

# STUDIO GEOLOGICO TECNICO AMBIENTALE

**Dott. Geol. ANDREA VALENTE ARNALDI**

Geotecnica - Geofisica - Prove geotecniche e geomeccaniche in sito e di laboratorio  
Sondaggi geognostici - Palificazioni - Tiranti - Consolidamenti - Monitoraggio geotecnico e strutturale  
Verifiche di stabilità di pendii e di fronti di scavo - Bonifiche movimenti franosi  
Idrogeologia - Pozzi per acqua - Opere sotterranee (tunnel) - Discariche - Cave - Dighe  
Idrologia ed idraulica - Sistemazioni fluviali e marittime - Ingegneria naturalistica  
Valutazione d'Impatto Ambientale (VIA) - Valutazione Ambientale Strategica (VAS)  
Studi di Fattibilità Ambientale - Valutazione d'incidenza Ambientale  
Caratterizzazioni, bonifiche e recuperi ambientali - Consulenze ambientali  
Sistemi di Gestione Ambientale per certificazione ISO 14001 e/o per registrazione EMAS  
Pianificazione territoriale - Piani di Protezione Civile  
Valutazione rischio sismico, idrogeologico ed ambientale

<b>Provincia</b>	NOVARA	<b>Comune</b>	BRIONA
<b>Oggetto</b>	<p align="center"><b>Progetto preliminare dei lavori di costruzione del 2° lotto della variante all'abitato di Fara Novarese lungo la S.P. n. 299 "della Valsesia"</b></p> <p align="center"><b>RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA</b></p>		
<b>Dati catastali</b>		<b>Riferimenti normativi nazionali</b>	<b>Riferimenti normativi locali</b>
Foglio: vedasi progetto Mappali: vedasi progetto		O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003 O.P.C.M. 3519 del 28.04.2006 D.M. 14.01.2008	L.R. n. 56 del 05.12.1977 P.A.I. - Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po P.R.G.C.

<b>Committenti</b>	<b>Denominazione</b>	Spett. PROVINCIA di NOVARA
	<b>Indirizzo</b>	Piazza Matteotti, 1 – 28100 NOVARA
	<b>Progettisti</b>	NORD MILANO CONSULT s.r.l.
	<b>Indirizzo</b>	Via B. Raimondi, 5 – 21052 BUSTO ARSIZIO (VA)
<b>Il Tecnico</b>	Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI	
<b>Codice documento</b>	11.BRI.PROVINCIA	



Rev.	Copie	Data	Redazione	Verifica	Approvazione	Descrizione
00	n. 3	11.11.2011	Geol. A. Valente Arnaldi	Geol. A. Valente Arnaldi	Geol. A. Valente Arnaldi	1° emissione

10126 TORINO - Via Spotorno 59/C (Lingotto) - Tel./Fax 011.6960115  
18038 SANREMO (IM) - Via Manzoni 61 (Piazza Colombo) - Tel./Fax 0184.570051  
12042 BRA (CN) - Strada San Michele 14 - Tel./Fax 0172.44016  
335.6458897  
E-mail : [geostudiovalente@tiscali.it](mailto:geostudiovalente@tiscali.it)  
[www.geostudiovalente.com](http://www.geostudiovalente.com)

## INDICE

1	PREMESSA	Pag.	3
2	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	Pag.	5
3	PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA	Pag.	5
4	CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE	Pag.	6
5	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E RICOSTRUZIONE DELLA STRATIGRAFIA LOCALE	Pag.	6
6	CARATTERISTICHE SISMICHE	Pag.	38
7	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	Pag.	44
8	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGRAFICHE	Pag.	44
9	MODELLO GEOTECNICO	Pag.	45
10	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	Pag.	47
11	ALLEGATI	Pag.	53
-	Inquadramento topografico (scala 1:10.000)		
-	Documentazione fotografica (foto aerea dell'area d'indagine)		
-	Carta geologico-tecnica (con elementi geomorfologici ed idrologici, scala 1:10.000)		
-	Carta delle isopiezometriche della falda idrica a superficie libera relativa al territorio di pianura della Regione Piemonte (scala 1:250.000)		
-	Carta con ubicazione delle indagini geognostiche di profondità (scala 1:10.000)		
-	Stratigrafie dei sondaggi della Banca Dati Geotecnica della Regione Piemonte		
-	Sezioni stratigrafiche interpretative (A-B, B-C e C-D, scala verticale 1:50, orizzontale 1:5.000)		
-	Caratteristiche tecniche del penetrometro dinamico DPM (30)		
-	N. 22 istogrammi delle prove penetrometriche dinamiche eseguite		
-	Certificati di esecuzione di prove di permeabilità in laboratorio eseguite su n. 5 campioni di terreno prelevati in sito		
-	Tabulati della determinazione della massa volumica apparente su n. 10 campioni di terreno prelevati in sito		
-	Tabulati delle analisi granulometriche di laboratorio eseguite su n. 10 campioni di terreno prelevati in sito		
-	Documentazione fotografica		

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 3 di 53

## 1. PREMESSA

La presente **relazione geologica e geotecnica** a supporto del **progetto preliminare dei lavori di costruzione del 2° lotto della variante all'abitato di Fara Novarese lungo la S.P. n. 299 "della Valsesia"**, in una porzione di territorio ubicata in **Comune di BRIONA (NO)**, fa seguito ad un sopralluogo e ad un'indagine geologico – tecnica di superficie e di profondità, eseguita in sito su incarico conferito allo scrivente dalla **PROVINCIA di NOVARA** (rif.: CIG 3145828363 del 06/10/2011) , nonché dai Progettisti dell'intervento, **NORD MILANO CONSULT S.r.l.**

Le indagini, eseguite, estese ad un significativo intorno dell'area interessata dagli interventi, in ottemperanza al Testo Unitario - Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.2008), sono state finalizzate alla definizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito e alle caratteristiche geotecniche dei materiali ricadenti nel volume significativo dell'infrastruttura viaria, verificando i possibili scenari di rischio e le problematiche esecutive, con il preciso intento di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all'assetto territoriale, verificando le condizioni di stabilità, l'eventuale presenza di elementi morfogenici dissestivi e lo stato di fatto, traendone le opportune valutazioni sulla compatibilità degli interventi con la situazione idrogeologica, geomorfologica e litologica locale, nonché al fine di fornire ai progettisti dell'intervento utili indicazioni sui caratteri di portanza dei termini litologici presenti in sito, sulla scelta del più idoneo piano di appoggio del rilevato stradale in progetto, nonché sulla possibile presenza di acque sotterranee a ridotta soggiacenza e sulle corrette modalità di raccolta e smaltimento delle acque di precipitazione diretta ed indiretta.

Più precisamente è stato definito un modello geologico - tecnico del volume di sottosuolo interagente con l'opera da realizzare, determinando le proprietà geotecniche - geomeccaniche iniziali per i diversi litotipi e le diverse zone d'omogeneità con riferimento al volume significativo, al fine permettere la corretta caratterizzazione del sottosuolo.

Si è pertanto proceduto all'esecuzione di una serie di indagini di natura geologica, le risultanze delle quali sono state riportate nella **relazione geologica**, quest'ultima finalizzata alla costruzione del **modello geologico**; nella **relazione geotecnica**, sulla base del modello geologico e delle indagini geotecniche eseguite in sito, seguendo i dettami della normativa vigente (Decreto Ministeriale 14.01.2008) e dello stato dell'arte, è stato poi ricostruito il locale **modello geotecnico**.

L'area interessata dall'intervento è attualmente adibita prevalentemente a zona agricola e boschiva, caratterizzata da una fitta rete di canali artificiali ad suo irriguo.

La fase esecutiva prevede la realizzazione del secondo lotto della variante all'abitato di Fara Novarese (NO) della S.P. n. 299, il quale passerà ad W e SW dell'abitato di Briona e sarà realizzato tramite un rilevato stradale di limitata altezza, di lunghezza complessiva pari a 2,2 km circa. L'intervento in progetto non richiederà l'esecuzione di significativi scavi e movimenti terra, in quanto l'opera stradale poggerà su un rilevato fondato a limitata profondità da p.c.

Il presente studio è stato sviluppato in modo tale da costituire un imprescindibile elemento di riferimento per i progettisti al fine di inquadrare le eventuali problematiche geologiche - geotecniche e per definire il programma delle eventuali ulteriori indagini sui terreni. Si elencano di seguito i contenuti principali del presente elaborato:

- inquadramento normativo di riferimento ed esame dell'intervento nel contesto degli strumenti di pianificazione vigenti con analisi del quadro conoscitivo esistente;
- caratteristiche generali del progetto e suo inquadramento in ambito territoriale;
- definizione delle caratteristiche tettonico - strutturali dell'area d'intervento;
- definizione dei lineamenti geomorfologici della zona ed analisi dei processi morfogenetici con specifico riferimento ai dissesti in atto o potenziali ed alla loro tendenza evolutiva al fine di una valutazione delle reali incidenze dell'intervento sulle condizioni di stabilità pre e post-intervento;

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 4 di 53

- definizione delle caratteristiche geologiche del sito: caratterizzazione della successione litostratigrafica del sito per un intorno areale significativo al fine di caratterizzare il “volume significativo”;
- definizione della distribuzione areale e volumetrica dei litotipi, il loro stato di degradazione e alterazione ed un primo giudizio qualitativo sulle loro caratteristiche geomeccaniche;
- definizione delle condizioni idrogeologiche del sito, tenendo conto dello schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea, dei livelli piezometrici dell’acquifero superficiale e delle indicazioni sulla loro escursione stagionale (misurata o stimata sulla base dei valori medi conosciuti oppure derivata da dati bibliografici o dalle carte dello strumento urbanistico vigente);
- valutazioni specifiche degli effetti indotti complessivamente dalle opere in progetto anche in relazione a tutti gli interventi necessari per la loro realizzazione (scavi, riporti e drenaggi);
- definizione di “zona nota” o “zona non nota” in relazione alla stabilità complessiva struttura/opera-terreno;
- risultanze delle prove ed indagini geognostiche e geotecniche disponibili con l’obiettivo di ricostruire le caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e geofisiche locali e relativa documentazione tecnica: standard di riferimento e specifiche tecniche adottate, attrezzature impiegate e metodologie di esecuzione delle indagini, interpretazione ed elaborazione dei risultati; cartografia di corredo, rapporti di prova;
- definizione della Zona sismica d’appartenenza e della Categoria di suolo di fondazione del sito in relazione alla normativa adottata;
- valutazioni sulle problematiche sismiche locali presenti nel sito anche in riferimento agli elementi di pericolosità sismica locali e valutazione delle condizioni predisponenti per la suscettibilità a liquefazione dei terreni nei casi previsti dalla normativa vigente.

Gli elaborati grafici di corredo sono costituiti da:

- inquadramento topografico su base C.T.R. in scala 1:10.000;
- inquadramento topografico su base fotografica aerea;
- carta geologico - tecnica con elementi geologici, geomorfologici ed idrogeologici in scala 1:10.000;
- estratto della carta delle isopiezometriche della falda idrica a superficie libera della Regione Piemonte (scala 1:250.000);
- carta con ubicazione delle indagini e prove geotecniche e geognostiche eseguite in sito;
- sezioni geologico - stratigrafiche interpretative, ricostruite sulla base dei dati stratigrafici ricavati dalle indagini geognostiche eseguite per lo specifico progetto e/o con dati di bibliografia;
- tabulati e report delle indagini geognostiche/geotecniche e delle analisi di laboratorio eseguite.

A tal fine, è stato effettuato nella zona oggetto d’intervento un rilevamento geomorfologico, geolitologico ed idrogeologico di dettaglio, atto a fornire una caratterizzazione geologica l.s. dell’area.

La presente indagine è eseguita ai sensi della seguente Normativa di riferimento:

- D.M. 14.01.2008;
- O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003;
- O.P.C.M. 3519 del 28.04.2006;
- L.R. n. 56 del 05.12.1977;
- P.A.I. - Piano per l’Assetto Idrogeologico del fiume Po;
- P.R.G.C. – Piano Regolatore Generale Comunale.

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 5 di 53

Preliminarmente all'esecuzione dell'indagine in sito, è stata condotta una ricerca dei dati bibliografici e della cartografia tecnica disponibili riguardanti l'area in oggetto, nonché degli elaborati geologico - tecnici allegati al vigente P.R.G.C. ed al Piano dell'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del bacino del fiume Po.

Vengono di seguito esposte alcune note circa le caratteristiche geologico-strutturali, geomorfologiche, geolitologiche, geotecniche, stratigrafiche, sismiche, idrogeologiche ed idrologiche dell'area interessata dagli interventi.

## 2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

La zona interessata dall'intervento ha come principale caratteristica, dal punto di vista geomorfologico, quella di formare un ambiente pressoché omogeneo di pianura, con forme legate prevalentemente allo scorrimento delle acque superficiali ed alla preponderante azione geomorfica esercitata nel recente passato dal fiume Sesia, nonché secondariamente dalla rete idrografica minore (torrente Strona). Essa è ubicata ad una quota compresa tra 202 m s.l.m. e 193 m s.l.m. circa, in un'area scarsamente antropizzata, adibita prevalentemente ad uso agricolo e boschivo e caratterizzata da una fitta rete di canali irrigui, il principale dei quali risulta essere la roggia Mora.

Le discontinuità morfologiche presenti nel territorio di pianura sono costituite unicamente da una serie di terrazzi fluviali, caratterizzati da altezze anche plurimetriche, che separano essenzialmente i depositi pleistocenici ed olocenici attribuibili alle passate divagazioni degli alvei dei corsi d'acqua principali e secondari.

Il reticolato idrografico responsabile dell'attuale conformazione geomorfologica risale al Pleistocene Medio – Superiore e secondariamente all'Olocene, con caratteristiche relativamente differenti da quello attuale.

