

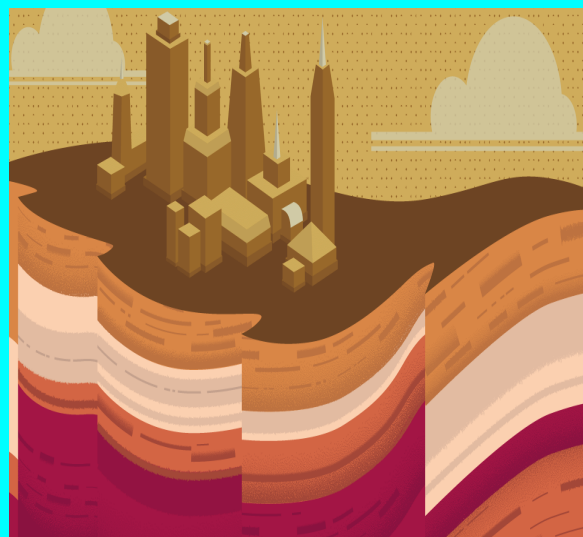
COMUNE DI GAMBETTOLA
Provincia di Forlì-Cesena

RELAZIONE GEOLOGICA

**ACCORDO OPERATIVO "AMBITO PER
NUOVI INSEDIAMENTI A12 CON SCHEDA
D'AMBITO N°1 OPZIONALE" AI SENSI
DEGLI ARTICOLI N°4 E N°38 DELLA L.R.
24/2017, DA REALIZZARE A GAMBETTOLA
IN ESTENSIONE DELLA VIA GIULIETTA
MASINA**

DICEMBRE 2021

Proprietà:
MUCCIOLI GIORGIO
MUCCIOLI MAURIZIO



E
COMUNE DI GAMBETTOLA
Comune di Gambettola
COPIA CONFORME ALL'ORIGINALE DIGITALE
Protocollo N. 6616759/2021 del 20/12/2021
Firmatario: Stefano Vincenzi

COMUNE DI GAMBETTOLA

Provincia di Forlì-Cesena

**Relazione geologica accordo operativo
“Ambito per nuovi insediamenti A12 con scheda d’ambito n°1 opzionale”
ai sensi degli articoli n°4 e n°38 della L.R. 24/2017
da realizzare a Gambettola in estensione della via Giulietta Masina**

INDICE

1) PREMESSA	Pag.	1
2) MODELLAZIONE GEOLOGICA	Pag.	4
2.1 Morfologia	Pag.	4
2.2 Geologia	Pag.	5
3) IDROGEOLOGIA	Pag.	10
3.1 Inquadramento idrografico	Pag.	10
3.2 Mappatura Piano di gestione del rischio alluvioni	Pag.	10
3.3 Mappatura variante PAI 2016	Pag.	15
3.4 Acquifero freatico	Pag.	16
4) MODELLAZIONE GEOTECNICA	Pag.	17
4.1 Indagine geognostica di riferimento	Pag.	17
4.2 Attribuzione microzona in prospettiva sismica (MOPS)	Pag.	22
5) SISMICA	Pag.	23
5.1 Generalità sulla zonazione sismica	Pag.	23
5.2 Prima fase: cenni sulla sismicità storica e classificazione sismica	Pag.	24
5.3 Seconda fase: analisi semplificata (secondo livello d’approfondimento)	Pag.	28
5.4 Seconda fase: analisi approfondita (terzo livello d’approfondimento)	Pag.	33
6) ORIENTAMENTI GEOTECNICI	Pag.	35
7) CONCLUSIONI	Pag.	37

COMUNE DI GAMBETTOLA
Provincia di Forlì-Cesena

Relazione geologica accordo operativo
“Ambito per nuovi insediamenti A12 con scheda d’ambito n°1 opzionale”
ai sensi degli articoli n°4 e n°38 della L.R. 24/2017
da realizzare a Gambettola in estensione della via Giulietta Masina

1) PREMESSA

La presente relazione geologica, redatta per conto della proprietà su incarico dello Studio Associato geom. Muccioli-Bertozzi di Longiano, riguarda i terreni di un’area sita in località Gambettola, in estensione a via Giulietta Masina (Fig.1).



Fig. 1 Inquadramento geografico da Google Earth

La zona di cui trattasi, dal punto di vista urbanistico, ricade in “Ambito per nuovi insediamenti A12 con scheda d’ambito n°1 opzionale”. In quest’ottica si inserisce l’urbanizzazione in progetto, caratterizzata da due lotti edificabili disposti come da allegata planimetria sui quali andranno realizzati rispettivamente due fabbricati (1A e 1B) e un fabbricato unico (2), per un totale di n°3 costruzioni. E’ altresì prevista un’area a verde pubblico e vialetto stradale con parcheggio. L’estratto di progetto sotto riportato (Fig. 2) illustra più compiutamente quanto scritto.

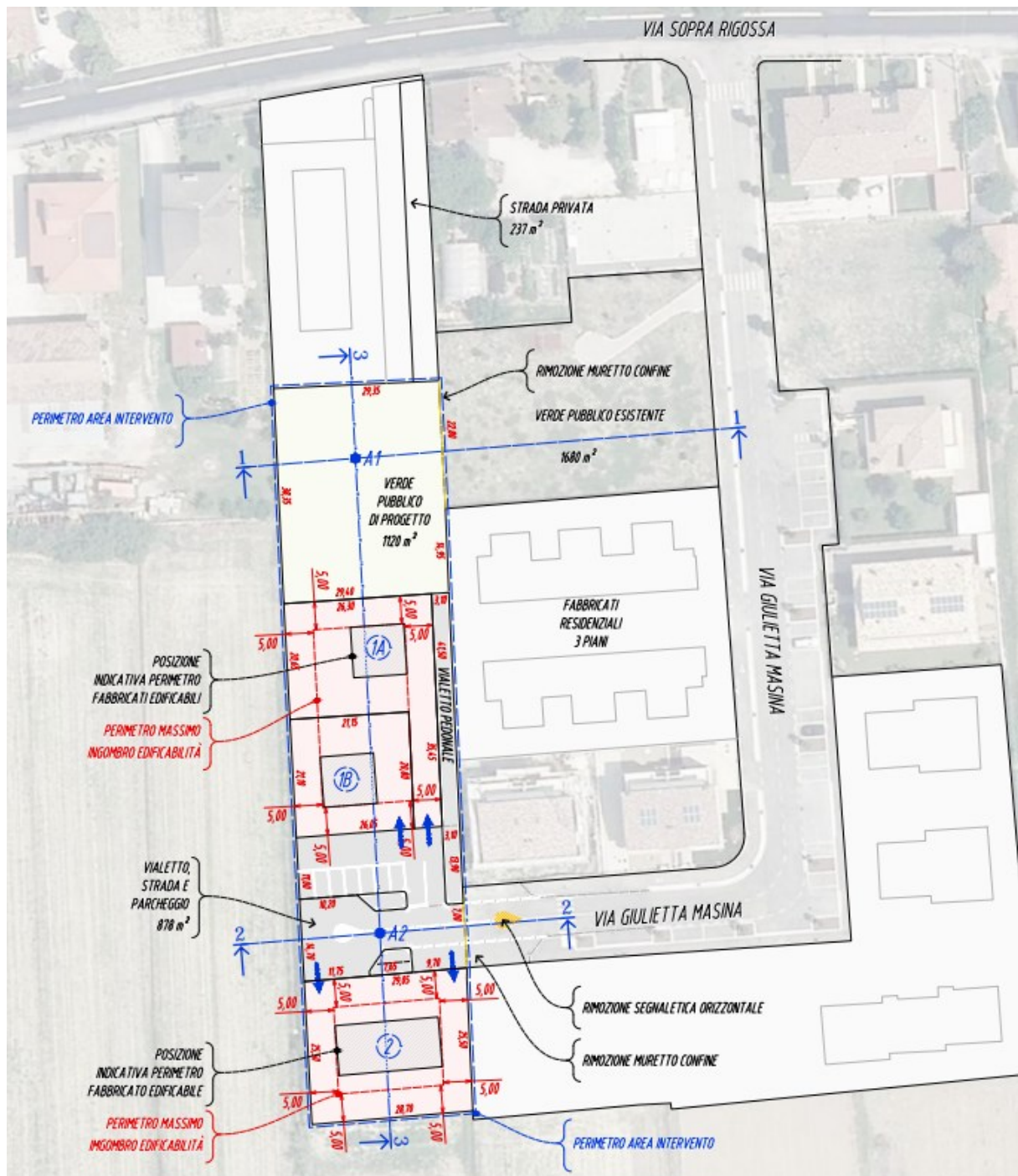


Fig. 2 Estratto planimetria intervento in progetto

Il presente studio è stato eseguito secondo i dettami previsti nella delibera n°630 del 29 Aprile 2019 dal titolo “*Atto di coordinamento tecnico denominato Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica* di cui alla deliberazione dell’Assemblea Legislativa 2 Maggio 2007 n°112”. (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017); il tutto come integrato da successive delibere e precisamente n°476 del 12/04/2021 e n° 564 del 26/04/2021.

