

# PISU Asti - Ovest

Programma operativo regionale 2007/2013 finanziato dal F.E.S.R. a titolo dell'obiettivo "Competitività ed occupazione" Asse III.2.2 "Riqualificazione aree degradate". Progetto Integrato di Sviluppo Urbano (P.I.S.U.) denominato "Asti - Ovest".

Scheda O1

RIQUALIFICAZIONE QUARTIERE TORRETTA

Intervento A.3.4

**Nuova bretella stradale tra C.so Ivrea e Strada  
Ragazzi del '99**

Scheda 120/12

P.T. 2012/2014

C U P M a s t e r  
e CUP G31B11000570007

PROGETTO  
ESECUTIVO

Elaborato:

C

07.03.2014 Rev.01

## Relazione Geologica

Progettista  
Capogruppo R.T.P.  
**Ing. Elio BOERO**



Tecnico competente:  
**Dott. Geol. Roberto MICHETTI**



Il Responsabile del Procedimento  
**Arch. P. A. SCARAMOZZINO**



## INDICE

<b>1. PREMESSA</b>	<b>1</b>
<b>2. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI PREVISTO INTERVENTO E BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO IN PROGETTO</b>	<b>2</b>
<b>3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DELL'AREA DI INTERVENTO</b>	<b>7</b>
<b>4. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE DELL'AREA DI INTERVENTO</b>	<b>9</b>
<b>5. PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDROGEOLOGICO</b>	<b>10</b>
<b>6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA RAPPRESENTATIVA DEI TERRENI INTERESSATI DALL'INTERVENTO</b>	<b>12</b>
<b>6.1. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE</b>	<b>12</b>
6.1.1. Generalità e strumentazione utilizzata	12
6.1.2. Caratteristiche delle penetrometrie eseguite	13
6.1.3. Interpretazione stratigrafica	14
6.1.4. Caratterizzazione geotecnica dei terreni	18
<b>7. AZIONE SISMICA</b>	<b>20</b>
<b>8. ASPETTI ESECUTIVI</b>	<b>24</b>
<b>9. CONCLUSIONI</b>	<b>25</b>





## 1. PREMESSA

Nell'ambito del Progetto Integrato di Sviluppo Urbano (P.I.S.U.) denominato "*Asti Ovest*", di cui al programma operativo regionale 2007/2013 finanziato dal F.E.S.R. a titolo dell'obiettivo "Competitività ed occupazione", Asse III.2.2 "Riqualificazione aree degradate", L'Amministrazione comunale di Asti ha previsto una serie di interventi in corrispondenza di diverse località del proprio tessuto urbano.

In tale quadro, a seguito di specifico bando di gara per il conferimento di incarichi per l'esecuzione di servizi tecnici ai sensi dell'art.91, c.2 del D.Lgs. 163/2006, il gruppo di progettazione rappresentato dal Dott. Ing. Elio Boero, dello Studio Tecnico B.Z. di Villafranca d'Asti, dalla Dott.ssa Arch. Beatrice Beccuti di Asti e dal sottoscritto, Dott. Geol. Roberto Michetti, dello Studio GeA Geologi Associati di Verbania, appositamente costituitosi, con atto notarile, in Associazione Temporanea di Professionisti, è risultato aggiudicatario della progettazione relativa ai lavori di cui alla scheda 01 "Riqualificazione quartiere Torretta", ed in particolare all'intervento A.3.4: "*Nuova bretella stradale tra C.so Ivrea e Strada Ragazzi del '99*".

In ottemperanza all'incarico ricevuto, per quanto riguarda gli aspetti di competenza, sono state condotte le indagini riassunte nel presente studio, che si configura come relazione geologica ai sensi del D.M. 14.01.2008 a corredo della fase di progettazione definitiva, e che si sono articolate attraverso i seguenti punti:

- localizzazione e individuazione delle opere;
- inquadramento idrogeomorfologico generale dell'areale;
- valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dagli interventi;
- analisi delle condizioni di pericolosità geomorfologica e del rischio idrogeologico;
- esame delle opere in progetto in relazione alla situazione geologica individuata, con indicazioni geologico-tecniche connesse con gli aspetti esecutivi.

I dati così raccolti, tenuto conto anche del fatto che gli interventi proposti presenteranno, nel loro complesso, interazioni opera-terreno limitate, hanno permesso, in primo luogo, di caratterizzare sufficientemente la medesima area e di approfondire, nel merito, i principali aspetti geologico-tecnici connessi con l'esecuzione degli interventi in oggetto, anche nell'ottica della definizione delle scelte progettuali.

Le ipotesi di progetto dovranno comunque essere verificate puntualmente in corso d'opera, adattando eventualmente i lavori alle diverse situazioni riscontrate.

Le risultanze delle indagini svolte sono qui di seguito riassunte.





## 2. LOCALIZZAZIONE DELL'AREA DI PREVISTO INTERVENTO E BREVE DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO IN PROGETTO

L'area oggetto di trasformazione è parte del quartiere Torretta, distribuito ai margini nord occidentali del concentrico di Asti, nei pressi dello svincolo Asti ovest dell'autostrada A21 Torino – Piacenza (cfr. figura 1).

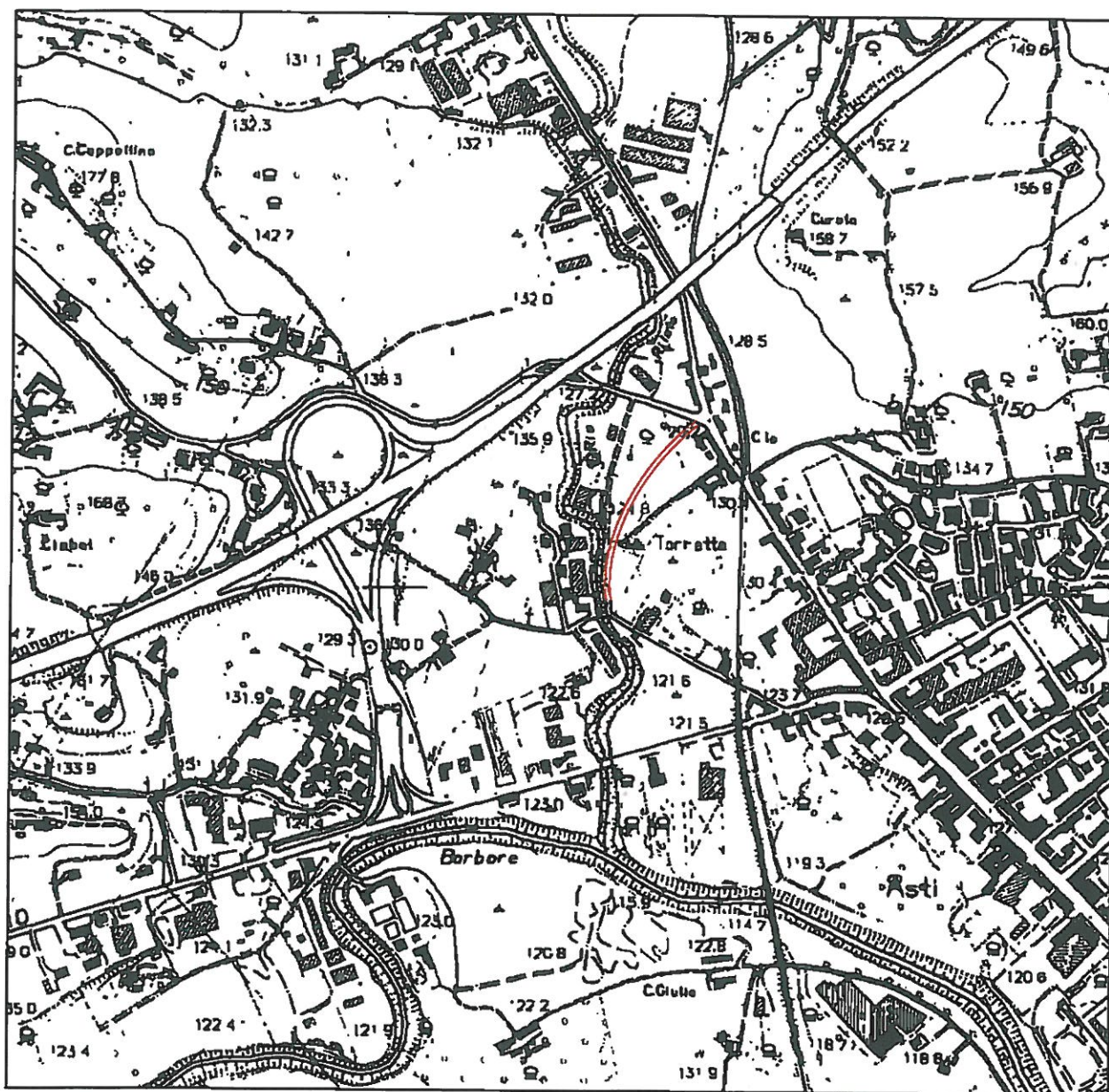


Figura 1 – Corografia su C.T.R., scala 1:10.000. Sezione n. 175070 "Asti".

Trattasi, più specificatamente, dei terreni censiti ai mappali nn. 117-287-387-664-888-889-901-905 del Fg. n.21 del N.C.T. del Comune di Asti.





L'intervento in questione, con rimando agli elaborati progettuali per un maggior dettaglio, consisterà nella formazione di una strada comunale di collegamento tra i tracciati esistenti di Corso Ivrea e strada Ragazzi del '99.

In sintesi, si tratterà di un percorso che, partendo dall'innesto con Strada Ragazzi del '99, (cf. figura 2) descriverà un primo segmento debolmente convesso a definire una blanda curva destrorsa che risulterà in fregio all'incisione del Rio Rilate (cfr. da sezione 12 a sezione 16 di progetto) e che, di fatto, affiancherà il sedime di una strada bianca qui esistente di accesso ad alcuni insediamenti circostanti (cfr. foto 1); a questa seguirà un tratto rettilineo con direzione SE-NO che raggiungerà C.so Ivrea, cui si collegherà in corrispondenza di una nuova rotonda prevista all'altezza del bivio con Via Santhià (cfr. foto 2).

Foto 1

*Panoramica da sud della strada bianca esistente in fregio al Rio Rilate, cui si affiancherà il tratto iniziale, da Strada Ragazzi del '99, del nuovo percorso stradale in progetto.*



Foto 2

*Panoramica da sud ovest dei terreni interessati dal tratto rettilineo della nuova bretella stradale in progetto che si raccorderà con C.so Ivrea (sullo sfondo).*





Complessivamente, la nuova strada in progetto avrà uno sviluppo lineare di circa 400 metri, con pendenze minime, pari al massimo al 4,4% nel tratto prossimo al raccordo con C.so Ivrea.

La carreggiata, a due corsie, avrà larghezza utile complessiva di 7 metri e sarà affiancata su entrambi i lati da un marciapiede di larghezza utile pari a 1,5 metri oltre che, sul lato interno (ovest), da una pista ciclabile di larghezza pari a 2,5 metri (cfr. figura 3).

