

RISTORANTE TOSCANO

VERIFICA DELLE CONDIZIONI DI STABILITÀ DEL VERSANTE FINALIZZATA ALLA MODIFICA DELLA CLASSE DI FATTIBILITÀ

ROBBIATE (LC)

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

febbraio 2010



INDICE

1. PREMESSA	4
2. ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	6
3. INDAGINI IN SITO	10
3.1. Sondaggi geognostici	11
3.2. Pozzetto esplorativo	12
3.3. Rilievo geomeccanico	12
3.4. Prove di resistenza a carico puntiforme	13
3.5. Indagini geofisiche	13
4. PROVE DI LABORATORIO	15
5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA	17
5.1. Metodologia adottata	17
5.2. Sintesi dei risultati	25
6. SISMICITÀ DELL'AREA E CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	27
7. VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI STABILITÀ DEL VERSANTE E PERICOLOSITÀ ASSOCIATA	28
7.1. Definizione delle aree omogenee	28
7.2. Analisi di stabilità	29
7.3. Definizione della pericolosità del sito	29
8. INTERVENTI DI RIORDINO DEL VERSANTE	32
9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PROPOSTA DI RIPERIMETRAZIONE DELLA CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA	37

ALLEGATI ALLA RELAZIONE

- Allegato 1: Sondaggi geognostici - Stratigrafie
- Allegato 2: Pozzetto esplorativo - Stratigrafie
- Allegato 3: Rilievo geomeccanico – Scheda di rilievo e sintesi dei dati
- Allegato 4: Point-load strength test - Risultati
- Allegato 5: Indagini geofisiche – Risultati
- Allegato 6: Prove di laboratorio – Risultati
- Allegato 7: Prove SPT – Interpretazione geotecnica
- Allegato 8: Classificazione e caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi
- Allegato 9: Analisi di stabilità in condizioni statiche – Risultati

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

TAVOLE

- T.1: Planimetria con ubicazione delle indagini – scala 1:200
- T.2: Sezioni geologico-tecniche – scala 1:200
- T.3: Carta delle aree omogenee, carta della pericolosità preliminare, carta della pericolosità finale – scala 1:500
- T.4: Carta della fattibilità geologica – scala 1:1.000

1. PREMESSA

L'area oggetto del presente studio, compresa tra la via Cappelleria e l'orlo di terrazzo che delimita a monte la valle dell'Adda è classificata come *classe di fattibilità geologica 4b – area con gravi limitazioni* nel vigente piano regolatore generale del Comune di Robbiate. In particolare l'attribuzione di tale classe di fattibilità è connessa alla presenza di versanti acclivi instabili o potenzialmente instabili. In tali ambiti la vigente normativa geologica di piano per gli edifici esistenti consente unicamente interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro e risanamento conservativo come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 11 marzo 2005 n. 12 "*Legge per il governo del territorio*", senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo.

La proprietà del Ristorante Toscano, inserito in tale ambito, ha in animo la messa in atto di un progetto di recupero ad uso abitativo dei sottotetti dell'edificio esistente, non consentito dalla vigente normativa. Su incarico della proprietà è stato quindi condotto uno studio geologico-geotecnico di dettaglio finalizzato alla precisazione dell'effettiva pericolosità del sito e alla individuazione dei più indicati interventi di protezione per l'eliminazione delle condizioni di rischio.

In particolare lo studio condotto si prefigge lo scopo di verificare:

- l'individuazione delle aree sede di fenomeni di instabilità in atto o potenzialmente attivabili;
- le caratteristiche geotecniche degli ammassi rocciosi dei terreni di copertura potenzialmente coinvolti in fenomeni di instabilità;
- le condizioni di stabilità del pendio;
- gli eventuali interventi di messa in sicurezza dell'area.

La presente relazione costituisce studio di approfondimento per la valutazione della pericolosità del sito ed è stato condotto in conformità ai criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio, in attuazione dell'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n° 12 di cui alla D.G.R. n°8/7374 del 28/05/08, secondo la metodologia dell'Allegato 2 – *Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana*.

In particolare si è fatto riferimento all'art. 1.3.1 "*Definizione della pericolosità per i siti a maggior rischio*" della parte I della D.G.R. 8/7374/08 che prevede l'esecuzione di studi di maggior dettaglio a supporto di una proposta di declassazione di ambiti precedentemente inseriti in classe 4 di fattibilità geologica con obbligo di applicazione degli allegati 2 – Parte II, 3, 4 in relazione al fenomeno di dissesto.

Nell'ambito del presente studio, tenuto conto della tipologia delle opere e della zona sismica di appartenenza del sito (*zona 4*) si farà esclusivo riferimento alla normativa di cui al D.M. 11/03/88, e al D.M. 16/01/96, la cui applicazione è espressamente prevista al punto 2.7 del D.M. 14/01/08 – *Norme Tecniche per le Costruzioni* – valutando le azioni sismiche sulla base di un grado di sismicità S pari a 5.

L'ubicazione dell'area oggetto dell'approfondimento di cui al presente studio è mostrata nella planimetria riportata in allegato (cfr. **Tav. T.1**).

2. ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'area di intervento è caratterizzata da un contesto geologico alquanto articolato in cui sono identificabili le unità geologiche di seguito descritte:

- Substrato lapideo costituito da alternanze calcari marnosi e marne calcaree da grigiastre a grigio-verdastre ascrivibili all'Unità geologica nota come *Formazione di Tabiago* (Paleocene), affiorante nella sua facies marnosa rossastra lungo l'alzaia all'altezza della Diga nuova con piani di strato immergenti verso nord-nordest con inclinazioni mediamente comprese tra 70° e 80°, e riconosciuta all'interno della perforazione di sondaggio S1 alla profondità di circa 6 m con piani di strato aventi inclinazioni comprese mediamente tra 60° e 70°. Il substrato lapideo, profondamente inciso in corrispondenza dell'attuale corso del fiume, verso sud si immerge rapidamente al di sotto dei depositi delle coperture quaternarie.
- Limi argillosi e limi sabbiosi grigio-verdastri fortemente sovra consolidati e ricoprenti con spessori modesti i termini del substrato lapideo prequaternario. Tali depositi, appartenenti alla *Formazione delle Argille di Conche*, già nota nella letteratura geologica come *Argille sotto il Ceppo*, non riconosciuta in corrispondenza del sito di indagine, è osservabile risalendo un alveo torrentizio fortemente inciso che solca il versante in corrispondenza dell'edificio di regolazione del Naviglio di Paderno, dove risulta interposta con spessori di circa 2 m tra i termini del substrato lapideo prequaternario e sovrastanti bancate conglomeratiche ben cementate. La presenza di tale unità è ipotizzabile anche alla base delle bancate conglomeratiche poste poco a nord del ristorante in corrispondenza della sorgente ivi presente. L'unità è inoltre presente lungo l'alveo del fiume a sud del Ponte di Paderno, all'altezza della Diga Vecchia. L'unità è espressione di un ambiente di sedimentazione marino costiero di acque basse o lagunare ed è cronologicamente riferibile al Villafranchiano.
- Conglomerati a supporto da clastico a di matrice ben cementati in banchi metrici con intercalazioni di orizzonti arenacei, appartenenti alle Formazioni del *Ceppo del Naviglio di Paderno* e del *Ceppo dell'Adda* tra loro sovrapposte, espressione di un ambiente di sedimentazione fluviale o fluvioglaciale e riferibili cronologicamente al

Pleistocene inferiore. I depositi conglomeratici, osservabili in affioramento circa 40 m a nord del ristorante, dove danno luogo ad una parete di discreto sviluppo verticale (cfr. **Foto 1**), non sono stati individuati all'interno delle perforazioni di sondaggio eseguite in corrispondenza del sito di intervento e ricompaiono a sud del Ponte di Paderno. Queste evidenze sembrano confermare l'ipotesi avanzata nell'ambito degli studi relativi alla progettazione di una nuova galleria idraulica condotti dalla Società Selm nel 1989 (Impianto Nuova Robbiate) che sulla scorta di numerose perforazioni di sondaggio metteva in evidenza la presenza di un paleoalveo inciso nei conglomerati ben cementati del Ceppo che si dipartirebbe dall'attuale corso del fiume in corrispondenza dell'ansa presso il Ponte di Paderno risultando riempito da sedimenti fluviali o fluvioglaciali di più recente deposizione.

- Ghiaie e sabbie a cementazione da debole ad assente con intercalazione di livelli maggiormente cementati di ridotto spessore e scarsa continuità laterale e livelli di sabbie laminate, ascrivibili all'*Allogruppo del Ponte di Paderno*, già note in letteratura geologica come *Ghiaie del Ponte di Paderno*, cronologicamente riferibili al Pleistocene medio ed espressione di un ambiente di sedimentazione fluvioglaciale che avrebbe riempito nuovamente la valle dell'Adda e le paleovalli che da essa si dipartivano. L'unità, costituente il versante oggetto del presente studio, è stata osservata in affioramento in corrispondenza di una modesta nicchia di frana (cfr. **Foto 2**) ed è stata riconosciuta all'interno di tutte le perforazioni di sondaggio eseguite nell'area. I depositi appartenenti a tale unità sono inoltre stati osservati nel corso dei lavori di realizzazione della nuova cantina al di sotto dell'edificio preesistente (cfr. **Foto 3**).
- Coltre di alterazione eluvio-colluviale a prevalente composizione sabbioso-limosa che ricopre lungo l'intero versante esaminate i depositi sottostanti con spessore mediamente inferiore a 2÷3 m.

L'assetto geomorfologico del sito è caratterizzato da un versante con inclinazione mediamente compresa tra 36° e 40°, raccordata alla sommità a mezzo di un ciglio di scarpata ad un terrazzo sommitale ad assetto pianeggiante.

Per quanto attiene agli elementi di dinamica geomorfologica in prossimità dell'area in esame si sono verificati in passato due fenomeni franosi con mobilitazione della coltre eluvio-colluviale e dei sottostanti depositi ghiaioso-sabbiosi scarsamente cementati; tali

fenomeni di dissesto, localizzati immediatamente a valle della sede stradale di via Cappelleria sono stati determinati da concentrazioni localizzate degli apporti idrici provenienti dalla sede stradale stessa in occasione di eventi meteorici intensi che hanno comportato la locale saturazione della coltre superficiale e sono riconducibili ad una carente regimazione idrica. In corrispondenza di tali aree di dissesto sono stati eseguiti in passato interventi di stabilizzazione e messa in sicurezza che hanno eliminato le condizioni di rischio. In particolare in corrispondenza del fenomeno di dissesto che ha coinvolto il piazzale di parcheggio posto immediatamente a nord del Ristorante Toscano nel 1993 è stato realizzato un banchettone in terra rinforzata fondato su micropali di fondazione immorsati nei depositi ghiaioso-sabbiosi a debole cementazione.

Un ulteriore intervento di consolidamento del versante a valle di via Cappelleria è stato posto in atto nel 1980 nel corso dei lavori di realizzazione della piazzola di parcheggio posta di fronte all'ingresso del ristorante, ottenuta realizzando una struttura in c.a. a sbalzo sorretta sul lato di valle da 5 pilastri fondati su micropali di fondazione immorsati per circa 6 m nei depositi ghiaioso-sabbiosi a scarsa cementazione; complessivamente, considerando anche i plinti di fondazione di monte, per la formazione della piazzola di parcheggio sono stati posizionati 36 micropali disposti a gruppi di 4 (con l'eccezione dei plinti settentrionali sorretti da 2 micropali) con interasse tra i plinti pari a 4 m x 6.5 m. In occasione della realizzazione della piazzola di parcheggio fu inoltre ampliata la sede stradale nel tratto compreso tra la piazzola stessa ed il piazzale posto a valle realizzando un muro di sostegno in c.a. fondato su micropali.

Da ultimo lungo via Cappelleria, in occasione dei lavori di costruzione della nuova cantina al di sotto del ristorante recentemente realizzata, è stata messa in opera una cortina di micropali in corrispondenza del filo di valle dell'edificio; i micropali, di lunghezza pari a 5 m, sono stati disposti con interasse pari a 50 cm su un allineamento di lunghezza pari a 12 m e sono stati solidarizzati ad un cordolo di irrigidimento in cls.

Nel complesso gli interventi di stabilizzazione messi in atto concorrono ad incrementare significativamente il coefficiente di sicurezza del versante immediatamente a valle del ristorante in quanto i micropali installati costituiscono di fatto una cortina continua tale da fornire una elevata resistenza a taglio nei riguardi di potenziali superfici di movimento coinvolgenti le fondazioni dell'esistente edificio. In base a tali considerazioni non si ritiene significativo procedere a verifiche di stabilità relative a potenziali superfici di scorrimento coinvolgenti l'edificio e sviluppate a valle della sede stradale.

Per quanto concerne invece la porzione di versante a monte del ristorante il rilievo di terreno ha evidenziato la presenza di una modesta nicchia di frana in corrispondenza di una porzione di versante a maggiore acclività, verosimilmente residuo di un fronte di scavo aperto per la realizzazione del muretto di sostegno presente alla base (cfr. **Foto 4**). Lungo il versante si osserva inoltre la presenza di alcuni interventi di stabilizzazione superficiale in avanzato stato di degrado (cfr. **Foto 5**) mentre non emergono evidenze di fenomeni di dissesto in atto di significative dimensioni.

In merito alla gestione dell'area in corrispondenza del limite con la proprietà sovrastante si osserva la presenza di accumuli di materiale vegetale in decomposizione verosimilmente derivante da operazioni di sfalcio effettuate a monte, mentre lungo il versante si nota la presenza di alcuni alberi ad elevato sviluppo verticale in precarie condizioni di equilibrio in grado di innescare dissesti localizzati in caso di schianto (cfr. **Foto 6**).

Dal punto di vista idrogeologico le indagini condotte hanno escluso la presenza di falde idriche significative all'interno dei terreni sabbioso-ghiaiosi a debole cementazione costituenti il versante allo studio.

Gli elementi salienti del contesto geologico-geomorfologico sopra descritto sono illustrati nella planimetria e nelle sezioni geologico-tecniche allegate alla presente relazione (cfr. **tavole T.1 e T.2**) in cui si riporta anche l'ubicazioni delle indagini geognostiche e degli interventi di consolidamento già messi in atto a valle del ristorante.

3. INDAGINI IN SITO

Al fine di caratterizzare dal punto di vista geotecnico i terreni e gli ammassi rocciosi presenti nel sito in esame sono state eseguite apposite indagini in sito e prove di laboratorio, costituite in particolare da:

- Esecuzione di un rilievo planoaltimetrico dell'area con restituzione a curve di livello con interdistanza di 0.2 m;
- Esecuzione di n° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo della lunghezza di 15 m con esecuzione di prove di resistenza alla penetrazione standard e prelievo di campioni rimaneggiati e di spezzoni di carota lapidea per l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio (PZ1 e S1);
- posa in opera all'interno della perforazione di sondaggio PZ1 di piezometro a tubo aperto per il rilievo ed il monitoraggio della soggiacenza della superficie di saturazione piezometrica;
- descrizione geotecnica di n° 1 sezione di terreno osservabile in corrispondenza della nicchia di frana a monte del ristorante con esecuzione di prove speditive di resistenza e prelievo di campioni per l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio;
- esecuzione di n° 1 rilievo geomeccanico su un affioramento significativo del conglomerato ben cementato con prelievo di campioni per l'esecuzione di prove di laboratorio;
- esecuzione di una indagine sismica a rifrazione condotta lungo 5 stendimenti della lunghezza di 55 m ciascuno per la definizione dei rapporti geometrici tra le varie unità sismo stratigrafiche individuate.

Ad integrazione delle indagini condotte in questa sede si sono inoltre considerati i risultati delle indagini pregresse condotte nel sito in esame e consistite in particolare in:

campagna 1980:

- n° 1 sondaggio geognostico a carotaggio geognostico di lunghezza pari a 14.0 m (S2₈₀);
- n° 3 prove penetrometriche dinamiche continua di lunghezza compresa tra 8 e 10 m (P1₈₀, P2₈₀ e P3₈₀)

campagna 1993:

- n° 1 sondaggio geognostico a carotaggio geognostico di lunghezza pari a 8.0 m (S1₉₃);
- n° 2 prove penetrometriche dinamiche continua di lunghezza compresa tra 4.5 e 8 m (P1₉₃ e P2₉₃).

campagna 2004:

- n° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo verticali, denominati S1v e S2v, spinti fino a 4.5 metri da p.c.;
- n° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo inclinati di 60° dall'orizzontale, denominati S1i e S2i, spinti fino a 7 metri dall'angolo formato tra p.c. e muro verticale di contenimento;
- n° 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo orizzontali, denominati S1o e S2o, spinti fino a 7.5 metri oltre il muro esistente;
- n° 1 sondaggio a carotaggio continuo verticale con carotatrice elettrica, ubicato in un punto centrale interno all'edificio, spinto fino a 1.5 metri oltre il pavimento.

L'ubicazione di tutte le indagini disponibili è mostrata nella **Tavola T.1** allegata alla presente Relazione.

3.1. Sondaggi geognostici

I sondaggi a carotaggio continuo, posizionati sono stati condotti a secco, con carotiere del diametro di 101 mm e rivestimento provvisorio in tubi del diametro di 127 mm e sono stati spinti alla profondità di 15 m. Nel corso delle perforazioni di sondaggio sono state eseguite prove di resistenza alla penetrazione standard SPT a mezzo di attrezzatura a sganciamento automatico e sono stati prelevati campioni rimaneggiati di terreno e spezzoni di carota lapidea.

Al termine della perforazione il sondaggio PZ1 è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto per il rilievo ed il monitoraggio della superficie piezometrica.

In due successive misure il piezometro è risultato asciutto.

Le stratigrafie dei sondaggi eseguiti sono mostrate in allegato alla presente relazione (cfr. **Allegato 1**).

3.2. Pozzetto esplorativo

In corrispondenza della nicchia di frana posta a monte del ristorante è stata condotta una descrizione stratigrafica e geotecnica di dettaglio (PE1) con rilievo speditivo della resistenza al pocket penetrometro e prelievo di campioni per l'esecuzione di prove geotecniche di laboratorio.

La stratigrafia del pozzetto esplorativo è mostrata in allegato alla presente relazione (cfr. **Allegato 2**).

3.3. Rilievo geomeccanico

Al fine di desumere i parametri necessari per la caratterizzazione geomeccanica dei depositi conglomeratici ben cementati è stato eseguito un rilievo geomeccanico su un affioramento significativo ubicato a nord del ristorante.

Nel corso del rilievo geomeccanico, condotto in accordo alle raccomandazioni ISRM ("Quantitative description of discontinuities in rock masses", 1978), dopo una descrizione generale dell'ammasso roccioso affiorante in corrispondenza del fronte di misura, per ogni famiglia di discontinuità riconosciuta sono stati rilevati i seguenti parametri:

- giacitura (immersione/inclinazione)
- persistenza lineare
- apertura
- rugosità a grande scala (ondulazione) espressa attraverso una valutazione qualitativa dell'andamento delle discontinuità per confronto con le tabelle di riferimento dell'ISRM
- rugosità a piccola scala, espressa sia qualitativamente sia quantitativamente attraverso il parametro JRC valutato a mezzo profilografo
- alterazione delle superfici delle discontinuità
- presenza, tipo e spessore del riempimento

Nella scheda di rilievo, mostrata nell'**Allegato 3**, sono state riportate la descrizione geolitologica dell'ammasso roccioso, le caratteristiche geomeccaniche generali dell'ammasso e le caratteristiche giaciturali e geomeccaniche per ogni famiglia riconosciuta.

L'ammasso roccioso oggetto del rilievo RG1 è costituito da un conglomerato poligenico ben cementato in strati decimetrici e banchi metrici con locali livelli di arenarie medio-grossolane; nel complesso l'ammasso risulta poco fratturato con sviluppo di un unico

sistema di giunti, oltre a occasionali fratture sporadiche con un valore di J_v (numero di discontinuità per metro cubo d'ammasso), minore di 2. La resistenza a compressione monoassiale della roccia integra, misurata con prove di resistenza a carico puntiforme, è risultata mediamente pari a 50 MPa.

I piani di strato (set S), aventi immersione media pari a 300° ed inclinazione di 10°, hanno elevata persistenza lineare (100%), una spaziatura mediamente compresa tra 20 e 130 cm, si presentano generalmente ondulati e rugosi, con valori di JRC mediamente pari a 12; sono debolmente alterati, con un valore di resistenza a compressione monoassiale delle pareti dei giunti di strato, misurato con sclerometro da roccia tipo L, mediamente pari a 13 MPa; l'apertura è generalmente inferiore a 1 mm e non sono presenti riempimenti.

3.4. Prove di resistenza a carico puntiforme

Sui campioni di roccia prelevati nell'area di rilievo geomeccanico e su alcuni spezzoni di carota lapidea prelevati dalle cassette catalogatrici dei sondaggi eseguiti sono state condotte prove di compressione a carico puntiforme (point load strength test) eseguite in accordo alla norma ASTM D 5731-95.

Le prove condotte hanno consentito la determinazione della resistenza a compressione monoassiale σ_{ci} ottenuta a mezzo della relazione:

$$\sigma_{ci} = I_{s(50)} * 24$$

con $I_{s(50)}$ = indice di resistenza al point-load corretto in funzione della forma e delle dimensioni del campione in accordo alla norma citata.

Oltre al valore medio di resistenza, ottenuto scartando i valori più alti ed i valori più bassi ottenuti è stata valutata anche la variabilità statistica dei risultati ottenuti.

I risultati completi delle prove condotte sono riportati nell'**Allegato 4**.

3.5. Indagini geofisiche

In corrispondenza delle posizioni indicate in planimetria (cfr. **Tav. T.1**) sono state eseguite prospezioni sismiche a rifrazione lungo n° 5 stendimenti di lunghezza pari a 55 m

che hanno consentito la definizione dell'andamento delle superfici di separazione tra le diverse unità individuate.

Nel complesso la prospezione sismica ha consentito l'individuazione di un primo orizzonte simostratigrafico, caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di compressione mediamente pari a 400 m/s, identificabile con la coltre eluvio-colluviale superficiale, di spessore generalmente inferiore a 2 m, ricoprente un secondo livello caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di compressione mediamente comprese tra 800 e 1600 m/s, identificabile con i depositi sabbioso-ghiaiosi scarsamente cementati.

Il risultati completi delle indagini eseguite, unitamente a maggiori dettagli sulle modalità di acquisizione ed elaborazione dei dati sono mostrate in allegato (cfr. **Allegato 5**).

4. PROVE DI LABORATORIO

Sui campioni rimaneggiati prelevati nel corso delle perforazioni di sondaggio sono state eseguite, presso il laboratorio geotecnico Altair S.a.s. di Cinisello Balsamo (MI), prove di laboratorio comprendenti:

- analisi granulometriche, per setacciatura sulla frazione trattenuta al setaccio ASTM n° 200 condotte secondo la norme ASTM D 422-63;
- analisi granulometriche per sedimentazione sulla frazione passante al setaccio ASTM n° 200 condotte secondo la norme ASTM D 422-63;
- determinazioni dei limiti di consistenza sulla frazione passante al setaccio ASTM n° 40 condotte secondo la norma STM D 4318-95;
- determinazioni di peso specifico dei grani condotte in accordo alla norma ASTM D 854-98;
- prove di taglio diretto consolidate lente condotte in accordo alla norma ASTM D3080-90;
- prove di resistenza a compressione monoassiale condotte in accordo allo standard ISRM-1978 su campioni cilindrici ottenuti ricarotando in laboratorio previo congelamento i campioni indisturbati prelevati in sito da affioramento al fine di minimizzare il disturbo arrecato ai materiali a debole cementazione.

I risultati delle prove sono riportati per esteso nell'**Allegato 6** mentre di seguito se ne mostra una sintesi.

Sondaggio geognostico				PZ1			S1			PE1			RG1
Campione				C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1	C2	C3	C1
Profondità media [m]				3,25	6,30	3,82	2,75	5,20	3,82	0,35	0,85	3,82	-
Granulometria: (% ASTM)	ghiaia	[%]	-	38,3	56,2	55,9	48,0	-	39,6	53,3	-	-	-
	sabbia	[%]	-	37,6	27,1	30,1	34,8	-	29,7	19,2	-	-	-
	limo	[%]	-	13,8	12,9	10,2	12,1	-	9,4	19,1	-	-	-
	argilla	[%]	-	10,4	3,9	3,8	5,1	-	21,3	8,3	-	-	-
Passante al setaccio No. 200				24,1	16,7	13,9	17,2	-	30,7	27,5	-	-	-
Classificazione AGI				-	GcSLdA	GSL	GSL	GSL	-	GSAdL	GLSdA	-	-
Peso di volume naturale γ_N [kN/m ³]				-	-	-	-	-	-	19,2	-	-	-
Peso specifico dei grani γ_s [Mg/m ³]				-	2,66	2,67	2,69	2,63	-	2,62	-	-	-
Contenuto naturale d'acqua w_N [%]				-	-	-	-	-	-	28,6	-	-	-
Limite liquido w_L [%]				-	24,0	25,0	20,0	19,0	-	55,0	23,0	-	-
Limite plastico w_p [%]				-	16,0	18,0	16,0	13,0	-	27,0	20,0	-	-
Indice di plasticità PI [%]				-	8,0	7,0	4,0	6,0	-	28,0	3,0	-	-
Indice di consistenza CI [%]				-	-	-	-	-	-	0,94	-	-	-
Indice di liquidità LI [%]				-	-	-	-	-	-	0,06	-	-	-
Indice di attività A [-]				-	0,77	1,82	1,07	1,17	-	1,32	0,36	-	-
Classificazione terreno: USCS				-	GC	GC	GM	GC-GM	-	GC	GM	-	-
Coesione efficace TD c' [kPa]				-	-	-	-	-	-	15	-	-	-
Angolo di attrito TD ϕ' [°]				-	-	-	-	-	-	22	-	-	-
Coesione efficace residua TD c'_{res} [kPa]				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Angolo di attrito residuo TD ϕ'_{res} [°]				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coesione efficace CID c' [kPa]				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Angolo di attrito CID ϕ' [°]				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coesione efficace CIU c' [kPa]				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Angolo di attrito CIU ϕ' [°]				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Coesione non drenata TX-UU c_U [kPa]				-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Resistenza al point-load I_{050} [MPa]				1,30	-	-	-	-	2,77	-	-	-	2,09
Resistenza a compressione monoassiale σ_c [MPa]				31,15	-	-	-	-	66,52	-	-	4,40	50,11
Indice di anisotropia I_a [-]				1,00	-	-	-	-	7,41	-	-	-	1,00

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA E GEOMECCANICA

5.1. Metodologia adottata

I parametri geotecnici dei terreni di copertura del substrato lapideo sono stati ottenuti sia indirettamente, mediante correlazioni empiriche, a partire dai risultati delle prove SPT condotte in sito, che direttamente sulla base dei risultati delle prove geotecniche di laboratorio.

In particolare, per l'interpretazione delle prove di resistenza alla penetrazione standard SPT condotte nel corso delle perforazioni di sondaggio, è stato utilizzato un programma di calcolo che, in base alle correlazioni più comunemente accettate, permette di definire i principali parametri geotecnici, una volta noti i valori di resistenza alla penetrazione standard (N_{SPT}); i risultati delle elaborazioni sono mostrati per esteso nell'**Allegato 7**, dove sono riportati, in funzione della profondità i valori di N_{SPT} misurati, i valori di N_{SPT} corretti in funzione del confinamento laterale (N_1) e i valori calcolati di densità relativa e angolo di attrito dei terreni di fondazione.

In particolare a partire dai valori di N_{SPT} sono stati ottenuti ricavati i corrispondenti valori di N_1 , corretti in funzione del confinamento laterale sulla base della seguente equazione:

$$N_1 = N_{SPT} / \sigma'_{vo}{}^{0.56} \quad [\text{Jamiolkowski et al., 1985}]$$

La densità relativa è stata calcolata a partire dai valori di N_1 in accordo alle seguenti equazioni ricavate dall'analisi di numerose evidenze sperimentali [Skempton, 1986]:

$$Dr = [(N_1)_{60} / (71.7 * (N_1)_{60}^{-0.056})]^{0.5} \quad \text{per } (N_1)_{60} > 8$$

$$Dr = [(N_1)_{60} / (296.6 * (N_1)_{60}^{-0.728})]^{0.5} \quad \text{per } (N_1)_{60} \leq 8$$

dove $(N_1)_{60} = N_1$ in base a considerazioni relative al rendimento medio dell'attrezzatura impiegata per le prove SPT e pari a circa il 60%

L'angolo di attrito dei terreni investigati è stato determinato sulla base dei valori di densità relativa e della natura dei terreni attraversati, in accordo alla procedura US NAVY - NAV FAC DM7 - 1982.

Per la determinazione dei parametri di deformabilità dai valori di resistenza alla penetrazione standard N_{SPT} calcolati sono stati ricavati i valori di velocità delle onde di taglio V_S [m/s] attraverso la correlazione di *Ohta e Goto. (1978)*:

$$V_S = 54.33 \cdot N_{SPT}^{0.173} \cdot \alpha \cdot \beta \cdot (z/0.303)^{0.14}$$

dove : z : profondità [m]
 α : coefficiente compreso tra 1.0 e 1.3 in funzione dell'età
 β : coefficiente compreso tra 1 e 2 in funzione della granulometria

A partire dai valori di V_S , sono stati quindi calcolati i valori di modulo di elasticità iniziale E_i dalle relazioni $G_i = \gamma \cdot V_S^2$ (dove G_i rappresenta il modulo di taglio iniziale e γ il peso di volume del terreno) e $E_i = G_i \cdot 2 (1 + \mu)$, dove μ è il coefficiente di Poisson del terreno assunto pari a 0.35. Dai valori di E_i sono quindi stati ricavati, sulla base delle curve di decadimento del modulo di elasticità in funzione della deformazione, i moduli di elasticità operativi presentati nello schema delle pagine seguenti e da utilizzarsi nelle verifiche geotecniche; in particolare il valore del modulo operativo è stato ricavato sulla base del rapporto $E_i / E = 10$ per i valori di deformazione di riferimento.

I parametri ottenuti indirettamente dalle indagini in sito sono stati integrati con i risultati delle prove geotecniche di laboratorio condotte sui campioni prelevati in sito.

Per quanto concerne in particolare la determinazione della resistenza a taglio disponibile all'interno dei depositi sabbioso-ghiaiosi a debole cementazione, per i quali le normali tecniche di laboratorio non risultano adeguate si è operato in accordo alla seguente metodologia:

- prelievo in sito di campioni indisturbati da affioramento realizzato operando a mano in modo da evitare il più possibile di arrecare disturbo al materiale campionato;
- trasporto in laboratorio e congelamento dei campioni ottenuti;
- formazione di provini cilindrici dal blocco congelato e loro alloggiamento in guaine di lattice;

- scongelamento lento dei provini così preparati;
- esecuzione di prove a compressione semplice sui provini ottenuti;
- assunzione di un valore di riferimento per l'angolo d'attrito in funzione della granulometria e dei risultati delle prove di resistenza alla penetrazione SPT;
- derivazione del valore di coesione disponibile sulla base della seguente relazione:

$$c = \frac{\sigma_{ci} (1 - \sin \varphi)}{2 \cos \varphi}$$

Ad integrazione dei dati ottenuti sulle porzioni maggiormente cementate, all'interno della medesima unità si sono ricavati con analoga procedura valori di coesione a partire dalle misure di resistenza speditiva condotte in sito con penetrometro tascabile.

In corrispondenza invece dell'orizzonte di alterazione eluvio-colluviale, caratterizzato da parametri geotecnici più scadenti, si è fatto ricorso a prove di taglio diretto su provini ricostituiti, in modo da ottenere parametri ampiamente cautelativi.

La caratterizzazione degli ammassi rocciosi (substrato lapideo prequaternario conglomerato ben cementato) è stata eseguita attraverso la classificazione geomeccanica con l'RMR System - Geomechanics Classification di Bieniawski (1973, 1979, 1989) e con il Q-System di Barton (1974, 1993).

