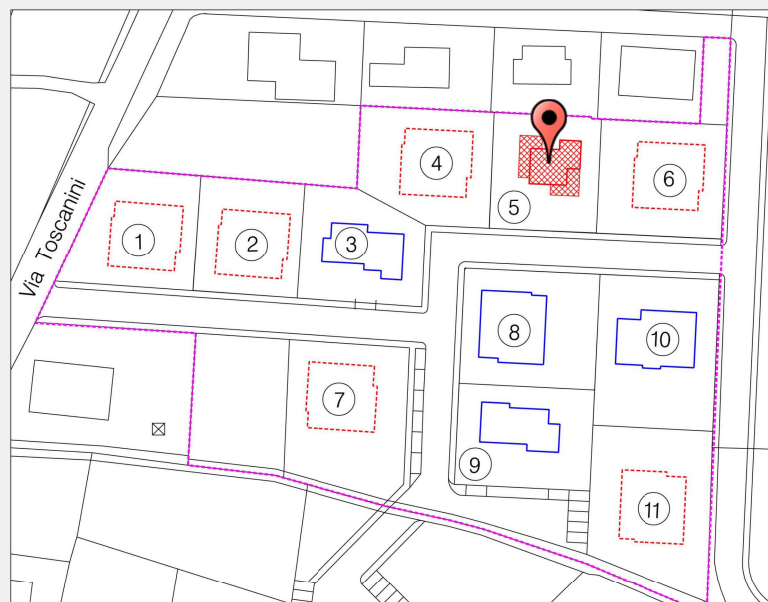


COMUNE DI BISTAGNO

Provincia di Alessandria

DITTA: TRE ERRE Costruzioni Srl con sede in Bistagno

OGGETTO: *Costruzione casa di abitazione unifamiliare – LOTTO n.5
Aree residenziali di nuovo impianto PEC n.2
in Via Toscanini del Comune di Bistagno*



Rif. Uff. 495/13

RELAZIONE GEOLOGICA – GEOTECNICA - SISMICA

ai sensi del D.M. 14/01/2008 e della L.R. N°45 del 09/08/1989

Bistagno, li 24/10/2013

Il geologo incaricato:

Visto il Progettista:

INDICE GENERALE

1. PREMESSE.....	2
1.1. OGGETTO E FINALITA'.....	2
1.2. INTERVENTO IN PROGETTO.....	2
1.3. UBICAZIONE DEL SITO.....	2
1.4. POSIZIONE DELL'AREA SULLE TAVOLE DI P.R.G.....	2
1.5. METODOLOGIA DI INDAGINE	3
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	3
3. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.....	4
3.1. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA.....	4
3.2. PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI.....	5
4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO.....	7
4.1. INDAGINE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA.....	7
4.1.1. FREQUENZA FONDAMENTALE (DI RISONANZA) DEL SITO.....	8
4.1.2. PROFILI STRATIGRAFICO-SIMICI E PARAMETRO VS 30	9
4.2. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	10
4.3. RISPOSTA SISMICA LOCALE (METODO SEMPLIFICATO).....	11
5. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI GEOTECNICHE.....	14
5.1. FONDAZIONI.....	14
5.1.1. AZIONE SISMICA DI PROGETTO.....	15
5.1.2. RESISTENZA DI PROGETTO.....	17
6. CONCLUSIONI.....	18

ALLEGATO 1 _____ **PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

ALLEGATO 2 _____ **INDAGINE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA**

ALLEGATO 3 _____ **DETERMINAZIONE VALORI CARATTERISTICI TERRENO**

ALLEGATO 4 _____ **SCHEDE PARAMETRI SISMICI**

ALLEGATO 5 _____ **SCHEDE FONDAZIONI**

ALLEGATO 6 _____ **ELABORATI GRAFICI**

- | | | |
|----------|----------------------------------|----------------|
| • TAV. 1 | Corografia | Scala 1:10.000 |
| • TAV. 2 | Planimetria indagini | Scala 1:1.000 |
| • TAV. 3 | Sezione geologica interpretativa | Scala 1:200 |
| • TAV. 4 | Documentazione fotografica | |

1. PREMESSE

1.1. OGGETTO E FINALITA'

La presente indagine, avente carattere esecutivo, è stata eseguita al fine di definire le caratteristiche, per lo più geotecniche, dei terreni del lotto n.5 situato all'interno dell'area residenziale di nuovo impianto P.E.C. n.2 sita in Via Toscanini del Comune dei Bistagno.

Per quanto riguarda gli aspetti geologici, geomorfologici e idrogeologici generali si rimanda alla consultazione della Relazione geologica (fase di progetto di massima) elaborata dallo scrivente (rif. Uff. 225/06), che si intende integralmente richiamata, allegata al progetto di Piano Edilizio Convenzionato (P.E.C. n.2).

La presente trattazione contempla gli aspetti previsti dalle normative vigenti in merito quali:

- *D.M. 14/01/2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni";*
- *L.R. 09/08/1989 n°45 "Nuove norme per gli interventi da eseguire in terreni sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici" ai sensi del R.D 3267 del 30/12/1923.*

1.2. INTERVENTO IN PROGETTO

In corrispondenza del lotto n.5 del P.E.C. 2, si prevede di realizzare un fabbricato di civile abitazione unifamiliare, delle dimensioni in pianta di circa 10 x 8,50 m, edificato su due piani fuori terra; non è prevista la realizzazione di locali interrati. La struttura di fondazione sarà di tipo diretto su platea.

Oltre allo scavo per l'insediamento della costruzione, si rendono necessari modesti movimenti terra per la sistemazione dell'area esterna di pertinenza.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla consultazione della documentazione di progetto a firma del geometra Danilo Gandini con studio in Bistagno.

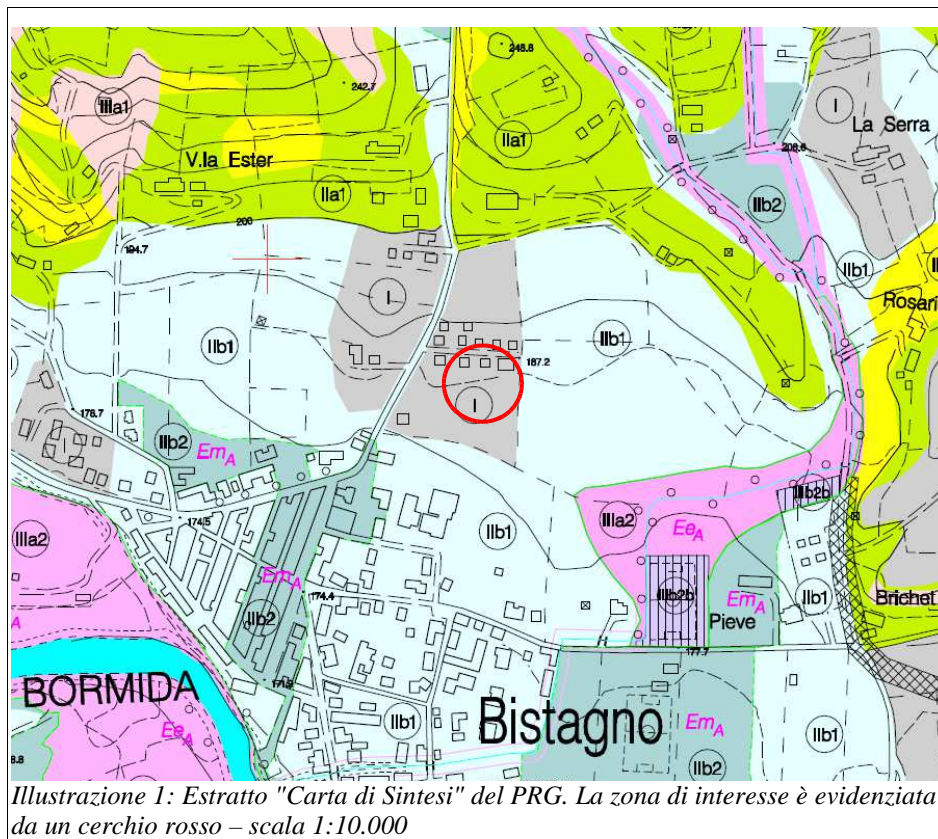
1.3. UBICAZIONE DEL SITO

Il sito di edificazione è situato in corrispondenza del lotto n.5 del P.E.C. n.2 a sua volta posto nella periferia settentrionale del centro abitato di Bistagno. Sulla Cartografia Ufficiale in scala 1:100.000 insiste sul F. 81 "Ceva", mentre sulla Carta Tecnica Regionale in scala 1:10.000 ricade sulla Sez. 194090 "Bistagno" alle seguenti coordinate geografiche (Datum WGS84): Latitudine=44°,664013, Longitudine=8°,372515 (centro del lotto). L'area in oggetto si colloca ad una quota media sul livello medio marino di circa 185 m (cfr. Corografia, Tav. 1).

1.4. POSIZIONE DELL'AREA SULLE TAVOLE DI P.R.G.

Sulla zonizzazione geologica (*Variante PRGI 2003 - Verifiche di compatibilità idraulica e idrogeologica dello strumento urbanistico – Tav. 7. Carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica*), il sito di edificazione ricade in Classe I definita come: *"Porzioni di territorio caratterizzate da assenti o limitate problematiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche senza particolari limitazioni urbanistiche.... Gli*

interventi sia pubblici, sia privati, sono consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. LLPP 11/03/1988 n.ro 47”.



L'area ricade all'interno della zona sottoposta a vincolo per scopi idrogeologici ai sensi del R.D. 3267 del 30/12/1923.

1.5. METODOLOGIA DI INDAGINE

Le indagini necessarie per la presente trattazione si sono svolte attraverso:

- un'indagine geotecnica in sito costituita da una prova penetrometrica dinamica continua;
- un'indagine geofisica rappresentata da una prova di sismica passiva a stazione singola.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame dal punto di vista geologico è caratterizzata dalla presenza di terreni superficiali di origine alluvionale riconducibili al reticolo idrografico principale (F. Bormida) e presumibilmente attribuibili alla Fase del Fluviale Medio (Quaternario-Pleistocene).

Tali terreni nella zona di interesse, sono costituiti essenzialmente da limi e/o limi argillosi argillosi con presenza di orizzonti a granulometria maggiore (sabbie e ghiaie) in profondità e in prossimità del substrato terziario.

E' probabile che la parte sommitale di detti terreni sia in parte di origine colluviale, derivante cioè dal deposito del carico solido delle acque di corrivazione provenienti dal versante e dalla porzione di piana retrostanti.

Al di sotto dei terreni superficiali su descritti, ad una profondità stimabile di una decina di metri, sono presenti i litotipi *marnoso-siltosi* e *siltoso marnosi* con intercalazioni di *strati arenacei*, appartenenti alla formazione delle *Marne di Cessole*, che costituiscono il substrato roccioso.

Si tratta di rocce di origine sedimentaria derivanti dalla diagenesi di potenti deposizioni avvenute in ambiente marino in età Terziaria e più precisamente risalenti al periodo "*Langhiano*" (*Miocene medio*, circa 15 milioni di anni fa).

3. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

3.1. PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

La stratigrafia e le caratteristiche geotecniche puntuali dei terreni oggetto di intervento sono state esplorate con il supporto di una prova penetrometrica dinamica di tipo medio, eseguita all'incirca nel baricentro del lotto (cfr. posizione su Tav.2 e 3).

La prova è stata effettuata con penetrometro dinamico di tipo medio mod. *Deep Drill DM30* attrezzato con punta da 10 cm². Le relative caratteristiche tecniche sono riportate, unitamente al tabulato della prove eseguite, all'interno dell'*Allegato 1* a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

La resistenza media del terreno, in assenza di ostacoli ed impedimenti locali, è direttamente proporzionale al numero di colpi (N_{10}) del maglio necessari per una infissione di 10 cm della punta del penetrometro. Tale dato è stato rapportato, mediante un fattore di correzione strumentale (coefficiente teorico di energia), al numero dei colpi $N_{(30)}$ della prova Standard SPT (Standard Penetration Test).

La prova ha raggiunto una profondità di 8,80m ed è stata protratta fino al "rifiuto all'avanzamento" della punta dello strumento dovuta alla presenza di terreni particolarmente compatti, presumibilmente rappresentati da *ghiaie addensate*.

La stratigrafia presunta riscontrata nella prova e riportate nelle schede dell'*Allegato n. 1*, viene riassunta nella seguente tabella:

Prova penetrometrica 1				
Strato n.	Intervalli di profondità (m)	Caratteristiche litostratigrafiche presunte	Stato	N_{spt} medio
1	0,00-4,50	Limi e/o limi argillosi	Poco addensato	6,40
2	4,50-6,90	Sabbia con ghiaia	Moderatamente addensato	11,65
3	6,90-8,80	Ghiaia e sabbia	Addensato	31,77

Sino alla profondità di investigazione, al momento dell'indagine, non si è rilevata la presenza di acqua libera nel terreno (falda acquifera). Dai dati rilevati (pozzo in prossimità) comunque la falda acquifera dovrebbe collocarsi appena sotto di tale profondità (circa 9 m).

3.2. PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

I valori dei parametri geotecnici sono stati ricavati in modo empirico attraverso relazioni note dalla bibliografia corrente che utilizzano essenzialmente il valore N_{spt} ottenuto nella prova penetrometrica di cui al paragrafo precedente.

Esistono varie formule empiriche in letteratura e quelle indicate di seguito e che sono state utilizzate, a parere dello scrivente, sono quelle che meglio si adattano alle condizioni della zona studiata.

