



# Andrea Casella Geologo

---

Piazza Berlinguer 38, 56017 Metato (San Giuliano Terme - PI)

PIANO DI RECUPERO DI INIZIATIVA PRIVATA  
NELL'AMBITO DEL SISTEMA AMBIENTALE "PONTELUNGO"  
IN LOC. MADONNA DELL'ACQUA (SAN GIULIANO TERME - PI)  
VIA SAN JACOPO, VIA DELLE PALANCHE, VIA DEL GELSO

SUBCOMPARTO 2

RELAZIONE GEOLOGICA

Comm.te: Sig.ri                      Cuppoletti Tiziano  
   Cuppoletti Patrizia

SETTEMBRE 2017



PIANO DI RECUPERO DI INIZIATIVA PRIVATA NELL'AMBITO DEL SISTEMA AMBIENTALE "PONTELUNGO" IN LOC. MADONNA DELL'ACQUA (SAN GIULIANO TERME - PI) VIA SAN JACOPO, VIA DELLE PALANCHE, VIA DEL GELSO.

## SUBCOMPARTO 2

### RELAZIONE GEOLOGICA.

---

#### PREMESSE

Il presente studio è stato eseguito per definire le condizioni geologico-morfologiche, idrologico-idrogeologiche, litotecniche e geosismiche dell'area interessata da un piano di recupero nell'ambito del sistema ambientale "Pontelungo", in loc. Madonna dell'Acqua, San Giuliano Terme (PI). L'indagine su riferisce, in particolare, al "subcomparto 2".

L'area nel suo complesso è stata già interessata da studi geologici, e precisamente:

- fattibilità geologica (Giugno 2014) della variante al RU del sistema ambientale loc, Pontelungo;
- indagini geologiche (Ottobre 2015) di supporto al progetto di nuovo fabbricato nel subcomparto 3.

In virtù di tali precedenti studi e indagini sono disponibili, nella zona:

- indagine geofisica in sismica passiva;
- indagine geosismica di tipo MASW;
- due prove penetrometriche statiche (CPT).

Il complesso di indagini geognostiche e geosismiche in oggetto consente di disporre dei dati necessari a supportare l'intervento sia sotto l'aspetto litotecnico-geotecnico sia sotto l'aspetto geosismico.

#### INQUADRAMENTO GENERALE

La zona in oggetto è posta in loc. "Tre Ponti", ca. 1 Km a NE dell'abitato di Madonna dell'Acqua, poco a Sud del "Fosso Doppio" e dell' "Antifosso Canova".

L'area oggetto del presente piano di recupero corrisponde al *subcomparto 2*, ed è compresa fra Via del Gelso e Via delle Palanche (vedere cartografie di dettaglio allegate). La quota di campagna varia (vedere con maggiore dettaglio nel seguito) tra gli 1,75 e 1,90 metri slm, mentre per la viabilità circostante si va dai 2,00-2,25 m di Via del Gelso (a N) e i 2,50 m di Via delle Palanche (a S).

#### GEOLOGIA - GEOMORFOLOGIA

Come rilevabile dall'allegata carta di inquadramento geologico, la zona in oggetto è impostata nei depositi alluvionali olocenici. In base alle indagini geognostiche effettuate si ha che per lo strato superficiale di nostro interesse prevalgono sedimenti argilloso-limosi di

consistenza perlopiù bassa.

In carta sono evidenziati i corsi della rete idrografica artificiale principale: Antifosso di Cànova, Fosso Doppio.

La zona in oggetto si presenta complessivamente pianeggiante, leggermente depressa, rispetto alla viabilità principale. Le salienze morfologiche principali sono appunto di origine antropica: viabilità, rilevati dei canali principali, riporti legati all'urbanizzazione.

Il terreno è, nelle zone non edificate, a prevalente prato, giardino, orto e vegetazione spontanea. Non si segnalano nell'area fenomenologie di dissesto, processi morfologici in corso o, dato l'assetto pianeggiante, situazioni al limite di equilibrio.

## IDROGEOLOGIA

Dal punto di vista idrogeologico si ha che in zona è presente una falda freatica, il cui livello piezometrico presenta una certa variabilità a base stagionale, attestandosi in media a +0,5/0,6 metri slm, con occasionali possibili risalite anche a quote superiori.

Data la presenza di litotipi limo-argillosi scarsamente permeabili, a tratti la falda può risultare parzialmente confinata

Nei fori delle prove penetrometriche si è rilevata una quota dell'acqua a -1,2 m da p.campagna locale (prova CPT1) e a -1,40 (prova CPT2). Data il leggero dislivello tra le quote di campagna, si tratta di un dato ben sovrapponibile.

## PERICOLOSITÀ E FATTIBILITÀ DA STRUMENTO URBANISTICO COMUNALE

Nella cartografia di pericolosità di supporto allo strumento urbanistico del comune di San Giuliano T.me (studi redatti secondo precedenti normative) l'area in oggetto è classificata a grado di pericolosità **media**, classe **3**, e in particolare **3-2**, intendendo con ciò :

- classe 3 secondo la *DCR 230/94*, quindi per le problematiche idrauliche
- classe 2 secondo la *DCR 94/85*, quindi per le problematiche geologico-morfologiche.

Per quanto riguarda la fattibilità, nella cartografia specifica di supporto al Regolamento Urbanistico comunale, l'area è indicata in classe **2** - **fattibilità con normali vincoli da precisare a livello di progetto**.

## PERICOLOSITÀ IDRAULICA DA PAI E PGRA BACINO SERCHIO

Nella "Carta delle norme di piano nel settore del rischio idraulico" della Variante al Piano di Bacino F. Serchio (secondo aggiornamento - Dicembre 2015) l'area in oggetto si inquadra in zona **P2 - aree a moderata probabilità di inondazione** (pericolosità idraulica elevata). Tali aree sono disciplinate dall' art. 23 delle Norme.

Con riferimento al *Piano Gestione Rischio Alluvioni* del distretto idrografico pilota del fiume Serchio, l'area è compresa nella mappa di pericolosità relativa allo scenario di alluvioni *poco frequenti* (**P2 - media probabilità**) con battente indicativo fra 0,0 e 0,3 m.

Alla presente relazione sono allegati due pareri dell' Aut. Bacino F. Serchio:

- Il primo è relativo all'iter della variante al R.U. del sistema ambientale Pontelungo; in esso è evidenziato che *"sull'area in esame è atteso un tirante per TR 200 anni di circa 30 cm"*. Viene altresì verificato che "gli interventi previsti dal PdR sono ammessi dal vigente Piano di bacino e condizionati ad opere di autosicurezza (cfr. Matrice II, punti 6 e 11, e art. 50 delle Norme)".
- Il secondo (successivo) si riferisce al Piano di Recupero (prot. 23.06.2015); in esso vengono ribaditi i punti del precedente parere, con l'aggiunta della prescrizione *"i piani di calpestio dei nuovi immobili residenziali dovranno essere realizzati ad una quota minima di m 1,20 rispetto ai punti più depressi dell'area di intervento (presenti nelle aree sud-ovest del subcomparto 3)"*.

### PERICOLOSITÀ AI SENSI DEL DPGR n. 53/R del 25.10.2011

Considerati gli approfondimenti geologici, geo-sismici e idraulici, in relazione all'area in esame si può in sintesi definire quanto segue:

- **Pericolosità geologica bassa (G.1):** aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.
- **Pericolosità idraulica elevata (I.3)** in quanto secondo le cartografie dell' Aut. Bacino F. Serchio l'area è soggetta ad allagamenti per eventi duecentennali.
- Le indagini di approfondimento geo-sismico (HVSr) effettuate nell'ambito degli studi di fattibilità della variante hanno evidenziato un fenomeno di risonanza non particolarmente pronunciato; quindi, pur avendo esso un significato di passaggio litologico fra terreni a diversa velocità sismica, non si ritiene che esistano le premesse per attribuire all'area una pericolosità sismica locale elevata, ma si rientri nella classe di **Pericolosità sismica locale media (S.2)**, in quanto *zone stabili suscettibili di fenomeni di amplificazione locale* (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3).

### FATTIBILITÀ AI SENSI DEL DPGR n. 53/R del 25.10.2011

Sulla base delle caratteristiche di pericolosità rilevate per l'area, e della destinazione d'uso, sono state definite le classi di fattibilità specifiche per l'intervento in esame.

- La fattibilità in relazione agli aspetti geomorfologici è **Fg2** : cioè in fase esecutiva è necessario basare la progettazione dei vari interventi su dati geognostici che consentano la valutazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, considerando i disposti del *D.M. 14.01.2008* e del *DPGR 9 luglio 2009 n. 36/R*. A supporto della fase esecutiva dei vari interventi è quindi richiesta un'indagine geognostica puntuale di approfondimento, per acquisire i parametri sui quali basare un corretto progetto delle strutture di fondazione.
- La fattibilità in relazione agli aspetti idraulici è **Fi4**, in relazione alle condizioni di pericolosità idraulica e all'esistenza di prescrizioni specifiche per la messa in sicurezza; l'attuazione



dell'intervento è infatti subordinata alla realizzazione di interventi di auto-sicurezza.

Nella tavola specifica allegata sono indicate le quote di campagna del lotto, e le quote di progetto, che rispondono all'esigenza di portarsi con il piano di calpestio a una quota minima di +1,20 m rispetto a quella più depressa, quindi a +2,70 metri slm. Tale situazione è indicata nelle tavole specificatamente redatte dal progettista sia a livello planimetrico che nella sezione attraverso il lotto in oggetto.

Relativamente al *non aumento di pericolosità* in altre aree, si può fare riferimento al punto c del par. 3.2.2.2. del *Reg. 53/R*, che indica che ai fini dell'incremento del livello di rischio possono non essere considerati gli interventi urbanistico-edilizi comportanti volumetrie totali sottratte all'esondazione o al ristagno inferiori a:

200 m<sup>3</sup> – in caso di bacino sotteso dalla previsione di dimensioni fino a 1 Km<sup>2</sup> ;

500 m<sup>3</sup> – in caso di bacino sotteso dalla previsione di dimensioni fra 1 e 10 Km<sup>2</sup> ;

1000 m<sup>3</sup> – in caso di bacino sotteso dalla previsione di dimensioni superiori a 10 Km<sup>2</sup> .

Nel caso in oggetto è stato redatto dai progettisti un calcolo specifico che indica come, considerati i volumi demoliti e quelli di nuova edificazione, il previsto rialzo del p.calpestio dell'edificio e le modifiche morfologiche comportino una volumetria totale sottratta all'esondazione ben inferiore a tali dati, anzi prossima alla compensazione.

- La fattibilità in relazione agli aspetti sismici viene definita come **Fs2**, in accordo con il grado di pericolosità sismica locale evidenziato (S2). Non vengono quindi indicate condizioni di fattibilità specifiche per la fase attuativa, fatto salvo quanto previsto dalle norme correnti (*NTC 14.01.2008* e *DPGR 36/R-2009*), per cui per la valida formazione del titolo abilitativo all'attività edilizia dovranno eseguirsi i necessari approfondimenti relativamente alla situazione geo-sismica locale.

## MODELLO LITOLOGICO

L'allegata planimetria generale scala 1:500 indica la posizione delle prove penetrometriche statiche effettuate nella zona dalla ditta *Mappo Geognostica Srl* (autorizzata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ad effettuare e certificare prove geotecniche sui terreni) con attrezzatura *Pagani TG63* da 20 t. La profondità raggiunta è di 8,8 m dalla locale quota di campagna, e i relativi dati e diagrammi sono allegati alla presente relazione.

Il lotto in oggetto (attualmente di difficoltosa accessibilità) è posto fra le due prove, che come vedremo hanno andamento analogo, per cui si ritiene che l'allegata sezione litotecnica di correlazione fra le CPT sia idonea a schematizzare l'assetto litologico-geotecnico dell'area di intervento.

La prova penetrometrica statica di tipo CPT si articola nell'infissione di successivi tratti di asta di 20 cm, con velocità costante di  $2 \pm 0,5$  cm/sec, con misurazione delle seguenti grandezze:

- resistenza alla punta;
- resistenza alla punta + manicotto;
- resistenza totale (punta + manicotto + batteria delle aste).

Si perviene così alla determinazione di:

- resistenza alla punta ( $Q_c$  o  $R_p$ )       $[Kg/cm^2]$
- resistenza laterale ( $R_l$ )                       $[Kg/cm^2]$
- resistenza totale ( $T$ ) .

Il rapporto tra resistenza alla punta e resistenza laterale consente poi, in base a diverse relazioni (*Begemann - Schmertmann - etc.*) una valutazione di massima delle caratteristiche litologico-granulometriche dei terreni attraversati.

I dati delle due prove, elaborati ed interpretati, hanno consentito di schematizzare il locale assetto litotecnico secondo strati assimilabili ad omogenei, mediante una sezione di correlazione, alla quale si rimanda per i dettagli, e che evidenzia, in sintesi, quanto segue:

- in superficie è presente uno strato di terreno vegetale e superficiale indurito di spessore di 0,8 m circa;
- fra 0,8 e 3,2 m si hanno prevalenti litotipi argilloso-limosi, perlopiù di medio-bassa consistenza;
- fra 3,2 e 4,8/5,2 m si hanno prevalenti limi argillosi e argille limose di bassa o medio-bassa consistenza;
- da tale quota fino a f.foro si hanno argille limose (organiche ?) di consistenza perlopiù molto bassa.

La parametrizzazione geotecnica indicata in sezione deriva dall'elaborazione dei dati delle penetrometrie statiche, in base alle seguenti relazioni:

- **compressibilità**, espressa in termini di *modulo di compressibilità volumetrica*  $m_v$ , tramite le relazioni:

- $m_v = 1 / (\alpha Q_c)$                                       (per gli strati coesivi)
- $E_{ed} = 1/m_v = 1,7 Q_c + 25$                       (per gli strati granulari)

- **resistenza non drenata**  $c_u$  per gli strati a dominante coesiva mediante la relazione:

$$Q_c = N_c(F_v) c_u + \sigma_{vo}$$

I parametri indicati in sezione sono parametri *medi* per strati assimilabili ad omogenei, e possono considerarsi i "parametri *caratteristici*" per tali strati ai sensi del *DM 14.01.2008* nel caso di fondazione superficiale continua; infatti, come indicato nelle "Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»" (MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI - CIRCOLARE 2 Febbraio 2009 n. 617):

*"nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidezza sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti."*

Nel caso invece venga adottata una struttura di fondazione che interessa un volume più

limitato di terreno (ad es. fondazioni a plinti) è necessario, per le verifiche geotecniche, adottare i valori *minimi* di resistenza evidenziati nei vari strati

## ASPETTI SISMICI ED AZIONI SISMICHE

### Zonizzazione sismica dell'area

In base all' aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Toscana (*DGRT 878 dell' 8/10/2012*), il comune di San Giuliano Terme è confermato in zona **3** a bassa sismicità. In relazione ai disposti delle **norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.2008)**, la stima della pericolosità sismica è effettuata con approccio "sito dipendente". L'azione sismica di progetto viene definita in funzione della pericolosità di base del sito.

I caratteri del moto sismico (su sito di riferimento rigido orizzontale) sono descritti dalla distribuzione su territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono definite le forme spettrali per la generica probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento **P<sub>VR</sub>**:

**ag** = accelerazione massima al sito

**Fo** = 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 **ag** è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, mentre **Fo** e **TC\*** sono 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 tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali del sottosuolo del sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Vengono pertanto determinati i **coefficienti di amplificazione topografica e stratigrafica**.

Per la determinazione delle locali caratteristiche sismostratigrafiche ci si è basati sui risultati di un'indagine di tipo *MASW*, effettuata nella zona, proprio in adiacenza al lotto di intervento.

### Prospezione sismica con metodologia MASW

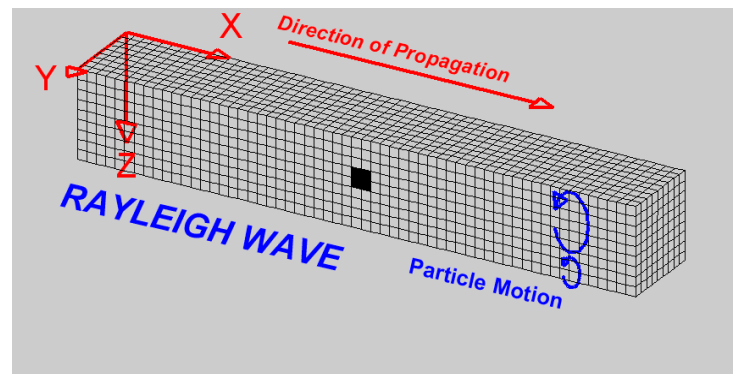
L'indagine *MASW* consente la caratterizzazione della velocità delle onde S dei terreni presenti, al fine della determinazione di parametri e coefficienti sismici, come richiesto dalle "Norme Tecniche per le Costruzioni" (*D.M. 14/01/2008*).

