

CITTA' DI TORINO

Divisione Servizi Tecnici ed Edilizia per i Servizi Culturali-Sociali-Commerciali

SETTORE EDIFICI PER LA CULTURA

P.zza Corpus Domini 17/E



RESTAURO ED ADEGUAMENTO FUNZIONALE DI PARTE DEL COMPLESSO MONUMENTALE CAVOURIANO DI SANTENA



PROGETTO DEFINITIVO

Responsabile Unico di Procedimento e Dirigente del Settore	Arch. Rosalba Stura
Progettisti opere architettoniche e di restauro	Ing. Flavio Aquilano Arch. Manuela Castelli Arch. Angela Fusco Arch. Cristina Volpi
Progettista opere impiantistiche	Ing. Alfonso Famà
Progettista opere della sicurezza	Dott. Gianni Chamberlando
Collaboratori opere architettoniche	Geom. Romano Rago Geom. Manuele Valcelli
Collaboratori opere impiantistiche	P.I. Marco Cocca P.I. Francesco Ferrari P.I. Maurizio Genovese
Progettista opere strutturali	Prof. Ing. Giuseppe Pistone
Progettista opere del verde	Dott. Gianmichele Cirulli
Collaboratori opere del verde	Sig. Maurizio D'Agostino Sig. Francesco Macchia
Supporto al progetto per gli aspetti storici e museografici	Dott.ssa Caterina Thellung

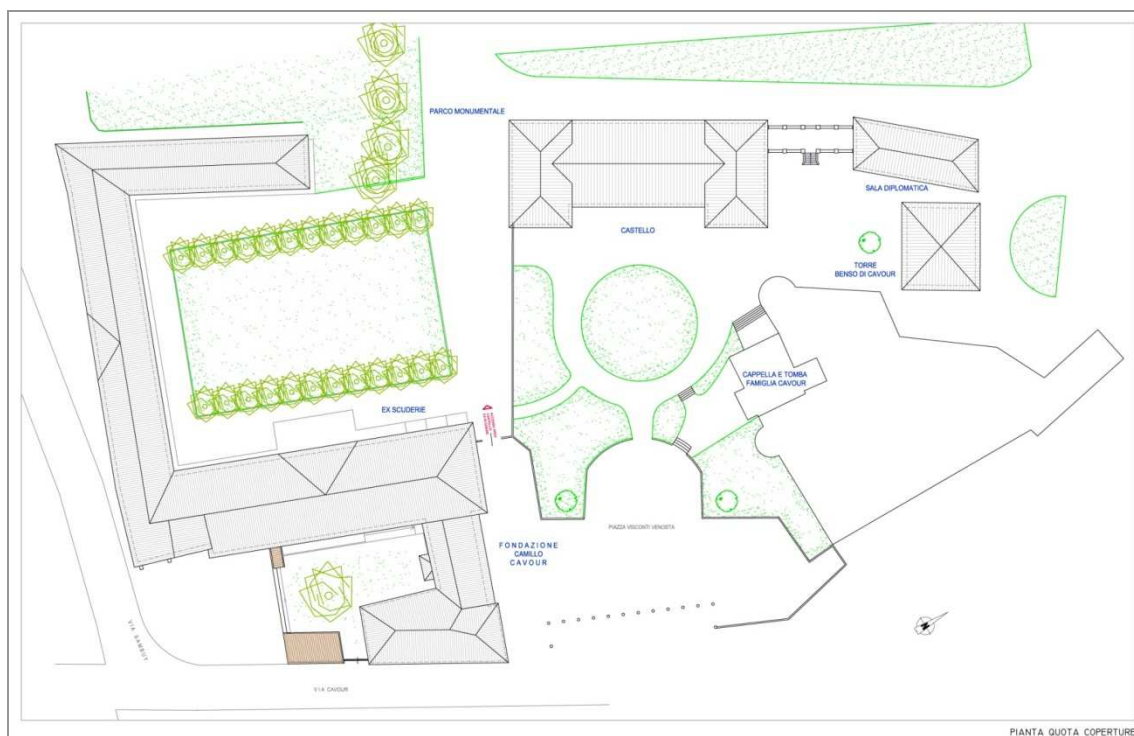
PROGETTO STRUTTURALE: RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Scala elaborato	Scala plot	Emissione	Revisione	Disegnatore	STRG
—	—	12/05/11	Ottobre 2011		



PREMESSA

Oggetto della presente è il complesso cavouriano sito nel Comune di Santena; questi è composto dal Castello e dai suoi edifici di pertinenza: la sala Diplomatica, la Torre dei Benso, la Cappella di famiglia, la Tomba del Conte Camillo Cavour, l'edificio delle ex Scuderie, oltre che dal Parco Monumentale e dal gruppo di edifici denominato "Cascina Nuova". La porzione oggetto di intervento è il fabbricato rustico, che anticamente ospitava le scuderie e le serre del castello cavouriano, posto sul fronte nord del complesso.



L'edificio sarà oggetto di una radicale ristrutturazione e di un nuovo adeguamento funzionale. Pur mantenendo le funzioni proprie della Fondazione Camillo Cavour, le tre maniche saranno riorganizzate internamente ed ospiteranno nuove funzioni.

Il progetto definitivo, prevede la realizzazione degli interventi specificati nel seguito, previsti dopo il compimento di approfondite ed accurate analisi, sondaggi, e per quanto possibile, verifiche dello stato di fatto, della stabilità della struttura e dello stato di degrado degli elementi costitutivi dell'edificio, al fine di calibrare le opere da realizzare sulle reali esigenze e problematiche.

L'edificio si presenta nello stato di fatto così realizzato:

- Piccola porzione di fabbricato interrato, situato sul fronte sud-ovest delle scuderie, destinate attualmente a scantinato;
- Piano terra, realizzato per la maggior parte con vespaio aerato su gambette e tavelloni, e per la porzione posta in prossimità degli scantinati con struttura voltata in laterizio;
- Piano primo, realizzata in parte su struttura voltata, in parte su orditura di putrelle e tavelloni, ed in parte su orizzontamenti in cemento armato;
- Piano sottotetto, realizzata in parte in cemento armato ed in parte in putrelle e tavelloni;

- Piano copertura, realizzata con orditura principale e secondaria in legno massiccio.

Tutta la struttura è sorretta da murature portanti in laterizio che si presentano con buona tessitura e qualità dei materiali.

Gli interventi strutturali, mirati a sanare alcune situazioni staticamente precarie, a migliorare il comportamento dell'edificio e a mitigare le scelte progettuali architettoniche, sono trattati specificatamente nel seguito.

RISULTATI DELLE INDAGINI

Per poter meglio inquadrare le caratteristiche strutturali dell'edificio e trovare una giustificazione alle profonde lesioni che si trovano sulla manica centrale, si sono eseguiti sondaggi mirati a definire la capacità portante del terreno su cui poggia l'edificio.

