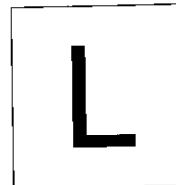


Regione Piemonte  
Provincia di Cuneo



Comune di

# SOMMARIVA DEL BOSCO

## ADEGUAMENTO STATICO DEL COMPLESSO SCOLASTICO "GIOVANNI ARPINO"

**Doc RGG**

*PROGETTO DI FATTIBILITA'  
TECNICA ED ECONOMICA*

SCALA: -

DATA: **06/2020**

COM. AS\_2006

REV. \_\_\_\_\_

FILE: \_\_\_\_\_

## RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Progetto:



**Studio Tecnico Associato**

Arch. A. Vergnano - Ing. A. Camelliti - Arch. A. Di Gregorio - Arch. S. Arena

Corso Peschiera 136, 10138 Torino

Tel 011 0361986

Fax 011 0361987

e-mail studio.as32@gmail.com

Responsabile Unico del Procedimento: **Geom. Aldo G. Pugnetti**

## 1. PREMESSA

Lo studio espone i risultati dell'indagine condotta ai sensi del **D.M. 11/03/88** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno, delle terre e delle opere di fondazione" e del **D.M. 17/01/18** "Aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni", e della **Legge 2/2/1974, n°64**, con particolare riferimento alla circolare del **P.G.R. del 7/3/1989, n°5/GEO/P**, all'**Ordinanza 3274 del P.C.M. del 20 marzo 2003** "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e all'**Ordinanza 3519 del P.C.M del 28 aprile 2006** "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle stesse zone", mirante a verificare le caratteristiche geologico-geotecniche e sismiche del sito identificato in: **Sommariva del Bosco (CN), via Giansana n.37 - SCUOLA MATERNA-ELEMENTARE-MEDIA - Istituto Compensivo Statale Giovanni Arpino** oggetto di verifica di vulnerabilità sismica su incarico dello Studio Tecnico Associato AS32.

Vengono di seguito illustrati i risultati della campagna di indagine geognostica condotta in data 14.06.2019 ai fini di una caratterizzazione geotecnica e sismica del sito consistente in: n.1 prova penetrometrica effettuata con penetrometro dinamico continuo pesante DPSH tipo PAGANI Meardi con massa battente da 73,5 kg e n.1 stendimento geofisico di superficie mediante metodologia MASW per la determinazione del parametro Vs equivalente (NTC 2018).

## 2. CARATTERIZZAZIONE SISMICA LOCALE

Sulla base della **D.G.R. n. 4-3084 del 12 dicembre 2011** "D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010. Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese" pubblicata sul B.U.R. n°50 del 15/12/11 il territorio comunale di Sommariva del Bosco (TO) ricade in **Zona Sismica 3** (zona sismica bassa).

Classificazione	Descrizione	$a_g$ (*)
1	E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti	$a_g > 0.25$
2	Nei Comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti	$0.15 < a_g \leq 0.25$
3	I Comuni inseriti in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti	$0.05 < a_g \leq 0.15$
4	E' la zona meno pericolosa	$a_g \leq 0.05$

## 2.2 Valutazione della verifica a liquefazione

La verifica a liquefazione non risulta necessaria in quanto - con riferimento al punto 2 dell'art. 7.11.3.4.2 "Esclusione dalla verifica a liquefazione" del D.M. 17 Gennaio 2018 "Aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni" - l'accelerazione massima attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) risulta minore di 0,1 g.

## 3. RAPPORTO GEOTECNICO

### 3.1 Caratterizzazione geotecnica del sedime

La stratigrafia geotecnica desunta dalle indagini in sito mediante prove penetrometriche dinamiche effettuate con sonda PAGANI avente massa battente 73 kg puo' essere così riassunta per tutta l'area di intervento:

- da p.c. a -6,0 m: orizzonte superficiale associabile a deposito limoso sabbiosi avente scarsa consistenza geotecnica (valore medio di resistenza penetrometrica rilevata pari a  $\approx 2 \div 3$  colpi/30 cm).
- oltre -6,0 m: depositi sabbiosi con un miglioramento progressivo con la profondità delle caratteristiche geotecniche e medio-elevata resistenza penetrometrica progressivamente passante a "rifiuto" (valore medio di resistenza penetrometrica rilevata pari a  $\approx 15$  colpi/30 cm).

