante dei terreni di fondazione

Le fondazioni degli interventi previsti dal progetto in esame riguardano la realizzazione dei muri di sostegno delle tratte in rilevato (vedi Particolare B in Tavola 1 e sezioni progettuali) e dei muri di controripa nel caso di allargamenti in trincea (vedi Particolare C in Tavola 1 e sezioni progettuali).

I materiali rilevati permettono la realizzazione di fondazioni dirette del tipo nastriformi.

Il calcolo per le fondazioni dei muri è stato effettuato nelle tre casistiche principali, corrispondenti con l'attraversamento delle tre unità stratigrafiche individuate nei capitoli precedenti (DEPOSITI GLACIALI PREVALENTEMENTE GHIAIOSI-DEPOSITI GLACIALI PREVALENTEMENTE SABBIOSI-DEPOSITI ALLUVIONALI).

Per il calcolo della capacità portante del terreno si è adottato il metodo di Terzaghi che propone una formula valida per il calcolo della portanza di fondazioni superficiali di larghezza B.

La formula è data da :

$$q_{lim} = c N_c \beta_c + q N_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma \beta_\gamma$$

dove :

- q_{lim} è la capacità portante limite del terreno;
- c è la coesione del terreno su cui poggia la fondazione;
- γ è il peso specifico del terreno posto sopra e sotto il piano di fondazione;
- D è la profondità del piano di fondazione dal piano campagna;
- q è il peso del sovraccarico, uguale al prodotto $\gamma \cdot D$;
- B è la larghezza della fondazione;
- β_c e β_γ sono fattori correttivi di forma, espressi da coefficienti numerici, legati alla geometria della fondazione;
- N_c , N_γ , N_q sono fattori adimensionali di capacità portante, funzione dell'angolo di

attrito medio adottato per le diverse unità stratigrafiche rilevate, pari rispettivamente a 44, 27.3, 28.5, per $\phi = 32^\circ$ adottato per i DEPOSITI GLACIALI PREVALENTEMENTE GHIAIOSI, pari rispettivamente a 31.6, 13.7, 17.8, per $\phi = 28^\circ$ adottato per i DEPOSITI GLACIALI PREVALENTEMENTE SABBIOSI, pari rispettivamente a 52.6, 36.5, 38.9, per $\phi = 34^\circ$ adottato per i DEPOSITI ALLUVIONALI GHIAIOSI espressi da:

$$N_q = \frac{a^2}{2\cos^2(45 + \phi/2)} \quad a = e^{(0.75\pi - \phi/2)\text{tg}\phi}$$

$$N_c = (N_q - 1)\cot g\phi$$

$$N_\gamma = \frac{\text{tg}\phi}{2} \left(\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2\phi} - 1 \right)$$

dove :

ϕ è l'angolo di attrito del terreno di fondazione

$K_{p\gamma}$ è il coefficiente di portata funzione dell'angolo ϕ , determinato da Terzaghi sulla base di prove empiriche.

Di conseguenza la capacità portante limite (q_{lim}) è legata ai seguenti gruppi di parametri :

- parametri geotecnici
- parametri geometrici
- coefficienti correttivi

- Parametri geotecnici

Sono rappresentati essenzialmente da:

- coesione (c) del materiale su cui poggia la fondazione, generalmente espressa in Kg/cm²;

- angolo di attrito (ϕ) del materiale su cui poggia la fondazione;
- peso specifico (γ) rappresentativo del terreno sopra e sotto il piano di fondazione, espresso in Kg/m^3 .

Questi parametri sono stati desunti, nel caso in esame, sulla base delle osservazioni effettuate nei sondaggi geognostici.

- Parametri geometrici

Si tratta di elementi caratterizzanti le dimensioni della fondazione superficiale adottata.

In particolare :

- larghezza (B) della fondazione, espressa in metri
- profondità (D) della base della fondazione, espressa in metri

- Coefficienti correttivi

Sono dei parametri legati alla particolare tipologia della fondazione presa in considerazione e al valore di ϕ (angolo di attrito) assunto. In particolare:

- coefficienti numerici relativi alla geometria della struttura (β_c e β_γ);
- coefficienti di portata (N_q , N_c , N_γ e $K_{p\gamma}$), relativi al valore specifico dell'angolo di attrito (ϕ).

La formula di Terzaghi tiene conto anche delle condizioni al contorno che possono influenzare il calcolo della portanza, in particolare:

- la presenza di falda;
- l'eccentricità del carico;
- l'inclinazione del carico;
- la stratificazione del terreno;
- la fondazione su pendio.

Nel caso in esame, fondando in terreni granulari, e ipotizzando carichi

centrati e piano campagna orizzontale, la formula precedente si semplifica in:

$$q_{\text{lim}} = \gamma_{\text{sup}} DN_q + 0,4B\gamma_{\text{inf}} N_\gamma.$$

Si ritiene opportuno fornire un quadro della capacità portante dei terreni in funzione dell'immorsamento e della larghezza delle fondazioni in esame.

Ipotizzando quindi una fondazione nastriforme di lato B variabile da 1.75 m a 3.95 m e con un'altezza D di 0.5-1.5 m, assunzioni giustificate viste le dimensioni dei muri in esame e in accordo con lo schema fornito dai progettisti, si ottengono i seguenti valori di carico limite:

**DEPOSITI GLACIALI PREVALENTEMENTE GHIAIOSI - FONDAZIONI
NASTRIFORMI:**

	D (m)	B (m)	Q (Kg/cm ²)	Q _{limite ultimo} (Kg/cm ²) ricavato utilizzando i coefficienti riduttivi dell'approccio 2 = A1+M1+R3
MURI DI CONTRORIPA	0.50	1.75	7.06	3.36
	0.84	1.75	8.85	4.21
	0.80	3.25	12.44	5.92
	1.42	3.25	15.71	7.49
	0.80	3.55	13.19	6.29
	1.45	3.55	16.62	7.91
	0.80	3.95	14.20	6.76
	1.50	3.95	17.90	8.52
MURI DI SOSTEGNO	0.5	2.3	8.45	4.02
	0.5	2.7	9.46	4.50
	0.5	3.0	10.22	4.86
	0.6	3.75	12.64	6.01
	0.7	4.5	15.07	7.17
	0.7	5.25	16.96	8.07
	0.4	2.5	8.43	4.01
	0.5	2.5	8.96	4.26
	0.5	3.3	10.98	5.22

Per l'eventuale realizzazione di sottopassi in corrispondenza di questi depositi andrà adottato un valore di capacità portante limite ultima pari a 2.45 kg/cmq.