L'interpretazione dei dati acquisiti in campagna ha permesso di ricavare una sequenza sismo-stratigrafica relativamente all'area di indagine, con suddivisione in strati aventi analoghe caratteristiche delle velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali.

### **generalità sul metodo MASW**

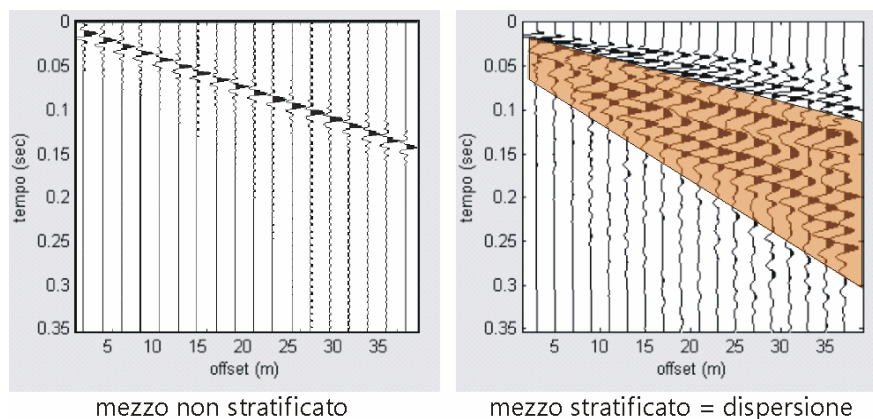
Le onde sismiche che si propagano in un mezzo si dividono, principalmente, in onde di corpo e onde di superficie. Fra queste ultime si hanno le onde di *Rayleigh*, le onde di *Love* e le onde di *Lamb*.

Le onde di Rayleigh, in particolare, sono originate dall'interazione fra le onde di pressione e le onde di taglio verticali quando esista una superficie libera in un mezzo omogeneo e isotropo.



Il moto delle particelle è di tipo ellittico retrogrado, il quale si inverte a una profondità di  $\lambda/2\pi$ . L'ampiezza dello spostamento decresce secondo una legge esponenziale. L'energia convertita in onde di Rayleigh è, in percentuale, molto maggiore rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P ed S. Inoltre l'ampiezza delle onde di superficie varia con la radice quadrata di  $r$ , e non con  $r$  come avviene per le onde di corpo. Le onde di Rayleigh presentano una velocità del 90% circa rispetto a quella delle onde di taglio.

In presenza di un semispazio omogeneo, la velocità di tali onde non varia in funzione della frequenza, non si ha cioè dispersione, la deformazione di un treno di onde dovuta alla variazione della velocità di propagazione in funzione della frequenza. Questa deformazione si manifesta invece quando il terreno presenti una stratificazione; la velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda viene influenzata dalle proprietà che il mezzo possiede fino a una profondità dell'ordine di  $\lambda/2$  circa.



Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Quindi una metodologia che utilizzi le onde superficiali è in grado di rilevare variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità.

Nel caso che l'obiettivo sia di verificare le caratteristiche delle velocità delle onde S nel terreno, questo tipo di indagine è molto utile, in quanto la  $V_s$  è il fattore che governa le caratteristiche della dispersione. Inoltre il metodo non è limitato dalla presenza di inversioni di velocità, e presenta una buona risoluzione.

L'indagine secondo la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) prevede l'energizzazione mediante sorgente attiva, con registrazione simultanea su 12 o più canali. Vengono utilizzati geofoni a componente verticale sensibili alle basse frequenze (un valore tipico sono 4,5 Hz).

La distanza dalla sorgente di energizzazione e il primo ricevitore condiziona  $\lambda_{max}$ , e quindi la profondità di indagine; anche la lunghezza dello stendimento geofonico è in relazione alla profondità di indagine, mentre la distanza intergeofonica condiziona lo spessore dello strato più sottile rilevabile. È importante osservare che nel sismogramma

possono comparire diversi tipi di onde: onde di corpo, onde superficiali non piane, onde riverberate dalle disomogeneità superficiali, oltre al rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Questo comporta una difficoltà aggiuntiva nella "lettura" dello spettro di velocità e quindi nella successiva individuazione della curva di dispersione.

Le onde di corpo sono di solito riconoscibili; le onde superficiali riverberate (back scattered) possono risultare prevalenti in un sismogramma quando siano presenti discontinuità orizzontali. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno.

In sintesi l'indagine comporta:

- l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll);
- la determinazione di uno spettro di velocità, con velocità di fase in funzione della frequenza;
- l'identificazione della curva di dispersione, cioè la determinazione dei punti che, sullo spettro di velocità, appartengono a un certo modo di propagazione dell'onda superficiale di Rayleigh;
- l'inversione della curva di dispersione, al fine di ottenere il profilo verticale delle Vs.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando come riferimento la curva di dispersione precedentemente ottenuta. Per ottenere il profilo verticale Vs dalla curva di dispersione è necessaria l'assunzione di valori approssimati per il rapporto di Poisson e per la densità.

La procedura di inversione utilizzata dal software *winMASW* è legata agli "algoritmi genetici", approccio che consente risultati più affidabili rispetto ai metodi di inversione basati sulla matrice Jacobiana. E' estremamente utile, per una interpretazione affidabile, poter disporre di dati di riferimento, sia per fornire uno spazio di ricerca iniziale al processo di inversione, sia per effettuare una "modellazione diretta" di ausilio a un corretto "picking" della curva di dispersione.

### Attrezzatura e metodologie impiegate

Per l'indagine in oggetto si è impiegata un'attrezzatura *AMBROGEO* "ECHO 24/2012 Seismic Unit", 24 bit, 24+1 canali, con software di acquisizione proprietario, touchscreen integrato e predisposizione per prove *HVSR*.

Il software di acquisizione dati è "ECHO 12-24" vers. 7.00. L'attrezzatura è completata da 2 cavi sismici a 12 takes out spaziatati a 5,0 m con connettori cannon, montati su rullo, geofoni verticali da 4,5 Hz, mazza di battuta da 8 Kg con interruttore starter, cavo trigger montato su rullo.

Lo stendimento impiegato per il profilo *MASW* in oggetto si è articolato su 24 geofoni con spaziatura di 2,0 m. Sono stati effettuati diversi shots, utilizzando esclusivamente la mazza di battuta, a varie distanze dalla linea geofonica (offset min. = 1, 6, 10 m) con tempo di acquisizione di 1.000 ms e intervallo di campionamento di 0,256 ms; l'energizzazione è stata verticale (piastra di battuta), in modo da effettuare l'analisi in onde di *Rayleigh*.

### Interpretazione dei dati

Per l'interpretazione dei dati è stato impiegato il software *winMASW 7.0 Academic*, il quale (tra le numerose funzioni) consente la determinazione di profili della velocità delle onde di taglio Vs tramite modello diretto e tramite inversione delle curve di dispersione ottenute, effettuata con algoritmi "genetici". Tale programma è in grado di operare sui records in formato .SGY prodotti dalla strumentazione *Ambrogeo* e di effettuare l'analisi delle curve di

dispersione in onde sia di *Love* che di *Rayleigh*, sia congiuntamente.

Si sono dapprima confrontati gli spettri di dispersione ottenuti dai vari shots (vedere tavola relativa). Una volta esaminati questi, l'elaborazione è stata eseguita sfruttando un'opzione del software, prendendo come base il "total velocity spectrum", cioè lo spettro di velocità di fase somma dei tre spettri ottenuti.

Si è proceduto inizialmente da modello diretto. Alla presente relazione sono allegati i grafici del *common-shot gather* e lo spettro di velocità di fase, con riportate le curve di dispersione (5 modi di propagazione) relative al modello adottato.

Il modello contempla 4 strati a diversa velocità  $V_s$ , e precisamente:

shot a offset min. = 10,0 m	strato	1	2	3	4
	VSv da Rayleigh	90	150	130	240
	spessore (m)	1.3	4.0	10.0	

L'assetto litologico della zona è caratterizzato da depositi alluvionali di notevole spessore, con caratteristiche di velocità sismica complessivamente crescenti con la profondità (se si eccettuano locali inversioni per spessori di terreno comunque modesti). In tale contesto i parametri e coefficienti relativi all'azione sismica possono essere determinati sulla base del parametro **VS30**, il quale viene calcolato utilizzando una media ponderata dei valori di velocità delle onde di taglio dei primi 30 m di profondità mediante la seguente espressione:

$$\frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{v_i}}$$

**Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo**

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Con i dati ottenuti, per la zona di indagine si ha (da p.campagna) una “Vs<sub>30</sub>” di 167 m/s; questo corrisponde a una categoria di suolo di fondazione “D”. Qualora si effettuasse il calcolo a partire da -1,0 m da p.campagna (possibile piano di imposta della fondazione) il valore di Vs<sub>30</sub> risulta leggermente maggiore (174 m/s), rimanendo comunque nell’ambito della stessa categ. suolo.

Una elaborazione mediante “picking” e inversione fornisce risultati analoghi, con valore di Vs<sub>30</sub> = 159 m/s (da p.campagna).

### Azioni sismiche

Alle azioni sismiche contribuiscono quindi:

- i **parametri statici**, che dipendono essenzialmente dalla sorgente del terremoto (accelerazione di picco orizzontale al suolo **a<sub>0</sub>**, intensità macrosismica **I**);
- i **parametri dinamici**, che dipendono dalla posizione e dalle caratteristiche geologiche del sito (fattori di amplificazione **S** e **F<sub>0</sub>**) e dal periodo dello spettro di risposta (periodi di oscillazione massima del suolo). Entrambi i parametri definiscono la pericolosità sismica dell’area.

Come già accennato, la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa **a<sub>g</sub>** in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (a prescindere quindi dalle caratteristiche litologiche e litotecniche dell’area) con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente **S<sub>e</sub>(T)**, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza **P<sub>VR</sub>**, come definite, nel periodo di riferimento **V<sub>R</sub>**.

### Vita di riferimento

La *vita di riferimento* **V<sub>R</sub>** si ricava moltiplicando la vita nominale **V<sub>N</sub>** per il coefficiente d’uso **C<sub>U</sub>**

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

La vita nominale di un’opera strutturale è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo alla quale è stata destinata. La vita nominale **V<sub>N</sub>** è data dalla tab. 2.4.1 delle NTC:

**Tabella 2.4.1** – Vita nominale **V<sub>N</sub>** per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale <b>V<sub>N</sub></b> (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d’uso così definite:

*Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

*Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

*Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

*Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

ed i relativi coefficienti d'uso sono i seguenti:

**Tab. 2.4.II** – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Se  $V_R \leq 35$  anni si pone comunque  $V_R = 35$  anni.

Nel caso specifico si ha:  $V_r = V_n * C_u = 50 * 1,0 = \mathbf{50 \text{ anni}}$

### Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi

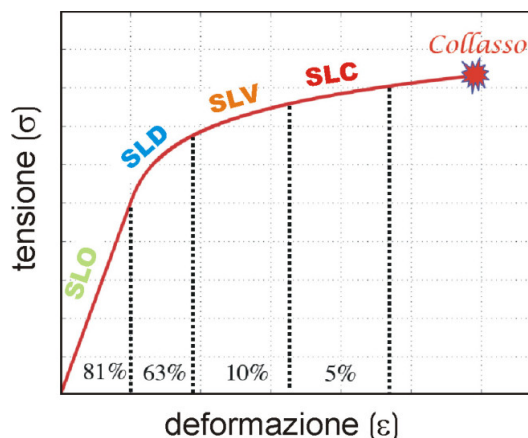
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;



- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.



Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento **P<sub>VR</sub>**, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate in Tab. 3.2.I :

**Tabella 3.2.I** – Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato

Stati Limite		$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

### Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

L'accelerazione spettrale orizzontale **S<sub>e</sub>(T)** è data dalla seguente relazione:

$$S_e(T) = a_g * S * \eta * F_0$$

dove:

**a<sub>g</sub>** = accelerazione orizzontale massima al sito;

**η** = fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione

$$\eta = 10/(5 + \xi) \geq 0,55$$

dove  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione;

**F<sub>0</sub>** = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

**S** = coefficiente che tiene di conto della categoria di suolo di fondazione (**S<sub>s</sub>**) e delle condizioni topografiche (**S<sub>T</sub>**) attraverso la relazione :

$$S = S_s * S_T$$

Il coefficiente **S<sub>s</sub>** deriva dalla tab 3.2 V delle NTC:

**Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$** 

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
<b>A</b>	1,00	1,00
<b>B</b>	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
<b>C</b>	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
<b>D</b>	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Il coefficiente  **$S_T$**  deriva dalle tabelle 3.2.IV e 3.2.VI delle NTC:

**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

**Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$** 

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove  $S_T$  assume valore unitario.

Nel caso specifico la categoria topografica **T1** comporta un  **$S_T = 1,0$**  ; la categoria di suolo di fondazione **D** un  **$S_s = 1,8$**  .

I parametri relativi all'azione sismica sono indicati nella tavola relativa allegata; in essa è anche evidenziata la posizione dell'area in oggetto nell'ambito del reticolo di riferimento.

Gli stati limite corrispondono, in questo caso, a Tr di 30 (SLO), 50 (SLD), 475 (SLV) e 975

(SLC) anni rispettivamente. Sono indicati l'accelerazione  $A_{max}$  attesa al sito e i coefficienti relativi alle azioni orizzontale e verticali ( $k_h$  e  $k_v$ ) in corrispondenza dei vari stati limite.

Ai fini della determinazione del campione da assoggettare a verifica ai sensi del *DPGR 58/R del 22.10.2012*, si ha che il valore di  $a_g$  è di **0,119 g**.

### VALUTAZIONE DELLA POTENZIALITÀ DI LIQUEFAZIONE

La liquefazione è la diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidità che può avvenire durante lo scuotimento sismico (sollecitazione ciclica dinamica), in un terreno saturo non coesivo, a causa dell'aumento di pressione interstiziale che provoca deformazioni permanenti significative, fino all'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno. Tali problematiche si possono avere nel caso di falda freatica prossima alla superficie, e presenza di estesi strati o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda.

Nel caso in oggetto il terreno può essere considerato sotto falda a partire da 1,2-1,4 m da p.campagna. Fino alla profondità di indagine (8,8 m) sono presenti terreni anche di bassa consistenza, ma essenzialmente coesivi (argille limose con livelli a maggiore componente limosa); non si hanno quindi strati potenzialmente soggetti a fenomeni di liquefazione in caso di sisma, e se anche strati di tale tipo fossero eventualmente presenti a una profondità maggiore di quella indagata, lo spessore di terreno al di sotto della fondazione non soggetto a liquefazione ha comunque potenza superiore ai 3 m.

Non si ritiene quindi che in fase progettuale e/o esecutiva siano da predisporre eventuali accorgimenti a riguardo.

### CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE - PRESCRIZIONI

Lo studio in oggetto ha permesso di inquadrare l'area di intervento dal punto di vista geologico-morfologico, idrogeologico, idrologico-idraulico, litotecnico e geo-sismico. In base alla parametrizzazione geotecnica effettuata è possibile ricavare i dati per effettuare le successive verifiche di capacità portante del terreno di fondazione e dei cedimenti.

L'edificio in progetto è un fabbricato per civile abitazione, articolato sul solo piano terra, di dimensioni massime, in pianta, di 6 x 9 m circa, e una pozione Sud a portico e pergolato. Come già descritto, e come si osserva in sezione scala 1:200, la quota di calpestio è stata individuata a +2,70 e +2,75 metri s.l.m. per ottemperare alle prescrizioni dell' Aut. Bacino F. Serchio.

Dato il tipo di intervento, non si riscontrano particolari problematiche sotto l'aspetto geologico/geomorfologico, mentre dal punto di vista geotecnico bisogna considerare la presenza di terreni di fondazione di modesta consistenza, prevalentemente coesivi, e la necessità di attestarsi oltre lo strato superficiale di terreno vegetale e rimaneggiato.