Con il primo approccio si perviene alla classificazione dell'ammasso roccioso attraverso un indice RMR (Rock Mass Rating), sommatoria dei pesi attribuiti alla resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia, all' RQD (Rock Quality Designation), alla spaziatura delle discontinuità, alle condizioni delle stesse e alle condizioni di umidità.

Nel secondo si determina un indice di qualità Q attraverso la seguente formula

$$Q = RQD/J_n * J_r/J_a * J_w/SRF$$

dove:

- RQD : recupero in carotaggio percentuale modificato, calcolato attraverso la formula
 $RQD = 114 - 8 * J_v + 0.14 * J_v^2$ (con J_v = n° di fratture al metro cubo) (Priest e Hudson, 1976)
- J_n : fattore rappresentativo del numero di set di discontinuità presenti
- J_r : fattore rappresentativo della rugosità dei giunti

- J_a : fattore rappresentativo dell'alterazione dei giunti
- J_w : fattore rappresentativo delle condizioni idriche dell'ammasso roccioso
- SRF : fattore rappresentativo del campo tensionale agente

Nelle tabelle di sintesi viene riportato il Rock Mass Rating intrinseco (RMR'), ottenuto dalla classificazione di Bieniawski come valore di Rock Mass Rating non corretto per l'orientazione dei giunti e considerando condizioni di ammasso asciutto; analogamente nel Q-System di Barton viene definito un indice di qualità intrinseco (Q') ponendo il fattore di riduzione per gli stress agenti SRF ed il parametro relativo alle condizioni idriche J_w pari a 1, in modo da ottenere due indici direttamente confrontabili e rappresentativi dei parametri geomeccanici di base dell'ammasso roccioso.

I parametri di resistenza e deformabilità degli ammassi rocciosi sono stati determinati sulla base del Geological Strength Index (GSI) (Hoek, Kaiser e Bawden, 1995, Hoek e Marinos, 2000), introdotto per rappresentare le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso a prescindere dalle condizioni strettamente legate al contesto di analisi (condizioni di umidità, stato tensionale, orientazione delle discontinuità nei confronti dell'opera); analiticamente esso può essere ricavato secondo diverse equazioni, tra le quali le più note sono:

$$\begin{aligned} \text{GSI} &= \text{RMR}' - 5 \\ \text{GSI} &= 9 \ln Q' + 39 \\ \text{GSI} &= 10 \ln Q' + 27 \end{aligned}$$

In particolare, al fine di tener conto della maggior sensibilità del Q system per ammassi rocciosi di qualità scadente, in accordo anche alle indicazioni di Hoek, Kaiser e Bawden (1998), la prima equazione è utilizzata per ammassi rocciosi caratterizzati da valori di $Q' > 0.3$ o di $\text{RMR}' > 30$, mentre per ammassi di qualità più scadente ($Q' \leq 0.3$ o $\text{RMR}' \leq 30$) il valore del GSI è calcolato come media dei valori ottenuti dalle altre 2 equazioni.

In alternativa, ed in particolare per ammassi rocciosi costituiti da alternanze litologiche e per ammassi molto scadenti, è possibile stimare direttamente in sito l'intervallo del GSI rappresentativo dell'ammasso roccioso affiorante attraverso l'utilizzo di tabelle comparative proposte da Hoek e Marinos (Hoek e Marinos, 2000), che per ammassi rocciosi caratterizzati da alternanze tra diversi litotipi individuano 6 classi in funzione del rapporto percentuale tra il litotipo più competente e quello meno competente (classi A, B, C, D, E e G) a cui si

aggiungono due ulteriori classi (classi F e H) nel caso in cui l'ammasso sia interessato da intensa deformazione tettonica.

Partendo dagli indici di qualità dell'ammasso roccioso (GSI) sono poi stati determinati i parametri di resistenza dello stesso, secondo il criterio di rottura di Hoek & Brown (Hoek et al., 1995), espresso nel piano σ_1 / σ_3 dalla relazione:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \cdot \left[\left(m_b \cdot \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} \right) + s \right]^a$$

dove:

- σ_1 : sforzo principale maggiore
- σ_3 : sforzo principale minore
- σ_{ci} : resistenza a compressione monoassiale del materiale roccia
- m_b : parametro di curvatura dell'involuppo, dipendente dalla natura litologica e dallo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso
- s : parametro di curvatura dell'involuppo, dipendente dallo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso
- a : parametro di curvatura dell'involuppo, dipendente dallo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso

I valori degli indici m_b , s e a che descrivono la resistenza dell'ammasso roccioso in condizioni di picco, sono stati ricavati secondo le espressioni seguenti (Hoek et al., 1995, 2002):

$$m_b = m_i \exp \left[\frac{GSI - 100}{28 - 14D} \right]$$

$$s = \exp \left[\frac{GSI - 100}{9 - 3D} \right]$$

$$a = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} (e^{-GSI/15} - e^{-20/3})$$

con

- m_i : parametro di curvatura dell'involuppo di rottura triassiale del materiale roccia;
- D : fattore dipendente dal grado di disturbo cui è soggetto l'ammasso roccioso in relazione alla metodologia di scavo e agli sforzi tensionali presenti ($0 \leq D \leq 1$; valore nullo per ammasso indisturbato).

I valori numerici della resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta σ_{ci} sono stati determinati sulla base dei risultati delle prove di compressione a carico puntiforme condotte nell'ambito del presente studio, mentre i valori di m_i , in assenza in questa fase di prove di compressione triassiale su campioni lapidei, sono stati assunti sulla base di dati di letteratura. Il parametro D è stato posto pari a 0.0 al fine di determinare i parametri geomeccanici in condizioni naturali.

Per tenere conto del decadimento delle caratteristiche di resistenza e deformabilità al progredire delle deformazioni e al conseguente progressivo allentamento che contraddistingue gli ammassi rocciosi i parametri m_b ed s sono stati determinati anche per la condizione post-rottura sulla base delle seguenti relazioni, ricavate dagli scriventi in base ai risultati di recenti lavori sperimentali (Crowder e Bawden, 2005, 2006):

$$m_r = m_b \cdot 10e^{-0.076GSI}$$

$$s_r = s \cdot 10e^{-0.076GSI}$$

valide per valori di GSI compresi tra 30 e 70,

$$m_r = m_b$$

$$s_r = s$$

valide per valori di GSI inferiori a 30, e

$$m_r = 0.05 \cdot m_b$$

$$s_r = 0.05 \cdot s$$

valide per valori di GSI maggiori di 70.

Oltre che nel piano σ_1 / σ_3 , gli involuipi di rottura dell'ammasso roccioso sono stati determinati anche nel piano σ / τ utilizzando la soluzione originariamente sviluppata da Balmer (1952) e successivamente modificata (Hoek et. al., 2002) espressa a mezzo delle seguenti equazioni:

$$\sigma_n = 0.5 (\sigma_1 + \sigma_3) - 0.5 (\sigma_1 - \sigma_3) [(\partial\sigma_1 / \partial\sigma_3 - 1) / (\partial\sigma_1 / \partial\sigma_3 + 1)]$$

$$\tau = (\sigma_1 - \sigma_3) \cdot (\partial\sigma_1 / \partial\sigma_3)^{0.5} / (\partial\sigma_1 / \partial\sigma_3 + 1)$$

con

$$\partial\sigma_1 / \partial\sigma_3 = 1 + a m_b (m_b \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^{a-1}$$

Considerando la non linearità degli involuppi di rottura calcolati, essi sono stati rettificati all'interno del campo tensionale di riferimento per il problema in esame determinando i valori di angolo di resistenza al taglio e di coesione istantanei, in funzione del livello di sollecitazione agente, attraverso le seguenti equazioni (Hoek et al., 2002):

$$\varphi' = \sin^{-1} \left[\frac{6am_b(s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}}{2(1+a)(2+a) + 6am_b(s + m_b \sigma'_{3n})^{a-1}} \right]$$

$$c' = \frac{\sigma_{ci}[(1+2a)s + (1-a)m_b\sigma'_{3n}](s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a)(2+a)\sqrt{1 + (6am_b(s + m_b\sigma'_{3n})^{a-1})/((1+a)(2+a))}}$$

dove:

$$\sigma'_{3n} = \frac{\sigma'_{3max}}{\sigma_{ci}}$$

Il valore di σ'_{3max} , rappresentativo del campo tensionale di riferimento per il problema in esame è stato determinato sulla base della seguente equazione (Hoek et al., 2002), valida per pendii e scavi a cielo aperto

$$\sigma'_{3max} = 0.72\sigma_{cm} \left(\frac{\sigma_{cm}}{\gamma H} \right)^{-0.91}$$

In cui :

- γ : peso di volume naturale dell'ammasso roccioso
- H : spessore di ricoprimento o altezza di scavo
- σ_{cm} : resistenza globale d'ammasso definita di seguito

Oltre ai parametri dell'involuppo di rottura sono state calcolate la resistenza a trazione σ_t , la resistenza a compressione monoassiale σ_c e la resistenza globale σ_{cm} sulla base delle seguenti equazioni (Hoek et al., 2002), sia in condizioni di picco che di post-rottura:

$$\sigma_t = -s \sigma_{ci} / m_b$$

$$\sigma_c = \sigma_{ci} s^a$$

$$\sigma_{cm} = \sigma_{ci} ((m_b+4s-a(m_b-8s))(m_b/4+s)^{a-1})/2(1+a)(2+a)$$

Per quanto riguarda i due valori di resistenza a compressione sopra indicati si precisa

che mentre la resistenza a compressione monoassiale σ_c rappresenta il valore di sforzo per il quale ha inizio il processo di propagazione delle fratture nell'ammasso roccioso, la resistenza globale σ_{cm} rappresenta la resistenza ultima il cui superamento comporta il collasso dell'ammasso roccioso (Hoek et al., 2002).

Da ultimo è stato determinato il valore del modulo di deformabilità dell'ammasso roccioso secondo la relazione proposta da Serafim e Pereira (1983) e successivamente modificata da Hoek et al. (2002):

$$E_m = (1 - D/2) 10^{(GSI-10)/40}$$

Inoltre per rocce aventi resistenza a compressione monoassiale inferiore a 100 MPa, l'equazione viene ulteriormente modificata come segue:

$$E_m = (1 - D/2) (\sigma_{ci} / 100)^{0.5} 10^{(GSI-10)/40}$$

Per confronto il modulo di deformabilità è stato determinato anche in accordo alla relazione proposta da Hoek e Diederichs (2006):

$$E_m = E_i [0.02 + (1 - D/2) / (1 + e^{((60+15D-GSI)/11)})]$$

con:

E_i = modulo di elasticità della roccia intatta

In assenza di determinazioni sperimentali del modulo E_i esso può essere derivato dalla resistenza compressione della roccia intatta e del rapporto del modulo MR, funzione della litologia del materiale, sulla base della seguente relazione:

$$E_i = MR \sigma_{ci}$$

La classificazione e parametrizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi sono riportate nell'**Allegato 8** alla presente relazione unitamente ai parametri geomeccanici medi ottenuti, alle tabelle numeriche ed ai grafici degli involuppi di rottura. I tratti iniziali degli involuppi di rottura degli ammassi rocciosi sono stati plottati su grafici separati in modo da

rappresentare in dettaglio la variazione delle caratteristiche di resistenza al taglio degli ammassi rocciosi per bassi valori di confinamento ($\sigma_3 = 0 \div 1$ MPa).

5.2. Sintesi dei risultati

Di seguito si riportano i parametri geomeccanici delle unità individuate la cui distribuzione in profondità è mostrata nelle sezioni geologico-tecniche riportate in allegato (cfr. **Tavola T.2**).

UNITÀ A: terreni eluvio colluviali e terreni rimaneggiati di riporto

Granulometria: *Ghiaie limose e ghiaie sabbiose da debolmente argillose ad argillose*

Classificazione USCS		= GC, GM	
Indice di plasticità	PI	= 5÷30	%
Passante al setaccio ASTM n° 200		= 25÷30	%
Resistenza alla penetrazione standard media	N _{SPT}	< 10	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	γ_n	= 18÷19	kN/ m ³
Stato di addensamento		= da sciolto a mediamente addensato	
Densità relativa	D _r	= 0.30÷0.50	
Angolo d'attrito efficace	ϕ'	= 22÷24	°
Coesione efficace	c'	= 15÷25	kPa
Velocità di propagazione delle onde di taglio	V _S	= 150÷180	m/s
Modulo di elasticità	E	= 5÷10	MPa

UNITÀ B: sabbie e ghiaie a debole cementazione

Granulometria: *Ghiaie sabbiose e ghiaie con sabbia limose*

Classificazione USCS		= GC, GM	
Indice di plasticità	PI	< 10	%
Passante al setaccio ASTM n° 200		= 10÷25	%
Resistenza alla penetrazione standard media	N _{SPT}	= 10÷25	colpi/30 cm
Peso di volume naturale	γ_n	= 19÷20	kN/ m ³
Stato di addensamento		= mediamente addensato	
Densità relativa	D _r	= 0.50÷0.60	
Angolo d'attrito efficace	ϕ'	= 35÷36	°
Coesione efficace	c'	= 50÷75	kPa
Velocità di propagazione delle onde di taglio	V _S	= 200÷230	m/s
Modulo di elasticità	E	= 20÷30	MPa

Si precisa che per la determinazione dei valori di coesione efficace disponibile a favore di sicurezza si sono trascurati i valori relativi agli orizzonti maggiormente cementati

UNITÀ C: conglomerati ben cementati

Materiale roccia integro:

Resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci}	= 30÷50	MPa
Parametro dell'involuppo di rottura (stima)	m_i	= 18÷21	
Rapporto del modulo	MR	= 350	

Ammasso roccioso:

Peso di volume naturale (stima)	γ_N	= 24.0	kN/m ³
Geological Strength Index (Hoek, Kaiser e Bawden)	GSI	= 65÷70	

Condizioni di picco:

Parametro dell'involuppo di rottura	m_b	= 5.16÷7.19	
Parametro dell'involuppo di rottura	s	= 2.0E ⁻² ÷3.6E ⁻²	
Parametro dell'involuppo di rottura	a	= 0.50	
Angolo d'attrito efficace	ϕ'	= 63÷66	°
Coesione efficace	c'	= 480÷940	kPa
Resistenza a trazione	σ_t	= 0.12÷0.25	MPa
Resistenza a compressione monoassiale	σ_c	= 4.26÷9.40	MPa
Resistenza globale	σ_{cm}	= 9.54÷19.05	MPa
Modulo di elasticità d'ammasso	E_m	= 6.6÷12.8	GPa

UNITÀ D: calcari marnosi (substrato lapideo prequaternario)

Materiale roccia integro:

Resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci}	= 40÷65	MPa
Parametro dell'involuppo di rottura (stima)	m_i	= 8÷10	
Rapporto del modulo	MR	= 500	

Ammasso roccioso:

Peso di volume naturale (stima)	γ_N	= 25.0	kN/m ³
Geological Strength Index (Hoek, Kaiser e Bawden)	GSI	= 50÷60	

Condizioni di picco:

Parametro dell'involuppo di rottura	m_b	= 1.34÷2.40	
Parametro dell'involuppo di rottura	s	= 3.9E ⁻³ ÷1.2E ⁻²	
Parametro dell'involuppo di rottura	a	= 0.50÷0.51	
Angolo d'attrito efficace	ϕ'	= 56÷60	°
Coesione efficace	c'	= 340÷890	kPa
Resistenza a trazione	σ_t	= 0.12÷0.32	MPa
Resistenza a compressione monoassiale	σ_c	= 2.41÷6.96	MPa
Resistenza globale	σ_{cm}	= 6.28÷14.19	MPa
Modulo di elasticità d'ammasso	E_m	= 6.1÷16.9	GPa

La distribuzione in profondità delle unità geotecniche individuate è mostrata nelle sezioni geologico-tecniche in scala 1:100 riportate nella **Tavola T.2**,

6. SISMICITÀ DELL'AREA E CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

L'area in esame è classificata in **Zona Sismica 4** sulla base della O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/03 e successive modifiche ed integrazioni.

Sulla base delle caratteristiche granulometriche, dei valori di resistenza alla penetrazione standard e dei valori di velocità di propagazione delle onde di taglio derivati i terreni di fondazione degli edifici in esame rientrano nella **categoria C** tra quelle previste al punto 3.2.2 del D.M. 14/01/08, costituita da depositi di sabbie e ghiaie da scarsamente addensati ad addensati, caratterizzati da valori di velocità di propagazione media delle onde di taglio V_s compresi tra 180 e 360 m/s.

Si precisa in ogni caso che per la determinazione delle azioni sismiche di progetto si è fatto riferimento al D.M. 16/01/96 assumendo un grado di sismicità $S=5$ come espressamente stabilito al punto 2.7 del D.M. 14/01/08 per edifici ordinari ricadenti in zona sismica 4.

7. VALUTAZIONE DELLE CONDIZIONI DI STABILITA' DEL VERSANTE E PERICOLOSITÀ ASSOCIATA

7.1. Definizione delle aree omogenee

Si precisa che come già enunciato in premessa lo studio è limitato al versante posto a monte del Ristorante Toscano ed è volto ad accertare le condizioni di pericolosità del sito nei confronti di potenziali fenomeni franosi in grado di coinvolgere il sottostante edificio. Per quanto concerne le condizioni di stabilità dell'edificio nei confronti di potenziali fenomeni franosi sviluppati a valle dello stesso occorre osservare che in corrispondenza di via Cappelleria sono stati a più riprese eseguiti interventi di consolidamento con micropali che contribuiscono ad incrementare significativamente le condizioni di sicurezza del sito, già sufficientemente garantiti dalle buone caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, caratterizzati da una debole cementazione in grado di conferire all'ammasso una non trascurabile aliquota di coesione. Per tali considerazioni non si ritiene significativo procedere a verifiche di stabilità relative ad ipotetiche superfici di movimento coinvolgenti l'edificio e sviluppate a valle. In merito a tale aspetto si osserva inoltre che i fenomeni franosi che hanno in passato coinvolto il versante a valle della sede stradale di via Cappelleria sono stati causati da incrementi localizzati dei flussi idrici superficiali da imputare ad una non attenta regimazione idrica.

Per quanto concerne il versante a monte dell'edifici, sulla base delle caratteristiche geotecniche dei terreni di copertura, del loro spessore e della pendenza media del versante si è operata una suddivisione preliminare del pendio a monte dell'edificio in 2 aree omogenee le cui caratteristiche sono di seguito descritte.

Area 1: Ambito di terrazzo a pendenza media inferiore a 10° litologicamente costituito da ghiaie e sabbie addensate con copertura eluviale di spessore mediamente inferiore a 2÷3 m privo di significativa circolazione idrica.

Area 2: Ambito di versante con pendenza mediamente compresa tra 36° e 40° caratterizzato da una copertura eluvio-colluviale di spessore mediamente compreso tra 2 e 3 m costituita da ghiaie limose e ghiaie sabbiose da debolmente argillose ad argillose ricoprenti un substrato costituito da sabbie e ghiaie a debole cementazione con locali livelli ben cementati.

La distribuzione planimetrica delle 2 aree omogenee è riportata nella **Tavola T. 3** in scala 1:500.

7.2. Analisi di stabilità

Ai fini della valutazione delle reali condizioni di stabilità del versante esaminato e delle condizioni di pericolosità associate è stata condotta una analisi di stabilità all'equilibrio limite in corrispondenza della sezione 2 riportata in **Tavola T.1**, rappresentativa della situazione più critica dell'intero versante in quanto caratterizzata dai più elevati valori di inclinazione.

La verifica, eseguita secondo il metodo dell'equilibrio limite e in accordo con i metodi di Janbu, basato sull'equilibrio dei momenti e delle forze verticali, con risultante delle forze tra i conci contigui assunta orizzontale, di Spencer, basato sull'equilibrio dei momenti, delle forze orizzontali e delle forze verticali, con inclinazione della risultante delle forze tra i conci contigui costante e calcolata nel punto in cui l'equilibrio delle forze eguaglia l'equilibrio dei momenti, e GLE – General Limit Equilibrium, basato sull'equilibrio delle forze orizzontali e verticali e dei momenti, con inclinazione della risultante delle forze tra conci contigui descritta da una funzione $f(x)$, è stata condotta a mezzo del codice di calcolo Slide 4.01 (1998 – 2003 Rocscience Inc.). In particolare in condizioni statiche le condizioni di stabilità del versante sono esprimibili dal rapporto tra la resistenza a taglio disponibile lungo la potenziale superficie di scivolamento e la sollecitazione agente dovuta alla forza di gravità e alle eventuali forze di filtrazione. Si precisa che nelle analisi si è trascurato l'accelerazione sismica dovendo determinare valori del coefficiente di sicurezza in condizioni statiche in accordo alla procedura regionale più sotto descritta.

I risultati delle analisi eseguite, mostrati sinteticamente di seguito, sono riportati integralmente in allegato alla presente relazione (cfr. **Allegato 9**).

Fattore di sicurezza F_s		
<i>Spencer</i>	<i>Janbu</i>	<i>GLE</i>
1.22	1.25	1.22

7.3. Definizione della pericolosità del sito

Per la valutazione della pericolosità del versante esaminato si è fatto riferimento alle indicazioni di cui all'Allegato 2 della d.g.r. 8/7374 del 28/05/2008 - *Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana* -.

Tale documento fornisce indicazioni per l'attribuzione della pericolosità preliminare a partire da valori di F_s calcolati in condizioni statiche per il versante esaminato secondo lo schema seguente:

<i>Coefficiente di sicurezza F_s</i>	<i>Pericolosità preliminare</i>
1.00÷1.20	H4
1.20÷1.40	H3
1.40÷2.00	H2

Nel caso in esame i valori del coefficiente di sicurezza calcolati in condizioni statiche per l'**area omogenea 2** consentono di attribuire al versante in esame una classe di **pericolosità preliminare H3**. All'**area omogenea 1**, per la quale non si è ritenuto significativo procedere all'esecuzione di analisi di stabilità in ragione dell'assetto pianeggiante, si è attribuita una **classe di pericolosità preliminare H1**.

Per l'individuazione della classe di pericolosità finale del sito si sono prese in considerazione le condizioni morfologiche locali, la presenza di possibili concentrazioni di flussi idrici e lo sviluppo della vegetazione.

In merito al primo aspetto l'esame di terreno non ha evidenziato la presenza di situazioni morfologiche tali da favorire possibili concentrazioni idriche: il versante in esame ha infatti una morfologia regolare senza possibili aree di concentrazione dei flussi idrici.

Per quanto concerne le variabilità di permeabilità locali l'esame dei dati acquisiti, le osservazioni condotte nel corso dello scavo della nuova cantina e il monitoraggio piezometrico condotto consentono di escludere la presenza di condizioni tali da favorire lo sviluppo di significativi flussi idrici sub superficiali..

In merito agli aspetti connessi alla vegetazione il versante in esame risulta caratterizzato da copertura boschiva ed arbustiva in grado di contribuire ad incrementare la resistenza a taglio disponibile negli orizzonti più superficiali in virtù dello sviluppo degli apparati radicali: tuttavia, in considerazione delle condizioni di degrado della copertura boschiva che presenta gli individui di maggior sviluppo verticale in condizioni di equilibrio precario, a favore di sicurezza si ritiene preferibile trascurare il contributo positivo fornito dalla vegetazione alle condizioni di stabilità del versante. Sul pendio si osservano inoltre i

residui di precedenti interventi di sistemazione superficiale realizzati con elementi in legname in avanzato stato di degrado.

In base a tutte le considerazioni sopra esposte in accordo alle indicazioni di cui all'Allegato 2 della d.g.r. 8/7374 del 28/05/2008 - *Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana* – è possibile attribuire al versante considerato, limitatamente all'**area omogenea 2**, una classe di **pericolosità finale H3**. Per la **area omogenea 1** invece si ritiene adeguata l'attribuzione di una classe di **pericolosità finale H1**. In considerazione del salto di classe tra le due zone omogenee, in accordo alle indicazioni regionali, in corrispondenza della zona di transizione tra la zona omogenea 1 e la zona omogenea 2 è stata inserita una zona di raccordo, di ampiezza pari a 10, a cui è stata attribuita una **classe di pericolosità finale H2**.

La distribuzione planimetrica delle classi di pericolosità iniziale e finale dell'ambito oggetto del presente studio di approfondimento è riportata nella **Tavola T.3** in scala 1:500.

8. INTERVENTI DI RIORDINO DEL VERSANTE

Lo studio condotto, pur evidenziando l'assenza di situazioni di elevata criticità, ha tuttavia consentito di porre in luce alcuni aspetti che dovranno essere tenuti attentamente in considerazione nella ordinaria gestione dell'area al fine di garantire il mantenimento nel tempo di adeguati margini di sicurezza. In particolare gli aspetti principali da considerare sono di seguito elencati:

- presenza di un modesto fenomeno franoso in corrispondenza del ciglio di scavo residuo con sviluppo verticale di circa 3 m ed ampiezza di circa 6 m suscettibile di ampliamento per evoluzione regressiva;
- presenza in corrispondenza del limite con la proprietà sovrastante di accumuli di materiale vegetale in decomposizione verosimilmente derivante da operazioni di sfalcio effettuate a monte;
- presenza di alcuni alberi ad elevato sviluppo verticale in precarie condizioni di equilibrio in grado di innescare dissesti localizzati in caso di schianto;
- presenza di opere di consolidamento superficiale in avanzato stato di degrado.

Sulla base di quanto sopra riportato, al fine di garantire il mantenimento di adeguati margini di sicurezza nel tempo, si ritiene necessario mettere in atto gli interventi di riordino del versante di seguito descritti.

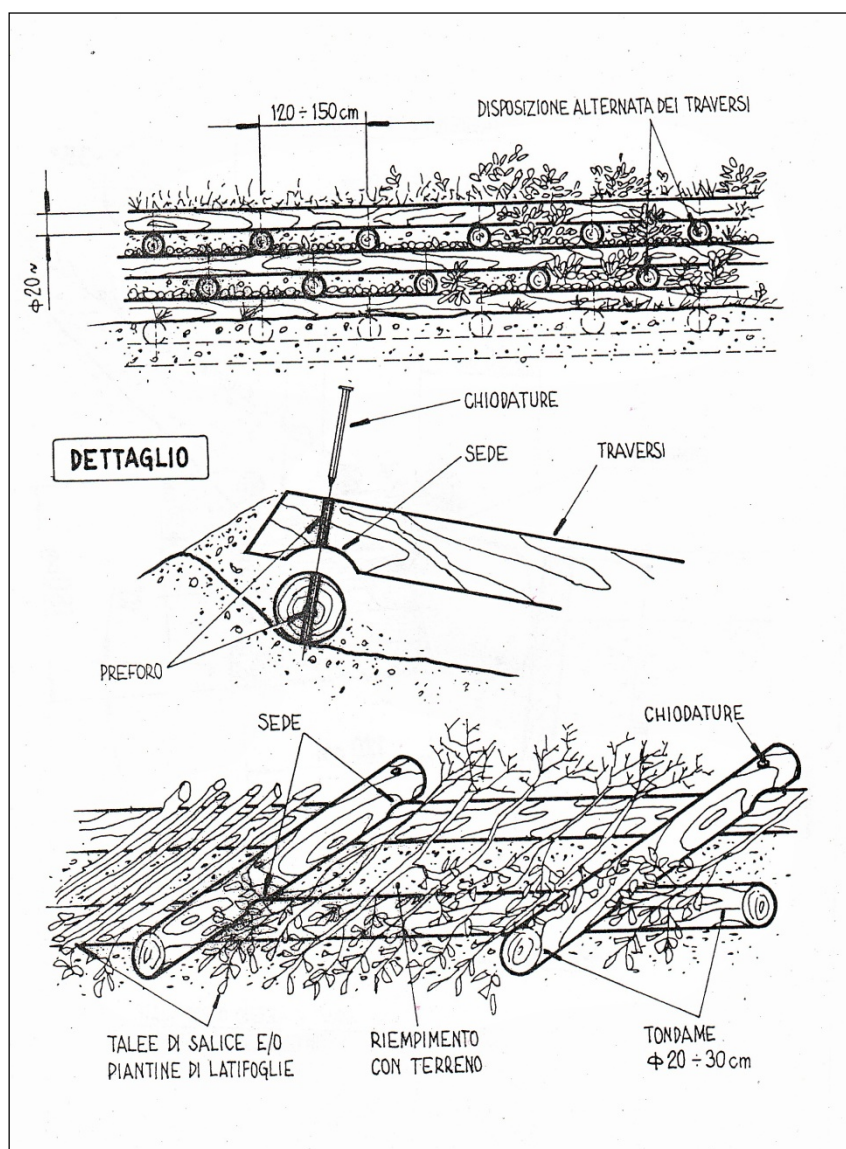
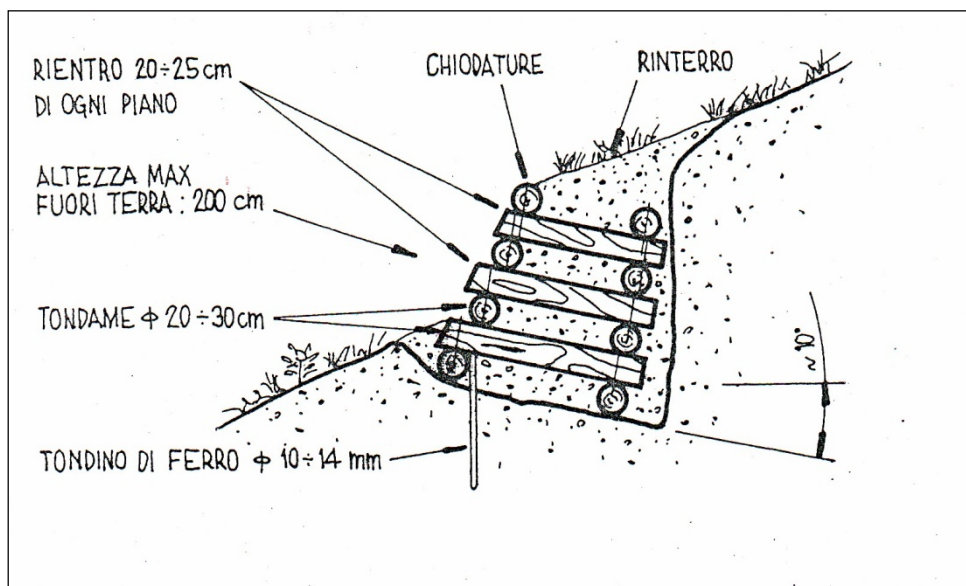
Fenomeno franoso

La sistemazione definitiva della scarpata franata potrà ottenersi attraverso la realizzazione dei seguenti interventi.

- asportazione del materiale franato e suo accantonamento per il successivo reimpiego;
- scoronamento della nicchia di frana con formazione di un fronte di scavo conformato secondo una adeguata inclinazione di sicurezza da definire sulla base delle caratteristiche geotecniche dei terreni definite nel presente studio;

- preparazione di un adeguato piano di posa conformato in leggera contropendenza (5°) con posa di una tubazione drenante avvolta in geotessile filtrante posata alla base dello scavo ;
- realizzazione di un'opera di sostegno costituita da più ordini di palificate vive a doppia parete ottenute disponendo una doppia fila di pali o tondame di conifere (larice) o di castagno, del diametro di 20 ÷ 30 cm, parallelamente al pendio, uniti tra loro da pali trasversali corti, fissati ai primi con chiodi o graffe metalliche. Tale struttura, ripetuta in altezza fino a raggiungere uno sviluppo verticale massimo di 2 m, avrà una larghezza in sezione di 1.5 m e sarà sagomata con faccia a vista avente inclinazione di 70°. La struttura dovrà essere via via riempita con terreno ed al suo interno saranno messe a dimora talee di salice e piantine di latifoglie radicate. In considerazione dello sviluppo verticale della scarpata da consolidare sarà necessaria l'esecuzione di 2 ordini di palificate sovrapposti;
- rimodellamento morfologico del pendio a monte dell'opera di sostegno con riporto dei terreni precedentemente asportati e di terreno vegetale, dello spessore di almeno 20-30 cm;
- posa in opera sulla porzione superiore della scarpata rimodellata di biostuoie opportunamente rese solidali al terreno mediante l'utilizzo di picchetti metallici, formati con tondino di acciaio Ø 6 mm e della lunghezza di circa 50 cm, in numero di 2-4 picchetti per metro quadrato. La biostuoia dovrà essere posata a partire da trincee a monte profonde 15-20 cm circa ed appoggiata sul pendio con una sovrapposizione tra telo e telo di 5-10 cm.