## 3. PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

Le indagini svolte, le informazioni storiche acquisite, nonché l'analisi della cartografia redatta dall'Autorità di Bacino del fiume Po, Regione, Provincia e Comune, hanno evidenziato il verificarsi di un unico fenomeno significativo di esondazione nel 1968, quando la roggia Mora ha allagato la frazione San Bernardino di Briona. Dopo tale evento, dunque allo stato attuale, non si evidenziano fenomeni esondativi per piene ordinarie e straordinarie di corsi d'acqua principali, minori od artificiali che abbiano coinvolto la zona indagata in tempi recenti.

L'area in esame rientra in un settore di pianura non esondabile (posto su di un terrazzo fluviale) sensibilmente sopraelevato rispetto alla rete idrografica principale (fiume Sesia).

I rilievi eseguiti in sito non hanno evidenziato la presenza, data la disposizione sub-pianeggiante, di processi di instabilità in atto o potenziali; si è inoltre verificato come i manufatti presenti nei pressi dell'area in oggetto non manifestino lesioni significative e come la presenza di piccoli dissesti in alcuni fabbricati sia, con tutta probabilità, attribuibile ad assestamenti strutturali degli edifici stessi.

Alla luce di quanto esposto, l'area in oggetto è da ritenersi complessivamente stabile, escludendo, al momento dell'indagine, la presenza di fenomenologie geomorfologiche e/o idrogeologiche in atto o potenziali di particolare entità.

L'analisi della pericolosità geomorfologica nell'ambito del territorio in esame è stata effettuata tenendo presente quanto riportato nella cartografia allegata al P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po) ed alla carta geomorfologica e dei dissesti allegata al vigente P.R.G.C. (Piano Regolatore Generale Comunale).

Il prodotto di tali studi è rappresentato da una serie di carte tematiche riguardanti le diverse problematiche (susceptività al dissesto, fasce di inondabilità, etc.), e da una Normativa Generale, che

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 6 di 53

regola le possibilità di intervento antropico all'interno delle classi in cui è stato suddiviso il territorio.

Nel complesso, dal confronto con la cartografia di Piano, l'intervento in oggetto risulta compatibile con la Normativa Generale.

#### **4. CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE**

Dal punto di vista litologico, sulla base di quanto riportato nel Foglio n. 44 "Novara" alla scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia, nonché nella "Carta geolitologica" allegata al vigente P.R.G.C., l'area in esame è costituita da una sequenza sedimentaria di origine continentale (depositi fluvioglaciali) di età quaternaria, che sovrasta i sedimenti pliocenici.

In particolare, tali depositi ricadono all'interno delle seguenti formazioni:

- alluvioni fluvioglaciali ghiaioso-ciottolose e fluviali prevalentemente sabbioso-limose (a valle del limite settentrionale dei fontanili), con debole strato di alterazione brunastro (PLEISTOCENE SUP. - Wurm);
- alluvioni fluvioglaciali ghiaiose, localmente molto grossolane (a monte del limite settentrionale dei fontanili), con paleosuolo argilloso giallo-rossiccio di ridotto spessore, talora ricoperte da limi più recenti (PLEISTOCENE SUP. - Wurm e Riss).

L'area d'intervento ricade nel grande bacino padano, costituito essenzialmente da sedimenti pleistocenici ed olocenici di piana alluvionale, al di sopra di una sequenza di sedimenti di età terziaria costituiti da depositi marini, deltizi e lagunari incoerenti. I termini lapidei costituenti il substrato roccioso in posto sono definiti dai termini pre - pliocenici.

Si tratta di depositi incoerenti asseribili alla conoide fluvioglaciale presente allo sbocco della Valle Sesia, costituiti in prevalenza da materiali ghiaioso - sabbiosi secondariamente intercalati ad altri a granulometria più fine. La stratificazione è spesso non definibile, in quanto l'andamento delle alternanze dei depositi a differente granulometria risulta spesso disordinato e discontinuo.

Al tetto di tale formazione è generalmente presente una coltre di copertura superficiale (suolo), a composizione prevalentemente sabbioso - argillosa. Tale copertura rappresenta il risultato dell'alterazione dei depositi fluvioglaciali ad opera degli agenti esogeni.

In sintesi, la sequenza litostratigrafica locale presente nell'area in esame può essere così rappresentata:

- Terreno vegetale (suolo) di natura sabbioso - argillosa localmente frammisto a riporto antropico, con spessore variabile da 0,5 m a 1,5 m circa, con valore medio di 0,8 m circa;
- Depositì fluvioglaciali a prevalente composizione ghiaioso - sabbiosa con ciottoli, aventi spessore pluridecamentrico, con locali intercalazioni di livelli a granulometria più fine.

#### **5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E RICOSTRUZIONE DELLA STRATIGRAFIA LOCALE**

##### **Introduzione**

La caratterizzazione geotecnica e litostratigrafica del sito in esame è stata ottenuta mediante la raccolta dei dati geognostici disponibili per l'area oggetto ed un suo congruo intorno, integrati dall'elaborazione di prove eseguite in sito. In particolare, per l'esecuzione del presente studio sono stati utilizzati i seguenti dati:

- stratigrafie di n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo eseguiti nei pressi dell'area d'indagine, mediante i quali è stato ricostruito l'assetto stratigrafico e geolitologico locale;
- n. 22 elaborazioni delle prove penetrometriche dinamiche eseguite lungo il tracciato della variante in progetto, finalizzate alla definizione delle caratteristiche geotecniche dei terreni costituenti il piano di fondazione del rilevato stradale di futura realizzazione;
- n. 5 prove di permeabilità eseguite in laboratorio su campioni di terreno prelevati in sito;
- n. 10 prove di laboratorio su campioni di terreno prelevati in sito, per la determinazione della massa volumica apparente dei terreni presenti in esame;
- n. 10 analisi granulometriche eseguite in laboratorio con la metodologia della setacciatura, per la determinazione delle curve granulometriche caratteristiche dei terreni in esame.

Per l'esatta ubicazione dei sondaggi geognostici analizzati e delle prove eseguite si rimanda agli elaborati cartografici allegati alla presente relazione geologica e geotecnica. Si riportano, di seguito, le risultanze delle indagini geognostiche e geotecniche disponibili per l'area in esame, con relativa parametrizzazione geotecnica dei principali litotipi presenti in sito.

### Sondaggi geognostici della Banca Dati Geotecnica della Regione Piemonte

Come rappresentato nella cartografia allegata, nell'intorno dell'area d'intervento sono stati eseguiti in un recente passato n. 2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, dei quali si riporta di seguito la stratigrafia sintetica ottenuta.

<b>Sondaggio S1 – Fara Novarese – profondità 100,5 m da p.c. – falda idrica -3,0 m da p.c.</b>	
<b>Profondità (m)</b>	<b>Descrizione</b>
13,70	ghiaia grossa e sabbia
19,10	ghiaia e sabbia argillosa
21,40	argilla
22,50	ghiaietto e argilla
46,50	ghiaia compatta
47,00	argilla con ghiaia
51,70	ghiaia grossa e sabbia
52,50	argilla
56,50	ghiaia e sabbia compatta
59,30	sabbia argillosa
60,00	argilla
66,00	sabbia fine compatta
68,00	ghiaia con grossi ciottoli
68,30	argilla
71,00	sabbia
75,50	sabbia passante a argilla
79,50	argilla
94,50	ghiaia con grossi ciottoli
96,50	argilla
99,00	ghiaia con grossi ciottoli
100,50	argilla

<b>Sondaggio S2 – Briona – profondità 114,0 m da p.c. – falda idrica non rilevata</b>	
<b>Profondità (m)</b>	<b>Descrizione</b>
0,60	terreno di riporto
13,00	argilla sabbiosa e ciottoli
16,00	argilla e ciottoli
25,00	ciottoli in strati di argilla

48,00	argilla compatta
55,00	sabbia fine limosa
62,00	ghiaia e poca sabbia fine
65,00	argilla compatta
75,00	ghiaia grossa, ciottoli e poca sabbia
92,00	argilla compatta
104,00	Argilla sabbiosa con torba e piccoli strati di conglomerato
105,00	sabbia grossa e poca ghiaia
113,00	sabbia fine
114,00	sabbia argillosa compatta

Come desunto dall'analisi delle stratigrafie sopra riportate, risulta evidente la estesa presenza di depositi ghiaioso - sabbiosi con ciottoli ed alternanze di livelli a granulometria fine, tipici di una successione sedimentaria continentale fluvioglaciale. Come copertura di tali termini ghiaioso - sabbiosi si rileva la presenza in sito di un livello di depositi sabbioso - argillosi (terreno vegetale di copertura), che costituiscono il prodotto dei fenomeni di alterazione e degradazione dei sottostanti depositi fluvioglaciali, talvolta frammisti a riporti antropici.

## Prove penetrometriche dinamiche eseguite lungo il tracciato della variante in progetto

I caratteri geotecnici indicativi dei litotipi superficiali presenti nell'area d'indagine sono stati ottenuti mediante l'elaborazione delle risultanze di n. 22 prove penetrometriche dinamiche, eseguite nell'area d'intervento con penetrometro DPM medio (peso massa battente 30 kg), le cui caratteristiche tecniche sono di seguito descritte. Tali prove sono state spinte fino a rifiuto ad una profondità massima di 2,2 m. Di seguito si riportano alcune considerazioni generali.

L'elaborazione dei dati ottenuti in seguito alle suddette prove ha portato alla visualizzazione, sia sottoforma di diagramma che di tabella, del numero dei colpi (N) di penetrazione della punta (avanzamento) e della resistenza dinamica alla punta stessa (Rpd), entrambi in rapporto alla profondità.

L'Rpd risulta correlata al numero dei colpi secondo la Formula Olandese, qui di seguito enunciata:

$$Rpd = M^2H / [A e (M+P)] = M^2HN / [A\delta (M+P)]$$

dove:

Rpd = resistenza dinamica alla punta [area A]

M = peso della massa battente = 30 kg

e = infissione per colpo =  $\delta/N$ ;

P = peso totale delle aste del sistema battuta (dipende dal numero di aste utilizzate durante la l'esecuzione prova)

$\delta$  = avanzamento punta = 10 cm

H = Altezza di caduta libera = 0,2 m

N = N° di colpi punta relativo ad un avanzamento di 10 cm

A = Area base punta conica = 10 cm

E' stata poi eseguita una elaborazione statistica delle prove penetrometriche dinamiche effettuate (valori medi, minimi, massimi, scarto quadratico medio, etc.), che ha permesso una correlazione dei valori di N penetrometrico con i corrispondenti valori di Nspt. Questi ultimi risultano essere più facilmente interpretabili, essendo disponibile una notevole e specifica bibliografia relativa ad essi.



Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 9 di 53

Poiché non esiste una standardizzazione delle procedure di esecuzione di tali prove, i valori sono stati convertiti in valori equivalenti di SPT, attraverso un coefficiente di correlazione fornito dai produttori della strumentazione penetrometrica utilizzata.

Tale coefficiente, definito  $\beta_t$  (Coefficiente Teorico di Energia), viene calcolato nel seguente modo:

$$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,77$$

dove:

$Q_{spt}$  = 7,83 kg/cm<sup>3</sup> (ottenuto dai valori di letteratura)

$Q$  = Energia specifica per colpo (prova SCPT) =  $MH/A\delta$  = 6,00 kg/cm<sup>3</sup>

$M$  = peso della massa battente = 30 kg

$\delta$  = avanzamento punta = 10 cm

$H$  = Altezza di caduta libera = 0,2 m

Un'ulteriore e più approfondita elaborazione ha permesso la stesura delle tavole d'interpretazione geotecnica delle prove effettuate indicante, dopo una preliminare differenziazione a seconda della natura granulare o coesiva del terreno in esame, i valori dei principali parametri, definiti per ogni differente strato, dedotti da note correlazioni con quelli del numero dei colpi (N) di penetrazione della punta (avanzamento).

Si riportano, di seguito, i parametri geotecnici, da attribuire ai vari terreni, desunti indirettamente dall'elaborazione delle prove eseguite dallo scrivente nell'area indagata e confermati da valori tabellari, nonché dall'analisi del materiale bibliografico disponibile. Si rappresenta che i valori di seguito riportati sono stati ricavati mediando i valori ottenuti dall'elaborazione delle prove di profondità all'interno degli stessi livelli, ed escludendo quei valori che si discostavano eccessivamente dalla media di ogni singolo strato.

