

RELAZIONE GEOLOGICA

RELAZIONE GEOLOGICA ESEGUITA IN COMUNE DI CASTELBOLOGNESE PER STABILIRE LE CARATTERISTICHE DI EDIFICABILITA' DI UN'AREA POSTA IN VIA MARCHESINA



COMMITTENTE:

GIBERTI SAELE – Via Casolana, 1775

CASTELBOLOGNESE (Ra)



ANDREATTA Dr. GIANCARLO

Studio di Geologia Tecnica

Via XXV Aprile, 140

CASTELBOLOGNESE (RA)

Tel. 0546/656362-333/2209149

e-mail: andreattag@libero.it

INDICE

<i>a. PREMESSA</i>	<i>pag. 3</i>
<i>b. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO</i>	<i>pag. 4</i>
<i>c. INDAGINI "IN SITU" E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE</i>	<i>pag. 5</i>
<i>d. MISURE DIGITALI DEL RUMORE SISMICO (HVSR)</i>	<i>pag. 10</i>
<i>e. CARATTERISTICHE SISMICHE</i>	<i>pag. 11</i>
<i>f. COMPATIBILITA' SISMICA DELL'INTERVENTO</i>	<i>pag. 18</i>
<i>g. CARATTERIZZAZIONE SISMICA (II° livello di approfondimento)</i>	<i>pag. 19</i>
<i>h. COMPATIBILITA' EDIFICATORIA DELL'INTERVENTO</i>	<i>pag. 20</i>
<i>i. Area - "Via Marchesina-Area Giberti": Prescrizioni conclusive</i>	<i>pag. 21</i>

ALLEGATI:

- *Microzonazione sismica e prova MASW 02 (PSC2009 all. B.3.3.1.a)*
- *Grafici tomografia HVSR*
- *Planimetria CTR* *scala 1:2.000*
- *Carta geomorfologica* *scala 1:5.000*
- *Carta delle isobate freatiche* *scala 1:5.000*
- *Sondaggio CARG P514*
- *Sezione geotecnica* *scala 1:200/1:100*
- *Planimetria ubicazione prove* *scala 1:1.000*
- *Grafico sondaggio*
- *Grafici penetrometrici e correlazioni geotecniche*

a. PREMESSA

Su richiesta del Sig. **Giberti Saele** via **Casolana n° 1775** comune di CastelBolognese (Ra), è stata eseguita un'indagine geologica e caratterizzazione geotecnica del sottosuolo in via Marchesina comune di **CastelBolognese** per **n° 1 area di espansione sviluppo urbanistico denominata “Area Giberti”**. Per questo studio vengono utilizzati anche dati di precedenti analisi di aree adiacenti prendendo in considerazione le caratteristiche geologiche, idrologiche, idrogeologiche, idromorfologiche e geotecniche e le implicazioni sismiche che ne derivano, i cui dati vengono di seguito riportati. Lo studio è stato effettuato in ottemperanza alle seguenti normative di legge e/o direttive di interesse:

- Al D.M. 11.03.88 (sez. H) e pubblicato G.U. n.127 del 01.06.88
- Circolare Regionale (Dipartimento Ambiente e Territorio) n.1288 del 11.02.1983
- Piano Territoriale Paesistico Regionale,
- Al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale,
- Alla Legge nazionale 236/88 sulle captazioni idriche per il consumo umano
- Alle Norme Piano Stralcio Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino del Reno.
- D.M. 17/01/2018 “Norme Tecniche per le Costruzioni”
- Del.Reg.1677/2005 indicazioni norme tecniche per le costruzioni in zona sismica
- Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell’art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 “Indirizzi per gli studi di microzonizzazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione urbanistica” approvato con D.G.R. n. 2131 del 02-05-2007.
- Al Piano Strutturale del Comune di CastelBolognese 2009.

Per la realizzazione dello studio in oggetto si è proceduto alla raccolta e selezione critica di dati bibliografici riguardanti il territorio di interesse ed un adeguato intorno; tali dati sono stati successivamente integrati tramite indagini in situ. Inoltre sono state analizzate le caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche del sottosuolo del territorio oggetto di studio, in modo da determinare una serie di considerazioni sui possibili rischi geologici dell’area oggetto di variante e dei relativi approfondimenti necessari per completare il quadro geologico, geotecnico e idrogeologico.

b. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

L'area interessata all'edificazione e quella circostante di possibile influenza è interessata esclusivamente da Formazioni sedimentarie pleistoceniche caratterizzate, sotto l'aspetto litologico-stratigrafico, da terreni del **III° ordine dei terrazzi del T. Senio** che si presentano in superficie di natura argilloso-limoso-sabbiosa, di colore rosso-giallastra. I terreni del terrazzo presentano andamento lenticolare e sovrastano la Formazione delle argille grigio-azzurre plio-pleistoceniche che ne costituiscono quindi il substrato. La zona è attualmente COLTIVATA A SEMINATIVO ed i fabbricati uso civile abitazione siti nelle vicinanze non mostrano nessun segno di dissesto strutturale.

La granulometria degli elementi litologici in superficie è abbastanza omogenea, sebbene localmente si rinvenivano zone più o meno sabbiose e/o argillose con concrezioni calcaree denominate "cervello di gatto"; risulta estremamente difficoltoso delineare tali differenziazioni granulometriche in quanto il passaggio non è netto ma graduale.

Nel lotto in esame ed in quelli adiacenti di possibile influenza, attualmente non vi sono elementi morfologici ed idromorfologici di differenziazione. Attualmente l'erosione superficiale è praticamente inesistente. Dall'insieme di questi fenomeni ne è derivato un piano leggermente inclinato verso Nord con pendenza molto debole. Nella zona non esistono processi degradatori prevalenti correlati alla litologia, alla struttura, all'acclività, all'intensità delle precipitazioni, alle attività antropiche, ecc. Ne consegue pertanto un'area completamente stabile dal punto di vista geostatico.

Attualmente la regimazione delle acque superficiali è garantita da regolare fognatura nell'area di lottizzazione e nei campi agricoli adiacenti dal sistema di fossi di scolo esistenti che drenano le acque verso Nord, immettendole più a valle nello scolo principale posto al lato della S.S. n° 306 Casolana-Riolese.

Per individuare l'idrologia di profondità nella zona direttamente interessata all'intervento, si è eseguita una serie di misurazioni del livello statico della falda nei pozzi presenti.

Si è quindi ricavata una unica carta della falda idrica dove si riportano le **isofreatiche** e le **isobate della superficie freatica dal p.c.** che viene proposta in allegato. Di seguito si riportano i dati rilevati:

N° POZZO	Quota Pozzo dal p.d.c.	Profondità Pozzo	Livello falda	Quota falda s.l.m.
1	44,50	24,50	17,80	26,70
2	46,70	20,00	16,40	30,30
3	44,70	25,00	15,40	29,30
4	44,60	19,00	13,90	30,70
5	44,40	24,00	15,30	29,10
6	46,10	24,50	17,30	28,80
7	41,20	10,00	secco	-
8	42,00	11,00	secco	-
9	44,10	22,00	12,00	32,10

La direzione di flusso della falda idrica riscontrata nell'area in esame risulta verso Nord-Nord-Est.

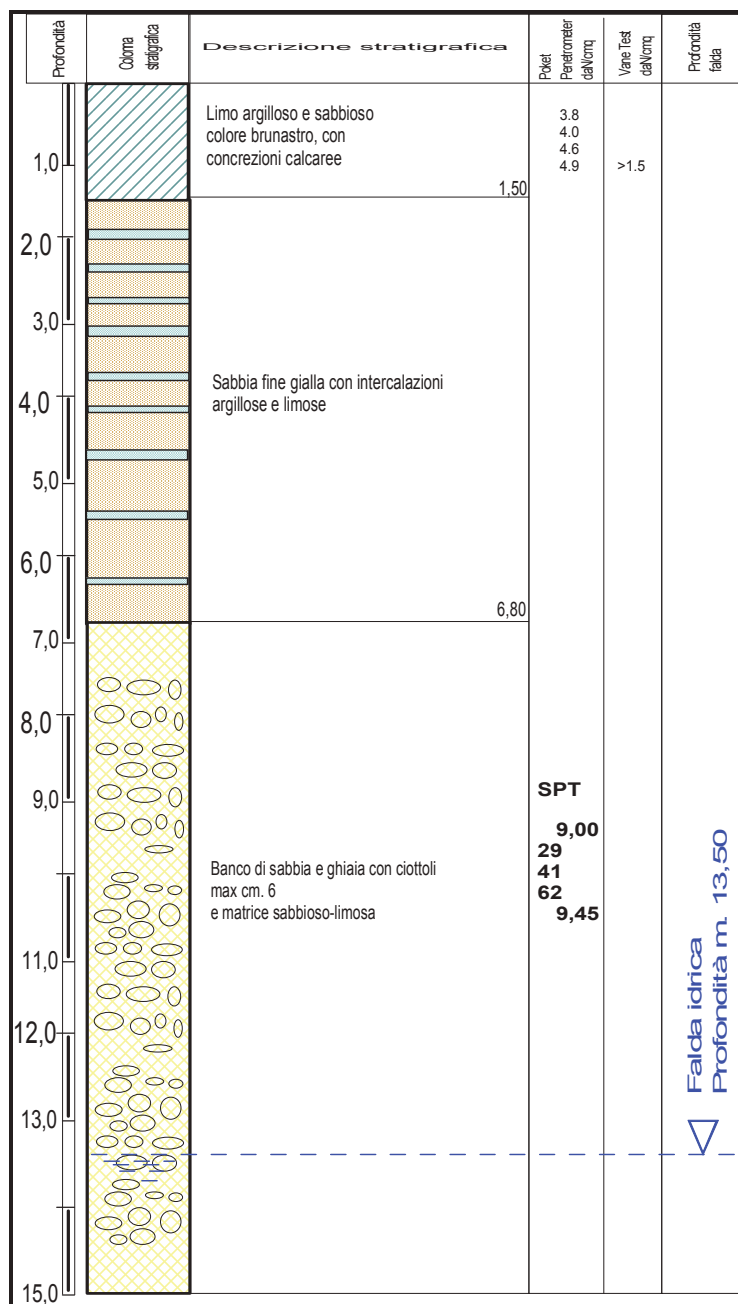
c. INDAGINI "IN SITU" E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Essendo inserita la zona di lottizzazione nella cartografia di zonizzazione del RUE vigente del comune di CastelBolognese come compatibile alla destinazione di espansione, tenuto conto delle conoscenze geotecniche acquisite in zone contermini con le medesime caratteristiche geo-litologiche, sono state eseguite prove "in situ" utili alla caratterizzazione geotecnica dei litotipi.

- Stratigrafia.

E' stato utilizzato un sondaggio con aste elicoidali del diametro di mm. 110 e prelievo di un campione indisturbato mediante campionatore semplice. La testa rotante montata su cingolato, consente di raggiungere una coppia massima pari a 350 kgm.

La stratigrafia viene riportata qui di seguito ed in allegato e l'ubicazione è indicata in planimetria con un quadrato rosso.



Al termine del sondaggio è stata verificata una presenza di acqua di falda nel foro con quota dal p.c.: **S1 = m. -13,50**.

In foro è stata eseguita una **prova penetrometrica standard** o prova penetrometrica dinamica (**SPT** dall'inglese *Standard Penetration Test*) per ricavare le caratteristiche di addensamento del banco ghiaioso. Questa prova consiste nel far penetrare nel terreno un campionatore standardizzato (campionatore *Raymond*) sotto i colpi di un maglio con peso di 63,5 kg e da un'altezza di 76 cm. Il maglio, battendo a caduta libera sulle aste standard che prolungano il campionatore, infinge l'attrezzo nel

terreno. Le misure vengono effettuate per tre avanzamenti consecutivi di 15 cm ciascuno, contando il numero di colpi necessari (N_{spt}) per ogni avanzamento. La *resistenza alla penetrazione* del terreno è caratterizzata dalla somma del numero di colpi per il secondo e terzo avanzamento in questo caso:

$$N_{spt} = N2 + N3 = 41 + 62 = 103$$

Ai fini della definizione dell'addensamento si possono prendere in considerazione le seguenti correlazioni:

- Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti - $N_{spt} > 50$
- Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti - $N_{spt} > 15$ ma < 50
- Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti - $N_{spt} < 15$.

Siamo quindi in presenza di **ghiaia molto addensata**.

Considerate le caratteristiche dei terreni e l'eventuale profondità del piano di posa delle fondazioni, si è prelevato un campione indisturbato di terreno alla profondità di m. 1,40 (**C1**), eseguendo prove di laboratorio (granulometria, Limiti di Atterberg) i cui risultati vengono riassunti qui di seguito, integrati con le proprietà meccaniche ricavate dalle correlazioni penetrometriche:

			C1 (Argilla limosa giallo-rossastra)
- Peso unità di volume	kN/mc.		19,16
- Umidità	%		21,65
- Passante#200	%		95,99
- Limite Liquido	%		51
- Limite Plastico	%		24
- Indice Plastico	%		27

- Prova penetrometrica statica con punta elettrica

Al fine di una caratterizzazione geotecnica e litologica dei terreni nell'area di lottizzazione e di accertare la presenza e profondità di falde idriche, è stata effettuata n° 1 prova penetrometrica statica con punta elettrica e penetrometro da **200 kN**, da spingersi fino a profondità utile per la dissipazione dei futuri carichi.

L'ubicazione della prova indicata con un cerchietto blu, è riportata in planimetria allegata unitamente ai grafici.

L'uso della **punta elettrica "TECNOSENTA"** permette di superare diversi inconvenienti rispetto alla punta meccanica:

- la lettura manometrica non va depurata del peso delle astine interne
- non vi è accorciamento elastico delle astine e la lettura non viene influenzata dai vari attriti fra parti meccaniche (astine-aste cave, movimenti punta Begemann)
- La misura avviene nella zona di punta ed è continua permettendo di conoscere il dato meccanico nell'intervallo desiderato
- le operazioni di taratura sono più celeri e precise. La punta è dotata di un sensore inclinometrico per controllare le deviazioni delle aste dalla verticale.

Un'indicazione dei terreni indagati è fornita dal rapporto tra resistenza all'infissione statica della punta (R_p) e la resistenza di attrito laterale locale (R_{al}) che il materiale sviluppa sul manicotto utilizzato con la punta elettrica che rileva i dati in continuità registrandoli tramite computer ogni **cm. 5**.

- **Prova penetrometrica dinamica leggera**

Nell'area di costruzione sono state effettuate ulteriori **n° 4** prove penetrometriche dinamiche indicate con cerchio rosso. L'ubicazione delle prove è riportata in planimetria allegata unitamente ai grafici.

Caratteristiche strumentazione dinamica DPL30.

- **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.***Errore. Il segnalibro non è definito.*
Penetrometro dinamico leggero
- **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.***Errore. Il segnalibro non è definito.*
Peso del maglio 30 daN
- **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.***Errore. Il segnalibro non è definito.*
Altezza di caduta del maglio cm. 20
- **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.***Errore. Il segnalibro non è definito.*
Peso delle aste di Kg 3,0

I dati, rappresentati come numero di colpi necessari per determinare una penetrazione di **cm. 10**, vengono riportati in allegato.

