



CITTÀ DI TORINO

DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITA'

DIREZIONE SUOLO

SETTORE PONTI E VIE D'ACQUA

INTERVENTI URGENTI SU SCARPATE E SEDIMI STRADE COLLINARI LOTTO 5

PROGETTO :
DEFINITIVO

ELABORATO :

DATA :
SETTEMBRE 2011

Relazioni geologiche

PROGETTISTI OPERE STRUTTURALI :

Ing. Salvatore FALBO
Ing. Antonio MOLLO

PROGETTISTA :

Ing. Giovanna COBELLI

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :

Ing. Giorgio MARENGO

DIRETTORE DELLA DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITA'
Ing. Biagio BURDIZZO

cod. op. 3468

CITTA' DI TORINO
DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITA'
SETTORE PONTI E VIE D'ACQUA

INTERVENTI URGENTI SCARPATE
E SEDIMI STRADE COLLINARI




SISTEMAZIONE CIGLIO DI VALLE CURVA STRADALE
C/O STRADA SUPERGA 164



Titolo elaborato:

D.M. 11/03/88 - D.M. 14/01/08

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA, IDRAULICA e SISMICA

		 Geotecnica - Monitoraggi - Consolidamenti	
	Via Agostino da Montefeltro 10134 Torino - tel. 011 3157436 fax 011 3157318 - www.geotek.net		
	Il Geologo	Geol. Giuseppe GENOVESE	
	geol. Giuseppe Genovese geol. Fabrizio Gola geol. Pietro Campantico 		
COLLABORAZIONI			
Geol. Silvia Ambrosio			
	studio di geologia applicata via Camogli 10 - 10134 TORINO tel./fax 011-3199507 e-mail genovese@iol.it p.iva 072B2110019		

INDICE

1.	PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO	2
2.	OPERE IN PROGETTO E SITUAZIONE NORMATIVA.....	3
3.	DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ ESEGUITE	4
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	4
5.	GEOMORFOLOGIA - ANALISI DEL DISSESTO	5
5.1	Analisi del dissesto	6
6.	COMMENTO ALLE PROVE IN SITO.....	8
6.1	Sondaggio a rotazione con carotaggio continuo.....	8
6.2	Prove Penetrometriche in foro (Standard Penetration Test).....	8
7.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	10
7.1	Riporto	10
7.2	Coltre superficiale.....	10
7.2	Substrato ghiaioso.....	10
8.	VERIFICHE DI STABILITA'	11

TAVOLE

Corografia generale scala 1:10.000

Estratto da Progetto CARG "Foglio 155 - Torino Ovest" della Carta Geologica d'Italia - scala 1:50.000

Sezione geologica

APPENDICI AL TESTO

Appendice 1 : stratigrafia del sondaggio geognostico

Appendice 2 : verifica di stabilità

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

Il presente studio geologico, geotecnico riguarda il progetto di sistemazione e consolidamento del dissesto che ha interessato il ciglio di valle della banchina della strada comunale di Superga in fregio al civico numero 164.

I risultati dei rilievi e delle indagini geognostiche eseguite in situ ed in laboratorio sono in accordo a quanto prescritto dal vigente **D.M. 11 marzo 1988** "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione*" e del **D.M. 14 Gennaio 2008** "*Norme Tecniche per le Costruzioni*".

Lo studio comprende l'analisi della situazione geologico-stratigrafica, della dinamica del dissesto e delle possibili soluzioni d'intervento: pur essendo stato eseguito a corredo del progetto preliminare il presente documento, per l'elevato approfondimento delle tematiche affrontate con il supporto di dettagliate indagini geognostiche in situ, assomma in sé sia la relazione geologica geotecnica di fattibilità (Fase 1 a corredo progettazione preliminare) sia la relazione geologica, geotecnica, idraulica e sismica (Fase 2 generalmente a corredo del progetto definitivo/esecutivo).

Il responsabile della consulenza :

dott. geol. Giuseppe Genovese



2. OPERE IN PROGETTO E SITUAZIONE NORMATIVA

Per quanto riguarda gli interventi di ripristino e consolidamento della sede stradale, allo stato attuale delle conoscenze e dell'iter progettuale, risulta necessario intervenire per :

- il consolidamento della banchina stradale con la realizzazione di un cordolo adeguatamente ancorato, posto lungo il ciglio di valle, a salvaguardia della viabilità e per impedire lo scolo concentrato, verso il pendio franato sottostante, delle acque di ruscellamento che arrivano copiose dalla strada Superga, spesso trasformata in torrente in caso di forti piogge;
- eventuali ulteriori opere di sistemazione e riprofilatura alla testata della frana, in corrispondenza del piede del muro di sottoscarpa venuto a giorno con il dissesto

Nel "**PIANO stralcio per l'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)** - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti - redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ai sensi della Legge 18 maggio 1989, n.183, art.17, comma 6-ter, ed Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n.18 in data 26.04.2001" non sussistono perimetrazioni e/o segnalazioni riguardanti il settore territoriale in oggetto.

Nella Banca dati del "**Progetto IFFI: inventario fenomeni franosi in Italia**", a cura dell'Arpa Piemonte, non sussistono perimetrazioni e/o segnalazioni riguardanti il settore territoriale in oggetto.

Nella Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e della idoneità all'utilizzazione urbanistica allegata alla Variante n°100 al P.R.G.C., approvata con Delibera della Giunta Regionale 27/10/08 n. 21/9903, pubblicata sul BUR n. 45 del 6/11/08, l'area è inserita nella **Classe IIIa**; nell'Allegato B per tale classe si riporta: "Vi sono stati inseriti gli estesi settori, inedificati o con edificazione sparsa, dei versanti collinari o situati al piede di versanti, che le condizioni di acclività e/o la natura del substrato, hanno fatto ritenere esposti a rischio di instabilità. L'inserimento è avvenuto per analogia con altre situazioni geologiche e/o morfologiche, nelle quali la documentazione disponibile oppure i rilievi sul terreno o l'analisi delle foto aeree hanno indicato che in passato si sono verificati fenomeni franosi. Il rischio temuto è che le aree possano essere coinvolte in fenomeni di frana (settori di versante) oppure che vi

si possano riversare masse franate (settori situati al piede di versanti). All'interno di questa sottoclasse il grado di pericolosità può essere sensibilmente diverso".

Sulla base della riclassificazione sismica secondo la **D.G.R. n°11-13058 del 19/01/10** "*Aggiornamento ed adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. n. 3519/2006)*" pubblicata sul B.U.R. n°7 del 18/02/10 il territorio comunale di Torino ricade in zona 4.

Il tratto di strada in oggetto è sottoposto a vincolo idrogeologico ai sensi della **L.R. 9/08/89 n° 45**.

3. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ ESEGUITE

Nella presente relazione vengono presi in esame i seguenti aspetti geologici e geotecnici :

1. caratterizzazione geomorfologica, geologica ed idrogeologica dell'area;
2. ricostruzione litostratigrafica e caratterizzazione geotecnica di dettaglio;
3. verifica di stabilità dell'insieme pendio-opera in progetto.

L'attività d'indagine si è esplicata con l'effettuazione di :

- raccolta ed organizzazione dei dati geologici e stratigrafici esistenti;
- rilevamento geolitologico e geomorfologico dell'area e del suo intorno;
- esecuzione di n.1 sondaggio a carotaggio continuo spinto fino a 15m di profondità con esecuzione di n.4 prove SPT

I dati raccolti infine sono stati integrati con quelli già a disposizione dello scrivente e relativi agli studi geologici effettuati per la Città per interventi in strada Superga presso i numeri civici 136 e 322 (2004).

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il contesto geologico-strutturale, all'interno del quale si inserisce l'area di studio, è riferibile alla zona di cerniera della struttura a piega anticlinale che costituisce nel suo insieme la Collina di Torino, nell'ambito della successione sedimentaria oligo-pliocenica rappresentata dai termini conglomeratico-siltitico-marnosi riferibili

all'evoluzione di quel settore del bacino padano noto in letteratura come "*Bacino Terziario Ligure Piemontese*".

Più nel dettaglio l'area si sviluppa al passaggio tra gli orizzonti siltoso-marnosi (ANT₁) e le intercalazioni costituite da paraconglomerati a matrice arenacea con clasti prevalentemente serpentinitici e da microconglomerati in strati gradati e laminati ricchi di microforamminiferi (ANT_{1A}), riferibili alla "*Formazione di Antognola*", di epoca miocenica, come riportato nella cartografia ufficiale di riferimento rappresentata dalla Carta Geologica d'Italia, Foglio n°56 (Torino), a scala 1:100.000 e dal Foglio 156 "Torino Est" della Carta Geologica d'Italia - scala 1:50.000 del Progetto CARG curato dall'Arpa Piemonte, dall'Università di Torino e dal C.N.R..

I rilievi e il sondaggio geognostico hanno evidenziato la tipologia dei terreni costituenti il substrato e la natura della copertura superficiale.

Si rileva la presenza di un substrato costituito da ghiaie eterometriche ± sabbiose o sabbioso-limose ricoperto da uno spessore non trascurabile (3,0 m) di materiale eterogeneo costituito da riporto grossolano e depositi relativamente più fini e meno addensati.

Una descrizione più dettagliata del sondaggio geognostico verrà affrontata nei capitoli seguenti.

5. GEOMORFOLOGIA - ANALISI DEL DISSESTO

L'area in esame si localizza lungo la strada Superga nel tratto che si snoda sull'alto versante sinistro della Valle del rio Costa, affacciato verso Nord, di pochi metri sotteso alla dentiera di Superga e immediatamente a valle del primo dei due tornanti posti tra le quote 440 e 460 m s.l.m.m.. Nel tratto d'interesse la strada si localizza alla testata di un ampio e profondo vallone secondario, tributario di sinistra del rio Costa.

Lungo l'impiuvio, per il tratto visibile posto a valle della strada si segnala la presenza di evidenti segni d'instabilità, anche precedenti al dissesto del marzo u.s., consistenti in gibbosità e rigonfiamenti della superficie del pendio, alberi inclinati e/o schiantati e presenza di depressioni semicircolari legate ad antiche nicchie di distacco di frana.

5.1 Analisi del dissesto

Il movimento gravitativo in esame si è verificato in occasione delle ingenti precipitazioni di marzo 2011 in corrispondenza del tratto di strada Superga al numero civico 164, Comune di Torino.

Il dissesto del marzo u.s. ha determinato il distacco e lo scivolamento, lungo un



fronte di circa 25 metri, del ciglio stradale di valle. Il distacco ha messo a nudo il paramento di un muro in pietra di sottoscampa della strada di lunghezza circa pari al fronte franato e di altezza prevedibilmente non $<3,0 \div 4,0$ metri, emergendo attualmente almeno 2,0 metri di

paramento.

La presenza del muro, lungo circa 20 metri, a tergo del masso terroso franato indica trattarsi di terreno a suo tempo riportato per riprodurre la morfologia "naturale" dei tratti del pendio di sottoscampa posti immediatamente a monte e a valle del muro. Il fronte del dissesto interessa tutto il tratto protetto dal muro e alcuni metri sia a monte che a valle di esso.

Ai due lati della nicchia, lungo il prolungamento della scarpata di frana, si rilevano inoltre evidenti fessurazioni del manto stradale: ciò evidenzia un'incipiente area di movimento anche nei settori immediatamente prossimi al crollo. Il fronte complessivo dell'area di movimento, evoluto e incipiente, è quindi valutabile in circa 30 metri.

Un fattore d'innescio del dissesto è stato sicuramente rappresentato dall'elevato grado di saturazione idrica venutasi a creare nell'esiguo terrapieno che ricopriva il paramento di valle del muro di sottoscampa di strada Superga: in assenza di un sistema di collettamento delle acque superficiali lungo il ciglio stradale queste infatti si

disperdono in modo disordinato sul sedime stradale, ruscellando verso valle o infiltrandosi nel sottosuolo nei punti planimetricamente più depressi. Il tratto di terrapieno franato costituiva probabilmente uno di questi punti di infiltrazione preferenziale. L'instabilità del masso terroso è risultata ulteriormente aggravata dall'acclività del pendio e dalla presenza del muro a tergo che ha sicuramente rappresentato una superficie di scivolamento preferenziale.

La porzione di terrapieno collassata risulta costituito da ciottoli e blocchi con sabbia e ghiaia frammista a terra.

In base alle osservazioni effettuate si può presumere che la frana sia stata caratterizzata da una componente di movimento prevalentemente di tipo "rotazionale", evolvendo poi, limitatamente al punto di massima saturazione idrica, in "colata" per la fluidificazione della porzione più superficiale del terreno mobilizzato (scorrimento rotazionale - colata di terra: "slump-earth flow"). Attualmente il movimento gravitativo è da considerarsi quiescente; l'intenso traffico veicolare, l'eventuale innesco di forti precipitazioni e la mancanza di una qualsiasi regimazione delle acque superficiali rendono tuttavia possibile a medio termine un'ulteriore evoluzione e l'allargamento del fenomeno franoso.

6. COMMENTO ALLE PROVE IN SITO

Per l'espletamento della seguente relazione e per la parametrizzazione meccanica dei terreni interessati dal dissesto è stato realizzato dalla Geotek s.r.l. di Torino un sondaggio geognostico a carotaggio continuo S1 di 15m di lunghezza.

6.1 Sondaggio a rotazione con carotaggio continuo

Dall'osservazione della stratigrafia del sondaggio geognostico **S1** eseguito lungo il ciglio di valle della strada Superga, in corrispondenza del civico n°164, risulta la seguente successione stratigrafica :

- 1) da p.c. a m 0,5 : pavimentazione in asfalto
- 2) da m 0,5 a m 1,8 : terreno di riporto grossolano costituito da ghiaia immersa in matrice limosa e sabbiosa, talvolta abbondante, di color grigio chiaro.
- 3) da m 1,8 a m 3,0 : limo sabbioso debolmente ghiaioso di color nocciola.
- 4) da m 3,0 a m 15 : ghiaia eterometrica medio fine in abbondante matrice sabbioso-limosa di color grigio-nerastro con ciottoli più o meno abbondanti prevalentemente subarrotondati.

Per quanto riguarda la falda superficiale, la misura effettuata in corrispondenza del foro di sondaggio ha fornito un valore di soggiacenza pari a 7,03 m di profondità rispetto al piano stradale.

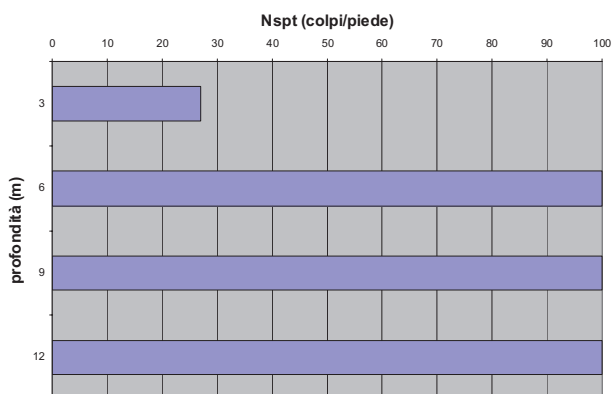
6.2 Prove Penetrometriche in foro (Standard Penetration Test)

Per una valutazione del grado di addensamento e dei parametri geotecnici rappresentativi dei terreni attraversati, all'interno del foro di sondaggio sono state effettuate n°4 prove penetrometriche dinamiche **SPT** (*Standard Penetration Test*) conformi alle normative AGI per terreni granulari.

I risultati delle prove penetrometriche dinamiche vengono espressi in termini di **N_{SPT}**, intendendo con tale quantità il numero di colpi necessario all'avanzamento della punta standard per un tratto di 30 cm. Il limite massimo per la penetrazione di ogni

singolo tratto di 15 cm è di 50 colpi; al di sopra di tale valore si intende che il terreno offre rifiuto alla penetrazione.

Le prove SPT eseguite hanno fornito i valori riportati nel grafico a fianco: mediamente si osserva un grado di addensamento elevato ($N_{SPT} > 50$ colpi/piede) a profondità superiori a 3,0 m dal piano stradale.



La valutazione della consistenza dei terreni granulari attraversati è espressa - in funzione dei valori N_{SPT} - in termini di addensamento come da tabella seguente.

ADDENSAMENTO TERRENI GRANULARI

N_{SPT}	Stato di addensamento	Prove manuali
0 ÷ 4	sciolto	si scava facilmente con un badile
4 ÷ 10	poco addensato	si scava abbastanza facilmente con un badile, si penetra con una barra
10 ÷ 30	moderatamente addensato	difficile da scavare con un badile o da penetrare con una barra
30 ÷ 50	addensato	molto difficile da penetrare; si scava con piccone
> 50	molto addensato	difficile da scavare con piccone

7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

La determinazione dei parametri fisici e meccanici dei terreni impegnati dall'opera è stata elaborata sulla base dei dati penetrometrici.

Si possono individuare tre diversi orizzonti, con differenti caratteristiche geologico-geotecniche :

- RIPORTO
- COLTRE SUPERFICIALE
- SUBSTRATO GHIAIOSO

7.1 Riporto

Con questo orizzonte si intende caratterizzare il materiale di riporto eterogeneo, prevalentemente grossolano, con grado di addensamento e valenza geotecnica da scarsa a mediocre, riscontrato fino a 1,8 m c.ca di profondità dal piano strada.

Esso è caratterizzabile nel seguente modo :

$$\gamma_n = \text{peso di volume naturale} = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi'_p = \text{angolo di resistenza al taglio di picco} = 30^\circ$$

$$c' = \text{coesione efficace} = 0,0 \text{ kPa}$$

7.2 Coltre superficiale

La coltre superficiale limoso-sabbiosa affiorante al di sotto del terreno di riporto fino ad una profondità di -3,0 m c.ca dal piano stradale può essere così caratterizzata:

$$\gamma_n = \text{peso di volume naturale} = 19 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi'_p = \text{angolo di resistenza al taglio di picco} = 32^\circ$$

$$\phi'_{cv} = \text{angolo di resistenza a volume costante} = 30^\circ$$

$$c' = \text{coesione efficace} = 0,0 \text{ kPa}$$

7.2 Substrato ghiaioso

Il substrato ghiaioso-sabbioso affiorante a partire da una profondità di -3,0 m c.ca dal piano stradale fino ad almeno -15 m può essere così caratterizzata:

$$\gamma_n = \text{peso di volume naturale} = 20 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi'_p = \text{angolo di resistenza al taglio di picco} = 38^\circ$$

$$\phi'_{cv} = \text{angolo di resistenza a volume costante} = 34^\circ$$

$$c' = \text{coesione efficace} = 5 \text{ kPa}$$

8. VERIFICHE DI STABILITA'

Ai sensi del punto D.5 del D.M. 11/03/88 viene effettuata l'analisi di stabilità del settore comprendente la porzione di strada dissestata ed il pendio ad essa sotteso, nella configurazione di progetto ipotizzando l'azione di una paratia di micropali, intestati lungo il ciglio di valle della strada.