**DEPOSITI GLACIALI PREVALENTEMENTE SABBIOSI - FONDAZIONI
NASTRIFORMI:**

	D (m)	B (m)	Q (Kg/cm ²)	Q _{limite ultimo} (Kg/cm ²) ricavato utilizzando i coefficienti riduttivi dell'approccio 2 = A1+M1+R3
MURI DI CONTRORIPA	0.50	1.75	3.97	1.89
	0.84	1.75	5.12	2.44
	0.80	3.25	6.94	3.30
	1.42	3.25	9.04	4.30
	0.80	3.55	7.33	3.49
	1.45	3.55	9.53	4.54
	0.80	3.95	7.85	3.74
	1.50	3.95	10.22	4.86
MURI DI SOSTEGNO	0.5	2.3	4.69	2.23
	0.5	2.7	5.21	2.48
	0.5	3.0	5.6	2.66
	0.6	3.75	6.91	3.29
	0.7	4.5	8.23	3.91
	0.7	5.25	9.21	4.38
	0.4	2.5	4.61	2.19
	0.5	2.5	4.95	2.35
	0.5	3.3	5.99	2.85

Per l'eventuale realizzazione di sottopassi in corrispondenza di questi depositi andrà adottato un valore di capacità portante limite ultima pari a 1.40 kg/cmq.

DEPOSITI ALLUVIONALI GHIAIOSI - FONDAZIONI NASTRIFORMI:

	D (m)	B (m)	Q (Kg/cm ²)	Q limite ultimo (Kg/cm ²) ricavato utilizzando i coefficienti riduttivi dell'approccio 2 = A1+M1+R3
MURI DI CONTRORIPA	0.50	1.75	9.41	4.48
	0.84	1.75	11.64	5.54
	0.80	3.25	16.63	7.92
	1.42	3.25	20.70	9.86
	0.80	3.55	17.68	8.42
	1.45	3.55	21.95	10.45
	0.80	3.95	19.08	9.08
	1.50	3.95	23.68	11.27
MURI DI SOSTEGNO	0.5	2.3	11.33	5.39
	0.5	2.7	12.73	6.06
	0.5	3.0	13.78	6.56
	0.6	3.75	17.07	8.12
	0.7	4.5	20.35	9.69
	0.7	5.25	22.97	10.90
	0.4	2.5	11.38	5.41
	0.5	2.5	12.03	5.72
	0.5	3.3	14.83	7.06

Per l'eventuale realizzazione di sottopassi in corrispondenza di questi depositi andrà adottato un valore di capacità portante limite ultima pari a 3.27 kg/cmq.

In relazione alla vocazione antropica del sito si consiglia di verificare in fase esecutiva delle opere in progetto che il sedime di fondazione non sia costituito parzialmente da riporti. Nell'eventualità in cui gli scavi per l'allogamento delle fondazioni rinvenissero materiali di riporto, gli scavi stessi andranno approfonditi fino al raggiungimento del naturale sedime di fondazione e solamente in sua corrispondenza andranno innestate le fondazioni.

Andrà inoltre e in tutti i casi superato lo strato superficiale e terrigeno.

7.2 Stabilità dei fronti di scavo

In questo capitolo sono state realizzate delle verifiche di stabilità inerenti gli scavi provvisori e funzionali alla realizzazione delle murature in progetto. In particolare ci si riferisce agli scavi per la realizzazione dei muri di controripa per le tratte in trincea (vedi particolare C in Tavola 1 e sezioni di progetto).

Di seguito sono state condotte due verifiche, eseguite per i due materiali che saranno interessati da queste opere, ed in particolare i depositi glaciali prevalentemente ghiaiosi e i depositi glaciali prevalentemente sabbiosi.

Le verifiche sono state condotte per altezze di scavo a tergo dei muri pari al massimo a 4.5 m e angoli di inclinazione del fronte di scavo pari al massimo a 60°.

Sono state simulate due sezioni di progetto rappresentative di queste situazioni.

Per quanto riguarda invece altezze di scavo superiori ai 4.5 m si suggerisce di realizzare gli scavi mediante opere di sostegno provvisoria del tipo paratia di micropali o pareti chiodate. Particolare attenzione andrà posta nella tratta compresa fra le sezioni N° 66-78 , dove le altezze di scavo in progetto raggiungono gli 8.3 m e fra le sezioni N° 136-150, dove le altezze di scavo in progetto sono circa comprese fra 6.5 e 7.5 m.

Per la verifica di stabilità è stato utilizzato il metodo di calcolo di Bishop semplificato adatto per superfici critiche circolari in materiali granulari-sciolti, il programma utilizzato è Slide della Rocscience.

I parametri assegnati ai materiali naturali costituenti il tratto di pendio in esame sono quelli riportati nel capitolo 6.

Le verifiche di stabilità sono state eseguite applicando sia la normativa DM 11/03/88, sia la normativa DM 14/01/2008, come riportato nei paragrafi seguenti.

Riassumendo le analisi condotte con entrambe le normative hanno verificato che per altezze di scavo massime pari a 4.5 m l'angolo di

inclinazione massimo da assegnare ai fronti di scavo provvisionali è pari a 60°. Diminuendo l'angolo di profilatura, che in alcuni casi, pur rimanendo interni alla recinzione dell'autostrada, raggiunge un valore di 55° e/o diminuendo l'altezza di scavo il fattore di sicurezza aumenta proporzionalmente.

Potrà essere adottata anche una riprofilatura a gradoni, dove possibile e visti gli ingombri, i gradoni dovranno avere in fase provvisoria altezze massime di 4-4.5 m e dovranno essere intervallati da berme di larghezza minima pari a un metro, l'angolo di inclinazione massimo dovrà essere pari a 55-60 gradi.

Di seguito sono elencate alcune prescrizioni di carattere generale da adottare per tutti gli scavi previsti:

- In caso di pioggia sugli scavi o sulle porzioni già scavate andranno posizionati dei teli impermeabili a salvaguardia delle condizioni di coesione apparente del materiale.
- Tutti gli scavi necessari alla realizzazione del manufatto dovranno rimanere aperti per il tempo strettamente necessario all'edificazione dei muri di contenimento; inoltre per evitare future infiltrazioni d'acqua, in occasioni di particolari eventi piovosi, si raccomanda la realizzazione di un sistema di drenaggio perimetrale. Ciò si rende necessario anche per evitare sovrappressioni nei terreni di sedime e a tergo dei muri stessi. I flussi idrici raccolti dai dreni e tutte le acque bianche dovranno essere convogliate nella rete delle acque bianche esistente, o opportunamente disperse.
- Sui cigli delle scarpate, non dovrà esser accumulato alcun tipo di materiale né dovranno sostarvi le macchine del cantiere, al fine di evitare l'insorgere di fenomeni di instabilità dei fronti di scavo stessi.