Dal punto di vista idrologico-idraulico, oltre alle prescrizioni precedentemente indicate, c'è l'esigenza di mantenere ottimali condizioni di regimazione per quanto riguarda le acque superficiali, anche in seguito agli interventi e alle modifiche morfologiche previste.

**ALLEGATI :**

- ubicazione area in esame scala 1:20.000 e scala 1:2.000
- inquadramento geologico scala 1:5.000
- estratto carta di fattibilità del R.U. di San Giuliano Terme
- estratto cartografia di pericolosità idraulica dal piano di assetto idrogeologico (P.A.I.) Bacino F. Serchio
- estratto cartografia di pericolosità idraulica (alluvioni poco frequenti) dal P.G.R.A. Bacino F. Serchio
- estratto dal parere dell'Aut. Bacino F. Serchio relativamente alla variante R.U. Sistema Ambientale Pontelungo
- parere dell'Aut. Bacino F. Serchio relativamente al piano di recupero (prot. 23.06.2015)
- planimetria generale stato di progetto scala 1:500 con ubicazione indagini in situ
- dati e diagrammi prove penetrometriche statiche
- sezione litotecnica di correlazione fra le due prove CPT - sezione AA e prospetto Est fabbricato in progetto
- carta di pericolosità ai sensi del DPGR 53/3 2011
- carta di fattibilità ai sensi del DPGR 53/3 2011
- planimetria generale scala 1:500 e sezione scala 1:200 con quote topografiche - pianta fabbricato in progetto scala 1:100
- indagine MASW : common-shot gather e spettro di velocità di fase per i vari "shots" – spettro di velocità risultante dalla somma dei diversi spettri
- indagine MASW : elaborazione per modello diretto e per "picking" e inversione relativamente allo spettro "somma"
- parametri e coefficienti relativi all'azione sismica

San Giuliano T.me, 13 Settembre 2017



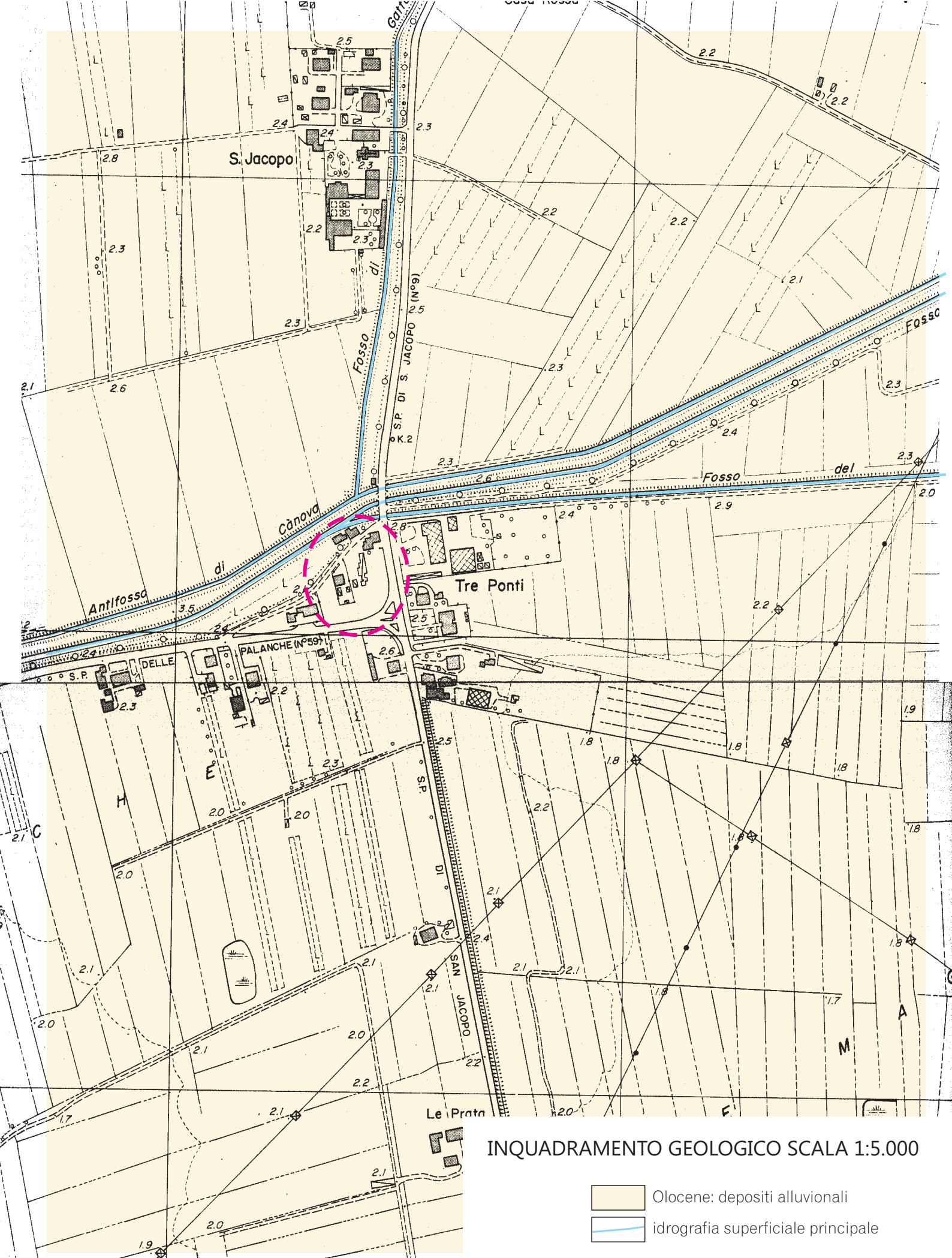


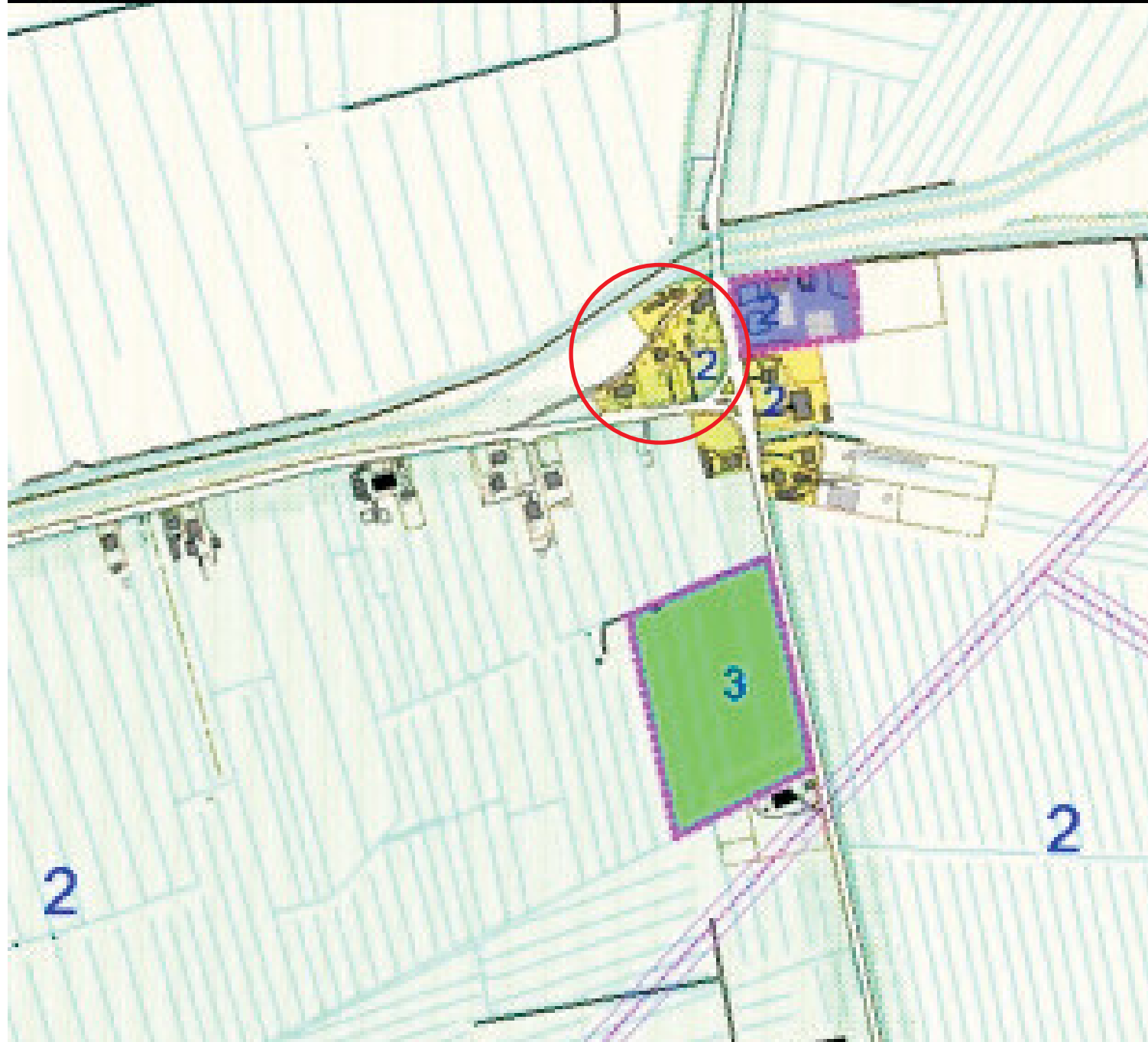
UBICAZIONE AREA IN ESAME - SCALA 1:20.000



UBICAZIONE AREA IN OGGETTO SU CARTOGRAFIA SCALA 1:2.000







#### *CLASSI di FATTIBILITA'*

- 1** FATTIBILITA' SENZA PARTICOLARI LIMITAZIONI
- 2** FATTIBILITA' CON NORMALI VINCOLI  
DA PRECISARE A LIVELLO DI PROGETTO
- 3** FATTIBILITA' CONDIZIONATA
- 4** FATTIBILITA' LIMITATA

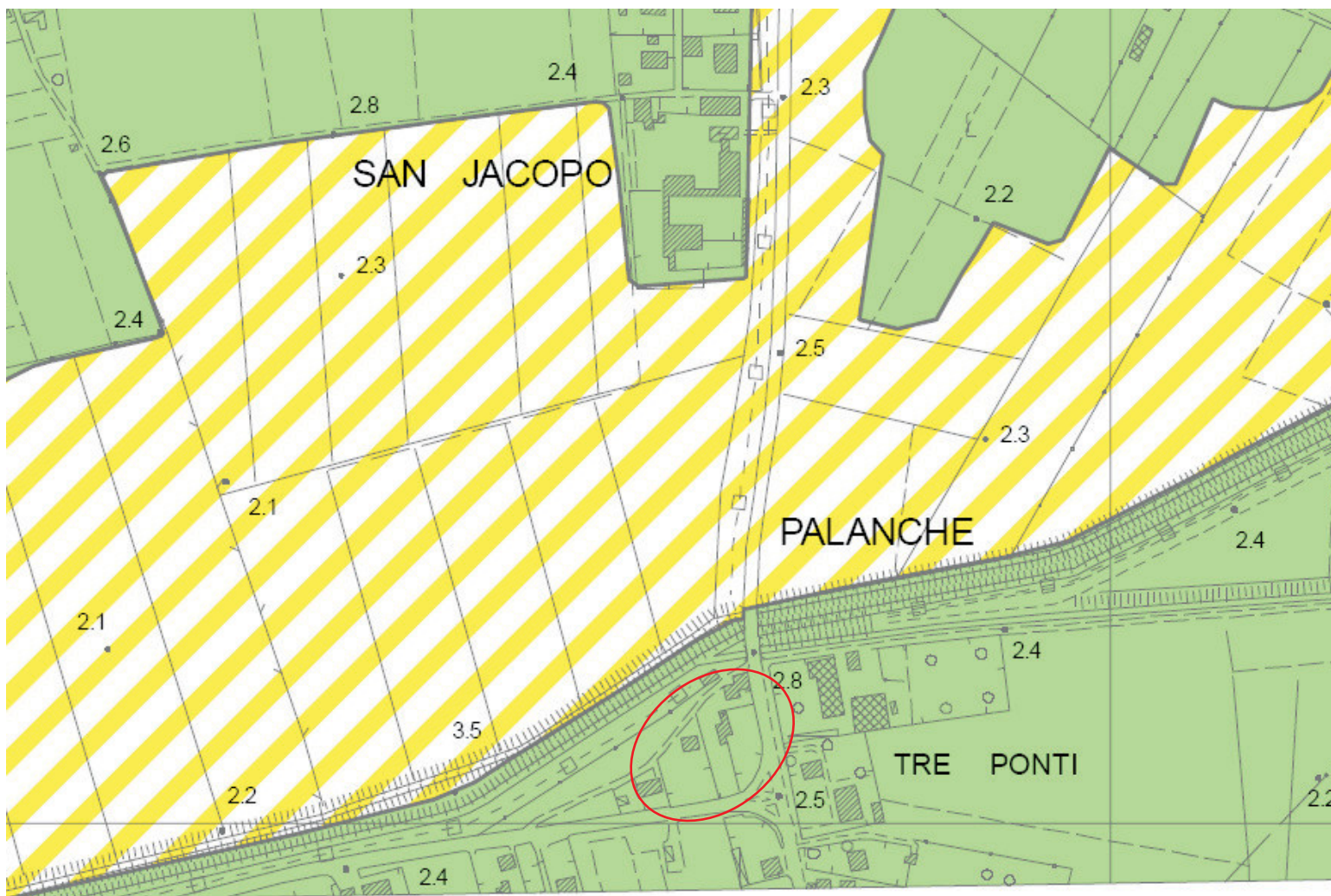
COMUNE DI SAN GIULIANO TERME  
Provincia di Pisa