Parimenti si è fatto riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008, pubblicato nella G.U. n°29 del 04/02/2008 e successive modifiche introdotte dalle NTC 2018 pubblicate in Gazzetta Ufficiale il 20 Febbraio 2018 ed entrate in vigore il 21 Marzo 2018).

Il lavoro è articolato secondo le seguenti fasi: quadro conoscitivo generale relativo a morfologia, geologia ed idrogeologia; esecuzione di indagini geognostiche; caratterizzazione sismica e successiva microzonazione; orientamenti geotecnici relativi all’urbanizzazione nel suo complesso, con particolare riferimento alle fondazioni degli edifici previsti.

Seguono conclusioni riassuntive finali, comprensive di parere di fattibilità nei riguardi dell’intervento.

2) MODELLAZIONE GEOLOGICA

2.1 Morfologia

La zona di studio, in base alla cartografia della Regione Emilia-Romagna, è inquadrabile nella Sezione alla scala 1:10.000 n°256050, toponimo “Gatteo” (Fig. 3).

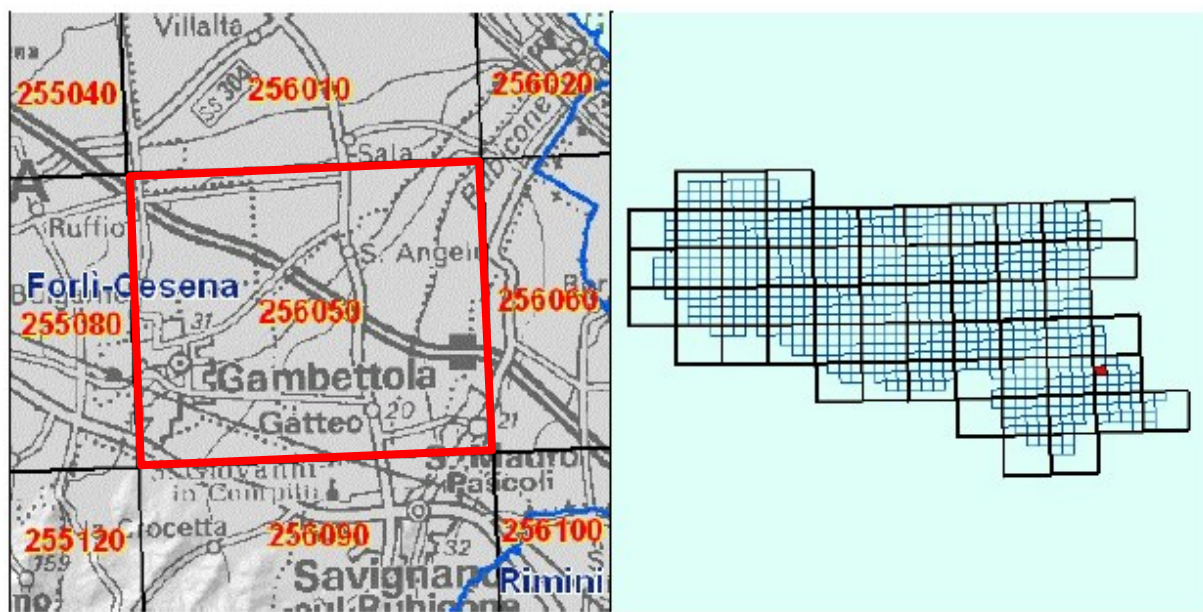


Fig. 3 Quadro d'unione cartografia 1:10.000 (Regione Emilia Romagna)

Più precisamente ci troviamo nella periferia orientale di Gambettola, in corrispondenza di una zona pianeggiante, edificata solo parzialmente. I punti quotati sulla cartografia ufficiale (C.T.R. Regione Emilia-Romagna) indicano una quota topografica media di circa 23.0 m. sul livello del mare (Fig. 4).

La pianura di cui trattasi è di origine sedimentaria continentale e rappresenta il risultato dei vari cicli deposizionali riconducibili alle divagazioni dello Scolo Rigossa e torrente Pisciatello; si estende dal piede del vicino margine collinare, ricadente nell'ambito del comune confinate di Longiano, fino all'inizio della fascia costiera sabbiosa; trattasi di quel complesso di sedimenti terrigeni che hanno colmato l'antica depressione padana e che raccordano, in superficie, il bordo della catena appenninica emersa alla costa.

Nel territorio di Gambettola affiorano depositi alluvionali prevalentemente argillosi e limosi, con subordinate intercalazioni sabbiose, di età olocenica-pleistocenica, analogamente a quanto avviene per la vicina pianura del Rubicone che ne costituisce la naturale prosecuzione verso Est.

Solamente ai margini dell'asta fluviale della Rigossa si estende, in superficie, una fascia con più marcata componente sabbiosa (Fig. 7).

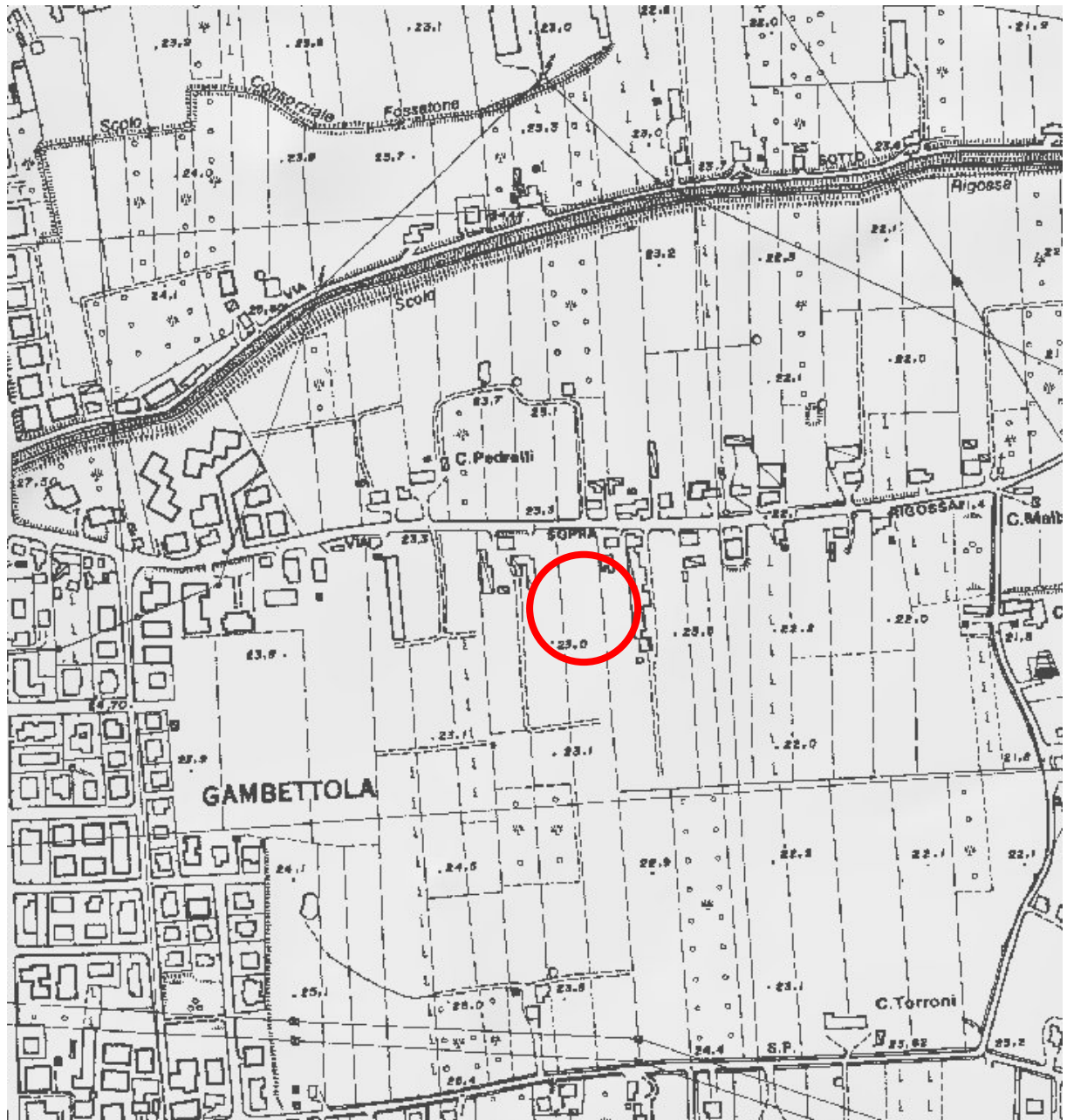


Fig. 4 Stralcio corografia Regione Emilia-Romagna (CTR)