La palificata a doppia parete è schematicamente illustrata nelle immagini seguenti:



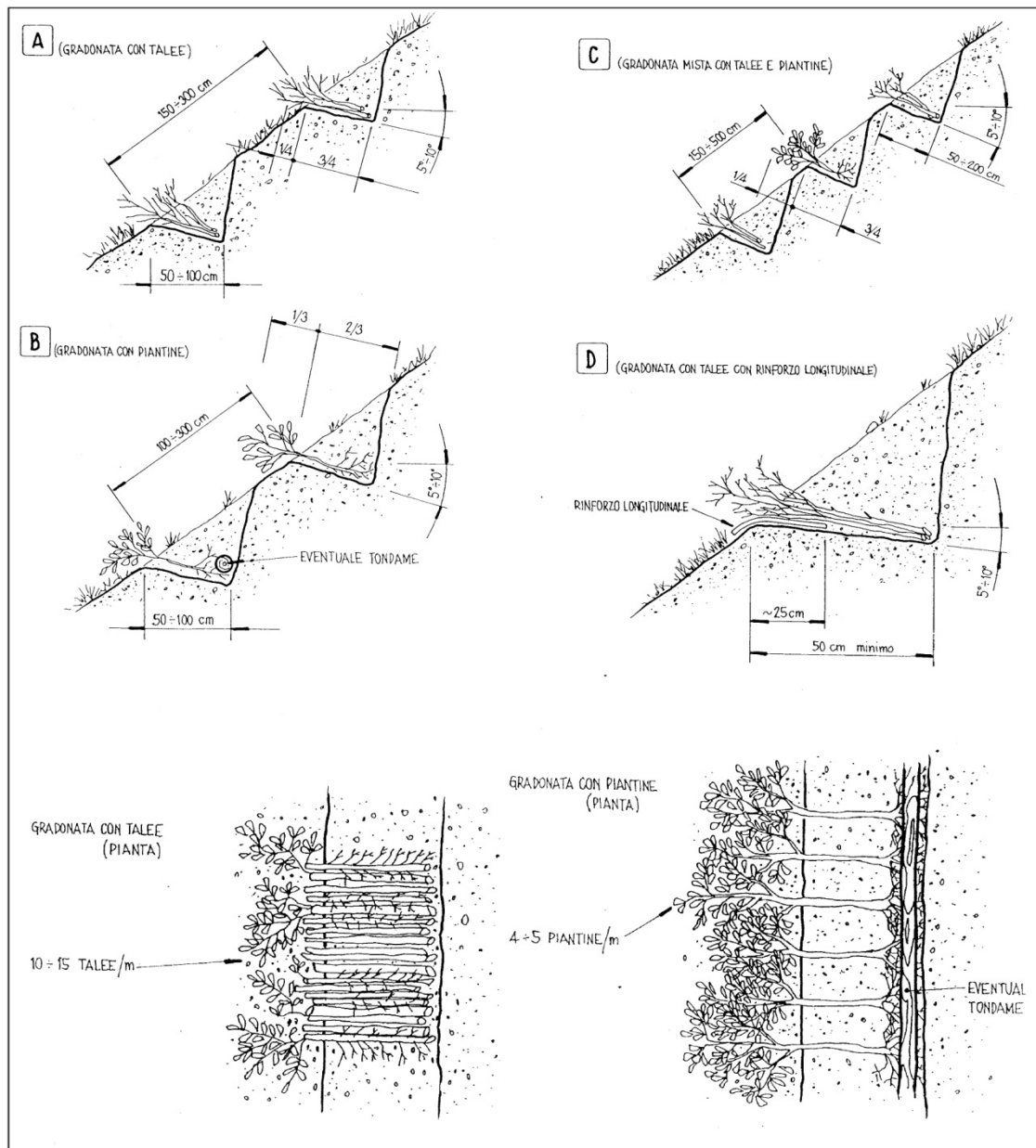
Opere di consolidamento superficiale

Al fine di evitare l'innescò di fenomeni erosivi localizzati si dovrà intervenire sulle opere esistenti che dovranno essere asportate e sostituite con gradonate distribuite sull'intero pendio anche con funzione di ridurre la velocità di deflusso delle acque superficiali, eventualmente integrate da palificate analoghe a quelle descritte al punto precedente.

Le gradonate saranno messe in opera scavando delle banchine lungo le curve di livello di larghezza non inferiore a 50 cm in leggera contropendenza con interasse di 2÷3 m al cui interno saranno posate talee di salice disposte a pettine in ragione di 10÷30 talee per metro interrate per $\frac{3}{4}$ della loro lunghezza in modo da consentire il radicamento. In alternativa alle talee di salice potranno essere messe a dimora piantine radicate di essenze idonee.

L'intervento sarà realizzato a partire dal basso in modo da poter ritombare ciascuna banchina con il terreno di scavo della banchina superiore. In occasione della realizzazione dell'intervento si procederà inoltre all'asportazione dei residui di sfalcio presenti sul versante e del tondame marcescente residuo dei precedenti interventi eseguiti sul versante.

L'intervento è schematicamente illustrato nelle immagini seguenti:



Interventi sulla vegetazione arborea

Al fine di scaricare il versante evitando l'innescare di fenomeni franosi localizzati in caso di schianto degli esemplari maggiormente sviluppati in altezza ed in condizioni di stabilità più critiche si ritiene necessario procedere ad un intervento di abbattimento selettivo della vegetazione arborea che consenta un riequilibrio vegetativo del versante.

9. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E PROPOSTA DI RIPERIMETRAZIONE DELLA CLASSE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

Le indagini di dettaglio condotte in sito e i risultati delle verifiche numeriche eseguite consentono di pervenire alle seguenti considerazioni relative alle condizioni di pericolosità geologica del sito:

- il versante esaminato è caratterizzato dalla presenza di depositi sabbioso-ghiaiosi a debole cementazione dotati di buone caratteristiche geotecniche, ricoperti con spessori mediamente compresi tra 2 e 3 m da una coltre eluvio-colluviale costituita da ghiaie limose e ghiaie sabbiose da debolmente argillose ad argillose caratterizzate da più scadenti parametri geotecnici;
- l'esame di dettaglio del versante ha consentito di escludere la presenza di fenomeni di dissesto in atto, ad eccezione di un limitato franoso in corrispondenza di ciglio di scavo residuo avente sviluppo verticale di circa 3 m e estensione di circa 6 m;
- i valori del coefficiente di sicurezza calcolati in condizioni statiche risultano compresi tra 1.22 e 1.25 ed è quindi possibile attribuire all'intero versante in esame una classe di **pericolosità preliminare H3**, definita in accordo alle indicazioni di cui all'Allegato 2 della d.g.r. 8/7374 del 28/05/2008 - *Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da frana* –;
- considerato l'assenza di elementi tali da incrementare o ridurre le condizioni di pericolosità, è possibile attribuire al versante considerato, limitatamente all'**area omogenea 2** una classe di **pericolosità finale H3**;
- alla **area omogenea 1** è possibile attribuire una classe di **pericolosità finale H1**;
- tra le due aree omogenee è stata inserita una zona di transizione, di ampiezza pari a 10 m, a cui è stata attribuita una **pericolosità finale H2**.

Alla luce delle considerazioni di cui sopra si ritiene proponibile una ridefinizione della classe di fattibilità geologica dell'ambito oggetto della proposta di declassamento, ricadente all'interno della area omogenea 2: in particolare, considerata la classe di pericolosità finale

attribuita all'area, si ritiene adeguato un declassamento dell'ambito esaminato da **classe di fattibilità 4b - area con gravi limitazioni a classe di fattibilità 3b' – area con consistenti limitazioni** –.

Per la classe di fattibilità 3b', di nuova istituzione, si propone l'adozione della seguente norma geologica di piano.

Classe 3b' – versanti acclivi (fattibilità con consistenti limitazioni)

Principali caratteristiche: versanti acclivi con substrato costituito da depositi fluvioglaciali a debole cementazione dotati di discreti parametri geotecnici. Aree generalmente stabili con possibile predisposizione a fenomeni di erosione del suolo in corrispondenza delle aree a maggiore acclività con innesco di modesti fenomeni di dissesto;

Parere sull'edificabilità: favorevole con limitazioni relative al controllo e regimazione delle acque superficiali e alla valutazione della dinamica gravitativa;

Tipo di intervento ammissibile: in quest'area sono ammessi unicamente interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo e ristrutturazione così come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c), d) della l.r. 11 marzo 2005 n. 12 "Legge per il governo del territorio"; sono inoltre ammessi interventi di consolidamento dei versanti e prevenzione del dissesto idrogeologico;

Indagini di approfondimento necessarie: si rendono necessarie indagini geologico-tecniche (IGT) per ogni tipo di intervento edificatorio ammesso, da effettuare preventivamente alla progettazione esecutiva. Tali indagini dovranno permettere la valutazione della stabilità dei versanti e dei fronti di scavo (SV) connesso al terreno in esame, anche in relazione alla collocazione dell'opera e finalizzati alla valutazione della compatibilità dell'intervento con le condizioni di rischio ed al dimensionamento degli interventi di sistemazione e ripristino ambientale;;

Interventi da prevedere in fase progettuale: per ogni tipo di opera, gli interventi da prevedere saranno rivolti alla regimazione idraulica e alla predisposizione di accorgimenti per lo smaltimento delle acque meteoriche (RE), nonché ad opere per la difesa del suolo (DS).

La proposta di ripermimetrazione è riportata nella **Tavola T.4** allegata alla presente relazione.

Si sottolinea infine la necessità di porre in atto un intervento generalizzato di riordino del versante secondo le linee guida di cui al capitolo precedente in grado di garantire il mantenimento nel tempo di adeguati margini di sicurezza anche in considerazione della presenza dei sottostanti edifici. La messa in atto degli interventi descritti consentirà inoltre di

ottenere un sensibile incremento della resistenza a taglio mobilizzabile all'interno della coltre superficiale in grado di garantire un apprezzabile aumento del coefficiente di sicurezza globale del versante.



ALLEGATI

ALLEGATO 1

SONDAGGI GEOGNOSTICI

STRATIGRAFIE

Committente Ristorante Toscano

Commessa Verifica stabilità versante

Località Robbiate (LC)

Data 07-08/01/10 Sondaggio n. Pz1 (1di2) Quota p.c. _____

SoilData
STUDIO ASSOCIATO

CONSULENZE GEOLOGICO-TECNICHE
MISURE GEOTECNICHE IN SITO

Via G. Mazzini, 24 - 23875 OSNAGO (LC)
TEL. 039.9280280 - 039.9289091 - FAX 039.9289091
E-MAIL: soildata@soildata.it

Profondità da p.c. [m]	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Pocket penetr. [MPa]	Pocket vane [kPa]	S.P.T.	Prove in foro	R.Q.D. [%]	piezometro
-0.05		Asfalto.							
-0.20		Calcestruzzo.							
1		Ghiaia e sabbia debolmente limosa nocciola con clasti poligenici e arrotondati (diam. max = 10-12 cm).				11 23 28			
-2.30		Ghiaia debolmente cementata con livelli ben cementati di spessore decimetrico (max 30 cm) con clasti poligenici da arrotondati a spigolosi.	C1			50R5			
-4.30		Ghiaia e sabbia da debolmente limosa a limosa con sporadici livelli debolmente cementati di spessore centimetrico. Clasti poligenici da arrotondati a spigolosi di diam. max > 15 cm.	C2						
5									
6									
7									
8									
9									
10									

Livello piezometrico: data 18/01/10 profondità' ass. _____ m
data _____ profondità' _____ m
data _____ profondità' _____ m

Diametro perforazione 101 mm
Diametro rivestimento 127 mm

Committente Ristorante Toscano

Commessa Verifica stabilità versante

Località Robbiate (LC)

Data 07-08/01/10 Sondaggio n. Pz1 (2di2) Quota p.c. _____

SoilData
STUDIO ASSOCIATO

CONSULENZE GEOLOGICO-TECNICHE
MISURE GEOTECHNICHE IN SITO

Via G. Mazzini, 24 - 23875 OSNAGO (LC)
TEL. 039.9280280 - 039.9289091 - FAX 039.9289091
E-MAIL: soildata@soildata.it

Profondità da p.c. [m]	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Pocket penetr. [MPa]	Pocket vane [kPa]	S.P.T.	Prove in foro	R.Q.D. [%]	piezometro
		Ghiala e sabbia da debolmente limosa a limosa con sporadici livelli debolmente cementati di spessore centimetrico. Clasti poligenici da arrotondati a spigolosi di diam. max > 15 cm.							
-10.50									
11									
12		Ghiala e sabbia limosa nocciola ocraceo con clasti poligenici da arrotondati a spigolosi (diam. max = 5-6 cm).	C3						
13									
-13.50		Sabbia grossolana debolmente limosa con sporadici ciottoli di diam max = 2-3 cm.							
14									
-14.00		Sabbia e ghiaia da debolmente limosa a limosa nocciola ocraceo con clasti di diam. max = 8-10 cm.							
15									
-15.00									-15.00
16									
17									
18									
19									
20									

Livello piezometrico: data 18/01/10 profondità' ass. _____ m
data _____ profondità' _____ m
data _____ profondità' _____ m

Diametro perforazione 101 mm

Diametro rivestimento 127 mm

Committente Ristorante Toscano
 Commessa Verifica stabilità versante
 Località Robbiate (LC)
 Data 08-09/01/10 Sondaggio n. S1 (1di2) Quota p.c. _____

SoilData
 STUDIO ASSOCIATO

CONSULENZE GEOLOGICO-TECNICHE
 MISURE GEOTECNICHE IN SITO

Via G. Mazzini, 24 - 23875 OSNAGO (LC)
 TEL. 039.9280280 - 039.9289091 - FAX 039.9289091
 E-MAIL: soildata@soildata.it

Profondità da p.c. [m]	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Pocket penetr. [MPa]	Pocket vane [kPa]	S.P.T.	Prove in foro	R.Q.D. [%]	piezometro
		Ghiaia e sabbia debolmente limosa nocciola con ciottoli poligenici arrotondati di diam. max = 8-12 cm.	C1			10 6 5			
						7 6 10			
						12 9 8			
-4.80		Ghiaia e sabbia con livelli cementati di spessore centimetrico.	C2						
-6.00		Limo sabbioso giallo ocreo inglobante scaglie litiche a spigoli vivi.				50R12			
-6.80		Calcarei marnosi grigio nocciola con sporadici livelli di marne siltose di spessore centimetrico (5-10 cm) e livelli brecciati con vene di calcite ricristallizzata. Stratificazione con inclinazione di circa 65°-70° con spaziatura compresa tra 5 e 25 cm. Presenti un sistema di fratture k1 con inclinazione di circa 60°-70° e sviluppo di calcite di ricristallizzazione e un sistema k2 con inclinazione di circa 15°-20° e sviluppo di calcite di ricristallizzazione.	C3					46	
								47	
								64	

Livello piezometrico: data _____ profondità' _____ m
 data _____ profondità' _____ m
 data _____ profondità' _____ m

Diametro perforazione 101 mm
 Diametro rivestimento 127 mm

Committente Ristorante Toscano

Commessa Verifica stabilità versante

Località Robbiate (LC)

Data 08-08/01/10 Sondaggio n. S1 (2di2) Quota p.c. _____

SoilData
STUDIO ASSOCIATO

CONSULENZE GEOLOGICO-TECNICHE
MISURE GEOTECNICHE IN SITO

Via G. Mazzini, 24 - 23875 OSNAGO (LC)
TEL. 039.9280280 - 039.9289091 - FAX 039.9289091
E-MAIL: soildata@soildata.it

Profondità da p.c. [m]	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Pocket penetr. [MPa]	Pocket vane [kPa]	S.P.T.	Prove in foro	R.Q.D. [%]	piezometro
11		Calcari marnosi grigio nocciola con sporadici livelli di marne siltose di spessore centimetrico (5-10 cm) e livelli brecciati con vene di calcite ricristallizzata. Stratificazione con inclinazione di circa 65°-70° con spaziatura compresa tra 5 e 25 cm. Presenti un sistema di fratture k1 con inclinazione di circa 60°-70° e sviluppo di calcite di ricristallizzazione e un sistema k2 con inclinazione di circa 15°-20° e sviluppo di calcite di ricristallizzazione.						73	
12								64	
13								63	
14								100	
15								65	
-15.00									
16									
17									
18									
19									
20									

Livello piezometrico: data _____ profondità' _____ m

data _____ profondità' _____ m

data _____ profondità' _____ m

Diametro perforazione 101 mm

Diametro rivestimento 127 mm

ALLEGATO 2

POZZETTO ESPLORATIVO

STRATIGRAFIA

Committente Ristorante Toscano

Commessa Verifica stabilità versante

Data 18/01/10 Pozzetto n. PE1 Quota p.c. _____

Coordinate _____

Pagina PAGINA

SoilData
STUDIO ASSOCIATO

CONSULENZE GEOLOGICO-TECNICHE
MISURE GEOTECNICHE IN SITO

Via G. Mazzini, 24 - 23875 OSNAGO (LC)
TEL. 039.9280280 - 039.9289091 - FAX 039.9289091
E-MAIL: soildata@soildata.it

Profondità da p.c. [m]	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Pocket penetr. [kPa]	Pocket vane [kPa]			
.2 .4		Sabbia limosa con ghiaia e ciottoli poligenici (diam. max = 10–12 cm) di colore bruno rossastro.		50				
				50				
				200				
			C1	50				
.6 .8 1.0 1.2		Ghiaia e ciottoli poligenici debolmente cementata grigio nocciola. Ciottoli arrotondati di diam. max = 15–20 cm con processi di arenizzazione dei componenti cristallini e metamorfici.		300				
				500				
			C2	600				
				500				
			1.4 1.6 1.8			Sabbia medio-grossolana con laminazioni piano-parallele.		100
								100
								100
								500
2.0 2.2		Ghiaia media debolmente cementata.		500				
				50				
2.2 2.4		Sabbia grossolana con ciottoli poligenici (diam. max = 4–5 cm).		100				
				> 1000				
2.4 2.6		Conglomerato fine debolmente cementato.	C3					
				50				
2.6 2.8		Sabbia medio-grossolana.		100				
				300				
2.8 3.0 3.2		Ghiaia, ciottoli (diam. max = 20 cm) e sabbia debolmente cementata. Ciottoli poligenici arrotondati debolmente alterati con sviluppo di processi di arenizzazione dei componenti cristallini e metamorfici.		500				
				500				
				500				
				500				
3.4 3.6 3.8 4.0								

Note:

ALLEGATO 3

RILIEVO GEOMECCANICO

SCHEDA DI RILIEVO E SINTESI DEI DATI

Scheda di sintesi

Condizioni generali dell'ammasso roccioso

A photograph of a rock face showing horizontal sedimentary layers. A white vertical scale bar is placed against the rock for measurement. The rock is light-colored with some green vegetation growing on it.

Struttura in ammassi complessi

Litologia e descrizione geologica generale

Conglomerato poligenico ben cementato in strati decimetrici e banchi metrici con locali livelli di arenarie medio grossolane. Nel complesso l'ammasso risulta poco fratturato con sviluppo di un unico sistema di giunti oltre a occasionali fratture random. Presenza di cavità da dissoluzione.

Condizioni generali delle discontinuità

[illegible]

Rilievo di dettaglio delle discontinuità

Rilievo geomeccanico n°

RG1[illegible]

ALLEGATO 4

POINT-LOAD STRENGTH TEST

RISULTATI

**PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE A CARICO PUNTIFORME
POINT-LOAD STRENGTH TEST**

(ISRM, 1985)

Committente	Ristorante Toscano
Commessa	Verifica stabilità pendio
Località	Robbiate (LC)
Data	10/02/10
Area di prelievo	RG1
Campione	C1
Litologia	Conglomerato poligenico ben cementato

Test perpendicolari

Tipo di test		D	W	P	I _s (50)
diametrico	assiale o irregolare	[mm]	[mm]	[kN]	[MPa]
	x	70	75	10,13	1,89
	x	52	55	5,55	1,66
	x	50	60	6,01	1,73
	x	52	75	7,71	1,81
	x	55	65	8,30	2,09
	x	50	60	11,92	3,43
	x	60	70	7,19	1,60
	x	63	70	13,65	2,92
	x	61	65	10,27	2,38
	x	46	55	4,90	1,61
	x	42	75	6,67	1,85

Test paralleli

Tipo di test		D	W	P	I _s (50)
diametrico	assiale o irregolare	[mm]	[mm]	[kN]	[MPa]

Risultati della prova - Valori medi				
Test perpendicolari			Test paralleli	
I _s (50)	[MPa]	2,09	I _s (50)	[MPa] -
C _o	[MPa]	50,11	C _o	[MPa] -

Indice di anisotropia	I _a [-]	-
Valutazione statistica sui valori di I _s (50)		

Test perpendicolari		
Deviazione standard	[MPa]	0,59
Coefficiente di variazione	[%]	28

Test paralleli		
Deviazione standard	[MPa]	-
Coefficiente di variazione	[%]	-



**PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE A CARICO PUNTIFORME
POINT-LOAD STRENGTH TEST**

(ISRM, 1985)

Committente	Ristorante Toscano
Commessa	Verifica stabilità pendio
Località	Robbiate (LC)
Data	10/02/10
Area di prelievo	PZ1
Campione	C1
Litologia	Conglomerato poligenico ben cementato

Test perpendicolari

Tipo di test		D	W	P	I _{s (50)}
diametrica	assiale o irregolare	[mm]	[mm]	[kN]	[MPa]
	x	78	80	9,82	1,60
	x	73	80	4,38	0,75
	x	60	75	5,88	1,24
	x	40	55	4,07	1,49
	x	78	80	8,88	1,45
	x	53	70	5,21	1,27
	x	49	65	4,65	1,28

Test paralleli

Tipo di test		D	W	P	I _{s (50)}
diametrica	assiale o irregolare	[mm]	[mm]	[kN]	[MPa]

Risultati della prova - Valori medi

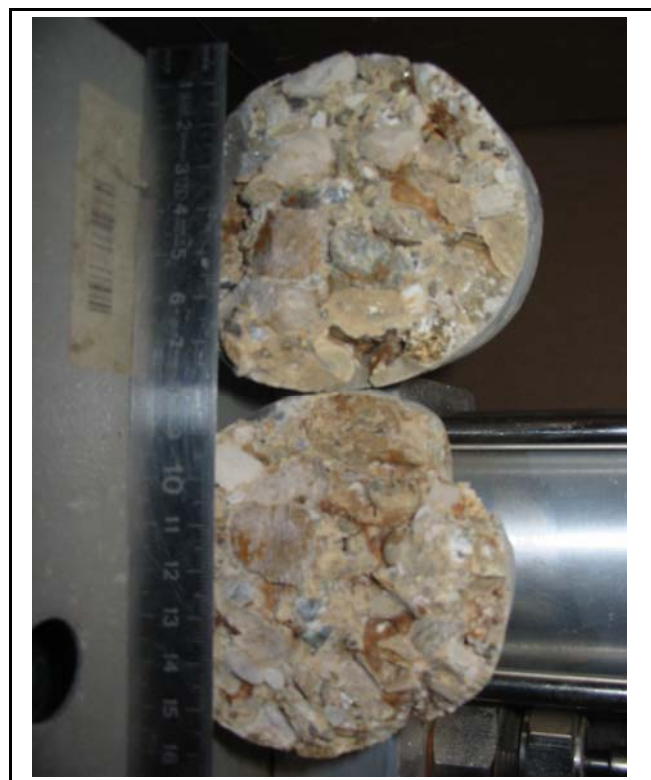
Test perpendicolari			Test paralleli		
I _{s (50)}	[MPa]	1,30	I _{s (50)}	[MPa]	-
C _o	[MPa]	31,15	C _o	[MPa]	-

Indice di anisotropia	I _a [-]	-
------------------------------	--------------------	---

Valutazione statistica sui valori di I_{s (50)}

Test perpendicolari		
Deviazione standard	[MPa]	0,28
Coefficiente di variazione	[%]	21

Test paralleli		
Deviazione standard	[MPa]	-
Coefficiente di variazione	[%]	-



**PROVA DI COMPRESSIONE MONOASSIALE A CARICO PUNTIFORME
POINT-LOAD STRENGTH TEST**

(ISRM, 1985)

Committente	Ristorante Toscano
Commessa	Verifica stabilità pendio
Località	Robbiate (LC)
Data	10/02/10
Area di prelievo	S1
Campione	C3
Litologia	Calcere marnoso

Test perpendicolari

Tipo di test		D	W	P	I _{s (50)}
diametricale	assiale o irregolare	[mm]	[mm]	[kN]	[MPa]
	x	31	55	4,59	2,05
	x	57	60	5,65	1,47
	x	60	65	6,53	1,53
	x	45	70	12,96	3,59
	x	48	50	11,17	3,82
	x	55	75	19,29	4,34
	x	45	80	12,18	3,05
	x	55	75	10,30	2,32

Test paralleli

Tipo di test		D	W	P	I _{s (50)}
diametricale	assiale o irregolare	[mm]	[mm]	[kN]	[MPa]
	x	80	140	2,11	0,22
	x	55	70	1,40	0,33
	x	54	75	0,90	0,21
	x	48	68	0,41	0,11
	x	57	75	0,70	0,15
	x	75	85	3,47	0,56
	x	43	55	4,01	1,39
	x	75	100	0,40	0,06
	x	75	80	0,97	0,16
	x	60	60	2,21	0,55

Risultati della prova - Valori medi

Test perpendicolari			Test paralleli		
I _{s (50)}	[MPa]	2,77	I _{s (50)}	[MPa]	0,37
C _o	[MPa]	66,52	C _o	[MPa]	8,97

Indice di anisotropia	I_a [-]	7,41
------------------------------	--------------------------	-------------

Valutazione statistica sui valori di I_{s (50)}

Test perpendicolari		
Deviazione standard	[MPa]	1,09
Coefficiente di variazione	[%]	39

Test paralleli		
Deviazione standard	[MPa]	0,40
Coefficiente di variazione	[%]	106



ALLEGATO 5

INDAGINI GEOFISICHE

RISULTATI



Regione Lombardia



Provincia di Lecco



Comune di Robbiate



DATA	REDATTO	APPROVATO	NOTE
Febbraio 2010	GHISELLI - LUPI	CARPENA	



GEOLOGIA E GEOFISICA

GEOREFLEX S.r.l. - Sede legale: Via Fioruzzi, 15 – 29100 Piacenza (PC)

Reg. Imprese PC n° 01164400333 – REA 131568 - Cod.Fisc./Partita IVA: 01164400333

Tel.: 0523/454042 Fax: 0523/462427- <http://www.georeflex.it> - E mail: info@georeflex.it



INDICE

1. INTRODUZIONE.....	3
2. INDAGINI IN SITO.....	2
2.1 Sismica a rifrazione	4
2.1.1 Descrizione del metodo	4
2.1.2 Strumentazione e criteri di acquisizione	4
2.1.3 Elaborazione dei dati	7
3. CONCLUSIONI.....	10

TAVOLA 1: ubicazione indagini geofisiche

TAVOLA 2: risultati indagini geofisiche

1. INTRODUZIONE

Su incarico di Soildata – Studio Associato – di Osnago (LC) nel mese di Gennaio 2010 *Georeflex Srl* ha eseguito l'acquisizione di nr. 5 stendimenti sismici a rifrazione in corrispondenza del versante ad Ovest del Ristorante Toscano nel Comune di Robbiate, Provincia di Lecco (**Figura 1**).

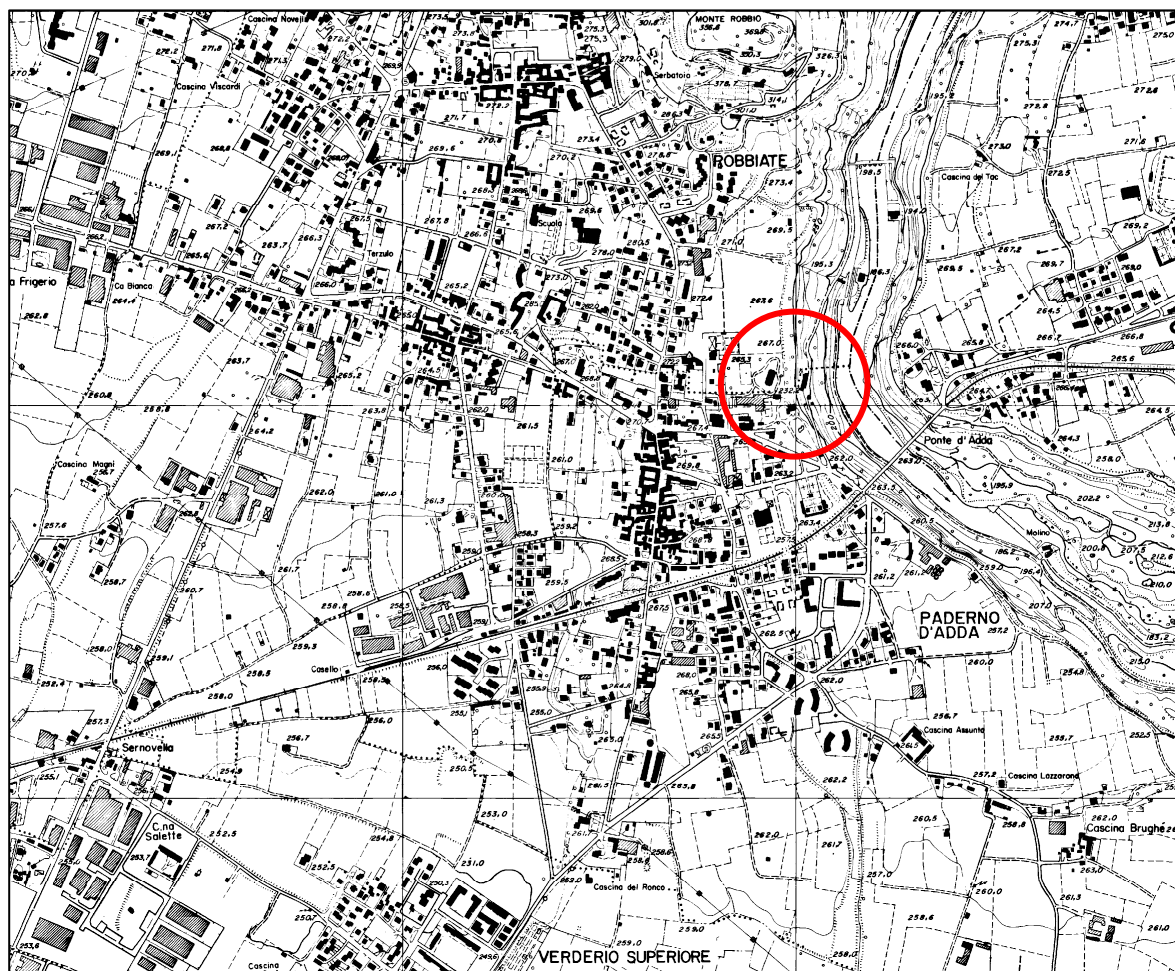


Figura 1: inquadramento geografico dell'area d'indagine.

L'indagine sismica a rifrazione permette di definire l'andamento delle velocità sismiche V_p nel sottosuolo, evidenziando i gradienti verticali, le eventuali variazioni laterali e le profondità delle discontinuità elastiche più significative.



2. INDAGINI IN SITO

2.1 Sismica a rifrazione

2.1.1 Descrizione del metodo

La sismica a rifrazione è una delle indagini geofisiche più utilizzate dall'ingegneria civile per la conoscenza del sottosuolo. Durante l'indagine si misura il tempo necessario perché la perturbazione elastica indotta nel sottosuolo da una determinata sorgente di energia giunga agli apparecchi di ricezione percorrendo lo strato superficiale con onde dirette e gli strati più profondi con onde rifratte.

