

AUTOSTRADA (A1): MILANO - NAPOLI
ADEGUAMENTO DEL TRATTO DI ATTRAVERSAMENTO APPENNINICO
TRA SASSO MARCONI E BARBERINO DI MUGELLO
TRATTA: PIAN DEL VOGLIO - BARBERINO DI MUGELLO
BRETELLA DI FIRENZUOLA
MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA STRADALE
PROGETTO ESECUTIVO

DOCUMENTAZIONE GENERALE

GEOTECNICA PARTE GENERALE

RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE

IL PROGETTISTA SPECIALISTICO

Ing. Marco D'Angelantonio
Ord. Ingg. Milano N. A20155

Responsabile Geotecnica all'aperto

IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE


Ing. Maurizio Ceneri
Ord. Ingg. Bologna N. 4071/A

IL DIRETTORE TECNICO

Ing. Piero Bongio
Ord. Ingg. Sondrio N. A538

T.A. - Geologia e Geotecnica

RIFERIMENTO PROGETTO			CODICE IDENTIFICATIVO					RIFERIMENTO ELABORATO				ORDINATORE
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	-	
119935	0000	PE	DG	GTA	GE000	00000	R	APE	0001	1	SCALA -	

	ENGINEER COORDINATOR:	SUPPORTO SPECIALISTICO:	REVISIONE	
	Ing. Gabriel Guillermo Fava		n.	data
			0	APRILE 2022
			1	APRILE 2023
			2	-
REDATTO:		VERIFICATO:	3	-
			4	-

	VISTO DEL COMMITTENTE  IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. Andrea Colazingari	VISTO DEL CONCEDEnte  Ministero delle infrastrutture e dei trasporti
--	---	--

Sommario

1	INTRODUZIONE	8
2	CRITERI PROGETTUALI	9
3	DOCUMENTI, NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO	11
3.1	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	11
3.2	NORMATIVE E LINEE GUIDA DI RIFERIMENTO	11
3.3	BIBLIOGRAFIA	11
4	INDAGINI GEOTECNICHE	13
5	SISMICITÀ DEL SITO	14
5.1	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO	14
5.2	PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA	14
5.3	AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	14
5.4	VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE	16
6	CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	17
6.1	TERRENI A GRANA GROSSA (SABBIE E GHIAIE)	17
6.1.1	<i>Generalità</i>	17
6.1.2	<i>Caratteristiche fisiche e classificazione</i>	17
6.1.3	<i>Densità relativa D_r</i>	18
6.1.4	<i>Angolo di resistenza al taglio</i>	19
6.1.5	<i>Modulo elastico "operativo"</i>	20
6.1.6	<i>Coefficiente di permeabilità</i>	20
6.2	TERRENI A GRANA FINE (LIMI E ARGILLE)	21
6.2.1	<i>Generalità</i>	21
6.2.2	<i>Caratteristiche fisiche e classificazione</i>	21
6.2.3	<i>Resistenza al taglio non drenata</i>	21
6.2.4	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate</i>	22
6.2.5	<i>Parametri di deformabilità "operativi" in condizioni drenate</i>	22
6.2.6	<i>Coefficiente di permeabilità</i>	22
6.3	FORMAZIONI ROCCIOSE	24
6.3.1	<i>Generalità</i>	24
6.3.2	<i>Qualità dell'ammasso roccioso</i>	24
6.3.3	<i>Parametri di resistenza e deformabilità</i>	25
6.3.4	<i>Coefficiente di permeabilità</i>	25
7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE TORRENTE CARIGIOLA – TCG1	26
7.1	GENERALITÀ	26
7.2	DEPOSITO SUPERFICIALE (CTCG1)	26
7.2.1	<i>Caratteristiche fisiche</i>	26

7.2.2	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate</i>	29
7.2.3	<i>Parametri di deformabilità "operativi"</i>	31
7.2.4	<i>Coefficiente di permeabilità</i>	32
7.2.5	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	33
7.3	SUBSTRATO ROCCIOSO (TCG1)	35
7.3.1	<i>Qualità dell'ammasso roccioso</i>	35
7.3.2	<i>Peso specifico naturale</i>	35
7.3.3	<i>Parametri di resistenza al taglio della roccia intatta</i>	36
7.3.4	<i>Parametri di deformabilità "operativi" della roccia intatta</i>	37
7.3.5	<i>Coefficiente di permeabilità</i>	37
7.3.6	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	38
8	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE MONTE MORELLO – MLL	39
8.1	GENERALITÀ	39
8.2	DEPOSITO SUPERFICIALE (CMLL)	39
8.2.1	<i>Caratteristiche fisiche</i>	39
8.2.2	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate</i>	41
8.2.3	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate</i>	42
8.2.4	<i>Parametri di deformabilità "operativi"</i>	42
8.2.5	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	43
8.3	SUBSTRATO ROCCIOSO (MLL)	45
8.3.1	<i>Qualità dell'ammasso roccioso</i>	45
8.3.2	<i>Peso specifico naturale</i>	45
8.3.3	<i>Parametri di resistenza al taglio della roccia intatta</i>	46
8.3.4	<i>Parametri di deformabilità "operativi" della roccia intatta</i>	47
8.3.5	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	48
9	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE MARNE VARICOLERE DI VILLORE – MVV	49
9.1	GENERALITÀ	49
9.2	DEPOSITO SUPERFICIALE (CMVV)	49
9.2.1	<i>Caratteristiche fisiche</i>	49
9.2.2	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate</i>	50
9.2.3	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	51
9.3	SUBSTRATO ROCCIOSO (MVV)	52
9.3.1	<i>Qualità dell'ammasso roccioso</i>	52
9.3.2	<i>Peso specifico naturale</i>	52
9.3.3	<i>Parametri di resistenza al taglio della roccia intatta</i>	53
9.3.4	<i>Parametri di deformabilità "operativi" della roccia intatta</i>	54

9.3.5	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	55
10	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE DELL'ACQUERINO – AQR1	56
10.1	GENERALITÀ	56
10.2	DEPOSITO SUPERFICIALE (CAQR1)	56
10.2.1	<i>Caratteristiche fisiche</i>	56
10.2.2	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate</i>	60
10.2.3	<i>Parametri di deformabilità “operativi”</i>	63
10.2.4	<i>Coefficiente di permeabilità</i>	65
10.2.5	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	66
10.3	SUBSTRATO ROCCIOSO (AQR1)	68
10.3.1	<i>Qualità dell'ammasso roccioso</i>	68
10.3.2	<i>Peso specifico naturale</i>	69
10.3.3	<i>Parametri di resistenza al taglio della roccia intatta</i>	70
10.3.4	<i>Parametri di deformabilità “operativi” della roccia intatta</i>	71
10.3.5	<i>Coefficiente di permeabilità</i>	72
10.3.6	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	73
11	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE ARGILLITI ED ARENARIE – AGA	74
11.1	GENERALITÀ	74
11.2	DEPOSITO SUPERFICIALE (CAGA)	74
11.2.1	<i>Caratteristiche fisiche</i>	74
11.2.2	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate</i>	76
11.2.3	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate</i>	76
11.2.4	<i>Parametri di deformabilità “operativi”</i>	77
11.2.5	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	78
11.3	SUBSTRATO ROCCIOSO (AGA)	80
11.3.1	<i>Premessa</i>	80
11.3.2	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate</i>	80
11.3.3	<i>Parametri di deformabilità “operativi”</i>	81
11.3.4	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	82
12	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE DI SILLANO – SIL	83
12.1	GENERALITÀ	83
12.2	DEPOSITO SUPERFICIALE (CSIL)	83
12.2.1	<i>Caratteristiche fisiche</i>	83
12.2.2	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate</i>	83
12.2.3	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate</i>	85
12.2.4	<i>Parametri di deformabilità “operativi”</i>	86
12.2.5	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	87

12.3	SUBSTRATO ROCCIOSO (SIL)	89
12.3.1	<i>Premessa</i>	89
12.3.2	<i>Caratteristiche fisiche</i>	89
12.3.3	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate</i>	90
12.3.4	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate</i>	91
12.3.5	<i>Parametri di deformabilità "operativi"</i>	92
12.3.6	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	93
13	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE DI CASTIGLION DEI PEPOLI – CDP	95
13.1	GENERALITÀ	95
13.2	DEPOSITO SUPERFICIALE (CCDP)	95
13.2.1	<i>Caratteristiche fisiche</i>	95
13.2.2	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate</i>	98
13.2.3	<i>Parametri di deformabilità "operativi"</i>	100
13.2.4	<i>Coefficiente di permeabilità</i>	101
13.2.5	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	102
13.3	SUBSTRATO ROCCIOSO (CDP)	104
13.3.1	<i>Qualità dell'ammasso roccioso</i>	104
13.3.2	<i>Coefficiente di permeabilità</i>	104
13.3.3	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	105
14	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE ARGILLE A PALOMBINI – APA	106
14.1	GENERALITÀ	106
14.2	DEPOSITO SUPERFICIALE (CAPA)	106
14.2.1	<i>Caratteristiche fisiche</i>	106
14.2.2	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate</i>	108
14.2.3	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate</i>	109
14.2.4	<i>Parametri di deformabilità "operativi"</i>	109
14.2.5	<i>Coefficienti di permeabilità e coefficienti di consolidazione primaria</i>	111
14.2.6	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	112
14.3	SUBSTRATO ARGILLITICO (APA)	114
14.3.1	<i>Caratteristiche fisiche</i>	114
14.3.2	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate</i>	115
14.3.3	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate</i>	117
14.3.4	<i>Parametri di deformabilità "operativi"</i>	117
14.3.5	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	118
15	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE ARGILLOSO CALCAREA – AVC	121
15.1	GENERALITÀ	121
15.2	DEPOSITO SUPERFICIALE (CAVC)	121

15.2.1	<i>Caratteristiche fisiche</i>	121
15.2.2	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate</i>	123
15.2.3	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate</i>	124
15.2.4	<i>Parametri di deformabilità "operativi"</i>	125
15.2.5	<i>Coefficienti di permeabilità e coefficienti di consolidazione primaria</i>	126
15.2.6	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	126
15.3	SUBSTRATO ARGILLITICO (AVC)	128
15.3.1	<i>Caratteristiche fisiche</i>	128
15.3.2	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate</i>	129
15.3.3	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate</i>	130
15.3.4	<i>Parametri di deformabilità "operativi"</i>	130
15.3.5	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	131
16	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE DI MONTEVENERE – MOV	133
16.1	GENERALITÀ	133
16.2	DEPOSITO SUPERFICIALE (CMOV)	133
16.2.1	<i>Caratteristiche fisiche</i>	133
16.2.2	<i>Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate</i>	135
16.2.3	<i>Parametri di deformabilità "operativi"</i>	137
16.2.4	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	139
16.3	SUBSTRATO ROCCIOSO (MOV)	141
16.3.1	<i>Qualità dell'ammasso roccioso</i>	141
16.3.2	<i>Sommario parametri geotecnici</i>	141
17	VERIFICHE DI STABILITA' DI RILEVATI E TRINCEE	143
17.1	METODOLOGIA DI CALCOLO	144
17.2	RISULTATI DELLE ANALISI	151
18	BACK-ANALYSIS	159
18.1	GENERALITÀ	159
18.2	CODICE DI CALCOLO	159
18.3	RISULTATI	160
19	RIUTILIZZO DEL MATERIALE	167
20	ALLEGATI	169
20.1	BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS401	169
20.2	BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS402	171
20.3	BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS303	175
20.4	BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS302	179
20.5	BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS301	182
20.6	BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS202	189

20.7	BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS201	193
20.8	BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS104	196
20.9	BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS103	200
20.10	BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS102	206
20.11	BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS101	210
20.12	BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DE SONDAGGIO SD20 – SUPERFICIE SECONDARIA	218

1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha per oggetto la caratterizzazione geotecnica-geomeccanica delle formazioni presenti nell'ambito del progetto di riqualificazione della viabilità esistente della Bretella di Firenzuola, all'interno dei lavori di adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del Mugello.

Essa si articola come segue:

- Elenco documenti, normative e bibliografia di riferimento.
- Sommario delle indagini geotecniche disponibili, effettuate ad hoc per il progetto di adeguamento della viabilità per Firenzuola, comprensive di sondaggi geognostici, prove in situ e prove di laboratorio su campioni indisturbati e rimaneggiati prelevati dai fori di sondaggio.
- Criteri di interpretazione delle indagini geotecniche, distinguendo tra materiali incoerenti a grana grossa, materiali coesivi a grana fine, formazioni rocciose.
- Caratterizzazione geotecnica-geomeccanica delle formazioni geologiche individuate, ottenuta dall'interpretazione delle indagini geotecniche, con sommario dei principali parametri geotecnici, in termini di caratteristiche fisiche e proprietà meccaniche di resistenza e deformabilità.

I risultati della campagna geognostica e le conseguenti caratterizzazioni geotecniche-geomeccaniche sono stati confrontati con i risultati provenienti da terreni analoghi caratterizzati in lotti limitrofi. In particolare i risultati riportati nella presente relazione sono stati confrontati con quelli delle analoghe formazioni contenute nei seguenti documenti:

- GT-01-GEI-APE001: Autostrada A1 – Ampliamento alla terza corsia- Barberino di Mugello – Incisa Valdarno – Tratto Barberino – Firenze Nord – Lotto 0 – Progetto Esecutivo – Relazione Geotecnica
- GTA001-Lotto 5A: Autostrada A1 – Attraversamento Appenninico Autostrada A1 – Milano-Bologna – Tratto Sasso Marconi – Barberino del Mugello - Lotto 5A – Progetto Esecutivo – Relazione Geotecnica
- GEN-GEN-GET-RE01-A : Autostrada A1 – Attraversamento Appenninico Autostrada A1 – Milano-Bologna – Tratto Sasso Marconi – Barberino del Mugello – Lotti 6 e 7 – Progetto Esecutivo – Relazione Geotecnica
- GTA001-Lotto 13: Autostrada A1 – Attraversamento Appenninico Autostrada A1 – Milano-Bologna – Tratto Sasso Marconi – Barberino del Mugello - Lotto 13 – Progetto Esecutivo – Relazione Geotecnica
- GN04-02-TUN101_vol1: Autostrada A1– Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino di Mugello – 3° Tratta Piano del Voglio – Barberino di Mugello – Bretella per Firenzuola – Progetto Definitivo - Lotto1 (Lotto 14 della Variante di Valico) – Gallerie Naturali – Galleria Serventi – Relazione Geotecnica e Geomeccanica

2 CRITERI PROGETTUALI

Il progetto prevede il miglioramento della sicurezza stradale della viabilità esistente e sarà realizzato nell'ambito dei lavori di adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino di Mugello.

Il territorio in cui si opera è caratterizzato da una diffusa e generale fragilità nei confronti del dissesto idrogeologico, pertanto la progettazione è stata eseguita, comunque, valutandone l'impatto a scala di versante e operando in modo tale da non alterare il livello di sicurezza a tale scala delle aree interferenti con le modifiche dell'attuale tracciato stradale, in accordo a quanto suggerito dalla normativa vigente (vedi par. 6.35 delle [1] e del par. C.6.3.5 della Circolare esplicativa).

Gli interventi previsti sono tali da inserirsi nel territorio, non alterando l'attuale marginalità di sicurezza dell'intero versante, ma garantendo i margini di sicurezza previsti dalla normativa localmente alle opere in progetto, anche nelle aree interessate da movimenti gravitativi in atto. Le opere in progetto, quindi, hanno la finalità di garantire opportuni margini di sicurezza per la stabilità locale della viabilità, ovvero non sono finalizzati alla stabilizzazione delle aree in dissesto a scala di versante.

La progettazione è stata guidata dai seguenti criteri:

- le opere sono progettate in modo tale da garantire adeguati coefficienti di sicurezza, secondo quanto previsto dalla normativa vigente localmente alla singola opera (muro, cordolo, ecc.);
- sono state introdotte delle opere di presidio laddove i rilevati in ampliamento presentavano ricariche tali da alterare gli equilibri a scala di versante e/o in corrispondenza di dissesti attivi;
- sono state previste opere di regimazione ed intercettazione delle acque superficiali finalizzate a mitigare la propensione al dissesto delle aree in corrispondenza del tracciato stradale;

Per le opere di presidio in frana attiva calcolate con parametri desunti da back-analyses (cap. 17) sono state considerate due possibili scenari di calcolo:

1) Condizione statica:

- dimensionamento strutturale dell'opera: adozione di parametri di resistenza residua (da back-analyses), simulando il "distacco" di valle del terreno di valle, mantenendo, però, la presenza del solo sovraccarico (reazione passiva in frana nulla);
- analisi di stabilità globale: adozione, per il terreno spingente, parametri del fattorizzati con $(g_r)=1.1$ (vedi Eurocodice 7); per il terreno di fondazione fattorizzazione secondo NTC2018 (A2+M2).

2) Condizione sismica – non concomitanza del sisma con il "distacco" del terreno di valle. Reazione passiva in frana secondo i parametri di resistenza residua).

Per le restanti opere, nel caso in cui esse "galleggino" in un contesto gravitativo profondo, i parametri assunti sono parametri di resistenza caratteristica.

Per le aree in frana quiescente, le verifiche strutturali e geotecniche sono state eseguite adottando parametri di resistenza caratteristici e le analisi di stabilità in accordo con la NTC2018 (A2+M2). In fase di geometrizzazione dell'opera si è cercato di non andare a ricaricare il versante limitando le altezze di rilevato e/o introducendo opere di sostegno. Laddove si è reso necessario ampliare il tracciato verso monte sono state introdotte opere di controripa, costituite da berlinesi tirantate su più ordini, al fine di detensionare il meno possibile il terreno a monte.

Per le restanti opere (non interferenti con aree di dissesto attivo e quiescente) le verifiche e il dimensionamento è stato eseguito adottando parametri caratteristici in accordo alla normativa (NTC2018).

Nel passaggio tra progetto definitivo ed esecutivo è avvenuto un aggiornamento delle carte regionali del PAI e del rilievo geomorfologico. L'aggiornamento ha evidenziato la presenza di attività in nuove aree di dissesto precedentemente non segnalate come tali. L'aggiornamento della carta tematica è stato recepito nella

progettazione delle opere, ma non è stato possibile un approfondimento geologico-geotecnico e verificare l'effettiva attività delle aree segnalate. Alla luce di ciò, si ritiene opportuno prevedere una campagna di sondaggi integrativi da strumentare con inclinometri e piezometri al fine di prevedere una fase di monitoraggio "*ante operam*" (attualmente assente in tali aree) e, una volta eseguiti i lavori una fase "*post operam*".

3 DOCUMENTI, NORMATIVA E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

3.1 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

1. GEO001 – Autostrada A1 Milano-Napoli –Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi Barberino di Mugello – Bretella di Firenzuola – Miglioramento della sicurezza – Progetto Esecutivo – Documentazione generale - Geologia - “Relazione geologica e geomorfologica”
2. GEO049 – Autostrada A1 Milano-Napoli –Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi Barberino di Mugello – Riqualfica bretella di Firenzuola – Progetto Definitivo – Documentazione generale - Geologia - “Indagini geognostiche in sito – Vol. 1/2”
3. GEO050 – Autostrada A1 Milano-Napoli –Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi Barberino di Mugello – Riqualfica bretella di Firenzuola – Progetto Definitivo – Documentazione generale - Geologia - “Indagini geognostiche in sito – Vol. 2/2”
4. GEO052 – Autostrada A1 Milano-Napoli –Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi Barberino di Mugello – Bretella di Firenzuola – Miglioramento della sicurezza – Progetto Esecutivo – Documentazione generale - Geologia - “Indagini geognostiche in sito”

3.2 NORMATIVE E LINEE GUIDA DI RIFERIMENTO

1. “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” - D.M. 17 Gennaio 2018 (NTC).
2. “Aspetti Geotecnici della Progettazione in zona Sismica – Linee Guida” – Associazione Geotecnica Italiana (AGI) Edizione Provvisoria 2005
3. “Eurocode 7: Geotechnical Design – Part 1: General Rules” - EN 1997-1:2004 (EC7-1)
4. “Eurocode 8: design of structures for earthquake resistance - Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings” - EN 1998-1:2003 (EC8-1)
5. “Eurocode 8: design of structures for earthquake resistance – Part 5: Foundations, retaining structures and geotechnical aspects” - EN 1998-5:2003 (EC8-5)

3.3 BIBLIOGRAFIA

1. Deere D.U. (1964) “Technical description of rock cores for engineering purposes”, Rock Mechanics and Engineering Geology, Vol. 1, No. 1, pp. 16-22.
2. Fleming K., Weltman A., Randolph M., Elson K. (2009) “Piling Engineering”, Taylor & Francis, Third edition.
3. Hoek E., Brown E.T. (1980) “Underground excavations in rock” London, Institution of Mining and Metallurgy.
4. Hoek E. (1983) “Strength of jointed rock masses” Géotechnique, 33, n° 3.

5. Hoek E., Brown E.T. (1988) "The Hoek-Brown failure criterion – A 1988 update" Proc. of 15th Canadian Rock Mechanics Symposium, Toronto, Canada.
6. Hoek E. (1990) "Estimating Mohr-Coulomb friction and cohesion values from the Hoek-Brown failure criterion" Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., 27.
7. Hoek E., Wood D., Shah S. (1992) "A modified Hoek-Brown failure criterions for jointed rock masses" Proc. Int. ISRM Symposium on Rock Characterisation, EUROCK'92, Chester, United Kingdom.
8. Hoek .E., Kaiser P.K., Bawden W.F. (1997) "Support of underground excavations in hard rock" Rotterdam, A.A. Balkema.
9. Hoek E., Marinos P., Benissi M. (1998) "Applicability of the Geological Strenght Index (GSI) classification for very weak and sheared rock masses" The Case of Athens Schist Formation, Bull. Engg, Geol, Env. 57(2), 151-160.
10. Hoek E., Carranza-Torres C.T., Corkum B. (2002) "Hoek-Brown failure criterion- 2002 edition" Proc. North American Rock Mechanics Society Meeting in Toronto, July.
11. Jamiolkowski M., Lancellotta R., Marchetti S., Nova R., Pasqualini E. (1979) "Design parameters for soft clays", State of the Art, 7th ECSMFE, Brighton: 27-57.
12. Jamiolkowski M., Ghionna V.N., Lancellotta R., Pasqualini E. (1988) "New correlations of penetration tests for design practice" Proceedings of I International Symposium on Penetration Testing, ISOPT I, Orlando.
13. Skempton A.W. (1986) "Standard Penetration Test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation" Geotechnique 36, n° 3.
14. Stroud M.A. (1974) "The standard penetration test in insensitive clays and soft rocks" Proceedings ESOPT I.

4 INDAGINI GEOTECNICHE

L'indagine geotecnica di progetto definitivo per l'adeguamento della viabilità per Firenzuola (2015) consiste nei seguenti sondaggi geognostici:

SD1, SD2, SD3/SD3bis, SD4/SD4bis, SD5/SD5bis, SD6, SD7, SD8(DH), SD9, SD10(DH), SD11/SD11bis(DH), SD17, SD18, SD18bis, SD19, SD20, SD21/SD21ter, SD21bis, SD22, SD23(DH), SD24/SD24bis, SD25/SD25bis, SD26, SD27/27bis.

Nei sondaggi indicati con (DH) è stata eseguita una prova geofisica in foro di tipo Down Hole.

Inoltre, all'interno dei fori di sondaggio e sulle carote prelevate, sono state eseguite:

- Prove SPT (Standard Penetration Test)
- Prove PP (Pocket Penetrometer) e VT (Vane Test)
- Prove di permeabilità Lefranc e Lugeon
- Prove di classificazione RQD delle rocce
- Prove di laboratorio su provini indisturbati e rimaneggiati, per la caratterizzazione delle proprietà fisiche e meccaniche dei terreni e delle rocce.

L'indagine geotecnica di progetto esecutivo consiste nell'integrazione della capagna con i seguenti sondaggi geognostici:

SD17bis(DH), SD24ter(DH), SD2bis, SD4ter, SD25ter.

Ad eccezione del SD17bis, gli altri sondaggi sono stati eseguiti a distruzione. I sondaggi SD2bis, SD4ter, SD25ter sono stati strumentati con inclinometri.

5 SISMICITÀ DEL SITO

5.1 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Sulla base delle prospezioni sismiche downhole e delle indagini in sito tipo standard penetration test, i terreni su cui si sviluppa il tracciato in oggetto possono essere classificati come appartenenti ad una delle due seguenti categorie di sottosuolo:

- Categoria B: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30,0 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s".
- Categoria E: "Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibile a quelle definite per la categorie Ce D, con profondità del substrato non superiore a 30.0 m"

5.2 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Come stabilito nel C.S.A. la progettazione delle strutture farà riferimento a:

- vita nominale $V_N = 50$ anni
- classe d'uso / Coefficiente d'uso III / $C_U = 1.5$

in base a ciò risulta:

- periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = V_N \times C_U = 75$ anni

5.3 AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Il tracciato stradale in esame attraversa i comuni di Firenzuola (FI) e Barberino di Mugello (FI). Sono stati confrontati i vari parametri sismici per diverse coordinate del tracciato. Si riporta, nelle illustrazioni seguenti, l'identificazione sismica del sito più gravoso per la tratta in parola:

ID	Coordinate (da Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP, 2009)	Parametri di definizione dell'azione sismica interpolati al punto di interesse.																									
1	44.05;11.26	<table border="1"> <thead> <tr> <th>SLATO LIMITE</th> <th>T_R [anni]</th> <th>a_g [g]</th> <th>F_o [-]</th> <th>T_c^* [s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SLO</td> <td>45</td> <td>0.078</td> <td>2.432</td> <td>0.261</td> </tr> <tr> <td>SLD</td> <td>75</td> <td>0.098</td> <td>2.425</td> <td>0.268</td> </tr> <tr> <td>SLV</td> <td>712</td> <td>0.232</td> <td>2.386</td> <td>0.288</td> </tr> <tr> <td>SLC</td> <td>1462</td> <td>0.292</td> <td>2.401</td> <td>0.300</td> </tr> </tbody> </table>	SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]	SLO	45	0.078	2.432	0.261	SLD	75	0.098	2.425	0.268	SLV	712	0.232	2.386	0.288	SLC	1462	0.292	2.401	0.300
SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]																							
SLO	45	0.078	2.432	0.261																							
SLD	75	0.098	2.425	0.268																							
SLV	712	0.232	2.386	0.288																							
SLC	1462	0.292	2.401	0.300																							
2	44.11;11.30	<table border="1"> <thead> <tr> <th>SLATO LIMITE</th> <th>T_R [anni]</th> <th>a_g [g]</th> <th>F_o [-]</th> <th>T_c^* [s]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SLO</td> <td>45</td> <td>0.078</td> <td>2.433</td> <td>0.264</td> </tr> <tr> <td>SLD</td> <td>75</td> <td>0.098</td> <td>2.420</td> <td>0.272</td> </tr> <tr> <td>SLV</td> <td>712</td> <td>0.227</td> <td>2.409</td> <td>0.299</td> </tr> <tr> <td>SLC</td> <td>1462</td> <td>0.282</td> <td>2.449</td> <td>0.310</td> </tr> </tbody> </table>	SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]	SLO	45	0.078	2.433	0.264	SLD	75	0.098	2.420	0.272	SLV	712	0.227	2.409	0.299	SLC	1462	0.282	2.449	0.310
SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]																							
SLO	45	0.078	2.433	0.264																							
SLD	75	0.098	2.420	0.272																							
SLV	712	0.227	2.409	0.299																							
SLC	1462	0.282	2.449	0.310																							

3	44.097;11.276	SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
		SLO	45	0.078	2.433	0.263
		SLD	75	0.098	2.422	0.271
		SLV	712	0.228	2.406	0.294
		SLC	1462	0.284	2.435	0.305
4	44.117;11.287	SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
		SLO	45	0.078	2.437	0.264
		SLD	75	0.098	2.421	0.272
		SLV	712	0.224	2.421	0.298
		SLC	1462	0.279	2.458	0.309
5	44.07;11.27	SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
		SLO	45	0.078	2.426	0.262
		SLD	75	0.099	2.423	0.268
		SLV	712	0.233	2.383	0.290
		SLC	1462	0.292	2.404	0.302

Tabella 5-1 – Identificazione del grado di sismicità del sito

Si verifica allo stato limite di salvaguardia della vita con una probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R pari al 10%, il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R :

$$T_R = -V_R / \ln(1-P_{VR}) = -75 / \ln(1-0.10) = 712 \text{ anni}$$

Trattandosi di zone con inclinazione media del pendio nell'intorno dell'opera superiore a 15°, si associa al sito di riferimento una categoria topografica T2.

Di seguito si riportano i valori di accelerazione di picco e i parametri significativi degli spettri di progetto, per la zona di interesse e per terreno di tipo E.

Si assumono i parametri relativi alle coordinate 44.07;11.27:

DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO ALLO STATO LIMITE SLV ($T_R = 712$ ANNI)					
Sottosuolo	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]	S_s [-]	S_T [-]
E	0.233	2.383	0.290	1.4	1.2

Tabella 5-2 – Parametri di riferimento per la progettazione sismica

5.4 VALUTAZIONE DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione (termine coniato da Mogani e Kubo nel 1953) interessa quei depositi sabbiosi saturi che, nel corso di un terremoto o più genericamente durante e immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico, subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio, a seguito della quale le condizioni di stabilità non sono più garantite e la massa di terreno interessata dal fenomeno comincia ad assestarsi (nel caso di un deposito orizzontale) fino a che la nuova configurazione del terreno non è compatibile con la nuova, diminuita, resistenza al taglio.

È noto che la resistenza a taglio di una sabbia è dovuta solo all'attrito ed è esprimibile mediante la seguente relazione:

$$t = (s_v - u) \tan j$$

ove :

t = resistenza a taglio

s_v = tensione verticale a profondità z

j = angolo d'attrito

u = $g_w \cdot z$ = pressione interstiziale dell'acqua

E' sufficiente pertanto che intervengano delle cause in corrispondenza delle quali la pressione dell'acqua interstiziale "u" assuma valori prossimi a quelli della pressione totale " s_v " e il terreno si troverà ad essere caratterizzato da una resistenza al taglio praticamente nulla, cioè a comportarsi, rispetto alle sollecitazioni di taglio, come un liquido pesante.

Sulla base di quanto premesso, i caratteri geologici e geotecnici delle aree interessate dalle opere di progetto portano ad escludere la possibilità di di liquefazione in caso di terremoti, e anche di apprezzabili incrementi di cedimento di qualsivoglia struttura a seguito del sisma per decadimento delle caratteristiche meccaniche degli strati di fondazione. Si ritiene quindi che gli effetti prodotti dal terremoto in termini sia di sviluppo di pressioni interstiziali che di cedimenti (liquefazione dei terreni di fondazione) siano trascurabili, e in accordo con la normativa se ne omette la verifica (NTC 7.11.3.4.2).

6 CRITERI PER LA CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Nei paragrafi seguenti si riportano i criteri di interpretazione delle prove in situ ed in laboratorio per la classificazione dei terreni e la determinazione dei parametri geotecnici, distinguendo tra terreni a grana grossa e terreni a grana fine.

L'individuazione del tipo di terreno, e quindi la scelta del metodo di interpretazione, viene eseguita sulla base:

- della descrizione stratigrafica dei sondaggi
- delle prove di classificazione su campioni rimaneggiati ed indisturbati

Per la Prova Penetrometrica Dinamica SPT, nel caso di raggiungimento delle condizioni di rifiuto, l'interpretazione geotecnica del dato sperimentale verrà effettuata facendo riferimento ad un valore N_{SPT} calcolato come segue:

- $N_{SPT} = 100$

se le condizioni di rifiuto sono raggiunte nel primo tratto di 15 cm o nel secondo tratto di 15 cm

- $N_{SPT} = N_2 + (50/a) \times 15 < 100$

se le condizioni di rifiuto sono raggiunte nel terzo tratto di 15 cm essendo (a) l'affondamento misurato (in centimetri) per un numero di colpi pari a 50.

Verranno inoltre scartati i valori (troppo bassi o troppo alti) che si scostano decisamente dalla linea di tendenza caratteristica.

6.1 TERRENI A GRANA GROSSA (SABBIE E GHIAIE)

6.1.1 Generalità

Sulla base delle prove di classificazione, si definiscono a grana grossa quei terreni che presentano una percentuale di contenuto di limi e argille $\leq 50\%$.

L'interpretazione delle prove SPT (Standard Penetration Test) è finalizzata principalmente alla determinazione delle seguenti proprietà geotecniche:

- Stato di addensamento in situ
- Parametri di resistenza al taglio drenati
- Parametri di deformabilità

Le prove di laboratorio, condotte su campioni di terreno rimaneggiati, sono state eseguite con la finalità di:

- Classificazione dei terreni
- Determinazione dell'angolo di resistenza al taglio "residuo", inteso come valore limite inferiore, e quindi cautelativo, della resistenza al taglio operativa del terreno.

6.1.2 Caratteristiche fisiche e classificazione

La classificazione dei terreni a grana grossa verrà effettuata in modo convenzionale facendo riferimento ai risultati delle prove di laboratorio in termini di:

- analisi granulometrica
- Limiti di Atterberg (relativamente alla componente fine del campione)
- peso di volume naturale
- peso specifico dei grani
- contenuto d'acqua naturale

I terreni verranno classificati sulla base della classificazione CNR-UNI 10006.

6.1.3 Densità relativa D_r

Lo stato di addensamento in situ dei terreni a grana grossa viene valutato attraverso il parametro densità relativa D_r , così definito:

$$D_r(\%) = \frac{e_{max} - e_0}{e_{max} - e_{min}} \times 100 \quad D_r(\%) = \frac{e_{max} - e_0}{e_{max} - e_{min}} \times 100$$

dove:

e_{max} = indice dei vuoti massimo del materiale

e_{min} = indice dei vuoti minimo del materiale

e_0 = indice dei vuoti in situ del materiale

Una stima indiretta di tale parametro può essere ottenuta a partire da prove SPT.

Per terreni sabbiosi si adotta la correlazione di Skempton (1986):

$$D_r(\%) = \left(\frac{N_{SPT}}{A + B \cdot \sigma'_{v0}} \right)^{0.5} \times 100$$

Dove

A, B = costanti empiriche indicate in tabella 5.1

σ'_{v0} = pressione verticale efficace esistente in situ alla quota della prova SPT (kg/cm²)

N_{SPT} = numero di colpi per 30 cm di infissione

$(K_0)_{nc}$ = 0,5 coefficiente di spinta a riposo per terreni normalmente consolidati

$(k_0)_{sc}$ = $0,5 \times (GSC)^{0.5}$ coefficiente di spinta a riposo per terreni sovraconsolidati

GSC = grado di sovraconsolidazione

Tabella 6.1: Costanti empiriche A e B (Skempton, 1986)

Tipo di materiale	A	B
Sabbie fini normalmente consolidate	27,5	27,5
Sabbie grosse normalmente consolidate	43,3	21,7
Sabbie sovraconsolidate	27,5, 43,3	$\frac{1 + 2 \cdot (k_o)_{sc}}{(21,7, 27,5)^{1 + 2 \cdot (k_o)_{nc}}}$

Nel caso in esame si adotteranno i coefficienti empirici relativi alle sabbie fini e sabbie grosse normalmente consolidate.

6.1.4 Angolo di resistenza al taglio

A partire dalle prove SPT è possibile stimare l'angolo di resistenza al taglio di picco φ'_p attraverso la correlazione di Schmertmann (1978), che lega tale parametro alla densità relativa del materiale, a sua volta valutabile dai risultati delle prove SPT:

$$\varphi'_p = 28 + 0.14D_r$$

L'angolo di resistenza al taglio a volume costante φ'_{cv} è a sua volta legato a quello di picco attraverso l'angolo di dilatanza ψ :

$$\varphi'_p = \varphi'_{cv} + \psi$$

L'angolo di dilatanza dipende dallo stato di addensamento del terreno; Fleming (2009) ha proposto la seguente relazione, illustrata in figura 6.1:

$$\psi = (100D_r - 20)/8$$

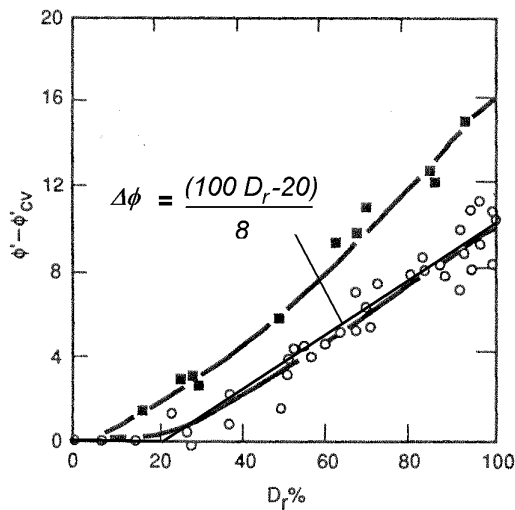


Figura 6.1: Correlazione empirica tra angolo di dilatanza e densità relativa (Fleming, 2009)

Una stima cautelativa dell'angolo di resistenza al taglio "operativo", da adottarsi nelle analisi delle opere geotecniche, è ottenuta dalle prove di laboratorio di taglio diretto su campioni di terreno rimaneggiati. La resistenza al taglio risultante da prove su provini rimaneggiati può infatti essere intesa come un valore limite inferiore della resistenza offerta dal terreno in sito.

6.1.5 Modulo elastico "operativo"

Il comportamento dei terreni risulta essere non lineare, pertanto il modulo elastico del terreno è funzione sia delle pressioni efficaci medie correnti sia dei livelli di deformazione o del grado di mobilitazione della resistenza al taglio.

Nel caso in cui si faccia ricorso a metodi di calcolo lineari, per la stima dei moduli di deformabilità "operativi" da adottare nei calcoli geotecniche, come ad esempio nei calcoli delle opere di sostegno, si può far riferimento alla formulazione di Jamiolkowski et al. (1988), basata sui risultati delle prove in situ SPT:

$$E'_{25} = (10.5 - 3.5D_r) N_{SPT} / 10 \quad (\text{MPa}) \quad \text{terreni normalmente consolidati}$$

$$E'_{25} = (52.5 - 35D_r) N_{SPT} / 10 \quad (\text{MPa}) \quad \text{terreni sovraconsolidati}$$

dove:

E'_{25} = modulo di Young secante cui corrisponde un grado di mobilitazione della resistenza ultima pari al 25%

D_r = densità relativa espressa come frazione dell'unità

N_{SPT} = numero di colpi in prova SPT

6.1.6 Coefficiente di permeabilità

Il coefficiente di permeabilità k verrà determinato sulla base dei risultati delle prove di permeabilità Lefranc eseguite in foro di sondaggio.

6.2 TERRENI A GRANA FINE (LIMI E ARGILLE)

6.2.1 Generalità

Sulla base delle prove di classificazione, si definiscono a grana fine quei terreni che presentano una percentuale di contenuto di limi e argille > 50%.

Per terreni di natura coesiva, l'interpretazione delle prove SPT (Standard Penetration Test) è finalizzata principalmente alla determinazione delle seguenti proprietà geotecniche:

- Resistenza al taglio non drenata
- Parametri di deformabilità

L'interpretazione delle prove PP (Pocket Penetrometer) e VT (Vane Test) è finalizzata principalmente alla determinazione delle seguenti proprietà geotecniche:

- Resistenza al taglio non drenata

Le prove di laboratorio, condotte su campioni di terreno indisturbati e rimaneggiati, sono state eseguite con la finalità di:

- Classificazione dei terreni
- Determinazione dei parametri di resistenza al taglio drenati
- Parametri di deformabilità

6.2.2 Caratteristiche fisiche e classificazione

La classificazione dei terreni a grana fine viene effettuata in modo convenzionale facendo riferimento ai risultati delle prove di laboratorio in termini di:

- analisi granulometrica
- limiti di Atterberg
- peso di volume naturale
- peso specifico dei grani
- contenuto d'acqua naturale

I terreni verranno classificati sulla base della classificazione CNR-UNI 10006.

6.2.3 Resistenza al taglio non drenata

Sulla base dei risultati delle prove SPT, la coesione non drenata c_u di terreni limoso-argillosi saturi può essere stimata mediante la correlazione empirica proposta da Stroud (1974):

$$c_u = 5 N_{SPT} \quad (\text{kPa})$$

La coesione non drenata c_u viene stimata anche a partire dai risultati delle prove PP e VT effettuate sulle carote prelevate durante l'esecuzione dei sondaggi geognostici. Il Vane Test restituisce direttamente il valore della c_u , mentre dai risultati della resistenza di punta ottenuta con il Pocket Penetrometer la coesione non drenata è stimabile come $c_u = r_p / 2$.

6.2.4 Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate

I parametri di resistenza in termini di sforzi efficaci vengono determinati sulla base dei risultati delle prove di laboratorio di taglio diretto (TD) e triassiali consolidate non drenate (TX-CIU), effettuate su provini indisturbati.

Una stima indiretta dell'angolo di resistenza al taglio efficace, per materiali coesivi normal consolidati con prevalente frazione limosa, può essere ottenuta mediante la correlazione empirica di Jamiolkowski e Pasqualini (1979), che lega l'angolo di attrito (identificato in via cautelativa sia con il valore allo stato critico che con il valore di picco) all'indice di plasticità. La correlazione è mostrata in figura 6.2; a favore di sicurezza si farà riferimento alla curva limite inferiore.

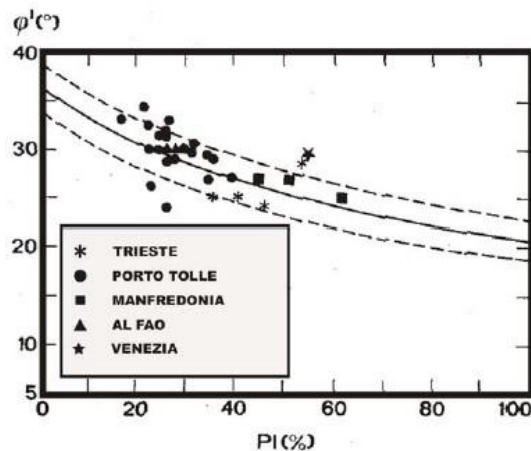


Figura 6.2: Correlazione empirica tra angolo di attrito efficace e indice di plasticità per terreni coesivi normal consolidati (Jamiolkowski et al., 1979)

6.2.5 Parametri di deformabilità "operativi" in condizioni drenate

Il comportamento dei terreni risulta essere non lineare, pertanto il modulo elastico del terreno è funzione sia delle pressioni efficaci medie correnti sia dei livelli di deformazione o del grado di mobilitazione della resistenza al taglio.

Nel caso in cui si faccia ricorso a metodi di calcolo lineari, per la stima dei moduli di deformabilità "operativi" da adottare nei calcoli geotecnici, come ad esempio nei calcoli delle opere di sostegno, si può convenzionalmente far riferimento alle seguenti relazioni:

$$E_{op} = 100 c_u \quad (\text{kPa}) \quad \text{in condizioni di "primo carico"}$$

$$E_{op} = 200 c_u \quad (\text{kPa}) \quad \text{in condizioni di scarico/ricarico}$$

Indicazioni sulla deformabilità dei terreni a diversi livelli tensionali ed in condizione di carico e scarico/ricarico sono inoltre ottenute da prove edometriche di laboratorio.

6.2.6 Coefficiente di permeabilità

Il coefficiente di permeabilità k verrà determinato sulla base dei risultati delle prove di permeabilità Lefranc e Lugeon eseguite in foro di sondaggio.

6.3 FORMAZIONI ROCCIOSE

6.3.1 Generalità

Il substrato roccioso viene caratterizzato mediante prove in situ ed in laboratorio, al fine di valutare:

- Qualità dell'ammasso roccioso
- Peso di volume naturale
- Parametri di resistenza
- Parametri di deformabilità
- Coefficienti di permeabilità

6.3.2 Qualità dell'ammasso roccioso

La qualità dell'ammasso roccioso viene valutata a partire dalle carote prelevate dai sondaggi geognostici, sulla base dell'indice RQD (Rock Quality Designation), definito come:

$$RQD(\%) = \frac{\sum L_c}{L_t} \times 100$$

dove

L_c = somma delle lunghezze degli spezzoni di carota > 100mm

L_t = lunghezza totale del tratto di carota in cui si è misurata L_c

Secondo le indicazioni suggerite da Deere (1964), in funzione dell'indice RQD si ottengono le classi di qualità dell'ammasso roccioso riportate in tabella 6.2.

Tabella 6.2: Classificazione qualità ammassi rocciosi (Deere, 1964)

Indice RQD (%)	Qualità ammasso roccioso
< 25	Molto scadente
25 – 50	Scadente
50 – 75	Discreta
75 – 90	Buona
90 – 100	Molto buona

6.3.3 Parametri di resistenza e deformabilità

I parametri di resistenza e deformabilità della parte intatta di roccia sono valutati a partire da prove di laboratorio su campioni prelevati dai sondaggi geognostici, in particolare prove di compressione monoassiale e prove in cella triassiale. Da tali prove è possibile stimare:

- Carico di rottura monoassiale σ_c
- Parametri di resistenza al taglio equivalenti secondo il criterio di Mohr-Coulomb
- Modulo di Young tangente E_{50} , ovvero al 50% del carico di rottura

6.3.4 Coefficiente di permeabilità

Il coefficiente di permeabilità k verrà determinato sulla base dei risultati delle prove di permeabilità Lugeon e Lugeon eseguite in foro di sondaggio.

7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE TORRENTE CARIGIOLA – TCG1

7.1 GENERALITÀ

La formazione del torrente Carigiola è costituita da alternanze arenaceo pelitiche in strati gradati, con rapporti A/P nell'area in esame bassi, ovvero con prevalenza della porzione fine pelitica rispetto a quella arenacea.

La formazione viene caratterizzata dal punto di vista geotecnico distinguendo tra deposito superficiale (terreno) e substrato (roccia).

La caratterizzazione geotecnica viene eseguita con riferimento al sondaggio geognostico SD11, alle prove in sito eseguite nel foro di sondaggio (prove SPT e prove di permeabilità Lefranc), alle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati.

7.2 DEPOSITO SUPERFICIALE (CTCG1)

7.2.1 Caratteristiche fisiche

Dai risultati delle analisi granulometriche e dei limiti di Atterberg della componente fine, il materiale in oggetto varia da ghiaia e sabbia limosa a limo con ghiaia e sabbia.

Sulla base delle descrizioni stratigrafiche e delle analisi di laboratorio, i cui risultati sono riportati in tabella 6.1, il terreno può essere considerato, dal punto di vista del comportamento meccanico, come terreno di tipo incoerente. Pertanto, per l'interpretazione delle prove in situ si adotteranno le correlazioni relative ai materiali a grana grossa.

I risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato le seguenti proprietà fisiche del materiale:

- il limite liquido (LL) relativamente alla componente fine è compreso tra 29÷33%
- il limite plastico (LP) relativamente alla componente fine è mediamente compreso tra 22÷25%
- l'indice plastico (IP) relativamente alla componente fine è compreso tra 6.0÷9.0%, comunque inferiore a 10%
- il contenuto d'acqua naturale (W) è stato determinato per un solo campione e risulta pari a 22.2%
- il peso specifico naturale (γ_n) è stato determinato per un solo campione e risulta pari a 20.7 kN/m³
- il peso specifico dei grani (G_s) è stato determinato per un solo campione e risulta pari a 2.7 Mg/m³

Tabella 7.1: Proprietà fisiche deposito superficiale CTCG1

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione CNR-UNI	Contenuto d'acqua	Peso di volume	Peso specifico grani	Limiti di Atterberg			Composizione granulometrica			
							w	g _v	G _s	LL	LP	IP	Ghiaia
	n°	m		%	kN/m ³	Mg/m ³	%	%	%	%	%	%	%
SD11	CR1	2.00-2.30	A4				29.0	22.8	6.2	32.79	16.90	33.44	16.86
SD11	CR3	4.50-4.80	A2-4				32.6	23.3	9.3	32.92	33.87	24.69	8.52
SD11	CI1	7.50-8.10	A4	22.2	20.75	2.74	32.4	25.1	7.3	25.47	32.18	30.36	11.98
SD11	CR5	9.00-9.30	A2-4				29.3	22.3	7.0	49.87	25.97	16.65	7.51

Dall'interpretazione delle prove SPT si è stimata una densità relativa (D_r) compresa tra 47-57% pe i primi 6 m, mentre per i successivi 4 m la densità relativa cresce sensibilmente fino a valori di 80-100%. Figura 7.1 mostra i valori di N_{SPT} e D_r con la profondità.

Tabella 7.2: Densità relativa D_r da prove N_{SPT} per l'unità CTCG1

Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT} (colpi/30cm)	D_r (%)
2.0	22	11	57
3.0	33	8	47
4.5	49.5	10	49
6.0	66	10	47
9.0	99	45	83
10.5	115.5	70	100

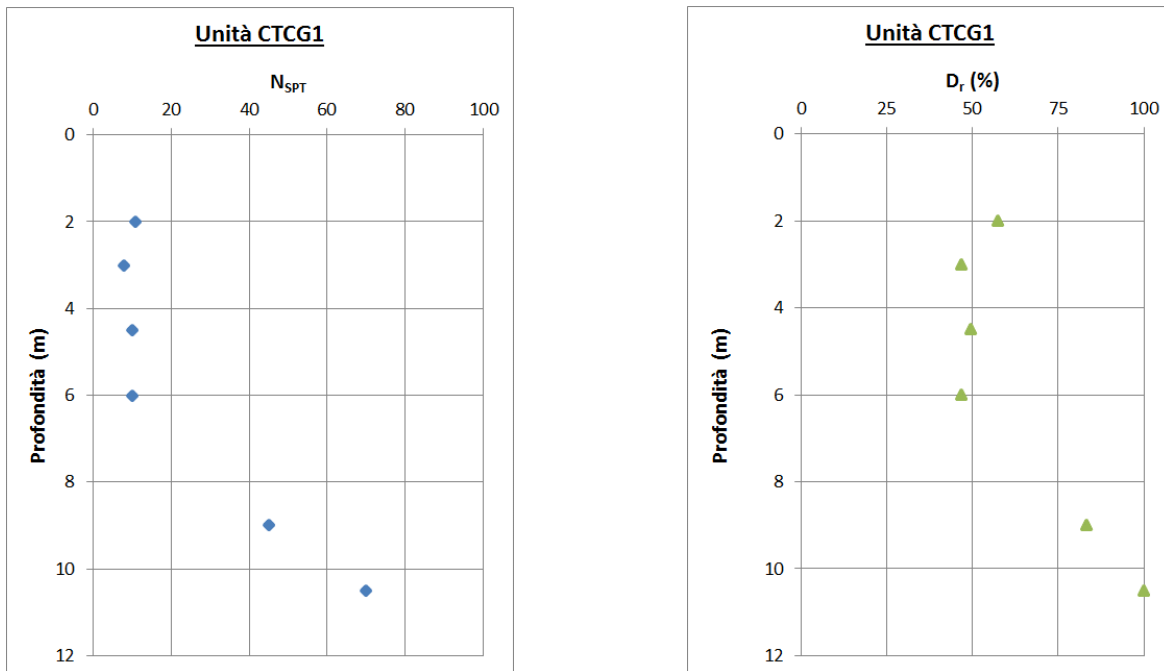


Figura 7.1: Numero dei colpi N_{SPT} e densità relativa D_r con la profondità per l'unità CTCG1

7.2.2 Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate

I parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate sono stati valutati a partire da prove di laboratorio di taglio diretto e da prove in sito SPT.

Le prove di taglio diretto sono state eseguite su due campioni, uno indisturbato e l'altro rimaneggiato. I risultati sono riportati in tabella 7.3 in termini di parametri di resistenza al taglio di picco e "residui".

Tabella 7.3: Parametri di resistenza al taglio drenati da prove di laboratorio per l'unità CTCG1

Sondaggio	Campione	Profondità	Parametri di picco		Parametri "residui"	
			φ'_p	c'_p	φ'_r	c'_r
	(n°)	(m)	(°)	(kPa)	(°)	(kPa)
SD11	CI1	7.50-8.10	32.8	8.4	29.0	0.0

Dall'interpretazione delle prove SPT si sono stimati l'angolo di resistenza al taglio di picco (φ'_p) e l'angolo di dilatanza (ψ), a partire dai quali è stato possibile risalire all'angolo di resistenza al taglio critico (φ'_{cv}) (tabella 7.4). I risultati sono riportati in figura 7.2 in funzione della profondità.

Tabella 7.4: Parametri di resistenza al taglio drenati da prove SPT per l'unità CTCG1

Profondità	σ'_{v0}	N_{SPT}	φ'_p	ψ	φ'_{cv}
(m)	(kPa)	(colpi/30cm)	(°)	(°)	(°)
2.0	22	11	36	4	32
3.0	33	8	35	3	32
4.5	49.5	10	35	3	32
6.0	66	10	35	3	32
9.0	99	45	40	7	33
10.5	115.5	70	42	10	32

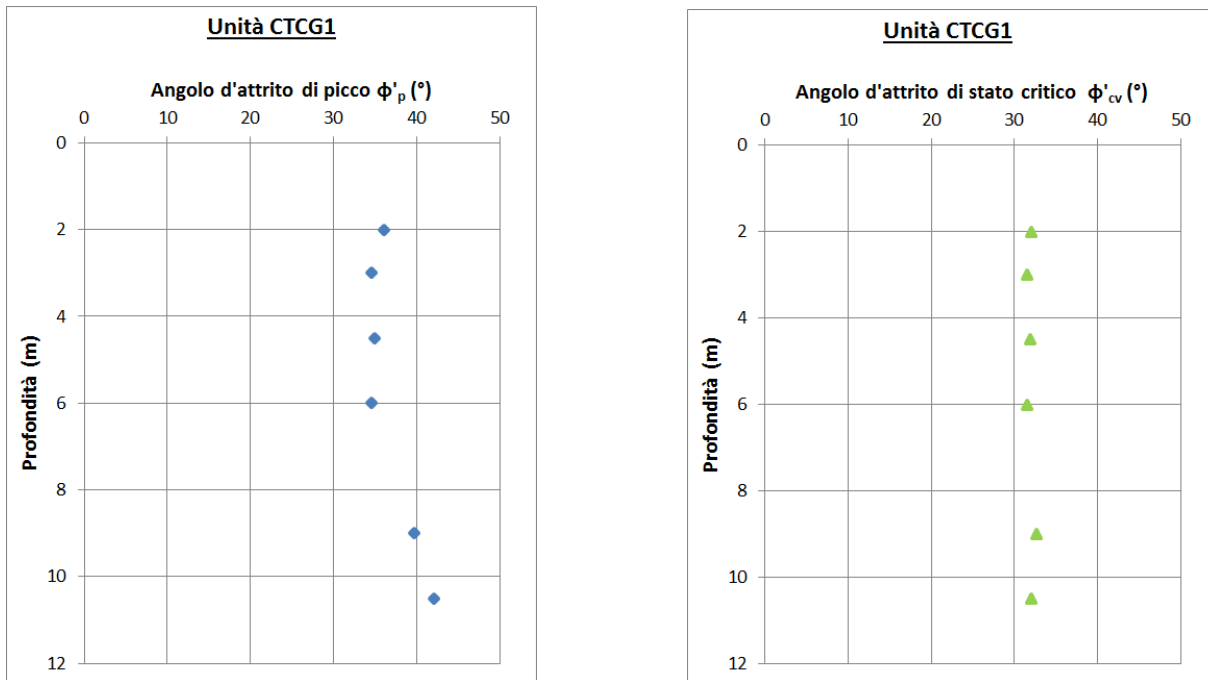


Figura 7.2: Angolo di attrito di picco e critico con la profondità da prove SPT per l'unità CTCG1

Dai risultati delle prove di laboratorio ed in situ si possono assumere i seguenti parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate per l'unità CTCG1:

- Parametri di resistenza al taglio di picco: $c'_p=0-8$ kPa, $\phi'_p=33-37^\circ$
- Parametri di resistenza al taglio critico: $c'_{cv}=0$, $\phi'_{cv}=32^\circ$
- Parametri di resistenza al taglio "residuo": $c'_r=0$, $\phi'_r=29^\circ$

I parametri di resistenza al taglio "residuo" sono da intendersi come valore limite inferiore, ovvero cautelativo, della resistenza "operativa" del terreno in quanto ottenuti da prove di laboratorio su provini rimaneggiati.

7.2.3 Parametri di deformabilità “operativi”

Il modulo elastico “operativo” è stato valutato a partire da prove in sito SPT mediante la correlazione di Jamiolkowski et al. (1988) per terreni normal consolidati.

I risultati delle interpretazioni sono riportati in figura 7.3 ed in tabella 7.5.

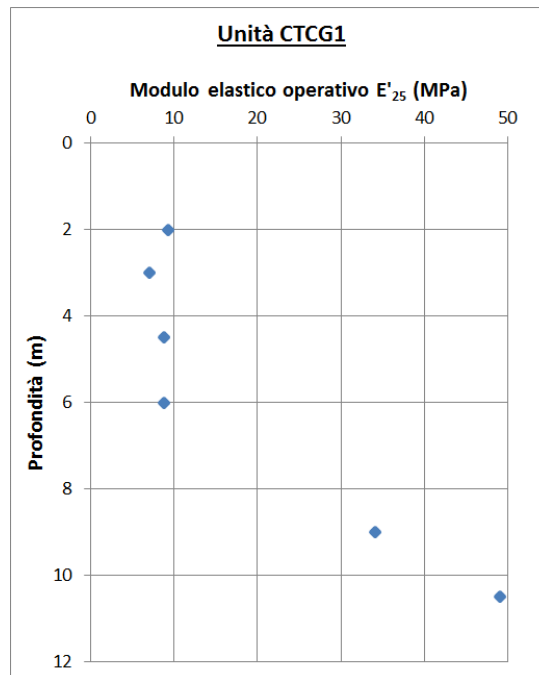


Figura 7.3: Modulo elastico “operativo” con la profondità da prove SPT per l’unità CTCG1

Tabella 7.5: Modulo elastico “operativo” da prove SPT per l’unità CTCG1

Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT} (colpi/30cm)	E'_{op} (MPa)
2.0	22	11	9
3.0	33	8	7
4.5	49.5	10	9
6.0	66	10	9
9.0	99	45	34
10.5	115.5	70	49

Dai risultati delle prove in sito si è quindi desunto, per il deposito superficiale CTCG1, il seguente intervallo di valori del modulo elastico “operativo” in condizioni di carico, da assumersi nei calcoli geotecnici:

- Modulo elastico “operativo”: $E'_{op}=10\div30$ MPa

Per quanto riguarda le condizioni di scarico/ricarico nelle analisi delle opere di sostegno, si può adottare un valore del modulo elastico “operativo” pari a 1.5-2.0 volte quello di carico.

7.2.4 Coefficiente di permeabilità

Il coefficiente di permeabilità è stato stimato a partire dalla prova di permeabilità Lefranc.

I dettagli ed i risultati della prova sono riportati in tabella 7.6.

Tabella 7.6: Coefficiente di permeabilità da prova Lefranc

Sondaggio	Profondità (m)	Coefficiente di permeabilità k (m/s)
SD11	-8.50 ÷ -9.00	1.2×10^{-8}

7.2.5 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici del materiale CTCG1.

Tabella 7.7: Sommario parametri geotecnici per il deposito superficiale CTCG1

Parametri	CTCG1
g_h (kN/m ³)	21
G_s (Mg/m ³)	2.7
w (%)	22
LL (%) ⁽¹⁾	25÷32
LP (%) ⁽¹⁾	22÷25
IP (%) ⁽¹⁾	6÷9
D_r (%)	45÷55 (prof. 0-6m) 80÷100 (prof. 6-10m)
c'_p (kPa)	0-8
φ'_p (°)	33÷37
φ'_{cv} (°)	32
c'_{op} (kPa) ⁽²⁾	0÷4
φ'_{op} (°) ⁽²⁾	32÷34
c'_r (kPa) ⁽³⁾	0
φ'_r (°) ⁽³⁾	29
k (m/s)	1.2×10^{-8}
E'_{op} (MPa) ^{(4) (5)}	10÷30

Simbologia

g_1 =	peso specifico naturale
G_s =	peso specifico dei grani
w =	contenuto d'acqua naturale
LL =	limite liquido
LP =	limite plastico
IP =	indice di plasticità
D_r =	densità relativa
c'_p =	coesione efficace di picco
φ'_p =	angolo di resistenza al taglio di picco
φ'_{cv} =	angolo di resistenza al taglio critico
c'_{op} =	coesione efficace "operativa"
φ'_{op} =	angolo di resistenza al taglio "operativo"
c'_r =	coesione efficace "residua"
φ'_r =	angolo di resistenza al taglio "residuo"
k =	coefficiente di permeabilità
E'_{op} =	modulo elastico di Young "operativo"

⁽¹⁾ = relativi alla componente fine del campione

⁽²⁾ = applicabili a situazioni non caratterizzate da dissesti pregressi o in atto

⁽³⁾ = da adottare in presenza di dissesti pregressi o in atto

⁽⁴⁾ = da applicare nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno

⁽⁵⁾ = valore limite inferiore relativo agli strati più superficiali (primi 6m), valore limite superiore relativo agli strati più profondi

7.3 SUBSTRATO ROCCIOSO (TCG1)

7.3.1 Qualità dell'ammasso roccioso

Sulla base delle carote prelevate dai sondaggi geognostici, la formazione rocciosa TCG1 si presenta molto fratturata per i primi 7m, ovvero per profondità da -14m a -21m, mentre più in profondità la qualità dell'ammasso roccioso aumenta e l'ammasso diventa poco/mediamente fratturato.