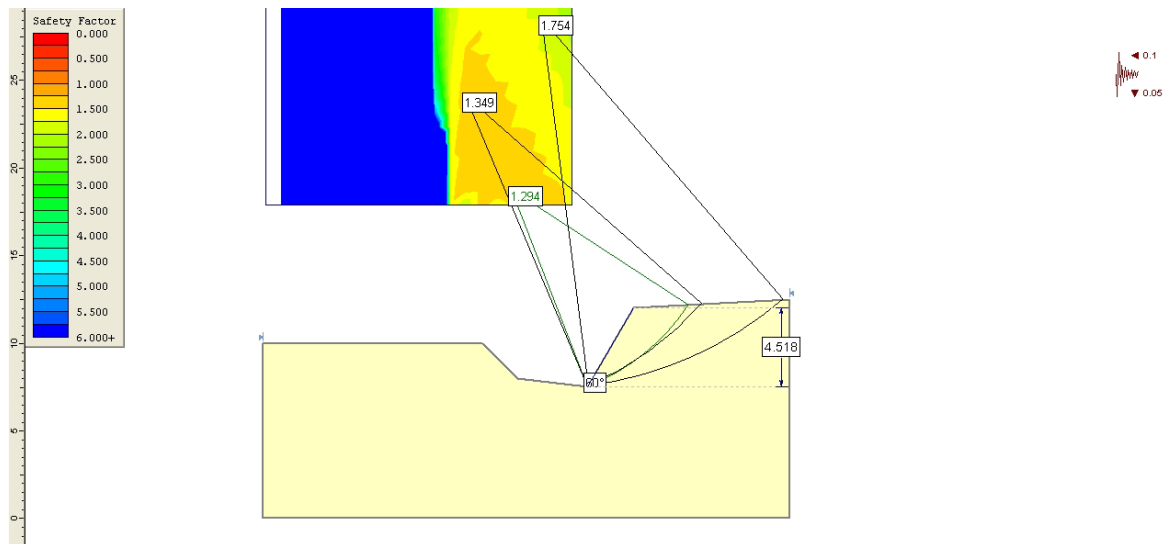
In generale nell'eventualità in cui parte dei materiali si dovessero presentare privi di coesione o si dovessero rinvenire livelli di ghiaie pulite, o si dovessero riscontrare parziali depositi di riporto, si dovrà procedere con la realizzazione di opere provvisorie del tipo paratia di micropali o parete chiodata.

7.2.1 Verifiche dei fronti di scavo secondo il DM 11/03/88

Di seguito sono riportate le relazioni di calcolo e gli schemi delle verifiche eseguite applicando i criteri del DM 11/03/88.

La verifica è stata realizzata inserendo i coefficienti sismici come previsto dalla normativa (vedi capitolo 5).

VERIFICA DI STABILITA' DI FRONTI DI SCAVO IN DEPOSITI GLACIALI PREVALENTEMENTE SABBIOSI



Il fattore di sicurezza minimo calcolato è pari a 1.21, che può essere accettato per scavi provvisionali ($1.1 < F_s < 1.3$).

Slide Analysis Information

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Calculate Excess Pore Pressure: Off

Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off

Random Numbers: Pseudo-random Seed

Random Number Seed: 10116

Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:

Bishop simplified

Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
 Radius increment: 10
 Minimum Elevation: Not Defined
 Composite Surfaces: Disabled
 Reverse Curvature: Create Tension Crack

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.1
 Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.05

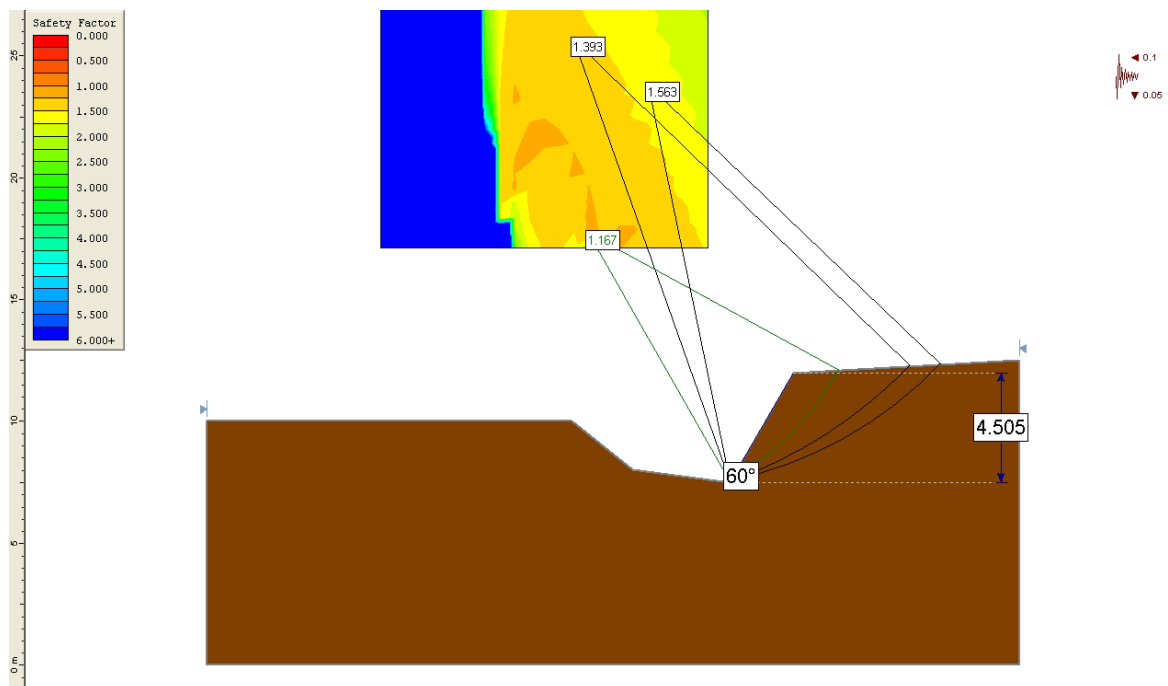
Material Properties

Material: SABBIE
 Strength Type: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Cohesion: 10 kPa
 Friction Angle: 28 degrees
 Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified
 FS: 1.293540
 Center: 14.129, 18.784
 Radius: 12.092
 Left Slip Surface Endpoint: 18.507, 7.512
 Right Slip Surface Endpoint: 24.257, 12.177
 Resisting Moment=2018.28 kN-m
 Driving Moment=1560.28 kN-m

VERIFICA DI STABILITA' DI FRONTI DI SCAVO IN DEPOSITI GLACIALI
 PREVALENTEMENTE GHIAIOSI



Il fattore di sicurezza minimo calcolato è pari a 1.68, che può essere accettato per scavi provvisionali ($1.1 < F_s < 1.3$).