La velocità di propagazione dell'onda sismica dipende dalle caratteristiche elastiche del sottosuolo e dalla sua conformazione; la relazione tra velocità dell'onda e distanza sorgente – geofono (*dromocrona*) consente di risalire agli spessori degli strati esistenti nel sottosuolo.

L'apparecchiatura necessaria per le prospezioni è costituita da una serie di geofoni (generalmente 12 o 24) che vengono spazati regolarmente lungo un determinato allineamento e da un sismografo che registra l'istante di partenza della perturbazione ed i tempi di arrivo delle onde a ciascun geofono. La registrazione, sia del momento dell'esplosione che del segnale amplificato da ciascun geofono, avviene simultaneamente su di un unico diagramma (sismogramma).

La sorgente di energia può essere costituita da cariche esplosive, cannoncino sismico, mazza battente, ecc.

2.1.2 Strumentazione e criteri di acquisizione

Lo strumento di registrazione utilizzato è un sismografo modulare denominato "GEODE" che fa parte della gamma dei prodotti *Geometrics*. Si tratta di uno strumento estremamente compatto (27x25x18 cm), di ultima generazione, molto flessibile, che consente una grande varietà di configurazioni e di utilizzi.

E' dotato di un convertitore analogico – digitale a 24 bit che permette intervalli di campionamento estremamente ridotti (da 0,02 ms a 16 ms); inoltre è caratterizzato da un range dinamico di sistema di ben 144 dB e un'ampia banda di ingresso (da 1,75 Hz a 20

kHz). Queste caratteristiche, associate ad una distorsione molto ridotta (0.0005 %), si traducono nella possibilità di riprodurre in modo estremamente accurato il segnale sismico, anche nelle componenti più elevate in frequenza.

Il “GEODE” viene collegato ad un’unità centrale di controllo costituita da un normale notebook.

I sensori disposti sul terreno, sono geofoni (*Mark Products L40 A-2*) caratterizzati da una frequenza di smorzamento di 14 Hz (vedi le **Figure 2a** e **b** relative all’interno di un geofono tipo e al suo funzionamento).

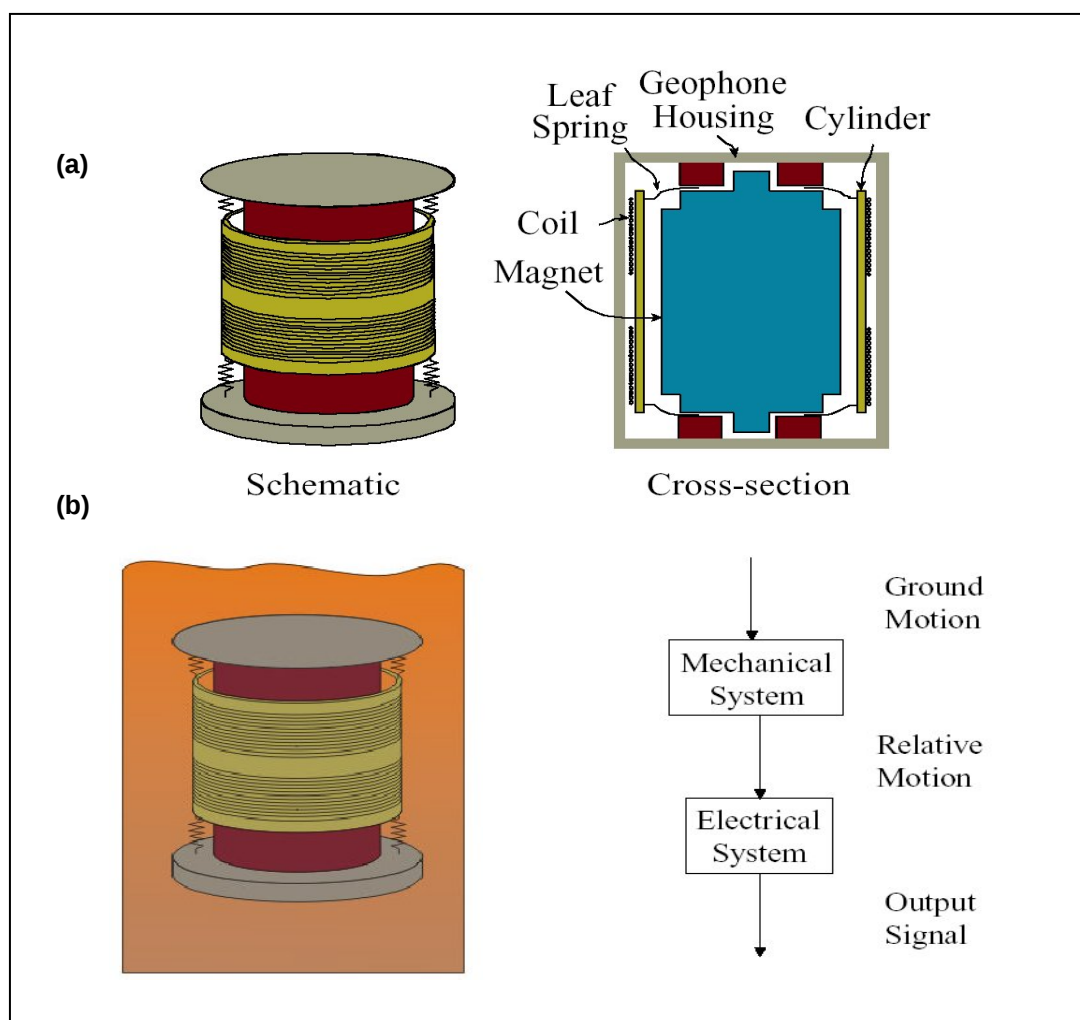


Figura 2: (a) schema dell’interno di un geofono; (b) schema relativo al funzionamento di un geofono.



I profili sismici a rifrazione, sono stati acquisiti impiegando stendimenti con le seguenti geometrie e lunghezze.

Linea 1: stendimento a 12 canali con interasse geofonico costante di 3 metri (L=33 ml)

Linea 2: stendimento a 12 canali con interasse geofonico costante di 4 metri (L=44ml)

Linea 3: stendimento a 12 canali con interasse geofonico costante di 4 metri (L=44 ml)

Linea 4: stendimento a 12 canali con interasse geofonico costante di 5 metri (L=55 ml)

Linea 5: stendimento a 12 canali con interasse geofonico costante di 5 metri (L=55 ml)

TOTALE METRI DI ACQUISIZIONE:.....231 METRI

L'energia sismica in superficie è stata prodotta utilizzando un martello sismico da 10 kg a percuotere una lastra di teflon o, dove necessario, un cannoncino sismico caricato a pallettoni.

Sono state effettuate nr. 7 energizzazioni per ogni linea, secondo gli schemi riportati in **Figura 3**, in funzione degli spazi disponibili

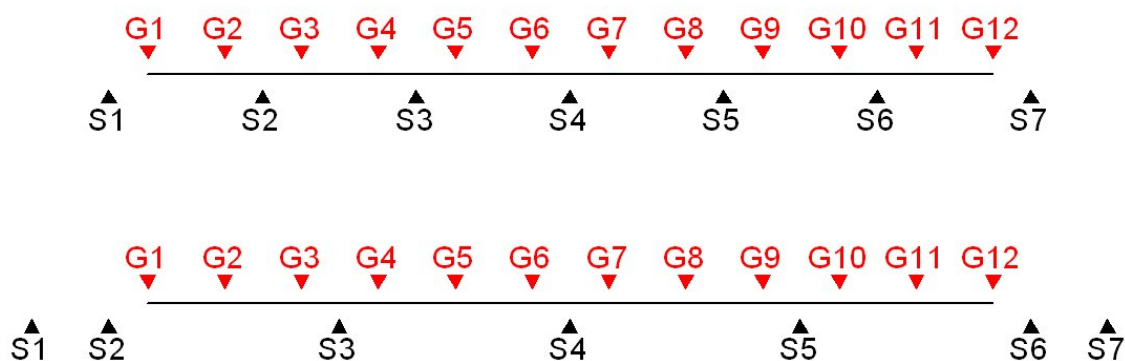


Figura 3: schema delle geometrie utilizzate durante la fase di acquisizione a 12 canali.

La possibilità di visualizzare sullo schermo in tempo reale i dati e di darne una prima interpretazione speditiva permette di modificare – se necessario – durante la campagna, i parametri di acquisizione, in modo da ottenere il miglior risultato possibile.



Dove si è ritenuto necessario è stata fatta un'operazione di *stacking*, cioè sono state sommate positivamente varie tracce sismiche in modo da accentuare il segnale diminuendo nel contempo il rumore di fondo.

2.1.3 Elaborazione dei dati

I dati acquisiti in formato SEG – 2 sono stati trasferiti su PC e le tracce sismiche affette da anomalie d'ampiezza sono state rimosse.

Il *picking* dei primi arrivi e la loro conversione in un modello superficiale di velocità sono stati eseguiti con due prodotti software della *Europex Ltd.* denominati rispettivamente *Firstpix* e *Gremix*; quest'ultimo prodotto è basato sull'algoritmo di *D. Palmer* noto come GRM (Generalized Reciprocal Method).

Il modello di velocità ottenuto è stato successivamente utilizzato quale modello iniziale per l'inversione tomografica, realizzata con **Firstomo** (anch'esso prodotto dalla *Europex Ltd*); il *ray tracing* di questo pacchetto software è stato sviluppato sulla base della teoria dei grafi.

I risultati ottenuti sono stati importati in Autocad e sono state montate le sezioni sismostratigrafiche, i diagrammi di velocità e le dromocrone presenti nella tavola generale esplicativa.

Descrizione Linea Sismica 1

La linea sismica, in direzione Ovest – Est, presenta un dislivello topografico di circa 15 metri, per una lunghezza totale di 33 m.

L'elaborazione dei dati con tecnica convenzionale (EGRM), ha permesso di definire il passaggio tra lo strato superficiale, caratterizzato da basse velocità delle Onde P, e lo strato sottostante più compatto e con velocità più elevate. Nello strato superficiale i valori di V_p sono mediamente intorno a 400 m/sec; nel substrato, invece, le V_p sono nettamente superiori e raggiungono valori prossimi a 2500 m/sec nella parte centrale dello stendimento. Nella parte occidentale, quella posta più a monte, le velocità nel substrato sono mediamente più basse, con valori dell'ordine di 1500 m/sec. Lo strato superficiale ha spessore approssimativo di 4 metri, con un assottigliamento in corrispondenza del geofono G10 dove presenta uno spessore di circa 2 metri.



Descrizione Linea Sismica 2

Lo stendimento sismico si sviluppa per una lunghezza di 44 m con direzione parallela alla Linea 1, in un'area contraddistinta da un dislivello totale di circa 25 metri.

L'analisi dei dati mostra la presenza di uno strato aerato superficiale caratterizzato da una V_p pari a circa 400 m/s. Gli spessori sono variabili, intorno ai 4 metri; in corrispondenza del geofono G9 il sismostrato si assottiglia fino a 1 metro circa di spessore.

Nel substrato le velocità hanno valori variabili da 1400 a 1700 m/sec: le velocità più elevate si hanno tra i geofoni G9 e G11.

Descrizione Linea Sismica 3

Questa linea sismica si sviluppa con direzione parallela alle precedenti, con il Geofono G1 posto ad Ovest ed il Geofono G12 ad Est, lungo un transetto che presenta un dislivello di circa 26 metri. La distanza tra i geofoni è stata posta pari a 4 metri, per uno stendimento lungo complessivamente 44 metri.

Come evidenziato per le precedenti due stese sismiche, si rileva una zona superficiale con velocità basse, costanti lungo tutta la linea e pari a 400 m/sec circa.

Il sismostrato sottostante presenta valori più elevati, anche se più bassi rispetto alle precedenti linee, variabili tra 800 e 1200 m/sec. Rispetto alle due precedenti stese sismiche si riscontra quindi una maggiore uniformità delle velocità delle Onde P, sia nello strato superficiale che in quello immediatamente sottostante. L'andamento topografico del tetto di quest'ultimo è vario, così da determinare spessori ridotti tra i geofoni G5 e G8, fino a 2,9 metri circa nello strato superficiale.



Descrizione Linea Sismica 4

Questa linea sismica si sviluppa per 55 metri in direzione meridiana lungo un transetto che presenta un dislivello di circa 7 metri tra la parte posta a Sud e quella posta a Nord.

Coerentemente con quanto evidenziato dalle precedenti tre stese sismiche, si rileva una zona superficiale che presenta velocità delle Onde P basse, intorno a 400 m/sec.

Al di sotto si riscontra un sismostrato con velocità delle Onde P più elevate, variabili tra 1400 m/sec, nei settori estremi, e 1800 m/sec, in prossimità del geofono G3.

Descrizione Linea Sismica 5

La linea sismica 5 si sviluppa per 55 metri in direzione Sud – Nord, con un dislivello di circa 8 metri.

L'elaborazione dei dati permette di rilevare una zona superficiale con velocità basse, variabili tra 400 e 700 m/sec, al di sotto della quale si trova un sismostrato con velocità delle Onde P più elevate, variabili in un range compreso tra 1400 m/sec e 1700 m/sec. Le velocità più elevate si riscontrano nella parte settentrionale dello stendimento.

Il sismostrato superficiale, a bassa velocità, presenta uno spessore che diminuisce gradualmente da Sud a Nord, passando da 5 m a 3,5 m circa, con un andamento topografico irregolare del limite inferiore.



3. CONCLUSIONI

Su incarico di Soildata – Studio Associato - nel mese di Gennaio 2010 *Georeflex Srl* ha eseguito l'acquisizione di dati sismici mediante metodo sismico a rifrazione in un'area che si colloca all'interno del Comune di Robbiate, in Provincia di Lecco. L'obiettivo dell'indagine è la definizione degli spessori dello strato più superficiale e la sua caratterizzazione in termini di velocità di propagazione delle Onde P, al fine di verificare le condizioni di stabilità del versante.

Dall'analisi dei risultati emersi si può osservare come la zona oggetto del presente studio sia caratterizzata da un buon responso sismico.

Il segnale è stato reso più intenso in fase di acquisizione sommando positivamente più colpi tramite l'operazione di stacking: questo accorgimento, usuale nelle campagne di sismica a rifrazione, ha permesso di ottenere dati di buona qualità.

Come si evince dall'analisi delle dromocrone, risulta evidente il passaggio, lungo ogni stendimento, da velocità mediamente basse a velocità più elevate. Questo responso sismico rispecchia sostanzialmente la situazione locale caratterizzata da un riempimento di materiale a basso potere di trasmissione delle onde sismiche che ricopre un substrato mediamente compatto.

Facendo chiaramente riferimento ai soli dati sismici, si evidenzia, quindi, per tutte le sezioni, la presenza di una zona a bassa velocità superficiale, con spessori variabili da 1 metro – in corrispondenza della linea 2 – fino a circa 5 metri – in corrispondenza della linea 5.

Il Rappresentante Legale

Dr. Andrea Carpena

GEOREFLEX S.r.l.

Sede legale: Via Fioruzzi n. 15 - 29100 Piacenza (PC)
Capitale sociale Euro 30.000,00 i.v.
Reg. Imprese PC n° 01164400333 – REA 191568
c.f. 01164400333
p.IVA 01164400333

ALLEGATO 6

PROVE DI LABORATORIO

RISULTATI

Laboratorio ALTAIR

Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")
ex D.P.R. 21.04.1993 n.246 e Circ. 349/STC del 16.12.1999
Rilasciata con Decreto Presidente del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore LL.PP.
n. 52505 del 11 ottobre 2004



CERTIFICATO di PROVA N. 0120-2010

emesso il 01/02/2010

Costituito da n. 2 pagine compresa la presente

Committente **Soildata Services Srl**

Commessa **Ristorante Toscano**

Località **Robbiate LC**

Verbale di Accettazione **n. 1097** **Data 20/01/2010**

DESCRIZIONE ED IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Tipo di Materiale	n. 1 campione di terreno rimaneggiato
Sondaggio/Pozzetto	PZ1
Campione	C2
Profondità	7.00 – 7.50 m

ELENCO PROVE

Prova	Procedura	Data inizio	Data fine
Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione	ASTM D2487 - 98 ASTM D422 - 98	21/01/10	26/01/10
Determinazione limiti di consistenza	ASTM D4318 - 84	25/01/10	26/01/10

SPERIMENTATORE	DIRETTORE

ALTAIR s.a.s. di Griffini Lamberto & C.

Uffici e Laboratorio: 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Via Martini, 11

Tel. 0261298274 r.a. – Fax 0261770281 – E-mail: info@geoaltair.it

R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano n. MI146 – 252303 C.F. e p. IVA n. 08041580153

Sede Legale 20149 MILANO Via E. Pagliano, 37



ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE

ASTM D2487-98 --- ASTM D422-98

DETERMINAZIONE LIMITI DI CONSISTENZA e CALCOLO DELL'INDICE DI PLASTICITA'

ASTM D4318-84

Certificato n. **120** del **01/02/2010** Accett n° **1097** del **20/01/2010**

COMMITTENTE: Soildata Services Srl
COMMESSA: Ristorante Toscano
LOCALITA': Robbiate LC
CAMPIONE: C2

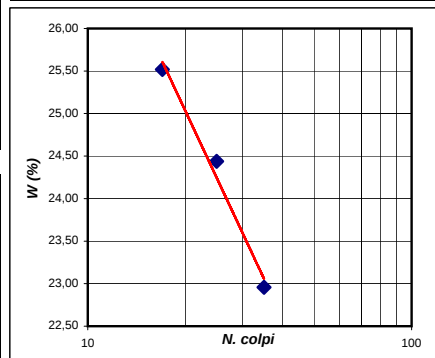
SONDAGGIO : PZ1
PROFONDITA' : 7,00 - 7,50 m

ANALISI PER SETACCIATURA			
Peso iniziale	3800	g	
Diametro massimo	60	mm	
	mm	in.-No.	
Passante 75,0	3	100,00	%
Passante 50,8	2	100,00	%
Passante 38,1	1 1/2	97,92	%
Passante 25,4	1	89,03	%
Passante 19,0	3/4	83,97	%
Passante 9,5	3/8	71,53	%
Passante 4,75	No. 4	61,71	%
Passante 2,0	No. 10	51,21	%
Passante 0,850	No. 20	43,02	%
Passante 0,425	No. 40	36,50	%
Passante 0,254	No. 60	32,36	%
Passante 0,150	No. 100	28,63	%
Passante 0,075	No. 200	24,14	%
Ghiaia g (19-75)		16,03	%
Ghiaia f (4,75-19,0)		22,26	%
Sabbia g (2-4,75)		10,50	%
Sabbia m (0,425-2)		14,71	%
Sabbia f (0,075-0,425)		12,36	%
Limo+argilla (< 0,075)		24,14	%

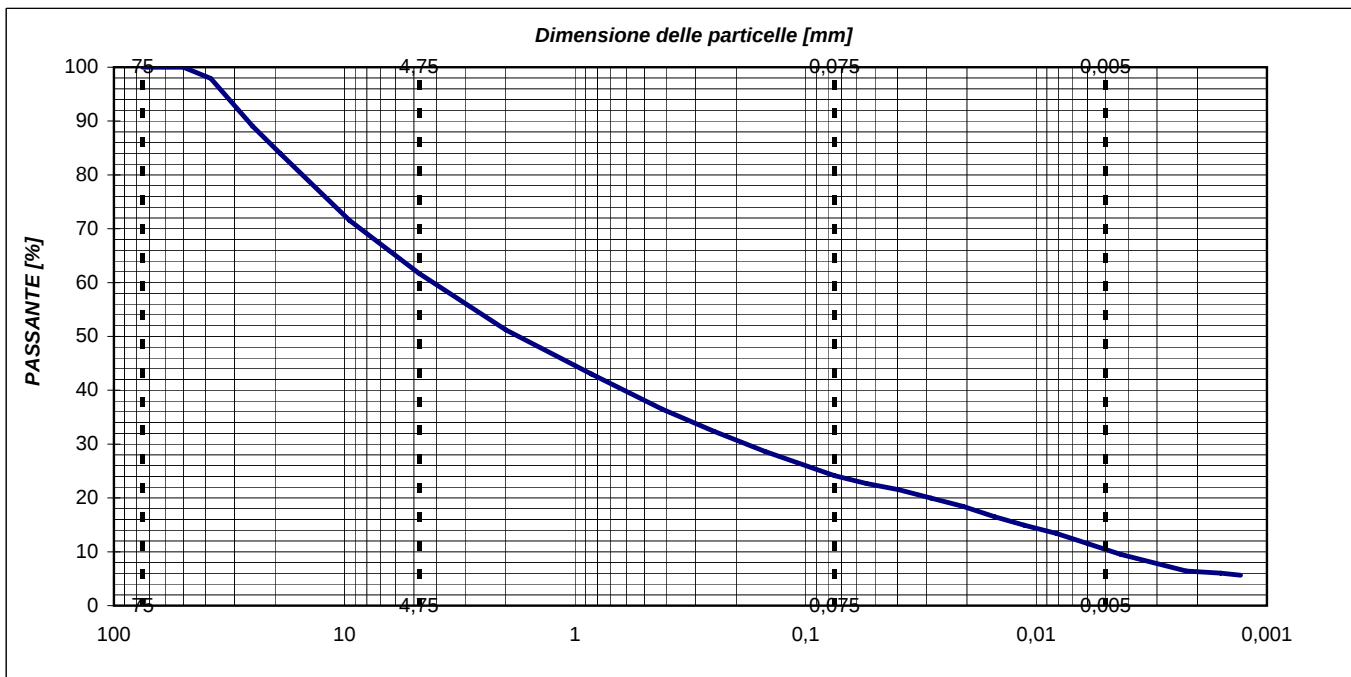
ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			
Peso iniziale	50	g	
Diametro massimo	0,075	mm	
	Diametro	Percentuale	
0,0546	mm	22,68	%
0,0394	mm	21,52	%
0,0286	mm	19,97	%
0,0208	mm	18,43	%
0,0151	mm	16,49	%
0,0113	mm	14,94	%
0,0082	mm	13,40	%
0,0059	mm	11,46	%
0,0043	mm	9,52	%
0,0031	mm	7,98	%
0,0022	mm	6,43	%
0,0016	mm	6,04	%
0,0013	mm	5,65	%
Limo (0,005-0,075)		13,80	%
Argilla (< 0,005)		10,35	%

CLASSIFICAZIONE ASTM	
GC	

LIMITI di CONSISTENZA				
Limite Liquido				
TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
22,75	83,89	71,46	25,52	17
23,39	77,57	66,93	24,44	25
22,52	64,35	56,54	22,96	35
Limite Plastico				
TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	
23,46	29,18	28,39	16,02	
23,22	27,91	27,26	16,09	
Limite Liquido			24	%
Limite Plastico			16	%
Indice di Plasticità			8	%



CU	-
CC	-
γ _s	2,658 Mg/mc



Laboratorio ALTAIR

Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")
ex D.P.R. 21.04.1993 n.246 e Circ. 349/STC del 16.12.1999
Rilasciata con Decreto Presidente del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore LL.PP.
n. 52505 del 11 ottobre 2004



CERTIFICATO di PROVA N. 0119-2010

emesso il 01/02/2010

Costituito da n. 2 pagine compresa la presente

Committente **Soildata Services Srl**

Commessa **Ristorante Toscano**

Località **Robbiate LC**

Verbale di Accettazione **n. 1097** **Data 20/01/2010**

DESCRIZIONE ED IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Tipo di Materiale	n. 1 campione di terreno rimaneggiato
Sondaggio/Pozzetto	PZ1
Campione	C2
Profondità	7.00 – 7.50 m

ELENCO PROVE

Prova	Procedura	Data inizio	Data fine
Peso specifico dei grani	ASTM D854.98	25/01/10	26/01/10

SPERIMENTATORE	DIRETTORE

ALTAIR s.a.s. di Griffini Lamberto & C.
Uffici e Laboratorio: 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Via Martini, 11
Tel. 0261298274 r.a. – Fax 0261770281 – E-mail: info@geoaltair.it
R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano n. MI146 – 252303 C.F. e p. IVA n. 08041580153
Sede Legale 20149 MILANO Via E. Pagliano, 37



DETERMINAZIONE PESO SPECIFICO DEI GRANI

ASTM D854.98 A

Certif. n.	119	del	01/02/2010	Accett. n.	1097	del	20/01/2010
-------------------	------------	------------	-------------------	-------------------	-------------	------------	-------------------

Committente:	Soildata Services Srl
Commessa :	Ristorante Toscano
Località :	Robbiate LC
Sondaggio:	PZ1
Campione :	C2
Profondità:	7,00 - 7,50 m

Determinazione n° : 1

Peso picnometro :	M _f	Mg	4,5389E-05
Peso picnometro + acqua distillata :	M _a	Mg	1,0073E-04
Peso picnometro + terreno a secco :	-	Mg	5,9252E-05
Peso terreno a secco :	M ₀	Mg	1,3863E-05
Peso picnometro pieno dopo bollitura :	M _b	Mg	1,0935E-04
Temperatura interna al picnometro :	T _b	°C	20,00

Risultati

Peso specifico terreno alla temperatura T _b :	G _{Tb}	Mg/mc	2,642
Peso specifico terreno alla temperatura 20° C :		Mg/mc	2,642

Determinazione n° : 2

Peso picnometro :	M _f	Mg	2,5307E-05
Peso picnometro + acqua distillata :	M _a	Mg	7,5009E-05
Peso picnometro + terreno a secco :	-	Mg	3,7170E-05
Peso terreno a secco :	M ₀	Mg	1,1863E-05
Peso picnometro pieno dopo bollitura :	M _b	Mg	8,2434E-05
Temperatura interna al picnometro :	T _b	°C	20,00

Peso specifico terreno alla temperatura T _b :	G _{Tb}	Mg/mc	2,673
Peso specifico terreno alla temperatura 20° C :		Mg/mc	2,673

Peso specifico medio (Mg/mc) : 2,658

Laboratorio ALTAIR

Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")
ex D.P.R. 21.04.1993 n.246 e Circ. 349/STC del 16.12.1999
Rilasciata con Decreto Presidente del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore LL.PP.
n. 52505 del 11 ottobre 2004



CERTIFICATO di PROVA N. 0122-2010

emesso il 01/02/2010

Costituito da n. 2 pagine compresa la presente

Committente *Soildata Services Srl*

Commessa *Ristorante Toscano*

Località *Robbiate LC*

Verbale di Accettazione *n. 1097* **Data** *20/01/2010*

DESCRIZIONE ED IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Tipo di Materiale	n. 1 campione di terreno rimaneggiato
Sondaggio/Pozzetto	PZ1
Campione	C3
Profondità	12.00 – 12.50 m

ELENCO PROVE

Prova	Procedura	Data inizio	Data fine
Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione	ASTM D2487 - 98 ASTM D422 - 98	21/01/10	26/01/10
Determinazione limiti di consistenza	ASTM D4318 - 84	25/01/10	26/01/10

SPERIMENTATORE	DIRETTORE

ALTAIR s.a.s. di Griffini Lamberto & C.

Uffici e Laboratorio: 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Via Martini, 11

Tel. 0261298274 r.a. – Fax 0261770281 – E-mail: info@geoaltair.it

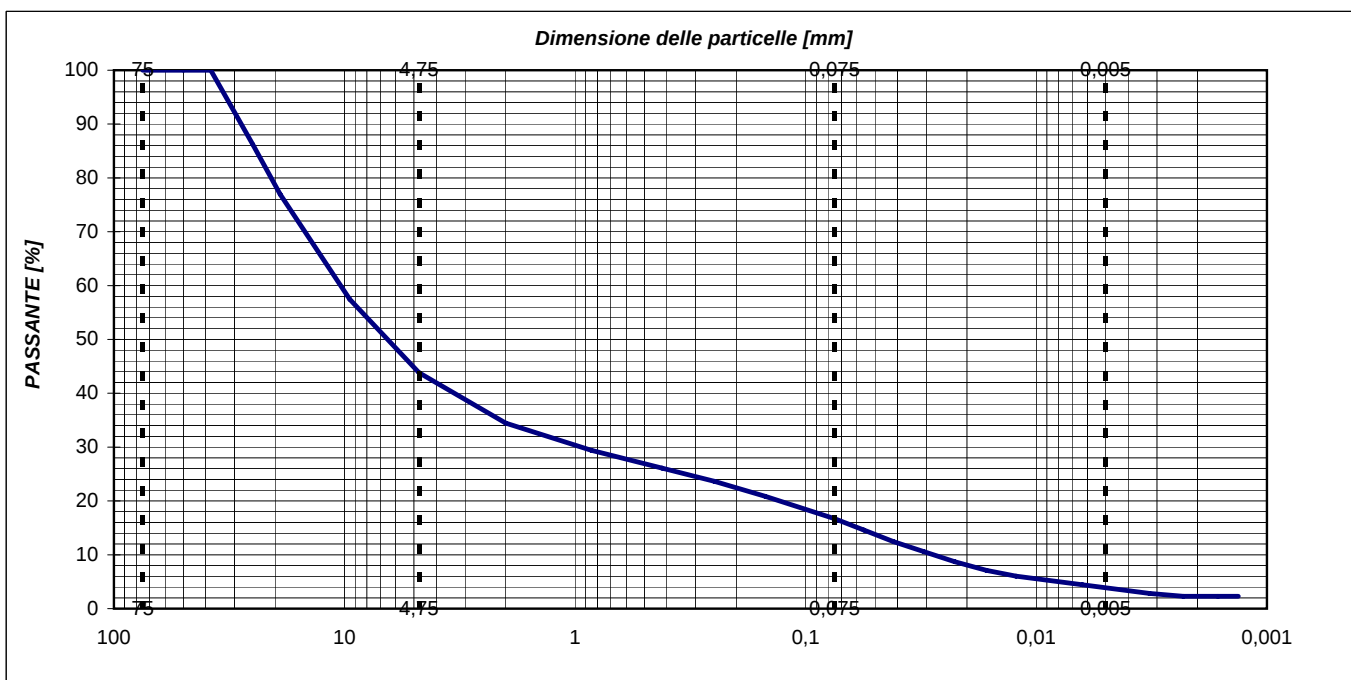
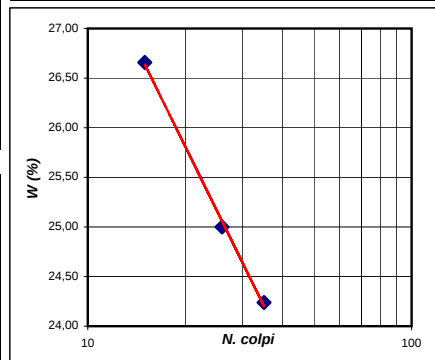
R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano n. MI146 – 252303 C.F. e p. IVA n. 08041580153

Sede Legale 20149 MILANO Via E. Pagliano, 37

COMMITTENTE:	Soildata Services Srl	SONDAGGIO : PZ1
COMMESSA:	Ristorante Toscano	PROFONDITA' : 12,00 - 12,50 m
LOCALITA':	Robbiate LC	
CAMPIONE:	C3	

LIMITI di CONSISTENZA				
Limite Liquido				
TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLP.
22,12	78,47	66,61	26,66	15
22,42	77,47	66,46	25,00	26
21,83	68,73	59,58	24,24	35
Limite Plastico				
TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	
22,33	27,99	27,12	18,16	
22,35	29,02	27,96	18,89	
Limite Liquido		25	%	
Limite Plastico		18	%	
Indice di Plasticità		7	%	

CLASSIFICAZIONE ASTM	
GC	



Laboratorio ALTAIR

Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")
ex D.P.R. 21.04.1993 n.246 e Circ. 349/STC del 16.12.1999
Rilasciata con Decreto Presidente del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore LL.PP.
n. 52505 del 11 ottobre 2004



CERTIFICATO di PROVA N. 0121-2010

emesso il 01/02/2010

Costituito da n. 2 pagine compresa la presente

Committente *Soildata Services Srl*

Commessa *Ristorante Toscano*

Località *Robbiate LC*

Verbale di Accettazione *n. 1097* **Data** *20/01/2010*

DESCRIZIONE ED IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Tipo di Materiale	n. 1 campione di terreno rimaneggiato
Sondaggio/Pozzetto	PZ1
Campione	C3
Profondità	12.00 – 12.50 m

ELENCO PROVE

Prova	Procedura	Data inizio	Data fine
Peso specifico dei grani	ASTM D854.98	25/01/10	26/01/10

SPERIMENTATORE	DIRETTORE

ALTAIR s.a.s. di Griffini Lamberto & C.
Uffici e Laboratorio: 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Via Martini, 11
Tel. 0261298274 r.a. – Fax 0261770281 – E-mail: info@geoaltair.it
R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano n. MI146 – 252303 C.F. e p. IVA n. 08041580153
Sede Legale 20149 MILANO Via E. Pagliano, 37

Laboratorio ALTAIR



Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")

Decreto n. 52505 - 11 ottobre 2004

Presidente Consiglio Superiore LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale

DETERMINAZIONE PESO SPECIFICO DEI GRANI

ASTM D854.98 A

Certif. n.	121	del	01/02/2010	Accett. n.	1097	del	20/01/2010
-------------------	------------	------------	-------------------	-------------------	-------------	------------	-------------------

Committente:	Soildata Services Srl
Commessa :	Ristorante Toscano
Località :	Robbiate LC
Sondaggio:	PZ1
Campione :	C3
Profondità:	12,00 - 12,50 m

Determinazione n° : 1

Peso picnometro :	M _f	Mg	4,4938E-05
Peso picnometro + acqua distillata :	M _a	Mg	1,0046E-04
Peso picnometro + terreno a secco :	-	Mg	6,0177E-05
Peso terreno a secco :	M ₀	Mg	1,5239E-05
Peso picnometro pieno dopo bollitura :	M _b	Mg	1,0998E-04
Temperatura interna al picnometro :	T _b	°C	20,00

Risultati

Peso specifico terreno alla temperatura T _b :	G _{Tb}	Mg/mc	2,661
Peso specifico terreno alla temperatura 20° C :		Mg/mc	2,661

Determinazione n° : 2

Peso picnometro :	M _f	Mg	6,6997E-05
Peso picnometro + acqua distillata :	M _a	Mg	1,6988E-04
Peso picnometro + terreno a secco :	-	Mg	8,2119E-05
Peso terreno a secco :	M ₀	Mg	1,5122E-05
Peso picnometro pieno dopo bollitura :	M _b	Mg	1,7937E-04
Temperatura interna al picnometro :	T _b	°C	20,00

Peso specifico terreno alla temperatura T _b :	G _{Tb}	Mg/mc	2,684
Peso specifico terreno alla temperatura 20° C :		Mg/mc	2,684

Peso specifico medio (Mg/mc) :

2,672

Laboratorio ALTAIR

Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")
ex D.P.R. 21.04.1993 n.246 e Circ. 349/STC del 16.12.1999
Rilasciata con Decreto Presidente del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore LL.PP.
n. 52505 del 11 ottobre 2004



CERTIFICATO di PROVA N. 0116-2010

emesso il 01/02/2010

Costituito da n. 2 pagine compresa la presente

Committente **Soildata Services Srl**

Commessa **Ristorante Toscano**

Località **Robbiate LC**

Verbale di Accettazione **n. 1097** **Data 20/01/2010**

DESCRIZIONE ED IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Tipo di Materiale	n. 1 campione di terreno rimaneggiato
Sondaggio/Pozzetto	S1
Campione	C1
Profondità	2.50 – 2.90 m

ELENCO PROVE

Prova	Procedura	Data inizio	Data fine
Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione	ASTM D2487 - 98 ASTM D422 - 98	21/01/10	26/01/10
Determinazione limiti di consistenza	ASTM D4318 - 84	25/01/10	26/01/10

SPERIMENTATORE	DIRETTORE

ALTAIR s.a.s. di Griffini Lamberto & C.