Angolo di attrito (ϕ)

Formula di *Owasaki & Iwasaki (1959)* - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie

$$\phi' = (20N_{spt})^{0,5} + 15$$

Modulo edometrico (Ed)

Formula di *Menzebach e Malcev*

relazione per sabbia fine = $Ed [kg/cm^2] = 3,54 N_{spt} + 38$

relazione per sabbia e ghiaia = $Ed [kg/cm^2] = 11,84 N_{spt} + 38$

Peso di volume naturale

Formula di Meyerhof ed altri.

Nella progettazione geotecnica occorre fare riferimento al "valore caratteristico", che secondo le indicazioni del D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche sulle Costruzioni) deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite¹ considerato.

Per la determinazione del "valore caratteristico" relativo a ciascun parametro geotecnico si è scelto un approccio probabilistico (cfr. Allegato n.2) delle grandezze misurate (derivanti dall'elaborazione del numero di colpi riferito ad ogni 10 cm profondità della prova penetrometrica eseguita).

L'Eurocodice7 indica come probabilità di non superamento la soglia del 5% (quinto percentile)². La scelta di tale valore (cautelativo) è coerente con le indicazioni degli eurocodici e della normativa nazionale (NTC 2008).

Occorre inoltre fare una distinzione, ossia se ci si trova di fronte o meno a compensazione delle resistenze del terreno. Più chiaramente si ha compensazione delle resistenze quando in un intervento è coinvolto un elevato volume di terreno con possibile compensazione delle eterogeneità (es. capacità portante fondazioni con ampia superficie di appoggio quali travi rovesce o platee sufficientemente rigide, verifiche di stabilità globale); in tal caso il valore caratteristico scelto dovrà essere prossimo a quello medio (o meglio corrispondente al 5°

¹ per stato limite si intende una particolare condizione di cimento di un'opera nella quale si raggiunge uno stato (insieme di sollecitazione e di spostamento) tale da compromettere un particolare aspetto funzionale dell'opera.

² valore al di sotto del quale ci si può attendere che si collochi non più del 5% dei risultati ottenibili da una serie illimitata di prove

percentile della media) misurato all'interno del volume significativo. Viceversa non si ha compensazione quando è coinvolto un volume ristretto di terreno (es. capacità portante di fondazioni isolate come i plinti, verifica a scorrimento nei muri di sostegno); in tal caso il valore caratteristico dovrà essere assunto prossimo a quello minimo (5° percentile della "popolazione").

Nel caso specifico, considerando le dimensioni della platea, si ritiene corretto considerare un regime di "resistenze compensate" (fondazioni con ampia superficie di appoggio).

Per quanto riguarda la stima del peso di volume si ritiene corretto assumere il valore medio (ricavato dal N_{spt} medio di ciascun strato) senza ricorrere ad elaborazione di tipo statistico.

Sulla scorta dell'indagine geotecnica (prova penetrometrica) è stato possibile definire un profilo stratigrafico-geotecnico rappresentato da tre UNITA' LITOLOGICHE a cui si propone di associare i seguenti parametri geotecnici caratteristici elaborati statisticamente all'interno dell'Allegato n.3:

Unità Litologica I: Limi argillosi				
<i>Resistenze</i>	<i>Peso di volume [kN/m³]</i> γ_k	<i>Angolo di resistenza al taglio [°]</i> φ_k	<i>Coesione drenata [kPa]</i> C_k	<i>Modulo edometrico [kPa]</i> Ed_k
Compensate	16,5	23	0	4800

Unità Litologica II: Sabbia e limo				
<i>Resistenze</i>	<i>Peso di volume [kN/m³]</i> γ_k	<i>Angolo di resistenza al taglio [°]</i> φ_k	<i>Coesione drenata [kPa]</i> C_k	<i>Modulo edometrico [kPa]</i> Ed_k
Compensate	19	28	0	6700

Unità Litologica III: Ghiaia e sabbia				
<i>Resistenze</i>	<i>Peso di volume [kN/m³]</i> γ_k	<i>Angolo di resistenza al taglio [°]</i> φ_k	<i>Coesione drenata [kPa]</i> C_k	<i>Modulo edometrico [kPa]</i> Ed_k
Compensate	20,5	33,5	0	21400

4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

4.1. INDAGINE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA

Consiste nella misurazione del *microtremore ambientale*³ nelle sue tre componenti spaziali (x, y e z opp. E-W, N-S e Up-Down) a varie frequenze per mezzo di un registratore sismico (tromografo o tromometro).

Dall'analisi delle componenti spettrali delle tracce registrate è possibile:

- ricavare la frequenza fondamentale (o di risonanza) del sito;
- ottenere un'interpretazione del profilo stratigrafico-sismico ad elevata profondità con stima sulla profondità del bedrock (substrato sismico o litologico) e del parametro VS30 (velocità media delle onde S – di taglio – nei primi 30 metri di profondità).

La strumentazione utilizzata per la registrazione è costituita da un tromografo digitale (TROMINO della MICROMED S.p.a) dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati sul piano orizzontale (N-S e E-W) e sul piano verticale (Up-Down). I dati di rumore, amplificati e digitalizzati, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz ritenuta la più indicata per la tipologia di indagine⁴.

Per l'Analisi spettrale delle tracce e la modellazione si è utilizzato uno specifico software dedicato (Grilla della MICROMED S.p.a), conforme alle direttive fornite dal progetto di ricerca europeo SESAME.

Di seguito viene descritto il procedimento e vengono espresse considerazioni relative al sito in esame. Per i dettagli grafici e numerici relativi alla prova si rimanda alla consultazione dell'Allegato n. 2.



Illustrazione n.2
Posizionamento del tromografo sul terreno. L'accoppiamento strumento - terreno è garantito dall'infissione di particolari "piedini".

3 detto anche *rumore sismico*, sono movimenti minimi (nell'ordine di 10^{-2} – 10^{-6} mm) del terreno presenti in qualsiasi punto della superficie terrestre, e consiste per lo più nelle onde di superficie (onde di Rayleigh e onde di Love) prodotte dall'interferenza costruttiva delle onde P ed S negli strati superficiali. Il rumore sismico viene prodotto principalmente dal vento e dalle onde del mare, ma anche (alle frequenze più alte) da sorgenti di carattere antropico come ad esempio industrie e traffico veicolare.

4 Il Tromino può essere utilizzato anche per applicazioni ingegneristiche su strutture quali analisi modali e analisi di vibrazioni

4.1.1. FREQUENZA FONDAMENTALE (DI RISONANZA) DEL SITO

La prova sismica passiva a stazione singola mette in luce le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica⁵, in quanto il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione. Un suolo vibra con maggiore ampiezza a specifiche frequenze (per l'appunto di risonanza) non solo quando è eccitato da un terremoto ma anche quando è eccitato da un tremore di qualsiasi origine. Questo fa sì che la misura delle frequenze di risonanza dei terreni sia possibile ovunque ed in modo semplice, anche in assenza di terremoti.

Le frequenze a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla relazione: $f=Vs/4h$ (formula semplificata) dove Vs è la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona e h è lo spessore di detto strato.

La prova, comunemente nota con il termine H/V o HVSR (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali H e verticale V) fu applicata per la prima volta da Nogoshi e Igarashi (1970) e resa popolare da Nakamura (1989).

Infatti è proprio dal grafico del rapporto tra le componenti spettrali orizzontale e verticale (cfr. Figura 1 su Allegato n.3) che viene evidenziata la frequenza (o più frequenze se si è in presenza di un profilo stratigrafico multistrato con contrasti di impedenza⁶ significativi) attraverso un "picco" della curva (in genere dovuto ad un minimo della componente verticale, riscontrabile negli spettri delle singole componenti – cfr. Allegato 3 Figura 2).

La frequenza fondamentale del sito è da intendersi quella più significativa a bassa frequenza, che nel caso del sito in esame (ubicazione prova in corrispondenza della prova penetrometrica n.1) coincide anche con il picco più evidente posto a 6,44Hz.

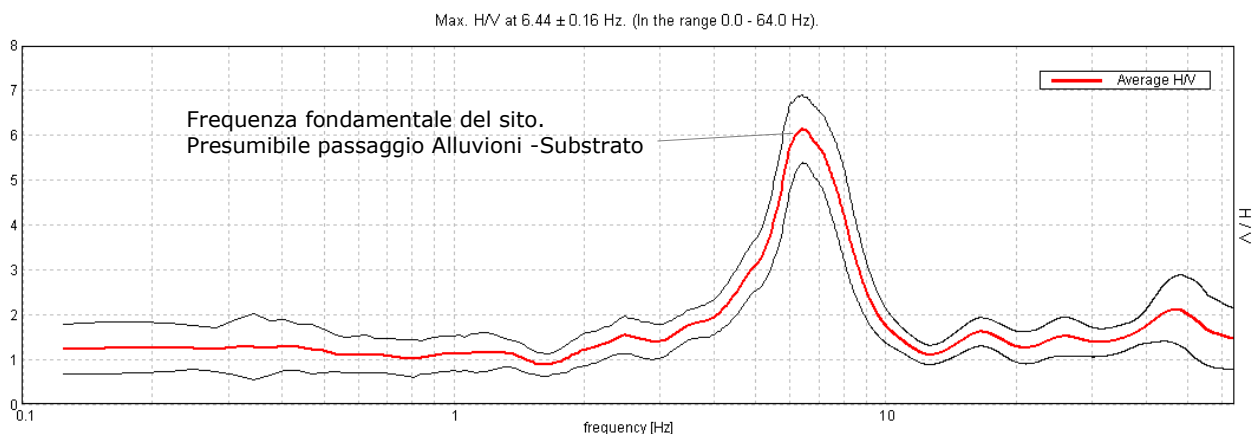


Illustrazione 3: Rapporto spettrale orizzontale su verticale

Le frequenze di risonanza del sottosuolo, costituiscono un parametro fondamentale per i progettisti, i quali devono evitare, o se non è possibile quanto meno tenere in debita

⁵ Si ha risonanza stratigrafica quando si è in presenza di terreni di copertura con spessore superiore a tre metri su di un substrato rigido.

⁶ Rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso

considerazione nel dimensionamento delle strutture, i fenomeni di "doppia risonanza"⁷ che costituiscono la vera causa delle distruzioni generate da un terremoto.

4.1.2. PROFILI STRATIGRAFICO-SIMICI E PARAMETRO VS 30

La legislazione antisismica adotta come parametro fondamentale per la stima degli effetti di sito la velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di sottosuolo, parametro comunemente chiamato *Vs30*. Stime di *Vs30* sono perciò necessarie quasi ovunque per la microzonazione sia a grande scala che alla scala dei singoli edifici.

Poiché la misura di *Vs30* utilizzando le tecniche di prospezione classica *cross-hole* e *down-hole* (tecniche di simica attiva in foro) è molto costosa, è sempre più comune l'uso di metodi alternativi, generalmente basati su misure di tipo passivo. Una tecnica per la misura di *Vs30* veloce ed economica che fornisce valori con approssimazioni accettabili, è basata sulla inversione dei rapporti spettrali del tremore sismico (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR) registrato da una stazione singola (cfr. paragrafo precedente). La curva sperimentale HVSR viene "fittata"⁸ con una curva teorica usando come vincolo lo spessore dello strato più superficiale (o altro orizzonte il cui picco H/V è individuabile sulla curva sperimentale) di sottosuolo (generalmente noto dalle indagini geotecniche necessarie per legge per ogni progettazione edilizia, che nel presente caso sono rappresentate dalla prova penetrometrica dinamica), basandosi sulla nota equazione che lega la frequenza di risonanza (*f*) allo spessore (*h*) dello strato e alla velocità delle onde di taglio (*Vs*): $f = Vs/4h$ (da cui $h = Vs/4f$).

Il fit della curva HVSR effettuato (cfr. Fig. 3 Allegato n.2) fornisce il modello stratigrafico-sismico (cfr. Fig. 4 – Allegato n.2) dell'andamento di *Vs* con la profondità riassunto nella seguente tabella:

Litologia presunta	Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson	Densità t/mc
Limo argilloso	4.50	4.50	200	0.35	1,6
Sabbia e limo	6.90	2.40	250	0.35	1,9
Ghiaia e sabbia	9.00	2.10	280	0.35	2
Ghiaia e sabbia in falda	11.50	2.50	280	0.48 (H ₂ O)	2
Marna	-	-	530	0.35	2,2

Vs(0.0-30.0)=360m/s

⁷ coincidenza delle frequenze di vibrazione proprie del sottosuolo con quelle degli edifici (o altre strutture) che causa un'ulteriore amplificazione sismica con conseguente aumento della sollecitazioni.

⁸ In gergo significa *adattare* approssimando il più possibile la curva del modello teorico con quella sperimentale (misurata)

Il valore del parametro Vs30 su riportato è stato ricavato attraverso la formula (media ponderata):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

dove h_i e V_{s_i} sono spessori e velocità dei singoli strati.

4.2 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base" in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria di sottosuolo "A" e categoria topografica "T1" nelle NTC). Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La normativa (Norme Tecniche per le Costruzioni - NTC 2008 – tabella 1) fornisce, per tutto il territorio nazionale, una griglia di valori (in dipendenza delle coordinate geografiche del punto) relativamente ai seguenti parametri che definiscono lo spettro di risposta elastico, necessario per la determinazione delle azioni sismiche:

- a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 : 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.

Tali parametri assumono diversi valori a seconda del periodo di ritorno (T_R) dell'azione sismica a sua volta legato alla vita di riferimento dell'opera strutturale (V_R – cfr. § 2.4.3 NTC-08) e allo stato limite (cfr. § 3.2.1 NTC-08) considerato (cfr tabella c.3.2.I NTC sottostante).