### **PROVA P1**

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 03/11/2011  
Profondità prova 0,70 m  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	5	0.855	14.27	16.70	0.71	0.83
0.30	6	0.853	17.09	20.04	0.85	1.00
0.40	18	0.801	48.14	60.11	2.41	3.01
0.50	37	0.699	86.35	123.56	4.32	6.18
0.60	45	0.647	97.23	150.28	4.86	7.51
0.70	50	0.645	107.73	166.98	5.39	8.35

#### **STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1**

##### **TERRENI COESIVI**

##### **Coesione non drenata**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	3.04	0.30	Terzaghi-Peck	0.19

##### **TERRENI INCOERENTI**

##### **Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Densità relativa
-------------	------	--------------	--------------	------------------

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 10 di 53

		(m)		(%)
[1] - Strato	3.04	0.30	Gibbs & Holtz (1957)	17.45
[2] - Strato	25.36	0.60	Gibbs & Holtz (1957)	62.29

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	3.04	0.30	Owasaki & Iwasaki	22.8
[2] - Strato	25.36	0.60	Owasaki & Iwasaki	37.52

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	3.04	0.30	Menzenbach e Malcev	69.80
[2] - Strato	25.36	0.60	Menzenbach e Malcev	303.27

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	3.04	0.30	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Strato	25.36	0.60	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	3.04	0.30	Meyerhof ed altri	1.45
[2] - Strato	25.36	0.60	Meyerhof ed altri	2.08

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	3.04	0.30	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
[2] - Strato	25.36	0.60	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.50

### PROVA P2

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 03/11/2011  
Profondità prova 1,20 m  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	2	0.857	5.72	6.68	0.29	0.33
0.20	3	0.855	8.56	10.02	0.43	0.50
0.30	5	0.853	14.24	16.70	0.71	0.83
0.40	4	0.851	11.36	13.36	0.57	0.67
0.50	9	0.849	25.51	30.06	1.28	1.50
0.60	19	0.797	50.57	63.45	2.53	3.17
0.70	26	0.745	64.70	86.83	3.24	4.34
0.80	25	0.743	62.06	83.49	3.10	4.17
0.90	29	0.742	68.15	91.90	3.41	4.60
1.00	33	0.690	72.13	104.58	3.61	5.23

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 11 di 53

1.10	39	0.638	78.85	123.59	3.94	6.18
1.20	50	0.636	100.82	158.45	5.04	7.92

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P2

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	3.5	0.50	Terzaghi-Peck	0.22

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	3.5	0.50	Gibbs & Holtz (1957)	19.56
[2] - Strato	21.69	1.10	Gibbs & Holtz (1957)	56.3

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	3.5	0.50	Owasaki & Iwasaki	23.37
[2] - Strato	21.69	1.10	Owasaki & Iwasaki	35.83

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	3.5	0.50	Menzenbach e Malcev	74.61
[2] - Strato	21.69	1.10	Menzenbach e Malcev	264.88

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	3.5	0.50	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Strato	21.69	1.10	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	3.5	0.50	Meyerhof ed altri	1.47
[2] - Strato	21.69	1.10	Meyerhof ed altri	2.02

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	3.5	0.50	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
[2] - Strato	21.69	1.10	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.42

## PROVA P3

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 03/11/2011  
 Profondità prova 1,10 m  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione	Pres. ammissibile Herminier -
----------------	-----------	------------------------------------	---	-------------------------------------	---------------------------------	-------------------------------

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra				
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica		Rev. 00 - Pag. 12 di 53

					Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	6	0.857	17.16	20.04	0.86	1.00
0.20	10	0.855	28.54	33.40	1.43	1.67
0.30	9	0.853	25.63	30.06	1.28	1.50
0.40	11	0.851	31.25	36.73	1.56	1.84
0.50	25	0.749	62.52	83.49	3.13	4.17
0.60	23	0.747	57.38	76.81	2.87	3.84
0.70	27	0.745	67.19	90.17	3.36	4.51
0.80	26	0.743	64.54	86.83	3.23	4.34
0.90	35	0.692	76.70	110.92	3.84	5.55
1.00	34	0.690	74.32	107.75	3.72	5.39
1.10	50	0.638	101.09	158.45	5.05	7.92

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P3

#### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	6.85	0.40	Terzaghi-Peck	0.43

#### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	6.85	0.40	Gibbs & Holtz (1957)	32.56
[2] - Strato	21.56	1.00	Gibbs & Holtz (1957)	56.62

##### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	6.85	0.40	Owasaki & Iwasaki	26.7
[2] - Strato	21.56	1.00	Owasaki & Iwasaki	35.77

##### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	6.85	0.40	Menzenbach e Malcev	109.65
[2] - Strato	21.56	1.00	Menzenbach e Malcev	263.52

##### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	6.85	0.40	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	21.56	1.00	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

##### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	6.85	0.40	Meyerhof ed altri	1.61
[2] - Strato	21.56	1.00	Meyerhof ed altri	2.02

##### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	6.85	0.40	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90
[2] - Strato	21.56	1.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.42

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 13 di 53

### **PROVA P4**

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 03/11/2011  
 Profondità prova 0,90 m  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	2	0.857	5.72	6.68	0.29	0.33
0.20	3	0.855	8.56	10.02	0.43	0.50
0.30	4	0.853	11.39	13.36	0.57	0.67
0.40	2	0.851	5.68	6.68	0.28	0.33
0.50	4	0.849	11.34	13.36	0.57	0.67
0.60	14	0.797	37.26	46.75	1.86	2.34
0.70	19	0.795	50.45	63.45	2.52	3.17
0.80	25	0.743	62.06	83.49	3.10	4.17
0.90	50	0.642	101.65	158.45	5.08	7.92

#### **STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P4**

##### **TERRENI COESIVI**

###### **Coesione non drenata**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	2.28	0.50	Terzaghi-Peck	0.14

##### **TERRENI INCOERENTI**

###### **Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	2.28	0.50	Gibbs & Holtz (1957)	12.38
[2] - Strato	14.71	0.80	Gibbs & Holtz (1957)	47.61

###### **Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	2.28	0.50	Owasaki & Iwasaki	21.75
[2] - Strato	14.71	0.80	Owasaki & Iwasaki	32.15

###### **Modulo Edometrico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	2.28	0.50	Menzenbach e Malcev	61.85
[2] - Strato	14.71	0.80	Menzenbach e Malcev	191.87

###### **Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	2.28	0.50	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Strato	14.71	0.80	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

###### **Peso unità di volume**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Gamma
-------------	------	--------------	--------------	-------

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra				
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica		Rev. 00 - Pag. 14 di 53

		(m)		(t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	2.28	0.50	Meyerhof ed altri	1.41
[2] - Strato	14.71	0.80	Meyerhof ed altri	1.87

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	2.28	0.50	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
[2] - Strato	14.71	0.80	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95

### PROVA P5

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 03/11/2011  
Profondità prova 1,50 m  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	2	0.857	5.72	6.68	0.29	0.33
0.20	3	0.855	8.56	10.02	0.43	0.50
0.30	5	0.853	14.24	16.70	0.71	0.83
0.40	6	0.851	17.05	20.04	0.85	1.00
0.50	5	0.849	14.17	16.70	0.71	0.83
0.60	8	0.847	22.63	26.72	1.13	1.34
0.70	9	0.845	25.40	30.06	1.27	1.50
0.80	8	0.843	22.53	26.72	1.13	1.34
0.90	11	0.842	29.34	34.86	1.47	1.74
1.00	19	0.790	47.55	60.21	2.38	3.01
1.10	24	0.738	56.13	76.06	2.81	3.80
1.20	25	0.736	58.33	79.23	2.92	3.96
1.30	32	0.685	69.42	101.41	3.47	5.07
1.40	39	0.633	78.22	123.59	3.91	6.18
1.50	50	0.631	100.01	158.45	5.00	7.92

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P5

##### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	4.82	0.90	Terzaghi-Peck	0.30

##### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	4.82	0.90	Gibbs & Holtz (1957)	24.64
[2] - Strato	21.16	1.40	Gibbs & Holtz (1957)	54.05

##### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	4.82	0.90	Owasaki & Iwasaki	24.82
[2] - Strato	21.16	1.40	Owasaki & Iwasaki	35.57

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 15 di 53

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	4.82	0.90	Menzenbach e Malcev	88.42
[2] - Strato	21.16	1.40	Menzenbach e Malcev	259.33

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	4.82	0.90	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	21.16	1.40	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	4.82	0.90	Meyerhof ed altri	1.53
[2] - Strato	21.16	1.40	Meyerhof ed altri	2.02

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	4.82	0.90	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89
[2] - Strato	21.16	1.40	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.42

### PROVA P6

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 03/11/2011  
Profondità prova 2,20 m  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	7	0.857	20.02	23.38	1.00	1.17
0.20	13	0.805	34.93	43.41	1.75	2.17
0.30	11	0.853	31.32	36.73	1.57	1.84
0.40	11	0.851	31.25	36.73	1.56	1.84
0.50	10	0.849	28.35	33.40	1.42	1.67
0.60	11	0.847	31.11	36.73	1.56	1.84
0.70	11	0.845	31.05	36.73	1.55	1.84
0.80	9	0.843	25.35	30.06	1.27	1.50
0.90	7	0.842	18.67	22.18	0.93	1.11
1.00	7	0.840	18.63	22.18	0.93	1.11
1.10	8	0.838	21.25	25.35	1.06	1.27
1.20	8	0.836	21.20	25.35	1.06	1.27
1.30	6	0.835	15.87	19.01	0.79	0.95
1.40	7	0.833	18.48	22.18	0.92	1.11
1.50	7	0.831	18.44	22.18	0.92	1.11
1.60	8	0.830	21.03	25.35	1.05	1.27
1.70	7	0.828	18.37	22.18	0.92	1.11
1.80	10	0.826	26.19	31.69	1.31	1.58
1.90	19	0.775	44.38	57.29	2.22	2.86
2.00	22	0.723	47.97	66.33	2.40	3.32

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 16 di 53

2.10	34	0.672	68.85	102.51	3.44	5.13
2.20	50	0.620	93.49	150.75	4.67	7.54

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P6

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	6.68	1.80	Terzaghi-Peck	0.42

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	6.68	1.80	Gibbs & Holtz (1957)	29.16
[2] - Strato	19.02	2.10	Gibbs & Holtz (1957)	47.99

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	6.68	1.80	Owasaki & Iwasaki	26.56
[2] - Strato	19.02	2.10	Owasaki & Iwasaki	34.5

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	6.68	1.80	Menzenbach e Malcev	107.87
[2] - Strato	19.02	2.10	Menzenbach e Malcev	236.95

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	6.68	1.80	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	19.02	2.10	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	6.68	1.80	Meyerhof ed altri	1.61
[2] - Strato	19.02	2.10	Meyerhof ed altri	1.97

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	6.68	1.80	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90
[2] - Strato	19.02	2.10	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.97

## PROVA P7

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 03/11/2011  
Profondità prova 1,50 m  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier -	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi
----------------	-----------	------------------------------------	---	-------------------------------------	---	--



Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra				
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica		Rev. 00 - Pag. 17 di 53

					Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	2	0.857	5.72	6.68	0.29	0.33
0.20	4	0.855	11.42	13.36	0.57	0.67
0.30	5	0.853	14.24	16.70	0.71	0.83
0.40	6	0.851	17.05	20.04	0.85	1.00
0.50	7	0.849	19.84	23.38	0.99	1.17
0.60	9	0.847	25.46	30.06	1.27	1.50
0.70	10	0.845	28.22	33.40	1.41	1.67
0.80	13	0.793	34.44	43.41	1.72	2.17
0.90	11	0.842	29.34	34.86	1.47	1.74
1.00	10	0.840	26.61	31.69	1.33	1.58
1.10	12	0.838	31.87	38.03	1.59	1.90
1.20	21	0.736	49.00	66.55	2.45	3.33
1.30	20	0.785	49.73	63.38	2.49	3.17
1.40	45	0.633	90.25	142.61	4.51	7.13
1.50	50	0.631	100.01	158.45	5.00	7.92

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P7

##### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	6.16	1.10	Terzaghi-Peck	0.39

##### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	6.16	1.10	Gibbs & Holtz (1957)	28.91
[2] - Strato	21.82	1.40	Gibbs & Holtz (1957)	54.29

##### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	6.16	1.10	Owasaki & Iwasaki	26.1
[2] - Strato	21.82	1.40	Owasaki & Iwasaki	35.89

##### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	6.16	1.10	Menzenbach e Malcev	102.43
[2] - Strato	21.82	1.40	Menzenbach e Malcev	266.24

##### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	6.16	1.10	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	21.82	1.40	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

##### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	6.16	1.10	Meyerhof ed altri	1.59
[2] - Strato	21.82	1.40	Meyerhof ed altri	2.03

##### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Gamma Saturo
-------------	------	--------------	--------------	--------------

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 18 di 53

		(m)		(t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	6.16	1.10	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89
[2] - Strato	21.82	1.40	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.44

### **PROVA P8**

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 04/11/2011  
 Profondità prova 1,30 m  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	2	0.857	5.72	6.68	0.29	0.33
0.20	7	0.855	19.98	23.38	1.00	1.17
0.30	8	0.853	22.78	26.72	1.14	1.34
0.40	6	0.851	17.05	20.04	0.85	1.00
0.50	4	0.849	11.34	13.36	0.57	0.67
0.60	3	0.847	8.49	10.02	0.42	0.50
0.70	4	0.845	11.29	13.36	0.56	0.67
0.80	5	0.843	14.08	16.70	0.70	0.83
0.90	7	0.842	18.67	22.18	0.93	1.11
1.00	9	0.840	23.95	28.52	1.20	1.43
1.10	18	0.788	44.95	57.04	2.25	2.85
1.20	45	0.636	90.74	142.61	4.54	7.13
1.30	50	0.635	100.55	158.45	5.03	7.92

### **STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P8**

#### **TERRENI COESIVI**

##### **Coesione non drenata**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	4.19	1.00	Terzaghi-Peck	0.26

#### **TERRENI INCOERENTI**

##### **Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	4.19	1.00	Gibbs & Holtz (1957)	21.91
[2] - Strato	23.97	1.20	Gibbs & Holtz (1957)	57.71

##### **Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	4.19	1.00	Owasaki & Iwasaki	24.15
[2] - Strato	23.97	1.20	Owasaki & Iwasaki	36.9

##### **Modulo Edometrico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	4.19	1.00	Menzenbach e Malcev	81.83
[2] - Strato	23.97	1.20	Menzenbach e Malcev	288.73

##### **Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Classificazione AGI
-------------	------	--------------	--------------	---------------------

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 19 di 53

		(m)		
[1] - Strato	4.19	1.00	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	23.97	1.20	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	4.19	1.00	Meyerhof ed altri	1.50
[2] - Strato	23.97	1.20	Meyerhof ed altri	2.06

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	4.19	1.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
[2] - Strato	23.97	1.20	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.47