Sull'esterno la medesima nuova bretella stradale sarà percorsa da fossi di guardia a sezione trapezoidale, di larghezza al fondo 50 cm e profondità analoga, che avranno lo scopo di drenare le acque meteoriche e che verranno recapitate al vicino Rio Rilate in due punti distinti (all'altezza della sezione 17 e tra le sezioni 11 e 12 di progetto) attraverso tubazioni di diametro compreso tra 600 e 1000 mm che sottopasseranno la sede viaria.

Per la realizzazione di quanto sopra non è prevista l'esecuzione di particolari opere d'arte (es. muri di contenimento, ponti, ecc.) bensì la sola regolarizzazione del terreno mediante limitate operazioni di scavo (profondità massime rispetto al piano campagna attuale dell'ordine di 1,3÷1,4 m per la creazione dei fossi di guardia; cfr. sezione 6 di progetto) e riporti (per spessori massimi attorno a 1,2÷1,3 m rispetto alle quote attuali; cfr. sezioni 8 e 9 di progetto).



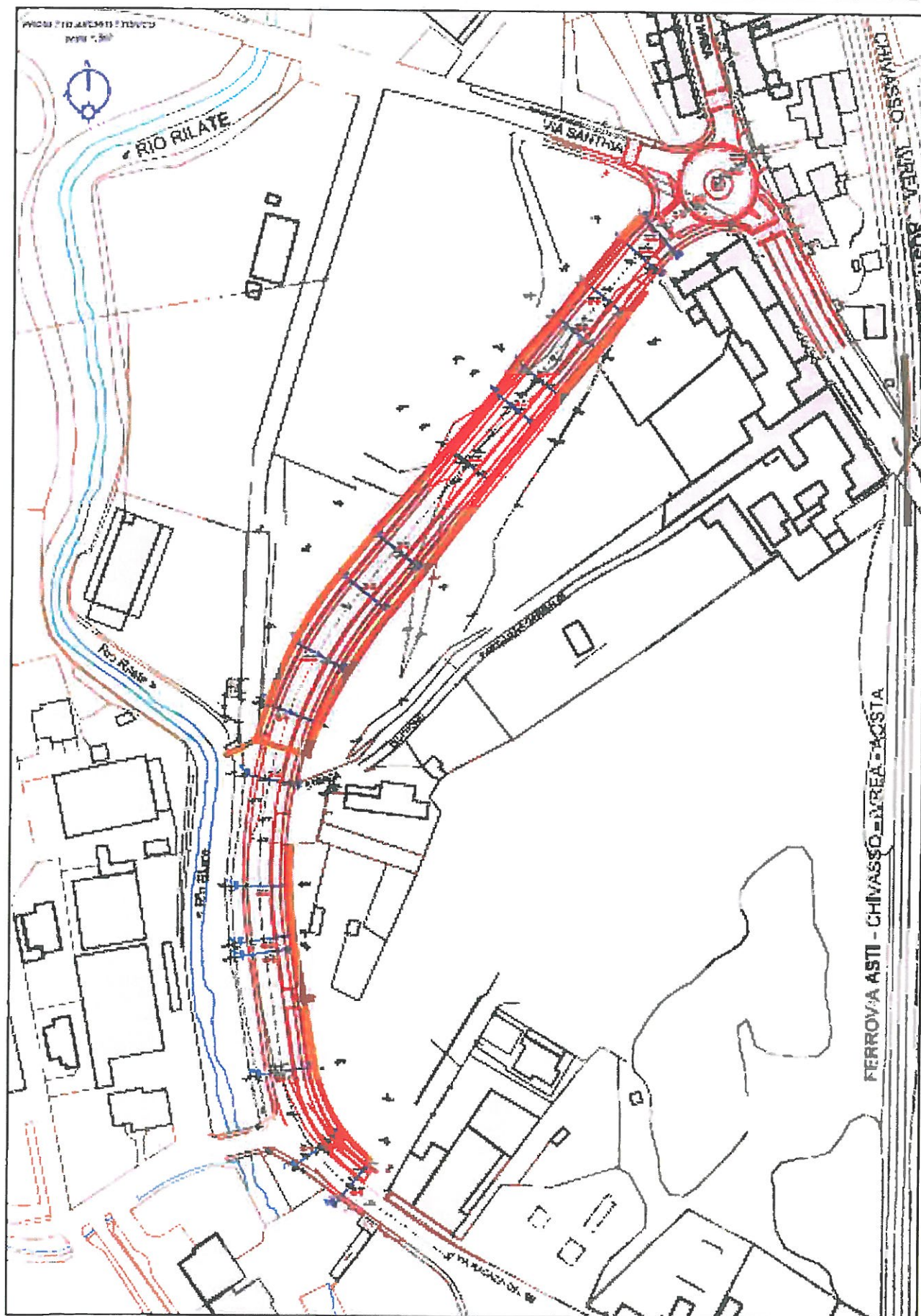
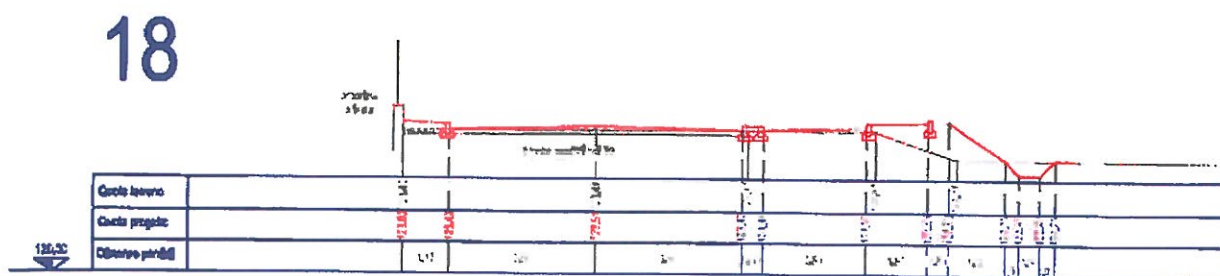
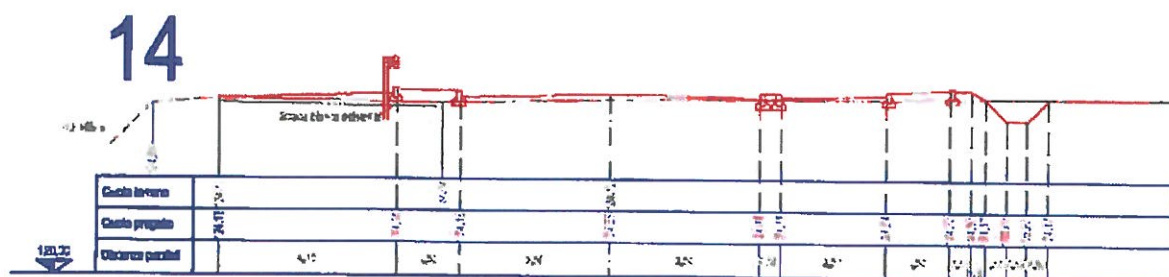
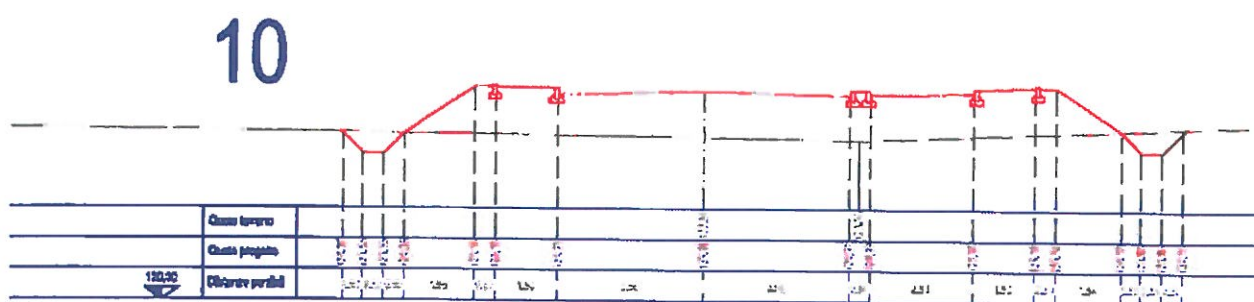
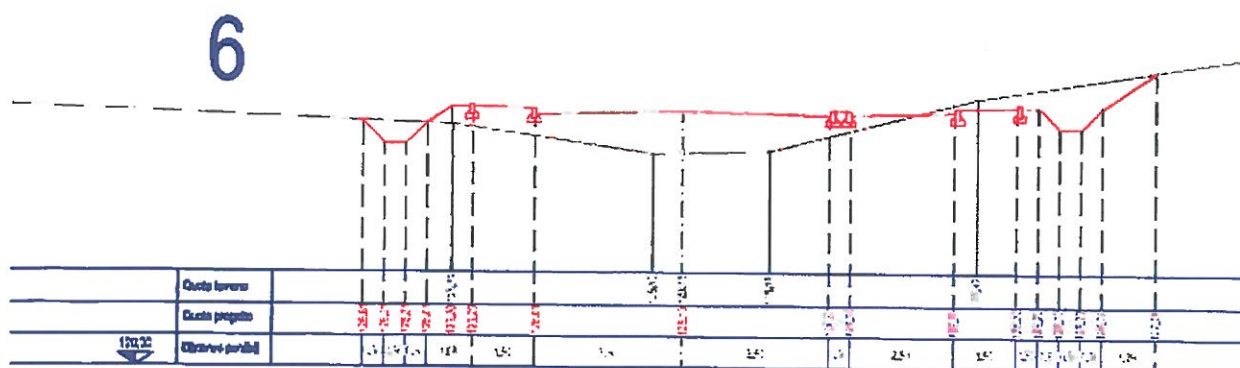


Figura 2 - Estratto da elaborati di progetto: planimetria generale (non in scala).