L'analisi è stata effettuata per una **SEZIONE TRASVERSALE TIPO**, circa tracciata nel settore mediano dell'area d'intervento.

Il grado di stabilità del versante è espresso numericamente dal **fattore di sicurezza (Fs)** che si ottiene come rapporto tra le forze resistenti e quelle destabilizzanti.

Sebbene la condizione limite di stabilità sia soddisfatta per valori di Fs compresi tra 1,0÷1,3 tuttavia la vigente normativa richiede un $Fs \geq 1,3$; sono considerate non stabili le superfici con $Fs \leq 1,0$.

Allo scopo è stato utilizzato un programma di calcolo della *Geostru* (Slope) basato sulla ricerca della superficie di rottura critica caratterizzata da una configurazione geometrica predefinita: è un programma per l'analisi di stabilità dei pendii in terra e in roccia con i metodi dell'Equilibrio Limite (Fellenius, Bishop, Janbu, Bell, Sarma, Spencer, Morgenstern e Price) e il metodo DEM (Elementi discreti) che consente di analizzare sia superfici di rottura circolari che di forma generica, in presenza di falda, sisma e terreno pluristratificato. Ai fini di una verifica di stabilità secondo gli stati limite ultimi, come richiesto dal Testo Unico per l'edilizia (NTC - DM 2008), tale programma prende in considerazione l'Approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2) in cui i parametri geotecnici caratteristici vengono ridotti con un coefficiente parziale.

La risoluzione di un problema di stabilità richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative: si usano leggi costitutive semplificate (modello rigido perfettamente plastico); si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione e angolo di resistenza al taglio, costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nello studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica); da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio (τ) e confrontate con la resistenza disponibile (τ_f), valutata secondo il criterio di rottura di Coulomb, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza $F = \tau_f / \tau$.

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (Culman), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (Fellenius, Bishop, Janbu ecc.). Nel metodo dei conci, preso in considerazione nel caso in esame, la massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a n , il problema presenta $(6n-2)$ incognite legate alle varie forze che entrano in gioco nell'analisi di stabilità (normali, di taglio, agenti all'interfaccia dei conci, etc...), mentre le equazioni di equilibrio e di rottura a disposizione sono $4n$. Il problema è staticamente indeterminato e il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2) - (4n) = 2n-2$$

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a $(n-2)$ in quanto si fa l'assunzione che le forze normali siano applicate nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le $(n-2)$ indeterminazioni.

Per il caso in questione è stato preso in considerazione il Metodo di Bell in cui le forze agenti sul corpo che scivola includono il peso effettivo del terreno (W), le forze sismiche pseudostatiche orizzontali e verticali ($K_x W$ e $K_z W$), le forze orizzontali e verticali (X e Z) applicate esternamente al profilo del pendio e la risultante degli sforzi totali normali e di taglio σ e τ agenti sulla superficie potenziale di scivolamento.

Come precedentemente accennato, l'analisi è stata effettuata per una sezione tipo trasversale del pendio, nella conformazione attuale, comprendendo la strada Superga, a cui è stato attribuito un sovraccarico pari a 20 kN/m^2 ; è stata inoltre considerata la presenza della falda con superficie piezometrica posta a $-7,0 \text{ m}$ c.ca dal piano stradale, così come rilevata nel foro di sondaggio.

L'azione della paratia di micropali sul ciglio di valle della strada è stata simulata mediante l'applicazione di un'opera di sostegno con risultante inclinata di 30° , variandone progressivamente la resistenza critica per determinare la spinta minima di contrasto necessaria a garantire delle condizioni di stabilità.

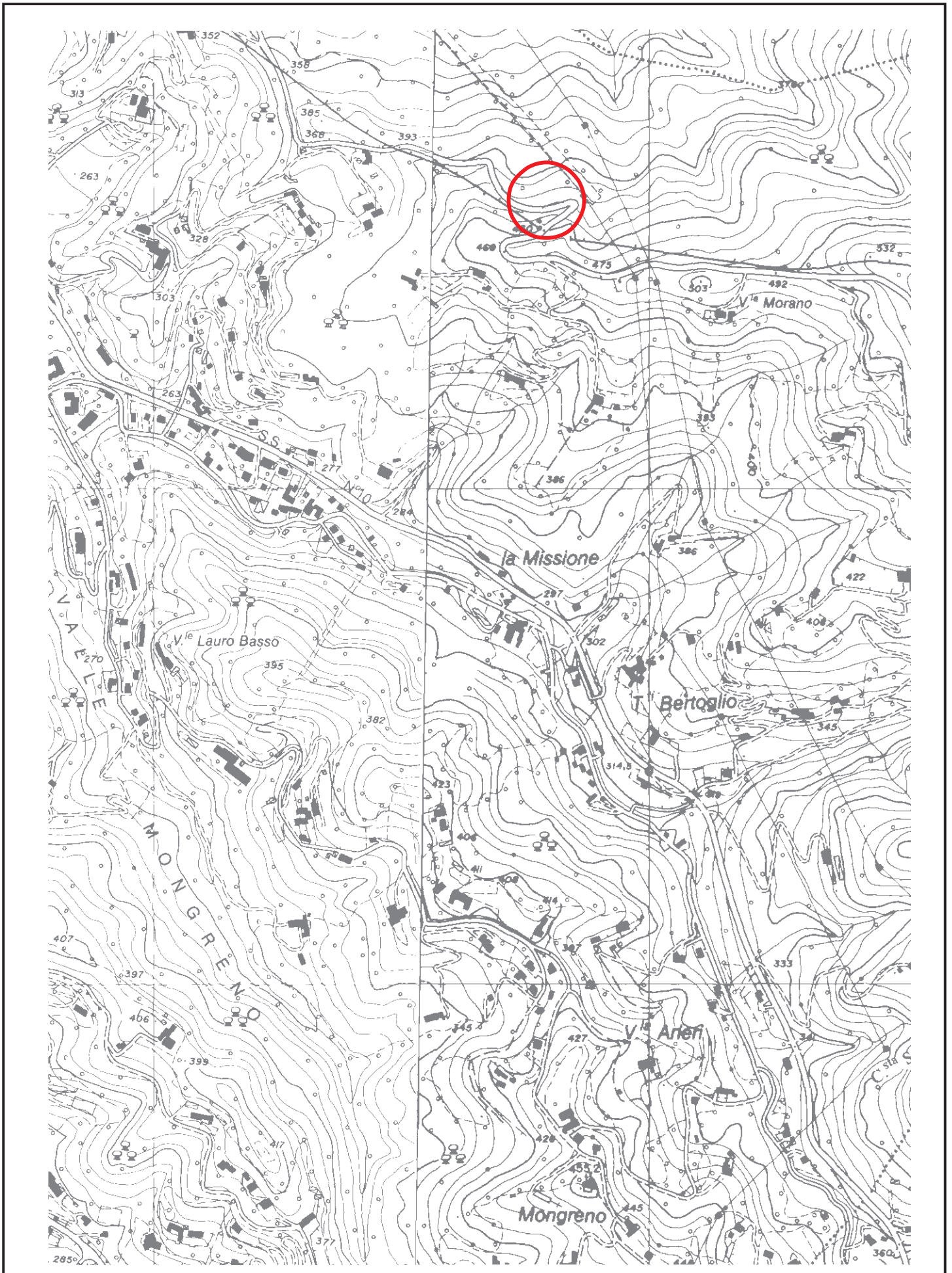
Le verifiche di stabilità così effettuate con differenti famiglie di curve, introducendo i parametri geotecnici caratteristici ridotti dal coefficiente parziale e le azioni sismiche, così come richiesto dal D.M. 14/01/2008, hanno fornito adeguati valori del Fattore di Sicurezza $F_s > 1,3$ lungo tutte le curve ipotizzate solo a seguito dell'attivazione di un'opera di sostegno provvisoria in grado di fornire una spinta minima complessiva di contrasto pari a 200 kN/m . Per i relativi output si rimanda ai documenti in allegato.

Sulla base delle considerazioni suesposte lo scrivente attesta la fattibilità geologica e geotecnica degli interventi in progetto e la loro compatibilità con l'assetto idrogeologico della pendice collinare trattandosi di opere a basso impatto ambientale e finalizzate alla stabilizzazione di un dissesto in atto.

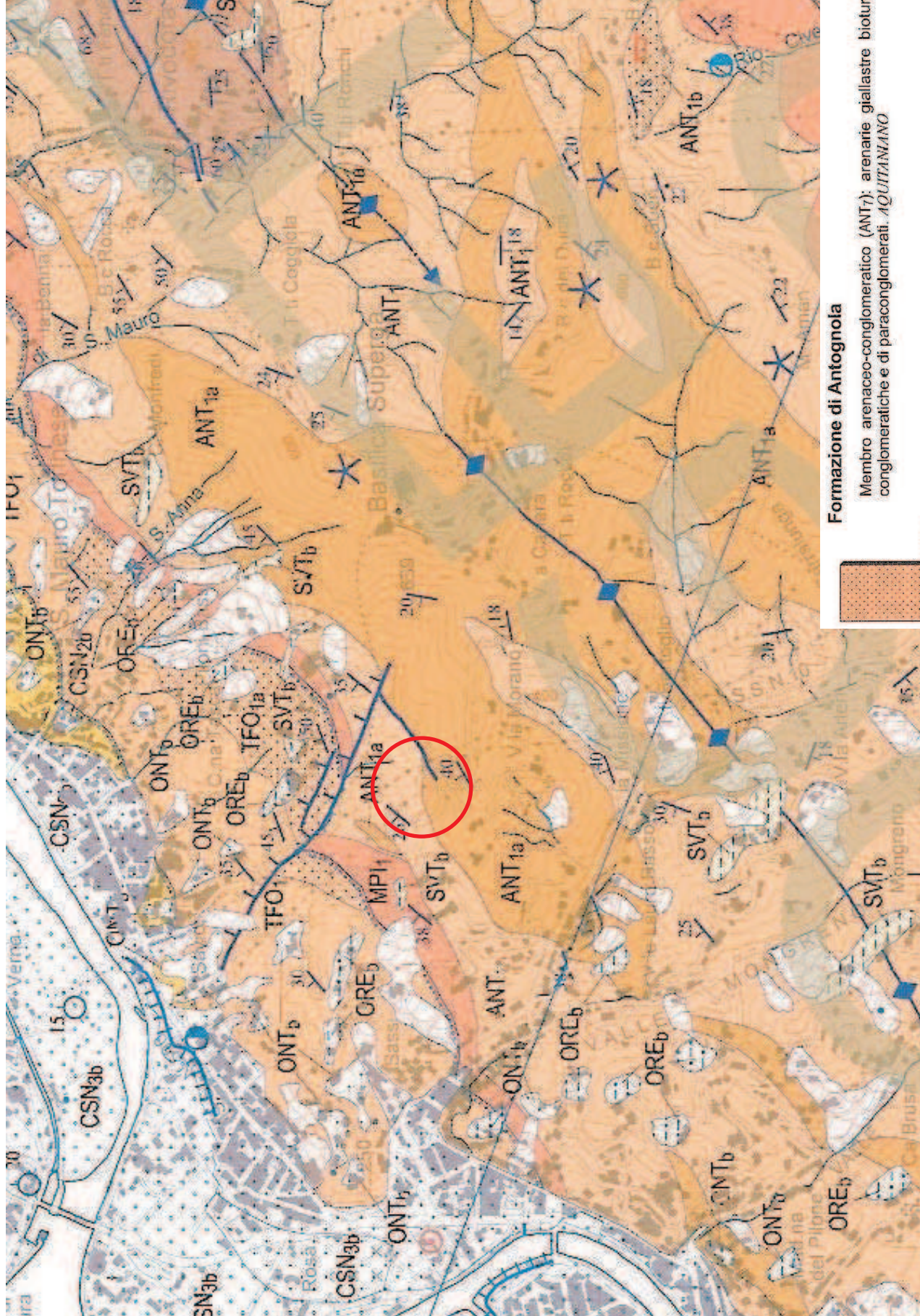
Torino lì, 07 giugno 2011

A circular professional stamp of the Regional Order of Geologists of Piedmont (Ordine Regionale Geologi Regione Piemonte). The stamp contains the text: "GIUSEPPE GENOVESE", "GEOLOGO", "P.P. SEZ. A", and "N. 192". Overlaid on the stamp is a handwritten signature in white ink.

dot. geol. Giuseppe Genovese
(Studio Genovese & Associati)

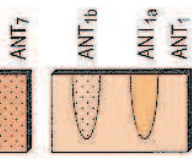


COROGRAFIA GENERALE - scala 1:10.000 -
Estratto da Carta Tecnica Regionale - sezioni n°156090 e 156100

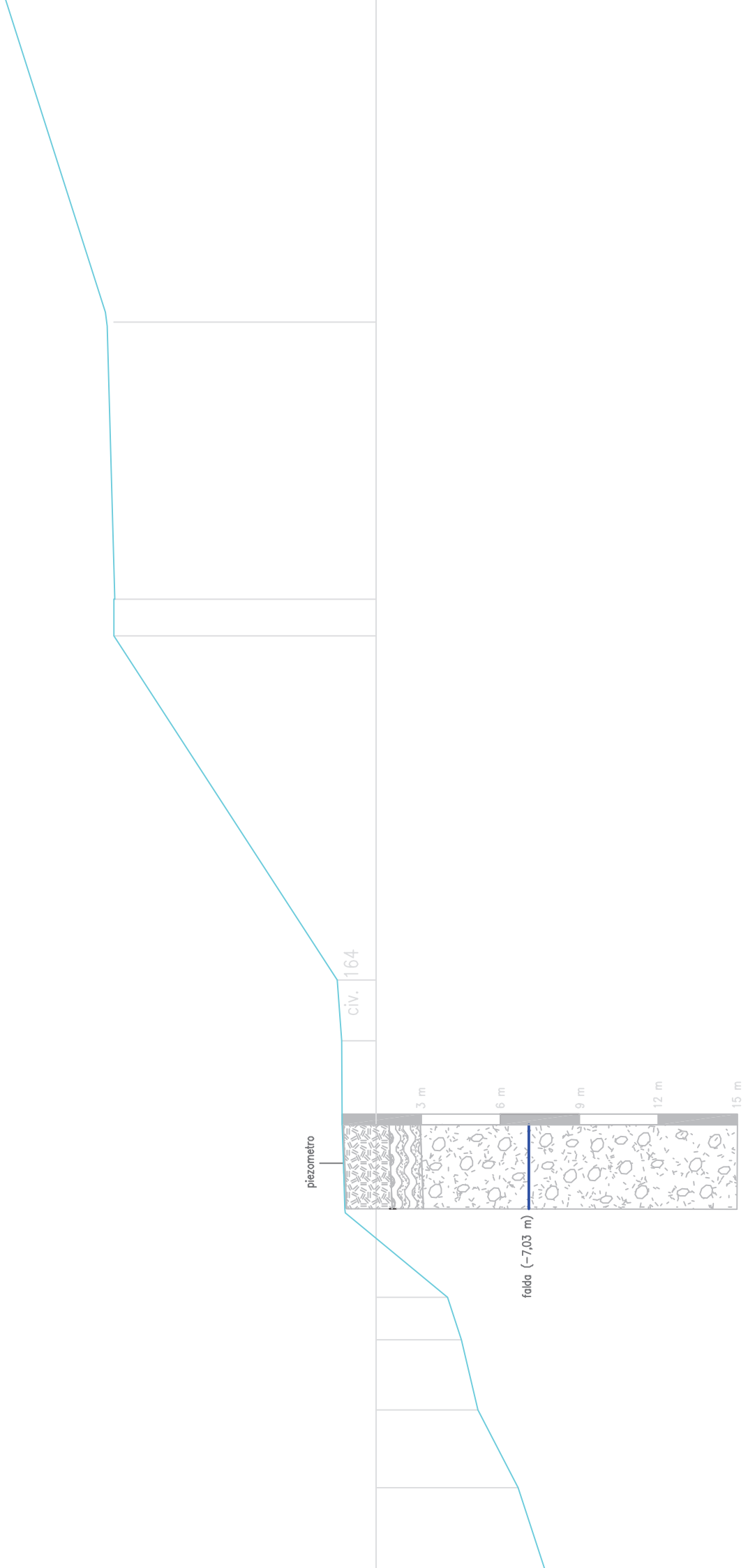


Formazione di Antognola

Membro arenaceo-conglomeratico (ANT7): arenarie giallastre bioturbate con intercalazioni di arenarie conglomeratiche e di paraconglomerati. *AQUITAINIANO*



Membro marnoso-siltoso (ANT1): marni siltose brune e grigie bioturbate, a stratificazione mal distinta, con intercalazioni di arenarie giallastre in strati gradati e laminati (Rivodora), di spessore 10-100 cm. Associazione a foraminiferi planctonici a *Catapsydrax dissimilis*, *Paragloboborotalia optima optima*, *Paragloboborotalia pseudokugleri*, *Globigerinoides primordius*. A SW di Rivodora, sono presenti tre corpi a geometria lenticolare (ANT1a) costituiti da paraconglomerati a matrice arenacea con clasti prevalentemente serpentinici e ca microconglomerati in strati gradati e laminati ricchi di macroforaminiferi (M. Aman). A Superga questi corpi mostrano il massimo spessore. Al Bric Palouch è presente un corpo conglomeratico di spessore pluridecimetrico contenente clasti centimetrico-decimetri di serpentinici, metagabbri, radiolariti e marmi (ANT1b). *OLIGOCENE SUP. - AQUITAINIANO*



APPENDICE 1

STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO GEOGNOSTICO



Committente: Comune di Torino
 Cantiere: Ripristino rete stradale
 Sito indagine: Via Superga 164, Torino
 Attrezzatura: Fraste Multidrill XL