Stati Limite di Esercizio (SLE)	SLO	$(\dagger) 30 \text{ anni} \leq T_R = 0,60 \cdot V_R$
	SLD	$T_R = V_R$
Stati Limite Ultimi (SLU)	SLV	$T_R = 9,50 \cdot V_R$
	SLC	$T_R = 19,50 \cdot V_R \leq 2475 \text{ anni} (\dagger)$

Di seguito si riportano i parametri relativi al sito e all'opera strutturale in esame:

COORDINATE GEOGRAFICHE SITO (Datum:ED50)

Latitudine [°]	44,664975
Longitudine [°]	8,373578
Zona sismica	4

DATI RELATIVI ALL'OPERA STRUTTURALE⁹

Dato	Valore	Descrizione
Vita nominale opera strutturale V_N [anni]	≥ 50	2. Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
Coefficiente d'uso C_U :	1,0	II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Vita di riferimento per l'azione sismica V_R [anni]	50	$V_R = V_N \times C_U$

PARAMETRI SISMICI SU SITO DI RIFERIMENTO RIGIDO PER T_r ASSEGNATI

Stato limite		T_r [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
di esercizio (SLE)	Operatività (SLO)	30	0.018	2.599	0.160
	Danno (SLD)	50	0.023	2.564	0.187
Ultimo (SLU)	Salvaguardia della vita (SLV)	475	0.051	2.606	0.293
	Prevenzione collasso (SLD)	975	0.062	2.680	0.312

4.3 RISPOSTA SISMICA LOCALE (metodo semplificato)

L'azione sismica, individuata nelle modalità di cui al paragrafo precedente, viene variata, nei modi precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni stratigrafiche locali (amplificazione stratigrafica) e dalla morfologia della superficie (amplificazione topografica). Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

Per un sito rientrante nelle categorie di sottosuolo A,B,C,D,E di cui alla tabella 3.2.II delle NTC, si può fare riferimento a un approccio semplificato (sono escluse le categorie di sottosuolo S1 e S2 descritte nella Tab. 3.2.III NTC08 e le strutture con periodo fondamentale di oscillazione superiore a 4 sec. per le quali occorrono studi specifici di RSL) che si basa sull'assegnazione di

⁹ Tali dati sono stati assunti dallo scrivente in base agli elementi progettuali in possesso. Eventuali variazioni potranno essere apportate dal progettista in base alle proprie considerazioni.

coefficienti di amplificazione predefiniti in base alla categoria di sottosuolo e a condizioni topografiche semplificate.

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato ad una categoria di sottosuolo ed una categoria topografica, è definito mediante l'accelerazione massima (a_{max}) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa. Il valore di a_{max} può essere ricavato dalla relazione:

$$a_{max} = a_g \cdot S \cdot \eta$$

dove a_g è l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido e S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_s \cdot S_T$$

essendo S_s il coefficiente di amplificazione stratigrafica (vedi Tab. 3.2.V NTC08) e S_T il coefficiente di amplificazione topografica (vedi Tab. 3.2.VI NTC),

e η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%, mediante la relazione : $\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione (generalmente si assume $\xi = 5\%$ e quindi $\eta = 1$).

Altri parametri atti a definire le caratteristiche dello spettro elastico di risposta in accelerazioni delle componenti orizzontali del sito sono:

Ascisse (T=periodo di vibrazione)

$T_C = C_c \cdot T_C^*$	Periodo inizio tratto a velocità costante dove T_C^* è lo stesso periodo riferito al sito di riferimento rigido e C_c è un coefficiente in dipendenza della categoria di sottosuolo assegnata.
$T_B = T_C/3$	Periodo inizio tratto ad accelerazione costante
$T_D = 4,0a_g/g + 1,6$	Periodo inizio tratto a spostamento costante

Ordinate ($S_e(T)$ =accelerazione spettrale orizzontale)

$$\begin{array}{l}
 0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{array}$$

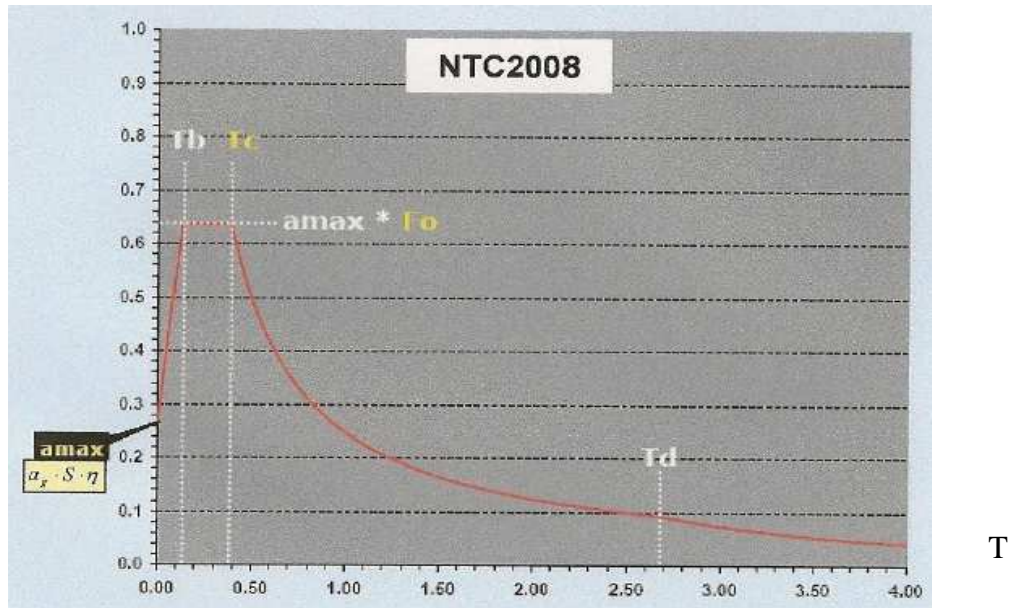


Illustrazione 4: Indicazione parametri spettro di risposta elastico

Di seguito si riportano i parametri assegnati al sito in esame:

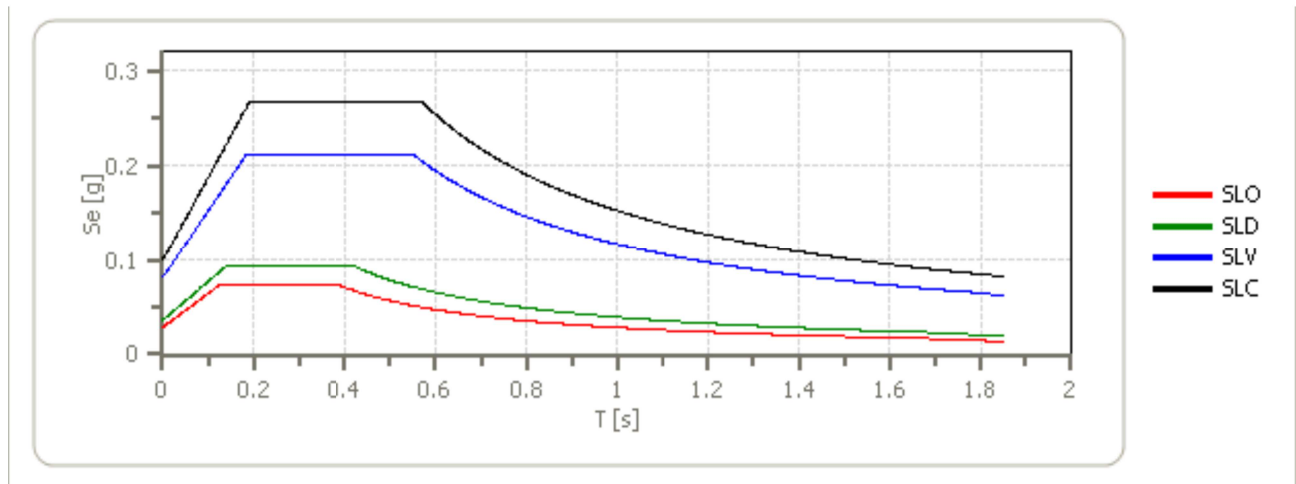
CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (§ 3.2.2 NTC-08)

Categoria	Descrizione	Amplificazione stratigrafica S_s
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{30} > 800$ m/s	1,6

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE (§ 3.2.2 NTC-08)

Categoria	Descrizione	Amplificazione topografica S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA (§ 3.2.3 NTC-08)

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontaliCoefficiente di smorzamento viscoso $\xi = 5\%$ Fattore che altera lo spettro elastico $\eta = 1,000$ 

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1.0	0.018	2.599	0.160	1.600	2.400	1.000	1.600	1.000	0.128	0.383	1.671	0.029	0.074
SLD	1.0	0.023	2.564	0.187	1.600	2.250	1.000	1.600	1.000	0.140	0.421	1.691	0.036	0.093
SLV	1.0	0.051	2.606	0.293	1.600	1.880	1.000	1.600	1.000	0.184	0.551	1.804	0.081	0.212
SLC	1.0	0.062	2.680	0.312	1.600	1.830	1.000	1.600	1.000	0.190	0.570	1.849	0.100	0.267

5. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI GEOTECNICHE

5.1. FONDAZIONI

La fondazione prevista in progetto, rappresentata da una platea continua, è da considerarsi idonea in relazione alla situazione stratigrafica e geotecnica riscontrata.

L'utilizzo di una platea consente infatti un maggior controllo dei cedimenti attraverso una significativa riduzione delle pressioni di contatto sul terreno rispetto a fondazione di tipo isolato (plinti) e un "effetto arco" dovuto alla rigidità della fondazione in grado di compensare eventuali eterogeneità nei terreni di fondazione.

Le valutazioni delle resistenze di progetto dei terreni di fondazione sono state eseguite considerando l'azione sismica relativa allo *Stato Limite di salvaguardia della vita (SLV)* e adottando l'approccio di calcolo, identificato nelle N.T.C di cui al D.M. 14/01/2008 (paragrafo 6.4.2) come "Approccio 2", schematizzabile con la combinazione A1+M1+R3, dove quest'ultimi rappresentano i coefficienti parziali da applicarsi rispettivamente alle azioni (A1 – es. i carichi), ai parametri geotecnici (M1) ed alle resistenze (R3). Più precisamente si deve fare riferimento alle seguenti tabelle riportate sulle N.C.T.2008:

Tabella 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{Q1}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	γ_f	1,0	1,0

Tabella 6.4.I - Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali.

VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,1$	$\gamma_R = 1,1$

Perché una fondazione sia verificata occorre che sia rispettata la condizione $E_d \leq R_d$, ove

E_d = azione di progetto (combinazione dei carichi)

R_d = valore della resistenza di progetto.

5.1.1. AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Le NTC impongono di considerare effetto del sisma sull'azione di progetto.

Applicando il metodo pseudostatico, l'azione sismica si traduce in accelerazioni del sottosuolo (effetto cinematico khk) e nella fondazione (effetto inerziale khi) per le azioni delle forze di inerzia prodotte nella struttura in elevazione.

Tali effetti possono essere portati in conto mediante l'introduzione di coefficienti sismici rispettivamente denominati K_{hi} e K_{hk} ; il primo definito dal rapporto tra le componenti orizzontale e verticale dei carichi trasmessi in fondazione ed il secondo funzione dell'accelerazione massima attesa al sito.

Effetto inerziale

L'effetto inerziale produce le variazioni di tutti i coefficienti di carico limite N_c , N_q e N_g in funzione del coefficiente sismico k_{hi} .

Il coefficiente k_{hi} coincide con l'accelerazione spettrale orizzontale di progetto $S_d(T_1)$ al tempo T_1 (sec.), dove T_1 è il periodo fondamentale di oscillazione della struttura.

Il periodo di oscillazione fondamentale di un edificio è essenzialmente legato alla sua altezza e dal tipo di materiale di costruzione. In mancanza di dati specifici, può essere in prima approssimazione quantificato mediante la relazione:

$$T_1 = C \times h^{3/4}$$

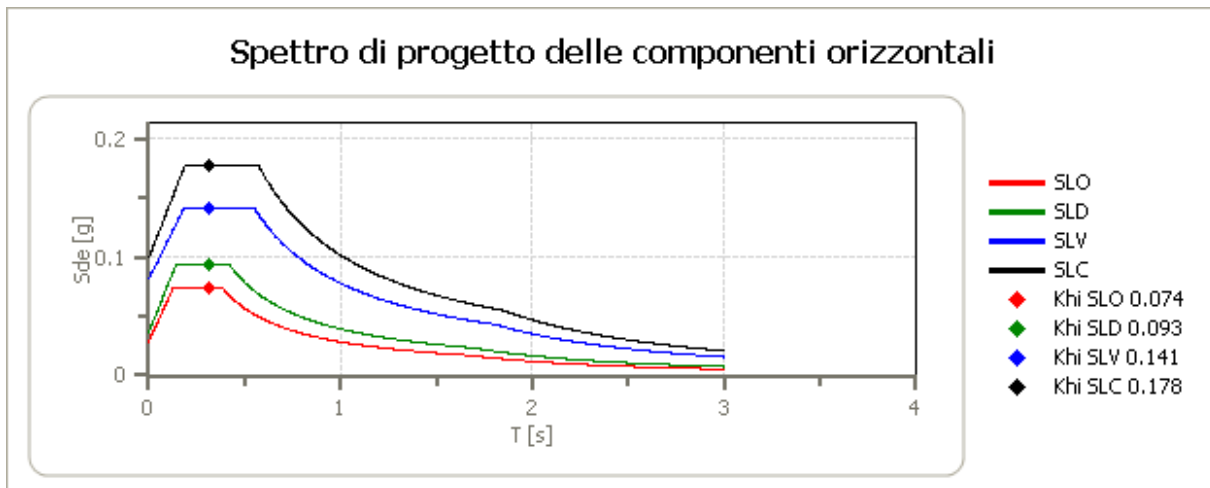
dove C è un coefficiente che dipende dal tipo di materiale (0.085 per strutture a telaio in acciaio, 0.075 per strutture in c.a., 0.05 per altri tipi di struttura) e h è l'altezza dell'edificio dal piano di fondazione.

