

**COMUNE DI CASTELFRANCO DI SOTTO - (Pisa)**

**PIANO DI RECUPERO PER CAMBIO DESTINAZIONE E  
SPOSTAMENTO DI VOLUMI**

**Via Aiale n. 57**

**RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA'**

**(L.R. 3 gennaio 2005 n. 1, art. 62 – D.P.G.R. 25 Ottobre 2011 n. 53/R)**

COMMITTENTE:	SIG. MARCO COSTAGLI
GEOLOGO:	DR. GEOL. ERALDO SANTARNECCHI
COLLABORATRICE:	DOT.SSA GEOL. CINZIA LOCCI
DATA:	APRILE 2018



IL GEOLOGO

Dr. Geol. Eraldo Santarnecki

*Iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione  
Toscana con numero di riferimento 240*

**Dr. ERALDO SANTARNECCHI - Geologo**

Via della Costituente, 17 - 56024 PONTE A EGOLA (PI)

Tel: 0571/485277 Fax: 0571/1831592 e-mail: info@studiolithos.net

pec: e.santarnecki@pec.geologitoscana.net

## **SOMMARIO**

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1</b>	<b>Ubicazione ed inquadramento geologico-geomorfologico</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL D.P.G.R. 25 OTTOBRE 2011, N. 53/R)</b> .....	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>Carta della Pericolosità Geomorfologica</b> .....	<b>4</b>
<b>3.2</b>	<b>Carta della Pericolosità Idraulica</b> .....	<b>4</b>
<b>3.3</b>	<b>Carta delle aree con problematiche idrogeologiche</b> .....	<b>5</b>
<b>3.4</b>	<b>Carta delle aree a Pericolosità Sismica Locale</b> .....	<b>5</b>
<b>3.5</b>	<b>Carta della Fattibilità</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>RISCHIO SISMICO</b> .....	<b>7</b>
<b>4.1</b>	<b>Categorie del suolo di fondazione</b> .....	<b>8</b>
<b>4.2</b>	<b>Indagine sismica MASW</b> .....	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>STRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI INTERVENTI IN PROGETTO</b> .....	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>CONSIDERAZIONI SULLE ACQUE METEORICHE</b> .....	<b>16</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>17</b>

## **1 PREMESSA**

Nella presente relazione di Fattibilità si riferisce di uno studio geologico – tecnico di supporto al Piano di Recupero per cambio destinazione e spostamento di volumi in Via Aiale n. 57 nel Comune di Castelfranco di Sotto (PI) (vedi corografia di figura 1 allegata).

Come meglio osservabile negli elaborati di Progetto, il progetto prevede la demolizione di volumi agricoli ed il loro spostamento nel terreno di proprietà a Nord per la creazione di n. 2 Unità Abitative (vedi planimetria di figura 10 allegata).

Dopo un inquadramento di carattere geomorfologico ed idraulico dell'area d'intervento e di un suo congruo intorno, viene illustrata la ricostruzione geostratigrafica resa possibile attraverso una campagna geognostica eseguita in sito e consistita nella realizzazione di n. 2 prove penetrometriche statiche spinte sino alla profondità massima di -11.0 m dal p.c. (vedi allegato 1).

Per la definizione della categoria sismica di suolo e quindi della velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità, è stata appositamente eseguita in sito un'indagine sismica superficiale con tecnica MASW (vedi allegato 2).

L'ubicazione delle indagini geognostiche eseguite viene riportata nella planimetria generale di figura 10 allegata.

Infine, si riporta l'inquadramento dell'area di intervento in termini di Pericolosità e Fattibilità secondo quanto dettato dall'art. 62 della L.R. 3 Gennaio 2005, n. 1 e del D.P.G.R. 25 Ottobre 2011 n. 53/R (Regolamento di attuazione dell'art. 62 della Legge Regionale 3 Gennaio 2005, n.1 in materia di indagini geologiche), e indicate le prescrizioni relative alle modalità di intervento da adottare per la realizzazione degli interventi previsti dal Piano di Recupero.

## 2 INQUADRAMENTO

### 2.1 Ubicazione ed inquadramento geologico-geomorfologico

L'area si colloca lungo Via Aiale in destra idraulica del Fiume Arno, ad una quota media di circa +16.0 m sul l.m.m., come emerso dal rilievo plano-altimetrico fornitoci dal Progettista.

Per quanto riguarda la stabilità, trattandosi di un'area pianeggiante, nell'immediato intorno della zona in esame non si rilevano situazioni di particolare pericolosità che possano influenzare, o essere influenzate, dall'intervento in progetto.

Sulla zona affiorano depositi alluvionali recenti di età olocenica prevalentemente coesivi argilloso-limosi (vedi carta geologica di figura 2 allegata), appartenenti all'Unità litologico-tecnica "F" di limi e argille moderatamente consistenti.

Le indagini condotte in sito hanno permesso di riconoscere la presenza, dopo un primo spessore di terreno vegetale, di depositi prevalentemente coesivi argilloso-limosi e limoso-sabbiosi da mediamente a poco compatti.

Per quanto riguarda l'idrogeologia, in corrispondenza dei livelli limoso-sabbiosi meno compatti che si possono trovare intercalati ai terreni di natura prevalentemente coesiva, si può originare un livello di falda superficiale entro i primi 10.0 m di profondità, come testimoniato da pozzi a sterro posti nelle vicinanze dell'area in esame (vedi carta idrogeologica Comunale); durante la realizzazione delle indagini condotte in sito (Febbraio 2018) NON è stata, comunque, rilevata presenza di acqua almeno sino alla profondità massima di - 11.0 m indagata.

### **3 CLASSIFICAZIONE DELL'AREA IN TERMINI DI PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ (SECONDO I CRITERI DETTATI DAL D.P.G.R. 25 OTTOBRE 2011, N. 53/R).**

Secondo gli elaborati di supporto alla Variante Generale al R.U. Comunale redatta ai sensi del DPGR 53/R-2011, l' area in esame risulta così classificata in termini di Pericolosità:

#### **3.1 Carta della Pericolosità Geomorfologica**

L'area in esame ricade nella Classe di Pericolosità Geomorfologica media – G.2 (vedi figura 3 allegata) , comprendente le aree con elementi geomorfologici, litologici e giacaturali dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto.

#### **3.2 Carta della Pericolosità Idraulica**

La zona in esame ricade nella Classe di **Pericolosità Idraulica elevata (classe I.3)**, comprendente le aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $30 < Tr < 200$  anni (vedi figura 4 allegata).

Dalla carta dei Battenti riportata nella figura 5 allegata, si evince che **l'area oggetto di intervento è soggetta ad una battente idrico per eventi con TR di 200 anni pari a +16.80 m slm.**

In seguito alla consultazione delle mappe di piano e rischio di alluvioni predisposte per il **P.G.R.A.** del bacino dell'Arno, nel Distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale, individuato nell' art. 64 del D.L. 152/2006, è stato possibile constatare che le aree in esame ricadono all'interno di una zona contrassegnata da Classe di **Pericolosità da alluvione media P2**, corrispondente ad area inondabile da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni (vedi figura 9 allegata).

Facendo riferimento all' art. 9 comma 1 della Disciplina di Piano della Unit of Management (P.G.R.A.) nelle aree a P2 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 della Disciplina di Piano.

Nelle aree P2 l'Autorità di Bacino si esprime sugli interventi di cui al comma 2 dell'art. 9 in merito alla compatibilità degli stessi con il raggiungimento degli obiettivi di PGRA delle U.O.M. Arno, Toscana Nord, Toscana Costa e Ombrone.

### **3.3 Carta delle aree con problematiche idrogeologiche**

La zona ricade nella Classe di Vulnerabilità Idrogeologica media – sottoclasse 3b (vedi figura 6 allegata); in essa ricadono nelle aree di pianura le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra 7 e 15 giorni.

### **3.4 Carta delle aree a Pericolosità Sismica Locale**

La zona in esame ricade nella Classe di pericolosità Sismica media – S.2 (vedi figura 7 allegata), comprendente zone stabili suscettibili di amplificazioni locali che non rientrano tra quelle previste per la classe di pericolosità S.3.

Nello specifico, l'area ricade nella Zona 4 di fondovalle del Fiume Arno (vedi carta mops di figura 8 allegata), comprendete i depositi alluvionali attuali e recenti del Fiume Arno a componente prevalentemente argillosa.

### **3.5 Carta della Fattibilità**

Come indicato dal D.P.G.R. 53/R del 2011 di cui il punto 3.1 e in base alla L.R. 1/2005, art. 62, tenendo conto delle classi di Pericolosità sopra descritte, all'area in esame possono essere attribuite le seguenti Classi di Fattibilità:

**Fattibilità Geologica con normali vincoli – F.2**, la quale si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

Le indagini geognostiche condotte in sito (n. 2 prove penetrometriche di tipo statico), considerando che la singola U.A. non supererà i 1.500 mc di volume lordo (intervento ricadente nella Classe di indagine n. 2 ai sensi dell'art. 7 comma 3 del DPGR 36/R-2009) , risultano sufficienti sia per questa fase preliminare di fattibilità che nella fase successiva di intervento diretto .

**Fattibilità idraulica condizionata – F.3**, la quale si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali, ai fini della individuazione delle condizioni di compatibilità degli interventi con le situazioni di pericolosità riscontrate, è necessario definire la tipologia degli approfondimenti di indagine da svolgersi in sede di predisposizione dei piani complessi di intervento o dei piani attuativi o, in loro assenza, in sede di predisposizione dei progetti edilizi.

Pertanto, dovrà essere garantita la messa in sicurezza idraulica ed il non aggravio delle condizioni di pericolosità nelle aree limitrofe.

Sulla base del rilievo fornitoci dal Progettista, la quota media del p.c. attuale risulta pari a +16.0 m sul l.m.m.; essendo il battente idrico per un evento duecentennale pari a +16.80 m (vedi figura 5 allegata), l'area è soggetta ad un battente idraulico, prodotto da un evento di allagamento con tempo di ritorno duecentennale, di **0.80 m**.

Alla luce di quanto sopra, **il piano di calpestio del piano terra di entrambi i fabbricati dovrà essere collocato a +80 cm rispetto alla quota del p.c. attuale in modo tale da garantire la sicurezza idraulica.**

L'intervento in progetto prevede la demolizione di volumi esistenti per la creazione di 2 unità abitative, con mantenimento dei volumi e superfici dei fabbricati esistenti come indicato negli elaborato di progetto.

Pertanto, l'intervento in progetto non creerà incremento di pericolosità per le aree limitrofe.

**Fattibilità Sismica con normali vincoli – F.2**, la quale si riferisce alle previsioni urbanistiche ed infrastrutturali per le quali è necessario indicare la tipologia di indagini e/o specifiche prescrizioni ai fini della valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia.

L'indagine sismica MASW eseguita ha permesso la restituzione del parametro Vs30 e categoria di suolo e la ricostruzione sismo-stratigrafica dei terreni, e risulta esauriente anche per la fase successiva di intervento diretto vista l'appartenenza alla classe di indagine n. 2 ai sensi dell'art. 7 comma 3 del DPGR 36/R-2009 (volume lordo compreso tra 150 m c e 1.500 mc).

#### 4 RISCHIO SISMICO

Il territorio del Comune di **Castelfranco**, classificato sismico ai sensi del D.M. 19.03.1982, in seguito all'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003 e successivamente con Deliberazione GRT n° 878 del 8 Ottobre 2012 della regione Toscana, viene inserito nella zona sismica 3 alla quale corrisponde un'accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, di 0.15  $a_g/g$ .

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008 e successivo DM 17-01-2018, invece, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi "stati limite" presi in considerazione, viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di intervento, che rappresenta l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che in un fissato lasso di tempo, in un detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. In base a quanto riportato nelle NTC, tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento"  $V_R$ , legato alla "vita nominale" dell'edificio in progetto  $V_N$  ( $V_R = V_N \times C_u$  dove  $C_u$  è il coefficiente d'uso legato alla categoria dell'edificio), e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR.

Per descrivere la pericolosità sismica in un generico sito con un livello di precisione sufficiente, sia in termini geografici che in termini temporali, i risultati dello studio di pericolosità sismica devono essere forniti:

- a) in corrispondenza dei punti di un reticolo ("reticolo di riferimento") i cui nodi, individuati in termini di latitudine e longitudine, debbono distare di un passo  $\leq 0,05^\circ$ ;
- b) per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadendo in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi;
- c) in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai

sensi delle NTC, nelle condizioni di sottosuolo rigido affiorante.

In particolare, i caratteri del moto sismico sul sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica PVR.

$a_g$  = accelerazione massima al sito;

$F_o$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$TC^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Il valore di  $a_g$  viene desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dall' INGV, mentre  $F_o$  e  $TC^*$  vengono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento forniti dalle NTC approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

Lo scuotimento del suolo così individuato deve essere corretto per tenere conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e della morfologia di superficie (con la determinazione della categoria di sottosuolo specifica del sito e dei coefficienti di amplificazione topografica **ST** e stratigrafica **Ss**).

#### 4.1 Categorie del suolo di fondazione

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.11 delle NTC (vedi tabella 1) , si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ .

I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte

integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di  $V_s$  sono ottenuti mediante specifiche prove ovvero, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{I=1,N} h_i/V_{S_i}}$$

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

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità, ottenendo pertanto la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{I=1,N} h_i/V_i}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $< 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 m superiori;  $NSPT$ ,  $c_u$  e  $V_s$  sono i valori rappresentativi degli strati considerati.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

CATEGORIA	DESCRIZIONE
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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.
E	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 1

**La velocità media delle onde di taglio e quindi la categoria sismica di suolo, è stata determinata tramite l'esecuzione di un'indagine sismica superficiale con tecnica MASW** (vedi sua ubicazione nella planimetria di figura 10 allegata).

Come già anticipato nel capitolo precedente, tale indagine potrà essere riutilizzata in fase successiva di realizzazione dei singoli interventi diretti in quanto i fabbricati

non supereranno i 1500 mc di volume lordo, secondo quanto dettato dal D.P.G.R. 36/R-2009 , art. 7 comma 3 (classe di indagine di appartenenza n. 2).

Nel paragrafo successivo vengono riportati i risultati ottenuti con tale indagine.

#### **4.2 Indagine sismica MASW**

L'indagine sismica è stata svolta in data Marzo 2018 attraverso l'esecuzione di un profilo sismico la cui ubicazione è riportata nella planimetria di figura 10 allegata alla presente relazione. La tecnica MASW consiste nella registrazione simultanea di più ricevitori (minimo 12) di una vibrazione prodotta da una sorgente sismica impulsiva posta ad una data distanza dal primo ricevitore.

Tale tecnica, attraverso la registrazione delle modalità di propagazione delle onde superficiali (Onde di Rayleigh) permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio Sv lungo un profilo verticale.

L'indagine realizzata è stata condotta mediante uno stendimento sismico costituito da 24 geofoni allineati e separati tra loro da una distanza intergeofonica costante di 1.5 m.

Il sismografo utilizzato è stato attrezzato con 12 canali a 16 bit, collegati a 12 geofoni verticali da 4,5 Hz, mentre, per l'energizzazione è stata utilizzata una massa di 4.0 kg battente perpendicolarmente al terreno.