In tabella 7.8 si riassume la qualità dell'ammasso roccioso in funzione della profondità.

Tabella 7.8: Qualità della formazione rocciosa TCG1

Profondità (m)	Indice RQD (%)	Qualità ammasso roccioso
-14 ÷ -21	0 – 20	Molto scadente
-21 ÷ -30	25 – 65	Scadente/Discreta

7.3.2 Peso specifico naturale

A partire dai campioni utilizzati per la prova triassiale è stato valutato il peso specifico naturale. I valori ottenuti dalle prove di laboratorio sono riportati in tabella 7.9.

Tabella 7.9: Peso dell'unità di volume naturale del materiale roccioso TCG1

Campione	Profondità (m)	Peso specifico naturale γ_n (kN/m ³)
CR8	-23.00 ÷ -23.40	25.1
CR8	-23.00 ÷ -23.40	25.0
CR8	-23.00 ÷ -23.40	24.8

Per il materiale roccioso TCG1 si può adottare un valore del peso specifico naturale $\gamma_n=25$ kN/m³.

7.3.3 Parametri di resistenza al taglio della roccia intatta

L'involuppo di rottura della roccia intatta è stato valutato sulla base di n°3 prove di compressione in cella triassiale, effettuate sul provino CR8 prelevato a quota -23.0÷-23.4m. I campioni testati sono stati portati a rottura per valori di pressione di confinamento di 1.0, 1.5 e 2.0 MPa.

L'involuppo di rottura nel piano τ - σ , ottenuto in accordo al criterio di Hoek e Brown, è riportato in figura 7.4.

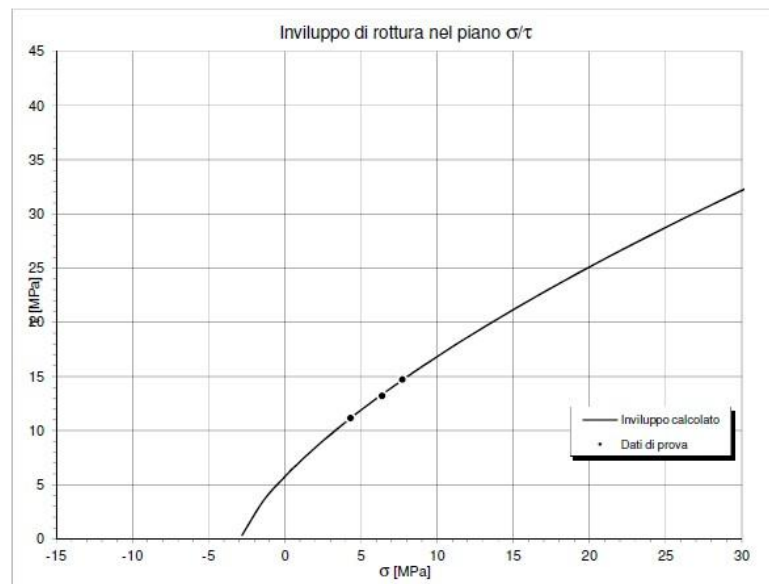


Figura 7.4: Involuppo di rottura (criterio Hoek e Brown) da prova triassiale per la roccia intatta

A partire dall'involuppo sopra riportato, si sono ricavati i seguenti parametri di resistenza al taglio equivalenti secondo il criterio Mohr-Coulomb, con riferimento alla pressione di confinamento di 1 MPa:

- $c' = 6$ MPa
- $\varphi' = 52^\circ$

7.3.4 Parametri di deformabilità "operativi" della roccia intatta

Il modulo elastico "operativo" viene definito sulla base del valore del modulo elastico tangente al 50% del carico di rottura ottenuto dalla prova a compressione in cella triassiale.

Dalla prova si sono ricavati i valori riportati in tabella 7.10, alle diverse pressioni di confinamento.

Tabella 7.10: Modulo elastico $E_{t,50}$ da prova triassiale

Campione	Profondità (m)	Pressione di confinamento σ_3 (MPa)	Modulo di Young $E_{t,50}$ (GPa)
CR8	-23.00 ÷ -23.40	1.0	17.5
CR8	-23.00 ÷ -23.40	1.5	39.8
CR8	-23.00 ÷ -23.40	2.0	22.0

7.3.5 Coefficiente di permeabilità

Il coefficiente di permeabilità è stato stimato a partire dalla prova di permeabilità Lugeon.

I dettagli ed i risultati della prova sono riportati in tabella 7.11.

Tabella 7.11: Coefficiente di permeabilità da prova Lugeon

Sondaggio	Profondità (m)	Coefficiente di permeabilità k (m/s)
SD11	-14.40 ÷ -16.90	3.7×10^{-6}

7.3.6 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici relativi al substrato roccioso TCG1.

Tabella 7.12: Sommario parametri geotecnici per il substrato roccioso TCG1

Parametri	TCG1
RQD (%)	0-20 (prof. -14.0÷-21.0) 25-65 (prof. -21.0÷-30.0)
g_h (kN/m ³) ⁽¹⁾	23÷25
c' (kPa) ⁽¹⁾	25÷6000
φ' (°) ⁽¹⁾	33÷52
k (m/s)	3.7×10^{-6}
E'_{op} (MPa) ⁽¹⁾	300÷30000

Simbologia

RQD = Rock Quality Designation

g_h = peso specifico naturale

c' = coesione efficace equivalente criterio Mohr-Coulomb

φ' = angolo di resistenza al taglio equivalente criterio Mohr-Coulomb

k = coefficiente di permeabilità

E'_{op} = modulo elastico di Young "operativo" al 50% del carico di rottura

⁽¹⁾ = i valori limite superiori sono rappresentativi della roccia intatta, i valori limite inferiori sono rappresentativi dell'ammasso roccioso fratturato, definiti a partire dai risultati provenienti da formazioni analoghe caratterizzate in lotti limitrofi.

8 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE MONTE MORELLO – MLL

8.1 GENERALITÀ

La formazione di Monte Morello è costituita da alternanze di calcari e calcari marnosi nocciola e grigio chiari da compatti a granulosi.

La formazione viene caratterizzata dal punto di vista geotecnico distinguendo tra deposito superficiale (terreno) e substrato (roccia).

La caratterizzazione geotecnica viene eseguita con riferimento al sondaggio geognostico SD4 e SD4bis, alle prove in sito eseguite nel foro di sondaggio SD4bis (prove SPT), alle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati.

8.2 DEPOSITO SUPERFICIALE (CMLL)

8.2.1 Caratteristiche fisiche

Dai risultati delle analisi granulometriche e dei limiti di Atterberg della componente fine, il materiale in oggetto varia da argilla limosa a limo argilloso.

Sulla base delle descrizioni stratigrafiche e delle analisi di laboratorio, i cui risultati sono riportati in tabella 8.1, il terreno può essere considerato, dal punto di vista del comportamento meccanico, come terreno di tipo coesivo. Pertanto, per l'interpretazione delle prove in situ si adotteranno le correlazioni relative ai materiali a grana fine.

I risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato le seguenti proprietà fisiche del materiale:

- il limite liquido (LL) relativamente alla componente fine è compreso tra 33÷46%
- il limite plastico (LP) relativamente alla componente fine è compreso tra 21÷23%
- l'indice plastico (IP) relativamente alla componente fine è compreso tra 12÷24%, comunque superiore a 10%
- il contenuto d'acqua naturale (W) è compreso tra 24.5÷27.5%
- il peso specifico naturale (γ_n) è compreso tra 17.5÷19.0 kN/m³
- il peso specifico dei grani (G_s) è stato determinato per un solo campione e risulta pari a 2.6 Mg/m³

Tabella 8.1: Proprietà fisiche deposito superficiale CMLL

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione CNR-UNI	Contenuto d'acqua			Limiti di Atterberg			Composizione granulometrica			
				w	g_v	G_s	LL	LP	IP	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
	n°	m		%	kN/m ³	Mg/m ³	%	%	%	%	%	%	%
SD4bis	CI1	2.70-3.10	A6	24.4	18.3		37.6	22.4	15.3	0.00	6.76	51.09	42.15
SD4bis	CI2	4.50-4.85	A7-6	25.5	19.1	2.60	45.8	21.8	24.0	0.00	6.44	39.47	54.08
SD4bis	CI3	6.00-6.55	A7-6	27.4	17.5		46.4	23.1	23.3	0.00	8.52	40.16	51.32
SD4	CR1	3.00-3.80	A6				36.2	22.5	13.6	2.93	33.17	27.12	36.77
SD4	CR2	5.00-5.30	A6				33.0	21.3	11.7	14.60	23.86	33.76	27.78

8.2.2 Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate

I parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate sono stati valutati a partire da prove di laboratorio.

Una misura diretta è stata effettuata mediante una prova triassiale consolidata non-drenata (CIU), su campione indisturbato prelevato dal sondaggio SD4bis. I risultati sono riportati in tabella 8.2 in termini di parametri di resistenza al taglio di picco.

Tabella 8.2: Parametri di resistenza al taglio drenati da prove di laboratorio per l'unità CMLL

Sondaggio	Campione	Profondità	Parametri di picco	
			ϕ'_p	c'_p
	(n°)	(m)	(°)	(kPa)
SD4bis	CI2	4.50-4.85	23	11

Una stima indiretta dell'angolo di resistenza al taglio critico può essere fatta mediante la correlazione di figura 5.2, a partire dal valore dell'indice di plasticità IP. Considerando a favore di sicurezza il valore limite superiore dell'indice di plasticità IP=24%, si ottiene un valore dell'angolo di attrito critico $\phi'_{cv} \approx 28^\circ$, maggiore di quello ottenuto dalla prova di laboratorio.

Per la formazione in oggetto, cautelativamente, si farà riferimento ai risultati della sola prova di laboratorio, per cui si ha:

- Parametri di resistenza al taglio di picco: $c'_p=11$ kPa, $\phi'_p=23^\circ$

Tali parametri possono essere assunti come valori "operativi" nei calcoli geotecnici.

8.2.3 Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate

La coesione non drenata c_u è stata valutata a partire da prove in sito SPT. Per la formazione in oggetto è disponibile il risultato di una sola prova, dalla quale si ottiene un valore della coesione non drenata $c_u=40\text{kPa}$.

Tabella 8.3: Coesione non drenata da prove SPT per l'unità CMLL

Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT} (colpi/30cm)	c_u (kPa)
2.5	47.5	8	40

8.2.4 Parametri di deformabilità "operativi"

Il modulo elastico "operativo" è stato valutato a partire da prove in sito SPT. Per la formazione in oggetto è disponibile il risultato di una sola prova, dalla quale si ottiene un valore del modulo elastico "operativo" in condizioni di carico $E_{op}=4\text{MPa}$.

Per quanto riguarda le condizioni di scarico/ricarico nelle analisi delle opere di sostegno, si può adottare un valore del modulo elastico "operativo" pari a 1.5-2.0 volte quello di carico.

Tabella 8.4: Modulo elastico "operativo" da prove SPT per l'unità CMLL

Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT} (colpi/30cm)	E'_{op} (MPa)
2.5	47.5	8	4

8.2.5 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici della coltre superficiale CMLL.

Tabella 8.5: Sommario parametri geotecnici per il deposito superficiale CMLL

Parametri	CMLL
g_h (kN/m ³)	19
G_s (Mg/m ³)	2.6
w (%)	25÷27
LL (%) ⁽¹⁾	33÷46
LP (%) ⁽¹⁾	21÷23
IP (%) ⁽¹⁾	12÷24
c'_p (kPa) ⁽¹⁾	11
ϕ'_p (°) ⁽¹⁾	23
c_u (kPa)	40
E'_{op} (MPa) ^{(2) (3)}	4÷8

Simbologia

- g_h = peso specifico naturale
- G_s = peso specifico dei grani
- w = contenuto d'acqua naturale
- LL = limite liquido
- LP = limite plastico
- IP = indice di plasticità
- c'_p = coesione efficace di picco
- ϕ'_p = angolo di resistenza al taglio di picco

c_u = coesione non drenata

E'_{op} = modulo elastico di Young "operativo"

⁽¹⁾ = da assumersi come valori "operativi" nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno

⁽²⁾ = da applicare nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno

⁽³⁾ = valore limite inferiore relativo alle condizioni di carico, valore limite superiore relativo alle condizioni di scarico/ricarico

Sulla base delle correlazioni presenti in letteratura sulle proprietà fisiche dei materiali (granulometrie e limiti di Atterberg) e sui risultati delle prove di taglio diretto è stato possibile attribuire un valore di angolo di attrito residuo di 17° del materiale in frana.

8.3 SUBSTRATO ROCCIOSO (MLL)

8.3.1 Qualità dell'ammasso roccioso

Sulla base delle carote prelevate dai sondaggi geognostici, la formazione rocciosa MLL si presenta da poco a mediamente fratturata.

In tabella 8.6 si riassume la qualità dell'ammasso roccioso in funzione della profondità.

Tabella 8.6: Qualità della formazione rocciosa MLL

Profondità (m)	Indice RQD (%)	Qualità ammasso roccioso
-12 ÷ -25	10 – 68	Scadente/Discreta

8.3.2 Peso specifico naturale

A partire dai campioni utilizzati per la prova triassiale è stato valutato il peso specifico naturale. I valori ottenuti dalle prove di laboratorio sono riportati in tabella 8.7.

Tabella 8.7: Peso dell'unità di volume naturale del materiale roccioso MLL

Campione	Profondità (m)	Peso specifico naturale γ_n (kN/m ³)
CR4	-16.70 ÷ -17.00	25.2
CR4	-16.70 ÷ -17.00	25.4
CR4	-16.70 ÷ -17.00	25.3

Per il materiale roccioso MLL si può adottare un valore del peso specifico naturale $\gamma_n=25.3$ kN/m³.

8.3.3 Parametri di resistenza al taglio della roccia intatta

L'involuppo di rottura della roccia intatta è stato valutato sulla base di n°3 prove di compressione in cella triassiale, effettuate sul provino CR4 prelevato a quota -16.7÷-17.0m. I campioni testati sono stati portati a rottura per valori di pressione di confinamento di 1.0, 1.5 e 2.0 MPa.

L'involuppo di rottura nel piano τ - σ , ottenuto in accordo al criterio di Hoek e Brown, è riportato in figura 8.1.

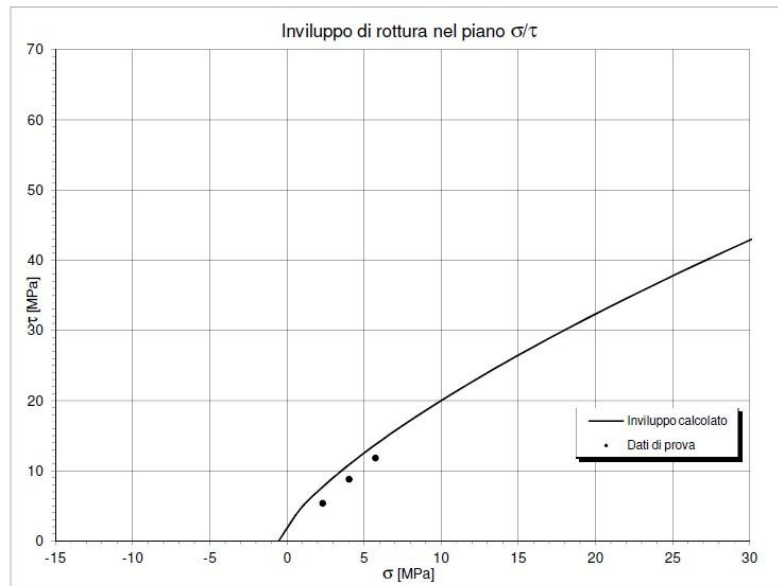


Figura 8.1: Involuppo di rottura (criterio Hoek e Brown) da prova triassiale per la roccia intatta

A partire dall'involuppo sopra riportato, si sono ricavati i seguenti parametri di resistenza al taglio equivalenti secondo il criterio Mohr-Coulomb, con riferimento alla pressione di confinamento di 1 MPa:

- $c' = 2.6$ MPa
- $\varphi' = 66^\circ$

8.3.4 Parametri di deformabilità "operativi" della roccia intatta

Il modulo elastico "operativo" viene definito sulla base del valore del modulo elastico tangente al 50% del carico di rottura ottenuto dalla prova a compressione in cella triassiale.

Dalla prova si sono ricavati i valori riportati in tabella 8.8, alle diverse pressioni di confinamento.

Tabella 8.8: Modulo elastico $E_{t,50}$ da prova triassiale

Campione	Profondità (m)	Pressione di confinamento σ_3 (MPa)	Modulo di Young $E_{t,50}$ (GPa)
CR8	-23.00 ÷ -23.40	1.0	6.0
CR8	-23.00 ÷ -23.40	1.5	5.2
CR8	-23.00 ÷ -23.40	2.0	14.2

8.3.5 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici relativi al substrato roccioso MLL.

Tabella 8.9: Sommario parametri geotecnici per il substrato roccioso MLL

Parametri	MLL
RQD (%)	10÷68
g_h (kN/m ³)	25.3
c' (kPa) ⁽¹⁾	40÷2600
φ' (°) ⁽¹⁾	37÷66
E'_{op} (MPa) ⁽¹⁾	600÷10000

Simbologia

RQD = Rock Quality Designation

g_h = peso specifico naturale

c' = coesione efficace equivalente criterio Mohr-Coulomb

φ' = angolo di resistenza al taglio equivalente criterio Mohr-Coulomb

E'_{op} = modulo elastico di Young "operativo" al 50% del carico di rottura

⁽¹⁾ = i valori limite superiori sono rappresentativi della roccia intatta, i valori limite inferiori sono rappresentativi dell'ammasso roccioso fratturato, definiti a partire dai risultati provenienti da formazioni analoghe caratterizzate in lotti limitrofi

9 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE MARNE VARICOLORE DI VILLORE – MVV

9.1 GENERALITÀ

La formazione della Marne Varicolore di Villore è costituita da marne e marne argillose di colore variegato grigio chiaro, fittamente foliate.

La formazione viene caratterizzata dal punto di vista geotecnico distinguendo tra deposito superficiale (terreno) e substrato (roccia).

La caratterizzazione geotecnica viene eseguita con riferimento al sondaggio geognostico SD10 e alle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati.

9.2 DEPOSITO SUPERFICIALE (CMVV)

9.2.1 Caratteristiche fisiche

Per il deposito in oggetto sono disponibili prove di laboratorio eseguite su un solo campione.

Dai risultati delle analisi granulometriche e dei limiti di Atterberg della componente fine, il materiale in oggetto risulta essere una argilla limosa.

Sulla base delle descrizioni stratigrafiche e delle analisi di laboratorio, i cui risultati sono riportati in tabella 9.1, il terreno può essere considerato, dal punto di vista del comportamento meccanico, come terreno di tipo coesivo.

I risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato le seguenti proprietà fisiche del materiale:

- il limite liquido (LL) relativamente alla componente fine è pari a 50%
- il limite plastico (LP) relativamente alla componente fine è pari a 25%
- l'indice plastico (IP) relativamente alla componente fine è pari a 25%

Tabella 9.1: Proprietà fisiche deposito superficiale CMVV

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione CNR-UNI	Contenuto d'acqua	Peso di volume	Peso specifico grani	Limiti di Atterberg			Composizione granulometrica			
				w	ρ_s	G_s	LL	LP	IP	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
	n°	m		%	kN/m ³	Mg/m ³	%	%	%	%	%	%	%
SD10	CR1	2.00-2.30	A7-6				49.8	24.9	24.9	0.44	2.18	38.34	59.05

9.2.2 Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate

Una stima indiretta dell'angolo di resistenza al taglio critico può essere fatta mediante la correlazione di figura 5.2, a partire dal valore dell'indice di plasticità IP. Considerando un valore dell'indice di plasticità IP=25%, una stima cautelativa dell'angolo di attrito critico è $\phi'_{cv} \approx 26 \div 28^\circ$.

Per la formazione in oggetto, cautelativamente, si potranno adottare i seguenti parametri di resistenza al taglio "operativi":

- Parametri di resistenza al taglio "operativi": $c'_{op}=0$ kPa, $\phi'_{op}=26 \div 28^\circ$

9.2.3 *Sommario parametri geotecnici*

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici del materiale CMVV.

Tabella 9.2: Sommario parametri geotecnici per il deposito superficiale CMVV

Parametri	CMVV
LL (%)	50
LP (%)	25
IP (%)	25
c'_{op} (kPa) ⁽¹⁾	0
φ'_{op} (°) ⁽¹⁾	26÷28

Simbologia

LL = limite liquido

LP = limite plastico

IP = indice di plasticità

c'_{op} = coesione efficace "operativa"

φ'_{op} = angolo di resistenza al taglio "operativo"

⁽¹⁾ = valori "operativi" da assumersi nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno

9.3 SUBSTRATO ROCCIOSO (MVV)

9.3.1 Qualità dell'ammasso roccioso

Sulla base delle carote prelevate dai sondaggi geognostici, la formazione rocciosa MVV si presenta da mediamente a poco fratturata.

In tabella 9.3 si riassume la qualità dell'ammasso roccioso in funzione della profondità.

Tabella 9.3: Qualità della formazione rocciosa MLL

Profondità (m)	Indice RQD (%)	Qualità ammasso roccioso
-6 ÷ -10	33 – 78	Discreta/Buona

9.3.2 Peso specifico naturale

A partire dai campioni utilizzati per la prova triassiale è stato valutato il peso specifico naturale. I valori ottenuti dalle prove di laboratorio sono riportati in tabella 9.4.

Tabella 9.4: Peso dell'unità di volume naturale del materiale roccioso MVV

Campione	Profondità (m)	Peso specifico naturale γ_n (kN/m ³)
CR4	-7.50 ÷ -7.80	24.8
CR4	-7.50 ÷ -7.80	24.5
CR4	-7.50 ÷ -7.80	24.3

Per il materiale roccioso MVV si può adottare un valore del peso specifico naturale $\gamma_n=24.5$ kN/m³.

9.3.3 Parametri di resistenza al taglio della roccia intatta

L'involuppo di rottura della roccia intatta è stato valutato sulla base di n°3 prove di compressione in cella triassiale, effettuate sul provino CR4 prelevato a quota -7.5÷-7.8m. I campioni testati sono stati portati a rottura per valori di pressione di confinamento di 1.0, 1.5 e 2.0 MPa.

L'involuppo di rottura nel piano τ - σ , ottenuto in accordo al criterio di Hoek e Brown, è riportato in figura 9.1.

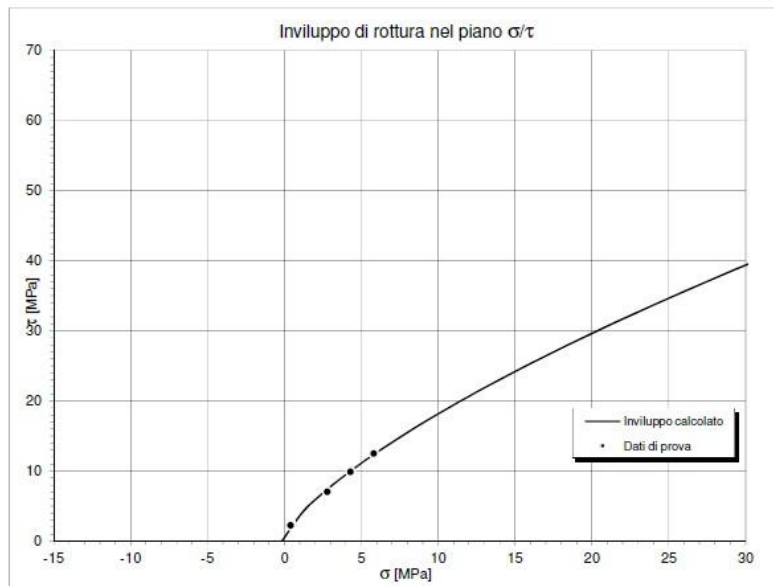


Figura 9.1: Involuppo di rottura (criterio Hoek e Brown) da prova triassiale per la roccia intatta

A partire dall'involuppo sopra riportato, si sono ricavati i seguenti parametri di resistenza al taglio equivalenti secondo il criterio Mohr-Coulomb, con riferimento alla pressione di confinamento di 1 MPa:

- $c' = 1.4$ MPa
- $\varphi' = 66^\circ$

9.3.4 Parametri di deformabilità "operativi" della roccia intatta

Il modulo elastico "operativo" viene definito sulla base del valore del modulo elastico tangente al 50% del carico di rottura ottenuto dalla prova a compressione in cella triassiale.

Dalla prova si sono ricavati i valori riportati in tabella 9.5, alle diverse pressioni di confinamento.

Tabella 9.5: Modulo elastico $E_{t,50}$ da prova triassiale

Campione	Profondità (m)	Pressione di confinamento σ_3 (MPa)	Modulo di Young $E_{t,50}$ (GPa)
CR4	-7.50 ÷ -7.80	1.0	5.6
CR4	-7.50 ÷ -7.80	1.5	22.7
CR4	-7.50 ÷ -7.80	2.0	11.5

9.3.5 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici relativi al substrato roccioso MVV.

Tabella 9.6: Sommario parametri geotecnici per il substrato roccioso MVV

Parametri	MVV
RQD (%)	33÷78
g_h (kN/m ³) ⁽¹⁾	23.0÷24.5
c' (kPa) ⁽¹⁾	20÷1400
φ' (°) ⁽¹⁾	28÷66
E'_{op} (GPa) ⁽¹⁾	40÷10000

Simbologia

RQD = Rock Quality Designation

g_h = peso specifico naturale

c' = coesione efficace equivalente criterio Mohr-Coulomb

φ' = angolo di resistenza al taglio equivalente criterio Mohr-Coulomb

E'_{op} = modulo elastico di Young "operativo" al 50% del carico di rottura

⁽¹⁾ = i valori limite superiori sono rappresentativi della roccia intatta, i valori limite inferiori sono rappresentativi dell'ammasso roccioso fratturato, definiti a partire dai risultati provenienti da formazioni analoghe (marne e siltiti destrutturate) caratterizzate in lotti limitrofi

10 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE DELL'ACQUERINO – AQR1

10.1 GENERALITÀ

La formazione dell'Acquerino è costituita da alternanze arenaceo-pelitiche di colore grigio-nocciola, in strati gradati, con rapporti A/P generalmente maggiori di 1, ovvero con prevalenza della porzione arenacea rispetto a quella fine pelitica.

La formazione viene caratterizzata dal punto di vista geotecnico distinguendo tra deposito superficiale (terreno) e substrato (roccia).

La caratterizzazione geotecnica viene eseguita con riferimento ai sondaggi geognostici SD5-SD6-SD7-SD8-SD9-SD17-SD19, alle prove in sito eseguite nel foro di sondaggio (prove SPT e prove di permeabilità Lefranc), alle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati.

10.2 DEPOSITO SUPERFICIALE (CAQR1)

10.2.1 Caratteristiche fisiche

Dai risultati delle analisi granulometriche e dei limiti di Atterberg della componente fine, il materiale in oggetto varia da ghiaia e sabbia limosa a limo sabbioso.

Sulla base delle descrizioni stratigrafiche e delle analisi di laboratorio, i cui risultati sono riportati in tabella 9.1, il terreno può essere considerato, dal punto di vista del comportamento meccanico, come terreno di tipo incoerente. Pertanto, per l'interpretazione delle prove in situ si adotteranno le correlazioni relative ai materiali a grana grossa.

I risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato le seguenti proprietà fisiche del materiale:

- il limite liquido (LL) relativamente alla componente fine è compreso tipicamente tra 22÷31%, con punte di 40÷45%
- il limite plastico (LP) relativamente alla componente fine è mediamente compreso tra 16÷24%
- l'indice plastico (IP) relativamente alla componente fine è compreso tipicamente tra 5.0÷12.0%, con punte di 18÷21%
- il contenuto d'acqua naturale (W) è stato determinato per due soli campioni e risulta compreso tra 22.6÷34.6%
- il peso specifico naturale (γ_n) è compreso tra 17.9÷20.4 kN/m³
- il peso specifico dei grani (G_s) è compreso tra 2.6÷2.7 Mg/m³

Tabella 10.1: Proprietà fisiche deposito superficiale CAQR1

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione CNR-UNI	Contenuto d'acqua	Peso di volume	Peso specifico grani	Limiti di Atterberg			Composizione granulometrica			
							LL	LP	IP	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
	n°	m		w	ρ_v	G_s	%	%	%	%	%	%	%
SD6	CR1	3.00-3.50	A1-b				23.1	19.7	3.5	60.33	18.26	13.35	8.06
SD6	CR2	5.50-5.80	A4		18.1	2.7	22.5	17.4	5.1	16.86	42.54	24.27	16.33
SD6	CR3	9.00-9.30	A2-6				31.0	19.4	11.6	49.86	18.07	18.20	13.88
SD6	CR5	12.50-12.80	A6				30.4	19.0	11.3	24.76	38.32	21.75	15.16
SD6	CR8	15.50-15.80	A4				23.1	15.5	7.6	34.24	26.32	21.70	17.75
SD6	CR10	22.20-22.50	A6				28.0	15.5	12.6	9.90	35.39	25.71	29.00
SD7	CR1	3.00-3.30	A1-b				22.4	17.3	5.1	65.64	16.92	10.3	7.14
SD7	CR2	4.50-4.80	A1-b		17.9	2.7	24.1	18.2	6.0	49.11	26.98	14.21	9.70
SD9	CR1	2.00-2.30	A2-6				28.7	16.7	12.0	54.99	18.47	18.41	8.12
SD9	CR2	3.00-3.30	A4				24.4	17.2	7.2	8.96	38.45	31.58	21.01
SD9	CR3	4.50-4.80	A2-4				21.3	16.4	4.9	30.72	41.65	19.64	7.98
SD17	CR1	1.80-2.00	A2-6	26.6	19.3	2.6	33	21	12.0	33.91	40.84	16.4	8.85
SD17	CR4	6.00-6.30	A2-6				30.0	18	12.0	54.67	30.29	7.83	7.21
SD19	CR1	1.50-1.90	A7-6				45	24	21.0	5.27	30.86	33.56	30.31
SD19	CR2	3.00-3.30	A7-6	34.6	20.4	2.7	41.0	23	18.0	27.69	32.38	20.1	19.83
SD19	CR3	4.50-4.80	A2-6				36	20	16.0	40.16	24.96	18.76	16.12
SD19	CR4	6.00-6.30	A2-6				31.0	18	13.0	48.80	19.77	17.64	13.79

Dall'interpretazione delle prove SPT si è stimata una densità relativa (D_r) compresa tra 50÷95%, mediamente pari al 75%. Figura 9.1 mostra i valori di N_{SPT} e D_r con la profondità.

Tabella 9.2: Densità relativa D_r da prove N_{SPT} per l'unità CAQR1

Sondaggio	Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT} (colpi/30cm)	D_r (%)
SD5	1.5	28.5	18	71
SD5	3.0	57	24	75
SD6	3	57	36	91
SD6	5.5	104.5	30	73
SD6	9	171	26	59
SD6	10.5	199.5	65	89
SD6	12.5	237.5	50	73
SD6	15.5	294.5	57	72
SD6	19	361	41	57
SD8	2	38	33	93
SD8	3	57	12	53
SD8	4.5	85.5	19	61
SD8	6	114	32	74
SD8	7.5	142.5	53	89
SD8	9	171	75	100
SD9	2	38	60	126
SD17	1.8	34.2	9	49
SD19	1.5	28.5	8	48
SD19	3	57	23	73

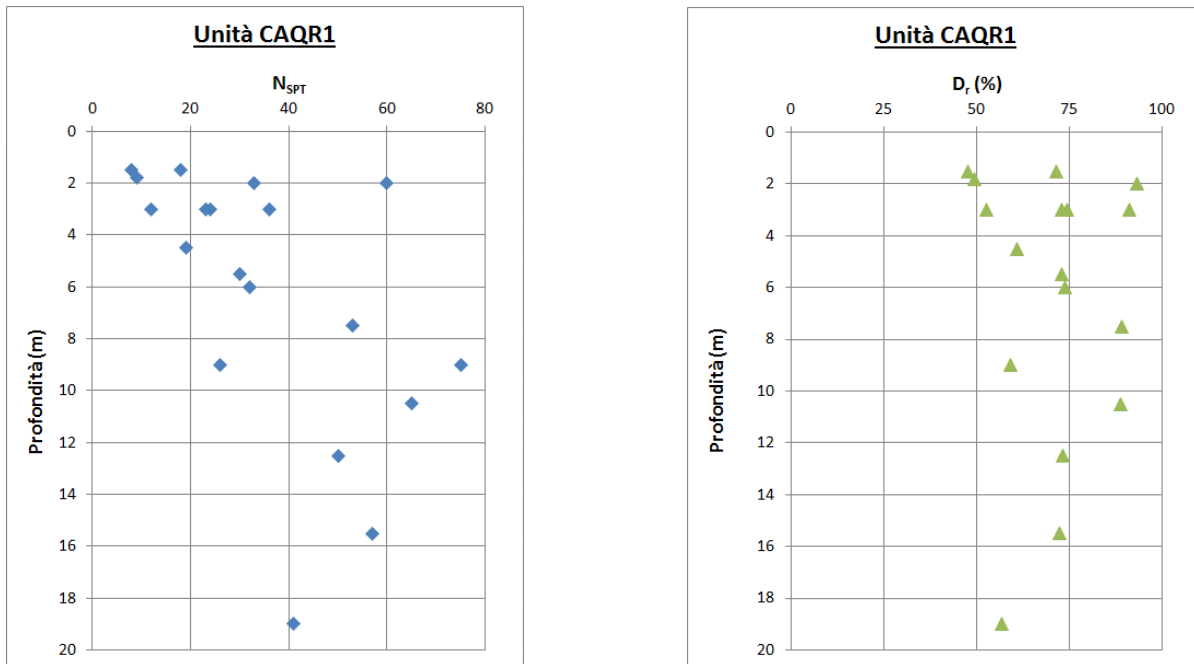


Figura 10.1: Numero dei colpi N_{SPT} e densità relativa D_r con la profondità per l'unità CAQR1

10.2.2 Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate

I parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate sono stati valutati a partire da prove di laboratorio di taglio diretto e da prove in sito SPT.

Le prove di taglio diretto sono state eseguite su campioni rimaneggiati. I risultati sono riportati in tabella 10.3 in termini di parametri di resistenza al taglio "residui".

Tabella 10.3: Parametri di resistenza al taglio drenati da prove di laboratorio per l'unità CAQR1

Sondaggio	Campione	Profondità	Parametri "residui"	
			ϕ'_r	c'_r
	(n°)	(m)	(°)	(kPa)
SD6	CR2	5.50-5.80	28.1	0.0
SD7	CR2	4.50-4.80	32.4	0.0
SD17	CR1	1.80-2.00	30.0	0.0
SD19	CR2	3.00-3.30	37.8	9.7

Dall'interpretazione delle prove SPT si sono stimati l'angolo di resistenza al taglio di picco (ϕ'_p) e l'angolo di dilatanza (ψ), a partire dai quali è stato possibile risalire all'angolo di resistenza al taglio critico (ϕ'_{cv}) (tabella 10.4). I risultati sono riportati in figura 10.2 in funzione della profondità.

Tabella 10.4: Parametri di resistenza al taglio drenati da prove SPT per l'unità CAQR1

Sondaggio	Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT} (colpi/30cm)	φ'_p (°)	ψ (°)	φ'_{cv} (°)
SD5	1.5	28.5	18	38	6	32
SD5	3.0	57	24	38	6	32
SD6	3	57	36	41	8	33
SD6	5.5	104.5	30	38	6	32
SD6	9	171	26	36	4	32
SD6	10.5	199.5	65	40	8	32
SD6	12.5	237.5	50	38	6	32
SD6	15.5	294.5	57	38	6	32
SD6	19	361	41	36	4	32
SD8	2	38	33	41	9	32
SD8	3	57	12	35	4	31
SD8	4.5	85.5	19	37	5	32
SD8	6	114	32	38	6	32
SD8	7.5	142.5	53	40	8	32
SD8	9	171	75	42	10	32
SD9	2	38	60	46	13	33
SD17	1.8	34.2	9	35	3	32
SD19	1.5	28.5	8	35	3	32
SD19	3	57	23	38	6	32

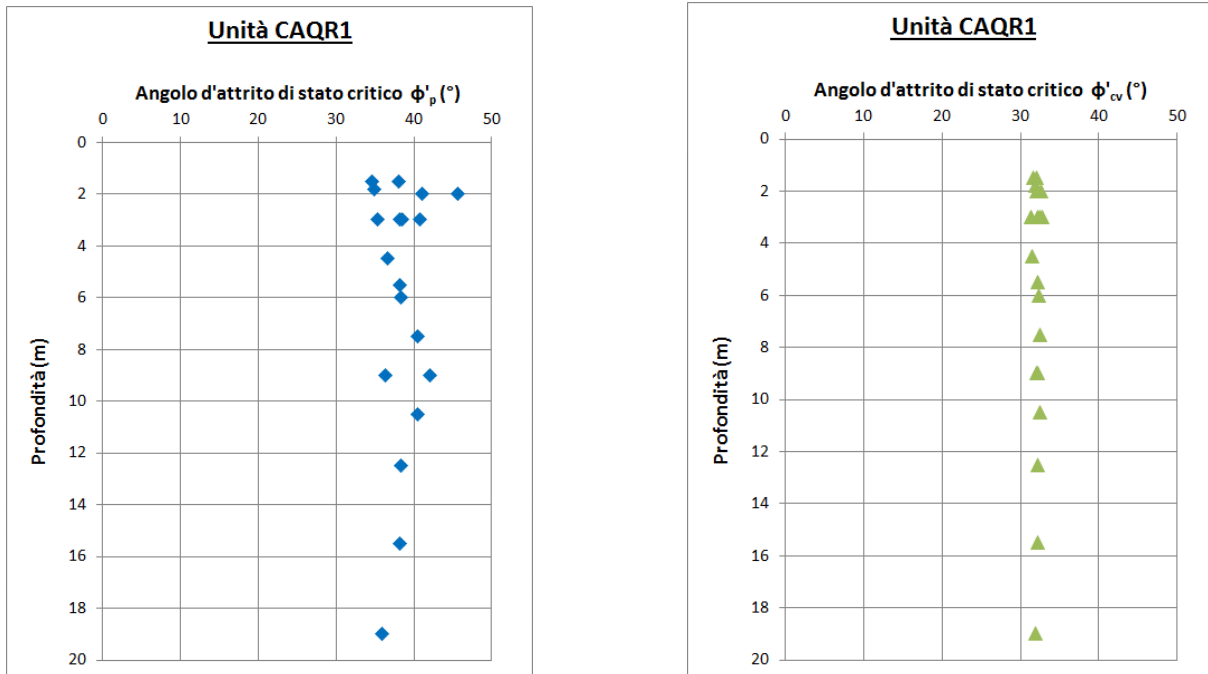


Figura 10.2: Angolo di attrito di picco e critico con la profondità da prove SPT per l'unità CAQR1

Dai risultati delle prove di laboratorio ed in situ si possono assumere i seguenti parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate per l'unità CAQR1:

- Parametri di resistenza al taglio di picco: $c'_p=0$ kPa, $\phi'_p=36\div40^\circ$
- Parametri di resistenza al taglio critico: $c'_{cv}=0$ kPa, $\phi'_{cv}=31\div33^\circ$
- Parametri di resistenza al taglio "residuo": $c'_r=0$ kPa, $\phi'_r=28\div30^\circ$

I parametri di resistenza al taglio "residuo" sono da intendersi come valore limite inferiore, ovvero cautelativo, della resistenza "operativa" del terreno in quanto ottenuti da prove di laboratorio su provini rimaneggiati.

10.2.3 Parametri di deformabilità “operativi”

Il modulo elastico “operativo” è stato valutato a partire da prove in sito SPT mediante la correlazione di Jamiolkowski et al. (1988) per terreni normal consolidati.

I risultati delle interpretazioni sono riportati in figura 10.3 ed in tabella 10.5.

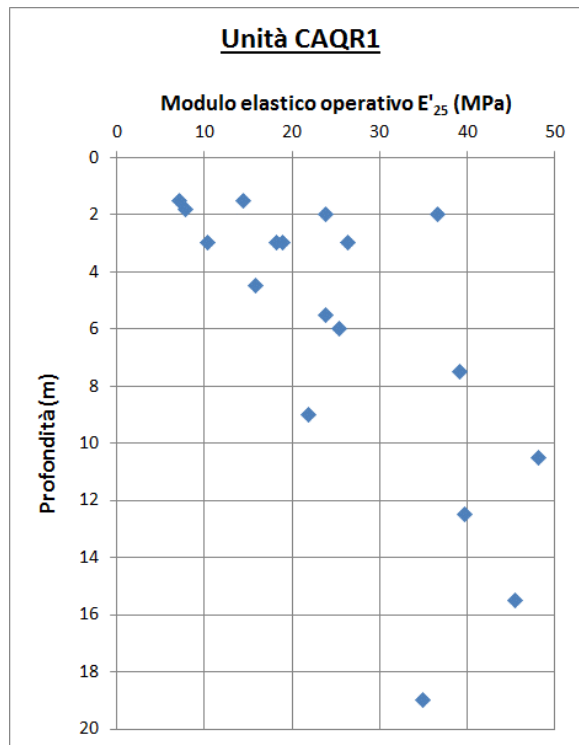


Figura 10.3: Modulo elastico “operativo” con la profondità da prove SPT per l’unità CAQR1

Tabella 10.5: Modulo elastico “operativo” da prove SPT per l’unità CAQR1

Sondaggio	Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT} (colpi/30cm)	E'_{op} (MPa)
SD5	1.5	28.5	18	14
SD5	3.0	57	24	19
SD6	3	57	36	26
SD6	5.5	104.5	30	24
SD6	9	171	26	22
SD6	10.5	199.5	65	48
SD6	12.5	237.5	50	40
SD6	15.5	294.5	57	45
SD6	19	361	41	35
SD8	2	38	33	24
SD8	3	57	12	10
SD8	4.5	85.5	19	16
SD8	6	114	32	25
SD8	7.5	142.5	53	39
SD8	9	171	75	52
SD9	2	38	60	37
SD17	1.8	34.2	9	8
SD19	1.5	28.5	8	7
SD19	3	57	23	18

Dai risultati delle prove in sito si è quindi desunto, per il deposito superficiale CAQR1, il seguente intervallo di valori del modulo elastico "operativo" in condizioni di carico, da assumersi nei calcoli geotecnici:

- Modulo elastico "operativo": $E'_{op}=20\div40$ MPa

Per quanto riguarda le condizioni di scarico/ricarico nelle analisi delle opere di sostegno, si può adottare un valore del modulo elastico "operativo" pari a 1.5-2.0 volte quello di carico.

10.2.4 Coefficiente di permeabilità

Il coefficiente di permeabilità è stato stimato a partire dalla prova di permeabilità Lefranc.

I dettagli ed i risultati della prova sono riportati in tabella 10.6.

Tabella 10.6: Coefficiente di permeabilità da prova Lefranc

Sondaggio	Profondità (m)	Coefficiente di permeabilità k (m/s)
SD5	-4.40 ÷ -5.00	6.3×10^{-8}
SD8	-9.00 ÷ -9.50	3.9×10^{-6}
SD9	-4.50 ÷ -5.00	1.7×10^{-6}
SD17	-5.00 ÷ -6.00	4.4×10^{-5}

10.2.5 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici del deposito superficiale CAQR1.

Tabella 10.7: Sommario parametri geotecnici per il deposito superficiale CAQR1

Parametri	CAQR1
g_h (kN/m ³)	19
G_s (Mg/m ³)	2.7
w (%)	23÷34
LL (%) ⁽¹⁾	22÷31
LP (%) ⁽¹⁾	16÷24
IP (%) ⁽¹⁾	5÷12
D_r (%)	60÷80
c'_p (kPa)	0
ϕ'_p (°)	36÷40
ϕ'_{cv} (°)	31÷33
c'_{op} (kPa) ⁽²⁾	0
ϕ'_{op} (°) ⁽²⁾	32÷36
c'_r (kPa) ⁽³⁾	0
ϕ'_r (°) ⁽³⁾	28÷30
k (m/s)	$1.0 \times 10^{-6} \div 1.0 \times 10^{-7}$
E'_{op} (MPa) ^{(4) (5)}	20÷40

Simbologia

g_h =	peso specifico naturale
G_s =	peso specifico dei grani
w =	contenuto d'acqua naturale
LL =	limite liquido
LP =	limite plastico
IP =	indice di plasticità
D_r =	densità relativa
c'_p =	coesione efficace di picco
φ'_p =	angolo di resistenza al taglio di picco
φ'_{cv} =	angolo di resistenza al taglio critico
c'_{op} =	coesione efficace "operativa"
φ'_{op} =	angolo di resistenza al taglio "operativo"
c'_r =	coesione efficace "residua"
φ'_r =	angolo di resistenza al taglio "residuo"
k =	coefficiente di permeabilità
E'_{op} =	modulo elastico di Young "operativo"

(1) = relativi alla componente fine del campione

(2) = applicabili a situazioni non caratterizzate da dissesti pregressi o in atto

(3) = da adottare in presenza di dissesti pregressi o in atto

(4) = da applicare nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno

(5) = valore limite inferiore relativo agli strati più superficiali, valore limite superiore relativo agli strati più profondi

Sulla base delle correlazioni presenti in letteratura sulle proprietà fisiche dei materiali (granulometrie e limiti di Atterberg) e sui risultati delle prove di taglio diretto è stato possibile attribuire un valore di angolo di attrito residuo di 28° del materiale in frana per il dimensionamento delle opere nella zona dei sondaggi SD06 e SD19 e un valore di 30° per le opere ubicate in prossimità del sondaggio SD07.

10.3 SUBSTRATO ROCCIOSO (AQR1)

10.3.1 Qualità dell'ammasso roccioso

Dalle carote prelevate dai diversi sondaggi geognostici emerge una forte variabilità della formazione in oggetto in termini di qualità dell'ammasso roccioso. È possibile comunque definire una situazione tipica, in cui la formazione AQR1 si presenta mediamente fratturata fino a profondità di circa -18m, mentre più in profondità la qualità dell'ammasso roccioso aumenta e l'ammasso diventa poco fratturato. Eccezione fanno il sondaggio SD5, che mostra una situazione di elevata fratturazione dell'ammasso, ed i sondaggi SD7 e SD9, in cui non vi è una chiara distinzione tra gli strati più superficiali e quelli più profondi in termini di qualità dell'ammasso roccioso.

In tabella 9.8 si riassume la qualità tipica dell'ammasso roccioso in funzione della profondità.

Tabella 10.8: Qualità della formazione rocciosa AQR1

Profondità (m)	Indice RQD (%)	Qualità ammasso roccioso
Fino a -18	20 – 50	Scadente
Oltre -18	60 – 80	Discreta/Buona

10.3.2 Peso specifico naturale

A partire dai campioni utilizzati per la prova triassiale è stato valutato il peso specifico naturale. I valori ottenuti dalle prove di laboratorio sono riportati in tabella 10.9.

Tabella 10.9: Peso dell'unità di volume naturale del materiale roccioso AQR1

Sondaggio	Campione	Profondità (m)	Peso specifico naturale γ_n (kN/m ³)
SD7	CR3	-6.70 ÷ -7.00	24.7
SD7	CR4	-8.10 ÷ -8.40	24.6
SD7	CR6	-18.00 ÷ -18.40	24.9
SD7	CR7	-20.30 ÷ -20.70	25.1
SD7	CR8	-22.10 ÷ -22.40	25.3
SD7	CR9	-27.30 ÷ -27.70	25.8
SD9	CR5	-8.10 ÷ -8.90	25.0
SD9	CR7	-16.15 ÷ -16.70	25.8
SD17	CS1	-10.25 ÷ -10.50	25.0
SD17	CS3	-21.25 ÷ -21.85	24.6
SD19	CS2	-15.20 ÷ -15.55	25.2

Per il materiale roccioso AQR1 si può adottare un valore del peso specifico naturale $\gamma_n=25$ kN/m³.

10.3.3 Parametri di resistenza al taglio della roccia intatta

L'inviluppo di rottura della roccia intatta è stato valutato sulla base di n°3 prove di compressione in cella triassiale, effettuate sui provini CR3 e CR7 prelevati dal sondaggio SD7, sui provini CR5 e CR7 prelevati dal sondaggio SD9, sui provini CS1 e CS3 prelevati dal sondaggio SD17 e sul provino CS2 prelevato dal sondaggio SD19. I campioni testati sono stati portati a rottura per tre diversi valori di pressione di confinamento, in modo da ottenere l'inviluppo di rottura in accordo al criterio di Hoek e Brown.

I parametri di resistenza al taglio equivalenti secondo il criterio Mohr-Coulomb, ottenuti dalle diverse prove, sono riportati in tabella 10.10.

Tabella 10.10: Parametri di resistenza al taglio equivalenti criterio Mohr-Coulomb per la roccia intatta AQR1

Sondaggio	Campione	Profondità (m)	Coesione c' (MPa)	Angolo di attrito φ' (°)
SD7	CR3	-6.70 ÷ -7.00	4.1	39
SD7	CR7	-20.30 ÷ -20.70	15.4	51
SD9	CR5	-8.10 ÷ -8.90	13.2	42
SD9	CR7	-16.15 ÷ -16.70	11.5	59
SD17	CS1	-10.25 ÷ -10.50	1.8	64
SD17	CS3	-21.25 ÷ -21.85	5.7	64
SD19	CS2	-15.20 ÷ -15.55	4.5	54

Per la roccia intatta in oggetto si possono definire i seguenti intervalli di valori per la coesione e l'angolo di attrito equivalenti:

- $c' = 5 \div 10$ MPa
- $\varphi' = 40 \div 60^\circ$

10.3.4 Parametri di deformabilità "operativi" della roccia intatta

Il modulo elastico "operativo" della roccia intatta viene definito sulla base del valore del modulo elastico tangente al 50% del carico di rottura ottenuto dalle prove a compressione in cella triassiale.

Dalla prova si sono ricavati i valori riportati in tabella 10.11, alle diverse pressioni di confinamento.

Tabella 10.11: Modulo elastico $E_{t,50}$ da prove triassiali

Sondaggio	Campione	Profondità (m)	Pressione di confinamento σ_3 (MPa)	Modulo di Young $E_{t,50}$ (GPa)
SD7	CR3	-6.70 ÷ -7.00	1.0	4.1
			1.5	2.2
			2.0	6.6
SD7	CR7	-20.30 ÷ -20.70	1.0	11.4
			1.5	9.2
			2.0	8.3
SD9	CR5	-8.10 ÷ -8.90	1.0	11.0
			1.5	11.9
			2.0	11.2
SD9	CR7	-16.15 ÷ -16.70	1.0	18.9
			1.5	18.6
			2.0	18.6
SD17	CS1	-10.25 ÷ -10.50	0.5	44.0
			0.7	4.0
			1.5	14.0
SD17	CS3	-21.25 ÷ -21.85	0.5	11.5
			0.6	8.1
			0.8	16.0
SD19	CS2	-15.20 ÷ -15.55	0.5	12.6
			1.5	14.4
			3.0	9.0

A partire dai risultati delle prove di laboratorio, si può definire il seguente intervallo di valori per il modulo elastico "operativo" della roccia intatta in oggetto: $E_{t,50} = 5 \div 15$ GPa.

10.3.5 Coefficiente di permeabilità

Il coefficiente di permeabilità è stato stimato a partire dalla prova di permeabilità Lugeon.

I dettagli ed i risultati della prova sono riportati in tabella 10.12.

Tabella 10.12: Coefficiente di permeabilità da prova Lugeon

Sondaggio	Profondità (m)	Coefficiente di permeabilità k (m/s)
SD7	-24.00 ÷ -26.80	2.1×10^{-6}
SD8	-11.70 ÷ -14.50	6.6×10^{-6}
SD9	-12.00 ÷ -15.00	2.3×10^{-5}
SD17	-12.00 ÷ -15.00	6.8×10^{-6}

10.3.6 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici relativi al substrato roccioso AQR1.

Tabella 10.12: Sommario parametri geotecnici per il substrato roccioso AQR1

Parametri	AQR1
RQD (%)	20-50 (prof. fino -18.0) 60-80 (prof. da -18.0)
g_h (kN/m ³)	25
c' (MPa) ⁽¹⁾	100÷7500
φ' (°) ⁽¹⁾	40÷60
k (m/s)	5.0×10^{-6}
E'_{op} (MPa) ⁽¹⁾	500÷10000

Simbologia

RQD = Rock Quality Designation

g_h = peso specifico naturale

c' = coesione efficace equivalente criterio Mohr-Coulomb

φ' = angolo di resistenza al taglio equivalente criterio Mohr-Coulomb

k = coefficiente di permeabilità

E'_{op} = modulo elastico di Young "operativo" al 50% del carico di rottura

⁽¹⁾ = i valori limite superiori sono rappresentativi della roccia intatta, i valori limite inferiori sono rappresentativi dell'ammasso roccioso fratturato, definiti a partire dai risultati provenienti da formazioni analoghe caratterizzate in lotti limitrofi

11 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE ARGILLITI ED ARENARIE – AGA

11.1 GENERALITÀ

La formazione delle Argilliti ed Arenarie AGA è costituita da arenarie e calcareniti da grossolane a medie alternate ad argilliti con aspetto scaglioso di colore grigio. Il rapporto A/P riscontrato in sondaggio risulta essere minore di 1, in alcuni casi molto basso.

La formazione viene caratterizzata dal punto di vista geotecnico distinguendo tra deposito superficiale (terreno) e substrato (roccia).

La caratterizzazione geotecnica viene eseguita con riferimento ai sondaggi geognostici SD18, SD18bis e SD20, alle prove in sito eseguite nel foro di sondaggio (prove SPT), alle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati.

11.2 DEPOSITO SUPERFICIALE (CAGA)

11.2.1 Caratteristiche fisiche

Dai risultati delle analisi granulometriche e dei limiti di Atterberg della componente fine, il materiale in oggetto varia da argilla limosa a limo argilloso.

Sulla base delle descrizioni stratigrafiche e delle analisi di laboratorio, i cui risultati sono riportati in tabella 10.1, il terreno può essere considerato, dal punto di vista del comportamento meccanico, come terreno di tipo coesivo. Pertanto, per l'interpretazione delle prove in situ si adotteranno le correlazioni relative ai materiali a grana fine.

I risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato le seguenti proprietà fisiche del materiale:

- il limite liquido (LL) relativamente alla componente fine è compreso tipicamente tra 25÷35%, con un picco di 47%
- il limite plastico (LP) relativamente alla componente fine è compreso tipicamente tra 20÷22%, con un picco di 26%
- l'indice plastico (IP) relativamente alla componente fine è compreso tipicamente tra 12÷17%, con un valore limite superiore di 21%

Tabella 11.1: Proprietà fisiche deposito superficiale AGA

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione CNR-UNI	Contenuto d'acqua	Peso di volume	Peso specifico grani	Limiti di Atterberg			Composizione granulometrica			
							w	g_v	G_s	LL	LP	IP	Ghiaia
	n°	m		%	kN/m ³	Mg/m ³	%	%	%	%	%	%	%
SD18	CR1	1,50-1,80	A6				34.0	19.6	14.4	56.67	6.00	18.35	18.97
SD18	CR2	3,00-3,30	A6				37.2	20.2	17.0	24.33	21.18	25.60	28.82
SD18	CR5	6,00-6,30	A6				24.5	22.4	12.1	0.00	2.75	56.09	41.15
SD18 Bis	CR1	1,50-1,80	A6				34.3	20.8	13.4	8.37	34.94	29.14	27.55
SD18 Bis	CR2	3,00-3,30	A7-6				47.2	26	21.2	0.00	21.26	27.26	51.47

11.2.2 Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate

Una stima indiretta dell'angolo di resistenza al taglio critico può essere fatta mediante la correlazione di figura 5.2, a partire dal valore dell'indice di plasticità IP.

Considerando a favore di sicurezza il valore limite superiore dell'indice di plasticità IP=21%, si ottiene un valore dell'angolo di attrito critico $\phi'_{cv} \approx 28 \div 30^\circ$.

In assenza di dissesti pregressi o in atto, tali valori possono essere assunti come valori "operativi" nei calcoli geotecnici.

11.2.3 Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate

La coesione non drenata c_u è stata valutata a partire da prove in sito SPT, escludendo a favore di sicurezza i valori troppo elevati che si discostano dal *trend*. I risultati dell'interpretazione delle prove SPT sono riportati in tabella 11.2.

Tabella 11.2: Coesione non drenata da prove SPT per l'unità CAGA

Sondaggio (m)	Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N _{SPT} (colpi/30cm)	c_u (kPa)
SD18	1.5	28.5	10	50
SD18bis	1.5	28.5	10	50
SD18bis	3.0	42	16	80

Per il deposito in oggetto si ottiene un intervallo di valori della coesione non drenata di $c_u = 50 \div 80$ kPa.

11.2.4 Parametri di deformabilità "operativi"

Il modulo elastico "operativo" è stato valutato a partire da prove in sito SPT, escludendo a favore di sicurezza i valori troppo elevati che si discostano dal *trend*. I risultati dell'interpretazione delle prove SPT è riportata in tabella 11.3.

Tabella 11.3: Modulo elastico "operativo" da prove SPT per l'unità CAGA

Sondaggio (m)	Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N _{SPT} (colpi/30cm)	E' _{op} (MPa)
SD18	1.5	28.5	10	5
SD18bis	1.5	28.5	10	5
SD18bis	3.0	42	16	8

Per il deposito in oggetto si ottiene un intervallo di valori del modulo elastico "operativo" in condizioni di carico $E'_{op}=5\div8$ MPa.

Per quanto riguarda le condizioni di scarico/ricarico nelle analisi delle opere di sostegno, si può adottare un valore del modulo elastico "operativo" pari a 1.5-2.0 volte quello di carico.

11.2.5 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici del materiale CAGA.

Tabella 11.4: Sommario parametri geotecnici per il deposito superficiale CAGA

Parametri	CAGA
g_h (kN/m ³) ⁽¹⁾	19
LL (%)	25÷35
LP (%)	20÷22
IP (%)	12÷17
ϕ'_{cv} (°)	28÷30
ϕ'_r (°) ⁽²⁾	24
c'_{op} (kPa) ⁽³⁾	0
ϕ'_{op} (°) ^{(3) (4)}	24÷30
c_u (kPa)	50÷70
E'_{op} (MPa) ⁽³⁾	5÷7

Simbologia

g_n =	peso specifico naturale
LL =	limite liquido
LP =	limite plastico
IP =	indice di plasticità
φ'_{cv} =	angolo di resistenza al taglio critico
φ'_r =	angolo di resistenza al taglio residuo
c'_{op} =	coesione efficace "operativa"
φ'_{op} =	angolo di resistenza al taglio "operativo"
c_u =	coesione non drenata
E'_{op} =	modulo elastico di Young "operativo" in condizioni di carico

⁽¹⁾ = valore definito a partire dai risultati provenienti da formazioni analoghe caratterizzate in lotti limitrofi

⁽²⁾ = valore definito sulla base di *back-analysis*, coincidente circa con l'inclinazione media del pendio

⁽³⁾ = da assumersi come valori "operativi" nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno

⁽⁴⁾ = valore limite inferiore da applicare in presenza di dissesti pregressi o in atto, valore limite superiore da applicare in situazioni non caratterizzate da dissesti pregressi o in atto

11.3 SUBSTRATO ROCCIOSO (AGA)

11.3.1 Premessa

Il substrato della formazione Argilliti ed Arenarie AGA viene caratterizzato, da un punto di vista geotecnico, come un terreno.

Per la caratterizzazione geotecnica non sono disponibili prove di laboratorio ma solo alcune prove in sito SPT. Pertanto, per una più ampia parametrizzazione, si farà riferimento anche ai risultati provenienti da formazioni analoghe caratterizzate in lotti limitrofi.

11.3.2 Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate

La coesione non drenata c_u è stata valutata a partire da prove in sito SPT. I risultati dell'interpretazione delle prove è riportata in tabella 11.5.

Tabella 11.5: Coesione non drenata da prove SPT per il substrato AGA

Sondaggio (m)	Profondità (m)	σ'_{vo} (kPa)	N_{SPT} (colpi/30cm)	c_u (kPa)
SD18	4.5	61.5	61	305
SD18	6.0	81.0	56	280
SD18bis	4.5	61.5	32	160
SD18bis	6.0	81.0	57	285

Per il deposito in oggetto si ottiene un intervallo di valori della coesione non drenata di $c_u=160\div300$ kPa.

11.3.3 Parametri di deformabilità "operativi"

Il modulo elastico "operativo" è stato valutato a partire da prove in sito SPT. I risultati dell'interpretazione delle prove è riportata in tabella 11.6.