2.2 Geologia

L'assetto geologico-strutturale della zona è quello tipico del cosiddetto "margine appenninico": la catena appenninica "morfologica" termina con l'inizio della pianura, ma quella strutturale "geologica" continua sotto i depositi alluvionali del Quaternario, variamente dislocata da un complesso sistema di linee tettoniche (pieghe, faglie, sovrascorrimenti...). La struttura del sottosuolo della Pianura Padana, definita con un certo dettaglio solo negli ultimi decenni grazie ai dati ottenuti con le ricerche petrolifere eseguite dall'AGIP e pubblicate nei lavori di Pieri e Groppi (1981), Dondi e altri (1982), Dondi (1985), mostra l'immagine di una catena montuosa in evoluzione, sommersa dai depositi alluvionali (Fig. 5).

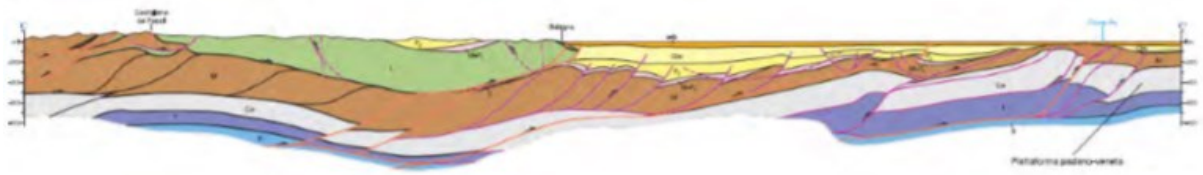


Fig. 5 Sezione trasversale dal crinale appenninico al Po

L'attività tettonica di questa porzione strutturale è iniziata probabilmente già prima del Pliocene (5 milioni d'anni fa) ed è proseguita per quasi tutto il Pliocene superiore, accavallando unità geologiche più antiche (mioceniche ed anche mesozoiche) su termini più giovani (Pliocene inferiore e medio).

In questo quadro, il territorio di Savignano sul Rubicone occupa la parte meridionale della catena sepolta, corrispondente alle cosiddette "Pieghe Romagnole" (Fig. 6).

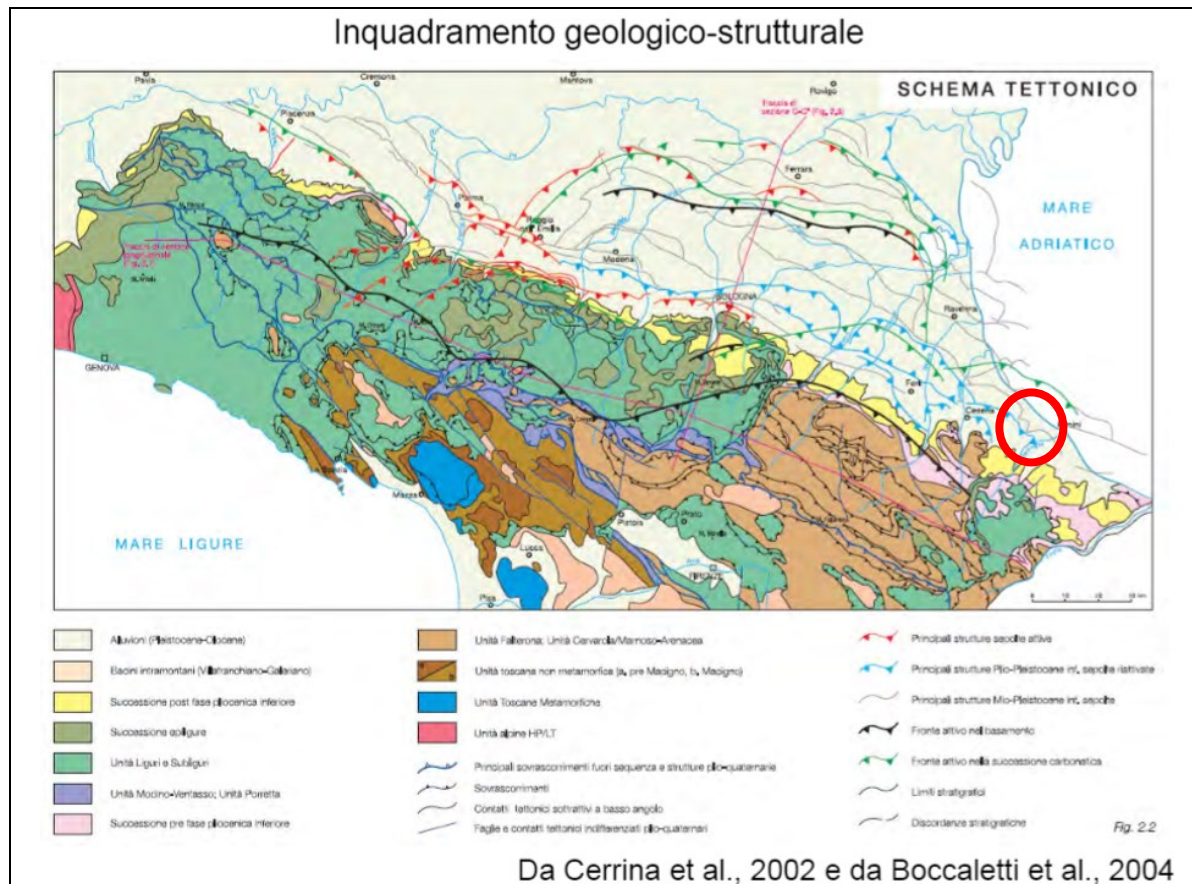


Fig. 6 Schema tettonico della Pianura Padana

L'andamento ad archi e pieghe del "fronte sepolto dell'Appennino", di messa in posto sempre più recente man mano che ci si porta sulle aree più esterne, è da correlarsi al movimento di rotazione dell'Appennino in senso antiorario ed è responsabile della tettonica attuale con conseguente attività sismica.

In base alla *Carta Geologica del Margine appenninico della Regione Emilia-Romagna* (Fig. 7) i sedimenti che caratterizzano il sottosuolo appartengono alla *Successione neogenico-quadernaria*. Più precisamente sono riconducibili al **Subsistema di Ravenna** (Pleistocene sup.- Olocene) e sono identificati in carta con la sigla **AES8**.