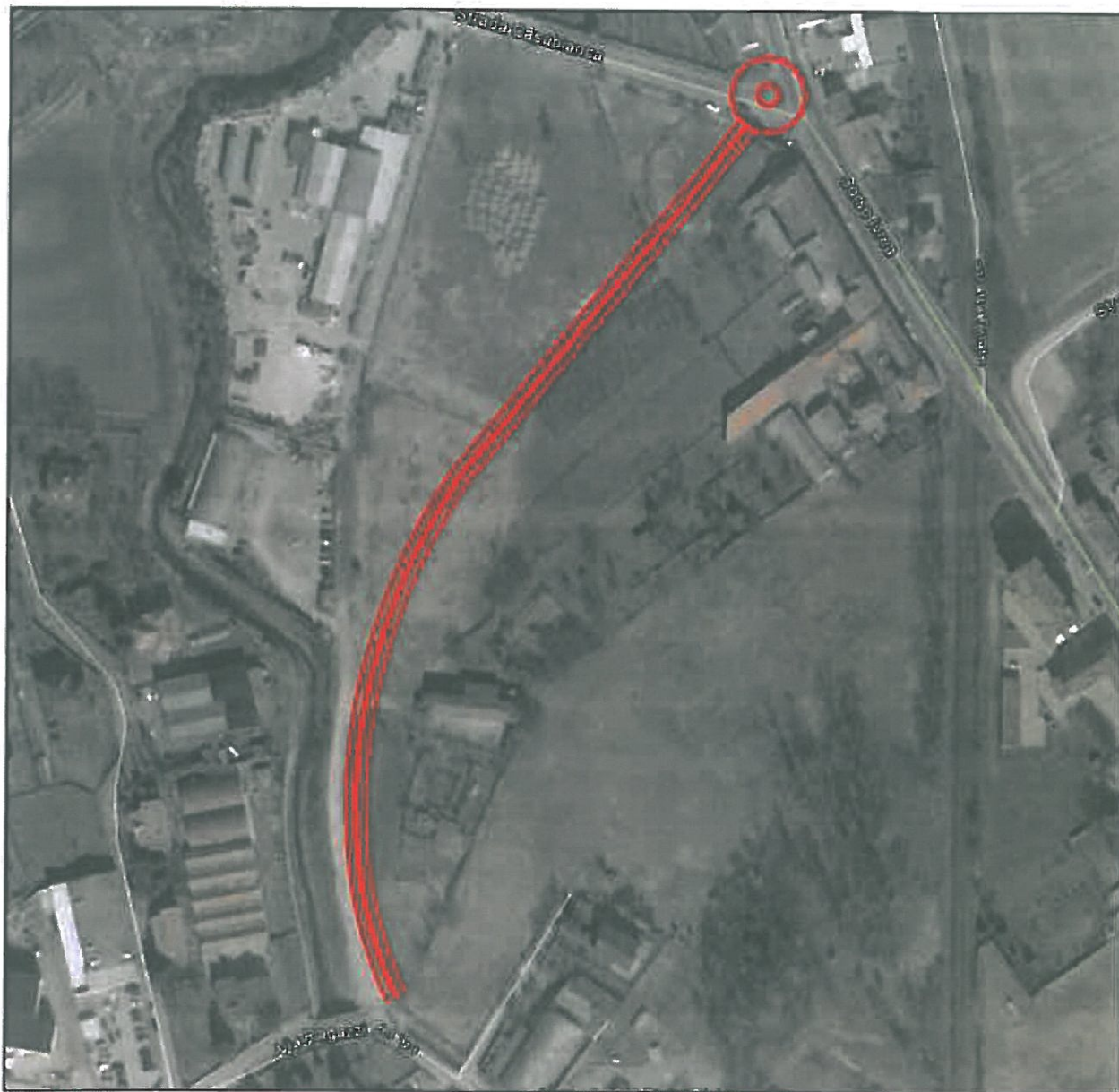
*Figura 2 – Estratto da sezioni di progetto (non in scala).*





### **3. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E GEOMORFOLOGICHE DELL'AREA DI INTERVENTO**

La circoscritta area di prevista trasformazione per la creazione della nuova bretella stradale di collegamento tra Via Ragazzi del '99 e C.so Ivrea, si distribuisce all'incirca tra i 125 e 130 m s.l.m., nell'ambito della porzione di territorio compresa tra l'incisione del Rio Rilate a ovest e la massicciata della linea ferroviaria Asti-Chivasso-Ivrea-Aosta (cfr.figura 4).



**Figura 4**

*Riproduzione su immagine aerea (fonte Google earth) del percorso stradale in progetto nell'ambito della porzione di territorio compresa tra il Rio Rilate a ovest e la linea ferroviaria Asti-Chivasso-Ivrea-Aosta a est.*

Dal punto di vista geomorfologico si tratta, nel complesso, di un tipico areale di pianura articolato in una serie di ampie superfici subpianeggianti debolmente inclinate verso sud a costituire una serie di bassi terrazzi in raccordo progressivo con l'alveo del F. Tanaro.



Tali superfici sono delimitate da scarpate di erosione ad andamento sinuoso che costituiscono l'espressione della successione di episodi erosivo-deposizionali operati dal paleo Po, dal F. Tanaro, e dai suoi tributari.

In particolare, i lotti interessati dall'intervento in progetto sono parte di una superficie di origine alluvionale delimitata verso est da una evidente scarpata erosiva con dislivelli compresi tra 5 e 8 m circa, e verso ovest dal corso del Rio Rilate; gli stessi terreni, per lo più a prato, appaiono sostanzialmente pianeggianti nel tratto immediatamente seguente al previsto innesto con Strada Ragazzi del '99 dove, come accennato, è già presente un percorso sterrato (cfr. foto 1), mentre per la restante parte ove si svilupperà il segmento rettilineo di raccordo con Corso Ivrea, si osservano terreni a prato caratterizzati da deboli ondulazioni e minimi dislivelli (cfr. foto 2); in particolare, con riferimento alla zona compresa tra le sezioni 4 e 7 di progetto, si rileva una blanda depressione con andamento NE-SO di probabile origine alluvionale.

Geologicamente, lo stesso areale in esame è caratterizzato dalla presenza di sequenze sedimentarie di origine alluvionale fluviale di età variabile da olocenica a pleistocenica che colmano le aree terrazzate di pianura occupate dai corsi d'acqua attivi o estinti; ai limiti delle zone alluvionali sono presenti deboli rilievi costituiti da depositi paleocenico-neocenici di origine marina.

In dettaglio, sono osservabili nell'area di prevista trasformazione depositi alluvionali da ascrivere all'attività del Rio Rilate, dati in prevalenza da limi, limi sabbiosi e limi argillosi generalmente privi di stratificazione, aventi spessori stimabili in circa 6-7 m.

Al di sotto sono presenti le argille marine azzurre sovraconsolidate (*Argille di Lugagnano*) che costituiscono il termine basale della successione pliocenica; in genere al tetto delle argille è rilevabile un livello di alterazione di spessore limitato.

Terreni di riporto sono invece irregolarmente distribuiti in superficie a seguito delle diffuse trasformazioni antropiche, essenzialmente riconducibili a scavi, riporti e terrazzamenti connessi con le varie opere viabilistiche ed edificatorie.





#### 4. CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE DELL'AREA DI INTERVENTO

Dal punto di vista dell'idrografia superficiale, la zona in esame è sottesa dal reticolo idrografico afferente al Fiume Tanaro; nello specifico, come già più volte accennato, l'area di progetto è localizzata in sponda sinistra del Rio Rilate, affluente di sinistra del Torrente Bobore (quest'ultimo a sua volta tributario sinistro del Fiume Tanaro) in cui si immette circa 150 m più a valle (sud) di Strada Ragazzi del '99.

Il Rio Rilate, in particolare, corrisponde ad un corso d'acqua con caratteristiche morfologiche e dinamiche tipiche dei torrenti di pianura; all'altezza dei terreni in esame la relativa incisione mostra sezioni di altezza utile attorno ai  $3,5 \div 4$  metri, larghezza al fondo pari all'incirca a  $2,5 \div 3$  metri e con scarpata spondale sinistra in terra e scarpata in destra protetta da una scogliera (cf. foto 3).



Foto 3  
*Vista da monte (nord) dell'incisione del Rio Rilate all'altezza dell'attraversamento di Strada Ragazzi del '99 (sullo sfondo).*

Più in dettaglio, portate e caratteristiche idrauliche del medesimo corso d'acqua sono esplicitate nella relazione tecnica appositamente redatta, a corredo del progetto, a cura del Dott. Ing. Elio Boero, cui si rimanda.

In relazione alle acque di scorrimento superficiale non incanalate, la modesta acclività caratteristica della zona di previsto intervento e la presenza in superficie di depositi alluvionali aventi prevalente granulometria limosa o limoso-sabbiosa, con conseguente basso coefficiente di permeabilità, sono fattori indicativi di possibili condizioni di ristagno superficiale delle acque meteoriche in occasione di eventi piovosi intensi e/o prolungati, specie in corrispondenza di locali avvallamenti e/o di circoscritte aree intercluse.



Per quanto concerne gli aspetti idrogeologici, per la zona interessata dai previsti interventi, è nota la presenza di una superficie freatica localizzata a profondità variabile tra -3 e -4 m dal p.c. (cfr. successivo capitolo 6) con direzione di deflusso avente, indicativamente, andamento N-S e con gradienti simili a quello della superficie topografica.

Nel caso specifico, comunque, data la tipologia delle opere in progetto e le condizioni idrogeologiche ipotizzate, si possono escludere, in fase esecutiva, particolari problematiche connesse con acque sotterranee.

## **5. PERICOLOSITÀ E RISCHIO IDROGEOLOGICO**

L'analisi dei processi geomorfologici osservabili su un'area è fondamentale per identificare l'eventuale pericolosità ed il grado di rischio connesso con l'esecuzione di un'opera in corrispondenza dell'area stessa; in particolare, tale valutazione riguarda sia fenomeni riconducibili alla dinamica gravitativa, sia alla dinamica legata alle acque di scorrimento superficiale, incanalate e non incanalate, o anche all'eventuale presenza di acque sotterranee.

Nel caso in oggetto, circa eventuali dissesti di natura gravitativa, data la morfologia subpianeggiante dell'area in esame, se ne esclude la possibilità di accadimento.

Gli effettivi elementi di pericolosità geomorfologica, nell'ambito dell'areale considerato, sono, di fatto, essenzialmente riconducibili alla presenza del Rio Rilate in relazione alla sua eventuale dinamica torrentizia in caso di eventi di piena eccezionali.

Al proposito, lo strumento urbanistico vigente del Comune di Asti è corredato da una analisi geologica, redatta secondo le specifiche di cui alla Circ. P.G.R. n.7/Lap del 05.08.1996 e alla Nota Tecnica Esplicativa del dicembre 1999, che ha introdotto una classificazione dell'intero territorio comunale dal punto di vista della pericolosità geomorfologica e della conseguente idoneità all'utilizzazione urbanistica.

In tale analisi, come si evince dallo specifico allegato tecnico: "*Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica*" (elaborato 19 del P.R.G.C. vigente), i lotti interessati dal tratto più meridionale del percorso stradale in progetto, che risulterà in adiacenza all'alveo dello stesso corso d'acqua, sono stati ascritti alla classe 3B1, riguardante: "*porzioni di territorio investite da processi urbanizzativi nelle quali gli elementi di pericolosità geologica e di rischio le rendono inidonee a nuovi insediamenti anche in presenza di interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico o privato convenzionato*".





La restante parte del medesimo percorso interesserà, invece, terreni posti in classe 2B, riferita a: "aree inondabili per eventi di piena catastrofici (acque a bassa energia e altezza)" (cfr. figura 5).

