



## INDICE

### 1. PREMESSA

### 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

### 3. MODALITA' ESECUTIVE DI STUDIO ED INDAGINE

### 4. VERIFICHE DI FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO

### 5. INQUADRAMENTO DELL'AREA

### 6. GEOMORFOLOGIA

### 7. GEOLOGIA, LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

#### 7.1 Geologia generale

#### 7.2 Geognostica 2006

##### 7.2.1 Penetrometrie 2006

##### 7.2.2 Sondaggi, presa di campioni da inviare al laboratorio geotecnico e prove SPT 2006

##### 7.2.3 Analisi di laboratorio sui campioni prelevati 2006

#### 7.3 Geognostica 2018

##### 7.3.1 Penetrometrie 2018

##### 7.3.2 Sondaggio 2018

##### 7.3.3 Indagine sismica 2018

#### 7.4 Caratterizzazione geotecnica e stratigrafica del sottosuolo

##### 7.4.1 Area della passerella sul Bisenzio fra S. Maria e Le Corti

##### 7.4.2 Area percorso pista ciclabile La Rocca- Gonfienti

### 8. IDROGEOLOGIA

### 9. ELEMENTI DI RISCHIO IDRAULICO E SISMICO

#### 9.1 Rischio idraulico

#### 9.2 Rischio sismico

### 10. CONCLUSIONI

### 11. ELABORATI CARTOGRAFICI

Tavola 1- Carta di inquadramento del percorso della pista ciclabile

Tavola 2- Carta dei sondaggi realizzati per la passerella sul Bisenzio

Tavole di dettaglio, in origine alla scala 1/2.000, con indicazione dei punti di indagine (n. 6 schede, base cartografica da elaborati progettuali)

### ALLEGATI

Relazione indagine sismica a rifrazione – argine del Bisenzio sponda “Le Corti”

Rapporto di prova 374/2018 con 3 allegati (descrizione del sondaggio, documentazione fotografica, elaborazioni prove penetrometriche)

### ALLEGATI COME FASCICOLI SEPARATI:

- fascicolo A - “prove penetrometriche statiche CPT-rapporti di sondaggio-prove penetrometriche dinamiche SPT”
- fascicolo B - “analisi di laboratorio”

prodotti dalla “Ichnogeo” s.a.s. di San Miniato (PI), esecutrice delle indagini di campagna e delle analisi di laboratorio, nel periodo ottobre-novembre 2006

## 1. PREMESSA

Su incarico della committenza sono stati eseguiti studi ed indagini finalizzati all'ottenimento di informazioni riguardo le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche nell'area di intervento, in previsione della realizzazione di una pista ciclabile di collegamento fra il centro storico di Campi Bisenzio (la Rocca-piazza Gramsci) e Gonfienti. Nel progetto sono previste una passerella ciclo-pedonale sul fiume Bisenzio fra le località S. Maria e Le Corti ed un'altra in attraversamento del torrente Marina-fosso di Crucignano, alla confluenza fra Bisenzio e Marina presso villa Montalvo. La relazione presente riguarda il tratto dell'opera che da La Rocca arriva al rilevato dell'autostrada A11, a Nord di Capalle, dove avverrà il collegamento con una pista esistente. Quanto in progetto farà parte della rete di percorsi ciclabili e pedonali del territorio comunale, consentendo una viabilità alternativa a quella stradale. Per un dettaglio degli interventi si rimanda agli elaborati di progetto.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI

La relazione è stata redatta in conformità alle disposizioni di legge in vigore ed in particolare:

Decreto ministeriale 17-01-2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni (N.T.C. 2018);

Consiglio Superiore dei Lavori pubblici "Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale". Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007;

Ord. P.C.M. 3274/2003, nuova classificazione sismica nazionale, e s.m.i. che colloca il Comune di Campi Bisenzio in zona 2 (2003);

D.G.R.T. 421/2014 dove il Comune di Campi Bisenzio è classificato in zona 3.

Del. G.R.T. 387/2009 e D.P.G.R. 36r/2009, regolamento di attuazione dell'art. 117 commi 1 e 2 della L.R. 3 gennaio 2005 n. 1 (Norme per il governo del territorio).

Normative contenute nel piano dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno - Piano stralcio "Riduzione del Rischio Idraulico".

D.L. 49/2010 "recepimento della direttiva europea 2007/60" (c.d. Direttiva "Alluvioni"), che prevede la redazione di piani di gestione del rischio di alluvioni (P.G.R.A.) per ciascun distretto idrografico italiano.

L.r. 41/2018 "Disposizioni in materia di rischio di alluvioni e di tutela dei corsi d'acqua in attuazione del decreto legislativo 23 febbraio 2010, n. 49 (Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni). Modifiche alla l.r. 80/2015 e alla l.r. 65/2014."

Normative degli S.U. comunali.

### 3. MODALITA' ESECUTIVE DI STUDIO ED INDAGINE

Per l'acquisizione delle informazioni di tipo geologico, geotecnico e dei rischi idraulico e sismico usate per la stesura della presente relazione si è ricorso alla consultazione della letteratura e del materiale esistente ed in particolare:

elaborati (cartografie e relazioni) realizzati per le "Indagini geologico-tecniche ed idrauliche" all'interno del P.R.G. 2000 – Piano Strutturale (Ufficio P.R.G. – Progettista Arch. Pietro Felice Pasquale) del Comune di Campi Bisenzio, redatti dal Dr. Geol. Roberto Neroni dello Studio Associato Geoco di Firenze e collaboratori.

Elaborati d'interesse geologico e di pericolosità/rischio della variante al RUC denominata "Regolamento Urbanistico. Variante per interventi puntuali e per adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato ai sensi dell'art. 224 della L.R. 65/2014", che riguarda interventi puntuali ed adeguamenti normativi all'interno del territorio urbanizzato, adottata con d.c.c. n. 205 del 19/10/2017 e relativo avviso di adozione pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Toscana n. 44 - Parte Seconda - del 31/10/2017.

Norme Tecniche di Attuazione contenute nel Regolamento Urbanistico Comunale attualmente vigente.

Elaborati dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno: "Piano Stralcio Riduzione Rischio Idraulico", cartografie e normative.

Elaborati dell'Autorità di Bacino del Fiume Arno: "Piano Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.)".

Carta piezometrica e del grado di protezione dell'acquifero pubblicata nella "Map of protection against pollution of the middle Valdarno plain aquifers" redatta dal Dr. A. Gargini e dal Prof. G. Pranzini del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Firenze nell'ambito del Progetto MURST *Groundwater resources in Tuscany: distribution, quality, exploitation*.

Guide Geologiche Regionali n. 4, Appennino Tosco-Emiliano, a cura della Società Geologica Italiana. Sezione 263140 della Carta Geologica Regionale e della Carta Tecnica Regionale alla scala 1/10.000.

Sezioni d'interesse della Carta Tecnica Regionale alla scala 1/2.000.

Foglio 106-Firenze della Carta Geologica d'Italia alla scala 1/100.000 e relative note illustrative.

Banca dati delle osservazioni macrosismiche italiane (D.B.M.I. 15), a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, disponibile on-line sul sito [www.ingv.it](http://www.ingv.it).

Indagini sismiche relative alle zone d'interesse e vicinanze, disponibili nell'archivio dello scrivente, per lo studio della velocità delle onde S nei primi 30 m di terreno e la determinazione della categoria di suolo (tab. 3.2.II delle N.T.C. 2018). Precedentemente alla relazione presente furono eseguite dallo scrivente due relazioni geologiche (già in possesso della committenza), una preliminare nel gennaio 2006 ed un'altra, datata dicembre 2006 comprendente anche indagini in situ e laboratorio, entrambe a supporto di fasi di progettazione della passerella d'attraversamento del fiume Bisenzio. Le indagini eseguite sono state riprese

anche nel presente lavoro in quanto si presume mantengano la loro validità e rappresentatività riguardo le condizioni locali dell'area dove si prevede la realizzazione dell'opera d'attraversamento del Bisenzio fra Santa Maria e Le Corti. In dettaglio le indagini del 2006 furono:

- tre prove penetrometriche statiche CPT spinte fino a – 15 m dal piano di campagna, due in riva destra ed una in riva sinistra
- quattro sondaggi a rotazione (due in riva destra e due in riva sinistra), uno spinto fino ai 30 m e tre fino ai 20 m di profondità dal piano di campagna, durante i quali furono eseguite, in totale, 45 prove penetrometriche dinamiche SPT e prelevati quattro campioni indisturbati, uno per punto sondaggio. Sui campioni furono effettuate le seguenti analisi e prove geotecniche in laboratorio:
  - Limiti di Atterberg e di ritiro; Peso di volume naturale; Umidità naturale; Prova edometrica a gradini a carico costante; Prova di taglio; Prova di compressione semplice

Le attività di campagna e di laboratorio furono effettuate dalla ditta “Ichnogeo” s.a.s. di S. Miniato Basso (PI), dotata di certificazione ministeriale per l'esecuzione di quanto richiesto.

Nei perfori delle prove penetrometriche P1 e P3 furono inseriti due tubi piezometrici per rilevare la presenza di acqua di falda e la sua profondità rispetto al piano di campagna.

Nel novembre 2018 ad integrazione delle indagini sopra descritte, lungo il percorso della pista ciclopedonale sono state eseguite n. 10 prove penetrometriche (CPT o DPSH a seconda delle condizioni locali) spinte fino a 10 m dal piano di campagna in due siti e a 5 m dal piano di campagna nei restanti 8 siti. Nel perforo della penetrometria P1 è stato inserito un tubo piezometrico allo scopo di misurare la profondità dell'eventuale falda. Per la determinazione della categoria di sottosuolo e della  $V_{s,eq}$  presso le zone di realizzazione delle passerelle d'attraversamento dei corsi d'acqua Bisenzio e Marina è stata effettuata un'indagine sismica a rifrazione in onde Sh sull'argine del Bisenzio lato via delle Corti (sinistra idraulica), non distante dalla confluenza del torrente Marina, dove si prevede la realizzazione di una passerella d'attraversamento di questo corso d'acqua. Per meglio definire la situazione stratigrafica in corrispondenza della zona di costruzione della suddetta passerella, alla confluenza Bisenzio-Marina è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo fino alla profondità di 20 m dal piano di campagna (sul tracciato della ex via di Fornello) con tre prove SPT in corso di perforazione. Le indagini 2018 sono state eseguite dalla ditta Igetecma s.n.c. di Montelupo Fiorentino (FI)

#### 4. VERIFICHE DI FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO

Nella “Carta della pericolosità geologica e idrogeologica”, eseguita per le indagini geologico tecniche ed idrauliche per il P.R.G. 2000 – Piano Strutturale (elaborato 10-13), redatta nel 2001 dal Dr. Geol. Roberto Neroni della Geoeco di Firenze, in collaborazione con il Dr. Geol. Enrico Neroni, l'intero percorso della pista ciclabile, da La Rocca al rilevato dell'autostrada A11 presso il torrente Marinella a Capalle, è posto in classe 3 a g-i (pericolosità medio-bassa di natura sia geologica che idrogeologica). Nel territorio campigiano, come si legge nella Relazione descrittiva delle indagini geologico-tecniche ed idrauliche, realizzata dal già citato Dr. Geol. Roberto Neroni:

*“...le problematiche inerenti il territorio di Campi Bisenzio, data la sua natura, siano determinate dalla sola presenza di instabilità dinamica per cedimenti e cedimenti differenziali dovuta a depositi alluvionali a granulometria eterogenea, potenzialmente suscettibili di densificazione. Per tale ragione tutto il territorio comunale è stato inserito in classe di pericolosità geologica 3a. ....Relativamente alla pericolosità idrogeologica, marcata sulla carta da una “i” a fianco del numero guida, questa è legata alla salvaguardia della falda, soprattutto freatica ma non solo. Con tale ottica tutta la Piana è stata inserita in classe di pericolosità 3 a (medio-bassa) poiché tutto il territorio comunale è sede di una falda superficiale potenzialmente inquinabile.....”*

Come si evince dalla cartografia disponibile (“Carta degli ambiti fluviali”, eseguita per le indagini geologico tecniche ed idrauliche per il P.R.G. 2000 – Piano Strutturale, elaborato 10-5), rev. 12/2002, dal Dr. Geol. Roberto Neroni della Geoeco di Firenze, in collaborazione con il Dr. Geol. Enrico Neroni, la pista e le infrastrutture a suo servizio ricadono all'interno degli ambiti fluviali (ambito A1 in particolare) del torrente Bisenzio (FI 2478), così come definiti nella ex D.C.R. 230/94 e successiva Del. C.R.T. 12/2000 e in alcuni tratti nella fascia di 10 m di rispetto per i corsi d'acqua del comprensorio di bonifica ai sensi del R.D. 368/04. In base a quanto rilevabile nell'abaco della fattibilità degli interventi in funzione della pericolosità idraulica e dei vincoli idraulici presenti, contenuto nell'elaborato “C-Indagini di compatibilità e fattibilità geologico-idraulica; C/O-Relazione tecnica e schede di fattibilità” del Regolamento Urbanistico Comunale di Campi Bisenzio, per le aree ricadenti in fasce di rispetto fluviale -ambito A1 e fascia di 10 m da acque pubbliche (R.D. 523/1904 e R.D. 368/04)-, per qualunque intervento dovrà essere preventivamente ottenuto il parere favorevole dell'Ente competente alla tratta di corso idraulico interessato, fermo restando che per ogni intervento la messa in sicurezza non dovrà aumentare il rischio idraulico nelle aree contermini o in quella d'interesse.

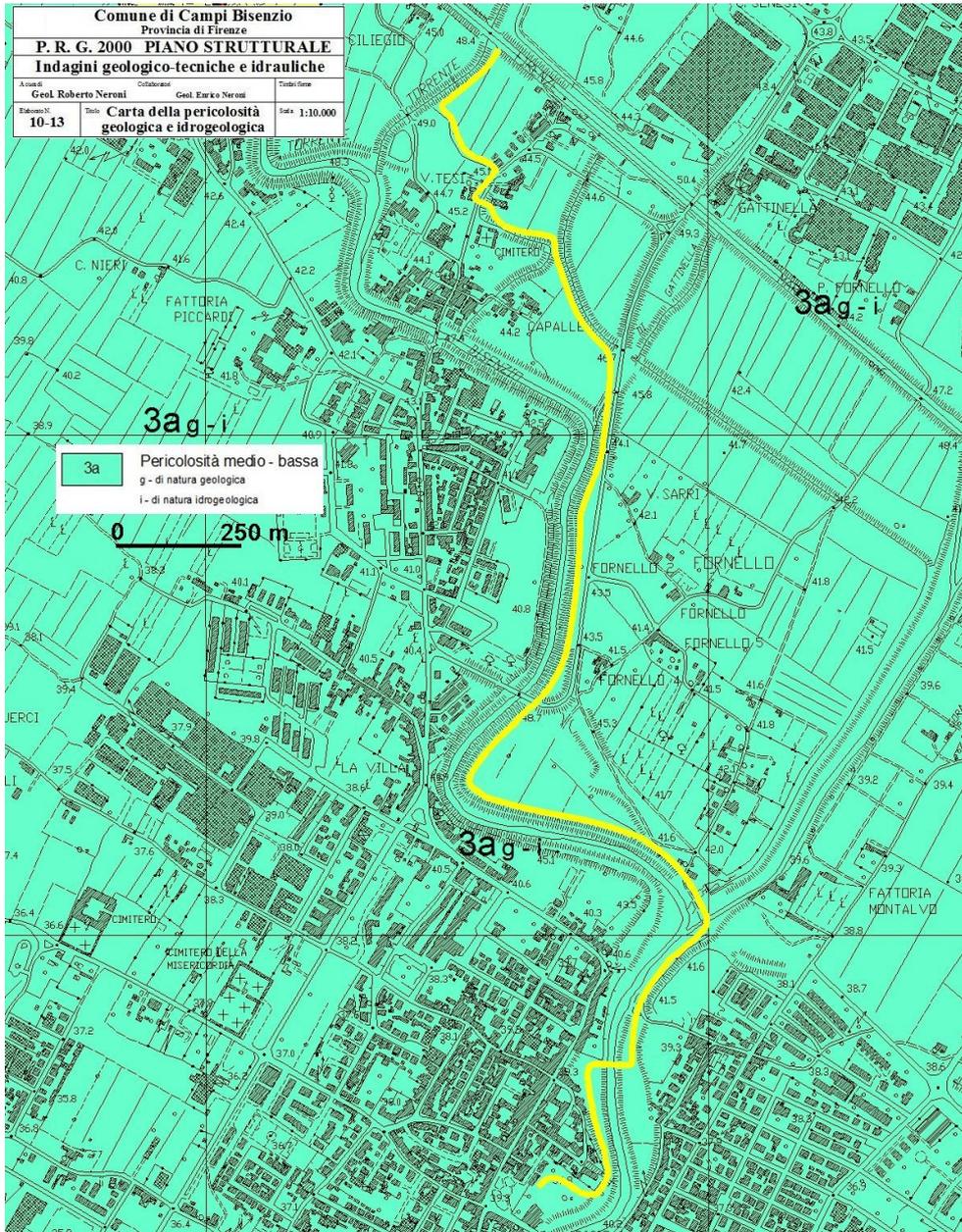


Fig. 1 – Stralcio della carta della pericolosità geologica e idrogeologica del P.S.C. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea gialla. Il Nord è verso l'alto dell'immagine

Nella relazione descrittiva delle “Indagini geologico-tecniche ed idrauliche. P.R.G. 2000-Piano Strutturale” (elaborato 10.0) redatta dal Dr. Geol. Roberto Neroni dello Studio associato Geoco di Firenze, al punto 10.4 che descrive la carta degli ambiti fluviali (pag. 54) si legge: “Per quanto riguarda l’ambito “A1” (art.75 comma 2 e 3), al suo interno gli strumenti urbanistici e loro varianti non dovranno prevedere nuove edificazioni, manufatti di qualsiasi natura e trasformazioni morfologiche, eccetto per i manufatti e le trasformazioni morfologiche di carattere idraulico. Sono fatte salve le opere idrauliche, di attraversamento del corso d’acqua, degli interventi trasversali di captazione e restituzione delle acque, nonché gli adeguamenti delle infrastrutture esistenti senza avanzamento verso il corso d’acqua, a condizione che si attuino le precauzioni necessarie per la riduzione del rischio idraulico”.

L'articolo “3 – tutela dei corsi d'acqua”, comma 2 della l.r. 41/2018 descrive gli interventi ammessi presso i corsi d'acqua:

*“2. Negli alvei, nelle golene, sugli argini e nelle aree comprendenti le due fasce di larghezza di dieci metri dal piede esterno dell'argine o, in mancanza, dal ciglio di sponda dei corsi d'acqua del reticolo idrografico di cui all'articolo 22, comma 2, lettera e), della l.r. 79/2012, nel rispetto della normativa statale e regionale di riferimento e delle condizioni di cui al comma 5, sono consentiti i seguenti interventi:*

*a) interventi di natura idraulica, quali in particolare:*

- 1) trasformazioni morfologiche degli alvei e delle golene;*
- 2) impermeabilizzazione del fondo degli alvei;*
- 3) rimodellazione della sezione dell'alveo;*
- 4) nuove inalveazioni o rettificazioni dell'alveo.*

*b) reti dei servizi essenziali e opere sovrappassanti o sottopassanti il corso d'acqua;*

*c) opere finalizzate alla tutela del corso d'acqua e dei corpi idrici sottesi;*

*d) opere connesse alle concessioni rilasciate ai sensi del regio decreto 11 dicembre 1933, n. 1775 (Approvazione del testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici);*

*e) interventi volti a garantire la fruibilità pubblica;*

**f) itinerari ciclopedonali;**

*g) opere di adduzione e restituzione idrica;*

*h) interventi di riqualificazione ambientale.”*

Ai commi 5, 6 e 8 della l.r. 41/2018 si legge:

*“5. Gli interventi di cui ai commi 2, 3 e 4 sono consentiti, previa autorizzazione della struttura regionale competente, che verifica la compatibilità idraulica nel rispetto delle seguenti condizioni:*

*a) sia assicurato il miglioramento o la non alterazione del buon regime delle acque;*

*b) non interferiscano con esigenze di regimazione idraulica, accessibilità e manutenzione del corso d'acqua e siano compatibili con la presenza di opere idrauliche;*

*c) non interferiscano con la stabilità del fondo e delle sponde;*

*d) non vi sia aggravio del rischio in altre aree derivante dalla realizzazione dell'intervento;*

*e) non vi sia aggravio del rischio per le persone e per l'immobile oggetto dell'intervento;*

*f) il patrimonio edilizio esistente di cui al comma 3 sia inserito nel piano di protezione civile comunale al fine di prevenire i danni in caso di evento alluvionale.*

*6. Il rispetto delle condizioni di cui al comma 5 costituisce elemento di verifica della compatibilità idraulica ai fini del rilascio dell'autorizzazione di cui al medesimo comma 5. L'autorizzazione idraulica è rilasciata dalla struttura regionale competente con le modalità definite nel regolamento di cui all'articolo 5, comma 1, lettera e), della legge regionale 28 dicembre 2015, n. 80 (Norme in materia di difesa del suolo, tutela delle risorse idriche e tutela della costa e degli abitati costieri). L'autorizzazione è rilasciata entro quarantacinque giorni dal ricevimento della domanda.*

*8. Gli interventi di cui al comma 2, lettere e) ed f), sono realizzati, nel rispetto delle condizioni di cui al comma 5 e a condizione che siano adottate nei piani comunali di protezione civile misure per regolarne l'utilizzo in caso di eventi alluvionali.”*

Nella cartografia del vincolo idrogeologico, disponibile anche dal portale geoscopio della Regione Toscana – SITA (Sistema Informativo Territoriale Ambientale) si vede che il tracciato della pista è tangente ad aree sottoposte a vincolo (aree boscate), come alcuni tratti dei corpi arginali, ma non sembra interessare aree vincolate, fermo restando che la base cartografica di riferimento non è aggiornata e che la ciclabile è rappresentata in maniera indicativa nella carta del vincolo idrogeologico riportata di seguito.

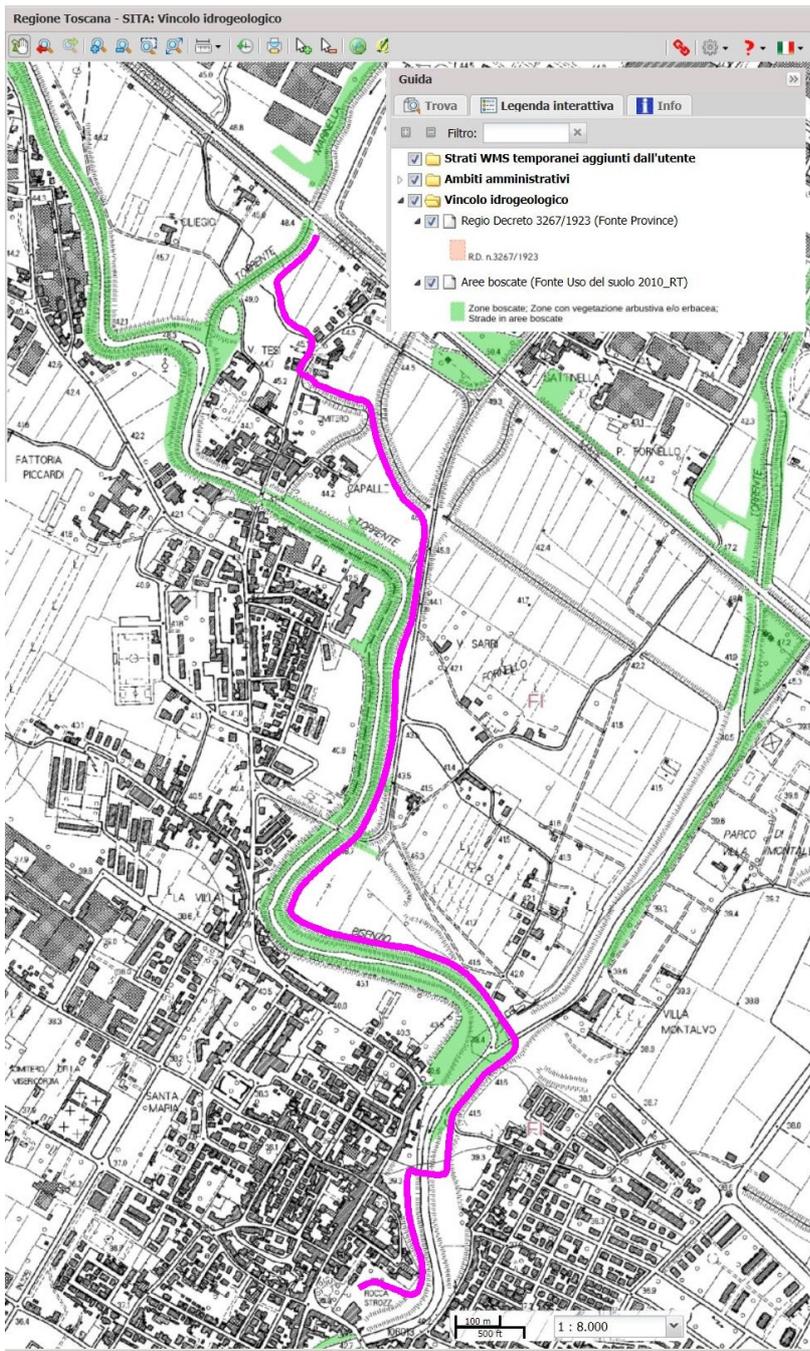


Fig. 2 – Stralcio della carta del vincolo idrogeologico tratta dal portale Geoscopio della Regione Toscana-SITA. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea violetta. Il Nord è verso l'alto dell'immagine

Nella carta della vulnerabilità dell'acquifero superficiale (freatico), elaborato 10-12 del P.R.G. 2000-Piano Strutturale "Indagini geologico-tecniche ed idrauliche", realizzata dal Dr. Geol. Roberto Neroni, in collaborazione con il Dr. Geol. Enrico Neroni, i terreni lungo il percorso in studio sono indicati essere a vulnerabilità alta (acquifero libero in materiali alluvionali a granulometria da medio-fine a fine, con scarse caratteristiche idrogeologiche e di emungimento. Localmente sono presenti livelli più grossolani con estensione areale limitata. La superficie della falda è prossima al piano di campagna. La protezione è scarsa a causa del modesto spessore presente, ma la permeabilità e le velocità di propagazione di un eventuale inquinante restano basse).

Le cartografie della variante al RUC entrata in vigore dal 30 maggio 2018, con le dovute approssimazioni, comprendono una parte limitata del tracciato, praticamente solo in corrispondenza del limite Nord-Est delle tavole “b” del RUC, come si può vedere nella figura 3.

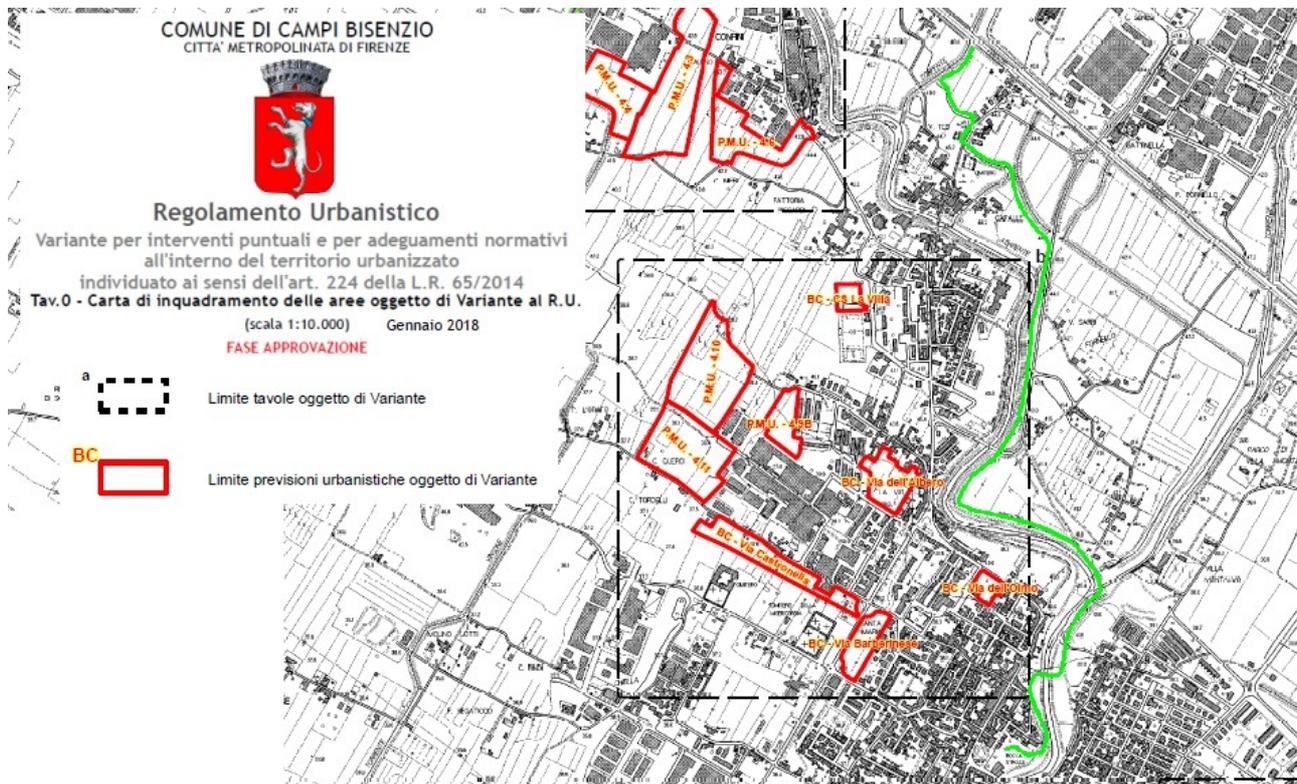


Fig. 3 – Stralcio della carta di inquadramento delle aree oggetto di variante al R.U. 2018. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea verde

Di seguito si riportano le indicazioni contenute negli elaborati d'interesse geologico e di pericolosità della variante suddetta riguardo il tratto di pista compreso nelle carte della variante:

- **tav. 1b Carta Geologica** (data: gennaio 2018): nell'area è indicata la presenza di “*depositi antropici*” (h5), “*conoide alluvionale e da debris flow*” e “*depositi alluvionali terrazzati*” (bna1-bna2)
- **tav. 2b Carta Geomorfologica** (data: gennaio 2018): l'area è indicata fra quelle presso: “*Accumulo antropico (argine fluviale antropico); principali strutture antropiche che impediscono l'osservazione degli elementi geologici e geomorfologici, specchi d'acqua*”, “*scarpata antropica*”, su affioramenti di “*depositi alluvionali*” e “*conoide alluvionale e da debris flow*”
- **tav. 3b Carta Idrogeologica e delle permeabilità superficiali** (data: agosto 2017): l'area è indicata al limite fra quelle a “*Permeabilità medio-alta*” e quelle a “*Permeabilità da bassa a molto bassa*” (rilevati arginali), con un breve tratto su “*Permeabilità media*” in corrispondenza del rilevato del ponte sul Bisenzio della variante Nord
- **tav. 4b Carta delle Indagini, dati di base e indagini geofisiche** (data: agosto 2017): nessuna indicazione per l'area d'interesse
- **tav. 5b Carta Litotecnica** (data: gennaio 2018): l'area è indicata in corrispondenza fra “*Terreno di riporto: zone urbanizzate, rilevati stradali e ferroviari*”-“*rilevati arginali*” e “*Unità F1.s3-4.t2: Depositi alluvionali. Granulometria dominante: terreni limosi e/o limoso argillosi con presenza di frazione sabbiosa da consistenti a moderatamente consistenti*”

- **tav 6b Carta Geologico-Tecnica** (data: gennaio 2018): l'area è indicata fra “*Terreni di copertura- terreni contenenti resti di attività antropica*” e “*limi, limi argillosi con presenza di lenti sabbiose limose e/o limi sabbiosi (ML)*”, su “*conoide alluvionale*”
- **tav 8b Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (M.O.P.S.)** (data: gennaio 2018): l'area è indicata fra le “*Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali*” (2002)
- **tav 9b Carta della Pericolosità Geologica** (data: gennaio 2018): l'area è indicata fra le zone a “*Pericolosità geologica bassa – G1*” in prossimità di zone a “*Pericolosità geologica elevata – G3*” (rilevati arginali e stradali)
- **tav 10b Carta della Pericolosità Idraulica** (data: agosto 2017): l'area è indicata fra le zone a “*Pericolosità idraulica elevata – I3 (eventi con tempi di ritorno compresi fra 30 e 200 anni)*”
- **tav 12b Carta della Pericolosità Sismica Locale** (data: gennaio 2018): l'area è indicata fra le zone a “*Pericolosità sismica locale media – S2*”
- **tav 11d Carta delle problematiche idrogeologiche** (data: gennaio 2018): l'area è indicata fra quelle a “*Vulnerabilità medio alta*”, vicino ad aree a “*Vulnerabilità da bassa a molto bassa*” (rilevati arginali) e “*Vulnerabilità media*” (rilevati stradali) per la vulnerabilità degli acquiferi e fra le “*Aree a disponibilità prossima alla capacità di ricarica - D2*” per la disponibilità idrica sotterranea.
- **tav. 13d Carta della fattibilità** (data: agosto 2017): nessuna indicazione per l'area d'interesse

## 5. INQUADRAMENTO DELL'AREA

L'area sulla quale è previsto l'intervento si trova nel Comune di Campi Bisenzio, fra il centro storico del capoluogo e il rievato dell'autostrada A11, a monte del centro storico di Capalle. Partendo da Sud il primo tratto della pista ciclabile, da La Rocca a Santa Maria, si sviluppa in destra idraulica del fiume Bisenzio, anche in area golenale, per poi attraversare il corso d'acqua mediante una passerella ciclopedonale da realizzare fra la località Santa Maria e Le Corti. La prosecuzione, ora in sponda sinistra, avverrà su di un tratto di viabilità esistente fino alla circonvallazione Nord (viale P.Paolieri)-villa Montalvo, dove è previsto l'attraversamento del torrente Marina e del fosso di Crucignano con una nuova infrastruttura. La prosecuzione verso Capalle avverrà sempre in sponda sinistra del Bisenzio, scendendo alla base dell'argine mantenendo 4 m di distanza da questa, fino al ponte sul Bisenzio del viale Paolieri, dove il sottopasso esistente permetterà di continuare il percorso, sempre in sponda sinistra del Bisenzio, fra l'argine e la variante alla provinciale Barberinese, fino all'intersezione della stessa con il tratto Nord del fosso di Crucignano. Da qui, seguendo il Crucignano in sponda destra, si arriva all'attraversamento (esistente) del fosso che scorre a monte del cimitero di Capalle, per continuare lungo il medesimo corso d'acqua fino al torrente Marinella, dopo avere passato via San Quirico ed un'area “a verde”. La prosecuzione lungo il torrente Marinella avverrà alla base dell'argine sinistro, fino al sottopasso dell'autostrada A-11 Firenze-mare da dove ci sarà il collegamento con il percorso ciclabile già presente (toponimi e riferimenti da CTR 1/2000 e CTR 1/10.000).

## 6. GEOMORFOLOGIA

L'area d'intervento è pianeggiante, come tutto il resto del territorio campigiano, ed interessa sia la riva destra che la sinistra del Bisenzio. Si tratta di una zona fortemente antropizzata in tutti i suoi aspetti. In origine la

morfologia dell'area è dovuta essenzialmente a fenomeni riconducibili all'ambiente fluviale: la zona di intervento e la pianura adiacente, infatti, sono caratterizzate da terreni costituiti principalmente da deposizioni recenti di materiali alluvionali (argille, limi, sabbie e ghiaie con termini intermedi). Gli elementi geomorfologici più evidenti lungo il tracciato della ciclabile sono rilevati arginali e terrapieni, oltre infrastrutture viarie, canalizzazioni e sistemazioni idrauliche in difesa della "Piana". Nella zona fra Fornello ed il rilevato dell'autostrada Firenze-mare si segnala la presenza di paleoalvei fluviali. Vista la morfologia pianeggiante si ritiene la zona d'interesse rientri in "categoria T1" (NTC 2018, tab. 3.2.III-categorie topografiche) ovvero: *superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media "i" minore o uguale a 15°*.

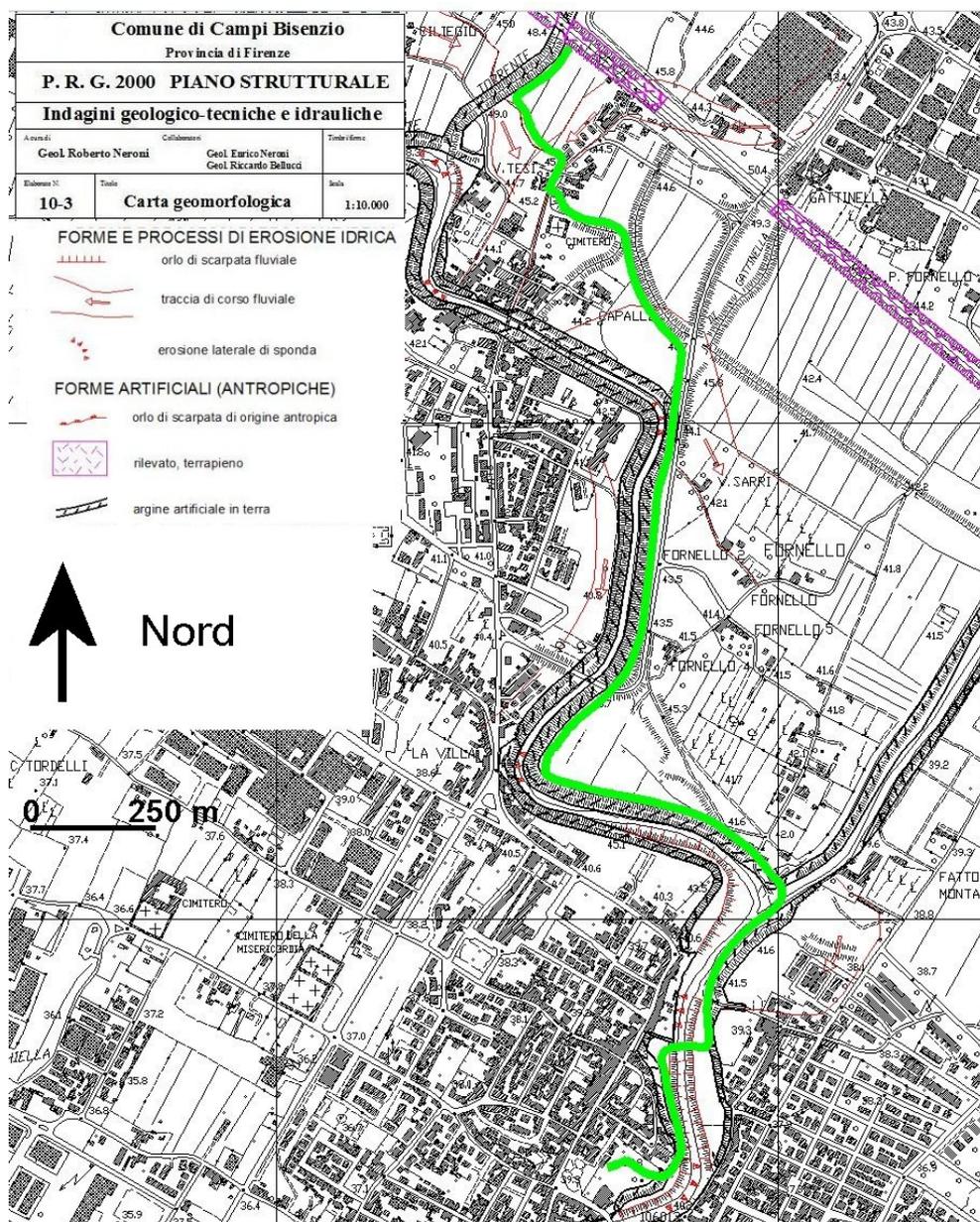


Fig. 4 – Stralcio della carta geomorfologica del PSC. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea verde

## **7. GEOLOGIA, LITOLOGIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE**

### **7.1 Geologia generale**

L'area in esame si trova quasi al centro della pianura di Firenze-Prato-Pistoia, spostata verso il margine occidentale. La piana attuale prende origine da un bacino di sedimentazione con storia evolutiva complessa, nella quale la tettonica ha avuto un ruolo importante. L'impostazione del bacino di Firenze-Prato-Pistoia sembra sia avvenuta in corrispondenza di una sinclinale, come si può dedurre dall'esame dei rilievi che lo bordano a Nord-Est ed a Sud-Ovest, dove sono individuabili strutture anticlinaliche. L'assetto tettonico generale segue quanto si rileva anche in altri bacini intermontani appenninici, come quello del Mugello, con asse maggiore in direzione Nord-Ovest/Sud-Est, faglia principale (master fault) sul bordo orientale e flessura di raccordo su quello occidentale. Nel caso del bacino Firenze-Prato-Pistoia la master fault è denominata faglia di Fiesole, si estende lungo il margine Nord-orientale dell'attuale pianura, da Fiesole a Pistoia toccando Sesto e Prato, con un rigetto complessivo stimato in oltre 1000 metri. L'attività delle strutture tettoniche che hanno dato origine al bacino sedimentario è suddivisibile in tre periodi: uno prima del Pliocene inferiore, con forte attività delle faglie e la realizzazione della maggior parte dei rigetti, un secondo nella parte finale del Pliocene inferiore, con la ripresa dei movimenti e la formazione del bacino lacustre, ed un'ultima serie di eventi nel Villafranchiano, che hanno portato al sollevamento differenziale della parte del fondo di bacino su cui si trova Firenze, con movimenti della faglia Castello-Scandicci e della faglia Maiano-Bagno a Ripoli, entrambe trasversali alla master fault, determinando l'assetto tettonico attuale. Il riempimento del bacino Villafranchiano si è prodotto ad opera di immissari che, giungendo in prevalenza da Nord, riversavano in esso il loro carico solido. Terminata la fase di colmamento, i corsi d'acqua hanno continuato il processo deposizionale divagando attraverso la pianura e coprendo estesamente i sedimenti fluvio-lacustri con materiali alluvionali; sedimenti più grossolani (ciottoli e ghiaie) si depositarono in corrispondenza dei fiumi principali (Arno, Bisenzio, Ombrone, Marina, Mugnone e Greve) e in particolare nei punti di sbocco all'interno del bacino dando origine anche a vaste conoidi, mentre nelle altre zone e nelle fasi terminali della deposizione fluviale i sedimenti risultano più fini.