La lunghezza complessiva dello stendimento, fra il primo e l'ultimo geofono, è stata quindi di 34.5 m e sono state eseguite due energizzazioni, disposte rispettivamente a 2.0 m di distanza dal primo e dall'ultimo geofono, in modo da ottenere due profili 1 – D da poter confrontare.

L'elaborazione dei sismogrammi acquisiti è stata effettuata mediante software "MASW 2.0.0.9" (software per la determinazione dello spettro di velocità e l'inversione della curva di dispersione sperimentale secondo il metodo MASW - Multichannel Analysis of Surface Waves).

Nella tabella seguente vengono riassunte le caratteristiche adottate per l'indagine MASW realizzata in sito:

N. GEOFONI	<b>24</b>
DISTANZA INTERGEOFONICA	<b>1.5 m</b>
LUNGHEZZA COMPLESSIVA STENDIMENTO	<b>34.5 m</b>
N. PUNTI DI SCOPPIO	<b>2</b>
OFF SET SCOPPI	<b>2 m</b>
TIPO DI ENERGIZZAZIONE	<b>Mazza battente da 4.0 Kg</b>
TEMPO DI ACQUISIZIONE	<b>2 sec.</b>
INTERVALLO DI CAMPIONAMENTO	<b>4000 Hz</b>

Tabella 2 – caratteristiche adottate per indagine MASW

Il modello conseguito dell'elaborazione dei sismogrammi ottenuti con il profilo G1-G24 (vedi planimetria di figura 10) individua un valore di  $V_{s30}$  pari a 202 m/s al quale corrisponde una **categoria di suolo sismico di tipo C** così come indicato nella tab. 3.2.II del D.M. 14/01/08.

In allegato 2 vengono riportati i risultati e l'elaborazione completa dell'indagine MASW eseguita.

## **5 STRATIGRAFIA E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO**

Come già accennato precedentemente, ai fini della caratterizzazione specifica dei terreni presenti nell'area in esame, sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche di tipo statico spinte sino alla profondità massima di -11.0 m dal p.c.; l'ubicazione delle suddette indagini viene riportata nella planimetria di figura 10 allegata, mentre la loro elaborazione in allegato 1.

I risultati dei test penetrometrici indicano per l'area in esame, al di sotto di uno spessore superficiale di terreno vegetale (0.80 m), la presenza di terreni prevalentemente coesivi (argilla limosa mediamente compatta con un livello intermedio di limo sabbioso maggiormente incoerente poco compatto).

Nelle tabelle seguenti si descrivono gli orizzonti litologici, con i relativi parametri geotecnici mediati, lungo le due verticali di prova:

### **Prova penetrometrica statica CPT 1**

STRATO	PROFONDITÀ (m)	LITOLOGIA	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (Kg/cmq)	M <sub>o</sub> (Kg/cmq)
1	p.c. – 0.80	Terreno vegetale	-	-	-
2	0.80 – 5.60	Argilla limosa mediamente compatta	1.83	0.78	55
3	5.60– 10.00	Limo sabbioso poco compatto	1.69	0.33	30
4	10.0– 11.0	Argilla limosa mediamente compatta	1.84	0.83	55

Tabella 3 – Parametri geotecnici lungo la verticale di prova CPT 1.  $\gamma$  - peso di volume; Cu: coesione non drenata; Mo – Modulo edometrico.

### **Prova penetrometrica statica CPT 2**

STRATO	PROFONDITÀ (m)	LITOLOGIA	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Cu (Kg/cmq)	M <sub>o</sub> (Kg/cmq)
1	p.c. – 0.80	Terreno vegetale	-	-	-
2	0.80 – 5.00	Argilla limosa mediamente compatta	1.85	0.88	51
3	5.00– 8.00	Limo sabbioso poco compatto	1.74	0.45	37
4	8.00– 10.0	Argilla limosa mediamente compatta	1.83	0.75	59

Tabella 4 – Parametri geotecnici lungo la verticale di prova CPT 2.  $\gamma$  - peso di volume; Cu: coesione non drenata; Mo – Modulo edometrico.

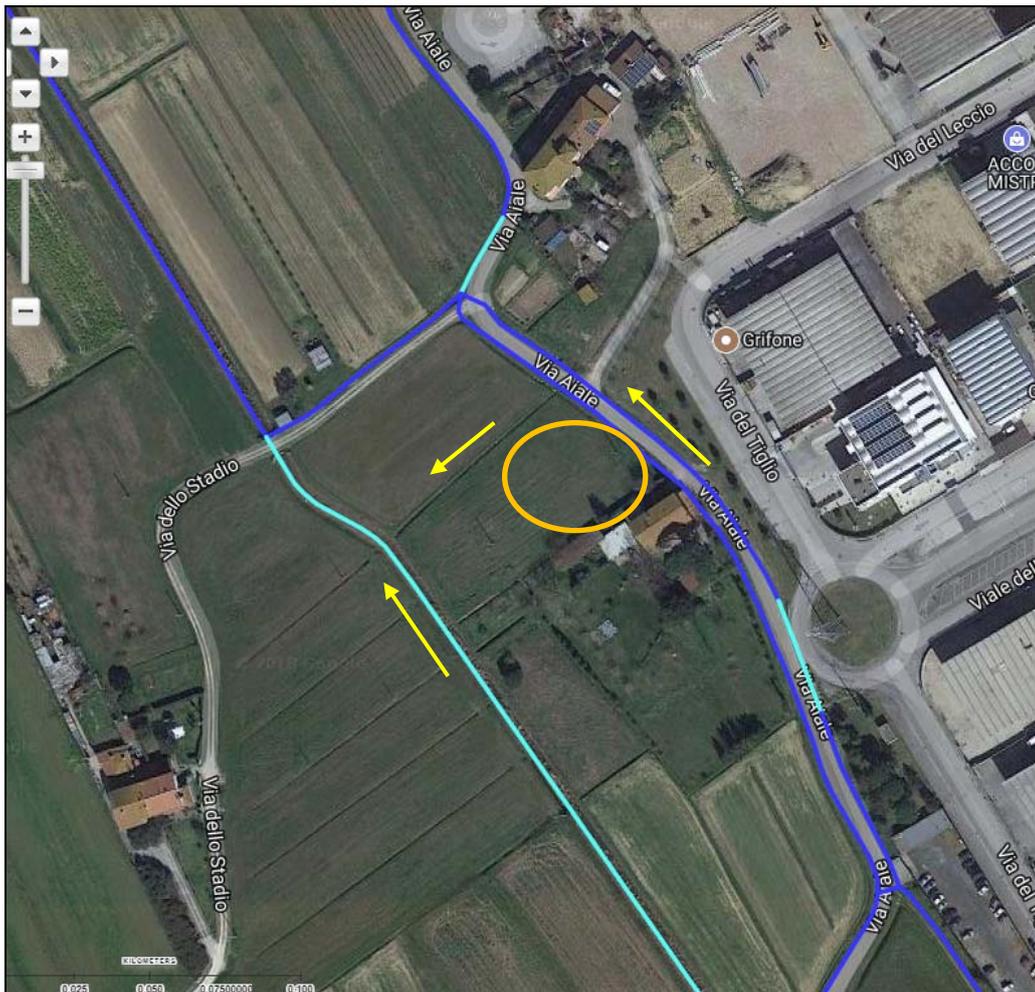
All'interno dei fori penetrometrici (Febbraio 2018) non è stata rilevata presenza di acqua almeno sino alla profondità massima di -11.0 m indagata.

Nella sezione tipo litostratigrafica di figura 11 allegata è riportata la stratigrafia desunta dalla prova CPT1 e la parametrizzazione geotecnica mediata tra le due prove penetrometriche statiche eseguite.

## 6 PRESCRIZIONI RELATIVE AGLI INTERVENTI IN PROGETTO

Alla luce dei risultati delle indagini geognostiche condotte sul sito e della definizione delle Classi di Pericolosità e di Fattibilità di appartenenza ai sensi del D.P.G.R. 53/R-2011, si possono esprimere le seguenti considerazioni:

- L'area interessata dal progetto risulta caratterizzata dalla presenza di uno strato superficiale di terreno pedologico di 0.80 m di spessore caratterizzato da disomogenee caratteristiche fisico-meccaniche, da oltrepassare per l'imposta delle strutture di fondazione.
- Le indagini condotte in questa fase di fattibilità potranno essere riutilizzate in fase successiva di realizzazione egli interventi diretti nel caso di volumetrie lorde non superiori a 1.500 mc (art. 7 comma 3 – Classe di indagine n. 2).
- Lungo Via Aiale su entrambi i lati corrono due fossi appartenenti al reticolo idrografico e di gestione della Regione Toscana censito con la LR 79/2012 aggiornato con DCRT 9/2015 (vedi figura A sotto riportata). Secondo quanto prescritto dall'art. 1 della L.R. 21/2012, "non sono consentite nuove edificazioni, la realizzazione di manufatti di qualsiasi natura o trasformazioni morfologiche 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, del ciglio di sponda". Pertanto, entro la fascia di larghezza di 10 metri dal fosso censito l'intervento in progetto dovrà rispettare quanto dettato dalla L.R. 21/2012.



-  Tratto in gestione
-  Tratto non in gestione

Figura A: Reticolo di gestione LR 79/2012 aggiornato con DGRT 1357/2017

- Il piano di calpestio dei due fabbricati dovrà essere impostato ad una quota di +0.80 m rispetto a quella attuale in modo tale da garantire la sicurezza idraulica. Essendo le superfici in progetto le medesime di quelle da demolire, non è prevista compensazione idraulica.
- Le acque bianche dei fabbricati verranno indirizzate all'interno del fosso ubicato a Nord della Proprietà, recapitante nel fosso principale posto ad

Ovest (Sud-Nord) , tratto non in gestione e rappresentato in celeste chiaro nella figura A (vedi capitolo 7).

## 7 CONSIDERAZIONI SULLE ACQUE METEORICHE

Il progetto in esame prevede il mantenimento della superficie permeabile, in quanto le nuove superfici in progetto 'compenseranno' la demolizione dei volumi esistenti la cui superficie è ad oggi impermeabile ma in futuro diventerà permeabile.

Si avrà, invece, un leggero incremento della superficie impermeabile derivante dalla creazione dei marciapiedi dei due nuovi fabbricati pari a mq.252

Pertanto, al fine di tutelare il reticolo idrografico esistente, si dovrà verificare la portata massima convogliata al fosso nelle condizioni di Progetto, in modo tale da prevedere, se non il miglioramento, almeno il mantenimento delle condizioni di deflusso delle acque superficiali analogo alle condizioni pre-intervento in modo da evitare che il reticolo idrografico possa ricevere una portata d'acqua superiore a quella che attualmente riceve (invarianza idraulica).

Come pioggia critica per il sistema locale, si considera la **pioggia oraria ventennale**, che è comunemente presa a riferimento per le valutazioni locali dei surplus derivanti dalla impermeabilizzazione dei suoli.

Piogge di maggiore durata, pur dando luogo a volumi idrici maggiori, comportano piogge meno intense con portate di afflusso alla rete idrica superficiale inferiore a quelle presa in riferimento. Piogge di durata inferiore, pur dando luogo a portate più elevate, danno origine, altresì, a volumi idrici insignificanti comportando un sottodimensionamento degli eventuali dispositivi di ritenzione.

In queste condizioni è possibile stimare la portata scolante dal lotto in esame sia allo stato attuale che modificato.

Per il caso specifico, è stata presa in considerazione una pioggia critica oraria pari a **48.52 mm** ricavata dai dati pluviometrici riferiti al Comune di Castelfranco di Sotto (valore ricavato, per la zona in esame, tramite Servizio Idrologico Regionale – Analisi di Frequenza Regionale delle Precipitazioni Estreme – LSPP – aggiornamento al 2012).

Considerando tale pioggia oraria ventennale calcoliamo le varie volumetrie attraverso la seguente relazione (metodo razionale):

$$Q = C \times h \times S$$

Con:

C = coefficiente di deflusso

h = altezza di pioggia in metri

S = superficie del lotto

Tenuto conto della tipologia dello strato superficiale dei terreni presenti in sito, costituiti essenzialmente da depositi argilloso-limosi, e da quanto indicato in letteratura tecnica (Ippoliti 1960), per la nuova superficie impermeabile può essere considerato un coeff. di deflusso pari a 0.85, ottenendo pertanto:

$$Q = 0.85 \times 0.04852 \times 252 = 10,40 \text{ m}^3/\text{h}$$

Al fine di tutelare il reticolo idrografico superficiale, dovrà essere previsto un sistema di immagazzinamento di tale portata in eccesso (mc 10,40 ); le acque trattenute, a tempo debito, dovranno essere rilasciate nel fosso campestre in pozzetti dotati di bocca tarata.

## 8 CONCLUSIONI

La presente relazione di Fattibilità geologica è stata redatta a supporto del Piano di Recupero per cambio destinazione e spostamento di volumi in Via Aiale n. 57 nel Comune di Castelfranco di Sotto (PI) (vedi corografia di figura 1 allegata).

Si è proceduto ad un inquadramento dell'area oggetto di intervento in termini di Pericolosità e Fattibilità Geomorfologica e Idraulica sulla base di quanto dettato dall'art. 62 della L.R. 3 gennaio 2005, n. 1 e dal D.P.G.R. 25 Ottobre 2011, n. 53/R (Regolamento di attuazione dell'art. 62 della Legge Regionale 3 Gennaio 2005, n.1 in materia di indagini geologiche).

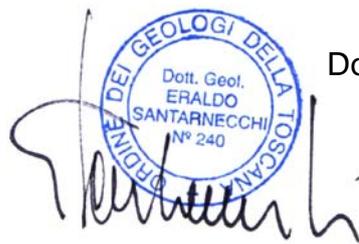
All'area in esame sono state attribuite le seguenti classi di fattibilità:

- **Fattibilità Idraulica condizionata - F.3**
- **Fattibilità geologica e sismica con normali vincoli – F.2**

In base a tali Fattibilità, derivanti dalla situazione di pericolosità del sito, sono state date una serie di indicazioni relative alle modalità di intervento per le opere previste in fase di realizzazione dei singoli interventi diretti, il tutto come descritto nel capitolo 6.

**Alle condizioni e nei limiti sopra esposti, gli interventi previsti dal presente Piano di Recupero risultano fattibili dal punto di vista geologico – tecnico, sismico ed idrologico - idraulico.**

Ponte a Egola, Aprile 2018



Dott. Geol. Eraldo Santarneckchi

## ALLEGATI

- **Fig. 1** - Corografia (scala 1:10.000).
- **Fig. 2** – carta geologica (scala 1:5.000). Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto alla variante generale al R.U. Comunale.
- **Fig. 3** - Carta della Pericolosità Geologica (scala 1:10.000). Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto alla variante generale al R.U. Comunale.
- **Fig. 4** - Stralcio Carta della Pericolosità Idraulica (scala 1:10.000). Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto alla variante generale al R.U. Comunale
- **Fig. 5** - Carta dei battenti con Tr 200 anni (scala 1:5000) – Tratta dalla Variante n. 10 al R.U. Comunale.
- **Fig. 6** - Stralcio Carta della Vulnerabilità Idrogeologica (scala 1:10.000). Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto alla variante generale al R.U. Comunale
- **Fig. 7** - Carta della Pericolosità Sismica (scala 1:10.000). Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto alla variante generale al R.U. Comunale
- **Fig. 8** - Carta delle Mops e delle frequenze fondamentali (scala 1:10.000). Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto alla variante generale al R.U. Comunale
- **Fig. 9** - Carta della Pericolosità Idraulica – Piano di gestione del Rischio Alluvioni (scala 1:10000) – Autorità di Bacino del Fiume Arno.
- **Fig. 10** – Planimetria generale – stato sovrapposto – con ubicazione indagini geognostiche eseguite (scala 1:500).
- **Fig. 11** – Pianta e sezione litostratigrafica interpretativa tipo (scala 1:100).
  