Slide Analysis Information

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Radius increment: 10
Minimum Elevation: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.1
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.05

Material Properties

Material: Material 1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18.5 kN/m³
Cohesion: 5 kPa
Friction Angle: 34 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.167210
Center: 15.695, 17.731
Radius: 11.753
Left Slip Surface Endpoint: 21.510, 7.517
Right Slip Surface Endpoint: 26.015, 12.106
Resisting Moment=1226.11 kN-m
Driving Moment=1050.47 kN-m

7.2.2 Verifiche dei fronti di scavo secondo il DM 14/01/2008

Sulla base delle nuove norme tecniche per le costruzioni DM 14/01/2008 per le verifiche di stabilità di fronti di scavo in fase esecutiva va applicato quanto previsto dal capitolo 6.8.

In particolare la nuova normativa prevede che le verifiche vengano realizzate adottando l'Approccio 1 – Combinazione 2 che prevede l'applicazione dei seguenti coefficienti = $A_2 + M_2 + R_2$.

Il coefficiente parziale A_2 è riportato nella tabella 6.2.I ed è pari a 1.0, per carichi favorevoli.

Il coefficiente parziale M_2 è riportato nella tabella 6.2.II e rappresenta i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno, in particolare per il caso in esame i coefficienti M_2 da applicare sono pari a 1.25 per la tangente dell'angolo d'attrito, pari a 1.0 per il peso di volume e pari a 1.4 per la coesione non drenata.

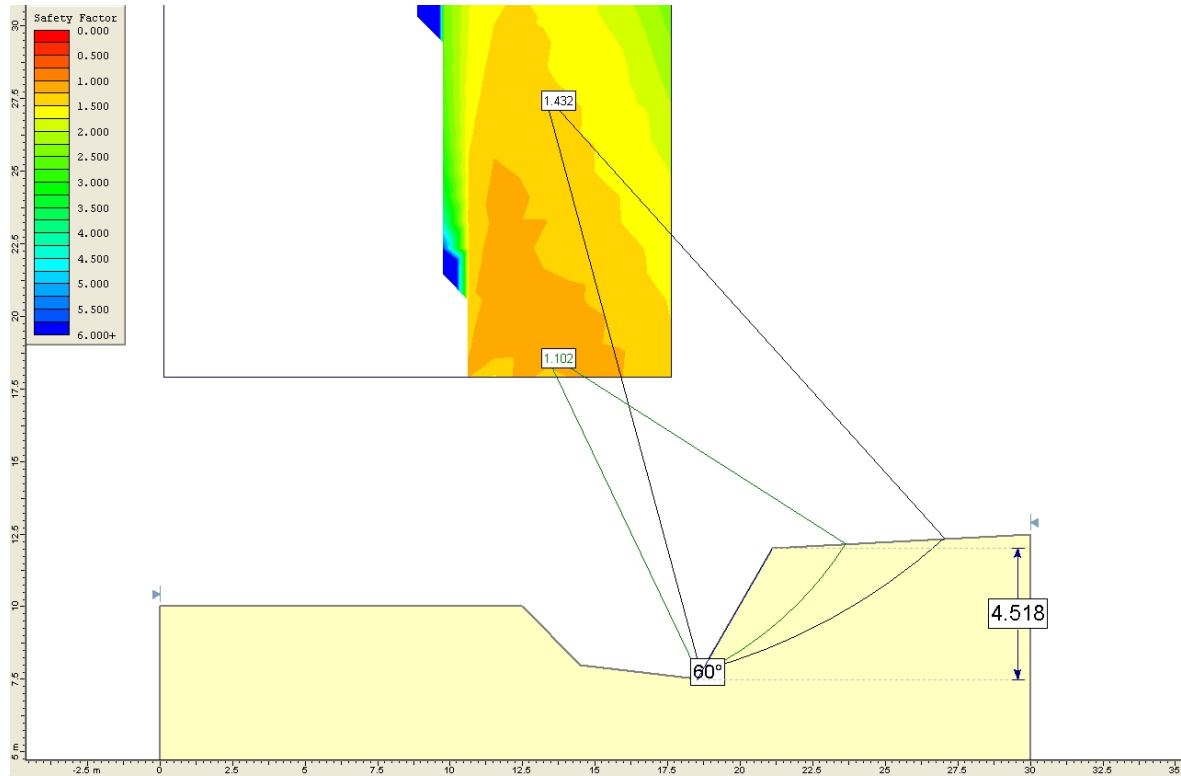
Il coefficiente parziale R_2 è riportato in tabella 6.8.I ed è pari a 1.1.

Il fattore di sicurezza per questo tipo di verifiche deve superare l'unità, rappresentare quindi gli stati di equilibrio ultimo.

Di seguito sono riportate le relazioni di calcolo e gli schemi delle verifiche eseguite applicando i criteri del DM 14/01/2008.

Nella relazione di calcolo sono riportati i valori di angolo d'attrito e coesione ridotti, il coefficiente R_2 è stato applicato in seguito al fattore di sicurezza minimo calcolato dal programma.

VERIFICA DI STABILITA' DI FRONTI DI SCAVO IN DEPOSITI GLACIALI PREVALENTEMENTE SABBIOSI



Il fattore di sicurezza minimo calcolato è pari a 1.102, che diviso per il coefficiente parziale R2 risulta pari a 1.002.