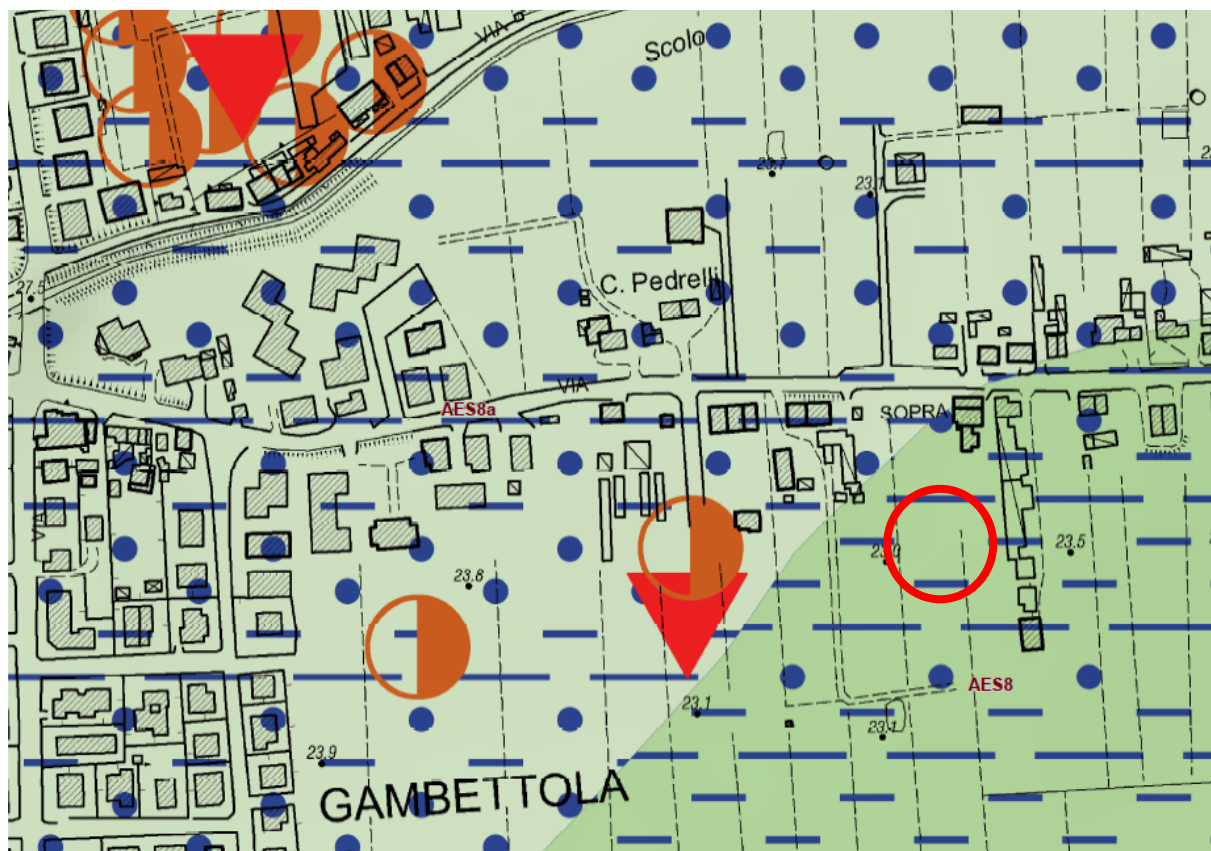


Fig. 7 – Estratto Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna

Detti terreni, dal punto di vista stratigrafico, sono databili Pleistocene superiore-Olocene, così come descritto nella legenda seguente.

Successione neogenico - quadernaria del margine appenninico padano

AES8 - Subsistema di Ravenna

Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Corrisponde nelle aree intravallive ai depositi terrazzati più bassi. Rientrano in questa unità anche le alluvioni attualmente in evoluzione in alveo e quelle del primo terrazzo, talora fissate da arbusti. Limite superiore coincidente con il piano topografico, dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno, al tetto, colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'orizzonte decarbonatato da 0,3 ad 1 m e contengono reperti archeologici di età dal Neolitico al Romano. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore coincidente, in affioramento, con una superficie di erosione fluviale o con il contatto delle tracimazioni fluviali sul suolo non calcareo al tetto di AES7.
(Pleistocene sup. - Olocene)

AES8a - Unità di Modena

Depositi alluvionali eterometrici dati da ciottoli, sabbie e limi. Limite superiore sempre affiorante e coincidente con il piano topografico dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro al tetto. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intravallive.
(Olocene)

Per ciò che concerne la stratigrafia profonda, si può fare riferimento ai dati reperibili in letteratura.

A tale proposito si può fare riferimento alle molteplici sezioni geologiche ricostruite dal Servizio Geologico Regionale sulla base di numerosi dati stratigrafici disponibili per la Pianura Padana (stratigrafie pozzi, carotaggi, prove penetrometriche...). L'ubicazione della traccia di sezione passante nell'intorno dell'area è riportata nella planimetria di Fig.8.



Fig. 9 Planimetria contenente l'andamento della sezione stratigrafica profonda ricostruita dal Servizio Geologico della Regione passante ad Est del sito

Dall'analisi della sezione (Fig. 9), si evince che il tetto del substrato marino sottostante le alluvioni, nella zona di cui trattasi, si attesta ad una profondità di circa un centinaio di metri rispetto alla pianura sovrastante.

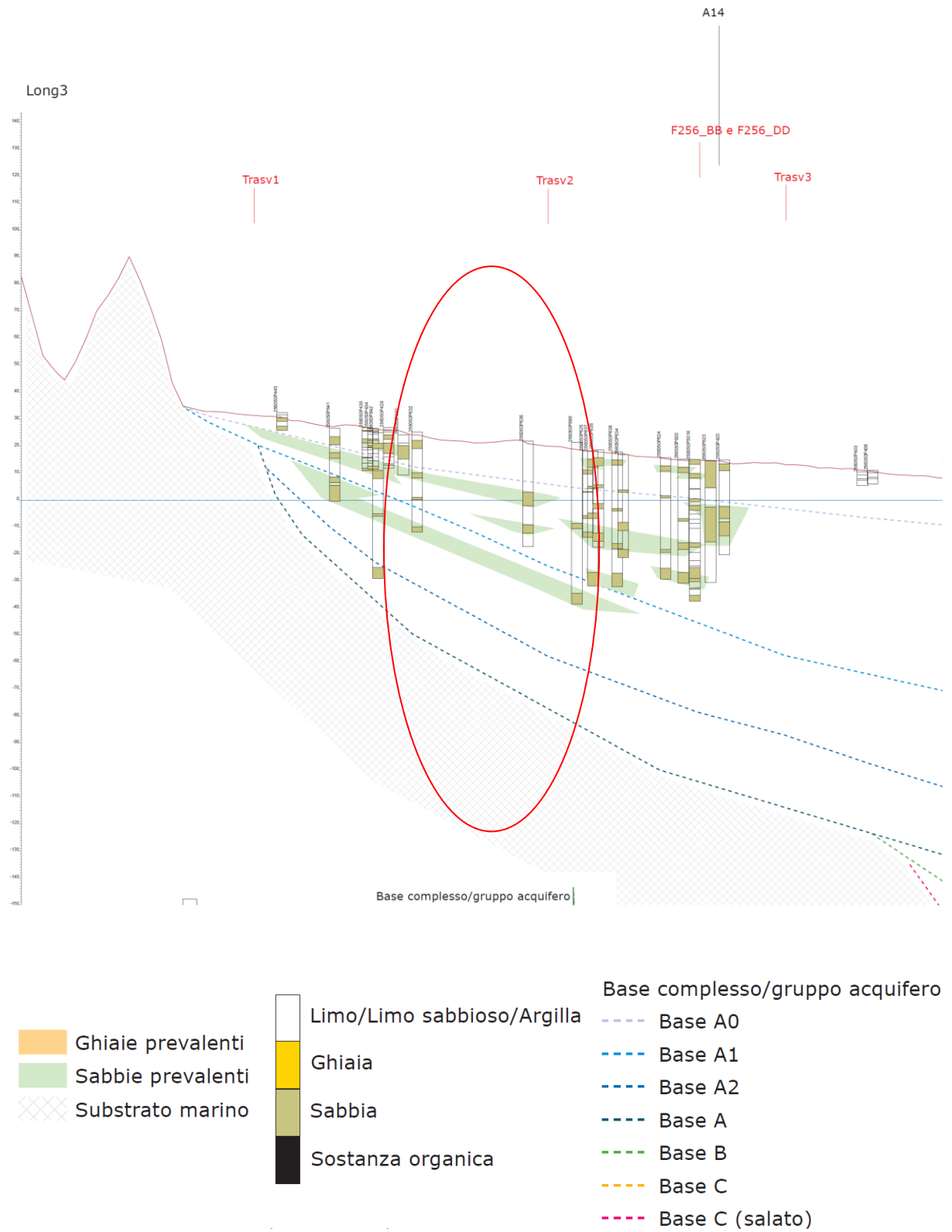


Fig. 9 Sezione geologica n°138 (Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna)

3) IDROGEOLOGIA

3.1 Inquadramento idrografico

La zona studiata appartiene alla giurisdizione *dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po*, diventato operativo in data 23/05/2017.