Nella zona in studio sono affioranti litologie classificate nella carta geologica, litotecnica, dei sondaggi e dei dati di base (elaborato 10-1 delle "Indagini geologico tecniche ed idrauliche", alla scala 1/10.000) realizzata dal Dr. Geol. Roberto Neroni in collaborazione con i Dr. Geol. Enrico Neroni, Tosca Simonti e Gabriele Cortini come "Depositi alluvionali recenti ed attuali: depositi fluviali costituiti da sedimenti a granulometria variabile da argille e limi a sabbie e ghiaie; in superficie prevalgono sedimenti fini da argille limose a limi sabbiosi (Olocene)" sigla "a". Di seguito si riporta uno stralcio della carta suddetta con la posizione approssimativa del tracciato della pista ciclabile e stralci di sezioni geologiche (B-B'; C-C'; D-D', da PS) rappresentativi di punti in cui le sezioni intersecano il tracciato.

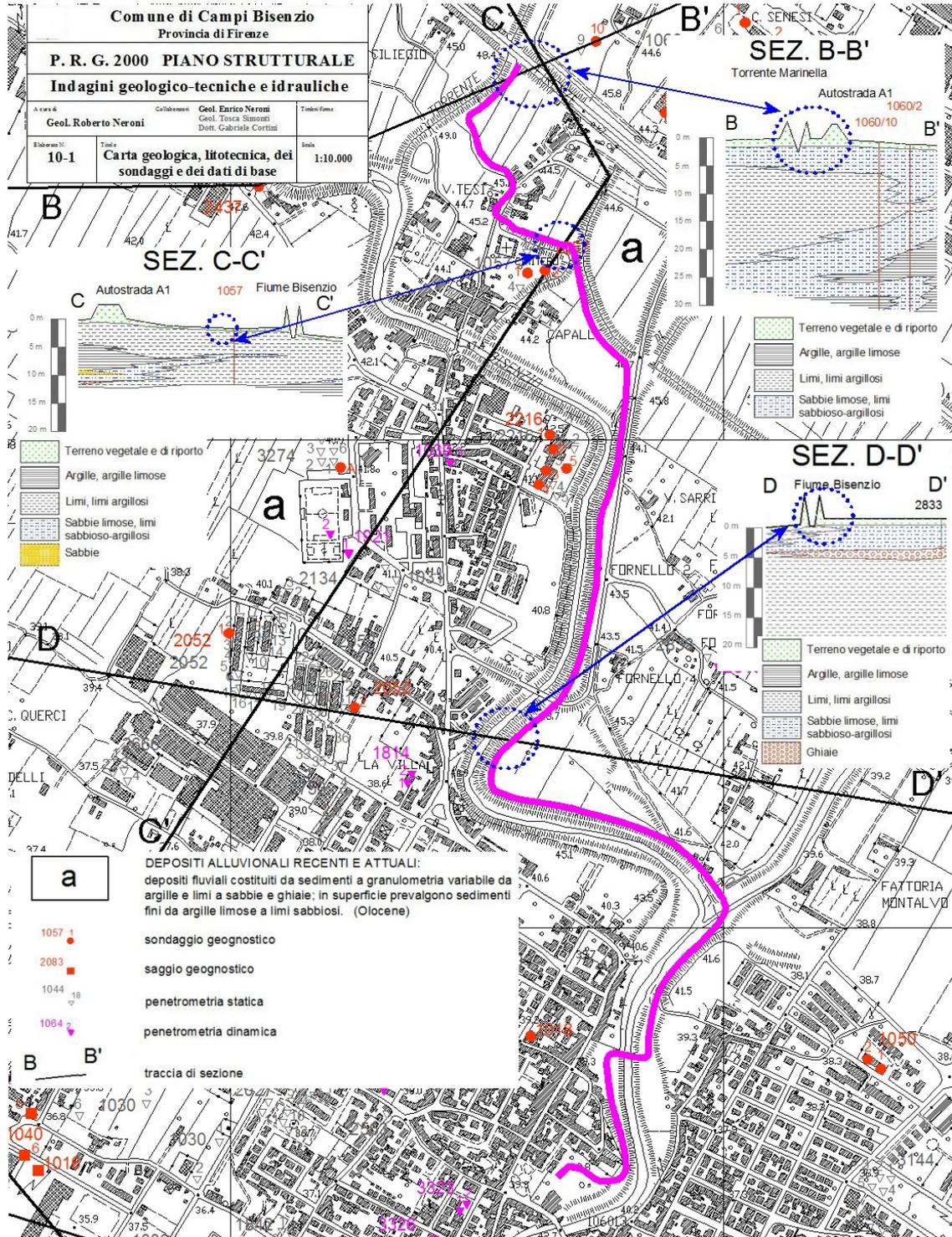


Fig. 5 – Stralcio della carta geologica, litotecnica, dei sondaggi e dei dati di base del PSC. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea violetta. Il Nord è verso l'alto dell'immagine. Sono stati riportati stralci delle sezioni geologiche riprese dalle tavole di PS, con evidenziati da cerchi in puntinato blu le zone d'intersezione fra il tracciato e le sezioni

Nella zona d'interesse e nel circondario sono affioranti litologie classificate nella Cartografia Geologica Regionale, disponibile anche sul database geologico regionale accessibile via web dal portale geoscopio (sezione 263140, alla scala 1/10.000) come “depositi alluvionali recenti, terrazzati e non terrazzati” (sigla

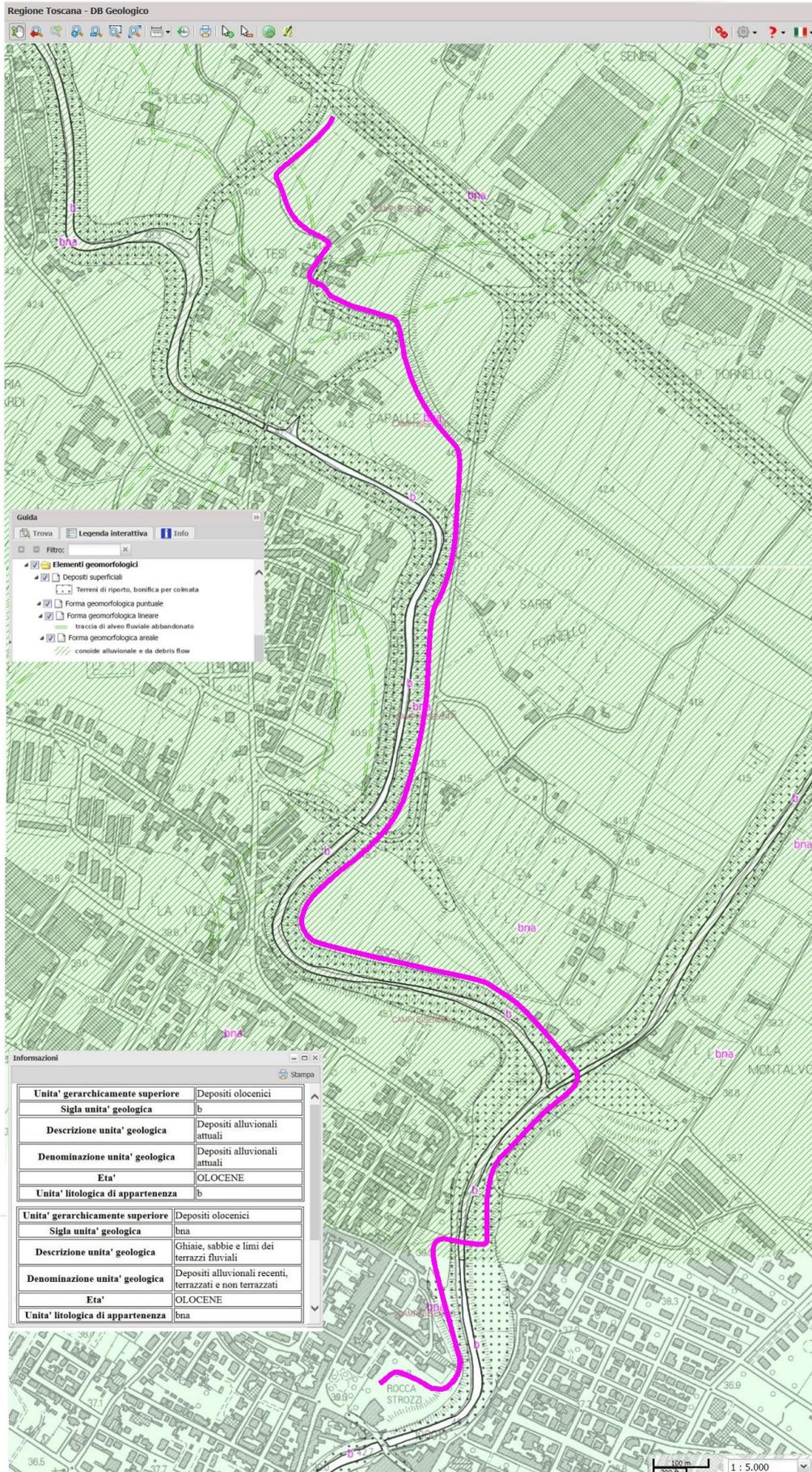


Fig. 6 – Stralcio della cartografia geologica regionale. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea violetta. Il Nord è verso l'alto dell'immagine

“bna”), dell'Olocene. Tali depositi sono descritti nella legenda della carta geologica regionale come: “ghiaie, sabbie e limi dei terrazzi fluviali”. Nella cartografia suddetta sono riportate anche indicazioni geomorfologiche e si nota che nella parte settentrionale del percorso ciclabile, all'incirca a partire dalla passerella d'attraversamento del Bisenzio fra Santa Maria e Le Corti, viene indicata la presenza di una conoide fluviale. Nella carta della Regione sono segnalate tracce di paleoalvei, sostanzialmente in accordo con quella geomorfologica di Piano Strutturale. Secondo quanto rilevabile nel foglio 106-Firenze della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1/100.000, in affioramento nella zona di interesse si trovano “depositi fluviali di ciottoli e argille sabbiose, talora terrazzati” del Quaternario recente, con simbolo “q”. Da quanto osservabile nei dintorni della zona di intervento, ed in base alle informazioni disponibili, le definizioni date nella carta geologica regionale sono adatte a rappresentare quanto in affioramento nell'area di lavoro e nelle sue adiacenze, concordando sostanzialmente con la cartografia geologica di Piano Strutturale e con la Carta Geologica d'Italia.

Dalle specifiche indagini eseguite la stratigrafia nell'area di realizzazione della passerella sul Bisenzio fra Santa Maria e Le Corti, è senz'altro definibile come costituita da alluvioni recenti ed attuali, rappresentate da litotipi con granulometrie che vanno dalle classi più “fini” come argille e limi, a quelle più “grossolane” come sabbie e ghiaie, con i rispettivi termini intermedi (si vedano i fascicoli prodotti dalla Ichnogeo s.a.s. allegati al presente documento).

## 7.2 Geognostica 2006

Per la parametrizzazione geotecnica dei terreni nella zona di realizzazione della passerella sul Bisenzio fra Santa Maria e Le Corti, nel 2006 dalla Ichnogeo s.a.s. di San Miniato (PI) furono eseguite 3 penetrometrie statiche CPT, due in riva destra (P1 in base d'argine alla quota di 40.3 m s.l.m. circa e P2 alla quota di 41.5 m s.l.m. circa all'esterno dell'argine sul terrapieno soprastante via S. Maria) ed una in riva sinistra (P3 in base d'argine alla quota di 40.9 m s.l.m. circa), e quattro sondaggi a rotazione con carotaggio continuo, due in sponda destra (S1 in sommità d'argine alla quota di 43.9 m s.l.m. circa, S2 in base d'argine alla quota di 40.3 m s.l.m. circa) spinti rispettivamente fino a 30 e 20 m dal piano di campagna e due in sponda sinistra (S3 in base d'argine-area golenale alla quota di 40.70 m s.l.m. circa, S4 in sommità d'argine alla quota di 44.0 m s.l.m. circa) spinti entrambi fino a 20 m dal piano di campagna. Nel corso dei sondaggi furono effettuate in totale 45 prove penetrometriche dinamiche SPT e prelevati 4 campioni indisturbati (S1C1, S2C1, S3C1 e S4C1), uno per sondaggio, sui quali furono effettuate analisi e prove geotecniche in laboratorio. Nei perfori delle penetrometrie P1 e P3 si installarono tubi piezometrici per il rilevamento della profondità della falda.

Per la posizione delle prove penetrometriche e dei sondaggi si veda la “carta dei sondaggi realizzati” per la passerella sul Bisenzio e la tabella riportata di seguito, dove sono contenute le coordinate dei punti d'indagine rilevate con un GPS a 12 canali paralleli, con la precisione dichiarata dallo strumento.

Coordinate rilevate con GPS Garmin Geko 301 (WAAS /EGNOS attivato), 12 canali paralleli						
Prova (Tipo)	Quota (m s.l.m. circa)	Lat UTM	Lon UTM	Lat Ga Bo	Lon Ga Bo	Note (precisione dichiarata)
P1 (CPT)	40.3	4854922	0671843	4854739	1671790	Riva dx piede argine-piezometro (3 m)
P2 (CPT)	41.5	4854941	0671782	4854758	1671729	Riva dx sopra muro v. S. Maria (3 m)
P3 (CPT)	40.9	4854918	0671903	4854735	1671850	Riva sx piede argine -piezometro (5 m)
S1 (sondaggio)	43.9	4854924	0671829	4854741	1671776	Riva dx sommità argine (3 m)
S2 (sondaggio)	40.3	4854929	0671846	4854746	1671793	Riva dx piede argine (3 m)
S3 (sondaggio)	40.7	4854922	0671893	4854739	1671840	Riva sx golena-piede argine (3 m)
S4 (sondaggio)	44.0	4854926	0671911	4854743	1671858	Riva sx sommità argine (3 m)

Per la determinazione della categoria di sottosuolo lungo il percorso ciclabile, a sensi delle NTC 2018, si fa riferimento anche ad indagini sismiche disponibili nell'archivio dello scrivente, realizzate per lavori precedenti e posizionate rispetto alla pista ciclabile come rappresentato nella successiva figura 7.

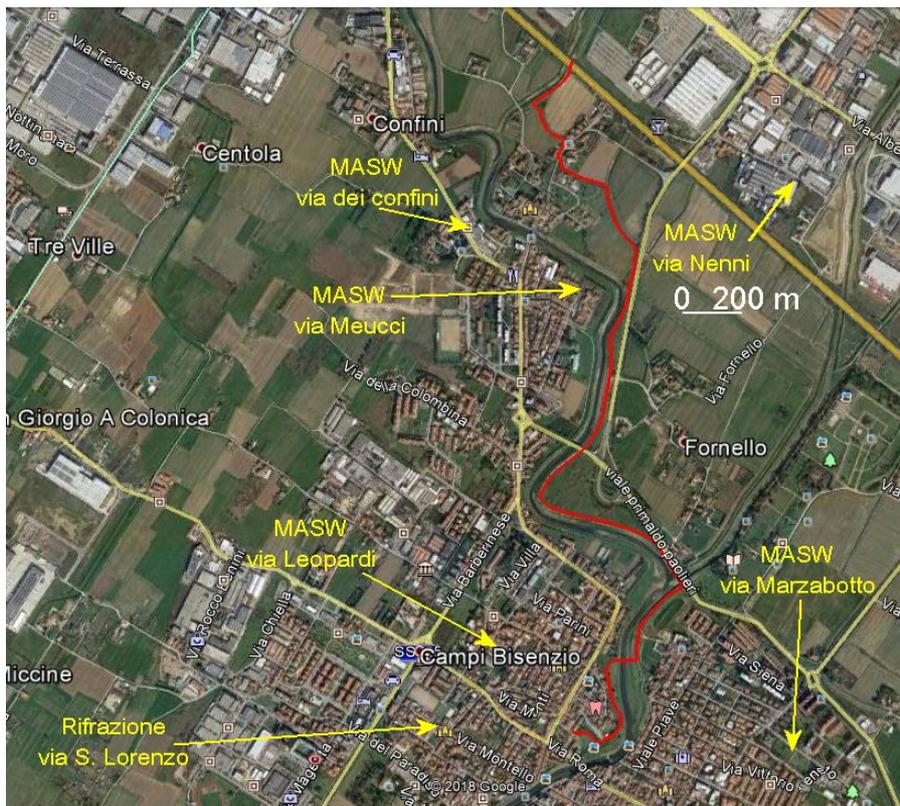


Fig. 7 – Immagine satellitare della zona d'interesse. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea rossa. La posizione delle indagini sismiche è indicata dalle frecce gialle, che riportano anche il tipo d'indagine e la via dove sono state realizzate. Il Nord è verso l'alto dell'immagine

Nelle 6 indagini sismiche citate si sono registrate velocità Vs30 fra i 214 ed i 321 m/s. In base alle conoscenze disponibili nella zona d'interesse il substrato del bacino si trova a profondità fra i 400 ed i 500 m dal piano di campagna attuale, ovvero a profondità superiori ai 30 m dal p.c. e quindi si può ipotizzare la

corrispondenza fra i parametri  $V_{s,eq}$  e  $V_{s30}$ . Le velocità  $V_s$  sono compatibili con la categoria “C” dei suoli di fondazione (NTC 2018, tab. 3.2.II) definita come segue: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.”*

Nel novembre 2018 è stata realizzata un'indagine sismica a rifrazione in onde Sh lungo l'argine del Bisenzio lato via delle Corti poco a valle della confluenza con il torrente Marina. Scopo dell'indagine era quello di determinare la categoria di sottosuolo, ai sensi delle NTC 2018, presso l'area di costruzione del manufatto di attraversamento del Bisenzio ed in prossimità di quello del Marina. La velocità media  $V_{s,eq}$  nel sito indagato è stata di 271 m/s, compatibile con la categoria “C” dei suoli di fondazione. In allegato al presente lavoro si inserisce la relazione tecnica sull'indagine sismica a rifrazione eseguita sull'argine del Bisenzio lato via delle Corti (rapporto di prova 374/18/s) dall'Igetecma s.n.c. di Montelupo Fiorentino (FI).

### **7.2.1. Penetrometrie 2006**

Le prove penetrometriche, indicate con la codifica P1, P2 e P3 nel presente documento e CPT1, CPT2 e CPT3 nel fascicolo allegato “prove penetrometriche statiche CPT-rapporti di sondaggio-prove penetrometriche dinamiche SPT” prodotto dalla ditta Ichnogeo, esecutrice delle indagini di campagna e delle analisi geotecniche, furono effettuate nelle posizioni riportate nella “carta dei sondaggi realizzati” ed eseguite con il metodo statico (CPT). Lo spessore di terreno indagato fu di 15.0 m dal piano di campagna in tutti e tre i siti. La P1 e la P2 si trovano in riva destra del Bisenzio, la P3 si trova in riva sinistra. Le tre penetrometrie furono effettuate prima della realizzazione dei sondaggi e servono anche come “guida”, per stabilire le profondità d'esecuzione delle prove SPT, 45 in totale nei quattro sondaggi, e per il prelievo dei quattro campioni indisturbati da inviare in laboratorio per le determinazioni richieste. Le prove penetrometriche statiche permettono di caratterizzare geotecnicamente i vari orizzonti litotecnici potenzialmente presenti con indicazioni, in particolare, sulla resistenza al taglio e compressibilità. La prova penetrometrica statica consiste nella misura, mediante cella di carico elettronica o mediante manometri, della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard (punta Begemann), la quale dispone di un manicotto per la misura della resistenza per attrito laterale, infissa a velocità costante con una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è collegata la punta medesima.

Le caratteristiche delle attrezzature impiegate furono:

-penetrometro statico RMU 200 kN, autoancorante

-punta conica tipo Begemann, diametro 3,75 cm, area 10 cm<sup>2</sup>, angolo apertura al vertice 60°

-manicotto laterale superficie 150 cm<sup>2</sup>

agendo separatamente sulla punta, su punta e manicotto e sull'insieme di aste, è possibile misurare, ogni 20 cm di approfondimento, i seguenti parametri:

-resistenza all'avanzamento della sola punta ( $Q_c$ )

-resistenza all'avanzamento della punta più la resistenza per attrito laterale sul manicotto (Fs)

Le tabelle dati delle penetrometrie e le elaborazioni relative sono riportate nell'allegato fascicolo "prove penetrometriche statiche CPT-rapporti di sondaggio-prove penetrometriche dinamiche SPT" (Ichnogeo).

**Dalle penetrometrie si nota che nella P1** dalla superficie topografica fino a 3.8 m di profondità sono presenti terreni classificabili come sabbioso-argilloso-limosi, salvo il primo metro, circa, di profondità rappresentato da terreni eterogenei, principalmente ghiaiosi, riportati probabilmente durante la sistemazione dell'argine. Dai 3.8 ai 10,4 m dal piano campagna si trovano terreni classificati nella proposta d'interpretazione della prova CPT come "sabbia addensata" o "sabbia cementata", riferibili probabilmente a ghiaie e ghiaie sabbiose come specificato anche nel fascicolo allegato dalla ditta esecutrice delle indagini, con un intervallo fra i 6.6 e i 7.6 di terreni classificati come sabbie, limi, argille e termini intermedi. Si nota, alla profondità di 7.0 m, un livello che sempre secondo la proposta d'interpretazione fornita dalla ditta Ichnogeo (Schmertmann) è rappresentato da argilla inorganica mediamente consistente, con un basso valore di  $Q_c$  ( 10 kg/cmq) rispetto ai livelli superiori ed inferiori. Al di sotto dei 10.4 m dal piano di campagna si rilevano due livelli, a 11,2 e 11,4 m di profondità, per i quali l'interpretazione fornita indica il litotipo "sabbia addensata" ma che in realtà è probabilmente rappresentato anch'esso da ghiaie. Dagli 11.6 ai 15.0 m, profondità finale della prova, si trovano litologie ascrivibili a sabbie, limi ed argille, con i relativi termini intermedi.

**Nella penetrometria P2** si sono incontrate situazioni più uniformi, dal punto di vista delle litologie e delle caratteristiche geotecniche, secondo la proposta d'interpretazione della ditta esecutrice. Non sono presenti livelli di ghiaie ma solo termini a granulometria fine e medio-fine. Il sito d'indagine si trova sul terrapieno formato dal muro soprastante via S. Maria, dove verrà realizzata una rampa d'accesso alla passerella ciclo-pedonale in progetto. A partire dalla superficie topografica si trova un primo spessore di terreno probabilmente di riporto, fino ad 1.2-1.4 m di profondità, classificato come "argilla sabbiosa o limosa" e "sabbia e limo". Da 1.4 si trovano argille, limi e sabbie con i relativi termini intermedi fino a 9.6 m, per continuare fino ai 15 m, profondità di termine della prova, con "argilla inorganica molto consistente". Il valore di  $Q_c$ , a partire da 1.4 m di profondità, varia da un minimo di 6 kg/cmq, a 6.6 m dal piano di campagna, ad un massimo di 65 kg/cmq a 15 m dalla superficie, termine della penetrometria.

**La terza prova CPT, la P3**, è stata condotta in riva sinistra del Bisenzio e mostra un andamento che richiama quello della P1. La penetrometria incontra, inizialmente, terreni rappresentati da litotipi sabbioso-argilloso-limosi individuabili fino a 5.2 m dal piano campagna, per entrare successivamente in una zona a prevalenza di livelli classificati come "sabbia addensata" e "sabbia cementata", con alcune alternanze di livelli sabbioso-argilloso-limosi fino a 11.2 m dal piano campagna. Da 11.2 a 15 m, profondità finale della prova, si hanno alternanze più o meno potenti fra argilla inorganica molto consistente e argilla sabbiosa o limosa, con un livello di sabbia e limo a 12.2 m. Le litologie sopra descritte si ricorda che sono una proposta d'interpretazione, ad esempio la zona a livelli prevalenti di "sabbia addensata" e "sabbia cementata" è più probabilmente costituita da livelli di ghiaia. La stratigrafia dell'area d'interesse sarà descritta nei paragrafi

successivi, basandosi anche sui quattro sondaggi eseguiti sulle due rive opposte del Bisenzio, le cui colonne stratigrafiche sono riportate nell'allegato fascicolo "prove penetrometriche statiche CPT-rapporti di sondaggio-prove penetrometriche dinamiche SPT". **Nei perfori delle prove P1 e P3 furono inseriti tubi piezometrici** per il rilevamento delle variazioni della falda: i risultati di tali rilevamenti sono riportati nel paragrafo "8. Idrogeologia" della presente relazione.

### **7.2.2 Sondaggi, presa di campioni da inviare al laboratorio geotecnico e prove SPT 2006**

La campagna d'indagini geognostiche per la passerella sul Bisenzio vide anche l'esecuzione di quattro sondaggi a carotaggio continuo, due in riva destra (S1 e S2) e due in riva sinistra (S3 e S4). Tutti i perfori dei sondaggi furono riempiti secondo le prescrizioni contenute nell'autorizzazione all'esecuzione dei sondaggi rilasciata dalla Provincia di Firenze (Rif. in arrivo 115163 del 29 maggio 2005, pratica n. 115163/06) al Comune di Campi Bisenzio. Per la posizione dei sondaggi si rimanda alla "carta dei sondaggi eseguiti" ed alla tabella contenuta nel precedente paragrafo "7.2 geognostica".

- **Il sondaggio S1 fu spinto fino a 30 m di profondità** dal piano di campagna rappresentato dalla sommità d'argine di destra, situato a 43,9 m s.l.m. circa. Durante tale sondaggio furono effettuate 15 prove penetrometriche dinamiche SPT a varie profondità a partire da 1.5 m dal piano di campagna, e fu prelevato un campione indisturbato con campionatore Shelby fra i 15 ed i 15.5 m dal piano campagna. **Il campione, indicato come S1C1 nei fascicoli allegati, risultò costituito da "argilla limosa o con limo, giallo-grigia, con occasionali concrezioni millimetriche"**.

- **Il sondaggio S2 fu fatto alla base dell'argine destro sulla cui sommità è situata la postazione di sondaggio S1. Questa seconda indagine raggiunse la profondità di 20 m dal piano di campagna**, posto a 40.3 m s.l.m. circa e vide l'esecuzione di 11 prove penetrometriche dinamiche SPT a varie profondità partendo da 1.5 m fino a 19.5 m. Su questa verticale fu preso un campione indisturbato per le determinazioni di laboratorio, mediante campionatore Shelby, fra i 2.5 ed i 3.0 m di profondità. **Il campione, indicato come S2C1 nei fascicoli allegati, fu descritto come "sabbia gialla limo-argillosa con occasionali clasti pluricentimetrici"**.

- **Il terzo sondaggio, denominato S3, fu eseguito in riva sinistra del Bisenzio, fra la base dell'argine e la sommità di una piccola scarpata in area golenale, dove il piano di campagna è situato alla quota di 40.7 m s.l.m. circa. Il sondaggio fu spinto fino a 20 m di profondità**, con l'esecuzione di 10 prove penetrometriche dinamiche SPT a partire da 1,5 m dal piano di campagna. **Il prelievo del campione indisturbato per le determinazioni di laboratorio avvenne mediante campionatore Shelby fra 11.5 e 12.0 m di profondità e fu denominato S3C1. La descrizione del provino, come visibile nei fascicoli allegati, fu "argilla gialla limosa o con limo, con occasionali concrezioni da millimetriche a plurimillimetriche"**.

**- Il quarto sondaggio, in sponda sinistra alla sommità dell'argine, posta a 44.0 m s.l.m. circa venne spinto fino alla profondità di 20 m dal piano di campagna.** Le prove penetrometriche dinamiche SPT furono 9 a partire da 1,5 m di profondità. **Il campione indisturbato prelevato mediante campionatore Shelby fra i 3.0 ed i 3.5 m di profondità, in pratica alla base del corpo dell'argine, venne definito come "sabbia fine giallo-bruna".**

Dall'esame dei carotaggi prodotti nei vari sondaggi si nota una sostanziale conferma di quanto rilevato con le penetrometrie se il tutto viene riportato in termini di quote assolute.

Nel sondaggio S1, che parte dalla sommità d'argine a 43,9 m s.l.m. circa, si trovano limi, sabbie e termini intermedi fino alla profondità di 7.5 m, dove inizia uno strato di ghiaia sabbiosa a clasti prevalentemente arrotondati che passa, fra i 12 ed i 12.45 m, a ghiaia limosa con sabbia fino a circa 13.9 m. Da questa profondità fino a 16.95 m si trova argilla limosa o con limo, gialla, nella quale si riconoscono occasionali concrezioni carbonatiche millimetriche. Il campione indisturbato (S1C1) è stato prelevato in questo litotipo, fra 15.0 e 15.5 m. Un livello di sabbia gialla limosa, o con limo, va da 16.95 a 18.0 m di profondità, dopo di che si torna ad argilla limosa o con limo, gialla, fino a 22.95 m di profondità. Un livello di ghiaia con limo si estende fino a 25.0 m per poi passare a sabbia limosa con limo, debolmente ghiaiosa, fino a 25.5 m, dove si incontra un metro di argilla limosa con concrezioni e clasti centimetrici che termina a 26.5 m su di uno strato di ghiaia grossolana spesso 0.2 m. Da 26.7 m a 27.3 m si entra in un livello di argilla limosa con concrezioni e clasti centimetrici, per proseguire da 27.3 a 29 m con sabbia ghiaiosa limosa e terminare il sondaggio, da 29 a 30 m, con argilla limosa con concrezioni e clasti centimetrici. Il sondaggio S2 è stato eseguito alla base dell'argine sulla cui sommità è posto il sondaggio S1 ed in prossimità della prova penetrometrica statica P1. La quota del piano di campagna in S2 è di circa 40.3 m s.l.m.. L'indagine incontra per il primo metro sabbia limosa bruna e poi circa 0.5 m di sabbia ghiaiosa (la presenza di ghiaia è probabilmente dovuta a recenti lavori di sistemazione dell'area). Da 1.95 m a 3 m circa si trova sabbia gialla limo-argillosa, da dove, fra i 2.5 ed i 3 m è stato prelevato il campione S2C1. Da 3 m circa a 3.6 è presente un livello di ghiaia grossolana a clasti prevalentemente angolari in abbondante matrice limo-argillosa seguito da uno strato di limo con abbondanti resti vegetali che termina a 4.0 m dal piano di campagna. Da questa quota inizia uno strato di ghiaia sabbiosa a ciottoli arrotondati eterometrici che arriva a 7.95 m, dove si trova un livello di sabbia con ghiaia continuo fino a 9.0 m, profondità alla quale si ritrova ghiaia sabbiosa a ciottoli arrotondati eterometrici fino a 11.8 m. Da questa quota fino a 18.45 m la stratigrafia è dominata da argilla limosa gialla con sporadiche concrezioni, ad eccezione di un livello fra 13.95 e 14.5 m di sabbia gialla debolmente limosa. Uno strato di ghiaia in abbondante matrice limosa gialla è stato individuato fra i 18.45 e i 19.1 m, per poi passare a limo grigio con clasti millimetrici nella parte inferiore che rappresenta il litotipo di chiusura del sondaggio, spinto a 20 m dalla superficie. Il sondaggio S3 è stato fatto in sponda sinistra del Bisenzio, come detto la sua posizione è fra la base dell'argine e la sommità di una piccola scarpata in area golenale, dove il piano di campagna è situato alla quota di 40.7 m s.l.m. circa. La perforazione incontra prima sabbia gialla da limosa a debolmente limosa, da 0 a 4.5 m circa dalla superficie, dove inizia uno strato di ghiaia sabbiosa a

ciottoli arrotondati eterometrici che si estende fino a 10.4 m di profondità. Da questa quota si trova argilla limosa o con limo, gialla, con sporadiche concrezioni. Da questo litotipo, che si trova fino a 20 m, profondità finale del sondaggio, proviene il campione indisturbato S3C1 prelevato fra 11.5 e 12 m. Il quarto sondaggio, denominato S4, è stato fatto in sponda sinistra alla sommità dell'argine a 44.0 m s.l.m. circa e spinto anch'esso fino alla profondità di 20 m. Il primo litotipo incontrato, dalla superficie a 6 m circa di profondità, è sabbia gialla da debolmente limosa a limosa, con un livello di sabbia ghiaiosa in corrispondenza della prima prova SPT fra 1.5 e 1.95 m. Nel primo litotipo del sondaggio S4 è stato prelevato il campione indisturbato S4C1, precisamente fra i 3.0 e i 3.5 m. Da 6.0 a 9.0 m circa si trova limo debolmente sabbioso che passa da giallo a grigio intorno a 7.95 m di profondità. A 9.0 m circa inizia uno strato di ghiaia in matrice limo-sabbiosa grigia che arriva a 11,7, dove si trova un livello di sabbia debolmente limosa o limosa, da grigia a gialla esteso fino a 12.0 m circa e che passa ad argilla limosa gialla con sporadiche concrezioni, litotipo questo che arriva a 14.0 m circa. Da 14.0 a 14.9 m si trovano sabbie che sono sabbie gialle fino a 14.4 m e passano a sabbie con limo-argilla, sempre di colore giallo, da 14.4 a 14.9 m. Da questa profondità fino alla fine del sondaggio, a 20 m dal piano di campagna, il solo litotipo presente è argilla limosa gialla con frequenti concrezioni. Per la rappresentazione grafica dei profili di sondaggio si rimanda al fascicolo allegato "prove penetrometriche statiche CPT-rapporti di sondaggio-prove penetrometriche dinamiche SPT".

### **7.2.3 Analisi di laboratorio sui campioni prelevati 2006**

Sui quattro campioni S1C1, S2C1, S3C1 e S4C1 furono eseguite le seguenti prove:

- Limiti di Atterberg e di ritiro
- Peso di volume naturale
- Umidità naturale
- Prova edometrica a gradini a carico costante
- Prova di taglio
- Prova di compressione semplice

Per il campione S4C1, costituito da "sabbia fine giallo-bruna", non fu possibile eseguire la prova di compressione semplice e neppure la prova scissometrica speditiva con lo scissometro tascabile. Per la descrizione delle prove e delle analisi effettuate si rimanda al fascicolo allegato "analisi di laboratorio geotecnico" prodotto dalla ditta Ichnogeo s.a.s., incaricata delle indagini. Di seguito si riporta il prospetto sinottico dei parametri geotecnici relativi ai 4 campioni.

sondaggio		1	2	3	4
campione		1 (S1C1)	1 (S2C1)	1 (S3C1)	1 (S4C1)
profondità		15.0-15.5	2.5-3.0	11.5-12-0	3.0-3.5
PP (kPa)	p. sup.	200	200	200	F. S.
	p. interm.	200	125	175	F. S.
	p. inf.	300	170	175	F. S.
VT (kPa)	p. sup.	180	80	140	Non eseguibile
	p. interm.	175	60	120	Non eseguibile
	p. inf.	170	60	120	Non eseguibile
$\gamma$ (kN/mc)	provino 1	19.85	18.02	19.59	18.29
	provino 2	19.75	18.92	20.39	17.36
	provino 3	19.95	18.53	20.24	17.01
	<b>media</b>	<b>19.85</b>	<b>18.49</b>	<b>20.07</b>	<b>17.55</b>
W (%)	provino 1	24.58	24.78	23.73	14.52
	provino 2	27.14	21.04	22.97	11.53
	provino 3	26.05	16.36	22.14	10.21
	<b>media</b>	<b>25.93</b>	<b>20.72</b>	<b>22.95</b>	<b>12.08</b>
LL		56	30	51	NL
LP		27	20	26	NP
$e_0$		0.644	0.847	0.702	0.688
$e_{min}$		0.359	0.379	0.374	0.429
$e_{fin}$		0.521	0.488	0.514	0.527
$q_c$ (kPa)	provino 1	225.0	68.9	159.9	Non eseguibile
	provino 2	236.2	camp. insuf.	186.7	Non eseguibile
$c'$ (kPa)		31.8	6.3	35.5	8.6
$\phi'$ (°)		19	31	19	37

### 7.3 Geognostica 2018

Nel novembre 2018 sono state eseguite 10 prove penetrometriche lungo il tracciato della pista ciclabile: 2 spinte fino a 10 m dal piano di campagna (essendo in corrispondenza di manufatti significativi tipo la rampe d'accesso alla sommità arginale presso la Rocca o l'attraversamenti di un fosso a Capalle) e 8 fino a 5 m dal piano di campagna per documentare comunque i tipi di terreno con i quali si andrà ad interagire con lungo il percorso. Stante la possibilità d'ancoraggio del penetrometro sono state effettuate prove in modalità statica (CPT), altrimenti in modalità dinamica (DPSH). Nel perforo della penetrometria P1 è stato inserito un tubo piezometrico allo scopo di misurare la profondità dell'eventuale falda. Per la determinazione della categoria di sottosuolo e della  $V_{s,eq}$  presso le zone di realizzazione delle passerelle d'attraversamento dei corsi d'acqua Bisenzio e Marina è stata effettuata un'indagine sismica a rifrazione in onde Sh sull'argine del Bisenzio lato via delle Corti (sinistra idraulica), non distante dalla confluenza del torrente Marina, dove si prevede la realizzazione di una passerella d'attraversamento di questo corso d'acqua. Per meglio definire la situazione stratigrafica in corrispondenza della zona di costruzione della suddetta passerella, alla confluenza Bisenzio-Marina è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo fino alla profondità di 20 m dal piano di campagna (sul tracciato della ex via di Fornello) con tre prove SPT in avanzamento.

### 7.3.1 Penetrometrie 2018

Come detto in precedenza sono state effettuate 10 penetrometrie, statiche o dinamiche a seconda della possibilità o meno d'ancoraggio del penetrometro. La penetrometria 1 e la penetrometria 8 sono state spinte a 10 m dal piano di campagna, le altre fino a 5 m. Nella tabella seguente, tratta dal rapporto di prova 374/2018 dell'Igetecma s.n.c. allegato alla presente relazione, sono indicate le tipologie di prova penetrometrica e le profondità raggiunte. La prova 4 è stata iniziata in modalità statica (CPT) e proseguita in modalità dinamica (DPSH) dopo il rifiuto all'infissione statica, avvenuto alla profondità di 1.8 m dal piano di campagna.

Prova penetrometrica	Profondità (m)
DPSH 1	10.00
DPSH 2	5.00
CPT 3	5.00
CPT/DPSH 4	5.00
CPT 5	5.00
DPSH 6	5.00
CPT 7	5.00
DPSH 8	10.00
CPT 9	5.00
CPT 10	5.00

Le prove dinamiche e statiche sono state effettuate per l'indagine VA-194-18 della ditta IGETECMA s.n.c., rapporto 211/18, nelle date 2 e 5 novembre 2018.