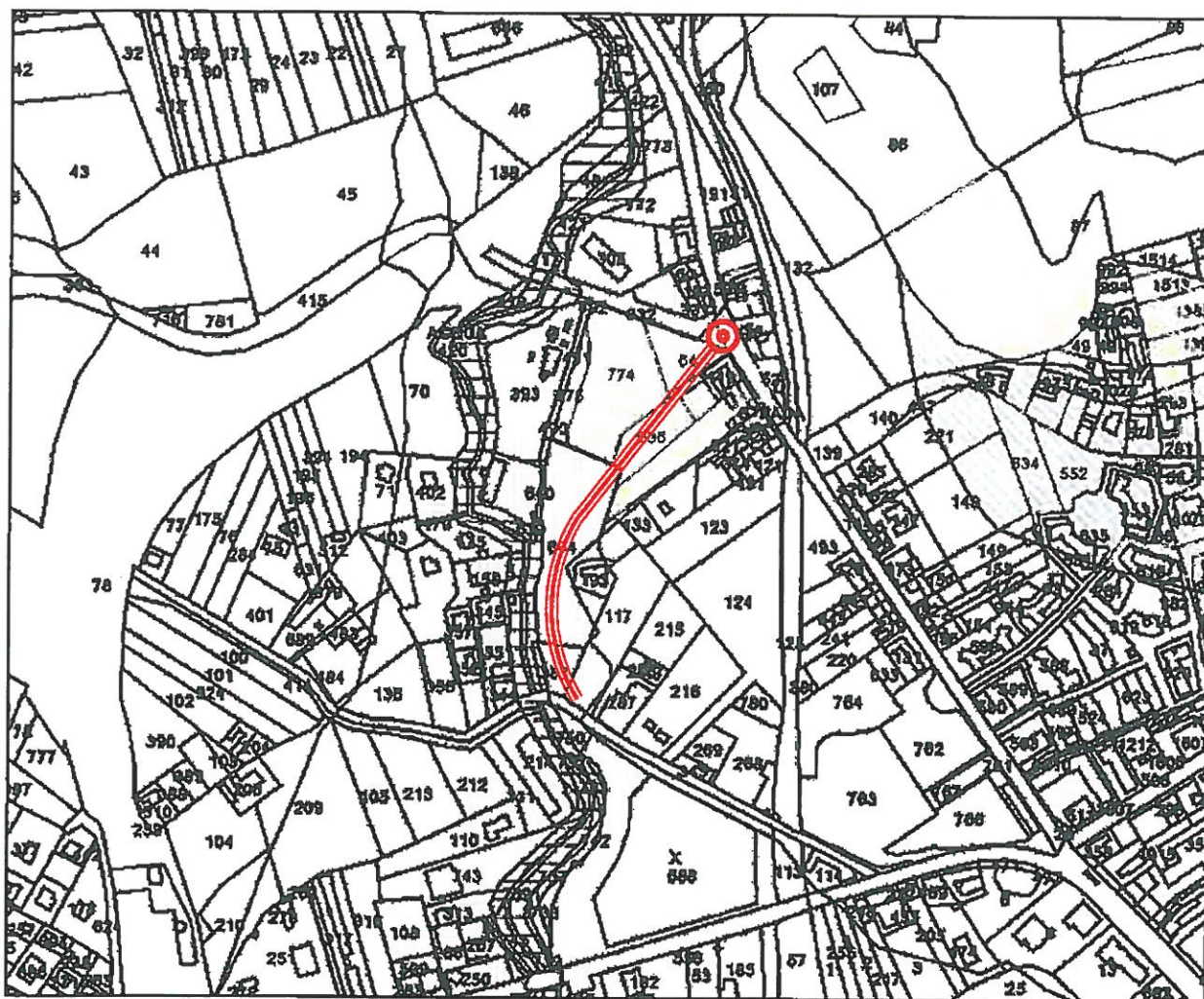


Figura 5

Estratto dal Sistema Informativo Territoriale disponibile sul portale cartografico del Comune di Asti: Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica, con rappresentazione delle particelle catastali e degli edifici da catasto terreni, alla scala 1:5.000. Con soprassegno il tracciato indicativo della strada in progetto, ricadente, per la parte più meridionale, nella classe 3B1 e, per la restante porzione più settentrionale, nella classe IIB.

Risulta pertanto che la zona di intervento sia considerata potenzialmente soggetta ad allagamenti connessi con la dinamica del Rio Rilate.

In relazione ad un simile eventualità, è stata prodotta una specifica analisi idraulica, a cura del progettista, Dott. Ing. Elio Boero, che ha consentito di verificare come gli eventuali deflussi di piena prevedibili per lo stesso corso d'acqua, non arriverebbero ad interferire con il tracciato stradale in progetto, che può pertanto considerarsi sufficientemente compatibile con gli elementi di pericolosità geomorfologica e conseguente rischio idrogeologico segnalati a livello di P.R.G.C. vigente.



## 6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA RAPPRESENTATIVA DEI TERRENI INTERESSATI DALL'INTERVENTO

### 6.1. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Allo scopo di ricostruire in maniera sufficientemente attendibile il contesto litostratigrafico dell'area interessata dal nuovo percorso stradale in progetto, sono state appositamente eseguite n.02 prove penetrometriche dinamiche a cura del Dott. Geol. Massimo Castellaro.

#### 6.1.1. Generalità e strumentazione utilizzata

Le prove penetrometriche dinamiche sono tipicamente utilizzate per indagare terreni prevalentemente incoerenti e che, attraverso l'interpretazione dei risultati ottenuti, oltre a fornire indicazioni circa la natura dei materiali investigati, consentono, seppure indirettamente attraverso correlazioni empiriche, la stima di alcune delle principali proprietà geotecniche dei terreni in sito.

Nello specifico, è stato impiegato un penetrometro dinamico super pesante Pagani tipo TG 63-200 kN, con le seguenti caratteristiche tecniche:

- Peso massa battente:  $M = 63.50 \text{ kg}$
- Altezza caduta libera:  $H = 0,75 \text{ m}$
- Peso sistema battuta:  $M_s = 0.63 \text{ kg}$
- Diametro punta conica:  $D = 51,00 \text{ mm}$
- Area base punta conica:  $A = 20,43 \text{ cm}^2$
- Angolo apertura punta:  $\alpha = 90^\circ$
- Lunghezza della aste:  $L_a = 100 \text{ cm}$
- Peso aste per metro:  $M_a = 6,31 \text{ kg}$
- Avanzamento punta:  $\delta = 20 \text{ cm}$
- Numero di colpi:  $N(20) = N_{DP} \Rightarrow$  relativo ad un avanzamento di 20 cm

In sintesi, la prova consiste nel valutare la resistenza offerta dal terreno alla penetrazione di una punta conica, posta all'estremità inferiore di una batteria di aste in acciaio, la cui infissione avviene attraverso un sistema di battitura che determina il ripetuto sgancio di un maglio (63,5 Kg) da un'altezza di 75 cm, registrando il numero di "colpi piede" ( $N_{DP}$ ) necessario a far avanzare la punta per successivi tratti di lunghezza pari a 20 cm.

Nell'eventualità in cui siano necessari più di 100 colpi per un avanzamento di 20 cm, si considera la prova comunque conclusa "a rifiuto" (R).



### 6.1.2. Caratteristiche delle penetrometrie eseguite

In data 04.03.2013 sono state eseguite, come detto, due prove penetrometriche di seguito denominate "Prova Nr.1" e "Prova Nr.2", ubicate lungo il tracciato di stradale di progetto (cfr. planimetria figura 6).

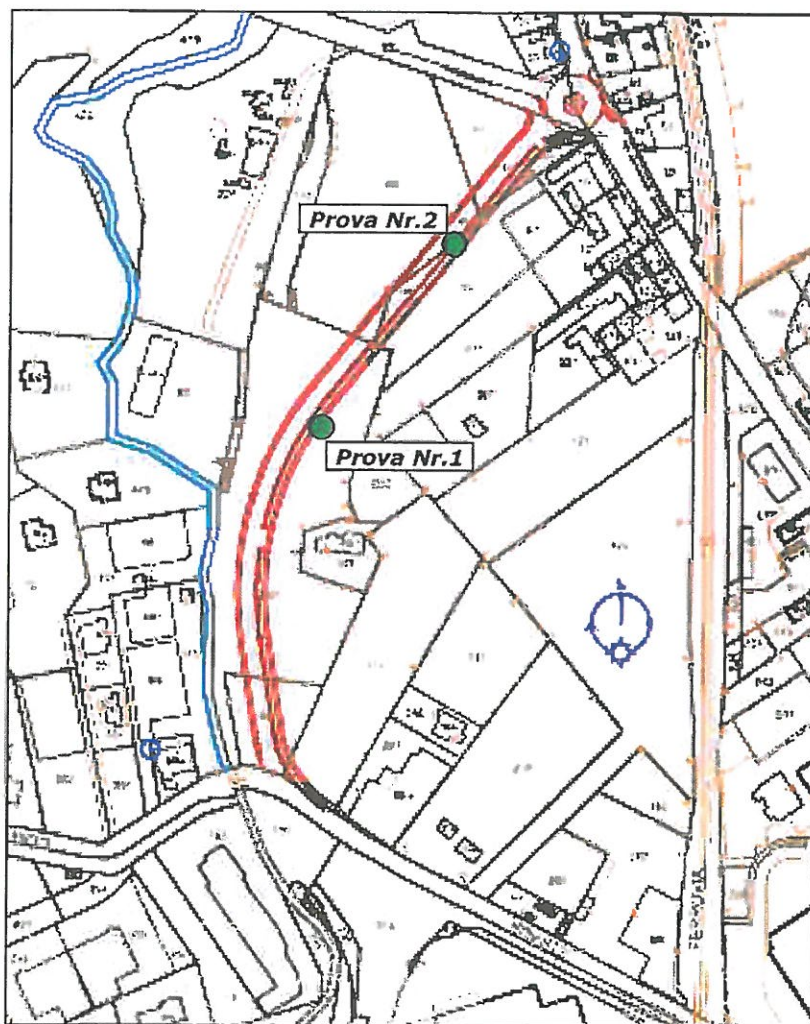


Figura 6  
*Planimetria di progetto su base catastale con ubicazione prove penetrometriche eseguite.*

In particolare, la prova Nr.1 è stata condotta all'incirca a metà dello sviluppo del futuro tracciato stradale, tra le sezioni 9 e 10 di progetto (cfr. foto 4), mentre la prova P2 ha avuto luogo nei terreni a prato più a nord ovest, all'altezza della sezione 5 di progetto (cfr. foto 5).



Foto 4 e 5

Esecuzione prove penetrometriche Nr.1 e Nr.2.

Le prove hanno raggiunto profondità dal piano campagna rispettivamente pari a -9 metri nel caso della prova Nr.1, e a -11 metri nella prova Nr.2.

I valori ottenuti nelle prove in questione sono illustrati nei diagrammi avanti illustrati (figure 6 e 7), in cui è stata anche riportata la valutazione della resistenza dinamica alla punta  $R_{pd}$  (funzione del numero di colpi  $N_{DP}$ ) mediante la formula "degli olandesi":

$$R_{pd} = M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M + P)] = M^2 \cdot H \cdot N_{DP} / [A \cdot \delta \cdot (M + P)]$$

con:

M = peso massa battente

H = altezza caduta

e = infissione per colpo =  $\delta / N$  ( $\delta = 20$  cm)

P = peso totale aste e sistema battuta

### 6.1.3. Interpretazione stratigrafica

La distribuzione con la profondità del numero di colpi piede misurato nelle singole prove penetrometriche ha permesso di ottenere, seppure puntualmente, utili informazioni circa il contesto litostratigrafico dell'area indagata.