La determinazione dei parametri fisici e meccanici dei terreni interessati dalle opere in progetto è stata elaborata sulla base di dati penetrometrici, risalendo dai valori di resistenza  $N_{30}$  (colpi/30cm) misurati ai valori di resistenza  $N_{SPT}$  (valori dello Standard Penetration Test) ed utilizzando poi le correlazioni per questo tipo di prova.

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

Si è ritenuto corretto definire "una stratigrafia geotecnica" cercando di individuare materiali con comportamento meccanico simile e di utilizzare per essi parametri rappresentativi di una situazione "media" e piuttosto conservativa: la parametrizzazione è stata condotta adottando le correlazioni esistenti in letteratura specifica fra  $N_{SPT}$  e densità relativa ( $D_r$ ) [Gibbs e Holtz, 1957], fra angolo di attrito ( $\phi'$ ) e densità relativa ( $D_r$ ) [Schmertmann, 1977]. Il valore del modulo di Young può essere ricavato indirettamente mediante le correlazioni e gli abachi riassunti da Denver (1982). Infine il peso di volume può essere valutato sulla base delle correlazioni proposte dal NAVFAC (1971).

### 3.2 Tipologie fondazionali e capacità portante

Nel seguito si procederà ad una verifica di fondazioni di tipo diretto continue di tipo **plinto quadrato** di lato  $B=2,5$  m immorsato ad una profondità di  $\sim -3,0$  cm dal piano cortile esterno. La valutazione della capacità portante limite ed ammissibile del terreno è stata verificata utilizzando il metodo di verifica **D.M. 17/01/2018** nei confronti degli **stati limite ultimi(SLU)**, introducendo i fattori correttivi per l'**azione sismica**.

- **Approccio 2 (A1+M1+R3)** in cui le azioni di progetto in fondazione derivano da un'unica analisi strutturale svolta impiegando i coefficienti parziali del gruppo A1, i coefficienti parziali sui parametri di resistenza del terreno (M1) sono unitari e la resistenza globale del sistema è ridotta tramite i coefficienti  $\gamma_R$  del gruppo R3.

Sulla base delle previste azioni di progetto, si è proceduto al calcolo della capacità portante del terreno introducendo i coefficienti correttivi del termine M: si evidenzia quindi che le azioni di progetto  $E_d$  [la cui definizione è demandata al progettista] dovranno risultare inferiori alle capacità portanti ridotte dai relativi fattori di sicurezza  $R$  (ed indicate nel seguito come  $R_d$ ).

Come precedentemente accennato, si è inoltre proceduto ad inserire nei calcoli i fattori correttivi per l'azione sismica, tenendo in considerazione la "pericolosità sismica di base" del sito in esame: la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

I calcoli sono stati effettuati utilizzando il software DOLMEN: trattasi di un software per il calcolo del carico limite di fondazione su terreni sciolti secondo Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Vesic e Brinch-Hansen e per il calcolo dei cedimenti con il loro decorso nel tempo. Il programma permette inoltre l'analisi in condizioni sismiche utilizzando le correzioni sismiche secondo Vesic e Sano. Le verifiche sono state fatte adottando la soluzione di *BRINCH - HANSEN [1970]*; affinché una fondazione possa resistere il carico di progetto con sicurezza nei riguardi della rottura generale, per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (stato limite ultimo), deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$R_d \geq V_d$$

dove  $V_d$  è il carico di progetto allo SLU, normale alla base della fondazione, comprendente anche il peso della fondazione stessa, mentre  $R_d$  è il carico limite di progetto della fondazione nei confronti di carichi normali, tenendo conto anche dell'effetto di carichi inclinati o eccentrici. Per le condizioni drenate il carico limite di progetto è calcolato come segue.