Tabella 11.6: Modulo elastico "operativo" da prove SPT per il substrato AGA

Sondaggio (m)	Profondità (m)	σ'_{vo} (kPa)	N _{SPT} (colpi/30cm)	E' _{op} (MPa)
SD18	4.5	61.5	61	30.5
SD18	6.0	81.0	56	28.0
SD18bis	4.5	61.5	32	16.0
SD18bis	6.0	81.0	57	28.5

La correlazione adottata per la stima del modulo elastico "operativo" a partire da prove SPT risulta essere cautelativa nel caso di materiali intermedi tra terreno e roccia, come nel caso delle argilliti. I valori ottenuti risultano essere pertanto conservativi.

Per il deposito in oggetto si ottiene un intervallo di valori del modulo elastico "operativo" in condizioni di carico $E'_{op}=16\div30$ MPa.

Per quanto riguarda le condizioni di scarico/ricarico nelle analisi delle opere di sostegno, si può adottare un valore del modulo elastico "operativo" pari a 1.5-2.0 volte quello di carico.

11.3.4 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici del substrato AGA.

Tabella 11.7: Sommario parametri geotecnici per il substrato AGA

Parametri	AGA
g_h (kN/m ³) ⁽¹⁾	19
c'_{op} (kPa) ^{(1) (2)}	40÷50
φ'_{op} (°) ^{(1) (2)}	24÷26
c_u (kPa)	200÷250
E'_{op} (MPa) ^{(2) (3)}	30÷60

Simbologia

g_h = peso specifico naturale

c'_{op} = coesione efficace "operativa"

φ'_{op} = angolo di resistenza al taglio "operativo"

c_u = coesione non drenata

E'_{op} = modulo elastico di Young "operativo" in condizioni di carico

⁽¹⁾ = valori definiti a partire dai risultati provenienti da formazioni analoghe caratterizzate in lotti limitrofi

⁽²⁾ = da assumersi come valori "operativi" nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno

⁽³⁾ = il *range* di valori è stato definito anche sulla base dei risultati provenienti da formazioni analoghe caratterizzate in lotti limitrofi

12 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE DI SILLANO – SIL

12.1 GENERALITÀ

La formazione del Sillano è costituita da argilliti e siltiti fittamente clivate ad aspetto talora scaglioso, di colore grigio nerastro. Il materiale risulta essere molto sensibile all'acqua, mostrando un rapido decadimento delle caratteristiche meccaniche connesso alla presenza di acqua.

La formazione viene caratterizzata dal punto di vista geotecnico distinguendo tra deposito superficiale (terreno) e substrato (roccia).

La caratterizzazione geotecnica viene eseguita con riferimento ai sondaggi geognostici SD1, SD2 e SD3, alle prove in situ eseguite nel foro di sondaggio (prove SPT), alle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati.

12.2 DEPOSITO SUPERFICIALE (CSIL)

12.2.1 Caratteristiche fisiche

Dai risultati delle analisi granulometriche e dei limiti di Atterberg della componente fine, eseguite su un unico campione, il materiale in oggetto risulta essere un'argilla limosa.

Sulla base delle descrizioni stratigrafiche e delle analisi di laboratorio, i cui risultati sono riportati in tabella 12.1, il terreno può essere considerato, dal punto di vista del comportamento meccanico, come terreno di tipo coesivo. Pertanto, per l'interpretazione delle prove in situ si adotteranno le correlazioni relative ai materiali a grana fine.

Tabella 12.1: Proprietà fisiche deposito superficiale AGA

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione CNR-UNI	Contenuto d'acqua	Peso di volume	Peso specifico grani	Limiti di Atterberg			Composizione granulometrica			
							w	g _h	G _s	LL	LP	IP	Ghiaia
	n°	m		%	kN/m ³	Mg/m ³	%	%	%	%	%	%	%
SD1	CR1	2,00-2,30	A7-6		20.2	2.7	51.7	20.3	31.4	6.87	11.36	33.53	48.25

12.2.2 Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate

I parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate sono stati valutati a partire da prove di laboratorio.

Una misura diretta è stata effettuata mediante una prova di taglio diretto, su campione rimaneggiato prelevato dal sondaggio SD1. I risultati sono riportati in tabella 12.2 in termini di parametri di resistenza al taglio "residui".

Tabella 12.2: Parametri di resistenza al taglio drenati da prove di laboratorio per l'unità CSIL

Sondaggio	Campione	Profondità	Parametri "residui"	
			ϕ'_r	c'_r
	(n°)	(m)	(°)	(kPa)
SD1	CR1	2.00-2.30	18	0

Una stima indiretta dell'angolo di resistenza al taglio critico può essere fatta mediante la correlazione di figura 5.2, a partire dal valore dell'indice di plasticità IP.

Considerando un valore dell'indice di plasticità $IP=32\%$, si ottiene, a favore di sicurezza, un valore dell'angolo di attrito critico $\phi'_{cv} \approx 24 \div 26^\circ$.

Dai risultati delle prove di laboratorio si possono assumere i seguenti parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate per l'unità CSIL:

- Parametri di resistenza al taglio critico: $c'_{cv}=0$ kPa, $\phi'_{cv}=24 \div 26^\circ$
- Parametri di resistenza al taglio "residuo": $c'_r=0$ kPa, $\phi'_r=18^\circ$

I parametri di resistenza al taglio "residuo" sono da intendersi come valore limite inferiore, ovvero cautelativo, della resistenza "operativa" del terreno in quanto ottenuti da prove di laboratorio su provini rimaneggiati.

12.2.3 Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate

La coesione non drenata c_u è stata valutata a partire da prove in sito SPT, escludendo a favore di sicurezza i valori troppo elevati che si discostano dal *trend*. I risultati dell'interpretazione delle prove SPT è riportata in tabella 12.3.

Tabella 12.3: Coesione non drenata da prove SPT per l'unità CSIL

Sondaggio (m)	Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT} (colpi/30cm)	c_u (kPa)
SD1	2.0	35	29	145
SD2	1.0	20	21	105
SD2	2.0	35	37	185
SD3	1.5	30	17	85

Per il deposito in oggetto si ottiene un intervallo di valori della coesione non drenata di $c_u=80\div 180$ kPa.

12.2.4 Parametri di deformabilità “operativi”

Il modulo elastico “operativo” è stato valutato a partire da prove in sito SPT, escludendo a favore di sicurezza i valori troppo elevati che si discostano dal *trend*. I risultati dell’interpretazione delle prove SPT è riportata in tabella 12.4.

Tabella 12.4: Modulo elastico “operativo” da prove SPT per l’unità CSIL

Sondaggio (m)	Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N _{SPT} (colpi/30cm)	E' _{op} (MPa)
SD1	2.0	35	29	14.5
SD2	1.0	20	21	10.5
SD2	2.0	35	37	18.5
SD3	1.5	30	17	8.5

Per il deposito in oggetto si ottiene un intervallo di valori del modulo elastico “operativo” in condizioni di carico $E'_{op}=8\div 18$ MPa.

Per quanto riguarda le condizioni di scarico/ricarico nelle analisi delle opere di sostegno, si può adottare un valore del modulo elastico “operativo” pari a 1.5-2.0 volte quello di carico.

12.2.5 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici del deposito superficiale CSIL.

Tabella 12.5: Sommario parametri geotecnici per il deposito superficiale CSIL

Parametri	CSIL
g_h (kN/m ³) ⁽¹⁾	20
G_s (Mg/m ³)	2.7
LL (%)	51
LP (%)	20
IP (%)	31
φ'_{cv} (°)	24÷26
φ'_r (°)	18
c'_{op} (kPa) ^{(1) (2) (3)}	0÷10
φ'_{op} (°) ^{(1) (2) (3)}	20÷24
c_u (kPa)	80÷100
E'_{op} (MPa) ⁽³⁾	10÷15

Simbologia

g_n =	peso specifico naturale
G_s =	peso specifico dei grani
LL =	limite liquido
LP =	limite plastico
IP =	indice di plasticità
φ'_{cv} =	angolo di resistenza al taglio critico
φ'_r =	angolo di resistenza al taglio residuo
c'_{op} =	coesione efficace "operativa"
φ'_{op} =	angolo di resistenza al taglio "operativo"
c_u =	coesione non drenata
E'_{op} =	modulo elastico di Young "operativo" in condizioni di carico

- (1) = il *range* di valori è stato definito anche sulla base dei risultati provenienti da formazioni analoghe caratterizzate in lotti limitrofi
- (2) = valore limite inferiore da applicare in presenza di dissesti pregressi o in atto, valore limite superiore da applicare in situazioni non caratterizzate da dissesti pregressi o in atto
- (3) = da assumersi come valori "operativi" nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno

12.3 SUBSTRATO ROCCIOSO (SIL)

12.3.1 Premessa

Il substrato della formazione di Sillano viene caratterizzato, da un punto di vista geotecnico, come un terreno.

Per la caratterizzazione geotecnica sono disponibili prove di laboratorio e prove in situ SPT. Per la parametrizzazione si farà riferimento anche ai risultati provenienti da formazioni analoghe caratterizzate in lotti limitrofi.

12.3.2 Caratteristiche fisiche

Sulla base delle descrizioni stratigrafiche e delle analisi di laboratorio, i cui risultati sono riportati in tabella 12.6, il terreno può essere considerato, dal punto di vista del comportamento meccanico, come terreno di tipo coesivo. Pertanto, per l'interpretazione delle prove in situ si adotteranno le correlazioni relative ai materiali a grana fine.

I risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato le seguenti proprietà fisiche del materiale:

- il limite liquido (LL) relativamente alla componente fine è compreso tra 35÷40%
- il limite plastico (LP) relativamente alla componente fine è compreso tra 18÷21%
- l'indice plastico (IP) relativamente alla componente fine è mediamente compreso tra 15.0÷20.0%
- il peso specifico naturale (γ_n) è stato determinato per un solo campione e risulta pari a 22.2 kN/m³
- il peso specifico dei grani (G_s) è stato determinato per un solo campione e risulta pari a 2.7 Mg/m³

Tabella 12.6: Proprietà fisiche del substrato SIL

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione CNR-UNI	Contenuto d'acqua	Peso di volume	Peso specifico grani	Limiti di Atterberg			Composizione granulometrica			
							w	g _v	G _s	LL	LP	IP	Ghiaia
	n°	m		%	kN/m ³	Mg/m ³	%	%	%	%	%	%	%
SD1	CR2	3.00-3.30	A7-6				40.3	20.6	19.7	11.92	12.27	38.43	37.39
SD1	CR3	4.00-4.30	A7-6				42.8	18.3	24.5	23.75	10.94	29.01	36.30
SD4	CR4	13.50-14.00	A6		22.18	2.68	33.1	20.6	12.4	3.06	37.59	27.61	31.74
SD4	CR5	18.60-19.00	A6				37.2	21.8	15.5	0.00	31.33	33.38	35.30

12.3.3 Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate

Una stima indiretta dell'angolo di resistenza al taglio critico può essere fatta mediante la correlazione di figura 5.2, a partire dal valore dell'indice di plasticità IP.

Considerando un valore dell'indice di plasticità IP=20%, si ottiene, a favore di sicurezza, un valore dell'angolo di attrito critico $\phi'_{cv} \approx 28 \div 30^\circ$.

12.3.4 Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate

La coesione non drenata c_u è stata valutata a partire da prove in sito SPT. I risultati dell'interpretazione delle prove è riportata in tabella 12.7.

Tabella 12.7: Coesione non drenata da prove SPT per il substrato SIL

Sondaggio (m)	Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT} (colpi/30cm)	c_u (kPa)
SD2	7.0	95	51	255
SD2	8.0	107	58	290
SD2	9.5	125	63	315
SD3	13.0	164	64	320

Per il deposito in oggetto si ottiene un intervallo di valori della coesione non drenata di $c_u=250\div300$ kPa.

12.3.5 Parametri di deformabilità "operativi"

Il modulo elastico "operativo" è stato valutato a partire da prove in sito SPT. I risultati dell'interpretazione delle prove è riportata in tabella 12.8.

Tabella 12.8: Modulo elastico "operativo" da prove SPT per il substrato SIL

Sondaggio (m)	Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N _{SPT} (colpi/30cm)	E' _{op} (MPa)
SD2	7.0	95	51	25.5
SD2	8.0	107	58	29.0
SD2	9.5	125	63	31.5
SD3	13.0	164	64	32.0

La correlazione adottata per la stima del modulo elastico "operativo" a partire da prove SPT risulta essere cautelativa nel caso di materiali intermedi tra terreno e roccia, come nel caso delle argilliti. I valori ottenuti risultano essere pertanto conservativi.

Per il deposito in oggetto si ottiene un intervallo di valori del modulo elastico "operativo" in condizioni di carico $E'_{op}=25\div30$ MPa.

Per quanto riguarda le condizioni di scarico/ricarico nelle analisi delle opere di sostegno, si può adottare un valore del modulo elastico "operativo" pari a 1.5-2.0 volte quello di carico.

12.3.6 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici del substrato SIL.

Tabella 12.9: Sommario parametri geotecnici per il substrato SIL

Parametri	SIL
g_h (kN/m ³) ⁽¹⁾	22÷24
G_s (Mg/m ³)	2.7
LL (%)	35÷40
LP (%)	18÷21
IP (%)	15÷20
φ'_{cv} (°)	28÷30
c'_{op} (kPa) ^{(2) (3)}	10÷30
φ'_{op} (°) ^{(1) (3)}	26÷30
c_u (kPa)	200÷250
E'_{op} (MPa) ^{(1) (3)}	30÷60

Simbologia

g_n =	peso specifico naturale
G_s =	peso specifico dei grani
LL =	limite liquido
LP =	limite plastico
IP =	indice di plasticità
φ'_{cv} =	angolo di resistenza al taglio critico
c'_{op} =	coesione efficace "operativa"
φ'_{op} =	angolo di resistenza al taglio "operativo"
c_u =	coesione non drenata
E'_{op} =	modulo elastico di Young "operativo" in condizioni di carico

⁽¹⁾ = il *range* di valori è stato definito anche sulla base dei risultati provenienti da formazioni analoghe caratterizzate in lotti limitrofi

⁽²⁾ = valori definiti a partire dai risultati provenienti da formazioni analoghe caratterizzate in lotti limitrofi

⁽³⁾ = da assumersi come valori "operativi" nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno

13 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE DI CASTIGLION DEI PEPOLI – CDP

13.1 GENERALITÀ

La formazione di Castiglion dei Pepoli è costituita da arenarie a grana media, talora medio-fine, di colore grigio, in strati spessi, con rapporto A/P >1, ovvero con prevalenza della porzione arenacea rispetto a quella fine pelitica.

Il deposito superficiale di tale formazione è caratterizzato da una fitta alternanza di strati di potenza metrica di terreni eterogenei, ovvero sabbie limose – limi argillosi-sabbiosi – argille limose.

La formazione viene caratterizzata dal punto di vista geotecnico distinguendo tra deposito superficiale (terreno) e substrato (roccia). Inoltre, per il deposito superficiale verrà distinta la caratterizzazione per la porzione a grana più grossa (sabbie limose) da quella per la porzione più fina (argille limose).

La caratterizzazione geotecnica viene eseguita con riferimento ai sondaggi geognostici SD23 e SD24, alle prove in sito eseguite nel foro di sondaggio (prove SPT e prove di permeabilità), alle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati.

13.2 DEPOSITO SUPERFICIALE (CCDP)

13.2.1 Caratteristiche fisiche

Dai risultati delle analisi granulometriche e dei limiti di Atterberg della componente fine, il materiale in oggetto risulta essere, come già detto, molto variabile, da sabbia limosa ad argilla limosa.

Sulla base delle descrizioni stratigrafiche e delle analisi di laboratorio, i cui risultati sono riportati in tabella 12.1, il terreno può essere considerato, dal punto di vista del comportamento meccanico, come terreno di tipo incoerente laddove il contenuto di limi e argille (L+A) è <50% (sabbie limose) e/o IP<25%, come terreno di tipo coesivo laddove il contenuto di limi e argille (L+A) è >50% (argille limose) e/o IP>25%. Pertanto, per l'interpretazione delle prove in situ si adotteranno le correlazioni relative ai materiali a grana grossa per le sabbie limose e quelle relative ai materiali a grana fina per le argille limose.

I risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato le seguenti proprietà fisiche per le sabbie limose:

- il limite liquido (LL) relativamente alla componente fine è compreso tra 28÷45%
- il limite plastico (LP) relativamente alla componente fine è compreso tra 15÷24%
- l'indice plastico (IP) relativamente alla componente fine è compreso tra 13÷24%
- il contenuto d'acqua naturale (W) è stato determinato per due soli campioni e risulta compreso tra 12.0÷16.5%
- il peso specifico naturale (γ_n) è stato determinato per un solo campione e risulta pari a 21.1 kN/m³
- il peso specifico dei grani (G_s) è compreso tra 2.5÷2.6 Mg/m³

I risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato le seguenti proprietà fisiche per le argille limose:

- il limite liquido (LL) relativamente alla componente fine è compreso tra 32÷56%
- il limite plastico (LP) relativamente alla componente fine è compreso tra 18÷25%
- l'indice plastico (IP) relativamente alla componente fine è compreso tra 14÷34%
- il contenuto d'acqua naturale (W) è stato determinato per due soli campioni e risulta compreso tra 16.5÷30.3%
- il peso specifico naturale (γ_n) è stato determinato per due soli campioni e risulta compreso tra 19.6÷21.3 kN/m³
- il peso specifico dei grani (G_s) è compreso tra 2.5÷2.6 Mg/m³

Tabella 13.1: Proprietà fisiche deposito superficiale CCDP

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione CNR-UNI	Contenuto d'acqua	Peso di volume	Peso specifico grani	Limiti di Atterberg			Composizione granulometrica				
							LL	LP	IP	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	L+A
	n°	m		w %	g _s kN/m ³	G _s Mg/m ³	%	%	%	%	%	%	%	%
SD23	CR1	1.50-1.80	A6				37	22	15	10.3	36.6	23.1	30.0	53.1
SD23	CR2	3.40-3.70	A6				32	18	14	17.5	29.5	25.2	27.8	53.0
SD23	CR3	4.50-4.80	A6				38	22	16	34.4	27.9	17.9	19.8	37.7
SD23	CR4	6.00-6.20								91.0	6.0			3.0
SD23	CI1	8.40-8.60	A7-6			2.6	47	21	26	50.9	13.9	17.6	17.6	35.2
SD23	CR5	8.90-9.20	A2-6				35	21	14	50.6	20.2	16.0	13.2	29.2
SD23	CI2	10.20-10.50	A2-6	16.5	21.1	2.6	38	21	17	55.6	19.1	15.9	9.4	25.3
SD23	CR6	10.60-10.90	A6				38	22	16	1.7	24.5	26.6	47.2	73.8
SD24	CR1	2.00-2.20	A7-6				45	21	24	23.8	29.5	20.9	25.8	46.7
SD24	CI1	2.50-2.75	A2-6			2.5	39	22	17	49.7	21.9	13.9	14.5	28.4
SD24	CR2	4.10-4.30	A6				33	18	25	34.1	27.0	20.8	18.1	38.9
SD24	CI2	7.50-7.90	A7-6	30.3	19.6	2.6	56	22	34	3.9	11.0	30.4	54.6	85.0
SD24	CR3	8.70-9.00	A7-6				44	23	21	13.8	34.3	29.4	22.5	51.9
SD24	CS1	13.00-13.45	A6				36	22	14	24.6	31.3	40.7	16.1	56.8
SD24	CR4	16.00-16.20	A7-6				43	24	19	33.1	26.1	16.8	23.9	40.7
SD24	CS2	17.15-17.65	A6	16.5	21.3	2.5	38	22	16	3.5	23.0	33.0	40.5	73.5
SD24	CS3	22.30-22.60	A7-6	12.1		2.6	42	21	21	39.2	22.1	15.7	23.0	38.7
SD24	CS4	28.30-28.60	A2-6				28	15	13	16.0	56.3	18.0	9.4	27.4
SD24	CS5	31.60-32.00	A6				40	21	19	18.5	15.9	24.9	40.7	65.6

Per la parte incoerente dell'unità CCDP (sabbie limose), dall'interpretazione delle prove SPT si è stimata una densità relativa (D_r) compresa tra 40÷70%, mediamente pari al 50%.

Tabella 13.2: Densità relativa D_r da prove N_{SPT} per la porzione incoerente (sabbie limose) dell'unità CCDP

Sondaggio	Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT} (colpi/30cm)	D_r (%)
SD23	4.5	94.5	28	72
SD23	8.6	149.6	30	66
SD24	1.8	37.8	5	36
SD24	4.0	84.0	7	37

13.2.2 Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate

I parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate sono stati valutati a partire da prove di laboratorio di taglio diretto per la porzione più fine (argille limose), da prove in sito SPT per la porzione a grana grossa (sabbie limose).

Le prove di taglio diretto sono state eseguite su campioni indisturbati. I risultati sono riportati in tabella 13.3 in termini di parametri di resistenza al taglio di picco e "residui".

Tabella 13.3: Parametri di resistenza al taglio drenati da prove di laboratorio per le argille limose dell'unità CCDP

Sondaggio	Campione	Profondità (m)	Parametri di picco		Parametri "residui"	
			φ'_p (°)	c'_p (kPa)	φ'_r (°)	c'_r (kPa)
	(n°)	(m)	(°)	(kPa)	(°)	(kPa)
SD23	Cl1	8.40-8.60	13.7	5.7	9.3	0.0
SD24	Cl2	7.50-7.90	15.7	2.0	10.0	0.0

Per la parte incoerente dell'unità CCDP (sabbie limose), dall'interpretazione delle prove SPT si sono stimati l'angolo di resistenza al taglio di picco (φ'_p) e l'angolo di dilatanza (ψ), a partire dai quali è stato possibile risalire all'angolo di resistenza al taglio critico (φ'_{cv}) (tabella 13.4).

Tabella 13.4: Parametri di resistenza al taglio drenati da prove SPT per le sabbie limose dell'unità CCDP

Sondaggio	Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT} (colpi/30cm)	φ'_p (°)	ψ (°)	φ'_{cv} (°)
SD23	4.5	94.5	28	38	6	32
SD23	8.6	149.6	30	37	5	32
SD24	1.8	37.8	5	33	2	31
SD24	4.0	84.0	7	33	2	31

13.2.3 Parametri di deformabilità “operativi”

Per la porzione più incoerente (sabbie limose), il modulo elastico “operativo” è stato valutato a partire da prove in sito SPT mediante la correlazione di Jamiolkowski et al. (1988) per terreni normal consolidati.

I risultati delle interpretazioni sono riportati in tabella 13.5.

Tabella 13.5: Modulo elastico “operativo” da prove SPT per le sabbie limose dell’unità CCDP

Sondaggio	Profondità (m)	σ'_{vo} (kPa)	N_{SPT} (colpi/30cm)	E'_{op} (MPa)
SD23	4.5	94.5	28	22
SD23	8.6	149.6	30	25
SD24	1.8	37.8	5	5
SD24	4.0	84.0	7	6

Dai risultati delle prove in sito si ottiene il seguente intervallo di valori del modulo elastico “operativo” in condizioni di carico, da assumersi nei calcoli geotecnici:

- Modulo elastico “operativo”: $E'_{op}=5\div 25$ MPa

Per quanto riguarda le condizioni di scarico/ricarico nelle analisi delle opere di sostegno, si può adottare un valore del modulo elastico “operativo” pari a 1.5-2.0 volte quello di carico.

Sulla porzione più fine (argille limose) del deposito CCDP è stata invece eseguita una prova di laboratorio edometrica, al fine di valutarne le caratteristiche di compressibilità. I risultati sono riportati in tabella 13.6.

Tabella 13.6: Parametri di compressibilità per le argille limose dell’unità CCDP

Sondaggio	Profondità campione (m)	Indice di compressione C_c	Indice di ricompressione C_r
SD24	7.50-7.90	0.32	0.06

Il materiale risulta normalconsolidato.

13.2.4 Coefficiente di permeabilità

Il coefficiente di permeabilità è stato stimato a partire dalla prova di permeabilità Lefranc.

I dettagli ed i risultati della prova sono riportati in tabella 13.7.

Tabella 13.7: Coefficiente di permeabilità da prova Lefranc

Sondaggio	Profondità (m)	Coefficiente di permeabilità k (m/s)
SD23	-7.00 ÷ -7.50	1.4×10^{-4}
SD24	-10.00 ÷ -10.50	3.3×10^{-7}
SD24	-15.00 ÷ -16.50	9.9×10^{-7}
SD24	-24.00 ÷ -25.50	6.0×10^{-6}

Dalle prove eseguite si nota una elevata variabilità del coefficiente di permeabilità, legata anch'essa alla forte eterogeneità del materiale, con una fitta alternanza di sabbie limose, caratterizzate da una permeabilità più alta, e argille limose, caratterizzate da una permeabilità più bassa.

13.2.5 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici della coltre superficiale CCDP.

Tabella 13.8: Sommario parametri geotecnici per il deposito superficiale CCDP

Parametri	CCDP
g_h (kN/m ³)	20÷21
G_s (Mg/m ³)	2.5÷2.6
w (%) ⁽³⁾	15÷30
LL (%) ⁽³⁾	30÷55
LP (%) ⁽³⁾	15÷25
IP (%) ⁽³⁾	15÷35
D_r (%) ⁽²⁾	40÷60
c'_{op} (kPa) ^{(3) (4)}	0÷5
ϕ'_{op} (°) ^{(1) (4)}	15÷32
k (m/s) ⁽¹⁾	$1.0 \times 10^{-4} \div 5.0 \times 10^{-7}$
E'_{op} (MPa) ^{(1) (4)}	5÷25
C_c ⁽⁵⁾	0.32
C_r ⁽⁵⁾	0.06

Simbologia

- g_n = peso specifico naturale
 G_s = peso specifico dei grani
 w = contenuto d'acqua naturale
 LL = limite liquido
 LP = limite plastico
 IP = indice di plasticità
 D_r = densità relativa
 c'_{op} = coesione efficace "operativa"
 ϕ'_{op} = angolo di resistenza al taglio "operativo"
 k = coefficiente di permeabilità
 E'_{op} = modulo elastico di Young "operativo"
 C_c = coefficiente di compressione edometrico nel ramo di carico;
 C_r = coefficiente di compressione edometrico nel ramo di ricarico;

- ⁽¹⁾ = limite inferiore relativo alla porzione più fine del deposito (argilla limosa), limite superiore relativo alla porzione a grana grossa del deposito (sabbia limosa)
⁽²⁾ = relativa alla sola porzione a grana grossa del deposito (sabbia limosa)
⁽³⁾ = limite superiore relativo alla porzione più fine del deposito (argilla limosa), limite inferiore relativo alla porzione a grana grossa del deposito (sabbia limosa)
⁽⁴⁾ = da applicare nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno
⁽⁵⁾ = relativo alla sola porzione a grana fine del deposito (argilla limosa)

13.3 SUBSTRATO ROCCIOSO (CDP)

13.3.1 Qualità dell'ammasso roccioso

I due sondaggi di riferimento SD23 e SD24 mostrano la presenza di un substrato roccioso a profondità molto diverse: il primo a quota -21.70 m, il secondo a quota -35.00 m. In ogni caso, la parte più superficiale del substrato (primi 10-15m) appare molto fratturata, mentre gli strati più profondi risultano essere mediamente fratturati.

In tabella 13.9 si riassume la qualità dell'ammasso roccioso in funzione della profondità.

Tabella 13.9: Qualità della formazione rocciosa CDP

Profondità (m)	Indice RQD (%)	Qualità ammasso roccioso
Primi 10÷15m	0 – 20	Molto scadente
Oltre 15m	40 – 60	Scadente/Discreta

13.3.2 Coefficiente di permeabilità

Il coefficiente di permeabilità è stato stimato a partire da una sola prova di permeabilità Lugeon.

I dettagli ed i risultati della prova sono riportati in tabella 13.10.

Tabella 13.10: Coefficiente di permeabilità da prova Lugeon

Sondaggio	Profondità (m)	Coefficiente di permeabilità k (m/s)
SD23	-22.50 ÷ -25.50	8.8×10^{-6}

13.3.3 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici relativi al substrato roccioso CDP.

Tabella 13.11: Sommario parametri geotecnici per il substrato roccioso CDP

Parametri	CDP
RQD (%)	0÷20 (primi 10÷15m) 40÷60 (oltre 15m)
k (m/s)	8.8×10^{-6}

Simbologia

RQD = Rock Quality Designation

k = coefficiente di permeabilità

14 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE ARGILLE A PALOMBINI – APA

14.1 GENERALITÀ

La formazione delle Argille a Palombini è costituita da argille ed argilliti scagliose fissili di colore per lo più grigio-scuro, con intercalate calcilutiti grigie, biancastre se alterate, spesso silicee, talora con una base arenitica da fine a grossolana. Il rapporto calcare/argillite è $\ll 1$.

La formazione viene caratterizzata dal punto di vista geotecnico distinguendo tra deposito superficiale (terreno) e substrato di base (weak-rock).

La caratterizzazione geotecnica viene eseguita con riferimento al sondaggio geognostico SD21/ter, SD21bis e SD22, alle prove in sito eseguite nei fori di sondaggio (prove SPT), alle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati.

14.2 DEPOSITO SUPERFICIALE (CAPA)

14.2.1 Caratteristiche fisiche

Dai risultati delle analisi granulometriche e dei limiti di Atterberg della componente fine, il materiale in oggetto varia da argilla plastica con sabbia a limo argilloso.

Sulla base delle descrizioni stratigrafiche e delle analisi di laboratorio, i cui risultati sono riportati in tabella 11.1, il terreno può essere considerato, dal punto di vista del comportamento meccanico, come terreno di tipo coesivo. Pertanto, per l'interpretazione delle prove in situ si adotteranno le correlazioni relative ai materiali a grana fine.

I risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato le seguenti proprietà fisiche del materiale:

- il limite liquido (LL) relativamente alla componente fine è compreso tra 29÷45%
- il limite plastico (LP) relativamente alla componente fine è compreso tra 16÷23%
- l'indice plastico (IP) relativamente alla componente fine è compreso tra 13÷22%, comunque superiore a 10%
- il contenuto d'acqua naturale (W) nell'unico campione testato è pari a 31.6%
- il peso specifico naturale (γ_n) è compreso tra 19.3÷20.9 kN/m³
- il peso specifico dei grani (G_s) è compreso tra 2.57÷2.72 Mg/m³

Tabella 14.1: Proprietà fisiche deposito superficiale CAPA

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione CNR-UNI	Contenuto d'acqua	Peso di volume	Peso specifico grani	Limiti di Atterberg			Composizione granulometrica			
							w	g _v	G _s	LL	LP	IP	Ghiaia
	n°	m		%	kN/m ³	Mg/m ³	%	%	%	%	%	%	%
SD21bis	CI1	3.00-3.60	A2-7	31.6	19.3	2.619	45	23	22	65.58	17.30	8.55	8.58
SD21bis	CR2	4.50-4.80	A2-6		20.9	2.579	29	16	13	53.82	24.07	12.11	9.99
SD21bis	CR3	6.00-6.30	A2-6				40	21	19	49.26	22.42	11.17	17.15
SD22	CR1	3.00-3.30	A6				40	22	18	6.26	27.98	26.17	39.59
SD22	CR2	4.50-4.80	A6			2.723	36	17	19	34.50	30.34	16.07	19.09
SD22	CR3	6.00-6.30	A6			2.734	33	17	16	21.78	36.49	19.87	21.86

14.2.2 Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate

I parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate sono stati valutati a partire da prove di laboratorio.

La misura diretta è stata effettuata mediante prova di taglio diretto (TD) su campioni rimaneggiati da Nspt prelevati dai sondaggi SD21bis e SD22. I risultati sono riportati in tabella 11.2 in termini di parametri di resistenza al taglio.

Tabella 14.2: Parametri di resistenza al taglio drenati da prove di laboratorio per l'unità CAPA

Sondaggio	Campione	Profondità	Parametri di resistenza	
			ϕ'	c'
	(n°)	(m)	(°)	(kPa)
SD21bis	CR2	4.50-4.80	30	5
SD22	CR2	4.50-4.80	30	12

Una stima indiretta dell'angolo di resistenza al taglio critico può essere fatta mediante la correlazione di figura 5.2, a partire dal valore dell'indice di plasticità IP. Considerando a favore di sicurezza il valore limite superiore dell'indice di plasticità IP=22%, si ottiene un valore dell'angolo di attrito critico $\phi'_{cv} \approx 28^\circ$, minore di quello ottenuto dalle prove di laboratorio.

L'innalzamento dei valori di resistenza ottenuti dalle prove di laboratorio è da imputarsi alla presenza di materiale a grana grossa presente nei campioni prelevati che ne innalzano la resistenza rispetto ai valori tipici dei materiali argillosi di analoghe formazioni.

Per la formazione in oggetto si è operata cautelativamente una limitazione dei parametri di resistenza di picco con risultati provenienti dalla nuvola di formazioni analoghe per cui si può assumere:

- Parametri di resistenza al taglio di picco: $c'_p=0 - 12 \text{ kPa}$, $\phi'_p=24^\circ - 30^\circ$

Tali parametri possono essere assunti come valori "operativi" nei calcoli geotecnici.

14.2.3 Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate

La coesione non drenata c_u è stata valutata a partire da prove in sito SPT. Per la formazione in oggetto si ottiene un valore della coesione non drenata variabile $c_u = 20 - 315$ kPa, con un valore medio di c_u di circa 130 kPa.

Tabella 14.3: Coesione non drenata da prove SPT per l'unità CAPA

	z (m)	σ'_{v0} (kPa)	N _{SPT}	C _u (kPa)
SD21	1,5	34	4	20
	3	103,5	7	35
	4,5	90	21	105
	6	120	24	120
	7,5	150	60	300
SD21 bis	1,5	30	10	50
	4,5	90	18	90
	6	120	46	230
SD22	3	60	45	225
	4,5	90	46	230
	6	120	63	315

14.2.4 Parametri di deformabilità "operativi"

Il modulo elastico della coltre è stato determinato in laboratorio tramite prova edometrica realizzata sul campione a -3,0 m di SD 21bis. I coefficienti di compressione e ricomprensione (C_c e C_r , coefficiente angolare della retta $\Delta e / \Delta \log \sigma'_{v0}$ rispettivamente nei tratti di compressione vergine e di ricarico) sono valori tipici di argille lievemente sovraconsolidate e valgono:

$$C_c = 0,22$$

$$C_r = C_c/5 = 0,04$$

$$e_0 = 0,81$$

$$OCR = 1,80$$

Il coefficiente di consolidazione secondaria $C_{\alpha} = \Delta e / \Delta \log t$ e il modulo edometrico $M = \Delta \sigma'_{v0} / \Delta \epsilon$ sono funzione del livello di carico e valgono:

Ca = 0,017 – 0,056

M = 3 - 80 MPa

Il modulo elastico “operativo” da utilizzarsi in problemi di scavi sostenuti è stato valutato a partire da prove in sito SPT. Per la formazione in oggetto si ottiene un valore del modulo elastico “operativo” in condizioni di carico variabile da 2 a 32 MPa, con un valore medio $E_{op}=16$ MPa.

Per quanto riguarda le condizioni di scarico/ricarico nelle analisi delle opere di sostegno, si può adottare un valore del modulo elastico “operativo” pari a 1.5-2.0 volte quello di carico.

Tabella 14.4: Modulo elastico “operativo” da prove SPT per l’unità CAPA

	z (m)	σ'_{v0} (kPa)	N _{SPT}	E' _{op} (MPa)
SD21	1,5	34	4	2
	3	103,5	7	4
	4,5	90	21	11
	6	120	24	12
	7,5	150	60	30
SD21 bis	1,5	30	10	5
	4,5	90	18	9
	6	120	46	23
SD22	3	60	45	23
	4,5	90	46	23

	6	120	63	32
--	---	-----	----	----

14.2.5 Coefficienti di permeabilità e coefficienti di consolidazione primaria

I coefficienti di permeabilità ottenuti dalla prova edometrica si attestano nel seguente range di valori:

$$k_v = 4,8 \times 10^{-11} \text{ , } 1,3 \times 10^{-10} \text{ m/s .}$$

Per quanto riguarda il coefficiente di consolidazione primaria c_v , ricavato dalla prova edometrica in corrispondenza di pressioni verticali efficaci comparabili a quelle geostatiche, utilizzabile nell'ambito di teorie di consolidazione convenzionali e di problemi di flusso in direzione verticale può essere assunto mediamente pari a:

$$c_v = 7 \times 10^{-8} \text{ , } 2 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}.$$

14.2.6 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici della coltre superficiale CAPA.

Tabella 14.5: Sommario parametri geotecnici per la coltre superficiale CAPA

Parametri	CAPA
γ (kN/m ³)	19.3÷20.9
G_s (Mg/m ³)	2.57÷2.72
w (%)	32
LL (%)	29÷45
LP (%)	16÷23
IP (%)	13÷22
c'_p (kPa) ⁽¹⁾	0 ÷ 12
φ'_p (°) ⁽¹⁾	28 ⁽⁵⁾ ÷ 30 ⁽⁴⁾
c_u (kPa)	20÷315
E'_{op} (MPa) ^{(2) (3)}	2÷32
OCR	1,0÷1,8
C_c (-)	0,22
C_r (-)	$C_c/5$
c_{ae} (%)	0,017÷0.056
k_v (m/s)	$4,8 \times 10^{-11}$, $1,3 \times 10^{-10}$
c_v (m ² /s)	7×10^{-8} , 2×10^{-7}

Simbologia

g_1 = peso specifico naturale

G_s = peso specifico dei grani

w = contenuto d'acqua naturale

LL = limite liquido

LP = limite plastico

IP = indice di plasticità

c'_p = coesione efficace di picco

ϕ'_p = angolo di resistenza al taglio di picco

c_u = coesione non drenata

E'_{op} = modulo elastico di Young "operativo" per scavi sostenuti

OCR = grado di sovraconsolidazione

C_c = coefficiente di compressione edometrico nel ramo di carico;

C_r = coefficiente di compressione edometrico nel ramo di ricarico;

C_a = coefficiente di consolidazione secondaria;

k_v = coefficiente di permeabilità verticale riferito a pressioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a problemi di flusso diretto principalmente nella direzione verticale;

c_v = coefficiente di consolidazione primaria verticale riferito a pressioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a problemi di consolidazione principalmente verticale;

⁽¹⁾ = da assumersi come valori "operativi" nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno non caratterizzate da dissesti in atto

⁽²⁾ = da applicare nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno

⁽³⁾ = valore limite inferiore relativo alle condizioni di carico, valore limite superiore relativo alle condizioni di scarico/ricarico

⁽⁴⁾ = valore limite superiore relativo a campioni con frazione grossolana superiore al 35%

⁽⁵⁾ = valore limite inferiore definito a partire dai risultati provenienti da formazioni analoghe caratterizzate in lotti limitrofi

Sulla base delle correlazioni presenti in letteratura sulle proprietà fisiche dei materiali (granulometrie e limiti di Atterberg) e sui risultati delle prove di taglio diretto è stato possibile attribuire un valore di angolo di attrito residuo di 24° del materiale in frana.

14.3 SUBSTRATO ARGILLITICO (APA)

Le formazioni argillitiche presenti nell'area in esame sono assimilabili a terreni molto compatti che a formazioni litoidi. Si tratta di argille scagliose, con intercalazioni e/o inclusi calcarei e calcarenitici.

Il substrato della formazione argille a palombini APA viene caratterizzato, da un punto di vista geotecnico, come un terreno coesivo.

Per la caratterizzazione geotecnica sono disponibili prove di laboratorio e prove in sito SPT.

14.3.1 Caratteristiche fisiche

Dai risultati delle analisi granulometriche e dei limiti di Atterberg della componente fine, il materiale in oggetto varia da limo a argilla limosa plastica.

Sulla base delle descrizioni stratigrafiche e delle analisi di laboratorio, i cui risultati sono riportati in tabella 11.6, il terreno può essere considerato, dal punto di vista del comportamento meccanico, come terreno di tipo coesivo.

I risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato le seguenti proprietà fisiche del materiale:

- il limite liquido (LL) relativamente alla componente fine è compreso tra 33÷41%
- il limite plastico (LP) relativamente alla componente fine è compreso tra 20÷23%
- l'indice plastico (IP) relativamente alla componente fine è compreso tra 10÷19%, comunque superiore a 10%
- il contenuto d'acqua naturale (W) nell'unico campione testato è pari a 9.4%
- il peso specifico naturale (γ_n) è compreso tra 20.8÷22.4 kN/m³
- il peso specifico dei grani (G_s) è compreso tra 2.67÷2.73 Mg/m³

Tabella 14.6: Proprietà fisiche substrato APA

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione CNR-UNI	Contenuto d'acqua	Peso di volume	Peso specifico grani	Limiti di Atterberg			Composizione granulometrica			
							w	g _s	G _s	LL	LP	IP	Ghiaia
	n°	m		%	kN/m ³	Mg/m ³	%	%	%	%	%	%	%
SD21bis	CR5	9.00-9.30	A4				33	23	10	20.26	29.45	25.36	24.94
SD21bis	CR7	12.00-12.30	A6		20.8	2.668	37	21	16	29.35	23.96	25.02	21.67
SD21bis	CR9	15.00-15.30	A6				39	20	19	16.92	23.81	31.88	27.39
SD21bis	CS1	21.20-21.65	A7		22.4		36	22	14	1.35	40.48	35.64	22.54
SD22	CS1	10.20-10.70	A7-6	9.4		2.726	41	23	18	9.26	43.69	23.15	23.90

14.3.2 Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate

I parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate sono stati valutati a partire da prove di laboratorio.

La misura diretta è stata effettuata mediante prova triassiale CID (TxCID) su campione indisturbato prelevato dal sondaggio SD21bis. I risultati sono riportati in tabella 11.2 in termini di parametri di resistenza al taglio.

Tabella 14.7: Parametri di resistenza al taglio drenati da prove di laboratorio per l'unità APA

Sondaggio	Campione	Profondità	Parametri di resistenza	
			ϕ'	c'
	(n°)	(m)	(°)	(kPa)
SD21bis	CS1	21.20-21.65	32	30

Per la formazione in oggetto si può assumere:

- Parametri di resistenza al taglio di picco: $c'_p=30$ kPa, $\phi'_p=32^\circ$

Tali parametri possono essere assunti come valori "operativi" nei calcoli geotecnici.

Sono stati inoltre realizzate due prove di taglio diretto su campioni rimaneggiati dalle prove Nspt. I risultati sono riportati in tabella 11.3 in termini di parametri di resistenza al taglio "residui".

Tabella 14.8: Parametri di resistenza al taglio drenati residui da prove di laboratorio per l'unità APA

Sondaggio	Campione	Profondità	Parametri "residui"	
			ϕ'_r	c'_r
	(n°)	(m)	(°)	(kPa)
SD21bis	CR7	12.00-12.30	31	4
SD22	CS1	10.20-10.70	17	0

Per la formazione in oggetto si può assumere:

- Parametri di resistenza al taglio residui: $c'_r=0-4$ kPa, $\phi'_r = 17-31^\circ$

I parametri di resistenza al taglio "residuo" sono da intendersi come valore limite inferiore, ovvero cautelativo, della resistenza "operativa" del terreno in quanto ottenuti da prove di laboratorio su provini rimaneggiati e quindi applicabili alle situazioni di dissesto in atto.

14.3.3 Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate

La coesione non drenata c_u è stata valutata a partire da prove in sito SPT. Per la formazione in oggetto si ottiene un valore della coesione non drenata variabile $c_u = 270 - 485$ kPa, con un valore medio di c_u di circa 275 kPa.

Tabella 14.9: Coesione non drenata da prove SPT per l'unità APA

	z (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT}	C_u (kPa)
SD21 bis	7,5	34	69	345
	9	103,5	97	485
	10,5	206	54	270
	12	224	62	310
	13,5	242	79	395

14.3.4 Parametri di deformabilità "operativi"

Il modulo elastico "operativo" da utilizzarsi in problemi di scavi sostenuti è stato valutato a partire da prove in sito SPT. Per la formazione in oggetto si ottiene un valore del modulo elastico "operativo" in condizioni di carico variabile da 27 a 49 MPa, con un valore medio $E_{op}=36$ MPa.

Per quanto riguarda le condizioni di scarico/ricarico nelle analisi delle opere di sostegno, si può adottare un valore del modulo elastico "operativo" pari a 1.5-2.0 volte quello di carico.

Tabella 14.10: Modulo elastico “operativo” da prove SPT per l’unità APA

	-	z (m)	σ'_{v0} (kPa)	N _{SPT}	E _{op} (MPa)
SD21 bis	1	7,5	34	69	35
	2	9	103,5	97	49
	3	10,5	206	54	27
	4	12	224	62	31
	5	13,5	242	79	40

14.3.5 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici del substrato argillitico APA.

Tabella 14.11: Sommario parametri geotecnici per il substrato argillitico APA

Parametri	APA
g_h (kN/m ³)	20.8÷22.4
G_s (Mg/m ³)	2.67÷2.73
w (%)	9.4
LL (%)	33÷41
LP (%)	20÷23
IP (%)	10÷19
c'_p (kPa) ⁽¹⁾	30
φ'_p (°) ⁽¹⁾	32
c'_r (kPa) ⁽⁴⁾	0÷4
φ'_r (°) ⁽⁴⁾	17÷31
c_u (kPa)	270÷485
E'_{op} (MPa) ^{(2) (3)}	27÷49

Simbologia

- g_h = peso specifico naturale
 G_s = peso specifico dei grani
w = contenuto d'acqua naturale
LL = limite liquido
LP = limite plastico
IP = indice di plasticità
 c'_p = coesione efficace di picco
 φ'_p = angolo di resistenza al taglio di picco
 c_u = coesione non drenata

E'_{op} = modulo elastico di Young "operativo" per scavi sostenuti

(1) = da assumersi come valori "operativi" nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno non caratterizzate da dissesti in atto

(2) = da applicare nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno

(3) = valore limite inferiore relativo alle condizioni di carico, valore limite superiore relativo alle condizioni di scarico/ricarico

(4) = valore limite inferiore relativo alle condizioni di resistenza "residua" quindi applicabili nelle situazioni di dissesto in atto.

15 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE ARGILLOSO CALCAREA – AVC

15.1 GENERALITÀ

La formazione dell' Unità Argilloso – Calcarea è costituita da argilliti scagliose con intercalati livelli calcarei.

La formazione viene caratterizzata dal punto di vista geotecnico distinguendo tra deposito superficiale (terreno) e substrato di base (weak-rock).

La caratterizzazione geotecnica viene eseguita con riferimento al sondaggio geognostico SD25/bis, SD26 e SD27/bis, alle prove in sito eseguite nei fori di sondaggio (prove SPT), alle prove di laboratorio effettuate sui campioni prelevati.

15.2 DEPOSITO SUPERFICIALE (CAVC)

15.2.1 Caratteristiche fisiche

Dai risultati delle analisi granulometriche e dei limiti di Atterberg della componente fine, il materiale in oggetto si presenta come argilla limosa plastica, solo in ridotte porzioni come limo argilloso.

Sulla base delle descrizioni stratigrafiche e delle analisi di laboratorio, i cui risultati sono riportati in tabella 12.1, il terreno può essere considerato, dal punto di vista del comportamento meccanico, come terreno di tipo coesivo. Pertanto, per l'interpretazione delle prove in situ si adotteranno le correlazioni relative ai materiali a grana fine.

I risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato le seguenti proprietà fisiche del materiale:

- il limite liquido (LL) relativamente alla componente fine è compreso tra 26÷45%
- il limite plastico (LP) relativamente alla componente fine è compreso tra 19÷24%
- l'indice plastico (IP) relativamente alla componente fine è compreso tra 16÷25%, comunque superiore a 10%
- il contenuto d'acqua naturale (W) nell'unico campione testato è pari a 20.8%
- il peso specifico naturale (γ_n) nell'unico campione testato è pari a 20.7 kN/m³
- il peso specifico dei grani (G_s) è compreso tra 2.63÷2.71 Mg/m³

Tabella 15.1: Proprietà fisiche deposito superficiale CAVC

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione CNR-UNI	Contenuto d'acqua	Peso di volume	Peso specifico grani	Limiti di Atterberg			Composizione granulometrica			
							w	g _v	G _s	LL	LP	IP	Ghiaia
	n°	m		%	kN/m ³	Mg/m ³	%	%	%	%	%	%	%
SD25	CR2	3.00-3.20	A7-6				44	20	24	21.38	24.66	21.72	32.24
SD25	CI1	4.50-4.95	A7-6	20.8	20.7	2.629	45	20	25	10.55	18.76	25.57	45.12
SD27	CR1	1.80-2.00	A7-6				45	24	21	16.87	24.26	28.51	30.35
SD27	CR2	3.00-3.30	A4			2.708	26	19	7	2.73	38.08	36.87	22.33
SD27	CR3	4.50-4.80	A6				38	22	16	33.05	24.27	23.29	19.40

15.2.2 Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate

I parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate sono stati valutati a partire da prove di laboratorio.

La misura diretta è stata effettuata mediante prova di taglio diretto (TD) e prova triassiale CID (TxCID) sul campione indisturbato C11 a -4,50 m del sondaggio SD25. I risultati sono riportati in tabella 15.2 in termini di parametri di resistenza al taglio di picco.

Tabella 15.2: Parametri di resistenza al taglio drenati da prove di laboratorio per l'unità CAVC

Sondaggio	Campione	Profondità	Parametri di resistenza di picco	
			φ'_p	c'_p
	(n°)	(m)	(°)	(kPa)
SD25	C11 (TxCID)	4.50-4.95	26.9	30.5
SD25	C11(TD)	4.50-4.95	27.6	26.8

Le due prove di laboratorio sono in accordo e forniscono parametri di resistenza al taglio molto simili.

Una stima indiretta dell'angolo di resistenza al taglio critico può essere fatta mediante la correlazione di figura 5.2, a partire dal valore dell'indice di plasticità IP. Considerando a favore di sicurezza il valore limite superiore dell'indice di plasticità IP=25%, si ottiene un valore dell'angolo di attrito critico $\varphi'_{cv} \approx 28 \div 30^\circ$, di poco inferiore a quello ottenuto dalle prove di laboratorio.

Il lieve innalzamento dei valori di resistenza ottenuti dalle prove di laboratorio è da imputarsi alla presenza di materiale a grana grossa presente nei campioni prelevati che ne innalzano la resistenza rispetto ai valori tipici dei materiali argillosi di analoghe formazioni.

Dalla prova triassiale TxCID è stato inoltre possibile ottenere i parametri di resistenza al taglio residui.

Parametri di resistenza "residui" sono stati ottenuti anche dalla prova di taglio diretto effettuata sul campione CR2 del sondaggio SD27. I risultati sono riportati in tabella 15.3 in termini di parametri di resistenza al taglio residui.

Tabella 15.3: Parametri di resistenza al taglio drenati da prove di laboratorio per l'unità CAVC

Sondaggio	Campione	Profondità	Parametri di resistenza di residui	
			φ'_r	c'_r
	(n°)	(m)	(°)	(kPa)
SD25	CI1 (TxCID)	4.50-4.95	21	0
SD27	CR2	3.00-3.30	31.4	0

Per la formazione in oggetto si è operata cautelativamente una limitazione dei parametri di resistenza di picco con risultati provenienti dalla nuvola di formazioni analoghe per cui si può assumere:

- Parametri di resistenza al taglio di picco: $c'_p=15$ kPa, $\varphi'_p=27^\circ$
- Parametri di resistenza al taglio residui: $c'_r=0$, $\varphi'_p=21^\circ$

Tali parametri possono essere assunti come valori "operativi" nei calcoli geotecnici.

15.2.3 Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate

La coesione non drenata c_u è stata valutata a partire da prove in sito SPT. Per la formazione in oggetto si ottiene un valore della coesione non drenata variabile $c_u = 45 - 260$ kPa, con un valore medio di c_u di circa 155 kPa.

Tabella 15.4: Coesione non drenata da prove SPT per l'unità CAVC

	z (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT}	C_u (kPa)
SD25	1,7	34	9	45
	6	103,5	51	255
SD26	1,5	30	12	60
	6	106,5	52	260

15.2.4 Parametri di deformabilità "operativi"

Il modulo elastico della coltre è stato determinato in laboratorio tramite prova edometrica realizzata sul campione a -4,50 m di SD 25. I coefficienti di compressione e ricomprensione (C_c e C_r , coefficiente angolare della retta $\Delta e / \Delta \log s'_{v0}$ rispettivamente nei tratti di compressione vergine e di ricarico) sono valori tipici di argille lievemente sovraconsolidate e valgono:

$$C_c = 0,19$$

$$C_r = C_c/5 = 0,04$$

$$e_0 = 0,48$$

$$OCR = 1,70$$

Il coefficiente di consolidazione secondaria $C_{\alpha} = \Delta \varepsilon / \Delta \log t$ e il modulo edometrico $M = \Delta s'_{v0} / \Delta \varepsilon$ sono funzione del livello di carico e valgono:

$$C_{\alpha} = 0,020 - 0,063$$

$$M = 5 - 85 \text{ MPa}$$

Il modulo elastico "operativo" da utilizzarsi in problemi di scavi sostenuti è stato valutato a partire da prove in sito SPT. Per la formazione in oggetto si ottiene un valore del modulo elastico "operativo" in condizioni di carico variabile da 5 a 26MPa, con un valore medio $E_{op}=16 \text{ MPa}$.

Per quanto riguarda le condizioni di scarico/ricarico nelle analisi delle opere di sostegno, si può adottare un valore del modulo elastico "operativo" pari a 1.5-2.0 volte quello di carico.

Tabella 15.5: Modulo elastico "operativo" da prove SPT per l'unità CAVC

	z (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT}	E_{op} (MPa)
SD25	1,7	34	9	5
	6	103,5	51	26
SD26	1,5	30	12	6
	6	106,5	52	26

15.2.5 Coefficienti di permeabilità e coefficienti di consolidazione primaria

I coefficienti di permeabilità ottenuti dalla prova edometrica si attestano nel seguente range di valori:

$$k_v = 2,8 \times 10^{-12} \text{ , } 1,0 \times 10^{-11} \text{ m/s .}$$

Per quanto riguarda il coefficiente di consolidazione primaria c_v , ricavato dalla prova edometrica in corrispondenza di pressioni verticali efficaci comparabili a quelle geostatiche, utilizzabile nell'ambito di teorie di consolidazione convenzionali e di problemi di flusso in direzione verticale può essere assunto mediamente pari a:

$$c_v = 1 \times 10^{-8} \text{ , } 2,3 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}.$$

15.2.6 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici della coltre superficiale CAVC.

Tabella 15.6: Sommario parametri geotecnici per la coltre superficiale CAVC

Parametri	CAVC
g_h (kN/m ³)	20.7
G_s (Mg/m ³)	2.63÷2.71
w (%)	20.8
LL (%)	26÷45
LP (%)	19÷24
IP (%)	16÷25
c'_p (kPa) ⁽¹⁾	15
ϕ'_p (°) ⁽¹⁾	27
c_u (kPa)	45÷260
E'_{op} (MPa) ^{(2) (3)}	5÷26
OCR	1,0÷1,7
C_c (-)	0,19

C_r (-)	$C_c/5$
C_{ae} (%)	0,020÷0.063
k_v (m/s)	$2,8 \times 10^{-12}$, $1,0 \times 10^{-11}$
c_v (m ² /s)	$1,0 \times 10^{-8}$, $2,3 \times 10^{-8}$

Simbologia

g_n = peso specifico naturale

G_s = peso specifico dei grani

w = contenuto d'acqua naturale

LL = limite liquido

LP = limite plastico

IP = indice di plasticità

c'_p = coesione efficace di picco

ϕ'_p = angolo di resistenza al taglio di picco

c_u = coesione non drenata

E'_{op} = modulo elastico di Young "operativo" per scavi sostenuti

OCR = grado di sovraconsolidazione

C_c = coefficiente di compressione edometrico nel ramo di carico;

C_r = coefficiente di compressione edometrico nel ramo di ricarico;

C_a = coefficiente di consolidazione secondaria;

k_v = coefficiente di permeabilità verticale riferito a pressioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a problemi di flusso diretto principalmente nella direzione verticale;

c_v = coefficiente di consolidazione primaria verticale riferito a pressioni di consolidazione pari a quelle geostatiche e a problemi di consolidazione principalmente verticale;

⁽¹⁾ = da assumersi come valori "operativi" nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno non caratterizzate da dissesti in atto

⁽²⁾ = da applicare nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno

⁽³⁾ = valore limite inferiore relativo alle condizioni di carico, valore limite superiore relativo alle condizioni di scarico/ricarico

Sulla base delle correlazioni presenti in letteratura sulle proprietà fisiche dei materiali (granulometrie e limiti di Atterberg) e sui risultati delle prove di taglio diretto è stato possibile attribuire un valore di angolo di attrito residuo di 20° del materiale in frana.

15.3 SUBSTRATO ARGILLITICO (AVC)

Le formazioni argillitiche presenti nell'area in esame sono assimilabili a terreni molto compatti che a formazioni litoidi. Si tratta di argille e argilliti scagliose, con intercalati livelli calcarei.

Il substrato della formazione delle argille scagliose viene caratterizzato, da un punto di vista geotecnico, come un terreno coesivo.

Per la caratterizzazione geotecnica sono disponibili prove di laboratorio e prove in sito SPT.

15.3.1 Caratteristiche fisiche

Dai risultati delle analisi granulometriche e dei limiti di Atterberg della componente fine, il materiale in oggetto si classifica come argilla limosa plastica.

Sulla base delle descrizioni stratigrafiche e delle analisi di laboratorio, i cui risultati sono riportati in tabella 12.6, il terreno può essere considerato, dal punto di vista del comportamento meccanico, come terreno di tipo coesivo.

I risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato le seguenti proprietà fisiche del materiale:

- il limite liquido (LL) relativamente alla componente fine è compreso tra 41÷47%
- il limite plastico (LP) relativamente alla componente fine è compreso tra 24÷28%
- l'indice plastico (IP) relativamente alla componente fine è compreso tra 13÷23%, comunque superiore a 10%
- il contenuto d'acqua naturale (W) è compreso tra 10.0÷10.6 %
- il peso specifico naturale (γ_n) è compreso tra 19.9÷21.7 kN/m³
- il peso specifico dei grani (G_s) è compreso tra 2.617÷2.703 Mg/m³

Tabella 15.7: Proprietà fisiche substrato AVC

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione CNR-UNI	Contenuto d'acqua	Peso di volume	Peso specifico grani	Limiti di Atterberg			Composizione granulometrica			
							w	g _s	G _s	LL	LP	IP	Ghiaia
	n°	m		%	kN/m ³	Mg/m ³	%	%	%	%	%	%	%
SD25	CR3	6.00-6.30	A7-6				47	28	19	1.29	32.81	29.48	36.42
SD25	CS1	11.30-11.60	A7-6	10.6	19.9	2.617	47	24	23	6.08	34.28	26.84	32.79
SD25	CI2	15.90-16.50	A7-6	10.0	21.7	2.703	41	28	13	15.56	20.19	33.56	30.70

15.3.2 Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate

I parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate sono stati valutati a partire da prove di laboratorio.

La misura diretta è stata effettuata mediante prova triassiale di taglio diretto su campione indisturbato prelevato dal sondaggio SD25. I risultati sono riportati in tabella 12.2 in termini di parametri di resistenza al taglio.

Tabella 15.8: Parametri di resistenza al taglio drenati da prove di laboratorio per l'unità AVC

Sondaggio	Campione	Profondità	Parametri di resistenza	
			ϕ'	c'
	(n°)	(m)	(°)	(kPa)
SD25	CS1	11.30-11.60	29	1

Per la formazione in oggetto si può assumere:

- Parametri di resistenza al taglio di picco: $c'_p=0-5$ kPa, $\phi'_p=29^\circ$

Tali parametri possono essere assunti come valori "operativi" nei calcoli geotecnici per il substrato argillitico.

Dalla prova di taglio diretto è stato inoltre possibile ottenere i parametri di resistenza al taglio residui per il substrato argillitico stesso.

Tabella 15.9: Parametri di resistenza al taglio drenati residui da prove di laboratorio per l'unità AVC

Sondaggio	Campione	Profondità	Parametri "residui"	
			ϕ'_r	c'_r
	(n°)	(m)	(°)	(kPa)
SD25	CS1	11.30-11.60	19	0

Per la formazione in oggetto si può assumere:

- Parametri di resistenza al taglio residui: $c'_r=0$ kPa, $\phi'_r=19^\circ$

I parametri di resistenza al taglio "residuo" sono da intendersi come valore limite inferiore, ovvero cautelativo, della resistenza "operativa" del terreno in quanto ottenuti da prove di laboratorio su provini rimaneggiati e quindi applicabili alle situazioni di dissesto in atto.

15.3.3 Parametri di resistenza al taglio in condizioni non drenate

La coesione non drenata c_u è stata determinata mediante prova TxUU sul campione di SD25 a quota -15,90 m. Si ottiene:

$$c_u = 168 \text{ KPa}$$

15.3.4 Parametri di deformabilità "operativi"

Il modulo elastico "operativo" da utilizzarsi in problemi di scavi sostenuti è stato valutato a partire da prove in sito SPT. Per la formazione in oggetto si ottiene un valore del modulo elastico "operativo" in condizioni di carico variabile da 51 a 70 MPa, con un valore medio $E_{op}=60$ MPa.

Per quanto riguarda le condizioni di scarico/ricarico nelle analisi delle opere di sostegno, si può adottare un valore del modulo elastico "operativo" pari a 1.5-2.0 volte quello di carico.