Le indagini geognostiche effettuate di recente hanno denotato uno strato di terreno sottostante l'edificio con scarse caratteristiche meccaniche, classificabili come "sabbie medio-fini limose alternate a livelli limosi", fino alla profondità di 12,50 m. Le prove S.C.P.T. hanno evidenziato come la capacità portante del terreno si attesti su valori molto bassi, in particolare sull'intera manica sud e parte della manica centrale. In questa marcata criticità della capacità portante del piano fondale si possono individuare le cause dell'evidente quadro fessurativo rilevabile allo stato sul fronte nord.

Alla luce dei risultati ottenuti in seguito alle suddette indagini si è sviluppato il progetto definitivo riguardante le strutture portanti, destinato a sanare le precarietà della struttura dell'edificio.

Si riporta in allegato copia della Relazione Geologico-Tecnica redatta a seguito dei sondaggi effettuati in situ.

REGIONE PIEMONTE
Provincia di Torino
Comune di Santena

Proprietà: COMUNE DI TORINO

Località: Santena – Castello Cavour

ADEGUAMENTO FUNZIONALE E RESTAURO DI PARTE DEL COMPLESSO MONUMENTALE CAVOURIANO

D.M. 14/01/2008

RELAZIONE GEOLOGICO - TECNICA

ALLEGATI:

- Estratto C.T.R. scala 1:10.000
- Ubicazione indagini geognostiche
- Stratigrafia sondaggio e doc. fotografica
- Scheda di sintesi parametri geotecnici
- Istogrammi prove S.C.P.T.

COLLABORATORE:

DOTT. GEOL. BALSAMO DENIS
Via Sartori 16
12042 Bra (CN)

- O.R.G.P. A.P. Sez. A n°692 -

Fossano 14/03/2011

PREMESSA

La presente relazione viene redatta su incarico dell'ing. Giuseppe Pistone di Cavallermaggiore, ed è relativa allo studio geologico e geotecnico del terreno in Santena, in corrispondenza del concentrico su cui insistono le fondazioni del Castello Cavour, oggetto d'indagine.

Il progetto in essere fa riferimento allo *"Adeguamento funzionale e restauro di parte del complesso monumentale cavouriano"*.

L'indagine geologico tecnica dell'area, programmata allo scopo di verificare l'assetto litostratigrafico locale su cui fonda parte del complesso monumentale cavouriano, si basa sulla caratterizzazione geotecnica del terreno su cui insistono le fondazioni delle tre maniche dello storico edificio.

Questa indagine è stata realizzata mediante l'esecuzione di n. 5 prove penetrometriche dinamiche S.C.P.T. e di n. 1 sondaggio geognostico con la realizzazione di 5 prove S.P.T. (Standard Penetration Test) in foro.

La relazione geologico-tecnica che segue è stata elaborata analizzando :

- le caratteristiche geologiche e morfologiche della zona;
- le caratteristiche litostratigrafiche e litotecniche del sottosuolo sulla base delle indagini in situ.

Con la presente, redatta ai sensi del D.M. 14/01/2008, vengono espone alcune considerazioni allo scopo di valutare le conseguenze dell'opera in progetto, in relazione alle caratteristiche litologiche e, prevalentemente, in funzione agli aspetti litotecnici riscontrati.

1. LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI

L'area in studio ed indicata nell'allegata planimetria s'inquadra nel comune di Santena in corrispondenza del concentrico, P.za Visconti Venosta 2, in corrispondenza del complesso monumentale cavouriano.

I suoi riferimenti cartografici sono presenti sulle Sezioni n°174020 e n°174060 della Carta Tecnica della Regione Piemonte (C.T.R. - scala 1:10.000).

Geomorfologicamente il sito d'intervento, ad una quota altimetrica di 230 m s.l.m. si colloca in una porzione della pianura padana occidentale in corrispondenza dell'alto strutturale meglio noto come altopiano di Poirino, che costituisce le propaggini più occidentali del Bacino Terziario Ligure – Piemontese.

Nello specifico parte di Santena si ubica all'estremità meridionale di un lembo relitto dell'altopiano di Poirino che nel passato è stato eroso e disseccato dai numerosi torrenti che solcano il tratto di pianura.

I depositi pertinenti questi alti strutturali (superfici sensibilmente ondulate) sono di età quaternaria pleistocenica e sono per lo più paleosuoli che hanno subito una forte pedogenesi (ferrettizzati) e successivamente mascherati da una coltre eolica che riveste ovunque questi paleorilievi.



Invece il settore meridionale di Santena insiste su depositi fluvio alluvionali quaternari olocenici e quindi più recenti. In questo settore si è manifestata l'incisione erosiva e successiva sedimentazione del Torrente Banna con conseguente smantellamento del paleorilievo conservato ed affiorante più a Nord.

L'idrografia superficiale, nell'intorno dell'area in esame, è rappresentata nelle immediate vicinanze dal *Torrente Banna* che, defluente in direzione W-SW, presenta un alveo di tipo meandriforme, sintomatico di una bassa energia fluviale che si traduce in una tendenza essenzialmente deposizionale.

2. ASSETTO GEOLOGICO – LITOSTRATIGRAFICO ED IDROGEOLOGICO

La **conformazione geologica** affiorante, a quanto riporta il Foglio 68 “Carmagnola” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000 e la Carta Geologica di P.R.G.C. alla scala 1:10.000 si riferisce ad una tipica pianura alluvionale il cui substrato impostato su depositi marini pliocenici è sormontato da depositi continentali quaternari pleisto-olocenici.

La successione stratigrafica è costituita dalle seguenti formazioni sedimentarie indicate dalla più antica a quella più recente:

- **Depositi tipici dell’altopiano di Poirino:** paleosuoli argillosi di età postvillafranchiana generalmente con copertura loessica rissiana (Pleistocene).
- **Alluvioni Medio – Recenti:** depositi alluvionali sabbioso-argillosi di poco sospesi sugli alveo attuale del Po ed i corsi d’acqua principali, talvolta esondabili (Olocene medio – sup.).



L'assetto del sottosuolo, nella zona indagata, di età quaternaria è stato fortemente influenzato dalla tendenza evolutiva del Fiume Po e dal T. Banna : il terreno più superficiale è costituito da sabbie, sabbie limose e subordinati livelli e lenti limoso argillose, più e meno potenti, tipiche dall'attività deposizionale delle aste fluviali sopra menzionate.

La meandrazione del Po e del Banna ha comportato lo scavo di nuovi alvei ed il riempimento dei paleoalvei con depositi fini di decantazione. Ciò ha portato alla definizione di sequenze stratigrafiche estremamente varie sia arealmente che verticalmente.