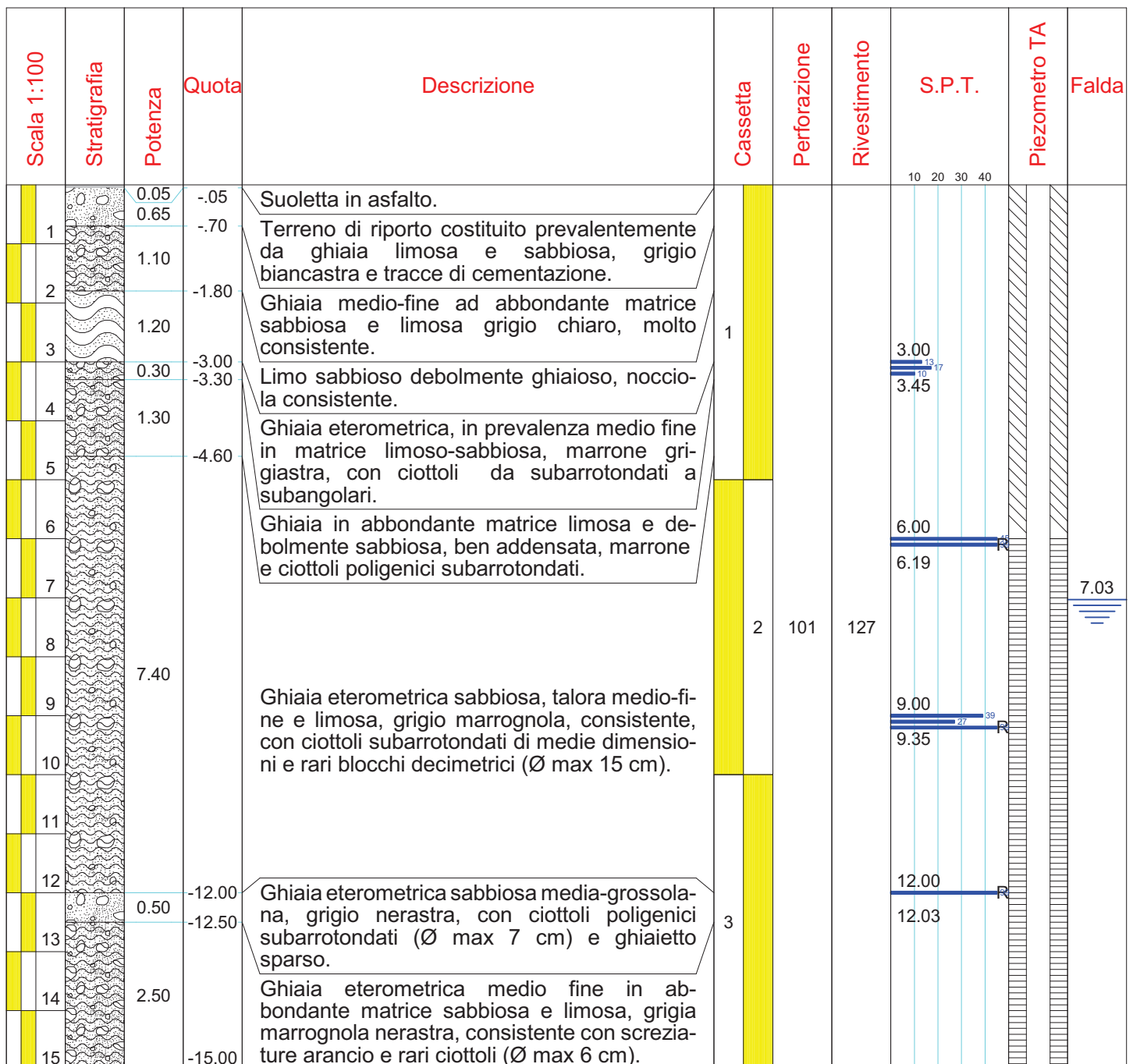
Sondaggio: S1
 Foglio: 1

Operatore
 Sig. Arzedi G.

Via Agostino da Montefeltro 2, 10134 TORINO
 tel. 0113157436 – fax 0113157318
 info@geotek.net – www.geotek.net

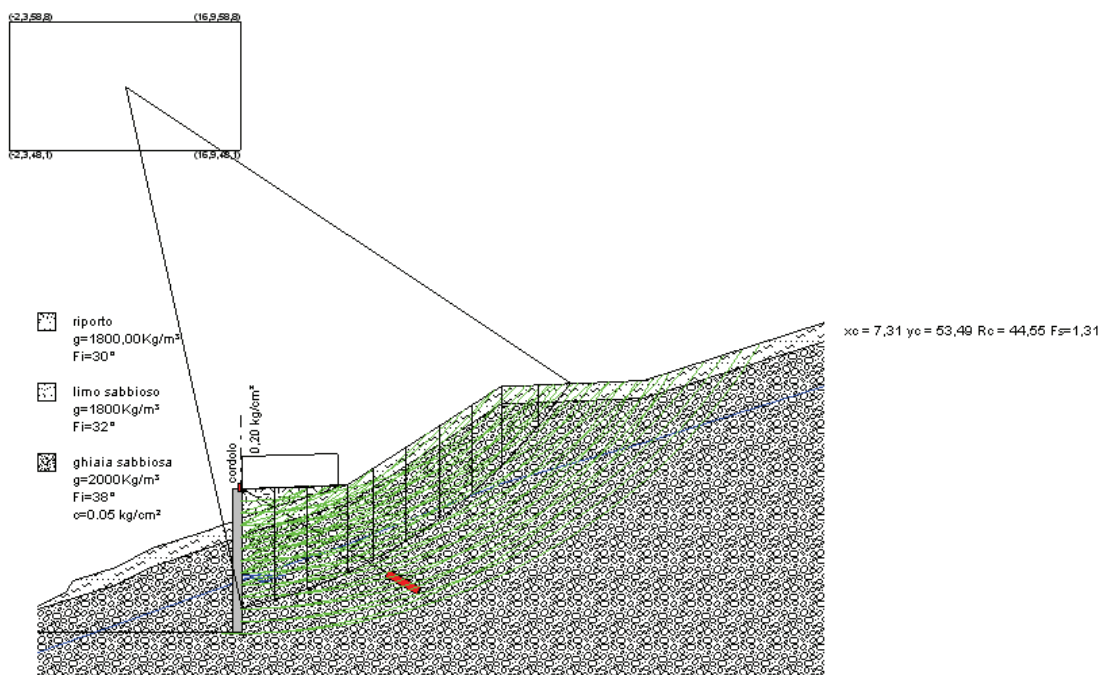
Data Inizio: 19/05/2011 Data Ultimazione: 19/05/2011
 Coord: UTM: 0401791; Y : 4992548

Responsabile cantiere
 Dott. De Nigris S.



APPENDICE 2

VERIFICA DI STABILITA'



Analisi di stabilità dei pendii con BELL

Lat./Long.	45,0805384528714/7,75296862842571
Normativa	NTC 2008
Numero di strati	3,0
Numero dei conci	10,0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1,1
Coefficiente parziale resistenza	1,1
Analisi	Condizione drenata
Superficie di forma circolare	

Maglia dei Centri

Ascissa vertice sinistro inferiore xi	-2,31 m
Ordinata vertice sinistro inferiore yi	48,14 m
Ascissa vertice destro superiore xs	16,93 m
Ordinata vertice destro superiore ys	58,83 m
Passo di ricerca	10,0
Numero di celle lungo x	1,0
Numero di celle lungo y	1,0

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:

B

Categoria topografica:

T2

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,22	2,6	0,17
S.L.D.	50,0	0,26	2,6	0,19
S.L.V.	475,0	0,51	2,76	0,27
S.L.C.	975,0	0,6	2,8	0,29

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera:

Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,3168	0,2	0,0065	0,0032
S.L.D.	0,3744	0,2	0,0076	0,0038
S.L.V.	0,7344	0,2	0,015	0,0075
S.L.C.	0,864	0,2	0,0176	0,0088

Coefficiente azione sismica orizzontale

0,015

Coefficiente azione sismica verticale

0,0075

Vertici profilo

N	X m	y m
1	0,0	8,03
2	17,0	8,03
3	17,0	20,03
4	25,8	20,3
5	38,6	28,6
6	40,0	28,6
7	50,5	29,0
8	65,6	33,8

Falda

Nr.	X m	y m
1	0,0	6,4
2	18,8	13,0
3	25,8	15,4
4	38,6	20,4
5	50,5	23,8
6	65,6	28,6

Vertici strato1

N	X m	y m
1	0,0	10,2
2	2,4	11,5
3	3,0	12,4
4	6,6	13,5
5	9,5	15,0
6	13,8	16,4
7	18,8	18,2
8	25,8	20,3

9	38,6	28,6
10	40,0	28,6
11	50,5	29,0
12	65,6	33,8

Vertici strato2

N	X m	y m
1	0,0	10,0
2	6,6	12,0
3	9,5	13,5
4	13,8	14,9
5	18,8	16,7
6	25,8	18,8
7	38,6	27,1
8	40,0	27,1
9	50,5	27,5
10	65,6	32,3

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Tangente angolo di resistenza al taglio	1,25
Coesione efficace	1,25
Coesione non drenata	1,4
Riduzione parametri geotecnici terreno	No

Stratigrafia

c: coesione; cu: coesione non drenata; Fi: Angolo di attrito; G: Peso Specifico; Gs: Peso Specifico Saturo; K: Modulo di Winkler

Strato	c (kg/cm ²)	cu (kg/cm ²)	Fi (°)	G (Kg/m ³)	Gs (Kg/m ³)	K (Kg/cm ³)	Litologia
1	0		30	1800,00	1800	0,00	riporto
2	0		32	1800	1900	0,00	limo sabbioso
3	0.05		38	2000	2100	0,00	ghiaia sabbiosa

Muri di sostegno - Caratteristiche geometriche

N°	x m	y m	Base mensola a valle m	Base mensola a monte m	Altezza muro m	Spessore testa m	Spessore base m	Peso specifico (Kg/m ³)
1	17	8,025053	0	0	12	0,8	0,8	2500

Tiranti

N°	x m	y m	Lunghezza libera m	Lunghezza ancorata m	Diametro del bulbo m	Inclinazion e (°)	Tiro (Kg)
1	17	20	14	3	0,7	30	20000

Carichi distribuiti

N°	xi m	yi m	xf m	yf m	Carico esterno (kg/cm ²)
1	17	20	25	20,24995	0,2

Risultati analisi pendio [NTC 2008: [A2+M2+R2]]

Fs minimo individuato	1,31
Ascissa centro superficie	7,31 m
Ordinata centro superficie	53,49 m
Raggio superficie	44,55 m

Numero di superfici esaminate....(43)

N°	Xo	Yo	Ro	Fs
1	-2,3	48,1	36,6	2,35
2	7,3	53,5	37,8	2,64
3	16,9	48,1	31,1	2,25
4	-2,3	58,8	46,1	2,32
5	16,9	58,8	41,8	2,23
6	-2,3	48,1	37,5	1,76
7	7,3	53,5	38,7	2,26
8	16,9	48,1	32,1	2,17
9	-2,3	58,8	47,0	1,90
10	16,9	58,8	42,8	2,21
11	-2,3	48,1	38,4	1,66
12	7,3	53,5	39,7	2,02
13	16,9	48,1	33,1	2,05
14	-2,3	58,8	47,9	1,90
15	16,9	58,8	43,8	2,16
16	-2,3	48,1	39,2	1,53
17	7,3	53,5	40,7	1,77
18	16,9	48,1	34,1	1,96
19	-2,3	58,8	48,8	1,70
20	16,9	58,8	44,8	2,04
21	-2,3	48,1	40,1	1,45
22	7,3	53,5	41,6	1,64
23	16,9	48,1	35,1	1,83
24	-2,3	58,8	49,7	1,56
25	16,9	58,8	45,8	1,90
26	7,3	53,5	42,6	1,54
27	16,9	48,1	36,1	1,70
28	-2,3	58,8	50,7	1,44
29	16,9	58,8	46,8	1,78
30	7,3	53,5	43,6	1,42
31	16,9	48,1	37,1	1,59
32	16,9	58,8	47,8	1,66
33	16,9	48,1	39,1	1,38
34	16,9	58,8	49,8	1,45
35	7,3	53,5	44,6	1,31
36	16,9	48,1	38,1	1,48
37	16,9	58,8	48,8	1,54
38	16,9	48,1	40,1	1,51
39	16,9	58,8	50,8	1,54
40	7,3	53,5	36,8	1,43
41	16,9	48,1	30,1	1,78
42	16,9	58,8	40,8	1,89
43	16,9	58,8	39,8	1,81



CITTA' DI TORINO



INDAGINE GEOGNOSTICA STRADA COMUNALE DI SUPERGA, TORINO

REPORT INDAGINE

SP 06 Comune di Torino_Superga.Report. 25.05.11



Geotecnica - Monitoraggi - Consolidamenti

REPORT NR.1

REDATTO DA:
Dott. Stefano De Nigris

DATA: 25/05/11

REVISIONI: 00

Via Agostino da Montefeltro
10134 Torino - tel. 011 3157436
fax 011 3157318 – www.geotek.net





INDICE

INDICE.....	I
PREMESSA (laboratorio GEOTEK indagini geognostiche in sito).....	1
INTRODUZIONE.....	2
INDAGINE GEOGNOSTICA	3
PROVE S.P.T. IN FORO	4
PIEZOMETRO A TUBO APERTO.....	5
FOTOGRAFIE DELLE CASSETTE CATALOGATRICI.....	7
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	9
INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	10
CERTIFICATO STRATIGRAFICO DEL SONDAGGIO	11

PREMESSA (LABORATORIO GEOTEK INDAGINI GEOGNOSTICHE IN SITO)

Nel testo delle Norme Tecniche sulle Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008, e successive Circolari esplicative, si prescrive che le indagini e le prove geotecniche devono essere effettuate e certificate da uno dei laboratori di prova di cui all'art. 59 del D.P.R. n. 380/2001.

Le stesse Norme Tecniche sulle Costruzioni attribuiscono alle indagini geognostiche, alla qualità dei campioni di terreno prelevati ed alle prove in sito un ruolo imprescindibile nelle fasi di progettazione esecuzione e controllo di opere ed interventi sul territorio.

Gli esiti delle indagini e delle prove possono incidere in modo diretto in tutte le fasi di impostazione, realizzazione, gestione e controllo di un intervento sul territorio, per cui è indispensabile che siano supportati da competenza, qualità ed obiettività e che tali requisiti, pertanto, abbiano un riscontro formale ed ufficiale nei soggetti incaricati per i quali deve essere garantita la legittimità ad operare, la competenza la relativa responsabilità del prodotto.

Il citato D.P.R. n. 380 del 6 giugno 2001 - Testo Unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia - all'art. 59, che sostanzialmente riprende l'art. 20 della legge n. 1086/71 integrato con le prove sui terreni e sulle rocce, dopo aver definito al comma 1 i Laboratori Ufficiali, al comma 2 prevede che "Il Ministro per le infrastrutture e i trasporti", sentito il Consiglio Superiore dei lavori pubblici, può autorizzare con proprio decreto, ai sensi del presente capo, altri laboratori ad effettuare prove sui materiali da costruzione, comprese quelle geotecniche su terreni e rocce. L'attività dei laboratori, ai fini del presente capo, è servizio di pubblica utilità."¹

La scrivente ha ottenuto ad aprile 2011 *"il parere favorevole all'istanza di autorizzazione del laboratorio di indagini geotecniche e prove in sito"*. È pertanto allegato per ogni sondaggio un certificato stratigrafico redatto secondo lo schema approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

¹ Circolare 8 settembre 2010, n. 7619 Presidenza del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (GU n. 257 del 3-11-2010)

INTRODUZIONE

Per indagine geognostica si intende l'insieme dei sondaggi, delle prove in sito e in laboratorio, attraverso le quali si determinano le caratteristiche litologiche strutturali, idrogeologiche, fisico-meccaniche.

La determinazione della posizione del sondaggio e del punto d'indagine sono stati ubicati secondo indicazioni della d.l. tentando di caratterizzare pienamente le condizioni del sito. La localizzazione è stata definita con l'impiego di tecniche topografiche convenzionali (cartografia C.T.R.) e del metodo GPS (tramite dispositivo Garming eTrex-Legend HCx) e successivamente trasferita in un sistema informativo geografico (Google Earth).

Nella presente relazione sono illustrati i risultati dell'indagine geognostica, condotta dalla scrivente, su incarico del Comune di Torino in Strada Comunale di Superga n° 164, Torino.

L'indagine era finalizzata al ripristino di un tratto stradale comunale coinvolto da una frana.

Per la ricostruzione litostratigrafica di dettaglio dell'area in oggetto è stato realizzato un sondaggio meccanico, ubicato secondo indicazione della d.l., eseguito a carotaggio continuo spinto alla profondità di 15,00 mt dal piano campagna locale.

La preparazione del luogo e delle strade d'accesso è stata eseguita in modo da ridurre al minimo i danni e al termine delle indagini il foro è stato chiuso e ripristinato e l'area interessata è stata riportata il più possibile al suo aspetto naturale.

QUADRO RIEPILOGATIVO INDAGINE IN SITO

SONDAGGIO	PROFONDITA'	CAROTAGGIO	RIVESTIMENTO	SPT	PIEZOMETRO T.A.
S.1	15 mt	Ø 101 mm	Ø 127 mm	Nr 4	15 mt

INDAGINE GEOGNOSTICA

Per l'esecuzione dell'indagine è stata impiegata una sonda idraulica montata su carro cingolato con le seguenti principali caratteristiche:

Sonda FRASTE Multidrill XL

Corsa testa di rotazione	400 cm
Forza di estrazione	6000 daN
Coppia massima	880 daNm
Velocità di rotazione	0-700 Rpm
Pompa	triplex 140 lt/min

Per la logistica di cantiere sono stati utilizzati autocarri cassonati e mezzi d'opera complementari. L'operatore addetto alle manovre dell'impianto ha conseguito il patentino per "perforazioni di piccolo diametro" presso l'Ente Scuola CIPET di Torino.