- **Allegato 1** – Elaborati prove penetrometriche statiche.
- **Allegato 2** – Elaborati indagine sismica superficiale MASW.

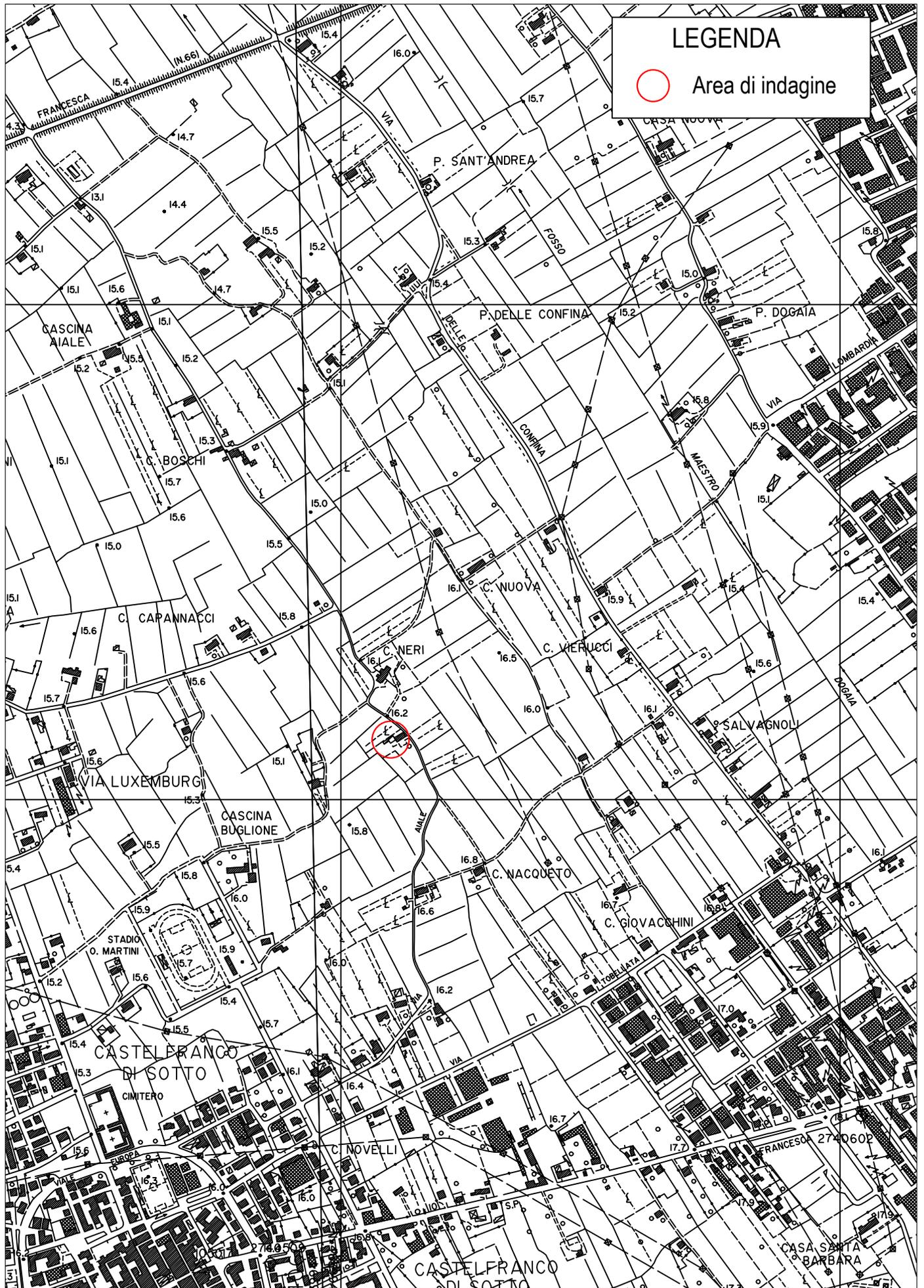


Figura 1- COROGRAFIA (scala 1:10.000)

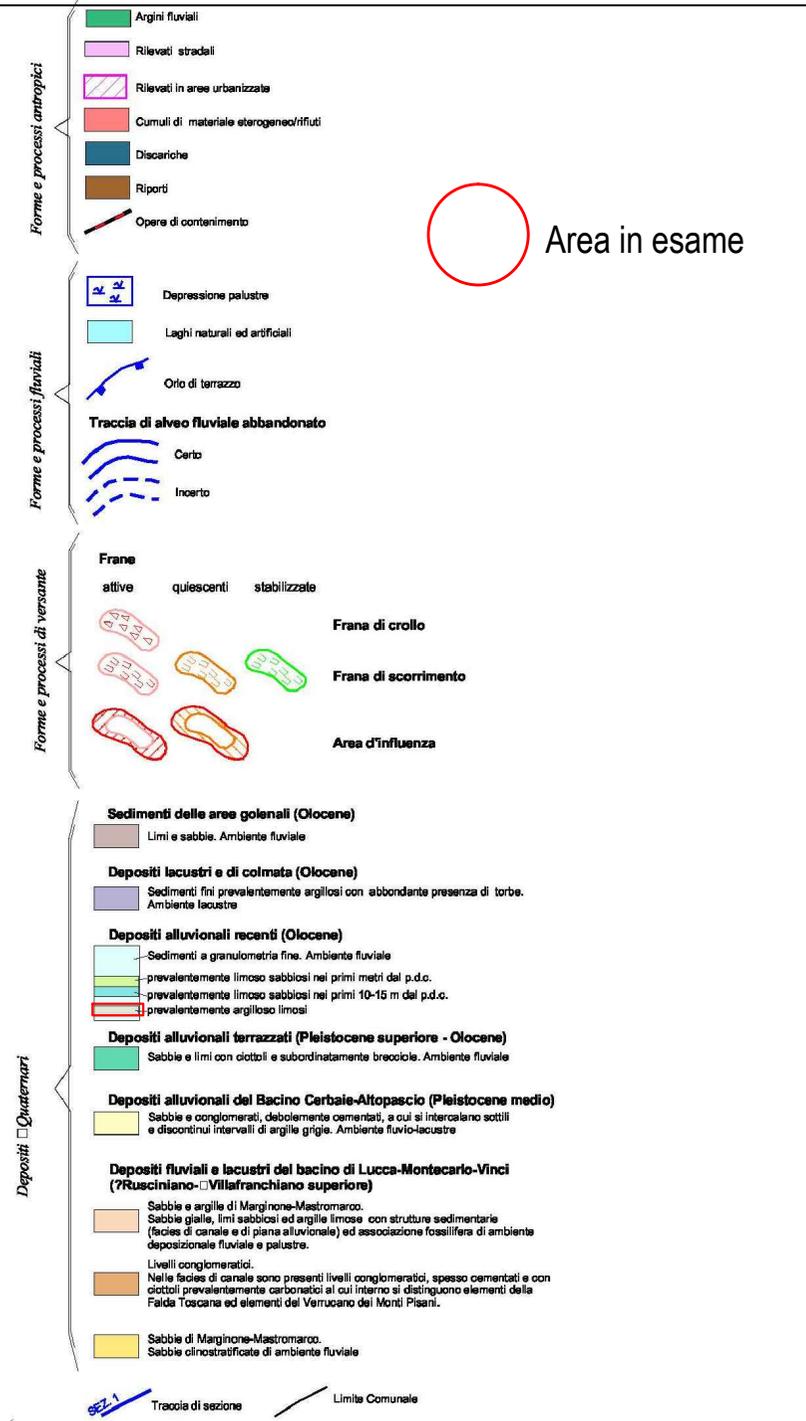
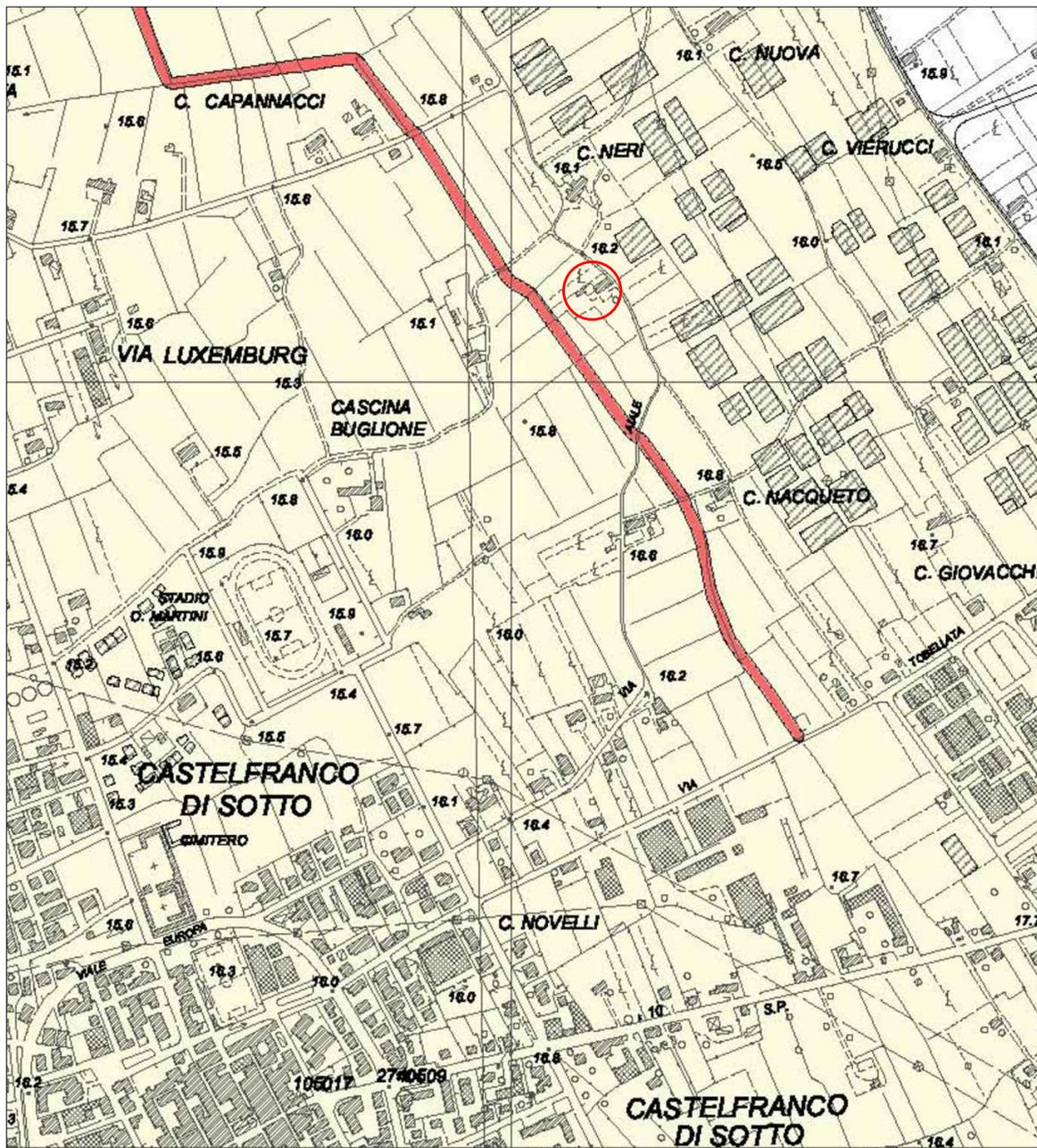


FIGURA 2: Carta Geologica - Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto alla Variante generale al R.U. Comunale (scala 1:5.000)



**FIGURA 3: Carta della Pericolosità Geologica - Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto alla Variante Generale al R.U. Comunale (scala 1:10.000)**

Classi di pericolosità ai sensi del D.P.G.R. N° 53/R

**G.4 - Pericolosità Geologica Molto Elevata**



Aree in cui sono presenti fenomeni attivi e relative aree di influenza

**G.3 - Pericolosità Geologica Elevata**



Aree in cui sono presenti fenomeni quiescenti; aree con potenziale instabilità connessa alla giacitura, all'acclività, alla litologia, alla presenza di acque superficiali e sotterranee, nonché a processi di degrado di carattere antropico; aree interessate da intensi fenomeni erosivi e da subsidenza; aree caratterizzate da terreni con scadenti caratteristiche geotecniche

**G.2 - Pericolosità Geologica Media**



Aree in cui sono presenti fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente); aree con elementi geomorfologici, litologici e giaciture dalla cui valutazione risulta una bassa propensione al dissesto.

**G.1 - Pericolosità Geologica Bassa**



Aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.