## PIANO REGOLATORE GENERALE REGOLAMENTO URBANISTICO CARTA DELLA FATTIBILITA'

Dott. Geol. Luciano Sergiampietri







**Autorità di Bacino  
del Fiume Serchio**  
(Bacino pilota ex legge 183/1989, art. 30)

---

**Variante al Piano di Bacino**  
**Stralcio "Assetto Idrogeologico"**  
**Secondo Aggiornamento**

---

**Progetto di Piano**  
(Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152, art. 68)

---



---

**Carta di riferimento delle Norme di Piano  
nel settore del rischio idraulico**

Tavola n.  
**7.48**
















---


Il Segretario Generale  
Prof. Raffaello Nardi


---


Scala 1:10,000

dicembre 2015

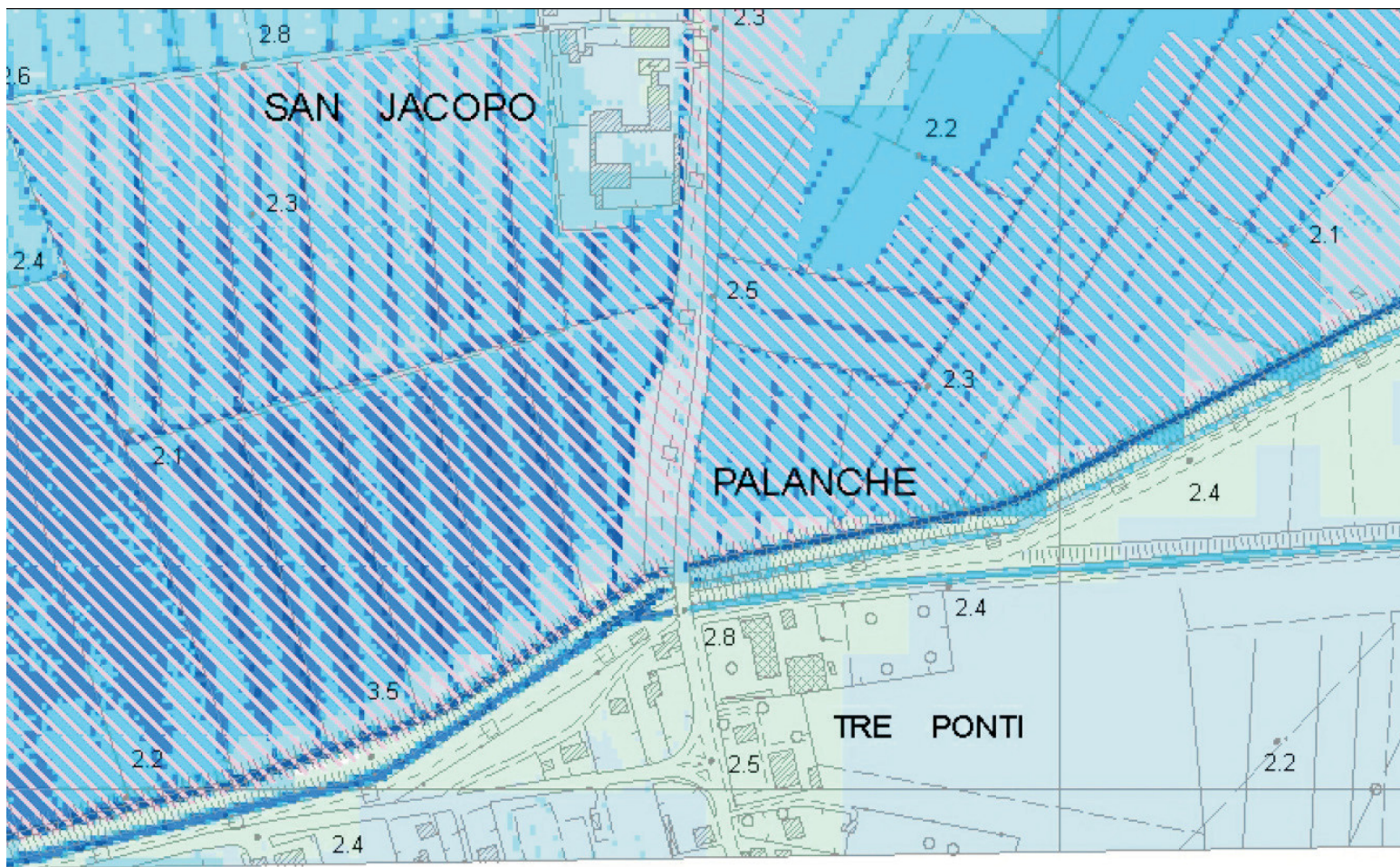
Norma (art.)	
	<b>20</b> I - Aree di laminazione delle piene e/o destinate ai principali interventi idraulici di riduzione del rischio idraulico
	<b>21</b> a <sub>1</sub> - Alveo fluviale in modellamento attivo; a <sub>2</sub> Alveo relitto (pericolosità idraulica molto elevata)
	<b>21</b> a <sub>2a</sub> - Alveo relitto antropizzato (pericolosità idraulica elevata)
	<b>21</b> P1 - Aree golenali (pericolosità idraulica molto elevata)
	<b>24</b> APL - Aree palustri prevalentemente incluse entro gli argini del lago di Massaciuccoli (pericolosità idraulica molto elevata)
	<b>24</b> PL - Aree di pertinenza lacuale (pericolosità idraulica molto elevata)
	<b>24</b> PU - Aree morfologicamente depresse (pericolosità idraulica molto elevata)
	<b>22</b> AP - Aree ad alta probabilità di inondazione (pericolosità idraulica molto elevata)
	<b>22 bis</b> APg - Aree inondabili in contesti di particolare fragilità geomorfologica e/o ad alta probabilità di inondazione (pericolosità idraulica molto elevata)
	<b>23</b> P2 - Aree a moderata probabilità di inondazione (pericolosità idraulica elevata)
	<b>25</b> P2a - Aree di pertinenza fluviale, collocate oltre rilevati infrastrutturali (rilevati stradali, ferroviari, etc.), o localmente caratterizzate da una morfologia più elevata (pericolosità idraulica moderata)
	<b>23</b> Ps - Aree storicamente interessate da allagamenti (pericolosità idraulica elevata)
	<b>23 bis</b> P2g - Aree di pertinenza fluviale e/o aree a moderata probabilità di inondazione in contesti di fragilità geomorfologica (pericolosità idraulica elevata)
	<b>25</b> MP - Aree a moderata probabilità di inondazione e a moderata pericolosità (pericolosità idraulica moderata)
	<b>25</b> BP - Aree a bassa probabilità di inondazione (pericolosità idraulica bassa)

 Argine del lago di Massaciuccoli

 rp: Riporti in aree a pericolosità idraulica

 Lago di Massaciuccoli, bacini idroelettrici (quota di massimo invaso) e altri specchi d'acqua







**Autorità di Bacino  
del Fiume Serchio**  
(Bacino pilotato ex legge 183/1989, art. 30)

---

**Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni  
del distretto idrografico pilota del fiume Serchio**



**Direttiva 2007/60/CE**  
**D. Lgs. 23/02/2010 n. 49**  
**D. Lgs. 10/12/2010 n. 219**



---




---

**Mappe di pericolosità**  
**D. Lgs. 49/2010, Dir. 2007/60/CE**

**Caratteristiche idrauliche dello scenario di  
alluvioni poco frequenti**  
(P2 media probabilità)

Scala 1:10.000

**Tavola n.**  
**4.25**

dicembre 2013

**Il Segretario Generale**  
Prof. Raffaello Nardi

### Livelli idrometrici (m sul piano campagna)

	0 - 0,3
	0,3 - 0,6
	0,6 - 0,9
	0,9 - 1,2
	1,2 - 1,5
	> 1,5
	Alveo in modellamento attivo

### Sezioni trasversali di calcolo

- 20,10    Sezioni significative con indicazione del massimo livello idrometrico atteso Tr 200 anni (m s.l.m.)
- Altre sezioni

Q200: Serchio  
a Nodica:  
2036 mc/s    Portate al colmo per eventi Tr 200 anni del F. Serchio.  
(Valori ricavati da modellazione idraulica in moto vario, soggetti a progressiva laminazione lungo l'asta fluviale)

- Aree per le quali sono necessari particolari approfondimenti
- Aree retroarginali del F. Serchio
  - Aree soggette a transito di volumi esondati
  - Aree storicamente allagate
  - Aree con reticolo modellato parzialmente



Con riferimento alla nota del 04/02/2014 n. 4593, assunta al protocollo di questo ente al n. 407 del 04/02/2014, con la quale il Comune ha trasmesso il Documento Preliminare relativo al procedimento in oggetto;

Visto il Piano di bacino, stralcio "Assetto Idrogeologico", approvato con D.C.R. n° 20 del 01/02/2005;

Visto il Piano di bacino, stralcio "Assetto Idrogeologico del Fiume Serchio (P.A.I.). 1° Aggiornamento", approvato con D.P.C.M. del 26 luglio 2013 (pubblicato sulla G.U. n. 34 del 11 febbraio 2014) che costituisce variante al P.A.I.;

Visto il Piano di Gestione delle acque del Distretto Idrografico Pilota del fiume Serchio approvato con D.P.C.M. del 8/2/2013 (pubblicato sulla G.U. N. 112 del 15 maggio 2013);

Visto il Documento Preliminare trasmesso da codesto Comune;

Preso atto che la variante in oggetto riguarda l'individuazione di una nuova area di recupero attuabile tramite apposito Piano di Recupero in cui si prevede la demolizione di vari annessi condonati e la realizzazione di nuove unità residenziali;

Considerato che l'area oggetto di variante ricade nella "Carta di riferimento delle norme di Piano nel settore del rischio idraulico" – scala 1:10.000 (tavola 7.48), allegata al succitato "Piano di Bacino, stralcio Assetto Idrogeologico del fiume Serchio – 1° Aggiornamento", in zona classificata come – P2 – "*Aree a moderata probabilità di inondazione*", disciplinata dall'articolo 23 delle norme del medesimo Piano ;

Visto l'articolo 23, comma 10, delle norme del "P.A.I. – 1° aggiornamento", nonché la Matrice II allegata alle stesse Norme;

Verificato che sull'area in esame è atteso un tirante per TR 200 anni di circa 30 cm e che il terreno su cui è previsto l'intervento è sensibilmente depresso rispetto al contesto;

Verificato altresì che gli interventi previsti nel P.d.R. sono ammessi dal vigente Piano di bacino e condizionati a opere di "autosicurezza" (cfr. Matrice II, punti 6 e 11, e art. 50 delle Norme);

Ciò premesso, questa Autorità di Bacino, per quanto di competenza, quale contributo alla procedura in oggetto ricorda che la suddetta pianificazione di bacino è disponibile sul proprio sito [www.autorita.bacinoserchio.it](http://www.autorita.bacinoserchio.it) e rileva che gli interventi di "autosicurezza", da prevedere espressamente nel P.d.R., dovranno essere progettati tenendo in considerazione un congruo franco di sicurezza oltre il battente suddetto.

Il Segretario Generale  
(Prof. Raffaello Nardi)

Firmato digitalmente

gp-dl

Via Vittorio Veneto, 1 - 55100 Lucca - Tel 0583.46.22.41 Fax 0583.47.14.41  
E.mail: [segreteria@bacinoserchio.it](mailto:segreteria@bacinoserchio.it) - Sito web: [www.autorita.bacinoserchio.it](http://www.autorita.bacinoserchio.it)

ESTRATTO DAL PRIMO PARERE DELL' AUTORITÀ DI BACINO F. SERCHIO  
(RELATIVAMENTE ALLA VARIANTE R.U. SISTEMA AMBIENTALE PONTELUNGO)





## Autorità di Bacino

**BACINO PILOTA DEL FIUME SERCHIO**

Al

Comune di San Giuliano Terme  
Settore II Servizio 2 Ufficio Piani Attuativi  
[comune.sangiulianoterme@postacert.toscana.it](mailto:comune.sangiulianoterme@postacert.toscana.it)

**Oggetto: Piano di Recupero di iniziativa privata con contestuale variante al Regolamento Urbanistico del sistema ambientale loc. Pontelungo (zona B sottozona B1) – Parere**

Con riferimento alla nota del 19/06/2015 n. 22406, assunta al protocollo di questo ente al n. 2011 del 23/06/2015, con la quale il Comune ha trasmesso Piano di Recupero in oggetto in oggetto;

Visto il Piano di bacino, stralcio "Assetto Idrogeologico", approvato con D.C.R. n° 20 del 01/02/2005;

Visto il Piano di bacino, stralcio "Assetto Idrogeologico del Fiume Serchio (P.A.I.). 1° Aggiornamento", approvato con D.P.C.M. del 26 luglio 2013 (pubblicato sulla G.U. n. 34 del 11 febbraio 2014) che costituisce variante al P.A.I.;

Visto il Piano di Gestione delle acque del Distretto Idrografico Pilota del fiume Serchio approvato con D.P.C.M. del 8/2/2013 (pubblicato sulla G.U. N. 112 del 15 maggio 2013);

Preso atto che la documentazione presentata riguarda un Piano di Recupero in cui si prevede la demolizione di vari annessi condonati e la realizzazione di nuove unità residenziali, attuabile anche in sub-comparti;

Considerato che l'area oggetto di variante ricade nella "Carta di riferimento delle norme di Piano nel settore del rischio idraulico" – scala 1:10.000 (tavola 7.48), allegata al succitato "Piano di Bacino, stralcio Assetto Idrogeologico del fiume Serchio – 1° Aggiornamento", in zona classificata come – P2 – "Aree a moderata probabilità di inondazione", disciplinata dall'articolo 23 delle norme del medesimo Piano;

Visto l'articolo 23, comma 10, delle norme del "P.A.I. – 1° aggiornamento", nonché la Matrice II allegata alle stesse Norme;

Richiamata la Ns nota n. 807 del 05/03/2014 (con cui questa Autorità di Bacino Fiume si è espressa in merito al procedimento di Verifica di assoggettabilità a VAS per il Piano di Recupero in oggetto) che riportava:

- *Verificato che sull'area in esame è atteso un tirante per TR 200 anni di circa 30 cm e che il terreno su cui è previsto l'intervento è sensibilmente depresso rispetto al contesto;*
- *Verificato altresì che gli interventi previsti nel P.d.R. sono ammessi dal vigente Piano di bacino e condizionati a opere di "autosicurezza" (cfr. Matrice II, punti 6 e 11, e art. 50 delle Norme);*
- *Gli interventi di "autosicurezza", da prevedere espressamente nel P.d.R., dovranno essere progettati tenendo in considerazione un congruo franco di sicurezza oltre il battente suddetto;*

Considerato che il suddetto tirante di 30 cm è ricavato da modellistica idraulica a scala di bacino per eventi con TR 200 riferiti al fiume Serchio con sormonto arginale e senza rottura dello stesso argine;

Verificata tuttavia la situazione morfologica locale e considerato che il piano di campagna dell'area di intervento è inferiore rispetto alle infrastrutture che la circondano, (via delle Palanche, via S. Jacopo, via del Gelso);

Reso noto in particolare che le quote del terreno e delle infrastrutture presenti ottenute da rilievo LIDAR (condotto da questa Autorità di Bacino nel 2006) si possono riassumere in:

- quote dei piani di campagna dell'area sottoposta a P.d.R. comprese tra circa m 1,50 slm (misurato nell'area sud-ovest del sub-comparto 3) e circa m 2,00 slm (misurato nella parte orientale del sub-comparto 1);

gp-sts-dl





## *Autorità di Bacino*

### **BACINO PILOTA DEL FIUME SERCHIO**

- quota della via S. Jacopo pari a m +2,70 slm;

Evidenziato pertanto che il dislivello tra l'area di intervento e i rilevati esistenti varia tra circa 1,20 ml e 0,70 ml;

Ciò premesso e sulla base degli elementi sopraesposti, questa Autorità di Bacino, per quanto di competenza, esprime parere favorevole al Piano di Recupero in oggetto e contestuale variante al Regolamento Urbanistico Comunale, nel rispetto della seguente prescrizione:

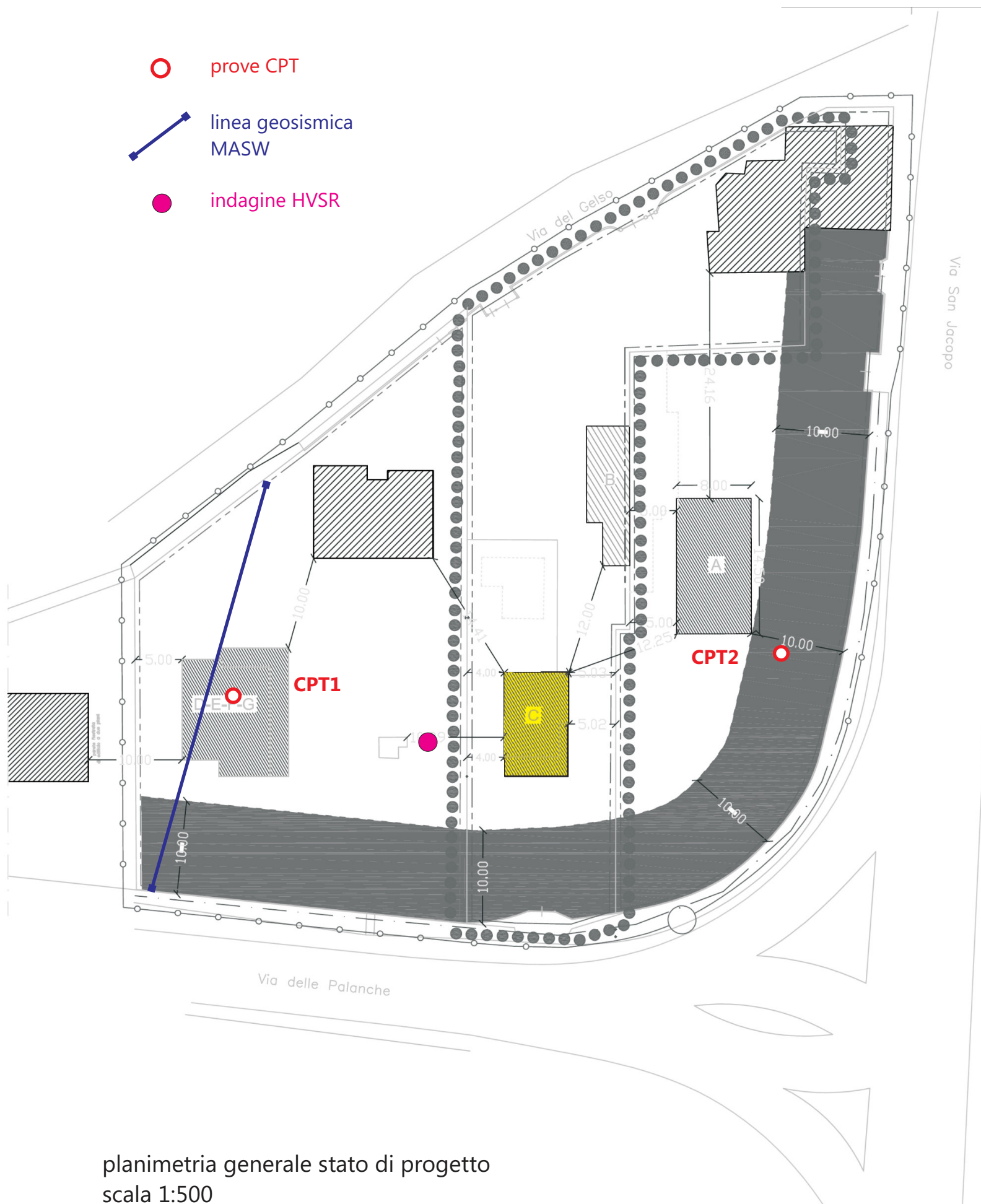
- La scheda norma e la documentazione tecnica relativa al Piano di Recupero devono indicare che i piani di calpestio dei nuovi immobili residenziali dovranno essere realizzati ad una quota minima di m +1,20 rispetto ai punti più depressi dell'area di intervento (presenti nelle aree sud-ovest del sub-comparto 3).