Uffici e Laboratorio: 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Via Martini, 11

Tel. 0261298274 r.a. – Fax 0261770281 – E-mail: info@geoaltair.it

R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano n. MI146 – 252303 C.F. e p. IVA n. 08041580153

Sede Legale 20149 MILANO Via E. Pagliano, 37



ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE

ASTM D2487-98 --- ASTM D422-98

DETERMINAZIONE LIMITI DI CONSISTENZA e CALCOLO DELL'INDICE DI PLASTICITA'

ASTM D4318-84

Certificato n. **116** del **01/02/2010** Accett n° **1097** del **20/01/2010**

COMMITTENTE: Soildata Services Srl
COMMESSA: Ristorante Toscano
LOCALITA': Robbiate LC
CAMPIONE: C1
SONDAGGIO : S1
PROFONDITA' : 2,50 - 2,90 m

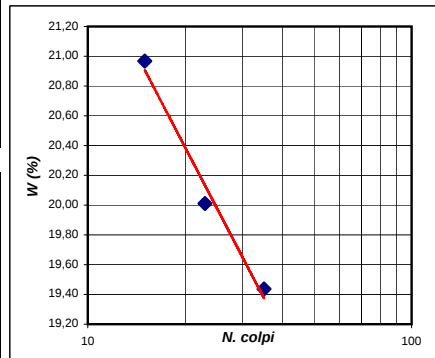
ANALISI PER SETACCIATURA			
Peso iniziale	4439	g	
Diametro massimo	70	mm	
	mm	in.-No.	
Passante 75,0	3	100,00	%
Passante 50,8	2	95,36	%
Passante 38,1	1 1/2	87,42	%
Passante 25,4	1	74,03	%
Passante 19,0	3/4	66,40	%
Passante 9,5	3/8	54,68	%
Passante 4,75	No. 4	44,07	%
Passante 2,0	No. 10	35,20	%
Passante 0,850	No. 20	28,25	%
Passante 0,425	No. 40	23,39	%
Passante 0,254	No. 60	20,36	%
Passante 0,150	No. 100	17,54	%
Passante 0,075	No. 200	13,94	%
Ghiaia g (19-75)		33,60	%
Ghiaia f (4,75-19,0)		22,33	%
Sabbia g (2-4,75)		8,86	%
Sabbia m (0,425-2)		11,81	%
Sabbia f (0,075-0,425)		9,45	%
Limo+argilla (< 0,075)		13,94	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			
Peso iniziale	50	g	
Diametro massimo	0,075	mm	
	Diametro	Percentuale	
0,0552	mm	12,35	%
0,0409	mm	10,79	%
0,0302	mm	9,24	%
0,0221	mm	7,91	%
0,0160	mm	6,80	%
0,0119	mm	5,91	%
0,0086	mm	5,24	%
0,0062	mm	4,35	%
0,0044	mm	3,47	%
0,0032	mm	2,80	%
0,0023	mm	2,36	%
0,0016	mm	2,13	%
0,0013	mm	1,91	%
Limo (0,005-0,075)		10,19	%
Argilla (< 0,005)		3,75	%

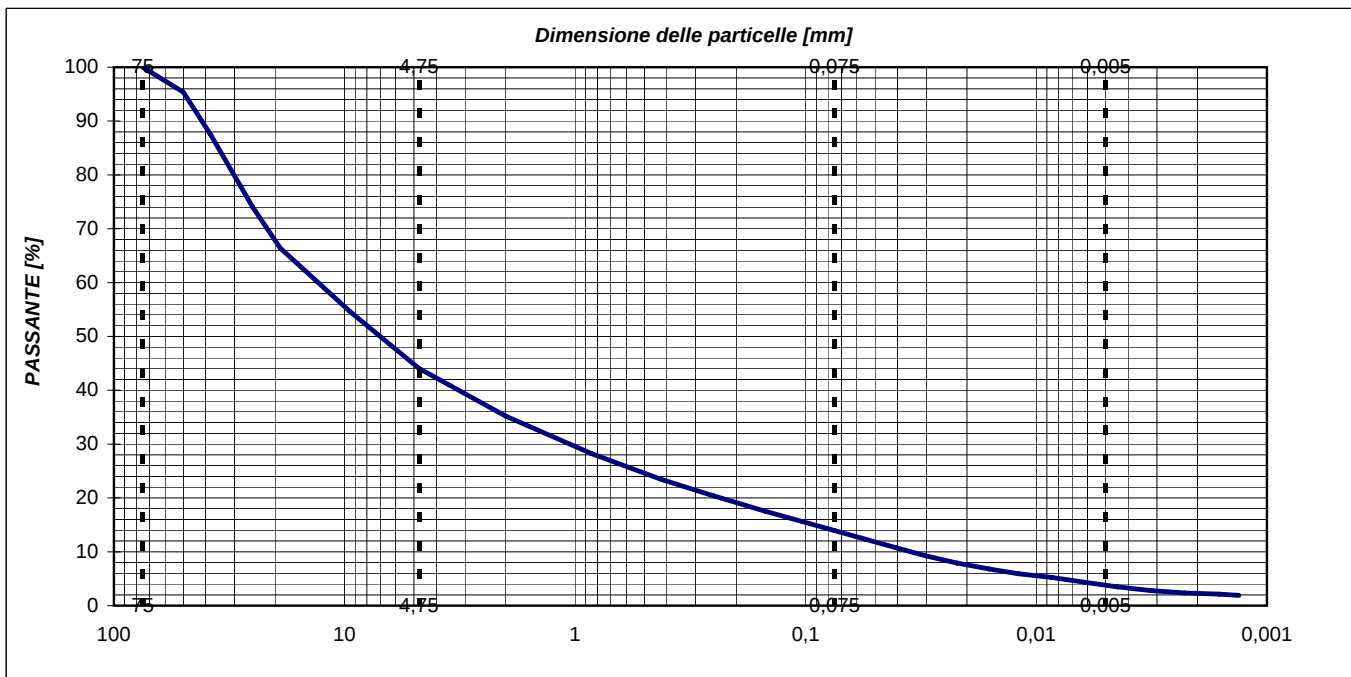
CLASSIFICAZIONE ASTM

GM

LIMITI di CONSISTENZA				
Limite Liquido				
TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
23,07	68,82	60,89	20,97	15
23,08	67,58	60,16	20,01	23
22,95	70,82	63,03	19,44	35
Limite Plastico				
TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	
22,95	29,67	28,72	16,46	
23,54	29,47	28,66	15,82	
Limite Liquido			20	%
Limite Plastico			16	%
Indice di Plasticità			4	%



CU	-
CC	-
γ _s	2,687 Mg/mc



Laboratorio ALTAIR

Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")
ex D.P.R. 21.04.1993 n.246 e Circ. 349/STC del 16.12.1999
Rilasciata con Decreto Presidente del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore LL.PP.
n. 52505 del 11 ottobre 2004



CERTIFICATO di PROVA N. 0115-2010

emesso il 01/02/2010

Costituito da n. 2 pagine compresa la presente

Committente *Soildata Services Srl*

Commessa *Ristorante Toscano*

Località *Robbiate LC*

Verbale di Accettazione *n. 1097* **Data** *20/01/2010*

DESCRIZIONE ED IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Tipo di Materiale	n. 1 campione di terreno rimaneggiato
Sondaggio/Pozzetto	S1
Campione	C1
Profondità	2.50 – 2.90 m

ELENCO PROVE

Prova	Procedura	Data inizio	Data fine
Peso specifico dei grani	ASTM D854.98	25/01/10	26/01/10

SPERIMENTATORE	DIRETTORE

ALTAIR s.a.s. di Griffini Lamberto & C.

Uffici e Laboratorio: 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Via Martini, 11

Tel. 0261298274 r.a. – Fax 0261770281 – E-mail: info@geoaltair.it

R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano n. MI146 – 252303 C.F. e p. IVA n. 08041580153

Sede Legale 20149 MILANO Via E. Pagliano, 37



DETERMINAZIONE PESO SPECIFICO DEI GRANI

ASTM D854.98 A

Certif. n.	115	del	01/02/2010	Accett. n.	1097	del	20/01/2010
-------------------	------------	------------	-------------------	-------------------	-------------	------------	-------------------

Committente:	Soildata Services Srl
Commessa :	Ristorante Toscano
Località :	Robbiate LC
Sondaggio:	S1
Campione :	C1
Profondità:	2,50 - 2,90 m

Determinazione n° : 1

Peso picnometro :	M _f	Mg	4,5073E-05
Peso picnometro + acqua distillata :	M _a	Mg	1,0123E-04
Peso picnometro + terreno a secco :	-	Mg	5,7373E-05
Peso terreno a secco :	M ₀	Mg	1,2300E-05
Peso picnometro pieno dopo bollitura :	M _b	Mg	1,0894E-04
Temperatura interna al picnometro :	T _b	°C	20,00

Risultati

Peso specifico terreno alla temperatura T _b :	G _{Tb}	Mg/mc	2,683
Peso specifico terreno alla temperatura 20° C :		Mg/mc	2,683

Determinazione n° : 2

Peso picnometro :	M _f	Mg	4,5090E-05
Peso picnometro + acqua distillata :	M _a	Mg	1,0012E-04
Peso picnometro + terreno a secco :	-	Mg	5,7797E-05
Peso terreno a secco :	M ₀	Mg	1,2707E-05
Peso picnometro pieno dopo bollitura :	M _b	Mg	1,0811E-04
Temperatura interna al picnometro :	T _b	°C	20,00

Peso specifico terreno alla temperatura T _b :	G _{Tb}	Mg/mc	2,692
Peso specifico terreno alla temperatura 20° C :		Mg/mc	2,692

Peso specifico medio (Mg/mc) : 2,687

Laboratorio ALTAIR

Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")
ex D.P.R. 21.04.1993 n.246 e Circ. 349/STC del 16.12.1999
Rilasciata con Decreto Presidente del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore LL.PP.
n. 52505 del 11 ottobre 2004



CERTIFICATO di PROVA N. 0118-2010

emesso il 01/02/2010

Costituito da n. 2 pagine compresa la presente

Committente **Soildata Services Srl**

Commessa **Ristorante Toscano**

Località **Robbiate LC**

Verbale di Accettazione **n. 1097** **Data 20/01/2010**

DESCRIZIONE ED IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Tipo di Materiale	n. 1 campione di terreno rimaneggiato
Sondaggio/Pozzetto	S1
Campione	C2
Profondità	5.00 – 5.40 m

ELENCO PROVE

Prova	Procedura	Data inizio	Data fine
Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione	ASTM D2487 - 98 ASTM D422 - 98	21/01/10	26/01/10
Determinazione limiti di consistenza	ASTM D4318 - 84	25/01/10	26/01/10

SPERIMENTATORE	DIRETTORE

ALTAIR s.a.s. di Griffini Lamberto & C.

Uffici e Laboratorio: 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Via Martini, 11

Tel. 0261298274 r.a. – Fax 0261770281 – E-mail: info@geoaltair.it

R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano n. MI146 – 252303 C.F. e p. IVA n. 08041580153

Sede Legale 20149 MILANO Via E. Pagliano, 37

ASTM D2487-98 --- ASTM D422-98

ASTM D4318-84

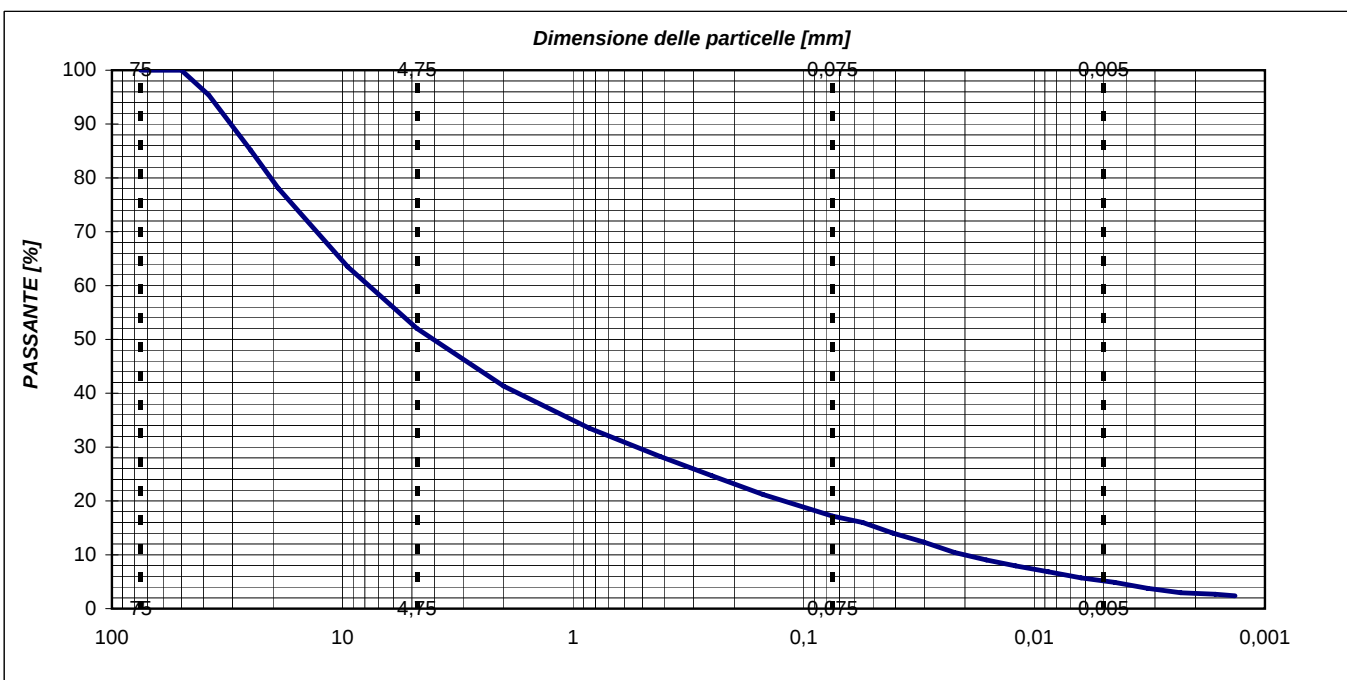
Certificato n.	118	del	01/02/2010	Accett n°	1097	del	20/01/2010
----------------	-----	-----	------------	-----------	------	-----	------------

SONDAGGIO : S1
PROFONDITA' : 5.00 - 5.40 m

CU	-
CC	-
γs	2.626 Mg/mc

CLASSIFICAZIONE ASTM	
GC-GM	

<i>N. colpi</i> (W %)	<i>N. colpi</i> (W %)
10	20.50
25	19.70
40	19.25



Laboratorio ALTAIR

Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")
ex D.P.R. 21.04.1993 n.246 e Circ. 349/STC del 16.12.1999
Rilasciata con Decreto Presidente del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore LL.PP.
n. 52505 del 11 ottobre 2004



CERTIFICATO di PROVA N. 0117-2010

emesso il 01/02/2010

Costituito da n. 2 pagine compresa la presente

Committente *Soildata Services Srl*

Commessa *Ristorante Toscano*

Località *Robbiate LC*

Verbale di Accettazione *n. 1097* **Data** *20/01/2010*

DESCRIZIONE ED IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Tipo di Materiale	n. 1 campione di terreno rimaneggiato
Sondaggio/Pozzetto	S1
Campione	C2
Profondità	5.00 – 5.40 m

ELENCO PROVE

Prova	Procedura	Data inizio	Data fine
Peso specifico dei grani	ASTM D854.98	25/01/10	26/01/10

SPERIMENTATORE	DIRETTORE

ALTAIR s.a.s. di Griffini Lamberto & C.
Uffici e Laboratorio: 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Via Martini, 11
Tel. 0261298274 r.a. – Fax 0261770281 – E-mail: info@geoaltair.it
R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano n. MI146 – 252303 C.F. e p. IVA n. 08041580153
Sede Legale 20149 MILANO Via E. Pagliano, 37

Laboratorio ALTAIR



Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")

Decreto n. 52505 - 11 ottobre 2004

Presidente Consiglio Superiore LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale

DETERMINAZIONE PESO SPECIFICO DEI GRANI

ASTM D854.98 A

Certif. n.	117	del	01/02/2010	Accett. n.	1097	del	20/01/2010
-------------------	------------	------------	-------------------	-------------------	-------------	------------	-------------------

Committente:	Soildata Services Srl
Commessa :	Ristorante Toscano
Località :	Robbiate LC
Sondaggio:	S1
Campione :	C2
Profondità:	5,00 - 5,40 m

Determinazione n° : 1

Peso picnometro :	M _f	Mg	4,5772E-05
Peso picnometro + acqua distillata :	M _a	Mg	1,0124E-04
Peso picnometro + terreno a secco :	-	Mg	5,9134E-05
Peso terreno a secco :	M ₀	Mg	1,3362E-05
Peso picnometro pieno dopo bollitura :	M _b	Mg	1,0951E-04
Temperatura interna al picnometro :	T _b	°C	20,00

Risultati

Peso specifico terreno alla temperatura T _b :	G _{Tb}	Mg/mc	2,623
Peso specifico terreno alla temperatura 20° C :		Mg/mc	2,623

Determinazione n° : 2

Peso picnometro :	M _f	Mg	2,4331E-05
Peso picnometro + acqua distillata :	M _a	Mg	7,4028E-05
Peso picnometro + terreno a secco :	-	Mg	3,4755E-05
Peso terreno a secco :	M ₀	Mg	1,0424E-05
Peso picnometro pieno dopo bollitura :	M _b	Mg	8,0487E-05
Temperatura interna al picnometro :	T _b	°C	20,00

Peso specifico terreno alla temperatura T _b :	G _{Tb}	Mg/mc	2,629
Peso specifico terreno alla temperatura 20° C :		Mg/mc	2,629

Peso specifico medio (Mg/mc) :

2,626

Laboratorio ALTAIR

Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")
ex D.P.R. 21.04.1993 n.246 e Circ. 349/STC del 16.12.1999
Rilasciata con Decreto Presidente del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore LL.PP.
n. 52505 del 11 ottobre 2004



CERTIFICATO di PROVA N. 0123-2010

emesso il 01/02/2010

Costituito da n. 2 pagine compresa la presente

Committente **Soildata Services Srl**

Commessa **Ristorante Toscano**

Località **Robbiate LC**

Verbale di Accettazione **n. 1097** **Data 20/01/2010**

DESCRIZIONE ED IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Tipo di Materiale	n. 1 campione di terreno rimaneggiato
Sondaggio/Pozzetto	PE1
Campione	C1
Profondità	0.30 – 0.40 m

ELENCO PROVE

Prova	Procedura	Data inizio	Data fine
Peso specifico dei grani	ASTM D854.98	25/01/10	26/01/10

SPERIMENTATORE	DIRETTORE

ALTAIR s.a.s. di Griffini Lamberto & C.

Uffici e Laboratorio: 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Via Martini, 11

Tel. 0261298274 r.a. – Fax 0261770281 – E-mail: info@geoaltair.it

R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano n. MI146 – 252303 C.F. e p. IVA n. 08041580153

Sede Legale 20149 MILANO Via E. Pagliano, 37



DETERMINAZIONE PESO SPECIFICO DEI GRANI

ASTM D854.98 A

Certif. n.	123	del	01/02/2010	Accett. n.	1097	del	20/01/2010
-------------------	------------	------------	-------------------	-------------------	-------------	------------	-------------------

Committente:	Soildata Services Srl
Commessa :	Ristorante Toscano
Località :	Robbiate LC
Sondaggio:	PE1
Campione :	C1
Profondità:	0,30 - 0,40 m

Determinazione n° : 1

Peso picnometro :	M _f	Mg	4,5580E-05
Peso picnometro + acqua distillata :	M _a	Mg	1,0067E-04
Peso picnometro + terreno a secco :	-	Mg	5,9248E-05
Peso terreno a secco :	M ₀	Mg	1,3668E-05
Peso picnometro pieno dopo bollitura :	M _b	Mg	1,0913E-04
Temperatura interna al picnometro :	T _b	°C	20,00

Risultati

Peso specifico terreno alla temperatura T _b :	G _{Tb}	Mg/mc	2,626
Peso specifico terreno alla temperatura 20° C :		Mg/mc	2,626

Determinazione n° : 2

Peso picnometro :	M _f	Mg	4,4807E-05
Peso picnometro + acqua distillata :	M _a	Mg	1,0088E-04
Peso picnometro + terreno a secco :	-	Mg	5,9701E-05
Peso terreno a secco :	M ₀	Mg	1,4894E-05
Peso picnometro pieno dopo bollitura :	M _b	Mg	1,1009E-04
Temperatura interna al picnometro :	T _b	°C	20,00

Peso specifico terreno alla temperatura T _b :	G _{Tb}	Mg/mc	2,621
Peso specifico terreno alla temperatura 20° C :		Mg/mc	2,621

Peso specifico medio (Mg/mc) :

2,623

Laboratorio ALTAIR

Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")
ex D.P.R. 21.04.1993 n.246 e Circ. 349/STC del 16.12.1999
Rilasciata con Decreto Presidente del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore LL.PP.
n. 52505 del 11 ottobre 2004



CERTIFICATO di PROVA N. 0124-2010

emesso il 01/02/2010

Costituito da n. 2 pagine compresa la presente

Committente **Soildata Services Srl**

Commessa **Ristorante Toscano**

Località **Robbiate LC**

Verbale di Accettazione **n. 1097** **Data 20/01/2010**

DESCRIZIONE ED IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Tipo di Materiale	n. 1 campione di terreno rimaneggiato
Sondaggio/Pozzetto	PE1
Campione	C1
Profondità	0.30 – 0.40 m

ELENCO PROVE

Prova	Procedura	Data inizio	Data fine
Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione	ASTM D2487 - 98 ASTM D422 - 98	21/01/10	26/01/10
Determinazione limiti di consistenza	ASTM D4318 - 84	25/01/10	26/01/10

SPERIMENTATORE	DIRETTORE

ALTAIR s.a.s. di Griffini Lamberto & C.

Uffici e Laboratorio: 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Via Martini, 11

Tel. 0261298274 r.a. – Fax 0261770281 – E-mail: info@geoaltair.it

R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano n. MI146 – 252303 C.F. e p. IVA n. 08041580153

Sede Legale 20149 MILANO Via E. Pagliano, 37



ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE

ASTM D2487-98 --- ASTM D422-98

DETERMINAZIONE LIMITI DI CONSISTENZA e CALCOLO DELL'INDICE DI PLASTICITA'

ASTM D4318-84

Certificato n. **124** del **01/02/2010** Accett n° **1097** del **20/01/2010**

COMMITTENTE: Soildata Services Srl
COMMESSA: Ristorante Toscano
LOCALITA': Robbiate LC
CAMPIONE: C1

SONDAGGIO : PE1
PROFONDITA' : 0,30 - 0,40 m

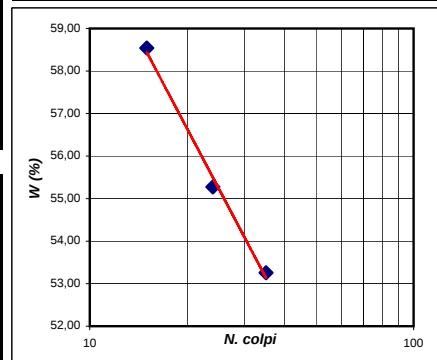
ANALISI PER SETACCIATURA				
Peso iniziale	1687	g		
Diametro massimo	52	mm		
	mm	in.-No.		
Passante 75,0	3	100,00	%	
Passante 50,8	2	100,00	%	
Passante 38,1	1 1/2	100,00	%	
Passante 25,4	1	91,38	%	
Passante 19,0	3/4	89,69	%	
Passante 9,5	3/8	74,54	%	
Passante 4,75	No. 4	60,38	%	
Passante 2,0	No. 10	52,73	%	
Passante 0,850	No. 20	47,93	%	
Passante 0,425	No. 40	43,25	%	
Passante 0,254	No. 60	38,93	%	
Passante 0,150	No. 100	34,72	%	
Passante 0,075	No. 200	30,70	%	
Ghiaia g (19-75)		10,31	%	
Ghiaia f (4,75-19,0)		29,31	%	
Sabbia g (2-4,75)		7,65	%	
Sabbia m (0,425-2)		9,47	%	
Sabbia f (0,075-0,425)		12,56	%	
Limo+argilla (< 0,075)		30,70	%	

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE		
Peso iniziale	50	g
Diametro massimo	0,075	mm
Diametro		Percentuale
0,0559 mm	28,08	%
0,0398 mm	27,59	%
0,0287 mm	26,10	%
0,0204 mm	25,60	%
0,0145 mm	25,11	%
0,0108 mm	24,12	%
0,0078 mm	22,63	%
0,0055 mm	21,64	%
0,0040 mm	20,64	%
0,0028 mm	19,65	%
0,0020 mm	19,15	%
0,0014 mm	19,15	%
0,0012 mm	19,15	%
Limo (0,005-0,075)	9,41	%
Argilla (< 0,005)	21,29	%

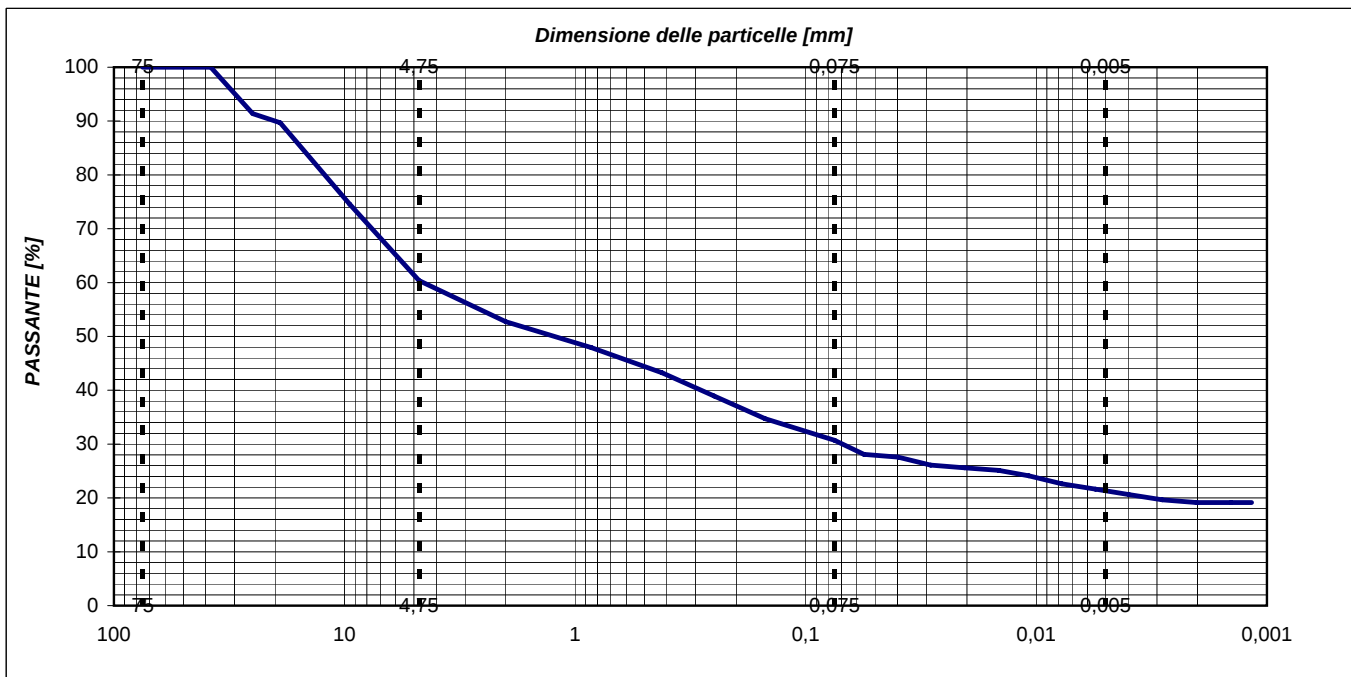
CLASSIFICAZIONE ASTM

GC

LIMITI di CONSISTENZA				
Limite Liquido				
TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
23,53	78,02	57,90	58,54	15
22,21	76,37	57,09	55,28	24
21,21	78,82	58,80	53,26	35
Limite Plastico				
TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	
22,34	26,22	25,41	26,38	
23	27,04	26,16	27,85	
Limite Liquido		55	%	
Limite Plastico		27	%	
Indice di Plasticità		28	%	



CU	-
CC	-
γ_s	2,623 Mg/mc



Laboratorio ALTAIR

Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")
ex D.P.R. 21.04.1993 n.246 e Circ. 349/STC del 16.12.1999
Rilasciata con Decreto Presidente del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore LL.PP.
n. 52505 del 11 ottobre 2004