Tabella 15.10: Modulo elastico "operativo" da prove SPT per l'unità AVC

	-	z (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT}	E_{op} (MPa)
SD 25	1	6	106,5	51	51
	2	7,5	121,5	70	70

15.3.5 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici del substrato argillitico AVC.

Tabella 15.11: Sommario parametri geotecnici per il substrato argillitico AVC

Parametri	AVC
g_h (kN/m ³)	19.9÷21.7
G_s (Mg/m ³)	2.62÷2.70
w (%)	10.0÷10.6
LL (%)	41÷47
LP (%)	24÷28
IP (%)	13÷23
c'_p (kPa) ⁽¹⁾	0÷5
ϕ'_p (°) ⁽¹⁾	29
c'_r (kPa) ⁽⁴⁾	0
ϕ'_r (°) ⁽⁴⁾	19
c_u (kPa)	165
E'_{op} (MPa) ^{(2) (3)}	51÷70

Simbologia

- g_h = peso specifico naturale
 G_s = peso specifico dei grani
w = contenuto d'acqua naturale
LL = limite liquido
LP = limite plastico

IP = indice di plasticità

c'_p = coesione efficace di picco

ϕ'_p = angolo di resistenza al taglio di picco

c_u = coesione non drenata

E'_{op} = modulo elastico di Young "operativo" per scavi sostenuti

⁽¹⁾ = da assumersi come valori "operativi" nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno non caratterizzate da dissesti in atto

⁽²⁾ = da applicare nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno

⁽³⁾ = valore limite inferiore relativo alle condizioni di carico, valore limite superiore relativo alle condizioni di scarico/ricarico

⁽⁴⁾ = valore limite inferiore relativo alle condizioni di resistenza "residua" quindi applicabili nelle situazioni di dissesto in atto.

16 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA FORMAZIONE DI MONTEVENERE – MOV

16.1 GENERALITÀ

La formazione di Monteverere è costituita da calcari marnosi alternati ad arenarie.

Il deposito superficiale di tale formazione è caratterizzato da sabbie limose con strati di limi argillosi.

La caratterizzazione geotecnica viene eseguita con riferimento al sondaggio geognostico SD20, alle prove in sito eseguite nel foro di sondaggio (prove SPT) e alla prova di laboratorio effettuata sull'unico campione prelevato della coltre superficiale.

16.2 DEPOSITO SUPERFICIALE (CMOV)

16.2.1 Caratteristiche fisiche

Dai risultati delle analisi granulometriche il materiale in oggetto varia da ghiaia e sabbia limosa a argilla limosa.

Sulla base delle descrizioni stratigrafiche e delle analisi di laboratorio, i cui risultati sono riportati in tabella 16.1, siccome la percentuale di limo e argilla risulta sempre inferiore al 50%, il terreno può essere considerato, dal punto di vista del comportamento meccanico, come terreno di tipo incoerente. Pertanto, per l'interpretazione delle prove in situ si adotteranno le correlazioni relative ai materiali a grana grossa.

I risultati delle analisi di laboratorio hanno evidenziato le seguenti proprietà fisiche del materiale relativamente alla componente fine:

- il limite liquido (LL) relativamente alla componente fine è compreso tra 28÷43%
- il limite plastico (LP) relativamente alla componente fine è mediamente compreso tra 21÷23%
- l'indice plastico (IP) relativamente alla componente fine è compreso tra 13.0÷20.0%
- il peso specifico dei grani (G_s) è stato determinato per un solo campione e risulta pari a 2.557 Mg/m³

Tabella 16.1: Proprietà fisiche deposito superficiale CMOV

Sondaggio	Campione	Profondità	Classificazione CNR-UNI	Contenuto d'acqua	Peso di volume	Peso specifico grani	Limiti di Atterberg			Composizione granulometrica			
							LL	LP	IP	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla
	n°	m		w %	ρ_s kN/m ³	G_s Mg/m ³	%	%	%	%	%	%	%
SD20	CR1	2.00-2.30	A2-6				34.0	21.0	13.0	27.16	25.70	29.29	17.84
SD20	CR2	4.50-4.80	A1-a			2.557	28.0	-	-	68.87	27.11	2.48	1.54
SD20	CR4	9.00-9.30	A7-6				43.0	23.0	20.0	31.21	25.65	19.55	23.58

Dall'interpretazione delle prove SPT si è stimata una densità relativa (D_r) compresa tra 65-94%.

La tabella 16.2 mostra i valori di N_{SPT} e D_r con la profondità.

Tabella 16.2: Densità relativa D_r da prove N_{SPT} per l'unità CMOV

Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT}	D_r (%) Skempton
1,8	36	16	65
3	60	39	94
4,5	90	25	69
9	164	48	81

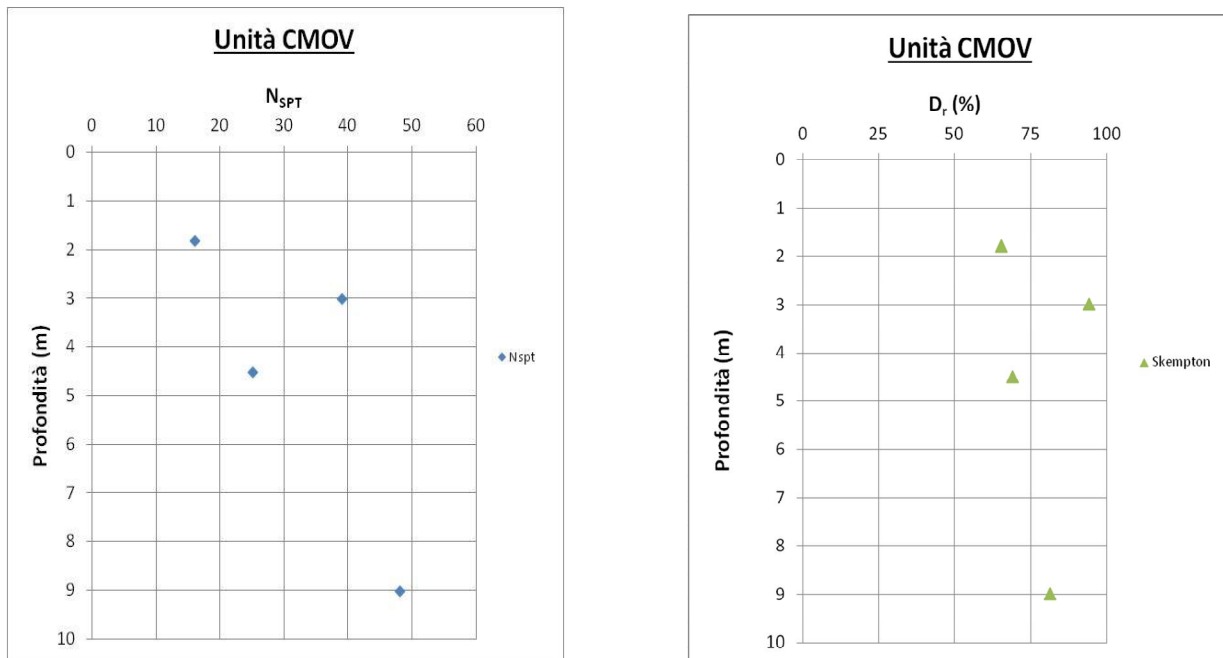


Figura 16.1: Numero dei colpi N_{SPT} e densità relativa D_r con la profondità per l'unità CMOV

16.2.2 Parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate

I parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate sono stati valutati a partire da prove di laboratorio di taglio diretto e da prove in sito SPT.

E' stata eseguita un'unica prova di taglio diretto su un campione rimaneggiato da prova N_{spt}. I risultati sono riportati in tabella 6.3 in termini di parametri di resistenza al taglio "residui".

Tabella 16.3: Parametri di resistenza al taglio drenati da prove di laboratorio per l'unità CMOV

Sondaggio	Campione	Profondità	Parametri "residui"	
			ϕ'_r	c'_r
	(n°)	(m)	(°)	(kPa)
SD20	CR2	3.00-3.30	31.0	0.0

Dall'interpretazione delle prove SPT si sono stimati l'angolo di resistenza al taglio di picco (ϕ'_p) e l'angolo di dilatanza (ψ), a partire dai quali è stato possibile risalire all'angolo di resistenza al taglio critico (ϕ'_{cv}) (tabella 16.4). I risultati sono riportati in figura 16.2 in funzione della profondità.

Tabella 16.4: Parametri di resistenza al taglio drenati da prove SPT per l'unità CMOV

Profondità (m)	σ'_{v0} (kPa)	N_{SPT}	ϕ'_p (°)	ψ (°)	ϕ'_{cv} (°)
1,8	36	16	37	5	32
3	60	39	41	9	32
4,5	90	25	38	6	32
9	164	48	39	7	32

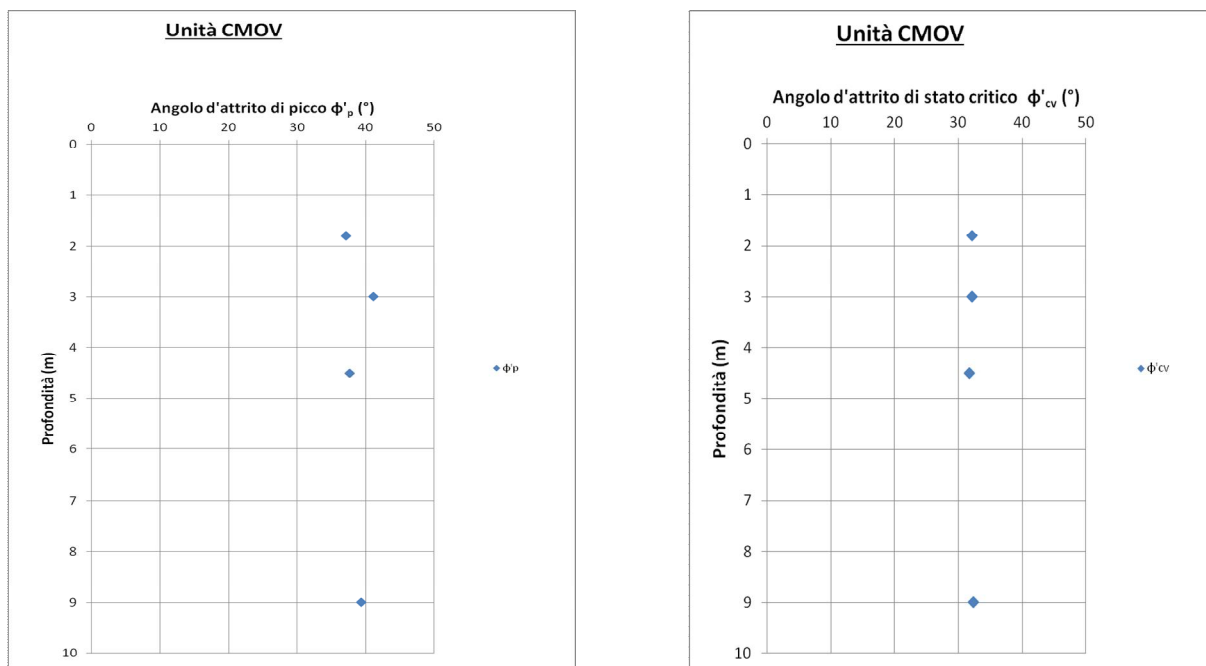


Figura 16.2: Angolo di attrito di picco e critico con la profondità da prove SPT per l'unità CMOV

Dai risultati delle prove di laboratorio ed in situ si possono assumere i seguenti parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate per l'unità CMOV:

- Parametri di resistenza al taglio di picco: $c'_p=0$ kPa, $\varphi'_p=37-41^\circ$
- Parametri di resistenza al taglio critico: $c'_{cv}=0$, $\varphi'_{cv}=32^\circ$
- Parametri di resistenza al taglio "residuo": $c'_r=0$, $\varphi'_r=31^\circ$

I parametri di resistenza al taglio "residuo" sono da intendersi come valore limite inferiore, ovvero cautelativo, della resistenza "operativa" del terreno in quanto ottenuti da prove di laboratorio su provini rimaneggiati.

16.2.3 Parametri di deformabilità "operativi"

Il modulo elastico "operativo" è stato valutato a partire da prove in situ SPT mediante la correlazione di Jamiolkowski et al. (1988) per terreni normal consolidati.

I risultati delle interpretazioni sono riportati in figura 6.3 ed in tabella 6.5.

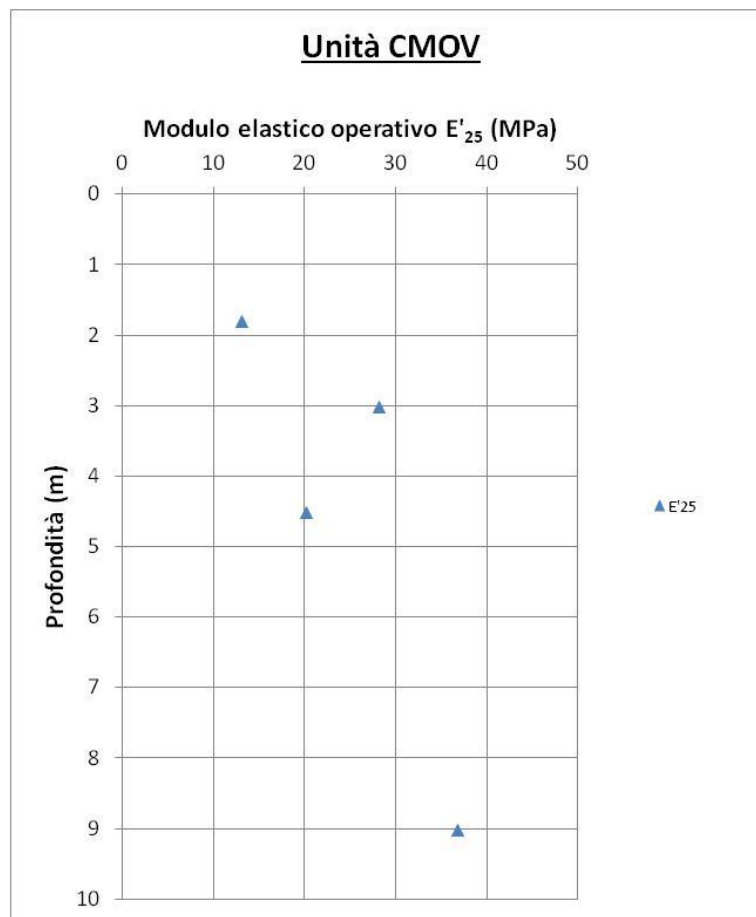


Figura 16.3: Modulo elastico "operativo" con la profondità da prove SPT per l'unità CMOV

Tabella 16.5: Modulo elastico “operativo” da prove SPT per l’unità CMOV

z (m)	σ'_{v0} (kPa)	N _{SPT}	E' ₂₅ (MPa)
1,8	36	16	13
3	60	39	28
4,5	90	25	20
9	164	48	37

Dai risultati delle prove in sito si è quindi desunto, per il deposito superficiale CMOV, il seguente intervallo di valori del modulo elastico “operativo” in condizioni di carico, da assumersi nei calcoli geotecnici:

- Modulo elastico “operativo”: $E'_{op}=13\div37$ MPa

Per quanto riguarda le condizioni di scarico/ricarico nelle analisi delle opere di sostegno, si può adottare un valore del modulo elastico “operativo” pari a 1.5-2.0 volte quello di carico.

16.2.4 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici del deposito superficiale CMOV.

Tabella 16.6: Sommario parametri geotecnici per il deposito superficiale CMOV

Parametri	CMOV
g_h (kN/m ³)	20
G_s (Mg/m ³)	2.6
w (%)	-
LL (%) ⁽¹⁾	28÷43
LP (%) ⁽¹⁾	21÷23
IP (%) ⁽¹⁾	13÷20
D_r (%)	65÷94
c'_p (kPa)	0
ϕ'_p (°)	37÷41
ϕ'_{cv} (°)	32
c'_{op} (kPa) ⁽²⁾	0
ϕ'_{op} (°) ⁽²⁾	32÷34
c'_r (kPa) ⁽³⁾	0
ϕ'_r (°) ⁽³⁾	31
E'_{op} (MPa) ⁽⁴⁾	13÷37

Simbologia

g_h = peso specifico naturale

G_s =	peso specifico dei grani
w =	contenuto d'acqua naturale
LL =	limite liquido
LP =	limite plastico
IP =	indice di plasticità
D_r =	densità relativa
c'_p =	coesione efficace di picco
ϕ'_p =	angolo di resistenza al taglio di picco
ϕ'_{cv} =	angolo di resistenza al taglio critico
c'_{op} =	coesione efficace "operativa"
ϕ'_{op} =	angolo di resistenza al taglio "operativo"
c'_r =	coesione efficace "residua"
ϕ'_r =	angolo di resistenza al taglio "residuo"
E'_{op} =	modulo elastico di Young "operativo"

(¹) = relativi alla componente fine del campione

(²) = applicabili a situazioni non caratterizzate da dissesti pregressi o in atto

(³) = da adottare in presenza di dissesti pregressi o in atto

(⁴) = da applicare nelle analisi di fondazioni e opere di sostegno

Sulla base delle correlazioni presenti in letteratura sulle proprietà fisiche dei materiali (granulometrie e limiti di Atterberg) e sui risultati delle prove di taglio diretto è stato possibile attribuire un valore di angolo di attrito residuo di 26° del materiale in frana per il dimensionamento delle opere nella zona del sondaggio SD20.

16.3 SUBSTRATO ROCCIOSO (MOV)

16.3.1 Qualità dell'ammasso roccioso

Il substrato MOV compare solamente nel sondaggio SD20 tra le profondità 8.90 m e 15.70 m da piano campagna. Il substrato è composto da alternanza tra siltiti ed arenarie molto fratturate e brecciate.

In tabella 16.9 si riassume la qualità dell'ammasso roccioso in funzione della profondità.

Tabella 16.7: Qualità della formazione rocciosa MOV

Profondità (m)	Indice RQD (%)	Qualità ammasso roccioso
Primi 7.0 m	0 – 25	Molto scadente

16.3.2 Sommario parametri geotecnici

Sulla base di quanto presentato e discusso nei paragrafi precedenti, nella tabella seguente vengono riassunti i parametri caratteristici relativi al materiale roccioso MOV. Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza al taglio in condizioni drenate, il peso specifico naturale e il modulo di elasticità, si è fatto riferimento a caratterizzazioni del substrato stesso in lotti limitrofi dotato di medesima qualità.

Tabella 16.8: Sommario parametri geotecnici per il substrato roccioso MOV

Parametri	MOV
g_h (kN/m ³)	23
RQD (%)	0÷25
c' (kPa)	0÷5
φ' (°)	36÷38
E'_{op} (MPa)	70÷110

Simbologia

g_h = peso specifico naturale

RQD = Rock Quality Designation

c' = coesione efficace di picco
 φ' = angolo di resistenza al taglio di picco
 E'_{op} = modulo elastico di Young "operativo" per scavi sostenuti

17 VERIFICHE DI STABILITA' DI RILEVATI E TRINCEE

Il presente capitolo contiene le verifiche geotecniche relative ai rilevati ed alle trincee presenti lungo il tracciato in progetto, per quanto riguarda tutti i tratti della riqualificazione della viabilità esistente della Bretella di Firenzuola.

Le verifiche svolte si ritengono rappresentative anche dei tratti caratterizzate da condizioni geotecniche e geometriche meno gravose.

Le analisi di stabilità globali, qui condotte sono da ritenersi, comunque, locali, ovvero non rappresentative di condizioni di stabilità a scala di versante, ma rappresentative solo localmente alla trincea o al rilevato interessato dalle analisi (si veda anche quanto espresso al cap. 2).

In particolare, oggetto del presente capitolo è la verifica di stabilità globale delle opere in terra e degli scavi in trincea.

In particolare, sono stati analizzati i seguenti punti:

- | | | |
|-----------------------|-------------|-------------------------------------|
| - Tratto 3 – Curva H | In rilevato | $H_{\text{rilevato}} < 5.0\text{m}$ |
| - Tratto 3 – Curva G | In trincea | $H_{\text{rilevato}} < 5.0\text{m}$ |
| - Tratto 3 – Curva F | In rilevato | $H_{\text{rilevato}} < 5.0\text{m}$ |
| - Tratto 3 – Curva E | In rilevato | $H_{\text{rilevato}} < 5.0\text{m}$ |
| - Tratto 3 – Tornante | In rilevato | $H_{\text{rilevato}} > 5.0\text{m}$ |
| - Tratto 1 - Cavet | In trincea | $H_{\text{trincea}} < 5.0\text{m}$ |

In accordo al paragrafo § 6.8 delle NTC2018 l'analisi di stabilità globale del corpo del rilevato è stata effettuata secondo l'Approccio 1, Combinazione 2 - A2+M2+R2, con $g_R=1.1$, applicando i coefficienti parziali di tabella 6.2.I per le azioni e di tabella 6.2.II per i parametri geotecnici dei terreni.

L'analisi delle condizioni di stabilità dei pendii in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici. L'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso W del volume di terreno potenzialmente instabile. Tale forza dipende dalle caratteristiche del moto sismico atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e dalla capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza.

Nelle verifiche allo stato limite ultimo, in mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale di tale forza possono esprimersi come $F_h = k_h \times W$ e $F_v = k_v \times W$, con k_h e k_v rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale:

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

$$k_v = \pm 0.5 \times k_h$$

dove:

- β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (0.38 come indicato nel paragrafo 7.11.4 NTC2018);
- a_{\max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g = accelerazione di gravità.

L'accelerazione massima attesa al sito può essere valutata con la relazione:

$$a_{\max} = S \times a_g = S_S \times S_T \times a_g$$

dove:

- S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica (S_S) e dell'amplificazione topografica (S_T);
- a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

Di seguito si riportano i valori di accelerazione di picco e i parametri significativi degli spettri di progetto, per la zona di interesse:

DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO ALLO STATO LIMITE SLV ($T_R = 712$ ANNI)								
Sottosuolo	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]	S_S [-]	S_T [-]	β_m [-]	k_h [-]	k_v [-]
E	0.233	2.383	0.290	1.389	1.2	0.380	0.147	± 0.073

Le verifiche in condizioni simiche si effettuano ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici (§ 7.11.1) e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R=1.2$.

Per quanto riguarda i rilevati, in condizioni statiche sulla piattaforma stradale è stato considerato un sovraccarico accidentale di 20 kPa; in condizioni sismiche tale carico è stato trascurato.

In accordo alla NTC (tabella 6.2.1), al sovraccarico da traffico, si è applicato un coefficiente parziale sui carichi variabili pari a $\gamma_{di} = 1.3$.

17.1 METODOLOGIA DI CALCOLO

In molti metodi dell'analisi limite, si ricorre alla suddivisione in "conci" della massa di terreno compresa tra la superficie di scorrimento e la superficie topografica del pendio. Convenzionalmente tale suddivisione viene praticata con linee verticali, ma ciò non costituisce condizione necessaria per l'applicabilità di tali metodi, né si è costretti a prevedere conci di eguale spessore. Il solo aspetto che si deve tenere in considerazione nella suddivisione in conci è che per ciascuno di essi, in corrispondenza della base, i parametri di resistenza al taglio devono poter essere ritenuti costanti.

La suddivisione della massa instabile di terreno rende i metodi dell'equilibrio limite particolarmente flessibili, nel senso che essi possono essere utilizzati per analisi di stabilità di pendii caratterizzati da morfologie molto complesse e costituiti da terreni parametrizzabili con proprietà geotecniche di resistenza al taglio molto diverse.

La base del concio per cinematismi di rottura non planari, difficilmente è riconducibile ad un segmento rettilineo, ma il più delle volte, per semplificare i calcoli, si tende a confondere tale tratto curvilineo con la relativa corda.

Un ulteriore vantaggio associato all'applicazione della suddivisione in conci della massa al di sopra dell'ipotizzata superficie di scivolamento risiedono nel poter assoggettare i terreni presenti nei pendii instabili ai più svariati regimi di pressioni interstiziali. Inoltre, il procedimento di calcolo finalizzato alla determinazione del fattore di sicurezza minimo si presta ad essere facilmente sviluppato con il ricorso al calcolo automatizzato.

Nella figura seguente sono riportate le azioni agenti su un singolo concio, nell'ipotesi di assenza di carichi esterni.

Con W_i viene indicata la forza peso del concio, T_i e N'_i sono le reazioni tangenziali e normali che agiscono sulla base del concio, mentre E_i e X_i rappresentano rispettivamente le reazioni normali e tangenziali dovute alle interazioni fra conci adiacenti.

Immaginiamo che la massa a rottura sia suddivisa in n conci e valutiamo il bilancio equazioni-incognite per un generico problema di stabilità.

Le incognite del problema sono:

- le forze N_i (in numero di n , quanti sono i conci);
- le forze T_i (in numero di n , quanti sono i conci);
- il braccio delle forze N_i , a_i (in numero di n , quanti sono i conci);
- le forze di interfaccia X_i (in numero di $n-1$);
- le forze di interfaccia T_i (in numero di $n-1$);
- i bracci h_i delle forze X_i (in numero di $n-1$);
- il fattore di sicurezza F_s (1 incognita)

Facendo un breve calcolo si constata che il problema presenta $6n-2$ incognite (le spinte dell'acqua non costituiscono delle incognite, in quanto dopo aver avanzato realistiche ipotesi sull'andamento della superficie freatica nel pendio, la determinazione delle pressioni interstiziali può essere fatta in modo agevole, sfruttando per esempio le proprietà delle linee isopotenziali del reticolo di flusso). Resta inteso che le forze di superficie e di volume si considerano note (forza peso dei conci, forze di filtrazione, eventuali sovraccarichi).

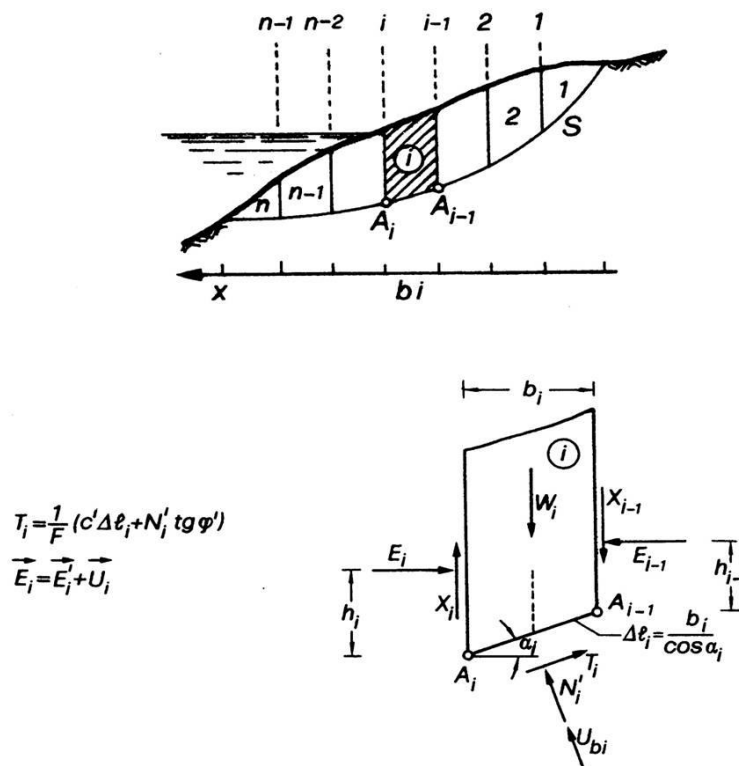


Figura 17.1: Suddivisione della massa instabile in conci: definizione delle incognite (Farulla 2000)

Vediamo ora le equazioni a nostra disposizione:

- 3n equazioni di equilibrio:

$$SV = 0$$

$$SH = 0$$

$$SM = 0$$

- n equazioni $a_i = D_i/2$, che traducono il fatto che la retta d'azione delle forze N incontra la base del concio in corrispondenza del suo punto medio;

- n equazioni del tipo $T_i = t_{\text{mobilitata}} \times D_i$ esprimibili anche come n equazioni del tipo

$$T_i = \frac{c_i \times D_i + N_i \times \tan \phi'}{F_s};$$

Abbiamo solo 5n equazioni, ne mancano n-2 per pareggiare il conto con le incognite. In sostanza, in termini ingegneristici, il problema è n-2 volte iperstatico. Per risolvere l'indeterminatezza del problema vi è la necessità di acquisire un certo numero di equazioni aggiuntive. Le differenze sostanziali tra i vari metodi dell'equilibrio limite consistono nel modo in cui i vari Autori hanno cercato di risolvere il problema di indeterminatezza statica sopradescritto.

In letteratura esistono molti metodi dell'equilibrio limite, essi possono essere suddivisi in due grandi famiglie: i "metodi rigorosi" ed i "metodi approssimati".

Alla base di questi ultimi metodi, detti anche "metodi semplificati", si adottano ipotesi altamente semplificative, per esempio si trascurano alcune forze di interfaccia concio-concino, oppure assegnando alle forze di interconcio sia i punti di applicazione sia la direzione delle rette d'azione. Le ipotesi semplificative adottate, a volte, eliminano un numero di incognite maggiore di quello strettamente necessario per risolvere l'indeterminatezza statica del problema di stabilità, in altre parole le equazioni a disposizione diventano sovrabbondanti rendendo il problema non equilibrato, nel senso che le forze in gioco calcolate non soddisfano tutte le condizioni di equilibrio dei vari conci e dell'intero masso di terreno potenzialmente instabile.

I metodi rigorosi ricercano, invece, un numero di equazioni tali da pareggiare il conto equazioni-incognite. Le n-2 equazioni integrative vengono introdotte in modo tale da garantire le condizioni di equilibrio globale dell'ammasso di terreno ritenuto instabile.

Il metodo di Bishop

Come noto nei metodi che prevedono la suddivisione della massa di terreno ritenuta instabile in conci, la determinazione del fattore di sicurezza F_s avviene prendendo in considerazione l'equilibrio globale dell'intero ammasso. Nel caso in cui, il cinematismo di rottura preveda superfici di scivolamento assimilabili a degli archi di circonferenza, di centro O e raggio r, al fine della determinazione del F_s , risulta molto conveniente utilizzare l'equazione che esprime l'equilibrio alla rotazione dell'intera massa instabile intorno al punto O.

La convenienza dell'equazione alla rotazione intorno al centro dell'arco di circonferenza è facilmente comprensibile, osservando la Figura 17.2, dalla quale si evince:

- § le forze con retta d'azione ortogonale alla base dei conci, N_i' e $U_{bi} = u_{ib} D_i$, hanno momento nullo, in quanto la loro retta d'azione passa per il punto O e quindi il braccio è uguale a zero.
- § le forze con retta d'azione coincidente con la direzione della base dei conci, la resistenza mobilitata T_i , hanno braccio pari al raggio r dell'arco di circonferenza.
- § Le forze peso W_i hanno braccio pari a $r \sin \alpha_i$, dove con α_i è indicato l'angolo di inclinazione che la base del concio forma con l'orizzontale.

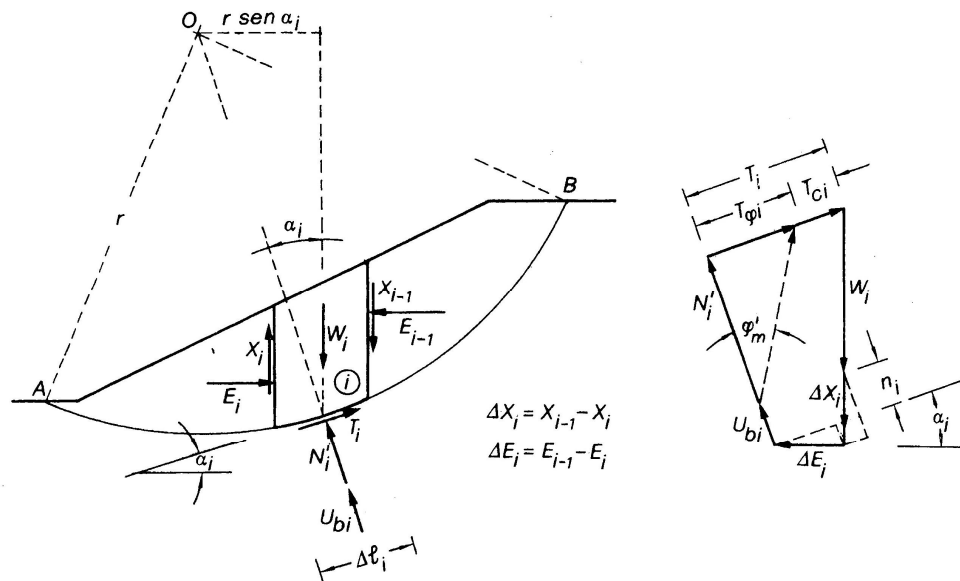


Figura 17.2: Superfici di rottura circolare (Farulla, 2000)

Si fa notare che superfici di scivolamento planare possono essere approssimate a superfici di rottura a forma circolare semplicemente considerando elevati raggi r.

E' chiaro che le forze X ed E non intervengono nel calcolo del momento in quanto forze interne al sistema "massa instabile".

Come già accennato, nel metodo di Bishop si assume che la superficie di scivolamento possa essere assimilata ad un arco di circonferenza, dunque, il fattore di sicurezza può essere espresso in termini di momenti rispetto al centro dell'arco di circonferenza stesso, e alla luce di quanto accennato in precedenza si ha:

$$F_s = \frac{M_s}{M_r}$$

in cui M_r è il momento delle forze ribaltanti:

$$M_r = r \times \sum_{i=1}^n W_i \times \sin \alpha_i$$

M_s è il momento stabilizzante dato da:

$$M_s = r \times \sum_{i=1}^n T_{fi}' = r \times \sum_{i=1}^n (c_i' + s_i' \times \tan f_i') \times D l_i = r \times c' \times L + r \times \tan f' \times \sum_{i=1}^n N_i'$$

dove:

- r è il raggio dell'arco di circonferenza che rappresenta la superficie di scivolamento.
- L è la lunghezza dell'arco di circonferenza
- c'_i è l'intercetta di coesione del terreno situato in corrispondenza della base del concio i -esimo.
- f'_i è l'angolo di resistenza al taglio del terreno situato in corrispondenza della base del concio i -esimo.
- f' è l'angolo di resistenza al taglio del terreno, supposto costante per tutti i conci
- c' è l'intercetta di coesione, supposta costante per tutti i conci
- Dl_i è la lunghezza della corda che approssima l'arco di circonferenza che costituisce la base dei conci.
- N'_i è la risultante delle forze normali agenti sulla base del concio considerato.
- T_{fi}' è la risultante delle forze tangenziali agenti sulla base del concio considerato (resistenza ultima)
- α'_i è l'angolo di inclinazione della corda che rappresenta la base di ogni concio
- n è il numero di conci in cui risulta suddivisa la massa di terreno ritenuta instabile

Per l'equilibrio dell'intera massa di terreno ritenuta instabile attorno al centro dell'arco di circonferenza O si ha:

$$M_r = r \times \sum_{i=1}^n W_i \times \sin \alpha_i = \sum_{i=1}^n T_i \times r = M_s$$

dove con T_i si è indicata la resistenza mobilitata alla base del generico concio:

$$T_i = \frac{T_{fi}'}{F_s} = \frac{c'_i \times Dl_i + N'_i \times \tan f'_i}{F_s}$$

Dunque, il fattore di sicurezza può essere calcolato con la formula:

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n c'_i \times Dl_i + N'_i \times \tan f'_i}{\sum_i W_i \times \sin \alpha_i}$$

Sostituendo in questa equazione che fornisce la forza effettiva normale N' nell'equazione ricavata imponendo l'equilibrio globale alla rotazione

Facendo riferimento al poligono delle forze riportato in figura, è possibile ricavare la forza effettiva normale N' , risolvendo l'equazione di equilibrio alla traslazione verticale dell' i -esimo concio:

$$W_i + DX_i = N'_i \times \cos \alpha_i + u_{bi} \times Dl_i \times \cos \alpha_i + \frac{1}{F_s} \times (N'_i \times \tan f'_i + c'_i \times Dl_i) \times \sin \alpha_i \text{ in cui:}$$

- W_i peso del generico concio.
- DX_i differenza tra le forze interne di taglio.
- u_{bi} pressione idrica agente in corrispondenza del punto medio della base del concio
- Dl_i lunghezza della corda che approssima l'arco di circonferenza che costituisce la base dei conci.
- α'_i angolo di inclinazione rispetto l'orizzontale della corda che rappresenta la base del generico concio
- F_s fattore di sicurezza

- c'_i intercetta di coesione del terreno situato in corrispondenza della base del concio i-esimo.
- f'_i angolo di resistenza al taglio del terreno situato in corrispondenza della base del concio i-esimo.

Riordinando l'equazione si ottiene:

$$N'_i \times \cos a_i + \frac{1}{F_s} \times \text{sena}' \times \tan f'_i = W_i + DX_i - u_{bi} \times D_i \times \cos a_i - \frac{1}{F_s} \times c'_i \times D_i \times \text{sena}_i$$

$$N'_i = \frac{W_i + DX_i - u_{bi} \times D_i \times \cos a_i - \frac{1}{F_s} \times c'_i \times D_i \times \text{sena}_i}{\cos a_i + \frac{1}{F_s} \times \text{sena}' \times \tan f'_i}$$

Inoltre, ponendo:

$$m_{ai} = \cos a_i + \frac{1}{F_s} \times \text{sena}_i \times \tan f'_i = \cos a_i \times \frac{1}{e} + \frac{\text{tana}_i \times \tan f'_i}{F_s} \times \frac{1}{e}$$

è possibile esprimere la forza effettiva normale N'_i , attraverso la seguente espressione:

$$N'_i = \frac{W_i + DX_i - u_{bi} \times D_i \times \cos a_i - \frac{1}{F_s} \times c'_i \times D_i \times \text{sena}_i}{m_{ai}}$$

Pertanto, il fattore di sicurezza può essere ottenuto dalla formula:

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n c'_i \times D_i + N'_i \times \tan f'_i}{\sum_{i=1}^n W_i \times \text{sena}_i} = \frac{\sum_{i=1}^n c'_i \times D_i + \frac{W_i + DX_i - u_{bi} \times D_i \times \cos a_i - \frac{1}{F_s} \times c'_i \times D_i \times \text{sena}_i}{m_{ai}} \times \tan f'_i}{\sum_{i=1}^n W_i \times \text{sena}_i}$$

$$F_s = \frac{\sum_{i=1}^n c'_i \times \frac{D_i}{\cos a_i} + (W_i - U_{bi} \times \cos a_i) \times \tan f'_i + DX_i \times \tan f'_i}{m_{ai} \times \sum_{i=1}^n W_i \times \text{sena}_i}$$

dove $U_{bi} = u_{bi} \times D_i$

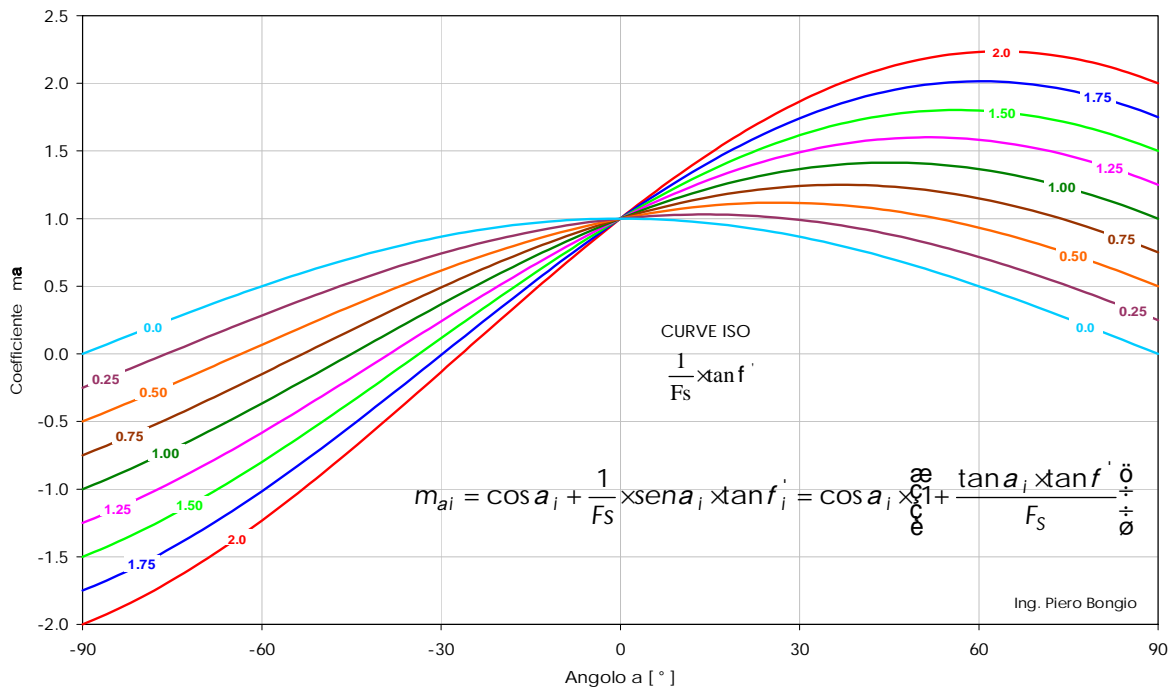


Figura17.3: Abaco per la determinazione della quantità m_a

Per definire il fattore di sicurezza F_s è necessario conoscere l'intensità delle forze X_i di taglio. Tali forze devono essere introdotte dal Progettista, rispettando alcune semplici considerazioni:

§ Rispetto delle condizioni al contorno:

$$\sum_{i=1}^n (E_i - E_{i-1}) = 0$$

$$\sum_{i=1}^n (X_i - X_{i-1}) = 0$$

Tali equazioni valgono se nell'analisi di stabilità della massa di terreno ritenuta instabile non vi sono forze esterne concentrate agenti in corrispondenza dei conci estremi. Nel caso in cui fossero presenti forze esterne, esse vanno opportunamente conteggiate nelle equazioni al contorno.

§ Rispetto del criterio di rottura:

$$X_i \leq X_{fi} = c'_i \times H_i + E_i \times \tan f'_i$$

in altre parole, lungo le superfici di separazione dei conci non deve essere violato il criterio di rottura di Mohr-Coulomb. Con H_i è indicata la lunghezza del tratto di separazione concio-concetto.

§ Il punto di applicazione delle forze X_i deve ricadere all'interno del terzo medio del lato corrispondente.

17.2 RISULTATI DELLE ANALISI

Le figure seguenti mostrano le analisi eseguite e le superfici di scivolamento critiche. Le verifiche sono state condotte mediante il software di calcolo SLOPE/W, facente parte della suite completa di prodotti geotecnici chiamata GeoStudio vers.2021.

Tale approccio consente di svincolarsi da tutte le complesse problematiche legate all'analisi dello stato deformativo dell'ammasso e consente di definire un semplice fattore di sicurezza FS, convenzionalmente valutato come rapporto tra le forze di taglio potenzialmente mobilitabili lungo la superficie di rottura analizzata e le forze di taglio effettivamente mobilitate sotto l'azione delle forze agenti sull'ammasso (pesi propri, carichi esterni, ecc.).

Sono state escluse dall'analisi le superfici più corticali in quanto non ritenute rappresentative delle reali condizioni di stabilità globale dei rilevati.

Le verifiche risultano quindi sempre soddisfatte.

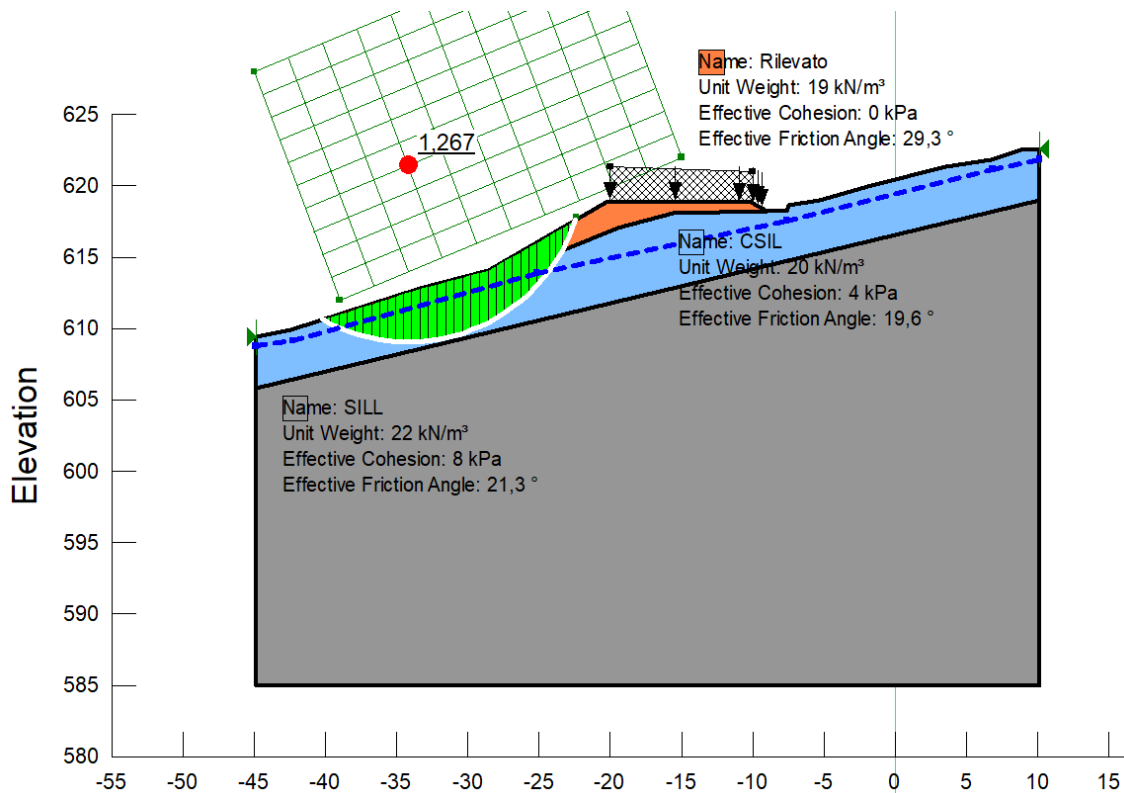


Figura 17.4: Tratto 3 - Curve H – Condizioni statiche - Fs=1.27

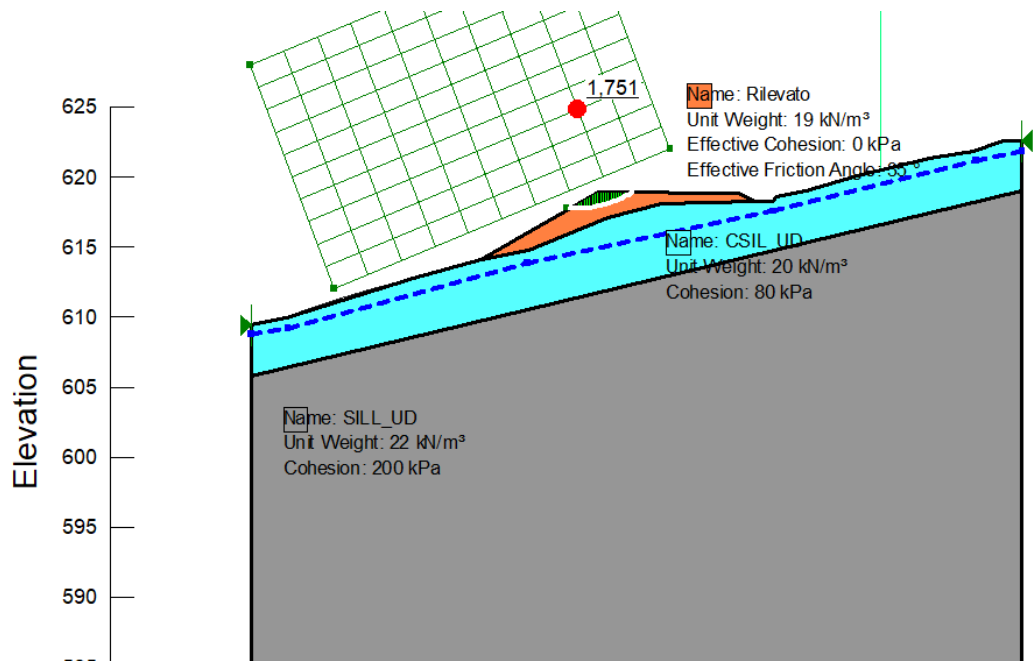


Figura 17.5: Tratto 3 - Curve H – Condizioni sismiche - $F_s=1.75$

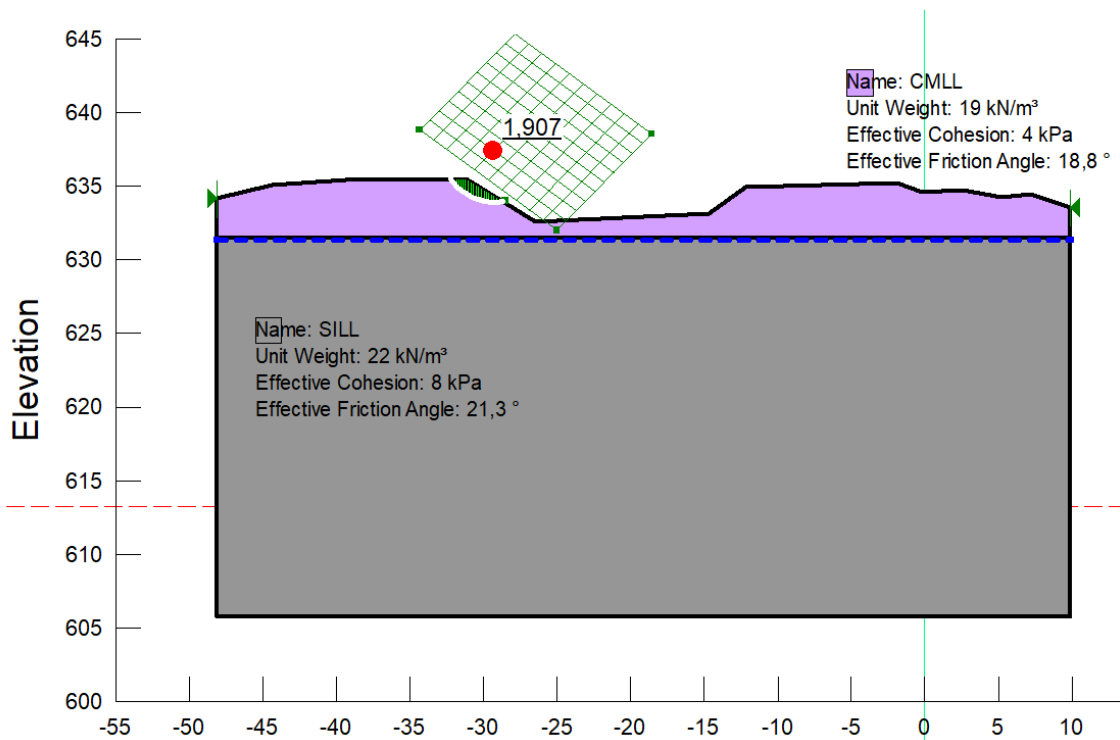
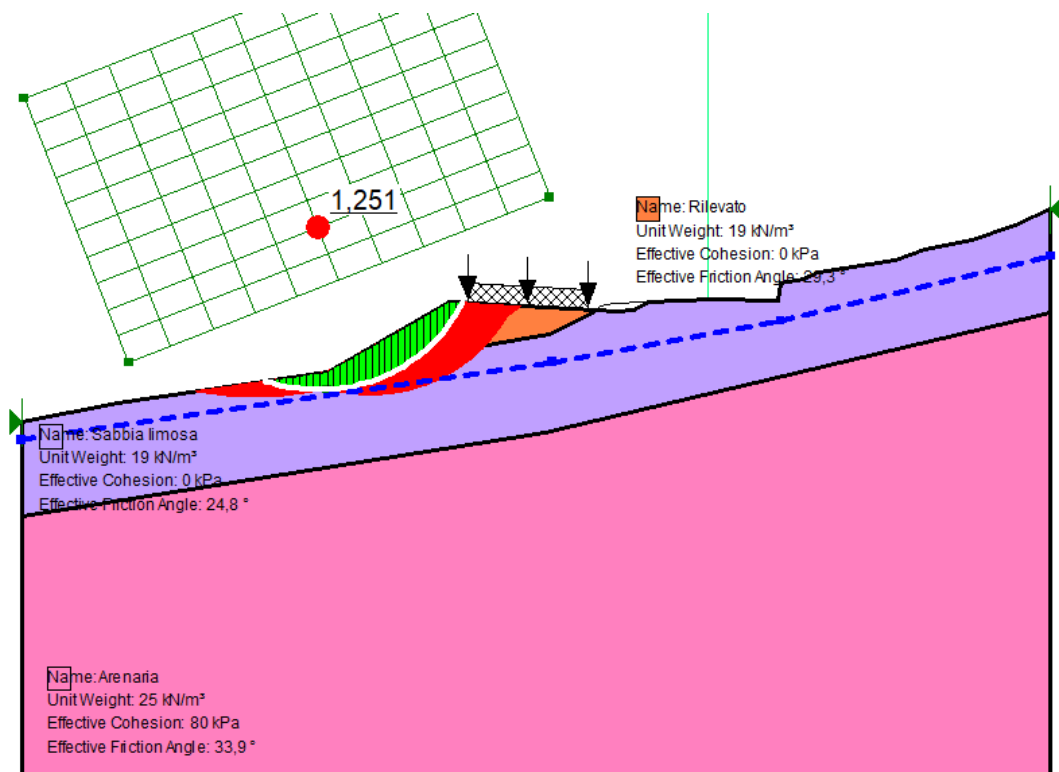
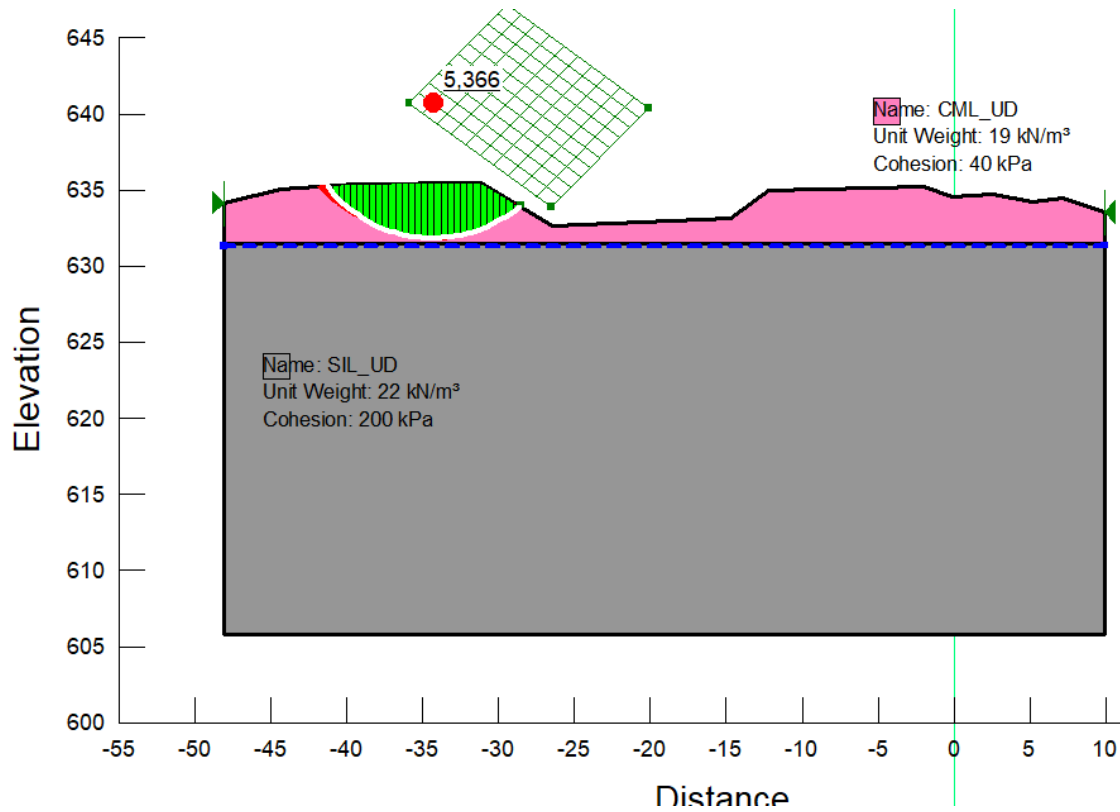