La perforazione è stata condotta a rotazione a carotaggio continuo utilizzando carotieri di diametro \varnothing 101 mm con corone a prismetti in widia. La sonda è alimentata da una testa idraulica che fornisce alla batteria di aste il movimento rotatorio e la spinta necessaria all'attrezzo di perforazione per "tagliare" o "abradere" il terreno o l'ammasso roccioso.

Il campionamento è stato compiuto effettuando un avanzamento "a secco" in modo da garantire una percentuale di materiale estratto uguale al corrispondente volume di materiale in posto. Tale sistema di avanzamento ha permesso di recuperare sia le frazioni fini che quelle grossolane con una buona percentuale di recupero.

Il materiale estratto nel corso della perforazione è stato posto in apposite cassette catalogatrici in PVC di lunghezza di 1 m, provviste di scomparti e coperchio apribile.

Durante la perforazione ove necessario le pareti del foro sono sostenute con tubi di rivestimento provvisori (\varnothing 127 mm), per evitare fenomeni di franamento, impiegando acqua come fluido di circolazione con il metodo a circolazione diretta, con funzione di raffreddamento dell'utensile di perforazione (scarpa) e di trasporto dei detriti di perforazione in superficie

Il fluido di perforazione è stato immesso in foro a pressioni variabili tramite una pompa a pistoncini le cui caratteristiche sono indicate sopra.

Per il sondaggio è stato redatto il relativo **certificato stratigrafico** (allegato alla presente relazione), nel quale viene riportata la descrizione dettagliata del terreno indagato.

PROVE S.P.T. IN FORO

Nel corso della perforazione del sondaggio sono state eseguite n° 4 prove S.P.T. (Standard Penetration Test) in avanzamento alle quote di 3,00 m; 6,00 m, 9,00 m e 12 m all'interno del foro di sondaggio con la porzione di foro sovrastante opportunamente rivestita e previa pulizia del fondo dello stesso, utilizzando attrezzature conformi a quanto stabilito nella normativa di riferimento ASTM D1586/67-74 "Penetration test and split barrel sampling of soils" (campionatori tipo Raymond a punta chiusa e a maglio di 63,5 kg, altezza di caduta pari a 760 mm e aste di collegamento con diametro esterno di 50 mm e peso di circa 7,0 kg/ml). Tal metodo è usato per ottenere valori quantitativi sulla resistenza del suolo alla penetrazione.

La prova SPT consiste nel far cadere il maglio sulla batteria di aste registrando il numero di colpi necessario ad ottenere una penetrazione complessiva di 45 cm. Si registra il numero di colpi per l'infissione dei primi 15 cm (N1) che rappresentano il posizionamento, dopodiché si inizia la prova vera e propria misurando il numero di colpi per l'avanzamento degli altri 30 cm in 2 step di 15 cm (N2+N3).

La prova si considera terminata al raggiungimento dei 30 cm di penetrazione o del rifiuto strumentale (R), corrispondente ad un numero di colpi maggiore di 100.

Nelle tabelle seguenti sono riportati i valori ottenuti dalle prove:

SONDAGGIO S.1

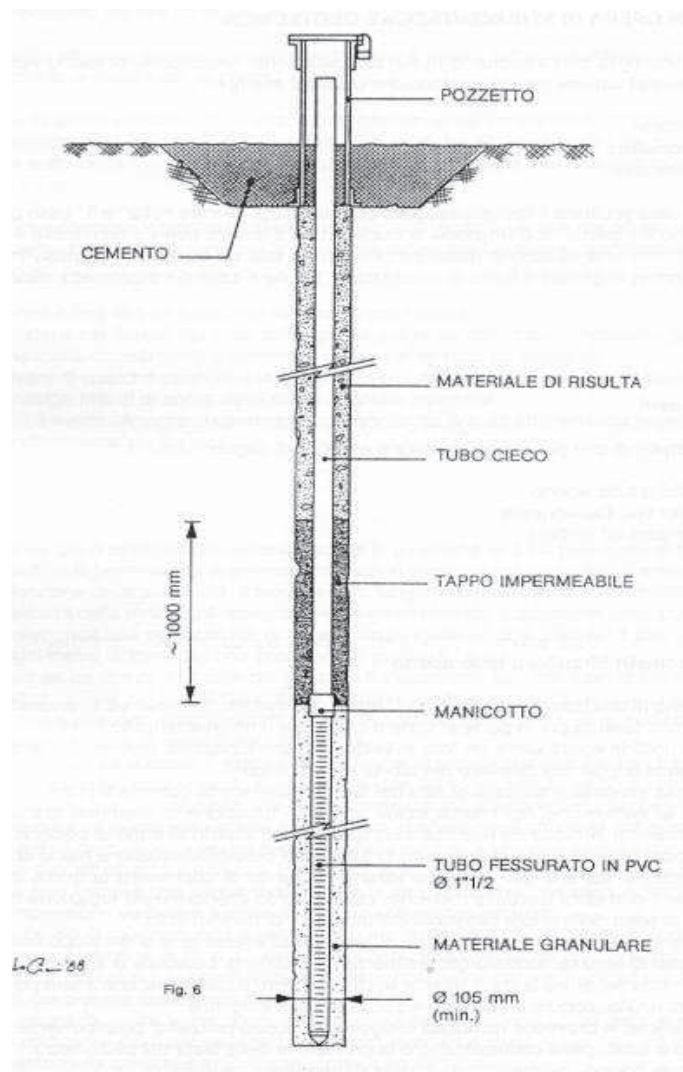
profondità mt	numero colpi			NSpt
3,00	13	17	10	27
6,00	45	R 4 cm		Rifiuto
9,00	39	27	R 5 cm	Rifiuto
9,00	R 3 cm			Rifiuto

PIEZOMETRO A TUBO APERTO

Il sondaggio è stato attrezzato con piezometro il quale ci dà la possibilità di valutare la profondità della tavola d'acqua generalizzata su tutto il tratto di sondaggio. Il piezometro è costituito da una colonna di tubi in PVC rigido, fessurati per la parte in falda e ciechi per il rimanente tratto. Il foro è stato successivamente riempito con ghiaietto siliceo uniforme (al 90%), omometrico, disposto intorno al piezometro fino a fondo foro. Il foro in superficie è stato protetto da eventuali infiltrazioni d'acque superficiali mediante un chiusino.

La lettura è stata eseguita per mezzo di una sonda con filo calibrato e dotata di un sensore elettrico che emette un segnale sonoro e luminoso nel momento che entra in contatto con l'acqua.

La schematizzazione generale del piezometro a tubo aperto è la seguente.



Schema di Piezometro a tubo aperto secondo le specifiche ANISIG.

Nella tabella sono indicate le caratteristiche dei piezometri installati nel sito in esame, il livello di falda è stato misurato diversi giorni dopo l'ultimazione dei sondaggi.

Sondaggio	Piezometro Ø	L totale mt	Tratto cieco	Tratto fessurato	Livello falda (mt)
S.1	3"	15.00	0.00 - 6.00	6.00 - 15.00	7.03

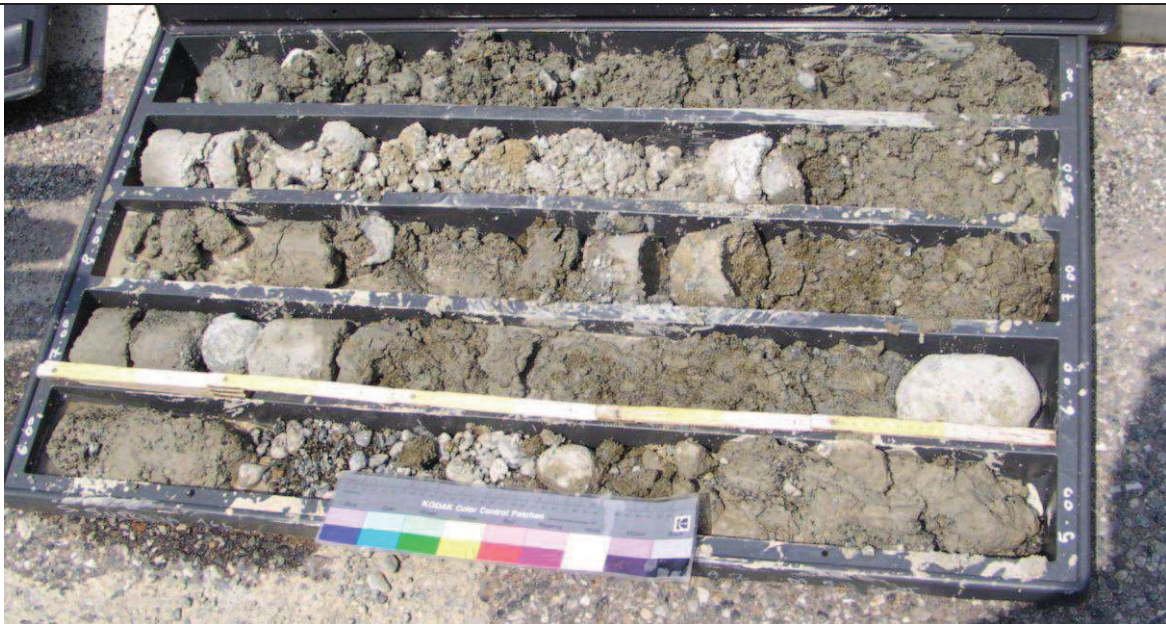
FOTOGRAFIE DELLE CASSETTE CATALOGATRICI

Sondaggio S. 1

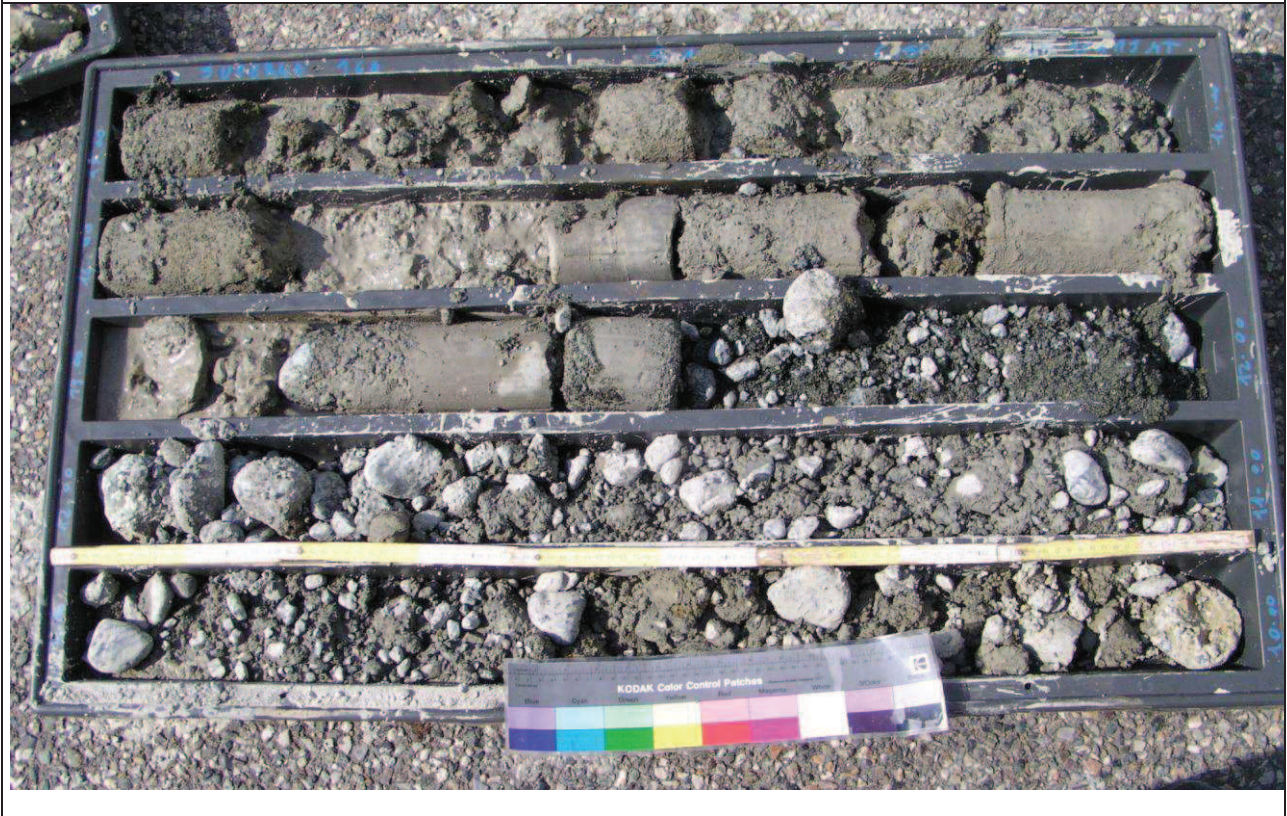
S.1 PROF. 0,00 M - 5,00 M



S.1 PROF. 5,00 M - 10,00 M



S.1 Prof. 10,00 m – 15,00 M

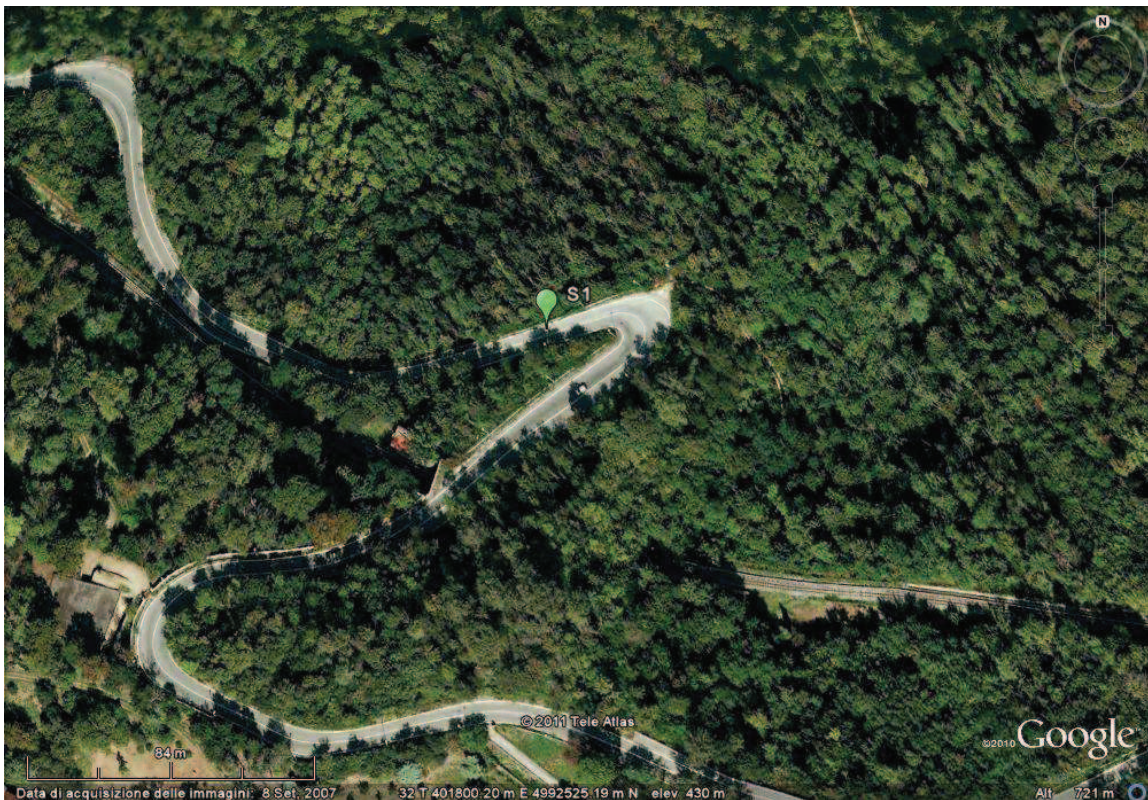


DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Postazione S.1

INQUADRAMENTO TERRITORIALE



GEOTEK s.r.l. - via Agostino da Montefeltro 2, 10134 Torino
<http://www.geotek.net/>
 MR-7.5-10

Committente: Comune di Torino
 Indagine Geognostica in Via Superga 164, Torino
 2011/SP 06 Comune di Torino_Superga/Report.01 data 25.05.11

CERTIFICATO STRATIGRAFICO DEL SONDAGGIO



Committente: Comune di Torino
 Cantiere: Ripristino rete stradale
 Sito indagine: Via Superga 164, Torino
 Attrezzatura: Fraste Multidrill XL

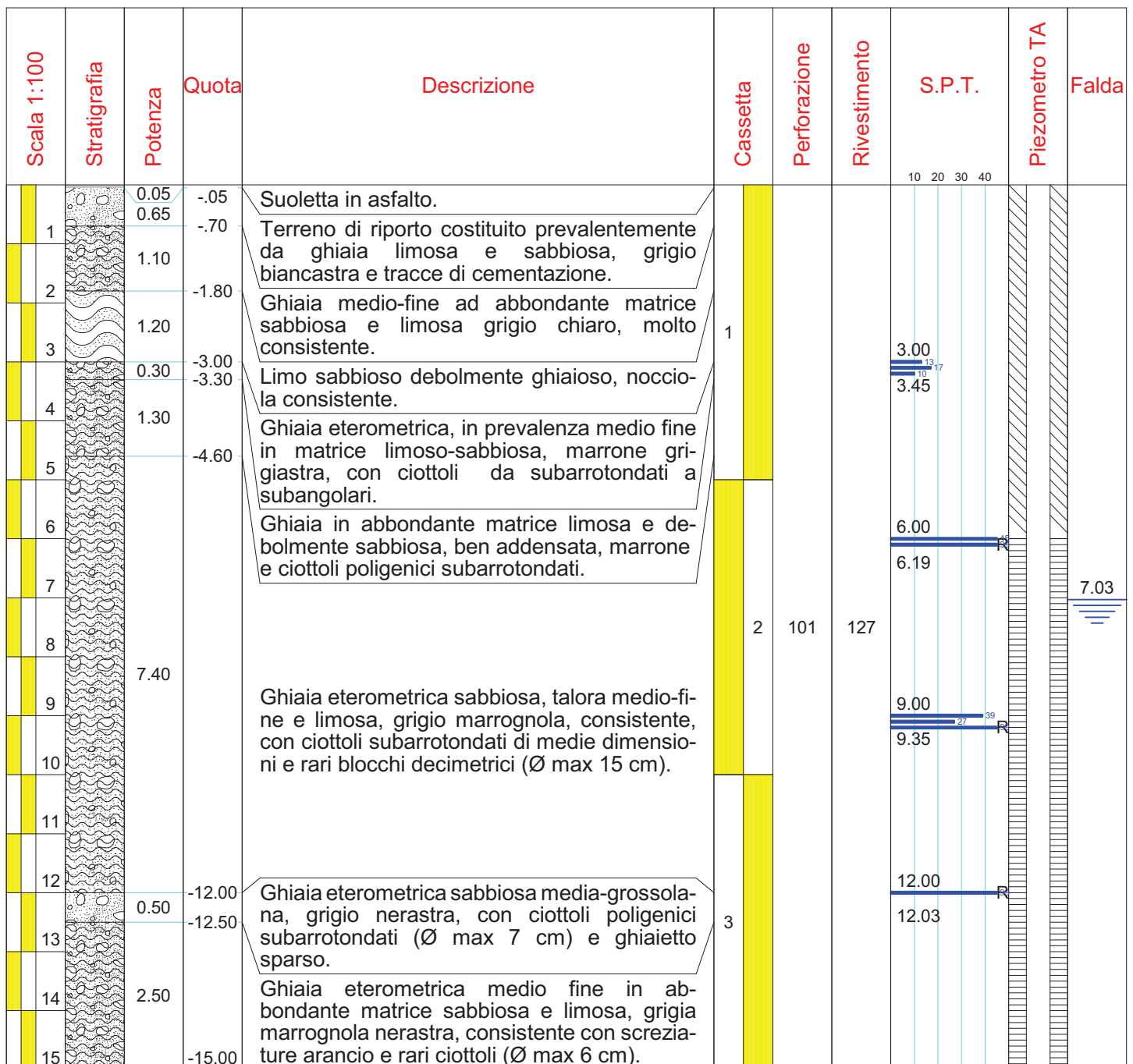
Sondaggio: S1
 Foglio: 1

Operatore
 Sig. Arzedi G.