Il suddetto distretto è subentrato alla già esistente *Autorità di Bacino del fiume Po* alla quale sono stati annessi i Bacini interregionali del Reno, del Fissero-Tartaro-Canal Bianco, del Marecchia-Conca e i Bacini Regionali Romagnoli.

Il bacino idrografico del Po interessa i territori di Liguria, Piemonte, Valle d'Aosta, Lombardia, Trentino, Veneto, Emilia-Romagna, Toscana, Marche e si estende anche a porzioni di territorio francese e svizzero.

Nello specifico ci troviamo nell'ambito dell'ex Bacino Fiumi Romagnoli, in destra idrografica dello Scolo Rigossa.

3.2 Mappatura Piano di gestione del rischio alluvioni

In Ottemperanza alla Direttiva Europea 2007/60 e del D.Lgs. 49/2010, inerenti alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni, la Regione Emilia-Romagna si è dotata di apposita cartografia tematica riportata nel "Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA)". In linea generale, la cartografia si compone di due distinte tipologie di mappe:

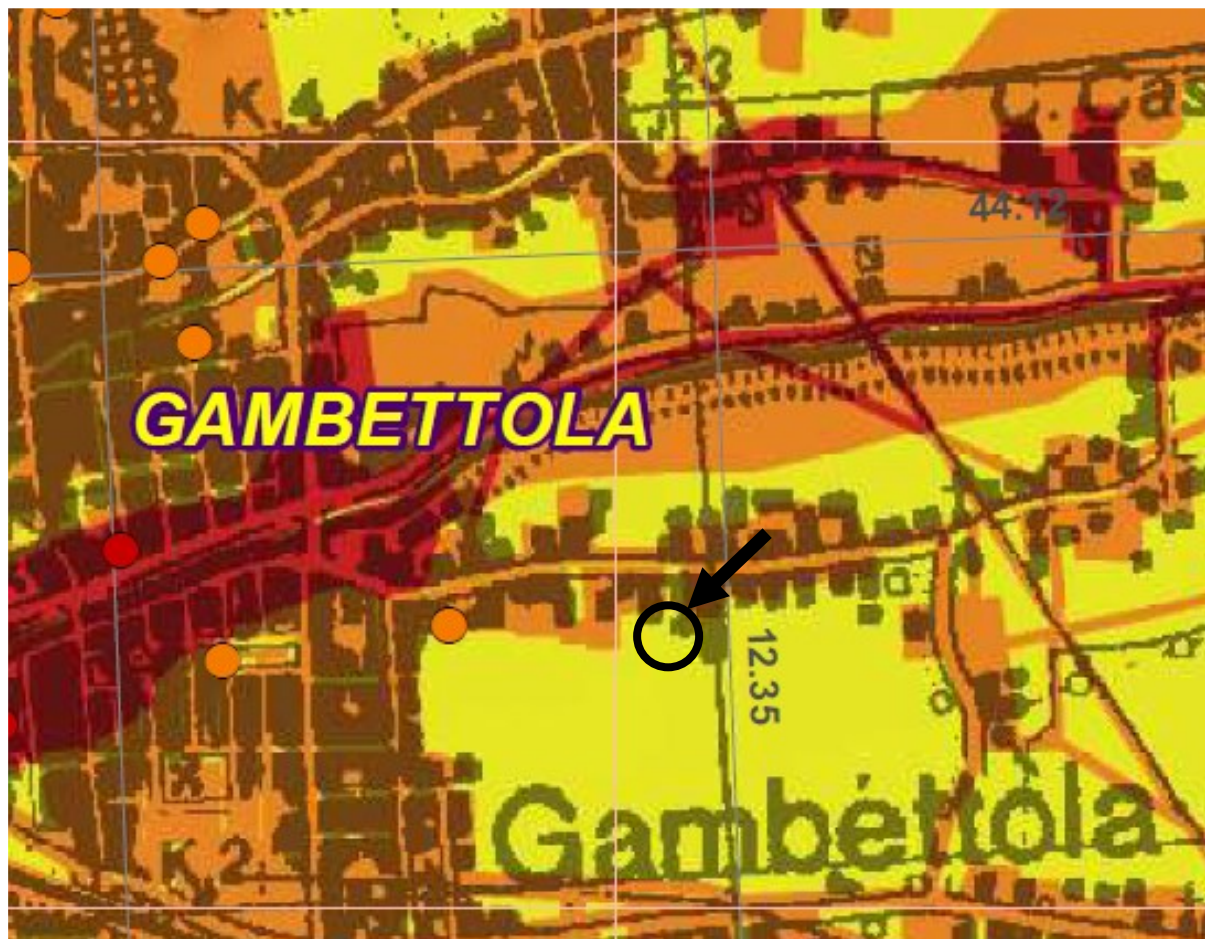
- Mappe del rischio potenziale
- Mappe di pericolosità per gli elementi esposti

Le suddette mappe, a loro volta sono state redatte per tre distinti ambiti territoriali:

- Reticolo secondario di pianura (RSP)
- Reticolo naturale principale e secondario (RP-RSCM)
- Aree costiere marine (ACM)

L'area in questione è mappata negli ambiti corrispondenti al Reticolo secondario di pianura (RSP) e al Reticolo naturale principale e secondario (RP-RSCM). Nelle figure che seguono sono riportati gli estratti cartografici relativi (Figg. 10a-10b-10c-10d). In considerazione di quanto emerge dalla cartografia suddetta, occorrerà prevedere un idoneo innalzamento degli accessi al piano terra rispetto all'attuale piano campagna esistente; ciò sulla base del tirante idrico previsto per la classe di rischio in cui ricade la proprietà.

Secondo la “Mappa del rischio potenziale” relativa al reticolo secondario di pianura (RSP) si evince che la proprietà studiata è compresa in ambito **R2** corrispondente ad un “**rischio moderato o nullo**”.



Classi di Rischio

R1 (rischio moderato o nullo)

R2 (rischio medio)

R3 (rischio elevato)

R4 (rischio molto elevato)

puntuali

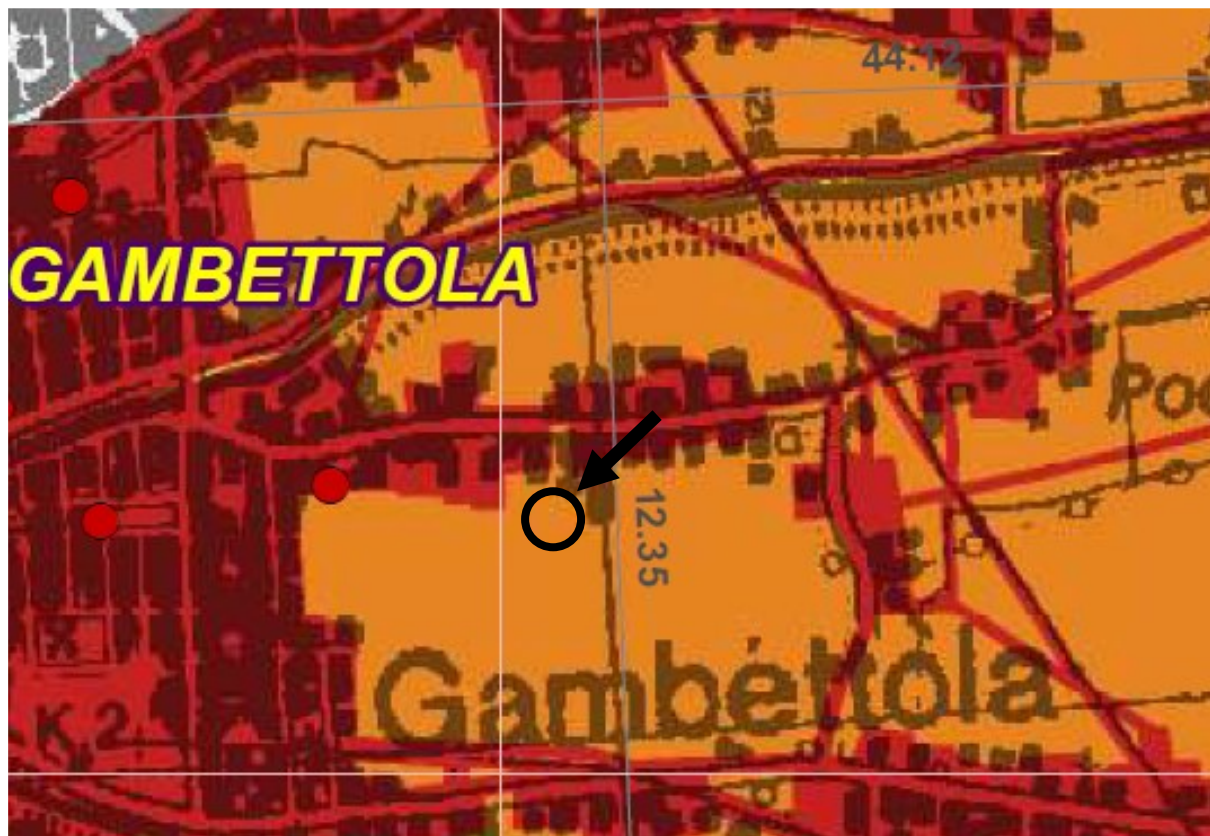
lineari

areali



Fig. 10a Estratto mappa del rischio potenziale
Reticolo secondario di pianura (RSP)
(da Piano di Gestione Rischio Alluvioni; direttiva 2007/60/CE)

Sulla base della “Mappa del rischio potenziale” relativa al reticolo naturale principale e secondario (RP-RSCM) si evince che la proprietà studiata è compresa in ambito **R3** corrispondente ad un “**rischio medio**”.