Il fabbricato in progetto avente una struttura in c.a. e un'altezza di 5 m (misurata dal piano delle fondazioni) si è considerato $T_1 = \mathbf{0,31 \text{ sec}}$ (a cui corrisponde una frequenza di $F = 3,22 \text{ Hz}$ essendo $F = 1/T$).

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ è ottenuto riducendo opportunamente le ordinate dello spettro di risposta elastico $S_e(T)$ (cfr. paragrafo 4.3, pag. 14) sostituendo il fattore η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura¹⁰.

Relativamente al caso in esame, considerando: $q = 1.5$ ¹¹

si ottiene il seguente *Spettro di risposta di progetto in accelerazione delle componenti orizzontali*:



Da cui si ottiene per lo Stato limite di salvaguardia della vita SLV¹² un $\mathbf{K_{hi} = S_d(T_1) = 0,141 \text{ [g]}}$

¹⁰ Il fattore q può essere calcolato attraverso l'espressione $q = q_0 K_R$, dove q_0 è il valore massimo del fattore di struttura e K_R è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza variabile dal 1 a 0,8.

¹¹ Valori diversi potranno essere assunti dal tecnico strutturista in base alle proprie considerazioni.

¹² SLV: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

Effetto cinematico

L'effetto cinematico modifica solo il coefficiente N_g in funzione del coefficiente sismico k_{hk} .

Il coefficiente k_{hk} viene calcolato con la seguente espressione

$$k_{hk} = \beta_s \times a_{max} [g] \quad \text{oppure} \quad K = \beta_s \times a_{max} / g \quad (\text{se } a_{max} \text{ è espresso in } m/s^2)$$

dove:

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito (per categorie di suolo B,C,D ed E è pari a 0,2 – cfr. tab. 7.11.I NTC);

g = accelerazione di gravità pari a 9,81 m/s²

a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito: $a_{max} = a_g \times S_s \times S_T$

dove: S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica

S_T = coefficiente di amplificazione topografica

a_g = accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido

Per il significato e i valori assunti dei suddetti parametri si rimanda alla consultazione del paragrafo 4.4 e dell'Allegato n.4 (scheda parametri sismici).

Per il caso in esame, per lo Stato limite di salvaguardia della vita SLV, si è ottenuto un valore di **$k_{hk}=0,0163 [g]$**

5.1.2. RESISTENZA DI PROGETTO

Il valore della *resistenza di progetto* R_d (paragonabile indicativamente al carico ammissibile nel vecchio metodo delle tensioni ammissibili) si è ottenuto dividendo la *capacità portante dei terreni* (o pressione limite o carico di rottura) Q_d per un coefficiente di 2,3 (R3 tabella 6.4.1. NTC2008) (Approccio 2 NTC 2008).

Il valore di Q_d può essere ottenuto analiticamente attraverso relazioni proposte da vari autori (es. Terzaghi, Meyerhof, Hansen, Vesic et al.), che tengono conto oltre dei parametri geotecnici anche dei fattori geometrici quali tipo di fondazione, profondità del piano di fondazione e dimensione della fondazione.

Nel caso specifico si è ritenuto opportuno dover applicare la formula di Hansen (1970):

$$Q_d = c \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c \times b_c \times g_c + s_q \times y_1 \times D \times N_q \times d_q \times i_q \times b_q \times g_q + 0.5 \times y_2 \times B \times N_y \times s_y \times d_y \times i_y \times b_y \times g_y \quad (\text{per } \Phi > 0);$$

in cui:

c = coesione

D = profondità piano di posa

N_c, N_q, N_y = fattori adimensionali di portanza,

s_c, s_q, s_y = fattori di forma,

d_c, d_q, d_y = fattori correttivi per l'approfondimento,

i_c, i_q, i_y = fattori correttivi per carichi inclinati,

B = larghezza fondazione,

b_c, b_q, b_y = fattori correttivi per l'inclinazione della base della fondazione,

g_c, g_q, g_y = fattori correttivi per fondazioni su pendio,

Considerando la stratigrafia riscontrata nella prova penetrometrica, le caratteristiche geotecniche proposte nel paragrafo 3.2., tramite l'ausilio di un software specifico (LoadCap della Geostru srl), si è calcolata la pressione ammissibile di una platea di dimensioni in pianta di 9,3x10,80m ad una profondità di posa di 0,80m, ottenendo un valore pari a:

Resistenza di progetto (pressione limite/R3 dove R3=2,3) = 131,62 kN/m²

superiore al carico di progetto presunto in 40 kN/m².

6. CONCLUSIONI

In corrispondenza del lotto n.5 del P.E.C. 2, si prevede di realizzare un fabbricato di civile abitazione unifamiliare, delle dimensioni in pianta di circa 10 x 8,50 m, edificato su due piani fuori terra; non è prevista la realizzazione di locali interrati. La struttura di fondazione sarà di tipo diretto su platea.

A parere dello scrivente, dai riscontri effettuati, non sono emersi elementi ostativi di carattere geologico che potrebbero impedire o quanto meno limitare in modo determinante le scelte progettuali. Il sito in oggetto infatti non appare soggetto o potenzialmente soggetto a fenomeni e/o processi idrologici particolari. Si consiglia comunque di prevedere una quota di calpestio del piano terreno leggermente sopraelevata (una decina di centimetri) rispetto al piano del cortile in modo da evitare intromissione di eventuali acque superficiali.

La stratigrafia e le caratteristiche geotecniche puntuali dei terreni oggetto di edificazione sono state esplorate con il supporto di una prova penetrometrica dinamica continua. Si è inoltre eseguita un'indagine di simica passiva a stazione singola dalla quale si è potuto ricavare la frequenza di risonanza del sito e un profilo stratigrafico-sismico a grande profondità (cfr. paragrafo 4.1).

La fondazione prevista in progetto, rappresentata da una platea continua, è da considerarsi idonea in relazione alla situazione stratigrafica e geotecnica riscontrata.

L'utilizzo di una platea consente infatti un maggior controllo dei cedimenti attraverso una significativa riduzione delle pressioni di contatto sul terreno rispetto a fondazione di tipo isolato (plinti) e un "effetto arco" dovuto alla rigidità della fondazione in grado di compensare eventuali eterogeneità nei terreni di fondazione.

La resistenza di progetto dei terreni di fondazione, per una platea avente dimensioni di 9,3x10,8m ad una profondità posa di 0,80m è stata quantificata in **131,62 kN/m²** (Approccio 2 NTC2008). Inoltre anche i cedimenti calcolati sono da ritenersi compatibili (cfr. allegato 5) con il tipo di opera.

I movimenti terra necessari per l'insediamento dell'opera e la sistemazione dell'area esterna sono da considerarsi compatibili con situazione geologica locale.

* * *

A riepilogo, a seguito delle indagini eseguite, l'intervento previsto in progetto, a parere dello scrivente, è da considerarsi fattibile e compatibile con la situazione geologica dei luoghi.

Bistagno, li 24/10/2013

Dr. Geol. AMANDOLA Luciano

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

- Caratteristiche strumentali
- Tabulato della prova
- Grafico e stratigrafia presunta

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Tre Erre Costruzione Srl
 Cantiere: Edificazione lotto 3 - PEC 2
 Località: Comune di Bistagno

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL030 10) (Medium)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	21 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2,9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0,761
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °



OPERATORE
Luciano Amandola

RESPONSABILE
geol. Luciano Amandola

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
 Prova eseguita in data 24/10/2013
 Profondità prova 8.80 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0.10	3	0	0.857	0.84	0.98	42.08	49.12
0.20	4	0	0.855	1.12	1.31	55.98	65.50
0.30	5	0	0.853	1.40	1.64	69.81	81.87
0.40	5	0	0.851	1.39	1.64	69.66	81.87
0.50	4	0	0.849	1.11	1.31	55.60	65.50
0.60	3	0	0.847	0.83	0.98	41.61	49.12
0.70	4	0	0.845	1.11	1.31	55.36	65.50
0.80	4	0	0.843	1.10	1.31	55.24	65.50
0.90	4	0	0.842	1.05	1.24	52.31	62.15
1.00	5	0	0.840	1.30	1.55	65.24	77.69
1.10	4	0	0.838	1.04	1.24	52.09	62.15
1.20	4	0	0.836	1.04	1.24	51.98	62.15
1.30	3	0	0.835	0.78	0.93	38.90	46.62
1.40	3	0	0.833	0.78	0.93	38.82	46.62
1.50	3	0	0.831	0.77	0.93	38.75	46.62
1.60	3	0	0.830	0.77	0.93	38.67	46.62
1.70	3	0	0.828	0.77	0.93	38.59	46.62
1.80	4	0	0.826	1.03	1.24	51.36	62.15
1.90	5	0	0.825	1.22	1.48	60.96	73.92
2.00	5	0	0.823	1.22	1.48	60.85	73.92
2.10	5	0	0.822	1.21	1.48	60.74	73.92
2.20	4	0	0.820	0.97	1.18	48.50	59.14
2.30	4	0	0.819	0.97	1.18	48.41	59.14
2.40	4	0	0.817	0.97	1.18	48.32	59.14
2.50	3	0	0.816	0.72	0.89	36.18	44.35
2.60	4	0	0.814	0.96	1.18	48.15	59.14
2.70	4	0	0.813	0.96	1.18	48.07	59.14
2.80	4	0	0.811	0.96	1.18	47.98	59.14
2.90	4	0	0.810	0.91	1.13	45.68	56.40
3.00	4	0	0.809	0.91	1.13	45.61	56.40
3.10	5	0	0.807	1.14	1.41	56.91	70.50
3.20	5	0	0.806	1.14	1.41	56.82	70.50
3.30	5	0	0.805	1.13	1.41	56.73	70.50
3.40	6	0	0.803	1.36	1.69	67.96	84.59
3.50	5	0	0.802	1.13	1.41	56.55	70.50
3.60	6	0	0.801	1.35	1.69	67.75	84.59
3.70	5	0	0.800	1.13	1.41	56.37	70.50
3.80	5	0	0.798	1.13	1.41	56.28	70.50
3.90	5	0	0.797	1.07	1.35	53.71	67.37
4.00	7	0	0.796	1.50	1.89	75.08	94.32
4.10	7	0	0.795	1.50	1.89	74.97	94.32
4.20	7	0	0.794	1.50	1.89	74.86	94.32
4.30	8	0	0.793	1.71	2.16	85.44	107.80
4.40	8	0	0.791	1.71	2.16	85.32	107.80
4.50	8	0	0.790	1.70	2.16	85.20	107.80
4.60	11	0	0.789	2.34	2.96	116.98	148.22

4.70	12	0	0.788	2.55	3.23	127.44	161.70
4.80	13	0	0.737	2.58	3.50	129.12	175.17
4.90	14	0	0.736	2.66	3.61	132.97	180.65
5.00	14	0	0.735	2.66	3.61	132.78	180.65
5.10	15	0	0.734	2.84	3.87	142.07	193.55
5.20	14	0	0.733	2.65	3.61	132.42	180.65
5.30	13	0	0.732	2.46	3.35	122.79	167.75
5.40	12	0	0.781	2.42	3.10	120.94	154.84
5.50	12	0	0.780	2.42	3.10	120.79	154.84
5.60	11	0	0.779	2.21	2.84	110.59	141.94
5.70	10	0	0.778	2.01	2.58	100.41	129.03
5.80	10	0	0.777	2.01	2.58	100.30	129.03
5.90	11	0	0.776	2.11	2.72	105.71	136.17
6.00	10	0	0.775	1.92	2.48	95.99	123.79
6.10	10	0	0.775	1.92	2.48	95.88	123.79
6.20	10	0	0.774	1.92	2.48	95.78	123.79
6.30	9	0	0.773	1.72	2.23	86.10	111.41
6.40	10	0	0.772	1.91	2.48	95.57	123.79
6.50	11	0	0.771	2.10	2.72	105.01	136.17
6.60	12	0	0.770	2.29	2.97	114.43	148.54
6.70	13	0	0.720	2.32	3.22	115.79	160.92
6.80	13	0	0.719	2.31	3.22	115.66	160.92
6.90	16	0	0.718	2.73	3.81	136.64	190.32
7.00	26	0	0.667	4.13	6.19	206.33	309.27
7.10	32	0	0.616	4.69	7.61	234.62	380.64
7.20	34	0	0.616	4.98	8.09	248.98	404.43
7.30	29	0	0.665	4.59	6.90	229.36	344.95
7.40	20	0	0.714	3.40	4.76	169.90	237.90
7.50	19	0	0.713	3.22	4.52	161.24	226.00
7.60	22	0	0.663	3.47	5.23	173.42	261.69
7.70	20	0	0.712	3.39	4.76	169.38	237.90
7.80	28	0	0.661	4.40	6.66	220.25	333.06
7.90	33	0	0.611	4.61	7.56	230.66	378.06
8.00	24	0	0.660	3.63	5.49	181.30	274.74
8.10	24	0	0.659	3.62	5.49	181.12	274.74
8.20	24	0	0.659	3.62	5.49	180.93	274.74
8.30	22	0	0.658	3.31	5.04	165.69	251.84
8.40	19	0	0.707	3.08	4.35	153.83	217.50
8.50	19	0	0.707	3.07	4.35	153.69	217.50
8.60	18	0	0.706	2.91	4.12	145.47	206.05
8.70	37	0	0.605	5.13	8.47	256.40	423.56
8.80	60	0	0.555	7.62	13.74	381.00	686.85