Il Segretario Generale  
Prof. Raffaello Nardi  
(Firmato digitalmente)

○ prove CPT

↗ linea geosismica  
MASW

● indagine HVSR



planimetria generale stato di progetto  
scala 1:500  
con ubicazione indagini in situ

# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

**CPT 1**

2.01PG05-077

- committente : Geol. Casella Andrea  
 - lavoro :  
 - località : via del Gelso, MAdonna dell'Acqua  
 - note :

- data : 13/10/2015  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	----	----	--	-----	----	4,60	10,0	21,0	10,0	0,60	17,0
0,40	----	----	--	1,20	----	4,80	11,0	20,0	11,0	0,53	21,0
0,60	21,0	39,0	21,0	1,40	15,0	<b>5,00</b>	10,0	18,0	10,0	0,73	14,0
0,80	22,0	43,0	22,0	1,80	12,0	5,20	12,0	23,0	12,0	0,47	26,0
<b>1,00</b>	16,0	43,0	16,0	1,73	9,0	5,40	5,0	12,0	5,0	0,53	9,0
1,20	13,0	39,0	13,0	1,27	10,0	5,60	7,0	15,0	7,0	0,33	21,0
1,40	9,0	28,0	9,0	0,80	11,0	5,80	8,0	13,0	8,0	0,53	15,0
1,60	9,0	21,0	9,0	0,67	13,0	<b>6,00</b>	6,0	14,0	6,0	0,33	18,0
1,80	12,0	22,0	12,0	1,07	11,0	6,20	6,0	11,0	6,0	0,33	18,0
<b>2,00</b>	13,0	29,0	13,0	1,13	11,0	6,40	4,0	9,0	4,0	0,33	12,0
2,20	15,0	32,0	15,0	0,93	16,0	6,60	4,0	9,0	4,0	0,33	12,0
2,40	14,0	28,0	14,0	1,13	12,0	6,80	6,0	11,0	6,0	0,47	13,0
2,60	9,0	26,0	9,0	0,67	13,0	<b>7,00</b>	6,0	13,0	6,0	0,73	8,0
2,80	6,0	16,0	6,0	0,33	18,0	7,20	10,0	21,0	10,0	0,67	15,0
<b>3,00</b>	14,0	19,0	14,0	0,93	15,0	7,40	5,0	15,0	5,0	0,40	12,0
3,20	11,0	25,0	11,0	0,73	15,0	7,60	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0
3,40	9,0	20,0	9,0	0,67	13,0	7,80	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0
3,60	9,0	19,0	9,0	0,60	15,0	<b>8,00</b>	7,0	13,0	7,0	0,40	17,0
3,80	9,0	18,0	9,0	0,60	15,0	8,20	8,0	14,0	8,0	0,53	15,0
<b>4,00</b>	10,0	19,0	10,0	0,67	15,0	8,40	8,0	16,0	8,0	0,47	17,0
4,20	12,0	22,0	12,0	0,73	16,0	8,60	7,0	14,0	7,0	0,60	12,0
4,40	12,0	23,0	12,0	0,73	16,0	8,80	7,0	16,0	7,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)



# PROVA PENETROMETRICA STATICA

## LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.01PG05-077

- committente : Geol. Casella Andrea  
 - lavoro :  
 - località : via del Gelso, MAdonna dell'Acqua  
 - note :

- data : 13/10/2015  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc	fs	qc/fs
	punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>				punta	laterale	kg/cm <sup>2</sup>		
0,20	----	----	--	-----	----	4,60	12,0	21,0	12,0	0,67	18,0
0,40	----	----	--	0,53	----	4,80	9,0	19,0	9,0	0,40	22,0
0,60	15,0	23,0	15,0	1,00	15,0	<b>5,00</b>	4,0	10,0	4,0	0,27	15,0
0,80	9,0	24,0	9,0	1,07	8,0	5,20	4,0	8,0	4,0	0,20	20,0
<b>1,00</b>	12,0	28,0	12,0	1,13	11,0	5,40	5,0	8,0	5,0	0,27	19,0
1,20	14,0	31,0	14,0	1,47	10,0	5,60	6,0	10,0	6,0	0,27	22,0
1,40	14,0	36,0	14,0	1,13	12,0	5,80	14,0	18,0	14,0	0,47	30,0
1,60	17,0	34,0	17,0	1,40	12,0	<b>6,00</b>	9,0	16,0	9,0	0,53	17,0
1,80	15,0	36,0	15,0	1,33	11,0	6,20	7,0	15,0	7,0	0,27	26,0
<b>2,00</b>	16,0	36,0	16,0	1,33	12,0	6,40	6,0	10,0	6,0	0,27	22,0
2,20	17,0	37,0	17,0	1,40	12,0	6,60	6,0	10,0	6,0	0,33	18,0
2,40	15,0	36,0	15,0	1,33	11,0	6,80	6,0	11,0	6,0	0,47	13,0
2,60	18,0	38,0	18,0	1,33	13,0	<b>7,00</b>	7,0	14,0	7,0	0,47	15,0
2,80	21,0	41,0	21,0	1,53	14,0	7,20	6,0	13,0	6,0	0,47	13,0
<b>3,00</b>	16,0	39,0	16,0	0,80	20,0	7,40	11,0	18,0	11,0	0,47	24,0
3,20	15,0	27,0	15,0	0,93	16,0	7,60	6,0	13,0	6,0	0,40	15,0
3,40	9,0	23,0	9,0	0,47	19,0	7,80	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0
3,60	8,0	15,0	8,0	0,47	17,0	<b>8,00</b>	6,0	12,0	6,0	0,40	15,0
3,80	8,0	15,0	8,0	0,40	20,0	8,20	7,0	13,0	7,0	0,47	15,0
<b>4,00</b>	10,0	16,0	10,0	0,60	17,0	8,40	8,0	15,0	8,0	0,47	17,0
4,20	13,0	22,0	13,0	0,60	22,0	8,60	10,0	17,0	10,0	0,60	17,0
4,40	12,0	21,0	12,0	0,60	20,0	8,80	8,0	17,0	8,0	-----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\phi = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

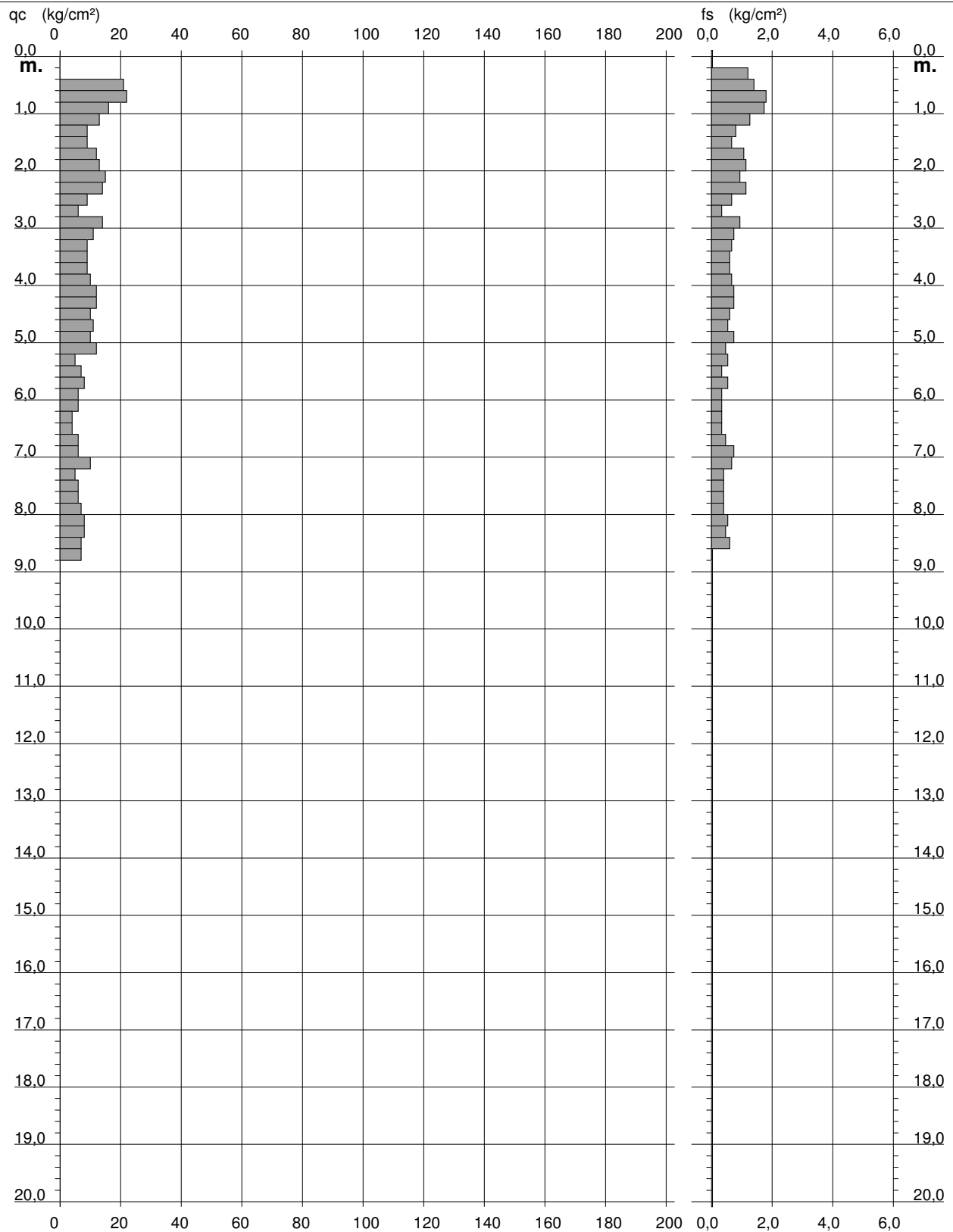
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

**CPT 1**

2.01PG05-077

- committente : Geol. Casella Andrea  
 - lavoro :  
 - località : via del Gelso, MAdonna dell'Acqua

- data : 13/10/2015  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - scala vert.: 1 : 100





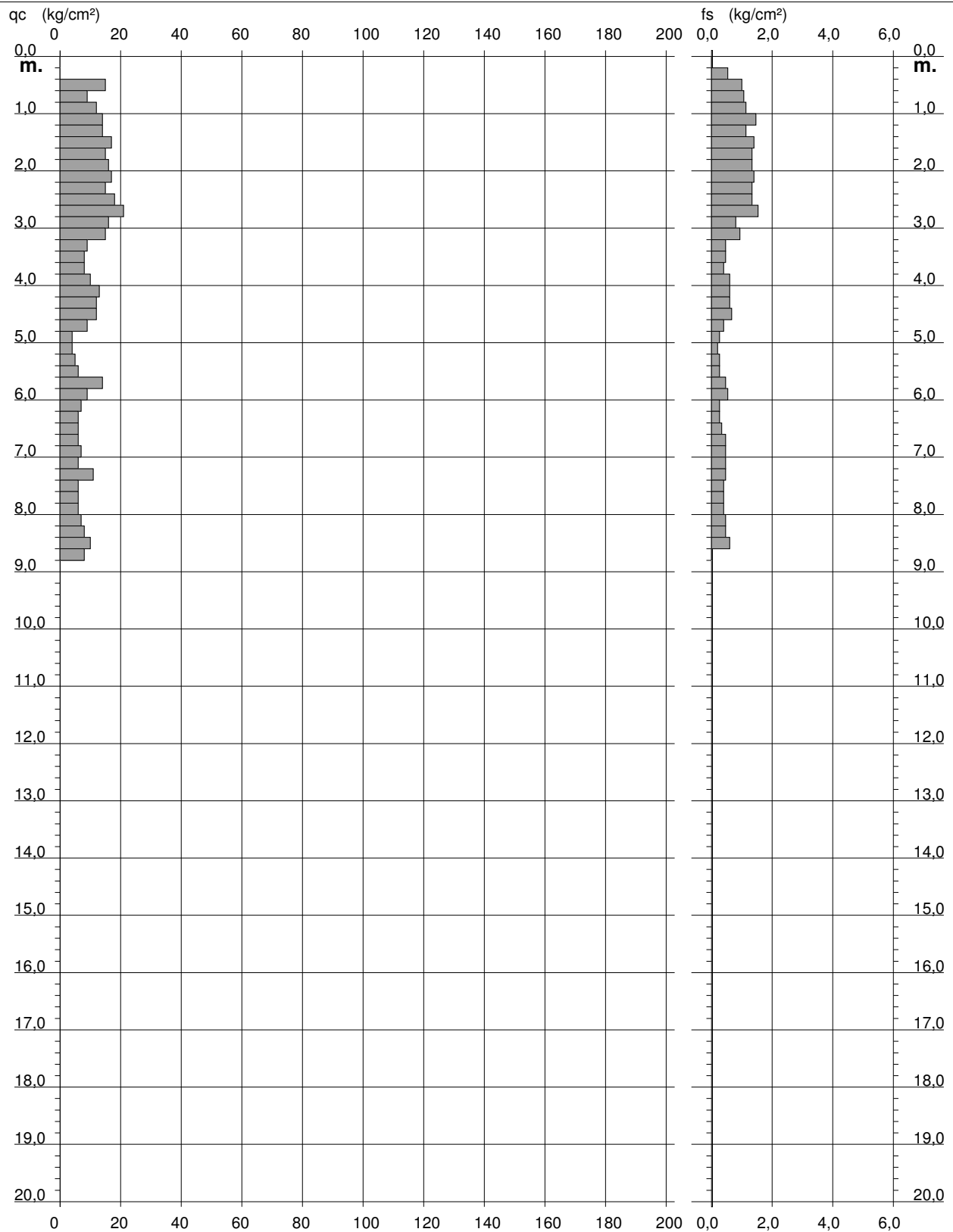
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

**CPT 2**

2.01PG05-077

- committente : Geol. Casella Andrea  
 - lavoro :  
 - località : via del Gelso, MAdonna dell'Acqua

- data : 13/10/2015  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - scala vert.: 1 : 100