Classi di Rischio

	puntuali	lineari	areali
R1 (rischio moderato o nullo)			
R2 (rischio medio)			
R3 (rischio elevato)			
R4 (rischio molto elevato)			

Fig. 10b Estratto mappa del rischio potenziale
Reticolo naturale principale e secondario (RP-RSCM)
(da Piano di Gestione Rischio Alluvioni; direttiva 2007/60/CE)

Per quanto concerne la “Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti” relativa al reticolo secondario di pianura (RSP) si osserva che il sito in oggetto è compreso in ambito di **zona urbanizzata** soggetta a scenario di pericolosità **P2-M** corrispondente ad “**alluvioni poco frequenti**”, con tempo di ritorno compreso tra 100 e 200 anni (media probabilità).

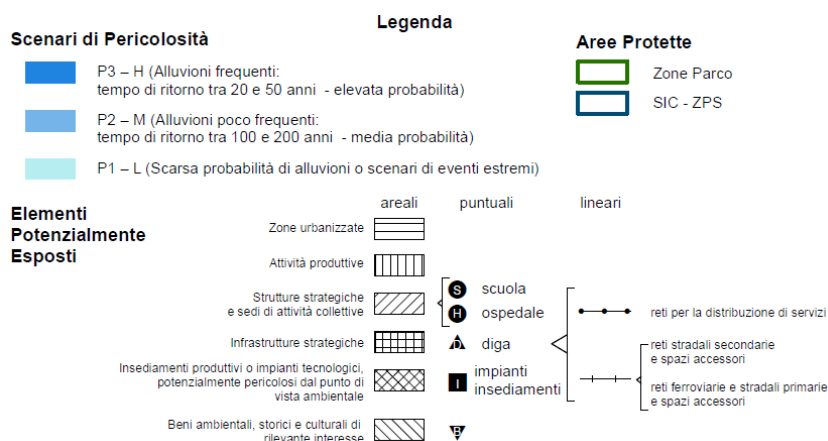


Fig. 10c Estratto mappa della pericolosità e degli elementi esposti
Reticolo secondario di pianura (RSP)
 (da Piano di Gestione Rischio Alluvioni; direttiva 2007/60/CE)

Secondo la “Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti” relativa al reticolo naturale principale e secondario (RP-RSCM) la proprietà è compresa in ambito di **zona urbanizzata** soggetta a scenario di pericolosità **P2-M** corrispondente ad “**alluvioni poco frequenti**”, con tempo di ritorno compreso tra 100 e 200 anni (media probabilità).

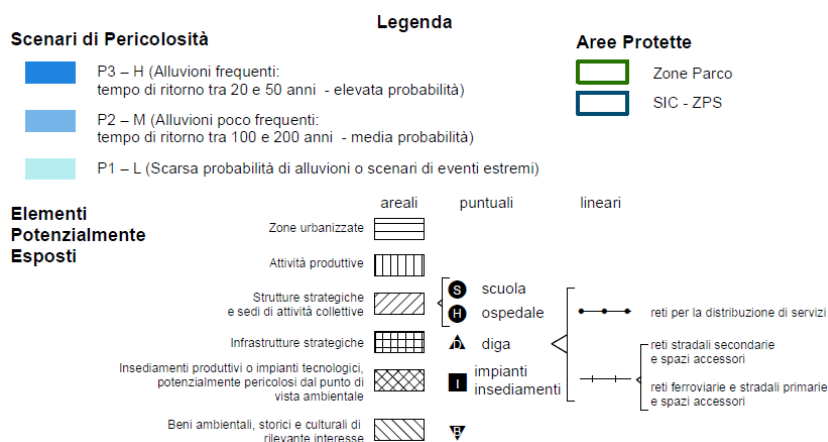


Fig. 10d Estratto mappa della pericolosità e degli elementi esposti
Reticolo naturale principale e secondario (RP-RSCM)
(da Piano di Gestione Rischio Alluvioni; direttiva 2007/60/CE)

3.3 Mappatura Variante PAI 2016

In base alla cartografia riportata nella Tav. 256NO-256SE della *Variante di Coordinamento tra il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) e il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico*, adottata dal Comitato Istituzionale con delibera 2/2 del 7 Novembre 2016, risulta che l'area ricade in ambito di "Area di potenziale allagamento" (Fig.11).



Fig. 11 Estratto Tav. 256NO-256SE della *Variante di Coordinamento tra il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) e il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico* (da Regione Emilia-Romagna – Autorità di Bacino Fiumi Romagnoli)

Aree a rischio idrogeologico

Titolo II - "Assetto della rete idrografica"

- | | | | |
|---|---|---|---|
|  | Art. 2 ter - alveo: |  piena ordinaria |  porzione incisa |
|  | Art. 3 - aree ad elevata probabilità di esondazione | | |
|  | Art. 4 - aree a moderata probabilità di esondazione | | |
|  | Art. 6 - aree di potenziale allagamento | | |
|  | Art. 10 - distanze di rispetto dai corpi arginali | | |

3.4 Acquifero freatico

Dalle misurazioni effettuate nei fori di prova (mese di Dicembre) è stata misurata una freatica attestata a -1.6/1.7 m dal piano campagna, rappresentativa del ravvenamento medio della zona.

Le conoscenze dello scrivente relative ai dintorni della zona consentono di poter indicare un livello freaticometrico di circa -1.3/1.5 m dal piano campagna naturale durante la stagione primaverile, generalmente caratterizzata da massimo ravvenamento.

I livelli di cui sopra sono da intendersi come indicativi, in quanto fortemente condizionati dall'intensità e dalla frequenza degli eventi meteorici, sempre meno correlati alla stagionalità.

4) MODELLAZIONE GEOTECNICA

4.1 Indagine geognostica di riferimento

Allo scopo di definire la natura litologica e le caratteristiche geomeccaniche dei terreni costituenti il sottosuolo, si è fatto riferimento ad due sondaggi penetrometrici statici (Cone Penetration Test - CPT) posizionati come da planimetria (Fig. 12).