Nel dettaglio, nella prova Nr.1 è stato individuato un primo livello caratterizzato da un numero medio di colpi piede molto basso (mediamente  $N(20) = 2,4$ ) avente spessore pari a circa 6,60 m e corrispondente a sedimenti prevalentemente fini (limi e limi sabbiosi) di origine alluvionale.





Per profondità maggiori si è osservato un progressivo aumento del numero medio di colpi piede ( $N(20)=9$ ), dapprima per un livello di spessore di circa 1 m, interpretabile come la porzione di alterazione dei sottostanti depositi e, successivamente, un netto ed ulteriore incremento dei colpi piede in corrispondenza del substrato pliocenico sovraconsolidato (Argille di Lugagnano) a circa -7.6 m dal p.c. ( $N(20) = 21,8$ ).

La prova Nr.2 ha consentito di riconoscere un livello superficiale di spessore valutato in 2 m di terreno di riporto dato da sabbie da fini a grossolane in matrice argillosa e rari ciottoli ghiaiosi con frammenti di laterizio (mediamente  $N(20) = 3,7$ ), a cui fa seguito uno strato di circa 7 m di spessore avente bassi valori medi di colpi piede ( $N(20) = 2,7$ ) costituito da depositi alluvionali a granulometria limosa o limoso-sabbiosa.

Come nella prova n. 1, al contatto con i sedimenti alluvionali è presente un livello di spessore di circa 1 m (con  $N(20) = 9,3$ ) interpretabile come la porzione di alterazione dei sottostanti depositi e, quindi, il substrato pliocenico sovraconsolidato (Argille di Lugagnano) segnalato da un netto aumento dei colpi piede ( $N(20) = 21,3$ ) da circa -9.6 m a -11 m dal p.c..

Le prove hanno individuato una superficie freatica rispettivamente a -3 (prova Nr.1) e -4 m (prova Nr.2) dal piano campagna.



COMUNE DI ASTI  
**PISU Asti - Ovest: Nuova bretella stradale tra C.so Ivrea e Strada Ragazzi del '99**  
Progetto definitivo  
Relazione geologica

Coordinate: Comune di Asti - Area 1 - Settore LL.PP.  
Circuito: PROGETTO INTEGRATO DI SVILUPPO URBANO (P.I.S.U.) DENOMINATO "ASTI-OVEST" - RIQUALIFICAZIONE QUARTIERE TORRETTA  
Località: NUOVA BRETTELLA STRADALE C.SO IVREA E STRADA RAGAZZI '99

Data: 04/03/2013

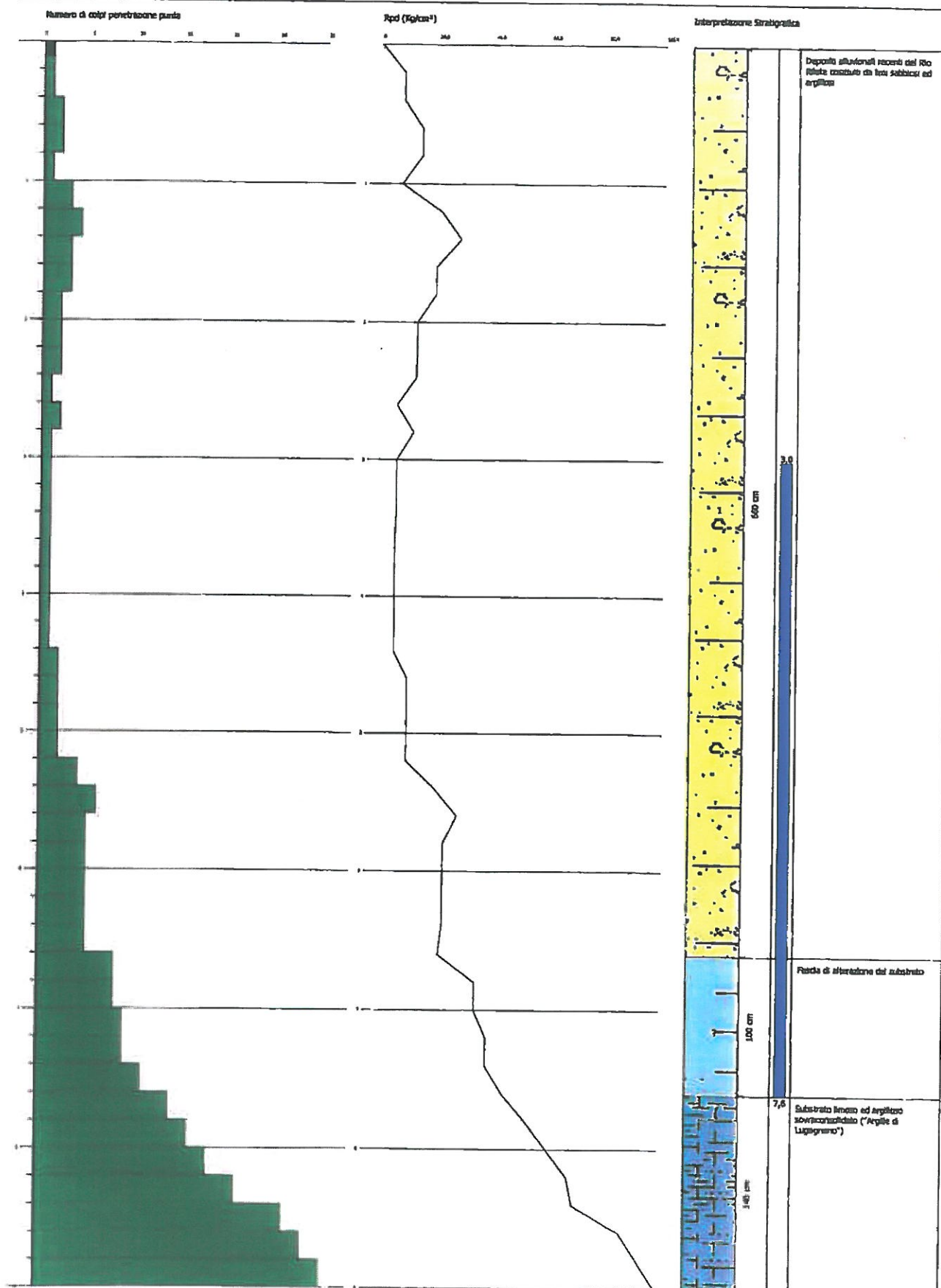


Figura 6 - Schema penetrometria prova Nr.1.





**COMUNE DI ASTI**  
**PISU Asti - Ovest: Nuova bretella stradale tra C.so Ivrea e Strada Ragazzi del '99**  
**Progetto definitivo**  
**Relazione geologica**

Contratto: Comune di Asti - Area 2 - Settore U.L.P.  
Carattere: PROGETTO INTEGRATO DI SVILUPPO URBANO (P.I.S.U.) DENOMINATO "ASTI-OVEST" - RIQUALIFICAZIONE QUARTIERE TORRETTA  
Località: NUOVA BRETTELLA STRADALE C.SO IVREA E STRADA RAGAZZI '99

Data: 03/03/2013

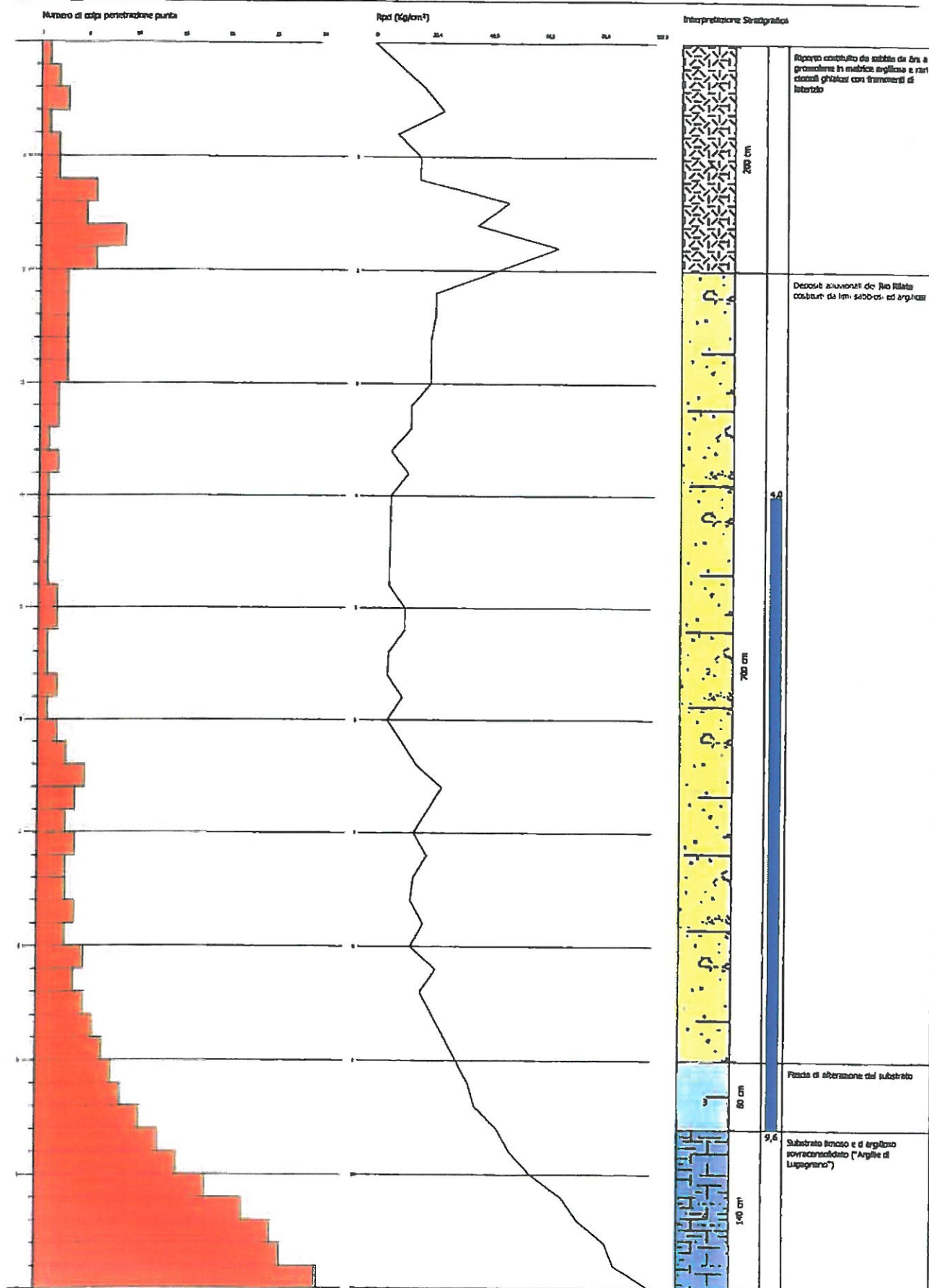


Figura 7 - Schema penetrometria prova Nr.2.