### PROVA P9

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 03/11/2011  
Profondità prova 1,30 m  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	3	0.855	8.56	10.02	0.43	0.50
0.30	5	0.853	14.24	16.70	0.71	0.83
0.40	4	0.851	11.36	13.36	0.57	0.67
0.50	5	0.849	14.17	16.70	0.71	0.83
0.60	6	0.847	16.97	20.04	0.85	1.00
0.70	5	0.845	14.11	16.70	0.71	0.83
0.80	7	0.843	19.71	23.38	0.99	1.17
0.90	15	0.792	37.63	47.54	1.88	2.38
1.00	18	0.790	45.05	57.04	2.25	2.85
1.10	21	0.738	49.11	66.55	2.46	3.33
1.20	29	0.736	67.66	91.90	3.38	4.60
1.30	50	0.635	100.55	158.45	5.03	7.92

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P9

##### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	3.42	0.80	Terzaghi-Peck	0.21

##### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	3.42	0.80	Gibbs & Holtz (1957)	18.67
[2] - Strato	15.79	1.20	Gibbs & Holtz (1957)	47.72

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 20 di 53

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	3.42	0.80	Owasaki & Iwasaki	23.27
[2] - Strato	15.79	1.20	Owasaki & Iwasaki	32.77

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Strato	3.42	0.80	Menzenbach e Malcev	73.77
[2] - Strato	15.79	1.20	Menzenbach e Malcev	203.16

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	3.42	0.80	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Strato	15.79	1.20	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato	3.42	0.80	Meyerhof ed altri	1.47
[2] - Strato	15.79	1.20	Meyerhof ed altri	1.90

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato	3.42	0.80	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
[2] - Strato	15.79	1.20	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95

### PROVA P10

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 03/11/2011  
Profondità prova 1,20 m  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.10	2	0.857	5.72	6.68	0.29	0.33
0.20	6	0.855	17.12	20.04	0.86	1.00
0.30	5	0.853	14.24	16.70	0.71	0.83
0.40	3	0.851	8.52	10.02	0.43	0.50
0.50	2	0.849	5.67	6.68	0.28	0.33
0.60	2	0.847	5.66	6.68	0.28	0.33
0.70	3	0.845	8.47	10.02	0.42	0.50
0.80	5	0.843	14.08	16.70	0.70	0.83
0.90	6	0.842	16.00	19.01	0.80	0.95
1.00	20	0.790	50.05	63.38	2.50	3.17
1.10	34	0.688	74.13	107.75	3.71	5.39
1.20	50	0.636	100.82	158.45	5.04	7.92

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P10

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra				
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica		Rev. 00 - Pag. 21 di 53

## TERRENI COESIVI

### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	2.88	0.90	Terzaghi-Peck	0.18

## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	2.88	0.90	Gibbs & Holtz (1957)	15.52
[2] - Strato	20.55	1.10	Gibbs & Holtz (1957)	54.17

### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	2.88	0.90	Owasaki & Iwasaki	22.59
[2] - Strato	20.55	1.10	Owasaki & Iwasaki	35.27

### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	2.88	0.90	Menzenbach e Malcev	68.12
[2] - Strato	20.55	1.10	Menzenbach e Malcev	252.95

### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	2.88	0.90	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Strato	20.55	1.10	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	2.88	0.90	Meyerhof ed altri	1.44
[2] - Strato	20.55	1.10	Meyerhof ed altri	2.00

### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	2.88	0.90	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
[2] - Strato	20.55	1.10	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.40

## PROVA P11

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 03/11/2011  
Profondità prova 1,20 m  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	2	0.857	5.72	6.68	0.29	0.33

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra				
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica		Rev. 00 - Pag. 22 di 53

0.20	5	0.855	14.27	16.70	0.71	0.83
0.30	8	0.853	22.78	26.72	1.14	1.34
0.40	6	0.851	17.05	20.04	0.85	1.00
0.50	7	0.849	19.84	23.38	0.99	1.17
0.60	8	0.847	22.63	26.72	1.13	1.34
0.70	9	0.845	25.40	30.06	1.27	1.50
0.80	12	0.843	33.80	40.07	1.69	2.00
0.90	18	0.792	45.15	57.04	2.26	2.85
1.00	26	0.740	60.95	82.39	3.05	4.12
1.10	29	0.738	67.82	91.90	3.39	4.60
1.20	50	0.636	100.82	158.45	5.04	7.92

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P11

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	5.42	0.80	Terzaghi-Peck	0.34

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	5.42	0.80	Gibbs & Holtz (1957)	27.03
[2] - Strato	18.52	1.10	Gibbs & Holtz (1957)	51.61

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	5.42	0.80	Owasaki & Iwasaki	25.41
[2] - Strato	18.52	1.10	Owasaki & Iwasaki	34.25

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	5.42	0.80	Menzenbach e Malcev	94.69
[2] - Strato	18.52	1.10	Menzenbach e Malcev	231.72

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	5.42	0.80	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	18.52	1.10	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	5.42	0.80	Meyerhof ed altri	1.56
[2] - Strato	18.52	1.10	Meyerhof ed altri	1.96

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	5.42	0.80	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89
[2] - Strato	18.52	1.10	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.97

## PROVA P12

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 23 di 53

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 03/11/2011  
 Profondità prova 1,00 m  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	6	0.857	17.16	20.04	0.86	1.00
0.20	11	0.855	31.39	36.73	1.57	1.84
0.30	23	0.753	57.81	76.81	2.89	3.84
0.40	25	0.751	62.68	83.49	3.13	4.17
0.50	27	0.749	67.52	90.17	3.38	4.51
0.60	23	0.747	57.38	76.81	2.87	3.84
0.70	20	0.795	53.11	66.79	2.66	3.34
0.80	24	0.743	59.58	80.15	2.98	4.01
0.90	34	0.692	74.51	107.75	3.73	5.39
1.00	50	0.640	101.37	158.45	5.07	7.92

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P12

##### TERRENI COESIVI

###### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	6.47	0.20	Terzaghi-Peck	0.40

##### TERRENI INCOERENTI

###### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	6.47	0.20	Gibbs & Holtz (1957)	31.74
[2] - Strato	19.13	0.90	Gibbs & Holtz (1957)	54.07

###### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	6.47	0.20	Owasaki & Iwasaki	26.38
[2] - Strato	19.13	0.90	Owasaki & Iwasaki	34.56

###### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	6.47	0.20	Menzenbach e Malcev	105.68
[2] - Strato	19.13	0.90	Menzenbach e Malcev	238.10

###### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	6.47	0.20	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	19.13	0.90	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

###### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
-------------	------	------------------	--------------	---------------------------

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra				
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica		Rev. 00 - Pag. 24 di 53

[1] - Strato	6.47	0.20	Meyerhof ed altri	1.60
[2] - Strato	19.13	0.90	Meyerhof ed altri	1.98

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato	6.47	0.20	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90
[2] - Strato	19.13	0.90	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.38

### PROVA P13

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 03/11/2011

Profondità prova 1,20 m

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.10	3	0.857	8.58	10.02	0.43	0.50
0.20	5	0.855	14.27	16.70	0.71	0.83
0.30	7	0.853	19.93	23.38	1.00	1.17
0.40	9	0.851	25.57	30.06	1.28	1.50
0.50	15	0.799	40.02	50.09	2.00	2.50
0.60	17	0.797	45.25	56.77	2.26	2.84
0.70	18	0.795	47.80	60.11	2.39	3.01
0.80	23	0.743	57.09	76.81	2.85	3.84
0.90	25	0.742	58.75	79.23	2.94	3.96
1.00	19	0.790	47.55	60.21	2.38	3.01
1.10	41	0.638	82.89	129.93	4.14	6.50
1.20	50	0.636	100.82	158.45	5.04	7.92

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P13

##### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
[1] - Strato	4.57	0.40	Terzaghi-Peck	0.29

##### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	4.57	0.40	Gibbs & Holtz (1957)	24.57
[2] - Strato	17.18	1.10	Gibbs & Holtz (1957)	50.55

##### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	4.57	0.40	Owasaki & Iwasaki	24.56
[2] - Strato	17.18	1.10	Owasaki & Iwasaki	33.54

##### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Strato	4.57	0.40	Menzenbach e Malcev	85.80



Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 25 di 53

[2] - Strato	17.18	1.10	Menzenbach e Malcev	217.70
--------------	-------	------	---------------------	--------

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	4.57	0.40	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Strato	17.18	1.10	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	4.57	0.40	Meyerhof ed altri	1.52
[2] - Strato	17.18	1.10	Meyerhof ed altri	1.93

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	4.57	0.40	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
[2] - Strato	17.18	1.10	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.96

### PROVA P14

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 03/11/2011  
Profondità prova 1,40 m  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	2	0.855	5.71	6.68	0.29	0.33
0.30	4	0.853	11.39	13.36	0.57	0.67
0.40	6	0.851	17.05	20.04	0.85	1.00
0.50	4	0.849	11.34	13.36	0.57	0.67
0.60	5	0.847	14.14	16.70	0.71	0.83
0.70	12	0.845	33.87	40.07	1.69	2.00
0.80	14	0.793	37.09	46.75	1.85	2.34
0.90	19	0.792	47.66	60.21	2.38	3.01
1.00	25	0.740	58.61	79.23	2.93	3.96
1.10	23	0.738	53.79	72.89	2.69	3.64
1.20	27	0.736	63.00	85.56	3.15	4.28
1.30	35	0.685	75.93	110.92	3.80	5.55
1.40	50	0.633	100.28	158.45	5.01	7.92

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P14

##### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	2.79	0.60	Terzaghi-Peck	0.17

##### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 26 di 53

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	2.79	0.60	Gibbs & Holtz (1957)	15.53
[2] - Strato	16.85	1.30	Gibbs & Holtz (1957)	49.38

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	2.79	0.60	Owasaki & Iwasaki	22.47
[2] - Strato	16.85	1.30	Owasaki & Iwasaki	33.36

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Strato	2.79	0.60	Menzenbach e Malcev	67.18
[2] - Strato	16.85	1.30	Menzenbach e Malcev	214.25

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	2.79	0.60	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Strato	16.85	1.30	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato	2.79	0.60	Meyerhof ed altri	1.44
[2] - Strato	16.85	1.30	Meyerhof ed altri	1.93

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato	2.79	0.60	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
[2] - Strato	16.85	1.30	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.96

### PROVA P15

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 03/11/2011  
Profondità prova 1,10 m  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	3	0.855	8.56	10.02	0.43	0.50
0.30	7	0.853	19.93	23.38	1.00	1.17
0.40	6	0.851	17.05	20.04	0.85	1.00
0.50	9	0.849	25.51	30.06	1.28	1.50
0.60	7	0.847	19.80	23.38	0.99	1.17
0.70	8	0.845	22.58	26.72	1.13	1.34
0.80	15	0.793	39.74	50.09	1.99	2.50
0.90	18	0.792	45.15	57.04	2.26	2.85

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 27 di 53

1.00	31	0.690	67.76	98.24	3.39	4.91
1.10	50	0.638	101.09	158.45	5.05	7.92

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P15

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	4.46	0.70	Terzaghi-Peck	0.28

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	4.46	0.70	Gibbs & Holtz (1957)	23.57
[2] - Strato	16.23	1.00	Gibbs & Holtz (1957)	48.91

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	4.46	0.70	Owasaki & Iwasaki	24.44
[2] - Strato	16.23	1.00	Owasaki & Iwasaki	33.02

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	4.46	0.70	Menzenbach e Malcev	84.65
[2] - Strato	16.23	1.00	Menzenbach e Malcev	207.77

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	4.46	0.70	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	16.23	1.00	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	4.46	0.70	Meyerhof ed altri	1.52
[2] - Strato	16.23	1.00	Meyerhof ed altri	1.91

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	4.46	0.70	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
[2] - Strato	16.23	1.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.96

## PROVA P16

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 03/11/2011  
Profondità prova 1,20 m  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier -	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi
----------------	-----------	------------------------------------	---	-------------------------------------	---	--

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra				
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica		Rev. 00 - Pag. 28 di 53

					Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	2	0.857	5.72	6.68	0.29	0.33
0.20	4	0.855	11.42	13.36	0.57	0.67
0.30	5	0.853	14.24	16.70	0.71	0.83
0.40	7	0.851	19.89	23.38	0.99	1.17
0.50	8	0.849	22.68	26.72	1.13	1.34
0.60	6	0.847	16.97	20.04	0.85	1.00
0.70	6	0.845	16.93	20.04	0.85	1.00
0.80	13	0.793	34.44	43.41	1.72	2.17
0.90	17	0.792	42.64	53.87	2.13	2.69
1.00	23	0.740	53.92	72.89	2.70	3.64
1.10	29	0.738	67.82	91.90	3.39	4.60
1.20	50	0.636	100.82	158.45	5.04	7.92

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P16

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	4.13	0.70	Terzaghi-Peck	0.26

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	4.13	0.70	Gibbs & Holtz (1957)	22.17
[2] - Strato	15.6	1.10	Gibbs & Holtz (1957)	47.74

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	4.13	0.70	Owasaki & Iwasaki	24.09
[2] - Strato	15.6	1.10	Owasaki & Iwasaki	32.66

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	4.13	0.70	Menzenbach e Malcev	81.20
[2] - Strato	15.6	1.10	Menzenbach e Malcev	201.18

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	4.13	0.70	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	15.6	1.10	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	4.13	0.70	Meyerhof ed altri	1.50
[2] - Strato	15.6	1.10	Meyerhof ed altri	1.90

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	4.13	0.70	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
[2] - Strato	15.6	1.10	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 29 di 53

## PROVA P17

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 03/11/2011  
 Profondità prova 1,50 m  
 Falda non rilevata  
 Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.10	3	0.857	8.58	10.02	0.43	0.50
0.20	5	0.855	14.27	16.70	0.71	0.83
0.30	7	0.853	19.93	23.38	1.00	1.17
0.40	9	0.851	25.57	30.06	1.28	1.50
0.50	6	0.849	17.01	20.04	0.85	1.00
0.60	7	0.847	19.80	23.38	0.99	1.17
0.70	5	0.845	14.11	16.70	0.71	0.83
0.80	12	0.843	33.80	40.07	1.69	2.00
0.90	16	0.792	40.13	50.70	2.01	2.54
1.00	15	0.790	37.54	47.54	1.88	2.38
1.10	17	0.788	42.45	53.87	2.12	2.69
1.20	19	0.786	47.34	60.21	2.37	3.01
1.30	25	0.735	58.20	79.23	2.91	3.96
1.40	35	0.683	75.74	110.92	3.79	5.55
1.50	50	0.631	100.01	158.45	5.00	7.92