Slide Analysis Information

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Failure Direction: Right to Left
 Units of Measurement: SI Units
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
 Groundwater Method: Water Surfaces
 Calculate Excess Pore Pressure: Off
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
 Random Numbers: Pseudo-random Seed
 Random Number Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
 Bishop simplified
 Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Radius increment: 10
Minimum Elevation: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

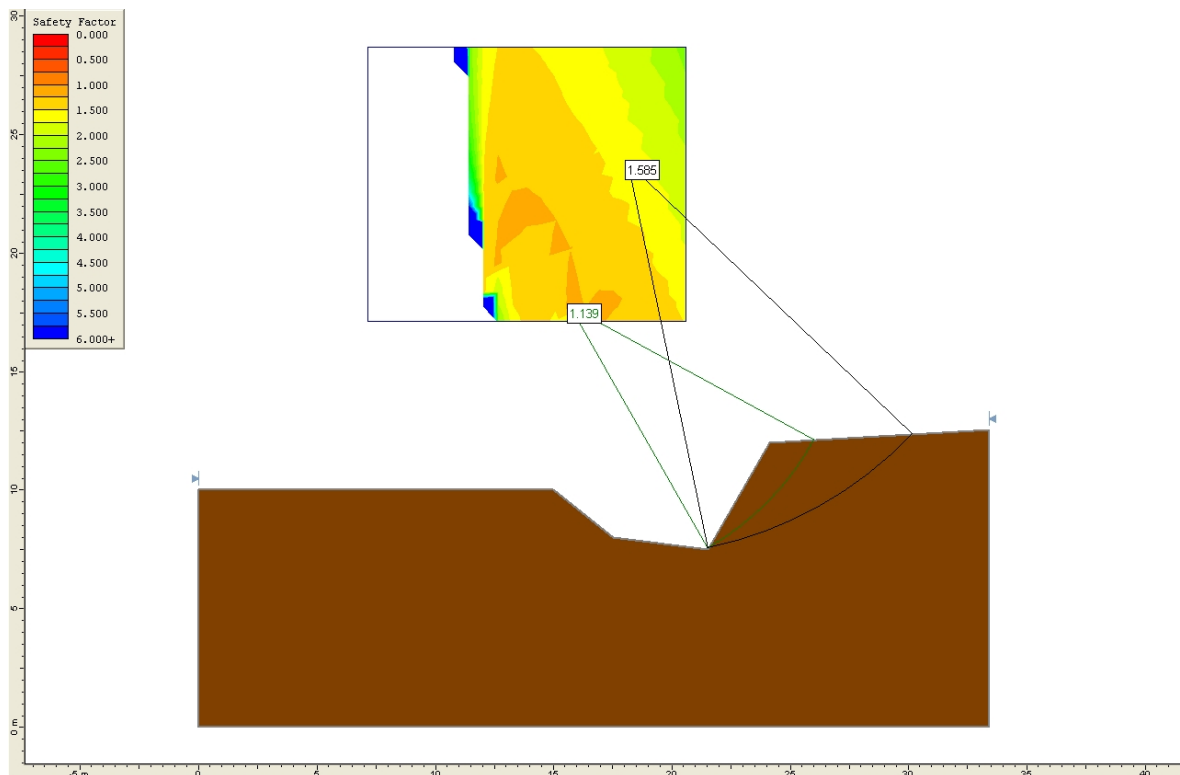
Material Properties

Material: SABBIE
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 7.2 kPa
Friction Angle: 23 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.102380
Center: 13.255, 18.784
Radius: 12.359
Left Slip Surface Endpoint: 18.574, 7.628
Right Slip Surface Endpoint: 23.680, 12.145
Resisting Moment=1264.27 kN-m
Driving Moment=1146.86 kN-m

VERIFICA DI STABILITA' DI FRONTI DI SCAVO IN DEPOSITI GLACIALI PREVALENTEMENTE GHIAIOSI



Il fattore di sicurezza minimo calcolato è pari a 1.139, che diviso per il coefficiente parziale R2 risulta pari a 1.04.

Slide Analysis Information

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Radius increment: 10
Minimum Elevation: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

Material Properties

Material: Material 1
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18.5 kN/m³
Cohesion: 3.6 kPa
Friction Angle: 28.5 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.138790
Center: 15.695, 17.731
Radius: 11.753
Left Slip Surface Endpoint: 21.510, 7.517
Right Slip Surface Endpoint: 26.015, 12.106
Resisting Moment=1048.3 kN-m
Driving Moment=920.531 kN-m

7.3 Verifiche di stabilità globale per le tratte in trincea

In questo capitolo sono state realizzate delle verifiche di stabilità globale per i tratti di pendio interni alle zone a vincolo idrogeologico. Le verifiche sono state condotte modellando quella che sarà la situazione finale, dopo la realizzazione del progetto. Le verifiche di stabilità globale interessano ovviamente le tratte che verranno realizzate in trincea, infatti per quanto riguarda le tratte in rilevato la stabilità globale sarà assicurata dalla corretta realizzazione del muro di sostegno del rilevato e del riempimento dello stesso.

Sono state condotte due verifiche, una in corrispondenza delle sezioni di progetto N° 70-72, situate in corrispondenza dell'attraversamento dei depositi glaciali prevalentemente sabbiosi e interne all'area vincolata, e l'altra in corrispondenza della sezione di progetto N° 136, rappresentativa della tratta più lunga in trincea e ubicata in corrispondenza dei depositi glaciali prevalentemente ghiaiosi.

Si raccomanda di realizzare in tutti i muri dei tubi di drenaggio rivestiti con geotessili e delle canalette a monte al fine di raccogliere e drenare le acque di infiltrazione ed evitare fenomeni di sovrappressione a tergo dei muri stessi.

Per la verifica di stabilità è stato utilizzato il metodo di calcolo di Bishop semplificato adatto per superfici critiche circolari in materiali granulari-sciolti, il programma utilizzato è Slide della Rocscience.

I parametri dimensionali assegnati ai muri di controripa sono quelli standard.