Figura 17.6: Tratto 3 - Curve G – Condizioni statiche - $F_s=1.91$



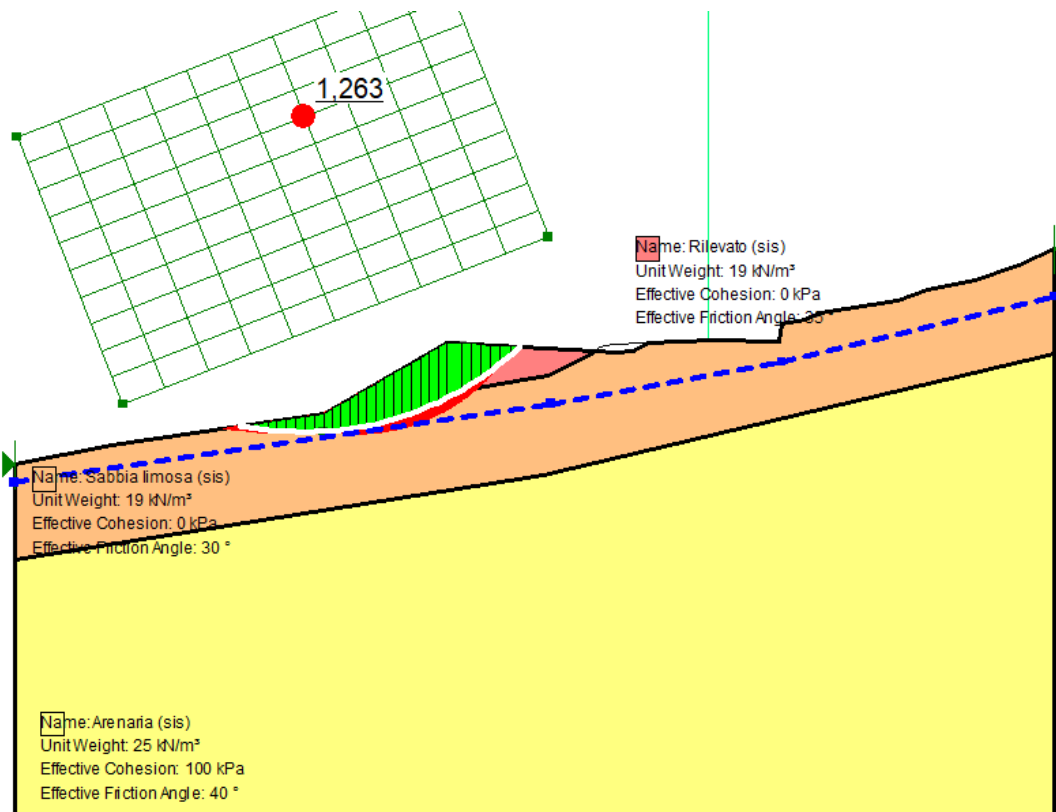


Figura 17.8: Tratto 3 - Curve F – Condizioni sismiche - $F_s=1.26$

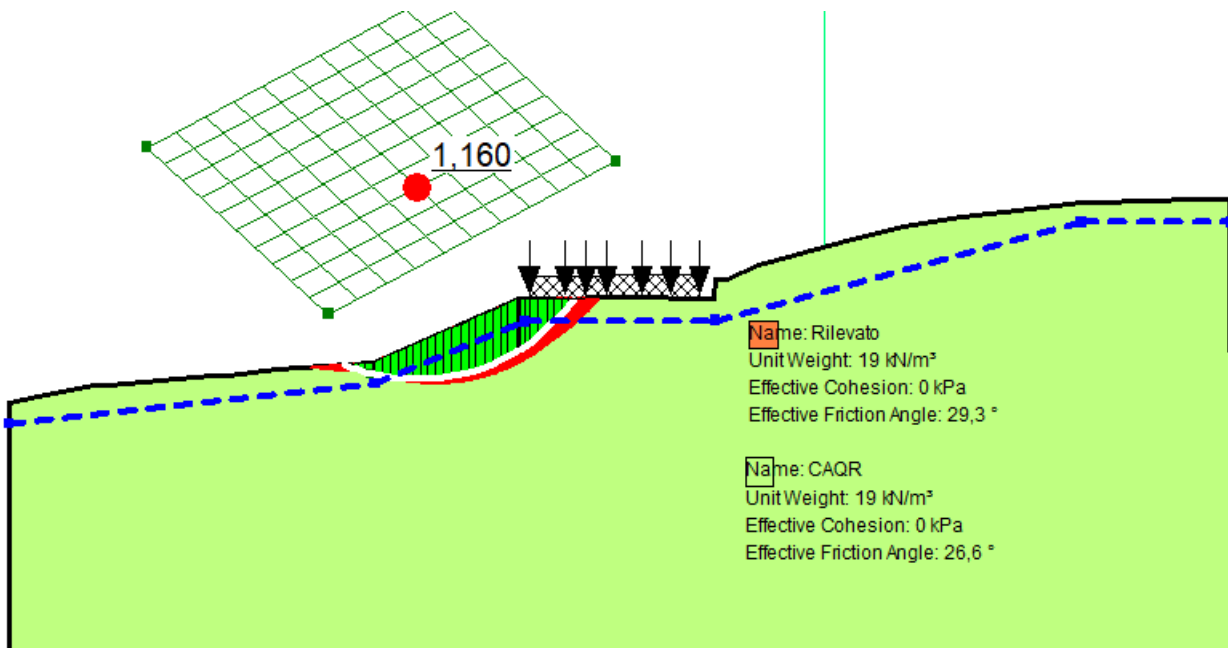


Figura 17.9: Tratto 3 - Curve E – Condizioni statiche - $F_s=1.16$

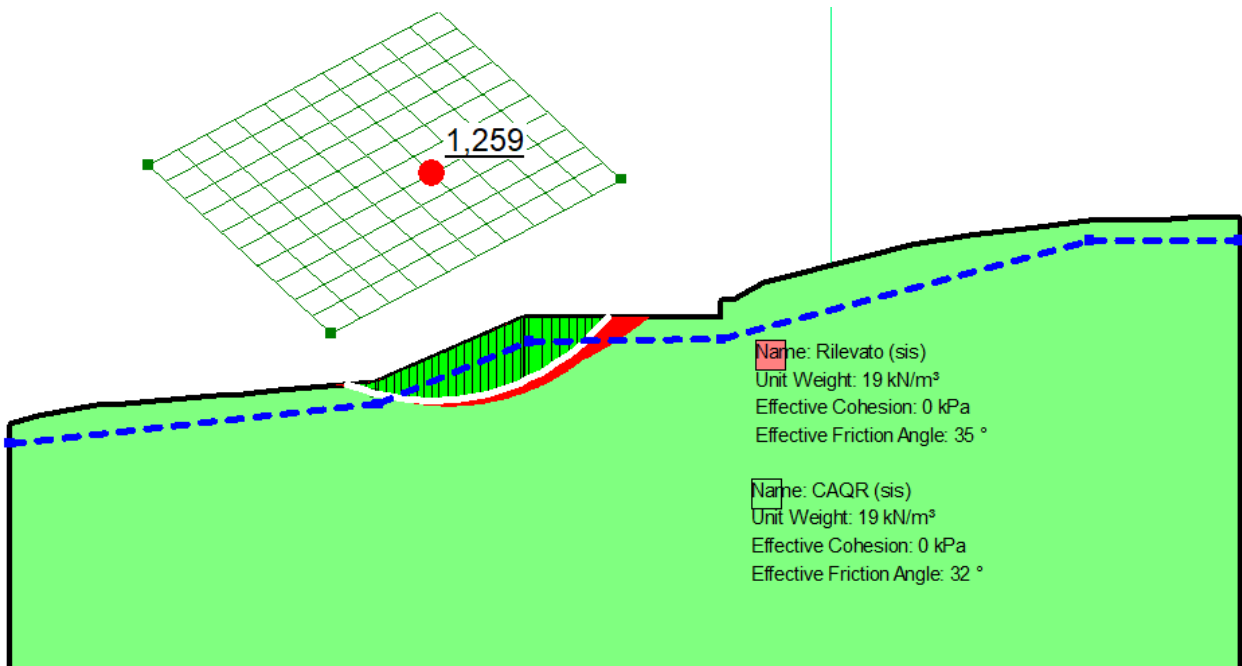


Figura 17.10: Tratto 3 - Curve E – Condizioni sismiche - $F_s=1.26$

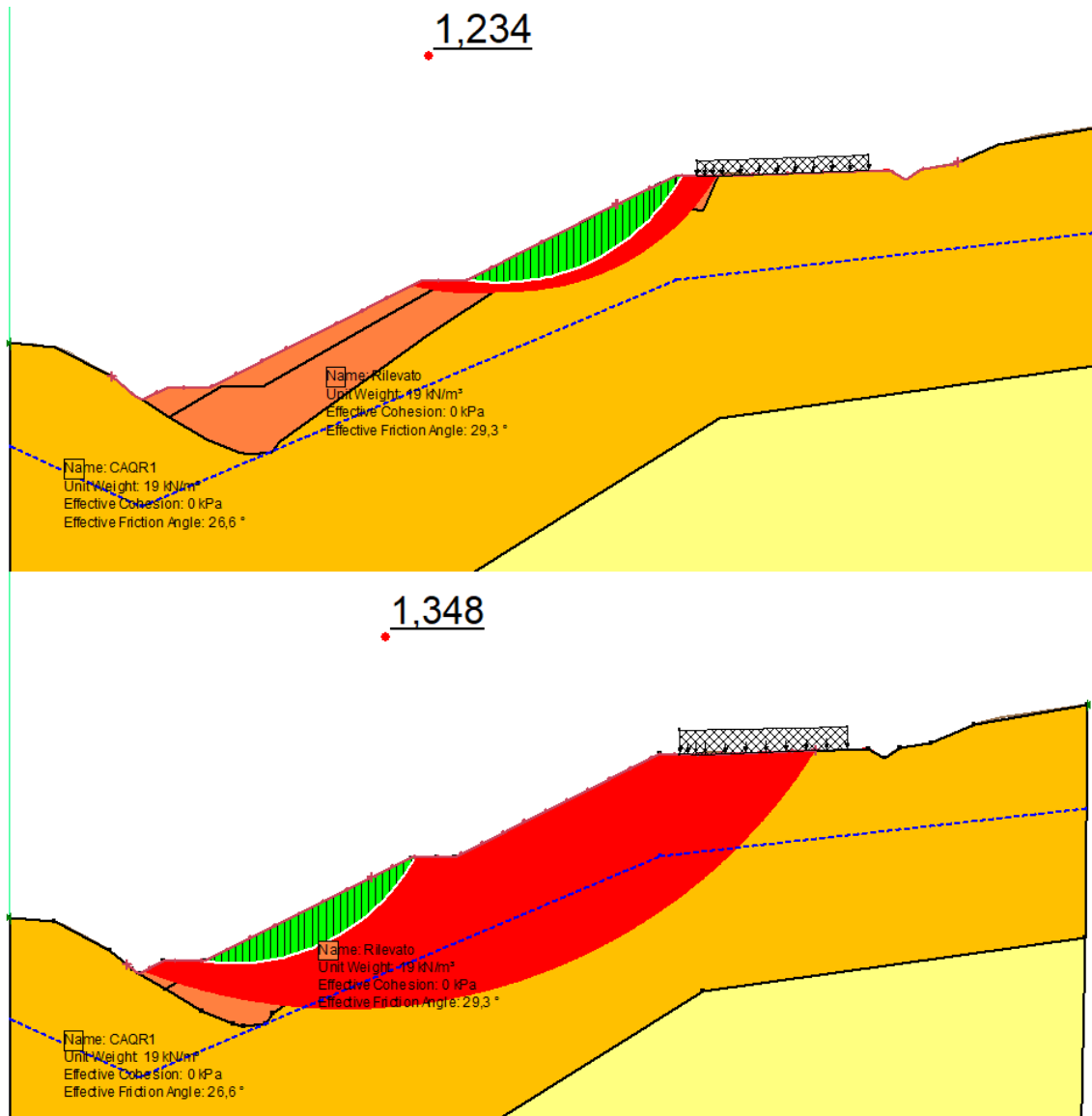


Figura 17.11: Tratto 3 - Tornante – Condizioni statiche - $F_s=1.23$

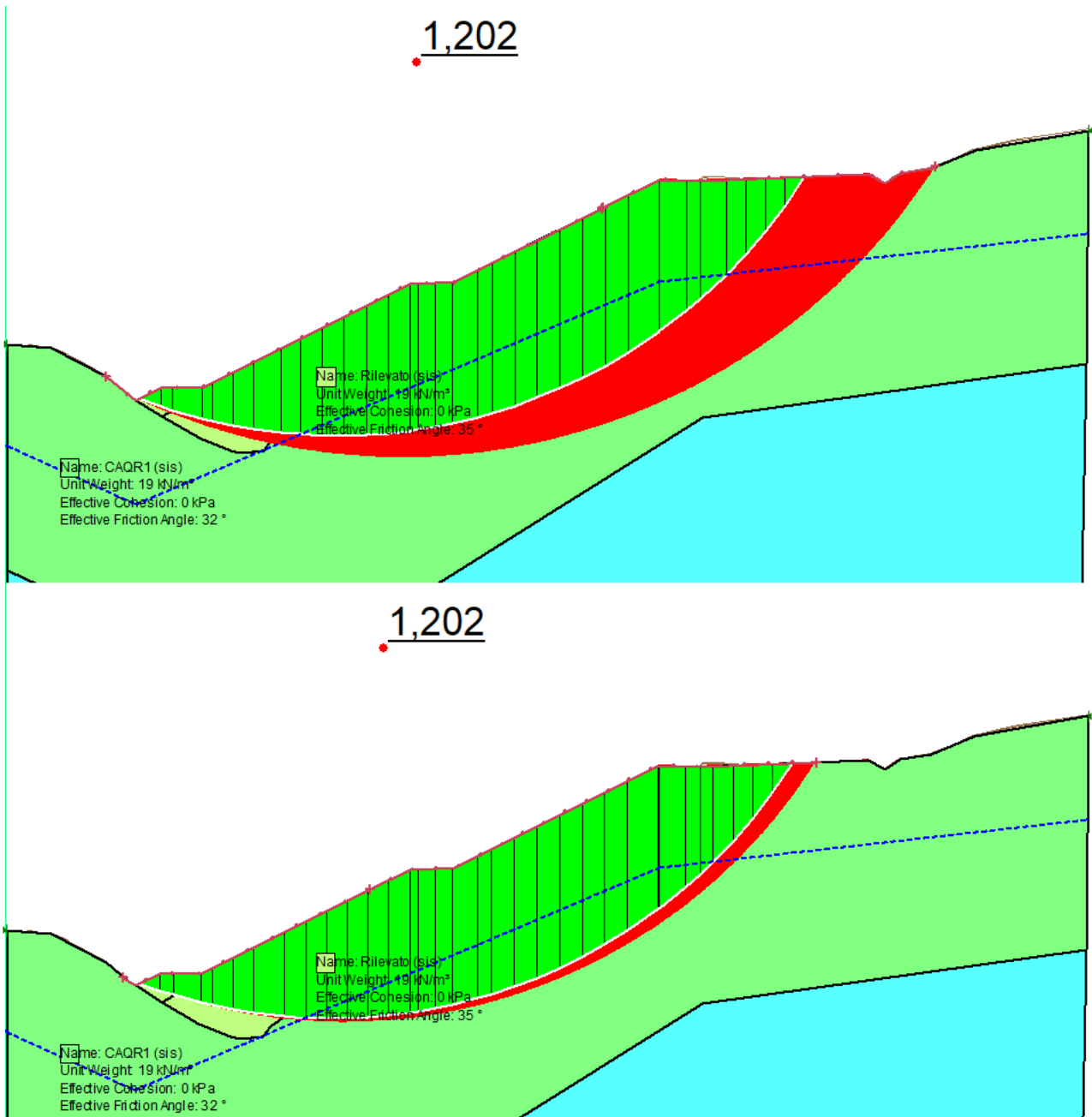


Figura 17.11: Tratto 3 - Tornante – Condizioni sismica - $F_s=1.20$

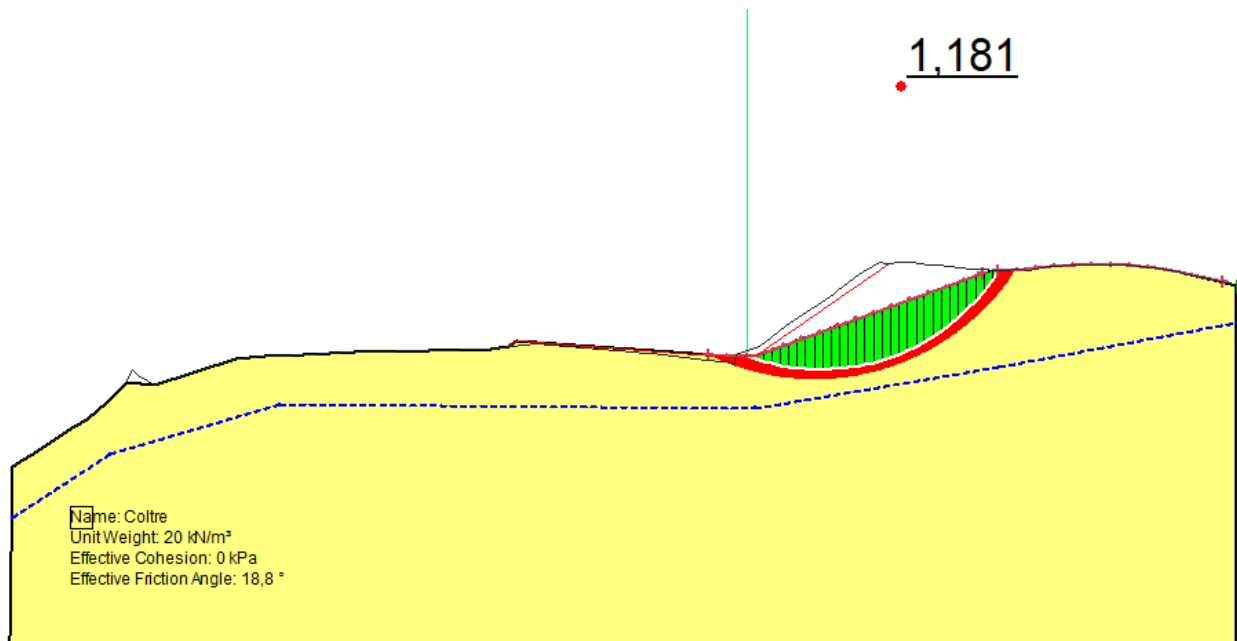


Figura 17.12: Tratto 1 - Cavet – Condizioni statiche - $F_s=1.18$

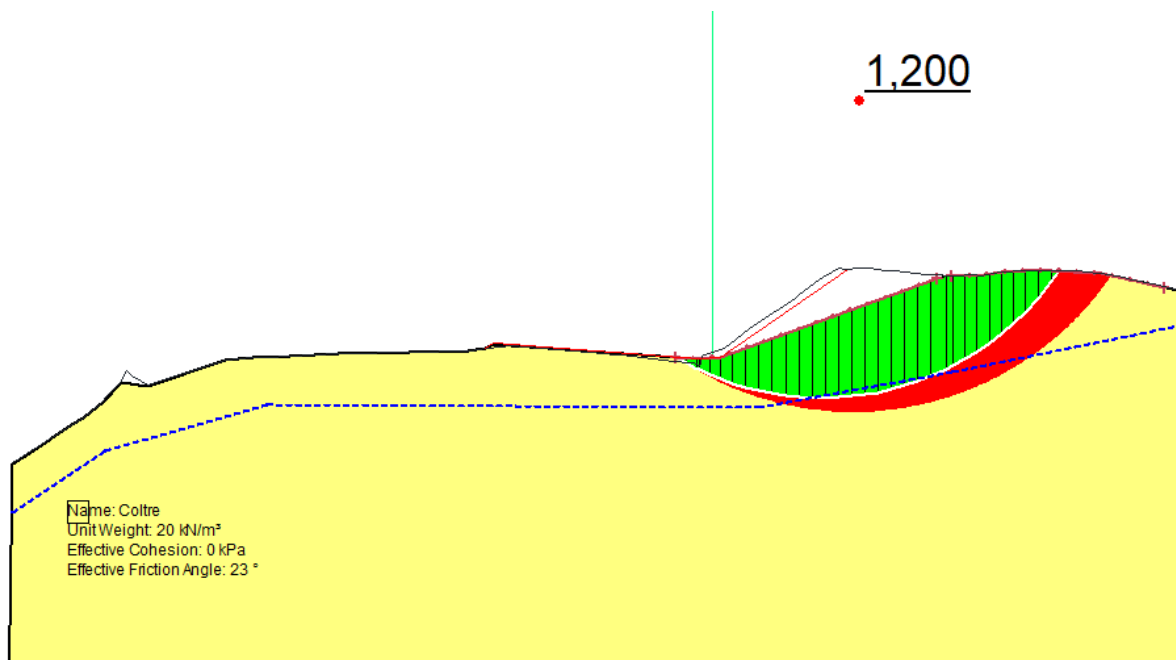


Figura 17.13: Tratto 1 - Cavet – Condizioni sismiche - $F_s=1.20$

18 BACK-ANALYSIS

18.1 GENERALITÀ

Nel presente capitolo è illustrata la metodologia ed i risultati delle analisi finalizzate a determinare i parametri residui di resistenza in corrispondenza delle aree interessate da dissesti in atto o quiescenti, utilizzati poi nelle verifiche delle opere di presidio.

La determinazione dei parametri residui del terreno in frana necessari per il dimensionamento delle opere di presidio sono stati determinati attraverso l'esecuzione di back-analysis. Lo scopo di queste analisi è quello di determinare per la superficie di scivolamento evidenziate nelle sezioni geologiche, i valori di resistenza residua dei versanti nelle attuali condizioni (coefficiente di sicurezza della stabilità prossimi all'unità).

L'inquadramento geologico dell'area fa interamente riferimento a quanto contenuto nella documentazione di progetto (Relazione Geologica, elaborati grafici geologici); a tali elaborati, pertanto, si rimanda per una più approfondita trattazione dell'argomento.

18.2 CODICE DI CALCOLO

Le analisi delle condizioni di stabilità vengono svolte ricorrendo ad un modello semplificato piano basato sulla nota teoria dell'equilibrio limite. Le verifiche sono state condotte mediante il software di calcolo SLOPE/W, facente parte della suite completa di prodotti geotecnici chiamata GeoStudio vers.2021.

Tale approccio consente di svincolarsi da tutte le complesse problematiche legate all'analisi dello stato deformativo dell'ammasso e consente di definire un semplice fattore di sicurezza FS, convenzionalmente valutato come rapporto tra le forze di taglio potenzialmente mobilitabili lungo la superficie di rottura analizzata e le forze di taglio effettivamente mobilitate sotto l'azione delle forze agenti sull'ammasso (pesi propri, carichi esterni, ecc.).

In generale, i metodi proposti dal codice di calcolo (Bishop semplificato (1955), Jambu semplificato (1973), Spencer (1967) e Morgenstern-Price (1965)) si basano sulla considerazione dell'equilibrio di un blocco (o "cuneo") rigido di terreno, soggetto sia all'azione del peso proprio sia a quella di eventuali forze esterne di varia natura (sovraccarichi verticali, azioni dei tiranti, forze di inerzia sismiche, ecc.).

Allo scopo di ricercare le possibili superfici di scorrimento, il blocco (o "cuneo") viene dapprima suddiviso in conci (Figura 18.1) e l'equilibrio globale è analizzato come somma dell'equilibrio di ciascuno di essi facendo delle assunzioni semplificatrici sulle forze reciproche tra i conci (Figura 18.2).

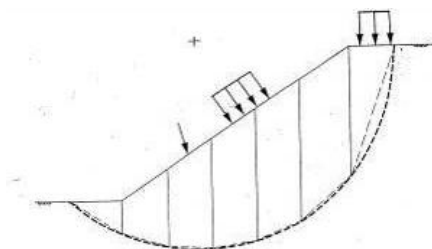


Figura 18.1 - Suddivisione in conci del meccanismo di rottura

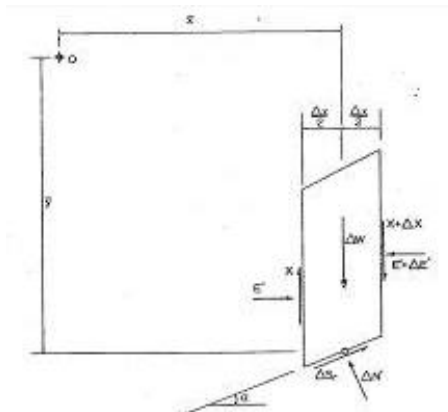


Figura 18.2 - Forze agenti sul singolo concio

Il valore del coefficiente di sicurezza medio della superficie di scivolamento viene definito come:

$$F_s = \frac{(t_{ult})_m}{t_m}$$

essendo:

$(t_{ult})_m$ = resistenza al taglio media del terreno lungo la superficie di scivolamento;

t_m = tensione tangenziale media mobilitata lungo la superficie di scivolamento.

18.3 RISULTATI

Le superfici di scivolamento lungo le quali sono state condotte le analisi di stabilità sono state dedotte dalle sezioni geologiche allegate al progetto. Le superfici di scivolamento considerate nelle analisi sono state dedotte dalla ricostruzione geomorfologica e dalle evidenze del monitoraggio inclinometrico.

La determinazione dell'angolo di attrito residuo è stato ricavato iterativamente andando a determinare il valore dell'angolo di attrito del materiale in frana con il quale si ottiene un coefficiente di sicurezza unitario per la superficie di scivolamento considerata.

I parametri così calcolati sono stati utilizzati per la progettazione delle opere di presidio.

Di seguito si riassumono parametri residui determinati:

Opera di presidio di riferimento	Parametri terreno in frana da back-analysis		
	γ (kN/m ³)	Φ_r (°)	c' (kPa)
IS401	19	13	0
IS402 – IS304	19	12	0
IS303	19	12	0
IS302	19	12	0
IS301	19	16	0
IS202	19	16	0
IS201	19	18 ^(*)	0
IS104	20	12	0
IS103	20	13	0
IS102	20	13	0
IS101 – IS105	20	13	0
con γ' = peso di volume naturale del terreno c' = coesione efficace ϕ_r = angolo d'attrito residuo			

^(*) Il dimensionamento delle opere di presidio è stato eseguito per questa opera, cautelativamente, considerando un valore di angolo di attrito residuo di 17° in accordo con i risultati delle prove di laboratorio. Inoltre, dall'inclinometro SD20 è visibile una frana profonda circa 15.0 m. Dalle letture è possibile notare la presenza di una superficie di scivolamento secondaria ad una profondità di circa 8.5 m la cui esistenza è stata considerata nel dimensionamento dell'opera MC203. La determinazione dei parametri residui del materiale appartenente alla frana più superficiale viene mostrata all'intero del seguente capitolo. Dall'analisi risulta un valore di angolo di attrito residuo pari a 16°.

Di seguito vengono mostrati i risultati delle analisi svolte:

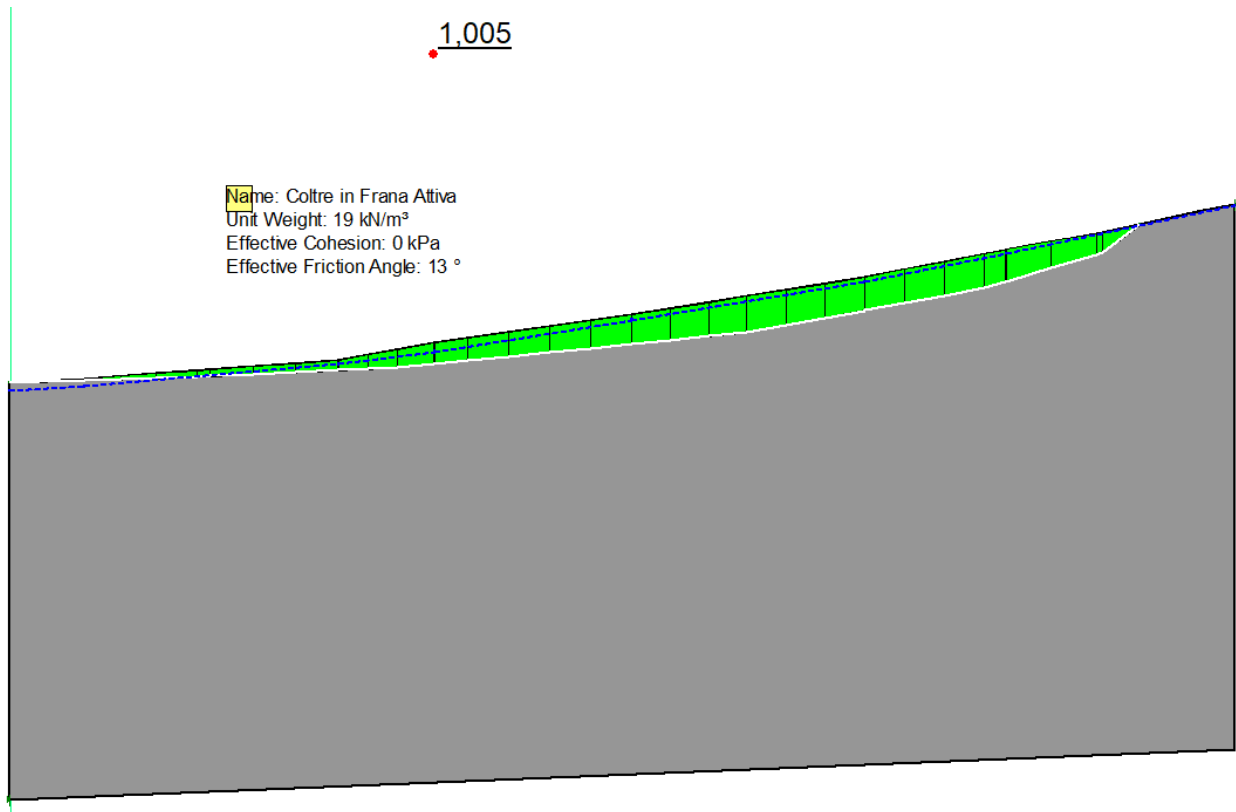


Figura 18.3 – Risultati della back-analysis in corrispondenza dell'opera di presidio IS401

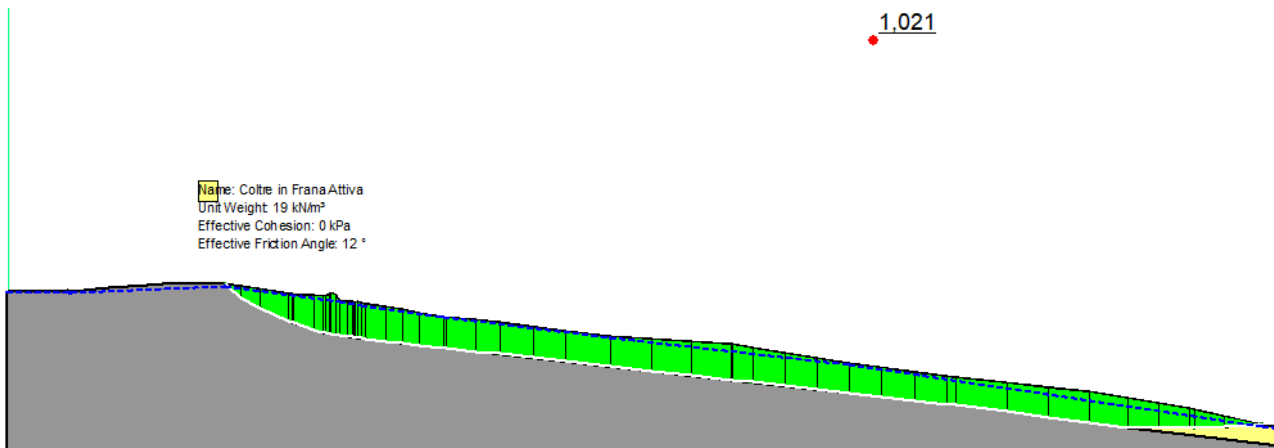


Figura 18.4 – Risultati della back-analysis in corrispondenza dell'opera di presidio IS402 e IS304

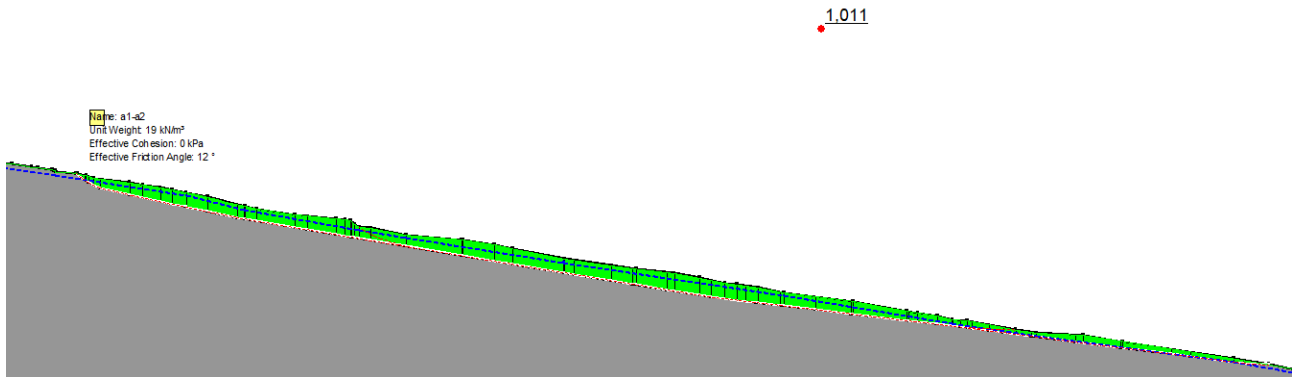


Figura 18.5 – Risultati della back-analysis in corrispondenza dell'opera di presidio IS303

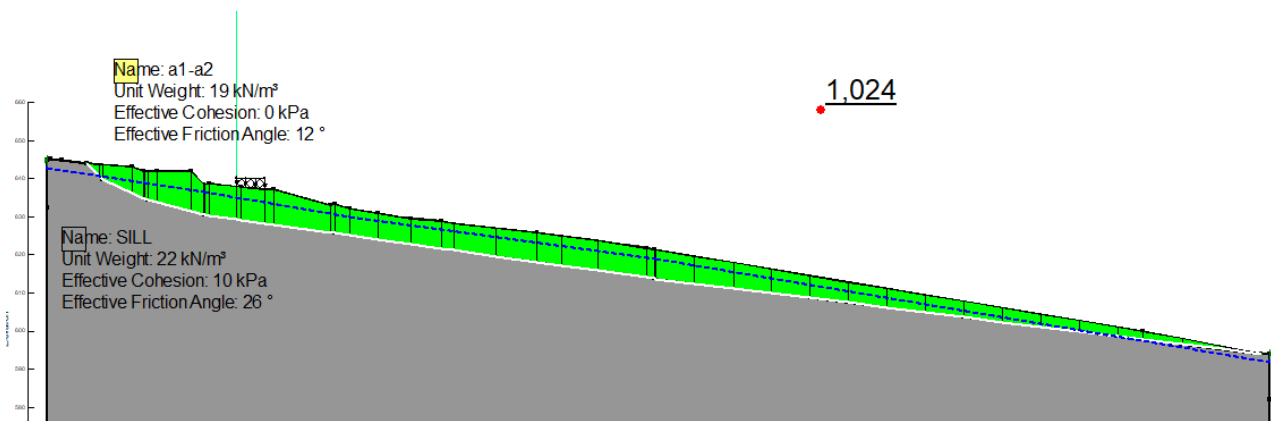


Figura 18.6 – Risultati della back-analysis in corrispondenza dell'opera di presidio IS302

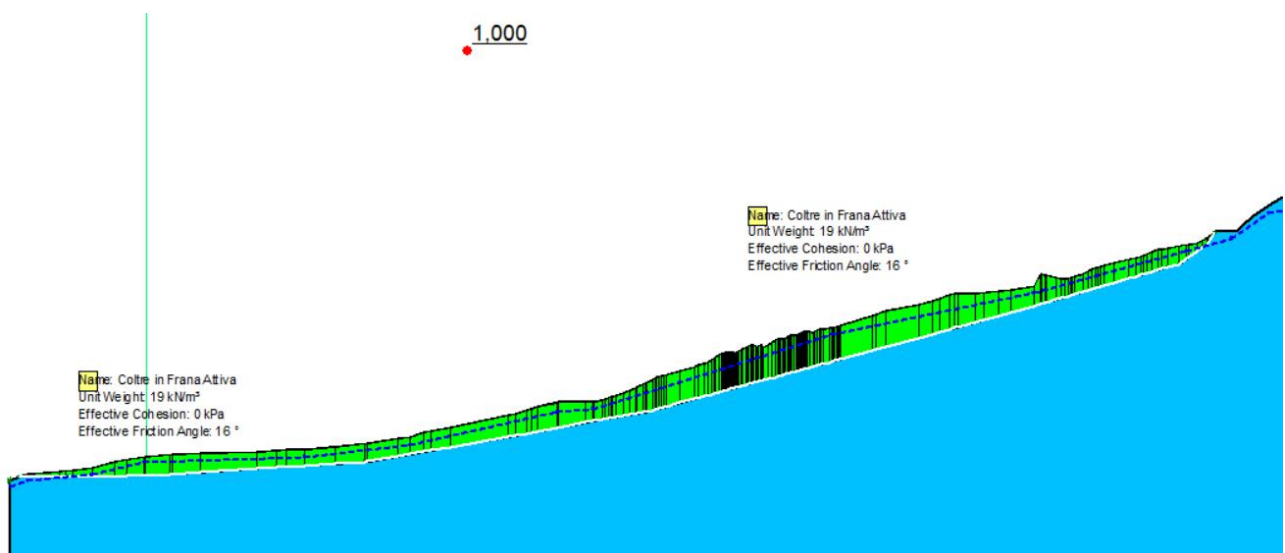


Figura 18.7 – Risultati della back-analysis in corrispondenza dell'opera di presidio IS301



Figura 18.8 – Risultati della back-analysis in corrispondenza dell'opera di presidio IS202

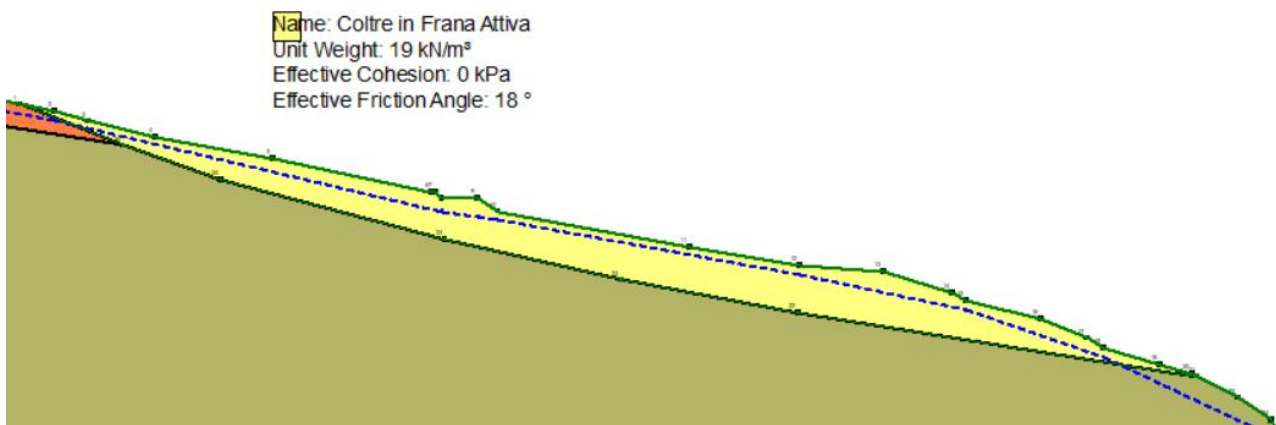


Figura 18.9 – Risultati della back-analysis in corrispondenza dell'opera di presidio IS201

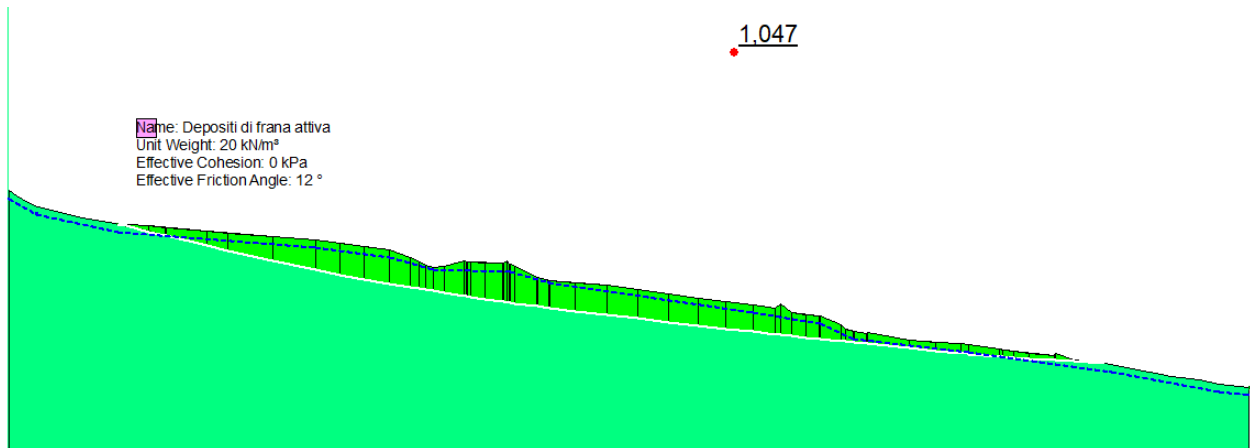


Figura 18.10 – Risultati della back-analysis in corrispondenza dell'opera di presidio IS104

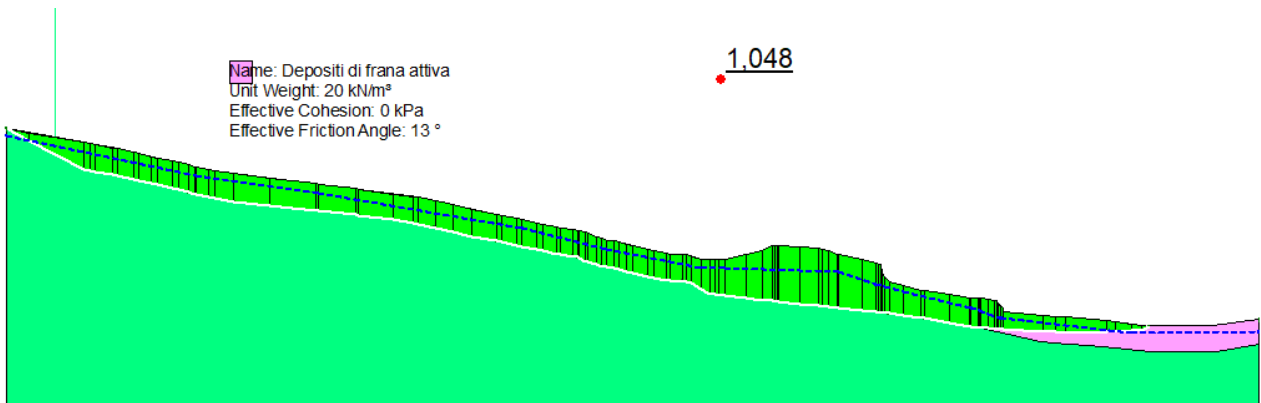


Figura 18.11 – Risultati della back-analysis in corrispondenza dell'opera di presidio IS103

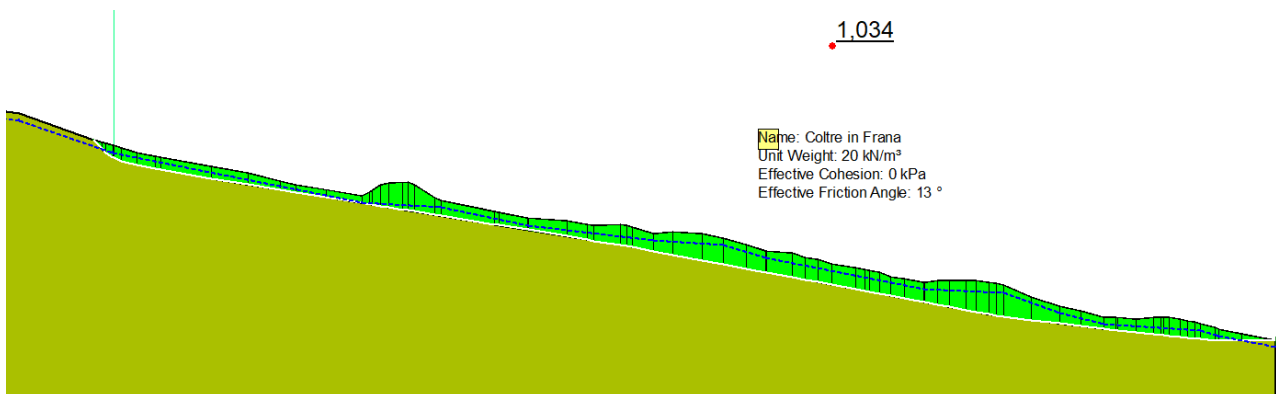


Figura 18.12 – Risultati della back-analysis in corrispondenza dell'opera di presidio IS102



Figura 18.13 – Risultati della back-analysis in corrispondenza dell'opera di presidio IS101 e IS105

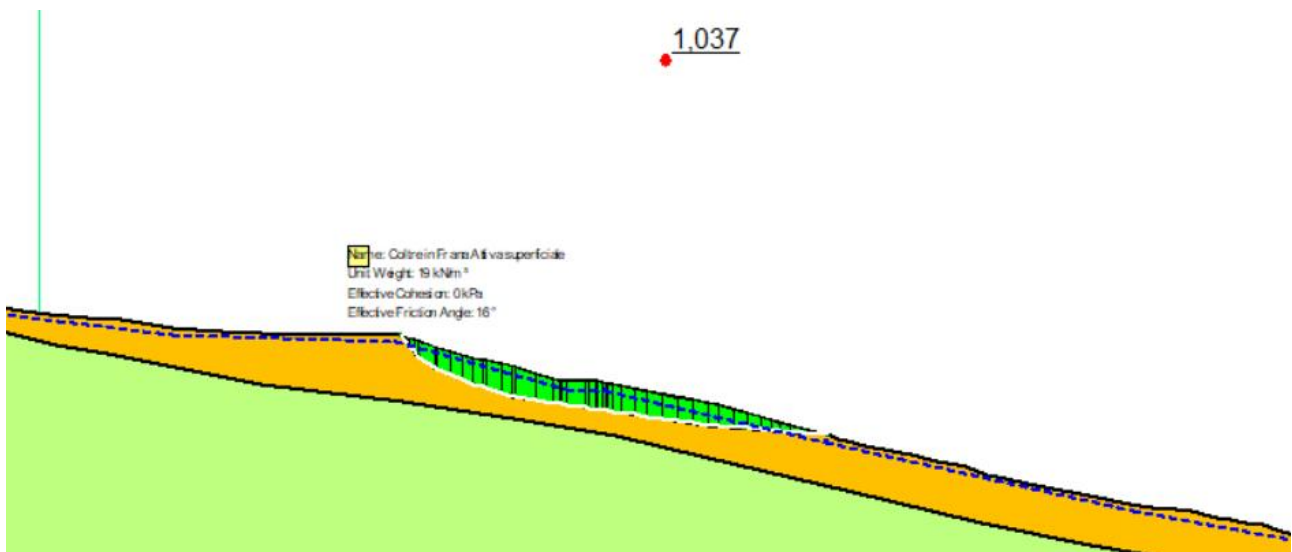


Figura 18.14 – Risultati della back-analysis in corrispondenza del sondaggio SD20 – Superficie di scivolamento secondaria

19 RIUTILIZZO DEL MATERIALE

Per il riutilizzo del materiale bisognerà usare materiale appartenente ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3 (norma UNI EN ISO 14688-1), oppure terreno proveniente dagli scavi idoneo ad essere trattato con leganti. I leganti utilizzabili sono la calce, il cemento o la miscela calce/cemento sul terreno scavato ritenuto idoneo in accordo a quanto dichiarato nelle N.T.A.

Il riutilizzo tal quale di terreni granulari (appartenente ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A3) è previsto nelle modalità e nei casi indicato nelle N.T.A.

Potranno essere impiegate terre appartenenti ai gruppi A2-6 e A2-7, solo se stabilizzate a calce, secondo le modalità delle N.T.A. In presenza di materiale classificato A4 va prevista la stabilizzazione a cemento in luogo della calce.

Qualora il terreno scavato presenti frammenti di laterizi o materiale antropico di varia natura (in assenza di materiale organico/vegetale), si prescrive la vagliatura dello stesso e a seconda della litologia della matrice, il passante sarà utilizzato tal quale o previo trattamento mentre per il trattenuto (vale a dire il materiale antropico) si prevede il non utilizzo.

Qualora il terreno scavato presenti materiale organico/vegetale, si prevede il non utilizzo dello stesso come materiale da rilevato/bonifica e/o rinfiacco. Lo stesso può essere utilizzato per opere a verde, ecc.

In generale, la maggior parte materiale proveniente dagli scavi dovrà essere conferito a discarica. La valutazione delle percentuali di materiale riutilizzabile è stata svolta sulla base della classificazione del materiale riscontrato nei primi 5.0 m di ogni sondaggio effettuato. Per la stima si sono ipotizzati, per ogni tipologia di materiale, le seguenti percentuali di utilizzo:

Tipo di materiale	Riutilizzo tal quale	Riutilizzo previo trattamento	Conferimento in discarica
Materiale organico	0%	0%	100%
A1a, A1b e A2-4	100%	0%	0%
A4	10%	70%	20%
A2-6 e A2-7	0%	90%	10%
A6 e A7-6	0%	0%	100%

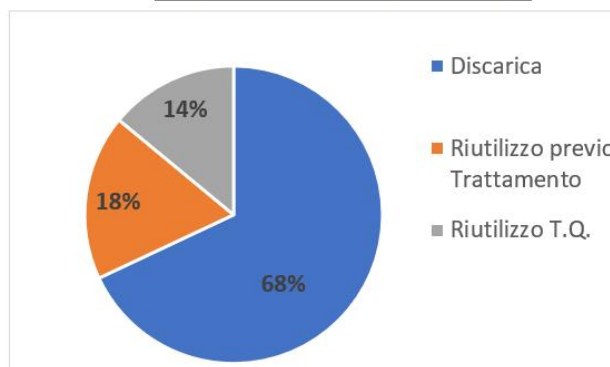
Nella figura alla pagina seguente viene mostrata la valutazione svolta. Nella tabella i sondaggi analizzati sono stati elencati in base al Tratto ed al Corpo Stradale di appartenenza.

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Tratto	Corpo stradale	Profondità (m da pc)	Scotico											
			0-10	10-20	20-70	70-120	120-170	170-220	220-270	270-320	320-370	370-420	420-470	470-520
Tratto 4	CS20	SD1	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Tratto 3	CS17	SD4	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		SD4bis	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	CS13	SD6	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3
		SD7	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	CS08	SD9	1	1	1	4	4	4	4	3	2	2	2	2
		SD11	1	1	1	3	3	3	2	2	2	2	2	3
		SD17	1	1	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
		SD18	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		SD18bis	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SD19		1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	4	4	
Tratto 2	CS04	SD20	1	1	1	4	4	4	4	2	2	2	2	2
		SD21bis	1	1	1	4	4	4	4	4	3	3	5	5
		SD22	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	CS02	SD23	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		SD24	1	1	1	5	5	5	4	4	5	5	5	5
Tratto 1	CS01	SD25	1	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5
		SD27	1	1	1	5	5	3	3	3	5	5	5	5

		Riutilizzo T.Q.	Riutilizzo Trattamento	Discarica
1	Materiale Organico	0%	0%	100%
2	A1a, A1b e A24	100%	0%	0%
3	A4	10%	70%	20%
4	A2-6 e A2-7	0%	90%	10%
5	A6 e A7-6	0%	0%	100%

Non riutilizzabile		Riutilizzo T.Q.	
Discarica	Riutilizzo previo Trattamento	Riutilizzo T.Q.	Totale
%	%	%	
68%	18%	14%	100%



Sulla base "statistica" delle caratteristiche dei terreni riscontrati nei sondaggi e considerando, in particolare per il materiale riutilizzabile, i volumi di materiale scavato nel Corpo Stradale corrispondente (desunti dal Bilancio Terre), si sono ipotizzate le seguenti percentuali:

- Circa il 14% di materiale riutilizzabile tal quale;
- Circa il 18% di materiale eventualmente riutilizzabile previo trattamento;
- Circa il 68% di materiale da portare in discarica.

Alla luce della natura delle lavorazioni e delle aree di cantiere a disposizione, il trattamento del materiale risulta di difficile attuazione e pertanto si ritiene di mandare a discarica anche il materiale potenzialmente trattabile.

20 ALLEGATI

20.1 BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS401

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2021 R2. Copyright © 1991-2021 GEOSLOPE International Ltd.

File Information

File Version: 11.01

Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Analysis Type: Bishop

Settings

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9,807 kN/m³

Slip Surface

Direction of movement: Right to Left

Use Passive Mode: No

Slip Surface Option: Fully-Specified

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0,1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0,01

Materials

Coltre in Frana Attiva

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 13 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

SILL

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 22 kN/m³

Effective Cohesion: 8 kPa

Effective Friction Angle: 21,3 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Fully Specified Slip Surfaces

Fully Specified Slip Surface 1

	X	Y
	-0,04914 m	504,5047 m
	44,77192 m	505,89527 m
	93,12635 m	508,05886 m
	109,93135 m	509,73592 m
	176,99012 m	516,46136 m
	234,00741 m	527,07916 m
	262,46376 m	535,57733 m
	271,49449 m	542,41931 m

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-0,11437; 404,37575) m

Right Coordinate: (294,30362; 547,25049) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X	Y
Coordinate 1	-0,05044 m	502,50899 m
Coordinate 2	17,88163 m	503,4226 m

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Coordinate 3	78,89987 m	508,72506 m
Coordinate 4	102,0417 m	511,88463 m
Coordinate 5	149,40652 m	519,47347 m
Coordinate 6	205,42733 m	528,63443 m
Coordinate 7	239,3554 m	535,25275 m
Coordinate 8	294,30362 m	546,72332 m

Geometry

Name: Default Geometry

Settings

View: 2D

Element Thickness: 1 m

Elevation: 0 m

Thickness Function: New Mesh Thickness Function

Points

	X	Y
Point 1	17,74181 m	505,41522 m
Point 2	35,13926 m	506,66602 m
Point 3	78,80606 m	509,72378 m
Point 4	101,79358 m	513,9111 m
Point 5	149,47773 m	520,66208 m
Point 6	205,1947 m	529,54945 m
Point 7	239,11004 m	536,28164 m
Point 8	260,93957 m	540,17784 m
Point 9	271,49449 m	542,41931 m
Point 10	262,46376 m	535,57733 m
Point 11	234,00741 m	527,07916 m
Point 12	176,99012 m	516,46136 m
Point 13	109,93135 m	509,73592 m
Point 14	93,12635 m	508,05886 m
Point 15	44,77192 m	505,89527 m
Point 16	-0,04914 m	504,5047 m
Point 17	6,83476 m	504,74431 m
Point 18	285,36022 m	545,50951 m
Point 19	294,30362 m	547,25049 m
Point 20	294,30362 m	416,50137 m
Point 21	-0,11437 m	404,37575 m

Regions

	Material	Points	Area
Region 1	Coltre in Frana Attiva	16;17;1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12;13;14;15	1.348,4 m ²
Region 2	SILL	16;15;14;13;12;11;10;9;18;19;20;21	31.473 m ²

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1 of 1 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1

Factor of Safety: 1,005

Volume: 1.348,4336 m³

Weight: 25.620,238 kN

Resisting Moment: 151.967,23 kN·m

Activating Moment: 151.191,73 kN·m

Slip Rank: 1 of 1 slip surfaces

Exit: (-0,04914; 504,5047) m

Entry: (271,49449; 542,41931) m

Radius: 106,63356 m

Center: (131,75227; 551,89796) m

Slip Slices

	X	Y	PWP	Base Normal Stress	Frictional Strength	Cohesive Strength	Suction Strength	Base Material
Slice 1	3,39281 m	504,61149 m	-18,898758 kPa	0,24561143 kPa	0,056703866 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 2	12,288285 m	504,88747 m	-17,160677 kPa	3,6278736 kPa	0,83756061 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 3	17,81172 m	505,05883 m	-16,081456 kPa	6,8184294 kPa	1,5741585 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 4	22,196037 m	505,19485 m	-13,703662 kPa	10,199021 kPa	2,3546294 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 5	30,824852 m	505,46256 m	-8,9753915 kPa	16,852393 kPa	3,8906814 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 6	39,95559 m	505,74584 m	-3,9720867 kPa	23,722793 kPa	5,4768382 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 7	46,383997 m	505,9674 m	-0,66645842 kPa	27,948181 kPa	6,4523459 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 8	53,131072 m	506,2693 m	2,1228898 kPa	31,177651 kPa	6,7078202 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 9	63,401067 m	506,72882 m	6,3686695 kPa	36,103648 kPa	6,8648607 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 10	73,671062 m	507,18834 m	10,614449 kPa	41,029645 kPa	7,0219012 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 11	78,852965 m	507,42021 m	12,75673 kPa	43,614058 kPa	7,1239755 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 12	82,45649 m	507,58144 m	15,977606 kPa	52,959474 kPa	8,537937 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 13	89,56973 m	507,89972 m	22,380576 kPa	71,407476 kPa	11,318752 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Slice 14	97,459965 m	508,49133 m	27,143306 kPa	86,617833 kPa	13,730776 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 15	101,91764 m	508,93619 m	28,749246 kPa	93,379971 kPa	14,921179 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 16	105,98653 m	509,34225 m	31,131624 kPa	96,591126 kPa	15,112517 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 17	114,86575 m	510,2308 m	36,369384 kPa	103,54649 kPa	15,509056 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 18	124,73454 m	511,22056 m	42,169536 kPa	111,24419 kPa	15,94714 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 19	134,60333 m	512,21032 m	47,969688 kPa	118,94189 kPa	16,385225 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 20	144,47212 m	513,20007 m	53,76984 kPa	126,63959 kPa	16,823309 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 21	149,44213 m	513,69852 m	56,691996 kPa	130,51624 kPa	17,043671 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 22	154,06313 m	514,16197 m	59,55774 kPa	135,65123 kPa	17,567567 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 23	163,23392 m	515,08173 m	65,245066 kPa	145,86562 kPa	18,612721 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 24	172,40472 m	516,00148 m	70,932393 kPa	156,08 kPa	19,657875 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 25	181,69088 m	517,33674 m	72,729904 kPa	157,20652 kPa	19,502964 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 26	191,09241 m	519,0875 m	70,637601 kPa	152,54466 kPa	18,909734 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 27	200,49394 m	520,83826 m	68,545298 kPa	147,88279 kPa	18,316503 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 28	205,31101 m	521,7353 m	67,47326 kPa	145,57682 kPa	18,031628 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 29	210,19068 m	522,64399 m	67,860722 kPa	146,68455 kPa	18,197915 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 30	219,71737 m	524,41806 m	68,687418 kPa	148,85007 kPa	18,507006 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 31	229,24406 m	526,19213 m	69,514113 kPa	151,01559 kPa	18,816098 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 32	236,55873 m	527,84108 m	67,336072 kPa	145,40894 kPa	18,024543 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 33	239,23272 m	528,63964 m	64,620075 kPa	140,42944 kPa	17,50197 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 34	244,75144 m	530,28774 m	59,738768 kPa	128,32444 kPa	15,83425 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 35	255,54353 m	533,51068 m	50,225369 kPa	104,65469 kPa	12,565999 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 36	261,70166 m	535,34974 m	44,79687 kPa	91,607519 kPa	10,80709 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 37	266,56241 m	538,68261 m	22,062535 kPa	46,804264 kPa	5,7120782 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 38	271,07778 m	542,1036 m	-2,2431035 kPa	3,6788915 kPa	0,84933902 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

20.2 BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS402

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2011 R2. Copyright © 1991-2021 GEOSLOPE International Ltd.