Dalla resistenza alla punta riscontrata nelle prove, applicando la nota "formula degli Olandesi" :

Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.

dove :

M = massa del maglio

H = altezza di caduta del maglio

P = peso delle aste

e = penetrazione della punta per un colpo di maglio cadente da altezza H

A = sezione della punta (cmq. 10).

si ottiene la resistenza dinamica in daN/cm² e diagrammando i valori dei carichi dinamici corretti con **coefficiente di sicurezza 20** si ottiene il carico ammissibile.

L'esame dei grafici evidenzia una certa omogeneità dei dati di resistenza alla compressione in senso orizzontale.

Terreni rimaneggiati sono presenti fino a circa m. 1,20-1,50 di profondità cui seguono litotipi in posto, non fratturati e con buone caratteristiche di addensamento. Il sottosuolo risulta costituito in profondità da alternanze di sabbie addensate ($R_{pm} = 30-50$ daN/cm²) e limi-argillosi ($R_{pm} = 20-25$ daN/cm²) con prevalenza delle seconde, con il tetto del banco di ghiaia e sabbia che ha arrestato l'infissione a m. 7,40-7,60 circa di profondità.

Al termine delle prove non si è riscontrata presenza di acqua nei fori di sondaggio a conferma della maggiore profondità della falda freatica. Al fine di evitare cedimenti differenziali elevati occorre quindi innestare le fondazioni entro litotipi alluvionali con caratteristiche geomeccaniche omogenee posti al disotto del terreno rimaneggiato-fratturato.

Stratigrafia ricavata da prove "in situ" e dall'esame di prove di archivio CARG (CPTE239060 - sondaggio 23906P514):

Spessore ml.	LITOLOGIA	Peso Yt daN/mc	Resistenza alla rottura R _{pm} daN/cm ²	Coesione non drenata caratteristica C _{uk} daN/cm ²	Angolo attrito caratteristico gradi
1,20-1,50	Terreno rimaneggiato	-	-	-	-
2,50-3,00	Limo argilloso- sabbioso	1.760- 1.780	20-25	0,80-0,95	19°-21°

3,50-4,00	Sabbia limosa	1.860- 1.880	30-50	0,10-0,15	30°-34°
7,00-8,00	Sabbia-ghiaia	1.980- 2.000	150-250	0	42°-46°
30,0-40,0	Argilla Sabbiosa	1.920	50-70	1,20-1,50	14°-16°
	con sabbia gialla	1.980	100-140	0,15-0,20	36°-38°

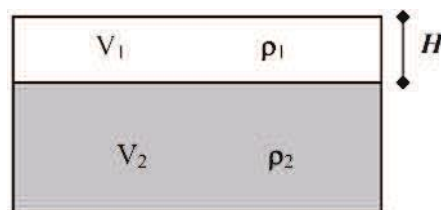
d. MISURE DIGITALI DEL RUMORE SISMICO (HVSR)

Si sono eseguite delle misure sismiche passive HVSR (Tromino) da cui è stato possibile giungere alla valutazione dell'amplificazione sismica di risonanza del substrato di interesse e della Vs30, valore più significativo per valutare la risposta sismica di un determinato sito. Infatti i maggiori danni a seguito di un sisma di progetto si hanno proprio per corrispondenza tra periodo proprio del sottosuolo e quello della struttura in esame, con possibilità che si abbiano pericolosi fenomeni di risonanza. Il Tromino è uno strumento in grado di misurare i microtremori. Il tremore sismico, comunemente definito "rumore sismico", esiste ovunque sulla superficie della terra. Esso è principalmente costituito da onde superficiali, ovvero da onde elastiche prodotte dall'interferenza costruttiva di onde P ed S che si propagano negli strati superficiali. Il rumore sismico è prodotto essenzialmente dal vento o dalle onde marine. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali. I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione della velocità di queste ultime. Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo da rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoschi e Igaraschi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo. Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente facili da comprendere in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato

assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato. Considerando lo schema della figura sottostante in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (R_1 e R_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2). Un'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizioni di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (λ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a

$$f_r = V_{s1} / 4 * H$$

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza corrispondenza 1:1. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi dello spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando la sopra riportata equazione.



L'inversione richiede l'analisi delle singole componenti e del rapporto H/V , che fornisce un'importante normalizzazione del segnale per a) il contenuto di frequenza, b) la risposta strumentale e c) l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto. Un aspetto assai importante è che il rumore sismico agisce come sorgente di eccitazione per la risonanza del sottosuolo e degli edifici più o meno come una luce bianca diffusa illumina gli oggetti eccitando le lunghezze d'onda tipiche di ciascun oggetto e dandogli il suo tipico colore. Questo risulta molto importante a livello ingegneristico perché se un edificio ha frequenze proprie di vibrazione uguali a quelle del substrato su cui è fondato, durante un sisma, si assiste al fenomeno dell'accoppiamento delle vibrazioni. Questo effetto di amplificazione sismica produrrà un grande aumento della sollecitazione sugli edifici.

La calibrazione delle misure dei microtremori è stata eseguita in base alle indagini geognostiche eseguite sul sito di indagine. Nell'area è stato eseguito uno stendimento MASW (PSC2009 Prova n° 35) e n. 1 Tromino (T1) che vengono utilizzati per l'inversione della curva in combinazione con la misura MASW. Le prove eseguite impiegando la suddetta metodologia dei microtremori ha evidenziato,

utilizzando l'inversione H/V con il metodo proposto da Nakamura, secondo la teoria descritta da Aki (1964) e Ben-Menahem & Sing (1981), correlata ed integrata con le misure attive Masw, una **Vs30 compresa tra 300-423 m/s**.

e. CARATTERISTICHE SISMICHE

Negli indirizzi di microzonazione della Regione Emilia-Romagna (anno 2007) viene indicata una accelerazione orizzontale massima di 0,206.

Sulla base di quanto sopra, si è reso necessario inserire nello studio geologico-geotecnico a corredo dell'area "via Marchesina", un capitolo che focalizzi lo studio macrosismico della zona interessata all'urbanizzazione.

Innanzitutto sulla base di quanto riportato nella Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna il comune di CastelBolognese ricade nella zona sismogenetica 914 della zonazione ZS9 (da Meletti & Valensise, 2004). I principali terremoti di questa zona sono per lo più compressivi e trascorrenti, con profondità ipocentrale generalmente compresa nei primi 25 km di profondità (da Boccaletti et al., 2004; DISS Working Group, 2007).

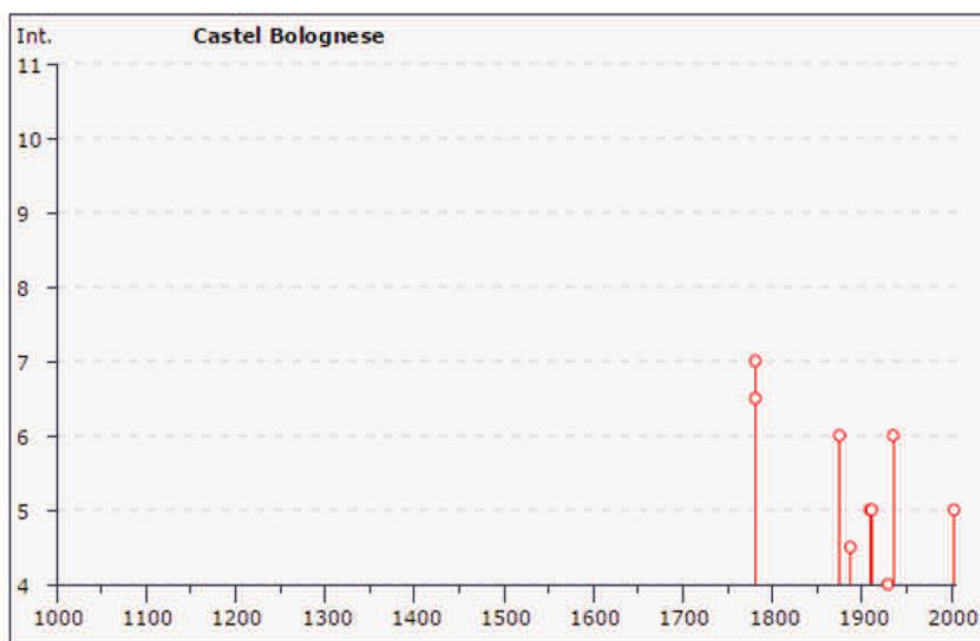
Questa zona è soggetta ad una sismicità che può essere definita media rispetto alla realtà nazionale, con terremoti storici che hanno causato effetti di intensità (I_s) fino a 7,4 della scala MCS (Mercalli-Cancani-Seiberg) e magnitudo stimata (M_w=Magnitudo Momento) compresa tra 5,2 e 6 (vedi tabelle seguenti).

Storia sismica di Castel Bolognese [44.319, 11.799]

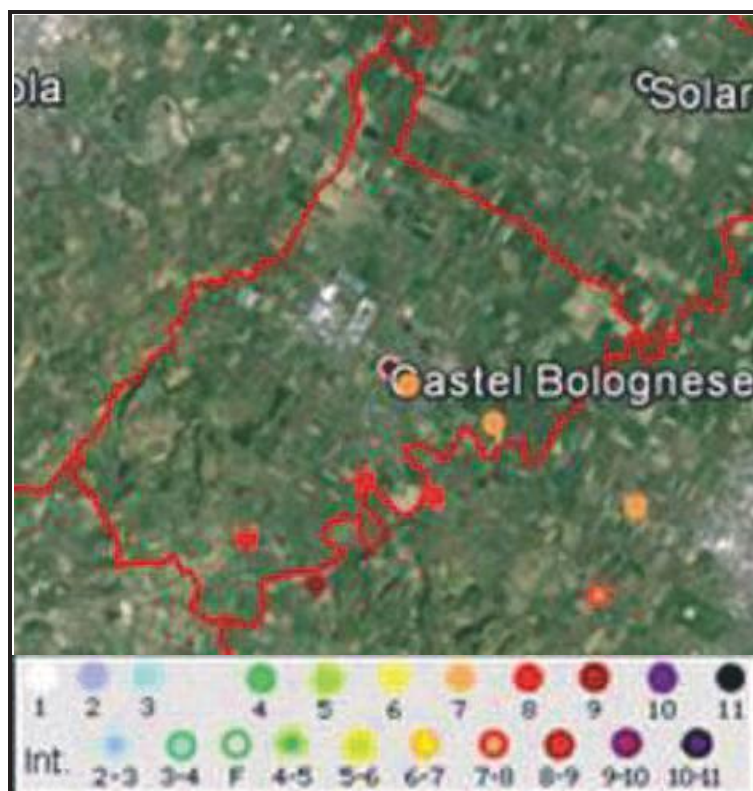


Numero di eventi: 18

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
7	1781 04 04 21:20	Romagna	96	9-10 5.94 ±0.17
6-7	1781 07 17 09:40	Romagna	46	8 5.58 ±0.26
6	1875 03 17 23:51	Romagna sud-orientale	144	5.93 ±0.16
6	1935 06 05 11:48	Faentino	27	6 5.16 ±0.25
5	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7 5.53 ±0.09
5	1911 02 19 07:18	Romagna meridionale	181	7 5.28 ±0.11
5	2003 09 14 21:42	Appennino bolognese	133	6 5.29 ±0.09



Secondo quanto riportato nel DBMI, l'evento sismico che ha prodotto i danni maggiori nel Faentino, in special modo nel Comune di a Castel Bolognese è quello del 4 aprile 1781 (a cui è attribuita una magnitudo di oltre 5.9), di cui è riportata nella figura che segue la mappa degli effetti. I maggiori effetti (grado IX-X MCS), con crolli e distruzioni diffusi, sono localizzati nel comune di Brisighella (Poggio, San Ruffillo, Villa San Giorgio in Vezzano) o al confine con quello di Faenza (Quartolo). L'epicentro macrosismico, in sostanza il "baricentro" degli effetti, è collocato infatti in comune di Brisighella in prossimità del confine con Faenza.

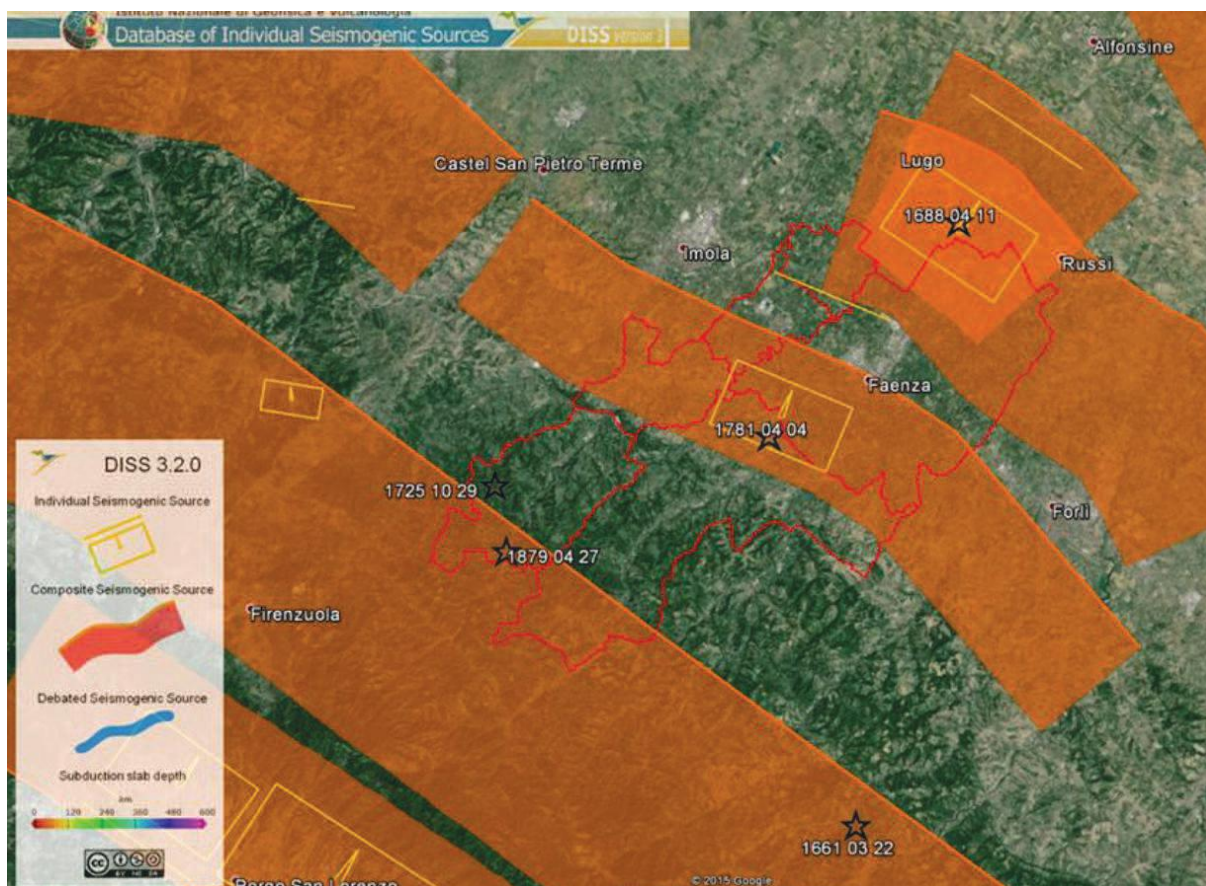


Nella primavera del 2000, l'area Faentina e Forlivese è stata interessata da una sequenza di sismi di lieve e medio-bassa energia che, sebbene abbia provocato una diffusa preoccupazione tra la popolazione per il perdurare delle scosse, ha prodotto danni generalmente leggeri (classificati fino al VI MCS in due casi rispettivamente a Faenza e Brisighella), ma piuttosto diffusi (caduta di intonaci, lesioni capillari) e risultato del cumulo dei diversi eventi osservati. Va inoltre sottolineato che, in generale, il danneggiamento ha interessato prevalentemente edifici vulnerabili, o per tipologia edilizia o per condizioni di manutenzione. Complessivamente, sono stati registrati 70 eventi con magnitudo 3 o superiore, di cui 11 scosse con magnitudo superiore a 3.8. La più elevata (10 maggio 2000), ha raggiunto una magnitudo momento pari a 4,86. Lo sciame sismico del 2000 è stato registrato dalle stazioni accelerometriche situate nel Capoluogo Faenza. In particolare, la stazione "FNZ" (Rete Accelerometrica Nazionale) ha consentito di misurare una a_g massima al suolo pari a 108,09 cm/s² (cioè pari a 0,110g) per la principale scossa 10 maggio.