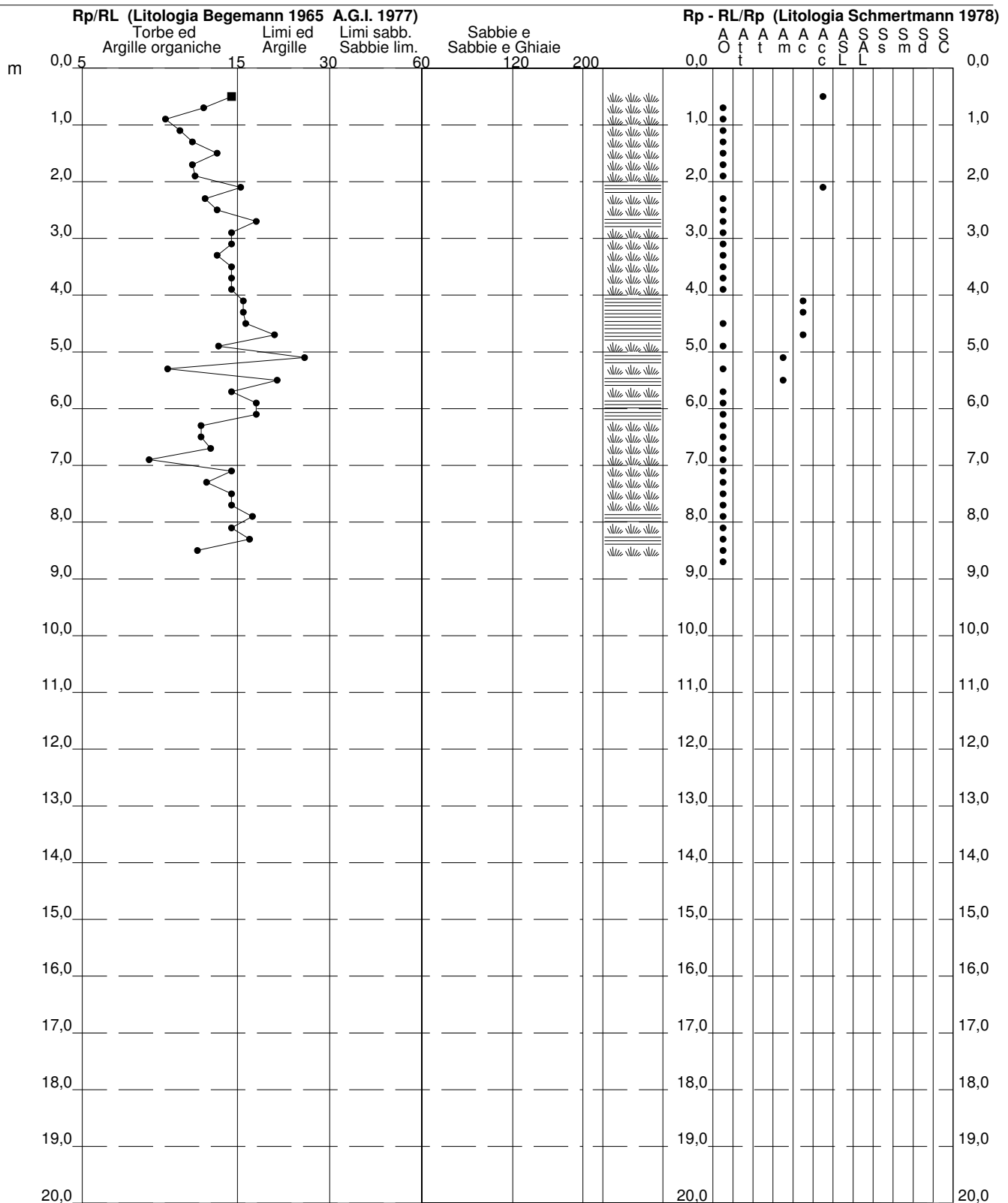
# PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

**CPT 1**

2.01PG05-077

- committente : Geol. Casella Andrea  
 - lavoro :  
 - località : via del Gelso, MAdonna dell'Acqua  
 - note :

- data : 13/10/2015  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - scala vert.: 1 : 100

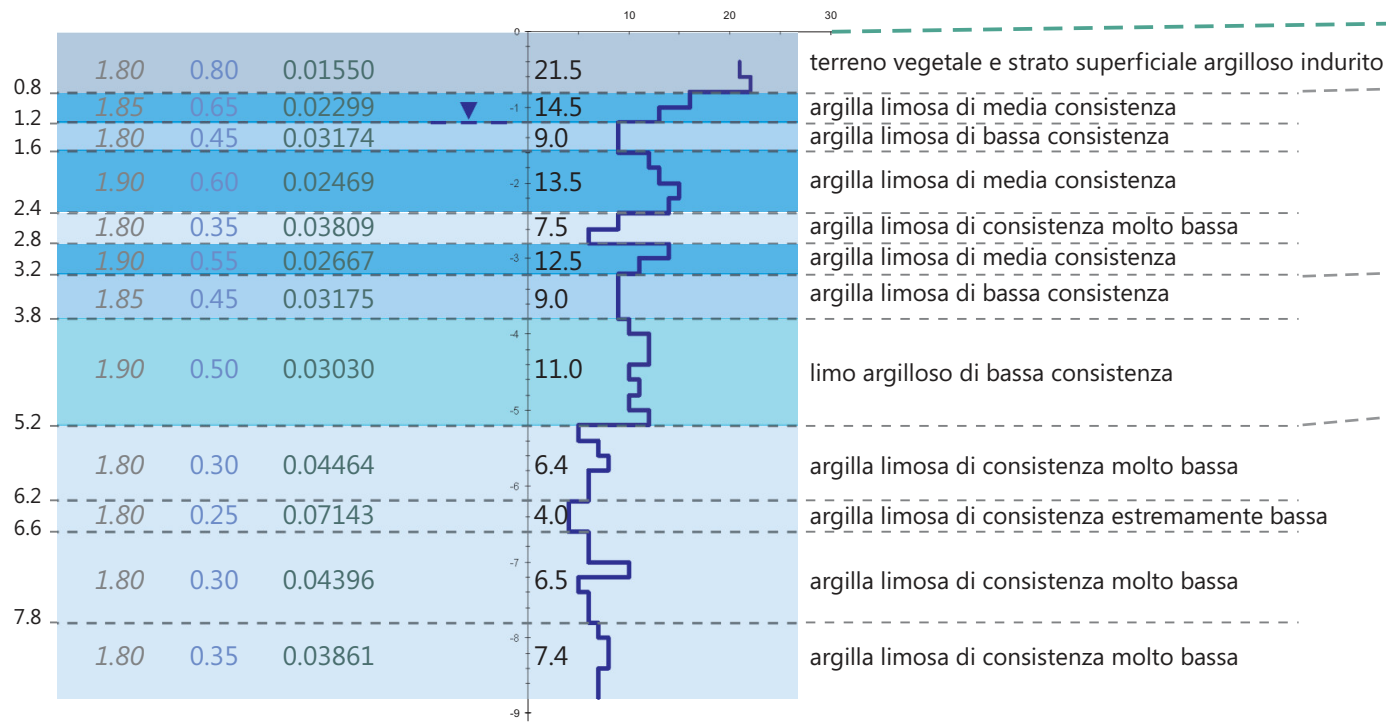


## 2.01PG05-077

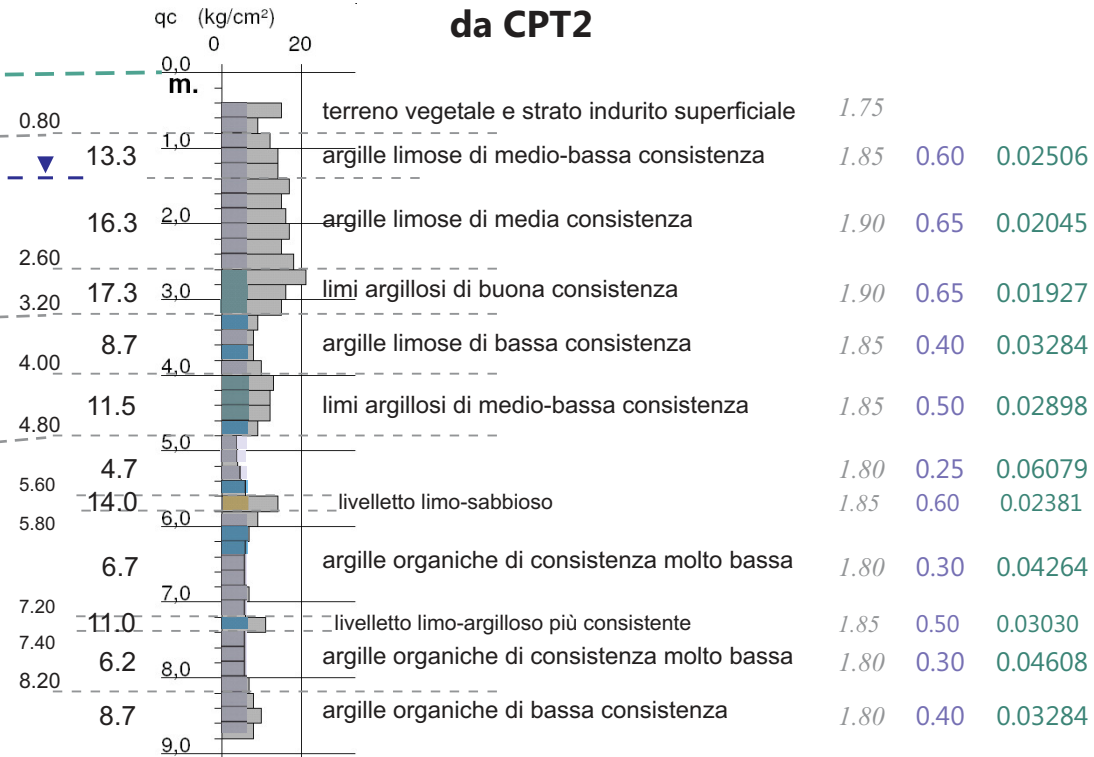
- data : 13/10/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : Falda non rilevata  
- scala vert.: 1 : 100



da CPT1



da CPT2



— ▽ — livello acqua misurato in foro

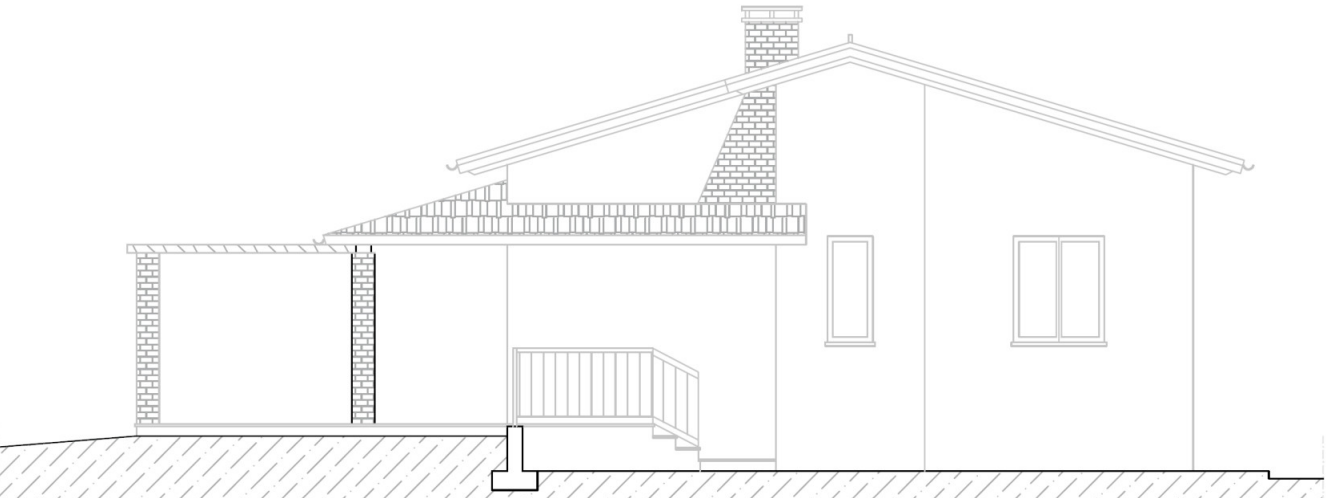
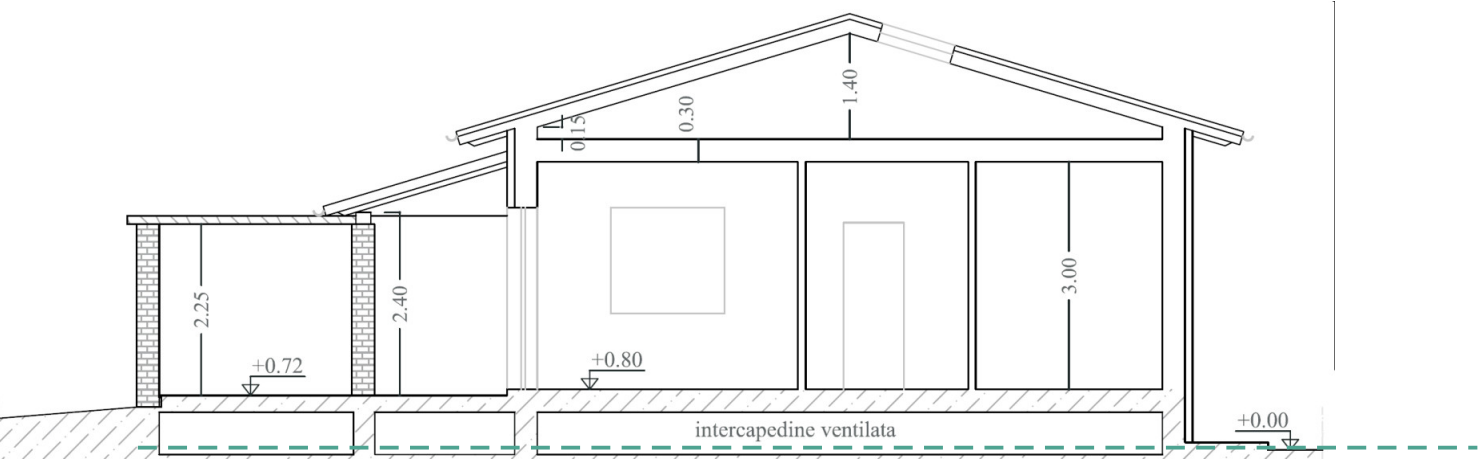
PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

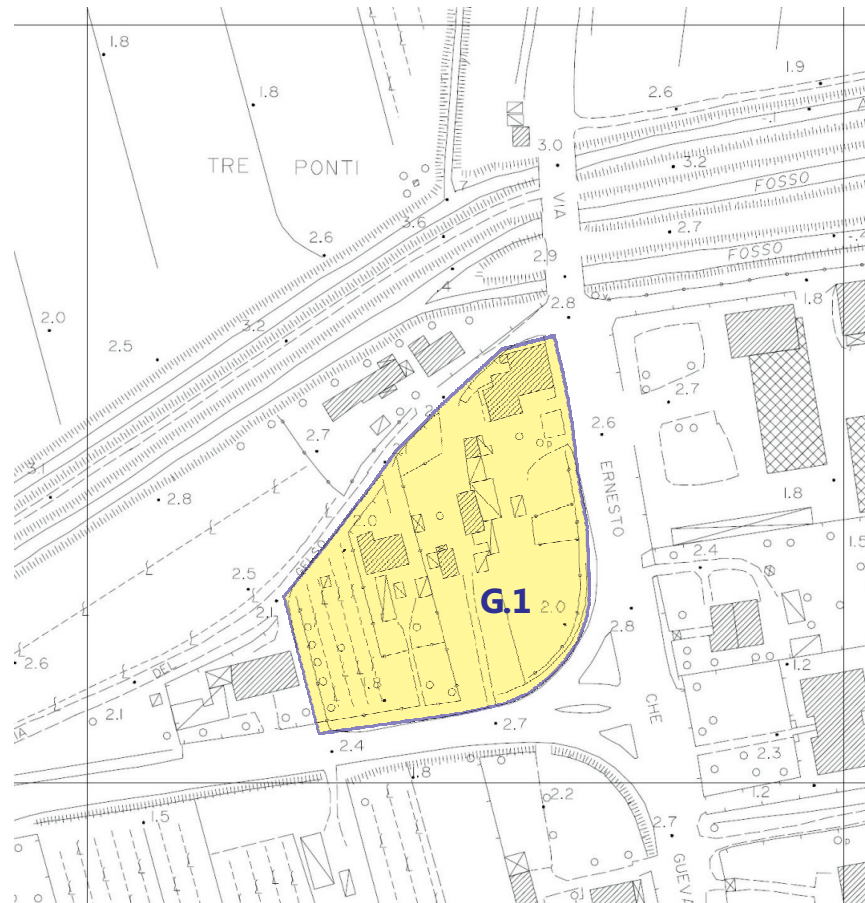
resistenza alla punta media  $Q_c$  nello strato assimilato ad omogeneo (Kg/cm²)

peso di volume  $\gamma$  stimato (t/m³)

resistenza non drenata  $c_u$  (Kg/cm²)

coeff. compressibilità volumetrica  $m_v$  (cm²/Kg)