L'assetto idrogeologico dell'areale santenese è caratterizzato dalla presenza di sedimenti a granulometria medio fine (limi sabbiosi, sabbie limose e sabbie pulite) sede di una falda freatica priva di una continuità laterale ben definita.

Dall'analisi della carta idrogeologica inerente il vigente P.R.G.C si evince che nell'area in disamina **la soggiacenza della falda freatica**, ovvero la profondità d'intercetta della falda rispetto il piano campagna, **oscilla in un range di 6-8 metri**.

3. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di determinare l'assetto geologico del sottosuolo oggetto d'indagine e le sue caratteristiche geotecniche sono state programmate e realizzate delle mirate indagini geognostiche in situ. Le indagini, come da planimetria allegata, sono state realizzate in corrispondenza dell'area in esame mentre la tipologia viene di seguito riportata:

- ***n°1 sondaggio geognostico (S1) a carotaggio continuo*** approfondito di 18 m da p.c. Esecuzione in corso d'opera di 5 prove S.P.T. a fondo foro;
- ***n. 5 prove penetrometriche dinamiche S.C.P.T*** con penetrometro pesante montato su autocarro

3.1 SONDAGGIO GEOGNOSTICO

E' stato eseguito, in data 02/03/2011, n° 1 sondaggio a rotazione con carotaggio continuo spinto ad una profondità di 18 m da p.c. ed come da planimetria allegata.

L'esecuzione dei sondaggi è stata affidata alla ditta CITIEMME S.r.l. di Torino.

La perforazione ha permesso di ricostruire il profilo stratigrafico, di prelevare campioni rappresentativi per il riconoscimento dei terreni e di eseguire prove penetrometriche a fondo foro (S.P.T.) per definire le condizioni di addensamento del terreno ed i relativi parametri geotecnici.

Le caratteristiche principali dell'attrezzatura e delle modalità di perforazione sono :

1. sonda idraulica montata su autocarro cingolato;
2. perforazione a rotazione con carotaggio continuo;
3. diametro di perforazione con carotiere semplice: 101 mm
4. diametro tubazione di rivestimento: 127 mm;
5. prelievo di campioni disturbati con percentuale di carotaggio estratto variabile dal 90% al 100% e sistemazione in cassette catalogatrici;
6. esecuzione di n° 5 prove S.P.T. (Standard Penetration Test). Le quote delle prove S.P.T. sono state misurate a partire dal piano campagna:

S1

- * - 1,5 m da p.c con N_{spt} = 6
- * - 3 m " " " N_{spt} = 11
- * - 6 m " " " N_{spt} = 13
- * - 9 m " " " N_{spt} = 8
- * - 12 m " " " N_{spt} = 41

7. installazione di un piezometro del tipo a tubo aperto in PVC diam 1,52, finestrato da -3 m a -18 m.

La documentazione allegata in calce alla presente, riporta:

- a. la descrizione litologica dei terreni attraversati;
- b. la potenza dei depositi;
- c. la profondità di intercettazione dei depositi;
- d. i valori delle prove S.P.T.;
- e. la profondità della falda freatica;
- f. le fotografie dei campioni all'interno delle casse catalogatrici.

Dalla colonna litostratigrafica esaminata e dalle conoscenze geolitologiche generali dell'area si appura che:

Il **sondaggio S1** ha attraversato nei primi 2 metri da p.c. del terreno di riporto (limo argilloso con frammenti lateritici) per poi intercettare depositi naturali sabbioso limosi con alternanze o livelli prevalentemente limosi sino a -12,50 m da p.c. Successivamente sino alla quota di fondo foro (-18m da p.c.) sono stati intercettati depositi ghiaiosi medio fini in matrice sabbiosa con livelli sabbiosi di potenza variabile (30-50 cm). I sedimenti evidenziano un'importante ossidazione sino a 11,50 m (colore nocciola).

Sondaggio S1

- da 0 a -2,00 m: **terreno di riporto** (limo argilloso con frammenti lateritici);
- da -2,00 a -12,50 m: **Sabbie medio fini limose alternata a livelli limosi**, poco addensate e compatte, colore nocciola;
- da -12,50 a -18,00 m: **Ghiaie medio fini** con livelli decimetrici prevalentemente sabbiosi, da moderatamente addensate ad addensate, colore grigio.

La falda superficiale è stata rinvenuta a -5,50 m da p.c.

3.2 PROVE PENETROMETRICHE S.C.P.T.

Per definire le caratteristiche litologiche e litotecniche sono state programmate e realizzate in data 07/03/2011 n° 5 prove penetrometriche dinamiche S.C.P.T. (Standard Cone Penetration Test).

La prova S.C.P.T. consente di determinare la resistenza che il terreno indagato offre alla penetrazione dinamica di una punta conica standardizzata infissa a partire dal piano campagna. La resistenza all'infissione è funzione della natura del terreno e delle sue caratteristiche geomeccaniche.

La prova consiste nel fare cadere un maglio del peso di 73,5 Kg, da un'altezza di 75 cm, su una testa di battuta fissata alla sommità di una batteria di aste la cui estremità inferiore è collegata la punta conica con diametro di 51 mm ed angolo di 60°.

Le prove penetrometriche sono state spinte sino ad una profondità massima di 9 m dall'attuale piano campagna.

In allegato alla presente vengono riportati gli istogrammi N°colpi 30 cm / profondità e la planimetria con la loro ubicazione.

Nel tratto indagato con le prove 1 ÷ 5, si può ricavare la seguente colonna stratigrafica "media" :

- da 0,00 a -1,50 m (P1), -2,70 m (P4), -3,30 m (P2), -3,90 (P3), -6,60 m (P5) da p.c.: **limi** sciolti per nulla addensati e compatti, pessimi requisiti geotecnici. (Nscpt medio = 2). Presenza di frammenti lateritici nei primi due metri (terreno di riporto limoso).
- da -1,50 m (P1), -2,70 m (P4), -3,30 m (P2), -3,90 (P3), -6,60 m (P5) a -3,90 m (P1), -4,20 m (P4), -6,30 m (P3), -6,60 m (P5), -7,20 (P2) : **limi sabbiosi**, discretamente addensati e compatti addensate, limitati requisiti geotecnici. (Nscpt medio = 11).
- da -3,90 m (P1), -4,20 m (P4), -6,30 m (P3), -6,60 m (P5), -7,20 (P2) a -8,10 m (P1, P3 e P4), -9,00 m (P2 e P5): **sabbie debolmente limose**, addensate e compatte, buoni requisiti geotecnici. (Nscpt medio = 24).