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P17

#### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
[1] - Strato	4.57	0.70	Terzaghi-Peck	0.29

#### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	4.57	0.70	Gibbs & Holtz (1957)	24.02
[2] - Strato	15.11	1.40	Gibbs & Holtz (1957)	46.21

##### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	4.57	0.70	Owasaki & Iwasaki	24.56
[2] - Strato	15.11	1.40	Owasaki & Iwasaki	32.38

##### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Strato	4.57	0.70	Menzenbach e Malcev	85.80
[2] - Strato	15.11	1.40	Menzenbach e Malcev	196.05

##### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	4.57	0.70	Classificazione A.G.I.	POCO ADDENSATO

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 30 di 53

			1977	
[2] - Strato	15.11	1.40	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato	4.57	0.70	Meyerhof ed altri	1.52
[2] - Strato	15.11	1.40	Meyerhof ed altri	1.88

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato	4.57	0.70	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
[2] - Strato	15.11	1.40	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95

### PROVA P18

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 03/11/2011  
Profondità prova 1,80 m  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.10	6	0.857	17.16	20.04	0.86	1.00
0.20	11	0.855	31.39	36.73	1.57	1.84
0.30	13	0.803	34.85	43.41	1.74	2.17
0.40	14	0.801	37.44	46.75	1.87	2.34
0.50	9	0.849	25.51	30.06	1.28	1.50
0.60	8	0.847	22.63	26.72	1.13	1.34
0.70	7	0.845	19.76	23.38	0.99	1.17
0.80	7	0.843	19.71	23.38	0.99	1.17
0.90	6	0.842	16.00	19.01	0.80	0.95
1.00	5	0.840	13.31	15.85	0.67	0.79
1.10	3	0.838	7.97	9.51	0.40	0.48
1.20	3	0.836	7.95	9.51	0.40	0.48
1.30	5	0.835	13.22	15.85	0.66	0.79
1.40	7	0.833	18.48	22.18	0.92	1.11
1.50	15	0.781	37.13	47.54	1.86	2.38
1.60	20	0.780	49.41	63.38	2.47	3.17
1.70	31	0.678	66.60	98.24	3.33	4.91
1.80	50	0.626	99.24	158.45	4.96	7.92

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P18

##### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
[1] - Strato	5.65	1.40	Terzaghi-Peck	0.35

##### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
-------------	------	---------------------	--------------	-------------------------

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 31 di 53

[1] - Strato	5.65	1.40	Gibbs & Holtz (1957)	26.7
[2] - Strato	16.74	1.70	Gibbs & Holtz (1957)	46.65

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	5.65	1.40	Owasaki & Iwasaki	25.63
[2] - Strato	16.74	1.70	Owasaki & Iwasaki	33.3

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Strato	5.65	1.40	Menzenbach e Malcev	97.10
[2] - Strato	16.74	1.70	Menzenbach e Malcev	213.10

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	5.65	1.40	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	16.74	1.70	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato	5.65	1.40	Meyerhof ed altri	1.57
[2] - Strato	16.74	1.70	Meyerhof ed altri	1.92

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato	5.65	1.40	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89
[2] - Strato	16.74	1.70	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.96

### PROVA P19

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 03/11/2011  
Profondità prova 1,50 m  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0.10	2	0.857	5.72	6.68	0.29	0.33
0.20	5	0.855	14.27	16.70	0.71	0.83
0.30	6	0.853	17.09	20.04	0.85	1.00
0.40	5	0.851	14.21	16.70	0.71	0.83
0.50	7	0.849	19.84	23.38	0.99	1.17
0.60	6	0.847	16.97	20.04	0.85	1.00
0.70	8	0.845	22.58	26.72	1.13	1.34
0.80	14	0.793	37.09	46.75	1.85	2.34
0.90	12	0.842	32.00	38.03	1.60	1.90
1.00	15	0.790	37.54	47.54	1.88	2.38
1.10	22	0.738	51.45	69.72	2.57	3.49

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 32 di 53

1.20	23	0.736	53.66	72.89	2.68	3.64
1.30	25	0.735	58.20	79.23	2.91	3.96
1.40	29	0.733	67.35	91.90	3.37	4.60
1.50	50	0.631	100.01	158.45	5.00	7.92

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P19

### TERRENI COESIVI

#### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	4.24	0.70	Terzaghi-Peck	0.27

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	4.24	0.70	Gibbs & Holtz (1957)	22.65
[2] - Strato	15.22	1.40	Gibbs & Holtz (1957)	46.42

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	4.24	0.70	Owasaki & Iwasaki	24.21
[2] - Strato	15.22	1.40	Owasaki & Iwasaki	32.45

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	4.24	0.70	Menzenbach e Malcev	82.35
[2] - Strato	15.22	1.40	Menzenbach e Malcev	197.20

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	4.24	0.70	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	15.22	1.40	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	4.24	0.70	Meyerhof ed altri	1.51
[2] - Strato	15.22	1.40	Meyerhof ed altri	1.89

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	4.24	0.70	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
[2] - Strato	15.22	1.40	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95

## PROVA P20

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 03/11/2011  
Profondità prova 1,30 m  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità	Nr. Colpi	Calcolo coeff.	Res. dinamica	Res. dinamica	Pres.	Pres.
------------	-----------	----------------	---------------	---------------	-------	-------



Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 33 di 53

(m)		riduzione sonda Chi	ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	(Kg/cm <sup>2</sup> )	ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	2	0.857	5.72	6.68	0.29	0.33
0.20	4	0.855	11.42	13.36	0.57	0.67
0.30	4	0.853	11.39	13.36	0.57	0.67
0.40	5	0.851	14.21	16.70	0.71	0.83
0.50	4	0.849	11.34	13.36	0.57	0.67
0.60	5	0.847	14.14	16.70	0.71	0.83
0.70	6	0.845	16.93	20.04	0.85	1.00
0.80	7	0.843	19.71	23.38	0.99	1.17
0.90	6	0.842	16.00	19.01	0.80	0.95
1.00	15	0.790	37.54	47.54	1.88	2.38
1.10	19	0.788	47.45	60.21	2.37	3.01
1.20	29	0.736	67.66	91.90	3.38	4.60
1.30	50	0.635	100.55	158.45	5.03	7.92

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P20

##### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	3.64	0.90	Terzaghi-Peck	0.23

##### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	3.64	0.90	Gibbs & Holtz (1957)	19.58
[2] - Strato	15.98	1.20	Gibbs & Holtz (1957)	47.81

##### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	3.64	0.90	Owasaki & Iwasaki	23.53
[2] - Strato	15.98	1.20	Owasaki & Iwasaki	32.88

##### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	3.64	0.90	Menzenbach e Malcev	76.07
[2] - Strato	15.98	1.20	Menzenbach e Malcev	205.15

##### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	3.64	0.90	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Strato	15.98	1.20	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

##### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	3.64	0.90	Meyerhof ed altri	1.48
[2] - Strato	15.98	1.20	Meyerhof ed altri	1.90

##### Peso unità di volume saturo

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 34 di 53

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	3.64	0.90	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
[2] - Strato	15.98	1.20	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95

### **PROVA P21**

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 03/11/2011  
Profondità prova 1,10 m  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	2	0.857	5.72	6.68	0.29	0.33
0.20	5	0.855	14.27	16.70	0.71	0.83
0.30	4	0.853	11.39	13.36	0.57	0.67
0.40	7	0.851	19.89	23.38	0.99	1.17
0.50	6	0.849	17.01	20.04	0.85	1.00
0.60	7	0.847	19.80	23.38	0.99	1.17
0.70	7	0.845	19.76	23.38	0.99	1.17
0.80	15	0.793	39.74	50.09	1.99	2.50
0.90	21	0.742	49.35	66.55	2.47	3.33
1.00	32	0.690	69.95	101.41	3.50	5.07
1.10	50	0.638	101.09	158.45	5.05	7.92

### **STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P21**

#### **TERRENI COESIVI**

##### **Coesione non drenata**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	4.13	0.70	Terzaghi-Peck	0.26

#### **TERRENI INCOERENTI**

##### **Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	4.13	0.70	Gibbs & Holtz (1957)	22.17
[2] - Strato	17.25	1.00	Gibbs & Holtz (1957)	50.43

##### **Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	4.13	0.70	Owasaki & Iwasaki	24.09
[2] - Strato	17.25	1.00	Owasaki & Iwasaki	33.57

##### **Modulo Edometrico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	4.13	0.70	Menzenbach e Malcev	81.20
[2] - Strato	17.25	1.00	Menzenbach e Malcev	218.43

##### **Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
-------------	------	------------------	--------------	---------------------

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 35 di 53

[1] - Strato	4.13	0.70	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	17.25	1.00	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	4.13	0.70	Meyerhof ed altri	1.50
[2] - Strato	17.25	1.00	Meyerhof ed altri	1.94

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	4.13	0.70	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
[2] - Strato	17.25	1.00	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.96

### PROVA P22

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Prova eseguita in data 03/11/2011  
Profondità prova 1,50 m  
Falda non rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	2	0.857	5.72	6.68	0.29	0.33
0.20	4	0.855	11.42	13.36	0.57	0.67
0.30	5	0.853	14.24	16.70	0.71	0.83
0.40	5	0.851	14.21	16.70	0.71	0.83
0.50	4	0.849	11.34	13.36	0.57	0.67
0.60	6	0.847	16.97	20.04	0.85	1.00
0.70	7	0.845	19.76	23.38	0.99	1.17
0.80	6	0.843	16.90	20.04	0.84	1.00
0.90	6	0.842	16.00	19.01	0.80	0.95
1.00	12	0.840	31.93	38.03	1.60	1.90
1.10	15	0.788	37.46	47.54	1.87	2.38
1.20	17	0.786	42.36	53.87	2.12	2.69
1.30	26	0.735	60.52	82.39	3.03	4.12
1.40	34	0.683	73.58	107.75	3.68	5.39
1.50	50	0.631	100.01	158.45	5.00	7.92

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P22

##### TERRENI COESIVI

##### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	3.8	0.90	Terzaghi-Peck	0.24

##### TERRENI INCOERENTI

##### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	3.8	0.90	Gibbs & Holtz (1957)	20.34
[2] - Strato	15.83	1.40	Gibbs & Holtz (1957)	47.08

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	3.8	0.90	Owasaki & Iwasaki	23.72
[2] - Strato	15.83	1.40	Owasaki & Iwasaki	32.79

#### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	3.8	0.90	Menzenbach e Malcev	77.75
[2] - Strato	15.83	1.40	Menzenbach e Malcev	203.58

#### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	3.8	0.90	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Strato	15.83	1.40	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

#### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	3.8	0.90	Meyerhof ed altri	1.49
[2] - Strato	15.83	1.40	Meyerhof ed altri	1.90

#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	3.8	0.90	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
[2] - Strato	15.83	1.40	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva dei parametri mediati da attribuire ai terreni attraversati desunti dall'elaborazione delle risultanze delle prove penetrometriche eseguite:

Strato	Profondità	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	$\gamma$	$\gamma_{sat}$	$\Phi'$	Cu
	<b>m da p.c.</b>				<b>t/m<sup>3</sup></b>	<b>t/m<sup>3</sup></b>	<b>°</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
1	0,0 – 0,8	4,5	Incoerente	Da sciolto a poco addensato	1,5	1,9	25,2	0,2
2	> 0,8	18,5	Incoerente	Da moderatamente a ben addensato	1,9	2,2	34,1	0,0

dove:

Nspt : numero colpi riferibili ad una prova SPT

$\gamma$ : peso di volume

$\gamma_{sat}$ : peso di volume saturo

$\phi'$ : angolo di attrito efficace

Cu: coesione non drenata

#### Determinazione della massa volumica apparente e analisi granulometriche

Per quanto riguarda la caratterizzazione di laboratorio dei materiali presenti in sito, data la natura scarsamente o per nulla coesiva dei terreni, sono stati prelevati, in occasione della campagna

di indagini geognostiche, esclusivamente campioni disturbati. I campioni rimaneggiati sono stati prelevati e riposti in sacchetti di polietilene, opportunamente sigillati, al fine di garantire una buona conservazione del campione. Sui sacchetti è stata applicata apposita etichetta identificativa, posta all'esterno del sacchetto stesso.

Le profondità di campionamento sono state scelte in modo da poter analizzare gli strati indagati considerati più significativi ai fini dell'intervento in progetto.