Classi di pericolosità ai sensi del P.A.I. - Bacino Arno

**Pericolosità molto elevata da frana (P.F.4):**



pericolosità indotta da fenomeni franosi attivi che siano anche causa di rischio molto elevato;

**Pericolosità elevata da frana (P.F.3):**



pericolosità indotta da fenomeni franosi attivi o da fenomeni franosi inattivi che presentano segni di potenziale instabilità (frane quiescenti) causa potenziale di rischio elevato;

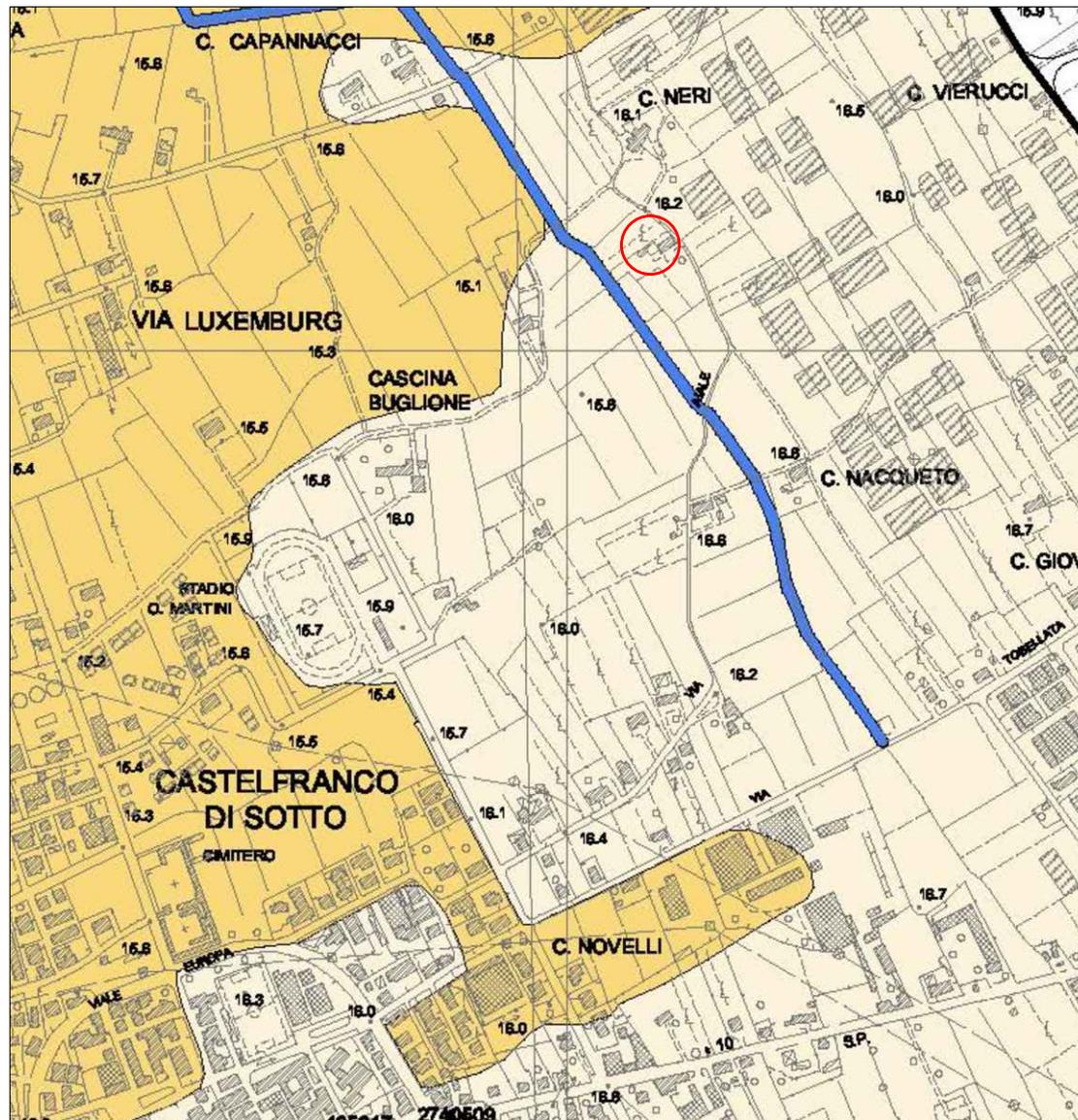
**Pericolosità media da frana (P.F.2):**



pericolosità indotta da fenomeni franosi inattivi stabilizzati (naturalmente o artificialmente) causa di rischio medio.



Area in esame



**CLASSI DI PERICOLOSITA' IDRAULICA NEL RISPETTO DEL D.P.G.R. n°53/R**

**(1.4) - PERICOLOSITA' IDRAULICA MOLTO ELEVATA**

**definita su notizie storiche e su base morfologica**


 Aree di fondovalle non protette da opere idrauliche per le quali ricorrono contestualmente entrambe le condizioni:  
 a) vi sono notizie storiche di inondazioni;  
 b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole, di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a ml. 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

**dedotta dal PAI Bacino Fiume Arno**


 P.I.4 PAI

**definita sulla base di verifiche idrologico-idrauliche**


 Aree interessate da allagamenti per eventi con  $Tr \leq 30$  anni

**(1.3) - PERICOLOSITA' IDRAULICA ELEVATA**

**definita su notizie storiche e su base morfologica**

Aree di fondovalle per le quali ricorre almeno una delle seguenti condizioni:

- a) vi sono notizie storiche di inondazioni;
- b) sono morfologicamente in situazione sfavorevole, di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a ml. 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.

**dedotta dal PAI Bacino Fiume Arno**


 P.I.3 PAI


 P.I.2 PAI

**definita sulla base di verifiche idrologico-idrauliche**


 Aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $30 < Tr \leq 200$  anni

**(1.2) - PERICOLOSITA' IDRAULICA MEDIA**

Aree di fondovalle per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni;
- b) sono in situazione di alto morfologico rispetto alla piana alluvionale adiacente, di norma a quote altimetriche superiori di ml. 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.

**(1.1) - PERICOLOSITA' IDRAULICA BASSA**

Aree collinari o montane prossime ai corsi d'acqua per le quali ricorrono le seguenti condizioni:

- a) non vi sono notizie storiche di precedenti inondazioni;
- b) sono in situazione favorevole di alto morfologico, di norma a quote altimetriche superiori di ml. 2 rispetto al piede esterno dell'argine o, in mancanza, al ciglio di sponda.



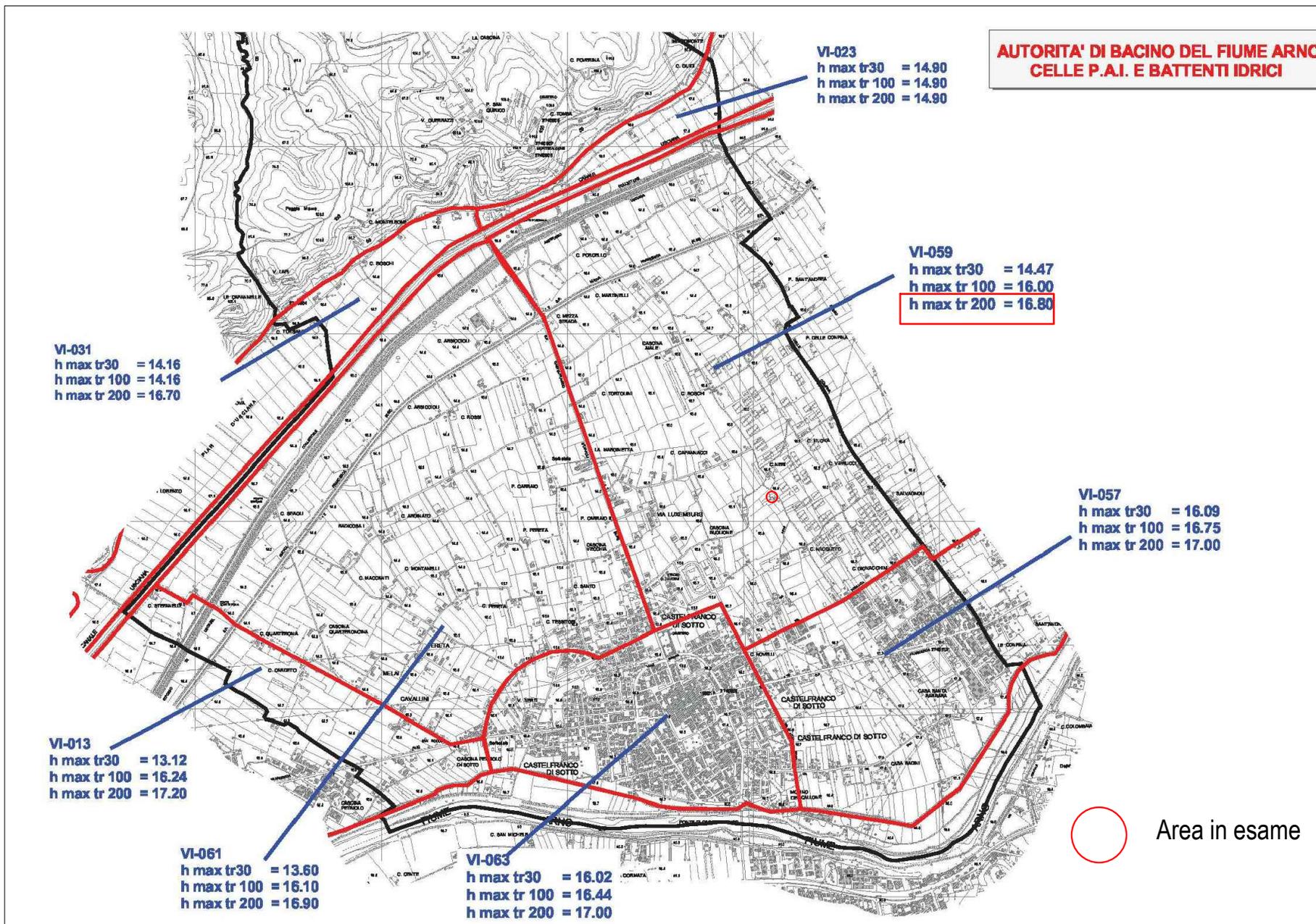
 Corsi d'acqua principali e laghi

 Argini

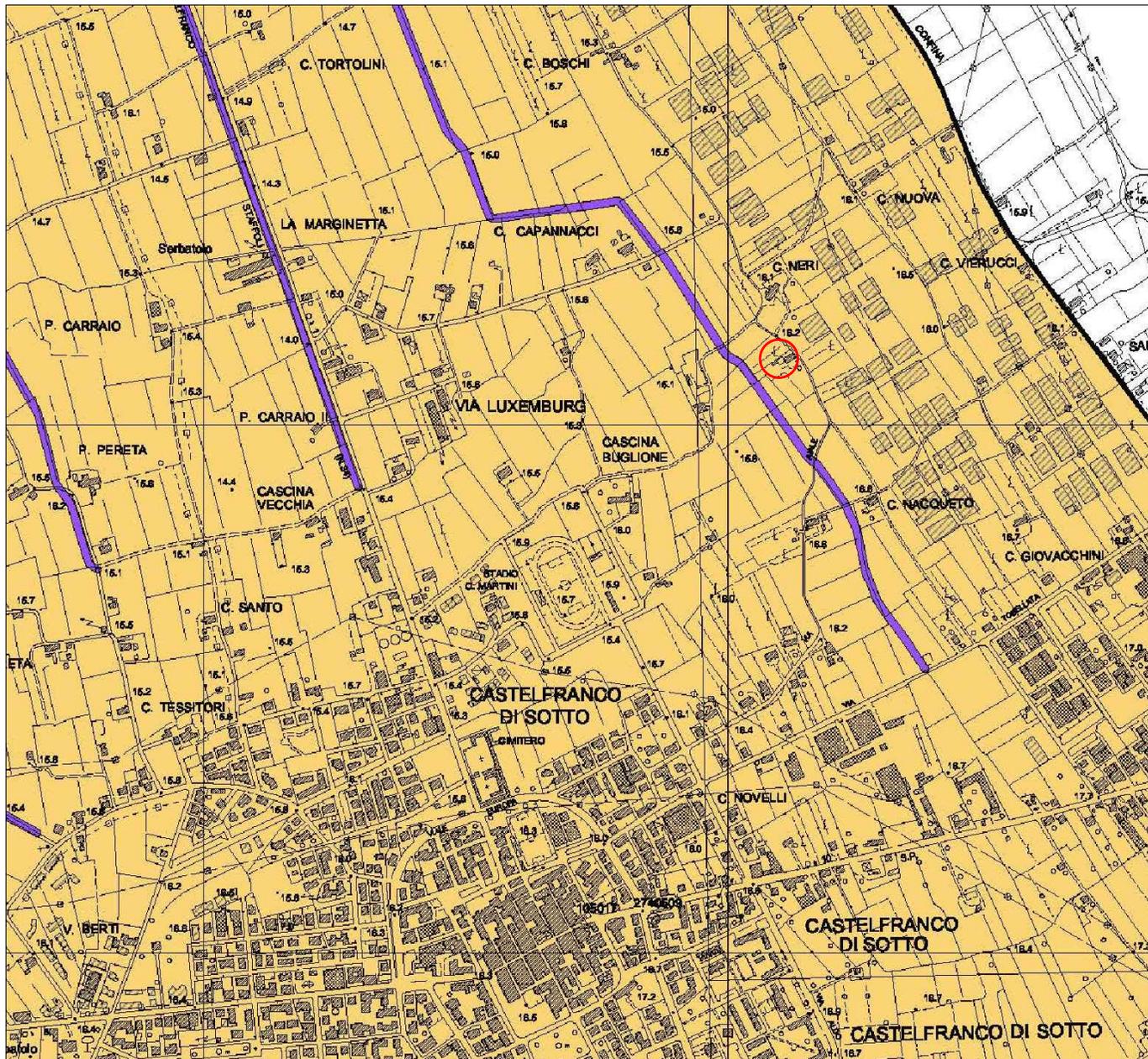
 Limite Comunale

 Area in esame

**FIGURA 4: Carta della Pericolosità Idraulica - Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto alla Variante Generale al R.U. Comunale (scala 1:10.000)**



**FIGURA 5: Carta dei Battenti - Tratta dalla Variante Generale al R.U. Comunale**



### CLASSE 1 - Vulnerabilità irrilevante

**NON RAPPRESENTATA**  
Riguarda le aree in cui la risorsa idrica considerata non è presente, essendo i terreni praticamente privi di circolazione idrica sotterranea, per cui gli eventuali inquinanti raggiungono direttamente le vicine acque superficiali o ristagnano sul terreno.

### CLASSE 2 - Vulnerabilità bassa

**NON RAPPRESENTATA**  
Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata è apparentemente non vulnerabile, corrisponde altresì alle situazioni in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda superiori a 30 giorni; in essa ricadono corpi idrici multifalda caratterizzati dalla presenza di alternanze tra litotipi a diversa ma comunque bassa permeabilità, terreni a bassa permeabilità sciolti o litoidi con pendenze superiori al 20% o con piezometria media profonda, terreni alluvionali in vallette secondarie in cui non si rilevano indizi certi di circolazione idrica e con bacino di alimentazione caratterizzato in affioramento da litologie argillose-sabbiose.

### CLASSE 3 - Vulnerabilità media

**Sottoclasse 3a**  
Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un certo grado di protezione, insufficiente tuttavia a garantirne la salvaguardia; in essa ricade il territorio collinare lontano dai corsi d'acqua e con falda freatica sufficientemente profonda. In tali zone sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 15 ed i 30 giorni.

**Sottoclasse 3b**  
Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione medio; in essa ricadono le zone in cui sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra i 7 ed i 15 giorni, quali le aree di fondovalle di tutti i corsi d'acqua, le aree collinari limitrofe ad essi, quelle consistenti in terrazzi alluvionali antichi.