Le indagini hanno rilevato la presenza della falda freatica superficiale alla profondità di **-5,50 m da p. c.**

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO



Da 0 – 5 m

Da 5 – 10 m

Da 10 – 15 m

Da 15 – 18 m

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI

4.1 PARAMETRI GEOTECNICI MEDI

La caratterizzazione geotecnica dei terreni, condotta sulla base delle indagini svolte, ha previsto la determinazione dei parametri geomeccanici quali *l'angolo di attrito Φ* , la *coesione c* , la *densità/peso di volume γ* e la *densità relativa Dr* dei materiali indagati.

Il valore dell'angolo di attrito interno Φ per i terreni non coesivi è stato desunto facendo riferimento alle formulazioni della *Road Bridge Specification* (1991) che correlano Φ con N_{spt} , mentre la densità dalla correlazione con la densità relativa (Dr %), quest'ultima calcolata con la formulazione di Bazaraa (1967). La coesione (c) è considerata nulla in quanto le prove realizzate non consentono di correlare i valori di N_{spt} alla coesione (c).

Di seguito vengono riportati i principali parametri geomeccanici relativi alle unità litostratigrafiche emerse dalle indagini geognostiche in situ condotte:

$$\phi = (N_{spt} * 15)^{1/2} + 15 \quad (\text{Road Bridge Specification, 1991})$$

$$Dr = \sqrt{\frac{N_{spt}}{20 * (1 + 4,1 * \sigma_{vo})}} \quad (\text{Bazaraa, 1967})$$

dove:

ϕ = angolo di attrito interno;

Dr = densità relativa

N_{spt} = n°colpi/30cm;

σ_{vo} = tensione verticale efficace

Sabbie medio fini limose alternate a livelli limosi, (Strato 1)

- peso di volume	$\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$
- coesione	$c = 0 \text{ kPa}$
- angolo di attrito interno	$\phi = 27,7^\circ$
- densità relativa	$Dr = 41 \%$

Ghiaie medio fini sabbiose (Strato 2)

- peso di volume	$\gamma = 20 \text{ kN/m}^3$
- coesione	$c = 0 \text{ kPa}$
- angolo di attrito interno	$\phi = 38,5^\circ$
- densità relativa	$Dr = 82,5\%$

4.2 PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI (X_k)

Tutti i parametri geotecnici ricavati, sono stati elaborati statisticamente al fine di rilevare per ciascun livello, il valore medio ed il valore caratteristico (*ndr: il valore caratteristico è stato ricavato con metodi statistici finalizzati a definire il 5° percentile della distribuzione media dei dati a disposizione*).

Nella progettazione geotecnica, in coerenza con gli Eurocodici (Eurocodice 7), la scelta dei valori caratteristici dei parametri deriva da una stima cautelativa del valore del parametro appropriato per lo stato limite considerato. Il valore caratteristico di un parametro del terreno pertanto rappresenta una valutazione cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite. La definizione dei parametri caratteristici " X_k " del sottosuolo interessato dalla struttura in progetto avviene in due fasi: la prima fase comporta l'identificazione dei parametri geotecnici medi appropriati ai fini progettuali.

Identificati i parametri geotecnici appropriati noti anche come valori medi, la seconda fase del processo decisionale riguarda la valutazione dei valori caratteristici degli stessi parametri.

Tutti i dati utilizzati vengono riportati negli allegati alla presente (schede di sintesi dei parametri geotecnici).

Di seguito vengono riportati sinteticamente i parametri geotecnici delle litologie intercettate dalle indagini in sito:

<i>litologia</i>	φ_{medio}	φ_k	Dr % medio	Dr % k
Strato 1 (alternanza sabbie - limi)	27,7°	25,1°	41	35
Strato 2 (Ghiaie medio fini sabbiose)	38,5°	35°	82,5	76,7

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dal punto di vista geologico e litostratigrafico si può riassumere che :

- il sondaggio geognostico S1 ha individuato al di sotto del riporto (circa 2 metri) ha individuato due unità litostratigrafiche tipo:
 - il complesso delle alternanze sabbioso limose (da -2 m a -12,50 m da p.c.): complesso estremamente eterogeneo sia in senso areale che verticale (in profondità rispetto il p.c.). Tale eterogeneità è essenzialmente legata alla dinamica del torrente Banna sito poco distante dal sito in esame.
 - le ghiaie medio fini sabbiose (da -12,50 m a -18,00 m): ghiaie medio fini con livelli decimetrici prevalentemente sabbiosi, da moderatamente addensate ad addensate, colore grigio.
- le 5 prove penetrometriche spingendosi sino a -9 m da p.c. hanno investigato ulteriormente la prima unità litostratigrafica individuata dal sondaggio. Il complesso delle alternanze può essere suddiviso ulteriormente in tre sub-unità:
 1. **limi** sciolti per nulla addensati e compatti, pessimi requisiti geotecnici. Presenza di frammenti lateritici nei primi due metri (terreno di riporto limoso). Sub-unità presente da p.c. a -1,50 m a -6,60 m (vedi cap. 3.2 prove SCPT).
 2. **limi sabbiosi**, discretamente addensati e compatti addensate, limitati requisiti geotecnici. Sub-unità presente da a quote variabili da -1,50 ÷ -6,60 m a -3,90 ÷ -7,20 m (vedi cap. 3.2 prove SCPT).
 3. **sabbie debolmente limose**, addensate e compatte, buoni requisiti geotecnici. Sub-unità presente da a quote variabili da -3,90 ÷ -7,20 m a -8,10 ÷ -9,00 m (vedi cap. 3.2 prove SCPT). Vista la stratigrafia del sondaggio geognostico S1 si presume che le sabbie raggiungano una profondità sino a circa -12,50 da p.c. per poi lasciare il posto all'unità litologica delle ghiaie sabbiose medio fini.
- sia il sondaggio S1 che le 5 prove penetrometriche SCPT hanno individuato la presenza di una falda superficiale freatica alla profondità di -5,50 m da p.c. attuale.

Il progetto preso in esame prevede:

- l'adeguamento funzionale e restauro di parte del complesso monumentale cavouriano,
- il consolidamento delle fondazioni del complesso cavouriano a 3 maniche, visto che le attuali fondazioni superficiali (circa -1,50 m da p.c.) poggiano su terreni geotecnicamente scadenti.