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt medio	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - limo argilloso	3.55	4.50	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - sabbia e limo	9.07	6.90	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[3] - ghiaia e sabbia	19.02	8.80	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

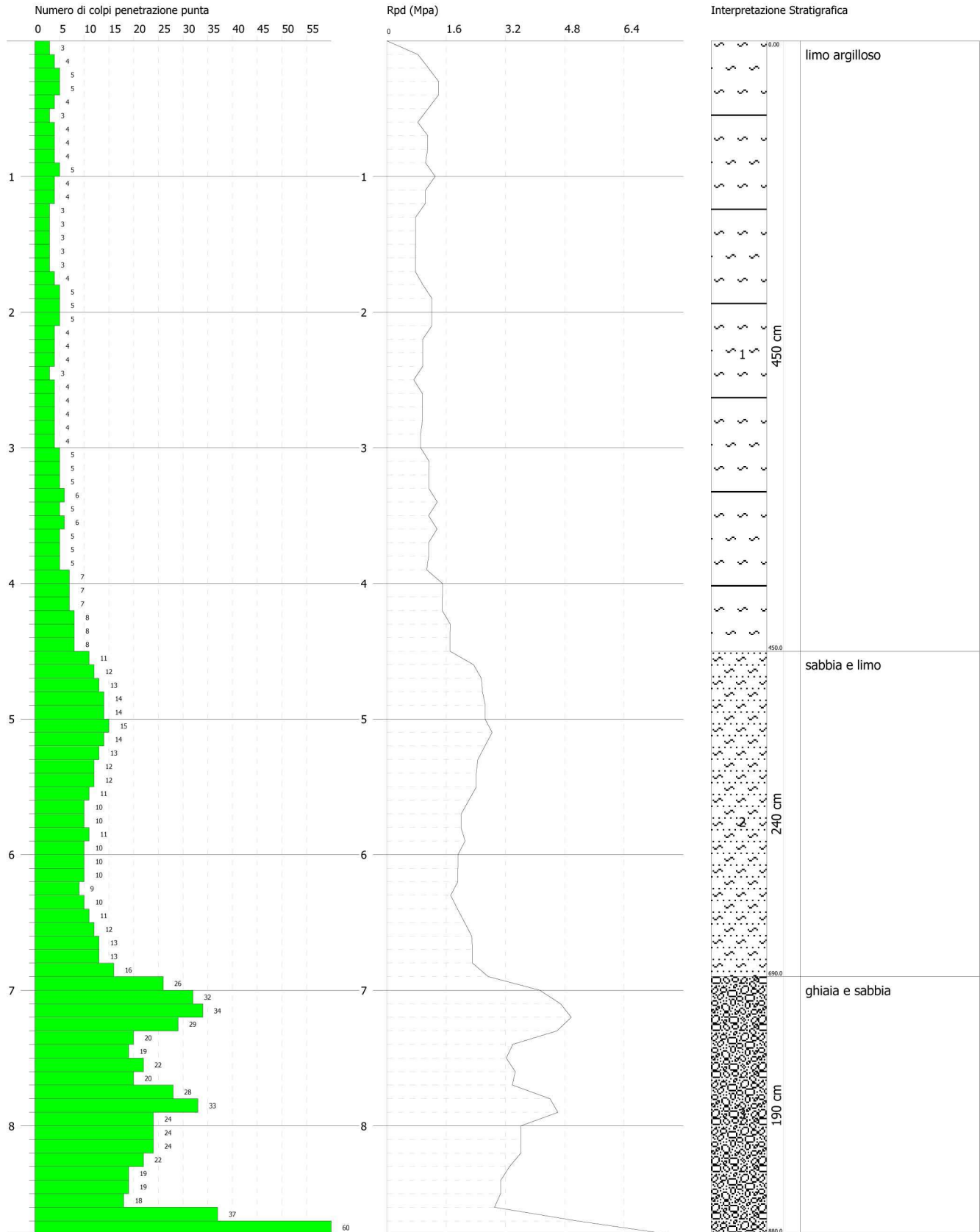
Descrizione	Nspt medio	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] - limo argilloso	3.55	4.50	Meyerhof ed altri	16.38
[2] - sabbia e limo	9.07	6.90	Meyerhof ed altri	19.02
[3] - ghiaia e sabbia	19.02	8.80	Meyerhof ed altri	20.59

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
 Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: Tre Erre Costruzione Srl
 Cantiere: Edificazione lotto 3 - PEC 2
 Località: Comune di Bistagno

Data: 24/10/2013

Scala 1:41



**INDAGINE DI SISMICA PASSIVA
A STAZIONE SINGOLA**

ANALISI DI MICROTREMORE AMBIENTALE

Località: Via Toscanini, Bistagno

Ditta: Tre erre costruzioni

Progetto: Realizzazione casa unifamiliare – lotto 5 – PEC 2

Strumento: TRZ-0130/01-10

Inizio registrazione: 24/10/13 11:27:58 Fine registrazione: 24/10/13 11:47:59

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00". Analisi effettuata sull'intera traccia.

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 15%

FIG. 1 RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

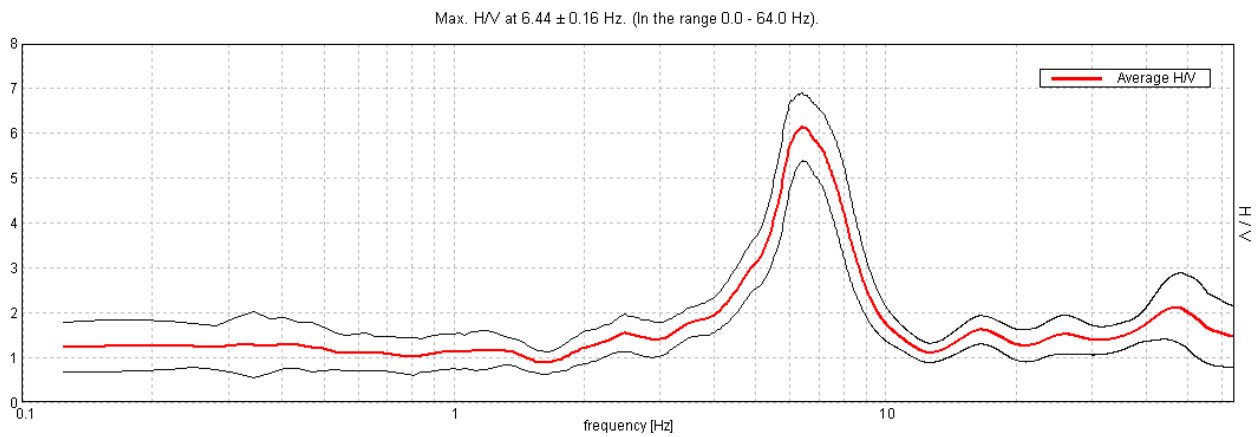
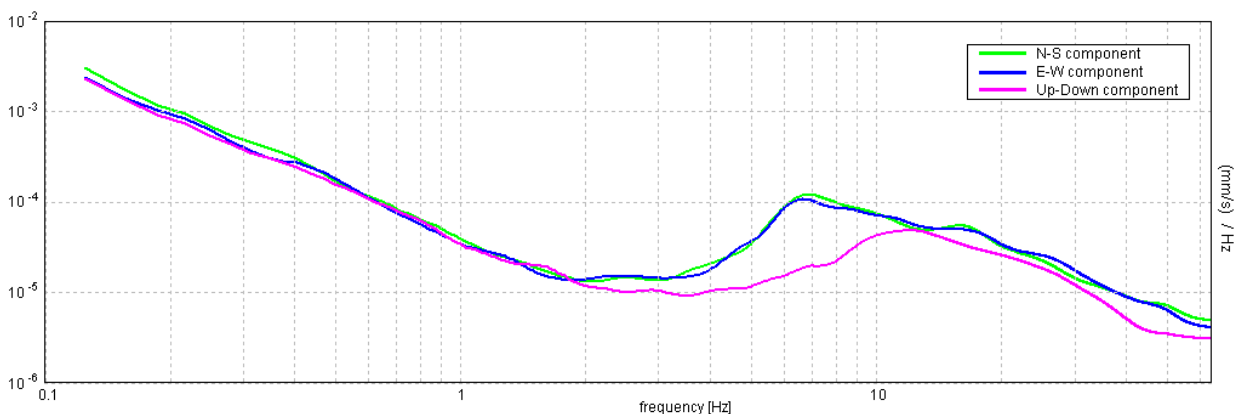


FIG. 2 SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



LINEE GUIDA SESAME (2005)

Picco H/V a 6.44 ± 0.16 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.44 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$7725.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 310	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.938 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.625 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$6.16 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.02442 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.15718 < 0.32188$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.7582 < 1.58$	OK	

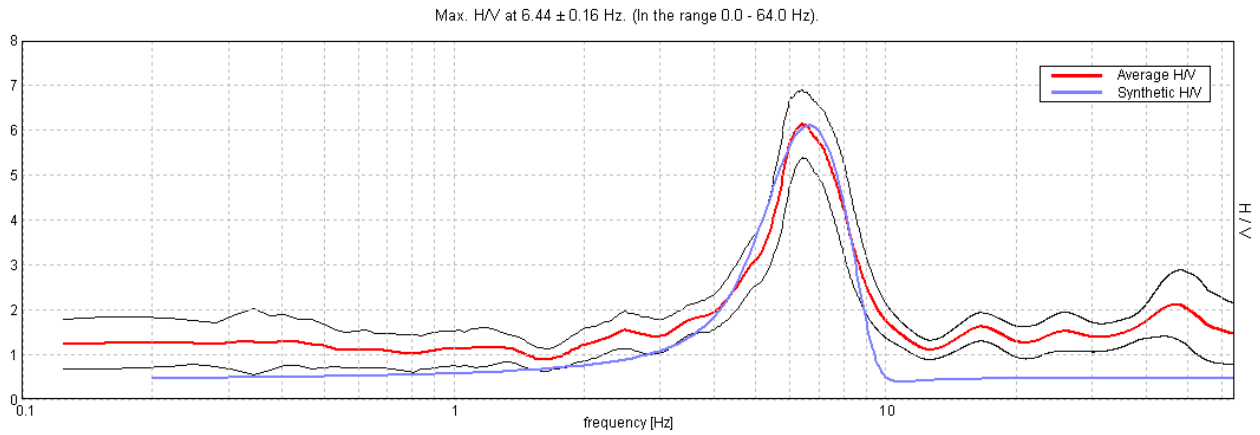
L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICO-SISMICA E STIMA PARAMETRO Vs30

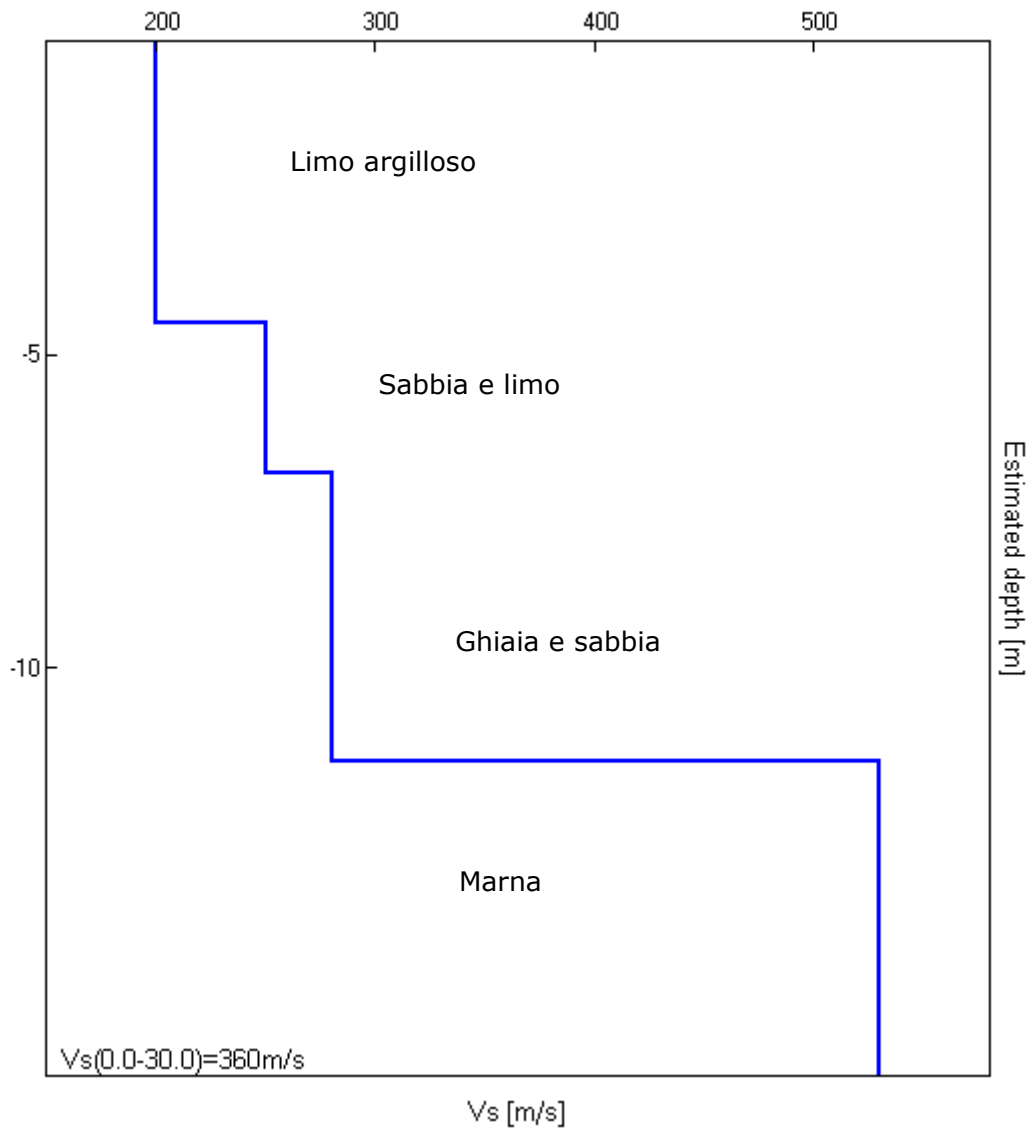
FIG. 3 - H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO ("fittaggio" modello teorico)