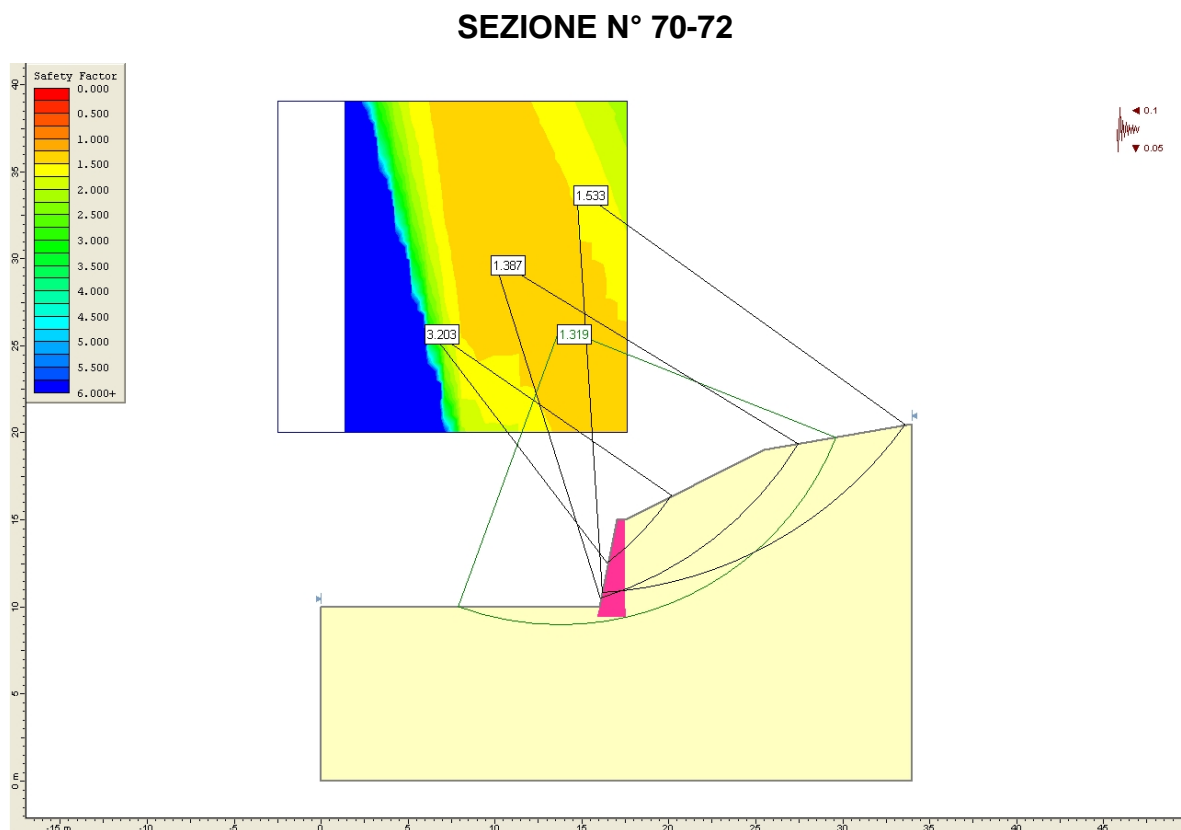
I parametri assegnati ai materiali naturali costituenti il tratto di pendio in esame sono quelli riportati nel capitolo 6.

Le verifiche di stabilità sono state eseguite applicando sia la normativa DM 11/03/88, sia la normativa DM 14/01/2008, come riportato nei paragrafi seguenti.

7.3.1 Verifiche dei fronti di scavo secondo il DM 11/03/88

Di seguito sono riportate le relazioni di calcolo e gli schemi delle verifiche eseguite applicando i criteri del DM 11/03/88.

La verifica è stata realizzata inserendo i coefficienti sismici come previsto dalla normativa (vedi capitolo 5).



Il fattore di sicurezza minimo calcolato dal programma è pari a 1.319, in accordo con quanto previsto dalla normativa. Il fattore di sicurezza cresce fino a valori pari a 3.5 in corrispondenza delle altre sezioni calcolate per il tratto di pendio in esame.

Slide Analysis Information

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Failure Direction: Right to Left
 Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Radius increment: 10
Reverse Curvature: Create Tension Crack

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.1
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.05

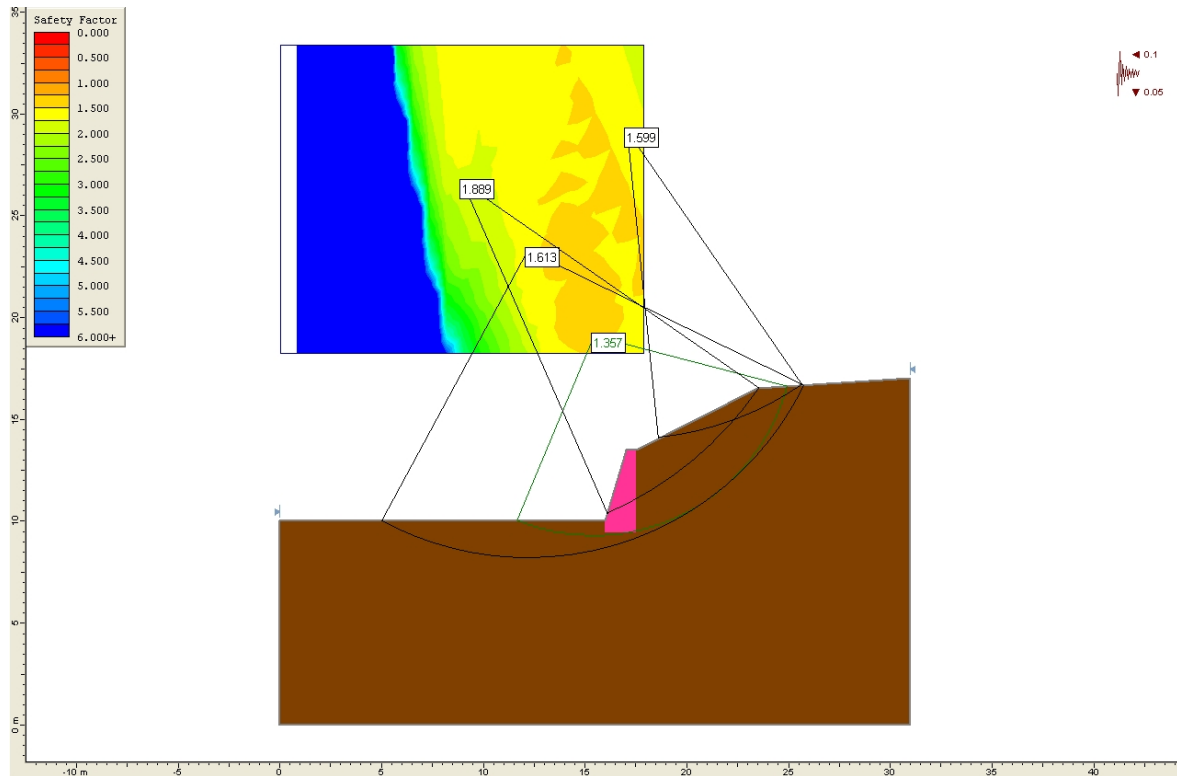
Material Properties

Material: SABBIE
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Friction Angle: 28 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.318570
Center: 13.763, 26.044
Radius: 17.098
Left Slip Surface Endpoint: 7.851, 10.000
Right Slip Surface Endpoint: 29.654, 19.733
Resisting Moment=16845.8 kN-m
Driving Moment=12775.7 kN-m

SEZIONE N° 136



Il fattore di sicurezza minimo calcolato dal programma è pari a 1.357, in accordo con quanto previsto dalla normativa. Il fattore di sicurezza cresce fino a valori pari a 3.0 in corrispondenza delle altre sezioni calcolate per il tratto di pendio in esame.