Nelle penetrometrie dinamiche, eseguite in questo caso con penetrometro superpesante (DPSH-S. Heavy), si adotta un maglio per ottenere la penetrazione della punta nel terreno. Contando il numero di colpi del maglio necessari all'infissione di 20 cm delle aste, si ottiene la resistenza dinamica alla punta (Rpd) mediante una formula definita come formula dell'energia dinamica o degli olandesi. Dall'Rpd si può ricavare, **indicativamente**, il carico ammissibile del terreno dividendo il valore dell'Rpd per un coefficiente di sicurezza pari a 20. Le caratteristiche delle attrezzature impiegate sono:

-penetrometro statico/dinamico PAGANI 63/100 da 10 t (tipo DPSH super pesante-S. Heavy)

-massa battente 63.50 kg

-altezza caduta 0.75 m

-area punta base conica 20.43 cm<sup>2</sup>

-diametro punta 5.1 cm

angolo apertura punta 60°

La prova penetrometrica statica, invece, permette di caratterizzare geotecnicamente i vari orizzonti litotecnici potenzialmente presenti con indicazioni, in particolare, sulla resistenza al taglio e compressibilità. La prova penetrometrica statica consiste nella misura, mediante cella di carico elettronica o mediante manometri, della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard (punta Begemann), la quale dispone

di un manicotto per la misura della resistenza per attrito laterale, infissa a velocità costante con una batteria di aste cave alla cui estremità inferiore è collegata la punta medesima.

Le caratteristiche delle attrezzature impiegate sono:

-penetrometro statico PAGANI TG 63/100 da 10 t

-punta conica (vel. avanzamento 2 cm/s) tipo Begemann, diametro 3.57 cm, area 10 cm<sup>2</sup>, angolo apertura al vertice 60°

-manicotto laterale superficie 150 cm<sup>2</sup>

agendo separatamente sulla punta, su punta e manicotto e sull'insieme di aste, è possibile misurare, ogni 20 cm di approfondimento, i seguenti parametri:

-resistenza all'avanzamento della sola punta (Qc)

-resistenza all'avanzamento della punta più la resistenza per attrito laterale sul manicotto (Fs)

Le tabelle dati delle penetrometrie e le elaborazioni relative prodotte dalla IGETECMA s.n.c. sono riportate negli allegati di questa relazione.

### 7.3.2 Sondaggio 2018

Il sondaggio a carotaggio continuo, denominato S1, è stato eseguito il 7 novembre 2018 presso la confluenza del Marina nel Bisenzio, sulla sede stradale della ex via di Fornello. La quota del piano di campagna, da CTR 1/2.000 sezione 19j23, è di circa 42.7 m s.l.m. e siamo in sinistra idraulica del Bisenzio. La perforazione è stata spinta fino a 20 m di profondità con esecuzione di tre prove SPT in corso di sondaggio fra 1.50 e 1.95, fra 8.00 e 8.45 e fra 15.00 e 15.45 m dal piano di campagna. Il numero di colpi è riportato nella tabella seguente, tratta dal report sulle indagini dell'Igetecma s.n.c. allegato alla presente relazione ed al quale si rimanda per ulteriori informazioni.

Sondaggio	Profondità (m)	Numero di colpi
S1	1.50-1.95	5/8/17
S1	8.00-8.45	15/23/23
S1	15.00-15.45	21/27/34

I valori di N<sub>spt</sub> (avanzamento 30 cm) ricavati sono quindi:

25 fra 1.50 e 1.95 m da p.c.

46 fra 8.00 e 8.45 m da p.c.

61 fra 15.00 e 15.45 m da p.c.

La stratigrafia di sondaggio (m dal p.c.) è la seguente:

0-0.2 m asfalto di copertura stradale

0.2-4.2 m materiale di riporto costituito da ghiaia, sabbia e frammenti lateritici in matrice argilloso sabbiosa

4.2-6.0 m limo sabbioso con abbondante presenza di ghiaia con elementi di dimensioni fino a decimetriche

6.0-14.0 m argilla limosa marrone con presenza di concrezioni carbonatiche chiare e più rari noduli di Fe/Mn

14.0-15.0 m argilla limosa grigia con sporadiche concrezioni carbonatiche chiare

15.0-18.0 m limo argilloso marrone con sporadiche concrezioni carbonatiche chiare

18.0-19.5 m limo sabbioso/argilloso giallo-marrone con screziature grigie

19.5-20.0 m limo sabbioso/argilloso giallo-marrone con screziature grigie, con presenza di elementi litici

### 7.3.3 Indagine sismica 2018

Il 5 novembre 2018 è stata effettuata un'indagine sismica a rifrazione in onde Sh lungo l'argine del Bisenzio lato via delle Corti poco a valle della confluenza con il torrente Marina. Scopo dell'indagine era quello di caratterizzare i terreni dal punto di vista sismostratigrafico e di determinare la categoria di sottosuolo, ai sensi delle NTC 2018, presso l'area di costruzione del manufatto di attraversamento del Bisenzio ed in prossimità di quello del Marina. In dettaglio sulla sommità arginale è stato eseguito un profilo di sismica a rifrazione con onde SH, utilizzando 24 canali con una spaziatura di 3 m, per un totale di 69 m di rilievo.

La velocità media  $V_{s,eq}$  nel sito indagato è stata di 271 m/s, compatibile con la categoria "C" dei suoli di fondazione. In allegato al presente lavoro si inserisce la relazione tecnica sull'indagine sismica a rifrazione eseguita, come detto, sull'argine del Bisenzio lato via delle Corti (rapporto di prova 374/18/s datato 8 novembre 2018) dall'Igetecma s.n.c. di Montelupo Fiorentino (FI).

## 7.4 Caratterizzazione geotecnica e stratigrafica del sottosuolo

### 7.4.1 Area della passerella sul Bisenzio fra S. Maria e Le Corti

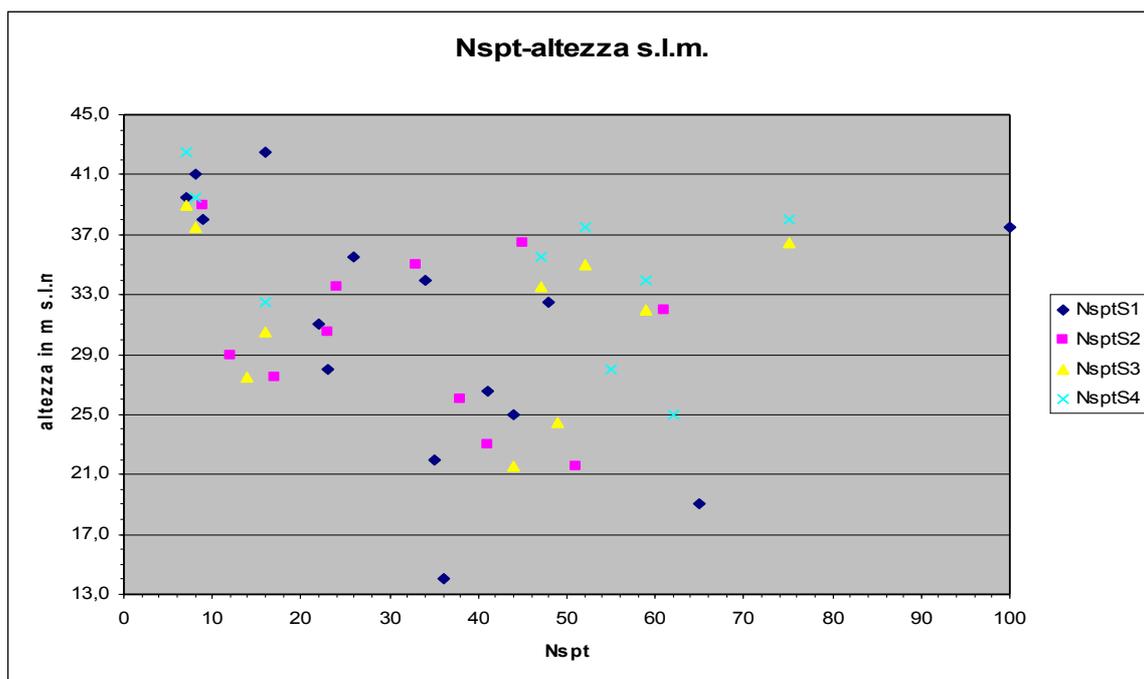
In generale è possibile individuare nell'area di realizzazione della passerella sul Bisenzio, di una parte superficiale di terreni a granulometria fine (limi-argille-sabbie) che poggiano su di un livello di ghiaia al cui interno si trovano alternanze di materiali più fini, dopo il quale si passa ancora a termini fini tipo argille. Dall'esame dei rapporti di sondaggio possono essere individuati quattro livelli caratteristici localizzati approssimativamente:

- dal piano campagna a 37 m s.l.m. in sponda destra e dal piano campagna a 35.7 e 34.5 circa m s.l.m. in sponda sinistra il primo (**terreni "tipo 1"**)
- fra i 37 ed i 30 in sponda destra e fra i 30 e 32 in sponda sinistra (quota di base del livello) il secondo (**terreni "tipo 2"**)
- fra i 30 ed i 26 m s.l.m. in sponda destra e a 28 m s.l.m. circa in sponda sinistra (quota di base del livello) il terzo livello (**terreni "tipo 3"**)
- fra i 26 ed i 21 m s.l.m. in sponda destra e fra 28 e 24 m s.l.m. in quota sinistra il quarto livello (**terreni "tipo 4"**), che potrebbe essere esteso con approssimazione accettabile in sponda destra, fino a 14 m s.l.m., quota raggiunta dal sondaggio S1, il solo spinto fino a 30 m di profondità..

Le quote sopra riportate sono approssimative e variano sia fra le due sponde del Bisenzio sia sulla medesima riva, con cambiamenti di spessore anche notevoli su distanze modeste: si rimanda alla sezione geotecnica

riportata di seguito per una rappresentazione della situazione del sottosuolo nella zona d'intervento. Mettendo in grafico i valori di Nspt delle prove SPT di tutti e quattro i sondaggi, riferite alle quote assolute sul livello del mare, i valori di Nspt mostrano accorpamenti e dispersioni che possono essere considerati caratterizzanti ed utilizzabili per la ricostruzione delle condizioni del sottosuolo dal punto di vista geotecnico e confermano la presenza di quattro livelli caratteristici. Al primo livello (terreni "tipo 1") appartengono anche terreni messi in posto artificialmente a costituire i corpi arginali e le sistemazioni in area golenale, oltre presumibilmente a terreni originariamente "in posto". Non è possibile stabilire un limite preciso fra terreni messi in posto e terreni "naturali", ma la limitata dispersione dei valori Nspt lascia pensare ad una presenza significativa di litotipi opportunamente selezionati in questi primi metri di terreno indagato. Ai terreni "tipo 1", può essere attribuito un valore caratteristico di Nspt = 8 e sono descrivibili come "sabbie e limi, con termini intermedi".

Fra i 37 ed i 31 m s.l.m. circa il secondo livello, terreni di "tipo 2," mostra un significativo aumento dei valori Nspt (Nspt = 42 può essere indicato come valore caratterizzante). Da notare anche l'elevata dispersione (caratteristica di questo tipo di terreni) dei valori rispetto al livello precedente, indicazione di una minore uniformità litologica. Il livello può essere rappresentato da litologie definibili come "ghiaia sabbiosa/limosa e sabbia con ghiaia". Una delle prove SPT condotta in questo livello nel sondaggio S1 ha prodotto rifiuto. Fra i 31 ed i 26 m s.l.m. circa, un terzo livello di terreni ("tipo 3") mostra una diminuzione di Nspt e 16 può essere indicato come valore rappresentativo. La dispersione diminuisce rispetto al secondo livello, non raggiungendo però la condizione riscontrata nel primo livello. La descrizione litologica dei terreni "tipo 3" è "argilla limosa con livelli sabbiosi".



Andamento dei valori di Nspt nei quattro sondaggi S1, S2, S3 e S4, con le quote indicate rispetto al livello del mare

Ai terreni posti da 26 a 21 m s.l.m., raggruppabili nel quarto livello che può essere esteso con buona approssimazione fino a 14 m s.l.m.-quota terminale del sondaggio più profondo- può essere attribuito il valore  $N_{spt} = 40$ . In questo livello si nota una dispersione di valori  $N_{spt}$  paragonabile a quella del livello superiore. Come litologia rappresentativa si indica “argilla limosa”. Nel terreno “tipo 4”, ma solo in riva destra e nella parte terminale dei sondaggi, si comprendono anche livelli di ghiaie limose, alternanze di sabbie e argille con ghiaia e limi (si veda la descrizione dei sondaggi in questa relazione ed il fascicolo prodotto dalla ditta esecutrice delle indagini “prove penetrometriche statiche CPT-rapporti di sondaggio-prove penetrometriche dinamiche SPT”). La vicinanza fra il valore  $N_{spt}$  indicato per terreni “tipo 2” e “tipo 4”, nonostante la differenza litologica evidente, può essere spiegata con la presenza di litologie “sporche” (ghiaia sabbiosa etc.) e in alternanza nel livello 2, e nell’esecuzione nel medesimo intervallo delle SPT a “punta chiusa”, essendo caratterizzato da ghiaie, quindi con una sottostima dei valori di resistenza rispetto al livello 4, dove le SPT sono state eseguite a “punta aperta”, dovendo agire su argille.

Il campione S1C1 è stato preso nel sondaggio 1, S1, fra i 15.0 ed i 15.5 m dal piano di campagna (fra i 29 ed i 28.5 m s.l.m. circa), nei terreni “tipo 3” in sponda destra del Bisenzio. Il campione S2C1 è stato preso nel sondaggio 2, S2, fra 2.5 e 3.0 m di profondità (da 37.8 a 37.3 m s.l.m. circa), nei terreni “tipo 1” in sponda destra del Bisenzio. Il campione S3C1 è stato preso nel sondaggio 3, S3, fra 11.5 e 12.0 m di profondità (da 29.2 a 28.7 m s.l.m. circa), nei terreni “tipo 3” in sponda sinistra del Bisenzio. Il campione S4C1 è stato preso nel sondaggio 4, S4, fra 3.0 e 3.5 m di profondità (da 41 a 40.5 m s.l.m.), nei terreni “tipo 1” in sponda sinistra del Bisenzio.

Suddivisione Terreni	Quota della base in m s.l.m (dx-sponda destra; sx-sponda sinistra)	Campioni (Profondità in m da p.c./ m s.l.m.)	Qc medi (kPa)	c' (kPa)	$\phi'$ (°)	Nspt	$\gamma$ medio campioni ( kN/mc)
<b>Terreno “tipo 1”</b> “sabbie e limi, con termini intermedi”	37 (dx)-35.7/34.6 (sx)	S2C1 (2.5- 3.0/37.8- 37.3); S4C1 (3.0- 3.5/41-40.5)	S2C1: <b>68.9</b> S4C1: non eseguibile compress. semplice	S2C1: 6.3 S4C1: 8.6 <b>Media: 7.4</b>	S2C1: 31 S4C1: 37 <b>Media: 34</b>	<b>8</b>	S2C1: 18.49 S4C1: 17.55 <b>Media : 18.02</b>
<b>Terreno “tipo 2”</b> “ghiaia sabbiosa/limosa e sabbia con ghiaia”	30 (dx)- 30/32 (sx)					<b>42</b>	
<b>Terreno “tipo 3”</b> “argilla limosa con livelli sabbiosi”	26 (dx)-28 (sx)	S1C1 (15- 15.5/29-28.5); S3C1 (11.5- 12/29.2-28.7)	S1C1: 230.6 S3C1:173.3 <b>Media: 201.9</b>	S1C1: 31.8 S3C1: 35.5 <b>Media: 33.6</b>	S1C1: 19 S3C1: 19 <b>Media: 19</b>	<b>16</b>	S1C1: 19.85 S3C1: 20.07 <b>Media: 19.96</b>
<b>Terreno “tipo 4”</b> “argilla limosa”	Fine sond. (dx e sx)					<b>40</b>	

*Stratigrafia e parametri geotecnici dei terreni indagati con le indagini geognostiche 2006. Per un quadro completo delle elaborazioni si rimanda ai fascicoli allegati*

Per l’area relativa alla penetrometria statica P2 possono essere di riferimento i terreni “tipo 1”.

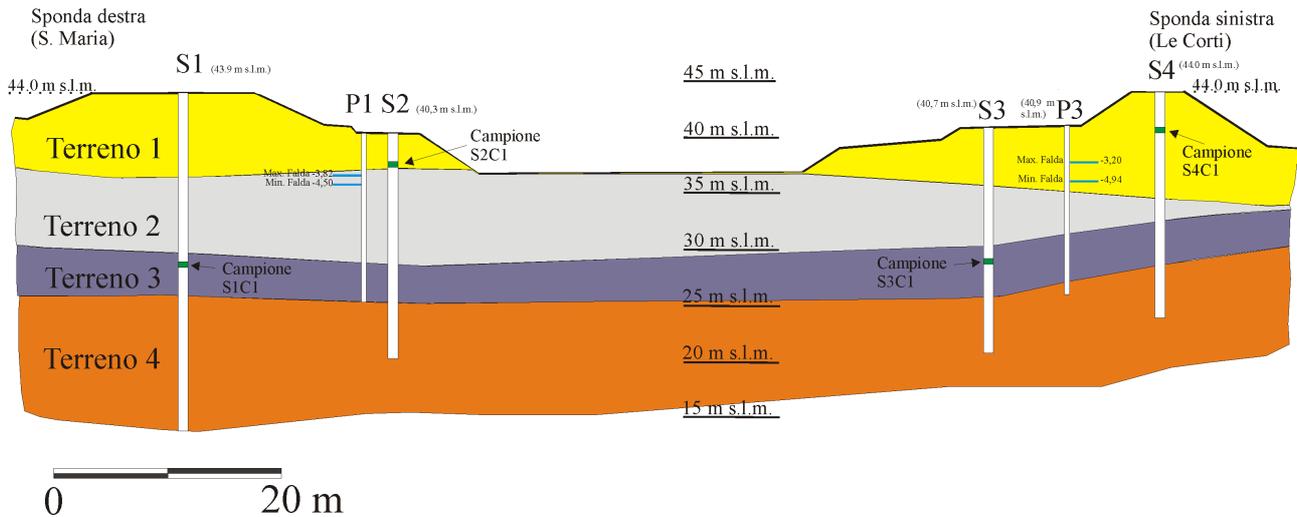


Fig. 8 - Sezione geotecnica fra S. Maria e Le Corti  
Terreno 1: sabbie e limi, con termini intermedi  
Terreno 2: ghiaia sabbiosa/limosa e sabbia con ghiaia  
Terreno 3: argilla limosa con livelli sabbiosi  
Terreno 4: argilla limosa

#### 7.4.2 Percorso pista ciclabile La Rocca- Gorfienti

L'interpretazione stratigrafica delle prove CPT è stata effettuata dalla ditta Igetecma s.n.c., incaricata dell'esecuzione delle indagini geognostiche 2018, mediante l'utilizzo del diagramma di Searle (1979), basato sul rapporto  $Q_c/F_s$  (Resistenza alla punta/Resistenza unitaria attrito laterale) come raccomandato dalle norme A.G.I. del 1977. Occorre sottolineare il fatto che tale interpretazione fornisce solo una stima di massima della stratigrafia, che può tuttavia considerarsi adeguata allo scopo presente. La massima profondità di terreno investigata con le prove 6 CPT è stata di 5 m dal piano di campagna, ad esclusione della prova 4 che ha dato rifiuto a 180 cm dal piano di campagna ed è stata proseguita in modalità dinamica fino alla profondità prevista di 5 m.

I risultati delle penetrometrie CPT eseguite mostrano che il sottosuolo, nell'area d'interesse, ovvero il percorso della pista ciclabile, è costituito da terreni a granulometria prevalente corrispondente ad argilla limosa (51 campioni su 122 totali dei terreni indagati), con in subordine limo argilloso (41 campioni su 122), argilla (16 campioni su 122), limo sabbioso (10 campioni su 122), argilla molle (2 campioni su 122) e fango o torba e sabbia limosa (1 campione ciascuno su 122), come si vede dal grafico riportato di seguito e dalle tabelle dei dati penetrometrici in allegato.

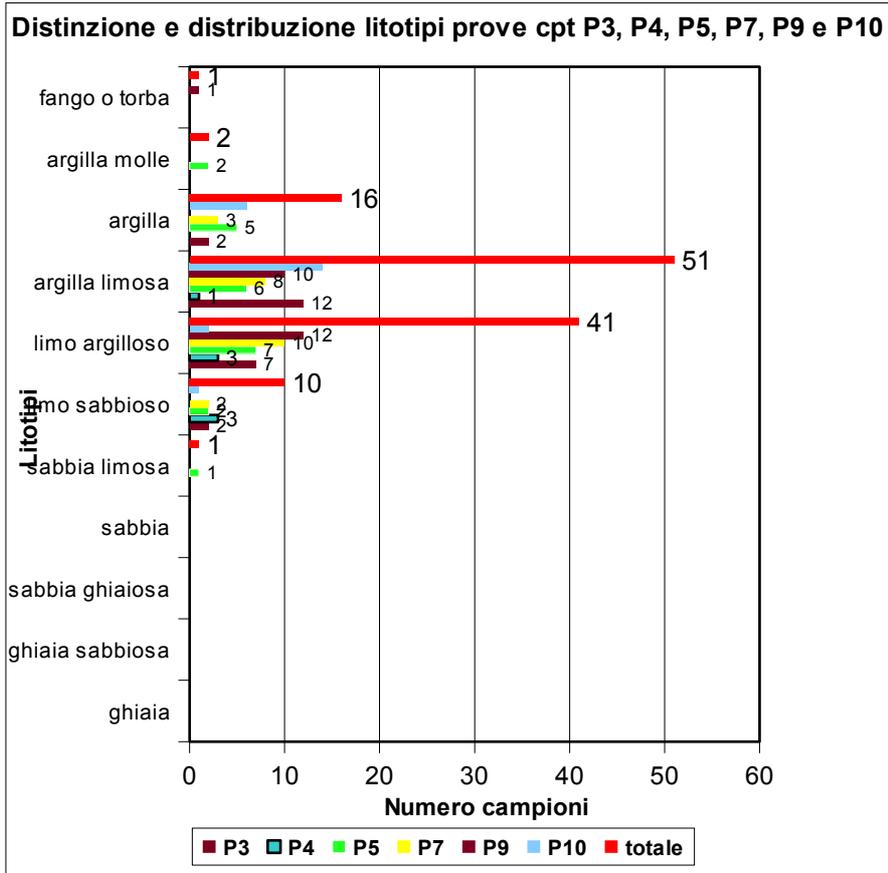


Grafico 1 – Distribuzione e distinzione dei litotipi nelle 6 prove CPT

Si noti che nella stratigrafia ottenuta sono dominanti i materiali fini (i terreni a granulometria maggiore sono quelli classificati “sabbia limosa”, segno che l'area, nei periodi più recenti, è probabilmente stata sede di fenomeni d'esclusivo alluvionamento e non interessata da dinamiche di canale, non mostrando la presenza di sedimenti a granulometria maggiore tipici e rappresentativi delle deposizioni in alveo fluviale.

In base ai parametri fisici e meccanici ricavati dai dati ottenuti sia direttamente dalle prove CPT sia attraverso le correlazioni empiriche usualmente utilizzate per stimare le proprietà geotecniche dei terreni dai risultati delle prove in sito di questo tipo, i terreni indagati con le pentrometrie statiche sono stati suddivisi in vari livelli, secondo gli schemi riportati nelle tabelle seguenti.

Per i terreni indagati si può indicare un peso di volume di 1.7/1.9 t/m<sup>3</sup>.

Suddivisione terreni	Profondità m dal p. c. nella cpt P3	Cu nella cpt P3 min/max/ <b>medio</b> (livelli coesivi)	Fi nella cpt P3 min/max/ <b>medio</b> (livelli non coesivi)	Mv nella cpt P3 min/max/ <b>medio</b>
Livello 1	0.4-1.4	1.18/4.12/ <b>2.45</b>	29.3 unico livello	0.00190/0.01042/ <b>0.00605</b>
Livello 2	1.4-2.20	0.73/1.54/ <b>1.04</b>	24.9 unico livello	0.01010/0.01515/ <b>0.01341</b>
Livello 3	2.20-5.00	0.5/0.91/ <b>0.73</b>	nessun livello	0.02778/0.04545/ <b>0.02778</b>

Tabella 1 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Cpt P3. Per un quadro completo delle elaborazioni si rimanda alle tabelle e diagrammi penetrometrici riportati in allegato (Cu= resistenza al taglio non drenata in Kg/cm<sup>2</sup>; Fi = angolo d'attrito interno in gradi; Mv= coefficiente di compressione volumetrica in cm<sup>3</sup>/Kg)

Suddivisione terreni	Profondità m dal p. c. nella cpt P4	Cu nella cpt P4 min/max/ <b>medio</b> (livelli coesivi)	Fi nella cpt P4 min/max/ <b>medio</b> (livelli non coesivi)	Mv nella cpt P4 min/max/ <b>medio</b>
Livello 1	0.4-1.6	1.77/3.04/ <b>2.35</b>	27.5/28.4/ <b>27.9</b>	0.00340/0.00926/ <b>0.00516</b>
Livello 2	1.6-1.8	<b>Livello di rifiuto (prosecuzione in modalità dinamica)</b>		

Tabella 2 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Cpt P4. Per un quadro completo delle elaborazioni si rimanda alle tabelle e diagrammi penetrometrici riportati in allegato (Cu= resistenza al taglio non drenata in Kg/cmq; Fi = angolo d'attrito interno in gradi; Mv= coefficiente di compressione volumetrica in cmq/Kg)

Suddivisione terreni	Profondità m dal p. c. nella cpt P5	Cu nella cpt P5 min/max/ <b>medio</b> (livelli coesivi)	Fi nella cpt P5 min/max/ <b>medio</b> (livelli non coesivi)	Mv nella cpt P5 min/max/ <b>medio</b>
Livello 1	0.4-1.40	1.18/5.98/ <b>3.60</b>	nessun livello	0.00337/0.03125/ <b>0.00837</b>
Livello 2	1.40-3.40	1.22/2.45/ <b>1.75</b>	26.4 unico livello	0.00585/0.02778/ <b>0.01156</b>
Livello 3	3.40-4.20	0.77/1.31/ <b>1.09</b>	nessun livello	0.01515/0.03125/ <b>0.02476</b>
Livello 4	4.20-5.00	6.75/7.07/ <b>6.91</b>	28.1/32.4/ <b>30.2</b>	0.00134/0.00156/ <b>0.00148</b>

Tabella 3 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Cpt P5. Per un quadro completo delle elaborazioni si rimanda alle tabelle e diagrammi penetrometrici riportati in allegato (Cu= resistenza al taglio non drenata in Kg/cmq; Fi = angolo d'attrito interno in gradi; Mv= coefficiente di compressione volumetrica in cmq/Kg)

Suddivisione terreni	Profondità m dal p. c. nella cpt P7	Cu nella cpt P7 min/max/ <b>medio</b> (livelli coesivi)	Fi nella cpt P7 min/max/ <b>medio</b> (livelli non coesivi)	Mv nella cpt P7 min/max/ <b>medio</b>
Livello 1	0.4-1.40	1.27/1.68/ <b>1.41</b>	25.5 unico livello	0.00709/0.02632/ <b>0.01260</b>
Livello 2	1.40-5.00	0.36/1.00/ <b>0.70</b>	24.6 unico livello	0.01449/0.05000/ <b>0.03231</b>

Tabella 4 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Cpt P7. Per un quadro completo delle elaborazioni si rimanda alle tabelle e diagrammi penetrometrici riportati in allegato (Cu= resistenza al taglio non drenata in Kg/cmq; Fi = angolo d'attrito interno in gradi; Mv= coefficiente di compressione volumetrica in cmq/Kg)

Suddivisione terreni	Profondità m dal p. c. nella cpt P9	Cu nella cpt P9 min/max/ <b>medio</b> (livelli coesivi)	Fi nella cpt P9 min/max/ <b>medio</b> (livelli non coesivi)	Mv nella cpt P9 min/max/ <b>medio</b>
Livello 1	0.4-1.40	0.68/2.40/ <b>1.43</b>	nessun livello	0.00654/0.01587/ <b>0.01008</b>
Livello 2	1.40-3.40	0.32/0.68/ <b>0.49</b>	nessun livello	0.02941/0.06250/ <b>0.04796</b>
Livello 3	3.40-4.60	0.14/0.32/ <b>0.22</b>	nessun livello	0.08333/0.33333/ <b>0.15278</b>
Livello 4	4.60-5.00	0.54	nessun livello	0.03571

Tabella 5 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Cpt P9. Per un quadro completo delle elaborazioni si rimanda alle tabelle e diagrammi penetrometrici riportati in allegato (Cu= resistenza al taglio non drenata in Kg/cmq; Fi = angolo d'attrito interno in gradi; Mv= coefficiente di compressione volumetrica in cmq/Kg)

Suddivisione terreni	Profondità m dal p. c. nella cpt P10	Cu nella cpt P10 min/max/ <b>medio</b> (livelli coesivi)	Fi nella cpt P10 min/max/ <b>medio</b> (livelli non coesivi)	Mv nella cpt P10 min/max/ <b>medio</b>
Livello 1	0.4-2.00	1.09/1.86/ <b>1.50</b>	25.7 unico livello	0.00585/0.01515/ <b>0.01086</b>
Livello 2	2.00-3.00	0.73/1.04/ <b>0.83</b>	nessun livello	0.02778/0.04167/ <b>0.03316</b>
Livello 3	3.00-4.20	1.04/1.22/ <b>1.15</b>	nessun livello	0.01389/0.01587/ <b>0.01504</b>
Livello 4	4.20-5.00	1.50/1.86/ <b>1.68</b>	nessun livello	0.00926/0.01149/ <b>0.01050</b>

Tabella 6 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Cpt P10. Per un quadro completo delle elaborazioni si rimanda alle tabelle e diagrammi penetrometrici riportati in allegato (Cu= resistenza al taglio non drenata in Kg/cmq; Fi = angolo d'attrito interno in gradi; Mv= coefficiente di compressione volumetrica in cmq/Kg)

Per la determinazione dei valori caratteristici della coesione non drenata  $C_u$  dei terreni ci si riferisce al contenuto dell'Eurocodice 7 (EC 7), dove per valore caratteristico della coesione non drenata  $C_u$ , (*o di altre grandezze*), s'intende quel **valore al quale è associata una prefissata probabilità di non superamento**; assumere, per esempio, un valore caratteristico di 1,1 kg/cmq della  $C_u$  del terreno con una probabilità di non superamento del 5% (**frattile 5%**), vuol dire ipotizzare che ci sia una probabilità del cinque per cento che il valore *reale* della  $C_u$  sia inferiore a 1.1 kg/cmq. il valore caratteristico  $k$  rappresenta la soglia al di sotto della quale si colloca non più' del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove.

In prima approssimazione i **valori caratteristici** di  $C_u$  sono determinabili con la seguente relazione:

$$C_{uk} = C_{um} (1+X.VC_u)$$

dove:

$C_{uk}$  = valore caratteristico della coesione non drenata;

$C_{um}$  = valore medio della coesione non drenata;

$VC_u$  = coefficiente di variazione (COV) di  $C_u$ , definito come il rapporto fra lo scarto quadratico medio e la media dei valori di  $C_u$ ;

$X$  = parametro dipendente dalla legge di distribuzione della probabilità e dalla probabilità di non superamento adottata.

L'Eurocodice 7 fissa, per una probabilità di non superamento del 5%, alla quale corrisponde, per una distribuzione di tipo gaussiano, un valore di  $X$  uguale a -1,645. Di conseguenza i valori caratteristici determinabili con la relazione  $C_{uk} = \varphi_m (1+X.VC_u)$  diventano:

$$C_{uk} = C_{um} (1- 1,645 VC_u)$$

dove  $VC_u = COV$  - coefficiente di variazione = rapporto fra lo scarto quadratico medio (deviazione standard) e la media dei valori.

Per i terreni indagati con le 6 prove CPT, si ha:

<b>Prova 3:</b>				<b>Prova 5 :</b>			
livello 1 -	dev. st.	1,05		livello 1 -	dev. st.	1,41	
	$C_u k$	0,72			$C_u k$	1,28	
livello 2 -	dev. st.	0,36		livello 2 -	dev. st.	0,38	
	$C_u k$	0,45			$C_u k$	1,25	
livello 3 -	dev. st.	0,12		livello 3 -	dev. st.	0,23	
	$C_u k$	0,53			$C_u k$	0,71	
<b>Prova 4 :</b>				livello 4 -	dev. st.	0,16	
livello 1 -	dev. st.	0,45			$C_u k$	6,65	
	$C_u k$	1,61					

<b>Prova 7 :</b>			<b>Prova 10 :</b>	
livello 1 -	dev. st. Cu k	0,17 1,12	livello 1 -	dev. st. Cu k
				0,25 1,09
livello 2 -	dev. st. Cu k	0,19 0,39	livello 2 -	dev. st. Cu k
				0,11 0,65
<b>Prova 9 :</b>			livello 3 -	dev. st. Cu k
livello 1 -	dev. st. Cu k	0,60 0,44		0,07 1,04
livello 2 -	dev. st. Cu k	0,11 0,31	livello 4 -	dev. st. Cu k
				0,15 1,43
livello 3 -	dev. st. Cu k	0,06 0,12		

Le prove penetrometriche sono eseguite con il metodo dinamico (DPSH) dove è stato impossibile l'ancoraggio del penetrometro e, nella prova 4, la prosecuzione dell'infissione in modalità statica. Dalle tabelle e dai diagrammi delle prove dinamiche, riportati fra gli allegati della presente relazione, in base al numero di colpi N è possibile fare una distinzione di comportamento dei terreni incontrati. Moltiplicando il numero di colpi N per il coefficiente teorico d'energia Bt ( $Bt=1.489$  per le attrezzature usate, si veda il report d'indagini dell'Igetecma s.n.c.), si ottiene che teoricamente il valore di Nspt è:  $Bt$  (ovvero 1.489) x N. Questa relazione, quindi, è stata usata per ottenere il valore minimo/massimo/medio di Nspt per ogni livello di terreno partendo dal numero di colpi N. Nelle successive tabelle si riportano le elaborazioni stratigrafiche ed i valori di Nspt relative ai terreni delle 5 verticali indagate in modalità dinamica.

Suddivisione terreni DPSH P1	Profondità m dal p. c.	N. colpi min/ <b>med</b> /max	Nspt min/ <b>med</b> /max
Livello 1	0.20-1.40	3- <b>12</b> -23	4- <b>18</b> -34
Livello 2	1.40-2.60	2- <b>4</b> -5	3- <b>5</b> -7
Livello 3	2.60-4.00	<b>1</b>	<b>1</b>
Livello 4	4.00-6.00	1- <b>2</b> -3	1- <b>3</b> -4
Livello 5	6.00-8.40	12- <b>15</b> -22	18- <b>22</b> -33
Livello 6	8.40-9.20	6-7-8	9- <b>10</b> -12
Livello 7	9.20-10.00	10- <b>11</b> -12	15- <b>16</b> -18

Tabella 7 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Dpsh P1 in base al numero di colpi N e Nspt. Si vedano per riferimento ed ulteriori informazioni, le tabelle penetrometriche in allegato.

Suddivisione terreni DPSH P2	Profondità m dal p. c.	N. colpi min/ <b>med</b> /max	Nspt min/ <b>med</b> /max
Livello 1	0.20-1.80	6- <b>9</b> -12	9- <b>13</b> -18
Livello 2	1.80-2.40	2- <b>3</b> -5	3- <b>5</b> -7
Livello 3	2.40-4.20	1- <b>1</b> -2	1- <b>2</b> -3
Livello 4	4.20-5.00	<b>2</b>	<b>3</b>

Tabella 8 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Dpsh P2 in base al numero di colpi N e Nspt. Si vedano per riferimento ed ulteriori informazioni, le tabelle penetrometriche in allegato.

Suddivisione terreni DPSH P4a	Profondità m dal p. c.	N. colpi min/ <b>med</b> /max	Nspt min/ <b>med</b> /max
Livello 1	1.80-3.00	11- <b>21</b> -26	16- <b>31</b> -39
Livello 2	3.00-5.00	3- <b>9</b> -5	4- <b>7</b> -13

Tabella 9 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Dpsh P4a (prosecuzione in modalità dinamica della CPT P4) in base al numero di colpi N e Nspt. Si vedano per riferimento ed ulteriori informazioni, le tabelle penetrometriche in allegato.

Suddivisione terreni DPSH P6	Profondità m dal p. c.	N. colpi min/ <b>med</b> /max	Nspt min/ <b>med</b> /max
Livello 1	0.20-1.00	5- <b>11</b> -16	7- <b>17</b> -24
Livello 2	1.00-2.40	2- <b>3</b> -5	3- <b>4</b> -7
Livello 3	2.40-4.40	<b>1</b>	<b>1</b>
Livello 4	4.40-5.00	2- <b>2</b> -3	3- <b>3</b> -4

Tabella 10 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Dpsh P6 in base al numero di colpi N e Nspt. Si vedano per riferimento ed ulteriori informazioni, le tabelle penetrometriche in allegato.

Suddivisione terreni DPSH P8	Profondità m dal p. c.	N. colpi min/ <b>med</b> /max	Nspt min/ <b>med</b> /max
Livello 1	0.20-1.00	5-7-8	7- <b>11</b> -12
Livello 2	1.00-4.00	2- <b>4</b> -12	3- <b>6</b> -18
Livello 3	4.00-4.60	<b>1</b>	<b>1</b>
Livello 4	4.60-7.60	2- <b>5</b> -7	3-7-10
Livello 5	7.60-8.40	12- <b>16</b> -27	18- <b>25</b> -40
Livello 6	8.40-10.00	8- <b>10</b> -11	12- <b>15</b> -16

Tabella 11 – Stratigrafia dei terreni indagati nella prova Dpsh P8 in base al numero di colpi N e Nspt. Si vedano per riferimento ed ulteriori informazioni, le tabelle penetrometriche in allegato.

A titolo indicativo, come tendenza sull'area studiata, si noti che nelle verticali indagate con la modalità dinamica, ad esclusione della 4a, i livelli più superficiali di terreno mostrano valori di Nspt più elevati rispetto ad un livello “intermedio” con il minimo valore di Nspt al di sotto del quale l'Nspt torna ad aumentare.

Nel sondaggio S1 (2018) i valori di Nspt (avanzamento 30 cm) ricavati sono:

25 fra 1.50 e 1.95 m da p.c.

46 fra 8.00 e 8.45 m da p.c.

61 fra 15.00 e 15.45 m da p.c.

La stratigrafia di sondaggio (m dal p.c.) è la seguente:

0-0.2 m asfalto di copertura stradale

0.2-4.2 m materiale di riporto costituito da ghiaia, sabbia e frammenti lateritici in matrice argilloso sabbiosa

4.2-6.0 m limo sabbioso con abbondante presenza di ghiaia con elementi di dimensioni fino a decimetriche

6.0-14.0 m argilla limosa marrone con presenza di concrezioni carbonatiche chiare e più rari noduli di Fe/Mn

14.0-15.0 m argilla limosa grigia con sporadiche concrezioni carbonatiche chiare

15.0-18.0 m limo argilloso marrone con sporadiche concrezioni carbonatiche chiare

18.0-19.5 m limo sabbioso/argilloso giallo-marrone con screziature grigie

19.5-20.0 m limo sabbioso/argilloso giallo-marrone con screziature grigie, con presenza di elementi litici

Per maggiori informazioni sul sondaggio si rimanda al fascicolo prodotto dall'Igetecma s.n.c. allegato al presente lavoro.