Sorgenti sismogenetiche

Secondo la Zonazione sismogenetica del Territorio Italiano - ZS9, prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) nel 2004 (Meletti e Valensise, 2004), che rappresenta il riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica nel territorio nazionale, l'area in esame ricade principalmente entro la Zona

914, mentre soltanto la porzione più settentrionale del territorio amministrativo di Faenza ricade nella Zona 912. Entrambe le zone sono caratterizzate da un valore di M_{wmax} pari a 6.14. Il database DISS (DISS Working Group, 2015) indica la presenza di tre sorgenti sismogenetiche che, complessivamente, attraversano la vasta area dell'Unione dei Comuni della Romagna Faentina.



Come evidenziato dalla figura gli epicentri macrosismici dei terremoti che hanno dato luogo ai maggiori risentimenti nei Comuni montani e collinari dell'area di studio, sono attribuibili a diverse sorgenti sismogenetiche composite del sistema compressivo appenninico, un sistema di faglie con vergenza nordest. Anche per i Comuni di pianura, gli effetti di macrosismicità sono riconducibili a sorgenti sismogenetiche composite che derivano dal sistema di faglie del margine avanzato e sepolto dell'arco appenninico.

Gli Indirizzi regionali per gli studi di microzonazione sismica (Regione Emilia-Romagna, 2007), sono stati elaborati sulla scorta degli esiti delle indagini sismiche che la Regione Emilia-Romagna ha effettuato nel territorio regionale a partire dalla

fine degli anni '70 del secolo scorso e assumendo come riferimento (per gli studi applicati alla pianificazione territoriale), la pericolosità di base elaborata da INGV (recepita a livello nazionale dall'OPCM 3519/2006). In questo senso, gli allegati della citata Delibera forniscono tabelle e formule propedeutiche alla valutazione semplificata dell'amplificazione locale (analisi di "secondo livello").

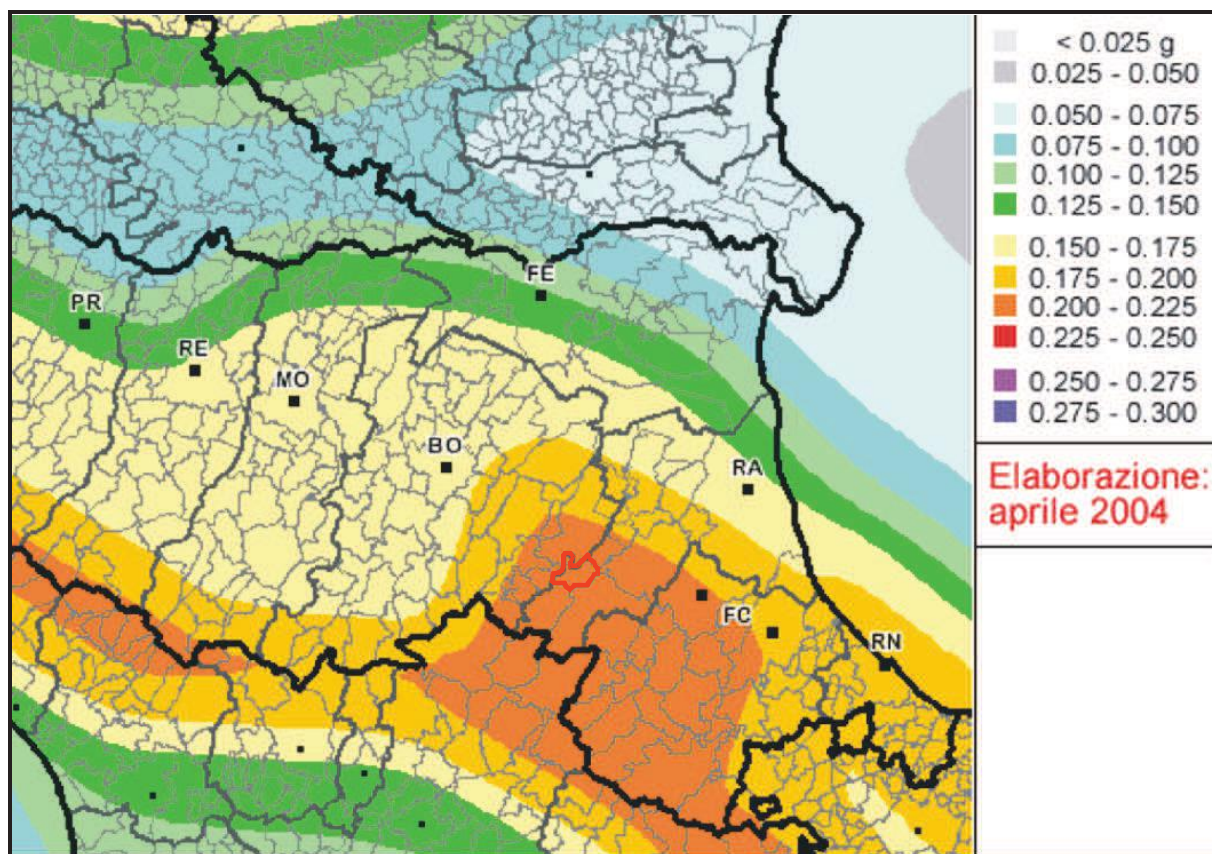
Gli allegati alla Delibera regionale forniscono, inoltre, i dati fondamentali per valutazioni più accurate della risposta sismica: lo spettro di risposta normalizzato di riferimento per l'Emilia-Romagna, per $T_r = 475$ anni, con smorzamento pari al 5% e i valori di PGA anch'essi normalizzati e riferiti al suolo rigido, per ogni Comune della Regione. Si precisa che tale forma spettrale è sostanzialmente congrua con lo spettro elastico di riferimento per le norme tecniche per le costruzioni attualmente vigenti (NTC 2018).

Per il territorio amministrativo del Comune di CastelBolognese le PGA di riferimento su suolo rigido attribuita dalla Regione Emilia-Romagna (Regione Emilia-Romagna, 2007 - Allegato A4) risultano:

Castel Bolognese 0,206g

Occorre precisare che, per permettere che i risultati degli studi di microzonazione siano confrontabili a scala comunale, il valore di PGA di riferimento al suolo rigido riportato nella DAL 112/2007 è unico per ciascun comune, ma è calcolato mediando i dati INGV alla scala nazionale, sintetizzati nella Mappa di Pericolosità Sismica nazionale (Gruppo di lavoro MPS04, 2004) (figura 2.5) e calcolati su una griglia di punti.

La mappa nazionale MPS04 (Gruppo di lavoro MPS04, 2004) descrive infatti anch'essa la pericolosità sismica attraverso il parametro dell'accelerazione massima attesa su suolo rigido e pianeggiante, con una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni: i valori sono però attribuiti ad ogni punto della griglia di calcolo, costruita per tutto il territorio nazionale (griglia con una densità di 20 punti per grado, ossia circa un punto ogni 5 km). Tale mappa è diventata ufficialmente la mappa di riferimento per il territorio nazionale con l'emanazione dell'Ordinanza PCM 3519/2006 (G.U. n.105 dell'11 maggio 2006).

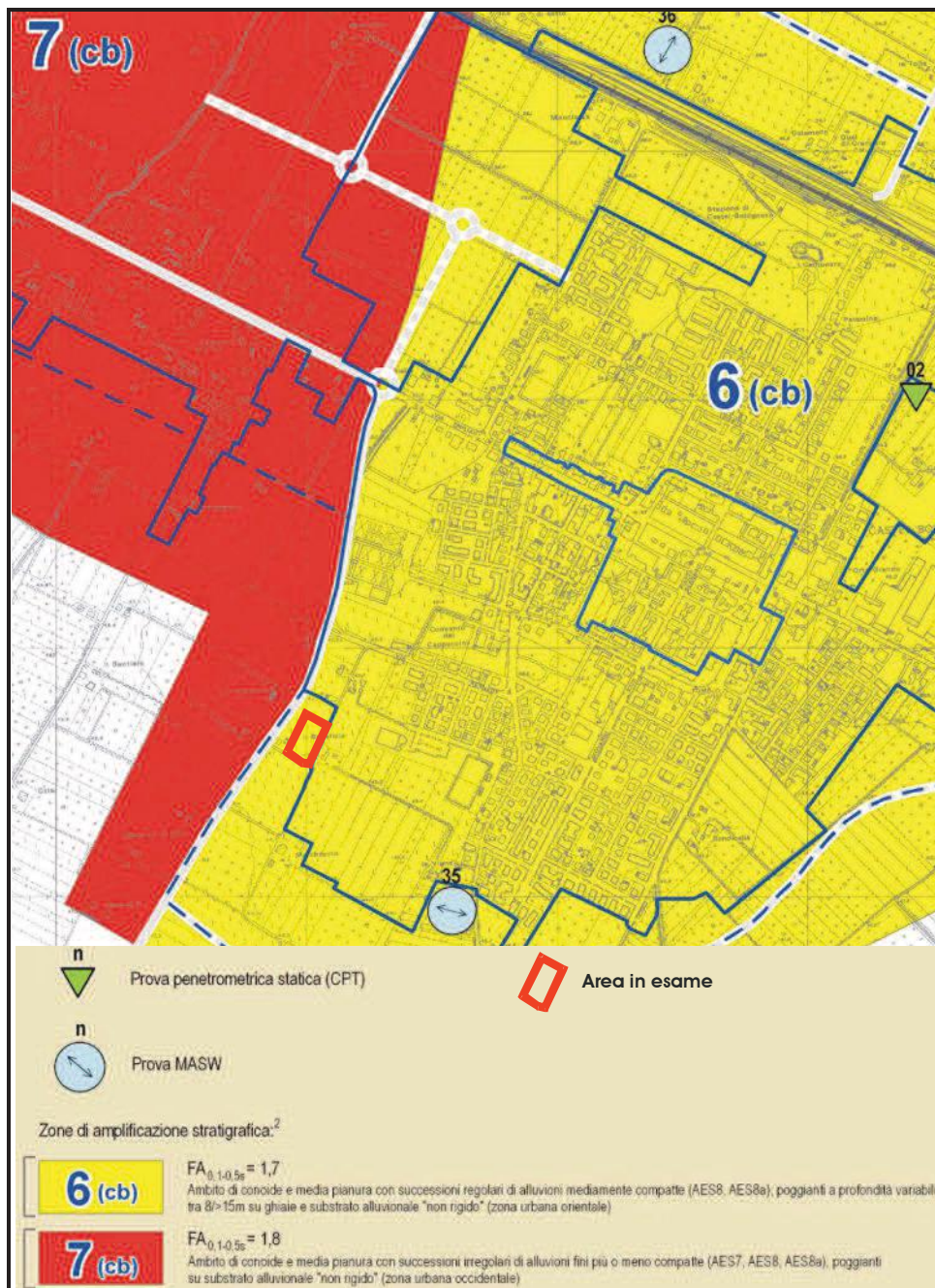


L'Unione dei Comuni della Romagna Faentina già dispone di uno studio di pericolosità sismica di primo e secondo livello, a corredo del Quadro Conoscitivo per il Piano Strutturale Comunale (PSC) in forma associata. Lo studio del 2009 ha consentito:

- di produrre una preliminare cartografia che individua le aree suscettibili di effetti locali (primo livello di approfondimento). Questa mappa, pur rispondendo parzialmente ai criteri di analisi di primo livello dettati nelle linee guida regionali (si tratta di un'analisi a scala più vasta – 1:50.000 – e priva di approfondimenti alla scala comunale o subcomunale), ha di fatto rappresentato una prima base per le ulteriori indagini di approfondimento per la microzonazione sismica);
- di effettuare ulteriori indagini geognostiche e geofisiche mirate alla caratterizzazione sismica dei comuni interessati (sondaggi a carotaggio continuo; penetrometrie; stendimenti MASW; prove in foro “Down-Hole”);
- di redigere la cartografia di microzonazione sismica degli ambiti urbani (secondo livello di approfondimento) consolidati e di potenziale espansione.

La microzonazione sismica si è basata sui criteri di stima dei fattori di amplificazione attraverso l'utilizzo di tabelle e formule riportate nella DAL n. 112/2007 e in funzione

degli esiti di caratterizzazione geognostica e geofisica del territorio studiato. I risultati della microzonazione sismica sono stati sintetizzati in mappe di dettaglio (Comune di CastelBolognese scala 1:10.000):



Individuano zone a differente pericolosità sismica e forniscono indicazioni relative alla maggiore o minore pericolosità in termini di fattori di amplificazione sismica. All'epoca dello studio, si è convenuto di considerare come fattore di amplificazione rappresentativo del territorio studiato il solo rapporto di Intensità Spettrale di Housner (SI) per un intervallo di periodi compreso tra 0,1 e 0,5 secondi (per un TR pari a 475 anni e smorzamento 5%), in quanto in questo intervallo è compresa oltre il 90% degli edifici esistenti o di previsione.

f. COMPATIBILITA' SISMICA: verifica alla liquefazione

Dal punto di vista litologico, pur con le possibili e locali piccole variazioni, la stratigrafia delle aree è caratterizzata dalla presenza di terreni limoso-argilloso-sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi cui sottostanno i terreni essenzialmente coesivi del substrato marino pliocenico. I materiali alluvionali si presentano in uno stato di buon addensamento ed in condizioni di presenza di falda idrica esclusivamente nei litotipi ghiaioso-sabbiosi. L'analisi dei possibili fenomeni causati da un evento sismico si è limitata al potenziale di liquefazione che è stato valutato con modalità empirica, alla luce dei dati su esposti. Considerando quindi la presenza di **falda idrica all'interno dello spessore ghiaioso, l'addensamento dei terreni, la composizione litologica e granulometrica essenzialmente GHIAIOSO-SABBIOSA molto addensata con $N_{spt} = 103$** , la possibilità di drenaggio dell'acqua di falda attraverso le lenti ghiaiose fanno escludere fenomeni di liquefazione.