Via Agostino da Montefeltro 2, 10134 TORINO
 tel. 0113157436 – fax 0113157318
 info@geotek.net – www.geotek.net

Data Inizio: 19/05/2011 Data Ultimazione: 19/05/2011
 Coord: UTM: 0401791; Y : 4992548

Responsabile cantiere
 Dott. De Nigris S.



CITTA' DI TORINO
DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITA'
SETTORE SUOLO PUBBLICO - NUOVE OPERE

INTERVENTI URGENTI SCARPATE E SEDIMI
STRADE COLLINARI - LOTTO 5


SISTEMAZIONE CIGLIO DI VALLE DI STRADA PECETTO



Titolo elaborato:

D.M. 11/03/88 - D.M. 14/01/08

INTEGRAZIONE ALLA RELAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA

	<p>Il Geologo</p> <p>Geol. Giuseppe GENOVESE</p>	
<p>COLLABORAZIONI</p>		<p>geol. Giuseppe Genovese geol. Fabrizio Gola geol. Pietro Campantico</p> <p>genovese & associati</p> <p>studio di geologia applicata via Camogli 10 - 10134 TORINO tel./fax 011-3199507 e-mail genovese@iol.it p.iva 072B2110019</p>
<p>Geol. Giorgio Toselli</p>		

Con Determinazione Dirigenziale N. cronologico 476 in data 22.06.2009 (n.mecc.2009-03994/120) esecutiva dal 20/07/2009, la Città di Torino, Divisione Infrastrutture e Mobilità - Settore Suolo Pubblico Nuove Opere, ha affidato al dott. geol. Giuseppe Genovese dello studio Genovese & Associati l'incarico dello studio geologico, geotecnico, nell'ambito degli "Interventi Urgenti scarpate e sedimenti strade collinari. Lotto 5", finalizzato all'intervento di sistemazione del dissesto che interessa il ciglio di valle della strada comunale di Pecetto, in fregio al civico numero 218.

Rispetto a quanto precedentemente riportato nella Relazione geologica e geotecnica redatta dallo scrivente in data 11 Febbraio 2010 per il ripristino e il consolidamento della sede stradale si prevede di realizzare, come sostegno della banchina stradale, un'opera di contenimento mediante la metodologia delle "terre rinforzate": tale soluzione costruttiva "deformabile", associata alla predisposizione di adeguati drenaggi, permette l'uso del materiale sussistente in sito (terreno naturale e riporto) e consente di profilare la scarpata secondo un angolo di scarpa fino a $60\div 70^\circ$, evitando la realizzazione di strutture di contenimento rigide e consentendo pertanto un migliore inserimento ambientale.

SOLUZIONI TECNICO-OPERATIVE PER IL MODELLAMENTO DEL PENDIO

Caratteristiche geometriche

Il ciglio di valle della sede stradale sarà quindi realizzato mediante terra rinforzata costituita da un gradone unico di altezza pari a 4,0 m c.ca. Il paramento sarà previsto con inclinazione pari a 60 gradi. A monte si è tenuto conto di un sovraccarico complessivo di 10 kPa che tiene conto della presenza della sede stradale. Nelle verifiche è stata inoltre introdotta una saturazione parziale dei terreni (50%) e le componenti sismiche orizzontale e verticale pari rispettivamente a 0,013 e 0,006.

Verifica teli di rinforzo

Per il dimensionamento dei teli di rinforzo si è utilizzato il programma GEOSYNTH della Geo&Soft, strumento di calcolo avanzato dedicato alla progettazione automatica e alla verifica delle terre armate e rinforzate. Gli obiettivi che il programma persegue nel calcolo delle terre rinforzate sono fondamentalmente due:

- ottenimento della stabilità locale (Tieback)
- ottenimento della stabilità globale (Compound)

Per le verifiche di stabilità il programma GEOSYNTH utilizza il metodo di Sarma modificato da Hoek (1981, 1983, 1987) basato sulla ricerca della superficie di rottura critica caratterizzata da una configurazione geometrica predefinita. L'uso di un metodo basato sull'equilibrio limite presenta numerosi vantaggi, tra cui la possibilità di trattare pendii con qualsiasi geometria e

con terreno stratificato in modo arbitrario, la possibilità di considerare famiglie complesse di superfici di scivolamento e la possibilità di considerare spinte idrauliche e componenti sismiche.

Per ciascuna delle condizioni di stabilità si determinano le massime forze applicate ai teli di rinforzo e le minime lunghezze dei teli di rinforzo; la configurazione finale deve quindi essere predisposta in modo tale da soddisfare le condizioni statiche peggiori.

Il primo passo del calcolo è consistito nella determinazione del diagramma di spinta, cioè della curva che descrive l'andamento delle spinte orizzontali ad ogni quota interessata dall'opera di stabilizzazione.

Partendo dal piede del rilevato, e ripetendo l'operazione per ogni ciclo di compattazione del terreno, è stata identificata la superficie di scivolamento in corrispondenza della quale vengono esercitate le massime spinte sull'ipotetica opera di sostegno.

Conoscendo come dato di progetto la resistenza dei teli si è determinata la massima distanza tra un telo ed il telo successivo valutando le quote parziali di carico ottenute sul diagramma di spinta; la distanza tra i teli è stata successivamente approssimata per difetto al più vicino multiplo dello spessore dei cicli di compattazione. Ogni telo, infatti, deve come minimo poter resistere alla propria quota di spinta misurata sul diagramma di spinta.

La superficie critica è quella lungo la quale verrebbe esercitata la massima spinta su un unico ipotetico telo infinitamente resistente posizionato al piede del versante da stabilizzare. Tale spinta è equivalente alla sommatoria delle spinte che vengono esercitate dal terreno su ciascun telo: tutti i teli devono quindi avere una lunghezza tale da consentirne l'ancoraggio al di là della superficie stessa offrendo così il proprio contributo alla stabilizzazione di essa.

La forza stabilizzante richiesta per garantire la stabilità globale è normalmente superiore alla resistenza di un singolo telo. Risulta quindi necessario che un certo numero di teli abbia una lunghezza sufficiente a garantire l'ancoraggio nel terreno non coinvolto da potenziali fenomeni di instabilità.

Il procedimento di calcolo utilizzato (Leshchinsky et al.) si basa sull'identificazione delle più profonde superfici che risultano ancora instabili nonostante l'applicazione di forze stabilizzanti pari alla resistenza di progetto dei teli sottostanti.

La superficie più profonda sarà quella che determina la lunghezza del primo telo.

Le lunghezze minime dei teli di rinforzo sono ovviamente state scelte come le maggiori tra quelle ottenute nelle differenti fasi di calcolo.

Ai valori precedentemente calcolati sono state infine aggiunte le lunghezze di infissione al di là delle superfici critiche ed i risvolti, in modo da garantire che non si verifichi lo sfilamento di nessuna delle due estremità dei teli.

Ai fini della verifica sono stati imposti i seguenti parametri per la verifica dei rilevati in terra rinforzata :

distanza minima fra i teli	0,6 m
distanza massima tra i teli	0,6 m
Fattore riduzione danneggiamento meccanico	1.11

Fattore riduzione durata	1.10
Fattore riduzione creep	1.3
Fs Tieback	1.3
Fs Compound	1.3

Il risultato delle elaborazioni del programma, per una configurazione a gradone unico di altezza pari a c.ca 4,0 m con inclinazione del paramento pari a 60°, ha fornito i seguenti risultati:

Ascissa Terreno	Altezza Forze Stabilizzanti	Forza Stabilizzante	Lunghezza Teli Tieback	Lunghezza Teli Compound	Lunghezza Infissione	Lunghezza Totale Teli
25.505	22.01	14.846290	0.6832333	1.246130000000	0.8326755	2.078805
25.800	22.60	12.790380	0.6832333	1.246130000000	0.9409046	2.187035
26.100	23.20	10.194350	1.2148440	0.000000000000	1.0953240	2.310168
26.400	23.80	7.800420	1.6270960	0.000001907349	1.5836210	3.210717
26.700	24.40	5.582228	1.9481510	0.000000000000	2.0304250	3.978575
27.000	25.00	3.417585	2.1938950	0.000000000000	2.8153020	5.009197
27.300	25.60	1.107177	2.3766080	0.000000000000	4.4318060	6.808414

Alla luce di tali risultati e delle considerazioni sopra esposte, il rilevato di ancoraggio in terre rinforzate dovrà essere dimensionato con base di larghezza minima pari a 4,0 m c.ca per un'altezza pari a 4,0 m.

Realizzazione della terra rinforzata

* Il rilevato potrà essere realizzato in terra rinforzata mediante l'uso di geogriglia con resistenza a trazione non inferiore a 55 kN: il paramento rinforzato sarà costituito da strati di rinforzo (geo-griglie) tra loro impilati e riempiti da terreno costipato.

Lungo tutto il fronte di sviluppo gli strati di rinforzo saranno equispaziati di m 0,60, con lunghezza di ancoraggio (base) minima pari a 4,0 m c.ca, risvolto anteriore di m 1,5 ed angolo di scarpa $\beta \leq 60^\circ$; il primo strato di rinforzo dovrà necessariamente essere incassato entro il substrato saldo, affiorante al di sotto della sede stradale a circa -4,0 m di profondità dal p.c. attuale al fine di garantire un adeguato ancoraggio al piede della struttura.

La tipologia e l'equispaziatura della geogriglia, costante per tutto lo sviluppo dell'intervento, garantirà l'uniformità nella posa ed un migliore aspetto estetico. Il rilevato di neoformazione sarà realizzato con un unico gradone; la superficie di appoggio del rilevato sarà gradonata ove occorrerà modificare l'altezza del corpo rilevato per assecondare, ferma restando la quota del piano finito superiore, la morfologia del piano campagna di imposta.

- * Per un più celere inerbimento della facciata del rilevato e per minimizzare l'attività erosiva delle acque ruscellanti, la porzione di concio in corrispondenza della facciata dovrà essere realizzata con terreno di coltivo inserendo inoltre, in aderenza al risvolto della geogriglia, ed internamente ad essa, una biostuoia tessuta a maglia aperta composta al 100% di fibra di juta biodegradabile tipo Viganò PAVIMANT.

Sulla facciata dovrà inoltre essere effettuata una semina a spaglio con essenze erbacee tipiche di questa porzione di collina. In aggiunta alla semina di essenze erbacee si potrà prevedere, lungo i giunti orizzontali tra un concio e l'altro, la messa a dimora, con interasse pari a 1,0 m, di essenze arbustive tappezzanti quali cotonaster, edera ecc.

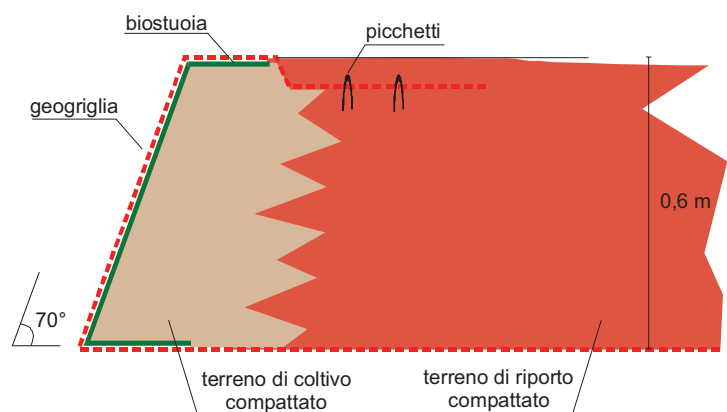
- * Per il drenaggio del terrapieno, lungo il contatto a tergo delle terre rinforzate si dovrà prevedere la posa di Geocomposito drenante costituito da una georete a maglia romboidale in polietilene ad alta densità accoppiata a due geotessili filtranti in polipropilene agugliati. Il geocomposito al piede sarà connesso con un tubo drenante microfessurato in PEAD o PVC ($\varnothing=16\text{cm}$). Le acque intercettate dal tubo drenante saranno scaricate in apposito recettore.

Modalità di posa in opera della terra rinforzata

Le geogriglie, preventivamente tagliate in pezzi di lunghezza idonea [considerando le lunghezze del piano di ancoraggio, l'altezza dello strato = m 0,60 (con $\beta \cong 60^\circ$) e la lunghezza del risvolto anteriore = m 1,5], vengono posate orizzontalmente e su di esse è steso e compattato il terreno di riempimento, prelevato in loco; il terreno viene compattato mediante cilindratura fino a raggiungere una riduzione volumetrica $\cong 10\%$ rispetto al soffice.

Per la realizzazione degli strati si suggerisce la posa di una casseratura permanente in rete elettro-saldata sagomata.

In corrispondenza alla facciata dell'opera, in ciascun strato le geogriglie sono quindi risvoltate secondo lo schema riportato e fissate con picchetti al terreno già compattato. La



porzione di concio in corrispondenza della facciata dovrà essere realizzata con terreno di coltivo inserendo inoltre in aderenza al risvolto della geogriglia, ed internamente ad essa, una biostuoia tessuta a maglia aperta composta al 100% di fibra di juta biodegradabile PAVIMANT per facilitare e velocizzare i tempi di rinverdimento della facciata.

Torino, lì 13 Aprile 2010

geol. Giuseppe Genovese

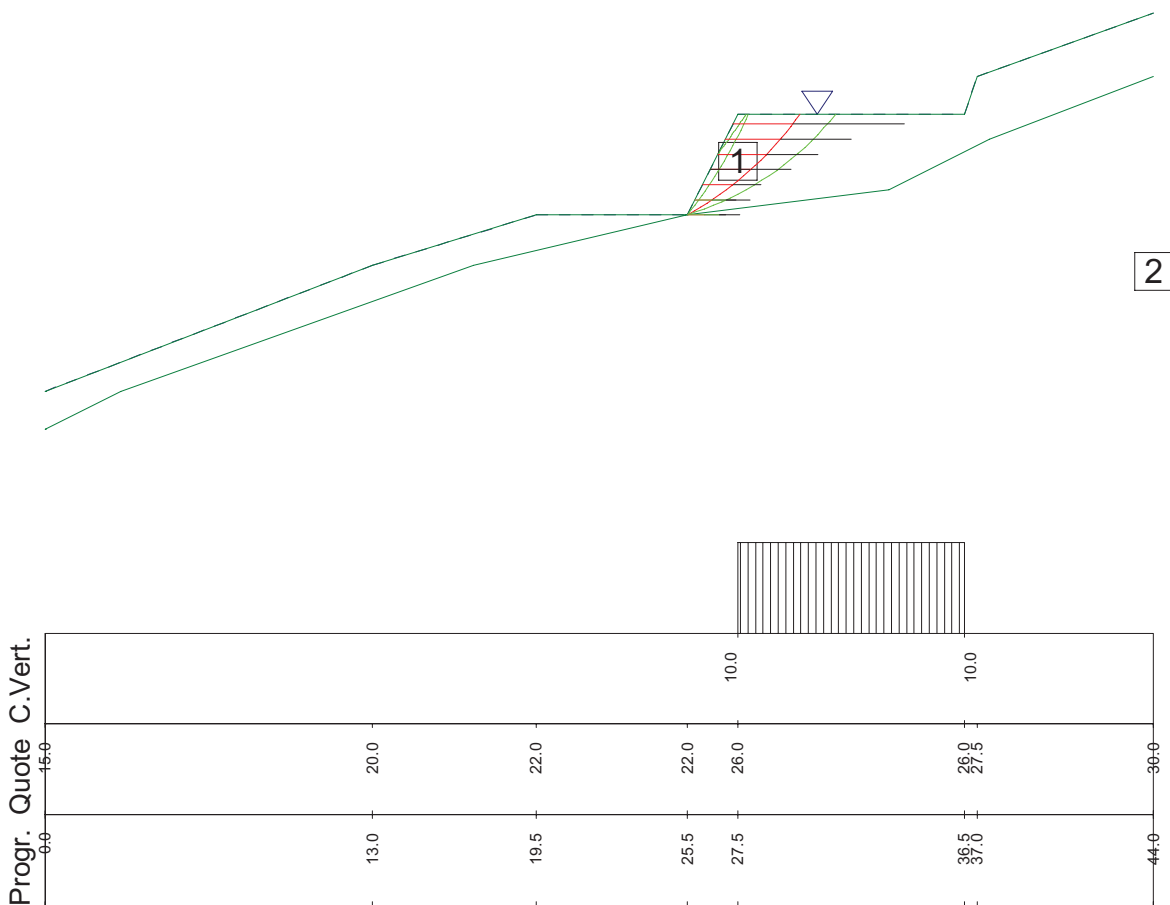


Verifica n°1

Torino - strada comunale di Pecetto n°218
Sistemazione della sede stradale mediante
la realizzazione di una terra rinforzata
Scala 1:300

Litotipo 1:	ϕ [°] = 33	c [kN/m ²] = 0	γ [kN/m ³] = 19
Litotipo 2:	ϕ [°] = 31.5	c [kN/m ²] = 265	γ [kN/m ³] = 19

Gamma acqua [kN/m³] = 5 Comp. sismica orizz. = .013 Comp. sismica vert. = .006



CITTA' DI TORINO
DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITA'
SETTORE SUOLO PUBBLICO - NUOVE OPERE

INTERVENTI URGENTI SCARPATE E SEDIMI
STRADE COLLINARI - LOTTO 5

CONSOLIDAMENTO MURO LUNGO VIA TONCO

Titolo elaborato:

D.M. 11/03/88 - D.M. 14/01/08
RELAZIONE GEOLOGICA e GEOTECNICA

	Il Geologo	
	Geol. Giuseppe GENOVESE	
COLLABORAZIONI		
Geol. Silvia Ambrosio		
		 <p>studio di geologia applicata via Camogli 10 - 10134 TORINO tel./fax 011-3199507 e-mail genovese@iol.it p.iva 072B2110019</p>

1. PREMESSA

Con Determinazione Dirigenziale N. cronologico 476 in data 22.06.2009 (n.mecc.2009-03994/120) esecutiva dal 20/07/2009, la Città di Torino, Divisione Infrastrutture e Mobilità - Settore Suolo Pubblico Nuove Opere, ha affidato al dott. geol. Giuseppe Genovese dello studio Genovese & Associati l'incarico dello studio geologico, geotecnico relativo agli interventi previsti lungo via Tonco nell'ambito degli "Interventi Urgenti scarpate e sedimi strade collinari. Lotto 5".