Nella relazione sull'indagine sismica, al paragrafo “4-Risultati dell'indagine” si legge:

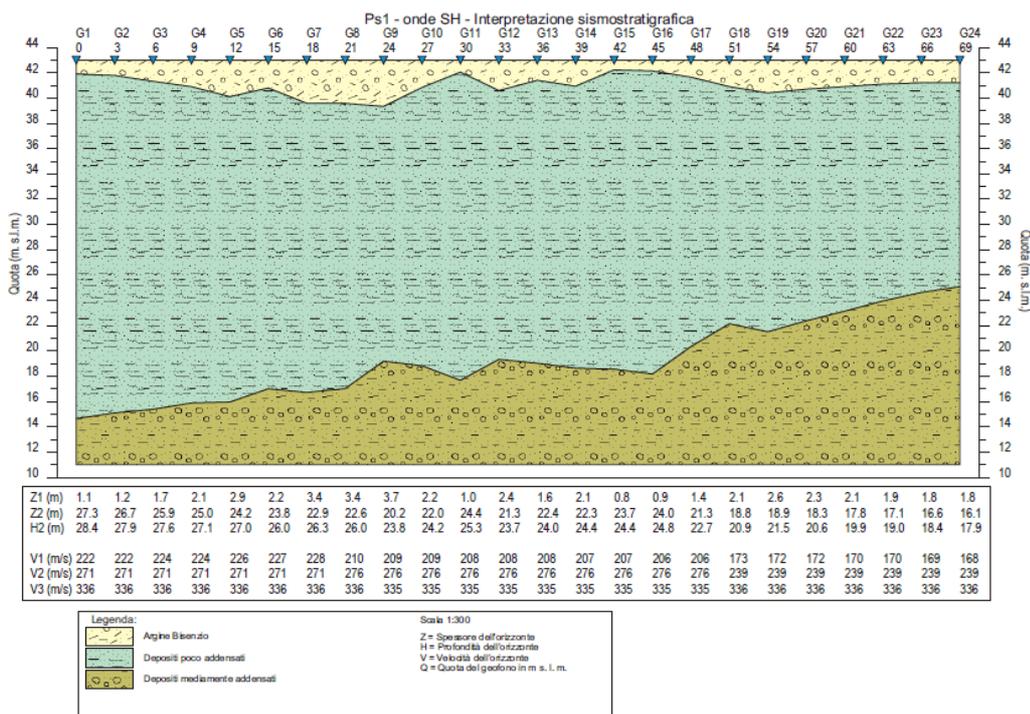
*“L'indagine mediante sismica a rifrazione ha messo in evidenza la presenza di tre orizzonti sismici con le seguenti classi di velocità delle onde di taglio SH:*

*V1 = 168 - 228 m/s*

*V2 = 239 - 276 m/s*

*V2 = 336 m/s*

*Il primo orizzonte sismico ha uno spessore compreso fra 0.8 m e 3,7 m e può essere riferito ai materiali che compongono l'argine su cui è posizionato lo stendimento. Il secondo orizzonte sismico, con spessori compresi fra 16.1 m e 27.3 m, raggiunge profondità da 17.9 m a 28.4 m ed è riferibile a depositi poco addensati. Le velocità del terzo orizzonte sismico sono riferibili ad un aumento di consistenza all'interno dei depositi sedimentari.”*



Rapporto di prova n° 974/18/S

Fig. 9 - Sezione sismostratigrafica in onde Sh ricavata con stendimento a 24 canali posto sulla sommità arginale del Bisenzio, sponda “Le Corti”

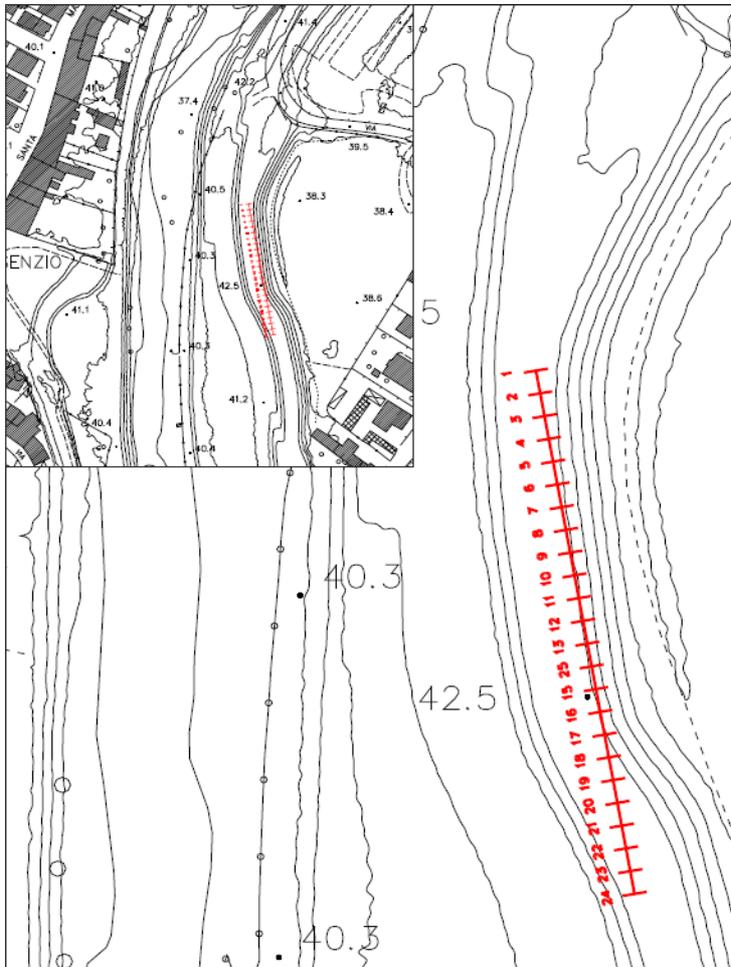


Fig. 10 – Posizione dello stendimento sismico a 24 canali posto sulla sommità arginale del Bisenzio, sponda “Le Corti”

Si ricorda che la velocità media  $V_{s,eq}$  nel sito indagato è stata di 271 m/s, compatibile con la categoria “C” dei suoli di fondazione.

Per la posizione delle indagini 2018 si rimanda alle “Tavole di dettaglio, in origine alla scala 1/2.000, con indicazione dei punti di indagine (n. 6 schede, base cartografica da elaborati progettuali)” riportate fra gli elaborati cartografici della presente relazione, oltre che, per lo stendimento sismico, alla relazione tecnica dell'Igetecma s.n.c..

## 8. IDROGEOLOGIA

L'area oggetto d'intervento si trova nel bacino del fiume Bisenzio ed è attraversata dal suo corso, estendendosi sia sulla destra che sulla sinistra idrografica. Siamo in parte all'interno dell'ambito “A1”, così come definito nella D.C.R. 230/94 e successive modifiche, del Bisenzio (FI 2478). Oltre al Bisenzio il torrente Marina è il corso d'acqua più significativo per l'opera; in entrambi i casi si ha a che fare con corsi d'acqua fortemente antropizzati e a carattere torrentizio. Nel 2006 nella zona prevista per l'attraversamento del Bisenzio fra S. Maria e Le Corti furono eseguite misure di falda nei due tubi piezometrici posizionati nei perfori delle penetrometrie CPT P1 (40.3 m s.l.m. circa) e P3 (40.9 m s.l.m. circa), il primo in riva destra ed

il secondo in riva sinistra del Bisenzio, entrambi in area golenale (si veda la carta dei sondaggi realizzati all'interno del presente documento). Una misura di falda, al termine della prova, fu eseguita anche nel perforo della CPT P2 (41.5 m s.l.m. circa), e permise di rilevare la presenza di acqua alla profondità di - 4.2 m dal piano di campagna. Si tratta di una misura estemporanea riportata a titolo puramente informativo. La prima misura (13 e 16 ottobre) fu presa al termine, rispettivamente, della penetrometria P1 e della penetrometria P3. Le tabelle seguenti contengono i dati completi della campagna di misure eseguite.

data	Prof. falda in P1 (m da p.c.)	Prof. falda in P3 (m da p.c.)
13/16-10-06	(giorno 13) -4.40	(giorno 16) - 4.88
09-11-06	- 4.50	- 4.94
15-11-06	- 4.41	- 4.58
25-11-06	- 4.18	- 4.65
06-12-06	- 4.23	- 4.70
09-12-06	- 4.04	- 3.20
10-12-06	- 3.98	- 3.82
11-12-06	- 3.82	- 4.25
15-12-06	- 3.99	- 4.58

*Misure del livello di falda nei perfori delle penetrometrie P1 (piano di campagna a 40,3 m s.l.m. circa) e P3 (piano di campagna a 40.9 m s.l.m. circa) rispettivamente in riva destra e riva sinistra del Bisenzio, riferite al piano di campagna*

data	Prof. falda in P1 (m s.l.m.)	Prof. falda in P3 (m s.l.m.)
13/16-10-06	(giorno 13) 35,9	(giorno 16) 36,02
09-11-06	35,8	35,96
15-11-06	35,89	36,32
25-11-06	36,12	36,25
06-12-06	36,07	36,2
09-12-06	36,26	37,7
10-12-06	36,32	37,08
11-12-06	36,48	36,65
15-12-06	36,31	36,32

*Misure del livello di falda nei perfori delle penetrometrie P1 (piano di campagna a 40,3 m s.l.m. circa) e P3 (piano di campagna a 40.9 m s.l.m. circa) rispettivamente in riva destra e riva sinistra del Bisenzio, riferite al livello del mare*

Il 09 dicembre le misure furono prese alle ore 15 durante una piena moderata dovuta a precipitazioni ancora in corso, iniziate circa 20 ore prima e a tratti anche di forte intensità, diffuse su tutto il bacino del Bisenzio. All'asta idrometrica presso il ponte sul Bisenzio fra via Roma e via S. Stefano alle 15.15 il livello del fiume era 1.40 m sopra lo 0.

Il 10 dicembre le misure furono prese alle 12, nella parte di abbassamento della piena di cui sopra, al termine del periodo di precipitazioni iniziato circa 41 ore prima. All'asta idrometrica presso il ponte sul Bisenzio fra via Roma e via S. Stefano alle 12.30 il livello del fiume era 0.70 m circa sopra lo 0.

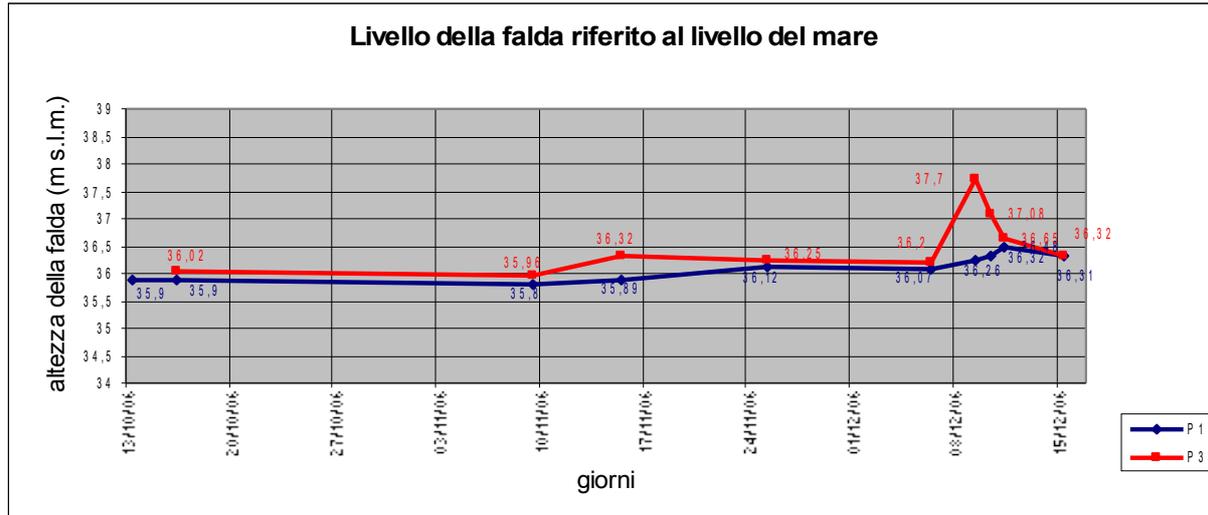


Grafico del livello di falda nei perfori delle penetrometrie P1 (piano di campagna a 40,3 m s.l.m. circa) e P3 (piano di campagna a 40.9 m s.l.m. circa) rispettivamente in riva destra e riva sinistra del Bisenzio, riferite al livello del mare

Esaminando il precedente grafico delle piezometrie si nota che nel P3, in riva sinistra del Bisenzio, si ha una “risposta” all’innalzamento della falda in funzione delle precipitazioni più rapida e a volte con valori più accentuati rispetto a quanto rilevato nel P1, in riva destra. Tale comportamento è probabilmente dovuto alla presenza di un paleoalveo poco a monte del piezometro P3, come si vede nella carta geomorfologica di figura 3, che contribuisce in maniera significativa agli apporti sotterranei verso l’area d’intervento in riva sinistra del Bisenzio in fase di crescita delle piena, mentre in fase di decrescita svolge un’azione drenante che “scarica” la falda più velocemente rispetto a quanto accade in sponda destra. Il periodo delle osservazioni, iniziate il 13 ottobre 2006, è sicuramente breve ma in ogni caso sufficiente a mostrare che possono esserci escursioni della superficie di falda significative, fino ad 1.74 m in sponda sinistra e fino a 0.68 m in sponda destra fra massimo e minimo, e che sul lungo periodo i minimi ed i massimi potrebbero essere ancora più accentuati in occasione, rispettivamente, di siccità o precipitazioni prolungate, anche in funzione del livello idrometrico del Bisenzio. Nella carta della vulnerabilità dell’acquifero superficiale (freatico), elaborato 10-12 del P.R.G. 2000-Piano Strutturale “Indagini geologico-tecniche ed idrauliche”, realizzata dal Dr. Geol. Roberto Neroni, in collaborazione con il Dr. Geol. Enrico Neroni, i terreni lungo il percorso in studio sono indicati essere a vulnerabilità alta.

Nel novembre 2018 è stato inserito, nel perforo penetrometrico P1, è stato inserito un tubo piezometrico per il rilievo della profondità dell’eventuale falda. La misura, eseguita il 3 novembre a 24 ore dal termine della penetrometria, ha mostrato acqua a -2.95 m dal piano di campagna. Il 4 novembre, a 48 ore dal termine della penetrometria, la misura è stata - 2.98 m dal piano di campagna.

## 9. ELEMENTI DI RISCHIO IDRAULICO E SISMICO

### 9.1 Rischio idraulico

Nella “Carta delle aree inondate durante l’evento del 1966” (elaborato 10-6 del P.R.G. 2000-Piano Strutturale “Indagini geologico-tecniche ed idrauliche”, realizzata dal Dr. Geol. Roberto Neroni, in collaborazione con il Dr. Geol. Enrico Neroni), si vede che il tratto meridionale della pista, fino alla confluenza con il torrente Marina, non fu interessato da allagamenti, mentre il tratto centrale fra Fornello e villa Sarri (circa), fu colpito dall'esonazione. Proseguendo verso Capalle si attraversa un'area non colpita dall'evento fino al fosso che costeggia il cimitero locale, per poi rientrare in zona alluvionata nel '66 fino al rilevato dell'autostrada A11. La pista ciclabile è compresa fra le aree indicate come interessate da eventi nella Carta delle aree inondate e a difficoltà di drenaggio dal '91 al '99 (elaborato 10-7 del P.R.G. 2000-Piano Strutturale “Indagini geologico-tecniche ed idrauliche”, realizzata dal Dr. Geol. Roberto Neroni, in collaborazione con il Dr. Geol. Enrico Neroni e l’Ing. Andrea Sorbi), nel tratto di percorso che da poco a valle della confluenza Marina-Bisenzio arriva all'autostrada A11. Nel 1991 una tracimazione d’argine immediatamente a valle della confluenza del torrente Marina con il Bisenzio, in sinistra idraulica di quest’ultimo, provocò allagamenti, limitatamente però alla sponda sinistra del Bisenzio. A monte della confluenza Marina-Bisenzio l'area fu interessata da fenomeni di allagamento nel 1992 e, in misura minore, nel 1991 per rottura degli argini del torrente Marinella, in territorio di Calenzano, oltre che per insufficienza della rete di scolo.

Nella carta della pericolosità idraulica del Piano Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) realizzata dall’Autorità di Bacino del fiume Arno, la pista ciclabile si vede che attraversa zone a diverso grado di pericolosità da alluvioni fluviali. Nel tratto meridionale, dalla Rocca Strozzi-piazza Gramsci fino alla confluenza con il torrente Marina si ha una pericolosità da alluvioni fluviali “P1-bassa”, nella parte successiva del tracciato si ha una pericolosità da alluvioni fluviali “P2 – media”.

Nella disciplina di Piano del P.G.R.A. le aree a pericolosità idraulica P1 sono definite: *pericolosità da alluvione bassa (P1) corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni e comunque corrispondenti al fondovalle alluvionale.*

Nella Disciplina di Piano del P.G.R.A., per la aree a pericolosità idraulica “1-bassa” non sono indicate norme specifiche ma all'articolo 11 (capo II, sezione 1) sono definiti gli *indirizzi per gli strumenti di governo del territorio:*

**“Art. 11 – Aree a pericolosità da alluvione bassa (P1) – Indirizzi per gli strumenti di governo del territorio**

1. *Nelle aree P1 sono consentiti gli interventi previsti dagli strumenti urbanistici garantendo il rispetto delle condizioni di mitigazione e gestione del rischio idraulico.*
2. *La Regione disciplina le condizione di gestione del rischio idraulico per la realizzazione degli interventi nelle aree P.1”.*

Sempre nella disciplina di Piano del P.G.R.A. le aree a pericolosità idraulica P2 sono definite: *pericolosità da alluvione media (P2), corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni.*

Nella Disciplina di Piano del P.G.R.A., per la aree a pericolosità idraulica “2-media”, all'articolo 9 (capo II, sezione 1) sono definite le *norme* e all'articolo 10 (capo II, sezione 1) gli *indirizzi per gli strumenti di governo del territorio*: di seguito si riportano i due articoli.

**“Art. 9 – Aree a pericolosità da alluvione media (P 2) – Norme**

1. Nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 sono da consentire gli interventi che possano essere realizzati in condizioni di gestione del rischio idraulico, con riferimento agli obiettivi di cui all'art. 1 comma 4, fatto salvo quanto previsto ai commi seguenti del presente articolo e al successivo art. 10.

2. Nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1, l'Autorità di bacino si esprime sugli interventi di seguito elencati, in merito alla compatibilità degli stessi con il raggiungimento degli obiettivi di PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone:

a) misure di protezione previste dal PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone e misure previste dal PGA;

b) interventi di sistemazione idraulica e geomorfologica, ad eccezione delle manutenzioni ordinarie, straordinarie e dei ripristini;

c) interventi di ampliamento e ristrutturazione delle opere pubbliche o di interesse pubblico esistenti, riferite ai servizi essenziali, e della rete infrastrutturale primaria, nonché degli impianti di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006 dichiarati di interesse pubblico;

d) nuovi interventi relativi alle opere pubbliche o di interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e alla rete infrastrutturale primaria;

e) interventi di ampliamento, di ristrutturazione e nuovi impianti di potabilizzazione e depurazione compresi i servizi a rete e le infrastrutture a questi connessi nonché gli impianti dichiarati di interesse pubblico di cui all'allegato VIII alla parte seconda del decreto legislativo n. 152/2006, compresi i servizi a rete e le infrastrutture a questi connessi.

3. Le Regioni disciplinano le condizioni di gestione del rischio idraulico per la realizzazione degli interventi nelle aree P2.

**Art. 10 – Aree a pericolosità da alluvione media (P2) – Indirizzi per gli strumenti governo del territorio**

1. Fermo quanto previsto all'art. 9 e all'art. 14 comma 8, nelle aree P2 per le finalità di cui all'art. 1 le Regioni, le Province e i Comuni, nell'ambito dei propri strumenti di governo del territorio si attengono ai seguenti indirizzi:

f) sono da privilegiare le trasformazioni urbanistiche tese al recupero della funzionalità idraulica;

g) le previsioni di nuova edificazione sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio idraulico;

h) sono da evitare le previsioni che comportano la realizzazione di sottopassi, se non diversamente localizzabili;

i) le previsioni di volumi interrati sono da subordinare al rispetto delle condizioni di gestione del rischio idraulico.”

Riguardo i battenti idraulici (modello dell'Autorità di Bacino dell'Arno – Distretto Appennino Settentrionale) nell'area d'interesse, risulta che la pista ciclabile sia all'esterno di quelle nelle quali si hanno battenti duecentennali (siano essi disponibili o non disponibili) nel tratto meridionale dalla Rocca Strozzi-piazza Gramsci fino alla confluenza Bisenzio-Marina, e poi prosegua in aree per le quali non si hanno battenti disponibili come si evince dalla cartografia tematica di cui è riportato di seguito uno stralcio relativo alla zona d'intervento ed adiacenze.

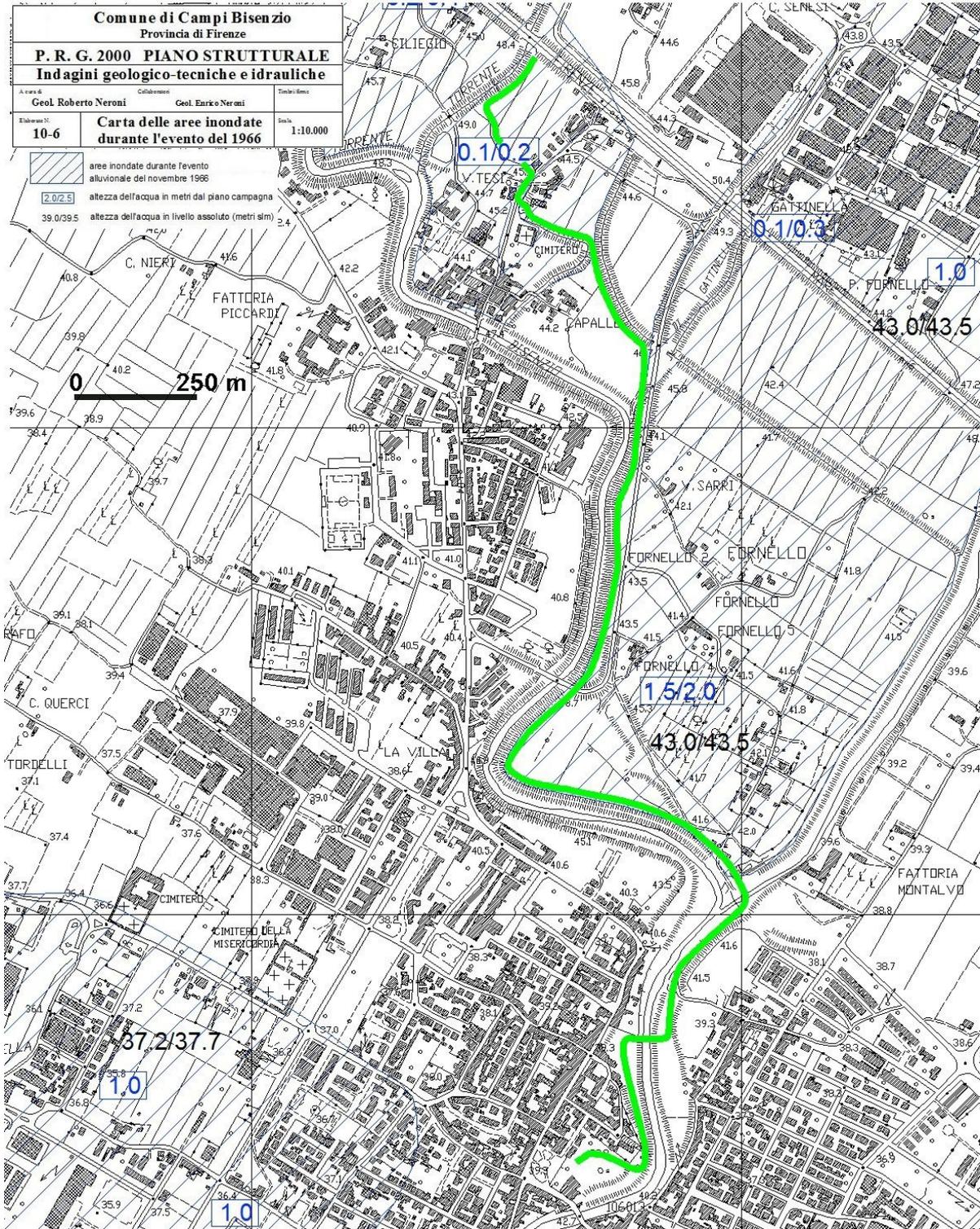


Fig. 11 – Stralcio della carta delle aree inondate durante l'evento del 1966 del PSC. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea verde

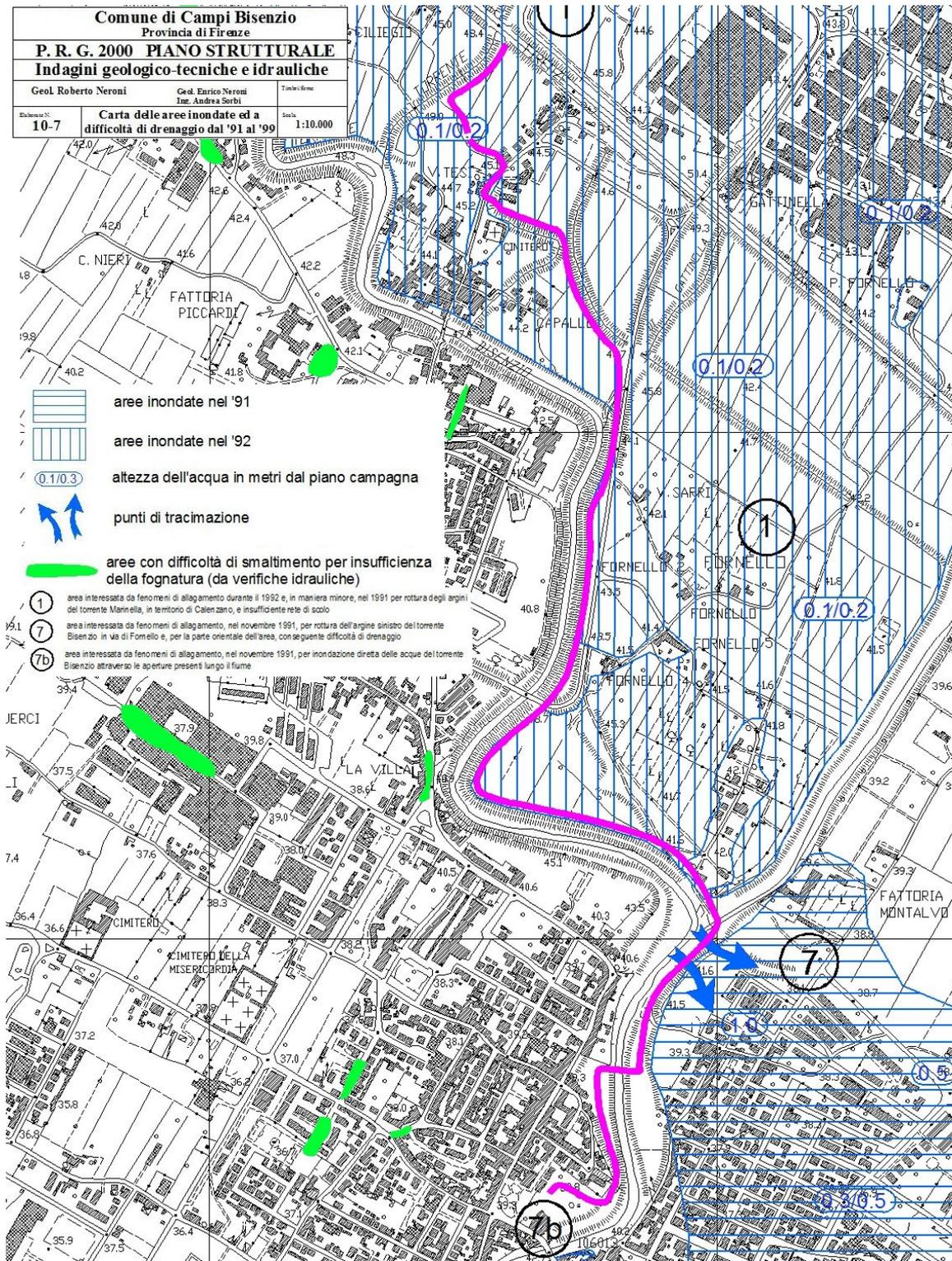


Fig. 12 – Stralcio della carta delle aree inondate ed a difficoltà di drenaggio dal '91 al '99 del PSC. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea violetta

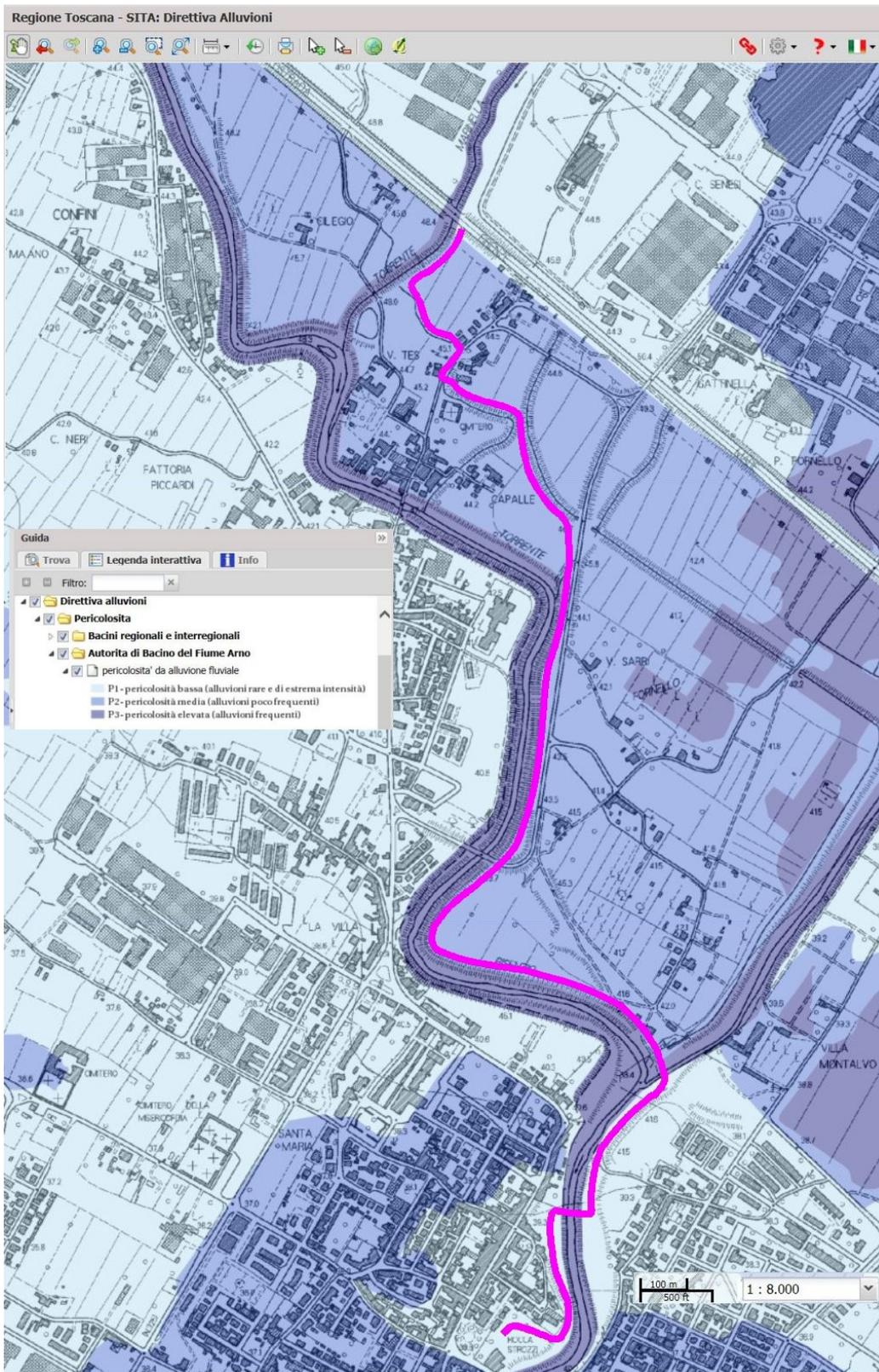


Fig. 13 – Stralcio della carta di pericolosità idraulica del P.G.R.A., dell'Autorità di Bacino del fiume Arno, con il tracciato della pista ciclabile, tratto da La Rocca fino al rilevato dell'A11 "Firenze-mare", approssimativamente rappresentato dalla linea violetta

# DISTRETTO APPENNININO SETTENTRIONALE

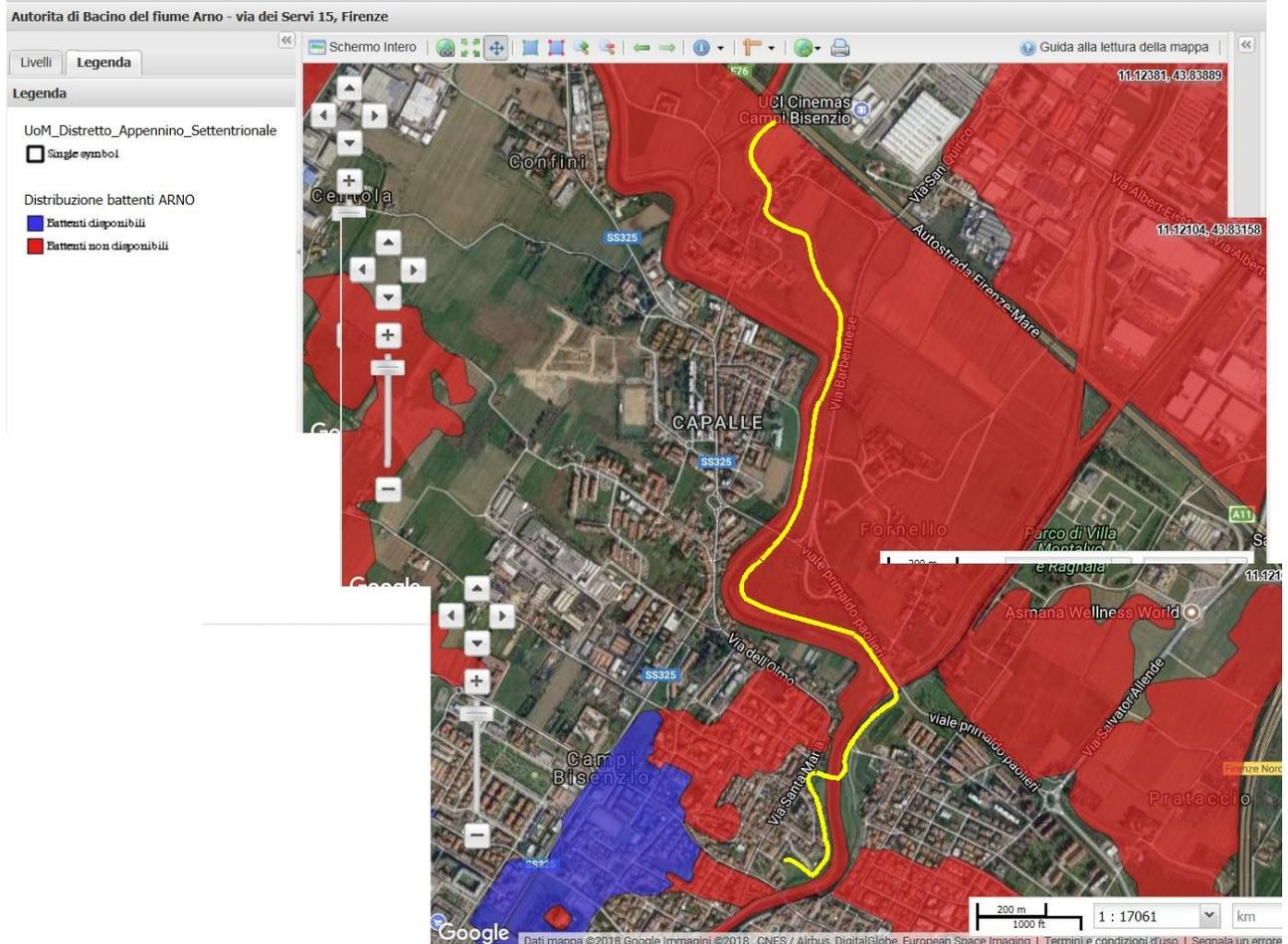


Fig. 14 – Stralcio della carta dei battenti duecentennali dell'Autorità di Bacino del fiume Arno. Il tracciato della pista ciclabile, indicativamente, è rappresentato dalla linea gialla

## 9.2 Rischio sismico

L'Ord. P.C.M. 3274/2003, nuova classificazione sismica nazionale, e s.m.i., colloca il Comune di Campi Bisenzio in zona 2 (2003). Nella D.G.R.T. 421/2014 il Comune di Campi Bisenzio è classificato in zona 3. Nella banca dati delle osservazioni macrosismiche italiane (D.B.M.I. 15) il Comune di Campi Bisenzio è citato in 17 casi:

► homepage ► consultazione per terremoto (CPTI15) ► consultazione per località (DBMI15)

**Campi Bisenzio**

PlaceID IT\_44753  
Coordinate (lat, lon) 43.820, 11.138  
Comune (ISTAT 2015) Campi Bisenzio  
Provincia Firenze  
Regione Toscana  
Numero di eventi riportati 17

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4-5	1887	11	14	05	48	0	Fiorentino	101	6	4.47
6	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8	5.50
NF	1897	07	27	09	02	1	Valdarno inferiore	33	5-6	4.27
5	1899	06	26	23	17	2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
NF	1899	07	08	22	56	5	Bagno di Romagna	37	4	4.02
NF	1903	07	27	03	46		Lunigiana	79	7-8	5.19
5	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
NF	1906	04	21	06	35		Valdelsa	45	5-6	4.30
NF	1907	12	20	10	29	1	Chianti	35	6	4.44
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
NF	1913	02	13	16	39		Corno alle Scale	26	5	4.18
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
6	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
5	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
3	1939	02	11	11	17		Mugello	31	7	5.01
2-3	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82

Fig. 15 - Osservazioni sismiche per il Comune di Campi Bisenzio; Int = Intensità M.C.S. avvertita a Campi Bisenzio, Io= Intensità M.C.S. nell'area epicentrale, Mw= Magnitudo sviluppata dall'evento

Pur rilevando incongruità fra le intensità sismiche avvertite a Campi secondo le varie fonti di informazione, dovuta essenzialmente alle difficoltà di classificare fenomeni naturali come i terremoti con descrizioni estremamente soggettive (i rilevamenti strumentali sono molto recenti) e sempre più labili e frammentarie man mano che ci si allontana dalla nostra epoca, non si ha segnalazione di eventi sismici con epicentro nell'area campigiana o nella piana circostante, il che rende improbabile la presenza di blind-faults o strutture sismogenetiche sepolte sotto la coltre sedimentaria di riempimento del bacino villafranchiano. La zona oggetto di intervento ricade in un'area per la quale appare improbabile che si possano verificare fenomeni di amplificazione sismica locale (morfologica o litologica) poiché, essendo in una pianura caratterizzata da uniformità di affioramenti geologici, vengono a mancare le caratteristiche geomorfologiche responsabili di tali fenomeni (creste collinari o montane accentuate e sottili, bordi di terrazzi o scarpate a strapiombo, terreni in adiacenza con caratteristiche di risposta sismica estremamente diversa, ammassi rocciosi lapidei molto fratturati etc.).

La possibilità di liquefazioni dovute ad azioni sismiche appare improbabile per le condizioni litologiche essendo le granulometrie superficiali riferibili, per quanto noto, a terreni “fini” a comportamento coesivo con argille e limi (e termini intermedi) dominanti, mentre in generale la liquefazione è possibile in terreni costituiti da sabbie pulite o con modesto contenuto di argille (inferiore al 20%) o ancora da sabbie limose con contenuto di elementi fini (diametro minore di 74 micron) inferiore al 10%, fermo restando che il fenomeno è regolato non solo dalle caratteristiche del terreno, compresa la presenza di falda ma anche da quelle dell’evento sismico (accelerazione, numero di cicli e durata delle singole scosse).

## 10. CONCLUSIONI

Dai risultati dello studio, in seguito alle informazioni disponibili ed alle verifiche condotte si evincono le seguenti considerazioni:

non sono state rilevate condizioni di pericolosità idraulica, geologica-geomorfologica o sismica particolari, fermo restando che le maggiori criticità sono dovute agli aspetti di pericolosità idraulica che la pista ciclabile in progetto, ed infrastrutture accessorie, incontrano nel tracciato.

Considerando gli interventi previsti, nel rispetto delle norme di settore, si ritiene che per la realizzazione di quanto proposto non esistano fattori geologici, geotecnici, geomorfologici ed idrogeologici particolarmente limitanti.