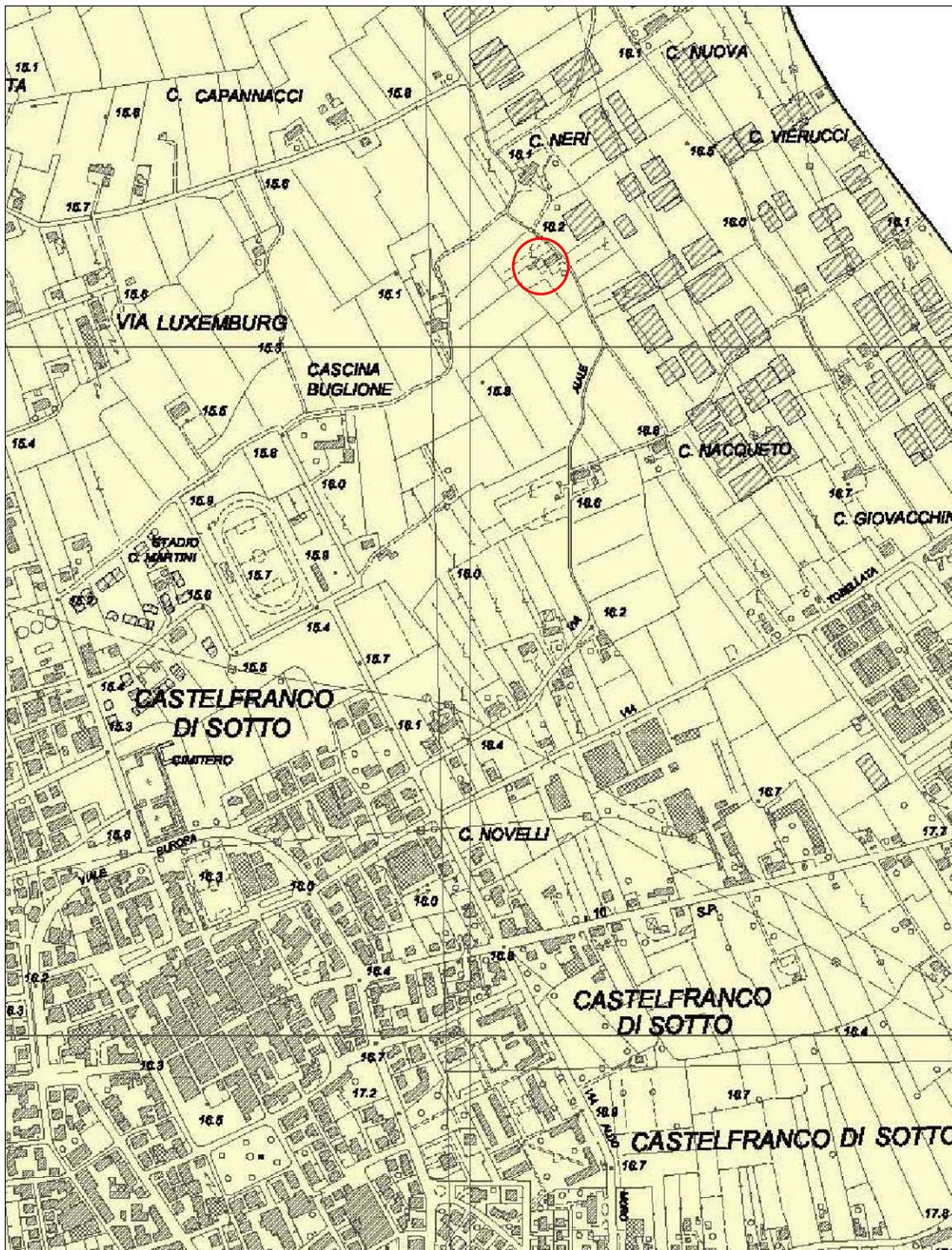
### CLASSE 4 - Vulnerabilità elevata

**Sottoclasse 4a**  
Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata presenta un grado di protezione insufficiente; in essa ricadono la zona del Padule di Bientina, il fondovalle del Rio di Ponticelli e la fascia di territorio compresa tra il Canale Usciana, il Canale Collettore e l'antifosso di Usciana. In tali aree sono ipotizzabili tempi di arrivo in falda compresi tra 1 e 7 giorni.

**Sottoclasse 4b**  
Corrisponde a situazioni in cui la risorsa idrica considerata è esposta, cioè in cui si possono ipotizzare tempi estremamente bassi di penetrazione e di propagazione in falda di eventuali inquinanti; in essa ricadono i laghi, le zone di alveo dei corsi d'acqua, la gola del Fiume Arno e la zona palustre ubicata nella parte nord del Padule di Bientina. In tali aree la falda è esposta o protetta soltanto da esigui spessori di sedimenti.

 Area in esame

**FIGURA 6: Carta della Vulnerabilità Idrogeologica - Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto alla Variante Generale al R.U. Comunale (scala 1:10.000)**



Classi di pericolosità ai sensi del D.P.G.R. N° 53/R

S.4 - Pericolosità sismica locale molto elevata

 Zone suscettibili di instabilità di versante attiva che potrebbero subire una accentuazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici.

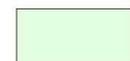
S.3 - Pericolosità sismica locale elevata

 Zone suscettibili di instabilità di versante quiescente che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; alle zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti che possono dar luogo a cedimenti diffusi; ai terreni suscettibili di liquefazione dinamica; alle zone in cui gli spessori dei depositi alluvionali attuali che giacciono al di sopra dei depositi del terrazzo delle Cerbaie sono compresi entro 20 metri ed alle zone di versante con pendenze maggiori di 15°.

S.2 - Pericolosità sismica locale media

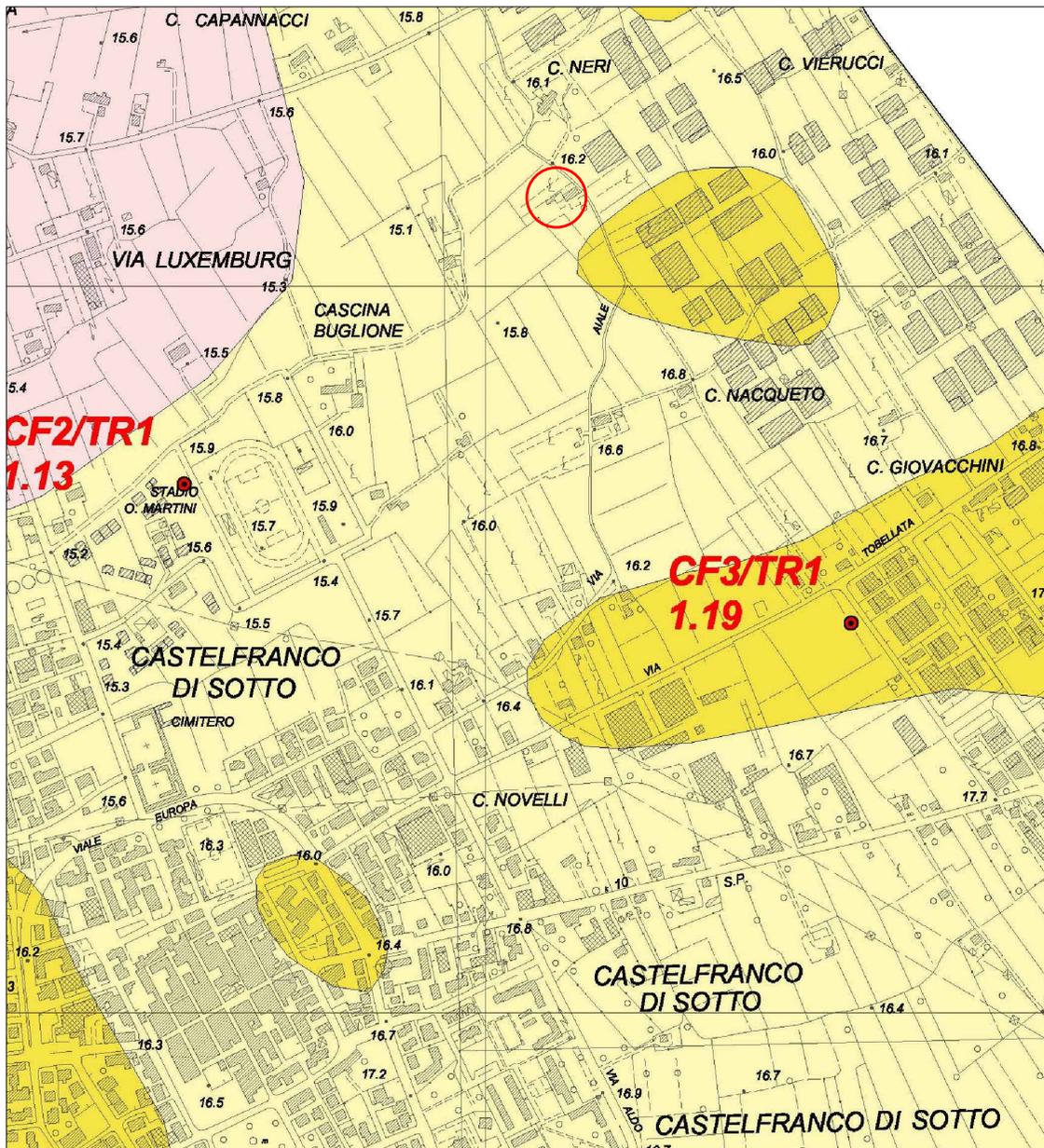
 Zone suscettibili di instabilità di versante inattiva e che pertanto potrebbero subire una riattivazione dovuta ad effetti dinamici quali possono verificarsi in occasione di eventi sismici; alle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali che non rientrano tra quelle previste per la classe di pericolosità sismica S3.

S.1 - Pericolosità sismica locale bassa

 Non rappresentata

 Area in esame

FIGURA 7: Carta della Pericolosità Sismica - Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto alla Variante Generale al R.U. Comunale (scala 1:10.000)



**ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI**

- Zona 1** ALTOPIANO DELLE CERBAIE ZONA MONTEFALCONE  
Depositi alluvionali del Bacino Cerbaie-Altospacio "Terrazzo delle Cerbaie"  
Depositi fluviali e lacustri del bacino di Lucca-Montecatini-Vinci  
nei termini delle sabbie e argille di Marghine-Mastromarco  
e dei livelli conglomeratici
- Zona 2** ALTOPIANO DELLE CERBAIE ZONA MONTEFALCONE  
Sabbie di Marghine-Mastromarco affioranti al piede  
del versante di Montefalcione-Poggio Adorno
- Zona 3** ALTOPIANO DELLE CERBAIE ZONA ORENTANO VILLA CAMPANILE  
CHIMENTI GALLENO  
Depositi alluvionali del Bacino Cerbaie-Altospacio "Terrazzo delle Cerbaie"
- Zona 4** FONDOVALLE FIUME ARNO  
Depositi alluvionali attuali e recenti del Fiume Arno a componente  
prevalentemente argillosa
- Zona 5** FONDOVALLE FIUME ARNO  
Depositi alluvionali attuali e recenti del Fiume Arno a componente  
prevalentemente sabbiosa
- Zona 6** FONDOVALLE FIUME ARNO  
Depositi alluvionali attuali e recenti del Fiume Arno a stratigrafia  
incerta nei primi 20 metri

**ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'**

- Instabilità di versante (FR)**
- a) attiva** Corpo di frana per crollo
  - b) quiescente** Corpo di frana per scorrimento
  - c) inattiva**

- Liquefazione (LI)**
- FONDOVALLE FIUME ARNO  
Depositi alluvionali attuali e recenti del Fiume Arno a componente  
prevalentemente sabbiosa potenzialmente liquefacibili (vedasi allegato 6)

- Cedimenti differenziali (CD)**
- PADULE DI BIENTINA**  
Terreni argillosi ed argilloso-torbosi poco consistenti, soggetti a cedimenti diffusi

- Amplificazione topografica**
- VERSANTE DI RACCORDO TRA IL "TERRAZZO DELLE CERBAIE"  
ED IL FONDOVALLE DEL FIUME ARNO  
zona di versante con pendenza > di 15°

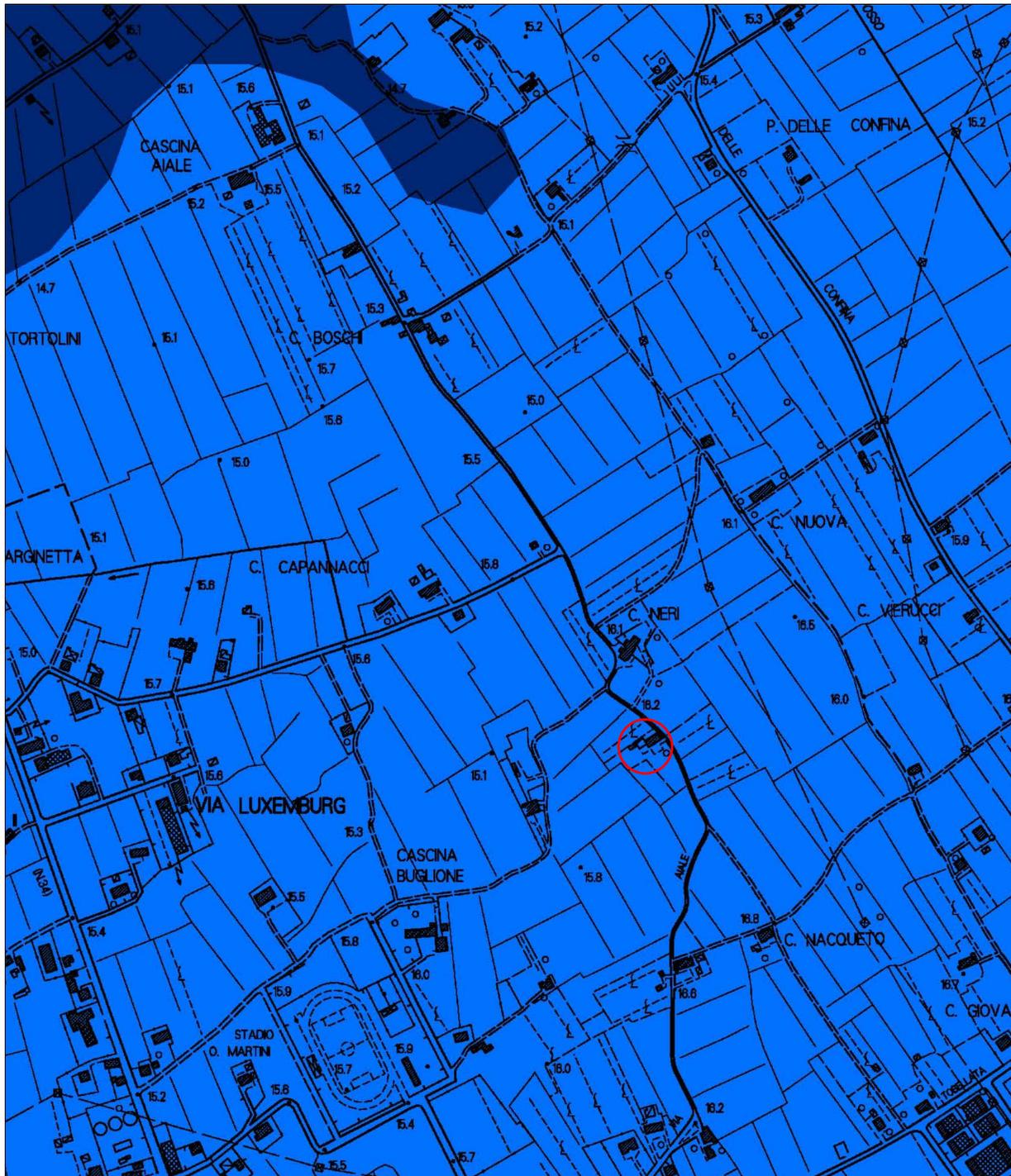
- Amplificazione stratigrafica**
- ZONE DI FONDOVALLE AL PIEDE DEL "TERRAZZO DELLE CERBAIE"  
Fondovalle del Fiume Arno e del Padule di Bientina nelle zone in cui i depositi  
alluvionali attuali e recenti hanno spessori calcolati entro 20 metri.