File Information

File Version: 11.01

Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Analysis Type: Bishop

Settings

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9,807 kN/m³

Slip Surface

Direction of movement: Left to Right

Use Passive Mode: No

Slip Surface Option: Fully-Specified

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0,1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0,01

Materials

Coltre in Frana Attiva

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 12 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

SILL

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 22 kN/m³
 Effective Cohesion: 8 kPa
 Effective Friction Angle: 21,3 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1

Fully Specified Slip Surfaces

Fully Specified Slip Surface 1

	X	Y
	68,6048 m	569,07435 m
	73,6127 m	564,99172 m
	79,6988 m	561,60523 m
	88,4685 m	557,40407 m
	99,2798 m	553,96966 m
	113,013 m	551,79691 m
	138,336 m	549,01452 m
	228,4225 m	539,09729 m
	299,3337 m	531,08798 m
	315,298 m	529,02226 m
	353,4284 m	524,04791 m
	374,419 m	523,66025 m
	395,8619 m	524,94726 m

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-1,2101; 262,12193) m
 Right Coordinate: (1,347; 420) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X	Y
Coordinate 1	-0,246 m	566,46224 m
Coordinate 2	19,8571 m	566,29841 m
Coordinate 3	68,5997 m	568,54292 m
Coordinate 4	104,4841 m	563,55214 m
Coordinate 5	111,5229 m	562,22949 m
Coordinate 6	137,3827 m	558,52214 m
Coordinate 7	190,3336 m	552,11058 m
Coordinate 8	265,4986 m	543,83019 m
Coordinate 9	395,8389 m	524,5306 m
Coordinate 10	522,4727 m	509,42564 m
Coordinate 11	600,1861 m	499,52089 m
Coordinate 12	1.347 m	419,52216 m

Geometry

Name: Default Geometry

Settings

View: 2D

Element Thickness: 1 m

Elevation: 0 m

Thickness Function: New Mesh Thickness Function

Points

	X	Y
Point 1	68,6048 m	569,07435 m
Point 2	89,591 m	565,95882 m
Point 3	89,9835 m	565,8267 m
Point 4	96,4544 m	565,8267 m
Point 5	100,0812 m	565,43847 m
Point 6	100,3417 m	565,6953 m
Point 7	101,6322 m	565,56664 m
Point 8	101,8966 m	566,59958 m
Point 9	103,589 m	565,5715 m
Point 10	104,4817 m	564,01451 m
Point 11	107,0694 m	563,62977 m
Point 12	108,7502 m	563,49926 m
Point 13	109,1427 m	562,98201 m
Point 14	109,7884 m	562,98201 m
Point 15	110,3057 m	563,49926 m
Point 16	111,6017 m	562,98076 m
Point 17	119,2287 m	561,94751 m
Point 18	124,2698 m	561,07928 m

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Point 19	129,905 m	560,02005 m
Point 20	137,3812 m	558,94541 m
Point 21	147,7531 m	557,8188 m
Point 22	155,3848 m	556,90458 m
Point 23	176,1136 m	554,38056 m
Point 24	190,3236 m	552,69125 m
Point 25	228,7802 m	550,1076 m
Point 26	235,2891 m	549,16358 m
Point 27	265,5144 m	544,2944 m
Point 28	296,4917 m	539,93201 m
Point 29	341,2517 m	535,20194 m
Point 30	373,1156 m	530,14284 m
Point 31	395,8619 m	524,94726 m
Point 32	374,419 m	523,66025 m
Point 33	353,4284 m	524,04791 m
Point 34	315,298 m	529,02226 m
Point 35	299,3337 m	531,08798 m
Point 36	228,4225 m	539,09729 m
Point 37	138,336 m	549,01452 m
Point 38	113,013 m	551,79691 m
Point 39	99,2798 m	553,96966 m
Point 40	88,4685 m	557,40407 m
Point 41	79,6988 m	561,60523 m
Point 42	73,6127 m	564,99172 m
Point 43	426,9096 m	521,57155 m
Point 44	452,1646 m	518,9227 m
Point 45	490,3686 m	515,02564 m
Point 46	513,4783 m	511,23364 m
Point 47	522,4741 m	509,91336 m
Point 48	564,8015 m	505,12829 m
Point 49	600,1893 m	499,98456 m
Point 50	600,1893 m	494,97001 m
Point 51	525,9123 m	504,21248 m
Point 52	495,8062 m	508,10942 m
Point 53	474,986 m	510,06504 m
Point 54	454,9528 m	511,90142 m
Point 55	371,4906 m	521,89894 m
Point 56	-0,2443 m	566,98979 m
Point 57	4,663 m	566,98979 m
Point 58	14,3945 m	566,98979 m
Point 59	18,6675 m	567,24671 m
Point 60	19,8389 m	566,86733 m
Point 61	31,6235 m	567,99163 m
Point 62	43,9068 m	568,77372 m
Point 63	48,6914 m	569,08425 m
Point 64	1.347 m	262,12193 m
Point 65	-1,2101 m	262,12193 m
Point 66	1.347 m	420 m

Regions

	Material	Points	Area
Region 1	Coltre in Frana Attiva	1:2:3:4:5:6:7:8:9:10:11:12:13:14:15:16:17:18:19:20:21:22:23:24:25:26:27:28:29:30:31:32:33:34:35:36:37:38:39:40:41:42	2.925,3 m ²
Region 2	Coltre in Frana Attiva	31:43:44:45:46:47:48:49:66:50:51:52:53:54:55:33:32	3.193,8 m ²
Region 3	SILL	56:57:58:59:60:61:62:63:1:42:41:40:39:38:37:36:35:34:33:55:54:53:52:51:50:66:64:65	3,0775e+05 m ²

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1 of 1 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1

Factor of Safety: 1,021

Volume: 2.925,2598 m³

Weight: 55.579,937 kN

Resisting Moment: 293.496,08 kN-m

Activating Moment: 287.417,7 kN-m

Slip Rank: 1 of 1 slip surfaces

Exit: (395,8619; 524,94726) m

Entry: (68,6048; 569,07435) m

Radius: 126,19476 m

Center: (236,6959; 580,10612) m

Slip Slices

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

	X	Y	PWP	Base Normal Stress	Frictional Strength	Cohesive Strength	Suction Strength	Base Material
Slice 1	68,998302 m	568,75355 m	-2,6093451 kPa	4,2662607 kPa	0,9068217 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 2	71,502252 m	566,71224 m	13,994565 kPa	33,431801 kPa	4,131512 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 3	76,65575 m	563,29848 m	40,444211 kPa	82,226667 kPa	8,8811353 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 4	84,08365 m	559,50465 m	67,518958 kPa	131,79821 kPa	13,662978 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 5	89,02975 m	557,22578 m	83,12161 kPa	162,31079 kPa	16,83218 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 6	89,78725 m	556,98514 m	84,448314 kPa	164,01951 kPa	16,91338 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 7	93,21895 m	555,895 m	90,458676 kPa	182,64847 kPa	19,595546 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 8	97,8671 m	554,41843 m	98,599557 kPa	206,78004 kPa	22,994472 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 9	99,6805 m	553,90626 m	101,14898 kPa	216,1653 kPa	24,447474 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 10	100,21145 m	553,82226 m	101,2486 kPa	219,28742 kPa	25,089925 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 11	100,98695 m	553,69957 m	101,3941 kPa	222,72842 kPa	25,790405 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 12	101,7644 m	553,57657 m	101,53998 kPa	233,31466 kPa	28,009574 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 13	102,7428 m	553,42177 m	101,72355 kPa	236,21313 kPa	28,586642 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 14	104,03535 m	553,21728 m	101,96607 kPa	216,20276 kPa	24,281757 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 15	104,4829 m	553,14647 m	102,05004 kPa	203,18189 kPa	21,496238 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 16	105,77675 m	552,94177 m	101,6738 kPa	203,39687 kPa	21,621905 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 17	107,9098 m	552,60429 m	101,05258 kPa	204,84954 kPa	22,062726 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 18	108,94645 m	552,44028 m	100,75066 kPa	201,89864 kPa	21,499667 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 19	109,46555 m	552,35816 m	100,59948 kPa	198,64661 kPa	20,84056 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 20	110,04705 m	552,26616 m	100,43013 kPa	205,09214 kPa	22,246598 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 21	110,9143 m	552,12895 m	100,17755 kPa	207,88707 kPa	22,894365 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 22	111,5623 m	552,02643 m	100,00604 kPa	204,99809 kPa	22,316749 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 23	112,30735 m	551,90855 m	100,11453 kPa	205,12141 kPa	22,319902 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 24	116,12085 m	551,45543 m	99,19663 kPa	204,94712 kPa	22,477961 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 25	121,74925 m	550,83701 m	97,3482 kPa	200,50832 kPa	21,927361 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 26	127,0874 m	550,25047 m	95,595091 kPa	193,46184 kPa	20,802219 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 27	133,6431 m	549,53016 m	93,442124 kPa	186,97449 kPa	19,880917 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 28	137,38195 m	549,11935 m	92,214243 kPa	184,59539 kPa	19,63622 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 29	137,85935 m	549,06689 m	92,161601 kPa	184,60535 kPa	19,649526 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 30	143,04455 m	548,49618 m	91,601289 kPa	184,72816 kPa	19,794728 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 31	151,56895 m	547,55776 m	90,681755 kPa	184,14769 kPa	19,866797 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 32	160,567 m	546,56721 m	89,711129 kPa	182,31371 kPa	19,683287 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 33	170,9314 m	545,42623 m	88,593113 kPa	180,04028 kPa	19,437695 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 34	183,2186 m	544,07359 m	87,267683 kPa	177,72549 kPa	19,227401 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 35	190,3286 m	543,29088 m	86,500722 kPa	176,5514 kPa	19,140863 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 36	196,68175 m	542,59149 m	86,495376 kPa	181,61476 kPa	20,21825 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 37	209,37805 m	541,19381 m	86,485764 kPa	191,73354 kPa	22,371106 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 38	222,07435 m	539,79613 m	86,476151 kPa	201,85232 kPa	24,523962 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 39	228,60135 m	539,07709 m	86,476231 kPa	206,99414 kPa	25,616873 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 40	232,03465 m	538,6893 m	86,570023 kPa	205,20944 kPa	25,217587 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 41	240,32402 m	537,75303 m	86,796476 kPa	198,77492 kPa	23,801752 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 42	250,39385 m	536,61566 m	87,071568 kPa	189,77942 kPa	21,831227 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 43	260,46368 m	535,47829 m	87,34666 kPa	180,78392 kPa	19,860702 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 44	265,5065 m	534,90871 m	87,481485 kPa	176,27904 kPa	18,874503 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 45	270,67728 m	534,32468 m	85,700436 kPa	173,55915 kPa	18,674947 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 46	281,00305 m	533,1584 m	82,14378 kPa	168,13362 kPa	18,277706 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 47	291,32882 m	531,99212 m	78,587124 kPa	162,7081 kPa	17,880465 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 48	297,9127 m	531,24848 m	76,319341 kPa	160,17603 kPa	17,824289 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 49	307,31585 m	530,05512 m	74,368022 kPa	163,5424 kPa	18,9546 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 50	321,78643 m	528,1758 m	71,785314 kPa	169,93314 kPa	20,861965 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 51	334,76328 m	526,48289 m	69,543622 kPa	175,8236 kPa	22,590507 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 52	347,34005 m	524,84217 m	67,371041 kPa	175,55168 kPa	22,994506 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 53	358,3502 m	523,95701 m	60,06364 kPa	161,68511 kPa	21,60031 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 54	368,1938 m	523,77522 m	47,552308 kPa	135,49652 kPa	18,693118 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 55	373,7673 m	523,67229 m	40,468323 kPa	119,80934 kPa	16,864453 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 56	379,27506 m	523,95171 m	29,730004 kPa	91,668641 kPa	13,165464 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 57	388,98718 m	524,53464 m	9,9100013 kPa	38,02406 kPa	5,9758277 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 58	394,84107 m	524,88599 m	-2,0363232 kPa	5,6646996 kPa	1,2040691 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 59	395,8504 m	524,94657 m	-4,092868 kPa	0,06381472 kPa	0,013564237 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

19.1 BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS303

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2021 R2. Copyright © 1991-2021 GEOSLOPE International Ltd.

File Information

File Version: 11.01

Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Analysis Type: Bishop

Settings

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9,807 kN/m³

Slip Surface

Direction of movement: Left to Right

Use Passive Mode: No

Slip Surface Option: Fully-Specified

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0,1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0,01

Materials

a1-a2

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 12 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

SILL

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 22 kN/m³

Effective Cohesion: 10 kPa

Effective Friction Angle: 26 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Fully Specified Slip Surfaces

Fully Specified Slip Surface 1

	X	Y
	51,261 m	628,28225 m
	53,46403 m	626,46054 m
	56,54928 m	624,53081 m
	61,2786 m	622,38153 m
	73,6575 m	619,38159 m
	119,24729 m	609,7719 m
	167,25645 m	601,75225 m
	261,63026 m	585,93619 m
	286,25067 m	581,88582 m
	300,94356 m	579,46097 m
	319,51812 m	576,45147 m
	333,90431 m	574,72628 m
	348,63553 m	573,02025 m
	363,75913 m	571,16474 m
	378,78329 m	569,36212 m
	403,13023 m	566,45019 m
	424,94342 m	563,85788 m
	429,88067 m	563,21857 m
	437,15818 m	562,24407 m
	442,95707 m	561,53042 m

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

454,64538 m	559,95831 m
473,50269 m	557,5702 m
492,57367 m	555,13806 m
522,14576 m	551,46685 m
544,35613 m	548,65251 m
549,27292 m	548,17438 m
555,24098 m	548,02462 m

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-0,10032; 411,82236) m
Right Coordinate: (617,5067; 540,40454) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X	Y
Coordinate 1	0,00267 m	630,88293 m
Coordinate 2	8,67527 m	632,3493 m
Coordinate 3	42,26564 m	627,56525 m
Coordinate 4	97,74469 m	618,90239 m
Coordinate 5	122,32956 m	613,00948 m
Coordinate 6	170,59976 m	604,36229 m
Coordinate 7	190,46471 m	601,04691 m
Coordinate 8	257,27042 m	590,93892 m
Coordinate 9	350,37111 m	576,81968 m
Coordinate 10	421,31804 m	565,33087 m
Coordinate 11	456,80858 m	559,93217 m
Coordinate 12	540,42991 m	549,0345 m
Coordinate 13	570,27022 m	543,73335 m
Coordinate 14	617,5067 m	538,93252 m

Geometry

Name: Default Geometry

Settings

View: 2D

Element Thickness: 1 m

Elevation: 0 m

Thickness Function: New Mesh Thickness Function

Points

	X	Y
Point 1	51,261 m	628,28225 m
Point 2	51,45875 m	628,26375 m
Point 3	51,7275 m	628,2255 m
Point 4	55,33075 m	627,5185 m
Point 5	58,42048 m	626,5132 m
Point 6	73,72938 m	624,50925 m
Point 7	79,31316 m	623,59098 m
Point 8	86,73803 m	622,4924 m
Point 9	91,66574 m	621,47797 m
Point 10	97,66642 m	620,40393 m
Point 11	106,54796 m	618,56692 m
Point 12	122,41547 m	614,5042 m
Point 13	127,36049 m	613,49517 m
Point 14	143,55049 m	611,08121 m
Point 15	148,87108 m	610,47609 m
Point 16	160,97937 m	609,43778 m
Point 17	164,83368 m	609,08142 m
Point 18	166,93501 m	608,48186 m
Point 19	168,74052 m	607,19126 m
Point 20	170,69315 m	605,8962 m
Point 21	175,78422 m	605,51084 m
Point 22	190,47536 m	602,45714 m
Point 23	214,04487 m	600,46231 m
Point 24	214,54182 m	600,42371 m
Point 25	227,78952 m	598,46497 m
Point 26	235,4967 m	596,78983 m
Point 27	257,36648 m	592,49735 m
Point 28	277,32491 m	589,6695 m
Point 29	287,77267 m	588,27555 m
Point 30	303,88677 m	586,50311 m

AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo

Point 31	314,49672 m	584,52263 m
Point 32	325,25199 m	582,38315 m
Point 33	330,47457 m	581,69159 m
Point 34	339,43557 m	580,45961 m
Point 35	350,32238 m	578,34918 m
Point 36	379,45628 m	574,50162 m
Point 37	402,29992 m	570,37602 m
Point 38	406,84846 m	569,72482 m
Point 39	415,24785 m	568,43384 m
Point 40	421,376 m	566,79107 m
Point 41	427,75844 m	566,42128 m
Point 42	448,13199 m	562,7562 m
Point 43	456,82339 m	561,43058 m
Point 44	476,71187 m	560,37843 m
Point 45	493,35039 m	557,74272 m
Point 46	540,48722 m	550,59267 m
Point 47	555,24098 m	548,02462 m
Point 48	549,27292 m	548,17438 m
Point 49	544,35613 m	548,65251 m
Point 50	522,14576 m	551,46685 m
Point 51	492,57367 m	555,13806 m
Point 52	473,50269 m	557,5702 m
Point 53	454,64538 m	559,95831 m
Point 54	442,95707 m	561,53042 m
Point 55	437,15818 m	562,24407 m
Point 56	429,88067 m	563,21857 m
Point 57	424,94342 m	563,85788 m
Point 58	403,13023 m	566,45019 m
Point 59	378,78329 m	569,36212 m
Point 60	363,75913 m	571,16474 m
Point 61	348,63553 m	573,02025 m
Point 62	333,90431 m	574,72628 m
Point 63	319,51812 m	576,45147 m
Point 64	300,94356 m	579,46097 m
Point 65	286,25067 m	581,88582 m
Point 66	261,63026 m	585,93619 m
Point 67	167,25645 m	601,75225 m
Point 68	119,24729 m	609,7719 m
Point 69	73,6575 m	619,38159 m
Point 70	61,2786 m	622,38153 m
Point 71	56,54928 m	624,53081 m
Point 72	53,46403 m	626,46054 m
Point 73	0,00298 m	631,53301 m
Point 74	2,37033 m	633,21987 m
Point 75	8,86855 m	633,82369 m
Point 76	24,06941 m	632,51062 m
Point 77	32,27685 m	631,02664 m
Point 78	34,96559 m	630,86387 m
Point 79	40,82642 m	630,06424 m
Point 80	41,82875 m	629,4882 m
Point 81	42,20099 m	629,4882 m
Point 82	42,33028 m	628,96883 m
Point 83	42,6468 m	629,04239 m
Point 84	570,42471 m	545,20615 m
Point 85	617,5067 m	540,40454 m
Point 86	617,5067 m	414,33198 m
Point 87	-0,10032 m	411,82236 m

Regions

	Material	Points	Area
Region 1	a1-a2	1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12;13;14;15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26;27;28;29;30;31;32;33;34;35;36;37;38;39;40;41;42;43;44;45;46;47;48;49;50;51;52;53;54;55;56;57;58;59;60;61;62;63;64;65;66;67;68;69;70;71;72	2.373,3 m ²
Region 2	SILL	73;74;75;76;77;78;79;80;81;82;83;1;72;71;70;69;68;67;66;65;64;63;62;61;60;59;58;57;56;55;54;53;52;51;50;49;48;47;84;85;86;87	1,0439e +05 m ²

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1 of 1 converged

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di
attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenze - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Current Slip Surface

Slip Surface: 1
Factor of Safety: 1,011
Volume: 2.373,306 m³
Weight: 45,092,815 kN
Resisting Moment: 476,797,65 kN-m
Activating Moment: 471,627,78 kN-m
Slip Rank: 1 of 1 slip surfaces
Exit: (555,24098; 548,02462) m
Entry: (51,261; 628,28225) m
Radius: 198,20259 m
Center: (312,83662; 648,34666) m
Slip Slices

	X	Y	PWP	Base Normal Stress	Frictional Strength	Cohesive Strength	Suction Strength	Base Material
Slice 1	51,359875 m	628,20049 m	-20,156055 kPa	1,1739458 kPa	0,24952988 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 2	51,593125 m	628,00761 m	-18,621692 kPa	3,8372229 kPa	0,81562691 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 3	52,595765 m	627,17852 m	-12,026137 kPa	14,192393 kPa	3,0166862 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 4	54,149996 m	626,03149 m	-3,1572632 kPa	28,865456 kPa	6,135542 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 5	55,083356 m	625,4477 m	1,1386674 kPa	35,726568 kPa	7,3518853 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 6	55,940015 m	624,91189 m	5,0815692 kPa	41,038532 kPa	7,6428884 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 7	57,48488 m	624,10562 m	10,622945 kPa	47,965761 kPa	7,9374607 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 8	59,84954 m	623,03098 m	17,540867 kPa	58,68335 kPa	8,7451048 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 9	67,46805 m	620,88156 m	26,953771 kPa	81,713285 kPa	11,639494 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 10	73,69344 m	619,37401 m	32,205152 kPa	94,885631 kPa	13,323147 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 11	76,52127 m	618,77795 m	33,720444 kPa	97,355709 kPa	13,526093 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 12	83,025595 m	617,40693 m	37,205784 kPa	104,1008 kPa	14,218975 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 13	89,201885 m	616,10505 m	40,515346 kPa	108,70554 kPa	14,494273 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 14	94,66608 m	614,95328 m	43,443333 kPa	110,7863 kPa	14,31419 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 15	97,705555 m	614,3126 m	45,072034 kPa	112,5941 kPa	14,352258 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 16	102,14633 m	613,37654 m	43,845026 kPa	112,86138 kPa	14,66988 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 17	112,89763 m	611,11032 m	40,79675 kPa	107,82038 kPa	14,246313 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 18	120,78843 m	609,51446 m	37,898391 kPa	100,52438 kPa	13,311564 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 19	122,37252 m	609,24985 m	36,795232 kPa	97,899167 kPa	12,988042 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 20	124,88798 m	608,82966 m	36,496804 kPa	96,139338 kPa	12,677412 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 21	135,45549 m	607,06441 m	35,243103 kPa	97,083449 kPa	13,144571 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 22	146,21078 m	605,26781 m	33,967123 kPa	102,30978 kPa	14,52668 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 23	154,92523 m	603,81211 m	32,933265 kPa	113,91236 kPa	17,212637 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 24	162,90652 m	602,47888 m	31,986385 kPa	125,553 kPa	19,888199 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 25	165,88434 m	601,98145 m	31,633104 kPa	125,89839 kPa	20,036705 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 26	167,09573 m	601,7791 m	31,489389 kPa	121,99628 kPa	19,237834 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 27	167,99848 m	601,62789 m	31,386257 kPa	112,91397 kPa	17,32925 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 28	169,67014 m	601,34774 m	31,196876 kPa	96,99755 kPa	13,986365 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 29	170,64646 m	601,18412 m	31,091878 kPa	88,112132 kPa	12,120029 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 30	173,23869 m	600,74969 m	31,109509 kPa	91,981472 kPa	12,938735 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 31	183,12446 m	599,09294 m	31,176748 kPa	90,851841 kPa	12,684333 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 32	190,47003 m	597,8619 m	31,227523 kPa	85,424174 kPa	11,519854 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 33	202,26012 m	595,886 m	33,110507 kPa	103,42718 kPa	14,946271 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 34	214,29334 m	593,86936 m	35,032324 kPa	121,84552 kPa	18,452714 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 35	221,16567 m	592,71763 m	36,129897 kPa	124,69212 kPa	18,824482 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 36	231,64311 m	590,96172 m	37,803241 kPa	123,6288 kPa	18,242786 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 37	246,38356 m	588,49138 m	40,157426 kPa	114,45751 kPa	15,79297 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 38	257,31845 m	586,6588 m	41,903662 kPa	108,75969 kPa	14,210687 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 39	259,49837 m	586,29347 m	42,244305 kPa	109,75953 kPa	14,350804 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 40	269,47758 m	584,64521 m	43,566909 kPa	114,1497 kPa	15,002836 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 41	281,78779 m	582,62002 m	45,119098 kPa	120,03962 kPa	15,92485 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 42	287,01167 m	581,76023 m	45,781678 kPa	123,04382 kPa	16,422575 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 43	294,35811 m	580,5478 m	46,745662 kPa	130,17442 kPa	17,733331 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 44	302,41517 m	579,22254 m	47,759408 kPa	138,32631 kPa	19,250589 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 45	309,19175 m	578,12458 m	48,448384 kPa	137,35402 kPa	18,897476 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 46	317,00742 m	576,85826 m	49,243004 kPa	133,27586 kPa	17,861736 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 47	322,38506 m	576,10767 m	48,605984 kPa	128,06971 kPa	16,890536 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 48	327,86328 m	575,45072 m	46,900984 kPa	123,22519 kPa	16,223211 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 49	332,18944 m	574,93193 m	45,554544 kPa	122,02912 kPa	16,255172 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 50	336,66994 m	574,40599 m	44,048611 kPa	120,38736 kPa	16,226301 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 51	344,03555 m	573,55298 m	41,459358 kPa	112,55521 kPa	15,11189 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 52	349,47895 m	572,91677 m	39,602724 kPa	104,64721 kPa	13,825633 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 53	350,34674 m	572,8103 m	39,356212 kPa	103,52504 kPa	13,639506 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 54	357,06512 m	571,98603 m	36,772892 kPa	102,29352 kPa	13,926839 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Slice 55	371,27121 m	570,26343 m	31,105713 kPa	99,345277 kPa	14,504767 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 56	379,11978 m	569,32187 m	27,87523 kPa	97,511335 kPa	14,801611 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 57	390,8781 m	567,91556 m	22,99356 kPa	84,40031 kPa	13,052408 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 58	402,71508 m	566,49984 m	18,079233 kPa	71,184886 kPa	11,287955 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 59	404,98935 m	566,22925 m	17,121172 kPa	70,150138 kPa	11,271655 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 60	411,04816 m	565,50921 m	14,560589 kPa	66,535719 kPa	11,047655 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 61	418,28294 m	564,64942 m	11,50301 kPa	55,351475 kPa	9,3202789 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 62	421,34702 m	564,28528 m	10,210857 kPa	46,84379 kPa	7,7865704 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 63	423,15971 m	564,06986 m	9,6193219 kPa	48,763016 kPa	8,320249 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 64	426,35093 m	563,67563 m	8,7248786 kPa	52,526373 kPa	9,310295 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 65	428,81955 m	563,35597 m	8,177022 kPa	53,385271 kPa	9,6093099 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 66	433,51943 m	562,73132 m	7,2916702 kPa	49,239258 kPa	8,9162351 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 67	440,05762 m	561,88725 m	5,8157784 kPa	43,143966 kPa	7,9343512 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 68	445,54453 m	561,1824 m	4,5427929 kPa	37,806994 kPa	7,0705243 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 69	451,38869 m	560,39634 m	3,5332805 kPa	34,524735 kPa	6,5874369 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 70	455,72698 m	559,82134 m	2,7004976 kPa	32,948877 kPa	6,4294915 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 71	456,81599 m	559,68342 m	2,4300051 kPa	32,420257 kPa	6,3746248 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 72	465,16304 m	558,62634 m	2,1287145 kPa	43,79049 kPa	8,8554838 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 73	475,10728 m	557,36557 m	1,7837759 kPa	57,369327 kPa	11,815074 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 74	484,64277 m	556,1495 m	1,5228035 kPa	55,046635 kPa	11,376842 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 75	492,96203 m	555,08985 m	1,2822196 kPa	50,296262 kPa	10,418256 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 76	503,73905 m	553,75194 m	0,62934633 kPa	44,734824 kPa	9,3749086 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 77	518,13674 m	551,96455 m	-0,24286711 kPa	37,375716 kPa	7,9444537 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 78	531,28783 m	550,30843 m	-0,8092834 kPa	31,086853 kPa	6,6077146 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 79	540,45856 m	549,14638 m	-1,1471471 kPa	26,847987 kPa	5,7067157 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 80	542,42168 m	548,89763 m	-2,1278119 kPa	25,139575 kPa	5,3435817 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 81	546,81453 m	548,41345 m	-5,0327161 kPa	20,07024 kPa	4,2660613 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 82	552,25695 m	548,0995 m	-11,435758 kPa	8,4016727 kPa	1,7858307 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2

19.2 BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS302

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2021 R2. Copyright © 1991-2021 GEOSLOPE International Ltd.

File Information

File Version: 11.01

Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Analysis Type: Bishop

Settings

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9,807 kN/m³

Slip Surface

Direction of movement: Left to Right

Use Passive Mode: No

Slip Surface Option: Fully-Specified

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0,1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0,01

Materials

a1-a2

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 12 °

Phi-B: 0°
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1
 SILL
 Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 22 kN/m³
 Effective Cohesion: 10 kPa
 Effective Friction Angle: 26°
 Phi-B: 0°
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1

Fully Specified Slip Surfaces

Fully Specified Slip Surface 1

	X	Y
	-39,5104 m	644,0022 m
	-35,3247 m	639,8165 m
	-23,465 m	634,3568 m
	-8,3599 m	630,5 m
	110,0849 m	613,8 m
	269,75 m	594 m

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-49,8839; 644,8515) m
 Right Coordinate: (272; 594) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X	Y
Coordinate 1	-49,8472 m	642,8 m
Coordinate 2	-24,3138 m	639 m
Coordinate 3	-8,7997 m	636,4 m
Coordinate 4	29,7366 m	630 m
Coordinate 5	110,4077 m	619 m
Coordinate 6	272 m	592 m

Surcharge Loads

Surcharge Load 1

Surcharge (Unit Weight): 20 kN/m³
 Direction: Vertical
 Coordinates

	X	Y
	0 m	640 m
	7,5 m	640 m

Geometry

Name: Default Geometry

Settings

View: 2D

Element Thickness: 1 m

Elevation: 0 m

Thickness Function: New Mesh Thickness Function

Points

	X	Y
Point 1	-49,8839 m	644,8515 m
Point 2	-48,9132 m	645,1548 m
Point 3	-46,0317 m	644,8515 m
Point 4	-39,5104 m	644,0022 m
Point 5	-27,5295 m	643,1226 m
Point 6	-24,5266 m	641,97 m
Point 7	-20,8869 m	641,97 m
Point 8	-11,9997 m	641,97 m
Point 9	-8,7846 m	638,4212 m
Point 10	-7,177 m	638,6335 m
Point 11	1,1642 m	637,7843 m
Point 12	9,7177 m	637,026 m
Point 13	24,7925 m	632,9615 m
Point 14	25,8845 m	633,2952 m
Point 15	29,7366 m	632,0213 m
Point 16	37,1071 m	630,717 m
Point 17	45,873 m	629,4431 m
Point 18	54,0018 m	628,8971 m
Point 19	57,217 m	628,0478 m

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Point 20	79,0557 m	625,8033 m
Point 21	85,668 m	624,7417 m
Point 22	94,9798 m	623,5587 m
Point 23	108,0527 m	621,7388 m
Point 24	110,0849 m	621,3142 m
Point 25	110,0849 m	613,8 m
Point 26	-8,3599 m	630,5 m
Point 27	-23,465 m	634,3568 m
Point 28	-35,3247 m	639,8165 m
Point 29	-49,7625 m	632,3246 m
Point 30	-49,8839 m	550 m
Point 31	272 m	550 m
Point 32	269,75 m	594 m
Point 33	272 m	594 m
Point 34	272 m	582 m
Point 35	238,56 m	600 m

Regions

	Material	Points	Area
Region 1	SILL	1;2;3;4;28;27;26;25;32;33;34;31;30;29	20.889 m ²
Region 2	a1-a2	4;5;6;7;8;9;10;11;12;13;14;15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;35;32;25;26;27;28	1.762,4 m ²

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1 of 1 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1

Factor of Safety: 1,024

Volume: 1.762,4121 m³

Weight: 33.485,83 kN

Resisting Moment: 232.849,17 kN·m

Activating Moment: 227.407,39 kN·m

Slip Rank: 1 of 1 slip surfaces

Exit: (269,75; 594) m

Entry: (-39,5104; 644,0022) m

Radius: 122,03582 m

Center: (121,18319; 656,50275) m

Slip Slices

	X	Y	PWP	Base Normal Stress	Frictional Strength	Cohesive Strength	Suction Strength	Base Material
Slice 1	-37,900525 m	642,39233 m	-13,438389 kPa	23,496641 kPa	4,9943652 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 2	-35,807675 m	640,29948 m	4,0316265 kPa	54,731711 kPa	10,776636 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 3	-31,4271 m	638,02221 m	19,971204 kPa	95,202384 kPa	15,990881 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 4	-26,02805 m	635,53672 m	36,466386 kPa	124,79667 kPa	18,775182 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 5	-24,4202 m	634,79653 m	41,378691 kPa	128,06643 kPa	18,426048 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 6	-23,8894 m	634,55218 m	42,922291 kPa	132,44052 kPa	19,027687 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 7	-22,17595 m	634,02767 m	45,25002 kPa	145,61962 kPa	21,334217 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 8	-16,4433 m	632,56394 m	50,182856 kPa	172,28603 kPa	25,95383 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 9	-10,3997 m	631,02082 m	55,383258 kPa	168,52202 kPa	24,048385 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 10	-8,79215 m	630,61037 m	56,766636 kPa	143,97254 kPa	18,536187 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 11	-8,57225 m	630,55422 m	56,959117 kPa	145,35135 kPa	18,78835 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 12	-7,76845 m	630,41661 m	56,999498 kPa	151,8783 kPa	20,167113 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 13	-3,5885 m	629,82726 m	55,971267 kPa	157,4273 kPa	21,565145 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 14	0,5821 m	629,23923 m	54,945336 kPa	202,32595 kPa	31,326717 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 15	4,3321 m	628,7105 m	54,022869 kPa	212,39238 kPa	33,662479 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 16	8,60885 m	628,10751 m	52,970825 kPa	167,97536 kPa	24,444968 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 17	17,2551 m	626,88844 m	50,843924 kPa	151,08635 kPa	21,307186 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 18	25,3385 m	625,74873 m	48,855478 kPa	137,63163 kPa	18,869954 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 19	27,81055 m	625,40019 m	48,247375 kPa	135,37014 kPa	18,518516 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 20	33,42185 m	624,60903 m	47,9412 kPa	126,16792 kPa	16,627603 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 21	41,49005 m	623,47146 m	48,308166 kPa	123,38051 kPa	15,95712 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 22	49,9374 m	622,28043 m	48,692376 kPa	128,58091 kPa	16,980833 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 23	55,6094 m	621,48072 m	48,950356 kPa	130,4727 kPa	17,328109 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 24	62,676675 m	620,48427 m	49,271796 kPa	130,67874 kPa	17,303581 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 25	73,596025 m	618,94471 m	49,76844 kPa	138,39769 kPa	18,838729 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 26	82,36185 m	617,70878 m	50,167136 kPa	141,06771 kPa	19,321514 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 27	90,3239 m	616,58618 m	50,529274 kPa	141,0835 kPa	19,247895 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 28	101,51625 m	615,00813 m	51,038335 kPa	142,51223 kPa	19,443377 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 29	109,0688 m	613,94326 m	51,381847 kPa	141,4624 kPa	19,147213 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 30	110,2463 m	613,77998 m	51,40852 kPa	140,36646 kPa	18,908594 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 31	115,4761 m	613,13144 m	49,24777 kPa	136,25374 kPa	18,49369 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 32	125,61291 m	611,87438 m	44,965355 kPa	128,27981 kPa	17,709033 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2

Slice 33	135,74971 m	610,61732 m	40,68294 kPa	120,30587 kPa	16,924376 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 34	145,88651 m	609,36026 m	36,400525 kPa	112,33193 kPa	16,139719 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 35	156,02332 m	608,1032 m	32,118111 kPa	104,358 kPa	15,355062 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 36	166,16012 m	606,84614 m	27,835696 kPa	96,38406 kPa	14,570405 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 37	176,29692 m	605,58908 m	23,553281 kPa	88,410123 kPa	13,785747 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 38	186,43373 m	604,33201 m	19,270866 kPa	80,436187 kPa	13,00109 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 39	196,57053 m	603,07495 m	14,988452 kPa	72,46225 kPa	12,216433 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 40	206,70733 m	601,81789 m	10,706037 kPa	64,488314 kPa	11,431776 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 41	216,84414 m	600,56083 m	6,4236221 kPa	56,514377 kPa	10,647119 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 42	226,98094 m	599,30377 m	2,1412074 kPa	48,540441 kPa	9,8624615 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 43	236,30467 m	598,27155 m	-1,3752526 kPa	42,027018 kPa	8,9331184 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 44	243,75833 m	597,22322 m	-4,9466037 kPa	32,917136 kPa	6,9967533 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 45	254,155 m	595,93393 m	-9,3388008 kPa	19,750282 kPa	4,198052 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2
Slice 46	264,55167 m	594,64464 m	-13,730998 kPa	6,5834272 kPa	1,3993507 kPa	0 kPa	0 kPa	a1-a2

19.3 BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS301

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2011 R2. Copyright © 1991-2011 GEOTECH INTERNATIONAL INC.

File Information

File Version: 11.01

Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Analysis Type: Bishop

Settings

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9.807 kN/m³

Slip Surface

Direction of movement: Right to Left

Use Passive Mode: No

Slip Surface Option: Fully-Specified

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0.1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0.01

Materials

oltre in Frana Attiva

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 16 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

AQR1

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 24 kN/m³

Effective Cohesion: 100 kPa

Effective Friction Angle: 40 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Fully Specified Slip Surfaces

Fully Specified Slip Surface 1

	X	Y
	-42,197 m	827,0133 m
	-6,5727 m	827,4286 m
	7,5155 m	827,9939 m
	42,6308 m	830,2548 m
	72,0224 m	832,1437 m
	127,0783 m	841,7984 m
	150,5786 m	846,1899 m
	165,2366 m	848,623 m
	210,9837 m	860,9597 m
	268,2612 m	876,7 m

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

	305,4092 m	886,9774 m
	324,727 m	892,7012 m
	337,4624 m	896,393 m
	341,1542 m	897,2516 m
	348,7668 m	902,8895 m
	350,3981 m	903,8339 m
	353,0136 m	907,5205 m

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-44,9978; 825,9928) m

Right Coordinate: (419,0253; 749,9605) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X	Y
Coordinate 1	-44,9975 m	824,0338 m
Coordinate 2	-39,446 m	826,0258 m
Coordinate 3	-18,1053 m	828,0185 m
Coordinate 4	-0,8213 m	831,8358 m
Coordinate 5	52,1725 m	833,8166 m
Coordinate 6	87,0473 m	837,8674 m
Coordinate 7	135,7267 m	848,4393 m
Coordinate 8	147,5021 m	849,6546 m
Coordinate 9	226,5054 m	873,9773 m
Coordinate 10	293,1834 m	888,0085 m
Coordinate 11	343,5964 m	901,4156 m
Coordinate 12	358,6292 m	905,8555 m
Coordinate 13	370,7604 m	914,1987 m
Coordinate 14	385,3784 m	916,7731 m
Coordinate 15	403,0997 m	916,1543 m
Coordinate 16	418,9997 m	912,0284 m

Geometry

Name: Default Geometry

Settings

View: 2D

Element Thickness: 1 m

Elevation: 0 m

Thickness Function: New Mesh Thickness Function

Points

	X	Y
Point 1	-44,9978 m	825,9928 m
Point 2	-42,197 m	827,0133 m
Point 3	-6,5727 m	827,4286 m
Point 4	7,5155 m	827,9939 m
Point 5	42,6308 m	830,2548 m
Point 6	72,0224 m	832,1437 m
Point 7	127,0783 m	841,7984 m
Point 8	150,5786 m	846,1899 m
Point 9	165,2366 m	848,623 m
Point 10	210,9837 m	860,9597 m
Point 11	268,2612 m	876,7 m
Point 12	305,4092 m	886,9774 m
Point 13	324,727 m	892,7012 m
Point 14	337,4624 m	896,393 m
Point 15	341,1542 m	897,2516 m
Point 16	348,7668 m	902,8895 m
Point 17	350,3981 m	903,8339 m
Point 18	353,4031 m	908,0695 m
Point 19	358,6177 m	908,0398 m
Point 20	360,4148 m	908,7187 m
Point 21	362,3237 m	910,2282 m
Point 22	365,5664 m	913,1355 m
Point 23	369,5882 m	915,7584 m
Point 24	370,4715 m	916,062 m
Point 25	372,6245 m	918,0218 m
Point 26	374,7224 m	919,0248 m
Point 27	380,887 m	921,1755 m
Point 28	382,7157 m	921,7046 m
Point 29	384,8895 m	923,2457 m
Point 30	385,6486 m	923,8208 m
Point 31	386,6607 m	924,0048 m
Point 32	393,1934 m	923,9703 m
Point 33	394,2055 m	923,7518 m
Point 34	396,515 m	922,5902 m
Point 35	400,1586 m	919,9403 m
Point 36	403,0431 m	918,2841 m
Point 37	404,8358 m	917,491 m

Point 38	408,4898 m	916,3596 m
Point 39	411,1788 m	915,6807 m
Point 40	414,3204 m	914,9552 m
Point 41	415,179 m	914,8221 m
Point 42	418,9994 m	913,9302 m
Point 43	419,0253 m	749,9605 m
Point 44	-44,9876 m	750,0181 m
Point 45	-39,4705 m	828,0177 m
Point 46	-29,0547 m	828,9704 m
Point 47	-24,367 m	829,3838 m
Point 48	-18,1611 m	829,9748 m
Point 49	-10,845 m	832,0115 m
Point 50	-0,7734 m	833,8565 m
Point 51	8,3606 m	834,3431 m
Point 52	17,8698 m	834,9918 m
Point 53	36,3251 m	835,473 m
Point 54	45,9602 m	835,9977 m
Point 55	52,1132 m	835,9261 m
Point 56	72,8142 m	838,311 m
Point 57	83,0931 m	839,6227 m
Point 58	86,9335 m	840,1375 m
Point 59	91,5723 m	841,6039 m
Point 60	93,8822 m	842,1598 m
Point 61	100,2462 m	843,2907 m
Point 62	119,4629 m	847,22 m
Point 63	121,5994 m	847,8162 m
Point 64	125,4583 m	849,1246 m
Point 65	129,3338 m	850,3502 m
Point 66	135,8757 m	851,6254 m
Point 67	145,012 m	851,6582 m
Point 68	148,0205 m	851,8179 m
Point 69	171,5474 m	856,1034 m
Point 70	184,1855 m	858,4387 m
Point 71	214,9908 m	865,788 m
Point 72	239,9922 m	871,4202 m
Point 73	254,7467 m	875,1896 m
Point 74	276,6282 m	881,5096 m
Point 75	297,1583 m	887,3129 m
Point 76	304,472 m	890,4729 m
Point 77	310,983 m	894,6771 m
Point 78	312,5083 m	895,4536 m
Point 79	313,4346 m	895,8474 m
Point 80	314,3331 m	896,2135 m
Point 81	315,2483 m	896,4131 m
Point 82	316,5489 m	896,7228 m
Point 83	319,7705 m	897,5594 m
Point 84	326,9625 m	899,2696 m
Point 85	328,5333 m	899,6933 m
Point 86	329,2655 m	899,9862 m
Point 87	330,6299 m	900,4255 m
Point 88	332,1275 m	901,1177 m
Point 89	334,3771 m	901,923 m
Point 90	335,3289 m	902,156 m
Point 91	344,3928 m	903,583 m
Point 92	347,1324 m	904,3338 m
Point 93	348,9662 m	905,0683 m
Point 94	350,8536 m	906,0184 m
Point 95	352,5804 m	907,2574 m
Point 96	353,0136 m	907,5205 m
Point 97	150,5387 m	852,4576 m
Point 98	151,5151 m	852,7732 m
Point 99	152,7696 m	853,1771 m
Point 100	153,5025 m	853,367 m
Point 101	153,885 m	853,5302 m
Point 102	155,1475 m	853,918 m
Point 103	157,3515 m	854,7312 m
Point 104	159,4219 m	855,539 m
Point 105	161,5142 m	856,3533 m
Point 106	162,1244 m	856,5706 m
Point 107	164,6758 m	857,8232 m
Point 108	167,2503 m	859,0758 m
Point 109	167,9002 m	859,4189 m
Point 110	168,6479 m	859,7672 m
Point 111	169,3909 m	860,0303 m
Point 112	170,1943 m	860,2966 m

Point 113	171,0391 m	860,5655 m
Point 114	176,3727 m	862,0049 m
Point 115	180,9302 m	863,3698 m
Point 116	182,3136 m	863,8641 m
Point 117	185,3276 m	864,9266 m
Point 118	186,7303 m	865,4466 m
Point 119	187,5134 m	866,1973 m
Point 120	188,162 m	866,681 m
Point 121	189,0246 m	867,207 m
Point 122	189,1829 m	867,3029 m
Point 123	189,9906 m	867,5884 m
Point 124	190,4298 m	867,6121 m
Point 125	190,8129 m	867,8619 m
Point 126	191,2339 m	868,0384 m
Point 127	191,6513 m	868,1092 m
Point 128	192,0751 m	868,0339 m
Point 129	192,4988 m	868,0939 m
Point 130	192,8516 m	868,1558 m
Point 131	193,2771 m	868,1608 m
Point 132	193,6765 m	868,0874 m
Point 133	194,1058 m	867,932 m
Point 134	194,5015 m	867,7356 m
Point 135	194,9173 m	867,8991 m
Point 136	195,3413 m	868,1484 m
Point 137	195,7556 m	868,359 m
Point 138	196,3931 m	868,8032 m
Point 139	196,9779 m	869,1838 m
Point 140	198,1817 m	869,555 m
Point 141	198,6215 m	869,8596 m
Point 142	199,0171 m	870,2082 m
Point 143	199,4375 m	870,4992 m
Point 144	199,8388 m	870,5726 m
Point 145	200,2587 m	870,4992 m
Point 146	200,6648 m	870,3209 m
Point 147	201,0921 m	870,0092 m
Point 148	201,478 m	869,6034 m
Point 149	201,901 m	869,5536 m
Point 150	202,3054 m	869,9861 m
Point 151	202,7375 m	870,2622 m
Point 152	203,1168 m	870,3292 m
Point 153	203,5515 m	870,2015 m
Point 154	203,9552 m	869,9049 m
Point 155	205,6008 m	870,581 m
Point 156	206,4162 m	871,3092 m
Point 157	207,7017 m	872,1488 m
Point 158	208,452 m	872,5699 m
Point 159	208,8764 m	872,6653 m
Point 160	209,2659 m	872,6447 m
Point 161	210,116 m	872,4396 m
Point 162	210,534 m	872,4989 m
Point 163	210,9684 m	872,6924 m
Point 164	211,764 m	873,197 m
Point 165	212,1495 m	873,3998 m
Point 166	212,5875 m	873,519 m
Point 167	213,1278 m	873,6119 m
Point 168	213,75 m	873,7017 m
Point 169	214,7438 m	873,8843 m
Point 170	215,428 m	874,0066 m
Point 171	215,8955 m	874,1986 m
Point 172	216,3088 m	874,4013 m
Point 173	216,6679 m	874,6362 m
Point 174	217,0837 m	874,8572 m
Point 175	217,4816 m	874,9804 m
Point 176	217,9034 m	874,9781 m
Point 177	218,3222 m	874,8735 m
Point 178	219,151 m	874,7295 m
Point 179	220,3786 m	874,6026 m
Point 180	220,7796 m	874,7563 m
Point 181	221,6166 m	875,2543 m
Point 182	222,3891 m	875,6784 m
Point 183	222,8225 m	875,8069 m
Point 184	223,472 m	875,8118 m
Point 185	225,7774 m	875,9972 m
Point 186	226,9199 m	876,1675 m
Point 187	227,3363 m	876,2434 m

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**



Point 188	227,9694 m	876,4384 m
Point 189	228,5468 m	876,5654 m
Point 190	228,9709 m	876,7062 m
Point 191	229,4182 m	876,8161 m
Point 192	239,7711 m	880,1396 m
Point 193	241,2021 m	880,7941 m
Point 194	244,4468 m	881,9977 m
Point 195	255,1895 m	884,0724 m
Point 196	259,5715 m	885,0845 m
Point 197	262,2858 m	885,7401 m
Point 198	265,2187 m	887,0627 m
Point 199	267,0244 m	887,2927 m
Point 200	273,8676 m	887,3847 m
Point 201	281,3818 m	888,1553 m
Point 202	285,6948 m	888,625 m
Point 203	293,0556 m	889,9955 m
Point 204	295,2121 m	893,5897 m
Point 205	295,7392 m	893,7814 m
Point 206	297,3494 m	893,6759 m
Point 207	300,8477 m	892,6983 m
Point 208	302,4531 m	892,2586 m
Point 209	303,5431 m	892,2702 m
Point 210	304,5253 m	892,4165 m
Point 211	306,8209 m	893,1137 m
Point 212	309,3978 m	893,9264 m

Regions

Material	Points	Area
Region 1	AQR1 1:2:3:4:5:6:7:8:9:10:11:12:13:14:15:16:17:96:18:19:20:21:22:23:24:25:26:27:28:29:30:31:32:33:34:35:36:37:38:39:40:41:42:43:44	52,074 m ²
Region 2	Coltre in Frana Attiva 2:45:46:47:48:49:50:51:52:53:54:55:56:57:58:59:60:61:62:63:64:65:66:67:68:69:70:71:72:73:74:75:76:77:78:79:80:81:82:83:84:85:86:87:88:89:90:91:92:93:94:95:96:17:16:15:14:13:12:11:10:9:8:7:6:5:4:3	1,883,2 m ²
Region 3	Coltre in Frana Attiva 68:97:98:99:100:101:102:103:104:105:106:107:108:109:110:111:112:113:114:115:116:117:118:119:120:121:122:123:124:125:126:127:128:129:130:131:132:133:134:135:136:137:138:139:140:141:142:143:144:145:146:147:148:149:150:151:152:153:154:155:156:157:158:159:160:161:162:163:164:165:166:167:168:169:170:171:172:173:174:175:176:177:178:179:180:181:182:183:184:185:186:187:188:189:190:191:192:193:194:195:196:197:198:199:200:201:202:203:204:205:206:207:208:209:210:211:212:77:76:75:74:73:72:71:70:69	995,87 m ²

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1 of 1 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1
Factor of Safety: 1,000
Volume: 2.879,0854 m³
Weight: 54.702,624 kN
Resisting Moment: 874.123,07 kN-m
Activating Moment: 873.871,5 kN-m
Slip Rank: 1 of 1 slip surfaces
Exit: (-42,197; 827,0133) m
Entry: (353,0136; 907,5205) m
Radius: 167,77469 m
Center: (143,10838; 927,6473) m

Slip Slices

	X	Y	PWP	Base Normal Stress	Frictional Strength	Cohesive Strength	Suction Strength	Base Material
Slice 1	-40,83375 m	827,02919 m	-14,723716 kPa	9,2091546 kPa	2,6406826 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 2	-39,45825 m	827,04523 m	-10,040635 kPa	18,436823 kPa	5,2866739 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 3	-34,25035 m	827,10594 m	-5,8351009 kPa	26,307706 kPa	7,5436134 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 4	-28,011987 m	827,17867 m	-0,83563683 kPa	35,671227 kPa	10,22856 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 5	-25,668137 m	827,20599 m	1,0427396 kPa	39,071513 kPa	10,904575 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 6	-21,26405 m	827,25733 m	4,5722033 kPa	45,879746 kPa	11,844747 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 7	-18,1332 m	827,29383 m	7,0812866 kPa	50,939842 kPa	12,576238 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 8	-14,47515 m	827,33648 m	14,551338 kPa	69,44148 kPa	15,739495 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 9	-8,70885 m	827,4037 m	26,381601 kPa	94,755441 kPa	19,605883 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 10	-3,697 m	827,54399 m	35,861164 kPa	108,92384 kPa	20,950385 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 11	-0,79735 m	827,66034 m	40,957511 kPa	116,77405 kPa	21,740043 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 12	3,37105 m	827,8276 m	40,845182 kPa	117,86071 kPa	22,083847 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 13	7,93805 m	828,02111 m	40,621582 kPa	118,26125 kPa	22,262817 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 14	13,1152 m	828,35444 m	39,25037 kPa	118,48889 kPa	22,72128 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 15	27,09745 m	829,25468 m	35,547053 kPa	112,16644 kPa	21,970255 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 16	39,47795 m	830,0518 m	32,267972 kPa	104,92766 kPa	20,834831 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di
attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Slice 17	44,2955 m	830,36178 m	30,993936 kPa	104,01843 kPa	20,939436 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 18	49,0367 m	830,66649 m	29,743693 kPa	99,33443 kPa	19,954823 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 19	52,14285 m	830,86611 m	28,924609 kPa	94,99106 kPa	18,94425 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 20	57,134975 m	831,18693 m	31,441925 kPa	99,78102 kPa	19,59592 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 21	67,059925 m	831,82478 m	36,492194 kPa	109,30486 kPa	20,878696 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 22	72,4183 m	832,21313 m	38,787444 kPa	111,35535 kPa	20,808512 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 23	77,95365 m	833,18381 m	35,573265 kPa	106,33076 kPa	20,289386 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 24	85,0133 m	834,42181 m	31,473981 kPa	100,2595 kPa	19,723931 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 25	86,9904 m	834,76851 m	30,32595 kPa	98,914292 kPa	19,667391 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 26	89,3098 m	835,17525 m	31,220654 kPa	104,86376 kPa	21,116821 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 27	92,72725 m	835,77454 m	32,621989 kPa	112,05701 kPa	22,777626 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 28	97,0642 m	836,53507 m	34,400366 kPa	113,64118 kPa	22,721937 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 29	109,85455 m	838,77801 m	39,645082 kPa	119,08716 kPa	22,779649 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 30	120,53115 m	840,65028 m	44,023049 kPa	126,36115 kPa	23,610072 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 31	123,52885 m	841,17596 m	45,252263 kPa	134,13865 kPa	25,48776 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 32	126,2683 m	841,65636 m	46,375582 kPa	141,97159 kPa	27,411714 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 33	128,20605 m	842,00914 m	47,042882 kPa	146,39665 kPa	28,489236 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 34	132,53025 m	842,81721 m	48,327999 kPa	149,55794 kPa	29,027217 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 35	135,8012 m	843,42845 m	49,216831 kPa	150,07841 kPa	28,921592 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 36	140,44385 m	844,29602 m	45,407603 kPa	134,79499 kPa	25,63142 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 37	146,25705 m	845,38233 m	40,637956 kPa	116,44766 kPa	21,738083 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 38	147,7613 m	845,66343 m	39,923988 kPa	112,78162 kPa	20,89159 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 39	149,2796 m	845,94716 m	41,725666 kPa	113,77272 kPa	20,659161 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 40	150,55865 m	846,18617 m	43,24344 kPa	115,42396 kPa	20,697431 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 41	151,04685 m	846,26763 m	43,918636 kPa	117,25069 kPa	21,027629 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 42	152,14235 m	846,44947 m	45,442914 kPa	120,42988 kPa	21,502165 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 43	153,13605 m	846,61441 m	46,825547 kPa	122,88607 kPa	21,810004 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 44	153,69375 m	846,70699 m	47,60153 kPa	124,4445 kPa	22,034367 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 45	154,51625 m	846,84352 m	48,745956 kPa	127,0172 kPa	22,443919 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 46	156,2495 m	847,13122 m	51,157598 kPa	132,80034 kPa	23,410681 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 47	158,3867 m	847,48598 m	54,131296 kPa	141,20192 kPa	24,9671 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 48	160,46805 m	847,83146 m	57,027285 kPa	149,77812 kPa	26,595874 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 49	161,8193 m	848,05576 m	58,907413 kPa	155,15097 kPa	27,597397 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 50	163,04159 m	848,25865 m	60,608106 kPa	161,68654 kPa	28,983775 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 51	164,31729 m	848,4704 m	62,383114 kPa	169,28651 kPa	30,654055 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 52	164,9562 m	848,57646 m	63,272092 kPa	173,0704 kPa	31,484157 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 53	166,24345 m	848,89452 m	64,039411 kPa	175,54143 kPa	31,97269 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 54	167,57525 m	849,25367 m	64,53831 kPa	180,90932 kPa	33,368852 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 55	168,27405 m	849,44211 m	64,800083 kPa	183,70204 kPa	34,094587 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 56	169,0194 m	849,64311 m	65,079295 kPa	185,56895 kPa	34,549853 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 57	169,7926 m	849,85162 m	65,368939 kPa	186,58088 kPa	34,756964 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 58	170,6167 m	850,07386 m	65,677651 kPa	187,40319 kPa	34,904238 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 59	171,29325 m	850,25631 m	65,93109 kPa	187,78458 kPa	34,940926 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 60	173,96005 m	850,97547 m	66,930085 kPa	187,86559 kPa	34,677699 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 61	178,65145 m	852,24061 m	68,687506 kPa	189,19837 kPa	34,555935 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 62	181,6219 m	853,04165 m	69,80025 kPa	191,54572 kPa	34,909952 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 63	183,24955 m	853,48058 m	70,409975 kPa	194,02655 kPa	35,446482 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 64	184,75655 m	853,88698 m	70,974504 kPa	196,26941 kPa	35,927737 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 65	186,02895 m	854,23011 m	71,451151 kPa	198,38819 kPa	36,39861 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 66	187,12185 m	854,52483 m	71,860557 kPa	204,42619 kPa	38,012584 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 67	187,8377 m	854,71788 m	72,128717 kPa	211,92756 kPa	40,086674 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 68	188,5933 m	854,92164 m	72,411769 kPa	217,25903 kPa	41,534284 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 69	189,10375 m	855,0593 m	72,602986 kPa	220,32969 kPa	42,359951 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 70	189,58675 m	855,18955 m	72,78392 kPa	221,40896 kPa	42,617546 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 71	190,2102 m	855,35767 m	73,017467 kPa	221,18706 kPa	42,486948 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 72	190,62135 m	855,46855 m	73,171486 kPa	221,65452 kPa	42,576824 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 73	191,0234 m	855,57697 m	73,322095 kPa	223,51272 kPa	43,06647 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 74	191,4426 m	855,69002 m	73,47913 kPa	223,71101 kPa	43,078299 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 75	191,8632 m	855,80344 m	73,636688 kPa	221,68178 kPa	42,451247 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 76	192,28695 m	855,91771 m	73,795427 kPa	219,54239 kPa	41,792269 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 77	192,6752 m	856,02241 m	73,940867 kPa	218,78104 kPa	41,532251 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 78	193,06435 m	856,12736 m	74,086645 kPa	217,53033 kPa	41,131814 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 79	193,4768 m	856,23858 m	74,24115 kPa	214,97604 kPa	40,355081 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 80	193,89115 m	856,35032 m	74,396368 kPa	210,99803 kPa	39,169896 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 81	194,30365 m	856,46156 m	74,550892 kPa	205,94389 kPa	37,676337 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 82	194,7094 m	856,57098 m	74,702888 kPa	203,73442 kPa	36,999195 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 83	195,1293 m	856,68422 m	74,860185 kPa	205,38912 kPa	37,428569 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 84	195,54845 m	856,79725 m	75,0172 kPa	207,46279 kPa	37,978163 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 85	196,07435 m	856,93907 m	75,214205 kPa	210,75055 kPa	38,864422 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 86	196,6855 m	857,10388 m	75,443144 kPa	215,13447 kPa	40,055843 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 87	197,5798 m	857,34505 m	75,778153 kPa	217,53515 kPa	40,648166 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 88	198,4016 m	857,56666 m	76,086003 kPa	219,60845 kPa	41,1544 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 89	198,8193 m	857,67931 m	76,242476 kPa	223,39391 kPa	42,194995 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 90	199,2273 m	857,78933 m	76,395314 kPa	227,1053 kPa	43,215393 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 91	199,63815 m	857,90013 m	76,549221 kPa	228,37592 kPa	43,535605 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M. Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo

Slice 92	200,04875 m	858,01085 m	76,703033 kPa	226,43368 kPa	42,934571 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 93	200,46175 m	858,12223 m	76,857745 kPa	222,26007 kPa	41,693445 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 94	200,87845 m	858,2346 m	77,013843 kPa	215,96713 kPa	39,844214 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 95	201,28505 m	858,34425 m	77,166157 kPa	207,7154 kPa	37,434392 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 96	201,6895 m	858,45332 m	77,317666 kPa	201,78382 kPa	35,690094 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 97	202,1032 m	858,56488 m	77,47264 kPa	203,20236 kPa	36,052417 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 98	202,52145 m	858,67767 m	77,629318 kPa	207,47385 kPa	37,23232 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 99	202,92715 m	858,78708 m	77,781295 kPa	208,58096 kPa	37,506201 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 100	203,33415 m	858,89683 m	77,93376 kPa	206,12037 kPa	36,756919 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 101	203,75335 m	859,00988 m	78,090794 kPa	200,39509 kPa	35,070192 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 102	204,778 m	859,2862 m	78,474632 kPa	198,89546 kPa	34,530118 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 103	206,0085 m	859,61803 m	78,935583 kPa	205,46095 kPa	36,280564 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 104	207,05895 m	859,90131 m	79,329087 kPa	214,32019 kPa	38,708077 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 105	208,07685 m	860,1758 m	79,710397 kPa	220,62476 kPa	40,406544 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 106	208,6642 m	860,3342 m	79,930421 kPa	222,40203 kPa	40,853076 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 107	209,07115 m	860,44394 m	80,082866 kPa	221,1368 kPa	40,446563 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 108	209,69095 m	860,61108 m	80,315046 kPa	216,21429 kPa	38,968482 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 109	210,325 m	860,78207 m	80,552564 kPa	211,92911 kPa	37,671619 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 110	210,7512 m	860,8977 m	80,712221 kPa	212,1428 kPa	37,687112 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 111	210,97605 m	860,95764 m	80,796451 kPa	212,87148 kPa	37,871905 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 112	211,37385 m	861,06692 m	80,925817 kPa	215,2206 kPa	38,508408 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 113	211,95675 m	861,2271 m	81,114814 kPa	218,55788 kPa	39,411163 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 114	212,3685 m	861,34025 m	81,248318 kPa	219,4105 kPa	39,617367 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 115	212,85765 m	861,47468 m	81,406918 kPa	218,92224 kPa	39,431883 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 116	213,4389 m	861,63441 m	81,595381 kPa	217,73133 kPa	39,036357 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 117	214,2469 m	861,85645 m	81,857363 kPa	216,23816 kPa	38,533074 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 118	214,8673 m	862,02694 m	82,058519 kPa	215,24666 kPa	38,191085 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 119	215,2094 m	862,12096 m	82,16944 kPa	214,67584 kPa	37,995599 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 120	215,66175 m	862,24526 m	82,316108 kPa	214,87617 kPa	38,010985 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 121	216,10215 m	862,36629 m	82,458902 kPa	216,23112 kPa	38,358565 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 122	216,48835 m	862,47242 m	82,584122 kPa	218,22504 kPa	38,894406 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 123	216,8758 m	862,57889 m	82,709747 kPa	220,37412 kPa	39,474625 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 124	217,28265 m	862,6907 m	82,841662 kPa	221,44589 kPa	39,744122 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 125	217,6925 m	862,80333 m	82,974551 kPa	220,53636 kPa	39,445213 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 126	218,1128 m	862,91883 m	83,110827 kPa	217,57 kPa	38,555548 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 127	218,7366 m	863,09026 m	83,313085 kPa	212,37519 kPa	37,007963 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 128	219,7648 m	863,37281 m	83,646465 kPa	205,03578 kPa	34,807827 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 129	220,5791 m	863,59659 m	83,91049 kPa	201,349 kPa	33,67495 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 130	221,1981 m	863,7667 m	84,111192 kPa	204,10723 kPa	34,408309 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 131	222,00285 m	863,98785 m	84,372121 kPa	208,35232 kPa	35,550751 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 132	222,6058 m	864,15354 m	84,567619 kPa	210,31499 kPa	36,065479 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 133	223,14725 m	864,30234 m	84,743176 kPa	208,88158 kPa	35,596116 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 134	224,6247 m	864,70835 m	85,222219 kPa	203,44023 kPa	33,898469 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 135	226,1414 m	865,12515 m	85,713987 kPa	198,72244 kPa	32,404653 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 136	226,71265 m	865,28214 m	85,701166 kPa	197,45607 kPa	32,045203 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 137	227,1281 m	865,39631 m	85,43888 kPa	196,63849 kPa	31,885975 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 138	227,65285 m	865,54051 m	85,107589 kPa	196,46012 kPa	31,929825 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 139	228,2581 m	865,70684 m	84,725476 kPa	196,33845 kPa	32,004504 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 140	228,75885 m	865,84445 m	84,409337 kPa	196,25006 kPa	32,069812 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 141	229,19455 m	865,96418 m	84,134267 kPa	196,32897 kPa	32,171313 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 142	234,59465 m	867,44817 m	80,725018 kPa	200,18013 kPa	34,253203 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 143	239,88165 m	868,90108 m	77,387173 kPa	204,50673 kPa	36,450947 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 144	240,59715 m	869,09771 m	76,935456 kPa	206,77494 kPa	37,230874 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 145	242,82445 m	869,70978 m	75,529294 kPa	211,36562 kPa	38,95044 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 146	249,81815 m	871,63171 m	71,113957 kPa	206,06266 kPa	38,695919 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 147	257,3805 m	873,7099 m	66,339614 kPa	196,29394 kPa	37,263804 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 148	260,92865 m	874,68496 m	64,099558 kPa	193,64323 kPa	37,14605 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 149	263,75225 m	875,46091 m	62,316933 kPa	197,26833 kPa	38,696691 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 150	266,12155 m	876,11201 m	60,821121 kPa	199,3649 kPa	39,726788 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 151	267,6428 m	876,53006 m	59,86071 kPa	194,1028 kPa	38,4933 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 152	271,0644 m	877,47554 m	57,649603 kPa	178,03729 kPa	34,520614 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 153	275,2479 m	878,63295 m	54,932399 kPa	160,61498 kPa	30,303991 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 154	279,005 m	879,67239 m	52,492145 kPa	148,9183 kPa	27,649756 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 155	283,5383 m	880,92658 m	49,547745 kPa	135,04629 kPa	24,516314 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 156	289,3752 m	882,54142 m	45,75665 kPa	122,53576 kPa	22,016057 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 157	293,1195 m	883,57732 m	43,324709 kPa	118,05865 kPa	21,429611 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 158	294,19775 m	883,87563 m	43,176609 kPa	144,43777 kPa	29,036171 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 159	295,47565 m	884,22917 m	43,042317 kPa	169,65782 kPa	36,30641 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 160	296,44875 m	884,49839 m	42,940056 kPa	165,77916 kPa	35,223547 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 161	297,25385 m	884,72113 m	42,855449 kPa	160,92227 kPa	33,855116 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 162	299,09855 m	885,23149 m	42,661593 kPa	143,20517 kPa	28,830406 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 163	301,6504 m	885,93749 m	42,393424 kPa	118,27708 kPa	21,75929 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 164	302,9981 m	886,31034 m	42,251796 kPa	107,93275 kPa	18,83371 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 165	304,00755 m	886,58962 m	42,145715 kPa	104,32785 kPa	17,830439 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 166	304,49865 m	886,72549 m	42,094106 kPa	103,21975 kPa	17,527497 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Slice 167	304,96725 m	886,85513 m	42,044862 kPa	103,36671 kPa	17,583758 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 168	305,64861 m	887,04834 m	41,927157 kPa	103,28071 kPa	17,592847 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 169	306,35446 m	887,25748 m	41,717056 kPa	103,35598 kPa	17,674676 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 170	308,10935 m	887,77745 m	41,194702 kPa	103,80644 kPa	17,953626 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 171	310,1904 m	888,39405 m	40,575265 kPa	106,64989 kPa	18,946592 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 172	311,74565 m	888,85487 m	40,112335 kPa	111,91744 kPa	20,589781 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 173	312,97145 m	889,21807 m	39,747469 kPa	115,7767 kPa	21,801032 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 174	313,88385 m	889,48841 m	39,475887 kPa	117,67545 kPa	22,423364 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 175	314,7907 m	889,75711 m	39,205958 kPa	117,90229 kPa	22,56581 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 176	315,8986 m	890,08537 m	38,876185 kPa	116,58703 kPa	22,283227 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 177	318,1597 m	890,75533 m	38,203155 kPa	114,83878 kPa	21,974912 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 178	322,24875 m	891,9669 m	36,986024 kPa	111,17103 kPa	21,272207 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 179	325,84475 m	893,02522 m	35,985937 kPa	107,65442 kPa	20,550607 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 180	327,7479 m	893,57691 m	35,539124 kPa	106,3209 kPa	20,296348 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 181	328,8994 m	893,91072 m	35,26878 kPa	106,73005 kPa	20,491189 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 182	329,9477 m	894,2146 m	35,022665 kPa	107,80282 kPa	20,869373 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 183	331,3787 m	894,62943 m	34,686701 kPa	110,42524 kPa	21,717678 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 184	333,2523 m	895,17256 m	34,246825 kPa	113,99943 kPa	22,868692 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 185	334,853 m	895,63657 m	33,87102 kPa	114,93801 kPa	23,245585 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 186	336,39565 m	896,08377 m	33,508843 kPa	112,05478 kPa	22,522684 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 187	339,3083 m	896,8223 m	33,86259 kPa	108,29559 kPa	21,343319 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 188	342,3753 m	898,15595 m	28,782625 kPa	85,146577 kPa	16,162103 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 189	343,9946 m	899,3552 m	21,359685 kPa	69,042409 kPa	13,672801 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 190	345,7626 m	900,66459 m	13,639533 kPa	54,031381 kPa	11,582176 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 191	347,9496 m	902,28428 m	4,0897739 kPa	37,984303 kPa	9,7190999 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 192	348,86054 m	902,94377 m	0,26069335 kPa	33,981622 kPa	9,6693206 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 193	348,96024 m	903,00149 m	-0,016576576 kPa	33,654663 kPa	9,6503193 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 194	349,68215 m	903,41942 m	-2,0242404 kPa	32,755731 kPa	9,3925547 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 195	350,62585 m	904,15492 m	-6,5038816 kPa	23,684854 kPa	6,7915225 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 196	351,717 m	905,69292 m	-18,426541 kPa	12,798126 kPa	3,6698035 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 197	352,797 m	907,2152 m	-30,227367 kPa	2,3531628 kPa	0,67475857 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

19.4 BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS202

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2011 R2. Copyright © 1991-2021 GEOSLOPE International Ltd.