Dal punto di vista geotecnico, ai sensi del DM 14/01/2008, vengono riportate le seguenti considerazioni:

- il complesso delle alternanze sabbiose e limose alla base del riporto sono dotate complessivamente di limitati requisiti geotecnici e di capacità portante: *solo la sub-unità delle sabbie delmente limose risulta geotecnicamente discreta.*
- le ghiaie medio fini sabbiose rinvenibili al di sotto del complesso delle alternanze sono dotate di buoni requisiti geotecnici e di capacità portante è *sono idonee come terreno di fondazione*;
- i parametri geotecnici medi e caratteristici (angolo di attrito e densità relativa) delle due unità litologiche risultano essere i seguenti:

Complesso delle alternanze sabbiose limose

$$\varphi_{\text{medio}} = 27,7^\circ \quad \varphi_k = 25,1^\circ \quad Dr = 41\% \quad Dr_k = 35\% \quad \gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3 \quad c = 0 \text{ kPa}$$

Ghiaie medio fini sabbiose

$$\varphi_{\text{medio}} = 38,5^\circ \quad \varphi_k = 35^\circ \quad Dr = 82,5\% \quad Dr_k = 76,7\% \quad \gamma = 20 \text{ kN/m}^3 \quad c = 0 \text{ kPa}$$

Pertanto visto che le prove penetrometriche hanno evidenziato un assetto litostratigrafico estremamente disomogeneo soprattutto verticalmente con sacche limose geotecnicamente scadenti sino a profondità di 6 metri da p.c. (vedi prova SCPT n. 2 e n. 5), non è ipotizzabile sottofondare le attuali fondazioni del complesso monumentale mediante fondazioni dirette o superficiali mediante la tecnica dei conci in cls fluido.

Si ritiene quindi necessario sottofondare il complesso mediante fondazioni indirette quali i micropali:

- il piano di posa dei micropali dovrà essere individuato nelle ghiaie medio fini sabbiose, dotate di buoni requisiti geotecnici, rinvenibili ad una profondità di 12,50 metri da attuale p.c.
- i micropali dovranno avere un incastro adeguato (2-3 metri) e quindi una lunghezza utile consigliata di 15 metri;
- il numero di micropali, la loro lunghezza effettiva ed il diametro dovranno essere valutati dall'ing. strutturista incaricato che dovrà tenere conto della stratigrafia locale evidenziata dalla presente e dei parametri geotecnici caratteristici del terreno di fondazione sopra evidenziati.

Fossano, 14/03/2011

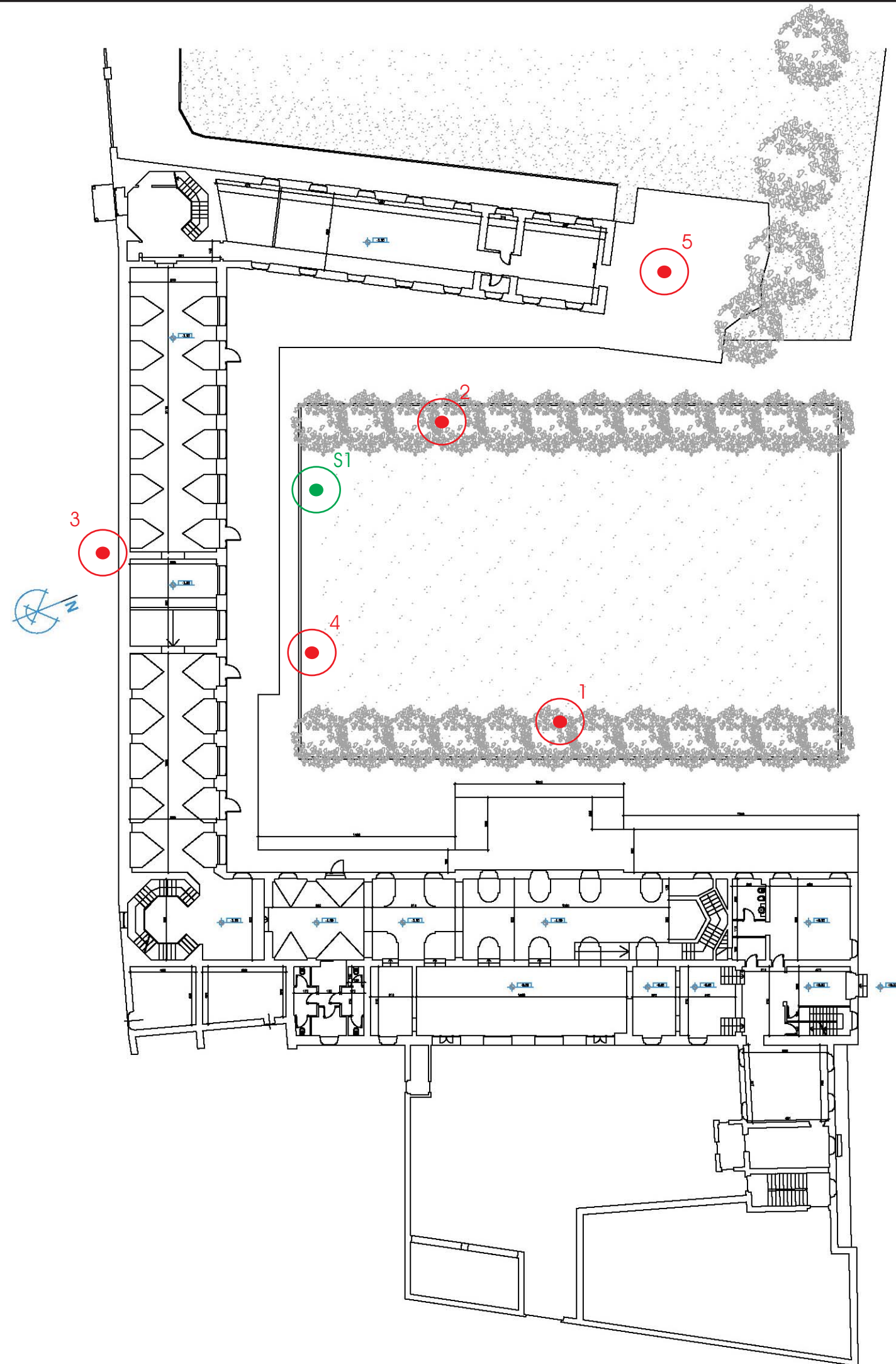
ESTRATTO C.T.R.