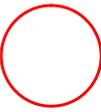
- Forme di superficie**
- Orlo di terrazzo fluviale < 10m
  - Orlo di terrazzo fluviale > 20m

- CF4-TR1** Sigla
- 1.25** Frequenza fondamentale
- n.r.** non rilevabile
- Sismica passiva (misure tromometriche)

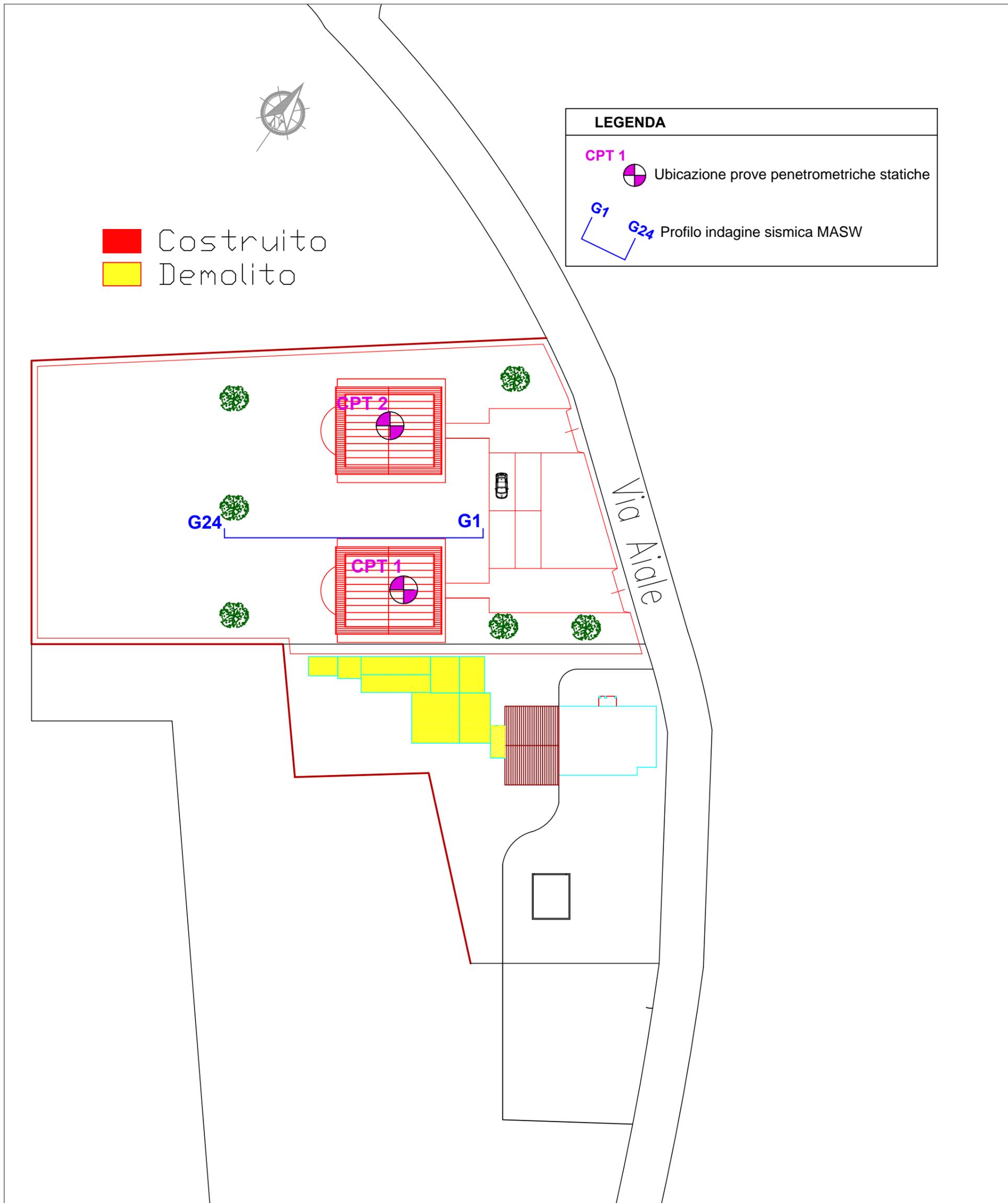
Area in esame

**FIGURA 8: Carta delle Mops e delle frequenze Fondamentali - Tratta dalle indagini geologico-tecniche di supporto alla Variante Generale al R.U. Comunale (scala 1:10.000)**

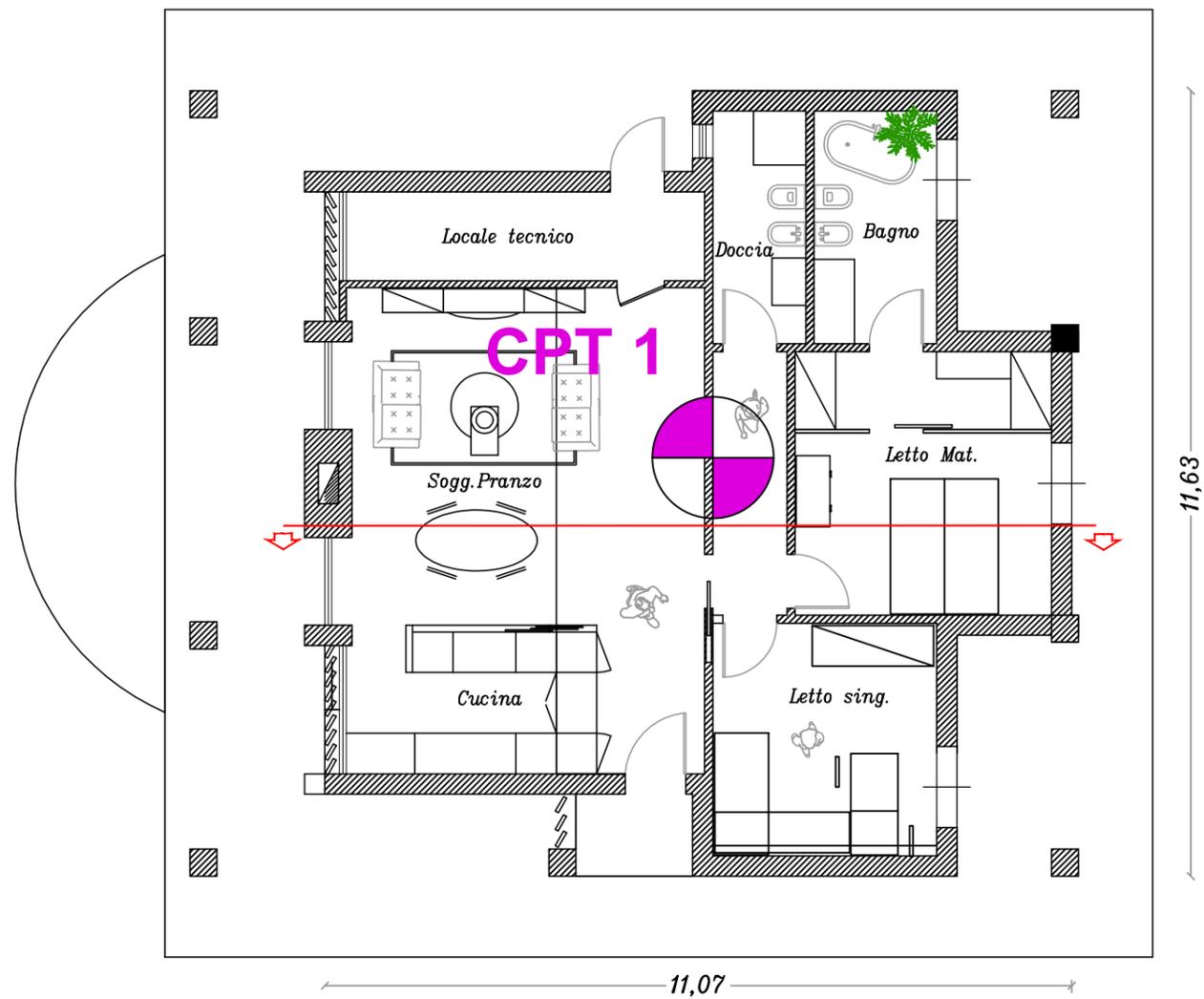


 Area in esame

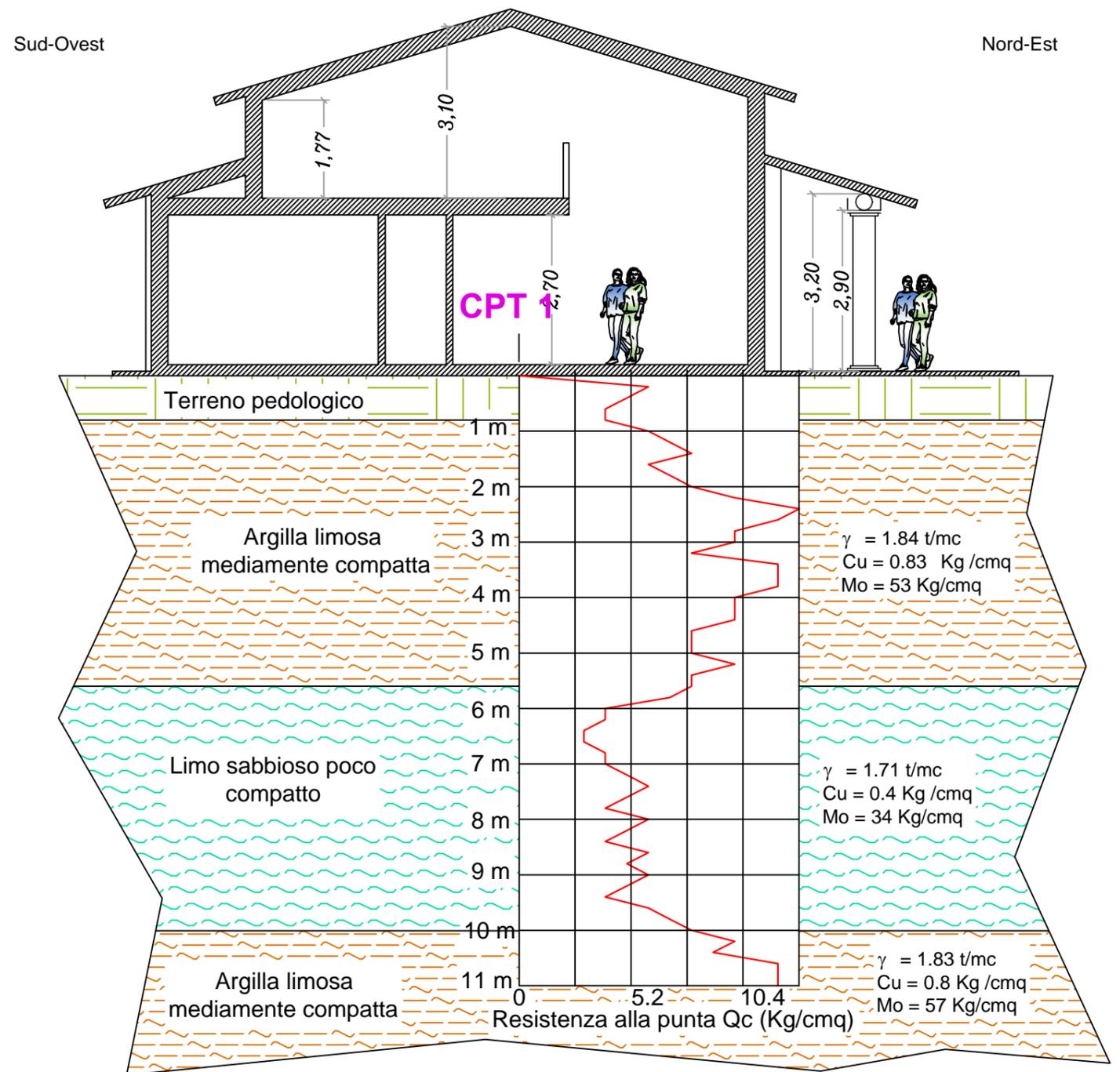
**FIGURA 9: Piano di Gestione del Rischio Alluvioni  
Pericolosità Idraulica (scala 1:10.000).  
Autorità di Bacino del Fiume Arno, Stralcio 358**



**FIGURA 10** - Planimetria generale - stato sovrapposto - con ubicazione indagini geognostiche eseguite (scala 1:500)



Pianta tipo con traccia sezione litostratigrafica



Sezione tipo litostratigrafica interpretativa

FIGURA 11 (scala 1:100)

---

# ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

Committente: Sig. Marco Costagli Cantiere: Castelfranco di Sotto, Via Aiale 57 Località:	
--	--

## Caratteristiche Strumentali DEEP DRILL

<b>Rif. Norme</b>	<b>ASTM D3441-86</b>
<b>Diametro Punta conica meccanica</b>	<b>35.7</b>
<b>Angolo di apertura punta</b>	<b>60</b>
<b>Area punta</b>	<b>10</b>
<b>Superficie manicotto</b>	<b>150</b>
<b>Passo letture (cm)</b>	<b>20</b>
<b>Costante di trasformazione Ct</b>	<b>10</b>

Esecutore prove:  
Dott. Geol. Eraldo Santarnecchi

**PROVA ...CPT 1**

Strumento utilizzato: DEEP DRILL

Prova eseguita in data: 16/02/2018

Profondità prova: 11.00 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	6.00	10.0	6.0	0.267	22.472	4.5
0.40	5.00	9.0	5.0	0.333	15.015	6.7
0.60	4.00	9.0	4.0	0.267	14.981	6.7
0.80	4.00	8.0	4.0	0.2	20.0	5.0
1.00	6.00	9.0	6.0	0.267	22.472	4.5
1.20	7.00	11.0	7.0	0.267	26.217	3.8
1.40	8.00	12.0	8.0	0.4	20.0	5.0
1.60	6.00	12.0	6.0	0.267	22.472	4.5
1.80	7.00	11.0	7.0	0.4	17.5	5.7
2.00	8.00	14.0	8.0	0.4	20.0	5.0
2.20	10.00	16.0	10.0	0.467	21.413	4.7
2.40	13.00	20.0	13.0	0.4	32.5	3.1
2.60	12.00	18.0	12.0	0.4	30.0	3.3
2.80	10.00	16.0	10.0	0.4	25.0	4.0
3.00	10.00	16.0	10.0	0.467	21.413	4.7
3.20	8.00	15.0	8.0	0.4	20.0	5.0
3.40	12.00	18.0	12.0	0.4	30.0	3.3
3.60	12.00	18.0	12.0	0.4	30.0	3.3
3.80	12.00	18.0	12.0	0.667	17.991	5.6
4.00	10.00	20.0	10.0	0.467	21.413	4.7
4.20	10.00	17.0	10.0	0.133	75.188	1.3
4.40	10.00	12.0	10.0	0.467	21.413	4.7
4.60	8.00	15.0	8.0	0.267	29.963	3.3
4.80	8.00	12.0	8.0	0.267	29.963	3.3
5.00	8.00	12.0	8.0	0.267	29.963	3.3
5.20	10.00	14.0	10.0	0.267	37.453	2.7
5.40	8.00	12.0	8.0	0.267	29.963	3.3
5.60	8.00	12.0	8.0	0.333	24.024	4.2
5.80	7.00	12.0	7.0	0.133	52.632	1.9
6.00	4.00	6.0	4.0	0.133	30.075	3.3
6.20	4.00	6.0	4.0	0.133	30.075	3.3
6.40	3.00	5.0	3.0	0.2	15.0	6.7
6.60	3.00	6.0	3.0	0.133	22.556	4.4
6.80	4.00	6.0	4.0	0.067	59.701	1.7
7.00	4.00	5.0	4.0	0.067	59.701	1.7
7.20	5.00	6.0	5.0	0.133	37.594	2.7
7.40	6.00	8.0	6.0	0.067	89.552	1.1
7.60	5.00	6.0	5.0	0.133	37.594	2.7
7.80	4.00	6.0	4.0	0.133	30.075	3.3
8.00	6.00	8.0	6.0	0.2	30.0	3.3
8.20	5.00	8.0	5.0	0.067	74.627	1.3
8.40	4.00	5.0	4.0	0.133	30.075	3.3
8.60	6.00	8.0	6.0	0.2	30.0	3.3
8.80	5.00	8.0	5.0	0.267	18.727	5.3
9.00	6.00	10.0	6.0	0.2	30.0	3.3
9.20	5.00	8.0	5.0	0.2	25.0	4.0
9.40	4.00	7.0	4.0	0.133	30.075	3.3
9.60	6.00	8.0	6.0	0.133	45.113	2.2
9.80	7.00	9.0	7.0	0.267	26.217	3.8
10.00	8.00	12.0	8.0	0.267	29.963	3.3
10.20	10.00	14.0	10.0	0.267	37.453	2.7
10.40	9.00	13.0	9.0	0.267	33.708	3.0
10.60	12.00	16.0	12.0	0.4	30.0	3.3
10.80	12.00	18.0	12.0	0.4	30.0	3.3
11.00	12.00	18.0	12.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.80	4.75	0.267	1.75	Coesivo	Terreno pedologico
5.60	9.208	0.364	1.83	Coesivo	Argilla limosa
10.00	5.045	0.155	1.71	Coesivo	Limo sabbioso
11.00	11.0	0.267	1.83	Coesivo	Argilla limosa