CERTIFICATO di PROVA N. 0125-2010

emesso il 01/02/2010

Costituito da n. 4 pagine compresa la presente

Committente *Soildata Services Srl*

Commessa *Ristorante Toscano*

Località *Robbiate LC*

Verbale di Accettazione n. *1097* Data *20/01/2010*

DESCRIZIONE ED IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Tipo di Materiale	n. 1 campione di terreno rimaneggiato
Sondaggio/Pozzetto	PE1
Campione	C1
Profondità	0.30 – 0.40 m

ELENCO PROVE

Prova	Procedura	Data inizio	Data fine
Prova di taglio diretto consolidata – drenata, con determinazione della resistenza di picco	ASTM D 3080 - 90	15/01/10	28/01/10

SPERIMENTATORE	DIRETTORE

ALTAIR s.a.s. di Griffini Lamberto & C.
Uffici e Laboratorio: 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Via Martini, 11
Tel. 0261298274 r.a. – Fax 0261770281 – E-mail: info@geoaltair.it
R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano n. MI146 – 252303 C.F. e p. IVA n. 08041580153
Sede Legale 20149 MILANO Via E. Pagliano, 37



PROVA DI TAGLIO DIRETTO FASE DI CONSOLIDAZIONE

ASTM 3080 - 90

Certif. n. 125

del 01/02/2010

Accett. n. 1097

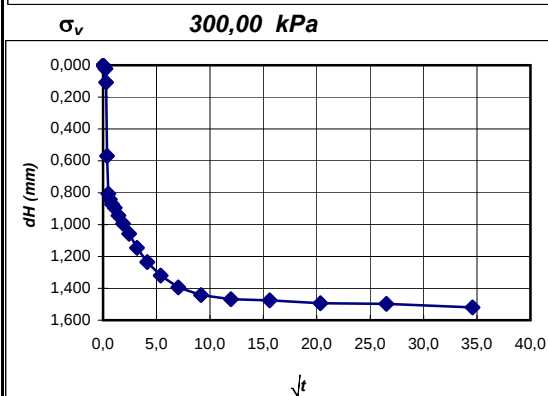
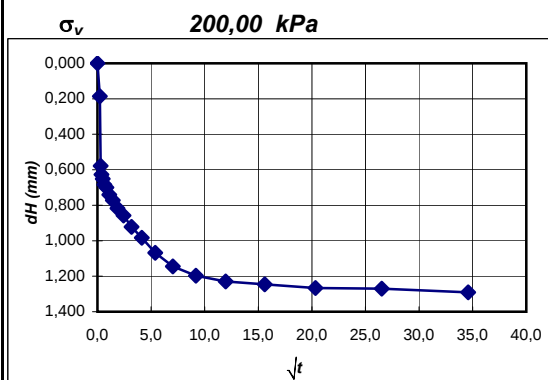
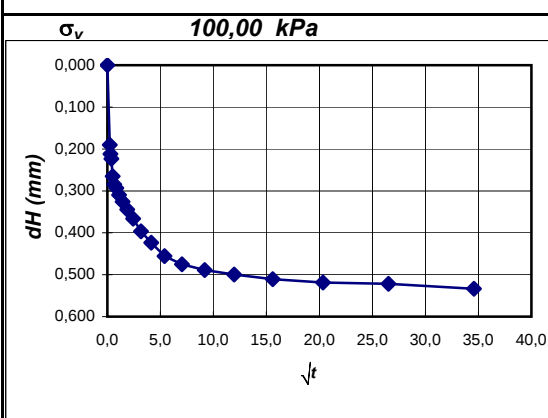
del 20/01/2010

Cliente: Soildata Services Srl
Commessa: Ristorante Toscano
Sito: Robbiate LC
Sondaggio: PE1
Campione: C1
Profondità: 0,30 - 0,40 m

Dati Provini		σ_v 100 kPa	σ_v 200 kPa	σ_v 300 kPa
Data inizio prova	-	15/01/2010	15/01/2010	15/01/2010
Data fine prova	-	28/01/2010	28/01/2010	28/01/2010
Sezione provino	mmq	1963	1963,00	1963,00
Altezza iniziale	mm	22	22,00	22,00
Altezza finale	mm	21,29	20,47	20,23
Peso tara 1	g	55,90	55,90	55,90
Tara + p. umido iniziale	g	139,56	140,97	140,86
Peso tara 2	g	49,25	49,57	48,73
Tara + p. umido finale	g	132,51	132,80	132,33
Tara + p. provino secco	g	114,54	115,00	115,26
Peso di volume iniziale	Mg/mc	1,94	1,97	1,97
Peso di volume finale	Mg/mc	1,99	2,07	2,11
Peso di volume secco	Mg/mc	1,51	1,52	1,54
Contenuto acqua iniziale	%	28,14	30,02	27,70
Contenuto acqua finale	%	27,52	27,20	25,66
Peso vol. secco finale	Mg/mc	1,56	1,63	1,68
Altezza fine consolidazione	mm	21,47	20,71	20,48
Valore t_{100}	min	23,7	32,5	36,4

Lecture Tempi - Cedimenti		σ_v 100 kPa	σ_v 200 kPa	σ_v 300 kPa
[min]	lettura	dH [mm]	dH [mm]	dH [mm]
0,00	1	0,00	0,00	0,00
0,05	2	0,19	0,19	0,02
0,09	3	0,21	0,58	0,11
0,14	4	0,22	0,63	0,57
0,25	5	0,27	0,65	0,81
0,42	6	0,28	0,68	0,84
0,71	7	0,29	0,70	0,87
1,21	8	0,31	0,74	0,89
2,05	9	0,33	0,77	0,94
3,49	10	0,34	0,82	0,99
5,93	11	0,37	0,86	1,06
10,08	12	0,40	0,92	1,15
17,14	13	0,42	0,98	1,24
29,13	14	0,46	1,07	1,32
49,52	15	0,48	1,14	1,39
84,19	16	0,49	1,20	1,44
143,12	17	0,50	1,23	1,47
243,30	18	0,51	1,25	1,48
413,62	19	0,52	1,27	1,49
703,15	20	0,52	1,27	1,50
1195,35	21	0,53	1,29	1,52

Grafici Cedimenti $dh/\sqrt{t}$





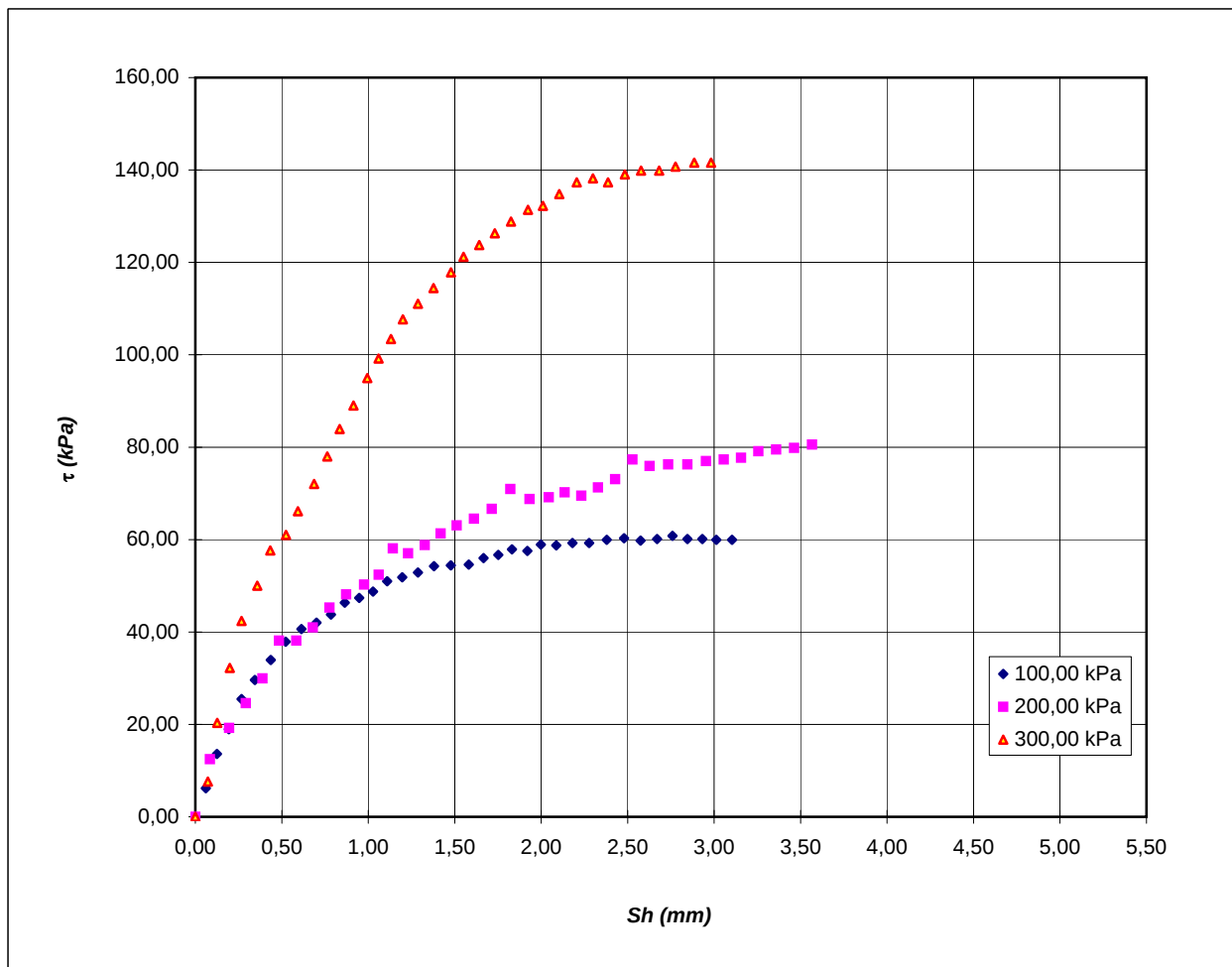
PROVA DI TAGLIO DIRETTO FASE DI ROTTURA

ASTM 3080 - 90

- GRAFICI (τ Sh) -

Certif. n.	125	del 01/02/2010	Accett. n.	1097	del 20/01/2010
-------------------	------------	-----------------------	-------------------	-------------	-----------------------

Cliente	Soildata Services Srl
Commessa	Ristorante Toscano
Sito	Robbiate LC
Sondaggio	PE1
Campione	C1
Profondità	0,30 - 0,40 m



Laboratorio ALTAIR

Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")

Decreto n. 52505 - 11 ottobre 2004

Presidente Consiglio Superiore LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale



PROVA DI TAGLIO DIRETTO FASE DI ROTTURA

ASTM 3080 - 90

- DATI -

Certif. n. 125

del 01/02/2010

Accett. n. 1097

del 20/01/2010

dt	σ_v 100,00 kPa				σ_v 200,00 kPa				σ_v 300,00 kPa			
	Velocità di prova 0,01 mm/min				Velocità di prova 0,01 mm/min				Velocità di prova 0,01 mm/min			
min	Sh mm	dH mm	F N	τ kPa	Sh mm	dH mm	F N	τ kPa	Sh mm	dH mm	F N	τ kPa
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	0,06	0,01	12,17	6,20	0,08	0,02	24,49	12,48	0,07	0,00	14,98	7,63
20	0,13	0,03	26,71	13,61	0,20	0,06	37,79	19,25	0,13	0,01	39,94	20,35
30	0,19	0,04	37,20	18,95	0,29	0,08	48,28	24,60	0,20	0,01	63,24	32,21
40	0,27	0,05	50,05	25,50	0,39	0,09	58,78	29,94	0,27	0,02	83,21	42,39
50	0,34	0,06	58,16	29,63	0,48	0,10	74,88	38,14	0,36	0,03	98,18	50,02
60	0,44	0,07	66,62	33,94	0,58	0,12	74,88	38,14	0,43	0,06	113,15	57,64
70	0,52	0,08	74,40	37,90	0,68	0,14	80,47	40,99	0,52	0,07	119,81	61,03
80	0,61	0,08	79,81	40,66	0,78	0,15	88,87	45,27	0,59	0,09	129,80	66,12
90	0,70	0,09	82,51	42,03	0,87	0,16	94,47	48,12	0,69	0,10	141,44	72,05
100	0,78	0,09	85,89	43,76	0,98	0,17	98,67	50,26	0,76	0,11	153,09	77,99
110	0,86	0,10	90,97	46,34	1,06	0,17	102,86	52,40	0,84	0,13	164,74	83,92
120	0,95	0,11	92,99	47,37	1,14	0,19	114,06	58,10	0,91	0,14	174,73	89,01
130	1,03	0,11	95,70	48,75	1,23	0,19	111,96	57,04	0,99	0,14	186,38	94,95
140	1,11	0,12	100,09	50,99	1,33	0,20	115,46	58,82	1,06	0,15	194,70	99,18
150	1,20	0,12	101,78	51,85	1,42	0,20	120,36	61,31	1,13	0,16	203,02	103,42
160	1,29	0,12	103,81	52,88	1,51	0,21	123,85	63,09	1,20	0,17	211,34	107,66
170	1,38	0,12	106,52	54,26	1,61	0,21	126,65	64,52	1,29	0,18	217,99	111,05
180	1,48	0,13	106,85	54,43	1,71	0,22	130,85	66,66	1,38	0,18	224,65	114,44
190	1,58	0,13	107,19	54,61	1,82	0,22	139,25	70,94	1,48	0,21	231,31	117,83
200	1,67	0,13	109,90	55,99	1,93	0,23	135,05	68,80	1,55	0,21	237,96	121,22
210	1,75	0,13	111,25	56,67	2,04	0,23	135,75	69,15	1,64	0,22	242,95	123,76
220	1,83	0,13	113,62	57,88	2,14	0,23	137,85	70,22	1,73	0,22	247,95	126,31
230	1,92	0,17	112,94	57,53	2,23	0,23	136,45	69,51	1,83	0,22	252,94	128,85
240	2,00	0,17	115,65	58,91	2,33	0,24	139,95	71,29	1,92	0,22	257,93	131,40
250	2,09	0,17	115,31	58,74	2,43	0,23	143,45	73,08	2,01	0,22	259,60	132,25
260	2,18	0,17	116,32	59,26	2,53	0,24	151,84	77,35	2,10	0,23	264,59	134,79
270	2,28	0,17	116,32	59,26	2,63	0,24	149,05	75,93	2,21	0,24	269,58	137,33
280	2,38	0,17	117,68	59,95	2,73	0,24	149,75	76,29	2,30	0,24	271,24	138,18
290	2,48	0,17	118,35	60,29	2,85	0,23	149,75	76,29	2,39	0,25	269,58	137,33
300	2,57	0,17	117,34	59,78	2,95	0,24	151,15	77,00	2,48	0,25	272,91	139,03
310	2,67	0,17	118,01	60,12	3,06	0,24	151,84	77,35	2,58	0,26	274,57	139,87
320	2,76	0,17	119,37	60,81	3,16	0,24	152,54	77,71	2,68	0,25	274,57	139,87
330	2,85	0,17	118,01	60,12	3,26	0,24	155,34	79,13	2,78	0,25	276,24	140,72
340	2,93	0,17	118,01	60,12	3,36	0,24	156,04	79,49	2,89	0,25	277,90	141,57
350	3,01	0,17	117,68	59,95	3,46	0,24	156,74	79,85	2,98	0,25	277,90	141,57
360	3,10	0,17	117,68	59,95	3,57	0,24	158,14	80,56				

Laboratorio ALTAIR

Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")
ex D.P.R. 21.04.1993 n.246 e Circ. 349/STC del 16.12.1999
Rilasciata con Decreto Presidente del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore LL.PP.
n. 52505 del 11 ottobre 2004



CERTIFICATO di PROVA N. 0126-2010

emesso il 01/02/2010

Costituito da n. 2 pagine compresa la presente

Committente **Soildata Services Srl**

Commessa **Ristorante Toscano**

Località **Robbiate LC**

Verbale di Accettazione **n. 1097** **Data 20/01/2010**

DESCRIZIONE ED IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Tipo di Materiale	n. 1 campione di terreno rimaneggiato
Sondaggio/Pozzetto	PE1
Campione	C2
Profondità	0.80 – 0.90 m

ELENCO PROVE

Prova	Procedura	Data inizio	Data fine
Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione	ASTM D2487 - 98 ASTM D422 - 98	21/01/10	26/01/10
Determinazione limiti di consistenza	ASTM D4318 - 84	25/01/10	26/01/10

SPERIMENTATORE	DIRETTORE

ALTAIR s.a.s. di Griffini Lamberto & C.

Uffici e Laboratorio: 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Via Martini, 11

Tel. 0261298274 r.a. – Fax 0261770281 – E-mail: info@geoaltair.it

R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano n. MI146 – 252303 C.F. e p. IVA n. 08041580153

Sede Legale 20149 MILANO Via E. Pagliano, 37



ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE

ASTM D2487-98 --- ASTM D422-98

DETERMINAZIONE LIMITI DI CONSISTENZA e CALCOLO DELL'INDICE DI PLASTICITA'

ASTM D4318-84

Certificato n. **126** del **01/02/2010** Accett n° **1097** del **20/01/2010**

COMMITTENTE: Soildata Services Srl
COMMESSA: Ristorante Toscano
LOCALITA': Robbiate LC
CAMPIONE: C2

SONDAGGIO : PE1
PROFONDITA' : 0,80 - 0,90 m

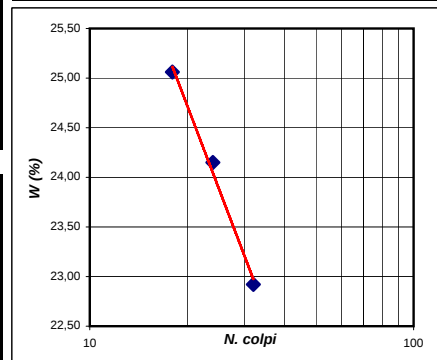
ANALISI PER SETACCIATURA			
Peso iniziale	6585	g	
Diametro massimo	100	mm	
	mm	in.-No.	
Passante 75,0	3	100,00	%
Passante 50,8	2	97,73	%
Passante 38,1	1 1/2	79,11	%
Passante 25,4	1	68,63	%
Passante 19,0	3/4	61,43	%
Passante 9,5	3/8	51,06	%
Passante 4,75	No. 4	46,67	%
Passante 2,0	No. 10	43,63	%
Passante 0,850	No. 20	39,40	%
Passante 0,425	No. 40	34,69	%
Passante 0,254	No. 60	31,82	%
Passante 0,150	No. 100	29,96	%
Passante 0,075	No. 200	27,48	%
Ghiaia g (19-75)		38,57	%
Ghiaia f (4,75-19,0)		14,76	%
Sabbia g (2-4,75)		3,03	%
Sabbia m (0,425-2)		8,94	%
Sabbia f (0,075-0,425)		7,22	%
Limo+argilla (< 0,075)		27,48	%

ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			
Peso iniziale	50	g	
Diametro massimo	0,075	mm	
	Diametro	Percentuale	
0,0555	mm	25,58	%
0,0412	mm	22,47	%
0,0304	mm	19,37	%
0,0224	mm	16,26	%
0,0163	mm	14,04	%
0,0122	mm	11,82	%
0,0087	mm	10,93	%
0,0062	mm	9,60	%
0,0045	mm	7,82	%
0,0032	mm	6,49	%
0,0023	mm	6,04	%
0,0016	mm	5,60	%
0,0013	mm	5,16	%
Limo (0,005-0,075)		19,14	%
Argilla (< 0,005)		8,34	%

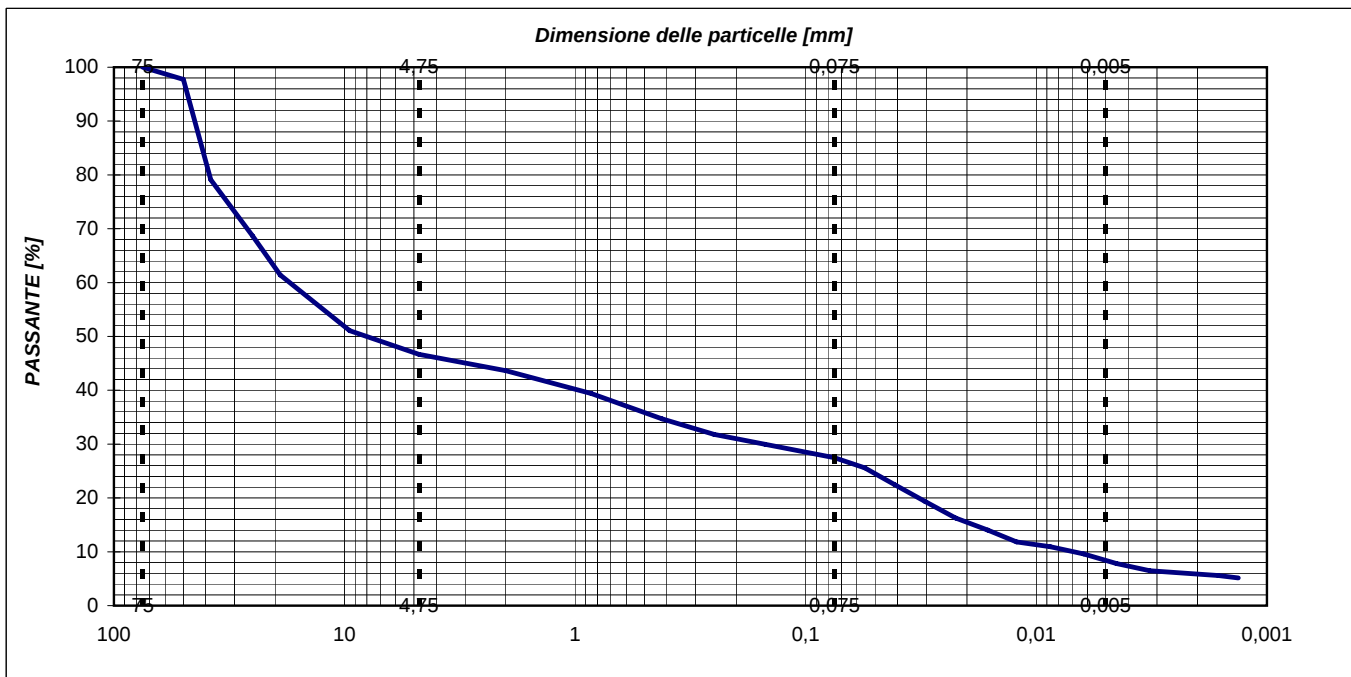
CLASSIFICAZIONE ASTM

GM

LIMITI di CONSISTENZA				
Limite Liquido				
TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
22,24	78,83	67,49	25,06	18
22,21	72,28	62,54	24,15	24
22,35	73,62	64,06	22,92	32
Limite Plastico				
TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	
22,36	29,05	27,92	20,32	
22,4	29,41	28,22	20,45	
Limite Liquido		23	%	
Limite Plastico		20	%	
Indice di Plasticità		3	%	



CU	-
CC	-
γ _s	- Mg/mc



Laboratorio ALTAIR

Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")
ex D.P.R. 21.04.1993 n.246 e Circ. 349/STC del 16.12.1999
Rilasciata con Decreto Presidente del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore LL.PP.
n. 52505 del 11 ottobre 2004



CERTIFICATO di PROVA N. 0223-2010

emesso il 17/02/2010

Costituito da n. 2 pagine compresa la presente

Committente **Soildata Services Srl**

Commessa **Ristorante Toscano**

Località **Robbiate LC**

Verbale di Accettazione **n. 1097** **Data 20/01/2010**

DESCRIZIONE ED IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Tipo di Materiale	n. 1 campione di terreno rimaneggiato
Sondaggio/Pozzetto	PE1
Campione	C3
Profondità	2.20 – 2.40 m

ELENCO PROVE

Prova	Procedura	Data inizio	Data fine
Prova di resistenza a compressione monoassiale	Standard ISRM - 1978	20/01/10	17/02/10

SPERIMENTATORE	DIRETTORE

ALTAIR s.a.s. di Griffini Lamberto & C.
Uffici e Laboratorio: 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Via Martini, 11
Tel. 0261298274 r.a. – Fax 0261770281 – E-mail: info@geoaltair.it
R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano n. MI146 – 252303 C.F. e p. IVA n. 08041580153
Sede Legale 20149 MILANO Via E. Pagliano, 37

Laboratorio ALTAIR

Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")

Decreto n. 52505 - 11 ottobre 2004

Presidente Consiglio Superiore LL.PP. - Servizio Tecnico Centrale



PROVA DI RESISTENZA A COMPRESSIONE MONOASSIALE

ISRM - Doc. n. 8 - Marzo 1977

Certif. n. 223	del 17/02/2010	Accett. n. 1097	del 20/01/2010
-----------------------	-----------------------	------------------------	-----------------------

Committente :	Soildata Services Srl
Commessa :	Ristorante Toscano
Località :	Robbiate LC
Campione :	PE1-C3
Profondità :	2,20 - 2,40 m
Litologia	Arenaria grossolana, vacuolare con grado di cementazione molto basso

Dati Sperimentali

Diametro medio:	m	3,77E-02
Altezza media:	m	7,30E-02
Peso:	Mg	1,60E-04
Volume:	mc	8,14E-05
Peso di volume:	Mg/mc	1,97

Risultati

Orientazione del carico:	-	assiale
Durata della prova:	s	11
Velocità applicazione del carico:	N/sec	445
Carico a rottura:	kN	4,9
SFORZO A ROTTURA	Mpa	4,4

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA POST ROTTURA

Campione totalmente disgregato in seguito alla prova, documentazione fotografica non disponibile.

Laboratorio ALTAIR

Concessione Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti
per l'esecuzione e la certificazione di prove su terreni (settore "a") e su rocce (settore "b")
ex D.P.R. 21.04.1993 n.246 e Circ. 349/STC del 16.12.1999
Rilasciata con Decreto Presidente del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore LL.PP.
n. 52505 del 11 ottobre 2004



CERTIFICATO di PROVA N. 0222-2010

emesso il 17/02/2010

Costituito da n. 2 pagine compresa la presente

Committente *Soildata Services Srl*

Commessa *Ristorante Toscano*

Località *Robbiate LC*

Verbale di Accettazione n. *1097* Data *20/01/2010*

DESCRIZIONE ED IDENTIFICAZIONE DEL CAMPIONE

Tipo di Materiale	n. 1 campione di terreno rimaneggiato
Sondaggio/Pozzetto	PE1
Campione	C3
Profondità	2.20 – 2.40 m

ELENCO PROVE

Prova	Procedura	Data inizio	Data fine
Analisi granulometrica per setacciatura e sedimentazione	ASTM D2487 - 98 ASTM D422 - 98	01/02/10	05/02/10

SPERIMENTATORE	DIRETTORE

ALTAIR s.a.s. di Griffini Lamberto & C.
Uffici e Laboratorio: 20092 CINISELLO BALSAMO (MI) – Via Martini, 11
Tel. 0261298274 r.a. – Fax 0261770281 – E-mail: info@geoaltair.it
R.E.A. n. 1198777 – Registro Imprese Milano n. MI146 – 252303 C.F. e p. IVA n. 08041580153
Sede Legale 20149 MILANO Via E. Pagliano, 37



ANALISI GRANULOMETRICA PER SETACCIATURA E SEDIMENTAZIONE

ASTM D2487-98 --- ASTM D422-98

Certificato n. **222** del **17/02/2010** Accett n° **1097** del **20/01/2010**

COMMITTENTE: Soildata Services Srl
COMMESSA: Ristorante Toscano
LOCALITA': Robbiate LC
CAMPIONE: C3

SONDAGGIO : PE1
PROFONDITA' : 2,20 - 2,40 m

ANALISI PER SETACCIATURA			
Peso iniziale	1403,5	g	
Diametro massimo	34	mm	
	mm	in.-No.	
Passante 75,0	3	100,00	%
Passante 50,8	2	100,00	%
Passante 38,1	1 1/2	100,00	%
Passante 25,4	1	100,00	%
Passante 19,0	3/4	98,79	%
Passante 9,5	3/8	97,20	%
Passante 4,75	No. 4	96,70	%
Passante 2,0	No. 10	86,25	%
Passante 0,850	No. 20	62,72	%
Passante 0,425	No. 40	27,28	%
Passante 0,254	No. 60	18,13	%
Passante 0,150	No. 100	14,94	%
Passante 0,075	No. 200	10,78	%
Ghiaia g (19-75)		1,21	%
Ghiaia f (4,75-19,0)		2,09	%
Sabbia g (2-4,75)		10,45	%
Sabbia m (0,425-2)		58,97	%
Sabbia f (0,075-0,425)		16,50	%
Limo+argilla (< 0,075)		10,78	%

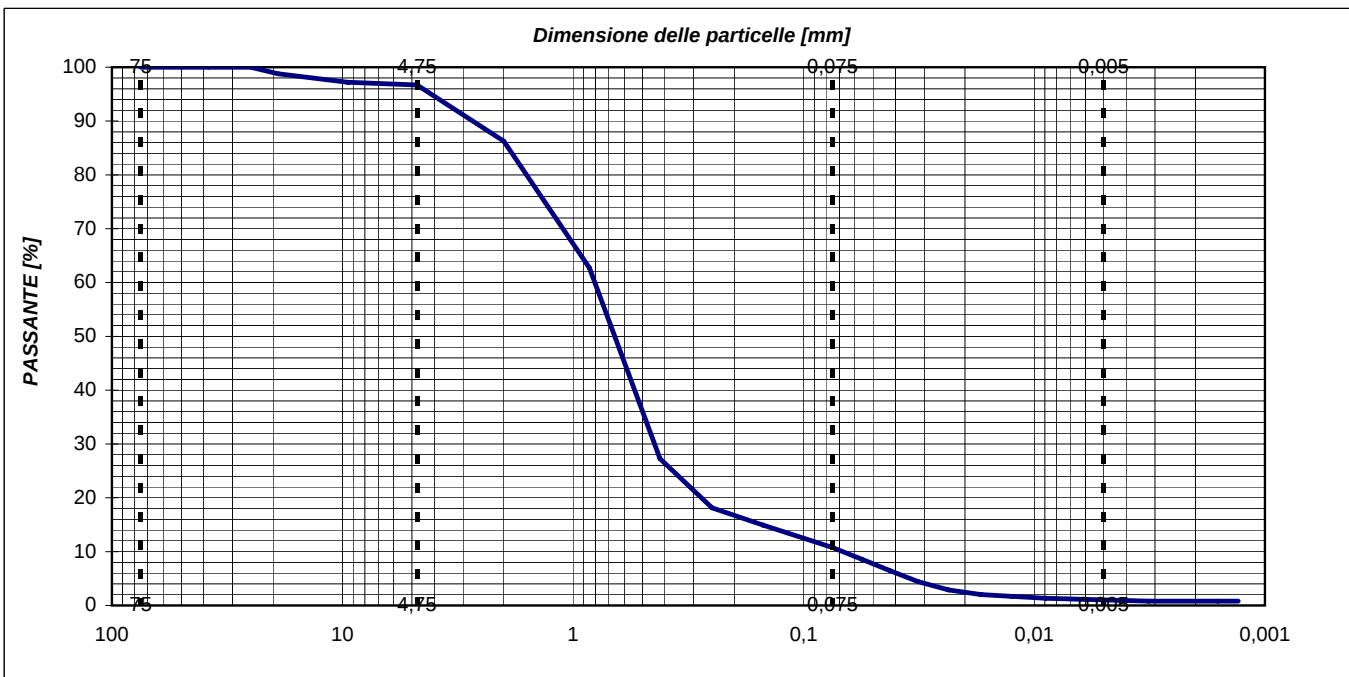
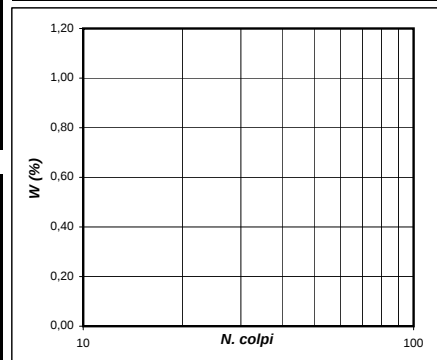
ANALISI PER SEDIMENTAZIONE			
Peso iniziale	50	g	
Diametro massimo	0,075	mm	
	Diametro	Percentuale	
0,0560	mm	8,59	%
0,0425	mm	6,52	%
0,0319	mm	4,44	%
0,0235	mm	2,89	%
0,0170	mm	2,03	%
0,0125	mm	1,68	%
0,0089	mm	1,34	%
0,0063	mm	1,16	%
0,0045	mm	0,99	%
0,0032	mm	0,82	%
0,0023	mm	0,82	%
0,0016	mm	0,82	%
0,0013	mm	0,82	%
Limo (0,005-0,075)		9,74	%
Argilla (< 0,005)		1,04	%

CLASSIFICAZIONE ASTM

SW-SM SW-SC

CU	11,9	-
CC	3,6	-
γ_s		- Mg/mc

LIMITI di CONSISTENZA				
Limite Liquido				
TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	N. COLPI
Limite Plastico				
TARA (g)	PESO UMIDO (g)	PESO SECCO (g)	UMIDITA' (%)	
Limite Liquido				%
Limite Plastico				%
Indice di Plasticità				%



ALLEGATO 7

PROVE SPT

INTERPRETAZIONE GEOTECNICA

INTERPRETAZIONE PROVE SPT

Committente	Ristorante Toscano
Commessa	Verifica stabilità pendio
Località	Robbiate (LC)
Data	03/02/10

Sondaggio **PZ1**

Prof. falda			[m]	-	Ohta e Goto (1978)										
Prof.	γ_n	N_{SPT}	Tipo terreno	Categoria	σ'_{v0}	N_1	Dr	ϕ'	c_u	a	b	V_s	G_i	μ	E_i
[m]	[kN/m ³]	[colpi/30 cm]	[-]	ASTM	[kPa]	[colpi/30 cm]	[-]	[°]	[kPa]	[-]	[-]	[m/s]	[MPa]	[-]	[MPa]
1,8	18,0	51	nc	GM	32	96	1,00	41	-	1,30	1,15	226	94	0,35	254

Sondaggio **S1**

Prof. falda [m]			-		Ohta e Goto (1978)										
Prof. [m]	γ_n [kN/m ³]	N _{SPT} [colpi/30 cm]	Tipo terreno [-]	Categoria ASTM	σ'_{v0} [kPa]	N ₁ [colpi/30 cm]	Dr [-]	ϕ' [°]	c _u [kPa]	a [-]	b [-]	V _s [m/s]	G _i [MPa]	μ [-]	E _i [MPa]
1,8	18,0	11	nc	GM	32	21	0,58	35	-	1,30	1,15	174	56	0,35	151
3,3	18,0	16	nc	GM	59	21	0,60	35	-	1,30	1,15	210	81	0,35	218
4,8	19,0	17	nc	GM	91	18	0,54	35	-	1,30	1,15	229	101	0,35	273

ALLEGATO 8

CLASSIFICAZIONE E CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOMECCANICI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA'

Committente	Ristorante Toscano
Commessa	Verifica stabilità pendio
Località	Robbiate (LC)
Data	18/01/10
Area di rilievo geomeccanico	RG 1 - parametri medi

Litologia e descrizione geologica generale

Conglomerato poligenico ben cementato in strati decimetrici e banchi metrici con locali livelli di arenarie medio grossolane. Nel complesso l'ammasso risulta poco fratturato con sviluppo di un unico sistema di giunti oltre a occasionali fratture random. Presenza di cavità da dissoluzione.

Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia

tipo ammasso	alternanze	classe	a	litotipo a	litotipo b
resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]		50	-	-
parametro dell'involuppo di rottura	m_i [-]		21	-	-
rapporto del modulo	MR [-]		350	-	-
percentuale relativa	[%]		100	0	0

Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione

resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]	50,0
parametro dell'involuppo di rottura	m_i [-]	21
rapporto del modulo	MR [-]	350

Q System (Grimstad e Barton, 1993)

RQD	J_r	J_w
[%]	[-]	[-]
80	3,0	1,0

RQD : Rock Quality Designation

J_w : Joint Water Reduction Factor

J_n : Joint Set Number

SRF : Stress Reduction Factor

J_r : Joint Roughness Number

J_a : Joint Alteration Number

J_n	J_a	SRF
[-]	[-]	[-]
3,0	1,0	2,5

Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso

Q'	classe	qualità dell'ammasso
[-]		
80,00	A	molto buona

Q' : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w = 1$ e $SRF = 1$)

RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)

Resistenza a compressione monoassiale σ_{ci}	[MPa]
Rock Quality Designation RQD	[%]
N° di famiglie di discontinuità	[-]
Spaziatura delle discontinuità	[cm]
Condizioni delle discontinuità:	
lunghezza	[m]
apertura	[mm]
rugosità:	
descrizione	[-]
JRC	[-]
riempimento:	
tipo	[-]
spessore	[mm]
alterazione	[-]
Condizioni idriche	[-]

50	6
80	16
1	
60	16
20	0
chiuse	6
rugose	
12	5
assente	
-	6
debolmente alterate	5
umido	10

Rock Mass Rating intrinseco

RMR'	75
-------------	-----------

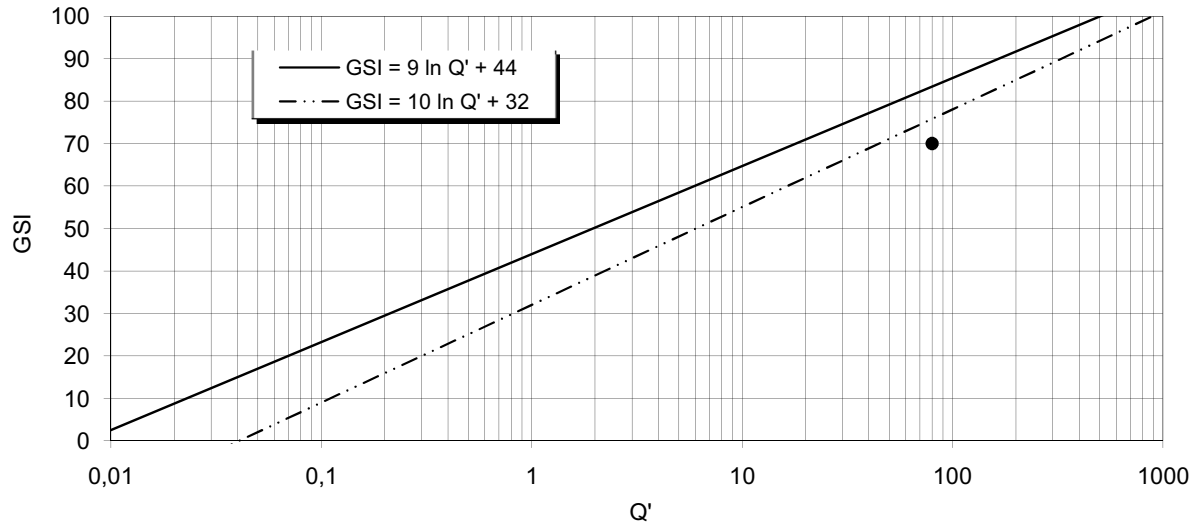
Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso

RMR'	classe	qualità dell'ammasso
[-]		
75	II	buona

Geological Strength Index
(Hoek e Marinos., 2000)

GSI	70
------------	-----------

Classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso



PARAMETRI GEOMECCANICI

Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a \quad (\text{Hoek et al., 2002})$$

Materiale roccia		
resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]	50,0
resistenza a trazione (calcolata)	σ_{ti} [MPa]	0,1
parametro dell'involuppo di rottura	m_i [-]	21
rapporto del modulo	MR [-]	350

Coefficiente di disturbo	D [-]	0,0
--------------------------	---------	-----

Ammasso roccioso - Condizioni di picco		
parametri dell'involuppo di rottura	m_b [-]	7,19
	s [-]	3,6E-02
	a [-]	0,50
resistenza a trazione	σ_t [MPa]	0,25
resistenza a compressione monoassiale	σ_c [MPa]	9,40
resistenza globale	σ_{cm} [MPa]	19,05

Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura		
parametri dell'involuppo di rottura	m_b [-]	0,35
	s [-]	3,6E-03
	a [-]	0,50
resistenza a trazione	σ_t [MPa]	0,51
resistenza a compressione monoassiale	σ_c [MPa]	2,96
resistenza globale	σ_{cm} [MPa]	4,48

Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb

$$\tau = c' + \sigma \tan \phi'$$

Campo tensionale di validità [MPa]

0,0	0,3
-----	-----

Ammasso roccioso - Condizioni di picco		
Angolo di resistenza al taglio efficace	ϕ' [°]	65,89
Coesione efficace	c' [MPa]	0,94

Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura		
Angolo di resistenza al taglio efficace	ϕ' [°]	40,81
Coesione efficace	c' [MPa]	0,66

Modulo di deformabilità

(Serafim e Pereira, 1983; Hoek et al., 2002)	E_m [GPa]	22,36
(Hoek e Diederichs, 2006)	E_m [GPa]	12,82

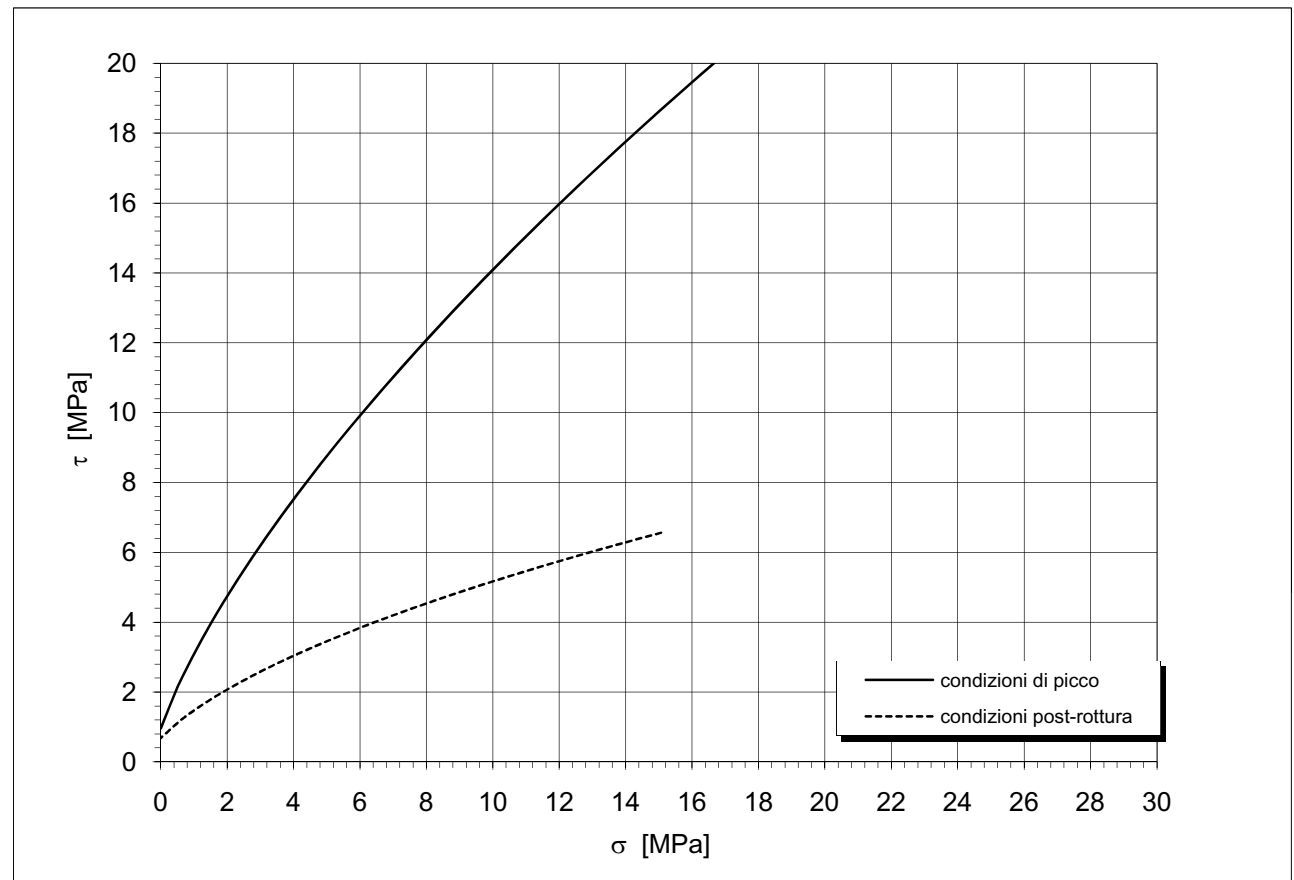
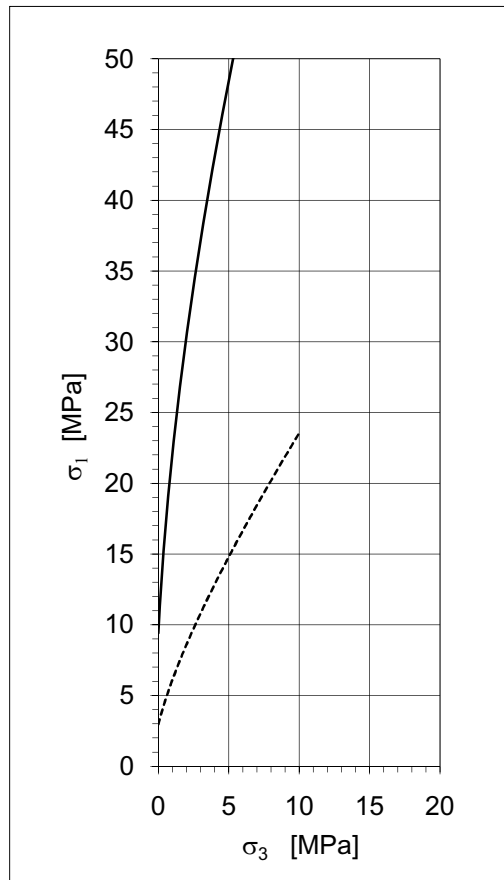
INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO

	picco	post- rottura	condizioni di picco		condizioni post-rottura		condizioni di picco		condizioni post-rottura	
σ_3 [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_n [MPa]	τ [MPa]	σ_n [MPa]	τ [MPa]	c_i [MPa]	φ_i [°]	c_i [MPa]	φ_i [°]
0,00	9,40	2,96	0,01	0,96	-0,06	0,63	1,05	65	0,75	36
0,05	10,36	3,16	0,45	2,00	0,60	1,19	1,10	64	0,76	36
0,10	11,24	3,34	0,58	2,28	0,70	1,26	1,15	63	0,78	35
0,15	12,07	3,53	0,72	2,55	0,79	1,33	1,21	62	0,79	34
0,20	12,85	3,70	0,85	2,80	0,89	1,39	1,26	61	0,80	34
0,25	13,58	3,87	0,98	3,05	0,98	1,46	1,31	60	0,82	33
0,30	14,29	4,04	1,11	3,28	1,07	1,52	1,37	60	0,83	33
0,35	14,97	4,21	1,25	3,51	1,17	1,58	1,42	59	0,85	32
0,40	15,62	4,37	1,38	3,73	1,26	1,63	1,47	59	0,86	32
0,45	16,24	4,53	1,50	3,95	1,35	1,69	1,52	58	0,88	31
0,50	16,85	4,68	1,63	4,16	1,44	1,75	1,57	58	0,89	31
0,60	18,01	4,98	1,76	4,36	1,52	1,80	1,67	57	0,92	30
0,70	19,11	5,28	2,02	4,76	1,70	1,90	1,77	56	0,95	29
0,80	20,16	5,56	2,27	5,14	1,87	2,00	1,87	55	0,98	29
0,90	21,17	5,84	2,52	5,51	2,04	2,09	1,96	55	1,01	28
1,00	22,14	6,12	2,77	5,86	2,21	2,18	2,05	54	1,04	27
1,10	23,07	6,39	3,01	6,21	2,38	2,27	2,14	53	1,07	27
1,20	23,97	6,65	3,26	6,54	2,55	2,36	2,23	53	1,09	26
1,30	24,85	6,91	3,50	6,87	2,71	2,44	2,32	52	1,12	26
1,40	25,70	7,16	3,75	7,18	2,88	2,52	2,41	52	1,15	26
1,50	26,53	7,41	3,99	7,49	3,04	2,60	2,49	51	1,17	25
1,60	27,33	7,65	4,23	7,80	3,20	2,67	2,58	51	1,20	25
1,70	28,12	7,90	4,47	8,09	3,36	2,75	2,66	51	1,23	24
1,80	28,89	8,14	4,70	8,39	3,52	2,82	2,74	50	1,25	24
1,90	29,65	8,37	4,94	8,67	3,68	2,89	2,82	50	1,28	24
2,00	30,39	8,61	5,17	8,95	3,83	2,96	2,90	49	1,30	23
2,20	31,83	9,06	5,41	9,23	3,99	3,03	3,06	49	1,35	23
2,40	33,22	9,51	5,87	9,76	4,30	3,16	3,22	48	1,40	22
2,60	34,57	9,96	6,33	10,28	4,60	3,29	3,37	48	1,44	22
2,80	35,87	10,39	6,79	10,79	4,91	3,41	3,52	47	1,49	21
3,00	37,14	10,82	7,25	11,28	5,21	3,53	3,66	46	1,53	21
3,20	38,38	11,24	7,70	11,76	5,51	3,65	3,80	46	1,58	21
3,40	39,59	11,65	8,14	12,23	5,80	3,76	3,94	45	1,62	20
3,60	40,77	12,06	8,59	12,68	6,10	3,87	4,08	45	1,66	20
3,80	41,93	12,46	9,03	13,13	6,39	3,98	4,22	45	1,70	20
4,00	43,06	12,86	9,47	13,57	6,68	4,08	4,35	44	1,75	19
4,20	44,17	13,26	9,91	14,00	6,97	4,18	4,49	44	1,79	19
4,40	45,26	13,65	10,34	14,42	7,26	4,28	4,62	43	1,83	19
4,60	46,34	14,04	10,78	14,83	7,54	4,38	4,75	43	1,86	18
4,80	47,39	14,42	11,21	15,24	7,82	4,48	4,87	43	1,90	18
5,00	48,43	14,80	11,64	15,63	8,11	4,57	5,00	42	1,94	18
5,50	50,96	15,74	12,06	16,03	8,39	4,66	5,31	42	2,03	17
6,00	53,40	16,66	13,12	16,98	9,09	4,88	5,61	41	2,12	17
6,50	55,76	17,56	14,17	17,90	9,78	5,10	5,90	40	2,21	16
7,00	58,06	18,45	15,20	18,79	10,46	5,30	6,19	40	2,29	16
7,50	60,30	19,32	16,23	19,65	11,14	5,50	6,47	39	2,38	16
8,00	62,48	20,19	17,25	20,48	11,81	5,69	6,74	39	2,46	15
8,50	64,61	21,04	18,26	21,30	12,48	5,88	7,01	38	2,54	15
9,00	66,69	21,89	19,26	22,09	13,15	6,06	7,27	38	2,61	15
9,50	68,74	22,72	20,25	22,86	13,81	6,23	7,53	37	2,69	14
10,00	70,74	23,55	21,24	23,61	14,47	6,40	7,78	37	2,76	14
			22,22	24,35	15,12	6,57				

Inviluppi di rottura dell'ammasso roccioso

Verifica stabilità pendio
Robbiate (LC)

RG 1 - parametri medi



Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b + \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a \quad (\text{Hoek et al., 2002})$$

Materiale roccia		
resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]	50,0
resistenza a trazione (calcolata)	σ_{ti} [MPa]	0,1
parametro dell'involuppo di rottura	m_i [-]	350,0

Geological Strength Index (Hoek e Marinos., 2000)	70
---	----

Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso		picco	post-rottura
parametri dell'involuppo di rottura	m_b [-]	7,19	0,35
	s [-]	3,6E-02	3,6E-03
	a [-]	0,50	0,50
resistenza a trazione	σ_t [MPa]	0,25	0,51
resistenza a compressione monoassiale	σ_c [MPa]	9,40	2,96
resistenza globale	σ_{cm} [MPa]	19,05	4,48
modulo di deformabilità	E_m [GPa]	22,36 - 12,82	

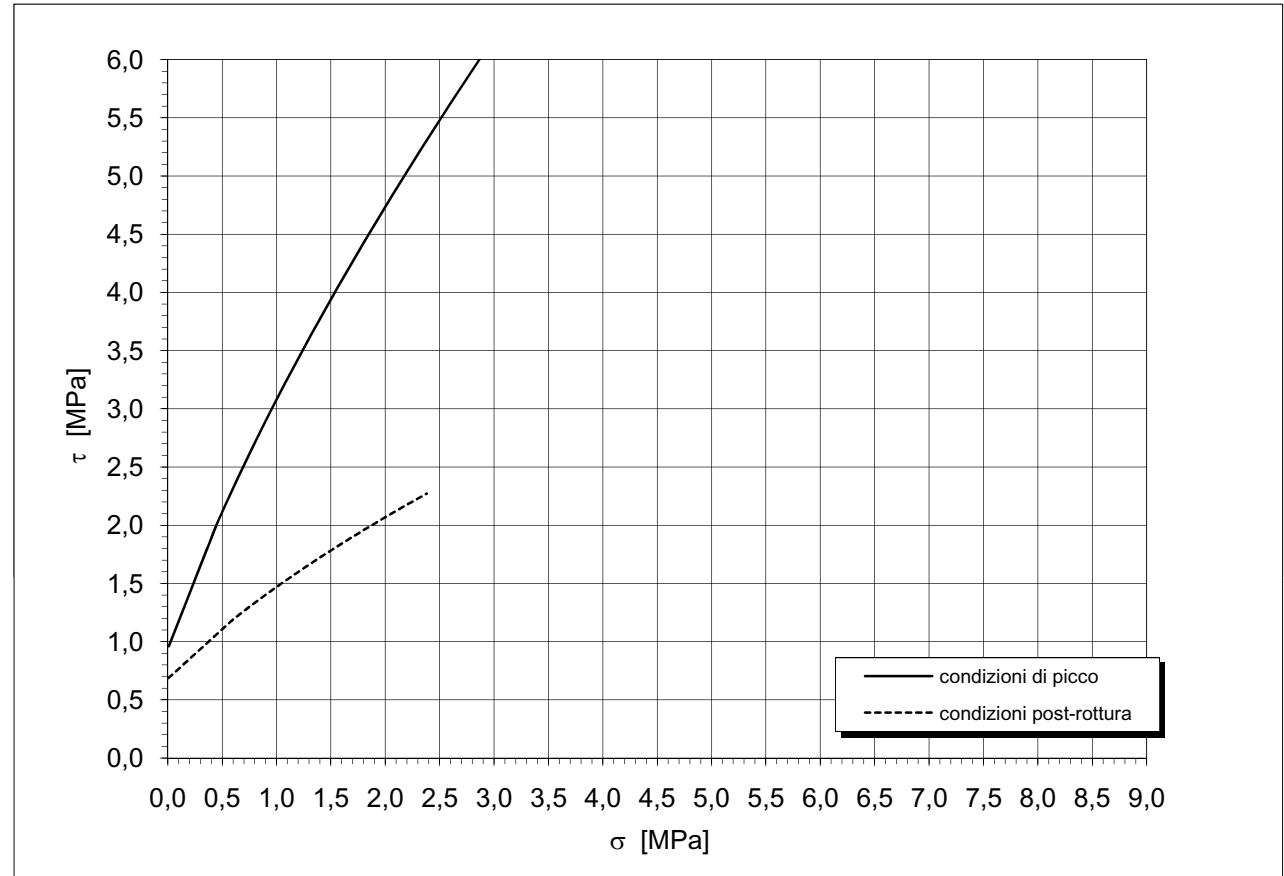
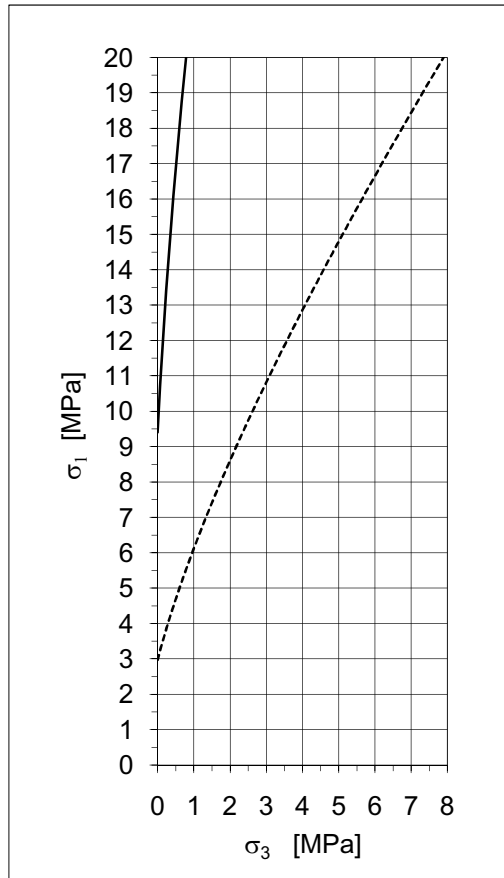
INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO ($\sigma_3 = 0 - 1 \text{ MPa}$)

	<i>picco</i>	<i>post- rottura</i>	<i>condizioni di picco</i>		<i>condizioni post-rottura</i>		<i>condizioni di picco</i>		<i>condizioni post-rottura</i>	
σ_3 [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_n [MPa]	τ [MPa]	σ_n [MPa]	τ [MPa]	c_i [kPa]	ϕ_i [°]	c_i [kPa]	ϕ_i [°]
0,00	9,40	2,96	0,01	0,96	-0,06	0,63	1051	65	747	36
0,01	9,60	3,00	0,45	2,00	0,60	1,19	1061	65	750	36
0,02	9,79	3,04	0,47	2,06	0,62	1,21	1071	64	753	36
0,03	9,99	3,08	0,50	2,12	0,64	1,22	1081	64	756	36
0,04	10,17	3,12	0,53	2,17	0,66	1,23	1092	64	758	36
0,05	10,36	3,16	0,56	2,23	0,68	1,25	1102	64	761	36
0,06	10,54	3,19	0,58	2,28	0,70	1,26	1113	64	764	36
0,07	10,72	3,23	0,61	2,34	0,72	1,28	1123	64	767	36
0,08	10,90	3,27	0,64	2,39	0,74	1,29	1134	63	770	35
0,09	11,07	3,31	0,66	2,44	0,76	1,30	1144	63	773	35
0,10	11,24	3,34	0,69	2,50	0,77	1,32	1155	63	776	35
0,11	11,41	3,38	0,72	2,55	0,79	1,33	1165	63	779	35
0,12	11,58	3,42	0,74	2,60	0,81	1,34	1176	62	781	35
0,13	11,74	3,45	0,77	2,65	0,83	1,36	1186	62	784	35
0,14	11,91	3,49	0,80	2,70	0,85	1,37	1197	62	787	34
0,15	12,07	3,53	0,82	2,75	0,87	1,38	1208	62	790	34
0,16	12,23	3,56	0,85	2,80	0,89	1,39	1218	62	793	34
0,17	12,38	3,59	0,88	2,85	0,91	1,41	1229	62	796	34
0,18	12,54	3,63	0,90	2,90	0,93	1,42	1240	61	799	34
0,19	12,69	3,67	0,93	2,95	0,94	1,43	1250	61	802	34
0,20	12,85	3,70	0,96	3,00	0,96	1,45	1261	61	805	34
0,22	13,15	3,77	0,98	3,05	0,98	1,46	1282	61	811	33
0,24	13,44	3,84	1,04	3,14	1,02	1,48	1303	61	817	33
0,26	13,73	3,91	1,09	3,24	1,06	1,51	1324	60	823	33
0,28	14,01	3,97	1,14	3,33	1,09	1,53	1345	60	829	33
0,30	14,29	4,04	1,19	3,42	1,13	1,55	1366	60	835	33
0,32	14,56	4,11	1,25	3,51	1,17	1,58	1387	60	841	32
0,34	14,83	4,17	1,30	3,60	1,20	1,60	1408	59	847	32
0,36	15,10	4,24	1,35	3,69	1,24	1,62	1429	59	853	32
0,38	15,36	4,30	1,40	3,78	1,27	1,65	1449	59	859	32
0,40	15,62	4,37	1,45	3,86	1,31	1,67	1470	59	865	32
0,42	15,87	4,43	1,50	3,95	1,35	1,69	1490	59	871	31
0,44	16,12	4,49	1,56	4,03	1,38	1,71	1511	58	876	31
0,46	16,37	4,56	1,61	4,12	1,42	1,73	1531	58	882	31
0,48	16,61	4,62	1,66	4,20	1,45	1,76	1552	58	888	31
0,50	16,85	4,68	1,71	4,28	1,49	1,78	1572	58	894	31
0,55	17,44	4,83	1,76	4,36	1,52	1,80	1622	57	909	30
0,60	18,01	4,98	1,89	4,56	1,61	1,85	1672	57	924	30
0,65	18,57	5,13	2,02	4,76	1,70	1,90	1721	56	938	30
0,70	19,11	5,28	2,14	4,95	1,79	1,95	1770	56	953	29
0,75	19,65	5,42	2,27	5,14	1,87	2,00	1818	56	968	29
0,80	20,16	5,56	2,39	5,33	1,96	2,05	1866	55	982	29
0,85	20,67	5,71	2,52	5,51	2,04	2,09	1913	55	996	28
0,90	21,17	5,84	2,64	5,69	2,13	2,14	1960	55	1010	28
0,95	21,66	5,98	2,77	5,86	2,21	2,18	2006	54	1025	28
1,00	22,14	6,12	2,89	6,04	2,30	2,23	2052	54	1039	27

Involuppi di rottura dell'ammasso roccioso ($0 < \sigma_3 < 1 \text{ MPa}$)

**Verifica stabilità pendio
Robbiate (LC)**

RG 1 - parametri medi



Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a \quad (\text{Hoek et al., 2002})$$

Materiale roccia		
resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]	50,0
resistenza a trazione (calcolata)	σ_{ti} [MPa]	0,1
parametro dell'involuppo di rottura	m_i [-]	350,0

Geological Strength Index (Hoek e Marinos., 2000)	70
--	-----------

Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso		picco	post-rottura
parametri dell'involuppo di rottura	m_b [-]	7,19	0,35
	s [-]	3,6E-02	3,6E-03
	a [-]	0,50	0,50
resistenza a trazione	σ_t [MPa]	0,25	0,51
resistenza a compressione monoassiale	σ_c [MPa]	9,40	2,96
resistenza globale	σ_{cm} [MPa]	19,05	4,48
modulo di deformabilità	E_m [GPa]	22,36 - 12,82	

DEFINIZIONE DEI PARAMETRI GEOMECCANICI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA'

Committente	Ristorante Toscano
Commessa	Verifica stabilità pendio
Località	Robbiate (LC)
Data	18/01/10
Area di rilievo geomeccanico	S 1 - parametri medi

Litologia e descrizione geologica generale

Calcarei marnosi

Tipo di ammasso roccioso secondo la classificazione di Hoek e Marinos, 2000 e parametri di base del materiale roccia

tipo ammasso	omogeneo	classe	-	litotipo a	litotipo b
resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]			65	-
parametro dell'involuppo di rottura	m_i [-]			10	-
rapporto del modulo	MR [-]			500	-
percentuale relativa	[%]			100	0

Parametri del materiale roccia assunti per la classificazione e la parametrizzazione

resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]	65,0
parametro dell'involuppo di rottura	m_i [-]	10
rapporto del modulo	MR [-]	500

Q System (Grimstad e Barton, 1993)

RQD	J_r	J_w
[%]	[-]	[-]
75	1,0	1,0

RQD : Rock Quality Designation

J_w : Joint Water Reduction Factor

J_n : Joint Set Number

SRF : Stress Reduction Factor

J_r : Joint Roughness Number

J_a : Joint Alteration Number

J_n	J_a	SRF
[-]	[-]	[-]
9,0	1,0	2,5

Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso

Q'	classe	qualità dell'ammasso
[-]		
8,33	C	discreta

Q' : indice di qualità intrinseco dell'ammasso roccioso ($J_w = 1$ e $SRF = 1$)