E' chiaro, a questo punto che **si può escludere** la possibilità di liquefazione ciclica dei terreni granulari per effetto delle sollecitazioni sismiche. In conclusione si può affermare che la zona indagata e destinata all'edificazione, è da ritenersi esente da penalizzazione dovuta a particolari situazioni che possono generare pericolosi fenomeni indotti da un terremoto. Si riportano inoltre le estrazioni cartografiche e della prova MASW n° 35 realizzata per il PSC2009 che interessa l'area d'influenza della lottizzazione in esame, utilizzata unitamente alle prove geofisiche e geotecniche eseguite per il comparto edificatorio. Analizzando le prove geofisiche e geognostiche eseguite nella zona di indagine si ricava una velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri pari a $V_{seq} = 423-300$ m/sec da cui si ottiene la **categoria del suolo di fondazione:**

C. *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a m. 30, 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*

Per la valutazione delle condizioni topografiche in questo caso siamo in una situazione molto semplice con piano topografico a debole inclinazione pari a $0,4^\circ - 0,5^\circ$, per cui il sito in esame può rientrare nella categoria:

T1. Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

da cui deriva un coefficiente di amplificazione topografico pari a **st = 1,0**.

Si sono inoltre analizzate le caratteristiche fisiche del territorio in esame in modo da determinare gli eventuali effetti di sito che evidenzia l'assenza di caratteristiche fisiche dei terreni che possano determinare amplificazione in caso di evento sismico.

g. CARATTERIZZAZIONE SISMICA (II° livello di approfondimento)

Viene eseguita la caratterizzazione sismica adottando le analisi per il secondo livello di approfondimento (analisi semplificata). Con riferimento a quanto previsto dall'Atto di Indirizzo e Coordinamento Tecnico della L.R. 20/2000 in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" approvato in data 2 maggio 2007, l'accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per $T = 0$, espressa in funzione della accelerazione di gravità "g" assegnata al comune di CastelBolognese risulta di **0,206g**.

Nel caso di un ambito di pianura come quello in esame caratterizzato da un profilo stratigrafico costituito da terreno alluvionale stratificato composto da sabbie-peliti-ghiaie con spessore di decine di metri e substrato marino caratterizzato da una profondità di m. 15-16, è stata considerata per il Fattore di Amplificazione la tabella PIANURA 2 dove, ad un valore di **Vseq = 423 (MASW n° 35) - 300 m/sec (HVSR)** corrisponde:

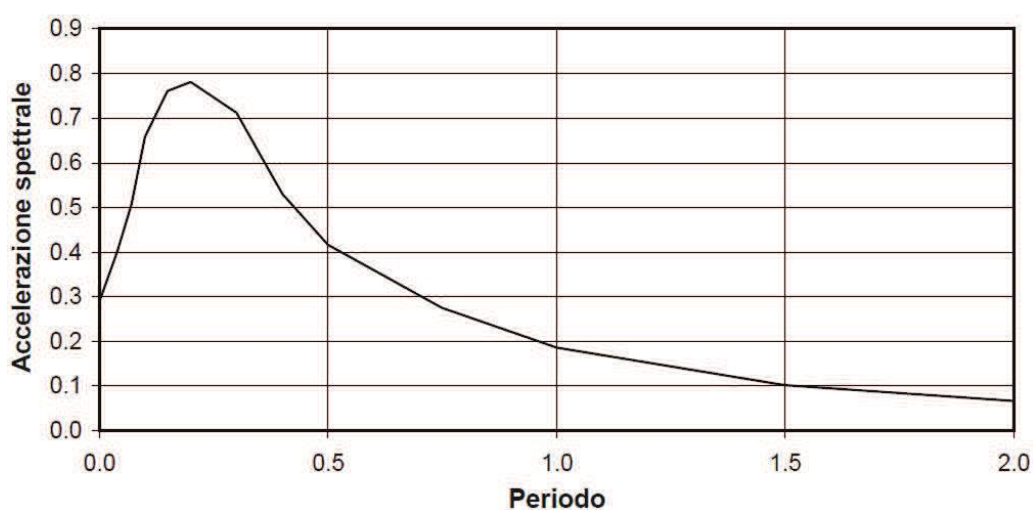
- **F.A. per la P.G.A.** = **1,70**.
- **F.A. Intensità Spettrale** (0.1s<To<0.5s) = **1,80**
- **F.A. Intensità Spettrale** (0.5s<To<1.0s) = **2,30**

Nel caso in esame, come già esposto in precedenza, gli effetti della topografia sono trascurabili in quanto non si riscontrano pendii con inclinazione $> 15^\circ$ quindi $St = 1,0$. L'accelerazione di progetto risulta pertanto pari a: **a max = 1,70 x 0,206 = 0,350g**

Da cui valori spettro risposta elastico - comp. orizzontale (5% SMORZAMENTO):

T (s)	Sa/a _{ref}	Sa/a _g
0.000	1.000	0.288
0.040	1.389	0.400
0.070	1.759	0.507
0.100	2.283	0.659
0.150	2.637	0.761
0.200	2.707	0.781
0.300	2.466	0.711
0.400	1.840	0.531
0.500	1.445	0.417
0.750	0.955	0.275
1.000	0.645	0.186
1.500	0.355	0.102
2.000	0.231	0.067

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO DEL SITO



h. COMPATIBILITA' EDIFICATORIA DELL'INTERVENTO

Lo studio svolto tramite indagini dirette e da informazioni acquisite per inquadrare il territorio di CastelBolognese interessato sia dal punto di vista geomorfologico che geotecnico **non ha evidenziato emergenze o caratteristiche geologiche tali da condizionare le scelte urbanistiche future.**

Quindi, al fine di approntare una valutazione sulle classi di edificabilità si può distinguere unicamente: **Zone normalmente edificabili.** Infatti i vari diagrammi penetrometrici analizzati, il sondaggio ed il rilievo geomorfologico eseguito non hanno evidenziato differenza tali da giustificare un ulteriore divisione. Gli orizzonti geotecnici **risultano sufficientemente consistenti ed adatti a sopportare eventuali nuovi carichi derivanti dall'edificazione.**

Essendo in una fase preliminare dove non vengono indicate le ipotesi edificatorie, sulla base dei dati ricavati, onde indicare la portanza dei terreni, sono stati utilizzati

l'angolo d'attrito e la coesione ricavati dalle correlazioni con le prove penetrometriche e dal campione **C1**, utilizzando i valori meccanici più scadenti e quindi cautelativi. Considerando che alla profondità supposta del piano di posa pari a **m. 1,40-1,60** i terreni risultano essenzialmente argilloso-limosi, per il calcolo della **pressione ultima di rottura "qr"** si impongono condizioni non drenate.

Si suppone cioè che la dissipazione delle pressioni interstiziali in fase di consolidamento avvenga con velocità inferiore rispetto a quella di applicazione dei carichi strutturali. In tali condizioni si considera che la sovrappressione interstiziale annulli la componente frizionale della resistenza al taglio (**Phi° = 0**) e che il terreno si opponga ai fenomeni di rottura con le sole forze coesive del terreno.

i. Lotto - "Via Marchesina Area Giberti": Prescrizioni conclusive

Dalle prove penetrometriche e dalle stratigrafie utilizzate per l'area interessata si è riscontrato nei primi metri di profondità, la presenza depositi alluvionali terrazzati dapprima limoso-argillosi leggermente sovraconsolidati per perdita di umidità quindi maggiormente limoso-argilloso-sabbiosi normalconsolidati e con sufficiente resistenza alla compressione cui seguono litotipi a componente essenzialmente sabbioso-limosa con livelli sottili argilloso-limosi, dotati di buona consistenza fino a m. 7,40-7,60 di profondità dove si riscontra il tetto del banco di ghiaia-sabbia addensato che ha arrestato l'infissione, per cui:

1. Occorre innestare le fondazioni nei litotipi alluvionali omogenei dal punto di vista geomeccanico al fine di evitare cedimenti differenziali elevati, da valutare rispetto al piano posa, al tipo di fondazioni ed alla geometria della stratificazione argilloso-limoso-sabbiosa. Verificare quindi lo spessore e l'uniformità geo-meccanica del terreno limoso-argilloso-sabbioso superficiale riscontrato nei primi metri di profondità eseguendo apposita indagine geotecnica (distinzione tra sovraconsolidato-normalconsolidato e lenti sabbioso-limose sciolte).
2. Innestando le fondazioni entro i litotipi alluvionali omogenei si può indicativamente adottare un piano di posa posto ad almeno **m. 1,40-1,60** di profondità dove i terreni risultano essenzialmente argilloso-limosi, per il calcolo della **pressione ultima di rottura "qr"** si impongono condizioni non drenate.
3. Come verificato nel corso delle prove utilizzate per l'area interessata, **l'idrologia di profondità** è correlata allo spessore ghiaioso-sabbioso profondo dove, al contatto con il litotipo argilloso impermeabile. E' presente un **livello freatico** a **m.**

14,50-15,00 dal piano campagna. Questa falda idrica presenta una portata modesta ed una escursione stagionale di m. 2,00-2,50 correlata essenzialmente al periodo di massime precipitazioni.

4. La natura litologica e granulometrica dei litotipi interessati dal bulbo di carico, l'omogeneità e il sufficiente grado di addensamento dei terreni limoso-argilloso-sabbiosi posti nei primi 7,50 metri profondità con al disotto il banco di ghiaia ben addensato con $N_{spt} = 103$ (valutazione fino a m. 15) che contiene la falda idrica **esclude la possibilità di liquefazione** in caso di evento sismico.
5. La **caratterizzazione sismica dei terreni alla luce del D.M. 17.01.2018** presenta un coefficiente di amplificazione topografico pari a **st = 1,0** ed una $V_{seq} = 423-300$ m/sec da cui si ricava la categoria del suolo di fondazione:

C. *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a m. 30, 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*
6. Lo **STUDIO DEGLI EFFETTI DI SITO ATTESI** non evidenzia caratteristiche fisiche dei terreni e/o di addensamento che possano determinare amplificazione. (vedi planimetria allegata).

CastelBolognese 18.07.2020

Dott.Geol. Andreatta Giancarlo



CLASSIFICAZIONE DEL SITO NTC 2008

Data 12/08/09

Località Castel Bolognese sud (RA)

Metodo di indagine MASW Attivo e Passivo
(misura Vr)

Strumentazione utilizzata Sismografo ABEM RAS-24, 24 canali, 24 bits

Metodo di energizzazione Rumore naturale+10 kg

Geometria stendimento: 12 geofoni - interasse 5 m

RISPOSTA SISMICA LOCALE

(si vedano le tabelle sottostanti per ricavare i valori del coeff. Cc e del coeff. amplificazione S)

Categorie di suolo di fondazione

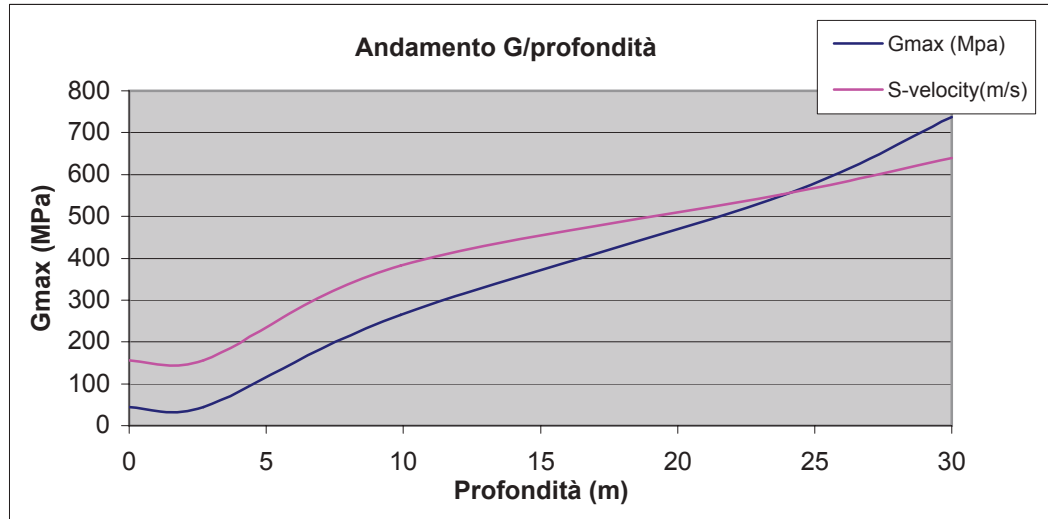
		Ss	Cc	S=S _s *S _T
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	1.00	1.00	1.00
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero NSPT ₃₀ > 50 nei terreni a grana grossa e Cu ₃₀ > 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.19	1.40	1.19
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < NSPT ₃₀ < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < Cu ₃₀ < 250 kPa nei terreni a grana fina).	1.39	1.56	1.39
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT ₃₀ < 15 nei terreni a grana grossa e Cu ₃₀ < 70 kPa nei terreni a grana fina).	1.63	2.27	1.63
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs30 > 800 m/s).	1.43	1.86	1.43
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di Vs30 inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < Cu ₃₀ < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	Servono studi speciali		
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

I parametri a/g, F₀ e T_c vengono forniti dalla normativa**Categorie Topografiche:**

		St	
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1	
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1.2	valore alla sommità del pendio
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1.2	valore della cresta del rilievo
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4	valore della cresta del rilievo

Le sovraesposte 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.