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )
Eu:	Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm <sup>2</sup> )
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Vs:	Velocità onde di taglio (m/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0.80	C	0.43	175.50	33.25	72.55	>9	1.73	1.81	--	--	--	124.40
2	5.60	C	0.78	323.58	55.25	108.71	4.49	1.83	1.91	--	--	--	196.44
3	10.00	C	0.33	136.89	30.27	75.27	0.73	1.69	1.77	--	--	--	202.67
4	11.00	C	0.83	342.66	55.00	121.19	0.94	1.84	1.92	--	--	--	244.40

### PROVA ...CPT 2

Strumento utilizzato: DEEP DRILL  
 Prova eseguita in data: 16/02/2018  
 Profondità prova: 10.00 mt

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Lettura laterale (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs (Kg/cm <sup>2</sup> )	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	6.00	10.0	6.138	0.333	18.432	5.4
0.40	7.00	12.0	7.138	0.2	35.69	2.8
0.60	9.00	12.0	9.138	0.333	27.441	3.6
0.80	8.00	13.0	8.138	0.267	30.479	3.3
1.00	8.00	12.0	8.138	0.4	20.345	4.9
1.20	9.00	15.0	9.276	0.467	19.863	5.0
1.40	8.00	15.0	8.276	0.4	20.69	4.8
1.60	10.00	16.0	10.276	0.4	25.69	3.9
1.80	12.00	18.0	12.276	0.4	30.69	3.3
2.00	10.00	16.0	10.276	0.4	25.69	3.9
2.20	8.00	14.0	8.414	0.4	21.035	4.8
2.40	10.00	16.0	10.414	0.4	26.035	3.8
2.60	12.00	18.0	12.414	0.4	31.035	3.2
2.80	10.00	16.0	10.414	0.333	31.273	3.2
3.00	9.00	14.0	9.414	0.2	47.07	2.1
3.20	10.00	13.0	10.552	0.4	26.38	3.8
3.40	12.00	18.0	12.552	0.4	31.38	3.2
3.60	11.00	17.0	11.552	0.4	28.88	3.5
3.80	12.00	18.0	12.552	0.467	26.878	3.7
4.00	10.00	17.0	10.552	0.267	39.521	2.5
4.20	8.00	12.0	8.69	0.467	18.608	5.4
4.40	8.00	15.0	8.69	0.533	16.304	6.1
4.60	8.00	16.0	8.69	0.267	32.547	3.1
4.80	10.00	14.0	10.69	0.133	80.376	1.2
5.00	10.00	12.0	10.69	0.2	53.45	1.9
5.20	9.00	12.0	9.828	0.333	29.514	3.4

5.40	7.00	12.0	7.828	0.133	58.857	1.7
5.60	5.00	7.0	5.828	0.133	43.82	2.3
5.80	4.00	6.0	4.828	0.2	24.14	4.1
6.00	5.00	8.0	5.828	0.2	29.14	3.4
6.20	4.00	7.0	4.966	0.133	37.338	2.7
6.40	5.00	7.0	5.966	0.133	44.857	2.2
6.60	4.00	6.0	4.966	0.133	37.338	2.7
6.80	6.00	8.0	6.966	0.133	52.376	1.9
7.00	4.00	6.0	4.966	0.2	24.83	4.0
7.20	5.00	8.0	6.104	0.067	91.104	1.1
7.40	4.00	5.0	5.104	0.2	25.52	3.9
7.60	5.00	8.0	6.104	0.133	45.895	2.2
7.80	6.00	8.0	7.104	0.133	53.414	1.9
8.00	5.00	7.0	6.104	0.267	22.861	4.4
8.20	6.00	10.0	7.242	0.2	36.21	2.8
8.40	5.00	8.0	6.242	0.133	46.932	2.1
8.60	6.00	8.0	7.242	0.133	54.451	1.8
8.80	7.00	9.0	8.242	0.067	123.015	0.8
9.00	8.00	9.0	9.242	0.2	46.21	2.2
9.20	10.00	13.0	11.38	0.2	56.9	1.8
9.40	9.00	12.0	10.38	0.2	51.9	1.9
9.60	12.00	15.0	13.38	0.267	50.112	2.0
9.80	12.00	16.0	13.38	0.267	50.112	2.0
10.00	11.00	15.0	12.38	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs Media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Gamma Medio (t/m <sup>3</sup> )	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.80	7.638	0.283	1.82	Coesivo	Terreno pedologico
5.00	10.228	0.368	1.84	Coesivo	Argilla limosa
8.00	6.166	0.169	1.75	Coesivo	Limo sabbioso
10.00	9.911	0.167	1.79	Coesivo	Argilla limosa

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Nr: Numero progressivo strato  
 Prof: Profondità strato (m)  
 Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente  
 Cu: Coesione non drenata (Kg/cm<sup>2</sup>)  
 Eu: Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm<sup>2</sup>)  
 Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)  
 G: Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm<sup>2</sup>)  
 OCR: Grado di sovraconsolidazione  
 Puv: Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)  
 PuvS: Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)  
 Dr: Densità relativa (%)  
 Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)  
 Ey: Modulo di Young (Kg/cm<sup>2</sup>)  
 Vs: Velocità onde di taglio (m/s)

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0.80	C	0.69	283.69	45.83	96.97	>9	1.81	1.89	--	--	--	136.42
2	5.00	C	0.88	363.60	51.14	115.92	4.95	1.85	1.93	--	--	--	197.51
3	8.00	C	0.45	186.94	37.00	85.08	0.95	1.74	1.82	--	--	--	204.66
4	10.00	C	0.75	310.82	59.47	113.71	0.68	1.83	1.91	--	--	--	234.61

# ALLEGATO 2

## Risultati delle analisi MASW



Sito: Castelfranco di Sotto (PI), Via Aiale 57  
Data: Marzo 2018

Esecutore prova:  
Dott. Geol. Eraldo Santarnecki

# 1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....24  
Distanza tra i sensori:.....0m  
Numero di campioni temporali .....4000  
Passo temporale di acquisizione ..... 1ms  
Numero di ricevitori usati per l'analisi .....24  
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms  
L'intervallo considerato per l'analisi termina a ..... 3999ms  
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

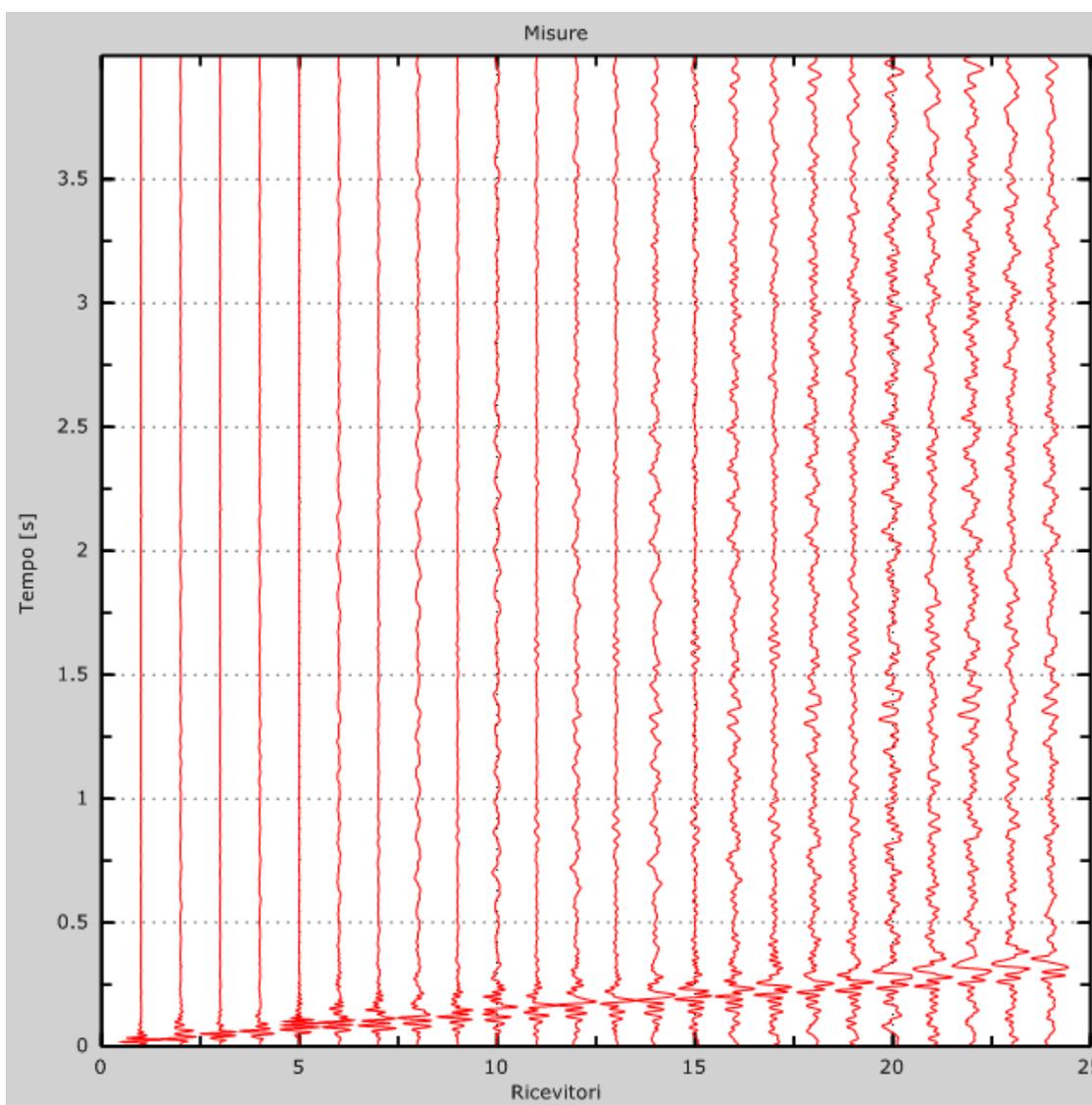


Figura 1: Tracce sperimentali

## 2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale.....70Hz  
Frequenza iniziale.....2Hz

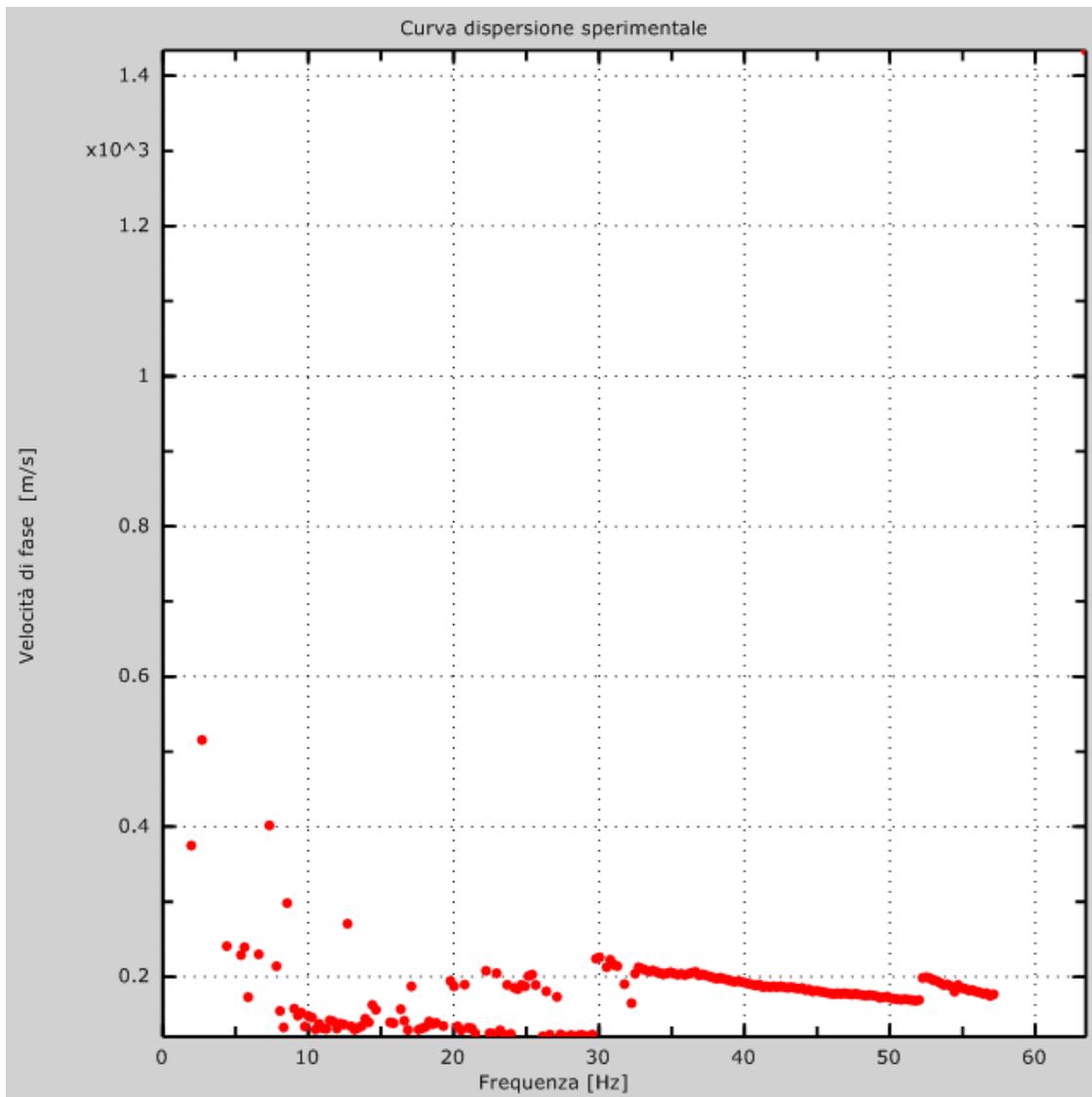


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

### 3 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
6.62946	208.758	175.403	242.113
9.76954	145.384	108.694	182.074
14.7937	162.062	135.378	188.745
19.0328	142.049	115.365	168.733
23.2719	128.707	105.359	152.055
28.296	125.371	105.359	145.384
32.8491	212.094	178.739	245.448
38.8153	198.752	178.739	218.764
42.8974	182.074	165.397	198.752
46.6655	172.068	155.391	188.745
50.4336	158.726	138.713	178.739
53.7307	192.081	165.397	218.764
56.7138	182.074	165.397	198.752