RMR System - Geomechanics Classification (Bieniawski, 1989)

Resistenza a compressione monoassiale σ_{ci}	[MPa]
Rock Quality Designation RQD	[%]
N° di famiglie di discontinuità	[-]
Spaziatura delle discontinuità	[cm]
Condizioni delle discontinuità:	
lunghezza	[m]
apertura	[mm]
rugosità:	
descrizione	[-]
JRC	[-]
riempimento:	
tipo	[-]
spessore	[mm]
alterazione	[-]
Condizioni idriche	[-]

65	7
75	15
1	10
25	
20	0
chiuse	6
lisce	
4	1
assente	
-	6
debolmente alterate	5
umido	10

Rock Mass Rating intrinseco

RMR' 65

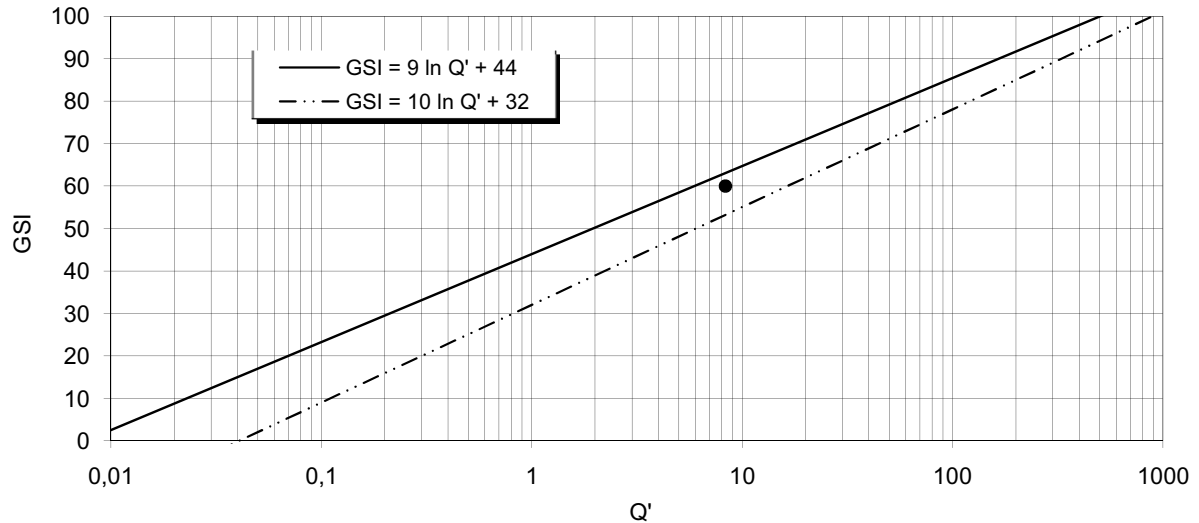
Qualità intrinseca dell'ammasso roccioso

RMR'	classe	qualità dell'ammasso
[-]		
65	II	buona

Geological Strength Index
(Hoek e Marinos., 2000)

GSI 60

Classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso



PARAMETRI GEOMECCANICI

Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a \quad (\text{Hoek et al., 2002})$$

Materiale roccia		
resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]	65,0
resistenza a trazione (calcolata)	σ_{ti} [MPa]	0,1
parametro dell'involuppo di rottura	m_i [-]	10
rapporto del modulo	MR [-]	500

Coefficiente di disturbo	D [-]	0,0
--------------------------	---------	-----

Ammasso roccioso - Condizioni di picco		
parametri dell'involuppo di rottura	m_b [-]	2,40
	s [-]	1,2E-02
	a [-]	0,50
resistenza a trazione	σ_t [MPa]	0,32
resistenza a compressione monoassiale	σ_c [MPa]	6,96
resistenza globale	σ_{cm} [MPa]	14,19

Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura		
parametri dell'involuppo di rottura	m_b [-]	0,25
	s [-]	1,2E-03
	a [-]	0,50
resistenza a trazione	σ_t [MPa]	0,30
resistenza a compressione monoassiale	σ_c [MPa]	2,19
resistenza globale	σ_{cm} [MPa]	4,55

Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Mohr-Coulomb

$$\tau = c' + \sigma \tan \phi'$$

Campo tensionale di validità [MPa]

0,0 0,3

Ammasso roccioso - Condizioni di picco		
Angolo di resistenza al taglio efficace	ϕ' [°]	60,03
Coesione efficace	c' [MPa]	0,89

Ammasso roccioso - Condizioni post-rottura		
Angolo di resistenza al taglio efficace	ϕ' [°]	42,70
Coesione efficace	c' [MPa]	0,45

Modulo di deformabilità

(Serafim e Pereira, 1983; Hoek et al., 2002)	E_m [GPa]	14,34
(Hoek e Diederichs, 2006)	E_m [GPa]	16,90

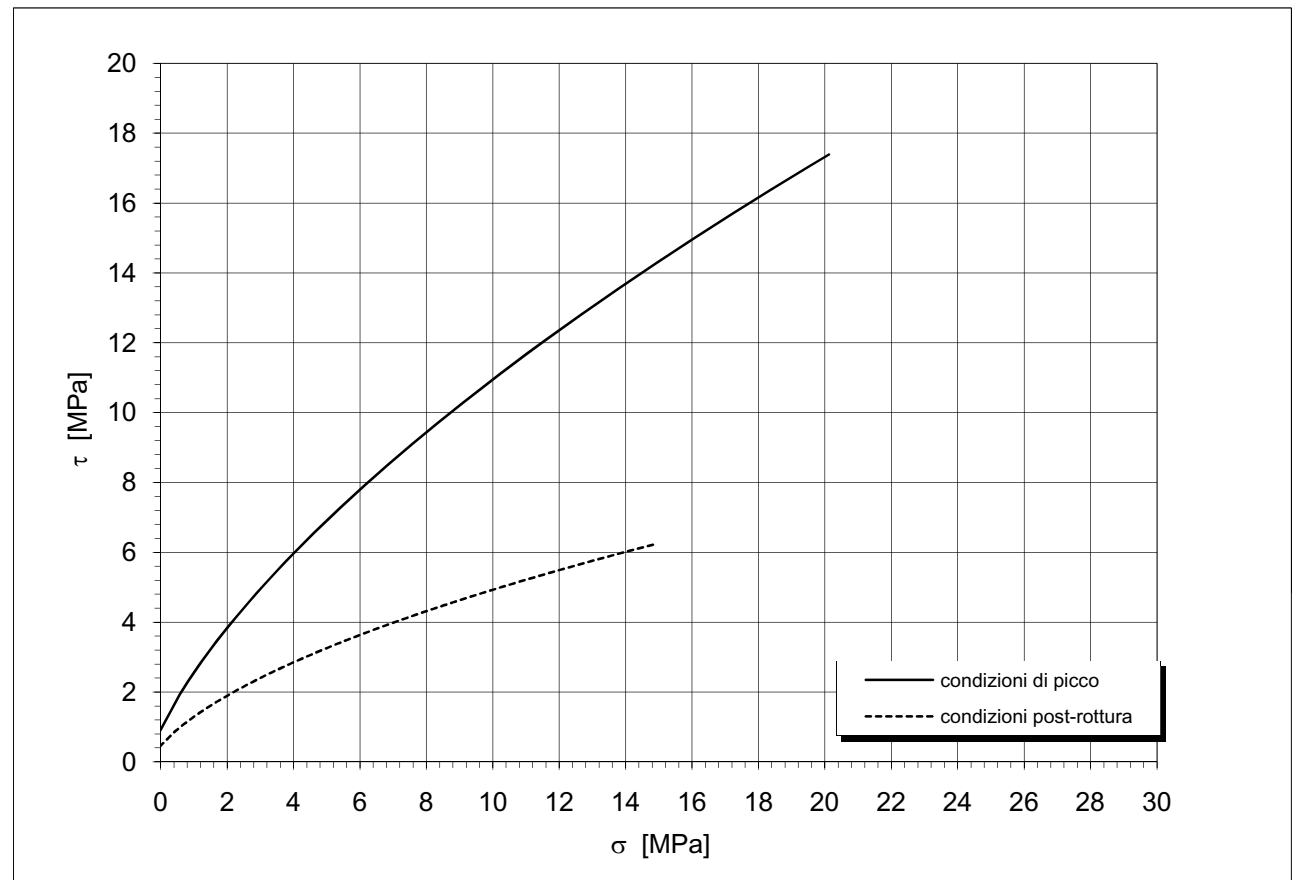
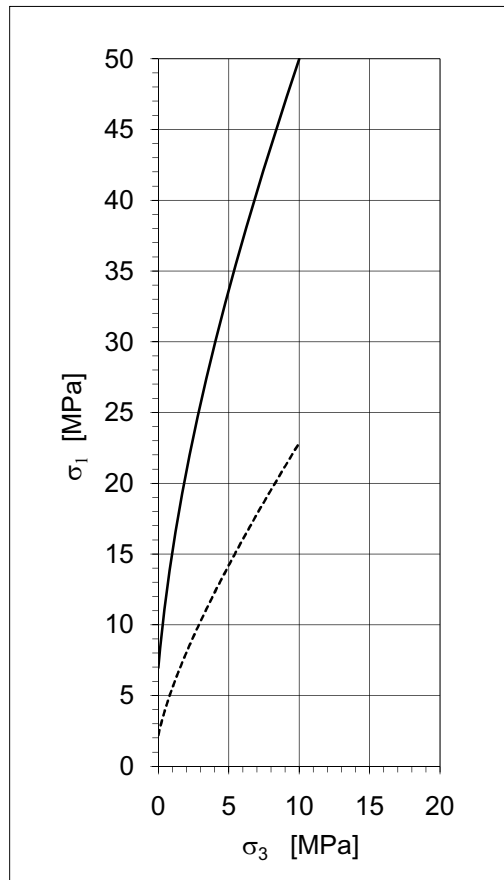
INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO

	picco	post- rottura	condizioni di picco		condizioni post-rottura		condizioni di picco		condizioni post-rottura	
σ_3 [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_n [MPa]	τ [MPa]	σ_n [MPa]	τ [MPa]	c_i [MPa]	φ_i [°]	c_i [MPa]	φ_i [°]
0,00	6,96	2,19	0,00	0,91	-0,03	0,43	1,00	58	0,51	40
0,05	7,53	2,41	0,54	1,85	0,39	0,84	1,04	57	0,53	39
0,10	8,08	2,62	0,66	2,05	0,49	0,92	1,08	56	0,54	38
0,15	8,60	2,82	0,79	2,24	0,59	1,00	1,12	55	0,56	37
0,20	9,09	3,02	0,91	2,42	0,69	1,07	1,15	54	0,58	36
0,25	9,56	3,20	1,04	2,60	0,79	1,14	1,19	54	0,60	35
0,30	10,01	3,39	1,16	2,76	0,88	1,21	1,23	53	0,61	34
0,35	10,45	3,56	1,28	2,93	0,98	1,28	1,27	52	0,63	34
0,40	10,87	3,73	1,40	3,09	1,07	1,34	1,31	52	0,65	33
0,45	11,28	3,90	1,52	3,24	1,16	1,40	1,34	51	0,66	32
0,50	11,68	4,06	1,64	3,39	1,25	1,46	1,38	51	0,68	32
0,60	12,45	4,38	1,76	3,54	1,34	1,51	1,45	50	0,71	31
0,70	13,18	4,68	2,00	3,82	1,52	1,62	1,53	49	0,75	30
0,80	13,88	4,98	2,23	4,09	1,70	1,73	1,60	48	0,78	29
0,90	14,56	5,26	2,46	4,35	1,87	1,82	1,67	48	0,81	28
1,00	15,21	5,54	2,69	4,61	2,04	1,92	1,73	47	0,84	28
1,10	15,84	5,81	2,92	4,85	2,21	2,01	1,80	46	0,87	27
1,20	16,45	6,08	3,14	5,09	2,38	2,10	1,87	46	0,90	27
1,30	17,05	6,34	3,36	5,32	2,54	2,18	1,93	45	0,93	26
1,40	17,63	6,60	3,58	5,55	2,71	2,26	2,00	45	0,96	26
1,50	18,20	6,85	3,80	5,77	2,87	2,34	2,06	44	0,99	25
1,60	18,76	7,09	4,02	5,98	3,03	2,42	2,12	44	1,01	25
1,70	19,30	7,34	4,24	6,19	3,19	2,49	2,19	43	1,04	24
1,80	19,83	7,58	4,46	6,40	3,35	2,57	2,25	43	1,07	24
1,90	20,36	7,81	4,67	6,60	3,51	2,64	2,31	43	1,09	24
2,00	20,87	8,05	4,88	6,80	3,67	2,71	2,37	42	1,12	23
2,20	21,87	8,51	5,10	6,99	3,82	2,77	2,48	41	1,17	23
2,40	22,84	8,95	5,52	7,37	4,13	2,91	2,60	41	1,22	22
2,60	23,79	9,39	5,94	7,73	4,44	3,03	2,71	40	1,27	22
2,80	24,71	9,82	6,35	8,09	4,74	3,15	2,82	40	1,31	21
3,00	25,60	10,25	6,76	8,43	5,04	3,27	2,93	39	1,36	21
3,20	26,48	10,67	7,17	8,76	5,34	3,39	3,04	39	1,40	20
3,40	27,33	11,08	7,57	9,09	5,63	3,50	3,14	38	1,45	20
3,60	28,17	11,48	7,97	9,41	5,92	3,61	3,24	38	1,49	20
3,80	28,99	11,88	8,37	9,72	6,21	3,71	3,34	37	1,53	19
4,00	29,80	12,28	8,76	10,02	6,50	3,81	3,44	37	1,57	19
4,20	30,60	12,67	9,16	10,32	6,79	3,91	3,54	37	1,61	19
4,40	31,38	13,06	9,55	10,61	7,08	4,01	3,64	36	1,65	18
4,60	32,15	13,44	9,93	10,89	7,36	4,11	3,73	36	1,69	18
4,80	32,90	13,82	10,32	11,17	7,64	4,20	3,83	35	1,73	18
5,00	33,65	14,20	10,70	11,45	7,92	4,29	3,92	35	1,77	18
5,50	35,47	15,12	11,08	11,72	8,20	4,38	4,15	34	1,86	17
6,00	37,24	16,03	12,03	12,37	8,90	4,60	4,37	34	1,95	17
6,50	38,96	16,92	12,96	13,00	9,58	4,81	4,59	33	2,04	16
7,00	40,64	17,80	13,89	13,61	10,26	5,01	4,80	32	2,12	16
7,50	42,28	18,67	14,80	14,20	10,94	5,20	5,00	32	2,20	15
8,00	43,88	19,52	15,71	14,77	11,61	5,38	5,20	31	2,28	15
8,50	45,45	20,36	16,61	15,32	12,27	5,56	5,40	31	2,36	15
9,00	46,98	21,20	17,50	15,86	12,93	5,74	5,59	30	2,43	14
9,50	48,50	22,02	18,38	16,38	13,59	5,91	5,78	30	2,51	14
10,00	49,98	22,84	19,26	16,89	14,24	6,07	5,97	30	2,58	14

Involuppi di rottura dell'ammasso roccioso

Verifica stabilità pendio
Robbiate (LC)

S 1 - parametri medi



Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a \quad (\text{Hoek et al., 2002})$$

Materiale roccia		
resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]	65,0
resistenza a trazione (calcolata)	σ_{ti} [MPa]	0,1
parametro dell'involuppo di rottura	m_i [-]	500,0

Geological Strength Index (Hoek e Marinos., 2000)	60
---	----

Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso		picco	post-rottura
parametri dell'involuppo di rottura	m_b [-]	2,40	0,25
	s [-]	1,2E-02	1,2E-03
	a [-]	0,50	0,50
resistenza a trazione	σ_t [MPa]	0,32	0,30
resistenza a compressione monoassiale	σ_c [MPa]	6,96	2,19
resistenza globale	σ_{cm} [MPa]	14,19	4,55
modulo di deformabilità	E_m [GPa]	14,34 - 16,90	

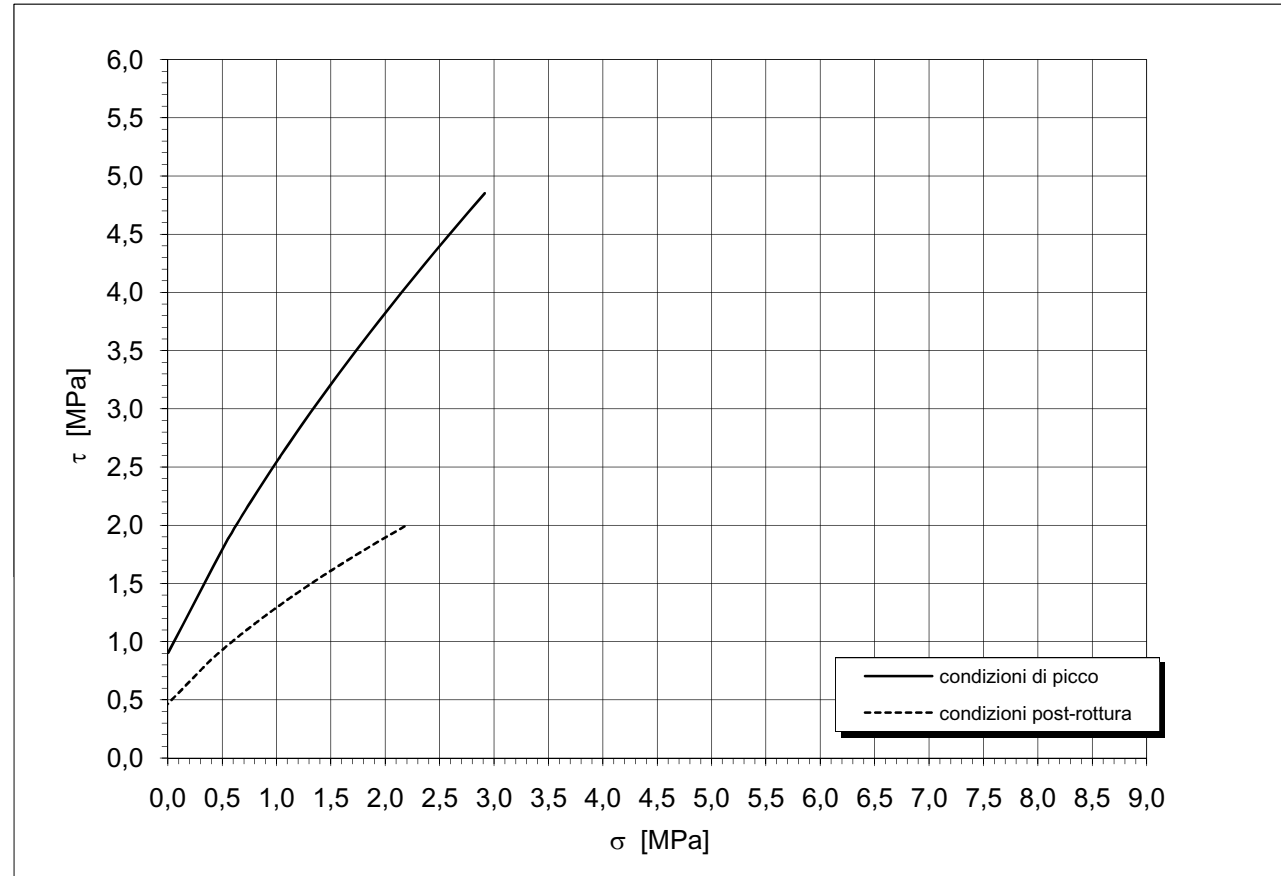
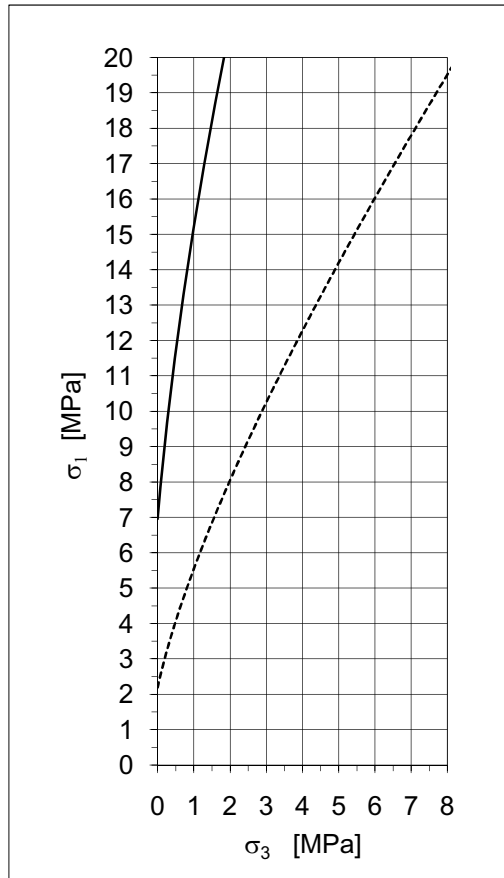
INVILUPPO DI ROTTURA DELL'AMMASSO ROCCIOSO ($\sigma_3 = 0 - 1 \text{ MPa}$)

	<i>picco</i>	<i>post- rottura</i>	<i>condizioni di picco</i>		<i>condizioni post-rottura</i>		<i>condizioni di picco</i>		<i>condizioni post-rottura</i>	
σ_3 [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_1 [MPa]	σ_n [MPa]	τ [MPa]	σ_n [MPa]	τ [MPa]	c_i [kPa]	ϕ_i [°]	c_i [kPa]	ϕ_i [°]
0,00	6,96	2,19	0,00	0,91	-0,03	0,43				
0,01	7,07	2,23	0,54	1,85	0,39	0,84	1005	58	509	40
0,02	7,19	2,28	0,56	1,89	0,41	0,85	1012	58	512	40
0,03	7,31	2,32	0,59	1,93	0,43	0,87	1019	57	516	40
0,04	7,42	2,37	0,61	1,97	0,45	0,89	1027	57	519	39
0,05	7,53	2,41	0,64	2,01	0,47	0,90	1034	57	522	39
0,06	7,65	2,45	0,66	2,05	0,49	0,92	1041	57	526	39
0,07	7,76	2,49	0,69	2,09	0,51	0,94	1049	57	529	39
0,08	7,87	2,54	0,71	2,13	0,53	0,95	1056	56	532	38
0,09	7,97	2,58	0,74	2,17	0,55	0,97	1064	56	536	38
0,10	8,08	2,62	0,76	2,20	0,57	0,98	1071	56	539	38
0,11	8,18	2,66	0,79	2,24	0,59	1,00	1079	56	543	38
0,12	8,29	2,70	0,81	2,28	0,61	1,01	1086	56	546	37
0,13	8,39	2,74	0,84	2,31	0,63	1,03	1094	55	550	37
0,14	8,49	2,78	0,86	2,35	0,65	1,04	1102	55	553	37
0,15	8,59	2,82	0,89	2,39	0,67	1,06	1109	55	557	37
0,16	8,69	2,86	0,91	2,42	0,69	1,07	1117	55	560	37
0,17	8,79	2,90	0,94	2,46	0,71	1,09	1124	55	564	36
0,18	8,89	2,94	0,96	2,49	0,73	1,10	1132	55	567	36
0,19	8,99	2,98	0,99	2,53	0,75	1,12	1140	55	571	36
0,20	9,09	3,02	1,01	2,56	0,77	1,13	1147	54	574	36
0,22	9,28	3,09	1,04	2,60	0,79	1,14	1155	54	578	36
0,24	9,47	3,17	1,09	2,66	0,82	1,17	1170	54	585	35
0,26	9,65	3,24	1,14	2,73	0,86	1,20	1185	54	592	35
0,28	9,83	3,31	1,18	2,80	0,90	1,22	1201	53	599	35
0,30	10,01	3,39	1,23	2,86	0,94	1,25	1216	53	606	34
0,32	10,19	3,46	1,28	2,93	0,98	1,28	1231	53	613	34
0,34	10,36	3,53	1,33	2,99	1,01	1,30	1246	53	620	34
0,36	10,53	3,60	1,38	3,05	1,05	1,33	1261	52	627	34
0,38	10,70	3,66	1,43	3,12	1,09	1,35	1276	52	634	33
0,40	10,87	3,73	1,47	3,18	1,12	1,37	1291	52	641	33
0,42	11,04	3,80	1,52	3,24	1,16	1,40	1306	52	648	33
0,44	11,20	3,87	1,57	3,30	1,20	1,42	1321	52	654	33
0,46	11,36	3,93	1,62	3,36	1,23	1,45	1336	51	661	32
0,48	11,52	4,00	1,67	3,42	1,27	1,47	1351	51	668	32
0,50	11,68	4,06	1,71	3,48	1,31	1,49	1366	51	675	32
0,55	12,07	4,22	1,76	3,54	1,34	1,51	1381	51	682	32
0,60	12,45	4,38	1,88	3,68	1,43	1,57	1417	50	698	31
0,65	12,82	4,53	2,00	3,82	1,52	1,62	1454	50	715	31
0,70	13,18	4,68	2,11	3,96	1,61	1,67	1490	49	731	30
0,75	13,53	4,83	2,23	4,09	1,70	1,73	1526	49	748	30
0,80	13,88	4,98	2,34	4,22	1,78	1,78	1561	49	764	30
0,85	14,22	5,12	2,46	4,35	1,87	1,82	1597	48	780	29
0,90	14,56	5,26	2,57	4,48	1,96	1,87	1632	48	795	29
0,95	14,89	5,40	2,69	4,61	2,04	1,92	1666	48	811	28
1,00	15,21	5,54	2,80	4,73	2,13	1,96	1701	47	826	28
			2,92	4,85	2,21	2,01	1735	47	841	28

Involuppi di rottura dell'ammasso roccioso ($0 < \sigma_3 < 1 \text{ MPa}$)

**Verifica stabilità pendio
Robbiate (LC)**

S 1 - parametri medi



Parametri di resistenza secondo il criterio di rottura di Hoek e Brown

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} (m_b \cdot \sigma_3 / \sigma_{ci} + s)^a \quad (\text{Hoek et al., 2002})$$

Materiale roccia		
resistenza a compressione monoassiale	σ_{ci} [MPa]	65,0
resistenza a trazione (calcolata)	σ_{ti} [MPa]	0,1
parametro dell'involuppo di rottura	m_i [-]	500,0

Geological Strength Index (Hoek e Marinos., 2000)	60
--	-----------

Parametri di resistenza dell'ammasso roccioso		picco	post-rottura
parametri dell'involuppo di rottura	m_b [-]	2,40	0,25
	s [-]	1,2E-02	1,2E-03
	a [-]	0,50	0,50
resistenza a trazione	σ_t [MPa]	0,32	0,30
resistenza a compressione monoassiale	σ_c [MPa]	6,96	2,19
resistenza globale	σ_{cm} [MPa]	14,19	4,55
modulo di deformabilità	E_m [GPa]	14,34 - 16,90	

ALLEGATO 9

ANALISI DI STABILITÀ IN CONDIZIONI STATICHE

RISULTATI

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: sezione 2.sli

Project Settings

Project Title: Ristorante Toscano
Robbiate (LC)
Verifica condizioni di stabilità del versante
Sezione 2

Failure Direction: Right to Left
Units of Measurement: SI Units
Pore Fluid Unit Weight: 9.81 KN/m³
Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard

Analysis Methods

Analysis Methods used:
GLE with interslice force function: Half Sine
Janbu corrected
Spencer

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

Surface Options

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

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0
Seismic Load Coefficient (Vertical): 0

Material Properties

Material: Unità A
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 18 KN/m³
Cohesion: 15 KPa
Friction Angle: 22 degrees
Water Surface: None

Material: Unità B
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 19 KN/m³
Cohesion: 50 KPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: spencer

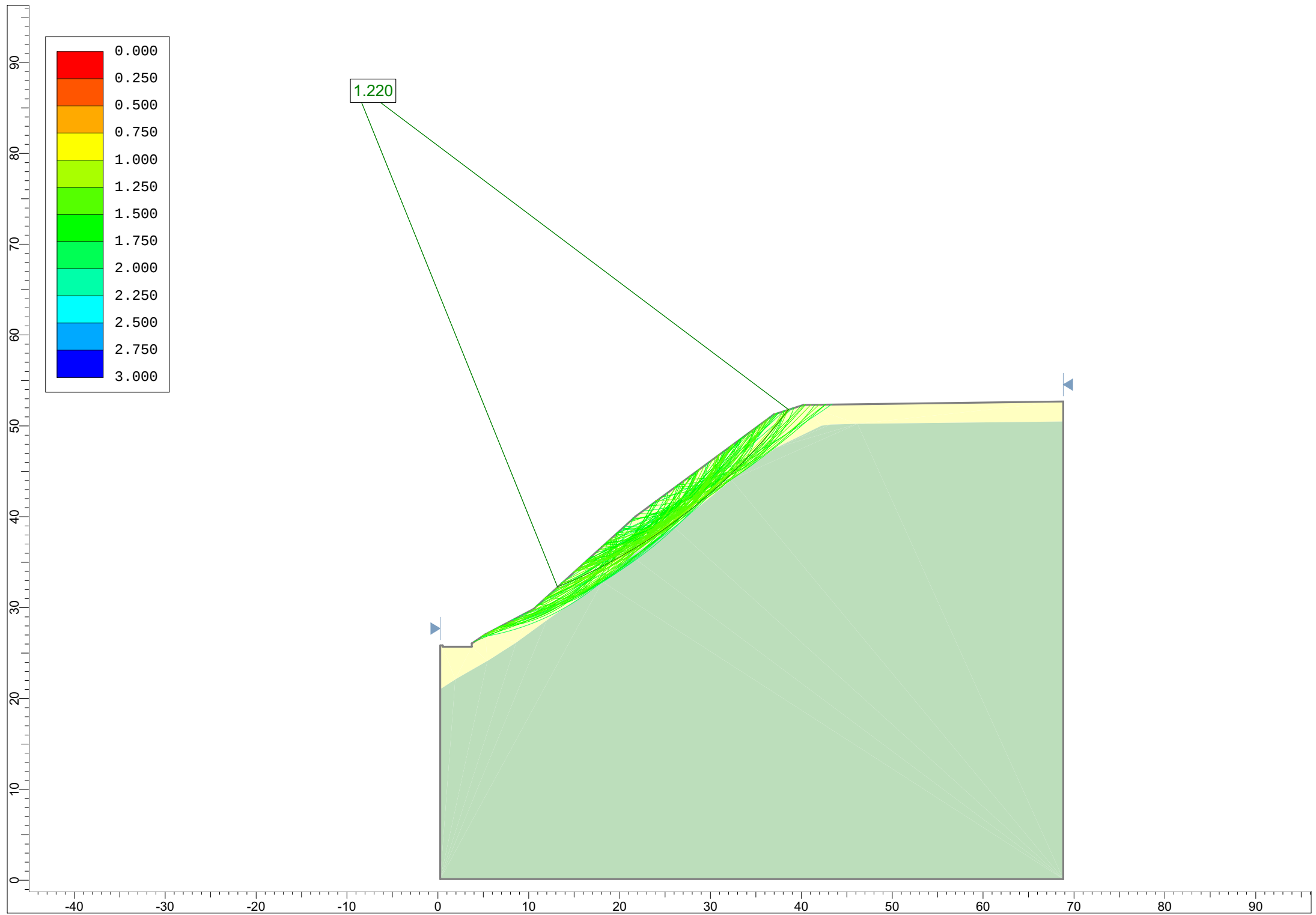
SF: 1.2201
Center: -9.31551, 87.845
Radius: 59.9628
Left Slip Surface Endpoint: 13.1727, 32.2589
Right Slip Surface Endpoint: 38.5942, 51.7867

Method: gle

SF: 1.22009
Center: -9.31551, 87.845
Radius: 59.9628
Left Slip Surface Endpoint: 13.1727, 32.2589
Right Slip Surface Endpoint: 38.5942, 51.7867

Method: janbu corrected

SF: 1.24924
Center: -9.31551, 87.845
Radius: 59.9628
Left Slip Surface Endpoint: 13.1727, 32.2589
Right Slip Surface Endpoint: 38.5942, 51.7867



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



foto 1



foto 2



foto 3



foto 4



foto 5



foto 6