Le prove di laboratorio, realizzate sui n. 10 campioni di terreno prelevati in sito all'interno dell'unità litologica 2, sono state le seguenti:

1. determinazione diretta della massa volumica apparente;
2. analisi granulometrica;

Di seguito si riportano i dati relativi alle suddette analisi di laboratorio, rappresentanti le caratteristiche medie dei principali litotipi presenti in sito:

**Campione A1 (disturbato, profondità 0,8 m circa da p.c.)**

Peso in volume apparente	g/cm <sup>3</sup>	2,0
granulometria		ghiaia sabbiosa con limo ed argilla

**Campione A2 (disturbato, profondità 0,8 m circa da p.c.)**

Peso in volume apparente	g/cm <sup>3</sup>	2,0
granulometria		ghiaia sabbiosa con limo ed argilla

**Campione A3 (disturbato, profondità 0,7 m circa da p.c.)**

Peso in volume apparente	g/cm <sup>3</sup>	2,0
granulometria		sabbia ghiaiosa con limo ed argilla

**Campione A4 (disturbato, profondità 0,8 m circa da p.c.)**

Peso in volume apparente	g/cm <sup>3</sup>	2,0
granulometria		ghiaia sabbiosa con limo ed argilla

**Campione A5 (disturbato, profondità 0,6 m circa da p.c.)**

Peso in volume apparente	g/cm <sup>3</sup>	1,9
granulometria		sabbia ghiaiosa con limo ed argilla

**Campione A6 (disturbato, profondità 0,7 m circa da p.c.)**

Peso in volume apparente	g/cm <sup>3</sup>	1,7
granulometria		ghiaia sabbiosa con limo ed argilla

**Campione A7 (disturbato, profondità 0,9 m circa da p.c.)**

Peso in volume apparente	g/cm <sup>3</sup>	1,7
granulometria		sabbia ghiaiosa con limo ed argilla

### **Campione A8 (disturbato, profondità 0,8 m circa da p.c.)**

Peso in volume apparente	g/cm <sup>3</sup>	<b>1,7</b>
granulometria		<b>sabbia ghiaiosa con limo ed argilla</b>

### **Campione A9 (disturbato, profondità 0,8 m circa da p.c.)**

Peso in volume apparente	g/cm <sup>3</sup>	<b>1,8</b>
granulometria		<b>ghiaia sabbiosa con limo ed argilla</b>

### **Campione A10 (disturbato, profondità 0,7 m circa da p.c.)**

Peso in volume apparente	g/cm <sup>3</sup>	<b>1,7</b>
granulometria		<b>ghiaia sabbiosa con limo ed argilla</b>

## **6. CARATTERISTICHE SISMICHE**

### **Introduzione**

Secondo quanto previsto dalla O.P.C.M. 3274 del 20.03.03 si individuano le categorie di profilo stratigrafico, sulla base delle velocità delle onde sismiche trasversali, considerando che il valore dell'indice di plasticità si mantiene sempre al di sotto del limite del 40 %.

La presenza degli strati di terreno più superficiali induce una modificazione nelle onde sismiche, essa è una delle cause più importanti degli estesi danneggiamenti prodotti da alcuni terremoti, in ragione degli effetti locali o effetti di sito. Fra i molti studi interpretativi condotti dai ricercatori, molti sono basati sulla convinzione che la risposta del terreno sia essenzialmente basata dalle onde di taglio Vs. Ciò, unito all'assunzione di propagazione verticale, consente di trattare il problema dell'amplificazione locale in maniera abbastanza semplice, pur tenendo conto della stratificazione dei terreni e della non linearità delle caratteristiche del terreno stesso.

La non linearità del legame costitutivo del terreno può essere risolta mediante relazioni secanti equivalenti e il moto di input sismico può essere trattato in modo probabilistico.

Il terremoto viene assimilato ad un processo stocastico stazionario. Le modellazioni così effettuate, pur con alcune approssimazioni dovute sia alla modellazione del suolo (disuniformità e anisotropia), sia alla caratterizzazione del moto di input, mostrano di essere in buon accordo con i dati sperimentali.

Dalle equazioni del modello monodimensionale sopra tratteggiato risulta che ai fini dell'amplificazione locale i valori massimi si hanno in corrispondenza di frequenze che dipendono dal rapporto delle velocità delle onde di taglio nel terreno superficiale e dal suo spessore.

In corrispondenza di tali frequenze la funzione di amplificazione è semplicemente pari all'inverso del rapporto d'impedenza.

Il rapporto d'impedenza dipende inoltre dal rapporto fra i prodotti della densità di massa e della velocità delle Vs del terreno superficiale e della roccia di base, a cui si somma un termine che dipende dallo smorzamento.

Quanto più forte è il contrasto di velocità fra roccia di base e terreno superficiale, tanto più alta è l'amplificazione. Lo smorzamento del terreno, viceversa, determina una riduzione dell'amplificazione; poiché tale smorzamento in generale aumenta man mano che aumenta il livello di deformazione imposto dal sisma, risulta che le amplificazioni degli effetti di sito tendono ad essere più forti per sismi deboli e decrescono per sismi disastrosi.

Secondo l'Ordinanza 3274 della Presidenza del Consiglio dei Ministri, aggiornata con le comunicazioni fornite dalle Regioni, vengono individuate, nelle "norme tecniche", 4 valori di

accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $A_g/g$ ). Ciascuna zona viene individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $A_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $A_g/g$ ).

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ $A_g/g$ ]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [ $A_g/g$ ]
1	$> 0,25$	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	$< 0,05$	0,05

Il Comune di Briona, interessato dall'intervento in esame, ricade nella classificazione sismica dei Comuni italiani in Zona 4. Tale zona corrisponde a:

Accelerazione orizz. con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ $A_g/g$ ] =  $< 0,05$

Accelerazione orizz. di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ $A_g/g$ ] = 0,05

### Categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, come riportato nel D.M. delle Infrastrutture 14.01.2008, punto 3.2.2 “Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche”, si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (Tabella 3.2.II - le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni superficiali, oppure alla quota di testa dei pali nel caso di fondazioni speciali):

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_{s,30} > 800$ m/s).

In aggiunta a queste categorie, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare (Tabella 3.2.III):

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.

S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.
----	--

Nelle definizioni precedenti  $V_{s,30}$  è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}$$

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente  $N_{SPT,30}$  è definita dall'espressione:

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

La resistenza non drenata equivalente  $c_{u,30}$  è definita dall'espressione:

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}}$$

dove:

- $h_i$  spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;
- $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- $N_{SPT,i}$  numero di colpi NSPT nell'i-esimo strato;
- $c_{u,i}$  resistenza non drenata nell'i-esimo strato;
- $N$  numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità;
- $M$  numero di strati di terreni a grana grossa compresi nei primi 30 m di profondità;
- $K$  numero di strati di terreni a grana fina compresi nei primi 30 m di profondità;
- $h_i$  e  $V_i$  indicano la potenza (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $< 10^{-6}$ ) dello strato iesimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori.

Il terreno indagato, in base alle caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti in sito nonché da quanto emerso dalle indagini eseguite, rientra all'interno della **categoria di sottosuolo C: depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti** con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

### Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $\sigma_{Fo}$  e  $T_c^*$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V del D.M., nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo  $T_c^*$  è espresso in secondi.



**Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$**

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del *reticolo di riferimento* e per ciascuno dei periodi di ritorno  $T_r$  considerati dalla *pericolosità sismica*, i 3 parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- $a_g$  il valore previsto dalla *pericolosità sismica*;
- $F_o$  e  $T_c^*$  i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla *pericolosità sismica* (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Sempre in merito alle indicazioni fornite nel suddetto punto 3.2.2 del D.M. 14.01.2008, si rappresenta che la risposta sismica locale di un sito, oltre che dalle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo, dipende anche dalla conformazione morfologica dei luoghi. Pertanto, qualora le caratteristiche topografiche dei luoghi non risultino particolarmente complesse (caso nel quale è necessario prevedere una modellizzazione particolare del sito, necessaria per identificare correttamente le caratteristiche di risposta sismica locale), vengono individuate 4 diverse categorie topografiche, rappresentative di altrettante configurazioni superficiali semplici, riportate nella successiva tabella (Tabella 3.2.IV).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 42 di 53

Come riportato nel Decreto, le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

L'area d'intervento, secondo quanto verificato dai rilevamenti eseguiti in sito, ricade in un'area di pianura pressochè omogenea: pertanto, tale area risulta essere compresa nella **categoria topografica T1** = "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".

Con l'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008 la stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". Ciò comporta delle non trascurabili differenze nel calcolo dell'accelerazione sismica di base rispetto alle precedenti normative.

Ai fini della stima dell'azione sismica di progetto relativa al sito ubicato nel territorio comunale in oggetto, con le precedenti normative in campo antisismico, applicando il criterio "zona dipendente" avremmo potuto stimare l'accelerazione di base (senza considerare l'incremento dovuto ad effetti locali dei terreni) in maniera automatica, poiché essa sarebbe stata direttamente correlata alla Zona sismica di appartenenza del Comune (nel caso in esame, Zona sismica 4).

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 Gennaio 2008 la classificazione sismica del territorio è scollegata dalla determinazione dell'azione sismica di progetto, mentre rimane il riferimento per la trattazione di problematiche tecnico-amministrative connesse con la stima della pericolosità sismica. Pertanto (secondo quanto riportato nell'allegato A del D.M. 14.01.2008) la stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le coordinate geografiche (o l'indirizzo ove disponibile), riportate nel reticolo di riferimento.

Ai fini della determinazione della pericolosità sismica il primo passo consiste nella determinazione di  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Per tale determinazione è necessario conoscere, come anticipato, le coordinate geografiche dell'opera da verificare. Le coordinate geografiche dovranno essere trasformate da gradi sessagesimali a decimali. Si determina, quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto.

Di seguito si riportano i parametri sismici di riferimento validi per il sito in esame:

#### Tipo di elaborazione: fondazioni e stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 45,5382562813549  
longitudine: 8,46758772906132  
Classe: 3  
Vita nominale: 50 anni

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 11806	Lat: 45,5290	Lon: 8,4274	Distanza: 3297,762
Sito 2	ID: 11807	Lat: 45,5319	Lon: 8,4984	Distanza: 2503,028
Sito 3	ID: 11585	Lat: 45,5818	Lon: 8,4943	Distanza: 5270,362
Sito 4	ID: 11584	Lat: 45,5789	Lon: 8,4231	Distanza: 5691,564

Parametri sismici

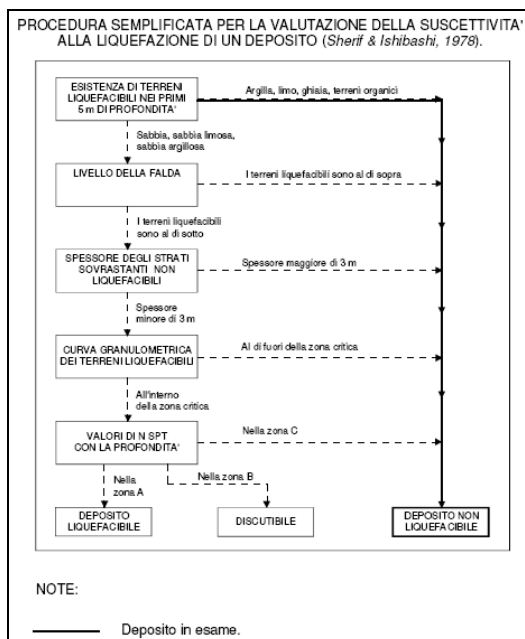
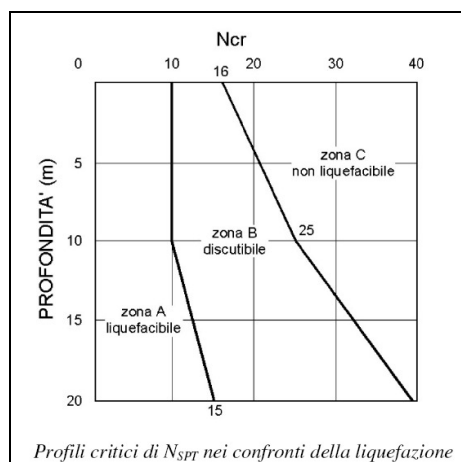
Categoria sottosuolo: C  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 75 anni  
Coefficiente  $c_u$ : 1,5

<b>Operatività (SLO):</b> Probabilità di superamento: 81 % Tr: 45 [anni] ag: 0,017 g Fo: 2,530 Tc*: 0,168 [s]	<b>Danno (SLD):</b> Probabilità di superamento: 63 % Tr: 75 [anni] ag: 0,021 g Fo: 2,578 Tc*: 0,179 [s]
<b>Salvaguardia della vita (SLV):</b> Probabilità di superamento: 10 % Tr: 712 [anni] ag: 0,042 g Fo: 2,612 Tc*: 0,291 [s]	<b>Prevenzione dal collasso (SLC):</b> Probabilità di superamento: 5 % Tr: 1462 [anni] ag: 0,050 g Fo: 2,676 Tc*: 0,309 [s]

#### Coefficienti Sismici

<b>SLO:</b> Ss: 1,500 Cc: 1,890 St: 1,000 Kh: 0,005 Kv: 0,003 Amax: 0,257 Beta: 0,200	<b>SLD:</b> Ss: 1,500 Cc: 1,850 St: 1,000 Kh: 0,006 Kv: 0,003 Amax: 0,316 Beta: 0,200
<b>SLV:</b> Ss: 1,500 Cc: 1,580 St: 1,000 Kh: 0,013 Kv: 0,006 Amax: 0,621 Beta: 0,200	<b>SLC:</b> Ss: 1,500 Cc: 1,550 St: 1,000 Kh: 0,015 Kv: 0,007 Amax: 0,733 Beta: 0,200

Per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione in fase sismica del deposito in esame, si fa ricorso alla procedura semplificata proposta da *Sherif & Ishibashi* (1978); dall'abaco sottostante rileva che il deposito in esame, non rientra tra quelli passibili di liquefazione in fase sismica, per assenza dei seguenti fattori predisponenti: granulometria.



Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 44 di 53

Dall'analisi effettuata è emerso che i terreni presenti in sito, al di sotto del piano di appoggio delle opere fondazionali, non risultano liquefacibili.

## 7. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Dal punto di vista idrogeologico, dalla ricostruzione eseguita emerge la presenza di un acquifero superficiale con una falda di tipo freatico, caratterizzato da una sequenza ghiaioso - sabbiosa con potenza pluridecаметrica. La base dell'acquifero superficiale è situata al tetto dei depositi di derivazione deliziosa appartenenti al Villafranchiano.

L'assetto geologico e geomorfologico del territorio costituisce un elemento di controllo sulla distribuzione delle acque nel suolo e ne consente l'infiltrazione, agevolata dalla permeabilità dei materiali, originando una falda idrica a superficie libera. A livello territoriale la ricarica della falda è rappresentata dai processi di filtrazione di acque meteoriche ed irrigue nell'ambito della pianura.