Litologia presunta	Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson	Densità t/mc
Limo argilloso	4.50	4.50	200	0.35	1,6
Sabbia e limo	6.90	2.40	250	0.35	1,9
Ghiaia e sabbia	9.00	2.10	280	0.35	2
Ghiaia e sabbia in falda	11.50	2.50	280	0.48 (H ₂ O)	2
Marna	-	-	530	0.35	2,2

Vs(0.0-30.0)=360m/s

FIG. 4 - MODELLO STRATIGRAFICO-SISMICO



DETERMINAZIONE VALORI CARATTERISTICI TERRENO

- Angolo di attrito
- Modulo edometrico

**ELABORAZIONE VALORI GEOTECNICI CARATTERISTICI DEL TERRENO
MEDIANTE METODI STATISTICI**

Prova penetrometrica n.1

Strato n. 1

Descrizione | Limo argilloso
Spessore [m] | 4.50

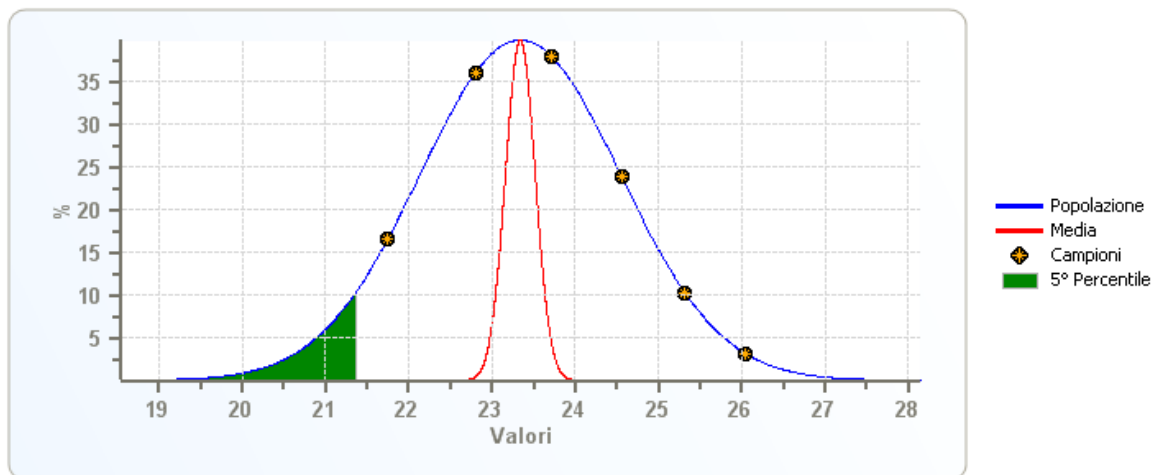
Elenco delle misure

	N spt [n.]	Angolo di resistenza al taglio [°] Owasaki & Iwasaki	Modulo di compressibilità edometrica[kN/mq] Menzenbach e Malcev
	28	21.75	4520.00
2	3.04	22.80	4780.00
3	3.80	23.72	5050.00
4	3.80	23.72	5050.00
5	3.04	22.80	4780.00
6	2.28	21.75	4520.00
7	3.04	22.80	4780.00
8	3.04	22.80	4780.00
9	3.04	22.80	4780.00
10	3.80	23.72	5050.00
11	3.04	22.80	4780.00
12	3.04	22.80	4780.00
13	2.28	21.75	4520.00
14	2.28	21.75	4520.00
15	2.28	21.75	4520.00
16	2.28	21.75	4520.00
17	2.28	21.75	4520.00
18	3.04	22.80	4780.00
19	3.80	23.72	5050.00
20	3.80	23.72	5050.00
21	3.80	23.72	5050.00
22	3.04	22.80	4780.00
23	3.04	22.80	4780.00
24	3.04	22.80	4780.00
25	2.28	21.75	4520.00
26	3.04	22.80	4780.00
27	3.04	22.80	4780.00
28	3.04	22.80	4780.00
29	3.04	22.80	4780.00
30	3.04	22.80	4780.00
31	3.80	23.72	5050.00
32	3.80	23.72	5050.00
33	3.80	23.72	5050.00
34	4.57	24.56	5310.00
35	3.80	23.72	5050.00
36	4.57	24.56	5310.00
37	3.80	23.72	5050.00
38	3.80	23.72	5050.00
39	3.80	23.72	5050.00
40	5.33	25.32	5580.00
41	5.33	25.32	5580.00
42	5.33	25.32	5580.00
43	6.09	26.04	5840.00
44	6.09	26.04	5840.00
45	6.09	26.04	5840.00

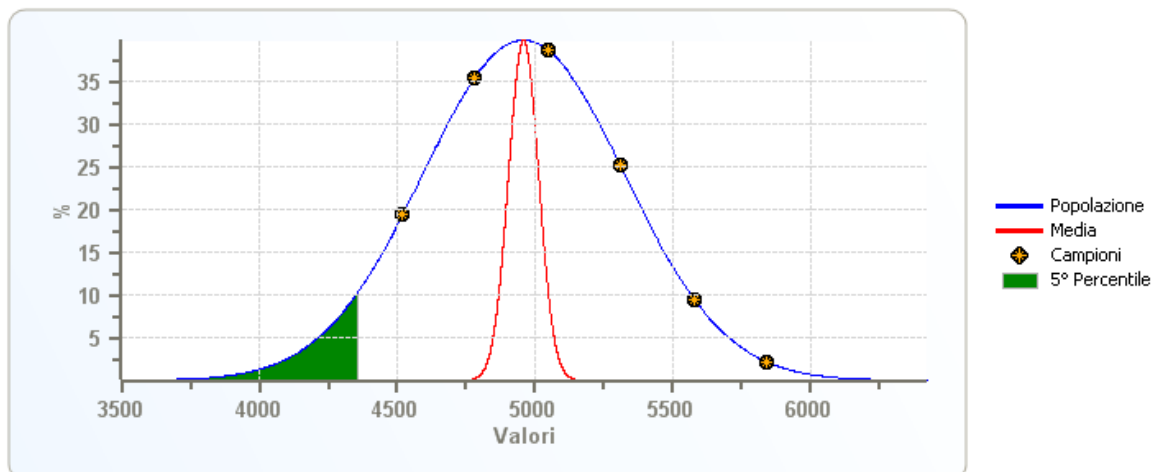
Risultati elaborazione

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mg]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media
Valore caratteristico	23.05	4869.58
Minimo	21.75	4520.00
Massimo	26.04	5840.00
Valore medio	23.34	4959.33
Varianza	1.44	133951.82
Deviazione standard	0.18	54.56
Deviazione standard della media	0.18	54.56
Percentile	(5°) 21.37	(5°) 4357.27
Percentile media	(5°) 23.05	(5°) 4869.58
C.O.V.	0.05	0.07

phi' - Angolo di resistenza al taglio



Eed - Modulo di compressibilità edometrica



Strato n. 2

Descrizione	Sabbia e limo
Spessore [m]	2.40

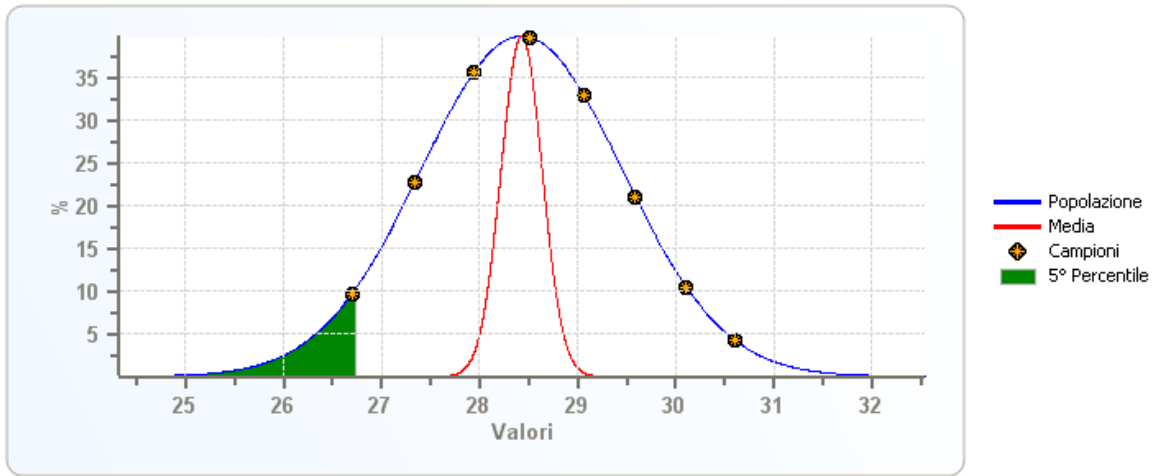
Elenco delle misure

	N spt [n.]	Angolo di resistenza al taglio[°] Owasaki & Iwasaki	Modulo di compressibilità edometrica[kN/mq] Menzenbach e Malcev
1	8.37	27.94	6630.00
2	9.13	28.51	6900.00
3	9.89	29.06	7160.00
4	10.65	29.59	7420.00
5	10.65	29.59	7420.00
6	11.41	30.11	7690.00
7	10.65	29.59	7420.00
8	9.89	29.06	7160.00
9	9.13	28.51	6900.00
10	9.13	28.51	6900.00
11	8.37	27.94	6630.00
12	7.61	27.34	6370.00
13	7.61	27.34	6370.00
14	8.37	27.94	6630.00
15	7.61	27.34	6370.00
16	7.61	27.34	6370.00
17	7.61	27.34	6370.00
18	6.85	26.70	6100.00
19	7.61	27.34	6370.00
20	8.37	27.94	6630.00
21	9.13	28.51	6900.00
22	9.89	29.06	7160.00
23	9.89	29.06	7160.00
24	12.18	30.61	7960.00

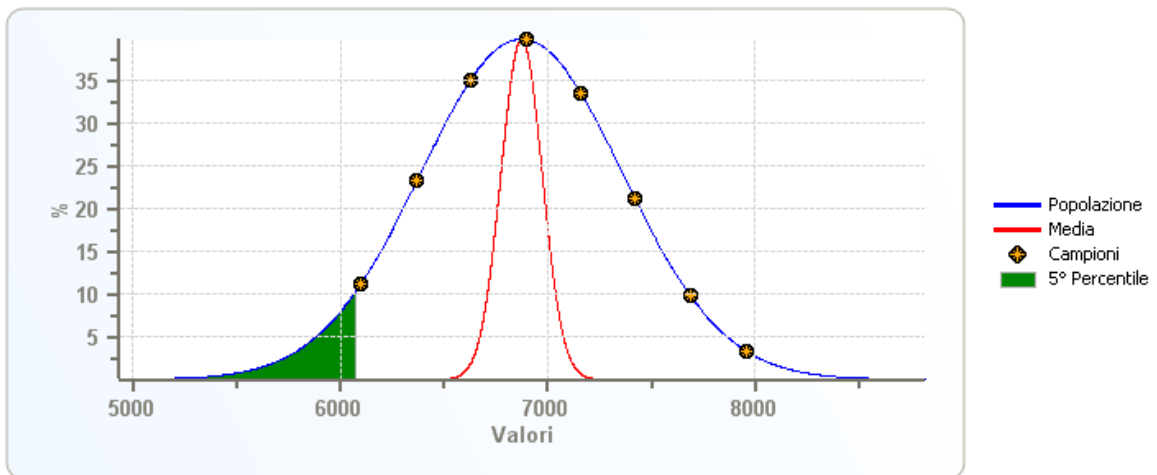
Risultati elaborazione

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media
Valore caratteristico	28.08	6711.42
Minimo	26.70	6100.00
Massimo	30.61	7960.00
Valore medio	28.43	6874.58
Varianza	1.06	236121.56
Deviazione standard	0.21	99.19
Deviazione standard della media	0.21	99.19
Percentile	(5°) 26.74	(5°) 6075.24
Percentile media	(5°) 28.08	(5°) 6711.42
C.O.V.	0.04	0.07