Sez. 174060

SCALA 1:10.000



UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE



LEGENDA

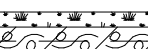

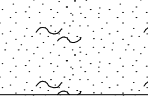
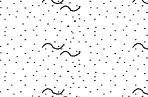
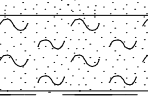


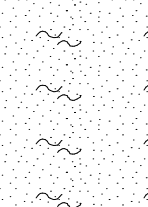
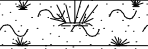
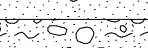






Sondaggio a carotaggio continuo



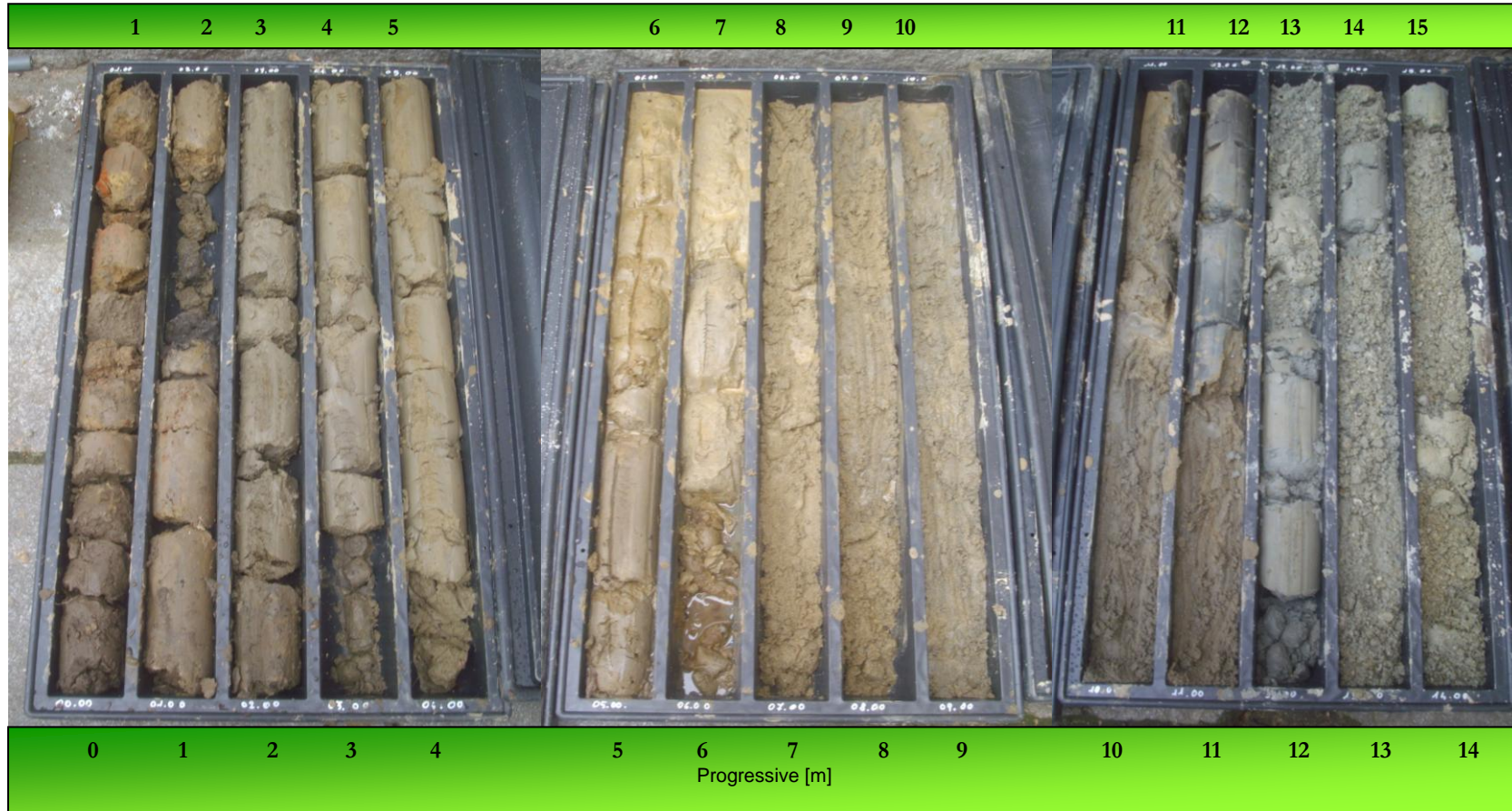
Prova penetrometrica dinamica SCPT

 <p>Decreto di autorizzazione n. 4965 del 04/06/2010 per esecuzione e certificazione di indagini geognostiche e prove in sito ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. n. 382/01</p>	Mod. 7.5.4 rev. 00	RILIEVO STRATIGRAFICO DI PERFORAZIONE	UNI EN ISO 22475-1:2007 UNI EN ISO 14688-1:2003 e 14689-1:2004	SONDAGGIO
	Committente	Dr. Geol. PlerLuigi BESSONE		S1
	Cantiere	Progetto di adeguamento funzionale e restauro di parte del Complesso Monumentale Cavouriano		Pagina 1 di 1
	Località	Santena (TO) - Castello Cavour		Commissa n. 11001-11
Perforazione	inizio: 02/03/2011	fine: 03/03/2011	Sonda: Com MC T450P Unimog	Lo Sperimentatore Dr. A. Cantù
Coordinate:	N= 44° 56.986'	E= 7° 46.440'	Scala 1:100	Il Direttore del Laboratorio Dr. Geol. Giorgio Sola
Accettazione n. 11001-11	Certificato n. 11001-11/01	del 04/03/11		

profondità dal p.c. [m]	potenza dello strato [m]	sezione stratigrafica	descrizione litologica	falda	metodo e diam. di perforazione	diametro rivestimenti	percentuale di carotaggio	piezometro tubo aperto	inclinometro	S.P.T.	pocket penetrometer	pocket vane test	campioni indisturbati	campioni rimaneggiati	permeabilità [m/s]
0.00	0.20		Terreno di copertura vegetale.												
0.20	1.80		Terreno di riporto costituito da limo argilloso con subordinati frammenti lateritici, resti carboniosi e ghiaietto sparso.							1.50 2 - 3 - 3					
2.00	1.40		Sabbia medio-fine limosa e/o limo sabbioso, rari apparati radicali sparsi, discreta laminazione ossidata, poco addensata, colore nocciola con deboli screziature ocracee da ossidazione.							3.00 4 - 5 - 6					
3.40	1.90		Sabbia medio-fine limosa, poco addensata, colore nocciola.												
5.30	1.00		Limo sabbioso fine e/o sabbia fine limosa, discreto grado di ossidazione, poco consistente, colore nocciola-brunastro.	5.50						6.00 6 - 6 - 7					
6.30	0.10		Sabbia eterometrica argillosa, poco addensata, colore nocciola.												
6.40	0.30		Limo argilloso, poco consistente, debolmente plastico, colore nocciola.												
6.70	4.70		Sabbia eterometrica da limosa a debolmente limosa con la profondità, rari livelli limoso-argillosi a partire da -10.50m da p.c., poco addensata, a livelli sciolta, colore nocciola.		carotaggio continuo diam. 101mm	127 mm	90-100%			9.00 4 - 3 - 5					
11.40	0.60		Limo debolmente sabbioso passante a sabbia limosa con la profondità, da debolmente organico a organico, poco consistente, colore da grigio a grigio scuro.							12.00 16 - 21 - 20					
12.00	0.50		Sabbia eterometrica debolmente limosa, addensata, colore grigio.												
12.50	1.50		Ghiaia medio-fine in abbondante matrice fine sabbiosa debolmente limosa, addensata, colore grigio.												
14.00	1.00		Come sopra, debole grado di ossidazione, colore nocciola.												
15.00	0.30		Sabbia prevalentemente medio-fine debolmente limosa, moderatamente addensata, colore grigio.												
15.30	2.70		Ghiaia eterometrica con sabbia medio-fine talora abbondante, addensata, colore grigio.												
18.00															