### Approccio 2 (A1+M1+R3)

	Q <sub>lim.</sub> (kPa)	Rd (kPa)
	M1	M1+R3
Plinto B = 2,5 m	1201	525

Come già anticipato, le azioni di progetto Ed (ridotte dai relativi coefficienti del gruppo A) dovranno risultare inferiori ai valori di Rd sopra indicati.

I valori di Rd ottenuti non possono inoltre essere considerati pari alla pressione ammissibile poiché occorre effettuare anche la verifica nei confronti degli Stati Limite di Esercizio (SLE).

La verifica nei confronti degli Stati Limite di Esercizio (SLE) è stata eseguita con il medesimo programma, utilizzando il metodo di calcolo di *BURLAND e BURBIDGE* [1984].

Il programma infatti permette, qualora si disponga di dati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche, di effettuare il calcolo dei cedimenti con il metodo di Burland e Burbidge (1985), nel quale viene correlato un indice di compressibilità  $I_c$  al risultato N delle prove penetrometriche dinamiche. L'espressione del cedimento proposta dai due autori è la seguente:

$$S = f_s \cdot f_H \cdot f_t \cdot \left[ \sigma'_{v0} \cdot B^{0.7} \cdot I_c / 3 + (q' - \sigma'_{v0}) \cdot B^{0.7} \cdot I_c \right]$$

nella quale:

$q'$  = pressione efficace lorda;

$\sigma'_{v0}$  = tensione verticale efficace alla quota d'imposta della fondazione;

$B$  = larghezza della fondazione;

$I_c$  = indice di compressibilità;

$f_s, f_H, f_t$  = fattori correttivi che tengono conto rispettivamente della forma, dello spessore dello strato compressibile e del tempo, per la componente viscosa.

L'indice di compressibilità  $I_c$  è legato al valore medio  $N_{AV}$  di  $N_{SPT}$  all'interno di una profondità significativa  $z$ :

$$I_c = \frac{1.706}{N_{AV}^{1.4}}$$

Le espressioni dei fattori correttivi  $f_s, f_H$  ed  $f_t$  sono rispettivamente:

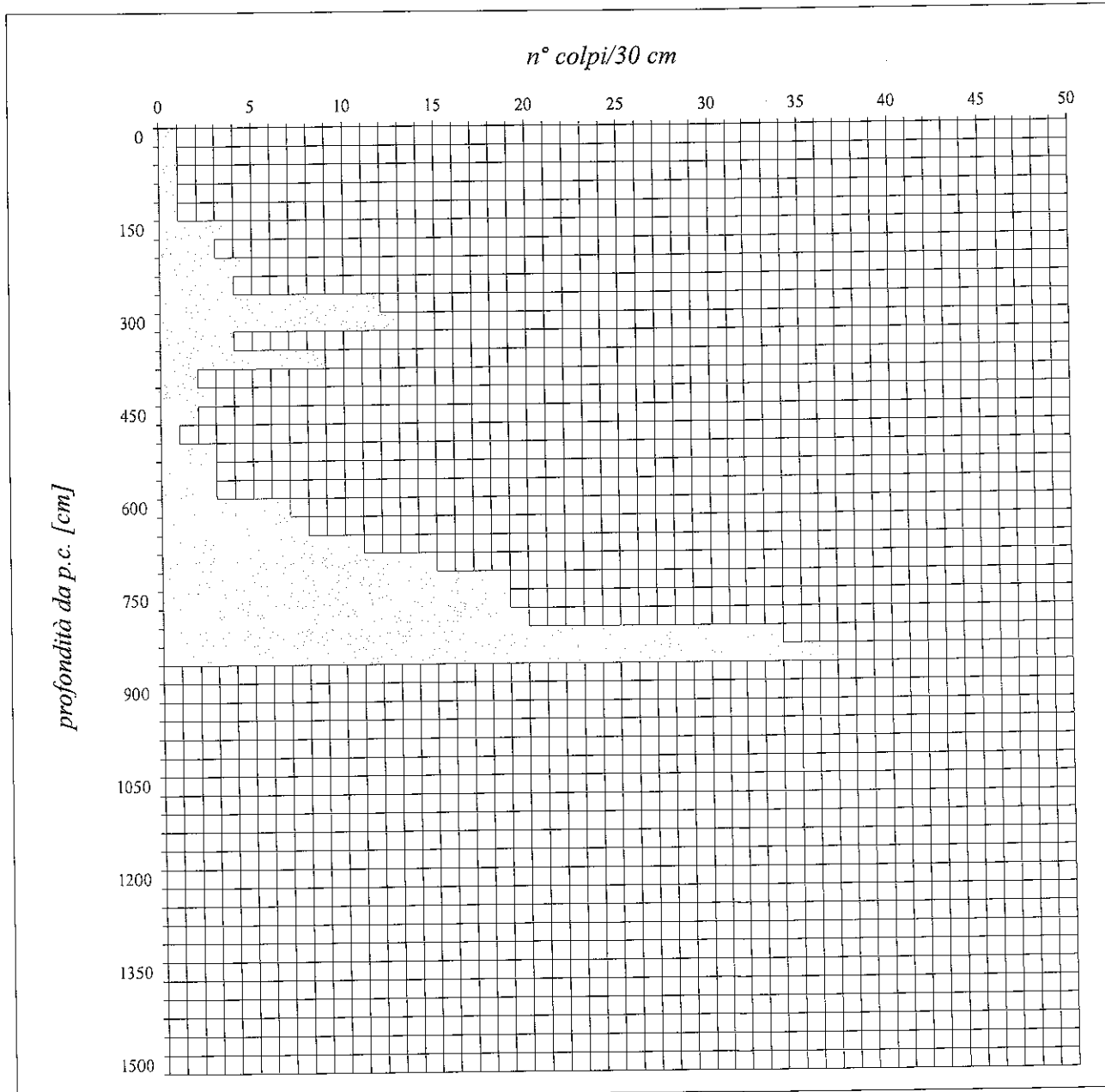
$$f_s = \left( \frac{1.25 \cdot L/B}{L/B + 0.25} \right)^2$$

$$f_H = \frac{H}{z_i} \left( 2 - \frac{H}{z_i} \right)$$

$$f_t = \left( 1 + R_3 + R \cdot \log \frac{t}{3} \right)$$

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**  
**Penetrometro dinamico pesante DPSH Meardi AGI**

<i>prova n°:</i>	<b>DPSH 1</b>	<i>data:</i>	<b>14/06/2019</b>
<i>località:</i>	Sommariva del Bosco (CN) Via Giansana n. 37	<i>falda:</i>	<b>non rilevata</b>
<i>quota inizio:</i>	<b>p.c.</b>		



Massa battente [Kg]	altezza di caduta [m]	punta conica diametro di base 51 mm	registrazione num. colpi ogni 0,30 m (N <sub>30</sub> )
73	0.75	angolo di apertura 60°	coeff. teorico di energia N <sub>SPT</sub> = N <sub>30</sub> x 1,50

fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi da informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0Hz e 10Hz, quindi da informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m.

### PROCESSING

Si deve trasformare i dati in dominio spazio-tempo in informazione sulla dispersione in dominio frequenza-velocità di fase  $V_r$ . Si sfrutta l'elevata energia delle onde superficiali e le tecniche di analisi spettrale messe a punto nella sismica di prospezione per il riconoscimento e il filtraggio del ground-roll. L'approccio più diffuso è basato sull'analisi spettrale dei segnali in dominio  $f-k$ . Lo spettro  $f-k$  del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di *Rayleigh*, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di *Rayleigh*, e se le caratteristiche del sito sono tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse.

Si dimostra infatti che la velocità delle onde di *Rayleigh* è associata ai massimi dello spettro  $f-k$ ; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda  $k$  e quindi una velocità delle onde di *Rayleigh*  $V_R$ , determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_R(f) = 2\pi f/k$$

### INVERSIONE

La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo (visco)-elastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura.