Campi Bisenzio (FI), 30 novembre 2018

Dr. Geol. Maurizio Negri

## **11. ELABORATI CARTOGRAFICI**

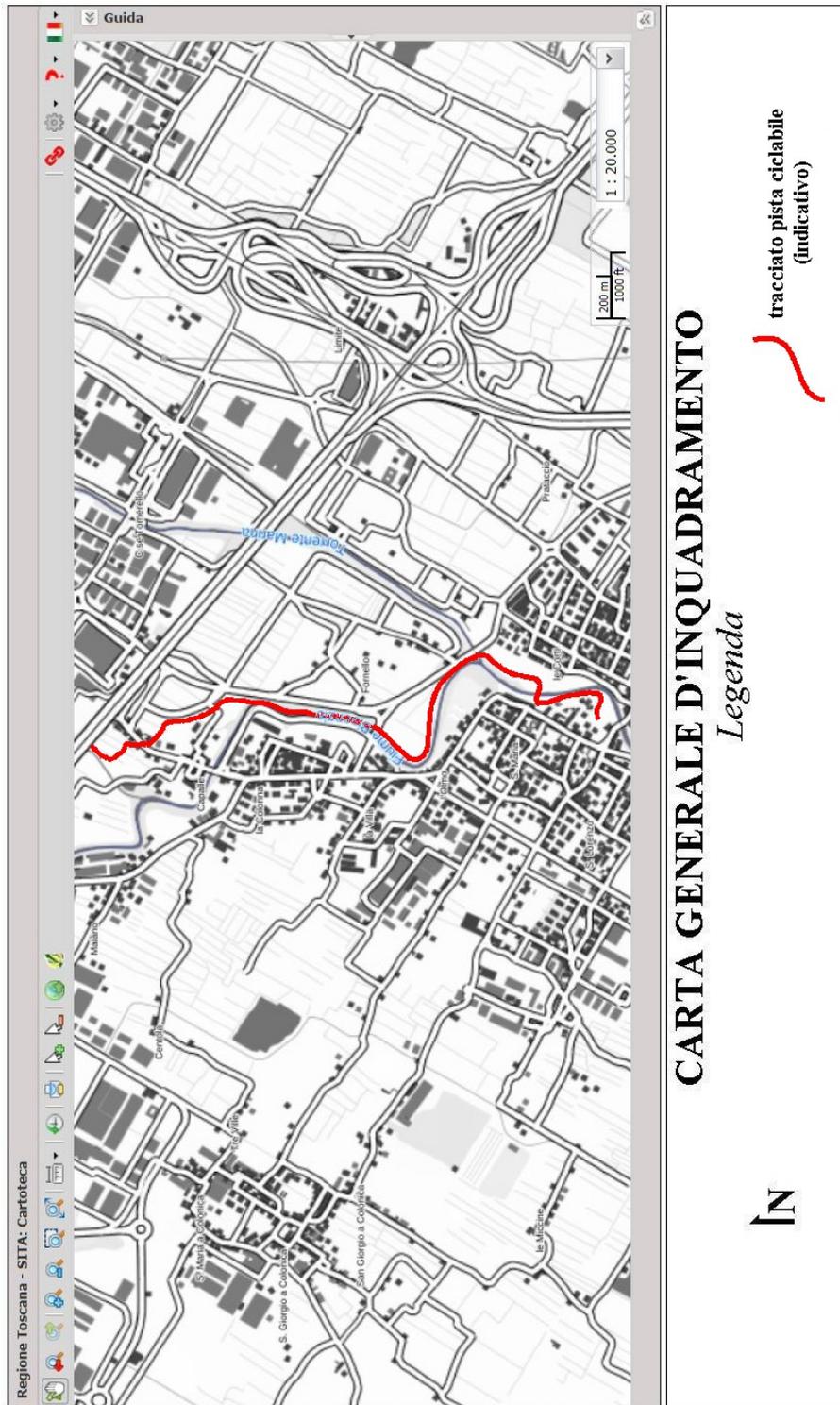
**Tavola 1- Carta di inquadramento del percorso della pista ciclabile**

**Tavola 2- Carta dei sondaggi realizzati per la passerella sul Bisenzio**

**Tavole di dettaglio, in origine alla scala 1/2.000, con indicazione dei punti di indagine  
(n. 6 schede, base cartografica da elaborati progettuali)**

### **ALLEGATI**

**Relazione indagine sismica rifrazione – argine del Bisenzio sponda “Le Corti”  
Rapporto di prova 374/2018 con 3 allegati (descrizione del sondaggio, documentazione fotografica,  
elaborazioni prove penetrometriche)**





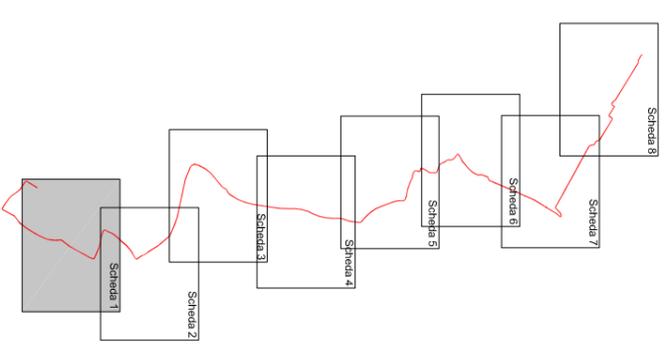


**Comune di Campi Bisenzio**  
- Città Metropolitana di Firenze -  
5° Settore - Servizi Tecnici/Valorizzazione del Territorio

Comune di Campi Bisenzio - Palazzo Comunale - Piazza Dante, 26  
50013 Campi Bisenzio (FI) - Tel. 0585/38111  
Servizi Tecnici - Via Pier Paolo Pasolini, 19 - 50013 - Campi Bisenzio (FI)  
Tel. 0585/38191 - PEC: comune.campi\_bisenzio@provincia.firenze.it

**VALORIZZAZIONE E ACCESSIBILITA'  
DELL'AREA ARCHEOLOGICA DI  
GONFIENTI**

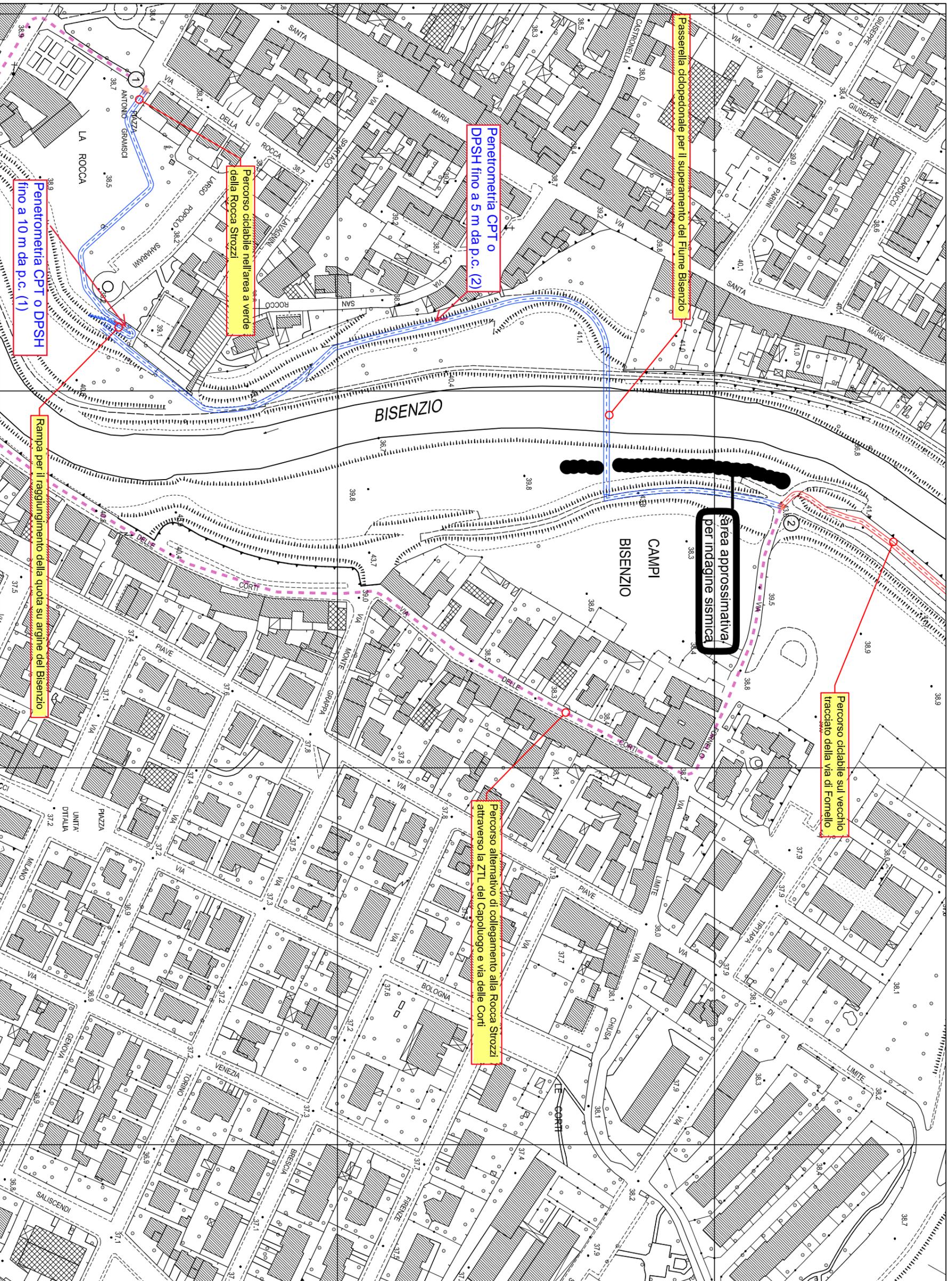
**REALIZZAZIONE DI PISTA CICLABILE  
DALLA ROCCA STROZZI A GONFIENTI  
PROGETTO PRELIMINARE**



Scala

1:2.000

**Scheda 1**



Area approssimativa  
per indagine sismica

Percorso ciclabile sul vecchio  
tracciato della via di Fornello

Percorso alternativo di collegamento alla Rocca Strozzi  
attraverso la ZTL del Capoluogo e via delle Corti

Passerella ciclopedonale per il superamento del Fiume Bisenzio

Penetrometria CPT o  
DPSH fino a 5 m da p.c. (2)

Percorso ciclabile nell'area a verde  
della Rocca Strozzi

Penetrometria CPT o DPSH  
fino a 10 m da p.c. (1)

Rampa per il raggiungimento della quota su argine del Bisenzio

Elaborato  
**PLANIMETRIA DI DETTAGLIO DELL'OPERA**



Comune di Campi Bisenzio

- Città Metropolitana di Firenze -

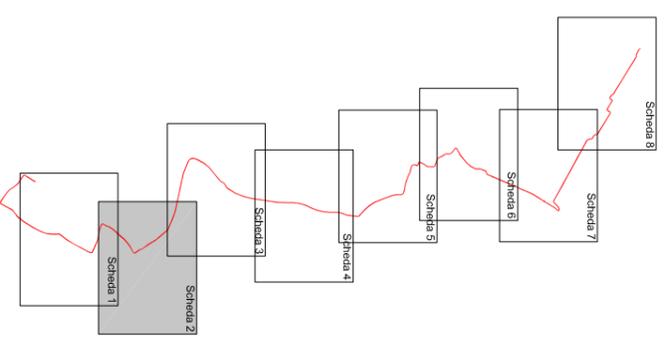
5° Settore - Servizi Tecnici/Valorizzazione del Territorio

Comune di Campi Bisenzio - Palazzo Comunale - Piazza Dante, 36  
50013 - Campi Bisenzio (FI)  
Via Pier Paolo Pasolini, 15 - 50013 - Campi Bisenzio (FI)  
Tel. 05858391 - PEC: comune.campi-bisenzio@governo.toscana.it

VALORIZZAZIONE E ACCESSIBILITA'  
DELL'AREA ARCHEOLOGICA DI  
GONFIENTI

REALIZZAZIONE DI PISTA CICLABILE  
DALLA ROCCA STROZZI A GONFIENTI

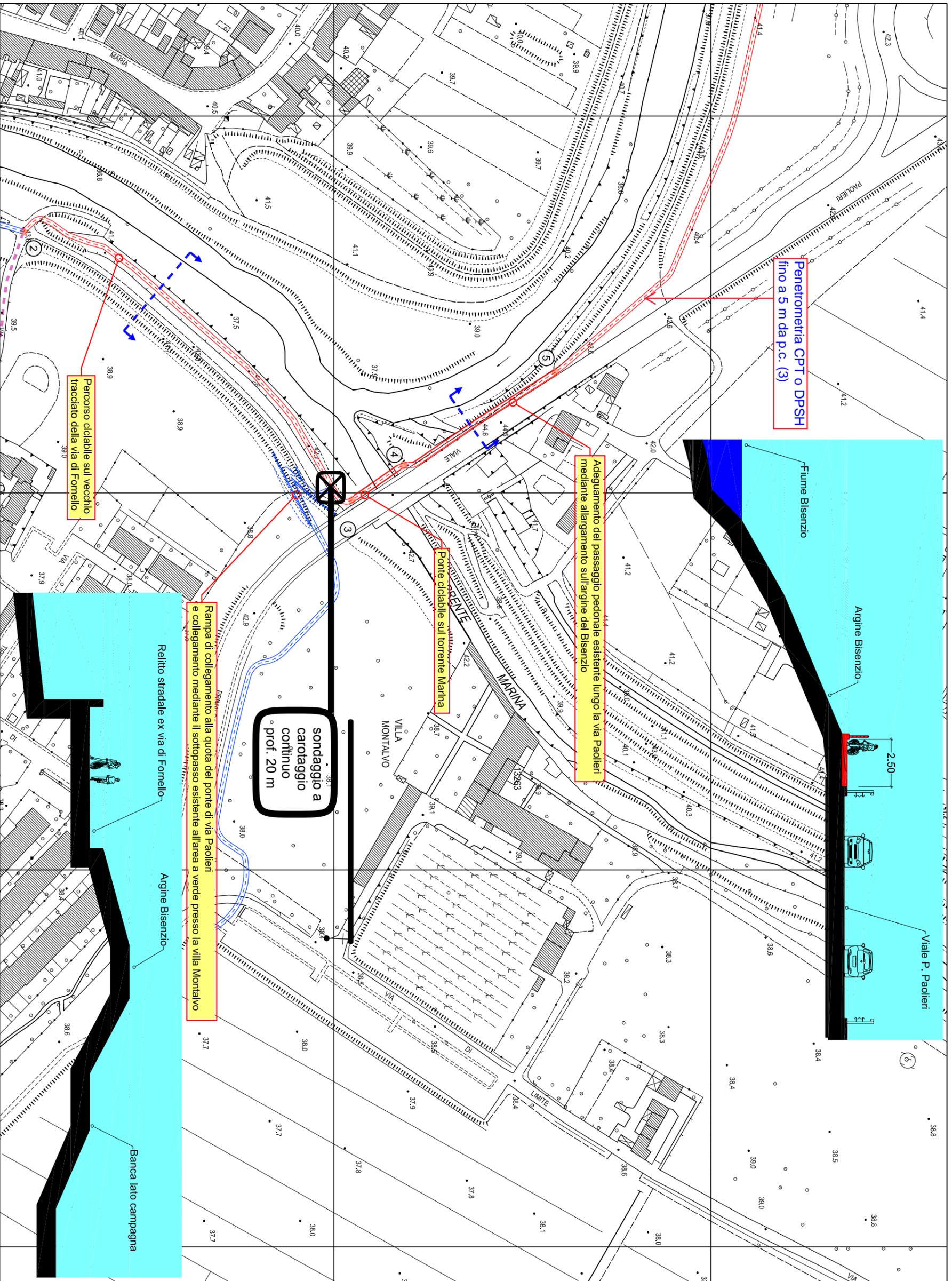
PROGETTO PRELIMINARE



Scala

1:2.000

Scheda 2



Elaborato  
PLANIMETRIA DI DETTAGLIO DELL'OPERA



Comune di Campi Bisenzio

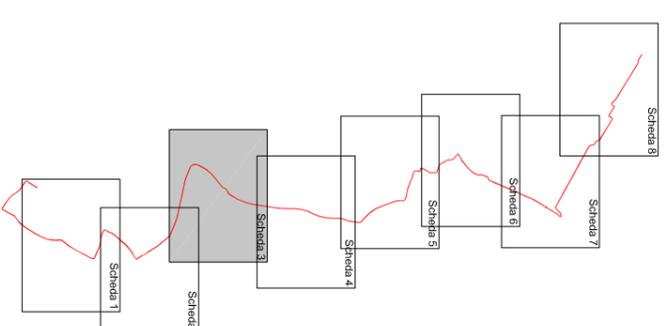
- Città Metropolitana di Firenze -

5° Settore - Servizi Tecnici/Valorizzazione del Territorio

Comune di Campi Bisenzio - Palazzo Comunale - Piazza Dante, 26  
52014 - Via Pier Paolo Pasolini, 19 - 52013 - Campi Bisenzio (FI)  
Tel. 05868391 - PEC: comune.campi-bisenzio@governo.toscana.it

VALORIZZAZIONE E ACCESSIBILITA'  
DELL'AREA ARCHEOLOGICA DI  
GONFIENTI

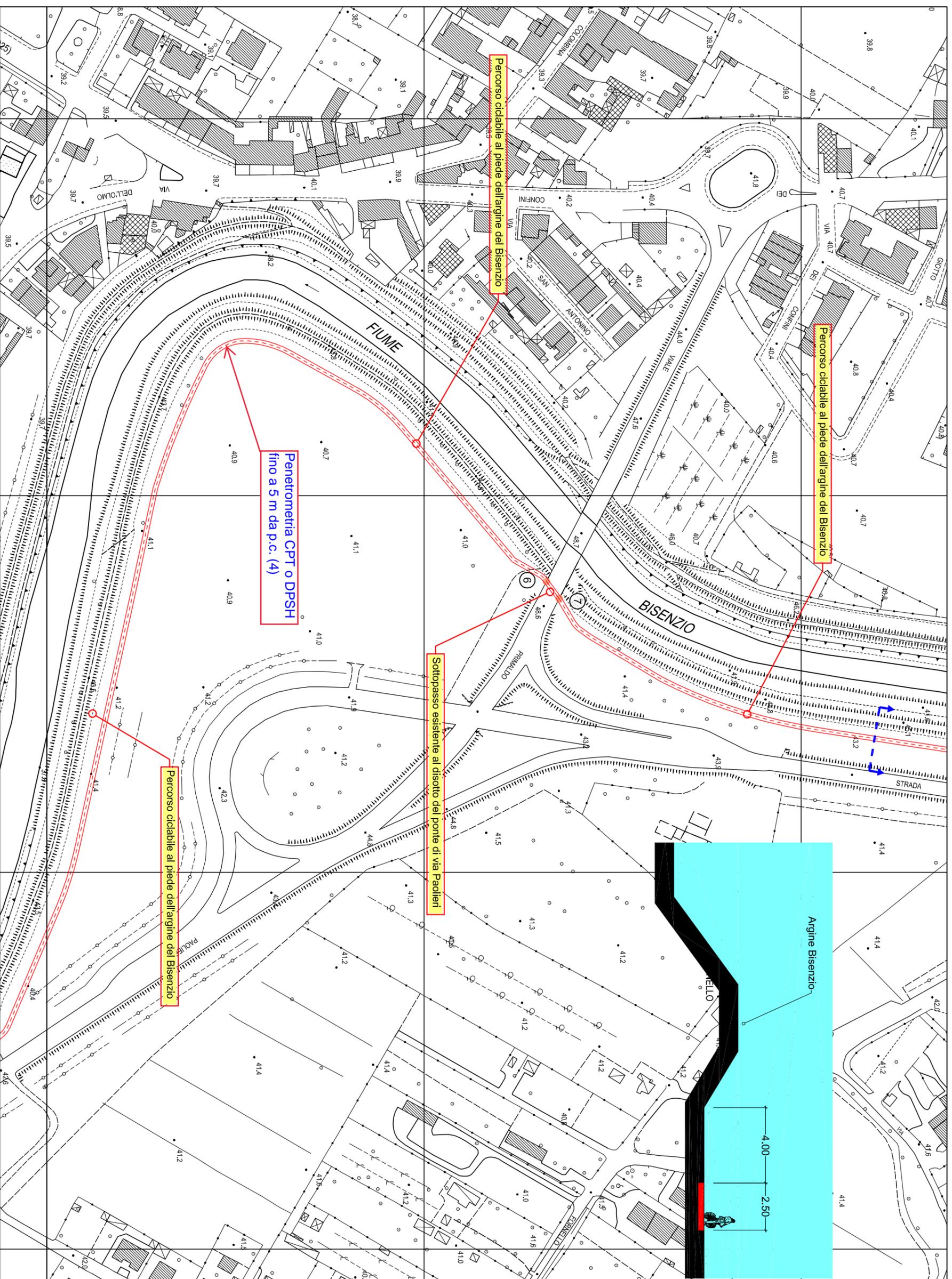
REALIZZAZIONE DI PISTA CICLABILE  
DALLA ROCCA STROZZI A GONFIENTI  
PROGETTO PRELIMINARE



Scala

1:2.000

Scheda 3



Elaborato  
PLANIMETRIA DI DETTAGLIO DELL'OPERA

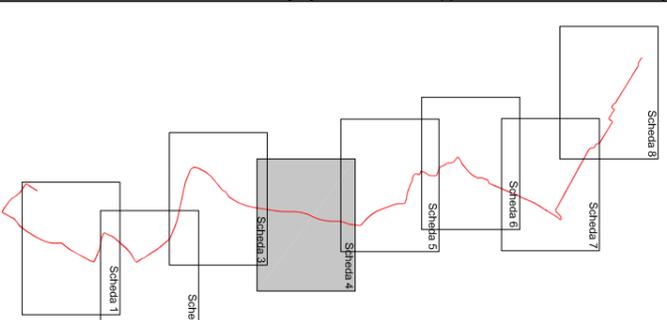


**Comune di Campi Bisenzio**  
- Città Metropolitana di Firenze -  
5° Settore - Servizi Tecnici/Valorizzazione del Territorio

Comune di Campi Bisenzio - Palazzo Comunale - Piazza Dante, 26  
50015 Campi Bisenzio (Firenze) - Tel. 055/858391  
Servizi Tecnici - Via Piero Pettini, 19 - 50015 - Campi Bisenzio (FI)  
Tel. 055/858391 - PEC: comune.campi-bisenzio@governo.toscana.it

**VALORIZZAZIONE E ACCESSIBILITA'  
DELL'AREA ARCHEOLOGICA DI  
GONFIENTI**

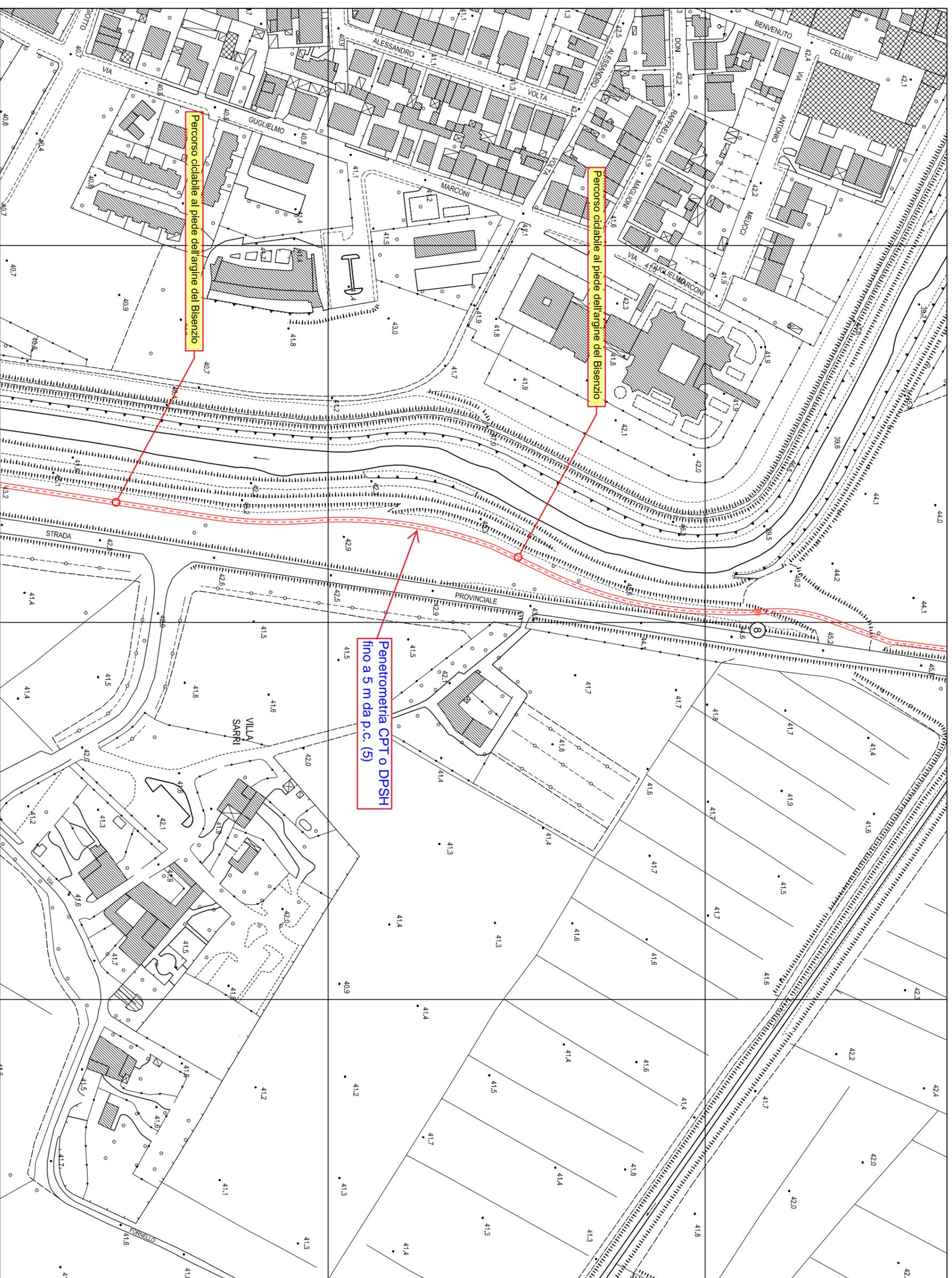
**REALIZZAZIONE DI PISTA CICLABILE  
DALLA ROCCA STROZZI A GONFIENTI  
PROGETTO PRELIMINARE**



**Scala**

**1:2.000**

**Scheda 4**



Elaborato

**PLANIMETRIA DI DETTAGLIO DELL'OPERA**

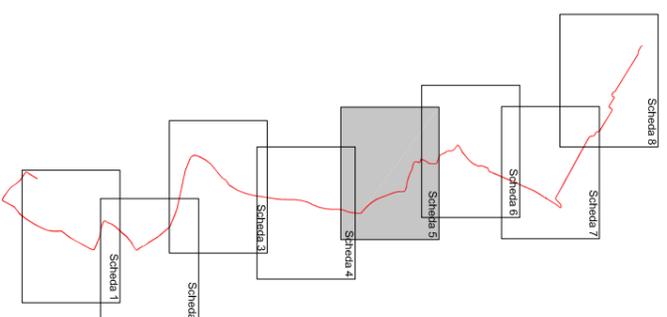


**Comune di Campi Bisenzio**  
- Città Metropolitana di Firenze -  
5° Settore - Servizi Tecnici/Valorizzazione del Territorio

Comune di Campi Bisenzio - Palazzo Comunale - Piazza Dante, 26  
50013 - Via Pier Paolo Pasolini, 11 - 50013 - Campi Bisenzio (FI)  
Tel. 055/859391 - PEC: comune.campi-bisenzio@governo.toscana.it

**VALORIZZAZIONE E ACCESSIBILITA'  
DELL'AREA ARCHEOLOGICA DI  
GONFIENTI**

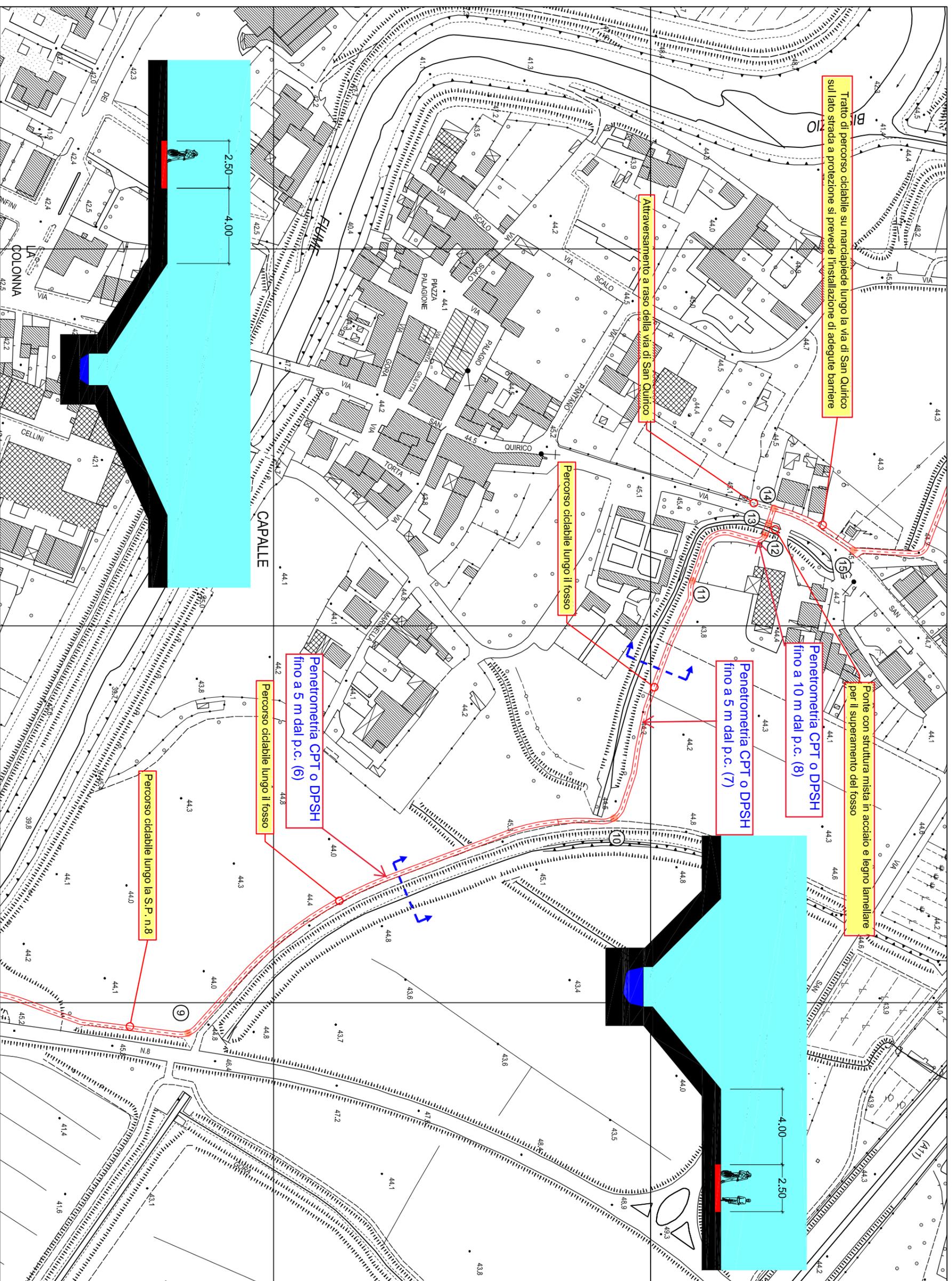
**REALIZZAZIONE DI PISTA CICLABILE  
DALLA ROCCA STROZZI A GONFIENTI  
PROGETTO PRELIMINARE**



**Scala**

**1:2.000**

**Scheda 5**



Tratto di percorso ciclabile su marciapiede lungo la via di San Quirico sul lato strada a protezione si prevede l'installazione di adeguate barriere

Attraversamento a raso della via di San Quirico

Percorso ciclabile lungo il fosso

Ponte con struttura mista in acciaio e legno lamellare per il superamento del fosso

Penetrometria CPT o DPSH fino a 10 m dal p.c. (8)

Penetrometria CPT o DPSH fino a 5 m dal p.c. (7)

Penetrometria CPT o DPSH fino a 5 m dal p.c. (6)

Percorso ciclabile lungo il fosso

Percorso ciclabile lungo la S.P. n.8

Elaborato

**PLANIMETRIA DI DETTAGLIO DELL'OPERA**

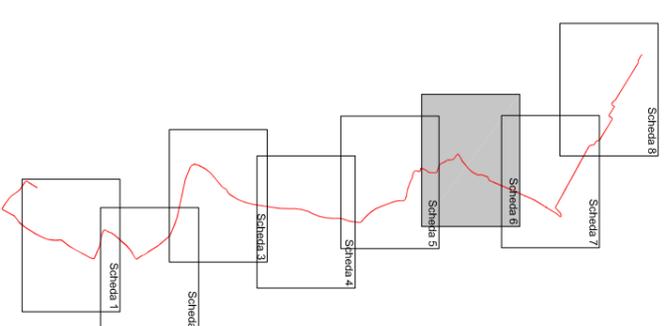


**Comune di Campi Bisenzio**  
- Città Metropolitana di Firenze -  
5° Settore - Servizi Tecnici/Valorizzazione del Territorio

Comune di Campi Bisenzio - Palazzo Comunale - Piazza Dante, 26  
50013 Campi Bisenzio (FI) - Italia  
Via Pier Paolo Pasolini, 13 - 50013 - Campi Bisenzio (FI)  
Tel. 05858281 - PEC: comune.campi-bisenzio@governo.toscana.it

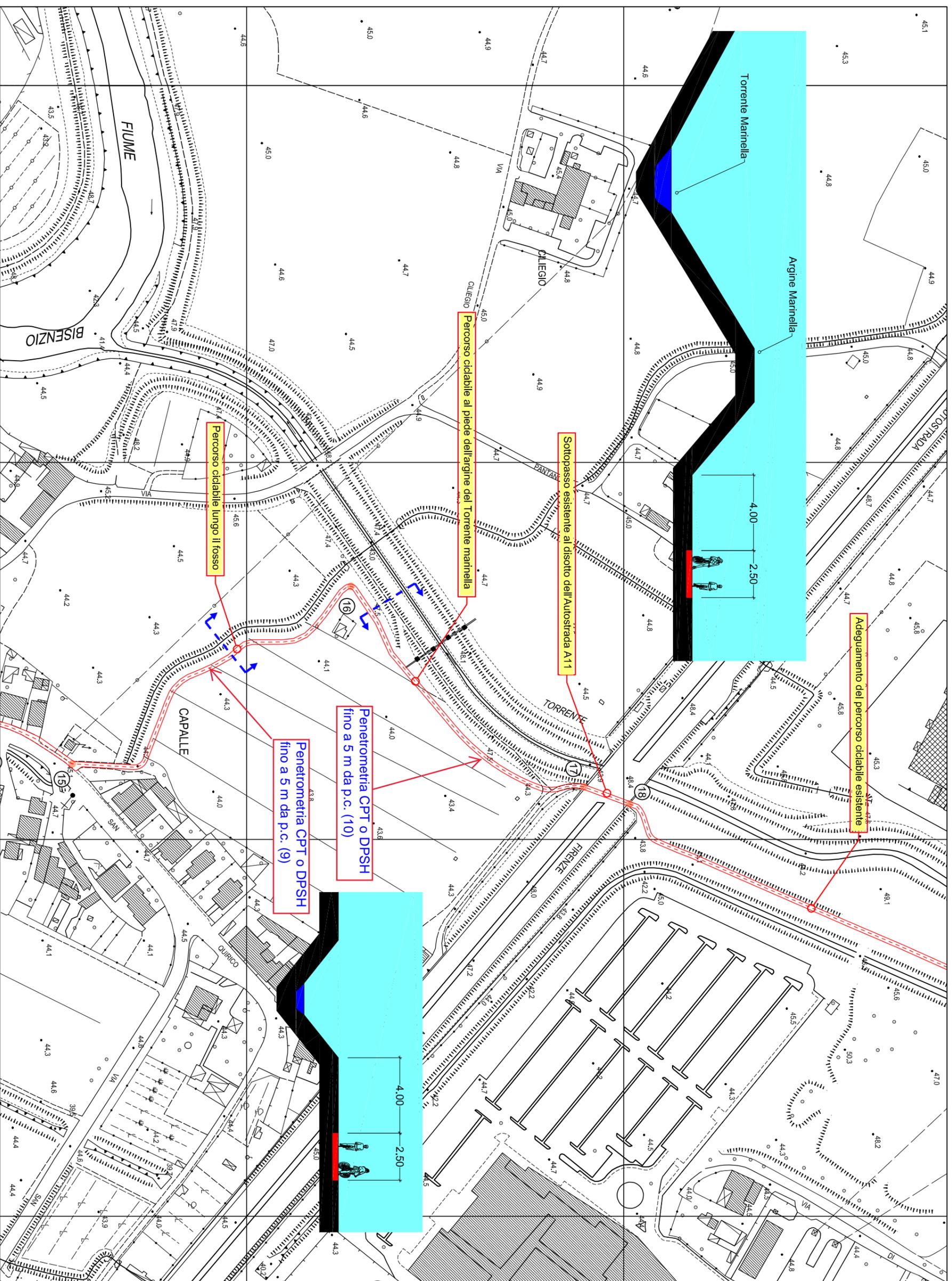
**VALORIZZAZIONE E ACCESSIBILITA'  
DELL'AREA ARCHEOLOGICA DI  
GONFENTI**

**REALIZZAZIONE DI PISTA CICLABILE  
DALLA ROCCA STROZZI A GONFENTI  
PROGETTO PRELIMINARE**



Scala  
**1:2.000**

**Scheda 6**



Elaborato  
**PLANIMETRIA DI DETTAGLIO DELL'OPERA**



**IGETECMA s.n.c. Istituto Sperimentale di Geotecnica e Tecnologia dei Materiali**

Laboratorio autorizzato con D.M. n. 54143 del 07/11/2005 ai sensi della Circolare 08/09/10 n. 7618/STC

Esecuzione e certificazione prove geotecniche – settore A

Laboratorio autorizzato con D.M. n. 162 del 19/04/2011 ai sensi dell'art. 20 della L. n. 1086/71

Prove e controlli su strutture e materiali da costruzione – settore A

## Rapporto di Prova n°374/18/S

Montelupo Fiorentino 8/11/2018

**SETTORE:** Geofisica

**COMMITTENTE:** COMUNE DI CAMPI BISENZIO

**RICHIEDENTE:** Geol. Maurizio Negri

**CANTIERE:** Passerella ciclopedonale sul fiume Bisenzio, Campi Bisenzio (FI)

**RIFERIMENTO:** R.P.E. n°332/18

### Indice generale:

- 1 Scopo dell'indagine (Pag.2)
- 2 Indagine mediante sismica a rifrazione (Pag.2)
  - 2.1 Procedure di campagna (Pag.2)
  - 2.2 Metodo di elaborazione dei dati (Pag.2)
- 3 Presentazione dei dati (Pag.4)
- 4 Risultati dell'indagine (Pag.4)
- 5 Normativa sismica e calcolo del parametro VSeq (Pag.4)
- 6 Caratteristiche della strumentazione (Pag.5)

Il Direttore del Laboratorio

Ing. F. Politi

Il Tecnico

Geol. A. Farolfi

## **1 Scopo dell'indagine**

Su incarico del COMUNE DI CAMPI BISENZIO, nell'ambito delle indagini necessarie all'adeguamento della relazione geologica della passerella ciclopedonale sul fiume Bisenzio (CIG ZA3232CACB) è stata eseguita una indagine geofisica mediante sismica a rifrazione con onde SH. E' stato eseguito n°1 profilo di sismica a rifrazione con onde SH, utilizzando 24 canali con una spaziatura di 3 m, per un totale di 69 m di rilievo.

Scopo dell'indagine è stata la caratterizzazione sismostratigrafica dei terreni e del parametro VsEQ per i fini previsti dalla normativa sismica.

## **2 Indagine mediante sismica a rifrazione**

### **2.1 Procedure di campagna**

Vengono stesi i cavi sismici lungo la zona di interesse e ad essi vengono collegati i geofoni precedentemente infissi nel terreno alle equidistanze prestabilite.