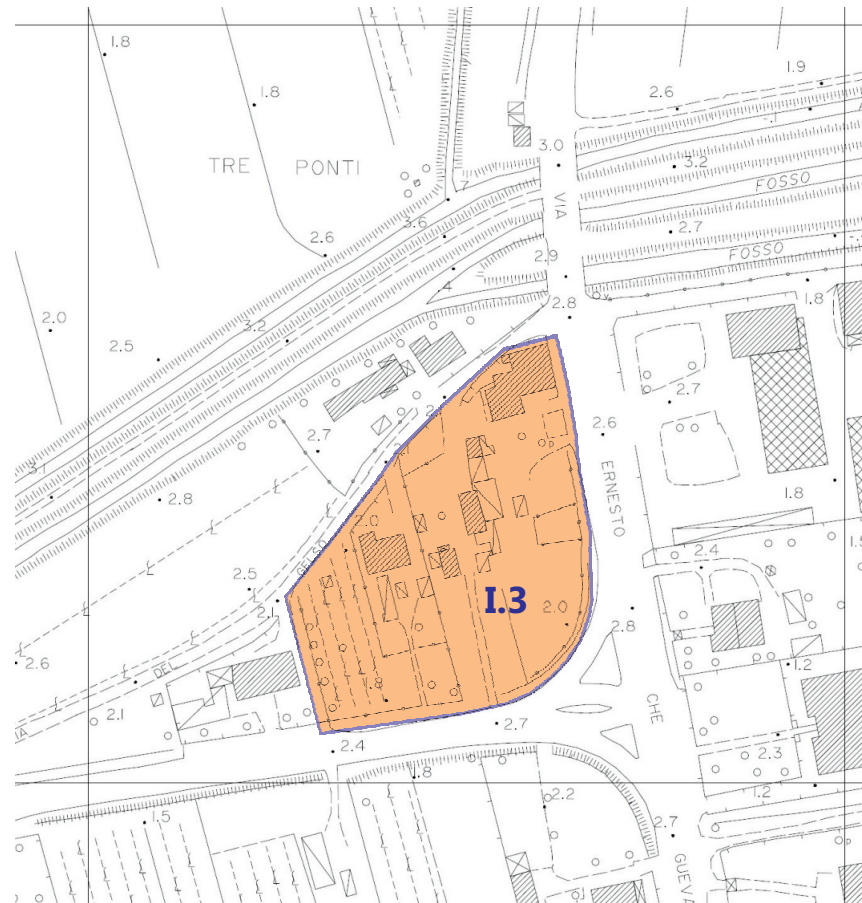




CARTA DI PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA  
RELATIVA ALLA ZONA - SCALA 1:2.000

**G.1**

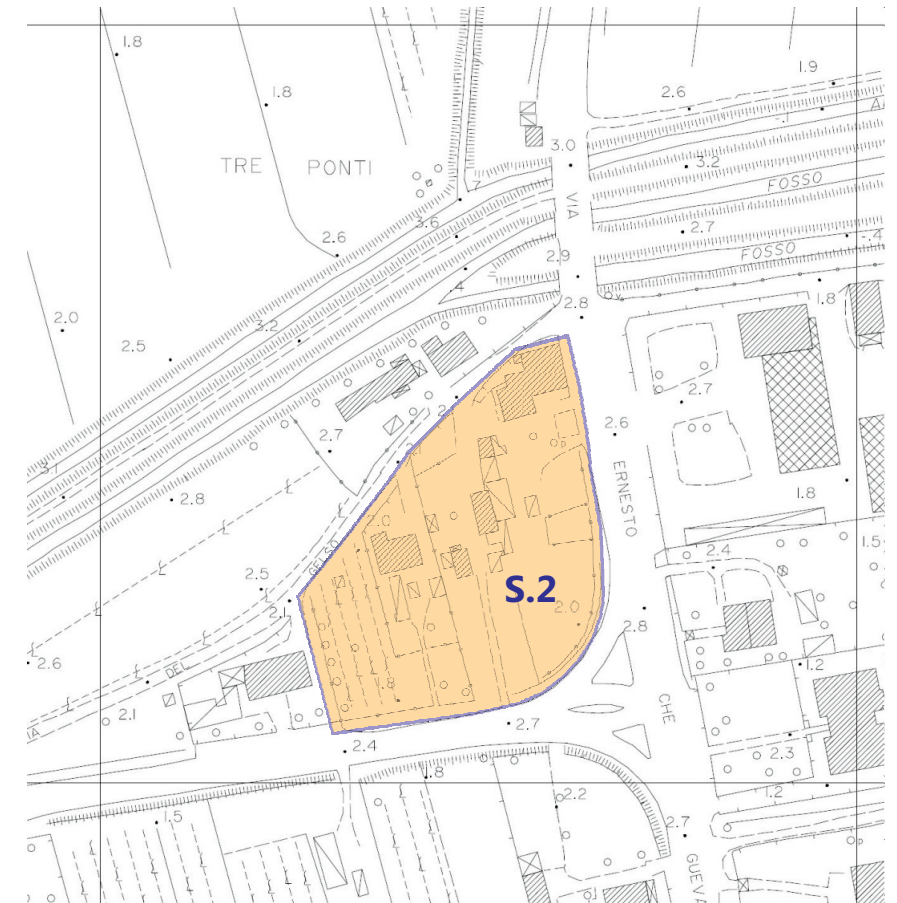
**Pericolosità geologica bassa (G.1):** aree in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche litologiche, giaciture non costituiscono fattori predisponenti al verificarsi di processi morfoevolutivi.



CARTA DI PERICOLOSITA' IDRAULICA  
RELATIVA ALLA ZONA - SCALA 1:2.000

**I.3**

**Pericolosità idraulica elevata (I.3):** aree interessate da allagamenti per eventi compresi tra  $30 < TR < 200$  anni. Fuori dalle UTOE potenzialmente interessate da previsioni insediative e infrastrutturali, in presenza di aree non riconducibili agli ambiti di applicazione degli atti di pianificazione di bacino e in assenza di studi idrologici e idraulici, rientrano in classe di pericolosità elevata le aree di fondovalle per le quali ricorra almeno una delle seguenti condizioni: a) vi sono notizie storiche di inondazioni; b) sono morfologicamente in condizione sfavorevole di norma a quote altimetriche inferiori rispetto alla quota posta a metri 2 sopra il piede esterno dell'argine o, in mancanza, sopra il ciglio di sponda.



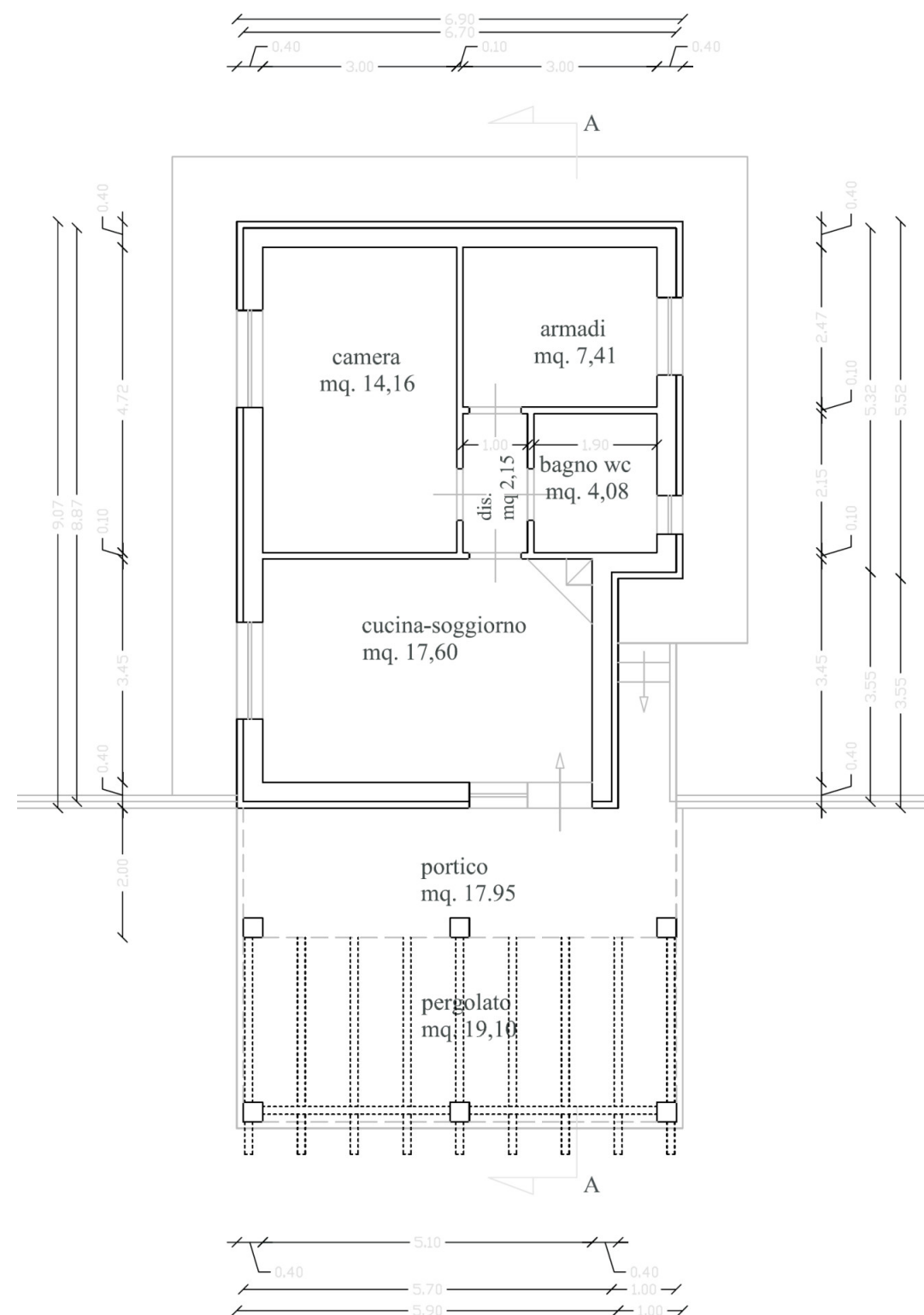
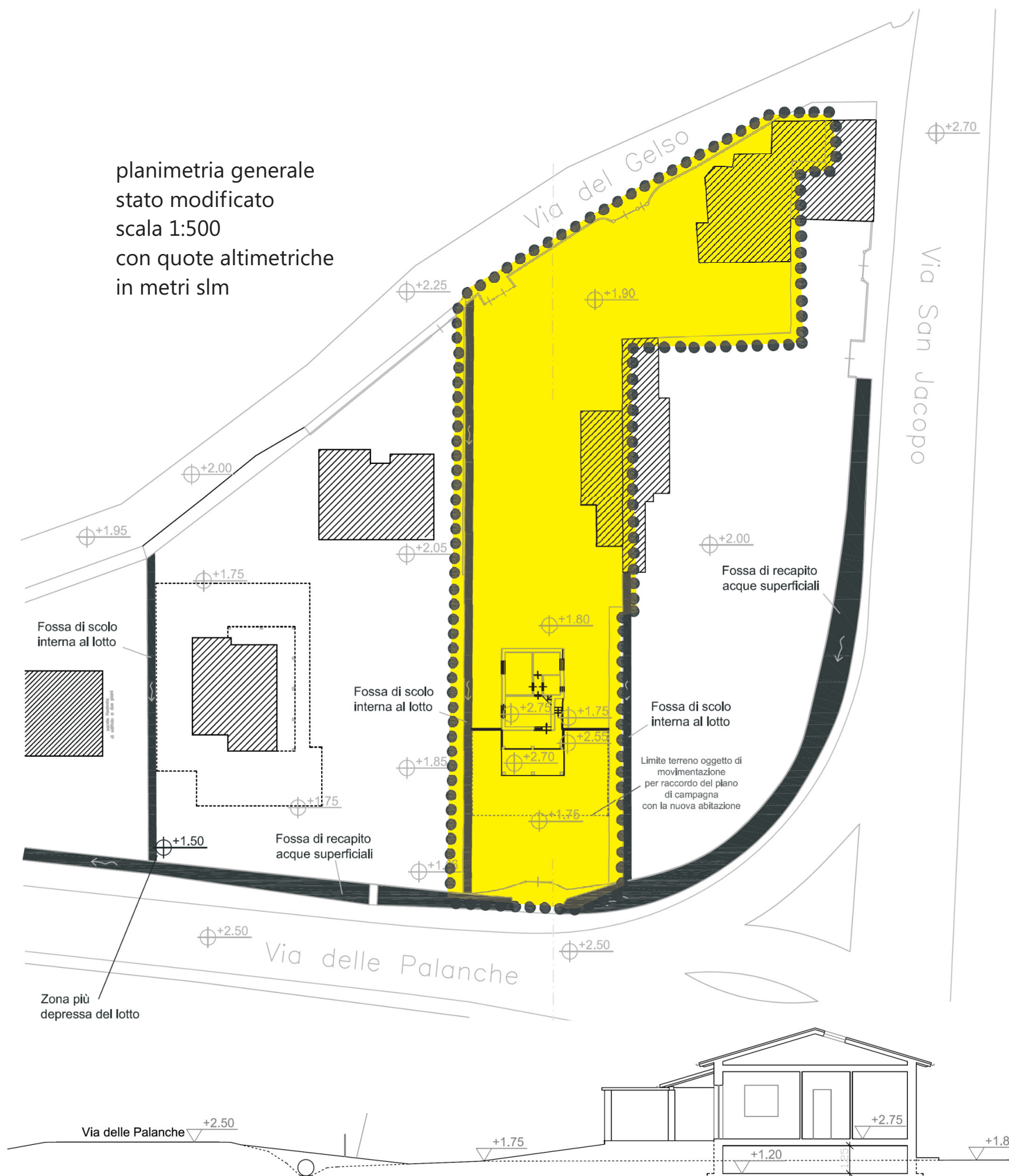
CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE  
SCALA 1:2.000

**S.2**

**Pericolosità sismica locale media (S.2):** zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (che non rientrano tra quelli previsti per la classe di pericolosità sismica S.3);

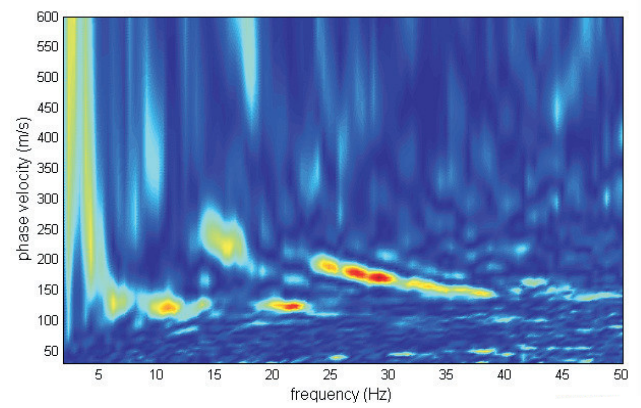
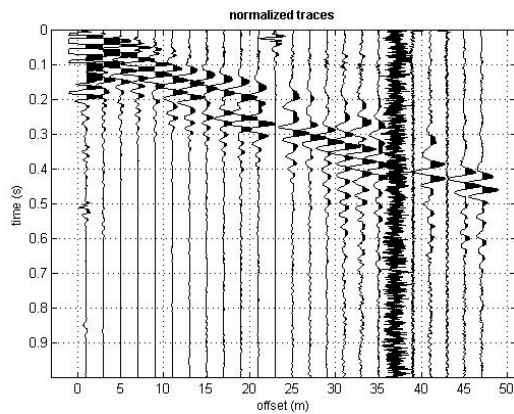