Depth(m)	S-velocity(m/s)	Gmax (Mpa)	ρ (t/mc)
0.0	156	44	1.80
2.7	156	44	1.80
9.9	383	264	1.80
23.8	552	548	1.80
30.0	640	737	1.80

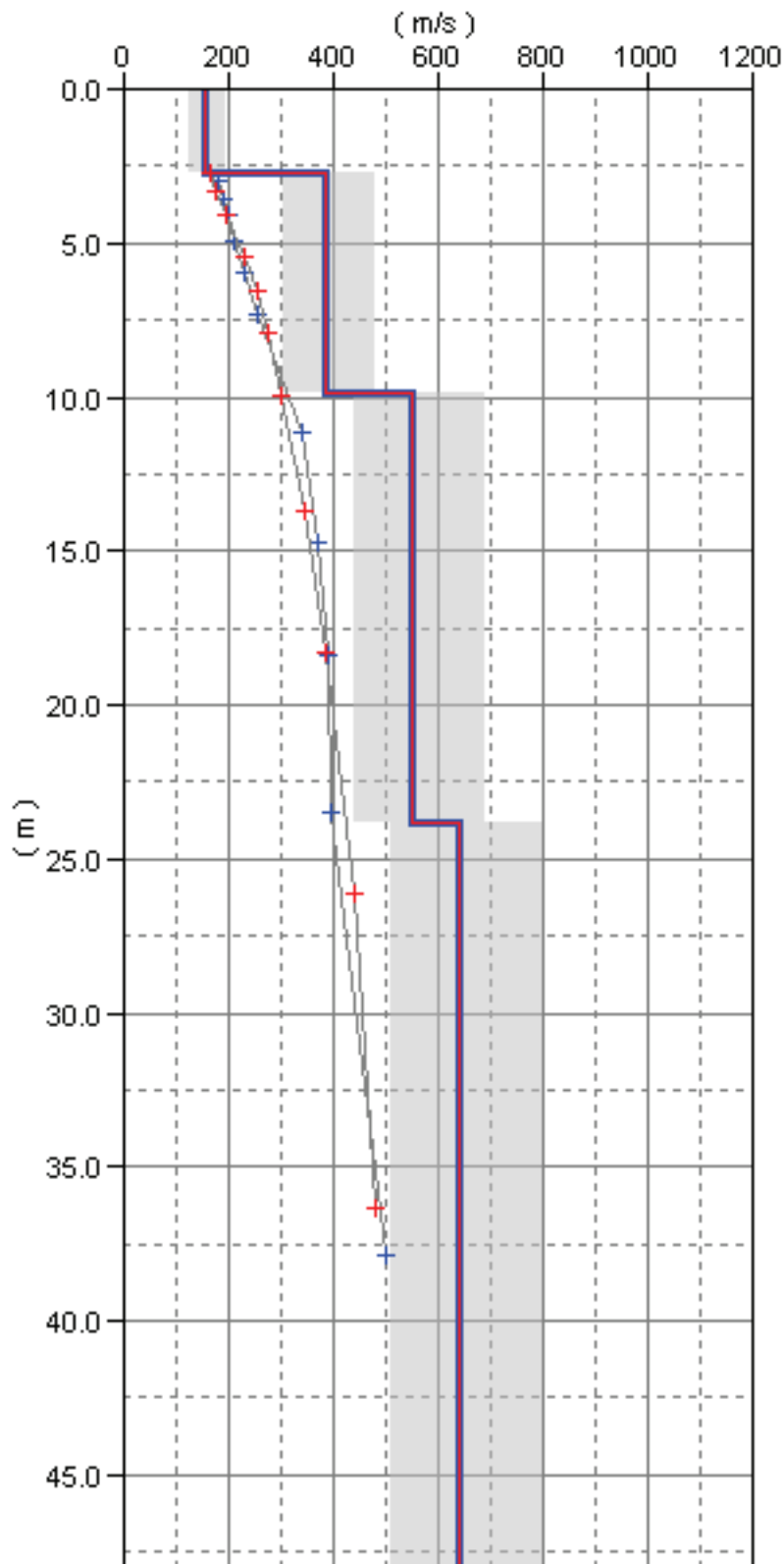


Vs30 (m/s) = 423

Modello interpretativo Vs

Masw n° 35
Vs30 = 423 m/s

Models



SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE (NTC 2008)
Possibilità di superamento del 10% in 50 ann

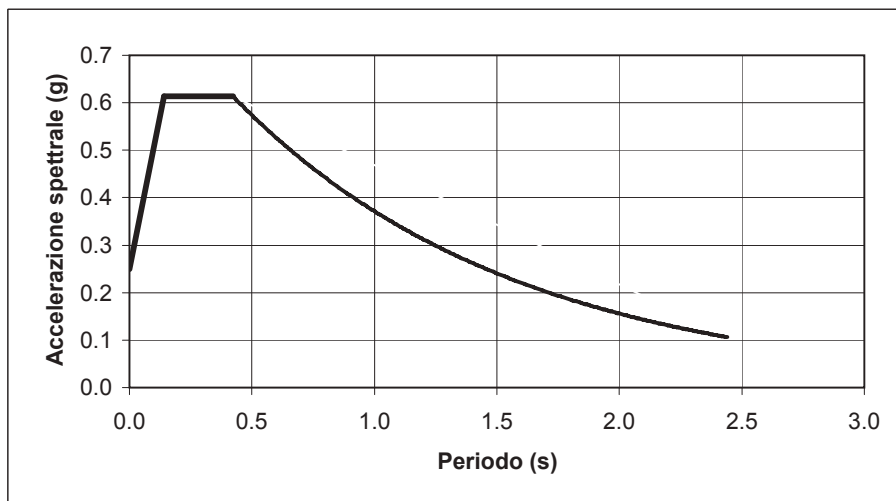
$$T_0 = agxS$$

$$T_b = T_c/3$$

$$T_c = C_c * T_c^*$$

$$T_d = 4.0 * a_y / g + 1.6$$

Ascisse (s)	Ordinate
0.0000	0.2499
0.1409	0.6135
0.4228	0.6135
2.4400	0.1063



CLASSIFICAZIONE DEL SITO Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la classificazione territoriale e urbanistica

Località	Castel Bolognese sud (RA)
Metodo di indagine	MASW Attivo e Passivo (misura Vr)
Strumentazione utilizzata	Sismografo ABEM RAS-24, 24 canali, 24 bits
Metodo di energizzazione	Rumore naturale+10 kg
Geometria stendimento:	12 geofoni - interasse 5 m

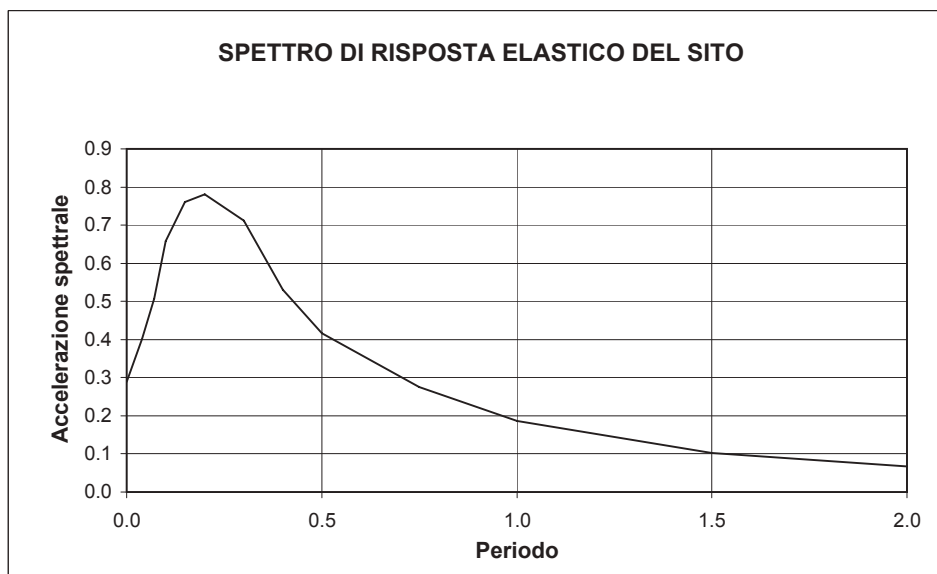
Valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo a_{refg} 0.206

Tabella per il calcolo dei coefficienti di amplificazione sismica (PIANURA 2)

Vs30	F.A.
200	1.5
250	1.5
300	1.5
350	1.4
400	1.4
450	1.4
500	1.3
600	1.1
700	1.0
800	1.0

SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO @ 5% SMORZAMENTO - COMP. ORIZZONTALE
Possibilità di superamento del 10% in 50 anni
Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L.R. 20/2000
per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la
classificazione territoriale e urbanistica"

T (s)	Sa/a _{ref}	Sa/a _g
0.000	1.000	0.288
0.040	1.389	0.400
0.070	1.759	0.507
0.100	2.283	0.659
0.150	2.637	0.761
0.200	2.707	0.781
0.300	2.466	0.711
0.400	1.840	0.531
0.500	1.445	0.417
0.750	0.955	0.275
1.000	0.645	0.186
1.500	0.355	0.102
2.000	0.231	0.067



CASTELBOLOGNESE - GIBERTI LOTTIZZAZIONE, VIA MARCHESINA LOTTI EDIFICABILI

Strumento: TRZ-0033/01-09

Inizio registrazione: 19/05/20 17:32:20 Fine registrazione: 19/05/20 17:52:20

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

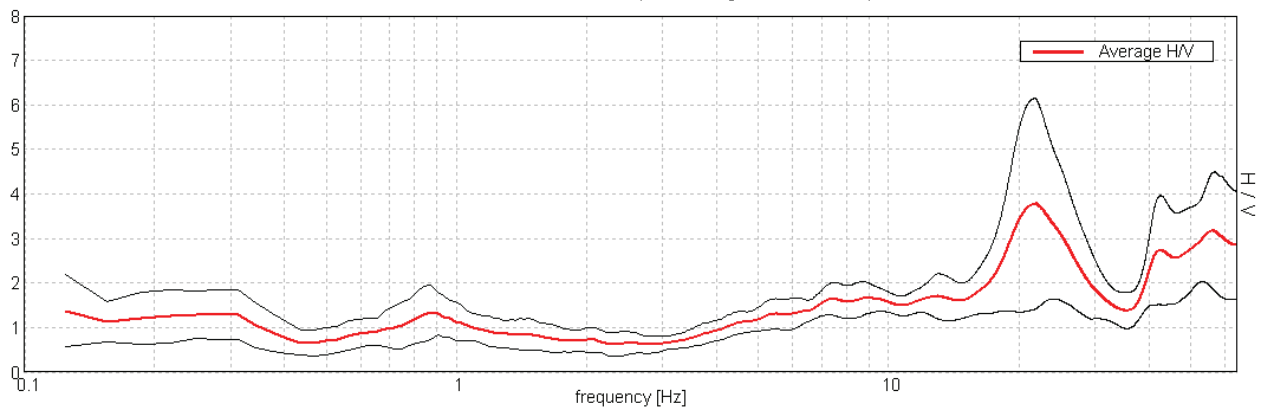
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

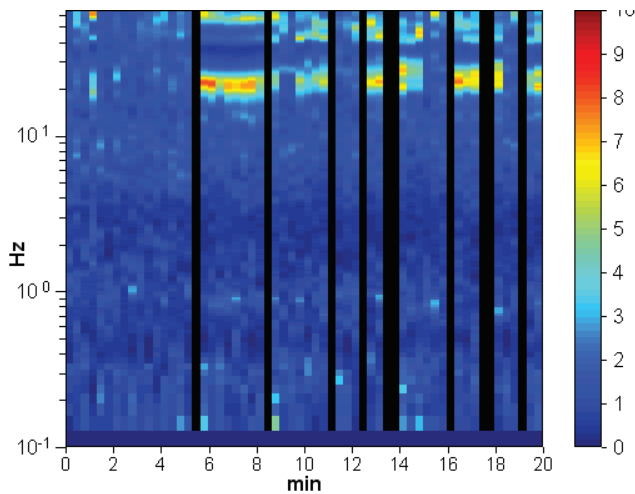
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

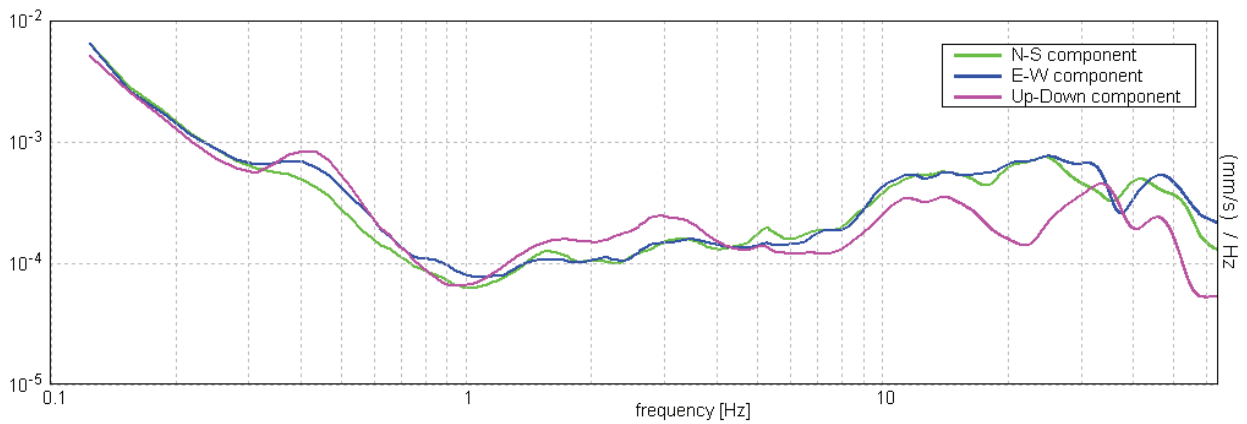
Max. H/V at 21.88 ± 6.58 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