La produzione di onde di taglio viene effettuata ponendo una trave di legno a diretto contatto con il terreno in senso trasversale al profilo ed energizzando su entrambi i lati dopo averla adeguatamente caricata, l'impatto rende operativo, tramite un accelerometro reso solidale con la fonte di energizzazione (*trigger*), il sistema di acquisizione dati, permettendo così la registrazione ai geofoni della forma d'onda rappresentativa della velocità di spostamento del suolo. Le energizzazioni vengono effettuate alternativamente su entrambi i lati, mediante massa battente, e sommate con polarità scambiata in modo da migliorare l'individuazione dell'onda di taglio polarizzata orizzontalmente che viene generata. Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismo-stratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (*shot points*), vengono disposti simmetricamente rispetto al profilo: ai suoi estremi (*end*), esternamente (*offset*) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali). La profondità di investigazione è, in linea teorica direttamente correlata alla lunghezza del profilo, alla distanza degli offset e soprattutto al contrasto di velocità dei mezzi attraversati. I tempi di arrivo delle onde sismiche nel terreno sono funzione della distanza tra i geofoni, delle caratteristiche meccaniche dei litotipi attraversati e della loro profondità.

### **2.2 Metodo di elaborazione dei dati**

La procedura d'elaborazione dati consiste di due fasi: la lettura dei tempi d'arrivo ai vari geofoni dello stendimento per ciascuna energizzazione effettuata e la loro successiva elaborazione mediante metodi di calcolo.

I tempi di primo arrivo delle onde sismiche vengono riportati su diagrammi spazio-tempo (dromocrone) nei quali l'asse dei tempi ha l'origine coincidente con l'istante in cui viene prodotta l'onda sismica (*t<sub>0</sub>*), mentre nelle ascisse si hanno le distanze relative fra i geofoni dello stendimento. Tali diagrammi consentono di determinare, nei punti di flesso, le variazioni di velocità

fra i vari strati attraversati dai raggi sismici e, tramite elaborazioni, le profondità a cui si verificano tali variazioni. In Tabella I sono riportate le relazioni tra le velocità medie delle onde sismiche di compressione P e di taglio SH (espresse in m/sec) e le principali litologie, desunte da letteratura. Il procedimento di elaborazione dei tempi d'arrivo per ottenere le profondità dei rifrattori, utilizza più metodi: il Metodo del tempo di ritardo (*delay time*), il Metodo del tempo di intercetta ed il Metodo reciproco generalizzato (G.R.M.) proposto da Palmer (1980). Il G.R.M. è un metodo interpretativo che si basa su tempi d'arrivo da energizzazioni coniugate, effettuate cioè da parti opposte del profilo sismico: tramite la determinazione di due funzioni (analisi della velocità e tempo-profondità) si determinano le velocità e quindi le profondità dei rifrattori individuati sulle dromocrone.

La funzione di analisi della velocità corrisponde al tempo necessario al raggio sismico a percorrere un tratto di lunghezza nota sul rifratte (distanza intergeofonica), per cui la sua determinazione permette di ottenere una precisa stima della velocità delle onde sismiche nel rifratte stesso. Tramite un procedimento di migrazione dei dati, sia la funzione tempo-profondità che quella di analisi della velocità vengono calcolate per distanze intergeofoniche crescenti (da 0 a multipli interi dell'equidistanza dei geofoni): viene scelta poi quella distanza per la quale le curve presentano il miglior andamento rettilineo. I limiti del metodo a rifrazione risiedono nella impossibilità teorica di rilevare successioni stratigrafiche composte da strati a velocità decrescente con la profondità, in tal caso lo strato o gli strati non possono essere messi in evidenza dalle onde rifratte in quanto l'energia incidente, al contatto fra la sommità dello strato e la base dello strato sovrastante a più alta velocità, subisce una flessione verso il basso e non può venire di conseguenza rifratta; tale situazione è nota come "orizzonte nascosto". Altra limitazione consiste nella presenza di uno strato a velocità intermedia ma di ridotto spessore; anche in questo caso l'orizzonte non produce alcun cambiamento di pendenza sulle dromocrone, e non è quindi sismicamente rilevabile. Ambedue le situazioni stratigrafiche portano a sovraestimare o sottostimare lo spessore delle coperture. Quando da altri rilievi si è a conoscenza della possibile presenza di orizzonti sismici nascosti è possibile, in fase di elaborazione dei dati con il metodo G.R.M., la verifica dello spessore di tali zone, poiché negli strati nascosti si ha sempre un aumento di velocità con la profondità, ma il loro spessore è sottile e/o il contrasto di velocità con lo strato sottostante è così piccolo, per cui i raggi sismici che partono da questi strati vengono oscurati dai raggi che partono dallo strato sottostante. Gli strati a bassa velocità presentano invece una velocità sismica minore rispetto allo strato sovrastante (inversione di velocità), per cui alla loro interfaccia non si verifica una rifrazione critica e così non vengono evidenziati sul grafico tempo-distanza. L'individuazione di eventuali strati nascosti e/o inversioni di velocità viene effettuata attraverso il confronto fra i valori delle funzioni tempo-velocità misurate e quelle ricalcolate in base al valore di XY utilizzata per l'elaborazione (Palmer 1980).

Materiale	V P m/s	V SH m/s	
		VP/VSH 1.9 - 3.5	VP/VSH 1.9 - 3.5
Detrito superficiale alterato	300 - 600	86 - 158	171 - 316
Ghiaia, pietrisco, sabbia asciutta	500 - 900	143 - 263	257 - 474
Sabbia bagnata	600 - 1800	171 - 316	514 - 947
Argilla	900 - 2700	257 - 474	771 - 1421
Acqua	1430 - 1680	-	-
Arenaria	1800 - 4000	514 - 947	1143 - 2105
Scisti argillosi	2500 - 4200	714 - 1316	1200 - 2211
Calcere	2000 - 6000	571 - 1053	1714 - 3158
Sale	4200 - 5200	1200 - 2211	1486 - 2737
Granito	4000 - 6000	1143 - 2105	1714 - 3158
Rocce metamorfiche	3000 - 7000	857 - 1579	2000 - 3684

Tabella I – Velocità dei principali materiali.

### 3 Presentazione dei dati

Nella presente relazione vengono forniti i seguenti elaborati:

- planimetria con ubicazioni delle indagini
- sezioni sismiche interpretate, rappresentazioni bidimensionali delle velocità sismiche e degli spessori degli strati individuati lungo il profilo
- tabulati numerici delle velocità delle onde sismiche e degli spessori relativi ad ogni strato rilevato per ciascuna sezione sismica
- registrazioni di campagna e dromocrone relative.

### 4 Risultati dell'indagine

L'indagine mediante sismica a rifrazione ha messo in evidenza la presenza di tre orizzonti sismici con le seguenti classi di velocità delle onde di taglio SH:

$$V1 = 168 - 228 \text{ m/s}$$

$$V2 = 239 - 276 \text{ m/s}$$

$$V2 = 336 \text{ m/s}$$

Il primo orizzonte sismico ha uno spessore compreso fra 0.8 m e 3,7 m e può essere riferito ai materiali che compongono l'argine su cui è posizionato lo stendimento. Il secondo orizzonte sismico, con spessori compresi fra 16.1 m e 27.3 m, raggiunge profondità da 17.9 m a 28.4 m ed è riferibile a depositi poco addensati. Le velocità del terzo orizzonte sismico sono riferibili ad un aumento di consistenza all'interno dei depositi sedimentari.

## 5 Normativa sismica e calcolo del parametro $V_{seq}$

Le norme NTC 2018 definiscono i criteri di classificazione del sottosuolo, che devono essere effettuati sulla base delle condizioni stratigrafiche (spessori e caratteristiche dei materiali) ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = H / \sum_{i=1,N} (h_i/V_{s,i})$$

$h_i$  spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

$N$  numero di strati;

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Le categorie di suolo sono riportate in tabella II.

<b>Categorie di Suolo di Fondazione</b>
<b>A</b> Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b> Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Velocità Equivalente compresi tra 360 m/sec e 800 m/sec
<b>C</b> Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>D</b> Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
<b>E</b> Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella II – Categorie di suolo di fondazione

“Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche” (NTC 2018).

Il valore di  $V_{s,eq}$  medio calcolato da piano campagna fino alla profondità del substrato è 271 m/s.

## 6 Caratteristiche della strumentazione

Il sistema di acquisizione usato nella presente campagna d'indagini è così configurato:

Sismica a rifrazione:

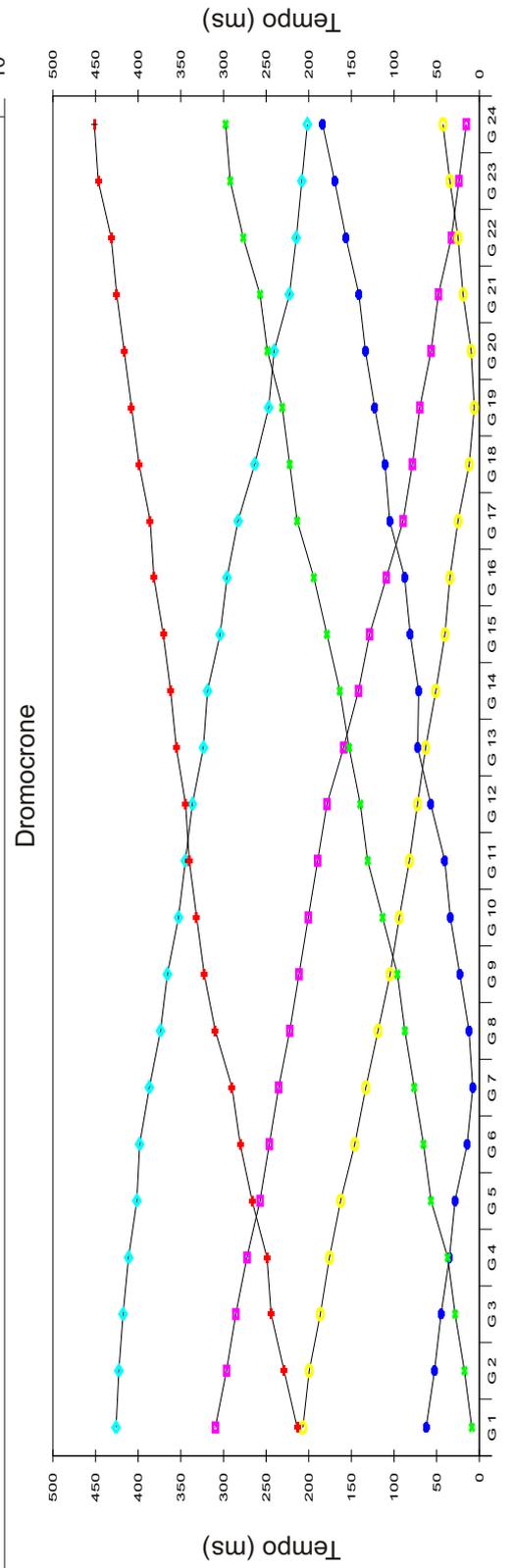
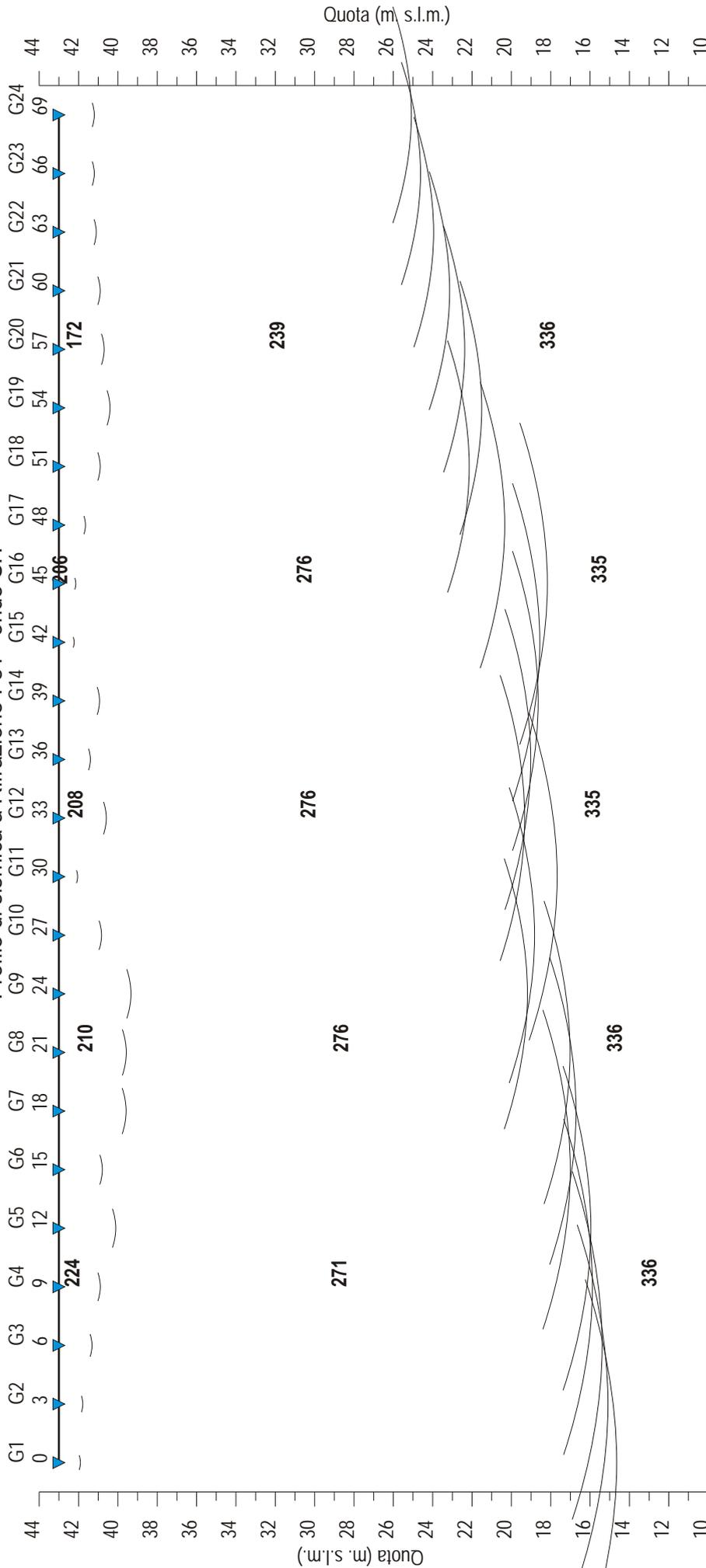
Sismografo GEODE 48 canali (2 moduli a 24 canali) con Controller Stratavisor NZC:

- 1 risoluzione segnale A/D 24 bit;
- 2 escursione dinamica 144 dB, 110 dB istantanea a 2 ms;
- 3 passo di campionamento da 0.02 a 16 ms indipendente dal tempo d'acquisizione;
- 4 fino a 64.000 campioni per traccia;
- 5 distorsione 0.0005% a 2ms, 1.75 – 208 Hz;
- 6 amplificazione del segnale da 0 a 36 dB;
- 7 filtri anti-aliasing a 90 dB della frequenza di Nyquist;
- 8 filtri digitali low-cut, high-cut, notch;
- 9 precisione trigger in sommatoria 1/32 del passo di campionamento;
- 10 pre-trigger fino a 4096 campioni, delay sino a 1.000 ms;
- 11 salvataggio dati in formato SEG-2 su hard-disk incorporato;
- 12 24 geofoni verticali con frequenza propria di 14 Hz;
- 13 24 geofoni orizzontali con frequenza propria di 4.5 Hz;
- 14 sistema di starter (trigger) mediante accelerometro;
- 15 energizzazione mediante mazza da 5 Kg, minibang calibro 8, grave da 30/60 kg.

Ubicazione indagini



Profilo di sismica a Rifrazione Ps1 - onde SH

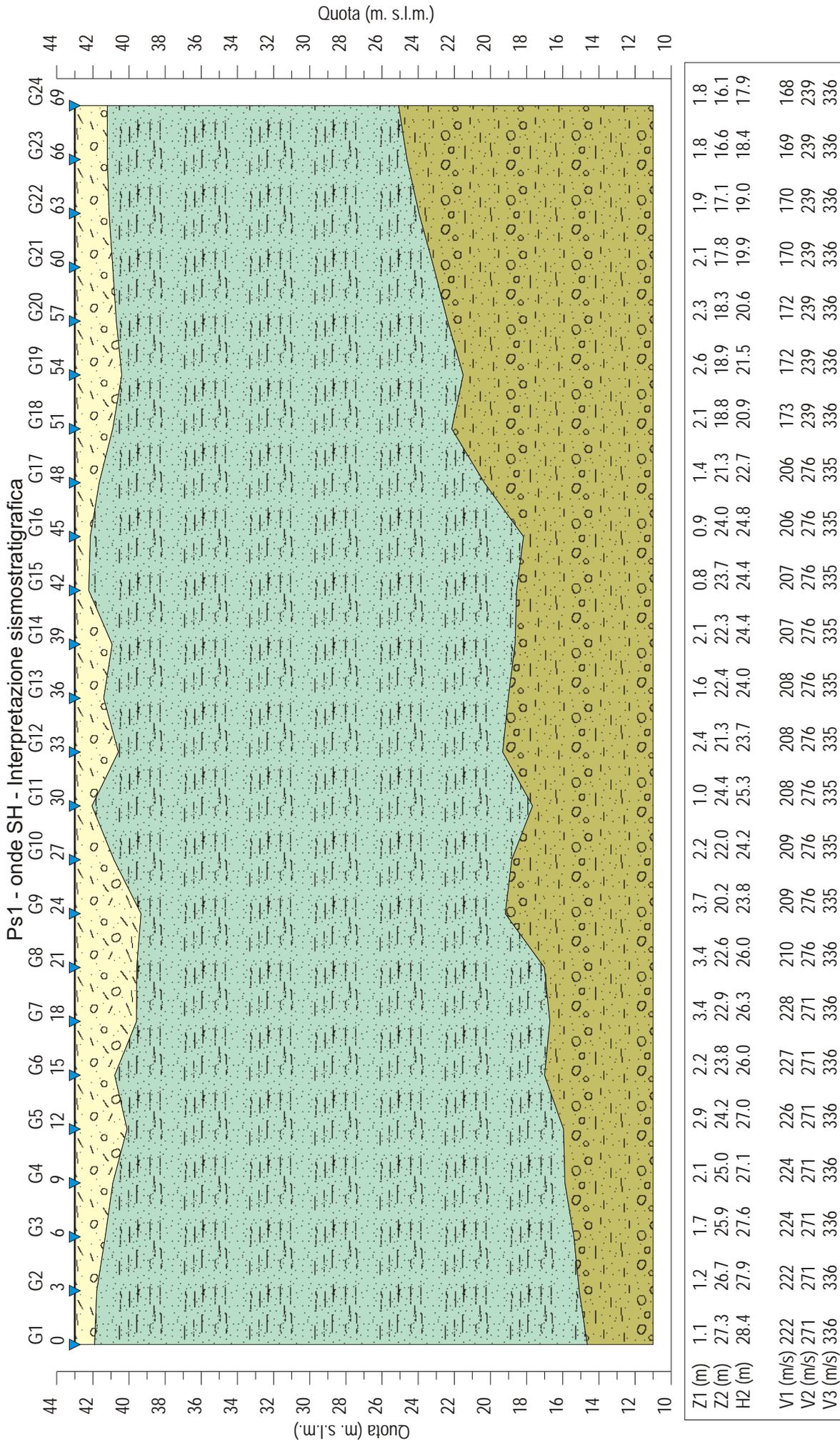


**Legenda**

- Geofono
- Distanza dalla superficie topografica del limite di strato
- Velocità in m/sec.
- Contatti tettonici
- Faglie presunte

**1326**

Scala 1:300



Scala 1:300

**Legenda:**

- Argine Bisenzio
- Depositi poco addensati
- Depositi mediamente addensati

Z = Spessore dell'orizzonte  
 H = Profondità dell'orizzonte  
 V = Velocità dell'orizzonte  
 Q = Quota del geofono in m. s. l. m.

## Dati Ps1 - Onde SH

## Tempi di arrivo

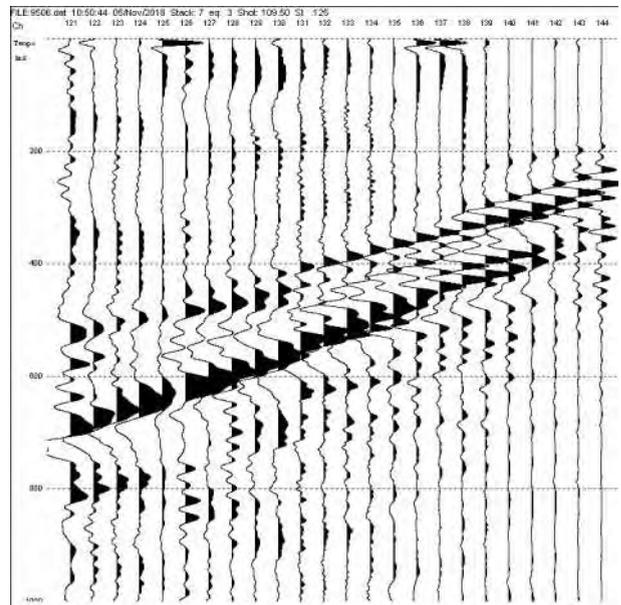
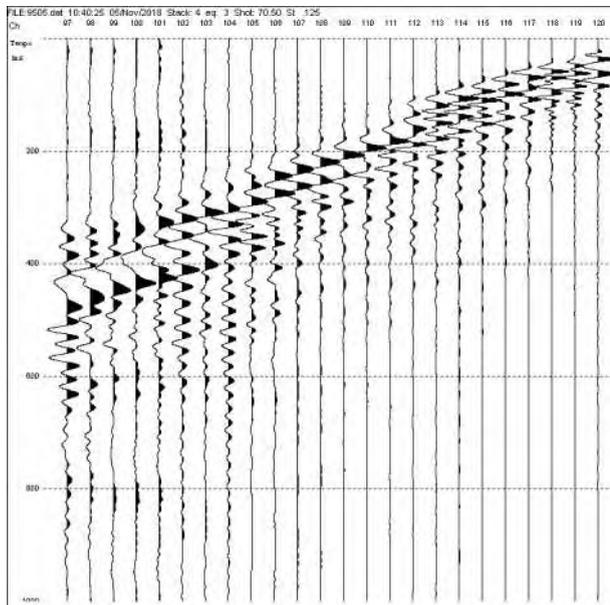
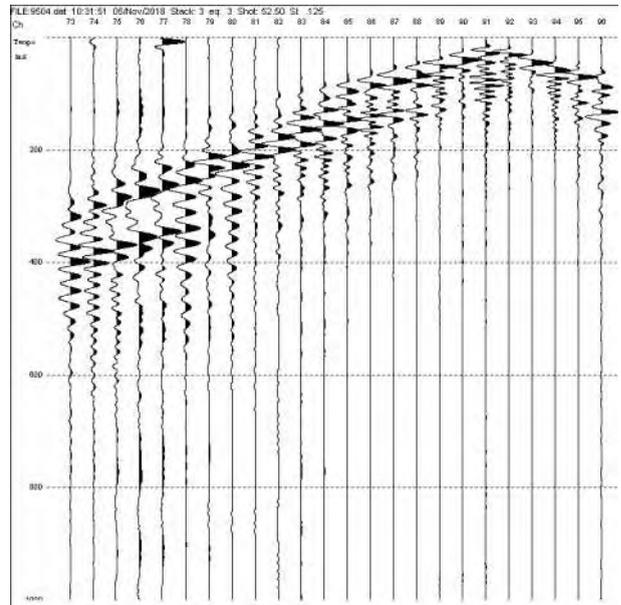
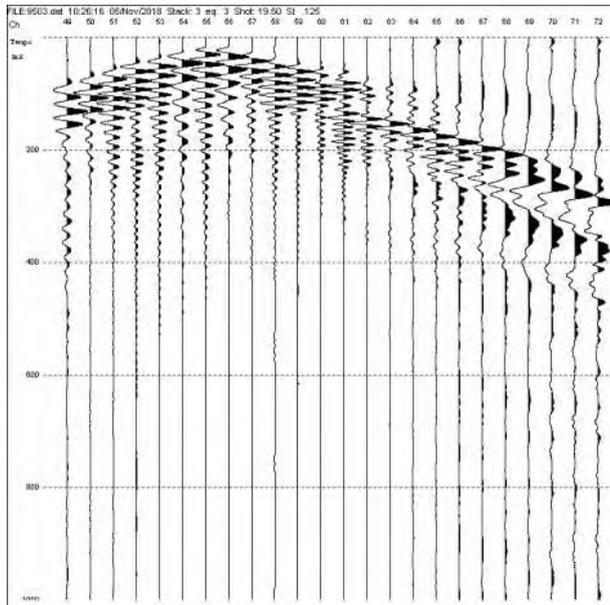
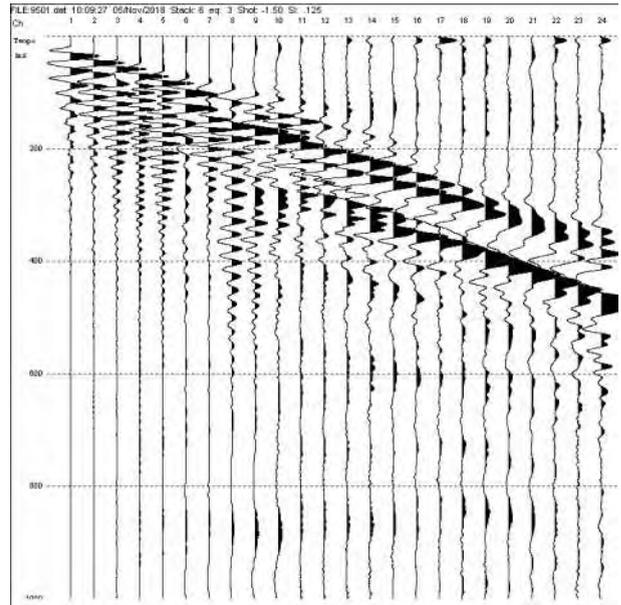
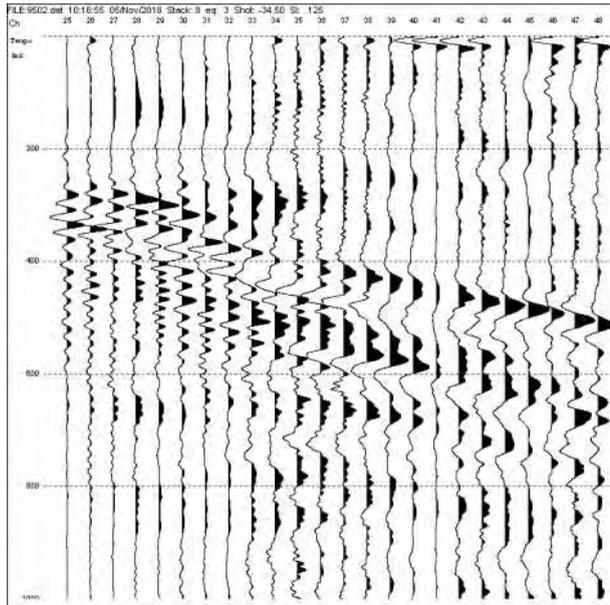
Geo. N °	Dist. m	ShotA ms	ShotB ms	ShotC ms	ShotD ms	ShotE ms	ShotF ms
1	0.0	213.6	8.70	62.30	206.90	309.50	426.00
2	3.0	228.9	17.40	52.50	199.50	296.50	422.70
3	6.0	244.1	28.30	44.80	186.40	285.60	417.80
4	9.0	249.0	37.00	35.00	175.70	272.50	411.30
5	12.0	266.4	56.60	28.40	162.60	257.20	401.60
6	15.0	280.4	65.40	14.20	146.00	246.30	398.30
7	18.0	289.9	76.30	7.60	133.00	235.40	386.90
8	21.0	309.5	87.20	12.00	118.70	222.30	373.90
9	24.0	322.6	95.90	22.90	104.50	211.40	365.80
10	27.0	331.4	113.30	33.90	93.80	200.50	352.80
11	30.0	340.1	130.80	40.40	81.90	189.60	344.70
12	33.0	344.4	139.50	56.90	72.40	178.70	336.50
13	36.0	355.3	152.60	72.20	62.90	159.10	323.50
14	39.0	361.9	163.50	71.10	51.00	141.70	318.70
15	42.0	370.6	178.70	80.90	40.30	128.60	304.00
16	45.0	381.5	194.00	87.50	34.40	109.00	295.90
17	48.0	385.9	213.60	105.00	24.90	89.30	282.90
18	51.0	398.9	222.30	110.50	11.80	78.40	263.40
19	54.0	407.7	231.10	122.50	5.90	69.70	247.10
20	57.0	416.4	248.50	133.50	9.50	56.60	240.60
21	60.0	425.1	257.20	141.10	19.00	47.90	222.70
22	63.0	431.6	276.80	156.40	24.90	32.70	214.60
23	66.0	446.9	292.10	169.60	34.40	23.90	208.10
24	69.0	451.3	297.50	183.80	42.70	15.20	201.60

Geo. N °	Q m slm	V1 m/s.	Z1 m	Q1 m slm	V2 m/s.	Z2 m	H2 m	Q2 m slm	V3 m/s.
1	43.0	222	1.1	41.9	271	27.3	28.4	14.6	336
2	43.0	222	1.2	41.8	271	26.7	27.9	15.1	336
3	43.0	224	1.7	41.3	271	25.9	27.6	15.4	336
4	43.0	224	2.1	40.9	271	25.0	27.1	15.9	336
5	43.0	226	2.9	40.1	271	24.2	27.0	16.0	336
6	43.0	227	2.2	40.8	271	23.8	26.0	17.0	336
7	43.0	228	3.4	39.6	271	22.9	26.3	16.7	336
8	43.0	210	3.4	39.6	276	22.6	26.0	17.0	336
9	43.0	209	3.7	39.3	276	20.2	23.8	19.2	335
10	43.0	209	2.2	40.8	276	22.0	24.2	18.8	335
11	43.0	208	1.0	42.0	276	24.4	25.3	17.7	335
12	43.0	208	2.4	40.6	276	21.3	23.7	19.3	335
13	43.0	208	1.6	41.4	276	22.4	24.0	19.0	335
14	43.0	207	2.1	40.9	276	22.3	24.4	18.6	335
15	43.0	207	0.8	42.2	276	23.7	24.4	18.6	335
16	43.0	206	0.9	42.1	276	24.0	24.8	18.2	335
17	43.0	206	1.4	41.6	276	21.3	22.7	20.3	335
18	43.0	173	2.1	40.9	239	18.8	20.9	22.1	336
19	43.0	172	2.6	40.4	239	18.9	21.5	21.5	336
20	43.0	172	2.3	40.7	239	18.3	20.6	22.4	336
21	43.0	170	2.1	40.9	239	17.8	19.9	23.1	336
22	43.0	170	1.9	41.1	239	17.1	19.0	24.0	336
23	43.0	169	1.8	41.2	239	16.6	18.4	24.6	336
24	43.0	168	1.8	41.2	239	16.1	17.9	25.1	336

Legenda:

Z = Spessore dell'orizzonte  
H = profondità dell'orizzonte  
V = Velocità dell'orizzonte  
Q = Quota del geofono in m s. l. m.

Registrazioni Ps1 - Onde SH



Documentazione fotografica



**RAPPORTO DI PROVA n. 374/2018**

Settore: **indagini geognostiche**

Committente: **Comune di Campi Bisenzio**

Oggetto: **Passerella ciclopedonale e pista ciclabile sul fiume Bisenzio**

**Indice**

*Premessa*

- 1 - La campagna geognostica
  - 1.1 - Modalità esecutive del sondaggio
  - 1.2 - Prova SPT
  - 1.3 - Prove penetrometriche
- 2 - Scheda tecnico-informativa del macchinario usato per la perforazione.

*Allegati*

- I - Descrizione stratigrafica del sondaggio
- II - Documentazione fotografica
- III - Elaborazione prove penetrometriche

## **Premessa**

Su incarico del Comune di Campi Bisenzio è stata eseguita una campagna geognostica finalizzata alla realizzazione di una passerella ciclopedonale ed una pista ciclabile sul fiume Bisenzio.

In tale campagna, concordata con il Dott. Geol. Maurizio Negri, è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo e n. 10 prove penetrometriche CPT/DPSH.

## **1- La campagna geognostica**

### **1.1 - Modalità esecutive del sondaggio**

I sondaggi verticali a carotaggio continuo sono eseguiti a secco in terreni sciolti o argilla utilizzando come utensile di perforazione un carotiere semplice con corona con prismi in widia avente diametro 101 mm; utilizzando acqua come fluido di circolazione in caso di terreni cementati o roccia tenera.

In presenza di roccia viene montato un carotiere doppio dotato di una corona diamantata .

A sostegno della parete del foro viene installata una tubazione metallica di rivestimento del diametro 127 mm, utilizzando acqua come fluido di circolazione.

Durante la campagna geognostica è stato eseguito un sondaggio a carotaggio continuo denominato S1 e spinto alla profondità di 20.00 m. d.p.c..

La stratigrafia del sondaggio è descritta in allegato I, mentre il riepilogo dell'attività di sondaggio è indicato in Tab. I.

Il materiale prelevato viene posto in apposite cassette catalogatrici a tenuta, costituite da cinque scomparti di 1 ml cadauno.

Su ogni cassetta sono segnati i seguenti dati:

- Cantiere
- Committente
- Tipo e numero del sondaggio
- Profondità del sondaggio
- Data di inizio e fine sondaggio

<b>Sondaggio</b>	<b>S1</b>
<b>Profondità dal p.c. (m)</b>	20.00
<b>Metodo di perforazione</b>	CC
<b>Utensile</b>	CS
<b>Campioni indisturbati</b>	-
<b>Prove SPT</b>	3

Legenda: CC - carotaggio continuo; CS - carotiere semplice

**Tab. I - Riepilogo delle attività di sondaggio.**

### 1.2 – Prova S.P.T.

Per le prove S.P.T. (Standard Penetration Test) viene utilizzata una batteria di aste con diametro  $\phi=50$  mm collegata ad un campionatore di forma e dimensioni normalizzate (tipo Raymond).

Il sistema di percussione è costituito da un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 76 cm.

Questa prova consente così di determinare la resistenza che il terreno offre alla penetrazione dinamica del campionatore infisso in avanzamento. A questo scopo viene contato il numero di colpi necessari alla penetrazione nel terreno in tratti di 15 cm per un totale di 45 cm; il primo tratto viene escluso dal conteggio cosicché il valore N (SPT) che verrà utilizzato nei calcoli geotecnici sarà riferito agli ultimi 30 cm di penetrazione. Il campione di terreno prelevato con questo campionatore viene classificato come i campioni prelevati con campionatori statici.

Nel caso di attraversamento di terreni ghiaiosi o comunque molto addensati, la scarpa tagliente del campionatore viene sostituita da una punta chiusa, per cui non ci sarà in questo caso prelievo di terreno ma solo indicazioni quantitative sulla consistenza del terreno testato.

<b>Sondaggio</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b>Numero di colpi</b>
<b>S1</b>	1.50-1.95	5/8/17
<b>S1</b>	8.00-8.45	15/23/23
<b>S1</b>	15.00-15.45	21/27/34

**Tab. II - Prove SPT eseguite.**

### 1.3 - Prove penetrometriche

Durante la campagna geognostica sono state eseguite n. 10 prove penetrometriche statiche (CPT) e/o dinamiche (DPSH) (Tab. III).

L'elaborazione delle prove è riportata in allegato III.

<b>Prova penetrometrica</b>	<b>Profondità (m)</b>
<b>DPSH 1</b>	10.00
<b>DPSH 2</b>	5.00
<b>CPT 3</b>	5.00
<b>CPT/DPSH 4</b>	5.00
<b>CPT 5</b>	5.00
<b>DPSH 6</b>	5.00
<b>CPT 7</b>	5.00
<b>DPSH 8</b>	10.00
<b>CPT 9</b>	5.00
<b>CPT 10</b>	5.00

**Tab. III – Riepilogo delle prove penetrometriche eseguite**

#### – Modalità esecutive della prova penetrometrica statica.

La prova penetrometrica statica CPT (Cone Penetration Test) consiste nell'infissione nel terreno di una punta conica in acciaio (tipo Begemann), dotata di un manicotto per la misura dell'attrito laterale e collegata ad una batteria di aste, mediante la spinta prodotta da un martinetto idraulico da 100 o 200 KN. Le misure vengono eseguite ogni 20 cm di profondità e le letture sono fatte visivamente su una cella di carico piezoelettrica. La spinta necessaria per infiggere la batteria di aste può essere misurata da una cella di carico in testa alla batteria stessa o da una punta elettrica; il contrasto viene fornito tramite ancoraggio dello strumento al terreno mediante elicoidi prima di iniziare la prova. Dai valori di resistenza alla punta e di attrito laterale si ottengono, dopo

elaborazione, informazioni sulla stratigrafia del terreno e sulla portanza dello stesso. Le prove sono standardizzate secondo le norme: ASTM, ISSMFE 1998.

**– Modalità esecutive della prova penetrometrica dinamica (DPSH).**

La prova penetrometrica viene eseguita infiggendo nel terreno una punta collegata ad una batteria di aste mediante la caduta di un maglio da un'altezza costante e contando il numero dei colpi necessari per ogni 20 cm di infissione. Le dimensioni del maglio e l'altezza di caduta sono regolate dalla norma internazionale ISSMFE 1986, e sono direttamente correlabili con la prova SPT.