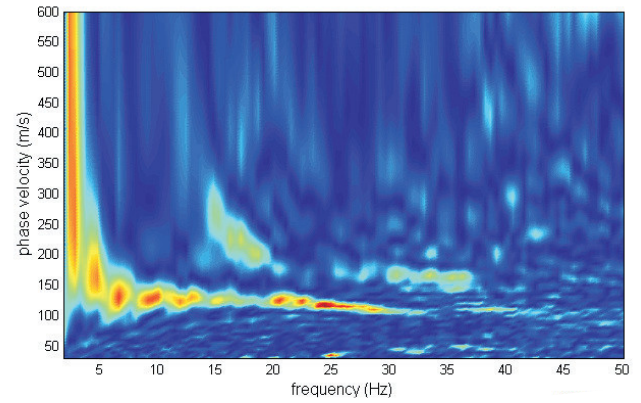
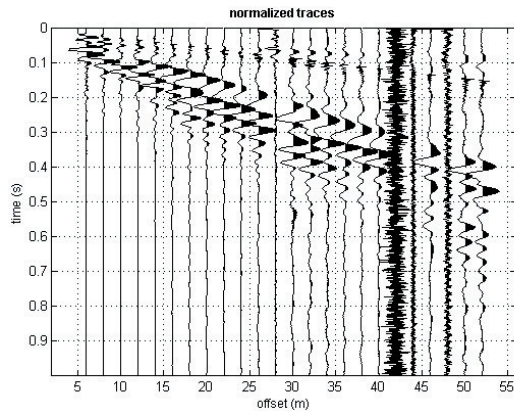


pianta - scala 1:100

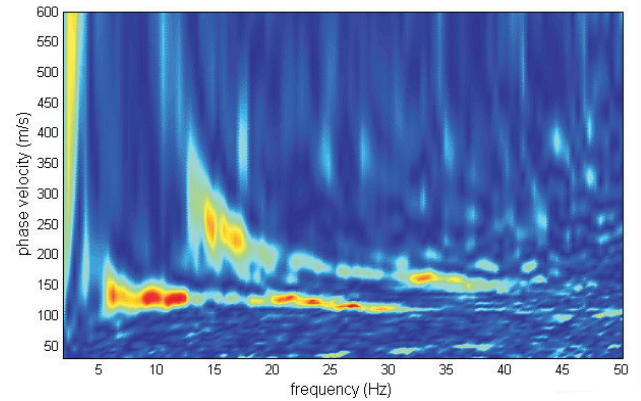
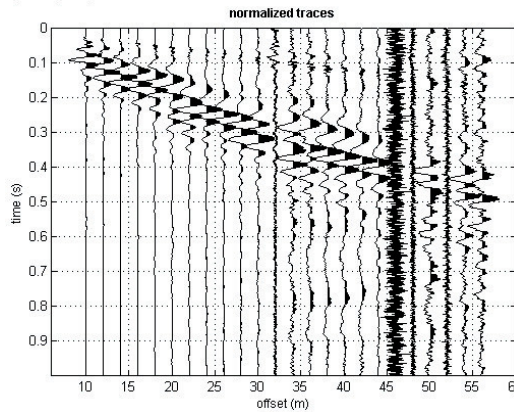
sezione scala 1:200 attraverso il lotto in oggetto con quote (stato di progetto) in metri slm



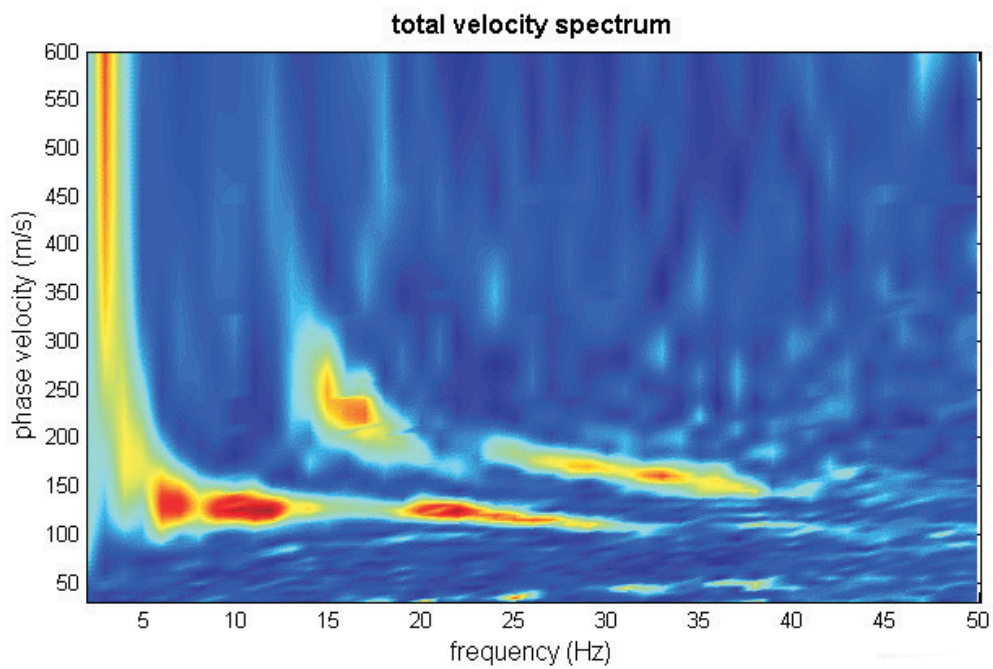
offset minimo = 1,0 m



offset minimo = 6,0 m



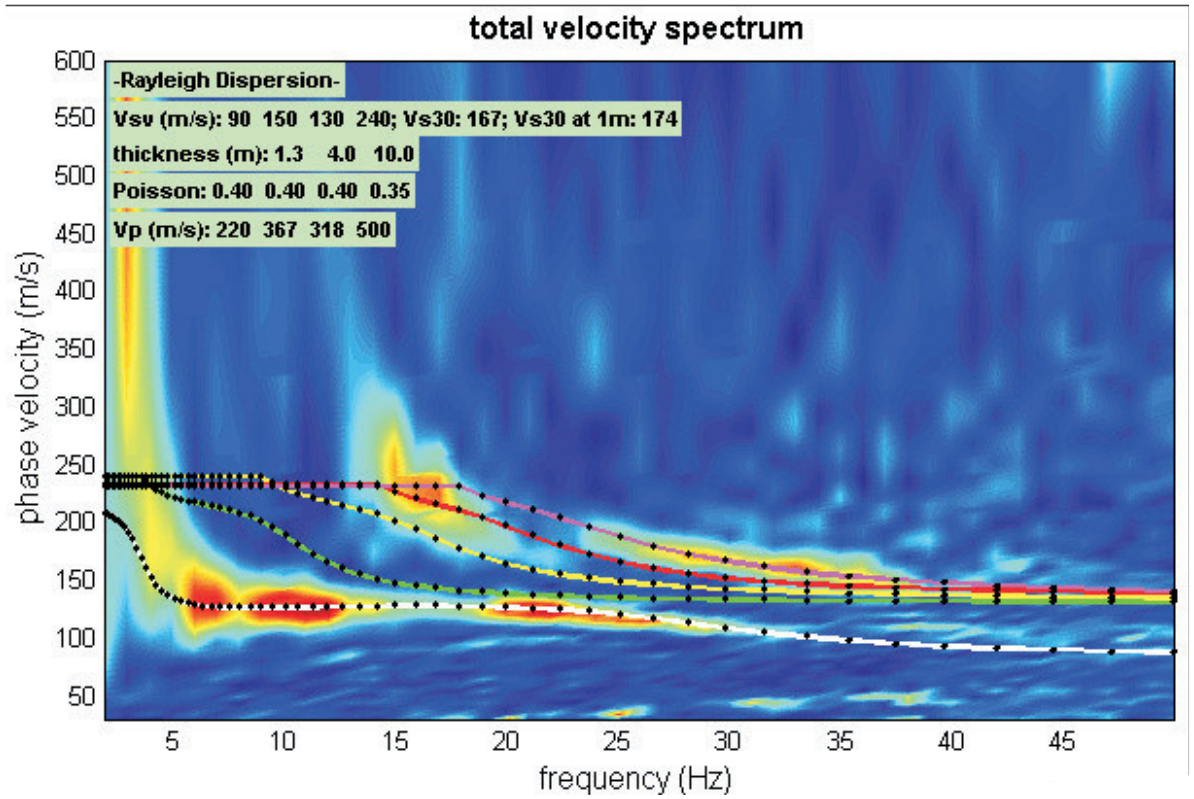
offset minimo = 10,0 m



spettro-somma

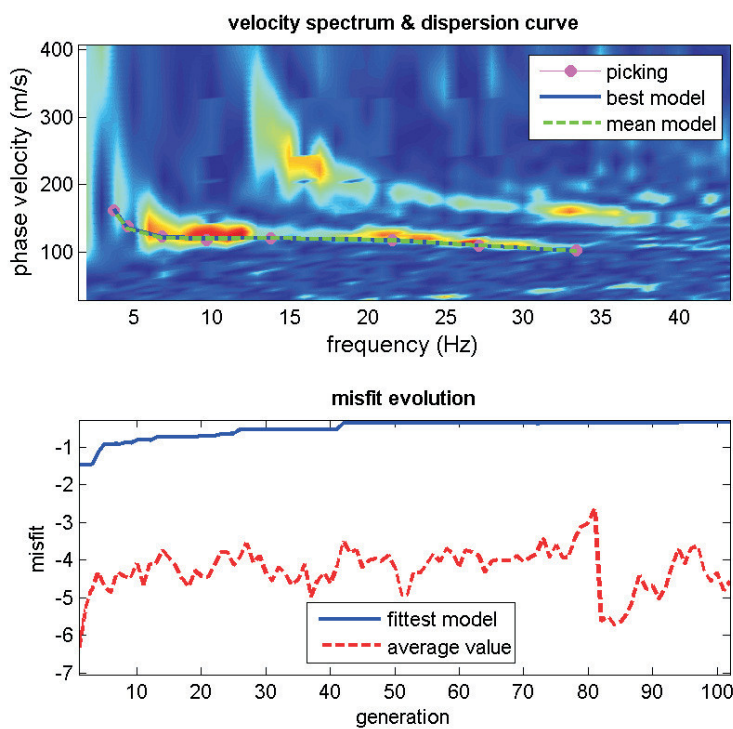
indagine MASW : common-shot gather e spettri di velocità relativi ai vari "shots"  
spettro di velocità risultante dalla somma dei vari spettri



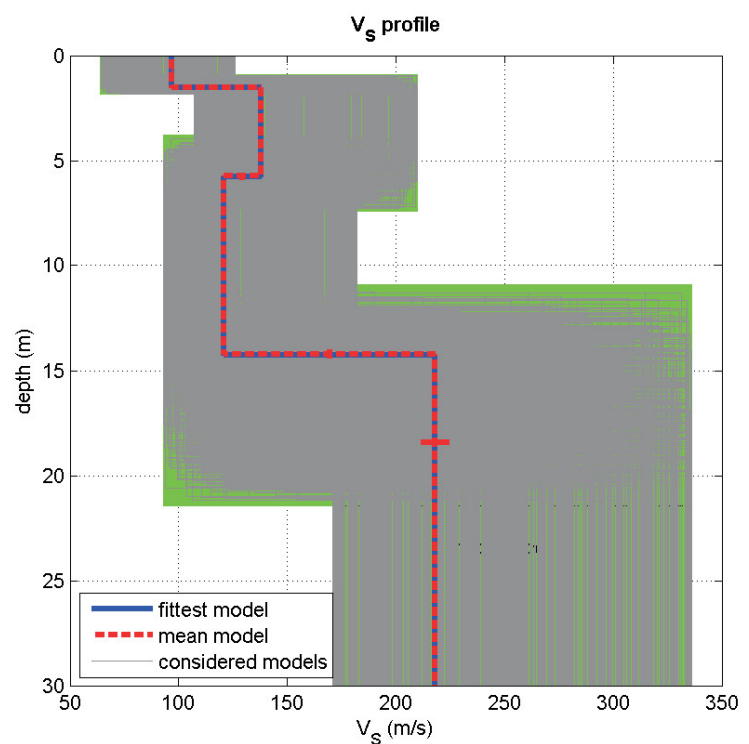


$V_s$	$Q_s$	Poisson	thickness
90	10	0.4	1.3
150	16	0.4	4
130	19	0.4	10
240	24	0.35	0

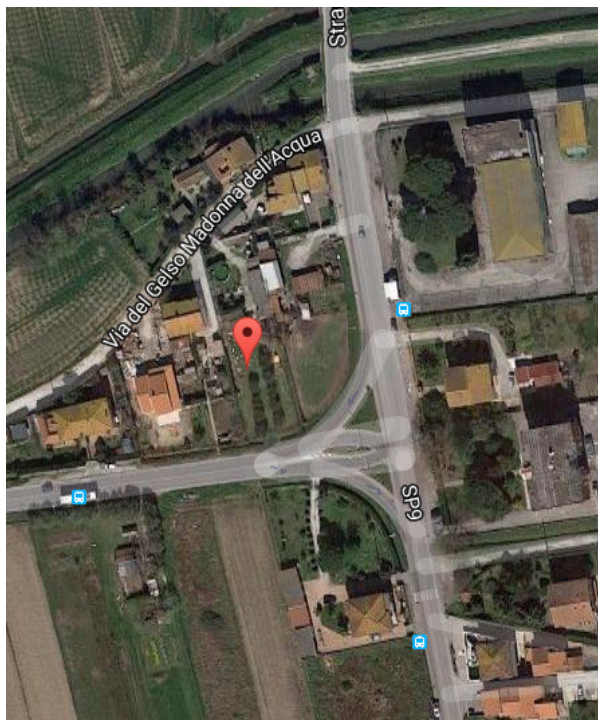
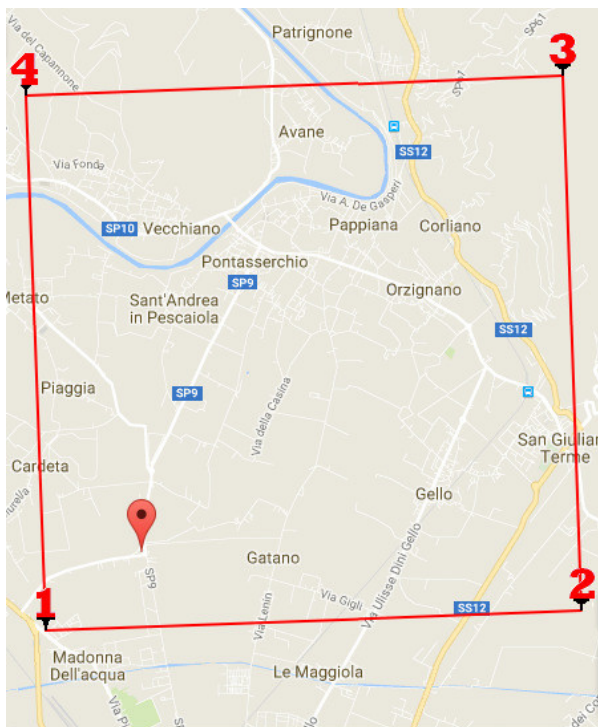
elaborazione da modello diretto  
sullo spettro "somma"



dispersion curve: total<sub>p</sub> jck.cdp  
 $V_{s30}$  (best model): 159 m/s  
 $V_{s30}$  (mean model): 159 m/s



elaborazione per picking e inversione  
sullo spettro "somma"



#### Sito in esame

latitudine (ED50): 43,750851  
longitudine (ED50): 10,388023  
latitudine (WGS84): 43.749885  
longitudine (WGS84): 10.387021  
Classe: 2  
Vita nominale: 50

#### Siti di riferimento

Sito 1 ID: 20046 Lat: 43,7435  
Lon: 10,3757 Distanza: 1280,993  
Sito 2 ID: 20047 Lat: 43,7453  
Lon: 10,4450 Distanza: 4614,379  
Sito 3 ID: 19825 Lat: 43,7953  
Lon: 10,4425 Distanza: 6598,774  
Sito 4 ID: 19824 Lat: 43,7935  
Lon: 10,3732 Distanza: 4889,619

#### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D  
Categoria topografica: T1  
Periodo di riferimento: 50 anni  
Coefficiente cu: 1

#### Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %  
Tr: 30 [anni]  
ag: 0,038 g  
Fo: 2,579  
Tc\*: 0,221 [s]

#### Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %  
Tr: 50 [anni]  
ag: 0,047 g  
Fo: 2,555  
Tc\*: 0,249 [s]

#### Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %  
Tr: 475 [anni]  
ag: 0,119 g  
Fo: 2,360  
Tc\*: 0,281 [s]

#### Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %  
Tr: 975 [anni]  
ag: 0,153 g  
Fo: 2,383  
Tc\*: 0,284 [s]

#### Coefficienti Sismici

##### SLO:

Ss: 1,800  
Cc: 2,660  
St: 1,000  
Kh: 0,014  
Kv: 0,007  
Amax: 0,675  
Beta: 0,200

##### SLD:

Ss: 1,800  
Cc: 2,500  
St: 1,000  
Kh: 0,017  
Kv: 0,009  
Amax: 0,835  
Beta: 0,200

##### SLV:

Ss: 1,800  
Cc: 2,360  
St: 1,000  
Kh: 0,052  
Kv: 0,026  
Amax: 2,109  
Beta: 0,240

##### SLC:

Ss: 1,800  
Cc: 2,350  
St: 1,000  
Kh: 0,066  
Kv: 0,033  
Amax: 2,703  
Beta: 0,240