I risultati dei rilievi e delle indagini geognostiche sono in accordo con quanto prescritto dal **D.M. 11/03/88** "*Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno, delle terre e delle opere di fondazione*" e dal **D.M. 14/01/08** "*Norme Tecniche per le Costruzioni*". Lo studio si prefigge la verifica delle caratteristiche geologico-geotecniche del terreno e della compatibilità idrogeologica con le stesse del progetto di consolidamento del muro di recinzione situato lungo il ciglio di valle della via Tonco, in corrispondenza dell'Oasi Santa Chiara.

Nella presente relazione vengono presi in esame i seguenti aspetti geologici e geotecnici:

- caratterizzazione geomorfologica, geologica ed idrogeologica dell'area;
- caratterizzazione geotecnica dei terreni;
- individuazione delle problematiche geologico-tecniche connesse agli interventi in progetto;
- verifica della compatibilità tra l'assetto del territorio collinare e gli effetti conseguenti alla realizzazione dell'intervento in progetto.

A tal fine è stata eseguita una campagna d'indagine geognostica da parte dell'impresa Geotek di Torino consistita nell'effettuazione di n°1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino a 10 m di profondità corredato dall'esecuzione di n°5 prove penetrometriche SPT in foro (Standard Penetration Test) a differenti profondità (1,5 m - 3,0 m - 4,5 m - 6,0 m e 9,0 m). Il foro di sondaggio è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto per la misurazione della soggiacenza della falda.

La campagna d'indagine geognostica è stata affiancata da un dettagliato rilevamento geolitologico e geomorfologico di superficie del sito d'intervento e di un suo significativo intorno e dalla raccolta ed organizzazione dei dati geologici e stratigrafici esistenti, con particolare riguardo agli allegati del Piano Regolatore Generale Comunale, ai recenti Studi idrogeomorfologici di supporto alla Variante del P.R.G.C. stesso e agli studi geologici eseguiti dallo scrivente in settori limitrofi confrontabili per assetto geologico e geomorfologico.

Il sopralluogo ed i rilievi tecnici sono stati effettuati nella seconda decade di Gennaio 2010.

2. STATO DI FATTO, OPERE IN PROGETTO E SITUAZIONE NORMATIVA

Il muro di previsto consolidamento si localizza sul lato di valle di via Tonco e separa la suddetta strada dal cortile della proprietà sottostante (oasi Santa Chiara), depresso di circa 3 metri rispetto alla suddetta via; il muro è costituito alla base da un paramento in cls controterra di altezza c.ca pari a 3,0 m; la parte fuori terra, lungo la via Tonco, è costituita da un muro in cls alla base, in continuità con il paramento controterra, di altezza pari a c.ca 1,2 m, sovrastato da un muro in mattoni anch'esso di altezza pari a c.ca 1,20 m. Allo stato attuale il muro, sia nella parte controterra sia in quella fuori terra, è caratterizzato da evidenti spancamenti e lesioni.

Nel "**PIANO STRALCIO per l'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)** - Interventi sulla rete idrografica e sui versanti - redatto dall'Autorità di Bacino del Fiume Po ai sensi della Legge 18 maggio 1989, n.183, art.17, comma 6-ter, ed adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n.18 in data 26.04.2001" non sussistono segnalazioni e perimetrazioni riguardanti il settore di intervento.

L'area d'intervento **non è sottoposta a vincolo idrogeologico** (L.R. 45 del 9/08/89).

Come si evince dalla **Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e della idoneità all'utilizzazione urbanistica**, allegata alla Variante n°100 al P.R.G.C., approvata con Delibera della Giunta Regionale 27/10/08 n. 21/9903, pubblicata sul BUR n. 45 del 6/11/08, l'area è inserita all'interno della **Classe II1** "*Aree edificate e inedificate con pericolosità geomorfologica moderata: aree di conoide stabilizzato, fascia colluviale marginale, accumulo di frana relitta: nessun condizionamento*".

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area in esame, localizzabile sulla Sezione n°156090 della Carta Tecnica Regionale della Regione Piemonte – scala 1:10.000, ad una quota del p.c. di 250 m c.ca s.l.m.m., si situa in destra idrografica del fiume Po, nel settore in cui l'edificio collinare di Torino si raccorda con il Po mediante un esteso piano da poco a mediamente inclinato, immediatamente a Est del Monte dei Cappuccini.

Il piano campagna naturale, per quanto rimodellato dall'intensa edificazione e dall'espansione del tessuto urbano, mostra infatti un andamento degradante verso il Fiume Po, come chiaramente osservabile dai dislivelli esistenti tra la via Tonco e le proprietà sottostanti.

Il dislivello sussistente è correlabile all'assetto geologico-stratigrafico delle formazioni quaternarie e alla dinamica evolutiva del fiume Po e degli affluenti collinari. Dal punto di vista geologico e litostratigrafico l'area indagata si inserisce infatti, in accordo a quanto riportato dalla cartografia geologica ufficiale (Carta Geologica d'Italia a scala 1/100.000 - Foglio n°56 "Torino"), al raccordo tra l'edificio collinare, modellato entro la piega anticlinale che ha coinvolto i terreni terziari marini del Bacino Terziario Ligure Piemontese, e la piana attuale del fiume Po, a tratti bordata dai lembi relitti di superfici terrazzate dei depositi Fluvioglaciali e Fluviali Antichi.

Le indagini effettuate consentono di inquadrare l'area di intervento proprio nell'ambito del lembo terrazzato modellato entro i depositi fluvioglaciali rissiani: i terreni affioranti sono infatti costituiti da una assise di sabbie, ghiaie sabbiose e ghiaie con sabbia di ambiente fluviale o fluvio-torrentizio.

Tale complesso poggia sui depositi marini terziari ivi rappresentati dai silt e calcari marnosi, coesivi e consistenti, riconducibili al Complesso di Termo Forà.

I terreni presenti risultano spesso mascherati da depositi eolici tardo pleistocenici: trattasi di sabbie fini debolmente limose di colore nocciola giallastro più o meno alterate superficialmente, con tipica fratturazione prismatico-colonnare e tracce di stratificazione planare, limi sabbiosi debolmente argillosi ("loess"), geneticamente correlabili alle fasi di deposizione in ambiente steppico post-glaciale.

Nella versione preliminare del Foglio 156 "Torino Est" della Carta Geologica d'Italia - scala 1:50.000 del Progetto CARG (attualmente in lavorazione e consultabile sul sito dell'ISPRA) curata dall'Arpa Piemonte, dall'Università di Torino e dal C.N.R., l'area in esame è inserita in corrispondenza del "Sintema di Palazzolo" e, nello specifico, all'interno del "Subsintema di Ghiaia Grande" costituito in tale settore da depositi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi inalterati o poco alterati con locali intercalazioni di livelli sabbiosi, coperti in modo generalizzato da una coltre di spessore decimetrico o metrico di sabbie e sabbie siltose inalterate.

3.1 Idrogeologia

Dai dati disponibili in letteratura ed in base alla ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo il settore esaminato è caratterizzato da un potente materasso alluvionale-torrentizio di terreni da sabbiosi, sabbioso-ghiaiosi a francamente ghiaiosi molto permeabili poggiati su sedimenti marini terziari poco o per nulla permeabili.

Il modello di circolazione delle acque può essere pertanto riconducibile ad una falda superficiale generalmente libera ed alimentata dagli ingenti quantitativi di acque meteoriche e di infiltrazione provenienti dagli estesi rilievi collinari sovrastanti.

Il piezometro installato in corrispondenza del sondaggio effettuato ha rilevato la presenza della prima falda superficiale ad una profondità di -7,32 m dal p.c. della via Tonco. Non si esclude tuttavia, specie in concomitanza di eventi meteorici particolarmente intensi, la presenza di zone di circolazione preferenziale delle acque di infiltrazione e di ruscellamento già a ridotta profondità.

3.2 Commento delle prove in sito - stratigrafia di dettaglio

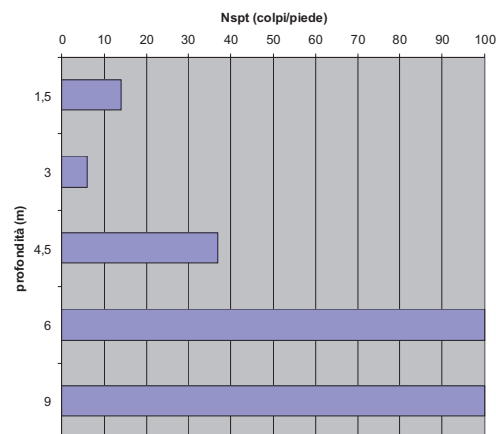
La ricostruzione stratigrafica di dettaglio e la parametrizzazione meccanica dei terreni costituenti il sedime dell'area d'intervento sono state effettuate in base alle risultanze della campagna geognostica, espletatasi mediante l'effettuazione di n°1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo spinto fino a 10 m di profondità corredato dall'esecuzione di n°5 prove penetrometriche SPT in foro (Standard Penetration Test) a differenti profondità (1,5 m - 3,0 m - 4,5 m - 6,0 m e 9,0 m).

La stratigrafia superficiale di dettaglio risulta costituita da:

- dal p.c. a -0,6 m pavimentazione in asfalto e relativo sottofondo costituito da riporto grossolano eterogeneo in matrice sabbiosa;
- da -0,6 m a 3,5 m sabbia limosa di color nocciola
- da -3,5 a -5,5 m c.ca sabbia ghiaiosa in matrice sabbioso-limosa di colore marrone chiaro con ciottoli alterati ($\phi=1-3$ cm)
- oltre -5,5 m c.ca: ghiaia sabbiosa eterogenea ($\phi=1-7$ cm) con ciottoli alterati prevalentemente di natura serpentinitica, in matrice sabbiosa.

3.3 Prove SPT eseguite nei fori di sondaggio

Per una valutazione del grado di addensamento e dei parametri geotecnici rappresentativi dei terreni attraversati, all'interno del foro di sondaggio sono state effettuate prove penetrometriche dinamiche **SPT** (*Standard Penetration Test*) conformi alle normative AGI per terreni granulari, per un totale di n°5 prove alle profondità di 1,5 m, 3,0 m, 4,5 m 6,0 m e 9,0 m. I risultati delle prove penetrometriche dinamiche vengono espressi in termini di N_{SPT} , intendendo con tale quantità il numero di colpi necessario all'avanzamento della punta standard per un tratto di 30 cm. Il limite massimo per la penetrazione di ogni singolo tratto di 15 cm è di 50 colpi; al di sopra di tale valore si intende che il terreno offre rifiuto alla penetrazione. Le prove SPT eseguite hanno fornito i valori riportati qui a fianco: mediamente si osserva un grado di addensamento elevato ($N_{SPT} > 50$ colpi/piede) a partire da una profondità di 4,0÷4,5 m c.ca dal p.c..



La valutazione della consistenza dei terreni granulari attraversati è espressa - in funzione dei valori N_{SPT} - in termini di addensamento come da tabella seguente.

ADDENSAMENTO TERRENI GRANULARI

N_{SPT}	Stato di addensamento	Prove manuali
0 ÷ 4	sciolto	si scava facilmente con un badile
4 ÷ 10	poco addensato	si scava abbastanza facilmente con un badile e si penetra con una barra
10 ÷ 30	moderatamente addensato	difficile da scavare con un badile o da penetrare con una barra
30 ÷ 50	addensato	molto difficile da penetrare; si scava con piccone
> 50	molto addensato	difficile da scavare con piccone

3.4 Caratterizzazione sismica del sedime

In riferimento al D.M. 14 Gennaio 2008 "*Norme tecniche per le costruzioni*", la suddetta stratigrafia e le caratteristiche geotecniche consentono di inquadrare il sedime nell'ambito della **categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione di tipo B** "*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s ($N_{SPT} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu > 250$ kPa nei terreni a grana fina)*".

4. RAPPORTO GEOTECNICO

4.1 Parametri geotecnici assunti

Sulla base delle osservazioni di campagna e dei risultati delle indagini effettuate, tenuto conto delle indicazioni della letteratura specifica, si è proceduto ad una parametrizzazione geotecnica degli orizzonti costituenti la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dagli interventi in progetto.

Si è ritenuto corretto definire "una stratigrafia geotecnica" cercando di individuare materiali con comportamento meccanico simile e di utilizzare per essi parametri rappresentativi di una situazione "media" e piuttosto conservativa: la parametrizzazione è stata condotta adottando le correlazioni esistenti in letteratura fra N_{SPT} e densità relativa (D_r) [Gibbs e Holtz, 1957], fra angolo di attrito (ϕ') e densità relativa (D_r) [Schmertmann, 1977].

Si possono pertanto individuare le seguenti unità geotecniche, con differenti caratteristiche geologico-geotecniche:

ORIZZONTE A terreno di riporto e sabbie limose affioranti fino ad una profondità di circa 3,5 m dal piano cortile, da sciolti a poco addensati, con mediocre valenza geotecnica. Tali terreni sono così caratterizzabili:

$$\gamma_n = \text{peso di volume naturale} = 19,0 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = \text{coesione efficace} = 0,0 \text{ kPa}$$

$$D_r = \text{densità relativa} = 40\%$$

$$\phi'_p = \text{resistenza al taglio di picco} = 33^\circ$$

$$\phi'_{cv} = \text{resistenza al taglio a volume costante} = 30^\circ$$

$$N_{SPT} = 6 \div 10 \text{ colpi/piede}$$

ORIZZONTE B sabbie ghiaiose, ghiaie sabbiose e ghiaie con sabbia, da addensate a molto addensate affioranti a partire da -3,5 metri di profondità. Per quanto concerne tale orizzonte, la definizione dei parametri geotecnici rappresentativi è stata condotta sulla base delle indagini in situ effettuate e dei dati e delle correlazioni suggerite dalla letteratura tecnica specifica. L'angolo di resistenza al taglio di picco è stato stimato mediante le correlazioni e i valori forniti da numerosi autori: in particolare Leonards (1962) propone, per terreni con percentuale di ghiaia fino al 65% e densità

relativa media, dei valori compresi tra 37° e 41°, mentre Lambe & Whitman (1969) suggeriscono un campo di valori compresi tra 36° e 42°. E' possibile quindi ritenere rappresentativo per il deposito in oggetto un valore di 36°, tenendo conto anche della presenza di livelli maggiormente sabbiosi. Analogamente si può definire il valore di resistenza al taglio a volume costante (ϕ'_{cv}), parametro che descrive il comportamento dei terreni granulari alle elevate deformazioni, in cui si ha l'assenza di variazioni di volume ed una resistenza disponibile corrispondente allo stato critico (LANCELLOTTA, 1987). Lambe & Whitman propongono per tale parametro dei valori compresi tra 32° e 36°: cautelativamente si assumerà $\phi'_{cv} = 32^\circ$. Trattandosi di terreni ghiaioso-sabbiosi con ciottoli si assumerà un valore nullo della coesione. Infine il peso di volume può essere valutato sulla base delle correlazioni proposte dal NAVFAC (1971), che per terreni di questa granulometria permette di stimare un valore di 20 kN/m³. Riassumendo si ritiene corretto assumere i seguenti parametri geotecnici :

γ_n = peso di volume naturale = 20,0 kN/m³

c' = coesione efficace = 0,00 kPa

D_r = densità relativa = 80%

ϕ'_p = resistenza al taglio di picco = 36°

ϕ'_{cv} = resistenza al taglio a volume costante = 32°

5. SOLUZIONI TECNICHE OPERATIVE

Il muro in esame si localizza sul lato di valle di via Tonco e separa la suddetta strada dal cortile sottostante; allo stato attuale il muro si presenta caratterizzato da evidenti spanciamenti e lesioni. Si prevede pertanto il consolidamento del muro mediante la realizzazione di una paratia di micropali di lunghezza pari a 6,0 m c.ca e il rifacimento della porzione fuori terra.

La ricostruzione stratigrafica e la parametrizzazione geotecnica hanno evidenziato la presenza di un primo orizzonte poco addensato e compressibile (ORIZZONTE A) affiorante fino a circa -3,5 m dal p.c.; oltre tale profondità affiora un orizzonte sabbioso-ghiaioso e ghiaioso-sabbioso (ORIZZONTE B) con grado di addensamento in incremento con la profondità.

Si è pertanto proceduto ad una valutazione della stabilità dell'opera in progetto individuando - mediante una "back analysis" - la spinta minima di contrasto che la paratia di micropali dovrà fornire per consentire il raggiungimento di un adeguato fattore di sicurezza.