Riportiamo di seguito le principali caratteristiche:

PESO MASSA BATTENTE	M = 63,50 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,75 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 0,63 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 51,00 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 20,43 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 6,31 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,20$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(20) Relativo ad un avanzamento di 20 cm
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 11,66 kg/cm <sup>2</sup> (prova SPT: Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 1,489$ (teoricamente: Nspt = $\beta_t$ N)

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE):

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

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A] M = peso massa battente (altezza caduta H)

e = infissione per colpo =  $\delta / N$  P = peso totale aste e sistema battuta

## 2 - Scheda tecnico-informativa del macchinario usato per la perforazione.

### 2.1 - Sonda di perforazione

- Perforatrice idraulica Boart Longyear "Deltabase 535"

- motore: diesel da 78 kw a 2.800 g/1'
- coppia max.: 1100 kgm a 30g/1'
- velocità g/1': 550
- tiro: 8700 kg
- spinta: 6800 kg
- corsa: 4500 mm

## **2.2 - Accessori per sonde**

### **2.2.1 - Carotieri**

Carotiere semplice  $\phi=101$  mm,  $\phi=134$  mm  $\phi=152$  mm, (l=1.500-3000 mm)

Carotiere doppio T2  $\phi=101$  mm e l=1.500-3000 mm

### **2.2.2 - Aste di perforazione**

In acciaio NWY coniche con  $\phi=76$  mm,( l=500 mm,1000 mm, 1.500 mm e 3.000 mm)

### **2.2.3 - Tubi di rivestimento**

In acciaio con  $\phi=127$  mm, 152 mm, 194 mm, ( l=1.500 mm)

### **2.2.4 - Corone**

Con prismi al widia tipo H1, SG1, Kal, Diamante, corone e scarpe speciali per carotaggi in RSU

## **2.3 - Penetrometro PAGANI “TG 63/100”**

- Penetrometro statico/dinamico DPSH Pagani “TG 63/100”
- pressione massima di infissione statica: 100 KN
- contrasto mediante elicoidi autoancoranti
- peso del maglio: 63,5 Kg
- altezza di caduta del maglio: 75 cm
- punta statica: tipo Begemann
- punta dinamica: tipo ISSMFE superpesante
- lunghezza aste: 1 m

### *ALLEGATI:*

*I - Descrizione stratigrafica del sondaggio*

*II – Documentazione fotografica*

*III – Elaborazione prove penetrometriche*

**ALLEGATO I**

**STRATIGRAFIA DEL SONDAGGIO**

**SONDAGGIO: 1**

DA METRI: 0,0 A METRI: 20,0

Responsabile: Dott. Maurizio Negri

LUNGHEZZA (m): 20,0

Sonda tipo: Boart Longyear Deltabase 520

Operatore: Marziali Paolo

COMMITTENTE: Comune di Campi Bisenzio

CANTIERE: Passerella ciclopedonale La Rocca-Gonfienti

LOCALITA': Campi Bisenzio (FI)

DATA INIZIO: 07-11-2018 DATA FINE: 07-11-2018

QUOTA BOCCAFORO (m s.l.m.):

**LEGENDA:**

PROVE S.P.T.: PA Punta aperta - PC Punta chiusa  
 CAMPIONI: S Pareti sottili - O Osterberg - M Mazier  
 R Rimaneggiato - Rs Rimaneggiato da S.P.T.  
 PIEZOMETRI: A Aperto - C Casagrande - E Elettrico  
 PERFORAZIONE: CS Carotiere semplice - CD Carotiere doppio - EC Elica continua  
 STABILIZZAZIONE: RM Rivestimento metallico  
 FB Fanghi bentonitici

% CAROTAGGIO — R.Q.D. —

S.P.T. Prof. Tipo Valori	CAMPIONI Prof. Tipo	STRATIGRAFIA E DESCRIZIONE	Prof. (m)	Carot. (%) RQD (%)	Pocket Test kg/cmq	Vane Test	FALDA Rinv Stab	Piezo- metri	Diam. (mm)	Metodo Perf.ne	Metodo Stab.ne
1,5 PC 5 8 17	1	Asfalto della copertura stradale	0,2	20 40 60 80							
	2	Materiale di riporto costituito da ghiaia, sabbia e frammenti lateritici in matrice argilloso sabbiosa	4,2								
	3										
	4										
8,0 PC 15 23 23	5	Limo sabbioso con abbondante presenza di ghiaia di dimensioni fino a decimetriche	6,0								
	6										
	7										
	8										
	9										
	10										
15,0 PC 21 27 34	11	Argilla limosa, colore marrone, con presenza di concrezioni carbonatiche e più rari noduli di Fe-Mn	14,0								
	12										
	13										
	14										
	15										
	16										
	17										
	18										
	19										
	20										
		Argilla limosa, colore grigio, con sporadiche concrezioni carbonatiche	15,0								15,0 RM
		Limo argilloso, colore marrone, con sporadiche concrezioni carbonatiche	18,0								
		Limo sabbioso/argilloso, colore giallo marrone con screziature grigie	19,5								
		Limo sabbioso/argilloso, colore giallo marrone con screziature grigie, con presenza di elementi litici	20,0								20,0 101 20,0 CS

**ALLEGATO II**

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

*Campi B.zio, passerella ciclopedonale*



**Sondaggio S1 - da p.c. a 5.00 m.**



**Sondaggio S1 - da 5.00 m. a 10.00 m.**

*Campi B.zio, passerella ciclopedonale*



**Sondaggio S1 - da 10.00 a 15.00 m.**



**Sondaggio S1 - da 15.00 m. a 20.00 m.**

**ALLEGATO III**

**ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE**

# Prova Penetrometrica Dinamica - Penetrometro Super Heavy

Pagina n. 1

**Igetecma s.n.c.**

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)  
Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: <b>Comune di Campi Bisenzio</b>	Indagine: <b>VA-194-18</b> Rapporto : <b>211-18</b> Prova n° <b>1</b>
Località: <b>Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio</b>	in data: <b>02/11/18</b>
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Numero aste alla profondità iniziale: 2

Z	N colpi	N aste	Rd
20	3	2	29,27
40	7	2	68,29
60	16	2	156,09
80	23	2	224,37
100	18	2	175,60
120	11	3	98,42
140	7	3	62,63
160	5	3	44,74
180	5	3	44,74
200	3	3	26,84
220	3	4	24,79
240	3	4	24,79
260	2	4	16,53
280	1	4	8,26
300	1	4	8,26
320	1	5	7,68
340	1	5	7,68
360	1	5	7,68
380	1	5	7,68
400	1	5	7,68
420	3	6	21,50
440	2	6	14,33
460	1	6	7,17
480	2	6	14,33
500	2	6	14,33
520	2	7	13,44
540	3	7	20,16
560	2	7	13,44
580	3	7	20,16
600	2	7	13,44
620	14	8	88,57
640	16	8	101,23
660	12	8	75,92
680	13	8	82,25
700	13	8	82,25
720	12	9	71,72
740	13	9	77,70
760	16	9	95,63
780	22	9	131,49
800	17	9	101,60
820	16	10	90,61
840	16	10	90,61
860	6	10	33,98
880	7	10	39,64

**Legenda Parametri Geotecnici:**

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm) . N - Numero di colpi.

Rd - Resistenza penetr. dinamica (in Kg/cm2) ottenuta tramite formula olandese estesa. Aste - Num. aste alla profondità Z.

**Igetecma s.n.c.**

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)  
 Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: <b>Comune di Campi Bisenzio</b>	Indagine: <b>VA-194-18</b> Rapporto : <b>211-18</b> Prova n° <b>1</b>
Località: <b>Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio</b>	in data: <b>02/11/18</b>
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Numero aste alla profondità iniziale: 2

<b>Z</b>	<b>N colpi</b>	<b>N aste</b>	<b>Rd</b>
900	7	10	39,64
920	8	11	43,05
940	10	11	53,81
960	12	11	64,57
980	10	11	53,81
1000	12	11	64,57

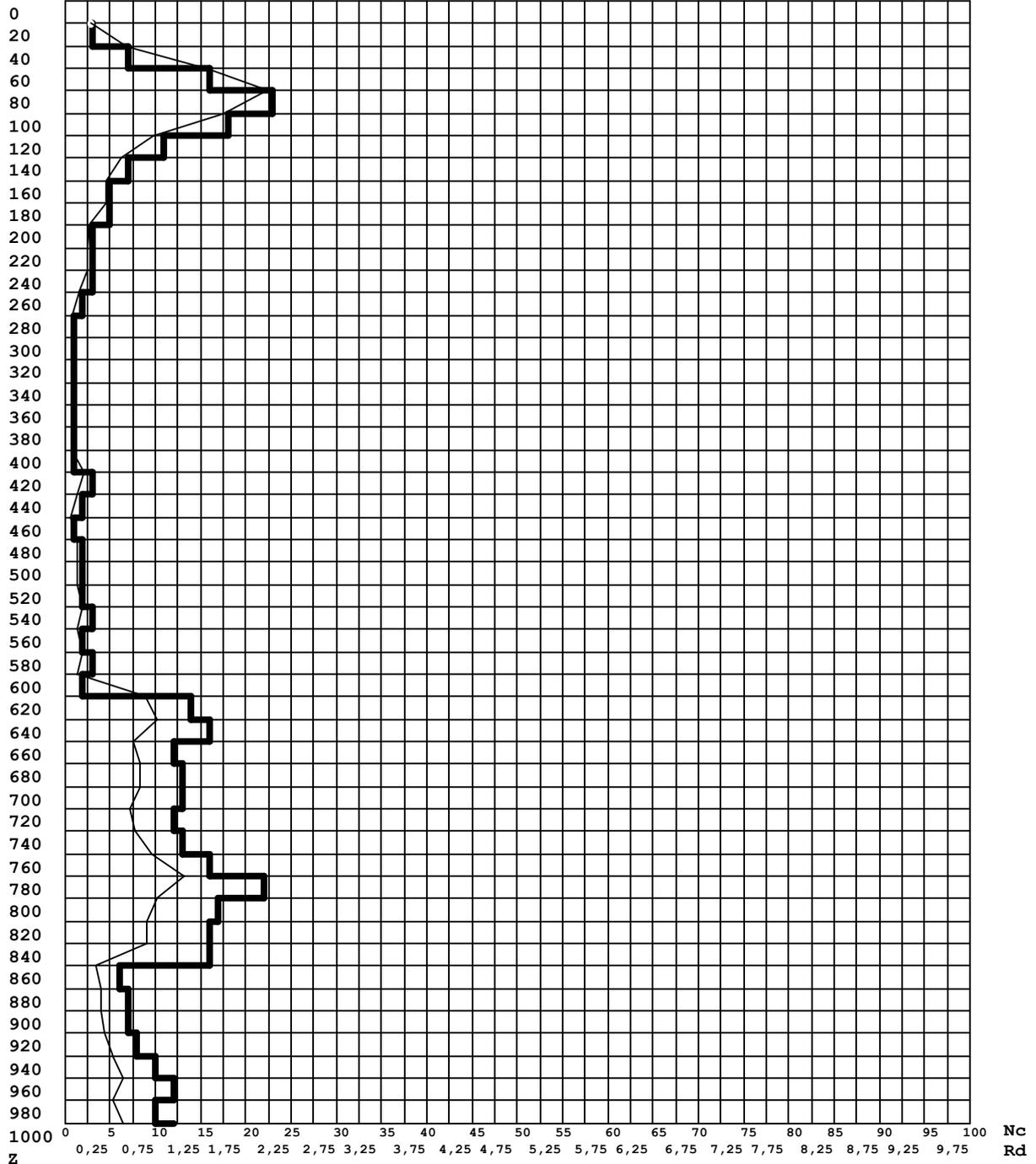
**Legenda Parametri Geotecnici:**

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm) . N - Numero di colpi.

Rd - Resistenza penetr. dinamica (in Kg/cm2) ottenuta tramite formula olandese estesa. Aste - Num. aste alla profondità Z.

## Diagramma Z (N) -Rd (N)

**Committente** :Comune di Campi Bisenzio  
**Note** :==  
**Indagine** :VA-194-18 - Certificato di prova : 211-18  
**Località** :Pista ciclabile La Rocca - Gorfienti, Campi B.zio  
**Numero prova** :1  
**Data prova** :02/11/18  
**Note operative** :==  
**Profondità falda** :== (cm)  
**Num. aste inizio** :2



### Legenda

**Ascisse** : Nc - numero di colpi (tratto grafico marcato)  
 : Rd - resistenza penetrazione dinamica (in Kg/cm<sup>2</sup>)  
**Ordinata**: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

**Igetecma s.n.c.**

**Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)**

**Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415**

# Prova Penetrometrica Dinamica - Penetrometro Super Heavy

Pagina n. 1

## Igetecma s.n.c.

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)  
Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: <b>Comune di Campi Bisenzio</b>	Indagine: <b>VA-194-18</b> Rapporto : <b>211-18</b> Prova n° <b>2</b>
Località: <b>Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio</b>	in data: <b>02/11/18</b>
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Numero aste alla profondità iniziale: 2

Z	N colpi	N aste	Rd
20	8	2	78,04
40	12	2	117,06
60	9	2	87,80
80	8	2	78,04
100	12	2	117,06
120	7	3	62,63
140	7	3	62,63
160	6	3	53,68
180	3	3	26,84
200	5	3	44,74
220	4	4	33,05
240	2	4	16,53
260	1	4	8,26
280	2	4	16,53
300	1	4	8,26
320	1	5	7,68
340	1	5	7,68
360	1	5	7,68
380	2	5	15,35
400	1	5	7,68
420	1	6	7,17
440	2	6	14,33
460	2	6	14,33
480	2	6	14,33
500	2	6	14,33

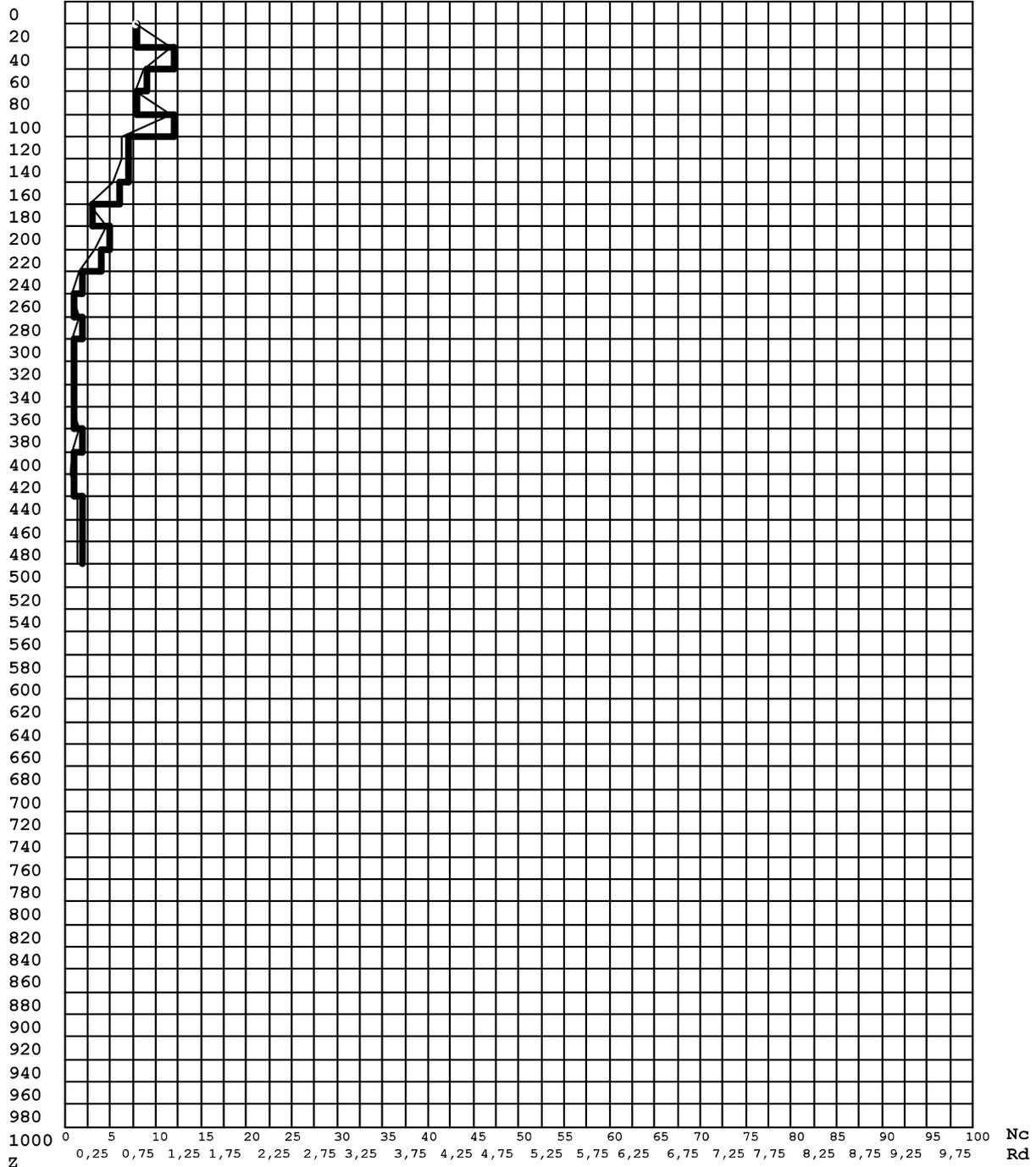
### Legenda Parametri Geotecnici:

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm) . N - Numero di colpi.

Rd - Resistenza penetr. dinamica (in Kg/cm2) ottenuta tramite formula olandese estesa. Aste - Num. aste alla profondità Z.

## Diagramma Z (N) -Rd (N)

**Committente** :Comune di Campi Bisenzio  
**Note** :==  
**Indagine** :VA-194-18 - Certificato di prova : 211-18  
**Località** :Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio  
**Numero prova** :2  
**Data prova** :02/11/18  
**Note operative** :==  
**Profondità falda** :== (cm)  
**Num. aste inizio** :2



### Legenda

**Ascisse** : Nc - numero di colpi (tratto grafico marcato)  
 : Rd - resistenza penetrazione dinamica (in Kg/cm<sup>2</sup>)  
**Ordinata**: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

**Igetecma s.n.c.**

**Sede:** Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)

**Tel.** 0571-1738160 **Fax.** 055-7320415

# Prova Penetrometrica Statica

**Igetecma s.n.c.**

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)

Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: <b>Comune di Campi Bisenzio</b>	Indagine: <b>VA-194-18</b> Rapporto : <b>211-18</b> Prova n° <b>3</b>
Località: <b>Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio</b>	in data: <b>02/11/18</b>
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Spinta del penetrometro (tonnellate): <b>10</b>

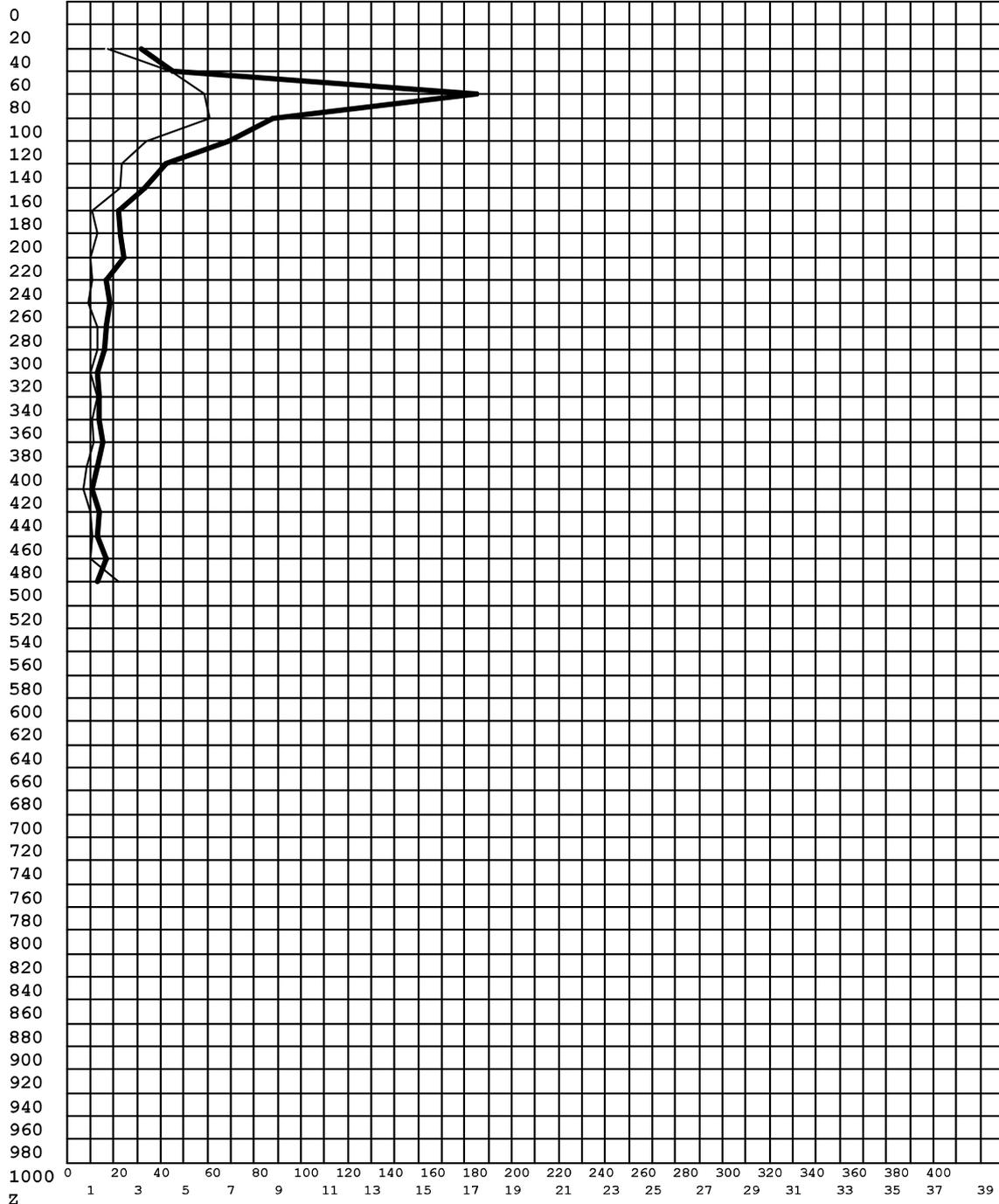
Z	Qc	Fs	Rf	Car	Dr	Fi	Cu	Cu n.	Mv	Classificazione
40	32	1,73	5,42	C	0,0	0,0	1,18	16,51	0,01042	Limo argilloso
60	45	4,47	9,93	C	0,0	0,0	3,04	27,30	0,00741	Argilla
80	175	5,87	3,35	I	81,4	29,3	0,00	0,00	0,00190	Limo sabbioso
100	88	6,07	6,89	C	0,0	0,0	4,12	21,75	0,00379	Argilla limosa
120	69	3,40	4,93	C	0,0	0,0	2,31	10,14	0,00483	Limo argilloso
140	42	2,33	5,56	C	0,0	0,0	1,59	5,96	0,00794	Limo argilloso
160	33	2,27	6,87	C	0,0	0,0	1,54	5,05	0,01010	Argilla limosa
180	22	1,07	4,85	C	0,0	0,0	0,73	2,13	0,01515	Limo argilloso
200	23	1,27	5,51	C	0,0	0,0	0,86	2,29	0,01449	Limo argilloso
220	24	1,00	4,17	I	48,3	24,9	0,00	0,00	0,01389	Limo sabbioso
240	17	1,07	6,27	C	0,0	0,0	0,73	1,63	0,02941	Argilla limosa
260	18	0,93	5,19	C	0,0	0,0	0,63	1,32	0,02778	Limo argilloso
280	17	1,33	7,84	C	0,0	0,0	0,91	1,76	0,02941	Argilla limosa
300	16	1,27	7,92	C	0,0	0,0	0,86	1,56	0,03125	Argilla limosa
320	13	1,00	7,69	C	0,0	0,0	0,68	1,16	0,03846	Argilla limosa
340	14	1,33	9,52	C	0,0	0,0	0,91	1,46	0,03571	Argilla
360	14	1,07	7,62	C	0,0	0,0	0,73	1,10	0,03571	Argilla limosa
380	15	1,13	7,56	C	0,0	0,0	0,77	1,11	0,03333	Argilla limosa
400	13	0,87	6,67	C	0,0	0,0	0,59	0,81	0,03846	Argilla limosa
420	11	0,73	6,67	C	0,0	0,0	0,50	0,65	0,04545	Argilla limosa
440	14	1,00	7,14	C	0,0	0,0	0,68	0,85	0,03571	Argilla limosa
460	13	1,07	8,21	C	0,0	0,0	0,73	0,87	0,03846	Argilla limosa
480	17	1,00	5,88	C	0,0	0,0	0,68	0,78	0,02941	Limo argilloso
500	13	0,00	0,00		0,0	0,0	0,00	0,00	0,00000	

**Legenda Parametri Geotecnici:**

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm). Qc - Resistenza alla punta (in Kg/cm<sup>2</sup>). Fs - Resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm<sup>2</sup>).  
 Rf - Rapporto delle resistenze Fs/Qc (in %). Car - Caratterizzazione del terreno (Incoerente/Coerente). Dr - Densità relativa (in %).  
 Fi - Angolo di attrito efficace (in gradi). Cu - Resistenza al taglio non drenata (in Kg/cm<sup>2</sup>). Cu n.- Resistenza al taglio non drenata normalizzata.  
 Mv - Coefficiente compressione volumetrica (in cm<sup>2</sup>/Kg). Classificazione - interpretazione stratigrafica del terreno (da SEARLE 1979)

## Diagramma di resistenza alla punta

**Committente** : Comune di Campi Bisenzio  
**Note** :  
**Indagine** : VA-194-18 - Certificato di prova : 211-18  
**Località** : Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio  
**Numero prova** : 3  
**Data prova** : 02/11/18  
**Note operative** :  
**Profondità falda** : (cm)  
**Spinta penetr.** : 10 (tonn.)



**Qc**  
**Fs**

*Legenda*

**Ascisse** : Qc - lettura punta (in Kg/cm<sup>2</sup> - tratto grafico marcato)  
           : Fs - resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm<sup>2</sup>)  
**Ordinate**: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

**Igetecma s.n.c.**  
**Sede:** Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)  
**Tel.** 0571-1738160 **Fax.** 055-7320415

# Prova Penetrometrica Statica

Pagina n. 1

## Igetecma s.n.c.

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)

Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: <b>Comune di Campi Bisenzio</b>	Indagine: <b>VA-194-18</b> Rapporto : <b>211-18</b> Prova n° <b>4</b>
Località: <b>Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio</b>	in data: <b>02/11/18</b>
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Spinta del penetrometro (tonnellate): <b>10</b>

Z	Qc	Fs	Rf	Car	Dr	Fi	Cu	Cu n.	Mv	Classificazione
40	36	2,60	7,22	C	0,0	0,0	1,77	24,05	0,00926	Argilla limosa
60	82	2,93	3,58	I	68,4	27,5	0,00	0,00	0,00407	Limo sabbioso
80	92	3,00	3,26	I	68,8	28,4	0,00	0,00	0,00362	Limo sabbioso
100	98	4,47	4,56	C	0,0	0,0	3,04	16,09	0,00340	Limo argilloso
120	71	2,40	3,38	I	64,7	27,7	0,00	0,00	0,00469	Limo sabbioso
140	64	3,40	5,31	C	0,0	0,0	2,31	8,71	0,00521	Limo argilloso
160	57	3,33	5,85	C	0,0	0,0	2,27	7,46	0,00585	Limo argilloso
180	500	0,00	0,00		0,0	0,0	0,00	0,00	0,00000	

### Legenda Parametri Geotecnici:

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm). Qc - Resistenza alla punta (in Kg/cm<sup>2</sup>). Fs - Resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm<sup>2</sup>).

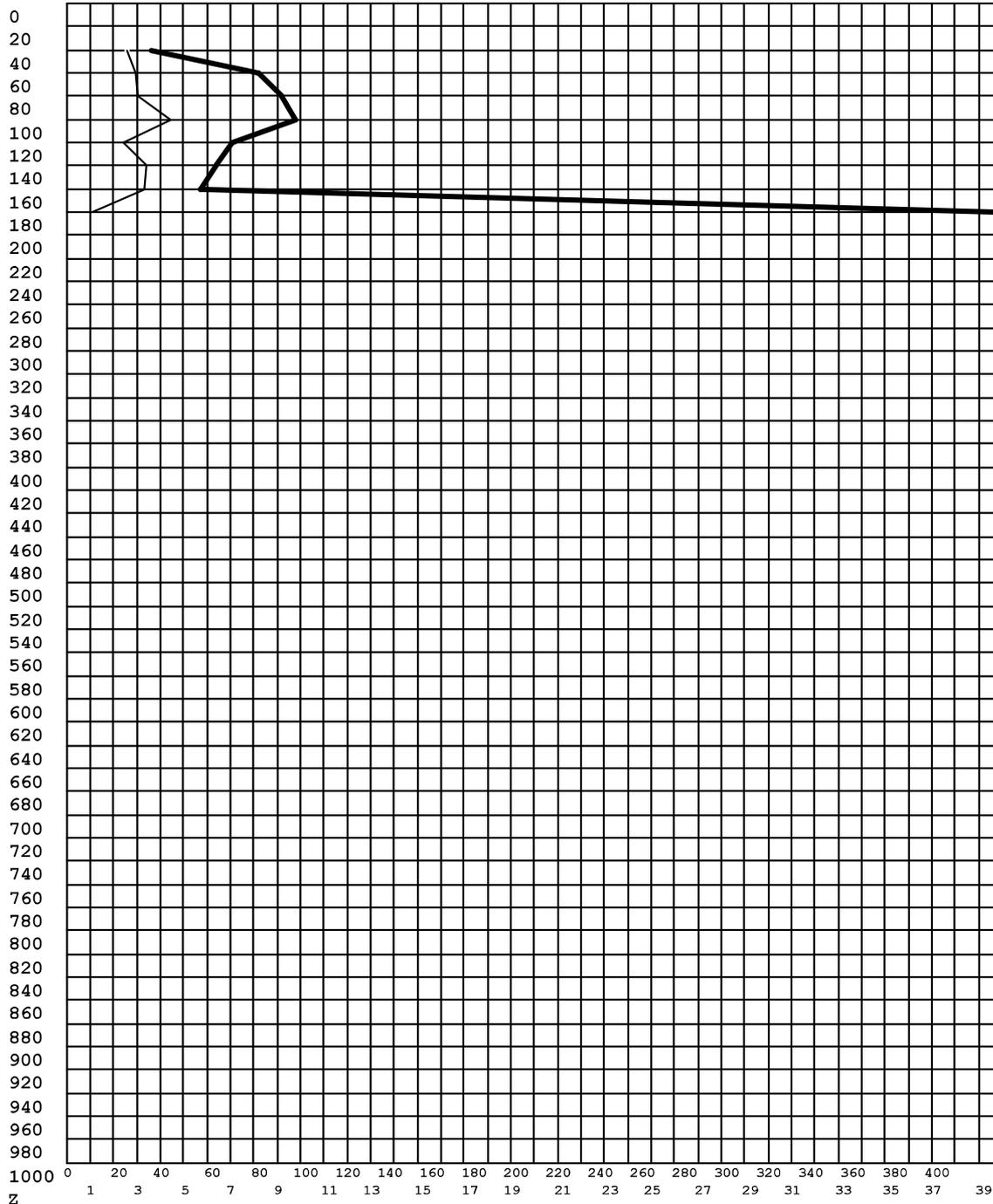
Rf - Rapporto delle resistenze Fs/Qc (in %). Car - Caratterizzazione del terreno (Incoerente/Coerente). Dr - Densità relativa (in %).

Fi - Angolo di attrito efficace (in gradi). Cu - Resistenza al taglio non drenata (in Kg/cm<sup>2</sup>). Cu n.- Resistenza al taglio non drenata normalizzata.

Mv - Coefficiente compressione volumetrica (in cm<sup>2</sup>/Kg). Classificazione - interpretazione stratigrafica del terreno (da SEARLE 1979)

## Diagramma di resistenza alla punta

**Committente** : Comune di Campi Bisenzio  
**Note** :  
**Indagine** : VA-194-18 - Certificato di prova : 211-18  
**Località** : Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio  
**Numero prova** : 4  
**Data prova** : 02/11/18  
**Note operative** :  
**Profondità falda** : (cm)  
**Spinta penetr.** : 10 (tonn.)



**Qc**  
**Fs**

**Legenda**  
 Ascisse : Qc - lettura punta (in Kg/cm<sup>2</sup> - tratto grafico marcato)  
           : Fs - resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm<sup>2</sup>)  
 Ordinata: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

**Igetecma s.n.c.**  
**Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)**  
**Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415**

# Prova Penetrometrica Dinamica - Penetrometro Super Heavy

Pagina n. 1

## Igetecma s.n.c.

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)  
Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: <b>Comune di Campi Bisenzio</b>	Indagine: <b>VA-194-18</b> Rapporto : <b>211-18</b> Prova n° <b>4a</b>
Località: <b>Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio</b>	in data: <b>02/11/18</b>
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Numero aste alla profondità iniziale: 2

Z	N colpi	N aste	Rd
180	26	3	232,63
200	26	3	232,63
220	26	4	214,83
240	24	4	198,31
260	21	4	173,52
280	13	4	107,42
300	11	4	90,89
320	5	5	38,38
340	4	5	30,70
360	3	5	23,03
380	4	5	30,70
400	6	5	46,05
420	5	6	35,83
440	9	6	64,50
460	4	6	28,67
480	3	6	21,50
500	6	6	43,00

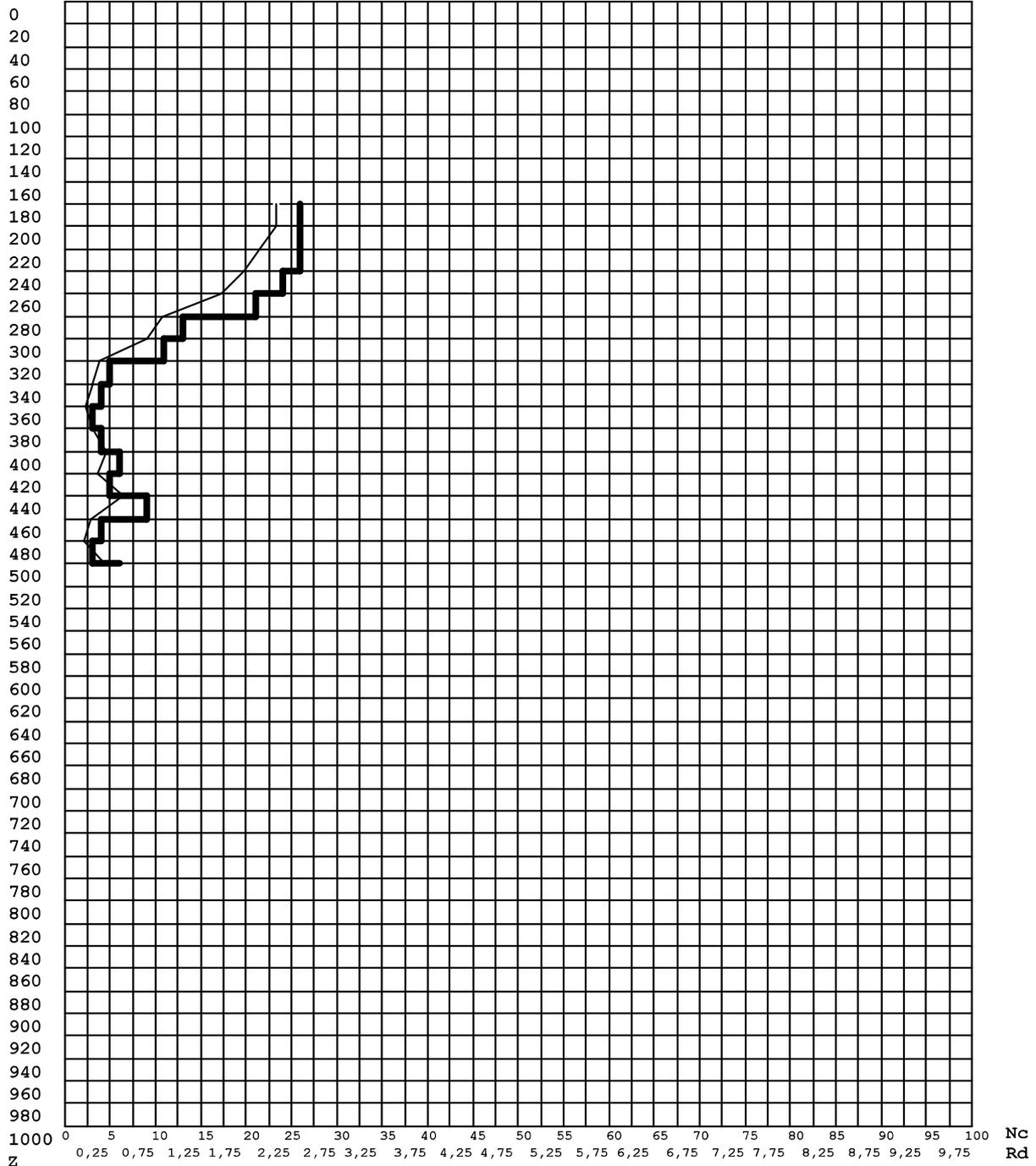
### Legenda Parametri Geotecnici:

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm) . N - Numero di colpi.

Rd - Resistenza penetr. dinamica (in Kg/cm<sup>2</sup>) ottenuta tramite formula olandese estesa. Aste - Num. aste alla profondità Z.

## Diagramma Z (N) -Rd (N)

**Committente** : Comune di Campi Bisenzio  
**Note** : ==  
**Indagine** : VA-194-18 - Certificato di prova : 211-18  
**Località** : Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio  
**Numero prova** : 4a  
**Data prova** : 02/11/18  
**Note operative** : ==  
**Profondità falda** : == (cm)  
**Num. aste inizio** : 2



### Legenda

**Ascisse** : Nc - numero di colpi (tratto grafico marcato)  
 : Rd - resistenza penetrazione dinamica (in Kg/cm<sup>2</sup>)  
**Ordinata**: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

**Igetecma s.n.c.**  
**Sede:** Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)  
**Tel.** 0571-1738160 **Fax.** 055-7320415

# Prova Penetrometrica Statica

## Igetecma s.n.c.

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)

Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: <b>Comune di Campi Bisenzio</b>	Indagine: <b>VA-194-18</b> Rapporto : <b>211-18</b> Prova n° <b>5</b>
Località: <b>Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio</b>	in data: <b>02/11/18</b>
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Spinta del penetrometro (tonnellate): <b>10</b>

Z	Qc	Fs	Rf	Car	Dr	Fi	Cu	Cu n.	Mv	Classificazione
40	16	1,73	10,83	C	0,0	0,0	1,18	16,91	0,03125	Argilla
60	99	8,80	8,89	C	0,0	0,0	5,98	54,54	0,00337	Argilla
80	78	4,80	6,15	C	0,0	0,0	3,26	21,80	0,00427	Argilla limosa
100	86	5,00	5,81	C	0,0	0,0	3,40	18,07	0,00388	Limo argilloso
120	94	5,93	6,31	C	0,0	0,0	4,03	17,69	0,00355	Argilla limosa
140	85	5,47	6,43	C	0,0	0,0	3,72	13,86	0,00392	Argilla limosa
160	48	2,93	6,11	C	0,0	0,0	1,99	6,47	0,00694	Argilla limosa
180	29	2,27	7,82	C	0,0	0,0	1,54	4,44	0,01149	Argilla limosa
200	24	0,80	3,33	I	44,2	26,4	0,00	0,00	0,01389	Limo sabbioso
220	18	3,60	20,00	C	0,0	0,0	2,45	5,88	0,02778	Argilla molle
240	57	3,00	5,26	C	0,0	0,0	2,04	4,48	0,00585	Limo argilloso
260	54	2,87	5,31	C	0,0	0,0	1,95	3,95	0,00617	Limo argilloso
280	33	1,87	5,66	C	0,0	0,0	1,27	2,39	0,01010	Limo argilloso
300	31	2,27	7,31	C	0,0	0,0	1,54	2,70	0,01075	Argilla limosa
320	28	2,53	9,05	C	0,0	0,0	1,72	2,83	0,01190	Argilla
340	31	1,80	5,81	C	0,0	0,0	1,22	1,90	0,01075	Limo argilloso
360	19	1,93	10,18	C	0,0	0,0	1,31	1,93	0,02632	Argilla
380	19	1,13	5,96	C	0,0	0,0	0,77	1,08	0,02632	Limo argilloso
400	16	1,73	10,83	C	0,0	0,0	1,18	1,57	0,03125	Argilla
420	22	10,40	47,27	C	0,0	0,0	7,07	8,95	0,01515	Argilla molle
440	218	9,93	4,56	C	0,0	0,0	6,75	8,16	0,00153	Limo argilloso
460	214	8,53	3,99	I	88,4	28,1	0,00	0,00	0,00156	Limo sabbioso
480	248	6,47	2,61	I	83,2	32,4	0,00	0,00	0,00134	Sabbia limosa
500	161	0,00	0,00		0,0	0,0	0,00	0,00	0,00000	

### Legenda Parametri Geotecnici:

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm). Qc - Resistenza alla punta (in Kg/cm<sup>2</sup>). Fs - Resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm<sup>2</sup>).

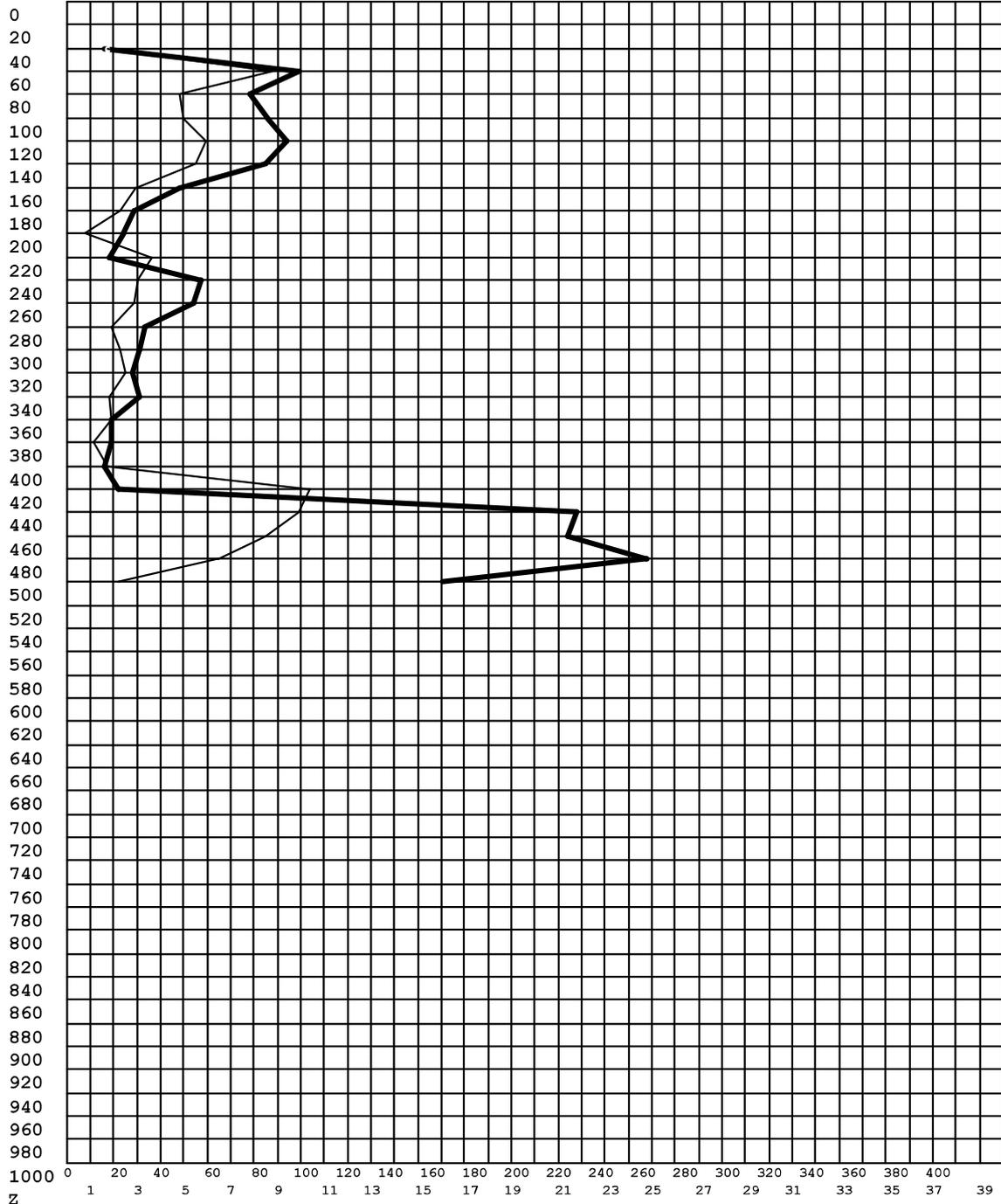
Rf - Rapporto delle resistenze Fs/Qc (in %). Car - Caratterizzazione del terreno (Incoerente/Coerente). Dr - Densità relativa (in %).