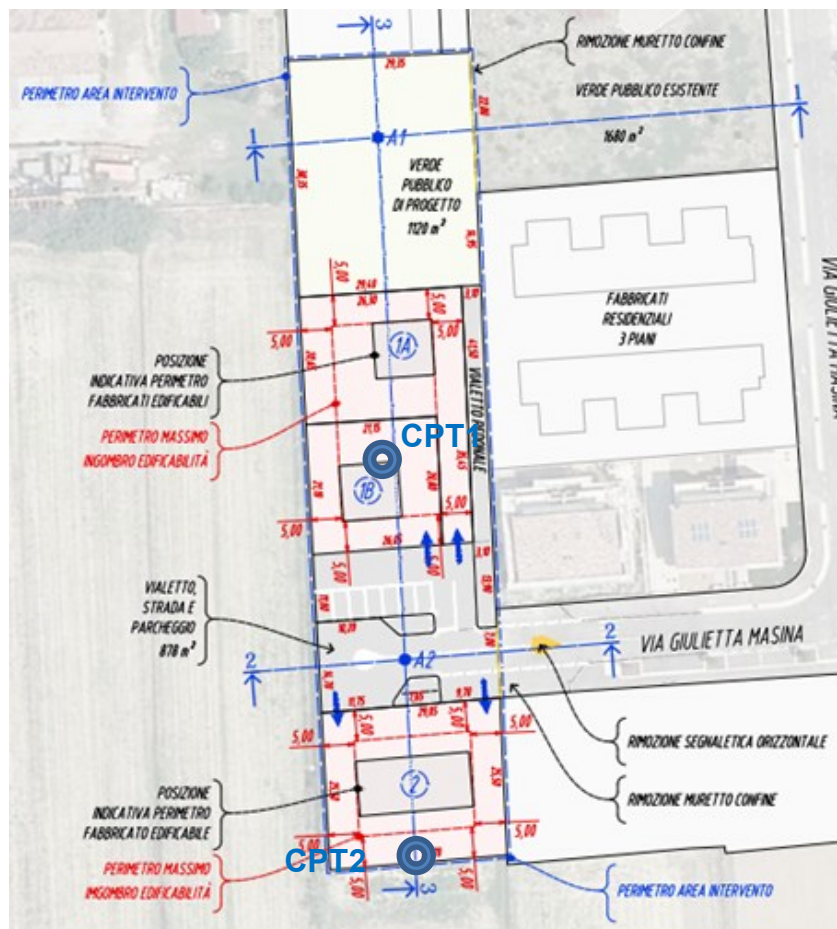


Fig. 12 Ubicazione indagini geognostiche nell'ambito della proprietà

La prova statica CPT (Cone Penetration Test) consiste nella misura della resistenza meccanica alla penetrazione di una punta conica (con sovrastante manicotto per misura della resistenza laterale) di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa a velocità costante nel terreno.

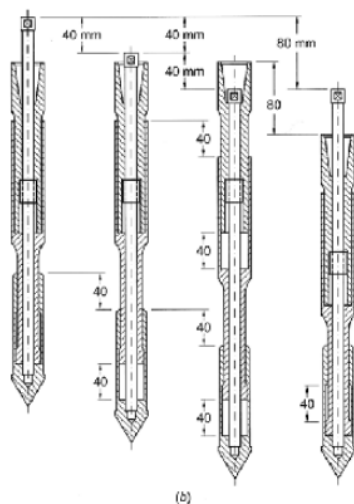
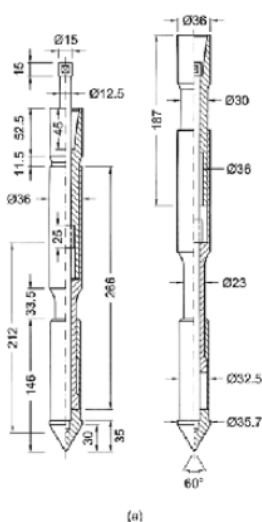
Lo strumento, mediante centralina a lettura digitale, fornisce i seguenti parametri ogni 20 cm di profondità):

q_c = resistenza statica alla punta

f_s = resistenza per attrito laterale sul manicotto

La sequenza operativa di lettura dei parametri di resistenza avviene secondo la modalità descritta in seguito.

1. la punta avanza a velocità costante per 40 mm (misura di q_c)
2. punta e manicotto avanzano contemporaneamente per altri 40 mm (misura di $q_c + f_s$)
3. le aste esterne avanzano per altri 40 mm e riportano punta e manicotto nella posizione originaria



Si ripete ad intervalli di 200 mm

f_s si ottiene per differenza tra la misura della resistenza totale (avanzamento di punta e manicotto) e quella della sola punta

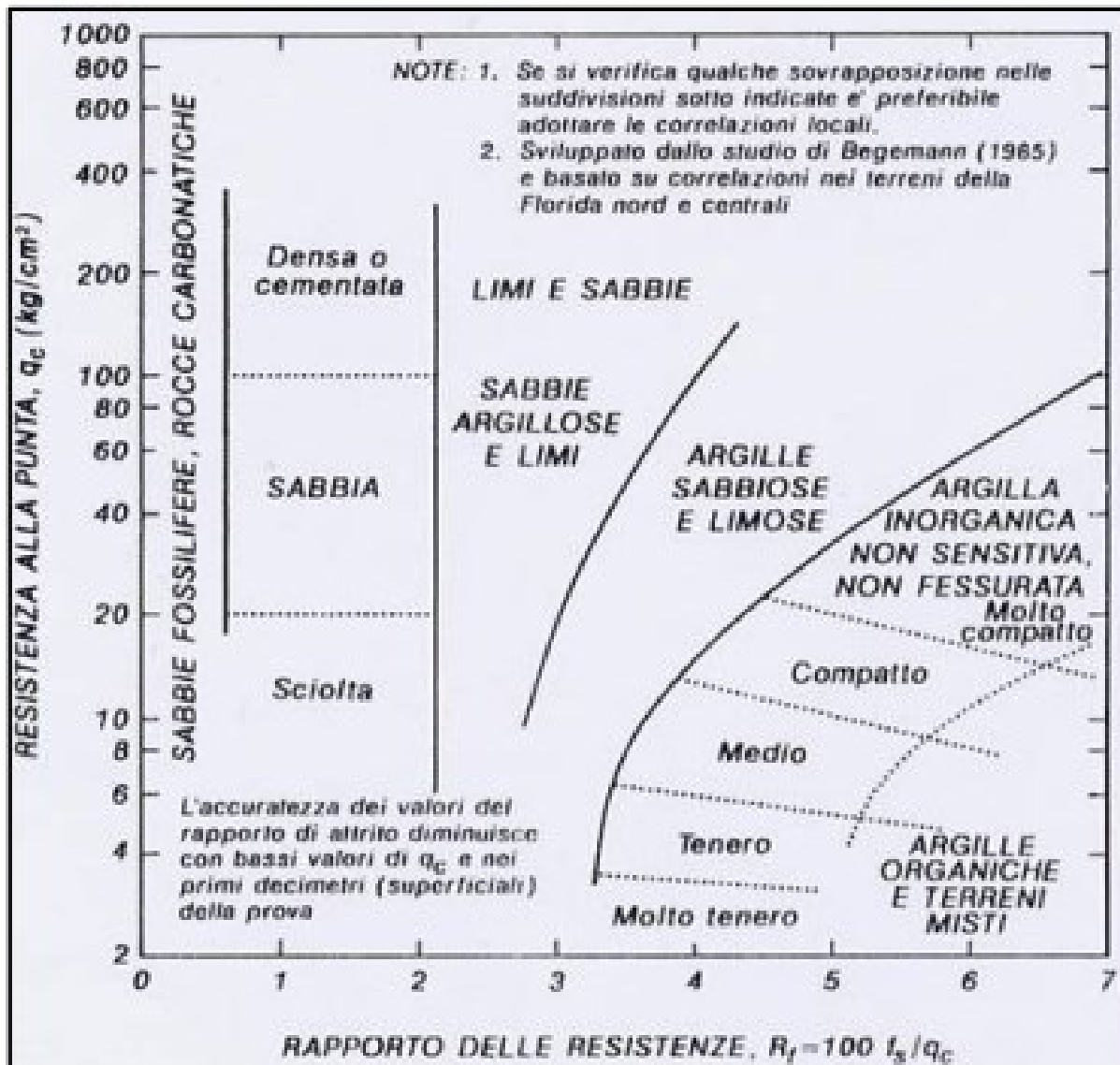
i valori di q_c ed f_s non si riferiscono alla stessa profondità e sono misurati dal piano di campagna

Lo sforzo per la penetrazione è applicato per mezzo di un dispositivo di spinta a pistoncini idraulici, che agisce su una batteria di aste alla cui estremità inferiore è collegata la punta. Nel caso specifico si è utilizzato un penetrometro su cingoli gommati marca “Pagani” (Fig. 13).



Fig. 13 Penetrometro semovente cingolato “Pagani”

La determinazione litologica del terreno attraversato è stata ottenuta mediante la teoria di *Schmertmann* (1978), facendo riferimento ai valori del rapporto q_c/f_s in funzione di q_c secondo il diagramma che segue.



Nelle pagine seguenti si riportano i diagrammi penetrometrici delle penetrometrie statiche eseguite; partendo da sinistra abbiamo: grafico relativo alla resistenza di punta, grafico corrispondente alla resistenza laterale sul manicotto e quindi il grafico del rapporto tra le suddette resistenze.