SERIE TEMPORALE H/V

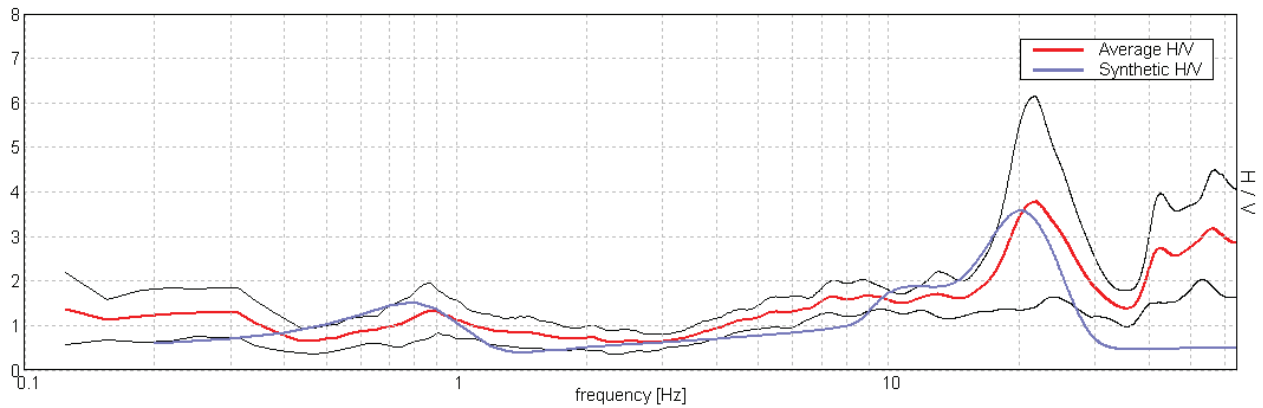


SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



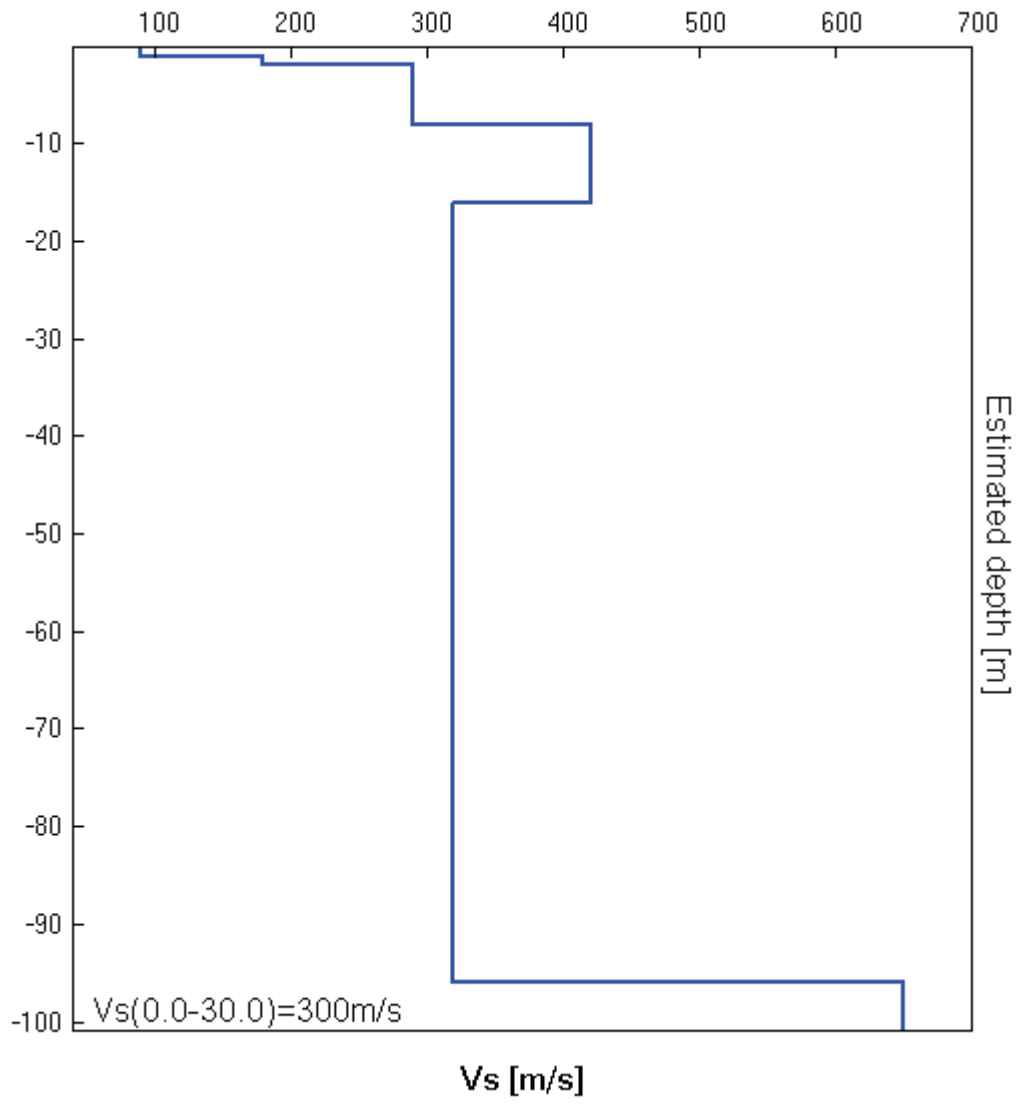
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 21.88 ± 6.58 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
1.00	1.00	90	0.25
2.00	1.00	180	0.30
8.00	6.00	290	0.30
16.00	8.00	420	0.35
96.00	80.00	320	0.35
inf.	inf.	650	0.35

Vs(0.0-30.0)=300m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 21.88 ± 6.58 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$21.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$21875.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 100 volte su 1051		NO

Criteri per un picco H/V chiaro

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

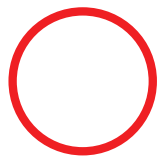
Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	16.5 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	29.813 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.78 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14821 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$3.24217 < 1.09375$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.1608 < 1.58$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

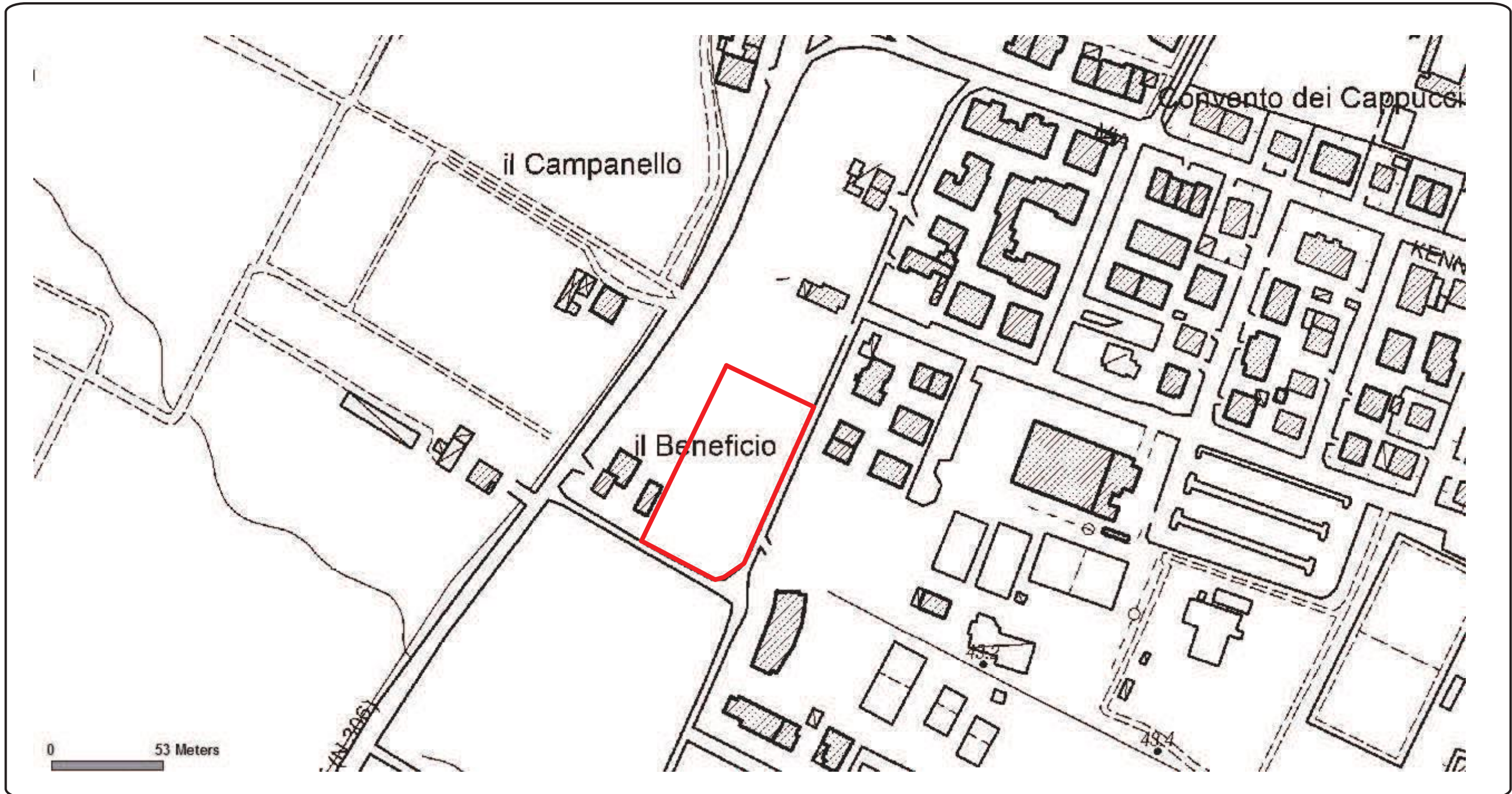
LEGENDA:



Area intervento

PLANIMETRIA
C.T.R.

Scala 1:2.000





LEGENDA:



Area intervento



Terrazzo fluviale
del III° ordine
Torrente Senio



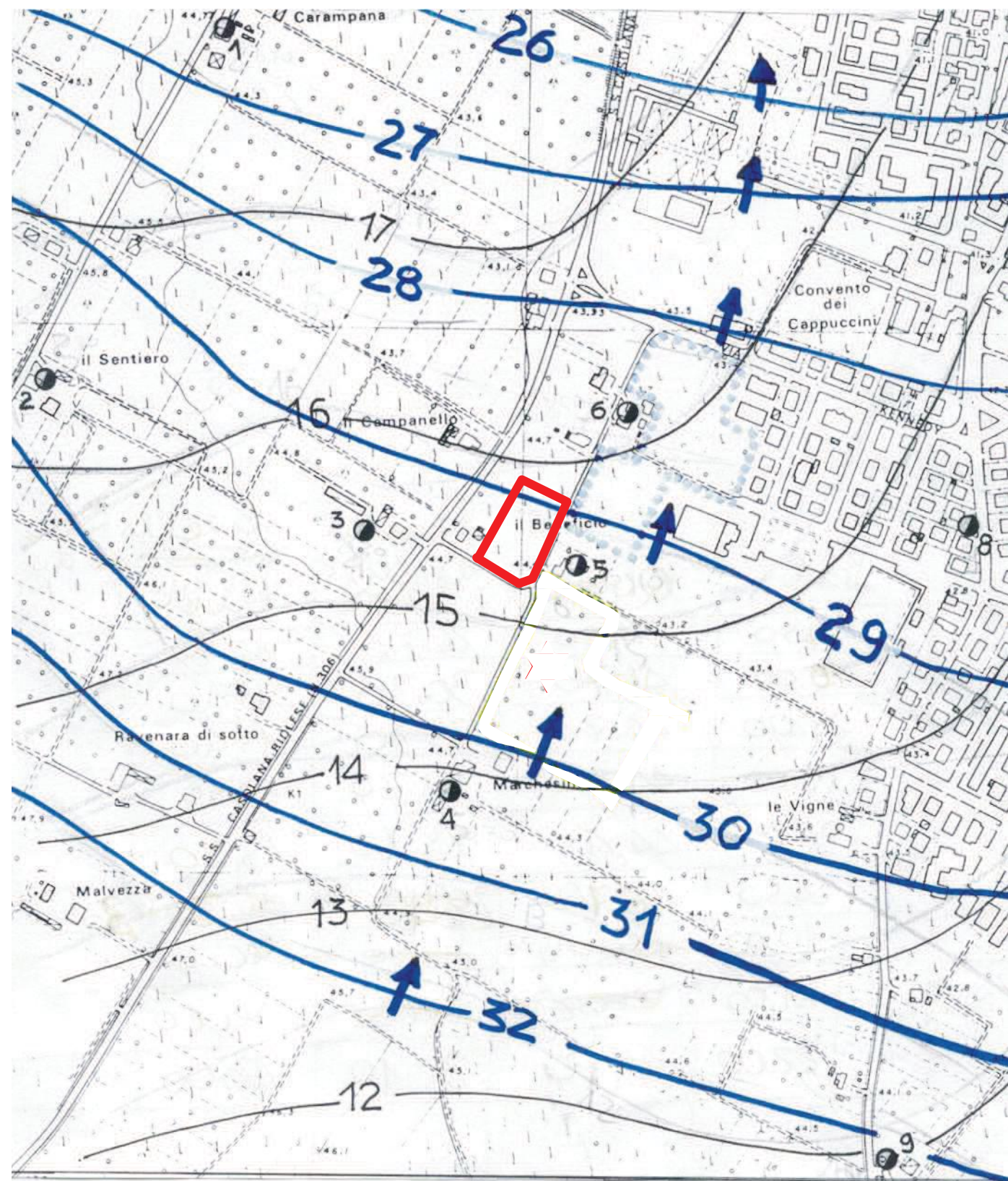
Terrazzo fluviale
del IV° ordine
Torrente Senio



Scarpata antropica
e/o d'erosione

CARTA
DELLE ISOBATE
DELLA
SUPERFICIE
FREATICA
DAL P.C.

scala 1:5.000



LEGENDA:



Lotti in esame



Isobate della superficie freatica dal piano campagna con quota

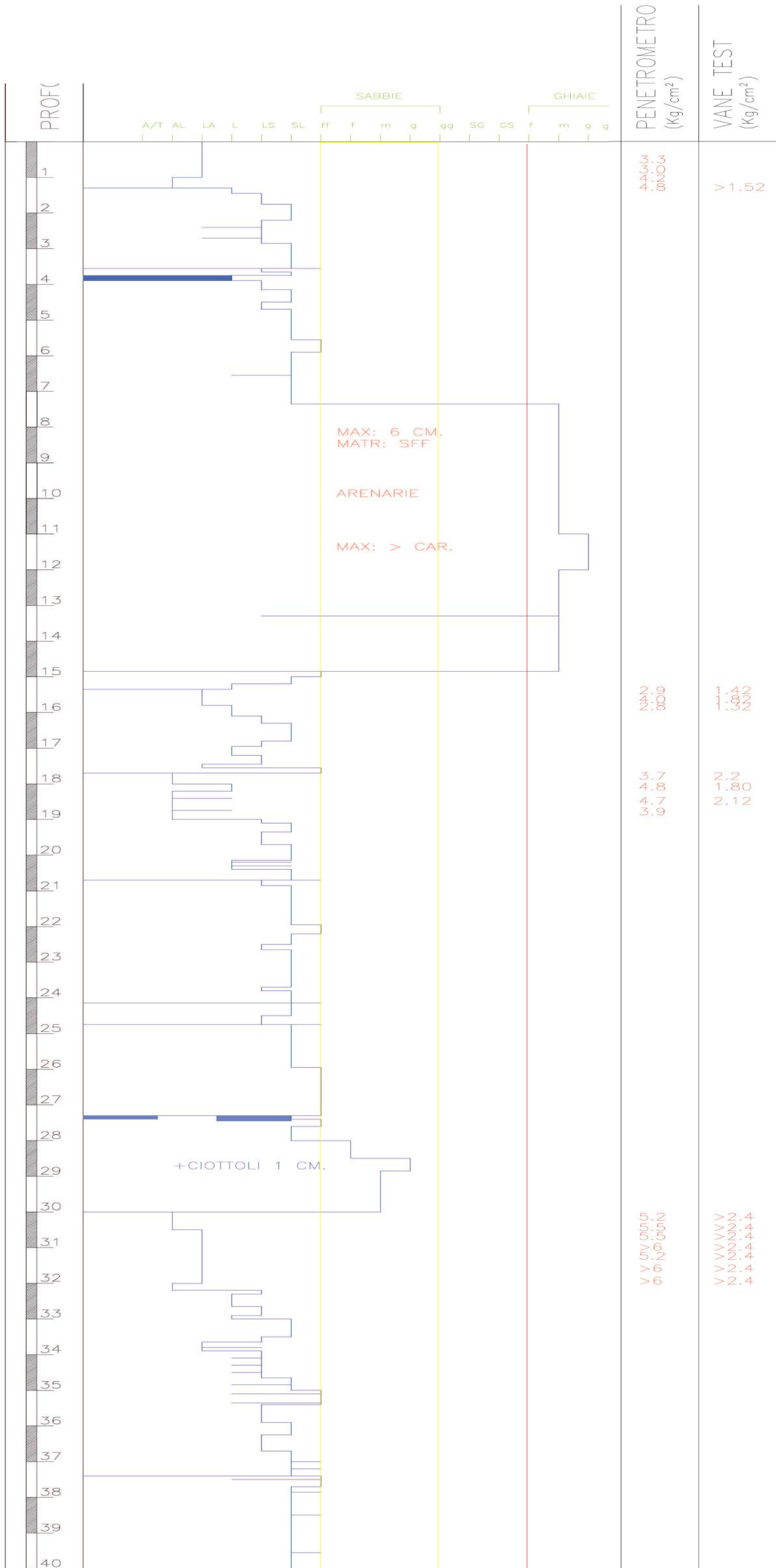


Direzione di flusso



Punti di misura (pozzi per acqua)

Sondaggio CARG P514



MAX: 6 CM.
MATR: SFF

ARENARIE

MAX: > CAR.