Fi - Angolo di attrito efficace (in gradi). Cu - Resistenza al taglio non drenata (in Kg/cm<sup>2</sup>). Cu n.- Resistenza al taglio non drenata normalizzata.

Mv - Coefficiente compressione volumetrica (in cm<sup>2</sup>/Kg). Classificazione - interpretazione stratigrafica del terreno (da SEARLE 1979)

## Diagramma di resistenza alla punta

**Committente** : Comune di Campi Bisenzio  
**Note** :  
**Indagine** : VA-194-18 - Certificato di prova : 211-18  
**Località** : Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio  
**Numero prova** : 5  
**Data prova** : 02/11/18  
**Note operative** :  
**Profondità falda** : (cm)  
**Spinta penetr.** : 10 (tonn.)



**Qc**  
**Fs**

**Legenda**

**Ascisse** : Qc - lettura punta (in Kg/cm<sup>2</sup> - tratto grafico marcato)  
 : Fs - resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm<sup>2</sup>)  
**Ordinata**: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

**Igetecma s.n.c.**

**Sede:** Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)  
**Tel.** 0571-1738160 **Fax.** 055-7320415

# Prova Penetrometrica Dinamica - Penetrometro Super Heavy

Pagina n. 1

## Igetecma s.n.c.

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)  
Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: <b>Comune di Campi Bisenzio</b>	Indagine: <b>VA-194-18</b> Rapporto : <b>211-18</b> Prova n° <b>6</b>
Località: <b>Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio</b>	in data: <b>05/11/18</b>
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Numero aste alla profondità iniziale: 2

Z	N colpi	N aste	Rd
20	5	2	48,78
40	14	2	136,57
60	16	2	156,09
80	13	2	126,82
100	8	2	78,04
120	5	3	44,74
140	3	3	26,84
160	4	3	35,79
180	2	3	17,89
200	3	3	26,84
220	2	4	16,53
240	2	4	16,53
260	1	4	8,26
280	1	4	8,26
300	1	4	8,26
320	1	5	7,68
340	1	5	7,68
360	1	5	7,68
380	1	5	7,68
400	1	5	7,68
420	1	6	7,17
440	1	6	7,17
460	2	6	14,33
480	2	6	14,33
500	3	6	21,50

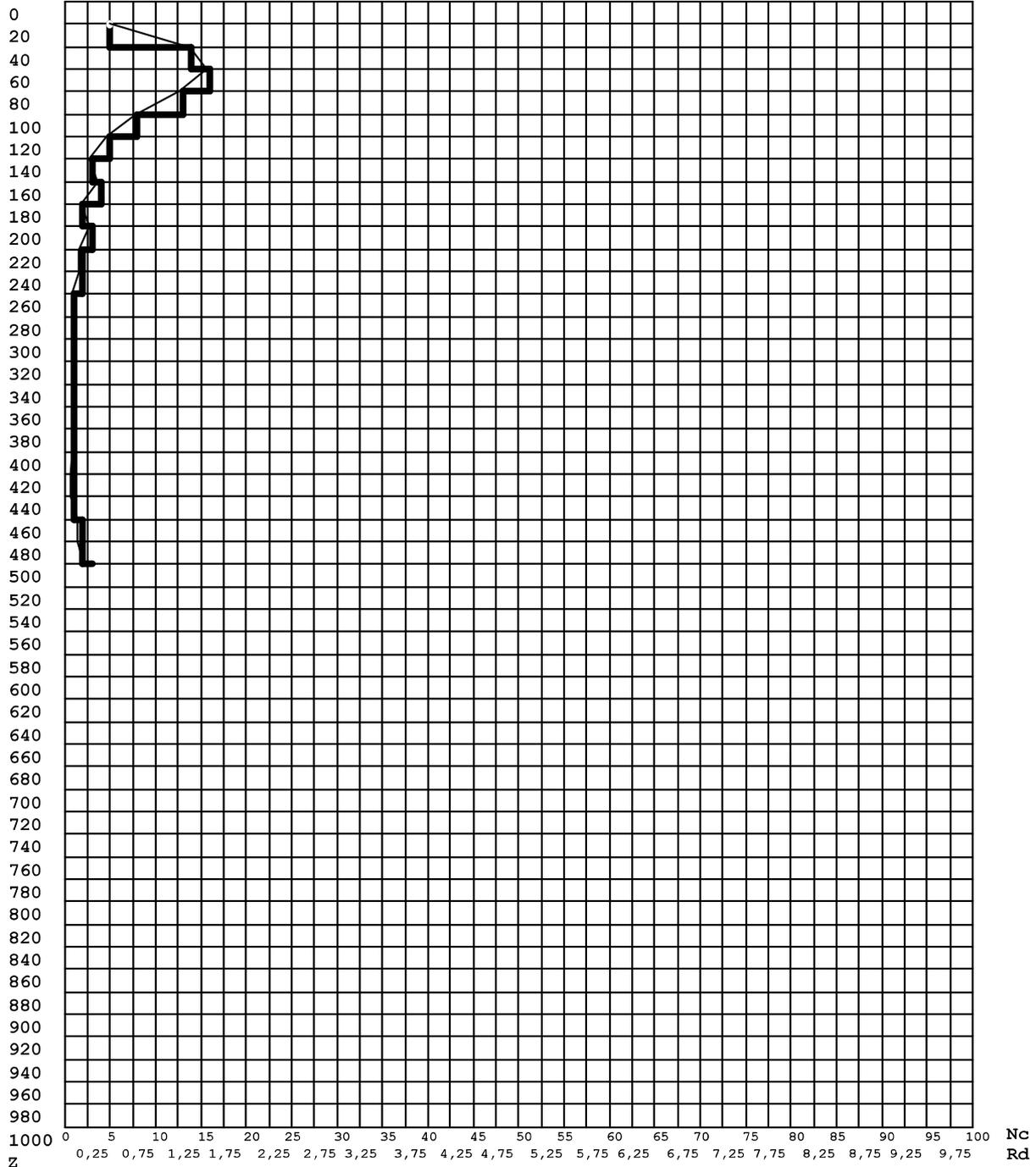
### Legenda Parametri Geotecnici:

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm) . N - Numero di colpi.

Rd - Resistenza penetr. dinamica (in Kg/cm<sup>2</sup>) ottenuta tramite formula olandese estesa. Aste - Num. aste alla profondità Z.

## Diagramma Z (N) -Rd (N)

**Committente** :Comune di Campi Bisenzio  
**Note** :==  
**Indagine** :VA-194-18 - Certificato di prova : 211-18  
**Località** :Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio  
**Numero prova** :6  
**Data prova** :05/11/18  
**Note operative** :==  
**Profondità falda** :== (cm)  
**Num. aste inizio** :2



**Legenda**

**Ascisse** : Nc - numero di colpi (tratto grafico marcato)  
 : Rd - resistenza penetrazione dinamica (in Kg/cm<sup>2</sup>)  
**Ordinata**: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

**Igetecma s.n.c.**  
**Sede:** Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)  
**Tel.** 0571-1738160 **Fax.** 055-7320415

# Prova Penetrometrica Statica

**Igetecma s.n.c.**

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)

Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: <b>Comune di Campi Bisenzio</b>	Indagine: <b>VA-194-18</b> Rapporto : <b>211-18</b> Prova n° <b>7</b>
Località: <b>Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio</b>	in data: <b>05/11/18</b>
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Spinta del penetrometro (tonnellate): <b>10</b>

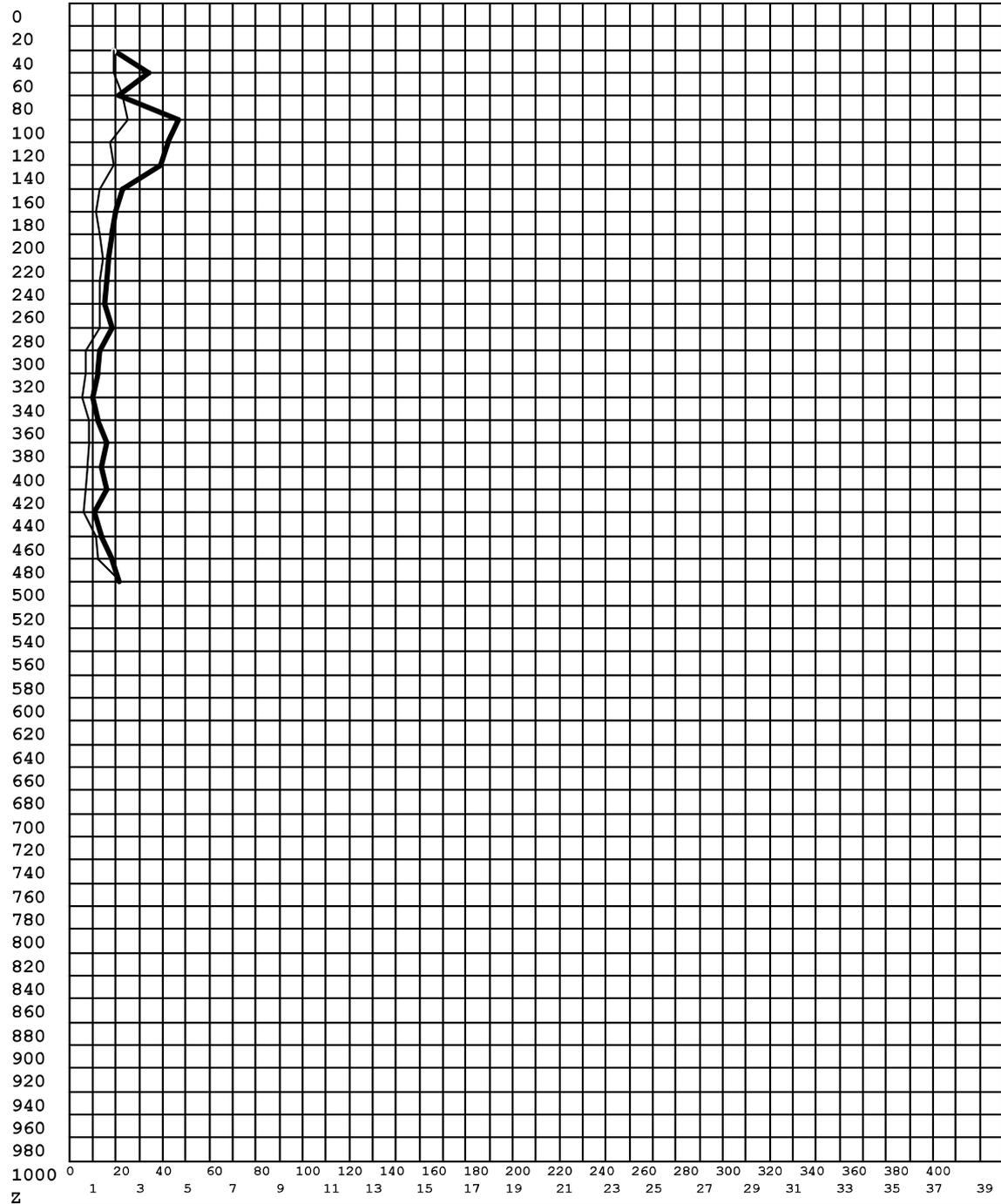
Z	Qc	Fs	Rf	Car	Dr	Fi	Cu	Cu n.	Mv	Classificazione
40	19	1,87	9,82	C	0,0	0,0	1,27	18,00	0,02632	Argilla
60	34	1,87	5,49	C	0,0	0,0	1,27	11,74	0,00980	Limo argilloso
80	21	2,27	10,79	C	0,0	0,0	1,54	10,62	0,01587	Argilla
100	47	2,47	5,25	C	0,0	0,0	1,68	9,14	0,00709	Limo argilloso
120	42	1,73	4,13	I	58,6	25,5	0,00	0,00	0,00794	Limo sabbioso
140	39	1,93	4,96	C	0,0	0,0	1,31	5,08	0,00855	Limo argilloso
160	23	1,27	5,51	C	0,0	0,0	0,86	2,92	0,01449	Limo argilloso
180	20	1,13	5,67	C	0,0	0,0	0,77	2,34	0,01667	Limo argilloso
200	18	1,27	7,04	C	0,0	0,0	0,86	2,36	0,02778	Argilla limosa
220	17	1,47	8,63	C	0,0	0,0	1,00	2,48	0,02941	Argilla
240	16	1,27	7,92	C	0,0	0,0	0,86	1,97	0,03125	Argilla limosa
260	15	1,27	8,44	C	0,0	0,0	0,86	1,82	0,03333	Argilla limosa
280	18	1,27	7,04	C	0,0	0,0	0,86	1,69	0,02778	Argilla limosa
300	13	0,73	5,64	C	0,0	0,0	0,50	0,92	0,03846	Limo argilloso
320	12	0,73	6,11	C	0,0	0,0	0,50	0,86	0,04167	Argilla limosa
340	10	0,53	5,33	C	0,0	0,0	0,36	0,60	0,05000	Limo argilloso
360	12	0,87	7,22	C	0,0	0,0	0,59	0,92	0,04167	Argilla limosa
380	16	0,87	5,42	C	0,0	0,0	0,59	0,87	0,03125	Limo argilloso
400	14	0,80	5,71	C	0,0	0,0	0,54	0,77	0,03571	Limo argilloso
420	16	0,67	4,17	I	40,8	24,6	0,00	0,00	0,02083	Limo sabbioso
440	11	0,60	5,45	C	0,0	0,0	0,41	0,53	0,04545	Limo argilloso
460	14	1,13	8,10	C	0,0	0,0	0,77	0,95	0,03571	Argilla limosa
480	18	1,20	6,67	C	0,0	0,0	0,82	0,96	0,02778	Argilla limosa
500	21	0,00	0,00		0,0	0,0	0,00	0,00	0,00000	

**Legenda Parametri Geotecnici:**

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm). Qc - Resistenza alla punta (in Kg/cm<sup>2</sup>). Fs - Resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm<sup>2</sup>). Rf - Rapporto delle resistenze Fs/Qc (in %). Car - Caratterizzazione del terreno (Incoerente/Coerente). Dr - Densità relativa (in %). Fi - Angolo di attrito efficace (in gradi). Cu - Resistenza al taglio non drenata (in Kg/cm<sup>2</sup>). Cu n.- Resistenza al taglio non drenata normalizzata. Mv - Coefficiente compressione volumetrica (in cm<sup>2</sup>/Kg). Classificazione - interpretazione stratigrafica del terreno (da SEARLE 1979)

# Diagramma di resistenza alla punta

**Committente** : Comune di Campi Bisenzio  
**Note** :  
**Indagine** : VA-194-18 - Certificato di prova : 211-18  
**Località** : Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio  
**Numero prova** : 7  
**Data prova** : 05/11/18  
**Note operative** :  
**Profondità falda** : (cm)  
**Spinta penetr.** : 10 (tonn.)



**Qc**  
**Fs**

**Legenda**  
 Ascisse : Qc - lettura punta (in Kg/cm2 - tratto grafico marcato)  
           : Fs - resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm2)  
 Ordinata: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

**Igetecma s.n.c.**  
**Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)**  
**Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415**

# Prova Penetrometrica Dinamica - Penetrometro Super Heavy

Pagina n. 1

## Igetecma s.n.c.

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)  
Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: <b>Comune di Campi Bisenzio</b>	Indagine: <b>VA-194-18</b> Rapporto : <b>211-18</b> Prova n° <b>8</b>
Località: <b>Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio</b>	in data: <b>05/11/18</b>
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Numero aste alla profondità iniziale: 2

Z	N colpi	N aste	Rd
20	8	2	78,04
40	5	2	48,78
60	8	2	78,04
80	8	2	78,04
100	3	2	29,27
120	2	3	17,89
140	2	3	17,89
160	4	3	35,79
180	3	3	26,84
200	4	3	35,79
220	5	4	41,31
240	5	4	41,31
260	4	4	33,05
280	8	4	66,10
300	12	4	99,15
320	3	5	23,03
340	2	5	15,35
360	2	5	15,35
380	2	5	15,35
400	1	5	7,68
420	1	6	7,17
440	1	6	7,17
460	2	6	14,33
480	4	6	28,67
500	3	6	21,50
520	3	7	20,16
540	4	7	26,88
560	4	7	26,88
580	4	7	26,88
600	4	7	26,88
620	5	8	31,63
640	5	8	31,63
660	5	8	31,63
680	6	8	37,96
700	6	8	37,96
720	7	9	41,84
740	6	9	35,86
760	12	9	71,72
780	27	9	161,37
800	14	9	83,67
820	13	10	73,62
840	10	10	56,63
860	8	10	45,31
880	11	10	62,30

### Legenda Parametri Geotecnici:

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm) . N - Numero di colpi.

Rd - Resistenza penetr. dinamica (in Kg/cm<sup>2</sup>) ottenuta tramite formula olandese estesa. Aste - Num. aste alla profondità Z.

**Igetecma s.n.c.**

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)

Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: **Comune di Campi Bisenzio**Indagine: **VA-194-18** Rapporto : **211-18** Prova n° **8**Località: **Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio**in data: **05/11/18**

Note sulla committenza: ==

Note relative alla prova: ==

Falda rilevata alla profondità di cm: ==

Numero aste alla profondità iniziale: 2

<b>Z</b>	<b>N colpi</b>	<b>N aste</b>	<b>Rd</b>
900	10	10	56,63
920	10	11	53,81
940	10	11	53,81
960	10	11	53,81
980	10	11	53,81
1000	10	11	53,81

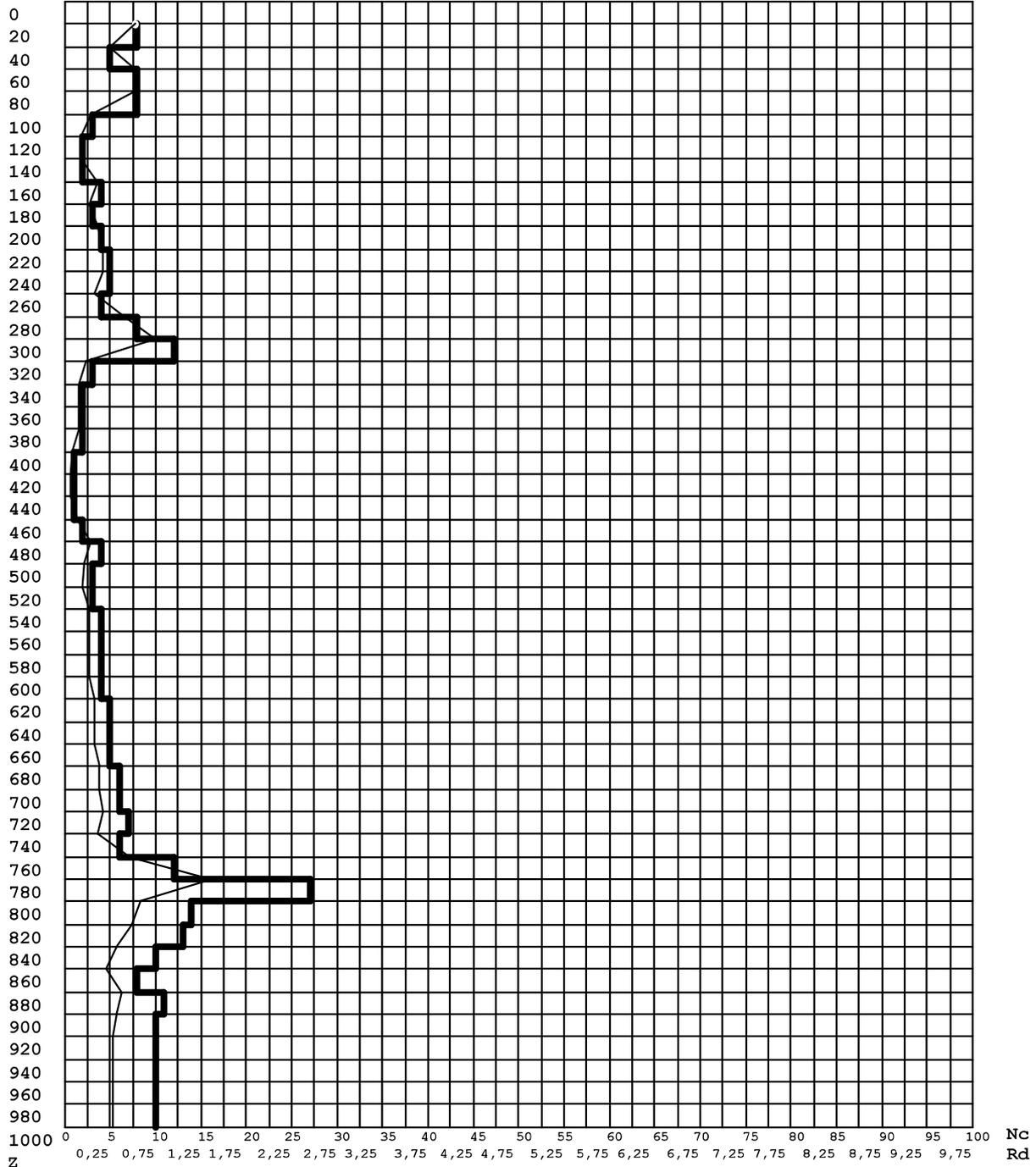
**Legenda Parametri Geotecnici:**

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm) . N - Numero di colpi.

Rd - Resistenza penetr. dinamica (in Kg/cm2) ottenuta tramite formula olandese estesa. Aste - Num. aste alla profondità Z.

## Diagramma Z (N) -Rd (N)

**Committente** : Comune di Campi Bisenzio  
**Note** : ==  
**Indagine** : VA-194-18 - Certificato di prova : 211-18  
**Località** : Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio  
**Numero prova** : 8  
**Data prova** : 05/11/18  
**Note operative** : ==  
**Profondità falda** : == (cm)  
**Num. aste inizio** : 2



### Legenda

**Ascisse** : Nc - numero di colpi (tratto grafico marcato)  
 : Rd - resistenza penetrazione dinamica (in Kg/cm<sup>2</sup>)  
**Ordinata**: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

**Igetecma s.n.c.**  
**Sede:** Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)  
**Tel.** 0571-1738160 **Fax.** 055-7320415

# Prova Penetrometrica Statica

Pagina n. 1

**Igetecma s.n.c.**

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)

Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: <b>Comune di Campi Bisenzio</b>	Indagine: <b>VA-194-18</b> Rapporto : <b>211-18</b> Prova n° <b>9</b>
Località: <b>Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio</b>	in data: <b>05/11/18</b>
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Spinta del penetrometro (tonnellate): <b>10</b>

Z	Qc	Fs	Rf	Car	Dr	Fi	Cu	Cu n.	Mv	Classificazione
40	46	3,53	7,68	C	0,0	0,0	2,40	32,51	0,00725	Argilla limosa
60	51	2,87	5,62	C	0,0	0,0	1,95	17,37	0,00654	Limo argilloso
80	44	2,07	4,70	C	0,0	0,0	1,41	9,34	0,00758	Limo argilloso
100	32	1,87	5,83	C	0,0	0,0	1,27	6,76	0,01042	Limo argilloso
120	26	1,27	4,87	C	0,0	0,0	0,86	3,84	0,01282	Limo argilloso
140	21	1,00	4,76	C	0,0	0,0	0,68	2,62	0,01587	Limo argilloso
160	17	1,00	5,88	C	0,0	0,0	0,68	2,32	0,02941	Limo argilloso
180	13	0,60	4,62	C	0,0	0,0	0,41	1,25	0,03846	Limo argilloso
200	11	0,80	7,27	C	0,0	0,0	0,54	1,51	0,04545	Argilla limosa
220	9	0,47	5,19	C	0,0	0,0	0,32	0,81	0,05556	Limo argilloso
240	12	0,93	7,78	C	0,0	0,0	0,63	1,48	0,04167	Argilla limosa
260	9	0,73	8,15	C	0,0	0,0	0,50	1,08	0,05556	Argilla limosa
280	13	0,80	6,15	C	0,0	0,0	0,54	1,09	0,03846	Argilla limosa
300	10	0,73	7,33	C	0,0	0,0	0,50	0,94	0,05000	Argilla limosa
320	8	0,67	8,33	C	0,0	0,0	0,45	0,80	0,06250	Argilla limosa
340	8	0,47	5,83	C	0,0	0,0	0,32	0,53	0,06250	Limo argilloso
360	6	0,33	5,56	C	0,0	0,0	0,23	0,36	0,08333	Limo argilloso
380	4	0,33	8,33	C	0,0	0,0	0,23	0,34	0,12500	Argilla limosa
400	4	0,20	5,00	C	0,0	0,0	0,14	0,20	0,12500	Limo argilloso
420	3	0,20	6,67	C	0,0	0,0	0,14	0,19	0,16667	Argilla limosa
440	2	0,33	16,67	C	0,0	0,0	0,23	0,30	0,33333	Fango o torba
460	6	0,47	7,78	C	0,0	0,0	0,32	0,40	0,08333	Argilla limosa
480	14	0,80	5,71	C	0,0	0,0	0,54	0,66	0,03571	Limo argilloso
500	23	0,00	0,00		0,0	0,0	0,00	0,00	0,00000	

**Legenda Parametri Geotecnici:**

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm). Qc - Resistenza alla punta (in Kg/cm<sup>2</sup>). Fs - Resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm<sup>2</sup>).

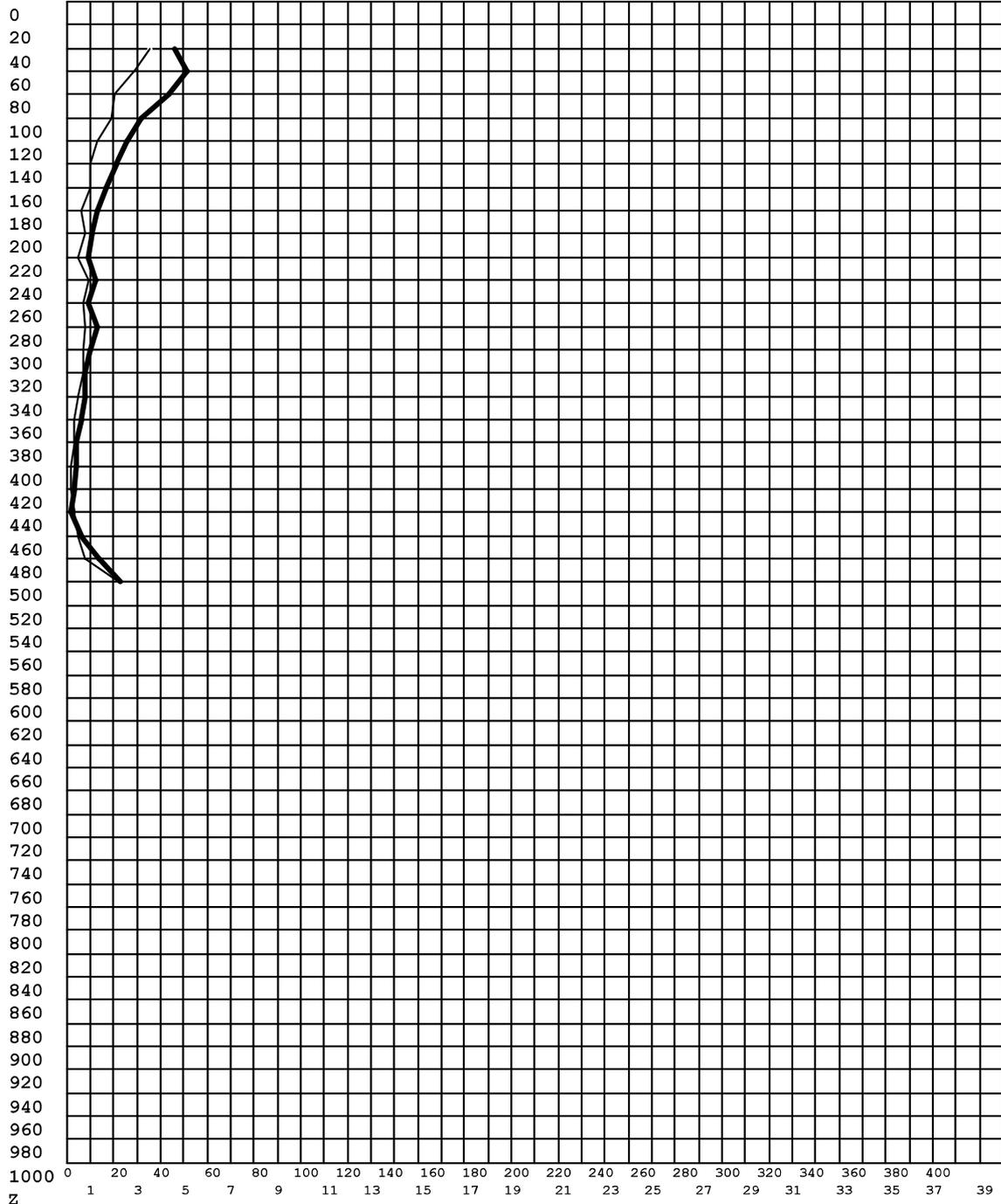
Rf - Rapporto delle resistenze Fs/Qc (in %). Car - Caratterizzazione del terreno (Incoerente/Coerente). Dr - Densità relativa (in %).

Fi - Angolo di attrito efficace (in gradi). Cu - Resistenza al taglio non drenata (in Kg/cm<sup>2</sup>). Cu n.- Resistenza al taglio non drenata normalizzata.

Mv - Coefficiente compressione volumetrica (in cm<sup>2</sup>/Kg). Classificazione - interpretazione stratigrafica del terreno (da SEARLE 1979)

## Diagramma di resistenza alla punta

**Committente** : Comune di Campi Bisenzio  
**Note** : ==  
**Indagine** : VA-194-18 - Certificato di prova : 211-18  
**Località** : Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio  
**Numero prova** : 9  
**Data prova** : 05/11/18  
**Note operative** : ==  
**Profondità falda** : == (cm)  
**Spinta penetr.** : 10 (tonn.)



**Qc**  
**Fs**

*Legenda*

**Ascisse** : Qc - lettura punta (in Kg/cm<sup>2</sup> - tratto grafico marcato)  
 : Fs - resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm<sup>2</sup>)  
**Ordinata**: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

**Igetecma s.n.c.**

**Sede:** Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)  
**Tel.** 0571-1738160 **Fax.** 055-7320415

# Prova Penetrometrica Statica

Pagina n. 1

**Igetecma s.n.c.**

Sede: Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)

Tel. 0571-1738160 Fax. 055-7320415

Committente: <b>Comune di Campi Bisenzio</b>	Indagine: <b>VA-194-18</b> Rapporto : <b>211-18</b> Prova n° <b>10</b>
Località: <b>Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio</b>	in data: <b>05/11/18</b>
Note sulla committenza: ==	
Note relative alla prova: ==	
Falda rilevata alla profondità di cm: ==	Spinta del penetrometro (tonnellate): <b>10</b>

Z	Qc	Fs	Rf	Car	Dr	Fi	Cu	Cu n.	Mv	Classificazione
40	24	2,07	8,61	C	0,0	0,0	1,41	19,57	0,01389	Argilla
60	41	2,13	5,20	C	0,0	0,0	1,45	13,20	0,00813	Limo argilloso
80	57	2,40	4,21	I	64,7	25,7	0,00	0,00	0,00585	Limo sabbioso
100	45	2,73	6,07	C	0,0	0,0	1,86	9,97	0,00741	Limo argilloso
120	34	2,27	6,67	C	0,0	0,0	1,54	6,83	0,00980	Argilla limosa
140	26	2,60	10,00	C	0,0	0,0	1,77	6,70	0,01282	Argilla
160	28	2,47	8,81	C	0,0	0,0	1,68	5,54	0,01190	Argilla
180	26	1,73	6,67	C	0,0	0,0	1,18	3,46	0,01282	Argilla limosa
200	22	1,60	7,27	C	0,0	0,0	1,09	2,88	0,01515	Argilla limosa
220	17	1,53	9,02	C	0,0	0,0	1,04	2,52	0,02941	Argilla
240	16	1,07	6,67	C	0,0	0,0	0,73	1,61	0,03125	Argilla limosa
260	12	1,13	9,44	C	0,0	0,0	0,77	1,59	0,04167	Argilla
280	14	1,13	8,10	C	0,0	0,0	0,77	1,48	0,03571	Argilla limosa
300	18	1,27	7,04	C	0,0	0,0	0,86	1,55	0,02778	Argilla limosa
320	22	1,73	7,88	C	0,0	0,0	1,18	1,99	0,01515	Argilla limosa
340	21	1,80	8,57	C	0,0	0,0	1,22	1,94	0,01587	Argilla
360	22	1,53	6,97	C	0,0	0,0	1,04	1,56	0,01515	Argilla limosa
380	22	1,67	7,58	C	0,0	0,0	1,13	1,61	0,01515	Argilla limosa
400	24	1,60	6,67	C	0,0	0,0	1,09	1,46	0,01389	Argilla limosa
420	25	1,80	7,20	C	0,0	0,0	1,22	1,57	0,01333	Argilla limosa
440	29	2,20	7,59	C	0,0	0,0	1,50	1,83	0,01149	Argilla limosa
460	31	2,47	7,96	C	0,0	0,0	1,68	1,95	0,01075	Argilla limosa
480	36	2,73	7,59	C	0,0	0,0	1,86	2,07	0,00926	Argilla limosa
500	35	0,00	0,00		0,0	0,0	0,00	0,00	0,00000	

**Legenda Parametri Geotecnici:**

Z - Profondità dal piano di campagna (in cm). Qc - Resistenza alla punta (in Kg/cm<sup>2</sup>). Fs - Resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm<sup>2</sup>).

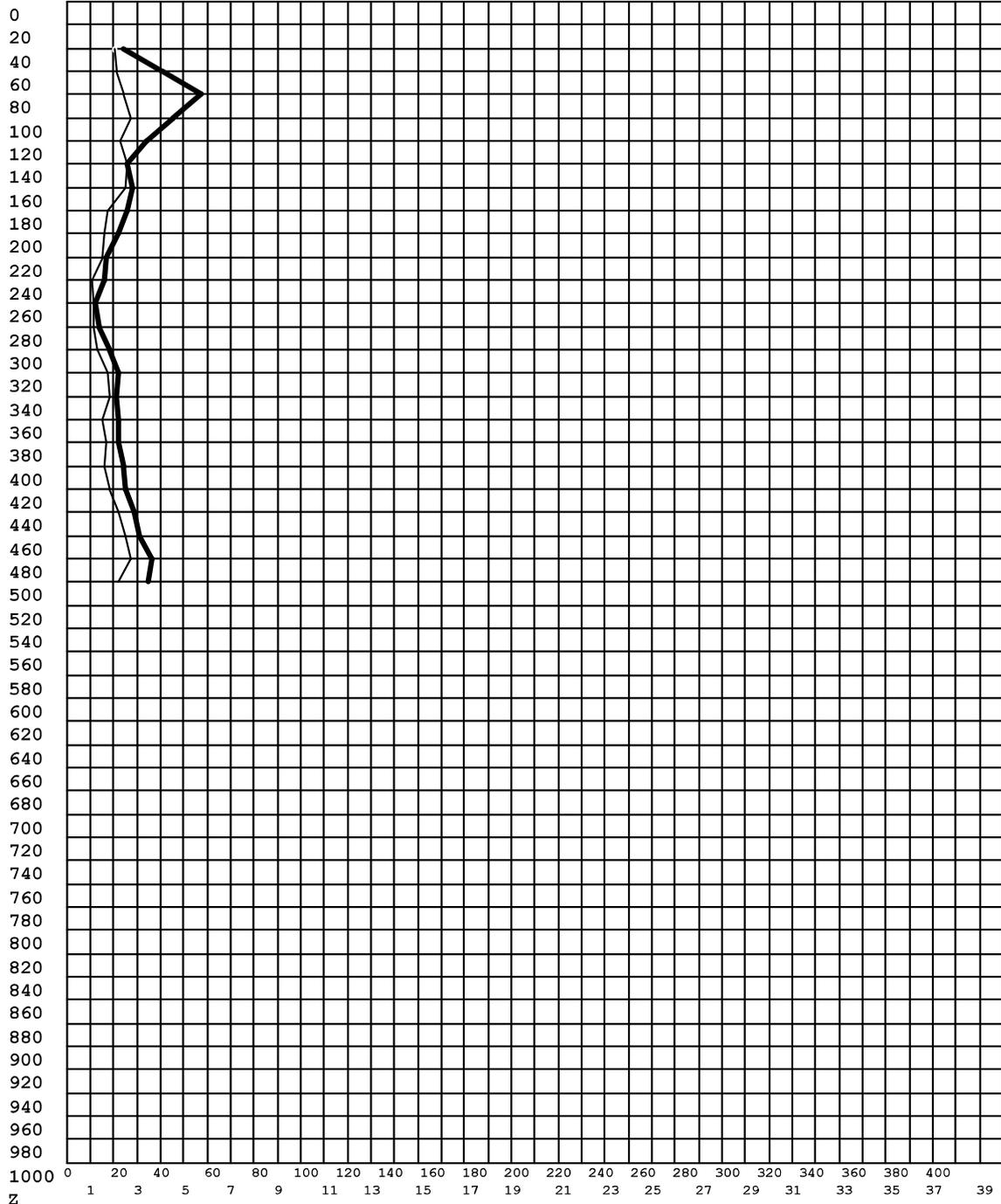
Rf - Rapporto delle resistenze Fs/Qc (in %). Car - Caratterizzazione del terreno (Incoerente/Coerente). Dr - Densità relativa (in %).

Fi - Angolo di attrito efficace (in gradi). Cu - Resistenza al taglio non drenata (in Kg/cm<sup>2</sup>). Cu n.- Resistenza al taglio non drenata normalizzata.

Mv - Coefficiente compressione volumetrica (in cm<sup>2</sup>/Kg). Classificazione - interpretazione stratigrafica del terreno (da SEARLE 1979)

## Diagramma di resistenza alla punta

**Committente** : Comune di Campi Bisenzio  
**Note** :  
**Indagine** : VA-194-18 - Certificato di prova : 211-18  
**Località** : Pista ciclabile La Rocca - Gonfienti, Campi B.zio  
**Numero prova** : 10  
**Data prova** : 05/11/18  
**Note operative** :  
**Profondità falda** : (cm)  
**Spinta penetr.** : 10 (tonn.)



**Qc**  
**Fs**

**Legenda**

**Ascisse** : Qc - lettura punta (in Kg/cm<sup>2</sup> - tratto grafico marcato)  
 : Fs - resistenza unitaria attrito laterale (in Kg/cm<sup>2</sup>)  
**Ordinata**: Z - profondità dal piano di campagna (in centimetri)

**Igetecma s.n.c.**  
**Sede:** Via delle Pratella 18/20 Montelupo F.no (FI)  
**Tel.** 0571-1738160 **Fax.** 055-7320415