L'analisi è stata effettuata per una sezione tipo, rappresentativa delle configurazioni più delicate per la stabilità, con l'assetto geologico superficiale delineato in corrispondenza dell'area di intervento.

Allo scopo è stato utilizzato un programma di calcolo della *Geo & Soft* che si avvale del metodo di analisi di Sarma (1979) modificato da Hoek (1981, 1983, 1987) basato sulla ricerca della superficie di rottura critica caratterizzata da una configurazione geometrica predefinita; per il caso in questione sono state ipotizzate superfici di scivolamento circolari progressivamente

interessanti volumi maggiori di terreno. Lungo queste superfici si ha il rapporto minimo tra le forze resistenti e quelle mobilizzanti.

Il volume dei materiali che costituiscono il fronte di scavo non viene considerato nella sua configurazione geometrica tridimensionale, ma viene analizzato lungo un piano normale alla direzione di massima pendenza; il fronte considerato è quello che presenterà dunque le caratteristiche geometriche peggiori ai fini della stabilità. Questa semplificazione geometrica, che porta inoltre a rappresentare la superficie di scivolamento con una linea, rende trascurabili le forze di resistenza laterale e conferisce ai risultati delle analisi di stabilità un significato maggiormente cautelativo.

L'azione della paratia di micropali è stata simulata nelle verifiche mediante l'applicazione di un'opera di sostegno con risultante inclinata di 15°, variandone progressivamente la resistenza critica per determinare la spinta minima di contrasto necessaria a garantire delle condizioni di stabilità; è stato infine applicato un sovraccarico per tener conto della presenza della viabilità e dei carichi connessi.

Le verifiche di stabilità effettuate con differenti famiglie di curve, in condizione di parziale saturazione dei terreni (30%), hanno fornito adeguati valori del Fattore di Sicurezza $F_s < 1,3$ lungo le curve ipotizzate solo a seguito dell'attivazione di un'opera di sostegno provvisoria in grado di fornire una spinta minima complessiva di contrasto pari a 100 kN/m.

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E CRITERI OPERATIVI

Le analisi svolte ai punti precedenti hanno permesso di individuare le principali problematiche geologico-tecniche connesse alla realizzazione degli interventi in progetto: sulla base dei rilievi eseguiti e delle indagini condotte, è stato possibile pervenire a una definizione dettagliata dell'assetto litostratigrafico e dei parametri geotecnici dei terreni presenti.

La definizione del modello concettuale geotecnico del sottosuolo ha consentito di individuare le più idonee soluzioni tecniche e di dettagliare alcune prescrizioni operative in merito alla stabilità dell'opera in progetto.

L'esame condotto nei capitoli precedenti permette quindi di esprimere un giudizio positivo circa la fattibilità geologico-geotecnica degli interventi in progetto, fatti salvi i risultati e le prescrizioni riportate nella presente.

Torino, lì 27 Gennaio 2010

geol. Giuseppe Genovese

Collaborazione:
geol. Silvia Ambrosio





COROGRAFIA GENERALE - scala 1:10.000 -
Estratto da Carta Tecnica Regionale - sezione n°156090

VERIFICA DI STABILITA'

Torino (To) - via Tonco

Superfici di scivolamento circolari

Paratia di micropali simulata mediante un tirante da 10 T, con inclinazione di 15°

Scala 1:100

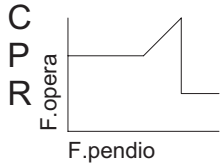
Litotipo 1: phi [°] = 40 c [kN/m²] = 20 gamma [kN/m³] = 23

Litotipo 2: phi [°] = 33 c [kN/m²] = 0 gamma [kN/m³] = 19

Litotipo 3: phi [°] = 36 c [kN/m²] = 0 gamma [kN/m³] = 20

Gamma acqua [kN/m³] = 3

Metodo: Sarma



C (res. critica) = 100
P (precarico) = 0
R (res. residua) = 0

RN | FS
X% | RT

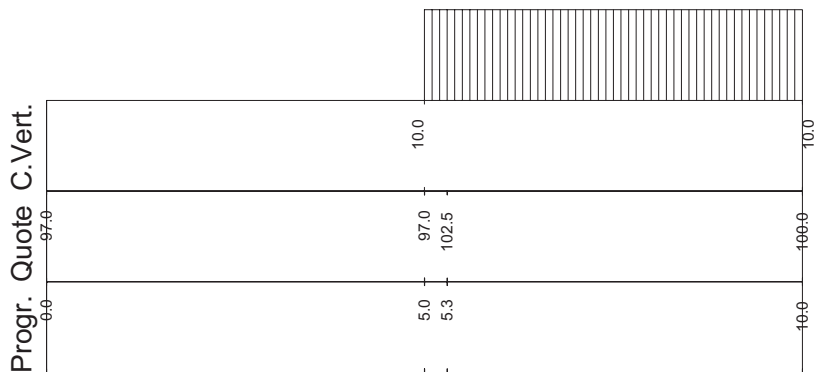
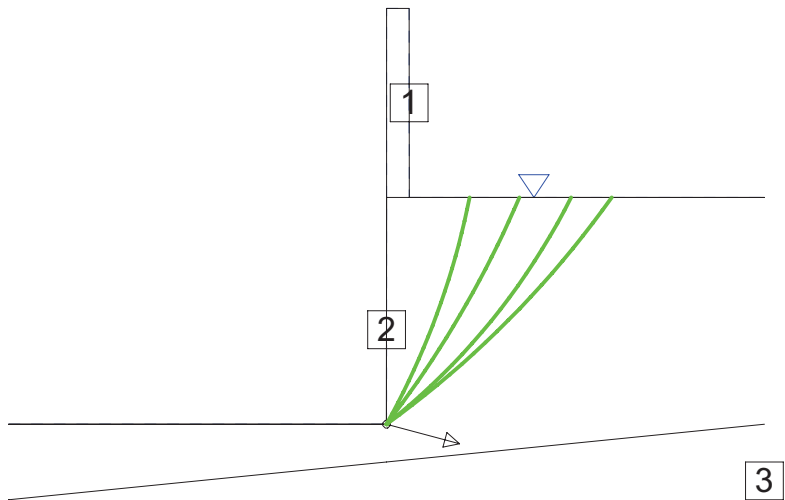
FS: fatt. sicurezza ottenibile
RN: reaz. per avere FS= 1.3
RT: res. a rottura del terreno
%: utilizzo resistenza critica
X: L=lineare; T=rottura terreno
P=precarico; R=residuo

53.1.30
L 52.0

73.1.30
L 72.0

57.1.30
L 56.0

79.1.30
L 78.0



STRADA DEL CRESTO 83

**DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA
FORNITA DAL SIG. BOSCO – PROPRIETÀ CONFINANTE**



GEOALPI CONSULTING
Via Saluzzo, 52
10064 Pinerolo (TO)
Tel./Fax 0121375017



Ing. Paolo FIORILLO

Studio di Ingegneria Civile

Via Buniya n. 85 - 10064 Pinerolo (TO)
Tel. 0121/480243 - Fax 0121/480107
P.IVA 10128900015
e-mail: ing.fiorillo@libero.it

EVENTO METEORICO DEL 12÷17 MARZO 2011

PERIZIA GEOLOGICA E STRUTTURALE SULLE CONSEGUENTI CONDIZIONI DI DISSESTO IDROGEOLOGICO COINVOLGENTI IL FABBRICATO SITO IN STRADA DEL CRESTO, 83 (TORINO) ED I TERRENI AD ESSO IMMEDIATAMENTE CIRCOSTANTI

La presente perizia geologica e strutturale è stata redatta su incarico della proprietà Bosco - Strada del Cresto, 83-85 Torino - coinvolta da dissesto idrogeologico a seguito dell'evento pluviometrico distribuitosi tra il 12 ed il 17 marzo 2011.

In particolare, è stato condotto specifico sopralluogo in data 21 marzo 2011 constatando la formazione di una frattura di trazione subito a valle dell'antico fabbricato (risalente al '600) presente al civico n. 83, a Sud dell'edificio residenziale della committenza (civico n. 85). Tale frattura rappresenta la manifestazione superficiale di un incipiente scivolamento rotazionale coinvolgente la porzione più acclive del pendio degradante verso Strada del Cresto e riconducibile, in ultima analisi, alla saturazione d'acqua alimentata dai picchi pluviometrici registratisi in seno all'evento meteorico di riferimento. A tale riguardo, va sottolineato che l'iniziale attivazione del dissesto gravitativo in questione ha danneggiato la tubazione interrata del troppo pieno del pozzo presente sul cortile della proprietà - che ha anche funzione di cisterna di raccolta delle acque meteoriche - con conseguente ulteriore contributo alla sovrasaturazione del pendio a valle.

Il dissesto ha coinvolto marginalmente il rilevato della strada comunale, dilavandolo parzialmente, in corrispondenza dell'accesso carraio al civico n. 83. Le spinte dovute alle forze destabilizzanti sono state contenute, in parte dagli apparati radicali degli alberi esistenti, in parte dalla rottura di pendenza del versante meridionale della proprietà, individuata da un sentiero con sviluppo "a mezza costa" a valle del quale le inclinazioni risultano più contenute rispetto a quanto si riscontra, come detto, risalendo verso l'edificio di cui al civico n. 83. In tale contesto, il contrasto al piede dello scivolamento rotazionale è sottolineato da un evidente rigonfiamento della superficie topografica proprio lungo il sentiero poc'anzi citato.

Allo stato attuale, pertanto, il pendio interessato dal dissesto in atto si configura come un corpo di accumulo stabile a breve termine, ma non in grado di sostenere i carichi del fabbricato di cui al civico n. 83, dal momento che, lo stesso, essendo privo di interrato, sollecita le porzioni più superficiali del terreno costituite dalla copertura eluvio-colluviale del substrato marnoso e dalla porzione più alterata e disarticolata del basamento stesso, detensionate dallo scivolamento rotazionale sopra descritto.

Sulla base del quadro del dissesto in atto sopra delineato, si ritiene necessaria l'urgente realizzazione di una "paratia berlinese" immediatamente a valle del fabbricato di cui al civico n. 83, con sviluppo pari ad almeno la lunghezza del fronte dell'edificio attualmente gravante sulla frattura di trazione che svincola lo scivolamento rotazionale descritto nella presente perizia.



GEOALPI CONSULTING
Via Saluzzo, 52
10064 Pinerolo (TO)
Tel./Fax 0121375017



Via Buniya n. 85 - 10064 Pinerolo (TO)
Tel. 0121/480243 - Fax 0121/480107
P.IVA 10128900015
e-mail: ing.fiorillo@libero.it

La palificata dovrà essere costituita da micropali di lunghezza tale da trasferire i carichi di esercizio dell'edificio in questione direttamente al substrato lapideo marnoso inalterato su cui è modellato il versante collinare che comprende la proprietà.

Per consentire un primo dimensionamento dell'opera, si è provveduto, in data 23 marzo 2011, alla conduzione (SONDECO S.r.l., Torino) di n. 3 prove penetrometriche dinamiche DPSH distribuite lungo il ciglio superiore della scarpata in dissesto ed in corrispondenza del fianco orientale del fabbricato da mettere in sicurezza; ciò ha permesso di constatare come le marne compatte si collochino a profondità superiori a 3+4 m di profondità dal piano campagna, evidenziate dal numero di colpi N_{30} superiore a 28+29 fino a rifiuto alla penetrazione (cfr. tabulati allegati).

Alla luce dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche sopra menzionate, la "paratia berlinese" sarà costituita da micropali di diametro 160 mm della lunghezza non inferiore agli 8,00 m (in modo tale che gli stessi si intestino efficacemente al substrato lapideo permettendo un funzionamento "a mensola" sul fronte), eseguiti mediante trivella idraulica ad elica continua - possibilmente senza generare percussioni - ed armati con tubi in acciaio di diametro 114 mm e spessore 7 mm per l'intero sviluppo del foro. Il getto del micropalo dovrà avvenire con malta cementizia dosata a 5 q.li/mc di sabbia di fiume (o in alternativa con boiaccia cementizia molto densa) eseguito con sistema a "risalire" a garanzia della sua continuità. Il fronte dell'intervento è pari a 14 m più un metro per parte oltre la muratura.

A collegamento delle testate di tutti i micropali dovrà essere realizzato un "cordolo testa palo" di sezione 60x50 cm, armato con n. 10 ferri correnti tipo B450C diametro 16 mm e staffe diametro 10 mm disposte a passo non superiore a 25 cm. Il getto dovrà avvenire con calcestruzzo di classe C20/25 o superiore possibilmente operando a conci e non in un'unica soluzione. Il cordolo testa palo verrà realizzato completamente interrato ad una profondità da definirsi in fase esecutiva, in funzione del reale approfondimento fondazionale della muratura del fabbricato esistente. Analogamente, dovrà determinarsi in fase esecutiva l'opportunità di realizzare eventuali inserti in c.a. a mensola di collegamento del cordolo testa palo con la fondazione muraria (o in alternativa con ferri ad inghisaggio chimico).



GEOALPI CONSULTING
Via Saluzzo, 52
10064 Pinerolo (TO)
Tel./Fax 0121375017



Via Buniva n. 85 - 10064 Pinerolo (TO)
Tel. 0121/480243 - Fax 0121/480107
P.IVA 10128900015
e-mail: ing.fiorillo@libero.it

Al termine della realizzazione della "paratia berlinese" sono previsti idonei interventi di regimazione delle portate meteoriche e di drenaggio delle acque di infiltrazione che hanno saturato il corpo di accumulo svincolato dallo scivolamento rotazionale, allo scopo di ridurre il regime delle tensioni interstiziali. In quest'ultimo caso, il dimensionamento dei drenaggi profondi avverrà a seguito della conduzione di idonea campagna di indagini geofisiche volte a determinare gli spessori di terreno saturo d'acqua.

dott. Geol. Francesco Peres

Francesco Peres



ing. Paolo Fiorillo

Paolo Fiorillo





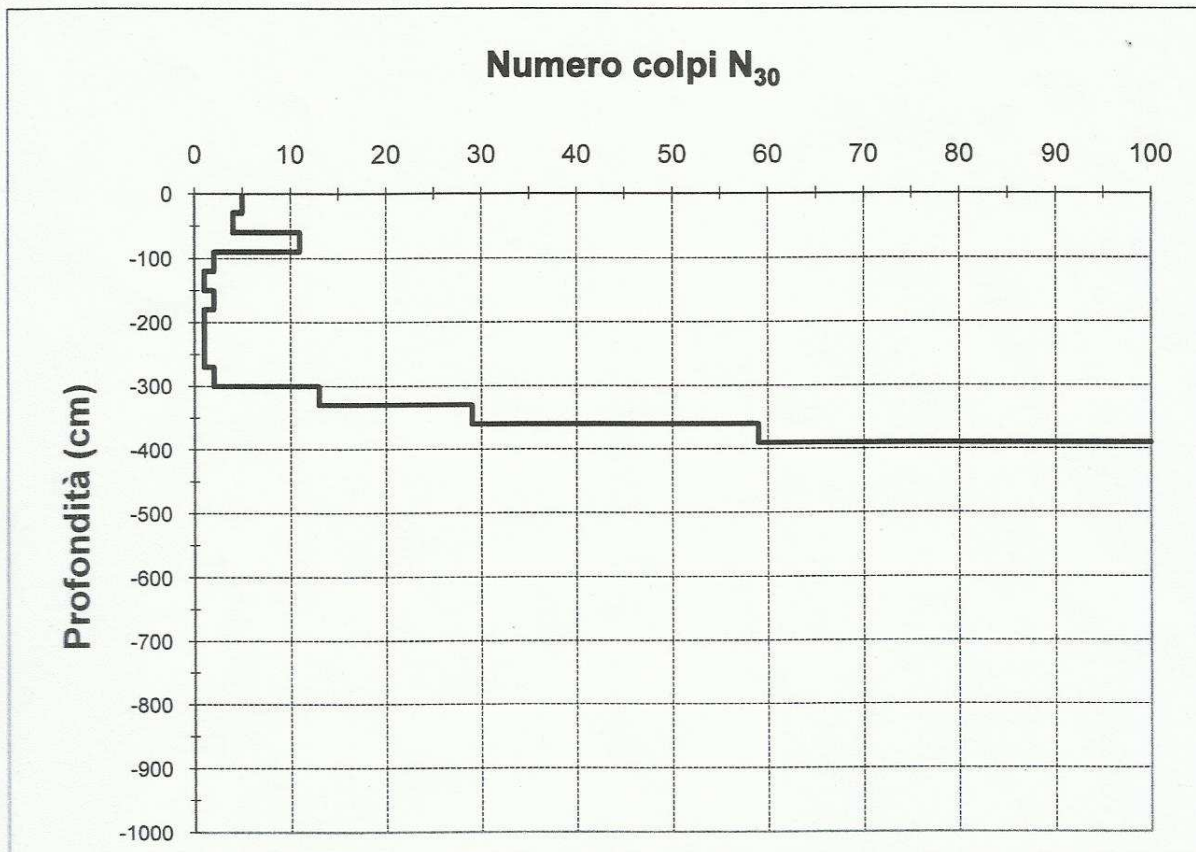
Committente: Sig. Giacomo Bosco
Località: Torino

Cantiere: Strada Vicinale del Cresto 85
Data: 23/03/11

Prova n° 1
Penetrometro dinamico tipo Pagani Tg 73/100

Livello falda alla data di esecuzione: non rilevata
Quota di riferimento: p.c.

Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi
		510		1020		1530	
30	5	540		1050		1560	
60	4	570		1080		1590	
90	11	600		1110		1620	
120	2	630		1140		1650	
150	1	660		1170		1680	
180	2	690		1200		1710	
210	1	720		1230		1740	
240	1	750		1260		1770	
270	1	780		1290		1800	
300	2	810		1320		1830	
330	13	840		1350		1860	
360	29	870		1380		1890	
390	59	900		1410		1920	
420	R	930		1440		1950	
450		960		1470		1980	
480		990		1500		2010	





Committente: Sig. Giacomo Bosco
Località: Torino

Cantiere: Strada Vicinale del Cresto, 85
Data: 23/03/11

Prova n° 2

Penetrometro dinamico tipo Pagani Tg 73/100

Livello falda alla data di esecuzione: non rilevata

Quota di riferimento: p.c.

Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi
		510		1020		1530	
30	5	540		1050		1560	
60	4	570		1080		1590	
90	1	600		1110		1620	
120	2	630		1140		1650	
150	2	660		1170		1680	
180	6	690		1200		1710	
210	8	720		1230		1740	
240	9	750		1260		1770	
270	8	780		1290		1800	
300	10	810		1320		1830	
330	9	840		1350		1860	
360	9	870		1380		1890	
390	31	900		1410		1920	
420	32	930		1440		1950	
450	47	960		1470		1980	
480	R	990		1500		2010	

Numero colpi N₃₀



Committente: Sig. Giacomo Bosco
Località: Torino

Cantiere: Strada Vicinale del Cresto, 85
Data: 23/03/11

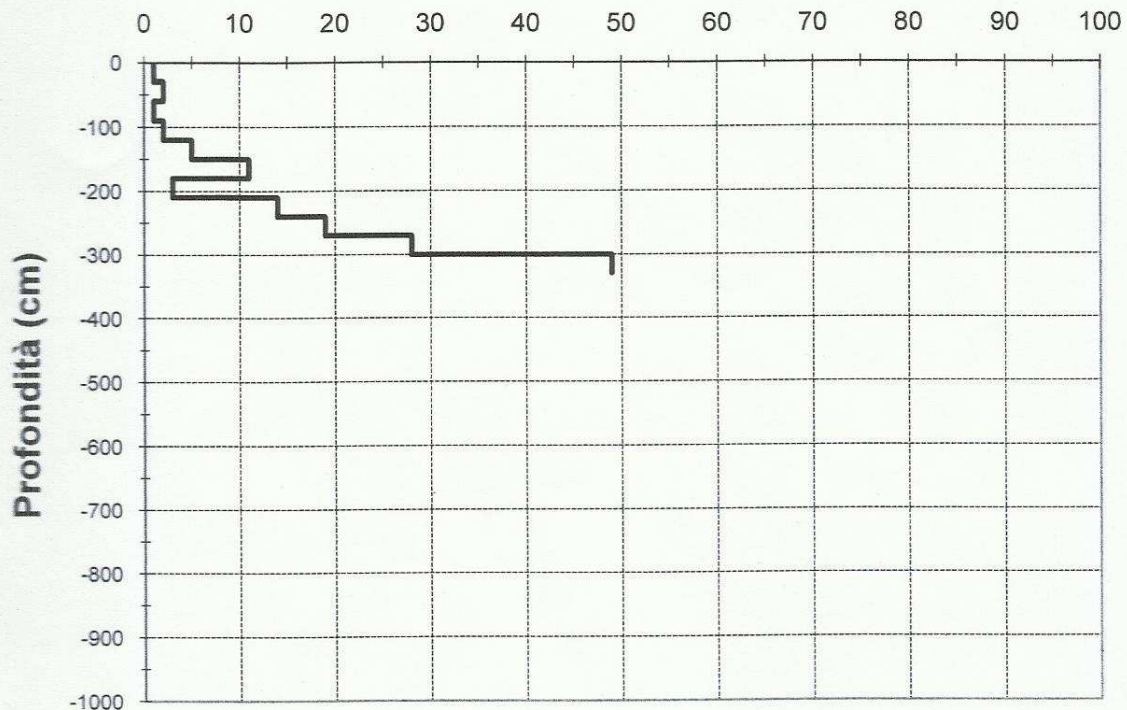
Prova n° 3

Penetrometro dinamico tipo Pagani Tg 73/100

Livello falda alla data di esecuzione: non rilevata

Quota di riferimento: p.c.

Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi	Quota (cm)	N° colpi
		510		1020		1530	
30	1	540		1050		1560	
60	2	570		1080		1590	
90	1	600		1110		1620	
120	2	630		1140		1650	
150	5	660		1170		1680	
180	11	690		1200		1710	
210	3	720		1230		1740	
240	14	750		1260		1770	
270	19	780		1290		1800	
300	28	810		1320		1830	
330	49	840		1350		1860	
360		870		1380		1890	
390		900		1410		1920	
420		930		1440		1950	
450		960		1470		1980	
480		990		1500		2010	

Numero colpi N₃₀

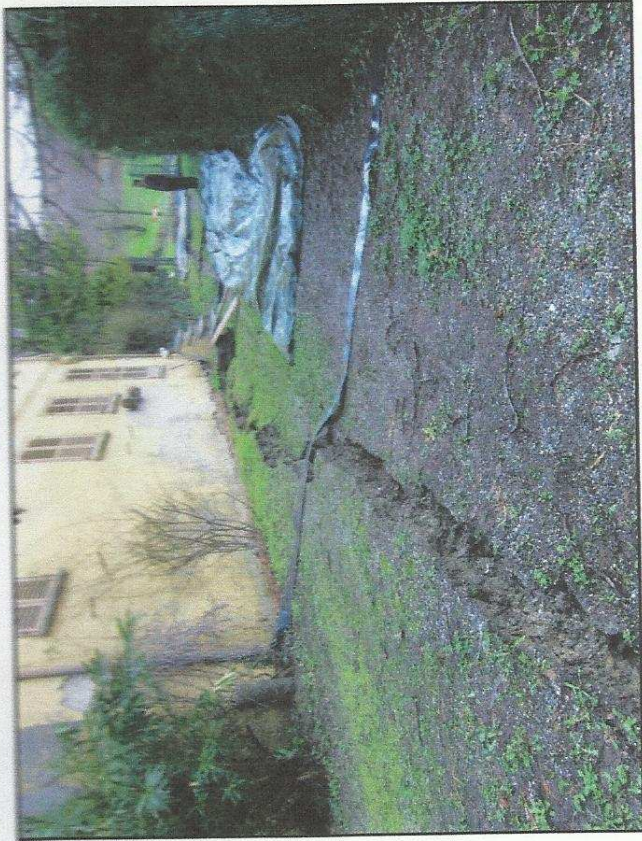


Foto 1: frattura di trazione lungo il fronte meridionale dell'edificio al civico n. 83.

Foto 2: particolare della frattura di trazione.

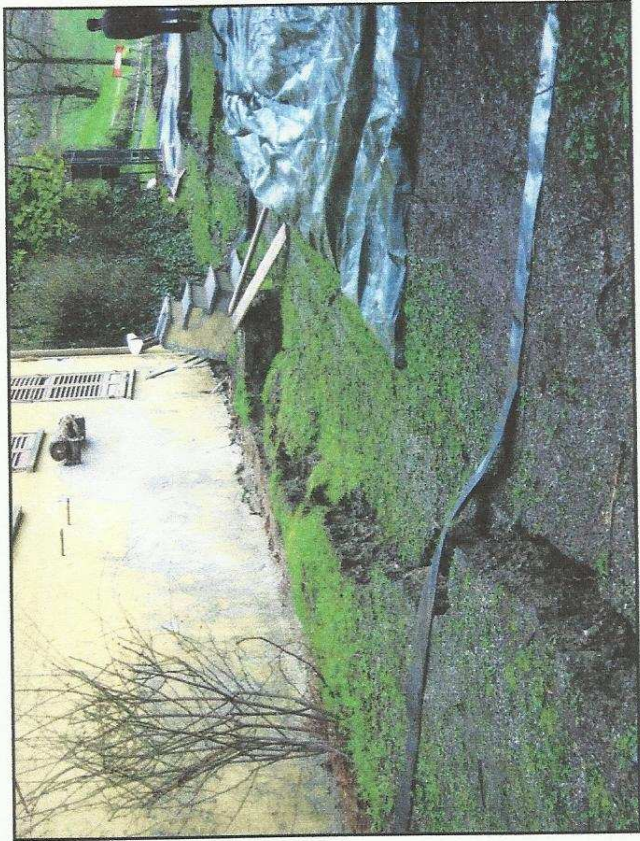




Foto 3: parziale dilavamento del rilevato di Strada del Cresto presso l'accesso carrajo al civico n. 83.

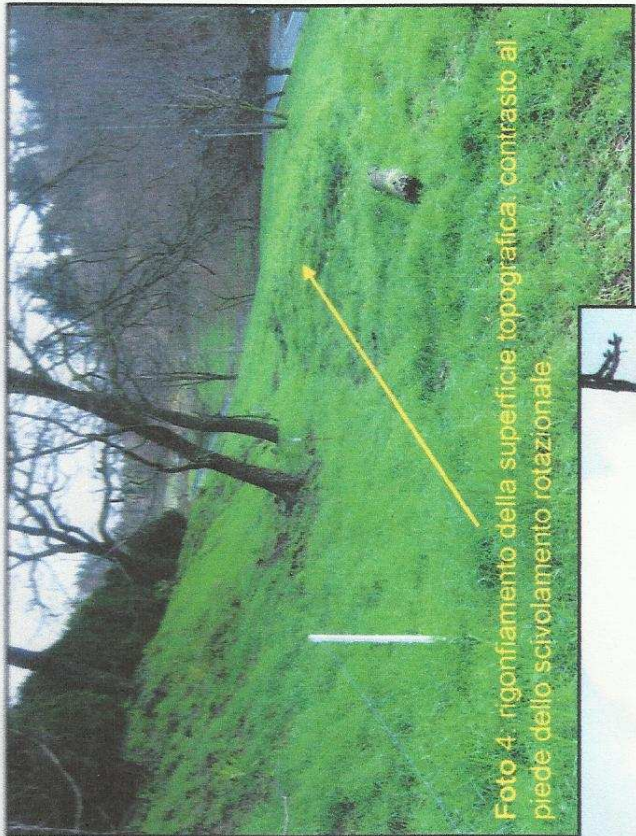


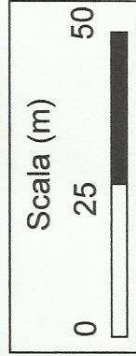
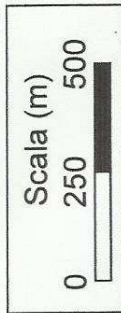
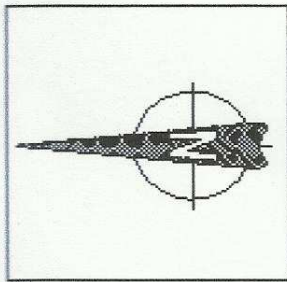
Foto 4: rigonfiamento della superficie topografica, contrasto al piede dello scivolamento rotazionale.




Foto 5: panoramica del corpo di accumulo; si noti il rigonfiamento della superficie topografica al piede.

Strada del Cresto - TORINO

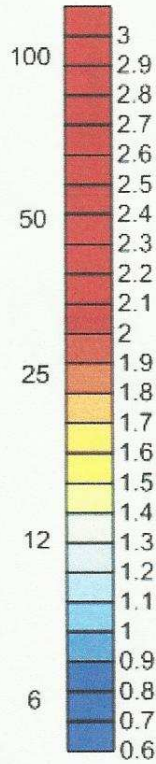
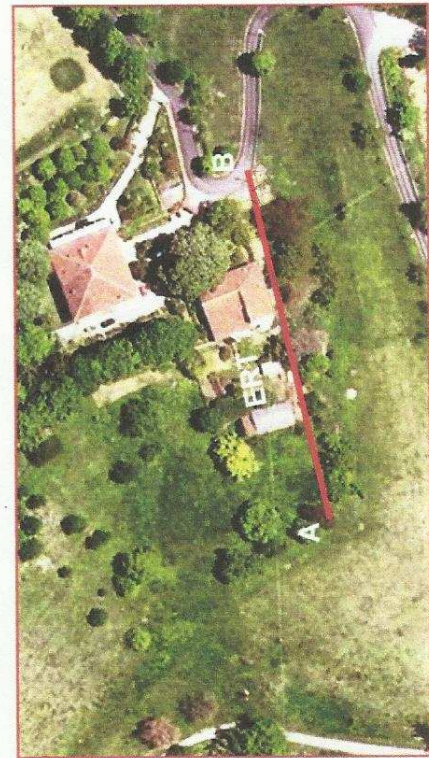
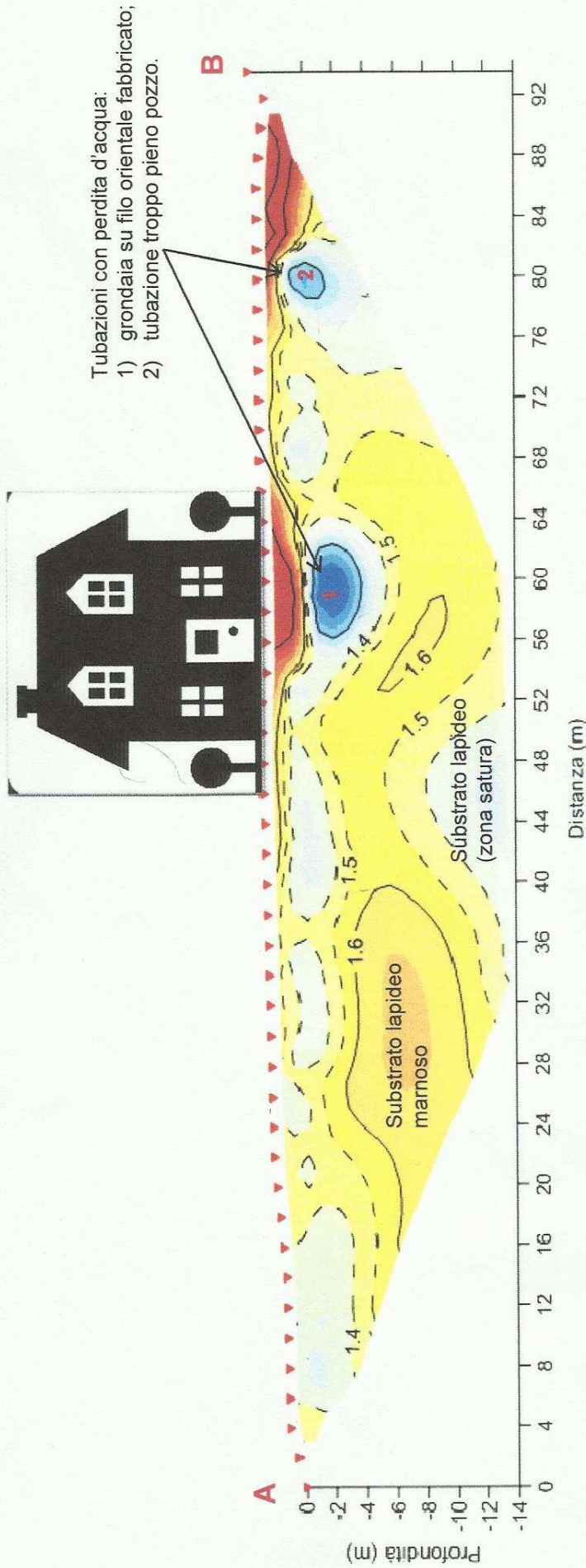
Ubicazione linea geoelettrica su foto aerea



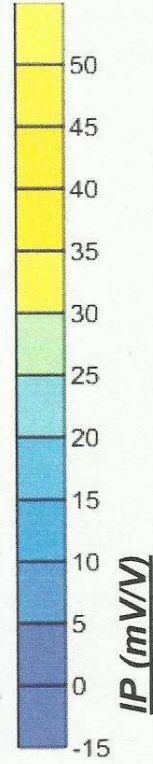
 Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente	Committente: Dott. Geol. Peres
Progetto: Indagine Geoelettrica	Sito: Torino - Strada del Cresto
Data: Aprile 2011	Figura: 1
Relazione: 1675/11	

Strada del Cresto - TORINO

Sezione ERT 1 - Modello tomografico di resistività elettrica reale



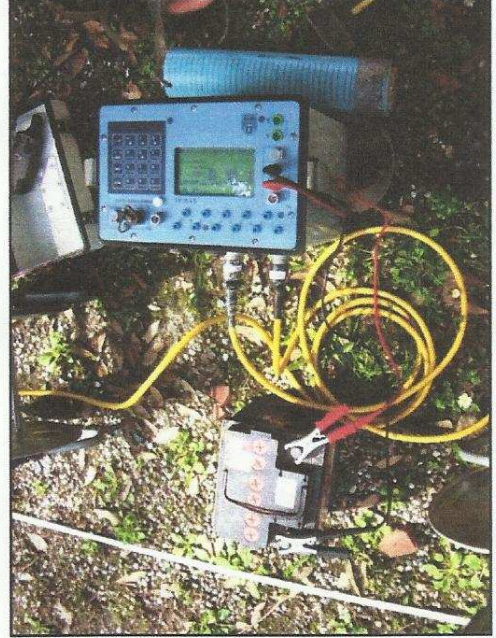
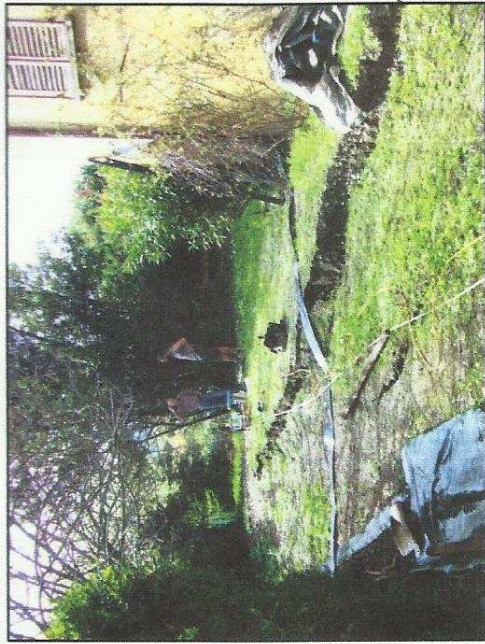
Resistività elettrica (log. 10 ohm. m)



Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente	Committente:	Dott. Geol. Peres
	Progetto:	Indagine Geoelettrica
	Sito:	Torino - Strada del Cresto
	Data:	Aprile 2011
	Relazione:	1675/11
		Figura: 3

Strada del Cresto - TORINO


Indagini geoelettriche – Documentazione fotografica



Strumentazione utilizzata:

INDAGINE ELETTTRICA

- Georesistivimetro Syscal Pro
- 48 elettrodi

	Techgea Servizi Geofisica Geologia Ambiente
Committente:	Dott. Geol. Peres
Progetto:	Indagine Geoelettrica
Sito:	Torino – Strada del Cresto
Data:	Aprile 2011
Relazione:	1675/11
	4