Slide Analysis Information

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Failure Direction: Right to Left
 Units of Measurement: SI Units
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
 Groundwater Method: Water Surfaces
 Calculate Excess Pore Pressure: Off
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
 Random Numbers: Pseudo-random Seed
 Random Number Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
 Bishop simplified
 Number of slices: 25

Tolerance: 0.005

Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular

Radius increment: 10

Reverse Curvature: Create Tension Crack

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.1

Seismic Load Coefficient (Vertical): 0.05

Material Properties

Material: GHIAIE

Strength Type: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 18.5 kN/m³

Cohesion: 1 kPa

Friction Angle: 34 degrees

Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified

FS: 1.357140

Center: 15.454, 19.081

Radius: 9.848

Left Slip Surface Endpoint: 11.645, 10.000

Right Slip Surface Endpoint: 24.984, 16.599

Resisting Moment=4489.19 kN-m

Driving Moment=3307.84 kN-m

7.3.2 Verifiche dei fronti di scavo secondo il DM 14/01/2008

Sulla base delle nuove norme tecniche per le costruzioni DM 14/01/2008 per le verifiche di stabilità globale del complesso manufatto-terreno va applicato quanto previsto dal capitolo 6.8.2 e dal capitolo 6.5.3.1.

In particolare la nuova normativa prevede che le verifiche vengano realizzate adottando l'Approccio 1 – Combinazione 2 che prevede l'applicazione dei seguenti coefficienti = $A_2 + M_2 + R_2$.

Il coefficiente parziale A_2 è riportato nella tabella 6.2.I ed è pari a 1.0, per carichi favorevoli.

Il coefficiente parziale M_2 è riportato nella tabella 6.2.II e rappresenta i coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno, in particolare per il caso in esame i coefficienti M_2 da applicare sono pari a 1.25 per la tangente dell'angolo d'attrito, pari a 1.0 per il peso di volume e pari a 1.4 per la coesione non drenata.

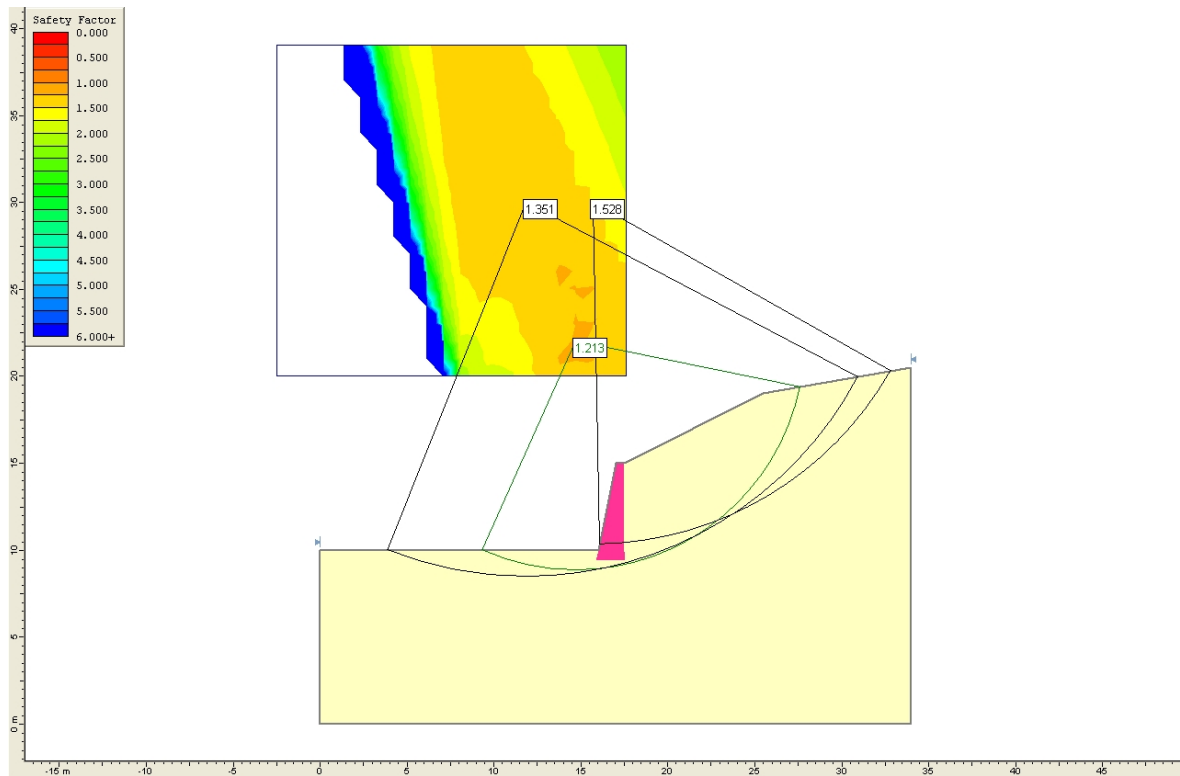
Il coefficiente parziale R_2 è riportato in tabella 6.8.I ed è pari a 1.1.

Il fattore di sicurezza per questo tipo di verifiche deve superare l'unità, rappresentare quindi gli stati di equilibrio ultimo.

Di seguito sono riportate le relazioni di calcolo e gli schemi delle verifiche eseguite applicando i criteri del DM 14/01/2008.

Nella relazione di calcolo sono riportati i valori di angolo d'attrito e coesione ridotti, il coefficiente R_2 è stato applicato in seguito al fattore di sicurezza minimo calcolato dal programma.

SEZIONE N° 70-72



Il fattore di sicurezza minimo calcolato è pari a 1.213, che diviso per il coefficiente parziale R2 risulta pari a 1.103.