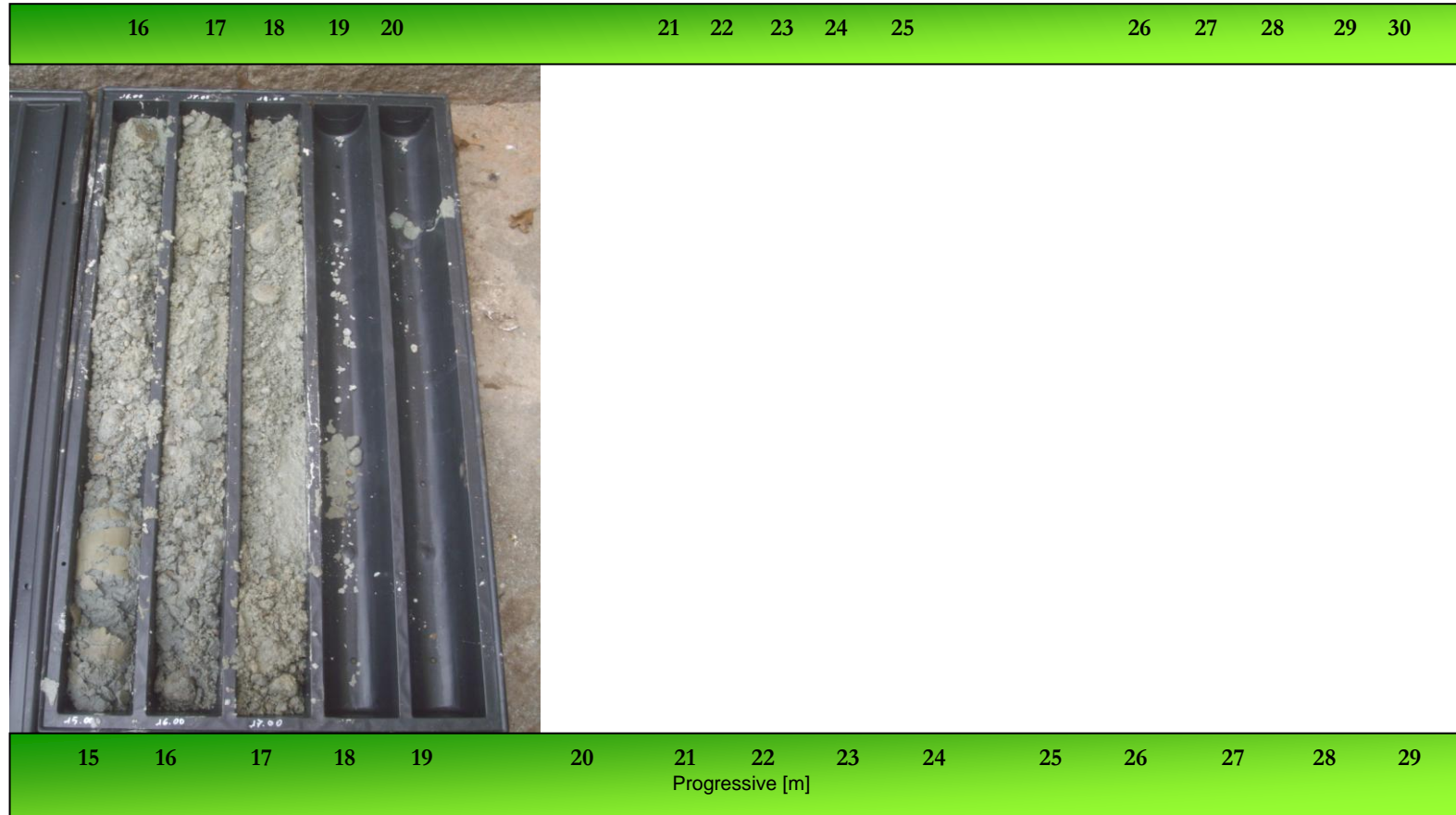
Il foro di sondaggio è attrezzato con piezometro del tipo a tubo aperto in PVC di diam. 1.5", finestrato alla profondità da p.c. compresa tra -3.00m e -18.00m.

Santena (TO) – Castello Cavour- Sondaggio SI (L=18.00m)



Cassette 1-3 da 0.00m a 15.00m da p.c.

Santena (TO) – Castello Cavour - Sondaggio SI (L=18.00m)



Cassetta 4 da 15.00m a 18.00m da p.c.



Committente: Ing. Pistone

Località: Complesso monumentale cavouriano

Data: 04/03/2011

Riferimenti:

Portanza con metodi probabilistici: strato n.1**Valore medio e caratteristico dei parametri geotecnici**

Numero misura	Angolo di attrito (°)	Coesione(kg/cmq)	Densità relativa (%)	Modulo elastico(kg/cmq)	Peso di volume(kg/mc)
1	28	0	45		
2	29	0	40		
3	26	0	38		

Angolo di attrito medio (°): 27.67 Valore caratteristico (°): 25.1

Coesione media(kg/cmq): 0 Valore caratteristico(kg/cmq): 0

Densità relativa media (%): 41 Valore caratteristico (%): 35

Mod.elastico medio(kg/cmq): Valore caratteristico(kg/cmq):

Peso vol.medio(kg/mc): Valore caratteristico(kg/mc):



Committente: Ing. Pistone

Località: Complesso monumentale cavouriano

Data: 04/03/2011

Riferimenti:

Portanza con metodi probabilistici: strato n.2**Valore medio e caratteristico dei parametri geotecnici**

Numero misura	Angolo di attrito (°)	Coesione(kg/cmq)	Densità relativa (%)	Modulo elastico(kg/cmq)	Peso di volume(kg/mc)
1	40	0	85		
2	37	0	80		

Angolo di attrito medio (°): 38.5 Valore caratteristico (°): 35.0

Coesione media(kg/cmq): 0 Valore caratteristico(kg/cmq): 0

Densità relativa media (%): 82.5 Valore caratteristico (%): 76.7

Mod.elastico medio(kg/cmq): Valore caratteristico(kg/cmq):

Peso vol.medio(kg/mc): Valore caratteristico(kg/mc):

GEOLOGIA E GEOTECNICA
BESSONE DOTT. PIERGIOVANNI
 VIA FIUME 2/B 12045 FOSSANO (CN)
 TEL. 0172634998 – 3386652823
 PART. IVA: 03138070044
 C.F.: BSS PGV 50A27 F351B

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.