File Information

File Version: 11.01

Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Analysis Type: Bishop

Settings

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9,807 kN/m³

Slip Surface

Direction of movement: Left to Right

Use Passive Mode: No

Slip Surface Option: Fully-Specified

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0,1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0,01

Materials

Coltre in Frana Attiva

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 16 °

Phi-B: 0°

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

MOV

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 23 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 30,2°

Phi-B: 0°

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

CMOV

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 27,5°

Phi-B: 0°

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

APA

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 21 kN/m³

Effective Cohesion: 25,6 kPa

Effective Friction Angle: 26,6°

Phi-B: 0°

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Coltre in Frana Quiescente

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 16°

Phi-B: 0°

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Fully Specified Slip Surfaces

Fully Specified Slip Surface 1

	X	Y
	160,48801 m	896,9653 m
	219,24917 m	875,79546 m
	244,0571 m	868,73438 m
	377,39165 m	842,0358 m
	413,31954 m	833,69136 m
	434,74935 m	831,71323 m
	459,02272 m	834,22711 m
	476 m	838 m

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-89,52537; 947,69518) m

Right Coordinate: (476; 838) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X	Y
Coordinate 1	-89,49746 m	950,50041 m
Coordinate 2	-17,76573 m	945,47625 m
Coordinate 3	30,81568 m	929,34225 m
Coordinate 4	103,20584 m	904,38797 m
Coordinate 5	160,81786 m	895,53401 m
Coordinate 6	187,58502 m	891,02459 m
Coordinate 7	243,84929 m	878,8409 m
Coordinate 8	395,65928 m	848,82409 m
Coordinate 9	435,64509 m	842,35393 m
Coordinate 10	476 m	836,50367 m

Geometry

Name: Default Geometry

Settings

View: 2D

Element Thickness: 1 m

Elevation: 0 m

Thickness Function: New Mesh Thickness Function

Points

	X	Y
Point 1	435 m	843,9 m
Point 2	476 m	838 m

Point 3	102,98802 m	906,06618 m
Point 4	110,97268 m	905,15038 m
Point 5	121,21574 m	904,77237 m
Point 6	129,30344 m	904,16511 m
Point 7	129,87 m	903,84658 m
Point 8	131,66708 m	902,00159 m
Point 9	133,29776 m	901,27743 m
Point 10	136,09986 m	900,99123 m
Point 11	142,97414 m	900,31061 m
Point 12	156,58907 m	899,94414 m
Point 13	158,72831 m	897,93141 m
Point 14	160,48801 m	896,9653 m
Point 15	165,47726 m	896,56046 m
Point 16	170,87366 m	896,16021 m
Point 17	177,22478 m	896,011 m
Point 18	181,75387 m	895,33212 m
Point 19	184,12314 m	894,41202 m
Point 20	187,52752 m	892,60632 m
Point 21	193,53971 m	892,93102 m
Point 22	194,22258 m	892,79017 m
Point 23	195,75557 m	892,17389 m
Point 24	198,19887 m	890,71032 m
Point 25	199,8134 m	890,07211 m
Point 26	200,86621 m	889,79607 m
Point 27	202,84024 m	889,37879 m
Point 28	206,39027 m	888,73427 m
Point 29	211,99457 m	887,88303 m
Point 30	221,67098 m	886,68891 m
Point 31	223,27158 m	886,43013 m
Point 32	229,82731 m	884,34073 m
Point 33	236,02522 m	882,12194 m
Point 34	240,10658 m	881,17948 m
Point 35	243,72469 m	880,38078 m
Point 36	260,36282 m	879,39135 m
Point 37	264,17205 m	878,67367 m
Point 38	274,61981 m	878,24582 m
Point 39	279,9058 m	877,37632 m
Point 40	287,26489 m	875,80173 m
Point 41	292,05855 m	874,18 m
Point 42	329,65764 m	866,39536 m
Point 43	347,68875 m	861,95167 m
Point 44	374,17994 m	856,9098 m
Point 45	395,39268 m	850,38189 m
Point 46	409,94022 m	847,74437 m
Point 47	427,45497 m	845,43655 m
Point 48	459,02272 m	834,22711 m
Point 49	434,74935 m	831,71323 m
Point 50	413,31954 m	833,69136 m
Point 51	377,39165 m	842,0358 m
Point 52	244,0571 m	868,73438 m
Point 53	219,24917 m	875,79546 m
Point 54	196,17619 m	880,49551 m
Point 55	141,6556 m	886,4 m
Point 56	125,50076 m	890,60398 m
Point 57	112,93135 m	896,49718 m
Point 58	109,01629 m	898,84622 m
Point 59	104,81962 m	903,37601 m
Point 60	-89,47465 m	951,88419 m
Point 61	-82,4988 m	951,38734 m
Point 62	-68,18937 m	950,93023 m
Point 63	-53,70106 m	949,7974 m
Point 64	-37,96069 m	948,86331 m
Point 65	-31,30283 m	948,22734 m
Point 66	-23,1544 m	948,22734 m
Point 67	-17,84799 m	947,07463 m
Point 68	-15,34384 m	947,07463 m

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Point 69	-9,93805 m	948,28696 m
Point 70	-3,36114 m	948,28696 m
Point 71	-0,84045 m	947,72045 m
Point 72	1,94286 m	946,13328 m
Point 73	5,28974 m	943,695 m
Point 74	11,88764 m	939,92067 m
Point 75	18,00248 m	938,68428 m
Point 76	20,43976 m	937,94188 m
Point 77	31,01729 m	930,83295 m
Point 78	54,71371 m	921,32004 m
Point 79	83,52719 m	912,6199 m
Point 80	88,44963 m	910,15868 m
Point 81	90,56743 m	910,15868 m
Point 82	92,83428 m	909,94865 m
Point 83	98,68876 m	908,37521 m
Point 84	96,18435 m	903,49803 m
Point 85	81,3636 m	906,96482 m
Point 86	27,99514 m	924,27351 m
Point 87	-12,26157 m	941,43713 m
Point 88	-64,97573 m	946,03986 m
Point 89	-89,52537 m	947,69518 m
Point 90	91,55311 m	904,58134 m
Point 91	91,55311 m	755,62519 m
Point 92	-89,5 m	755,62519 m
Point 93	476 m	753,78798 m

Regions

Region	Material	Points	Area
Region 1	Coltre in Frana Quiescente	3;4;5;6;7;8;9;10;11;12;13;14;53;54;55;56;57;58;59	1.013,6 m ²
Region 2	CMOV	60;61;62;63;64;65;66;67;68;69;70;71;72;73;74;75;76;77;78;79;80;81;82;83;3;59;58;84;90;85;86;87;88;89	1.238,7 m ²
Region 3	Coltre in Frana Attiva	15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26;27;28;29;30;31;32;33;34;35;36;37;38;39;40;41;42;43;44;45;46;47;1;2;48;49;50;51;52;53;14	3.603,1 m ²
Region 4	MOV	89;88;87;86;85;90;91;92	31.812 m ²
Region 5	APA	90;84;58;57;56;55;54;53;52;51;50;49;48;2;93;91	41.186 m ²

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1 of 1 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1

Factor of Safety: 1,002

Volume: 3.603,0944 m³

Weight: 68.458,793 kN

Resisting Moment: 743.090,33 kN·m

Activating Moment: 741.620,27 kN·m

Slip Rank: 1 of 1 slip surfaces

Exit: (476; 838) m

Entry: (160,48801; 896,9653) m

Radius: 130,58768 m

Center: (326,50892; 911,70663) m

Slip Slices

	X	Y	PWP	Base Normal Stress	Frictional Strength	Cohesive Strength	Suction Strength	Base Material
Slice 1	160,65294 m	896,90588 m	-13,205385 kPa	0,79303877 kPa	0,22740021 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 2	163,14756 m	896,00715 m	-8,4891025 kPa	12,788396 kPa	3,6670136 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 3	166,56896 m	894,77452 m	-2,0534785 kPa	29,371266 kPa	8,422075 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 4	169,26716 m	893,80244 m	3,0218123 kPa	42,951613 kPa	11,449686 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 5	174,04922 m	892,07961 m	12,016825 kPa	70,132148 kPa	16,664301 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 6	179,48933 m	890,11971 m	22,249616 kPa	97,717387 kPa	21,640035 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 7	182,9385 m	888,87708 m	28,737493 kPa	105,95683 kPa	22,142288 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 8	185,82533 m	887,83704 m	34,167586 kPa	100,90161 kPa	19,135675 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 9	187,55627 m	887,21344 m	37,423469 kPa	96,421684 kPa	16,917466 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 10	190,56236 m	886,13043 m	41,674156 kPa	118,27191 kPa	21,964054 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 11	193,88115 m	884,93478 m	46,352022 kPa	140,86268 kPa	27,100495 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 12	194,98908 m	884,53563 m	47,913665 kPa	141,36309 kPa	26,79619 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 13	196,97722 m	883,81936 m	50,715982 kPa	136,049 kPa	24,468849 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 14	199,00614 m	883,0884 m	53,575766 kPa	130,80442 kPa	22,14496 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 15	200,33981 m	882,60792 m	55,455592 kPa	131,38219 kPa	21,771601 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 16	201,85323 m	882,06268 m	57,588778 kPa	135,00215 kPa	22,197927 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo

Slice 17	204,61525 m	881,06761 m	61,481897 kPa	143,36174 kPa	23,478667 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 18	209,19242 m	879,4186 m	67,933474 kPa	159,4875 kPa	26,252695 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 19	215,62187 m	877,10226 m	76,995872 kPa	185,19307 kPa	31,025047 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 20	220,46007 m	875,4508 m	82,917145 kPa	206,32777 kPa	35,387427 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 21	222,47128 m	874,87835 m	84,260065 kPa	211,58813 kPa	36,510734 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 22	226,54944 m	873,71758 m	86,983133 kPa	211,55882 kPa	35,721505 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 23	232,92627 m	871,90255 m	91,241057 kPa	205,92134 kPa	32,884042 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 24	238,0659 m	870,43965 m	94,672889 kPa	204,11076 kPa	31,380804 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 25	241,91564 m	869,34391 m	97,24343 kPa	208,26056 kPa	31,833651 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 26	243,78699 m	868,81126 m	98,492969 kPa	210,63156 kPa	32,155222 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 27	243,95319 m	868,76395 m	98,623123 kPa	211,29891 kPa	32,309262 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 28	248,13353 m	867,91813 m	98,812074 kPa	224,61224 kPa	36,072618 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 29	256,28639 m	866,28562 m	99,012869 kPa	245,24902 kPa	41,932542 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 30	262,26743 m	865,08799 m	99,160174 kPa	255,97495 kPa	44,965914 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 31	269,39593 m	863,6606 m	99,33574 kPa	271,34371 kPa	49,322491 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 32	277,26281 m	862,08535 m	99,529491 kPa	288,00637 kPa	54,044874 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 33	283,58535 m	860,81934 m	99,685206 kPa	288,80492 kPa	54,229205 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 34	289,66172 m	859,60262 m	99,83486 kPa	281,9578 kPa	52,222911 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 35	296,75844 m	858,18159 m	100,00964 kPa	275,44497 kPa	50,305271 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 36	306,15821 m	856,29941 m	100,24115 kPa	274,30779 kPa	49,912805 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 37	315,55798 m	854,41722 m	100,47265 kPa	273,1706 kPa	49,52034 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 38	324,95775 m	852,53503 m	100,70416 kPa	272,03342 kPa	49,127875 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 39	334,16542 m	850,69131 m	100,93093 kPa	267,72736 kPa	47,828106 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 40	343,18097 m	848,88606 m	101,15297 kPa	260,25242 kPa	45,621034 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 41	352,10395 m	847,09935 m	101,37273 kPa	257,30759 kPa	44,713601 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 42	360,93435 m	845,33117 m	101,59021 kPa	258,89285 kPa	45,105807 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 43	369,76474 m	843,56299 m	101,80769 kPa	260,47812 kPa	45,498013 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 44	375,7858 m	842,35735 m	101,95598 kPa	258,17048 kPa	44,793787 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 45	381,89191 m	840,99059 m	103,51944 kPa	247,79962 kPa	41,371675 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 46	390,89242 m	838,90018 m	106,56725 kPa	235,88463 kPa	37,081162 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 47	395,52598 m	837,82401 m	108,13629 kPa	230,05096 kPa	34,958468 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 48	402,79975 m	836,13464 m	113,11437 kPa	236,96416 kPa	35,513356 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 49	411,62988 m	834,08379 m	119,2146 kPa	246,85155 kPa	36,599304 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 50	420,38725 m	833,03896 m	115,56435 kPa	249,71073 kPa	38,465854 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 51	431,10216 m	832,04989 m	108,2608 kPa	236,84321 kPa	36,870414 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 52	434,87468 m	831,72621 m	105,44862 kPa	235,63908 kPa	37,331514 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 53	435,32254 m	831,77259 m	104,28301 kPa	233,35797 kPa	37,011648 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 54	441,4895 m	832,41128 m	89,198483 kPa	203,93747 kPa	32,900875 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 55	453,17831 m	833,62183 m	60,708302 kPa	148,17091 kPa	25,079498 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 56	465,47388 m	835,66076 m	23,231606 kPa	76,614797 kPa	15,307384 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 57	473,96252 m	837,54721 m	-7,3372542 kPa	15,13472 kPa	4,339811 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

19.5 BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS201

LOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2011 R2. Copyright © 1991-2021 GEOSLOPE International Ltd.

File Information

File Version: 11.01

Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Analysis Type: Bishop

Settings

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9,807 kN/m³

Slip Surface

Direction of movement: Left to Right

Use Passive Mode: No

Slip Surface Option: Fully-Specified

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack Option: (none)
 Distribution
 F of S Calculation Option: Constant
 Advanced
 Geometry Settings
 Minimum Slip Surface Depth: 0,1 m
 Number of Slices: 30
 Factor of Safety Convergence Settings
 Maximum Number of Iterations: 100
 Tolerable difference in F of S: 0,01

Materials

Coltre in Frana Attiva

Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Effective Cohesion: 0 kPa
 Effective Friction Angle: 18 °
 Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

CMOV

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³
 Effective Cohesion: 0 kPa
 Effective Friction Angle: 19,6 °
 Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

APA

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 21 kN/m³
 Effective Cohesion: 21,4 kPa
 Effective Friction Angle: 26,6 °
 Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Fully Specified Slip Surfaces

Fully Specified Slip Surface 1

	X	Y
	69,099 m	901,5245 m
	91,91729 m	892,4 m
	113,62621 m	884,85 m
	163,10493 m	871,8 m
	201,98717 m	862,8 m
	241,41062 m	855,5 m
	329,66945 m	841,45734 m

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-0,24848; 768,17949) m
 Right Coordinate: (363,59776; 827,96682) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X	Y
Coordinate 1	0,10336 m	912,00433 m
Coordinate 2	76,87245 m	898,04258 m
Coordinate 3	162,54674 m	877,94219 m
Coordinate 4	170,48262 m	876,74219 m
Coordinate 5	174,8301 m	876,04448 m
Coordinate 6	241,63414 m	863,85082 m
Coordinate 7	278,51473 m	856,01777 m
Coordinate 8	308,82002 m	845,80761 m
Coordinate 9	341,73476 m	830 m
Coordinate 10	346,84325 m	826,70651 m
Coordinate 11	350,77889 m	825,49779 m
Coordinate 12	363,59776 m	826,10031 m

Geometry

Name: Default Geometry

Settings

View: 2D

Element Thickness: 1 m

Elevation: 0 m

Thickness Function: New Mesh Thickness Function

Points

	X	Y
Point 1	69,099 m	901,5245 m

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Point 2	76,75486 m	900,03039 m
Point 3	84,24584 m	897,88596 m
Point 4	99,03225 m	894,24898 m
Point 5	125,12851 m	889,55379 m
Point 6	160,09689 m	882,06789 m
Point 7	160,8649 m	882,06789 m
Point 8	162,43894 m	880,81004 m
Point 9	170,39061 m	880,81004 m
Point 10	174,88991 m	877,95599 m
Point 11	217,31788 m	870,06994 m
Point 12	241,62142 m	865,86553 m
Point 13	260,18709 m	864,58655 m
Point 14	275,30335 m	859,94288 m
Point 15	278,39418 m	858,04716 m
Point 16	294,87865 m	854,04968 m
Point 17	305,14023 m	849,92856 m
Point 18	308,97287 m	847,78558 m
Point 19	321,21259 m	843,91173 m
Point 20	328,46354 m	842,00345 m
Point 21	329,66945 m	841,45734 m
Point 22	241,41062 m	855,5 m
Point 23	201,98717 m	862,8 m
Point 24	163,10493 m	871,8 m
Point 25	113,62621 m	884,85 m
Point 26	91,91729 m	892,4 m
Point 27	0,1132 m	914,038 m
Point 28	7,32546 m	912,68021 m
Point 29	25,80771 m	908,92807 m
Point 30	35,12467 m	907,1956 m
Point 31	53,81806 m	904,27785 m
Point 32	0,07966 m	907,10483 m
Point 33	338,6119 m	836,80853 m
Point 34	345,98126 m	831,91947 m
Point 35	346,86367 m	829,74921 m
Point 36	350,88462 m	827,56464 m
Point 37	355,45541 m	827,96682 m
Point 38	363,59776 m	827,96682 m
Point 39	363,59776 m	768,17949 m
Point 40	-0,24848 m	768,17949 m

Regions

	Material	Points	Area
Region 1	Coltre in Frana Attiva	1:2:3:4:5:6:7:8:9:10:11:12:13:14:15:16:17:18:19:20:21:22:23:24:25:26	1.978,3 m ²
Region 2	CMOV	27:28:29:30:31:1:26:32	476,49 m ²
Region 3	APA	32:26:25:24:23:22:21:33:34:35:36:37:38:39:40	36.878 m ²

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1 of 1 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1

Factor of Safety: 1,022

Volume: 1.978,2506 m³

Weight: 37.586,761 kN

Resisting Moment: 421.376,01 kN-m

Activating Moment: 412.318,51 kN-m

Slip Rank: 1 of 1 slip surfaces

Exit: (329,66945; 841,45734) m

Entry: (69,099; 901,5245) m

Radius: 112,36108 m

Center: (209,76932; 916,54129) m

Slip Slices

	X	Y	PWP	Base Normal Stress	Frictional Strength	Cohesive Strength	Suction Strength	Base Material
Slice 1	72,92693 m	899,9938 m	-12,098516 kPa	13,211267 kPa	4,2926008 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 2	76,813655 m	898,43959 m	-3,7886128 kPa	26,535144 kPa	8,6217908 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 3	78,002468 m	897,96421 m	-1,8314539 kPa	28,81207 kPa	9,3616089 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 4	81,689163 m	896,48999 m	4,1436832 kPa	36,340156 kPa	10,461268 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 5	88,081565 m	893,93382 m	14,504041 kPa	52,357126 kPa	12,299213 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 6	95,47477 m	891,16277 m	24,668989 kPa	70,230549 kPa	14,803848 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 7	102,68074 m	888,65665 m	32,666543 kPa	87,702521 kPa	17,882273 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 8	109,97772 m	886,11888 m	40,765104 kPa	109,46626 kPa	22,32236 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Slice 9	119,37736 m	883,33314 m	46,457685 kPa	130,78776 kPa	27,400503 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 10	129,49956 m	880,66341 m	49,349941 kPa	143,27017 kPa	30,516534 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 11	138,24165 m	878,35768 m	51,847855 kPa	151,07625 kPa	32,241259 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 12	146,98375 m	876,05196 m	54,34577 kPa	158,88232 kPa	33,965984 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 13	155,72584 m	873,74623 m	56,843684 kPa	166,68839 kPa	35,690709 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 14	160,4809 m	872,49209 m	58,202364 kPa	172,3755 kPa	37,097102 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 15	161,65192 m	872,18323 m	58,536966 kPa	166,79016 kPa	35,173594 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 16	162,49284 m	871,96144 m	58,777245 kPa	159,67116 kPa	32,782419 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 17	162,82584 m	871,87361 m	59,100672 kPa	161,23589 kPa	33,185743 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 18	166,74777 m	870,9568 m	62,275876 kPa	178,65533 kPa	37,813976 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 19	170,43661 m	870,10295 m	65,179264 kPa	193,44978 kPa	41,677616 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 20	172,65636 m	869,58915 m	66,72866 kPa	177,72867 kPa	36,066088 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 21	174,86001 m	869,07907 m	68,256199 kPa	162,12085 kPa	30,498475 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 22	179,40612 m	868,02679 m	70,4381 kPa	165,70185 kPa	30,953068 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 23	188,43854 m	865,93608 m	74,773195 kPa	173,28832 kPa	32,009505 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 24	197,47096 m	863,84536 m	79,10829 kPa	180,8748 kPa	33,065943 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 25	205,81985 m	862,09031 m	81,375075 kPa	186,06141 kPa	34,014651 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 26	213,4852 m	860,67092 m	81,573549 kPa	185,97612 kPa	33,922453 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 27	221,33334 m	859,21769 m	81,776756 kPa	186,81641 kPa	34,129451 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 28	229,36425 m	857,73061 m	81,984696 kPa	188,58225 kPa	34,635646 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 29	237,39516 m	856,24354 m	82,192636 kPa	190,3481 kPa	35,141841 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 30	241,51602 m	855,48323 m	82,272397 kPa	192,06174 kPa	35,67272 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 31	241,62778 m	855,46545 m	82,246726 kPa	192,04441 kPa	35,675429 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 32	246,27238 m	854,72646 m	79,821626 kPa	199,50627 kPa	38,887898 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 33	255,54885 m	853,2505 m	74,974348 kPa	214,40938 kPa	45,305187 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 34	263,96616 m	851,91124 m	70,576016 kPa	211,64431 kPa	45,835866 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 35	271,52429 m	850,70868 m	66,626633 kPa	191,21106 kPa	40,479935 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 36	276,84877 m	849,86152 m	63,844408 kPa	168,25972 kPa	33,926592 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 37	278,45445 m	849,60604 m	63,005379 kPa	155,43258 kPa	30,031419 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 38	282,60571 m	848,94554 m	55,840406 kPa	148,82687 kPa	30,213132 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 39	290,78767 m	847,64373 m	41,573452 kPa	135,80028 kPa	30,616154 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 40	300,00944 m	846,17648 m	25,493372 kPa	106,35381 kPa	26,273148 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 41	306,98012 m	845,06739 m	13,338529 kPa	69,9547 kPa	18,395709 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 42	308,89645 m	844,76249 m	9,8895848 kPa	55,924269 kPa	14,957576 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 43	310,50467 m	844,5066 m	4,8244408 kPa	50,76732 kPa	14,927746 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 44	316,62453 m	843,53289 m	-14,450264 kPa	33,114663 kPa	10,759606 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 45	324,83806 m	842,22605 m	-40,319084 kPa	13,230616 kPa	4,2988877 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 46	329,06649 m	841,55327 m	-53,636667 kPa	3,2033948 kPa	1,0408461 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

19.6 BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS104

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2011 R2. Copyright © 1991-2011 GEOSLOPE International Ltd.

File Information

File Version: 11.01

Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Analysis Type: Bishop

Settings

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9,807 kN/m³

Slip Surface

Direction of movement: Left to Right

Use Passive Mode: No

Slip Surface Option: Fully-Specified

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0,1 m
 Number of Slices: 30
 Factor of Safety Convergence Settings
 Maximum Number of Iterations: 100
 Tolerable difference in F of S: 0,001

Materials

Depositi di frana attiva

Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Effective Cohesion: 0 kPa
 Effective Friction Angle: 12 °
 Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1

Deposito AVC

Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21 kN/m³
 Effective Cohesion: 5 kPa
 Effective Friction Angle: 29 °
 Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1

Fully Specified Slip Surfaces

Fully Specified Slip Surface 1

	X	Y
	28,2184 m	796,00824 m
	30,45789 m	795,48873 m
	40,4268 m	793,02751 m
	56,12547 m	789,26115 m
	84,52771 m	783,07037 m
	121,72363 m	776,80364 m
	144,62569 m	773,84118 m
	203,53616 m	767,19834 m
	243,07857 m	763,25753 m
	252,80898 m	762,41486 m
	260,28888 m	761,94309 m
	279,36961 m	760,69505 m

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (0,38483; 664,65144) m
 Right Coordinate: (316,41044; 754,546) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X	Y
Coordinate 1	0,38929 m	802,48953 m
Coordinate 2	7,54283 m	798,52926 m
Coordinate 3	28,17842 m	794,03532 m
Coordinate 4	78,4 m	790 m
Coordinate 5	97,30648 m	787,51487 m
Coordinate 6	108,4101 m	784,5 m
Coordinate 7	128 m	784 m
Coordinate 8	138 m	781 m
Coordinate 9	190 m	773,5 m
Coordinate 10	207 m	770,7 m
Coordinate 11	215,6 m	766,7 m
Coordinate 12	244,8 m	763,6 m
Coordinate 13	281,2 m	758,5 m
Coordinate 14	308,7 m	753,5 m
Coordinate 15	316,4 m	752,5 m

Geometry

Name: Default Geometry

Settings

View: 2D
 Element Thickness: 1 m
 Elevation: 0 m
 Thickness Function: New Mesh Thickness Function

Points

	X	Y
Point 1	28,2184 m	796,00824 m
Point 2	36,10434 m	795,54276 m

Point 3	50,63417 m	794,17484 m
Point 4	67,70152 m	792,98795 m
Point 5	78,45467 m	791,9435 m
Point 6	97,34982 m	789,47478 m
Point 7	102,65004 m	787,59682 m
Point 8	104,8362 m	786,39774 m
Point 9	106,63151 m	785,57627 m
Point 10	108,43343 m	785,03304 m
Point 11	111,34169 m	785,43053 m
Point 12	116,29037 m	786,64948 m
Point 13	116,85348 m	786,53 m
Point 14	117,36131 m	786,54098 m
Point 15	117,93903 m	786,48241 m
Point 16	126,12148 m	785,987 m
Point 17	126,51897 m	786,1195 m
Point 18	127,37356 m	786,74885 m
Point 19	127,97641 m	785,82801 m
Point 20	129,35435 m	785,39078 m
Point 21	134,86614 m	782,52227 m
Point 22	135,15762 m	782,52227 m
Point 23	138,18955 m	781,53849 m
Point 24	152,76397 m	780,50614 m
Point 25	176,1225 m	777,25386 m
Point 26	190,0189 m	775,57245 m
Point 27	195,67307 m	774,58338 m
Point 28	197,0248 m	775,67135 m
Point 29	199,8931 m	773,56134 m
Point 30	206,86603 m	772,65469 m
Point 31	212,56965 m	770,5282 m
Point 32	213,70708 m	769,40725 m
Point 33	215,68521 m	768,68194 m
Point 34	218,81726 m	768,22037 m
Point 35	219,04114 m	768,54734 m
Point 36	229,89004 m	766,4851 m
Point 37	244,75786 m	765,51143 m
Point 38	256,50304 m	763,7485 m
Point 39	266,7486 m	762,53506 m
Point 40	266,96953 m	763,25483 m
Point 41	271,73489 m	761,51047 m
Point 42	279,36961 m	760,69505 m
Point 43	260,28888 m	761,94309 m
Point 44	252,80898 m	762,41486 m
Point 45	243,07857 m	763,25753 m
Point 46	203,53616 m	767,19834 m
Point 47	144,62569 m	773,84118 m
Point 48	121,72363 m	776,80364 m
Point 49	84,52771 m	783,07037 m
Point 50	56,12547 m	789,26115 m
Point 51	40,4268 m	793,02751 m
Point 52	30,45789 m	795,48873 m
Point 53	0,38936 m	804,52739 m
Point 54	2,44316 m	803,26395 m
Point 55	3,79111 m	802,45886 m
Point 56	5,16666 m	801,49736 m
Point 57	7,59113 m	800,51285 m
Point 58	18,80849 m	797,68361 m
Point 59	25,78691 m	796,54343 m
Point 60	281,11227 m	760,52136 m
Point 61	285,35164 m	759,53148 m
Point 62	290,90446 m	758,56078 m
Point 63	292,51004 m	758,24794 m
Point 64	296,47568 m	757,46585 m
Point 65	303,79031 m	756,54005 m
Point 66	308,67937 m	755,53971 m
Point 67	316,41044 m	754,546 m
Point 68	316,41044 m	664,65144 m

AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzeuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo

Point 69	0,38483 m	664,65144 m
----------	-----------	-------------

Regions

Material	Points	Area
Regio n 1 Depositi di frana attiva	1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12;13;14;15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26;27;28;29;30;31;32;33;34;35;36;37;38;39;40;41;42;43;44;45;46;47;48;49;50;51; 52	1.318 m ²
Regio n 2 Depositi o AVC	53;54;55;56;57;58;59;1;52;51;50;49;48;47;46;45;44;43;42;60;61;62;63;64;65;66;67;68;69	34.77 0 m ²

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1 of 1 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1

Factor of Safety: 1,047

Volume: 1.318,0333 m³

Weight: 26.360,665 kN

Resisting Moment: 123.659,04 kN-m

Activating Moment: 118.095,85 kN-m

Slip Rank: 1 of 1 slip surfaces

Exit: (279,36961; 760,69505) m

Entry: (28,2184; 796,00824) m

Radius: 97,148689 m

Center: (157,51792; 804,83654) m

Slip Slices

	X	Y	PWP	Base Normal Stress	Frictional Strength	Cohesive Strength	Suction Strength	Base Material
Slice 1	29,338145 m	795,74849 m	-17,714867 kPa	3,6990725 kPa	0,78626214 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 2	33,281115 m	794,79171 m	-11,43877 kPa	17,47832 kPa	3,7151316 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 3	38,194569 m	793,57862 m	-3,4138684 kPa	33,660561 kPa	7,1547732 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 4	40,355799 m	793,04504 m	0,11596166 kPa	39,95339 kPa	8,4677068 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 5	45,530485 m	791,80305 m	8,2184723 kPa	54,778668 kPa	9,8966751 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 6	53,37982 m	789,91987 m	20,501577 kPa	78,458862 kPa	12,319201 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 7	61,913495 m	787,99955 m	32,609749 kPa	104,63254 kPa	15,308916 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 8	73,05076 m	785,57198 m	47,640789 kPa	134,10361 kPa	18,37824 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 9	78,427335 m	784,40006 m	54,883408 kPa	146,85392 kPa	19,548937 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 10	81,49119 m	783,73223 m	57,483236 kPa	152,10534 kPa	20,112549 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 11	87,722402 m	782,53213 m	61,220209 kPa	160,61198 kPa	21,126373 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 12	94,111787 m	781,45565 m	63,54089 kPa	165,36252 kPa	21,642855 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 13	97,32815 m	780,91377 m	64,679332 kPa	167,75291 kPa	21,908966 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 14	99,99993 m	780,46363 m	61,9794 kPa	158,15529 kPa	20,442816 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 15	103,74312 m	779,83298 m	58,196769 kPa	140,47308 kPa	17,48837 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 16	105,73386 m	779,49758 m	56,185058 kPa	127,35523 kPa	15,127687 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 17	107,5208 m	779,19652 m	54,379279 kPa	119,98991 kPa	13,94597 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 18	108,42176 m	779,04472 m	53,496968 kPa	117,64352 kPa	13,634771 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 19	109,88756 m	778,79777 m	55,551962 kPa	126,26277 kPa	15,030047 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 20	113,81603 m	778,1359 m	61,059542 kPa	154,87455 kPa	19,940995 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 21	116,57192 m	777,67159 m	64,923212 kPa	174,61272 kPa	23,315224 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 22	117,10739 m	777,58138 m	65,673923 kPa	175,33306 kPa	23,30877 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 23	117,65017 m	777,48993 m	66,434874 kPa	176,66651 kPa	23,430458 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 24	119,83133 m	777,12245 m	69,492786 kPa	181,09224 kPa	23,721196 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 25	123,92256 m	776,5192 m	74,384806 kPa	189,00981 kPa	24,364297 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 26	126,32022 m	776,20905 m	76,826261 kPa	193,81305 kPa	24,86631 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 27	126,94626 m	776,12807 m	77,463734 kPa	202,83117 kPa	26,647672 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 28	127,67499 m	776,03381 m	78,205761 kPa	201,84684 kPa	26,280722 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 29	127,9882 m	775,9933 m	78,524701 kPa	193,59879 kPa	24,459752 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 30	128,67718 m	775,90418 m	77,403438 kPa	191,04646 kPa	24,155571 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 31	132,11024 m	775,4601 m	71,658089 kPa	167,41501 kPa	20,353761 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 32	135,01188 m	775,08476 m	66,802113 kPa	146,65413 kPa	16,973071 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 33	136,57881 m	774,88207 m	64,179808 kPa	141,55027 kPa	16,445599 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 34	138,09477 m	774,68598 m	61,787574 kPa	135,7245 kPa	15,715779 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 35	141,40762 m	774,25745 m	61,304223 kPa	139,02187 kPa	16,519395 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 36	148,69483 m	773,38234 m	59,578891 kPa	146,25722 kPa	18,424047 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 37	156,65706 m	772,4845 m	57,121604 kPa	147,52317 kPa	19,215447 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 38	164,44323 m	771,60652 m	54,71865 kPa	143,43941 kPa	18,858179 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 39	172,22941 m	770,72854 m	52,315696 kPa	139,35564 kPa	18,500911 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 40	179,59187 m	769,89834 m	50,043508 kPa	136,73122 kPa	18,426041 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 41	186,53062 m	769,11591 m	47,902085 kPa	135,56614 kPa	18,633569 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 42	190,00945 m	768,72363 m	46,82656 kPa	134,98197 kPa	18,73801 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 43	192,84599 m	768,40378 m	45,38158 kPa	131,51179 kPa	18,307541 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 44	196,34894 m	768,00878 m	43,597116 kPa	140,16198 kPa	20,525496 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 45	198,45895 m	767,77085 m	42,522238 kPa	134,79829 kPa	19,613881 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Slice 46	201,71463 m	767,40374 m	40,863738 kPa	116,68028 kPa	16,115305 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 47	205,20111 m	767,03241 m	38,873754 kPa	115,23095 kPa	16,230224 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 48	206,93302 m	766,85981 m	37,768959 kPa	113,8593 kPa	16,173502 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 49	209,78483 m	766,5756 m	27,745343 kPa	98,388807 kPa	15,015732 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 50	213,13836 m	766,24138 m	15,726167 kPa	73,361269 kPa	12,250719 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 51	214,65354 m	766,09038 m	10,29574 kPa	58,423439 kPa	10,229858 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 52	215,64261 m	765,99181 m	6,9008847 kPa	53,179152 kPa	9,8367495 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 53	217,25124 m	765,83149 m	6,7982779 kPa	51,489447 kPa	9,4994013 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 54	218,9292 m	765,66426 m	6,6912487 kPa	53,44624 kPa	9,9380802 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 55	224,46559 m	765,11251 m	6,3381091 kPa	47,246943 kPa	8,695441 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 56	233,18717 m	764,24331 m	5,7818016 kPa	39,828755 kPa	7,2369033 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 57	239,78144 m	763,58612 m	5,3611853 kPa	44,237853 kPa	8,2634908 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 58	243,91822 m	763,18482 m	4,9897902 kPa	46,895582 kPa	8,9073509 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 59	244,77893 m	763,11028 m	4,824661 kPa	47,214864 kPa	9,0103159 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 60	248,80449 m	762,76166 m	2,719243 kPa	42,154615 kPa	8,3822471 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 61	253,21789 m	762,38907 m	0,3089337 kPa	36,586205 kPa	7,710972 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 62	255,06492 m	762,27257 m	-1,0865225 kPa	33,408117 kPa	7,1011146 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 63	258,39596 m	762,06248 m	-3,6031716 kPa	28,867148 kPa	6,1359016 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 64	263,51874 m	761,73183 m	-7,3994858 kPa	23,404559 kPa	4,9747925 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 65	266,85906 m	761,51334 m	-9,8465996 kPa	27,270043 kPa	5,7964266 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 66	269,35221 m	761,35027 m	-11,673071 kPa	20,377088 kPa	4,3312837 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 67	275,55225 m	760,94474 m	-16,215205 kPa	3,1190519 kPa	0,66297494 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva

19.7 BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS103

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2011 R2. Copyright © 1991-2021 GEOSLOPE International Ltd.

File Information

File Version: 11.01

Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Analysis Type: Bishop

Settings

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9,807 kN/m³

Slip Surface

Direction of movement: Left to Right

Use Passive Mode: No

Slip Surface Option: Fully-Specified

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0,1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0,001

Materials

Rilevato

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 32 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Depositi di frana attiva

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo

Effective Cohesion: 0 kPa
 Effective Friction Angle: 13 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1
 Deposito AVC
 Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21 kN/m³
 Effective Cohesion: 5 kPa
 Effective Friction Angle: 29 °
 Phi-B: 0 °
 Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1

Fully Specified Slip Surfaces

Fully Specified Slip Surface 1

X	Y
-10,86976 m	775,5376 m
6,54 m	766,4004 m
7,98821 m	766,1128 m
13,09883 m	765,1172 m
17,81083 m	764,1441 m
21,95609 m	763,1438 m
26,73525 m	762,1591 m
30,41352 m	761,1721 m
35,11678 m	760,1211 m
40,75313 m	759,0707 m
48,77744 m	758,0364 m
59,34403 m	757,0313 m
68,32565 m	756,0371 m
76,89544 m	755,07 m
81,39457 m	754,1207 m
86,39771 m	753,1367 m
90,42666 m	752,17 m
94,6557 m	751,1272 m
100,37326 m	750,1103 m
104,95238 m	749,1363 m
109,40228 m	748,1527 m
113,90817 m	747,0739 m
117,62515 m	746,6825 m
118,97256 m	746,3544 m
120,61629 m	745,4637 m
124,02062 m	744,3565 m
126,99942 m	744,084 m
129,80603 m	743,1955 m
134,63506 m	742,1483 m
139,02227 m	741,1098 m
142,55826 m	741,0209 m
144,45905 m	740,4826 m
148,84011 m	738,1177 m
192,6778 m	733,2944 m
210,18769 m	730,4383 m
229,64 m	729,304 m
246,98333 m	729,9 m
248,58333 m	730,7667 m

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-10,86976; 775,5376) m
 Right Coordinate: (273,3419; 732,3667) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X	Y
Coordinate 1	-10,98 m	774 m
Coordinate 2	32,19188 m	764,9227 m
Coordinate 3	59,95821 m	761 m
Coordinate 4	106,22406 m	753 m
Coordinate 5	125,23681 m	748,2703 m
Coordinate 6	146,77226 m	744,0635 m
Coordinate 7	152,08385 m	743,9236 m
Coordinate 8	178 m	743,104 m

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Coordinate 9	186,58565 m	740,1401 m
Coordinate 10	188,46065 m	739,7259 m
Coordinate 11	192,75071 m	738,5 m
Coordinate 12	208,16667 m	735 m
Coordinate 13	210 m	734,3 m
Coordinate 14	211,93333 m	733,5 m
Coordinate 15	215 m	732,5 m
Coordinate 16	244,68474 m	729,2563 m
Coordinate 17	273,3419 m	729,4 m

Geometry

Name: Default Geometry

Settings

View: 2D

Element Thickness: 1 m

Elevation: 0 m

Thickness Function: New Mesh Thickness Function

Points

	X	Y
Point 1	187,16331 m	744,9104 m
Point 2	187,53652 m	744,9104 m
Point 3	188,00813 m	743 m
Point 4	188,40874 m	742 m
Point 5	189,54828 m	741 m
Point 6	187,16331 m	741 m
Point 7	6,54 m	766,4004 m
Point 8	6,54 m	772,5176 m
Point 9	9,14631 m	772 m
Point 10	14,27927 m	771 m
Point 11	19,12167 m	770 m
Point 12	23,26558 m	769 m
Point 13	28,11934 m	768 m
Point 14	31,84593 m	767 m
Point 15	36,32102 m	766 m
Point 16	59,95821 m	763 m
Point 17	68,99213 m	762 m
Point 18	82,59292 m	760 m
Point 19	101,5231 m	756 m
Point 20	106,22406 m	755 m
Point 21	110,74836 m	754 m
Point 22	114,92513 m	753 m
Point 23	118,65382 m	752,6074 m
Point 24	121,14766 m	752 m
Point 25	122,99309 m	751 m
Point 26	125,23681 m	750,2703 m
Point 27	128,1919 m	750 m
Point 28	131,35061 m	749 m
Point 29	135,962 m	748 m
Point 30	139,79699 m	747,0922 m
Point 31	143,46531 m	747 m
Point 32	146,77226 m	746,0635 m
Point 33	149,85856 m	746 m
Point 34	150,84497 m	746 m
Point 35	152,08385 m	745,9236 m
Point 36	157,05371 m	747 m
Point 37	160,68189 m	748 m
Point 38	162,92354 m	749 m
Point 39	163,43626 m	749,044 m
Point 40	164,11249 m	748,9721 m
Point 41	164,39415 m	748,9727 m
Point 42	169,10047 m	748,8407 m
Point 43	173,57878 m	748,3958 m
Point 44	174,39118 m	748,3746 m
Point 45	175,77872 m	748 m
Point 46	183,22736 m	746 m
Point 47	192,75071 m	740 m
Point 48	196,54068 m	739 m
Point 49	197,39744 m	738,9586 m

Point 50	203,07049 m	738 m
Point 51	207,77466 m	737,172 m
Point 52	209,82418 m	737,172 m
Point 53	211,84729 m	737 m
Point 54	213,90438 m	736,619 m
Point 55	214,28192 m	736 m
Point 56	215,23283 m	735 m
Point 57	215,37597 m	734,0917 m
Point 58	224,44771 m	733,3976 m
Point 59	227,34965 m	733 m
Point 60	238,76227 m	732 m
Point 61	249,12529 m	731 m
Point 62	262,79328 m	731 m
Point 63	273,3419 m	726,739 m
Point 64	263,77267 m	725 m
Point 65	248,83647 m	725 m
Point 66	238,21224 m	726,0252 m
Point 67	226,68016 m	727,0357 m
Point 68	223,81103 m	727,4288 m
Point 69	210,18769 m	730,4383 m
Point 70	192,6778 m	733,2944 m
Point 71	148,84011 m	738,1177 m
Point 72	144,45905 m	740,4826 m
Point 73	142,55826 m	741,0209 m
Point 74	139,02227 m	741,1098 m
Point 75	134,63506 m	742,1483 m
Point 76	129,80603 m	743,1955 m
Point 77	126,99942 m	744,084 m
Point 78	124,02062 m	744,3565 m
Point 79	120,61629 m	745,4637 m
Point 80	118,97256 m	746,3544 m
Point 81	117,62515 m	746,6825 m
Point 82	113,90817 m	747,0739 m
Point 83	109,40228 m	748,1527 m
Point 84	104,95238 m	749,1363 m
Point 85	100,37326 m	750,1103 m
Point 86	94,6557 m	751,1272 m
Point 87	90,42666 m	752,17 m
Point 88	86,39771 m	753,1367 m
Point 89	81,39457 m	754,1207 m
Point 90	76,89544 m	755,07 m
Point 91	68,32565 m	756,0371 m
Point 92	59,34403 m	757,0313 m
Point 93	48,77744 m	758,0364 m
Point 94	40,75313 m	759,0707 m
Point 95	35,11678 m	760,1211 m
Point 96	30,41352 m	761,1721 m
Point 97	26,73525 m	762,1591 m
Point 98	21,95609 m	763,1438 m
Point 99	17,81083 m	764,1441 m
Point 100	13,09883 m	765,1172 m
Point 101	7,98821 m	766,1128 m
Point 102	273,3419 m	660 m
Point 103	-10,86976 m	660 m
Point 104	177,78448 m	747,0469 m
Point 105	213,31814 m	736,6256 m
Point 106	213,47964 m	734,2137 m
Point 107	248,58333 m	730,7667 m
Point 108	273,3419 m	732,3667 m
Point 109	-10,86976 m	775,5376 m

Regions

	Material	Points	Area
Region 1	Rilevato	1;2;3;4;5;6	4,0238 m²

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Reg ion 2	Dep osit o AVC	109;7;101;100;99;98;97;96;95;94;93;92;91;90;89;88;87;86;85;84;83;82;81;80;79;78;77;76;75;74;73;72;71;70;69;68;67;66;65;64;63;102;103	24,001 m²
Reg ion 3	Rilev ato	36;37;38;39;40;41;42;43;44;45;104	27,684 m²
Reg ion 4	Dep ositi di fran a attiva	7;109;8;9;10;11;12;13;14;15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26;27;28;29;30;31;32;33;34;35;36;104;46;1;6;5;47;48;49;50;51;52;53;105;106;57;58;59;60;107;61;62;108;63;64;65;66;67;68;69;70;71;72;73;74;75;76;77;78;79;80;81;82;83;84;85;86;87;88;89;90;91;92;93;94;95;96;97;98;99;100;101	1.863 m²
Reg ion 5	Rilev ato	105;54;55;56;57;106	3,3949 m²

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1 of 1 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1

Factor of Safety: 1.048

Volume: 1.650,6795 m³

Weight: 32.978,488 kN

Resisting Moment: 232.259,97 kN-m

Activating Moment: 221.649,22 kN-m

Slip Rank: 1 of 1 slip surfaces

Exit: (248,58333; 730,7667) m

Entry: (-10,86976; 775,5376) m

Radius: 104,242 m

Center: (124,65099; 786,73032) m

Slip Slices

	X	Y	PWP	Base Normal Stress	Frictional Strength	Cohesive Strength	Suction Strength	Base Material
Slice 1	-8,3889662 m	774,2356 m	-7,6532799 kPa	15,62741 kPa	3,6078718 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 2	0,3159138 m	769,667 m	19,201384 kPa	72,451651 kPa	12,293793 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 3	7,264105 m	766,2566 m	38,319898 kPa	118,82373 kPa	18,585774 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 4	8,56726 m	766 m	38,149296 kPa	118,83886 kPa	18,628654 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 5	11,12257 m	765,5022 m	37,762132 kPa	118,78055 kPa	18,704576 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 6	13,68905 m	764,99531 m	37,441029 kPa	118,69856 kPa	18,759779 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 7	16,04505 m	764,50876 m	37,354516 kPa	118,82706 kPa	18,809419 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 8	18,46625 m	763,98594 m	37,489271 kPa	118,67453 kPa	18,743093 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 9	20,53888 m	763,48579 m	38,120447 kPa	119,13939 kPa	18,704697 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 10	22,610835 m	763,0089 m	38,524937 kPa	119,31678 kPa	18,652267 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 11	25,000415 m	762,51655 m	38,426063 kPa	118,87107 kPa	18,572192 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 12	27,427295 m	761,9734 m	38,748416 kPa	118,66197 kPa	18,449498 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 13	29,26643 m	761,4799 m	39,795846 kPa	119,53448 kPa	18,409114 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 14	31,129725 m	761,01206 m	40,541872 kPa	119,70742 kPa	18,276806 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 15	32,018905 m	760,81336 m	40,657 kPa	119,10011 kPa	18,110019 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 16	33,65433 m	760,4479 m	41,858137 kPa	119,15653 kPa	17,84574 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 17	35,7189 m	760,00889 m	43,303111 kPa	119,39099 kPa	17,566272 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 18	38,537075 m	759,48369 m	44,5492 kPa	121,54171 kPa	17,775122 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 19	44,765285 m	758,55355 m	45,041951 kPa	125,21879 kPa	18,510281 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 20	54,060735 m	757,53385 m	42,163414 kPa	122,60812 kPa	18,572125 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 21	59,65112 m	756,99731 m	39,679876 kPa	118,90245 kPa	18,289973 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 22	64,14193 m	756,50021 m	37,034861 kPa	118,74214 kPa	18,863611 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 23	68,65889 m	755,99949 m	34,285656 kPa	118,65154 kPa	19,477398 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 24	72,943785 m	755,51594 m	31,761657 kPa	115,96694 kPa	19,44032 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 25	79,145005 m	754,59535 m	30,274111 kPa	114,32828 kPa	19,405434 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 26	81,993745 m	754,00286 m	31,253903 kPa	117,95058 kPa	20,015506 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 27	84,495315 m	753,51086 m	31,836873 kPa	118,01139 kPa	19,894955 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 28	88,412185 m	752,65335 m	33,604347 kPa	117,88765 kPa	19,458333 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 29	92,54118 m	751,6486 m	36,456126 kPa	120,42698 kPa	19,386198 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 30	97,51448 m	750,61875 m	38,122318 kPa	121,30797 kPa	19,20492 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 31	100,94818 m	749,98801 m	38,485219 kPa	118,90304 kPa	18,565917 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 32	103,23774 m	749,50101 m	39,378673 kPa	118,95783 kPa	18,372295 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 33	105,58822 m	748,99575 m	40,347868 kPa	118,96381 kPa	18,149921 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 34	107,81317 m	748,50395 m	40,215867 kPa	119,05884 kPa	18,202334 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 35	110,07532 m	747,99156 m	39,722095 kPa	118,96645 kPa	18,295002 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 36	112,32827 m	747,45216 m	39,515628 kPa	119,19129 kPa	18,394577 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 37	114,41665 m	747,02036 m	38,655433 kPa	120,13841 kPa	18,811827 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 38	116,27514 m	746,82466 m	36,040626 kPa	118,74636 kPa	19,094124 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 39	118,13948 m	746,55726 m	34,114692 kPa	117,60926 kPa	19,27624 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di
attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Slice 40	118,81319 m	746,39321 m	34,079936 kPa	118,95672 kPa	19,59535 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 41	119,79443 m	745,90905 m	36,434211 kPa	118,60651 kPa	18,97097 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 42	120,88197 m	745,37729 m	38,995951 kPa	127,4164 kPa	20,41347 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 43	122,07037 m	744,99078 m	39,887161 kPa	124,15006 kPa	19,453624 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 44	123,50686 m	744,52359 m	40,964412 kPa	120,49131 kPa	18,360231 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 45	124,62871 m	744,30087 m	40,411714 kPa	121,70635 kPa	18,768346 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 46	126,11812 m	744,16462 m	38,576046 kPa	118,88371 kPa	18,540484 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 47	127,59566 m	743,89525 m	38,387238 kPa	117,66006 kPa	18,301574 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 48	128,99896 m	743,451 m	40,055646 kPa	120,27803 kPa	18,520796 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 49	130,57832 m	743,02802 m	41,178106 kPa	120,53997 kPa	18,32213 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 50	132,99284 m	742,50442 m	41,687494 kPa	119,093 kPa	17,87047 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 51	135,29853 m	741,99125 m	42,303119 kPa	119,05231 kPa	17,718946 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 52	137,49213 m	741,472 m	43,193051 kPa	119,3467 kPa	17,581455 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 53	139,40963 m	741,10006 m	43,167249 kPa	121,24443 kPa	18,025538 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 54	141,17763 m	741,05561 m	40,21617 kPa	119,59831 kPa	18,32681 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 55	143,01179 m	740,89246 m	38,302415 kPa	117,44373 kPa	18,271212 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 56	143,96218 m	740,62331 m	39,12127 kPa	119,69523 kPa	18,601965 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 57	145,61566 m	739,85826 m	43,456495 kPa	121,39228 kPa	17,992894 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 58	147,80618 m	738,67581 m	52,569975 kPa	137,26198 kPa	19,552691 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 59	149,34933 m	738,06167 m	58,194263 kPa	156,59227 kPa	22,71697 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 60	150,35177 m	737,95138 m	59,016982 kPa	158,56084 kPa	22,981511 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 61	151,46441 m	737,82896 m	59,930158 kPa	160,227 kPa	23,155352 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 62	154,56878 m	737,4874 m	62,349164 kPa	176,71735 kPa	26,403977 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 63	158,8678 m	737,01439 m	65,654599 kPa	205,82058 kPa	32,359866 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 64	161,80272 m	736,69147 m	67,9112 kPa	230,73662 kPa	37,591209 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 65	163,1799 m	736,53995 m	68,970092 kPa	243,40696 kPa	40,271924 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 66	163,77437 m	736,47454 m	69,427172 kPa	244,43752 kPa	40,404322 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 67	164,25332 m	736,42184 m	69,795424 kPa	244,81496 kPa	40,406444 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 68	166,74731 m	736,14744 m	71,713006 kPa	249,00533 kPa	40,931159 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 69	171,33963 m	735,64216 m	75,243951 kPa	253,61456 kPa	41,1801 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 70	173,98498 m	735,3511 m	77,277914 kPa	255,02878 kPa	41,037022 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 71	175,08495 m	735,23008 m	78,12366 kPa	253,74332 kPa	40,544993 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 72	176,7816 m	735,0434 m	79,428183 kPa	245,10833 kPa	38,250276 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 73	177,89224 m	734,9212 m	80,282133 kPa	238,27191 kPa	36,474815 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 74	180,61368 m	734,62177 m	74,336532 kPa	233,75686 kPa	36,805082 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 75	184,90651 m	734,14945 m	64,435128 kPa	223,8521 kPa	36,804309 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 76	186,87448 m	733,93292 m	60,248104 kPa	217,34294 kPa	36,268201 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 77	187,34992 m	733,88061 m	59,731114 kPa	212,97294 kPa	35,378663 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 78	187,77232 m	733,83413 m	59,271784 kPa	196,1501 kPa	31,600848 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 79	188,20844 m	733,78615 m	58,797556 kPa	170,08104 kPa	25,691816 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 80	188,4347 m	733,76125 m	58,55152 kPa	160,86352 kPa	23,620586 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 81	189,00447 m	733,69856 m	57,586109 kPa	152,78953 kPa	21,979441 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 82	191,11304 m	733,46656 m	53,952281 kPa	138,83985 kPa	19,597839 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 83	192,71426 m	733,28845 m	51,211796 kPa	131,5724 kPa	18,552707 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 84	194,64569 m	732,97341 m	49,979981 kPa	127,73904 kPa	17,952094 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 85	196,96906 m	732,59444 m	48,523459 kPa	124,95226 kPa	17,64498 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 86	200,23397 m	732,06189 m	46,476685 kPa	125,50973 kPa	18,246217 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 87	205,42257 m	731,21555 m	43,223936 kPa	124,49018 kPa	18,76179 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 88	207,97066 m	730,79993 m	41,626534 kPa	124,46623 kPa	19,12505 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 89	208,99543 m	730,63277 m	39,726109 kPa	127,62748 kPa	20,29363 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 90	209,91209 m	730,48325 m	37,760006 kPa	130,30175 kPa	21,364944 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 91	210,09384 m	730,45361 m	37,340742 kPa	130,56125 kPa	21,521651 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 92	211,01749 m	730,38991 m	34,217173 kPa	132,35268 kPa	22,656367 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 93	211,89031 m	730,33902 m	31,174338 kPa	131,70982 kPa	23,210444 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 94	212,62573 m	730,29613 m	29,206059 kPa	128,83513 kPa	23,001184 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 95	213,39889 m	730,25105 m	27,175702 kPa	125,01163 kPa	22,587203 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 96	213,69201 m	730,23396 m	26,405949 kPa	124,07333 kPa	22,54829 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 97	214,09315 m	730,21057 m	25,352529 kPa	118,64558 kPa	21,538398 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 98	214,64096 m	730,17862 m	23,913943 kPa	106,33438 kPa	19,028258 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 99	215,11641 m	730,1509 m	22,9129 kPa	97,459387 kPa	17,210413 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 100	215,3044 m	730,13994 m	22,818952 kPa	86,846663 kPa	14,781962 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 101	219,91184 m	729,87127 m	20,516325 kPa	76,745701 kPa	12,981574 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 102	225,89868 m	729,52216 m	17,524326 kPa	72,822728 kPa	12,766642 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 103	228,49482 m	729,37078 m	16,22687 kPa	69,888605 kPa	12,388788 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 104	234,20113 m	729,46074 m	9,2295458 kPa	59,156073 kPa	11,526447 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 105	239,75775 m	729,65169 m	1,4022687 kPa	44,794272 kPa	10,017833 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva

Slice 106	242,71898 m	729,75346 m	-2,7690527 kPa	35,260232 kPa	8,140466 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 107	245,83404 m	729,8605 m	-5,868917 kPa	25,219704 kPa	5,8224276 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva
Slice 108	247,78333 m	730,33335 m	-10,410251 kPa	12,122069 kPa	2,7986 kPa	0 kPa	0 kPa	Depositi di frana attiva

19.8 BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS102

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2021 R2. Copyright © 1991-2021 GEOSLOPE International Ltd.