phi' - Angolo di resistenza al taglio



Eed - Modulo di compressibilità edometrica



Strato n. 3

Descrizione | ghiaia e sabbia
Spessore [m] | 1.90

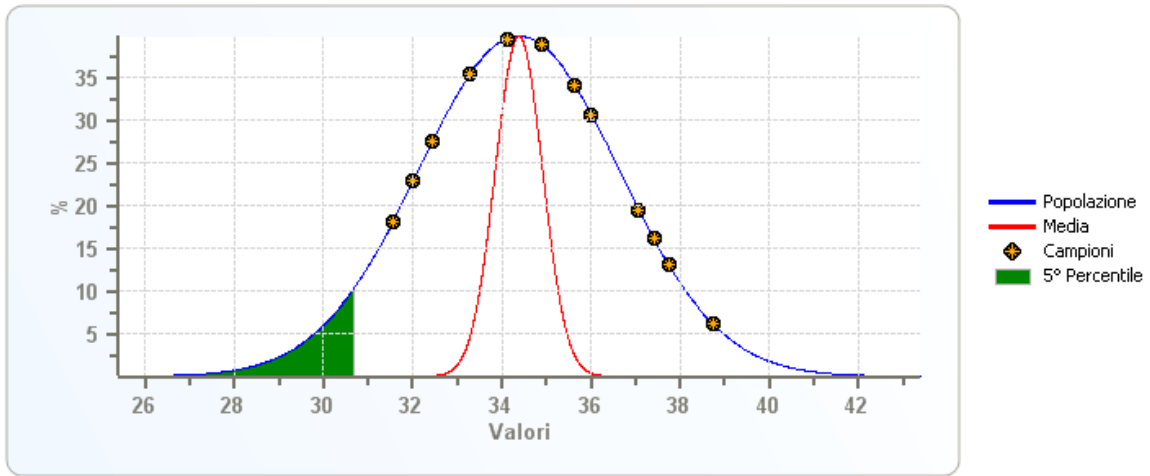
Elenco delle misure

	N spt [n.]	Angolo di resistenza al taglio[°] Owasaki & Iwasaki	Modulo di compressibilità edometrica[kN/mq] Menzenbach e Malcev
1	19.79	34.89	24030.00
2	24.35	37.07	28700.00
3	25.87	37.75	30260.00
4	22.07	36.01	26370.00
5	15.22	32.45	19340.00
6	14.46	32.01	18560.00
7	16.74	33.30	20900.00
8	15.22	32.45	19340.00
9	21.31	35.64	25590.00
10	25.11	37.41	29480.00
11	18.26	34.11	22460.00
12	18.26	34.11	22460.00
13	18.26	34.11	22460.00
14	16.74	33.30	20900.00
15	14.46	32.01	18560.00
16	14.46	32.01	18560.00
17	13.70	31.55	17780.00
18	28.16	38.73	32610.00

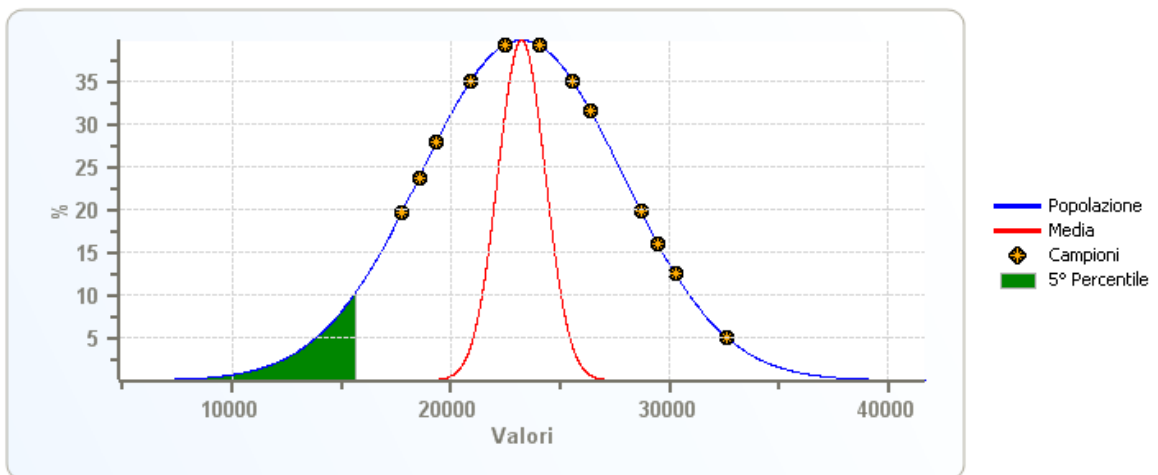
Risultati elaborazione

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° percentile media	5° percentile media
Valore caratteristico	33.51	21456.77
Minimo	31.55	17780.00
Massimo	38.73	32610.00
Valore medio	34.38	23242.22
Varianza	5.06	21205006.54
Deviazione standard	0.53	1085.38
Deviazione standard della media	0.53	1085.38
Percentile	(5°) 30.68	(5°) 15667.18
Percentile media	(5°) 33.51	(5°) 21456.77
C.O.V.	0.07	0.20

phi' - Angolo di resistenza al taglio



Eed - Modulo di compressibilità edometrica



SCHEDA PARAMETRI SISMICI

DETERMINAZIONE PARAMETRI SISMICI – METODO PSEUDO STATICO

Ditta: Tre Erre Srl
Località: Via Toscanini, Bistagno (AL)

Lavoro: Edificazione lotto 5 – PEC n.2
Data: 24/10/2013

Cerca Posizione

Via n°
 Comune Cap
 Provincia

Coordinate WGS84
 Latitudine °
 Longitudine °

Isole

Determinazione dei parametri sismici

(1)* Coordinate WGS84
 Lat ° Long °

(1)* Coordinate ED50
 Lat ° Long °

Classe dell'edificio
 II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche

Vita nominale

(Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50,
 Grandi opere >=100)

Interpolazione

44.664013, 8.372515

Visualizza vertici della maglia di appartenenza

Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	T _c * [s]
Operatività (SLO)	30	0,018	2,599	0,160
Danno (SLD)	50	0,023	2,564	0,187
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,051	2,606	0,293
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,062	2,680	0,312
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Calcolo dei coefficienti sismici

Muri di sostegno Paratie
 Stabilità dei pendii e fondazioni
 Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m)
 us (m)
 Categoria sottosuolo
 Categoria topografica

	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss* Amplificazione stratigrafica	1,60	1,60	1,60	1,60
Cc* Coeff. funz categoria	2,40	2,25	1,88	1,83
St* Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Personalizza acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,006	0,007	0,016	0,020
kv	0,003	0,004	0,008	0,010
Amax [m/s ²]	0,280	0,357	0,798	0,977
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200

Tr = Periodo di ritorno dell'azione sismica
Ag = Accelerazione sismica di base
Fo = Fattore di amplificazione spettrale
Tc* = Periodo caratteristico dello spettro

Kh = Coefficiente di accelerazione sismica orizzontale
Kv = Coefficiente di accelerazione sismica verticale
Amax = Accelerazione massima
Beta = Coefficiente di riduzione per terreni di tipo A e B/C/D/E

SCHEDA FONDAZIONI

- Portanza e cedimenti platea di fondazione

RESISTENZA DI PROGETTO FONDAZIONI SUPERFICIALI

PLATEA

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Lat./ Long. [WGS84]	44.62/8.4
Larghezza fondazione	9.3 m
Lunghezza fondazione	10.8 m
Profondità piano di posa	0.8 m
Altezza di incastro	0.8 m
Profondità falda	7.0

SISMA

Accelerazione massima (ag/g)	0.082
Effetto sismico secondo	NTC(C7.11.5.3.1)
Fattore di struttura [q]	1.5
Periodo fondamentale vibrazione [T]	0.31
Coefficiente intensità sismico terreno [Khk]	0.0163
Coefficiente intensità sismico struttura [Khi]	0.141

Coefficienti sismici [N.T.C.]

Dati generali

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50.0 [anni]
Vita di riferimento:	50.0 [anni]

Parametri sismici su sito di riferimento

Categoria sottosuolo:	E
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s ²]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30.0	0.18	2.6	0.16
S.L.D.	50.0	0.23	2.56	0.19
S.L.V.	475.0	0.5	2.61	0.29
S.L.C.	975.0	0.61	2.68	0.31

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Opera: Stabilità dei pendii e Fondazioni

S.L. Stato limite	amax [m/s ²]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0.288	0.2	0.0059	0.0029
S.L.D.	0.368	0.2	0.0075	0.0038
S.L.V.	0.8	0.2	0.0163	0.0082
S.L.C.	0.976	0.2	0.0199	0.01

STRATIGRAFIA TERRENO

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; c: Coesione; Ed: Modulo Edometrico;

DH [m]	Gam [kN/m ³]	Gams [kN/m ³]	Fi [°]	c [kN/m ²]	Ed [kN/m ²]	Litologia
4.5	16.5	18.0	23.0	0.0	4800.0	Unità litologica I – Limo argilloso
2.4	19.0	20.5	28.0	0.0	6700.0	Unità litologica II – Sabbia e limo
4.0	20.5	21.0	33.5	0.0	21400.0	Unità litologica III – Ghiaia e sabbia

Carichi di progetto agenti sulla fondazione (PRESUNTI)

Nr.	Nome combinazio ne	Pressione normale di progetto [kN/m ²]	N [kN]	Mx [kN·m]	My [kN·m]	Hx [kN]	Hy [kN]	Tipo
1	A1+M1+R3	40.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Progetto

Sisma + Coeff. parziali parametri geotecnici terreno + Resistenze

Nr	Correzione Sismica	Tangente angolo di resistenza al taglio	Coesione efficace	Coesione non drenata	Peso Unità volume in fondazione	Peso unità volume copertura	Coef. Rid. Capacità portante verticale	Coef.Rid.C apacità portante orizzontale
1	Si	1	1	1	1	1	2.3	1.1

CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE: **Approccio 2 NTC 2008 (A1+M1+R3)**

Carico limite [Qult]	302.73 kN/m ²
Resistenza di progetto [Rd]	131.62 kN/m ²
Tensione [Ed]	40.0 kN/m ²
Fattore sicurezza [Fs=Qult/Ed]	7.57
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

COEFFICIENTE DI SOTTOFONDAZIONE BOWLES (1982)

Costante di Winkler	12109.19 kN/m ³
---------------------	----------------------------

Autore: HANSEN (1970) (Condizione drenata)

Fattore [Nq]	8.66
Fattore [Nc]	18.05
Fattore [Ng]	4.88
Fattore forma [Sc]	1.41
Fattore profondità [Dc]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Ic]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gc]	1.0
Fattore inclinazione base [Bc]	1.0
Fattore forma [Sq]	1.37
Fattore profondità [Dq]	1.03
Fattore inclinazione carichi [Iq]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gq]	1.0
Fattore inclinazione base [Bq]	1.0
Fattore forma [Sg]	0.66
Fattore profondità [Dg]	1.0
Fattore inclinazione carichi [Ig]	1.0
Fattore inclinazione pendio [Gg]	1.0
Fattore inclinazione base [Bg]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zq]	1.0
Fattore correzione sismico inerziale [zg]	0.58
Fattore correzione sismico inerziale [zc]	1.0

Carico limite	302.73 kN/m ²
Resistenza di progetto	131.62 kN/m²
Condizione di verifica [Ed<=Rd]	Verificata

CEDIMENTI PER OGNI STRATO

Cedimento edometrico calcolato con: Metodo consolidazione monodimensionale di Terzaghi

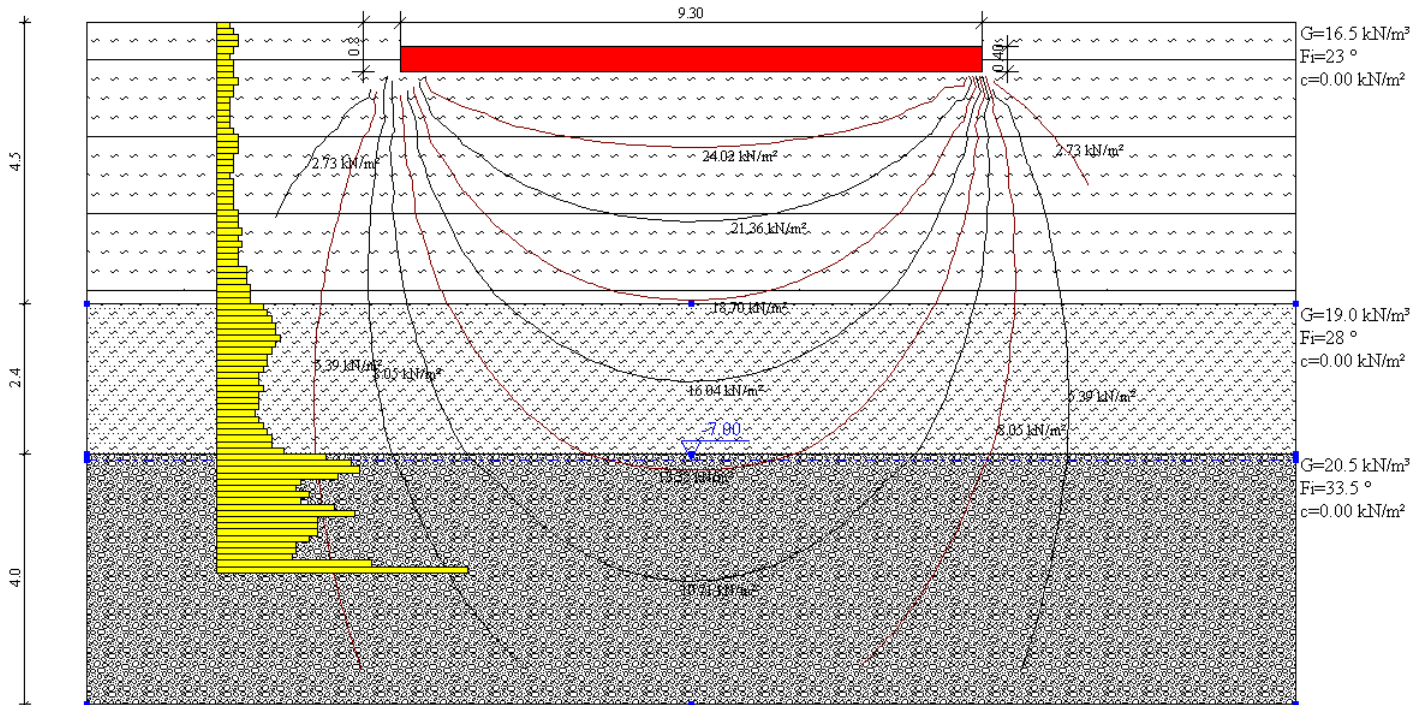
Pressione normale di progetto 30.0 kN/m²

Cedimento dopo T anni 10.0

Cedimento totale 1.58 cm

Z: Profondità media dello strato; Dp: Incremento di tensione; Wc: Cedimento consolidazione; Ws: Cedimento secondario; Wt: Cedimento totale.