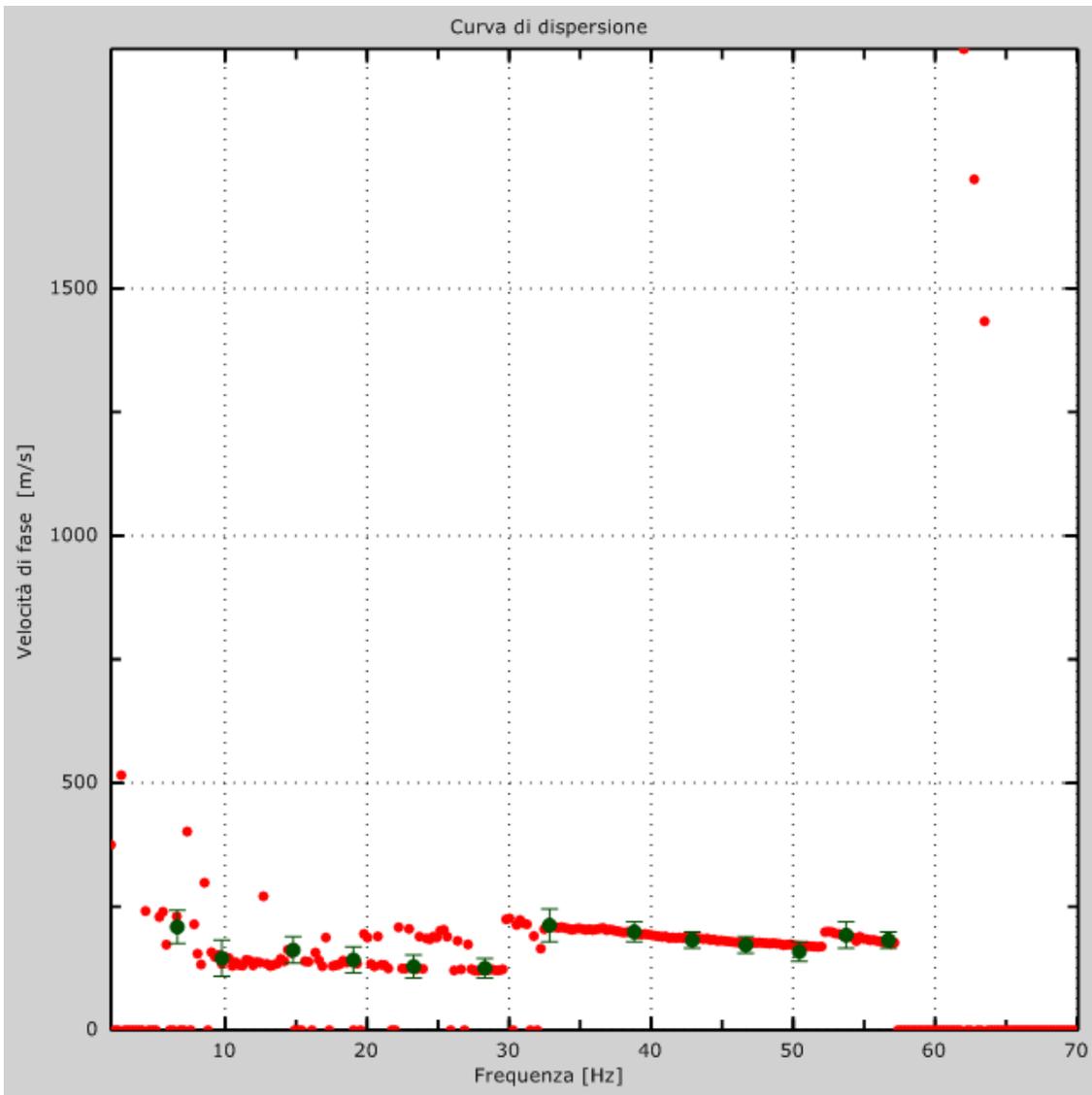


Figura 3: Curva di dispersione

## 4 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio) .....	8
Spaziatura ricevitori [m] .....	1.5m
Numero ricevitori .....	24
Numero modi .....	1

### Strato 1: terreno pedologico

h [m] .....	0.8
z [m] .....	-0.8
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1700
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	300
Vp [m/s] .....	624
Vs min [m/s] .....	88
Vs max [m/s] .....	450
Falda non presente nello strato	
Strato non alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	300

### Strato 2: argilla limosa

h [m] .....	4.2
z [m] .....	-5
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1840
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	160
Vp [m/s] .....	333
Vs min [m/s] .....	79
Vs max [m/s] .....	240
Falda non presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	160

### Strato 3: limo sabbioso e argilla limosa

h [m] .....	5
z [m] .....	-10
Densità [kg/m <sup>3</sup> ] .....	1720
Poisson .....	0.35
Vs [m/s] .....	150
Vp [m/s] .....	312

Vs min [m/s] .....	81
Vs max [m/s].....	225
Falda non presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	150

#### **Strato 4: argilla limosa**

h [m].....	5
z [m].....	-15
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1840
Poisson .....	0.35
Vs [m/s].....	232
Vp [m/s] .....	483
Vs min [m/s] .....	116
Vs max [m/s].....	464
Falda non presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	232

#### **Strato 5: limo argilloso**

h [m].....	5
z [m].....	-20
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1840
Poisson .....	0.35
Vs [m/s].....	232
Vp [m/s] .....	483
Vs min [m/s] .....	116
Vs max [m/s].....	464
Falda non presente nello strato	
Strato alluvionale	
Vs fin.[m/s] .....	232

#### **Strato 6**

h [m].....	5
z [m].....	-25
Densità [kg/m <sup>3</sup> ].....	1840
Poisson .....	0.35
Vs [m/s].....	232
Vp [m/s] .....	483
Vs min [m/s] .....	116
Vs max [m/s].....	464
Falda non presente nello strato	
Strato alluvionale	

Vs fin.[m/s] .....232

### **Strato 7**

h [m] .....6

z [m] .....-31

Densità [kg/m<sup>3</sup>]..... 1840

Poisson .....0.35

Vs [m/s].....232

Vp [m/s] .....483

Vs min [m/s] .....116

Vs max [m/s].....464

Falda non presente nello strato

Strato alluvionale

Vs fin.[m/s] .....232

### **Strato 8**

h [m] .....0

z [m] .....-00

Densità [kg/m<sup>3</sup>]..... 1840

Poisson .....0.35

Vs [m/s].....232

Vp [m/s] .....483

Vs min [m/s] .....116

Vs max [m/s].....464

Falda non presente nello strato

Strato alluvionale

Vs fin.[m/s] .....232

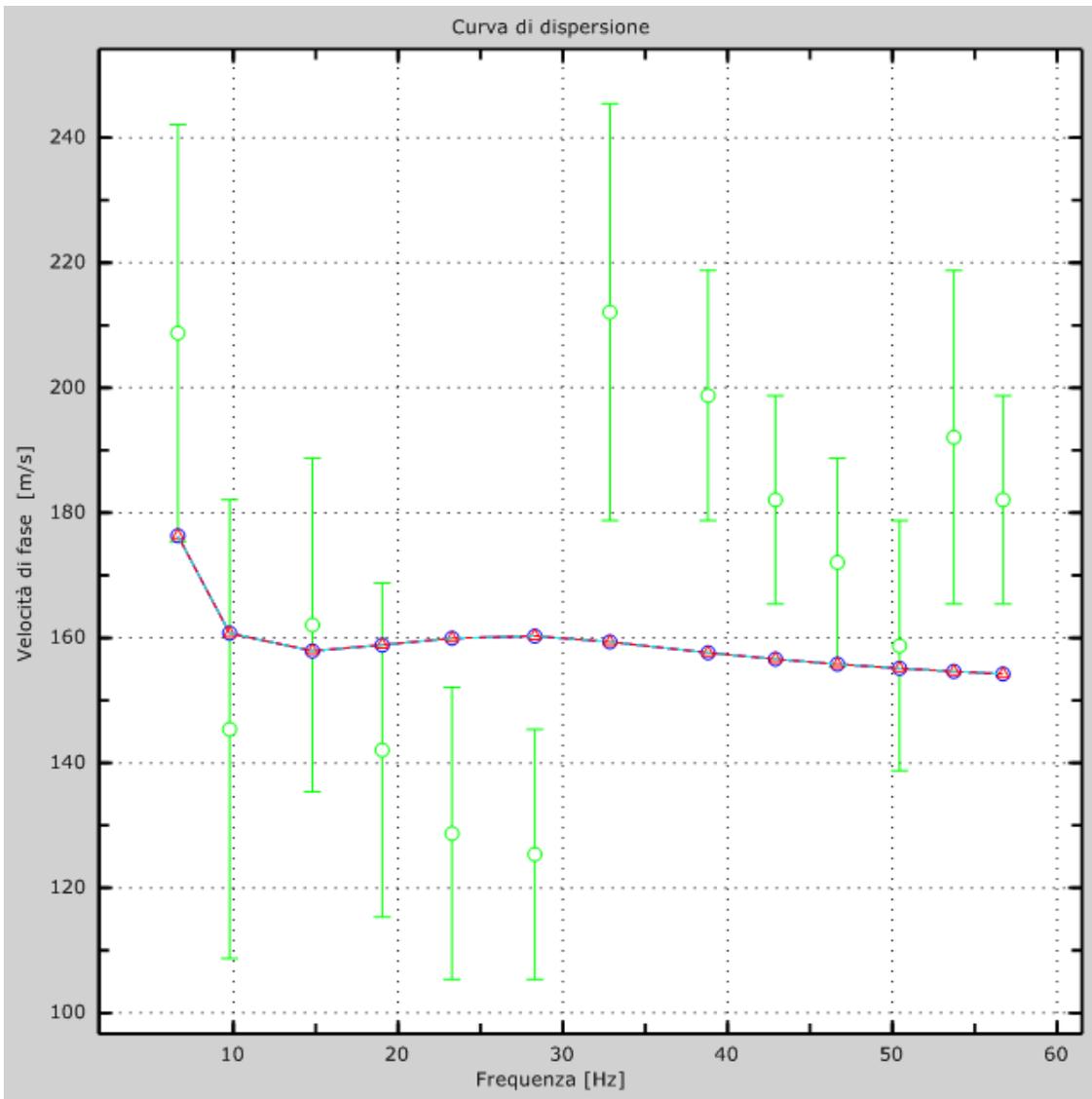


Figura 4: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

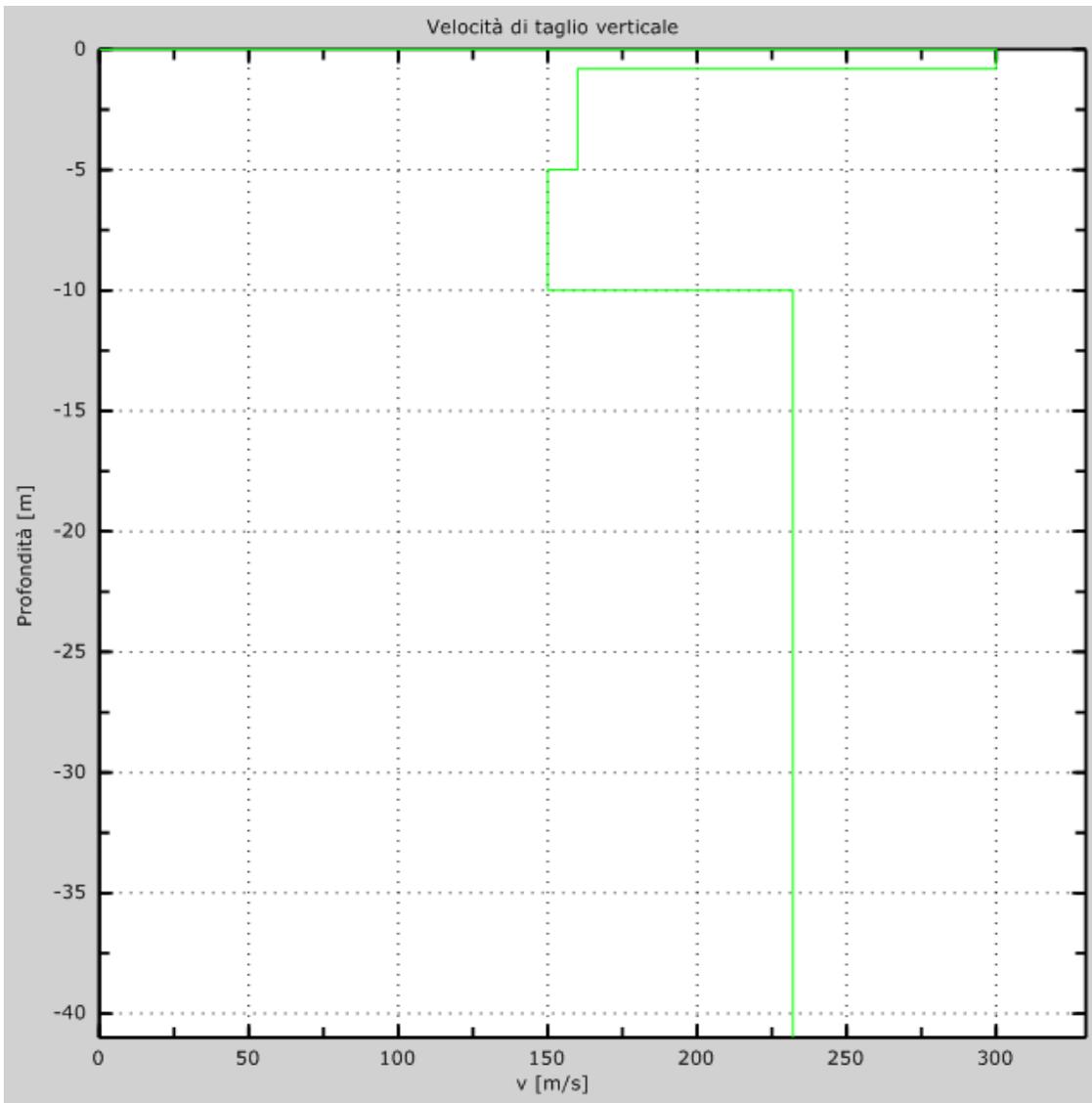


Figura 5: Profilo Vs numerico

## 5 - Risultati finali

Piano di riferimento z=0 [m].....0

**Vs30 [m/s] .....202**

La normativa applicata è il DM 14 gennaio 2008

Il sito appartiene alle classi A, B, C, D, E o S1 (alluvionale, ghiaia, sabbia, limo, argilla, roccia).

Il sito non è suscettibile di liquefazione e non è argilla sensitiva.

L'unità geotecnica dello strato rigido è la numero 7

Le caratteristiche meccaniche degli strati migliorano gradualmente con la profondità

**Tipo di suolo ..... C**