#### 6.1.4. Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Come accennato, l'impiego, a fini geotecnici, dei dati derivati da prove penetrometriche dinamiche continue quali quello sopra descritte, si basa su metodi indiretti, poiché presuppone il ricorso a varie correlazioni di tipo sperimentale, presenti nella letteratura specifica, che però si basano quasi esclusivamente sul numero di colpi ottenuto mediante prove penetrometriche dinamiche standard (S.P.T.) eseguite in foro di sondaggio.

La prima operazione da svolgere è pertanto quella di trasformare il numero di colpi piede " $N_{DPSH}$ " delle prove dinamiche continue con punta conica, con il numero di colpi piede " $N_{SPT}$ " della prova penetrometrica con campionatore Raymond  $N_{SPT}$ .

Il rapporto  $N_{SPT}/N_{DPSH}$  varia ovviamente a seconda del tipo di penetrometro, oltre che della natura dei terreni, ed è quindi influenzato, in ultima analisi, dal rendimento dell'attrezzatura impiegata.

Nel caso di un penetrometro super pesante (D.P.S.H.) quale quello impiegato nel caso in esame, si può considerare:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui  $Q$  è l'energia specifica per colpo e  $Q_{SPT}$  è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui:

- $M$  = peso massa battente;
- $M'$  = peso aste;
- $H$  = altezza di caduta;
- $A$  = area base punta conica;
- $\delta$  = passo di avanzamento.

Una volta ottenuto l'equivalente valore di  $N_{spt}$ , con l'ausilio del programma di calcolo "Dynamic Probing" della Geostru Software di Bianco (RC), sono stati stimati, attraverso il ricorso alle diverse formulazioni presenti in letteratura, i principali parametri geotecnici dei terreni investigati.

L'esito di tali valutazioni è riassunto nei tabulati allegati in calce alla presente.





Ne risulta, in particolare, che per i terreni più superficiali che saranno interessati dall'esecuzione della nuova bretella stradale, e sostanzialmente corrispondenti ai terreni di origine alluvionale limoso-sabbiosi ed argillosi, oltre che ai riporti ritrovati nella prova Nr.2, si possano sinteticamente considerare i seguenti valori medi dei principali parametri geotecnici:

<b>Litologia</b>	<b><math>\gamma_a</math> (<math>t/m^3</math>)</b>	<b><math>\gamma_s</math> (<math>t/m^3</math>)</b>	<b><math>\phi'</math> (<math>^\circ</math>)</b>	<b>Dr (%)</b>	<b>E (<math>Kg/cm^2</math>)</b>
Terreni di riporto	1,56	1,90	26	25	39
Limi sabbiosi, argillosi	1,50	1,85	24	12,5	35,3

con:

$\gamma_a$  = peso di volume

$\gamma_s$  = peso di volume saturo

$\phi'$  = angolo di resistenza al taglio

Dr = densità relativa

E = modulo edometrico

Figura 8 – modello geotecnico proposto in base alle prove penetrometriche eseguite.



## 7. AZIONE SISMICA

Per quanto relativamente all'opera in progetto, priva di opere d'arte, non siano da prevedersi particolari valutazioni legate all'azione sismica, di seguito, per completezza di esposizione, si riporta comunque una caratterizzazione del sito di previsto intervento dal punto di vista sismico.

L'introduzione della nuova classificazione sismica del territorio nazionale di cui all'OPCM n.3274/2003, ha portato alla suddivisione dello stesso in 4 "zone sismiche" contraddistinte da un diverso valore del parametro  $a_g$ , definito come "accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A" ed espresso come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ ; in particolare, il Comune di Asti è posto in "Zona 4".

La principale novità introdotta dalla nuova normativa nella valutazione della pericolosità sismica riguarda, in sintesi, il concetto di amplificazione locale del fenomeno (*effetti di sito*), cioè dell'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie che dipendono, in sostanza, dalla diversa rigidità del sottosuolo in funzione delle proprietà dei terreni, e dalle pendenze nel caso di pendii (amplificazione topografica), e la cui valutazione è possibile attraverso studi di risposta sismica locale.

Laddove non si disponga di studi di tal tipo si può far riferimento alla classificazione dei terreni di fondazione proposta dalla suddetta normativa, che definisce le differenti categorie di depositi in funzione della stima della velocità media delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ) degli strati di terreno dei primi 30 metri di sottosuolo ( $v_{s,30}$ ), nonché del numero medio di  $N_{SPT}$  ottenuti in una prova penetrometrica standard nei terreni prevalentemente a grana grossa o, ancora, della coesione non drenata  $C_u$  nei terreni prevalentemente a grana fine.

Le differenti categorie di profilo stratigrafico che si possono così definire sono riassunte nella seguente tabella n.1.





Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		$v_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT,30}$ (colpi/30 cm)	$c_{u,30}$ (kPa)
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $v_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	> 800	-	-
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $v_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).	360 - 800	> 50	> 250
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori da valori di $v_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori da valori di $v_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).	< 180	< 15	< 70
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $v_{s,30} > 800$ m/s).			
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $v_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato spesso almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 metri di torba o di argille altamente organiche.	< 100	-	10 - 20
S2	Depositi di terreno suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

Tabella n.1

*Categorie di sottosuolo (cfr. "Norme tecniche per costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008, punto 3.2.2); le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni.*

Nel caso specifico, pur in assenza di specifiche prove sismiche, sulla scorta della situazione litostratigrafica riconosciuta e dei valori di  $N_{spt}$  ottenuti, appare ragionevole ricondurre i terreni presenti nel sito di progetto ad un sottosuolo di categoria D.

La definizione del moto sismico può avvenire in termini di periodi ( $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ ) dello spettro di risposta elastico  $S_e(T)$  con riferimento a prefissate probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento  $V_R$ , inteso come prodotto della vita nominale di una costruzione ( $V_N$ ) per un coefficiente d'uso  $C_U$ , funzione della classe d'uso della medesima costruzione, e riportati entrambi ai capitoli 2.4.1 e 2.4.3. del D.M. 14-01-2008 (è ammesso, in alternativa, l'uso di accelerogrammi).

Le forme spettrali riferite alle tre componenti ortogonali in cui si può decomporre il moto, due orizzontali, eguali ed indipendenti, ed una verticale, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , sono valutabili a partire dai seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  = 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.

Nell'allegato B alle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14-01-2008, sono riportate le tabelle dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$  per differenti valori del tempo di ritorno  $T_R$ , che definiscono l'azione sismica per i punti del reticolo di riferimento, questi ultimi definiti in termini di latitudine e longitudine.

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici mette a disposizione un software denominato "Spettri NTC" (versione 1.0.3.) che consente la definizione degli spettri di risposta a partire dalle coordinate di un sito e dal calcolo dei relativi valori dei parametri sopra indicati.

Nel caso specifico, le coordinate U.T.M. del sito di previsto intervento sono all'incirca le seguenti:

Latitudine	Longitudine
44.90845	8.18070

Per tali coordinate, nell'ipotesi di una costruzione con vita nominale  $V_N = 50$  anni e coefficiente d'uso  $C_U = 1$  (Classe d'uso II), da cui  $V_R = 50$  anni, il suddetto programma fornisce i seguenti valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$  per vari periodi di ritorno e per i diversi tipi di verifiche allo stato limite previsti dalle nuove N.T.C.:

Stato limite	$T_R$ (anni)	$a_g$ (g)	$F_0$ (-)	$T^*_c$ (s)
SLO	30	0,017	2,619	0,161
SLD	50	0,021	2,597	0,176
SLV	475	0,041	2,696	0,291
SLC	975	0,049	2,765	0,306

con (cfr. capitolo 3.2.1. del D.M. 14.01.2008):

SLO = Stato Limite di Operatività

SLD = Stato Limite di Danno

SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita

SLC = Stato Limite di Crollo

Tabella n.2

*Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$  per vari periodi di ritorno e per i diversi tipi di verifiche allo stato limite.*

Tali valori, a seconda del tipo di stato limite considerato, sono alla base delle espressioni utili alla ricostruzione dello spettro elastico in accelerazione delle componenti orizzontali (in particolare dei periodi  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ ) secondo le relazioni riportate nelle N.T.C. al capitolo 3.2.3.2.2. e seguenti del D.M. 14.01.2008, nelle quali si evidenzia la dipendenza dal coefficiente  $S$ , che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche in funzione dei parametri caratteristici che definiscono l'amplificazione stratigrafica ( $S_s$  e  $C_c$ ) e quella topografica ( $S_T$ ).





Nell'ipotesi di un sottosuolo di categoria D i valori di  $S_s$  e  $C_c$  assumono le seguenti espressioni (cfr. capitolo 3.2.3.2.1 D.M. '08):

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 \cdot a_g / g \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T^*_{C_c})^{-0,50}$

Con riferimento alla precedente tabella 2, si ottiene:

Stato limite	$T_R$ (anni)	$S_s$	$C_c$
SLO	30	1.80	3.112
SLD	50	1.80	2.982
SLV	475	1.80	2.319
SLC	975	1.80	2.261

Tabella n.3

Valori dei parametri caratteristici  $S_s$  e  $C_c$  che definiscono l'amplificazione stratigrafica per vari periodi di ritorno e per i diversi tipi di verifiche allo stato limite nel caso di sottosuolo di categoria D.

Rispetto alla topografia, data la morfologia descritta per l'area in oggetto ed i suoi immediati dintorni, è possibile escludere un'amplificazione topografica, riconducendo i medesimi terreni alla cosiddetta categoria T1: "superficie pianeggiante, pendii e rilievi con inclinazione media  $< 15^\circ$ ", cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1$ .

Da ultimo, le nuove norme tecniche per la progettazione in condizioni sismiche prevedono la verifica della stabilità del sito in cui è ubicato un manufatto nei confronti della liquefazione, da intendersi come riferita ai fenomeni associati a perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche e che agiscono in condizioni non drenate.

Tuttavia, le medesime norme (cfr. capitolo 7.11.3.4.2 delle N.T.C.), riportano le circostanze in cui tale verifica può essere omessa; tra queste rientra la condizione per cui si abbiano "accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di  $0,1g$ ".

Nel caso specifico, considerando  $a_g$  riferito allo stato limite SLC, risulterebbe:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g = 1,6 \cdot 1 \cdot 0,049 = 0,078 < 0,1 g$$

cosicché si ritiene che la verifica possa essere omessa.



## **8. ASPETTI ESECUTIVI**

Dal confronto tra l'attuale soluzione progettuale e le condizioni idrogeomorfologiche riconosciute per l'area di previsto intervento, è possibile ritenere che la formazione del nuovo percorso stradale, privo di opere d'arte, non comporterà, sotto l'aspetto geologico-tecnico, particolari problematiche esecutive.