+CIOTTOLI 1 CM.

TIPOLOGIE DI FONDAZIONE CONSIGLIATE:

FONDAZIONE SUPERFICIALE:

piano di posa a m. 1,20-1,50 circa
dal piano campagna attuale
raggiungibile tramite calcestruzzo
"magro" e/o stabilizzato

LEGENDA:

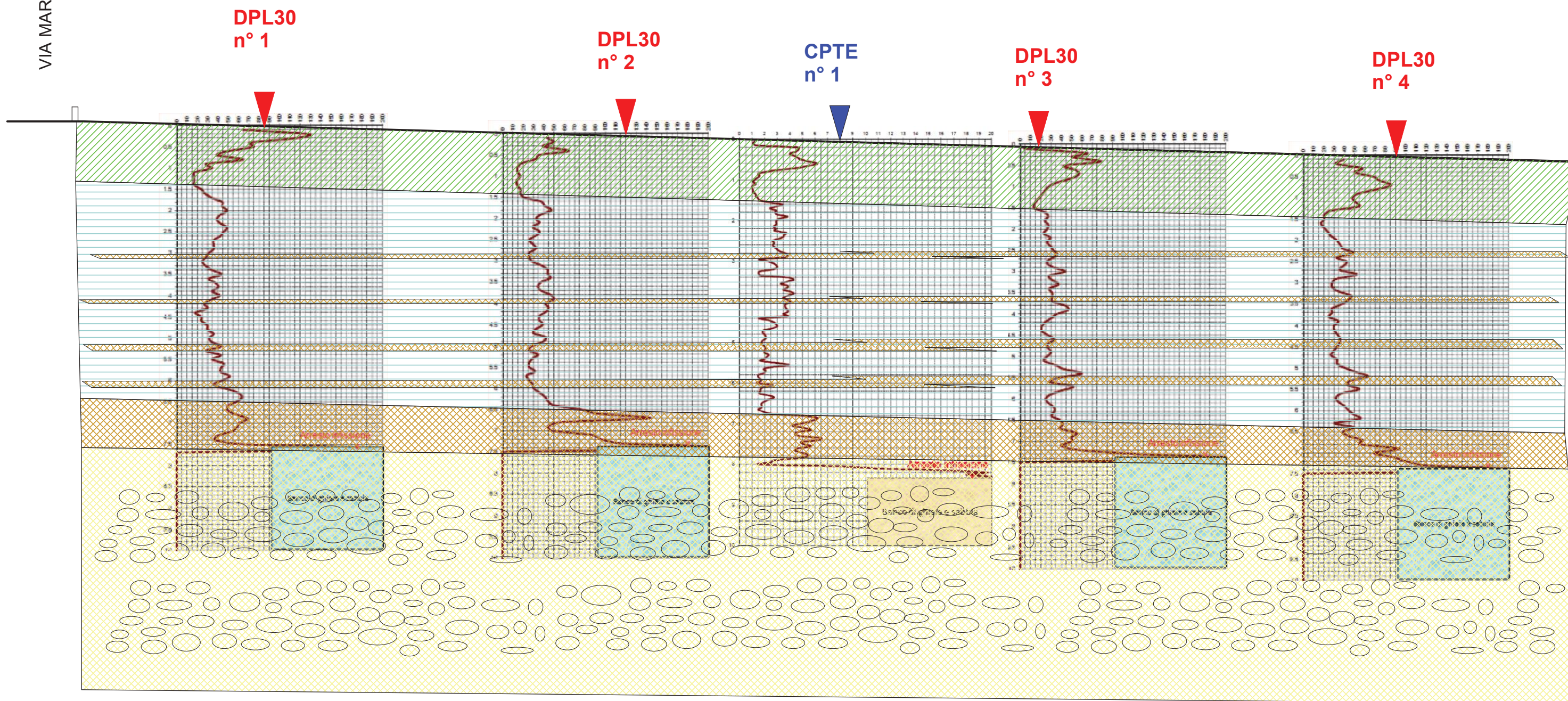
-  Terreno rimaneggiato e/o eterogeneamente addensato
-  Limi argillosi con livelli sabbiosi, consistenti
-  Sabbia addensata
-  Banco di ghiaia e sabbia

SEZIONE
GEOTECNICA

Scala Lunghezze 1:200
Scala Altezze 1:100

LOTTE EDIFICABILI IN PROGETTO

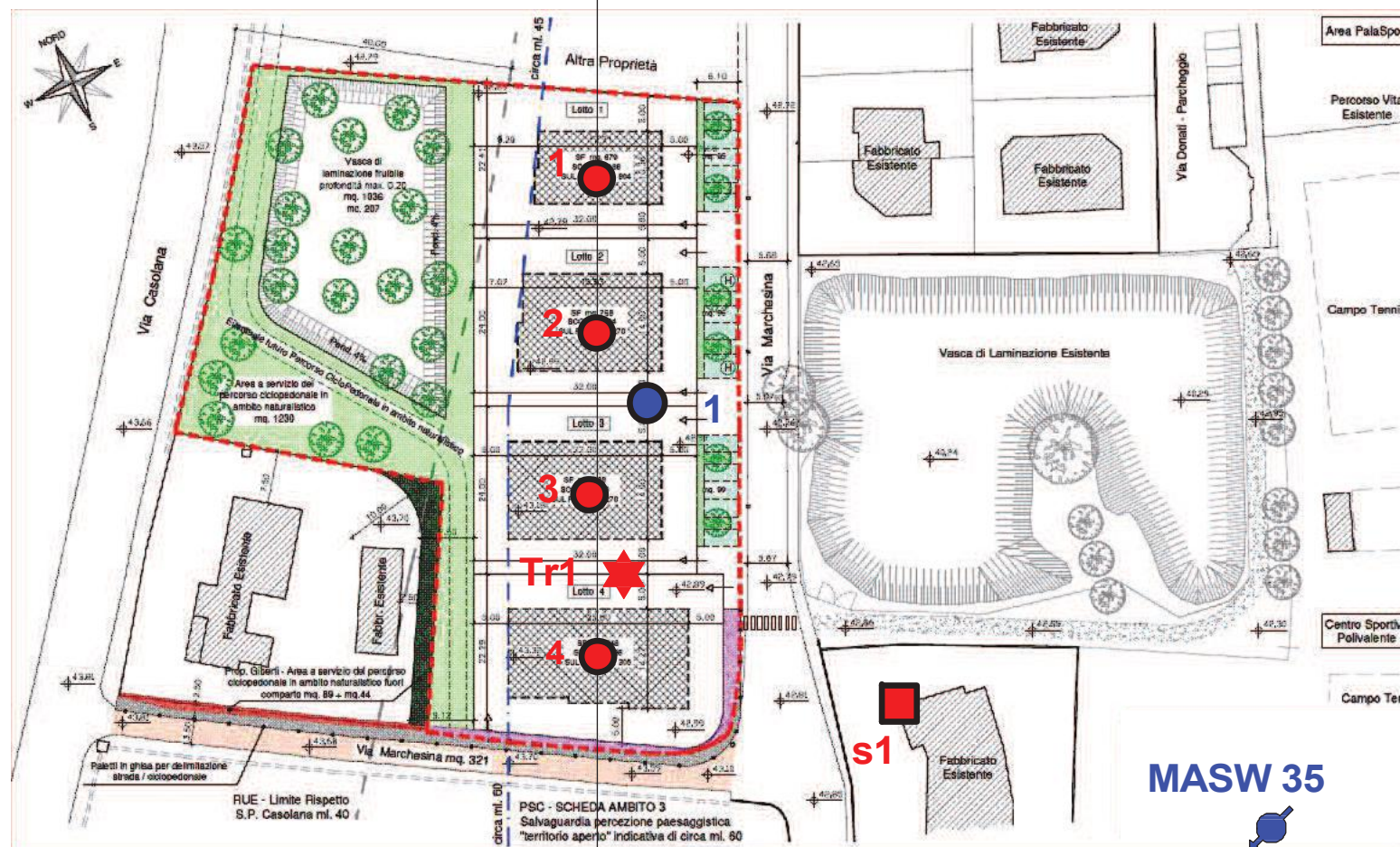
VIA MARCHESINA









PLANIMETRIA
 UBICAZIONE PROVE

scala 1:1.000

SEZIONE GEOLOGICA



LEGENDA:

-  AREA LOTTI EDIFICABILI in esame
- 1**  Prove penetrometriche dinamiche
- 1**  Prova penetrometrica statica
- s1**  Sondaggio a carotaggio continuo
- Tr1**  Prova sismica passiva HVSR
- MASW 35**  Prova sismica MASW (PSC2009)

PROVA penetrometrica statica C.P.T.E. n° 1

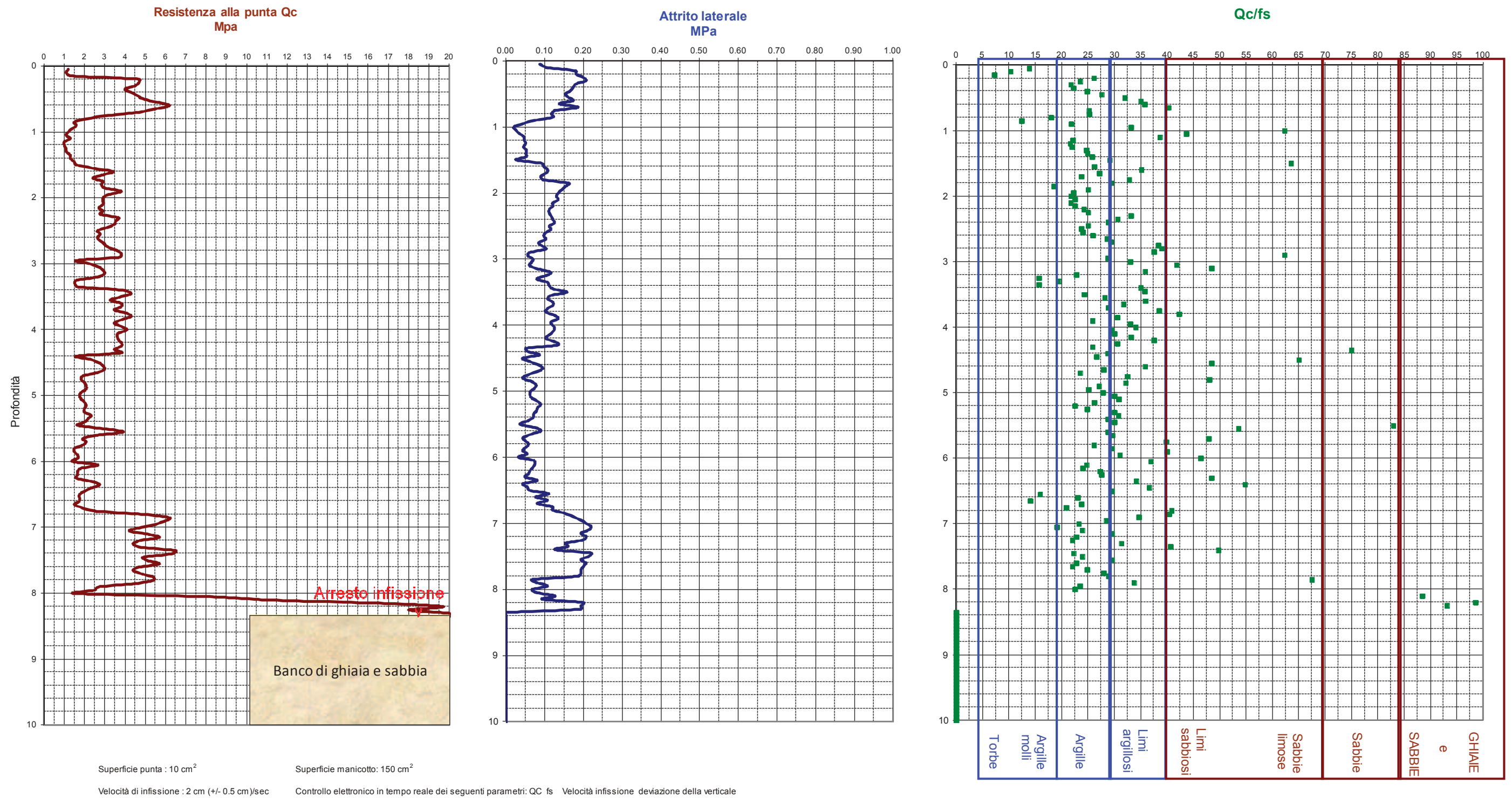
Punta elettrica - acquisizione continua controllata in tempo reale (A.S.T.M. D 5778)

Committente: GIBERTI - Via Marchesina **CPT-E n° 1**

Località: CASTELBOLOGNESE

Data: 19.05.2020

Profondità falda dal p.c. prova: 15.00 ml.