Strato	Z (m)	Tensione (kN/m ²)	Dp (kN/m ²)	Metodo	Wc (cm)	Ws (cm)	Wt (cm)
1	2.65	43.725	14.138	Edometrico	1.09	--	1.09
2	5.7	97.05	10.106	Edometrico	0.36	--	0.36
3	8.9	143.167	6.743	Edometrico	0.13	--	0.13

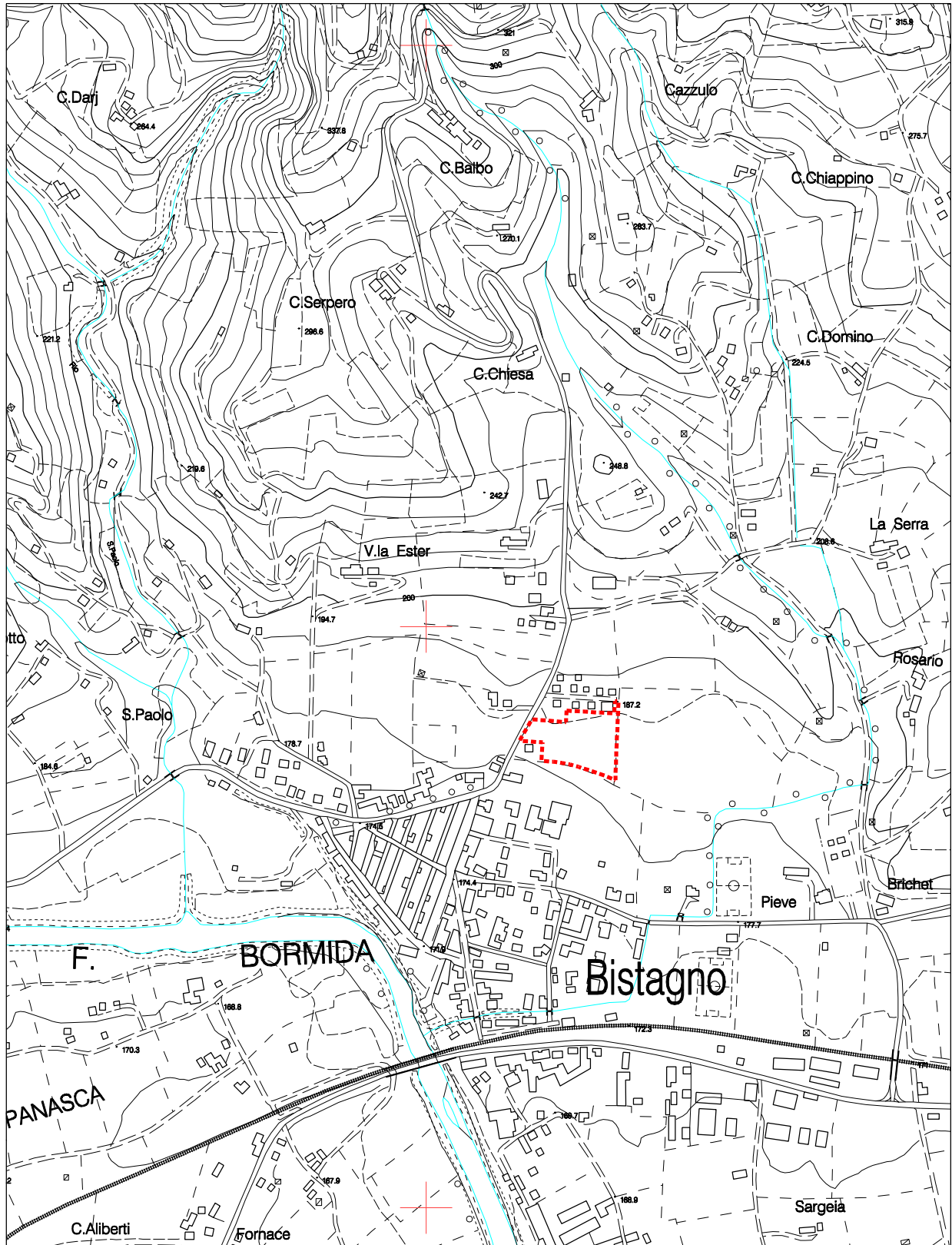


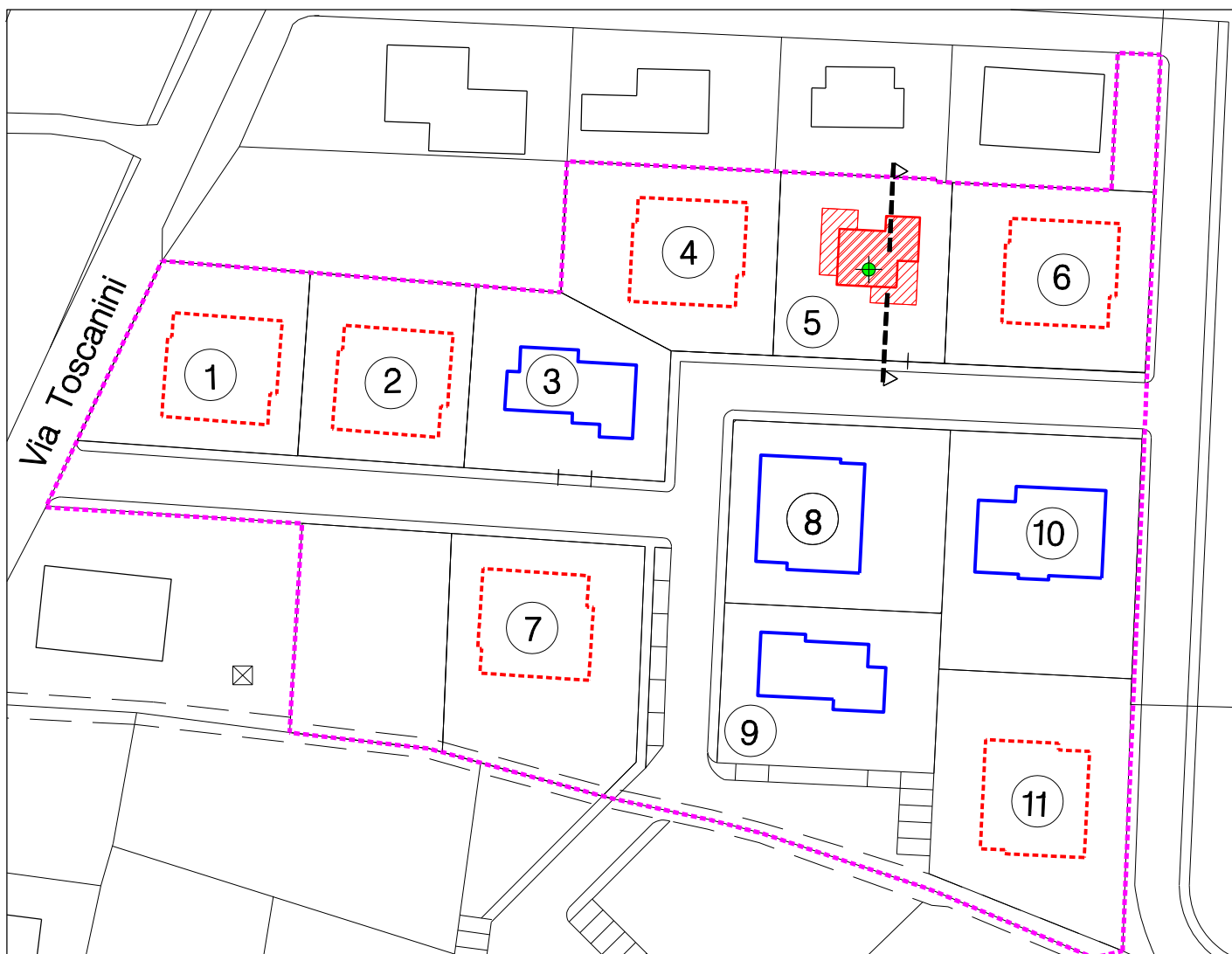
TAVOLE GRAFICHE

- Corografia Scala 1:10.000
- Planimetria indagini Scala 1:1.000
- Sezione geologica interpretativa Scala 1:200
- Documentazione fotografica

COROGRAFIA

Estratto C.T.R.N. Sez. 194090 "Bistagno"





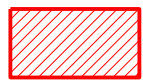
Perimetro area soggetta a P.E.C.



Fabbricati previsti (ancora da realizzare)



Fabbricati gia' costruiti e/o in corso di costruzione



Fabbricato in progetto



N. Lotto

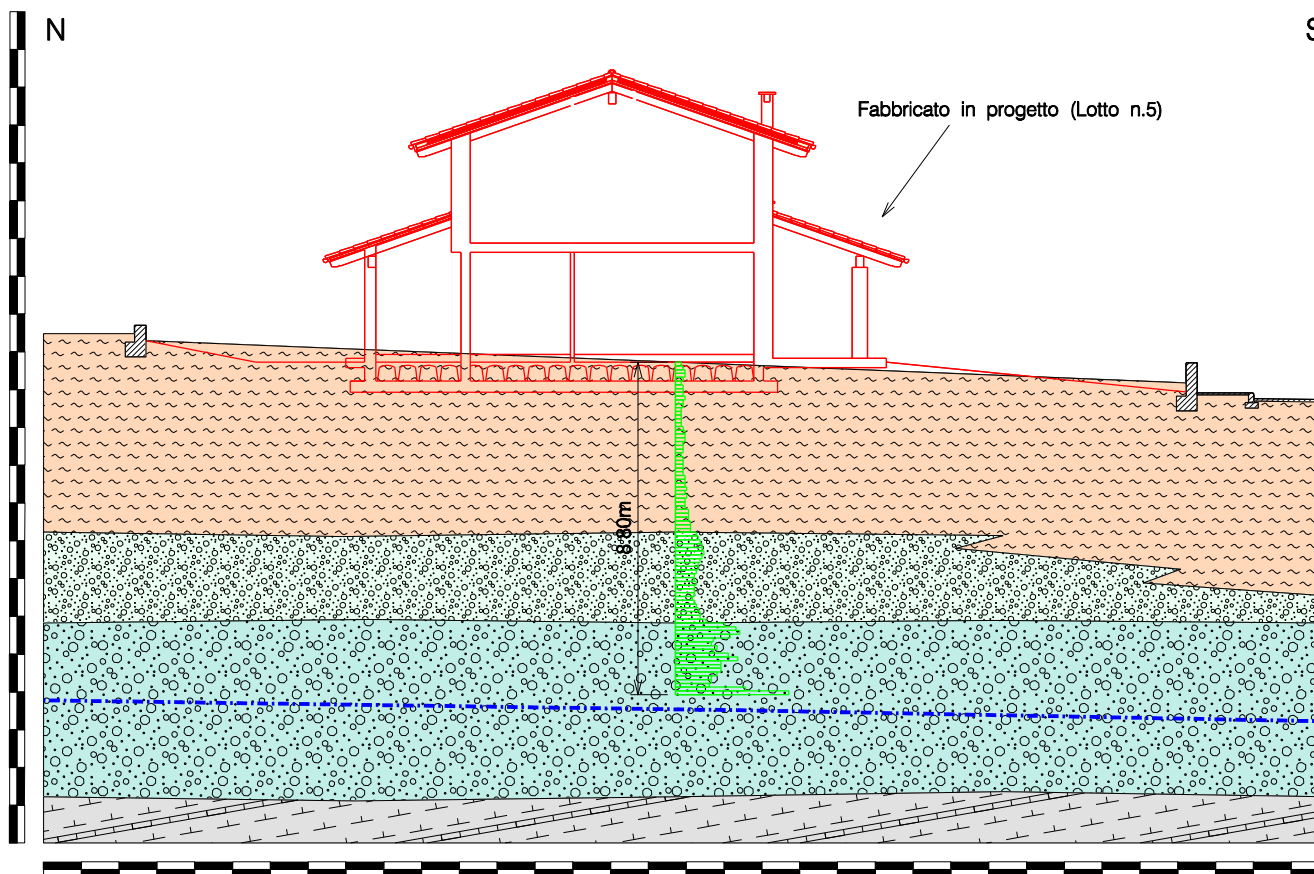


Prova penetrometrica dinamica e prova di sismica passiva a stazione singola



Traccia Sezione geologica Tav.3





DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Foto n.1: Prova penetrometrica dinamica



Foto n.2: Prova di simica passiva a stazione singola