File Information

File Version: 11.01

Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Analysis Type: Bishop

Settings

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9,807 kN/m³

Slip Surface

Direction of movement: Left to Right

Use Passive Mode: No

Slip Surface Option: Fully-Specified

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0,1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0,01

Materials

Coltre in Frana Attiva

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 13 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Rilevato

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 29,3 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

AVC

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 21 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 23,9 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Coltre in Frana Quiescente

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 20 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 13 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Fully Specified Slip Surfaces

Fully Specified Slip Surface 1

	X	Y
	-6,18182 m	666,21227 m

AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo

-2,40462 m	662,35069 m
2,37991 m	659,61339 m
12,66206 m	657,53166 m
30,0557 m	654,54643 m
65,18822 m	648,77686 m
116,76399 m	640,49342 m
158,85253 m	633,53079 m
270,33445 m	612,57551 m
307,46981 m	607,94347 m
338,31776 m	604,9202 m
356 m	605 m

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-50,25455; 676,88141) m

Right Coordinate: (356; 605) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X	Y
Coordinate 1	-50,24472 m	674,87561 m
Coordinate 2	-28,89036 m	672,27717 m
Coordinate 3	-0,06986 m	662,3967 m
Coordinate 4	76,09778 m	647,16214 m
Coordinate 5	100,43169 m	645,63008 m
Coordinate 6	126,96861 m	640,20977 m
Coordinate 7	165,37887 m	635,60319 m
Coordinate 8	186,62152 m	634,23338 m
Coordinate 9	199,82814 m	630,17203 m
Coordinate 10	248,22033 m	620,73683 m
Coordinate 11	272,43917 m	619,67404 m
Coordinate 12	289,58338 m	613,31946 m
Coordinate 13	303,27443 m	610,07807 m
Coordinate 14	332,9267 m	608,08765 m
Coordinate 15	338,34401 m	606,24431 m
Coordinate 16	356 m	603 m

Geometry

Name: Default Geometry

Settings

View: 2D

Element Thickness: 1 m

Elevation: 0 m

Thickness Function: New Mesh Thickness Function

Points

	X	Y
Point 1	356 m	605 m
Point 2	76,08395 m	649,12039 m
Point 3	78,35545 m	650,19384 m
Point 4	81,85376 m	652,44617 m
Point 5	84,19235 m	653,05958 m
Point 6	90,20789 m	653,22784 m
Point 7	92,24458 m	652,48238 m
Point 8	98,24308 m	648,57216 m
Point 9	100,42832 m	647,58305 m
Point 10	79,14866 m	647,92579 m
Point 11	118,138 m	641,53568 m
Point 12	158,85253 m	633,53079 m
Point 13	270,33445 m	612,57551 m
Point 14	307,46981 m	607,94347 m
Point 15	338,31776 m	604,9202 m
Point 16	338,38661 m	608,23973 m
Point 17	337,24447 m	608,74291 m
Point 18	332,90753 m	610,1007 m
Point 19	331,26886 m	610,47742 m
Point 20	328,93267 m	610,95664 m
Point 21	326,62975 m	611,29609 m
Point 22	323,18203 m	611,8219 m
Point 23	321,61041 m	611,88224 m
Point 24	320,61849 m	611,88224 m

Point 25	318,56964 m	611,83023 m
Point 26	313,06849 m	611,4769 m
Point 27	306,9108 m	612,04409 m
Point 28	303,20739 m	612,04409 m
Point 29	296,0536 m	613,97631 m
Point 30	289,62438 m	615,31046 m
Point 31	281,008 m	618,07172 m
Point 32	272,63763 m	621,66587 m
Point 33	270,26815 m	622,33811 m
Point 34	268,20484 m	622,70418 m
Point 35	264,1581 m	623,14347 m
Point 36	261,09641 m	623,32318 m
Point 37	255,91817 m	623,32318 m
Point 38	252,37062 m	623,1235 m
Point 39	248,26397 m	622,74412 m
Point 40	242,27361 m	623,68339 m
Point 41	237,81111 m	624,40797 m
Point 42	234,48373 m	625,67535 m
Point 43	231,6164 m	626,41814 m
Point 44	229,98705 m	626,75359 m
Point 45	227,16764 m	627,21684 m
Point 46	219,88349 m	628,29508 m
Point 47	215,80318 m	629,64703 m
Point 48	211,91115 m	630,35919 m
Point 49	207,78725 m	631,60133 m
Point 50	199,87069 m	632,11475 m
Point 51	193,69312 m	634,30091 m
Point 52	186,63778 m	636,22209 m
Point 53	180,23828 m	637,51391 m
Point 54	171,35672 m	637,97488 m
Point 55	165,40826 m	637,60224 m
Point 56	157,19634 m	640,08652 m
Point 57	155,16752 m	640,41775 m
Point 58	147,00212 m	640,18773 m
Point 59	145,07525 m	640,34103 m
Point 60	138,8576 m	641,589 m
Point 61	126,91577 m	642,21747 m
Point 62	-6,18182 m	666,21227 m
Point 63	-2,40462 m	662,35069 m
Point 64	2,37991 m	659,61339 m
Point 65	12,66206 m	657,53166 m
Point 66	30,0557 m	654,54643 m
Point 67	65,18822 m	648,77686 m
Point 68	116,76399 m	640,49342 m
Point 69	55,84702 m	652,5889 m
Point 70	51,07909 m	653,62858 m
Point 71	41,29104 m	656,14598 m
Point 72	14,50326 m	660,82636 m
Point 73	7,14176 m	662,35964 m
Point 74	-0,01419 m	664,4269 m
Point 75	-50,25455 m	676,88141 m
Point 76	-45,3688 m	676,42596 m
Point 77	-40,46926 m	675,94291 m
Point 78	-28,87597 m	674,28672 m
Point 79	356 m	428,7916 m
Point 80	-49,03931 m	428,7916 m

Regions

	Material	Points	Area
Regio n 1	Rilevato	2;3;4;5;6;7;8;9	74,09 1 m ²
Regio n 2	Coltre in Frana Attiva	2;10;11;12;13;14;15;1;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26;27;28;29;30;31;32;33;34;35;36;37;38;39;40;41;42;43;44;45;46;47;48;49;50;51;52;53;54;55;5	1.429, 1 m ²
Regio n 3	Coltre in Frana Quiescenti	62;63;64;65;66;67;68;12;11;10;2;69;70;71;72;73;74	330,6 9 m ²

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenze - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Regio n 4	AVC	75;76;77;78;62;63;64;65;66;67;68;12;13;14;15;1;79;80	83.64 0 m ²
--------------	-----	--	---------------------------

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1 of 1 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1

Factor of Safety: 1,034

Volume: 1.833,926 m³

Weight: 36,604,429 kN

Resisting Moment: 331,136,38 kN-m

Activating Moment: 320,174,63 kN-m

Slip Rank: 1 of 1 slip surfaces

Exit: (356; 605) m

Entry: (-6,18182; 666,21227) m

Radius: 143,50919 m

Center: (182,66819; 681,51534) m

Slip Slices

	X	Y	PWP	Base Normal Stress	Frictional Strength	Cohesive Strength	Suction Strength	Base Material
Slice 1	-4,916043 m	664,91822 m	-8,4350983 kPa	15,118462 kPa	3,4903719 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 2	-3,027443 m	662,98743 m	4,1504732 kPa	38,444246 kPa	7,9173413 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 3	-1,23724 m	661,68281 m	10,925936 kPa	56,206249 kPa	10,453784 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 4	-0,042025 m	660,99901 m	13,652501 kPa	62,508065 kPa	11,279196 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 5	1,18286 m	660,29824 m	18,122347 kPa	69,167781 kPa	11,784767 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 6	4,760835 m	659,13135 m	22,547754 kPa	75,921103 kPa	12,322209 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 7	9,90191 m	658,09048 m	22,67113 kPa	71,680487 kPa	11,314702 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 8	13,58266 m	657,37366 m	22,481091 kPa	71,037183 kPa	11,210057 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 9	22,27948 m	655,88104 m	20,060068 kPa	69,834758 kPa	11,491393 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 10	35,67337 m	653,62388 m	15,923534 kPa	68,166109 kPa	12,061149 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 11	46,185065 m	651,89762 m	12,233958 kPa	58,118894 kPa	10,593372 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 12	53,463055 m	650,7024 m	9,6794029 kPa	46,773167 kPa	8,5637702 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 13	60,51762 m	649,54388 m	7,2032696 kPa	43,563233 kPa	8,394359 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 14	70,636085 m	647,90189 m	3,4585302 kPa	41,680624 kPa	8,8242656 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 15	76,090865 m	647,02582 m	1,3504865 kPa	40,554045 kPa	9,0508547 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 16	77,226615 m	646,84341 m	2,4288173 kPa	53,890818 kPa	11,880939 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 17	78,752055 m	646,59841 m	3,8896203 kPa	73,0501 kPa	15,966955 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 18	80,50121 m	646,31748 m	5,5646588 kPa	99,08594 kPa	21,591089 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 19	83,023055 m	645,91246 m	7,9796464 kPa	128,4388 kPa	27,810186 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 20	86,404955 m	645,3693 m	11,218247 kPa	145,59498 kPa	31,023313 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 21	89,412725 m	644,88623 m	14,098569 kPa	156,3827 kPa	32,848881 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 22	91,226235 m	644,59497 m	15,835235 kPa	155,52668 kPa	32,250311 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 23	95,24383 m	643,94971 m	19,682594 kPa	125,16976 kPa	24,353632 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 24	99,3357 m	643,29253 m	23,60108 kPa	92,806215 kPa	15,977264 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 25	100,43 m	643,11678 m	24,649017 kPa	87,090295 kPa	14,415705 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 26	108,59784 m	641,80496 m	21,155043 kPa	80,351098 kPa	13,666486 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 27	117,451 m	640,37977 m	17,397858 kPa	73,053873 kPa	12,849204 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 28	122,52688 m	639,54007 m	15,465066 kPa	69,348411 kPa	12,43995 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 29	126,94219 m	638,80966 m	13,783811 kPa	66,201605 kPa	12,101601 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 30	132,91311 m	637,8219 m	16,426131 kPa	79,28814 kPa	14,512838 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 31	141,96642 m	636,32423 m	20,46564 kPa	90,250554 kPa	16,111117 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 32	146,03868 m	635,65056 m	22,282645 kPa	89,794731 kPa	15,586393 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 33	151,08482 m	634,81579 m	24,534185 kPa	106,71807 kPa	18,973645 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 34	156,18193 m	633,97258 m	26,808469 kPa	122,08868 kPa	21,99717 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 35	158,02444 m	633,66778 m	27,630579 kPa	119,97019 kPa	21,318279 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Quiescente
Slice 36	162,1157 m	632,91741 m	30,177452 kPa	110,27258 kPa	18,491418 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 37	165,39356 m	632,30127 m	32,372634 kPa	103,15202 kPa	16,34071 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 38	168,38249 m	631,73944 m	35,992311 kPa	117,57487 kPa	18,834818 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 39	175,7975 m	630,34564 m	44,972109 kPa	143,8454 kPa	22,826697 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 40	183,4299 m	628,91098 m	54,215172 kPa	154,96521 kPa	23,259979 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 41	186,62965 m	628,30952 m	58,070787 kPa	154,26639 kPa	22,208505 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 42	190,16545 m	627,64489 m	53,925195 kPa	148,3867 kPa	21,808157 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 43	196,76063 m	626,4052 m	46,192597 kPa	132,59446 kPa	19,947441 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 44	199,84941 m	625,8246 m	42,594596 kPa	122,61153 kPa	18,473365 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 45	203,82897 m	625,07656 m	42,321271 kPa	131,88861 kPa	20,67825 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 46	209,8492 m	623,94494 m	41,907788 kPa	136,74536 kPa	21,89498 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 47	213,85717 m	623,19156 m	41,632511 kPa	132,43832 kPa	20,964173 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 48	217,84333 m	622,44228 m	41,358732 kPa	126,99861 kPa	19,771525 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 49	223,52557 m	621,37419 m	40,968463 kPa	124,16074 kPa	19,206451 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 50	228,57735 m	620,4246 m	40,621495 kPa	127,58021 kPa	20,076002 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**



Slice 51	230,80173 m	620,00648 m	40,468719 kPa	127,93438 kPa	20,193039 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 52	233,05006 m	619,58386 m	40,314298 kPa	125,69163 kPa	19,710909 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 53	236,14742 m	619,00165 m	40,101565 kPa	117,56469 kPa	17,883772 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 54	240,04236 m	618,26952 m	39,834051 kPa	112,48859 kPa	16,773622 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 55	245,24697 m	617,29121 m	39,476586 kPa	115,35029 kPa	17,516825 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 56	248,24215 m	616,7282 m	39,303202 kPa	117,13586 kPa	17,969085 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 57	250,3173 m	616,33814 m	42,235518 kPa	128,31797 kPa	19,8737 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 58	254,1444 m	615,61876 m	47,64346 kPa	147,904 kPa	23,14697 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 59	258,50729 m	614,79866 m	53,808517 kPa	165,81221 kPa	25,858089 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 60	262,62725 m	614,02423 m	59,630297 kPa	179,1882 kPa	27,602117 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 61	266,18147 m	613,35615 m	64,652635 kPa	186,27375 kPa	28,078448 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 62	269,23649 m	612,78189 m	68,969585 kPa	189,74073 kPa	27,882216 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 63	270,3013 m	612,58174 m	70,474225 kPa	189,94911 kPa	27,58295 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 64	271,38681 m	612,44424 m	71,355492 kPa	188,28889 kPa	26,996203 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 65	272,5384 m	612,3006 m	71,950598 kPa	184,74223 kPa	26,040001 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 66	276,82281 m	611,76619 m	61,617688 kPa	159,34349 kPa	22,56178 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 67	285,29569 m	610,70934 m	41,183285 kPa	117,64719 kPa	17,653083 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 68	289,60388 m	610,17196 m	30,819955 kPa	100,95748 kPa	16,192524 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 69	292,83899 m	609,76843 m	27,265974 kPa	95,605 kPa	15,777307 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 70	299,63049 m	608,9213 m	19,805059 kPa	80,106691 kPa	13,921729 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 71	303,24091 m	608,47096 m	15,838781 kPa	69,962544 kPa	12,495455 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 72	305,09262 m	608,23999 m	16,829172 kPa	74,484084 kPa	13,310685 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 73	307,19031 m	607,97833 m	18,014298 kPa	79,106956 kPa	14,104352 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 74	310,26915 m	607,66912 m	19,019966 kPa	79,984966 kPa	14,074879 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 75	315,81907 m	607,1252 m	20,700712 kPa	89,078298 kPa	15,78621 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 76	319,59407 m	606,75523 m	21,843939 kPa	100,31139 kPa	18,115638 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 77	321,11445 m	606,60622 m	22,304375 kPa	103,74682 kPa	18,802471 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 78	322,39622 m	606,4806 m	22,692549 kPa	105,62342 kPa	19,146101 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 79	324,90589 m	606,23464 m	23,452581 kPa	104,71743 kPa	18,76147 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 80	327,78121 m	605,95284 m	24,323348 kPa	101,78363 kPa	17,883116 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 81	330,10077 m	605,72551 m	25,025806 kPa	98,236071 kPa	16,901921 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 82	332,08819 m	605,53073 m	25,627683 kPa	93,684481 kPa	15,71215 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 83	332,91712 m	605,44949 m	25,878714 kPa	91,53433 kPa	15,157793 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 84	335,08558 m	605,23697 m	20,75238 kPa	82,29641 kPa	14,208559 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 85	337,78111 m	604,97279 m	14,348144 kPa	69,473372 kPa	12,726662 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 86	338,33089 m	604,92026 m	13,028764 kPa	66,934475 kPa	12,445114 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 87	338,36531 m	604,92041 m	12,945059 kPa	66,627819 kPa	12,393642 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 88	341,88162 m	604,93628 m	6,4528661 kPa	53,258719 kPa	10,805983 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 89	350,68832 m	604,97603 m	-9,807 kPa	20,039685 kPa	4,6265258 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

19.9 BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DELL'OPERA DI PRESIDIO IS101

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2012 R2. Copyright © 1991-2021 GEOSLOPE International Ltd.

File Information

File Version: 11.01

Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W
Analysis Type: Bishop

Settings

PWP Conditions from: Piezometric Line
Apply Phreatic Correction: No
Use Staged Rapid Drawdown: No
Unit Weight of Water: 9,807 kN/m³

Slip Surface

Direction of movement: Left to Right
Use Passive Mode: No
Slip Surface Option: Fully-Specified
Critical slip surfaces saved: 1
Optimize Critical Slip Surface Location: No
Tension Crack Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: **Constant**
 Advanced
 Geometry Settings
 Minimum Slip Surface Depth: 0,1 m
 Number of Slices: 30
 Factor of Safety Convergence Settings
 Maximum Number of Iterations: 100
 Tolerable difference in F of S: 0,01

Materials

Coltre in Frana Attiva

Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 20 kN/m³
 Effective Cohesion: 0 kPa
 Effective Friction Angle: 13 °
 Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1

Rilevato

Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 19 kN/m³
 Effective Cohesion: 0 kPa
 Effective Friction Angle: 29,3 °
 Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1

AVC

Material Model: Mohr-Coulomb
 Unit Weight: 21 kN/m³
 Effective Cohesion: 0 kPa
 Effective Friction Angle: 23,9 °
 Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure
 Piezometric Line: 1

Fully Specified Slip Surfaces

Fully Specified Slip Surface 1

	X	Y
	-25,54495 m	653,07264 m
	-22,96235 m	651,68368 m
	4,41192 m	645,40347 m
	19,44973 m	641,06763 m
	21,8524 m	640,57196 m
	50,96285 m	633,74742 m
	62,67604 m	631,23363 m
	65,96513 m	630,41275 m
	158,48264 m	608,19945 m
	198,91466 m	599,81345 m
	209,98603 m	597,75042 m
	275,54623 m	585,53135 m
	295,0102 m	582,9535 m
	367,98371 m	572,09258 m
	501,34537 m	553,05754 m
	597,78174 m	539,37981 m
	602,80423 m	538,87103 m

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-50,90552; 658,57827) m
 Right Coordinate: (614,95725; 542,41726) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X	Y
Coordinate 1	-50,89944 m	656,53523 m
Coordinate 2	-25,48194 m	651,06602 m
Coordinate 3	-2,76346 m	646,87 m
Coordinate 4	3,07305 m	645,65476 m
Coordinate 5	29,38556 m	639,55675 m
Coordinate 6	58,01096 m	633,75819 m
Coordinate 7	102,01933 m	624,3 m
Coordinate 8	146,06924 m	614,83 m
Coordinate 9	200,68498 m	604,38 m
Coordinate 10	241,39248 m	596,5 m
Coordinate 11	287,80718 m	589,13 m
Coordinate 12	382,64275 m	577,2625 m
Coordinate 13	424,84322 m	572,04859 m

AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo

Coordinate 14	458,20892 m	567,3 m
Coordinate 15	490,23013 m	561,56337 m
Coordinate 16	563,65196 m	548,3 m
Coordinate 17	573,32266 m	546,05215 m
Coordinate 18	602,59657 m	536,79601 m
Coordinate 19	608,51494 m	536,45257 m
Coordinate 20	614,95725 m	540,31495 m

Geometry

Name: Default Geometry

Settings

View: 2D

Element Thickness: 1 m

Elevation: 0 m

Thickness Function: New Mesh Thickness Function

Points

	X	Y
Point 1	-25,54495 m	653,07264 m
Point 2	-25,09974 m	653,10489 m
Point 3	-24,6402 m	653,14878 m
Point 4	-23,56345 m	653,31361 m
Point 5	-21,2228 m	653,94667 m
Point 6	-17,01093 m	655,54961 m
Point 7	-14,46885 m	655,67568 m
Point 8	-9,29305 m	655,29318 m
Point 9	-8,61632 m	655,15408 m
Point 10	-6,34828 m	654,00524 m
Point 11	-0,01637 m	649,7424 m
Point 12	1,78654 m	648,84951 m
Point 13	2,44633 m	648,63552 m
Point 14	3,0966 m	648,46514 m
Point 15	12,03179 m	646,13159 m
Point 16	15,13713 m	645,48292 m
Point 17	19,3052 m	644,26838 m
Point 18	29,31131 m	641,54948 m
Point 19	32,23559 m	641,00107 m
Point 20	35,65003 m	640,38208 m
Point 21	42,69855 m	639,36373 m
Point 22	46,8052 m	638,43857 m
Point 23	52,73954 m	637,12871 m
Point 24	54,64844 m	636,5776 m
Point 25	55,88275 m	636,51408 m
Point 26	57,83538 m	636,17304 m
Point 27	63,81592 m	636,17304 m
Point 28	66,49955 m	635,95142 m
Point 29	76,20855 m	635,07924 m
Point 30	82,39754 m	633,19127 m
Point 31	91,53968 m	631,33634 m
Point 32	97,27007 m	629,29924 m
Point 33	102,08957 m	627,16276 m
Point 34	103,19712 m	626,82877 m
Point 35	105,53128 m	626,61615 m
Point 36	107,85024 m	626,7086 m
Point 37	109,23224 m	626,5548 m
Point 38	110,71452 m	626,24731 m
Point 39	111,7398 m	626,07922 m
Point 40	114,54837 m	625,70046 m
Point 41	118,40976 m	625,33133 m
Point 42	121,23073 m	624,66765 m
Point 43	124,0994 m	624,15516 m
Point 44	131,28104 m	622,60435 m
Point 45	133,75035 m	622,23828 m
Point 46	135,35771 m	621,78568 m
Point 47	138,29054 m	620,37102 m
Point 48	141,83293 m	619,64644 m
Point 49	146,08841 m	617,74873 m
Point 50	149,5963 m	617,24267 m
Point 51	152,69014 m	616,5526 m

Point 52	155,0249 m	615,92003 m
Point 53	157,93472 m	615,32196 m
Point 54	162,0504 m	615,14408 m
Point 55	163,80218 m	614,92684 m
Point 56	167,70786 m	614,10411 m
Point 57	172,1296 m	613,38054 m
Point 58	177,76538 m	613,09316 m
Point 59	182,73063 m	612,73375 m
Point 60	184,04849 m	612,18797 m
Point 61	185,63923 m	611,14966 m
Point 62	187,28322 m	610,36427 m
Point 63	191,28338 m	609,08635 m
Point 64	200,90581 m	607,41828 m
Point 65	204,12248 m	607,23603 m
Point 66	210,17655 m	607,13628 m
Point 67	216,82671 m	606,13253 m
Point 68	225,01488 m	604,54259 m
Point 69	230,34487 m	603,34529 m
Point 70	241,6257 m	599,08982 m
Point 71	244,97066 m	598,67769 m
Point 72	253,17491 m	597,01959 m
Point 73	260,59323 m	597,23045 m
Point 74	275,86504 m	595,76614 m
Point 75	276,7717 m	595,53401 m
Point 76	282,50317 m	592,85996 m
Point 77	287,97586 m	591,48939 m
Point 78	291,7617 m	591,12518 m
Point 79	296,93621 m	591,07541 m
Point 80	297,98163 m	591,00185 m
Point 81	299,65513 m	590,74398 m
Point 82	305,56681 m	589,46366 m
Point 83	308,15519 m	589,04305 m
Point 84	315,65225 m	588,27115 m
Point 85	336,5059 m	587,09966 m
Point 86	352,13384 m	585,1196 m
Point 87	362,50799 m	582,75494 m
Point 88	374,44632 m	581,23677 m
Point 89	378,64848 m	580,97516 m
Point 90	380,08518 m	580,74405 m
Point 91	382,67741 m	579,50764 m
Point 92	383,36302 m	579,39979 m
Point 93	383,88879 m	579,47298 m
Point 94	384,77355 m	579,42021 m
Point 95	385,26089 m	579,37955 m
Point 96	385,93037 m	579,22475 m
Point 97	390,02656 m	580,08356 m
Point 98	391,15251 m	580,38861 m
Point 99	391,83473 m	580,44964 m
Point 100	393,1646 m	580,42634 m
Point 101	394,50358 m	580,53542 m
Point 102	411,37693 m	580,02453 m
Point 103	413,91823 m	579,61857 m
Point 104	416,98189 m	578,53128 m
Point 105	421,32362 m	576,22144 m
Point 106	424,87943 m	574,45791 m
Point 107	427,59182 m	574,45791 m
Point 108	430,4288 m	575,06173 m
Point 109	431,44834 m	575,92936 m
Point 110	432,13395 m	576,2375 m
Point 111	432,87349 m	576,2375 m
Point 112	433,5315 m	575,90368 m
Point 113	434,77369 m	574,90864 m
Point 114	436,21168 m	574,06447 m
Point 115	437,35597 m	573,42516 m
Point 116	439,66798 m	573,42516 m
Point 117	440,76065 m	573,6995 m

Point 118	442,00862 m	574,39836 m
Point 119	443,43962 m	575,37455 m
Point 120	444,39917 m	575,99576 m
Point 121	445,90783 m	576,3452 m
Point 122	447,08005 m	576,65798 m
Point 123	449,05407 m	576,92119 m
Point 124	450,36688 m	576,73823 m
Point 125	451,68931 m	576,15726 m
Point 126	458,31365 m	571,06503 m
Point 127	490,24705 m	563,71015 m
Point 128	491,87439 m	563,71015 m
Point 129	495,06599 m	562,93746 m
Point 130	509,97932 m	560,91515 m
Point 131	512,96646 m	560,69844 m
Point 132	517,4059 m	560,09942 m
Point 133	521,5192 m	559,22085 m
Point 134	524,51433 m	558,23578 m
Point 135	528,36806 m	557,25072 m
Point 136	532,36688 m	556,90728 m
Point 137	539,25167 m	556,05267 m
Point 138	550,15367 m	554,00634 m
Point 139	560,64284 m	551,61867 m
Point 140	563,77154 m	550,93101 m
Point 141	566,57113 m	550,86513 m
Point 142	569,50542 m	550,47461 m
Point 143	573,41846 m	548,47652 m
Point 144	580,77928 m	546,25102 m
Point 145	584,20091 m	544,95713 m
Point 146	590,12407 m	543,25111 m
Point 147	595,51051 m	541,12337 m
Point 148	597,56157 m	540,65373 m
Point 149	602,80423 m	538,87103 m
Point 150	597,78174 m	539,37981 m
Point 151	501,34537 m	553,05754 m
Point 152	367,98371 m	572,09258 m
Point 153	295,0102 m	582,9535 m
Point 154	275,54623 m	585,53135 m
Point 155	209,98603 m	597,75042 m
Point 156	198,91466 m	599,81345 m
Point 157	158,48264 m	608,19945 m
Point 158	65,96513 m	630,41275 m
Point 159	62,67604 m	631,23363 m
Point 160	50,96285 m	633,74742 m
Point 161	21,8524 m	640,57196 m
Point 162	19,44973 m	641,06763 m
Point 163	4,41192 m	645,40347 m
Point 164	-22,96235 m	651,68368 m
Point 165	-50,90552 m	658,57827 m
Point 166	604,75576 m	538,73142 m
Point 167	606,2903 m	538,92092 m
Point 168	608,59321 m	539,58028 m
Point 169	610,48134 m	540,75916 m
Point 170	612,63783 m	541,73677 m
Point 171	614,95725 m	542,41726 m
Point 172	614,95725 m	407,77925 m
Point 173	-50,15947 m	407,77925 m

Regions

	Material	Points	Area
Region 1	Rilevato	1:2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12;13;14	78,164 m ²
R	C	1;14;15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26;27;28;29;30;31;32;33;34;35;36;37;38;39;40;41;42;43;44;45;46;47;48;49;50;51;52;53;54;55;56;57;58;59;60;61;62;63;64;6	4.9

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

e g i o n 2	ol tr e in Fr a n a A t t i v a	5:66;67;68;69;70;71;72;73;74;75;76;77;78;79;80;81;82;83;84;85;86;87;88;89;90;91;92;93;94;95;96;97;98;99;100;101;102;103;104;105;106;107;108;109;110;111;112;113;114;115;116;117;118;119;120;121;122;123;124;125;126;127;128;129;130;131;132;133;134;135;136;137;138;139;140;141;142;143;144;145;146;147;148;149;150;151;152;153;154;155;156;157;158;159;160;161;162;163;164	80, 1 m ²
R e g i o n 3	A V C	165;1;164;163;162;161;160;159;158;157;156;155;154;153;152;151;150;149;166;167;168;169;170;171;172;173	1,2 13 2e +0 5 m ²

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1 of 1 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1

Factor of Safety: 1.002

Volume: 5.058,2274 m³

Weight: 101.086,38 kN

Resisting Moment: 1.666.545 kN-m

Activating Moment: 1.663.402,1 kN-m

Slip Rank: 1 of 1 slip surfaces

Exit: (602,80423; 538,87103) m

Entry: (-25,54495; 653,07264) m

Radius: 253,66863 m

Center: (304,19663; 681,62304) m

Slip Slices

	X	Y	PWP	Base Normal Stress	Frictional Strength	Cohesive Strength	Suction Strength	Base Material
Slice 1	-25,513445 m	653,0557 m	-19,446271 kPa	0,33578709 kPa	0,077522557 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 2	-25,29084 m	652,93598 m	-18,6848 kPa	2,7083592 kPa	0,62527399 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 3	-24,86997 m	652,70963 m	-17,227315 kPa	7,2837504 kPa	1,6815863 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 4	-24,101825 m	652,29651 m	-14,567205 kPa	16,294876 kPa	3,7619685 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 5	-23,2629 m	651,84532 m	-11,661982 kPa	26,977465 kPa	6,2282386 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 6	-22,092575 m	651,48414 m	-10,239679 kPa	41,186425 kPa	9,5086355 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 7	-19,116865 m	650,80145 m	-8,934512 kPa	72,417164 kPa	16,71882 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 8	-15,73989 m	650,0267 m	-7,4533479 kPa	102,22727 kPa	23,601024 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 9	-11,88095 m	649,14138 m	-5,7607907 kPa	116,14509 kPa	26,814207 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 10	-8,954685 m	648,47004 m	-4,4773111 kPa	123,74642 kPa	28,569112 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 11	-7,4823 m	648,13224 m	-3,8315131 kPa	118,31554 kPa	27,315294 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 12	-4,55587 m	647,46086 m	-2,5479611 kPa	98,474108 kPa	22,734539 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 13	-1,389915 m	646,73453 m	-1,476136 kPa	73,317059 kPa	16,926577 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 14	0,885085 m	646,2126 m	-1,0029947 kPa	58,135799 kPa	13,421707 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 15	2,116435 m	645,9301 m	-0,74690561 kPa	53,325188 kPa	12,31109 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 16	2,75969 m	645,78252 m	-0,61312515 kPa	52,61753 kPa	12,147714 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 17	3,084825 m	645,70793 m	-0,54822376 kPa	52,44741 kPa	12,108439 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 18	3,75426 m	645,55435 m	-0,56354078 kPa	52,04457 kPa	12,015436 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 19	4,9333207 m	645,25313 m	-0,28929419 kPa	51,259626 kPa	11,834217 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 20	8,7432557 m	644,15462 m	1,8246117 kPa	53,314375 kPa	11,887348 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 21	13,58446 m	642,75876 m	4,5107075 kPa	57,470806 kPa	12,226802 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 22	17,221165 m	641,71019 m	6,5284984 kPa	59,790148 kPa	12,296421 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 23	19,377465 m	641,08847 m	7,7249008 kPa	59,767083 kPa	12,014884 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 24	20,651065 m	640,81979 m	7,4651149 kPa	59,211385 kPa	11,946568 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 25	25,581855 m	639,69764 m	7,2633572 kPa	54,753211 kPa	10,963897 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 26	29,348435 m	638,81462 m	7,3624577 kPa	52,151836 kPa	10,340443 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 27	30,810575 m	638,47184 m	7,8088096 kPa	53,476139 kPa	10,543134 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 28	33,94281 m	637,73753 m	8,7877602 kPa	56,516806 kPa	11,019118 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 29	39,17429 m	636,51108 m	10,42281 kPa	64,339929 kPa	12,447748 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 30	44,751875 m	635,2035 m	12,166032 kPa	70,803016 kPa	13,537414 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 31	48,884025 m	634,23477 m	13,457497 kPa	71,766542 kPa	13,461704 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 32	51,851195 m	633,55677 m	14,21215 kPa	72,494174 kPa	13,455465 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 33	53,69399 m	633,16128 m	14,42983 kPa	71,052772 kPa	13,072436 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 34	55,265595 m	632,824 m	14,615475 kPa	71,632781 kPa	13,163482 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 35	56,859065 m	632,48202 m	14,803704 kPa	74,304594 kPa	13,736863 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 36	57,92317 m	632,25365 m	14,929401 kPa	75,413246 kPa	13,963796 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 37	60,3435 m	631,73422 m	14,932769 kPa	85,315087 kPa	16,249038 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 38	63,24598 m	631,09139 m	15,119489 kPa	96,952962 kPa	18,892746 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 39	64,890525 m	630,68095 m	15,678466 kPa	103,06908 kPa	20,175713 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 40	66,23234 m	630,34859 m	16,109707 kPa	107,47127 kPa	21,092479 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Slice 41	71,35405 m	629,11888 m	17,374481 kPa	122,16365 kPa	24,192485 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 42	79,303045 m	627,21034 m	19,337435 kPa	132,28414 kPa	26,075801 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 43	86,96861 m	625,36985 m	21,230399 kPa	131,79594 kPa	25,526066 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 44	94,404875 m	623,58441 m	23,066738 kPa	128,84758 kPa	24,421432 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 45	99,6447 m	622,32634 m	24,360679 kPa	113,5002 kPa	20,579481 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 46	102,05445 m	621,74776 m	24,95573 kPa	104,24869 kPa	18,306222 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 47	102,64334 m	621,60637 m	25,100776 kPa	103,47577 kPa	18,094294 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 48	104,3642 m	621,1932 m	25,524626 kPa	106,14938 kPa	18,613692 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 49	106,69076 m	620,63459 m	26,097662 kPa	115,62968 kPa	20,670095 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 50	108,54124 m	620,1903 m	26,553439 kPa	123,49449 kPa	22,380605 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 51	109,97338 m	619,84644 m	26,906178 kPa	125,659 kPa	22,798884 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 52	111,22716 m	619,54541 m	27,214987 kPa	126,87395 kPa	23,008085 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 53	113,14409 m	619,08516 m	27,687129 kPa	130,44023 kPa	23,722421 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 54	116,47907 m	618,28444 m	28,508541 kPa	138,5735 kPa	25,410498 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 55	119,82024 m	617,48223 m	29,331481 kPa	144,03446 kPa	26,481268 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 56	122,66506 m	616,79919 m	30,032166 kPa	145,87099 kPa	26,743601 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 57	127,69022 m	615,59266 m	31,269872 kPa	149,25077 kPa	27,238036 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 58	132,51569 m	614,43407 m	32,458396 kPa	153,10696 kPa	27,853917 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 59	134,55403 m	613,94467 m	32,960442 kPa	154,65095 kPa	28,094469 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 60	136,82413 m	613,39962 m	33,519571 kPa	147,31372 kPa	26,27145 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 61	140,06173 m	612,62228 m	34,317001 kPa	141,81464 kPa	24,817787 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 62	143,95109 m	611,68845 m	35,274956 kPa	134,7928 kPa	22,975505 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 63	146,07882 m	611,17759 m	35,801245 kPa	126,5173 kPa	20,943451 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 64	147,84235 m	610,75416 m	36,644573 kPa	129,71035 kPa	21,485927 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 65	151,14322 m	609,96163 m	38,223062 kPa	133,47918 kPa	21,991608 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 66	153,85752 m	609,30993 m	39,521052 kPa	133,36448 kPa	21,665463 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 67	156,47981 m	608,68033 m	40,775043 kPa	133,70072 kPa	21,453584 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 68	158,20868 m	608,26523 m	41,601797 kPa	135,7196 kPa	21,728807 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 69	160,26652 m	607,82946 m	42,013996 kPa	143,03322 kPa	23,322125 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 70	162,92629 m	607,27779 m	42,433253 kPa	150,03903 kPa	24,842752 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 71	165,75502 m	606,69109 m	42,879142 kPa	151,33315 kPa	25,038581 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 72	169,91873 m	605,82749 m	43,535462 kPa	153,08975 kPa	25,2926 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 73	174,94749 m	604,78448 m	44,32814 kPa	163,38872 kPa	27,487301 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 74	180,24801 m	603,6851 m	45,163653 kPa	178,24216 kPa	30,723593 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 75	183,38956 m	603,03351 m	45,658853 kPa	182,06394 kPa	31,491596 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 76	184,84386 m	602,73187 m	45,888092 kPa	172,71118 kPa	29,279417 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 77	186,46123 m	602,39642 m	46,143035 kPa	161,71793 kPa	26,682568 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 78	189,2833 m	601,81109 m	46,587875 kPa	153,21655 kPa	24,61717 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 79	195,09902 m	600,60485 m	47,5046 kPa	151,46016 kPa	24,000032 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 80	199,79982 m	599,64851 m	48,062672 kPa	154,67749 kPa	24,61397 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 81	200,7954 m	599,463 m	48,011452 kPa	154,92339 kPa	24,682566 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 82	202,51415 m	599,14272 m	47,889468 kPa	158,94649 kPa	25,639534 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 83	207,05426 m	598,29672 m	47,567244 kPa	172,486 kPa	28,839767 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 84	210,08129 m	597,73267 m	47,352445 kPa	182,33856 kPa	31,164 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 85	213,50163 m	597,09518 m	47,111043 kPa	184,8996 kPa	31,810994 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 86	220,92079 m	595,71241 m	46,58741 kPa	186,52644 kPa	32,307471 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 87	227,67988 m	594,45265 m	46,110365 kPa	183,93923 kPa	31,8203 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 88	235,86867 m	592,92643 m	45,532413 kPa	161,73923 kPa	26,828458 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 89	241,50909 m	591,87517 m	45,174108 kPa	141,07684 kPa	22,14089 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 90	243,29818 m	591,54172 m	45,658252 kPa	142,69627 kPa	22,402991 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 91	249,07279 m	590,46545 m	47,220914 kPa	143,54961 kPa	22,239231 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 92	256,88407 m	589,00959 m	49,334721 kPa	157,68119 kPa	25,013754 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 93	268,06973 m	586,92482 m	52,361665 kPa	186,06494 kPa	30,867834 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 94	275,70563 m	585,51024 m	54,343693 kPa	200,97362 kPa	33,852186 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 95	276,31837 m	585,42909 m	54,185391 kPa	199,99458 kPa	33,662704 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 96	279,63743 m	584,9895 m	53,3279 kPa	180,29627 kPa	29,312958 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 97	285,15517 m	584,25872 m	51,902374 kPa	155,59455 kPa	23,939225 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 98	287,89152 m	583,89631 m	51,223262 kPa	149,3072 kPa	22,644462 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 99	289,86878 m	583,63444 m	51,364903 kPa	150,44974 kPa	22,875537 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 100	293,38595 m	583,16862 m	51,616856 kPa	155,6611 kPa	22,020507 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 101	295,97321 m	582,81017 m	51,957 kPa	161,74562 kPa	25,3467 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 102	297,45892 m	582,58905 m	52,302262 kPa	165,14316 kPa	26,051374 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 103	298,81838 m	582,38671 m	52,618184 kPa	165,8618 kPa	26,144348 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 104	302,61097 m	581,82225 m	53,499534 kPa	161,93325 kPa	25,033895 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 105	306,861 m	581,1897 m	54,487188 kPa	157,75122 kPa	23,84038 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 106	311,90372 m	580,43917 m	55,659054 kPa	160,77354 kPa	24,267592 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenze - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Slice 107	326,07907 m	578,3294 m	58,953229 kPa	182,89302 kPa	28,613756 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 108	344,31987 m	575,61456 m	63,192163 kPa	205,06289 kPa	32,753439 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 109	357,32092 m	573,67956 m	66,213444 kPa	200,57179 kPa	31,019068 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 110	365,24585 m	572,50007 m	68,0551 kPa	193,84406 kPa	29,040669 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 111	371,21501 m	571,63137 m	69,248914 kPa	196,17499 kPa	29,303194 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 112	376,5474 m	570,87026 m	70,16903 kPa	200,45281 kPa	30,07838 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 113	379,36683 m	570,46784 m	70,65553 kPa	203,49065 kPa	30,667403 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 114	381,36397 m	570,18278 m	71,000141 kPa	194,97178 kPa	28,621109 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 115	382,66008 m	569,99779 m	71,224058 kPa	186,58913 kPa	26,634126 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 116	383,02022 m	569,94638 m	71,291804 kPa	186,38236 kPa	26,570747 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 117	383,6259 m	569,85993 m	71,405742 kPa	187,72461 kPa	26,854327 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 118	384,33117 m	569,75927 m	71,538412 kPa	189,87607 kPa	27,320401 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 119	385,01722 m	569,66134 m	71,667466 kPa	190,87185 kPa	27,520501 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 120	385,59563 m	569,57879 m	71,776273 kPa	190,58147 kPa	27,42834 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 121	387,97847 m	569,23868 m	72,224515 kPa	203,99952 kPa	30,422657 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 122	390,58954 m	568,86599 m	72,71569 kPa	222,50269 kPa	34,581053 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 123	391,49362 m	568,73695 m	72,88576 kPa	228,55204 kPa	35,938391 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 124	392,49966 m	568,59336 m	73,07501 kPa	231,70433 kPa	36,622464 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 125	393,83409 m	568,40289 m	73,326033 kPa	236,23158 kPa	37,609709 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 126	402,94025 m	567,10315 m	75,039019 kPa	257,56661 kPa	42,139814 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 127	412,64758 m	565,7176 m	76,865091 kPa	275,57968 kPa	45,876879 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 128	415,45006 m	565,31759 m	77,392273 kPa	268,88354 kPa	44,209242 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 129	419,15276 m	564,7891 m	78,088798 kPa	246,24535 kPa	38,821999 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 130	423,08342 m	564,22806 m	78,828206 kPa	217,86436 kPa	32,099024 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 131	424,86133 m	563,9743 m	79,15932 kPa	205,71263 kPa	29,217134 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 132	426,23563 m	563,77814 m	79,164886 kPa	209,3378 kPa	30,052786 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 133	429,01031 m	563,3821 m	79,176124 kPa	222,85501 kPa	33,170885 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 134	430,93857 m	563,10688 m	79,183933 kPa	242,4339 kPa	37,689225 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 135	431,79114 m	562,98519 m	79,187386 kPa	256,17605 kPa	40,861053 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 136	432,50372 m	562,88348 m	79,190272 kPa	261,12968 kPa	42,004021 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 137	433,20249 m	562,78374 m	79,193102 kPa	259,82887 kPa	41,703054 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 138	434,1526 m	562,64813 m	79,19695 kPa	249,58757 kPa	39,377773 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 139	435,49268 m	562,45686 m	79,202377 kPa	235,48247 kPa	36,080102 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 140	436,78382 m	562,27257 m	79,207606 kPa	224,68669 kPa	33,586494 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 141	438,51198 m	562,02591 m	79,214605 kPa	223,27331 kPa	33,258573 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 142	440,21431 m	561,78293 m	79,2215 kPa	230,63572 kPa	34,956727 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 143	441,38464 m	561,61588 m	79,226239 kPa	243,29469 kPa	37,878186 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 144	442,72412 m	561,4247 m	79,231664 kPa	263,2175 kPa	42,476478 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 145	443,9194 m	561,25409 m	79,236505 kPa	281,98976 kPa	46,809278 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 146	445,1535 m	561,07794 m	79,241503 kPa	294,80036 kPa	49,765684 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 147	446,49394 m	560,88662 m	79,246932 kPa	304,9183 kPa	52,10034 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 148	448,06706 m	560,66209 m	79,253303 kPa	314,84446 kPa	54,390503 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 149	449,71047 m	560,42752 m	79,259959 kPa	320,16454 kPa	55,617205 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 150	451,0281 m	560,23945 m	79,265295 kPa	316,40957 kPa	54,749071 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 151	454,94912 m	559,67979 m	79,281175 kPa	273,09307 kPa	44,745002 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 152	458,26128 m	559,20704 m	79,275675 kPa	232,93901 kPa	35,475975 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 153	466,29277 m	558,06068 m	76,407183 kPa	218,67869 kPa	32,845964 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 154	482,25101 m	555,78293 m	70,707603 kPa	191,42889 kPa	27,870704 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 155	490,23859 m	554,64284 m	67,854668 kPa	177,78954 kPa	25,380464 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 156	491,06072 m	554,52549 m	67,548984 kPa	180,01468 kPa	25,964753 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 157	493,47019 m	554,18158 m	66,653096 kPa	179,16448 kPa	25,9753 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 158	498,20568 m	553,50568 m	64,89235 kPa	176,47115 kPa	25,759995 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 159	505,66235 m	552,44526 m	62,08168 kPa	177,35925 kPa	26,613925 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 160	511,47289 m	551,62114 m	59,869875 kPa	179,81485 kPa	27,691478 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 161	515,18618 m	551,09448 m	58,456398 kPa	182,07151 kPa	28,538796 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 162	519,46255 m	550,48795 m	56,828582 kPa	179,45813 kPa	28,311262 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 163	523,01676 m	549,98385 m	55,475658 kPa	171,13042 kPa	26,701006 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 164	526,44119 m	549,49816 m	54,172136 kPa	161,41632 kPa	24,759271 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 165	530,36747 m	548,94129 m	52,677585 kPa	159,28928 kPa	24,613249 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 166	535,80928 m	548,16947 m	50,606142 kPa	162,5712 kPa	25,849169 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 167	544,70267 m	546,9081 m	47,220839 kPa	158,80158 kPa	25,760445 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 168	555,39826 m	545,39113 m	43,149526 kPa	145,11359 kPa	23,540258 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 169	562,1474 m	544,43389 m	40,580439 kPa	134,04423 kPa	21,577815 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 170	563,71175 m	544,21201 m	39,954595 kPa	131,66219 kPa	21,172367 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 171	565,17133 m	544,005 m	38,657624 kPa	134,73873 kPa	22,182071 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 172	568,03827 m	543,59837 m	36,110094 kPa	138,11467 kPa	23,549611 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

Slice 173	571,41404 m	543,11958 m	33,110429 kPa	124,63419 kPa	21,129925 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 174	573,37056 m	542,84209 m	31,332545 kPa	110,60151 kPa	18,300682 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 175	577,09887 m	542,3133 m	24,957359 kPa	98,615534 kPa	17,005329 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 176	582,49009 m	541,54865 m	15,738689 kPa	79,050816 kPa	14,616756 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 177	587,16249 m	540,88596 m	7,7491752 kPa	62,581197 kPa	12,65897 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 178	590,9092 m	540,35455 m	1,3425259 kPa	50,142283 kPa	11,266312 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 179	593,60242 m	539,97257 m	-3,2627182 kPa	36,891585 kPa	8,5170935 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 180	596,53604 m	539,55649 m	-8,2790309 kPa	25,8026 kPa	5,9569996 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 181	597,67165 m	539,39542 m	-10,220864 kPa	23,648861 kPa	5,4597698 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 182	600,18916 m	539,13594 m	-15,482562 kPa	12,203031 kPa	2,8172918 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva
Slice 183	602,7004 m	538,88155 m	-20,51196 kPa	0,48451411 kPa	0,1118589 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva

19.10 BACK-ANALYSIS IN CORRISPONDENZA DE SONDAGGIO SD20 – SUPERFICIE SECONDARIA

SLOPE/W Analysis

Report generated using GeoStudio 2021 R2. Copyright © 1991-2021 GEOLOG International Ltd.

File Information

File Version: 11.01

Project Settings

Unit System: International System of Units (SI)

Analysis Settings

SLOPE/W Analysis

Kind: SLOPE/W

Analysis Type: Bishop

Settings

PWP Conditions from: Piezometric Line

Apply Phreatic Correction: No

Use Staged Rapid Drawdown: No

Unit Weight of Water: 9,807 kN/m³

Slip Surface

Direction of movement: Left to Right

Use Passive Mode: No

Slip Surface Option: Fully-Specified

Critical slip surfaces saved: 1

Optimize Critical Slip Surface Location: No

Tension Crack Option: (none)

Distribution

F of S Calculation Option: Constant

Advanced

Geometry Settings

Minimum Slip Surface Depth: 0,1 m

Number of Slices: 30

Factor of Safety Convergence Settings

Maximum Number of Iterations: 100

Tolerable difference in F of S: 0,01

Materials

Coltre in Frana Attiva superficiale

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 16 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

MOV

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 23 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 30,2 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Coltre in Frana Profonda

Material Model: Mohr-Coulomb

Unit Weight: 19 kN/m³

Effective Cohesion: 0 kPa

Effective Friction Angle: 16 °

Phi-B: 0 °

Pore Water Pressure

Piezometric Line: 1

Fully Specified Slip Surfaces

Fully Specified Slip Surface 1

	X	Y
	103,1626 m	913,87837 m
	105,09296 m	911,66762 m
	108,25369 m	908,05281 m
	113,05839 m	904,68824 m
	120,51723 m	901,49681 m
	126,7013 m	899,32659 m
	134,79798 m	896,99214 m
	155,75907 m	893,47467 m
	161,91647 m	892,57181 m
	190,74572 m	888,6598 m
	221,67764 m	885,94645 m
	224,77227 m	885,69754 m

Slip Surface Limits

Left Coordinate: (-113,84957; 738,78406) m

Right Coordinate: (400,57174; 852,83509) m

Piezometric Lines

Piezometric Line 1

Coordinates

	X	Y
Coordinate 1	-112,16119 m	938,27244 m
Coordinate 2	-99,48779 m	938,05646 m
Coordinate 3	-83,55765 m	932,06721 m
Coordinate 4	-51,08954 m	924,7524 m
Coordinate 5	38,15848 m	914,06196 m
Coordinate 6	101,57938 m	912,08761 m
Coordinate 7	150,52749 m	898,69183 m
Coordinate 8	161,74479 m	898,40211 m
Coordinate 9	224,55589 m	883,72733 m
Coordinate 10	311,81495 m	864,09925 m
Coordinate 11	370,62329 m	853,72877 m
Coordinate 12	400,57174 m	850,84977 m

Geometry

Name: Default Geometry

Settings

View: 2D

Element Thickness: 1 m

Elevation: 0 m

Thickness Function: New Mesh Thickness Function

Points

	X	Y
Point 1	435 m	843,9 m
Point 2	476 m	838 m
Point 3	103,1626 m	913,87837 m
Point 4	104,80985 m	913,46377 m
Point 5	106,84049 m	912,8285 m
Point 6	113,53659 m	910,28411 m
Point 7	117,54953 m	909,13316 m
Point 8	123,7919 m	907,48866 m
Point 9	127,41001 m	906,8497 m
Point 10	131,94662 m	905,99509 m
Point 11	135,62064 m	904,93814 m
Point 12	141,43119 m	903,04123 m
Point 13	146,62274 m	901,54367 m
Point 14	148,41316 m	901,03117 m
Point 15	149,15319 m	900,94155 m
Point 16	150,52002 m	900,76769 m
Point 17	156,61275 m	901,19405 m
Point 18	158,58678 m	901,19405 m
Point 19	159,28972 m	901,00147 m
Point 20	160,68277 m	900,57135 m
Point 21	163,35846 m	899,85197 m
Point 22	165,96995 m	899,32043 m
Point 23	173,1527 m	898,04011 m
Point 24	186,55374 m	895,56406 m
Point 25	190,71337 m	894,75897 m
Point 26	193,89539 m	894,09765 m

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di
attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Point 27	202,12839 m	891,71114 m
Point 28	209,01452 m	889,55651 m
Point 29	214,07961 m	888,23865 m
Point 30	217,31434 m	887,38005 m
Point 31	221,44096 m	886,39499 m
Point 32	224,77227 m	885,69754 m
Point 33	221,67764 m	885,94645 m
Point 34	190,74572 m	888,6598 m
Point 35	161,91647 m	892,57181 m
Point 36	155,75907 m	893,47467 m
Point 37	134,79798 m	896,99214 m
Point 38	126,7013 m	899,32659 m
Point 39	120,51723 m	901,49681 m
Point 40	113,05839 m	904,68824 m
Point 41	108,25369 m	908,05281 m
Point 42	105,09296 m	911,66762 m
Point 43	-46,52825 m	926,535 m
Point 44	-43,33302 m	926,24165 m
Point 45	-41,95102 m	926,20265 m
Point 46	-41,05384 m	926,1042 m
Point 47	-38,89763 m	925,94408 m
Point 48	-37,42857 m	925,74195 m
Point 49	-36,94394 m	925,69716 m
Point 50	-35,89676 m	925,55473 m
Point 51	-35,45289 m	925,51964 m
Point 52	-33,4305 m	925,2445 m
Point 53	-32,96782 m	925,2065 m
Point 54	-25,21125 m	924,16768 m
Point 55	-24,31757 m	924,01727 m
Point 56	-22,36408 m	923,75877 m
Point 57	-21,36102 m	923,5854 m
Point 58	-19,41062 m	923,34237 m
Point 59	-17,3443 m	923,04005 m
Point 60	-16,8724 m	922,94868 m
Point 61	-4,65151 m	921,06923 m
Point 62	3,16568 m	920,10864 m
Point 63	13,53339 m	919,24742 m
Point 64	23,30488 m	918,33652 m
Point 65	37,97072 m	916,13048 m
Point 66	52,16091 m	915,27192 m
Point 67	74,42639 m	914,10808 m
Point 68	93,20036 m	914,10808 m
Point 69	101,17005 m	914,10808 m
Point 70	227,98902 m	884,56692 m
Point 71	230,29322 m	883,8924 m
Point 72	235,64451 m	882,59451 m
Point 73	243,28572 m	881,11654 m
Point 74	248,87534 m	880,01242 m
Point 75	255,94863 m	878,21822 m
Point 76	261,9753 m	877,29812 m
Point 77	264,05703 m	876,76906 m
Point 78	270,09291 m	874,39519 m
Point 79	273,00503 m	873,6085 m
Point 80	284,03246 m	871,48307 m
Point 81	299,26494 m	868,51187 m
Point 82	310,87148 m	866,16672 m
Point 83	317,22106 m	865,22944 m
Point 84	324,12982 m	864,55054 m
Point 85	328,55621 m	863,98055 m
Point 86	335,90266 m	862,19438 m
Point 87	339,59265 m	861,53146 m
Point 88	343,75388 m	860,94042 m
Point 89	348,80307 m	860,0554 m
Point 90	354,03385 m	858,50962 m
Point 91	358,68497 m	857,55732 m
Point 92	367,02109 m	856,20477 m

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Point 93	382,63726 m	854,48068 m
Point 94	400,57174 m	852,83509 m
Point 95	400,57174 m	839,52239 m
Point 96	396,80996 m	839,7498 m
Point 97	395,31795 m	839,7498 m
Point 98	365,8038 m	843,89104 m
Point 99	345,09858 m	846,51628 m
Point 100	299,89817 m	854,52773 m
Point 101	268,67329 m	860,96656 m
Point 102	230,09964 m	870,22424 m
Point 103	188,61566 m	879,87992 m
Point 104	164,33541 m	885,43198 m
Point 105	138,23501 m	889,93087 m
Point 106	103,92671 m	895,11661 m
Point 107	63,43674 m	900,16497 m
Point 108	19,30645 m	908,71629 m
Point 109	5,08288 m	911,38452 m
Point 110	-24,48995 m	918,51539 m
Point 111	-112,1345 m	941,42542 m
Point 112	-109,74887 m	940,72988 m
Point 113	-107,55799 m	940,29171 m
Point 114	-105,30056 m	940,29171 m
Point 115	-101,75632 m	940,29171 m
Point 116	-99,33249 m	939,98665 m
Point 117	-96,60915 m	939,16576 m
Point 118	-92,59191 m	937,76737 m
Point 119	-87,48821 m	935,53101 m
Point 120	-83,39088 m	934,04543 m
Point 121	-69,87205 m	930,92352 m
Point 122	-64,05884 m	929,59858 m
Point 123	-59,28903 m	928,29019 m
Point 124	-51,37247 m	926,79962 m
Point 125	400,57174 m	738,78406 m
Point 126	-113,84957 m	738,78406 m

Regions

	Material	Points	Area
Region 1	Coltre in Frana Attiva superficiale	3;4;5;6;7;8;9;10;11;12;13;14;15;16;17;18;19;20;21;22;23;24;25;26;27;28;29;30;31;32;33;34;35;36;37;38;39;40;41;42	685,09 m ²
Region 2	Coltre in Frana Profonda	43;44;45;46;47;48;49;50;51;52;53;54;55;56;57;58;59;60;61;62;63;64;65;66;67;68;69;3;42;41;40;39;38;37;36;35;34;33;32;70;71;72;73;74;75;76;77;78;79;80;81;82;83;84;85;86;87;88;89;90;91;92;93;94;95;96;97;98;99;100;101;102;103;104;105;106;107;108;109;110	5,115,9 m ²
Region 3	MOV	111;112;113;114;115;116;117;118;119;120;121;122;123;124;43;110;109;108;107;106;105;104;103;102;101;100;99;98;97;96;95;125;126	76,137 m ²

Slip Results

Slip Surfaces Analysed: 1 of 1 converged

Current Slip Surface

Slip Surface: 1
 Factor of Safety: 1,037
 Volume: 685,08667 m³
 Weight: 13,016,647 kN
 Resisting Moment: 77,608,56 kN-m
 Activating Moment: 74,838,498 kN-m
 Slip Rank: 1 of 1 slip surfaces
 Exit: (224,77227; 885,69754) m
 Entry: (103,1626; 913,87837) m
 Radius: 53,734848 m
 Center: (168,86523; 920,92358) m

Slip Slices

	X	Y	PWP	Base Normal Stress	Frictional Strength	Cohesive Strength	Suction Strength	Base Material
Slice 1	103,98623 m	912,93511 m	-14,771205 kPa	10,626342 kPa	3,0470547 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva superficiale
Slice 2	104,9514 m	911,82974 m	-6,5212501 kPa	22,954032 kPa	6,5819629 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in Frana Attiva superficiale

**AUTOSTRADA A1 MILANO-NAPOLI - Adeguamento del tratto di attraversamento appenninico tra Sasso Marconi e Barberino del M.
Bretella di Firenzuola - Miglioramento della sicurezza stradale
Progetto Esecutivo**

Slice 3	105,40422 m	911,31165 m	-2,6556486 kPa	28,398702 kPa	8,1431967 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 4	106,27798 m	910,31235 m	4,7993068 kPa	40,034838 kPa	10,103626 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 5	107,54709 m	908,86092 m	15,627319 kPa	57,175638 kPa	11,913789 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 6	110,65604 m	906,37053 m	31,706497 kPa	84,883135 kPa	15,248156 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 7	113,29749 m	904,58594 m	42,118544 kPa	102,82662 kPa	17,407761 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 8	115,54306 m	903,62512 m	45,514364 kPa	108,18972 kPa	17,971869 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 9	119,03338 m	902,13171 m	50,792532 kPa	117,70337 kPa	19,186374 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 10	122,15457 m	900,92221 m	54,277111 kPa	126,0139 kPa	20,570193 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 11	125,2466 m	899,8371 m	56,620035 kPa	133,09565 kPa	21,92903 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 12	127,05566 m	899,22442 m	57,77321 kPa	139,56449 kPa	23,453271 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 13	129,67831 m	898,46825 m	58,149984 kPa	144,27895 kPa	24,697083 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 14	133,3723 m	897,40319 m	58,680664 kPa	148,32402 kPa	25,704819 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 15	135,20931 m	896,92311 m	58,458434 kPa	150,28341 kPa	26,33039 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 16	138,52591 m	896,36656 m	55,015121 kPa	140,8656 kPa	24,617229 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 17	144,02696 m	895,44343 m	49,303908 kPa	126,5556 kPa	22,151565 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 18	147,51795 m	894,85761 m	45,679553 kPa	118,78264 kPa	20,961974 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 19	148,78317 m	894,64529 m	44,365991 kPa	117,113 kPa	20,85987 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 20	149,8366 m	894,46852 m	43,272316 kPa	117,88244 kPa	21,394109 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 21	150,52375 m	894,35321 m	42,558914 kPa	118,371 kPa	21,738765 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 22	153,14328 m	893,91362 m	46,197296 kPa	129,84332 kPa	23,985111 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 23	156,18591 m	893,41208 m	50,345236 kPa	143,52129 kPa	26,717802 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 24	157,59976 m	893,20477 m	52,020239 kPa	147,9177 kPa	27,498154 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 25	158,93825 m	893,00851 m	53,60595 kPa	149,80497 kPa	27,584626 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 26	159,98624 m	892,85484 m	54,847517 kPa	146,97373 kPa	26,416768 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 27	161,21378 m	892,67485 m	56,301785 kPa	143,78279 kPa	25,084775 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 28	161,83063 m	892,5844 m	56,857634 kPa	142,42756 kPa	24,536782 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 29	162,63746 m	892,47397 m	56,091894 kPa	140,69819 kPa	24,260466 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 30	164,66421 m	892,19895 m	54,145261 kPa	137,2472 kPa	23,829097 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 31	167,76564 m	891,7781 m	51,166413 kPa	134,11786 kPa	23,785945 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 32	171,35701 m	891,29077 m	47,716988 kPa	131,19449 kPa	23,936789 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 33	175,38621 m	890,74402 m	43,847048 kPa	127,64819 kPa	24,02959 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 34	179,85322 m	890,13787 m	39,556594 kPa	123,47895 kPa	24,064348 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 35	184,32023 m	889,53171 m	35,26614 kPa	119,30971 kPa	24,099106 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 36	188,63356 m	888,94641 m	31,123303 kPa	114,94937 kPa	24,036738 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 37	190,72955 m	888,66199 m	29,110158 kPa	112,65172 kPa	23,955157 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 38	192,32056 m	888,52166 m	26,841075 kPa	110,14687 kPa	23,887554 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice 39	195,95364 m	888,20296 m	21,642226 kPa	98,796327 kPa	22,123582 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva
Slice	200,07014 m	887,84186 m	15,751624 kPa	83,21974 kPa	19,346171 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana	Attiva

40	m	m							superficiale
Slice 41	203,84992 m	887,5103 m	10,342855 kPa	68,182003 kPa	16,585109 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana Attiva
Slice 42	207,29299 m	887,20827 m	5,4159205 kPa	53,683115 kPa	13,840395 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana Attiva
Slice 43	210,04614 m	886,96677 m	1,4762265 kPa	43,0982 kPa	11,934909 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana Attiva
Slice 44	212,57869 m	886,74461 m	-2,1477783 kPa	34,960654 kPa	10,024806 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana Attiva
Slice 45	215,69698 m	886,47107 m	-6,6099631 kPa	24,826528 kPa	7,1188924 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana Attiva
Slice 46	219,37765 m	886,14821 m	-11,876911 kPa	13,715125 kPa	3,9327487 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana Attiva
Slice 47	221,5593 m	885,95683 m	-14,998795 kPa	7,6687279 kPa	2,1989723 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana Attiva
Slice 48	223,11676 m	885,8307 m	-17,330334 kPa	3,9673944 kPa	1,137632 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana Attiva
Slice 49	224,66408 m	885,70624 m	-19,645856 kPa	0,25927581 kPa	0,074346142 kPa	0 kPa	0 kPa	Coltre in superficiale	Frana Attiva