Si è detto, infatti, come per la costituzione del tracciato di collegamento tra C.so Ivrea e Strada Ragazzi del '99 così come da progetto, si procederà in sostanza attraverso l'esecuzione di limitati movimenti terra, con scavi di profondità massima rispetto al piano campagna dell'ordine di 1,3÷1,4 m, per la creazione del fosso di guardia sul lato ovest nel tratto compreso tra le sezioni 4 e 7 di progetto, e riporti per spessori massimi attorno a 1,2÷1,3 m rispetto alle quote attuali del terreno nel segmento che si svilupperà dalla strada bianca esistente sino all'innesto con C.so Ivrea (tra le sezioni 1 e 11 di progetto).

Relativamente agli scavi, ancorchè di entità contenuta, dovranno in ogni caso essere eseguiti nel rispetto delle norme di sicurezza, con la creazione di pendenze di scavo adeguate e per brevi periodi, limitando i movimenti di terreno allo stretto necessario e tenendo in preminente considerazione, in ogni fase e circostanza, la stabilità dei fronti di scavo, nonché la regimazione delle acque che potrebbero interessare gli scavi stessi a seguito di precipitazioni durante la loro esecuzione.

Le medesime cautele andranno assunte a maggior ragione qualora, a differenza di quanto previsto in questa fase, si rendesse necessaria l'esecuzione di scavi di maggior entità (>1,5m), nell'eventualità in cui, puntualmente, si riscontrassero terreni naturali (coltre eluviale) e/o riporti geotecnicamente scadenti con spessori tali da rendere necessario un approfondimento degli sbancamenti rispetto alle quote di progetto.

La logistica delle aree di intervento è tale per cui potranno essere eseguiti in tutti i casi scavi a scarpa, fermo restando la necessità di garantire la piena stabilità di eventuali manufatti e/o della viabilità esistente che dovessero risultare prossimi ai cigli di scavo.

In fase esecutiva andranno comunque adattate le metodologie di scavo e le caratteristiche geometriche degli sbancamenti alle eventuali diverse situazioni riscontrate, al fine di garantire, in primo luogo, la sicurezza operativa e, più in generale, la stabilità dell'insieme opera-terreno.

Per lo smaltimento o l'utilizzo dei materiali di risulta degli scavi, occorrerà riferirsi ai criteri di cui all'art.186 della D.Lgs. n.152 del 3 aprile 2006, così come recentemente stabilito dalla Legge n.71 del 24.06.2013.





Per quanto concerne i riporti che andranno a costituire il sedime carrabile, oltre che ciclabile e pedonale del nuovo percorso stradale, si dovrà assicurare l'uniformità e l'assestamento del rilevato, che andranno pertanto controllate in corso d'opera al fine di assicurare i requisiti richiesti dalla normativa per la viabilità stradale comunale (sarà allo scopo conveniente prevedere il ricorso all'esecuzione di prove di carico su piastra).

Nella formazione del medesimo rilevato e del sottofondo stradale occorrerà dapprima dare inizio all'asportazione del terreno superficiale per almeno 0.2-0.3 m, e comunque sino a garantire la completa asportazione della coltre detritico-eluviale (terra nera) laddove presente; successivamente, si procederà, previa opportuna posa di uno strato di tessuto non tessuto qualora necessario (utile a contrastare il dilavamento del materiale fine presente nei riporti, ad evitare quindi futuri assestamenti, e garantire una maggiore distribuzione del carico determinato dagli stessi riporti sui terreni di sottofondo), alla messa in posto di terreno misto con granulometria ghiaioso-ciottolosa in matrice sabbiosa (es.: misto granulare stabilizzato, in ogni caso con materiali di provenienza certificata e con granulometria rientrante nei limiti del fuso granulometrico previsto nelle normative).

Al fine di conferire sufficiente stabilizzazione ai terreni che costituiranno il rilevato, gli stessi andranno adeguatamente rullati e compattati mediante rullo vibrante; per gli spessori maggiori sarà necessario procedere con la stesura in singoli strati di spessore pari al massimo a 0.5 m, sino al raggiungimento delle quote di progetto.

Tali accorgimenti dovrebbero consentire, nell'insieme, di ottenere un sufficiente grado di compattazione, ad evitare possibili successivi assestamenti differenziali della sovrastante pavimentazione carrabile; la compattazione dei terreni dovrà essere comunque curata per tutto l'estensione del nuovo tracciato, così da predisporre un sottofondo stabile anche in corrispondenza della pista ciclabile e dei marciapiedi.

Le scarpatine che verranno a costituirsi a delimitazione dei fossi di guardia, e che ne definiranno il raccordo con i nuovi marciapiedi dal lato interno e con i terreni adiacenti verso l'esterno, dovranno essere modellate su angoli di scarpa finali non superiori ai 30°÷35° e dovrà altresì essere realizzata un'opportuna compattazione e ricostituita la cotica erbosa, al fine di favorire la completa stabilità dei materiali stessi ed evitare l'azione erosiva delle acque di scorrimento superficiale.

Gli scarichi nel Rio Rilate delle acque meteoriche che verranno drenate dal nuovo percorso stradale, dovranno essere realizzati in modo da evitare l'insorgere di fenomeni di erosione concentrata lungo la scarpata spondale sinistra del medesimo corso d'acqua, ad esempio prevedendo la posa di adeguate canalette o recapitando gli scarichi stessi alla base della scarpata.

## 9. CONCLUSIONI

Sulla base delle considerazioni di cui ai punti precedenti, si ritiene che il progetto per la realizzazione della "Nuova bretella stradale tra C.so Ivrea e Strada Ragazzi del '99" (intervento A.3.4) previsto dalla scheda 01: "Riqualficazione quartiere Torretta", nell'ambito del Progetto Integrato di Sviluppo Urbano (P.I.S.U.) denominato "Asti Ovest", di cui al programma operativo regionale 2007/2013 finanziato dal F.E.S.R. a titolo dell'obiettivo "Competitività ed occupazione", Asse III.2.2 "Riqualficazione aree degradate", sia compatibile con l'assetto idrogeologico generale della zona e fattibile dal punto di vista geologico-tecnico.

La validità delle ipotesi progettuali dovrà in ogni caso essere controllata in corso d'opera, considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti durante i lavori e adattando eventualmente l'opera alle diverse situazioni riscontrate.

Tutte le operazioni connesse con la realizzazione di quanto in progetto dovranno inoltre essere eseguite nel rispetto delle norme di sicurezza, tenendo in preminente considerazione, in ogni fase e circostanza, la generale stabilità dell'insieme opera-terreno, ivi compreso la viabilità esistente.

*Verbania, febbraio 2014*

*Roberto Michetti*

*Geologo*



## ALLEGATI

- ◆ SCHEMI RIASSUNTIVI INTERPRETAZIONI DATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE



## PROVA Nr.1

Strumento utilizzato  
Prova eseguita in data  
Profondità prova  
Falda rilevata  
Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

DPSH TG 63-200 PAGANI  
04/03/2013  
9,00 mt

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	1	0,855	8,98	10,51	0,45	0,53
0,40	1	0,851	8,94	10,51	0,45	0,53
0,60	2	0,847	16,34	19,29	0,82	0,96
0,80	2	0,843	16,27	19,29	0,81	0,96
1,00	1	0,840	8,10	9,64	0,40	0,48
1,20	3	0,836	24,19	28,93	1,21	1,45
1,40	4	0,833	32,13	38,57	1,61	1,93
1,60	3	0,830	22,18	26,73	1,11	1,34
1,80	3	0,826	22,09	26,73	1,10	1,34
2,00	2	0,823	14,67	17,82	0,73	0,89
2,20	2	0,820	14,62	17,82	0,73	0,89
2,40	2	0,817	14,56	17,82	0,73	0,89
2,60	1	0,814	6,74	8,28	0,34	0,41
2,80	2	0,811	13,44	16,56	0,67	0,83
3,00	1	0,809	6,70	8,28	0,33	0,41
3,20	1	0,806	6,68	8,28	0,33	0,41
3,40	1	0,803	6,65	8,28	0,33	0,41
3,60	1	0,801	6,20	7,74	0,31	0,39
3,80	1	0,798	6,18	7,74	0,31	0,39
4,00	1	0,796	6,16	7,74	0,31	0,39
4,20	1	0,794	6,14	7,74	0,31	0,39
4,40	1	0,791	6,12	7,74	0,31	0,39
4,60	2	0,789	11,45	14,51	0,57	0,73
4,80	2	0,787	11,42	14,51	0,57	0,73
5,00	2	0,785	11,39	14,51	0,57	0,73
5,20	2	0,783	11,36	14,51	0,57	0,73
5,40	4	0,781	22,67	29,03	1,13	1,45
5,60	6	0,779	31,95	41,00	1,60	2,05
5,80	5	0,777	26,56	34,17	1,33	1,71
6,00	5	0,775	26,50	34,17	1,32	1,71
6,20	5	0,774	26,44	34,17	1,32	1,71
6,40	5	0,772	26,38	34,17	1,32	1,71
6,60	5	0,770	24,87	32,29	1,24	1,61
6,80	8	0,769	39,72	51,66	1,99	2,58
7,00	8	0,767	39,63	51,66	1,98	2,58
7,20	9	0,766	44,50	58,12	2,22	2,91
7,40	9	0,764	44,41	58,12	2,22	2,91
7,60	11	0,763	51,35	67,33	2,57	3,37
7,80	14	0,711	60,95	85,69	3,05	4,28
8,00	16	0,710	69,52	97,93	3,48	4,90
8,20	18	0,709	78,07	110,18	3,90	5,51
8,40	21	0,657	84,48	128,54	4,22	6,43
8,60	26	0,656	99,22	151,25	4,96	7,56
8,80	28	0,655	106,64	162,88	5,33	8,14
9,00	30	0,653	114,05	174,52	5,70	8,73

### Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)

Strato	VII Nspt critico	VIII Nspt critico	IX Nspt critico	X Nspt critico	Condizione
Strato I	8,22	13,7	21,92	32,88	Liquefazione possibile al VII° Mercalli

# STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

## TERRENI COESIVI

### Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Fascia di alterazione del substrato	13,23	7,60	Schmertmann 1975	1,30
[3] - Substrato limoso ed argilloso sovraconsolidato ("Argille di Lugagnano")	32,13	9,00	Schmertmann 1975	3,20

### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Fascia di alterazione del substrato	13,23	7,60	Stroud e Butler (1975)	60,70
[3] - Substrato limoso ed argilloso sovraconsolidato ("Argille di Lugagnano")	32,13	9,00	Stroud e Butler (1975)	147,41

### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm <sup>2</sup> )
[2] - Fascia di alterazione del substrato	13,23	7,60	Apollonia	132,30
[3] - Substrato limoso ed argilloso sovraconsolidato ("Argille di Lugagnano")	32,13	9,00	Apollonia	321,30

### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[2] - Fascia di alterazione del substrato	13,23	7,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Substrato limoso ed argilloso sovraconsolidato ("Argille di Lugagnano")	32,13	9,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Fascia di alterazione del substrato	13,23	7,60	Meyerhof ed altri	2,04
[3] - Substrato limoso ed argilloso sovraconsolidato ("Argille di Lugagnano")	32,13	9,00	Meyerhof ed altri	2,20

### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[2] - Fascia di alterazione del substrato	13,23	7,60	Meyerhof ed altri	2,24
[3] - Substrato limoso ed argilloso sovraconsolidato ("Argille di Lugagnano")	32,13	9,00	Meyerhof ed altri	2,44

### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[2] - Fascia di alterazione del substrato	13,23	7,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	156,11
[3] - Substrato limoso ed argilloso sovraconsolidato ("Argille di Lugagnano")	32,13	9,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	187,59



## TERRENI INCOERENTI

### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Depositi alluvionali recenti del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	3,56	6,60	3,56	Gibbs & Holtz 1957	13,03

### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Depositi alluvionali recenti del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	3,56	6,60	3,56	Owasaki & Iwasaki	23,44

### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Depositi alluvionali recenti del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	3,56	6,60	3,56	Terzaghi	---

### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Depositi alluvionali recenti del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	3,56	6,60	3,56	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	34,78

### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Depositi alluvionali recenti del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	3,56	6,60	3,56	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO

### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Depositi alluvionali recenti del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	3,56	6,60	3,56	Meyerhof ed altri	1,47

### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Depositi alluvionali recenti del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	3,56	6,60	3,56	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88

#### Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Depositi alluvionali recenti del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	3,56	6,60	3,56	(A.G.I.)	0,35

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Depositi alluvionali recenti del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	3,56	6,60	3,56	Ohsaki (Sabbie pulite)	214,43

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Depositi alluvionali recenti del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	3,56	6,60	3,56	Ohta & Goto (1978) Limi	107,3

#### Liquefazione

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs liquefazione
[1] - Depositi alluvionali recenti del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	3,56	6,60	3,56	Seed e Idriss (1971)	2,882

#### Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Depositi alluvionali recenti del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	3,56	6,60	3,56	Navfac 1971-1982	0,65



## PROVA Nr.2

Strumento utilizzato

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

01/03/2013

Profondità prova

11,00 mt

Falda rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,20	1	0,855	8,98	10,51	0,45	0,53
0,40	2	0,851	17,88	21,01	0,89	1,05
0,60	3	0,847	24,50	28,93	1,23	1,45
0,80	1	0,843	8,13	9,64	0,41	0,48
1,00	2	0,840	16,20	19,29	0,81	0,96
1,20	2	0,836	16,13	19,29	0,81	0,96
1,40	6	0,833	48,19	57,86	2,41	2,89
1,60	5	0,830	36,96	44,55	1,85	2,23
1,80	9	0,826	66,27	80,20	3,31	4,01
2,00	6	0,823	44,01	53,47	2,20	2,67
2,20	3	0,820	21,92	26,73	1,10	1,34
2,40	3	0,817	21,84	26,73	1,09	1,34
2,60	3	0,814	20,23	24,85	1,01	1,24
2,80	3	0,811	20,16	24,85	1,01	1,24
3,00	3	0,809	20,09	24,85	1,00	1,24
3,20	2	0,806	13,35	16,56	0,67	0,83
3,40	2	0,803	13,31	16,56	0,67	0,83
3,60	1	0,801	6,20	7,74	0,31	0,39
3,80	2	0,798	12,35	15,47	0,62	0,77
4,00	1	0,796	6,16	7,74	0,31	0,39
4,20	1	0,794	6,14	7,74	0,31	0,39
4,40	1	0,791	6,12	7,74	0,31	0,39
4,60	1	0,789	5,73	7,26	0,29	0,36
4,80	1	0,787	5,71	7,26	0,29	0,36
5,00	2	0,785	11,39	14,51	0,57	0,73
5,20	2	0,783	11,36	14,51	0,57	0,73
5,40	1	0,781	5,67	7,26	0,28	0,36
5,60	1	0,779	5,32	6,83	0,27	0,34
5,80	2	0,777	10,62	13,67	0,53	0,68
6,00	1	0,775	5,30	6,83	0,26	0,34
6,20	2	0,774	10,58	13,67	0,53	0,68
6,40	3	0,772	15,83	20,50	0,79	1,03
6,60	5	0,770	24,87	32,29	1,24	1,61
6,80	4	0,769	19,86	25,83	0,99	1,29
7,00	3	0,767	14,86	19,37	0,74	0,97
7,20	4	0,766	19,78	25,83	0,99	1,29
7,40	3	0,764	14,80	19,37	0,74	0,97
7,60	3	0,763	14,01	18,36	0,70	0,92
7,80	4	0,761	18,64	24,48	0,93	1,22
8,00	3	0,760	13,95	18,36	0,70	0,92
8,20	5	0,759	23,22	30,60	1,16	1,53
8,40	4	0,757	18,54	24,48	0,93	1,22
8,60	5	0,756	21,99	29,09	1,10	1,45
8,80	6	0,755	26,34	34,90	1,32	1,75
9,00	7	0,753	30,68	40,72	1,53	2,04
9,20	8	0,752	35,01	46,54	1,75	2,33
9,40	9	0,751	39,32	52,36	1,97	2,62
9,60	11	0,750	45,72	60,97	2,29	3,05

9,80	13	0,699	50,35	72,05	2,52	3,60
10,00	15	0,698	58,00	83,14	2,90	4,16
10,20	18	0,697	69,50	99,76	3,47	4,99
10,40	22	0,646	78,71	121,93	3,94	6,10
10,60	25	0,644	85,27	132,31	4,26	6,62
10,80	26	0,643	88,53	137,60	4,43	6,88
11,00	30	0,642	101,98	158,77	5,10	7,94

#### Liquefazione Metodo di Shi-Ming (1982)

Strato	VII Nspt critico	VIII Nspt critico	IX Nspt critico	X Nspt critico	Condizione
Strato 1	0	0	0	0	
Strato 2	9,6	16	25,6	38,4	Liquefazione possibile al VII° Mercalli

#### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

##### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
[3] - Fascia di alterazione del substrato	13,72	9,60	Schmertmann 1975	1,35
[4] - Substrato limoso e d argilloso sovraconsolidato ("Argille di Lugagnano")	31,3	11,00	Schmertmann 1975	3,11

##### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
[3] - Fascia di alterazione del substrato	13,72	9,60	Stroud e Butler (1975)	62,95
[4] - Substrato limoso e d argilloso sovraconsolidato ("Argille di Lugagnano")	31,3	11,00	Stroud e Butler (1975)	143,60

##### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
[3] - Fascia di alterazione del substrato	13,72	9,60	Apollonia	137,20
[4] - Substrato limoso e d argilloso sovraconsolidato ("Argille di Lugagnano")	31,3	11,00	Apollonia	313,00

##### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[3] - Fascia di alterazione del substrato	13,72	9,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[4] - Substrato limoso e d argilloso sovraconsolidato ("Argille di Lugagnano")	31,3	11,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

##### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[3] - Fascia di alterazione del substrato	13,72	9,60	Meyerhof ed altri	2,05
[4] - Substrato limoso e d argilloso sovraconsolidato ("Argille di Lugagnano")	31,3	11,00	Meyerhof ed altri	2,19



#### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[3] - Fascia di alterazione del substrato	13,72	9,60	Meyerhof ed altri	2,25
[4] - Substrato limoso e d argilloso sovraconsolidato ("Argille di Lugagnano")	31,3	11,00	Meyerhof ed altri	2,41

#### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[3] - Fascia di alterazione del substrato	13,72	9,60	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	165,5
[4] - Substrato limoso e d argilloso sovraconsolidato ("Argille di Lugagnano")	31,3	11,00	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	194,68

### TERRENI INCOERENTI

#### Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Riporto costituito da sabbie da fini a grossolane in matrice argillosa e rari ciottoli ghiaiosi con frammenti di laterizio	5,44	2,00	5,44	Gibbs & Holtz 1957	25,37
[2] - Depositi alluvionali del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	4,07	9,00	4,07	Gibbs & Holtz 1957	11,97

#### Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Riporto costituito da sabbie da fini a grossolane in matrice argillosa e rari ciottoli ghiaiosi con frammenti di laterizio	5,44	2,00	5,44	Owasaki & Iwasaki	25,43
[2] - Depositi alluvionali del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	4,07	9,00	4,07	Owasaki & Iwasaki	24,02

#### Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Riporto costituito da sabbie da fini a grossolane in matrice argillosa e rari ciottoli ghiaiosi con frammenti di laterizio	5,44	2,00	5,44	Terzaghi	---
[2] - Depositi alluvionali del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	4,07	9,00	4,07	Terzaghi	---

### Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Riporto costituito da sabbie da fini a grossolane in matrice argillosa e rari ciottoli ghiaiosi con frammenti di laterizio	5,44	2,00	5,44	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	38,64
[2] - Depositi alluvionali del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	4,07	9,00	4,07	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	35,82

### Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Riporto costituito da sabbie da fini a grossolane in matrice argillosa e rari ciottoli ghiaiosi con frammenti di laterizio	5,44	2,00	5,44	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Depositi alluvionali del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	4,07	9,00	4,07	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

### Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Riporto costituito da sabbie da fini a grossolane in matrice argillosa e rari ciottoli ghiaiosi con frammenti di laterizio	5,44	2,00	5,44	Meyerhof ed altri	1,56
[2] - Depositi alluvionali del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	4,07	9,00	4,07	Meyerhof ed altri	1,50

### Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Riporto costituito da sabbie da fini a grossolane in matrice argillosa e rari ciottoli ghiaiosi con frammenti di laterizio	5,44	2,00	5,44	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[2] - Depositi alluvionali del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	4,07	9,00	4,07	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88

### Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Riporto costituito da sabbie da fini a grossolane in matrice argillosa e rari ciottoli ghiaiosi con frammenti di laterizio	5,44	2,00	5,44	(A.G.I.)	0,34
[2] - Depositi alluvionali del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	4,07	9,00	4,07	(A.G.I.)	0,35



### Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Riporto costituito da sabbie da fini a grossolane in matrice argillosa e rari ciottoli ghiaiosi con frammenti di laterizio	5,44	2,00	5,44	Ohsaki (Sabbie pulite)	319,43
[2] - Depositi alluvionali del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	4,07	9,00	4,07	Ohsaki (Sabbie pulite)	243,18

### Velocità onde di taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde di taglio (m/s)
[1] - Riporto costituito da sabbie da fini a grossolane in matrice argillosa e rari ciottoli ghiaiosi con frammenti di laterizio	5,44	2,00	5,44	Ohta & Goto (1978) Limi	91,7
[2] - Depositi alluvionali del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	4,07	9,00	4,07	Ohta & Goto (1978) Limi	121,19

### Liquefazione

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Fs liquefazione
[1] - Riporto costituito da sabbie da fini a grossolane in matrice argillosa e rari ciottoli ghiaiosi con frammenti di laterizio	5,44	2,00	5,44	Seed e Idriss (1971)	---
[2] - Depositi alluvionali del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	4,07	9,00	4,07	Seed e Idriss (1971)	2,542

### Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Riporto costituito da sabbie da fini a grossolane in matrice argillosa e rari ciottoli ghiaiosi con frammenti di laterizio	5,44	2,00	5,44	Navfac 1971-1982	1,09
[2] - Depositi alluvionali del Rio Rilate costituiti da limi sabbiosi ed argillosi	4,07	9,00	4,07	Navfac 1971-1982	0,77