Slide Analysis Information

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
 Failure Direction: Right to Left
 Units of Measurement: SI Units
 Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
 Groundwater Method: Water Surfaces
 Calculate Excess Pore Pressure: Off
 Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
 Random Numbers: Pseudo-random Seed
 Random Number Seed: 10116
 Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
 Bishop simplified
 Number of slices: 25
 Tolerance: 0.005
 Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
 Radius increment: 10
 Minimum Elevation: Not Defined

Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

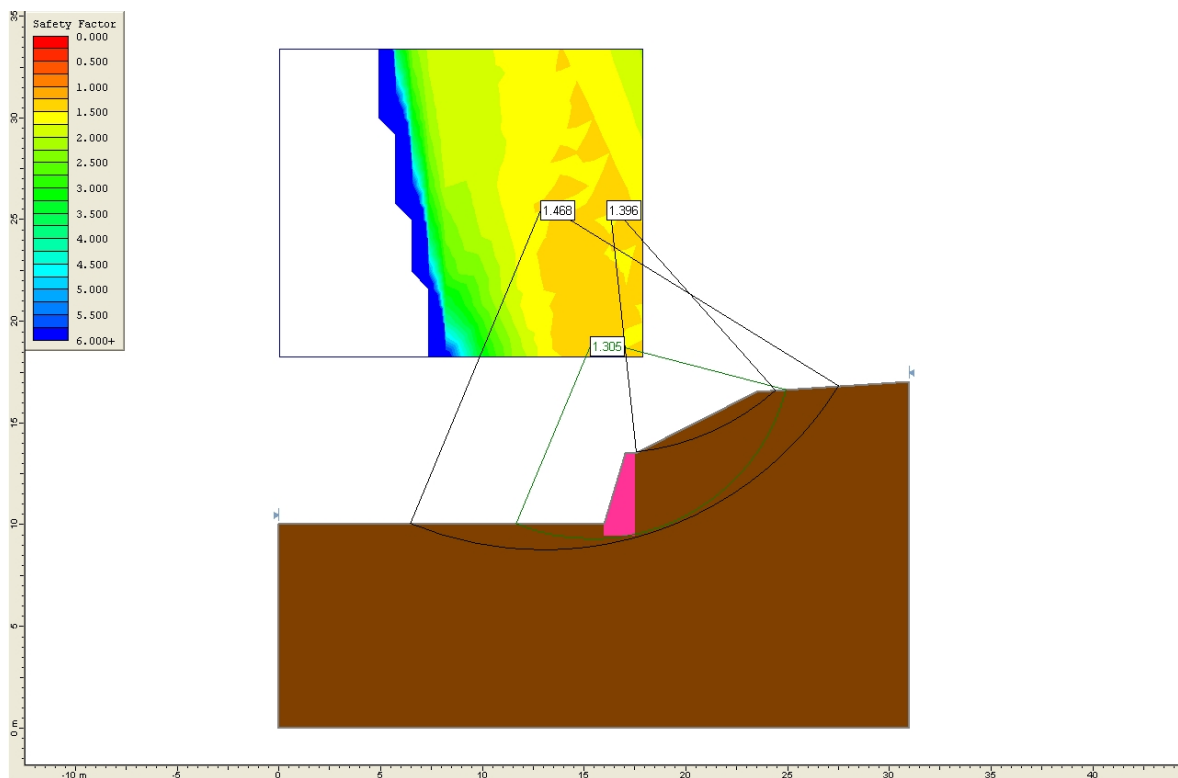
Material Properties

Material: SABBIE
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 kN/m³
Cohesion: 7.2 kPa
Friction Angle: 23 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.212790
Center: 14.717, 22.046
Radius: 13.213
Left Slip Surface Endpoint: 9.289, 10.000
Right Slip Surface Endpoint: 27.658, 19.381
Resisting Moment=9021.16 kN-m
Driving Moment=7438.34 kN-m

SEZIONE N° 136



Il fattore di sicurezza minimo calcolato è pari a 1.305, che diviso per il coefficiente parziale R2 risulta pari a 1.19.

Slide Analysis Information

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Radius increment: 10
Minimum Elevation: Not Defined
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack

Material Properties

Material: Material 4
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18.5 kN/m³
Cohesion: 0.7 kPa
Friction Angle: 28.5 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: bishop simplified
FS: 1.304960
Center: 15.454, 19.081
Radius: 9.848
Left Slip Surface Endpoint: 11.645, 10.000
Right Slip Surface Endpoint: 24.984, 16.599
Resisting Moment=3596.41 kN-m
Driving Moment=2755.95 kN-m

7.4 Realizzazione dei rilevati

Come riportato nelle tavole progettuali, alle quali si rimanda, verranno realizzati dei riempimenti per la realizzazione delle tratte in rilevato (Particolare B in Tavola 1).

In particolare i rilevati avranno un'altezza media pari a 4.5 m.

Per la realizzazione dei rilevati previsti dal progetto dovranno essere utilizzati dei materiali di buona-ottima qualità geotecnica, in particolare materiali del tipo ghiaie grossolane, spaccato di cava, ecc.

Per la realizzazione dei rilevati previsti dal progetto potranno anche essere riutilizzate le ghiaie grossolane prodotte dagli scavi e per la copertura vegetale potranno essere utilizzati i materiali terrigeni sempre prodotti dagli scavi.

Di seguito vengono riportate delle indicazioni, dei suggerimenti di metodologie costruttive che si consiglia di eseguire per la corretta realizzazione dei rilevati in progetto al fine di assicurarne la stabilità:

- I riempimenti andranno realizzati con materiali di buone-ottime caratteristiche geotecniche;
- I riempimenti saranno costituiti mediante strati sovrapposti di materiali granulari dello spessore di circa 50 cm;
- Gli strati di riempimento andranno opportunamente e correttamente stesi e rullati e ben compattati con le macchine del cantiere;
- Dopo la stesura di ogni singolo strato verrà lasciato passare del tempo in accordo con le tempistiche del cantiere prima della stesura dello strato successivo al fine di permettere una certa compattazione e maturazione naturale.
- L'angolo massimo di stesura dei materiali per la realizzazione del rilevato è di 45°.
- Al termine delle operazioni di realizzazione dei rilevati andranno eseguite delle prove di carico su piastra a campione e in numero sufficiente al fine di valutare la stabilità e il grado di compattazione dei rilevati eseguiti.

Allegato 1:

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



FOTO 1: Panoramica del primo tratto in rilevato



FOTO 2: Panoramica del primo tratto in rilevato



FOTO 3: Particolare delle canalette di raccolta delle acque meteoriche in corrispondenza dei tratti in rilevato



FOTO 4: Panoramica sovrappassaggio sul canale Sima



FOTO 5: Panoramica dei tratti con allargamento in trincea (scogliera 2/3)



FOTO 6: Panoramica dei tratti con allargamento in trincea (scogliera 2/3)



FOTO 7: Panoramica dei tratti con allargamento in trincea (scogliera 2/3)



FOTO 8: Panoramica dei tratti con allargamento in trincea (scogliera 2/3)



FOTO 9: Panoramica dei tratti con allargamento in trincea (scogliera 2/3)



FOTO 10: Particolare canalette esistenti



FOTO 11: Particolare dei materiali prevalentemente sabbiosi presenti nel sito in esame



FOTO 12: Particolare dei materiali ghiaiosi presenti nel sito in esame



FOTO 13: Panoramica di una delle vallecole di sversamento delle acque meteoriche



FOTO 14: Panoramica di una delle vallecole di sversamento delle acque meteoriche