Per quanto concerne la falda freatica, dall'osservazione della "Carta delle isopiezometriche della falda idrica a superficie libera relativa al territorio di pianura" redatta dalla Regione Piemonte si evince un andamento generale delle isopieze SW - NE, con direzione di deflusso mediamente volta verso SE.

La falda, come tutte le falde di tipo libero, viene alimentata direttamente dai corpi idrici superficiali e dalle acque meteoriche. La superficie libera della falda subisce notevoli variazioni di livello durante l'anno a causa dei differenti apporti meteorici e a causa delle attività agricole, stabilizzandosi, nell'area d'intervento, ad una quota compresa tra 3,0 e 5,0 m da p.c., dato confermato dalle misure di soggiacenza effettuate durante i rilievi in un intorno significativo.

Si rappresenta che, durante la campagna di prove penetrometriche eseguite in sito, non è stata rilevata la presenza della falda freatica locale, in ragione della limitata profondità da p.c. raggiunta in occasione di tali prove geotecniche (profondità massima raggiunta 2,2 m da p.c.).

I terreni presenti in sito risultano, nel complesso, avere caratteri di permeabilità dipendenti dalla composizione granulometrica e dal differente grado di compattazione; in particolare i livelli più prettamente ghiaioso - sabbiosi mostrano una permeabilità primaria (per porosità) medio - alta, mentre le limitate intercalazioni costituite da una predominanza delle frazioni più fini (livelli sabbioso - argillosi) sono caratterizzate da un basso grado di permeabilità, conseguente ad un minor indice dei vuoti tra le particelle.

Dalle analisi di laboratorio eseguite su n. 5 campioni di terreno prelevati in sito in occasione delle indagini geologico - tecniche eseguite, si evince come la permeabilità media dei terreni in esame si attesta su valori compresi tra  $7,0 \cdot 10^{-4}$  e  $1,5 \cdot 10^{-3}$  m/s, denotando una permeabilità medio - alta.

All'interno dell'area in esame, come si evince dalla cartografia geologica riportata in allegato, è presente il limite naturale della zona dei fontanili. Tale limite si colloca indicativamente lungo il margine tra il fluvioglaciale ed il fluviale Wurm, in ragione del drastico cambio granulometrico dei depositi. Secondo le Note illustrative della Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000 (Foglio n. 44 Novara) *"il continuo abbassarsi del livello freatico, per lo più in conseguenza del forte emungimento a scopi agricoli, ha determinato in questi ultimi anni sensibili decrementi nella portata di ogni singolo fontanile, al punto che, localmente, alcuni di essi sussistono nei loro aspetti morfologici mentre da un punto di vista idrologico debbono essere considerati estinti"*.

## 8. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGRAFICHE

La rete idrografica principale del territorio comunale è rappresentata dal torrente Strona, situato ad E dell'area d'indagine, nonché da una serie di corsi d'acqua tributari in questo. Inoltre, l'area in esame è caratterizzata da una fitta rete di canali irrigui, il principale dei quali è la roggia

Mora, che scorre ad E del settore interessato dalla variante in progetto parallela al tracciato ferroviario.

Le indagini svolte, le informazioni storiche acquisite, nonché l'analisi della cartografia redatta dall'Autorità di Bacino del fiume Po, Regione, Provincia e Comune, hanno evidenziato il verificarsi di un unico fenomeno significativo di esondazione nel 1968, quando la roggia Mora ha allagato la frazione San Bernardino di Briona. Dopo tale evento e allo stato attuale non si evidenziano fenomeni esondativi per piene ordinarie e straordinarie di corsi d'acqua principali, minori od artificiali che abbiano coinvolto la zona indagata in tempi recenti.

L'area in esame non rientra all'interno delle fasce fluviali del fiume Sesia e dei suoi tributari, evidenziate nella cartografia tematica allegata al vigente P.R.G.C. ed al vigente P.A.I. del Fiume Po.

## 9. MODELLO GEOTECNICO

L'analisi e l'elaborazione delle indagini geognostiche e geotecniche hanno evidenziato la presenza, nel sito oggetto d'intervento, di un terreno vegetale (suolo), talvolta frammisto a materiale di riporto antropico, per uno spessore medio di circa 0,8 m. Tali terreni superficiali (suolo e riporto) interessano gli interventi previsti da progetto solamente dal punto di vista degli scavi per l'individuazione del corretto piano d'appoggio del rilevato, il quale dovrà essere fondato sui sottostanti depositi fluvioglaciali ghiaioso - sabbiosi presenti al di sotto di questi.

Al di sotto dell'orizzonte sopra descritto sono presenti, infatti, i depositi fluvioglaciali grossolani, che presentano caratteristiche geotecniche buone: questi mostrano, infatti, un grado d'addensamento passante da medio a buono in funzione della profondità.

Al fine della ricostruzione del modello geotecnico dell'area d'intervento, finalizzato a fornire tutti i dati geotecnici necessari per il progetto, nonché per l'impostazione delle successive attività di monitoraggio, sulla base della stratigrafia ottenuta dalle indagini e prove eseguite, è stato possibile individuare le seguenti *unità litologiche* aventi caratteristiche geotecniche omogenee:

						VALORI MEDI			
Unità litologica	Litologia	Profondità media	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	$\gamma_m$	$\gamma_{sat_m}$	$\phi'_m$	$Cu_m$
		m da p.c.				t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	°	kg/cm <sup>2</sup>
1	Suolo e riporto	0,0 - 0,8	4,5	Incoerente	Da sciolto a poco addensato	1,5	1,9	25,2	0,2
2	Depositi fluvioglaciali	> 0,8	18,5	Incoerente	Da moderatamente a ben addensato	1,9	2,2	34,1	0,0

dove:

Nspt : numero colpi riferibili ad una prova SPT

$\gamma_m$ : peso di volume

$\gamma_{sat_m}$ : peso di volume saturo

$\phi'_m$ : angolo di attrito efficace

$Cu_m$ : coesione non drenata

Lo schema geotecnico valido per l'area d'intervento, dedotto dalle indagini eseguite è il seguente:

- piano campagna di riferimento locale: orizzontale;
- profondità della falda: - 3,0 m da p.c.;

- terreno di fondazione: Unità litologica 2;
- volume significativo: Unità litologica 1+2;
- valori medi parametri: vedasi tabella precedente.

Di seguito si riportano i valori caratteristici coincidenti con i valori medi da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M1, ai sensi del D.M. 14.01.2008.

						VALORI CARATTERISTICI			
Unità litologica	Litologia	Profondità media	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	$\gamma_k$	$\gamma_{sat_k}$	$\Phi'_k$	$Cu_k$
		m da p.c.				t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	°	kg/cm <sup>2</sup>
1	Suolo e riporto	0,0 - 0,8	4,5	Incoerente	Da sciolto a poco addensato	1,5	1,9	25,2	0,2
2	Depositi fluvioglaciali	> 0,8	18,5	Incoerente	Da moderatamente a ben addensato	1,9	2,2	34,1	0,0

dove:

Nspt : numero colpi riferibili ad una prova SPT

$\gamma_k$ : peso di volume

$\gamma_{sat_k}$ : peso di volume saturo

$\Phi'_k$ : angolo di attrito efficace

$Cu_k$ : coesione non drenata

Di seguito si riportano i valori di progetto da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M2, dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nell'Eurocodice 7 e nel D.M. 14.01.2008 – NTC. Tali parametri sono stati ottenuti dividendo i valori caratteristici per i seguenti coefficienti di riduzione:

$$\gamma_d = \gamma_k/1;$$

$$\Phi'_d = \Phi'_k/1,25;$$

$$C_d = C_k/1,4.$$

						VALORI DI PROGETTO			
Unità litologica	Litologia	Profondità media	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	$\gamma_d$	$\gamma_{sat_d}$	$\Phi'_d$	$Cu_d$
		m da p.c.				t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	°	kg/cm <sup>2</sup>
1	Suolo e riporto	0,0 - 0,8	4,5	Incoerente	Da sciolto a poco addensato	1,5	1,9	20,2	0,1
2	Depositi fluvioglaciali	> 0,8	18,5	Incoerente	Da moderatamente a ben addensato	1,9	2,2	27,3	0,0

dove:

Nspt : numero colpi riferibili ad una prova SPT

$\gamma_d$ : peso di volume

$\gamma_{sat_d}$ : peso di volume saturo

$\Phi'_d$ : angolo di attrito efficace

$Cu_d$ : coesione non drenata

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 47 di 53

Definiti i parametri geotecnici da attribuire ai terreni in esame, si rappresenta che la posa in opera del materiale granulare per la realizzazione del rilevato stradale dovrà essere eseguita progressivamente per strati di spessore compreso tra 20 e 30 cm, debitamente costipati per mezzo di rulli vibranti. Il materiale dovrà essere scaricato in cumuli estesi e immediatamente portato alla propria umidità ottimale (OCM “optimum moisture content”), che costituisce la percentuale di acqua ottimale alla quale corrisponde la massima densità. Il valore di OCM per materiali stradali di buona qualità quali le ghiaie, le sabbie o i prodotti di frantoio si attesta attorno al 5 - 8 %.

Il costipamento è un’operazione meccanica per espellere l’aria e portare i grani ad intimo contatto nel raggio d’azione delle reciproche forze d’attrazione molecolare e di attrito. L’azione di costipamento permette un aumento della densità e quindi della resistenza del materiale, riducendone la compressibilità e conseguentemente gli assestamenti; inoltre si rende più difficile l’infiltrazione dell’acqua che altera le caratteristiche delle terre.

Il misto granulare utilizzato per il rilevato non dovrà contenere né grumi di argilla, né elementi con forma appiattita, allungata o lenticolare. In linea generale, il rapporto fra il passante al setaccio 0,075 ed il passante al setaccio 0,4 dovrà essere inferiore a 2/3 ed almeno l’80 % del materiale dovrà essere ritenuto al crivello da 5 mm.

Indicativamente, i parametri caratteristici del materiale impiegato per l’esecuzione del rilevato dovranno essere i seguenti:

- $\gamma_d$  (peso di volume drenato):  $> 2,0 \text{ t/m}^3$ ;
- $\gamma$  saturo (peso di volume saturo):  $> 2,2 \text{ t/m}^3$ ;
- $\phi$  (angolo di resistenza al taglio):  $> 30^\circ$ ;
- OCM (optimum moisture content): 5 - 8 %.

La stabilità del rilevato in progetto dovrà essere garantita da un accurato drenaggio per evitare la variazione del suo contenuto d’acqua, causata solitamente per scorrimento o infiltrazione dell’acqua per precipitazione diretta.

Si rappresenta, inoltre, che al di sotto del rilevato dovrà essere gettato in opera un “magrone” di sottofondo in ghiaia o misto granulare anidro, ben costipato e livellato e di adeguato spessore ed estensione, tale da smaltire rapidamente eventuali apporti idrici dalla superficie, i quali potrebbero causare locali problematiche alla stabilità del rilevato.

Si evidenzia infine che dovrà essere conferita, ai fianchi del rilevato in progetto, un’inclinazione inferiore all’angolo di attrito del materiale impiegato, al fine di garantire la stabilità a lungo termine dello stesso.

## 10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

La presente relazione geologica e geotecnica a supporto del progetto preliminare dei lavori di costruzione del 2° lotto della variante all’abitato di Fara Novarese lungo la S.P. n. 299 “della Valsesia”, in una porzione di territorio ubicata in Comune di BRIONA (NO), fa seguito ad un sopralluogo e ad un’indagine geologico – tecnica di superficie e di profondità, eseguita in sito su incarico conferito allo scrivente dalla PROVINCIA di NOVARA (rif.: CIG 3145828363 del 06/10/2011), nonché dai Progettisti dell’intervento, NORD MILANO CONSULT S.r.l.

Le indagini, eseguite, estese ad un significativo intorno dell’area interessata dagli interventi, in ottemperanza al Testo Unitario - Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.2008), sono state finalizzate alla definizione delle condizioni geologiche e geomorfologiche del sito e alle caratteristiche geotecniche dei materiali ricadenti nel volume significativo dell’infrastruttura viaria, verificando i possibili scenari di rischio e le problematiche esecutive, con il preciso intento di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all’assetto territoriale, verificando le condizioni di stabilità, l’eventuale presenza di elementi morfogenici disestivi e lo stato di fatto, traendone le

opportune valutazioni sulla compatibilità degli interventi con la situazione idrogeologica, geomorfologica e litologica locale, nonché al fine di fornire ai progettisti dell'intervento, utili indicazioni sui caratteri di portanza dei termini litologici presenti in sito, sulla scelta del più idoneo piano di appoggio del rilevato stradale in progetto, nonché sulla possibile presenza di acque sotterranee a ridotta soggiacenza e sulle corrette modalità di raccolta e smaltimento delle acque di precipitazione diretta ed indiretta.