#### 1.1 Scopo delle indagini

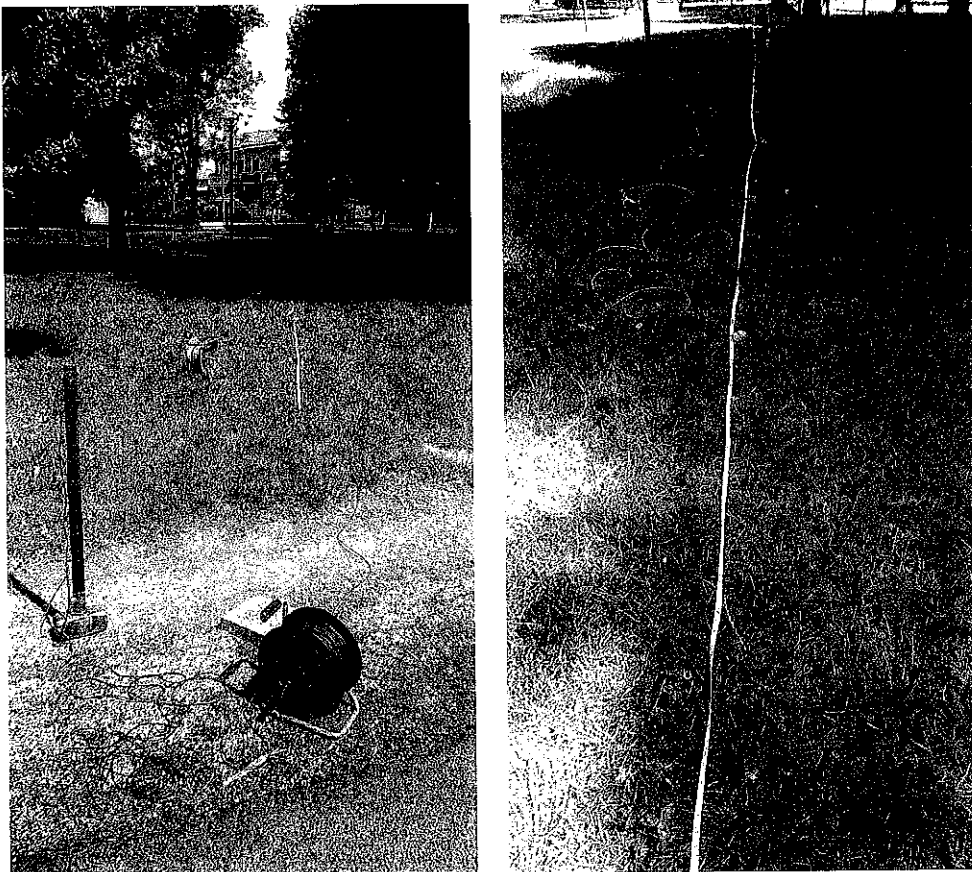
Il profilo delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno
- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici

### 3. MODALITÀ E PARAMETRI DI ACQUISIZIONE

Nel caso in esame viene fatto riferimento al metodo MASW attivo perché fornisce il profilo di velocità più preciso entro i primi 30m di profondità e consente quindi di effettuare la classificazione sismica del suolo.

In data 14/06/2019, è realizzato uno stendimento MASW nel lotto in esame sito in Sommariva del Bosco (CN) – Via Giansana 37.



Per il campionamento sono stati utilizzati i seguenti parametri di acquisizione:

- spaziatura intergeofonica 2 m;
- durata 2 s;
- frequenza 1.000 Hz;
- periodo 1 ms.

### 4. ELABORAZIONE DEI DATI

Nel caso specifico i dati acquisiti sono elaborati con il software ZondST2D, che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L'inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo. Il metodo applicato consiste quindi in tre fasi:

- calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale (allegata in fondo)



## ALLEGATI

- Grafico Vr-f
- Curva di dispersione
- Profilo Vs-profondità

# CURVA DI DISPERSIONE