Prova Penetrometrica dinamica DPL30 n°

1

CARATTERISTICHE STRUMENTALI:

Massa battente = 30 kg.
Altezza caduta = 20 cm.
Sezione punta = 10 cmq

Committente:

GIBERTI

Località:

Via Marchesina

Comune:

CASTELBOLOGNESE

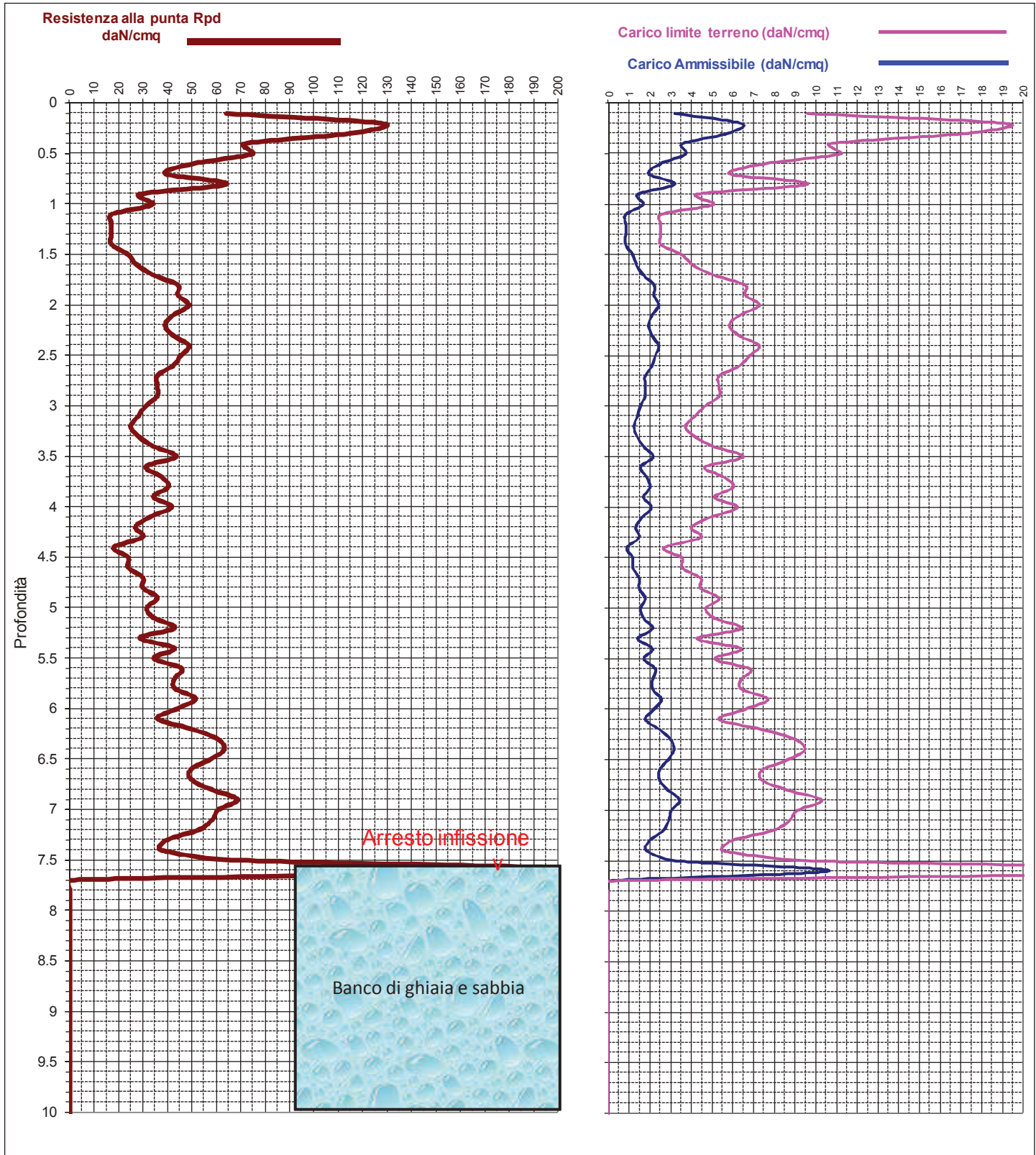
Data:

19.05.2020

- Coeff. di sicurezza = 20

Profondità Falda: ml.

15.00



Prova Penetrometrica dinamica DPL30 n°

2

CARATTERISTICHE STRUMENTALI:

Massa battente = 30 kg.
Altezza caduta = 20 cm.
Sezione punta = 10 cmq

Committente:

GIBERTI

Località:

Via Marchesina

Comune:

CASTELBOLOGNESE

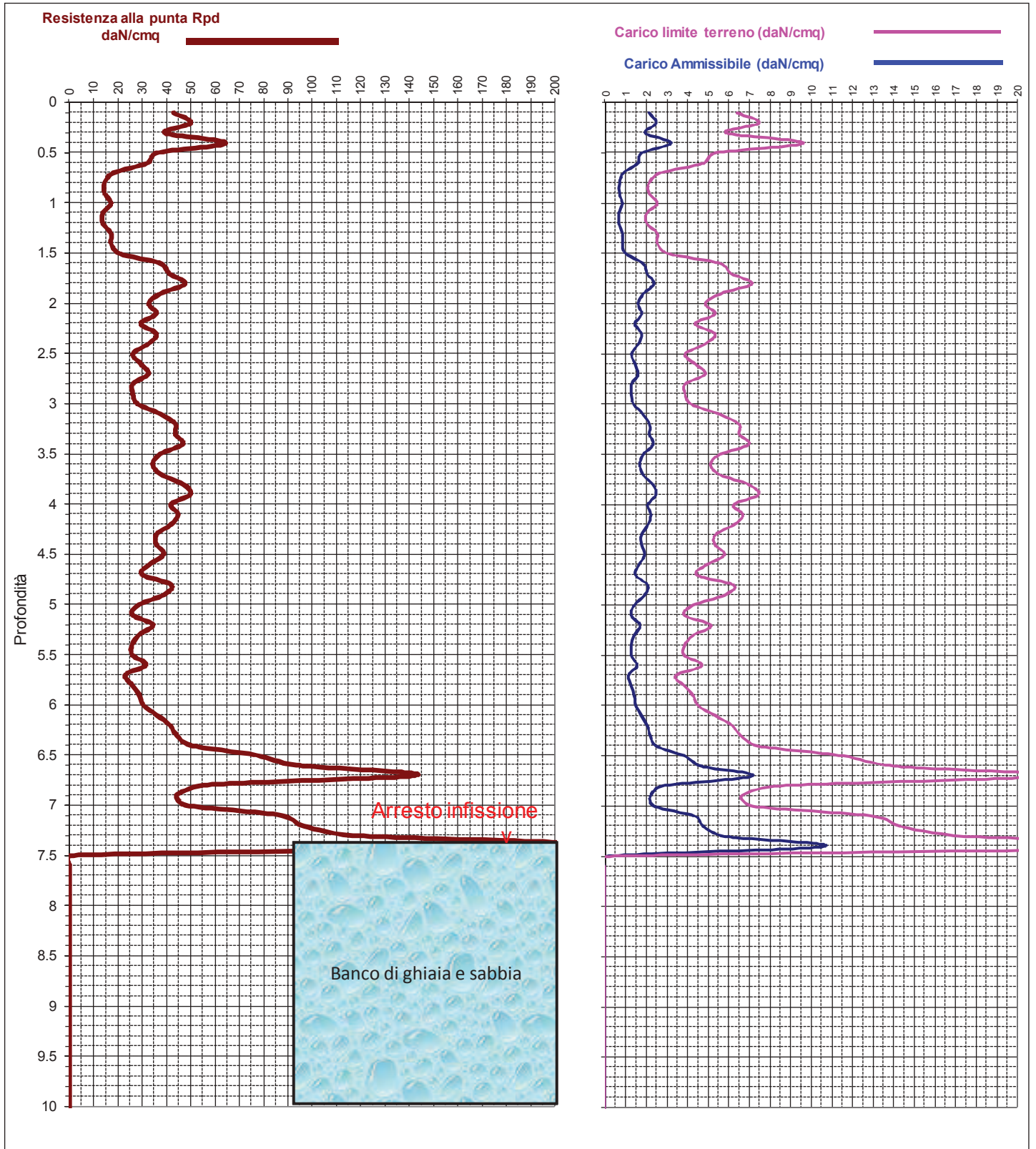
Data:

19.05.2020

- Coeff. di sicurezza = 20

Profondità Falda: ml.

15.00



Prova Penetrometrica dinamica DPL30 n°

3

CARATTERISTICHE STRUMENTALI:

Massa battente = 30 kg.
Altezza caduta = 20 cm.
Sezione punta = 10 cmq

Committente:

GIBERTI

Località:

Via Marchesina

Comune:

CASTELBOLOGNESE

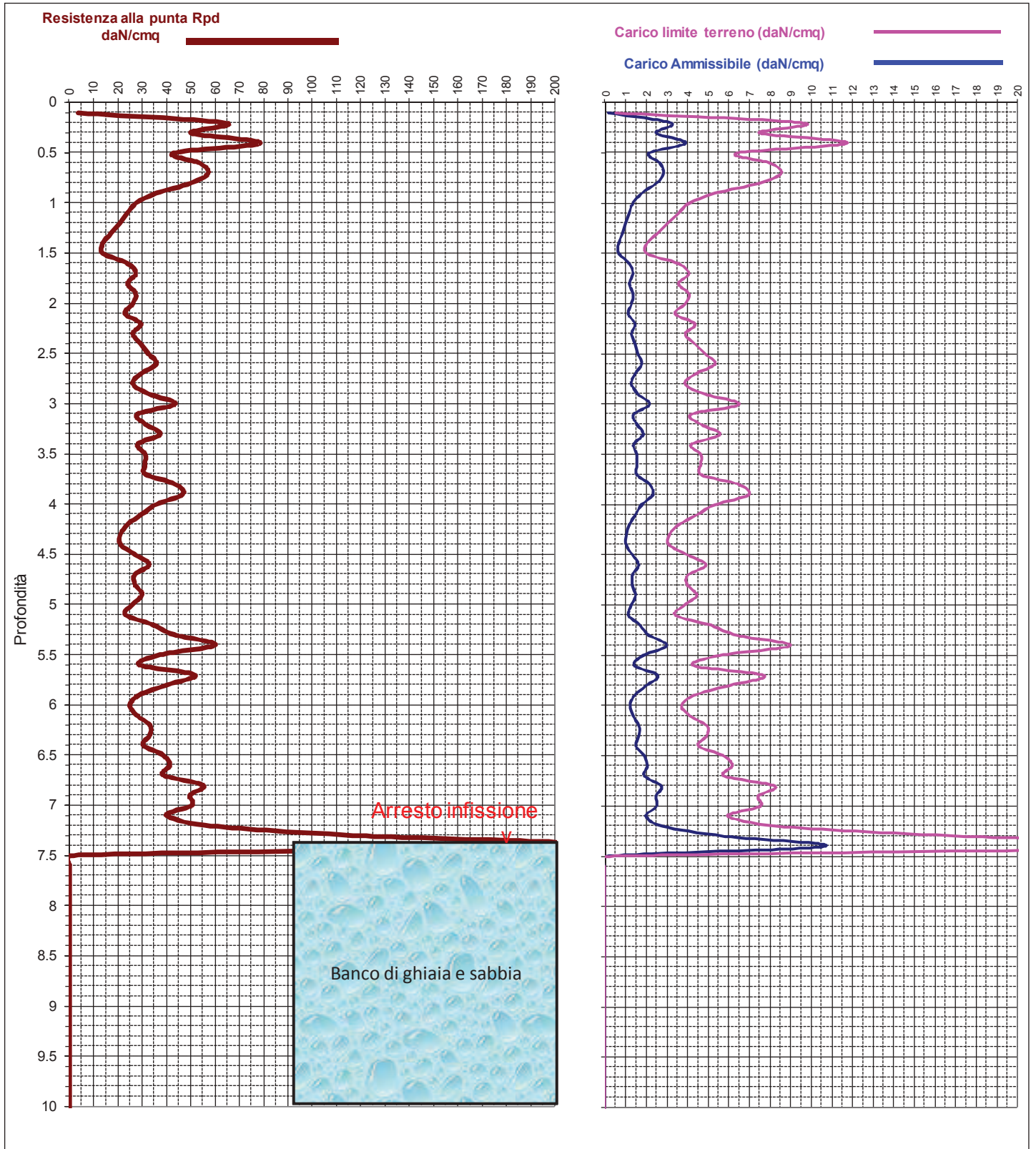
Data:

19.05.2020

- Coeff. di sicurezza = 20

Profondità Falda: ml.

15.00



Prova Penetrometrica dinamica DPL30 n°

4

CARATTERISTICHE STRUMENTALI:

Massa battente = 30 kg.
Altezza caduta = 20 cm.
Sezione punta = 10 cmq

Committente:

GIBERTI

Località:

Via Marchesina

Comune:

CASTELBOLOGNESE

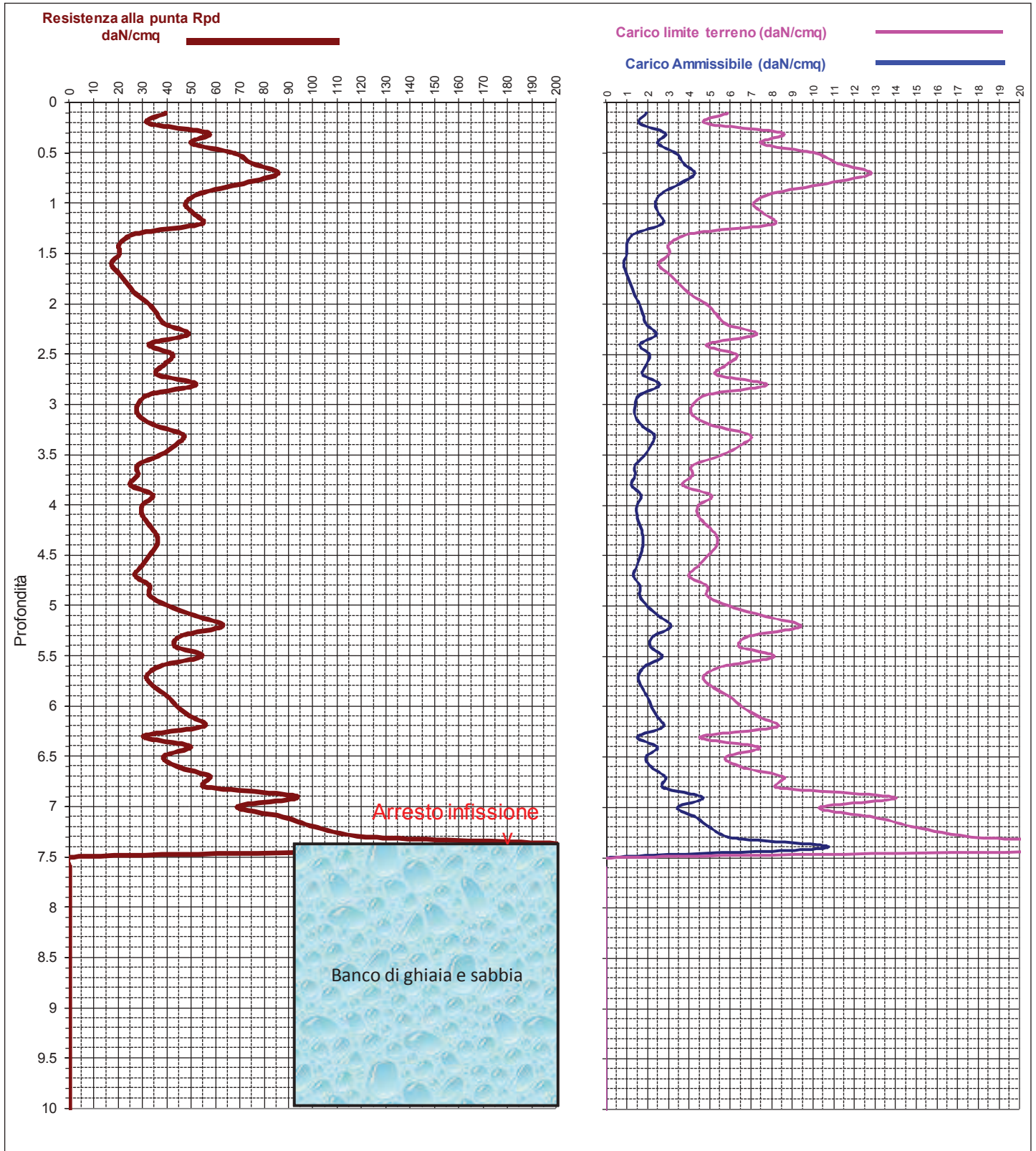
Data:

19.05.2020

- Coeff. di sicurezza = 20

Profondità Falda: ml.

15.00



Committente: Geom. Giberti Saele
 Data: 18.05.2020
 Località: Via Marchesina
 Comune: CASTEL BOLOGNESE (Ra)
 Attrezzatura: carotaggio continuo perforatrice ELLETTARI EK200STR

SONDAGGIO n° 1