Alla luce delle indagini eseguite è possibile affermare quanto segue:

- L'area in esame è ubicata ad una quota compresa tra 202 m s.l.m. e 193 m s.l.m. circa, in un'area scarsamente antropizzata, adibita prevalentemente ad uso agricolo e boschivo e caratterizzata da una fitta rete di canali irrigui, il principale dei quali è la roggia Mora.
- Per quanto riguarda il rischio idraulico, l'area in esame è ubicata in zona di assoluta sicurezza e non si colloca, pertanto, all'interno di fasce fluviali o aree inondabili.
- I manufatti presenti nell'area in esame e nel suo intorno non manifestano lesioni significative. La presenza di piccole lesioni in alcuni fabbricati è, presumibilmente, attribuibile ad assestamenti strutturali degli edifici stessi.
- Dal punto di vista sismico il Comune di Briona, interessato dall'intervento in esame, ricade nella classificazione sismica dei Comuni italiani in Zona 4. Tale zona corrisponde a:
  - Acc. orizz. con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni  $[Ag/g] = < 0,05$
  - Acc. orizz. di ancoraggio dello spettro di risposta elastico  $[Ag/g] = 0,05$
- Il terreno indagato, in base alle caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti in sito nonché da quanto emerso dalle indagini eseguite, rientra all'interno della categoria di sottosuolo C: *depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT_{30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu_{30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).
- Le caratteristiche ed i parametri sismici di sintesi caratteristici del sito d'intervento sono i seguenti:

Caratteristiche sismiche del sito			Parametri sismici caratteristici del sito		
-	latitudine:	45,538256	-	Categoria sottosuolo:	C
-	longitudine:	8,467587	-	Categoria topografica:	T1
-	Classe:	3	-	Periodo di riferimento:	75 anni
-	Vita nominale:	50 anni	-	Coefficiente cu:	1,5

- Dal punto di vista litologico, sulla base di quanto riportato nel Foglio n. 44 "Novara" alla scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia, nonché nella "Carta geolitologica" allegata al vigente P.R.G.C., l'area in esame è costituita da una sequenza sedimentaria di origine continentale (depositi fluvioglaciali) di età quaternaria, che sovrasta i sedimenti pliocenici. In particolare, tali sedimenti ricadono all'interno delle seguenti formazioni: *alluvioni fluvioglaciali ghiaioso-ciottolose e fluviali prevalentemente sabbioso-limose (a valle del limite settentrionale dei fontanili), con debole strato di alterazione brunastro (PLEISTOCENE SUP. - Wurm)* e *alluvioni fluvioglaciali ghiaiose, localmente molto grossolane (a monte del limite settentrionale dei fontanili), con paleosuolo argilloso giallo-rossiccio di ridotto spessore, talora ricoperte da limi più recenti (PLEISTOCENE SUP. - Wurm e Riss)*.
- L'area d'intervento ricade nel grande bacino padano, costituito essenzialmente da sedimenti pleistocenici ed olocenici di piana alluvionale, al di sopra di una sequenza di sedimenti di età terziaria costituiti da depositi marini, deltizi e lagunari incoerenti. I termini lapidei costituenti il



substrato in posto sono definiti dai termini pre - pliocenici. Si tratta di depositi incoerenti asseribili alla conoide fluvioglaciale presente allo sbocco della Valle Sesia, costituiti in prevalenza da materiali ghiaioso - sabbiosi secondariamente intercalati ad altri a granulometria più fine. La stratificazione è spesso non definibile, in quanto l'andamento delle alternanze dei depositi a differente granulometria risulta spesso disordinato e discontinuo.

- La diretta osservazione dei terreni affioranti e/o sub-affioranti in prossimità del sito d'intervento, eseguita durante le indagini geologico - tecniche e le ricostruzioni litostratigrafiche derivate dall'elaborazione delle prove ed indagini geognostiche e geotecniche, hanno consentito il raggiungimento di un'adeguata definizione del quadro litologico e stratigrafico del sottosuolo in esame. Di seguito si riportano i valori caratteristici coincidenti con i valori medi da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M1, ai sensi del D.M. 14.01.2008.

						VALORI CARATTERISTICI			
Unità litologica	Litologia	Profondità media	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	$\gamma_k$	$\gamma_{sat_k}$	$\Phi'_k$	$Cu_k$
		m da p.c.				t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	°	kg/cm <sup>2</sup>
1	Suolo e riporto	0,0 - 0,8	4,5	Incoerente	Da sciolto a poco addensato	1,5	1,9	25,2	0,2
2	Depositi fluvioglaciali	> 0,8	18,5	Incoerente	Da moderatamente a ben addensato	1,9	2,2	34,1	0,0

dove:

Nspt : numero colpi riferibili ad una prova SPT

$\gamma_k$ : peso di volume

$\gamma_{sat_k}$ : peso di volume saturo

$\phi'_k$ : angolo di attrito efficace

$Cu_k$ : coesione non drenata

- Di seguito si riportano i valori di progetto da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M2, dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nell'Eurocodice 7 e nel D.M. 14.01.2008 – NTC.

						VALORI DI PROGETTO			
Unità litologica	Litologia	Profondità media	Nspt	Tipo	Classificazione A.G.I.	$\gamma_d$	$\gamma_{sat_d}$	$\Phi'_d$	$Cu_d$
		m da p.c.				t/m <sup>3</sup>	t/m <sup>3</sup>	°	kg/cm <sup>2</sup>
1	Suolo e riporto	0,0 - 0,8	4,5	Incoerente	Da sciolto a poco addensato	1,5	1,9	20,2	0,1
2	Depositi fluvioglaciali	> 0,8	18,5	Incoerente	Da moderatamente a ben addensato	1,9	2,2	27,3	0,0

dove:

Nspt : numero colpi riferibili ad una prova SPT

$\gamma_d$ : peso di volume

$\gamma_{sat_d}$ : peso di volume saturo

$\phi'_d$ : angolo di attrito efficace

$Cu_d$ : coesione non drenata

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 50 di 53

- Per quanto concerne la falda freatica, dall'osservazione della "Carta delle isopiezometriche della falda idrica a superficie libera relativa al territorio di pianura" redatta dalla Regione Piemonte si evince un andamento generale delle isopieze SW - NE, con direzione di deflusso mediamente volta verso SE.
- La falda, come tutte le falde di tipo libero, viene alimentata direttamente dai corpi idrici superficiali e dalle acque meteoriche. La superficie libera della falda subisce notevoli variazioni di livello durante l'anno a causa dei differenti apporti meteorici e a causa delle attività agricole, stabilizzandosi, nell'area d'intervento, ad una quota compresa tra 3,0 e 5,0 m da p.c., dato confermato dalle misure di soggiacenza effettuate durante i rilievi in un intorno significativo.
- I terreni presenti in sito risultano, nel complesso, avere caratteri di permeabilità dipendenti dalla composizione granulometrica e dal differente grado di compattazione; in particolare i livelli più prettamente ghiaioso - sabbiosi mostrano una permeabilità primaria (per porosità) medio - alta, mentre le limitate intercalazioni costituite da una predominanza delle frazioni più fini (livelli sabbioso - argillosi) sono caratterizzate da un basso grado di permeabilità, conseguente ad un minor indice dei vuoti tra le particelle.
- Dalle analisi di laboratorio eseguite su n. 5 campioni di terreno prelevati in sito in occasione delle indagini geologico - tecniche eseguite, si evince come la permeabilità media dei terreni in esame si attesta su valori compresi tra  $7,0 * 10^{-4}$  e  $1,5 * 10^{-3}$  m/s, denotando una permeabilità medio - alta.
- In base al modello geologico evidenziato ed a quello geotecnico sopradescritto, si evince come il rilevato in progetto dovrà trasferire le azioni ai depositi fluvioglaciali individuati ad una profondità media superiore a 0,8 m da p.c. circa (Unità litologica 2).
- Non disponendo, allo stato attuale, dei valori dei carichi ed azioni indotti dal rilevato e dalle strutture ad esso connesse, nonché delle loro esatte caratteristiche, per le verifiche di tali opere si rimanda alla *Relazione progettuale* a firma del Progettista delle strutture.
- Nel caso il Progettista, nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO), utilizzi i seguenti approcci: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 1: (A1+M1+R1) e DA1.2 - Approccio 2 - Combinazione 1: (A1+M1+R3) i parametri di riferimento che dovranno essere utilizzati saranno quelli *caratteristici* ( $\gamma_k$ ,  $Cu_k$ ,  $\phi'_k$ ). Nel caso venga invece utilizzato il seguente approccio: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), i parametri da utilizzare saranno quelli di *progetto* ( $\gamma_d$ ,  $Cu_d$ ,  $\phi'_d$ ).
- Si rappresenta che il rilevato in progetto dovrà essere eseguito mediante la stesa in opera di materiali di riporto (misto granulare), previa asportazione di almeno 0,8 m di depositi superficiali. La posa in opera del materiale granulare dovrà essere eseguita progressivamente per strati di spessore compreso tra 20 e 30 cm, debitamente costipati per mezzo di rulli vibranti. Il materiale dovrà essere scaricato in cumuli estesi e immediatamente portato alla propria umidità ottimale (OCM "optimum moisture content"), che costituisce la percentuale di acqua ottimale cui corrisponde la massima densità. Il valore di OCM per materiali stradali di buona qualità quali le ghiaie, le sabbie o i prodotti di frantoio si attesta attorno al 5-8 %.
- La stabilità del rilevato in progetto dovrà essere garantita da un accurato drenaggio per evitare la variazione del suo contenuto d'acqua, causata solitamente per scorrimento o infiltrazione dell'acqua per precipitazione diretta. Si rappresenta, inoltre, che al di sotto del rilevato dovrà essere gettato in opera un "magrone" di sottofondo in ghiaia o misto granulare anidro, ben costipato e livellato e di adeguato spessore ed estensione, tale da smaltire rapidamente eventuali apporti idrici dalla superficie, i quali potrebbero causare locali problematiche alla stabilità del rilevato. Si evidenzia infine che dovrà essere conferita, ai fianchi del rilevato in progetto, un'inclinazione inferiore all'angolo di attrito del materiale impiegato, al fine di garantire la stabilità a lungo termine dello stesso.

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 51 di 53

**Alla luce delle risultanze delle indagini eseguite sul terreno in oggetto e sull'area ad esso circostante, all'interno di un volume significativo, riportate nella presente Relazione Geologica e Geotecnica, si può concludere che il sito debba ritenersi idoneo ad accogliere le opere in progetto nell'assoluto rispetto delle raccomandazioni geotecniche fornite.**

**Si attesta, pertanto, la fattibilità geologica e geotecnica dell'intervento in progetto.**

Stante quanto indicato in precedenza, si riportano alcune prescrizioni da seguire in fase di progettazione esecutiva e di realizzazione lavori.

In fase di progettazione definitiva ed esecutiva si dovrà scrupolosamente rispettare quanto segue:

- Il Tecnico incaricato dovrà avvalersi della collaborazione del Geologo, al fine di definire la corretta soluzione esecutiva delle opere, con attenta valutazione dell'interazione delle stesse con il terreno e della stabilità dell'area in esame e del suo intorno, alla luce degli interventi in oggetto.
- Il Tecnico incaricato dovrà avvalersi della collaborazione del Geologo, al fine di valutare l'eventuale necessità di eseguire indagini e/o prove geotecniche integrative in funzione delle soluzioni esecutive previste.
- Il Tecnico incaricato dovrà definire le opere di intercettazione, raccolta e smaltimento di tutti i possibili apporti idrici nell'area di cantiere ed in quella di sua influenza, garantendone il corretto recapito in idoneo ricettore.

In fase esecutiva si dovrà scrupolosamente rispettare quanto segue:

- Andrà prevista la figura del Geologo coadiutore del Direttore Lavori, al fine di:
  - valutare eventuali problematiche di carattere geologico - tecnico ed idrogeologico emerse, non previste in fase progettuale, fornendone le adeguate soluzioni tecniche;
  - supportare la D.L. circa possibili varianti resesi necessarie in corso d'opera;
  - valutare la corretta esecuzione di tutte le attività coinvolgenti la componente geologica l. s.;
  - effettuare un'attenta analisi visiva del terreno di fondazione per accertare la presenza di eventuali disomogeneità dello stesso e, se rilevate, fornire adeguate soluzioni esecutive atte a garantire il buon esito dell'intervento in oggetto.
- Evitare fenomeni di appoggio differenziato su porzioni di terreno a diverso grado d'addensamento e consolidamento, il tutto al fine di evitare cedimenti o dissesti.
- Eventuali lavori di scavo dovranno essere eseguiti a campioni di ridotte dimensioni ed in periodi di scarse precipitazioni, ponendo l'usuale attenzione per le pareti verticalizzate, specie in coltre, ove potrebbero verificarsi dei dissesti, evitando lunghe esposizioni dei fronti di scavo agli agenti atmosferici.
- I riporti, temporanei e/o definitivi, andranno depositati in aree la cui stabilità, puntuale e del loro intorno, sia stata oggetto di attenta verifica in fase esecutiva, al fine di garantire la sicurezza dei luoghi nel tempo.
- Dovranno essere realizzate tutte le opere di intercettazione, raccolta e smaltimento di tutti i possibili apporti idrici nell'area di cantiere ed in quella di sua influenza, garantendone il corretto recapito in idoneo ricettore, al fine di evitare ogni possibile problematica dissestiva.
- Osservare attentamente, da parte dell'Impresa esecutrice, sotto il controllo del Responsabile della sicurezza e della D.L., l'assoluto rispetto delle norme in materia di sicurezza nei cantieri.
- Andranno posti in essere tutti gli interventi, gli accorgimenti e le cautele atte a garantire la sicurezza dei luoghi.

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica	Rev. 00 - Pag. 52 di 53

*Si rappresenta che, realizzato l'intervento in oggetto, dovrà essere redatta un'apposita relazione geologica e geotecnica di fine lavori, che attesti:*

- Il rispetto delle prescrizioni geologiche l.s., con particolare riferimento a quelle fornite in fase esecutiva.
- L'assenza di problematiche morfogeniche dissestive, idrogeologiche e geotecniche evidenziate a seguito dell'intervento in oggetto.
- La necessità di eventuali varianti progettuali con implicazioni geologiche l.s. emerse in corso d'opera.

La presente relazione costituisce adempimento alle Norme Tecniche di cui al D.M. 14.01.2008.

Torino, 11 Novembre 2011



Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI

Studio Geologico Tecnico Ambientale - Dott. Geol. Andrea VALENTE ARNALDI - Torino - Sanremo - Bra			
11.BRI.PROVINCIA	11.11.11	<i>Progetto preliminare - Relazione geologica e geotecnica</i>	Rev. 00 - Pag. 53 di 53

## 11. ALLEGATI