Penetrometro:

- Massa battente = 73.50 Kg
- Altezza caduta = 75 cm
- Punta conica Ø = 51 mm

Prova n° 1

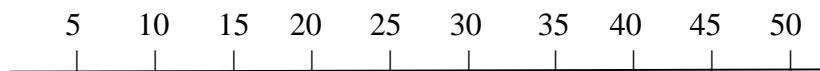
Data 07/03/2011

Località Santena – Castello Cavour

Committente Ing. Pistone Giuseppe

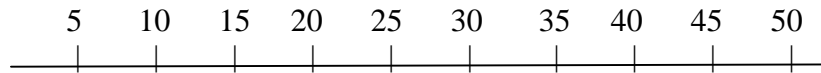
Operatori Bessone / Balsamo

Colpi/piede



30	**
60	***
90	*
120	**
150	*
180	*****
210	*****
240	*****
270	*****
300	*****
330	*****
360	*****
390	*****
420	*****
450	*****
480	*****
510	*****
540	*****

Colpi/piede



570	*****
600	*****
630	*****
660	*****
690	*****
720	*****
750	*****
780	*****
810	*****

Falda acquifera: -5,50 m da p.c.

Quota altimetrica inizio prova: quota p.c.

GEOLOGIA E GEOTECNICA

BESSONE DOTT. PIERGIOVANNI

VIA FIUME 2/B 12045 FOSSANO (CN)

TEL. 0172634998 – 3386652823

PART. IVA: 03138070044

C.F.: BSS PGV 50A27 F351B

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.

Penetrometro:

- Massa battente = 73.50 Kg
- Altezza caduta = 75 cm
- Punta conica $\varnothing = 51$ mm

Prova n° 2

Data 07/03/2011

Località Santena – Castello Cavour

Committente Ing. Pistone Giuseppe

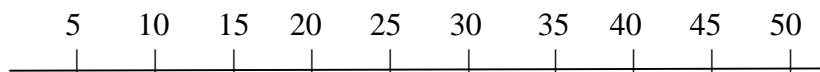
Operatori Bessone / Balsamo

Colpi/piede

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50

30	*
60	*
90	*
120	*
150	*
180	*
210	*
240	*
270	*
300	*
330	**
360	*****
390	*****
420	*****
450	*****
480	*****
510	*****
540	*****

Colpi/piede



570 *****
600 *****
630 *****
660 *****
690 *****
720 *****
750 *****
780 *****
810 *****
840 *****
870 *****
900 *****

Falda acquifera: -5,50 m da p.c.

Quota altimetrica inizio prova: quota p.c.

GEOLOGIA E GEOTECNICA

BESSONE DOTT. PIERGIOVANNI

VIA FIUME 2/B 12045 FOSSANO (CN)

TEL. 0172634998 – 3386652823

PART. IVA: 03138070044

C.F.: BSS PGV 50A27 F351B

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.

Penetrometro:

- Massa battente = 73.50 Kg
- Altezza caduta = 75 cm
- Punta conica $\varnothing = 51$ mm

Prova n° 3

Data 07/03/2011

Località Santena – Castello Cavour

Committente Ing. Pistone Giuseppe

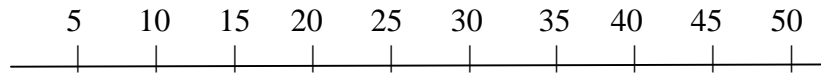
Operatori Bessone/Balsamo

Colpi/piede

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50

30	*
60	*****
90	*****
120	*****
150	*
180	*
210	*
240	*
270	*
300	*
330	**
360	**
390	*****
420	*****
450	*****
480	*****
510	*****
540	*****

Colpi/piede



570 *****
600 *****
630 *****
660 *****
690 *****
720 *****
750 *****
780 *****
810 *****

Falda acquifera: -5,50 m da p.c.

Quota altimetrica inizio prova: quota piano piazzale

GEOLOGIA E GEOTECNICA

BESSONE DOTT. PIERGIOVANNI

VIA FIUME 2/B 12045 FOSSANO (CN)

TEL. 0172634998 – 3386652823

PART. IVA: 03138070044

C.F.: BSS PGV 50A27 F351B

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.

Penetrometro:

- Massa battente = 73.50 Kg
- Altezza caduta = 75 cm
- Punta conica $\varnothing = 51$ mm

Prova n° 4

Data 07/03/2011

Località Santena – Castello Cavour

Committente Ing. Pistone Giuseppe

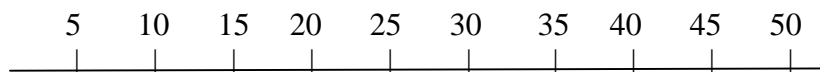
Operatori Bessone / Balsamo

Colpi/piede

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50

30	*
60	*****
90	*****
120	**
150	****
180	*****
210	*****
240	*****
270	*****
300	*****
330	*****
360	*****
390	*****
420	*****
450	*****
480	*****
510	*****
540	*****

Colpi/piede



570	*****
600	*****
630	*****
660	*****
690	*****
720	*****
750	*****
780	*****
810	*****

Falda acquifera: -5,50 m da p.c.

Quota altimetrica inizio prova: quota p.c.

GEOLOGIA E GEOTECNICA

BESSONE DOTT. PIERGIOVANNI

VIA FIUME 2/B 12045 FOSSANO (CN)

TEL. 0172634998 – 3386652823

PART. IVA: 03138070044

C.F.: BSS PGV 50A27 F351B

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA S.C.P.T.

Penetrometro:

- Massa battente = 73.50 Kg
- Altezza caduta = 75 cm
- Punta conica $\varnothing = 51$ mm

Prova n° 5

Data 07/03/2011

Località Santena – Castello Cavour

Committente Ing. Pistone Giuseppe

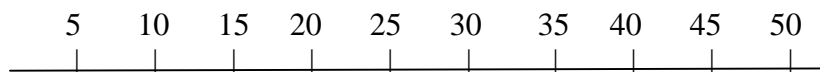
Operatori Bessone/Balsamo

Colpi/piede

5 10 15 20 25 30 35 40 45 50

30	*
60	*
90	*
120	*
150	*
180	*
210	**
240	**
270	*
300	*
330	***
360	*****
390	*****
420	****
450	*****
480	****
510	*****
540	****

Colpi/piede



570 *****
600 *****
630 ****
660 ***
690 *****
720 *****
750 *****
780 *****
810 *****
840 *****
870 *****
900 *****

Falda acquifera: -5,50 m da p.c.

Quota altimetrica inizio prova: quota p.c.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA PROVE S.C.P.T.



FOTO 1 – Prova S.C.P.T. n. 1



**FOTO 1 – Prova
S.C.P.T. n. 4**



FOTO 1 – Prova S.C.P.T. n. 5