Segue la rappresentazione delle litologie identificate, con una sintesi dei principali parametri di resistenza (angolo d'attrito per terreni granulari, densità relativa, sempre per terreni granulari, e coesione non drenata per terreni coesivi).

Prova Penetrometrica Statica

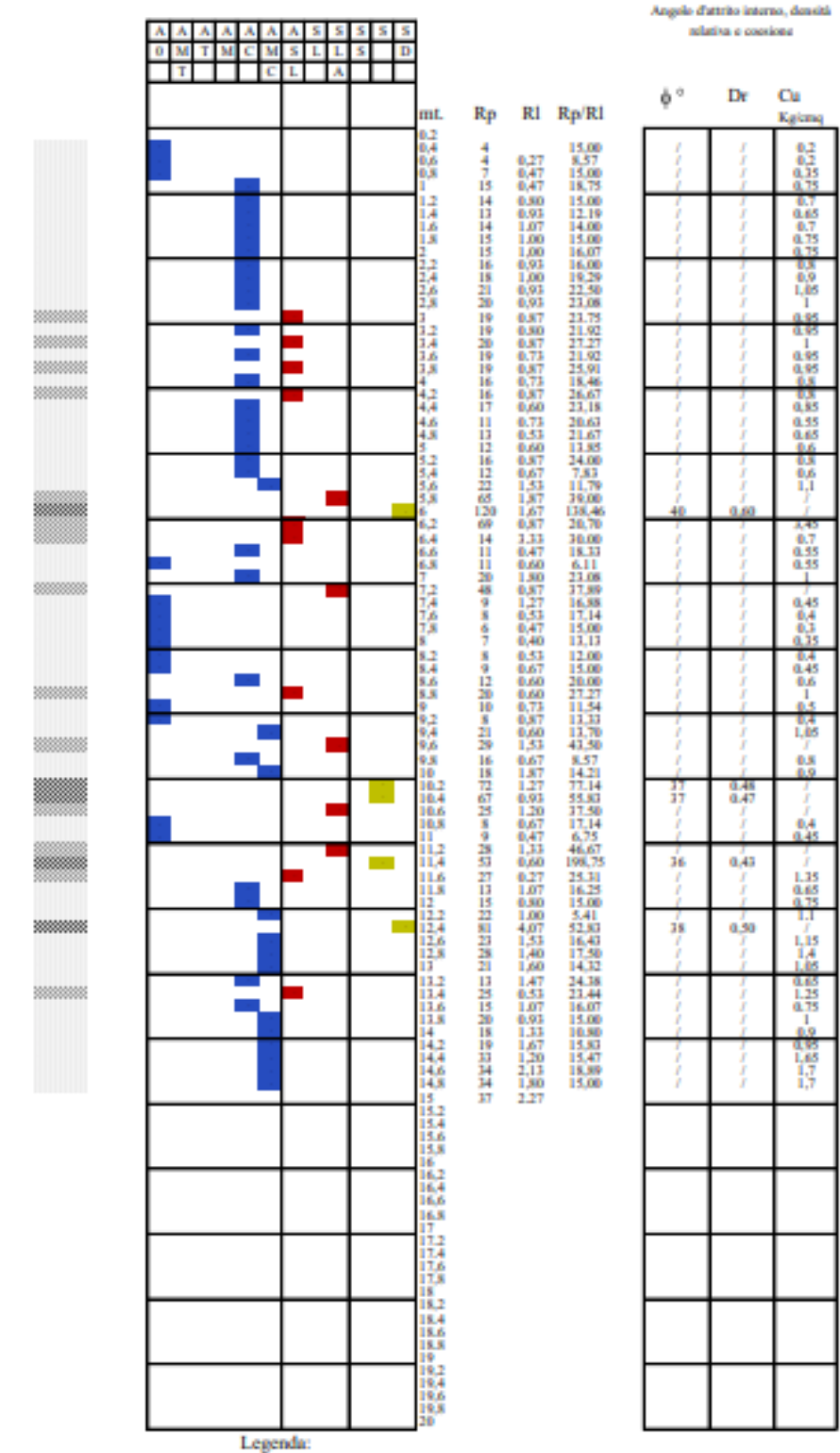
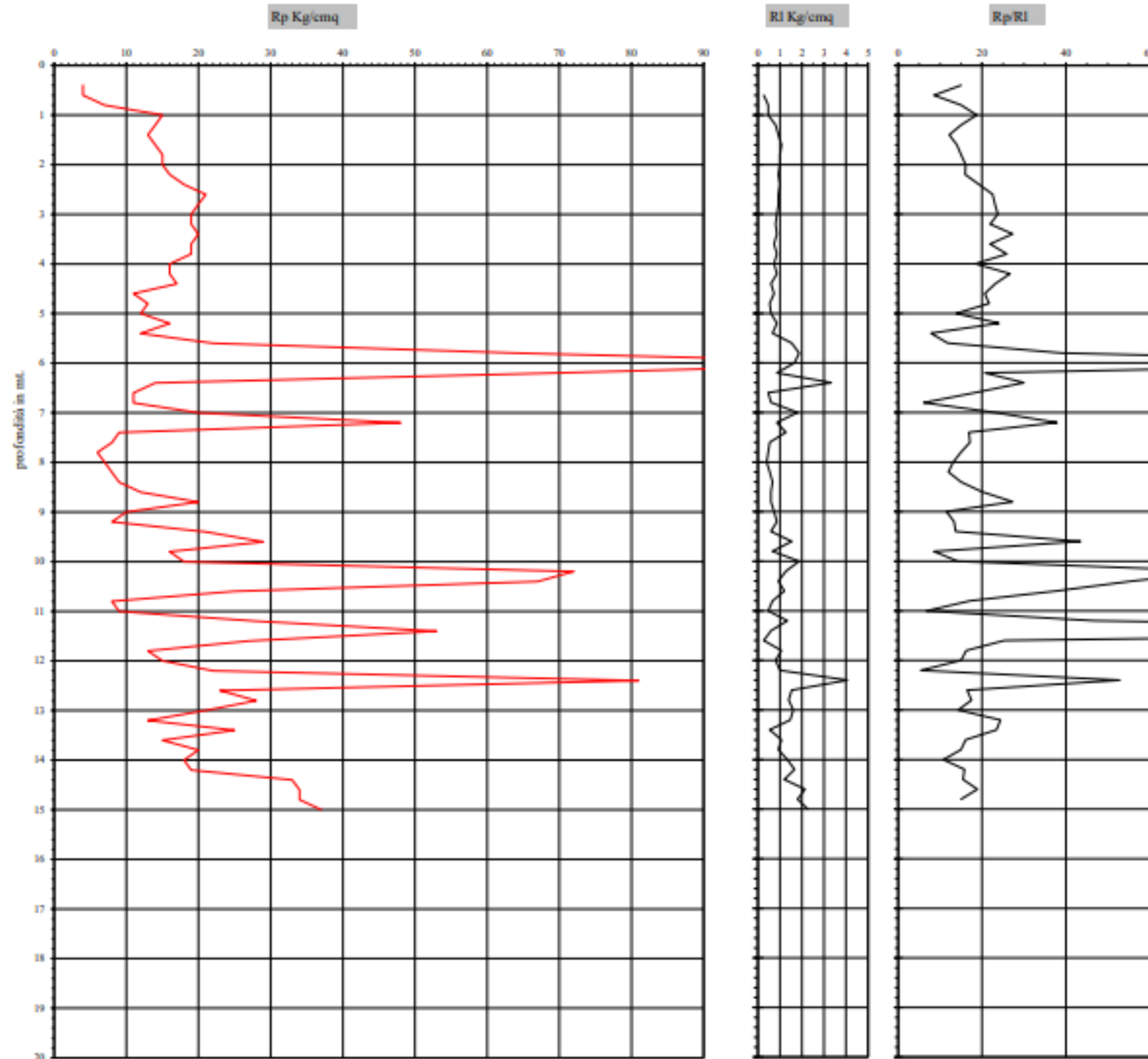
Prova n.: CPT1
Cantiere: Gambettola (FC), via Soprarigossa
Data: Dicembre 2021

Quota inizio: piano campagna
Liv.falda: -1,60 mt. dal p.c.
Note:



Pagani TG 63/200

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA
Dott. Stefano Vincenzi

**Via Remo Bordoni, 11A
47922 - Rimini**

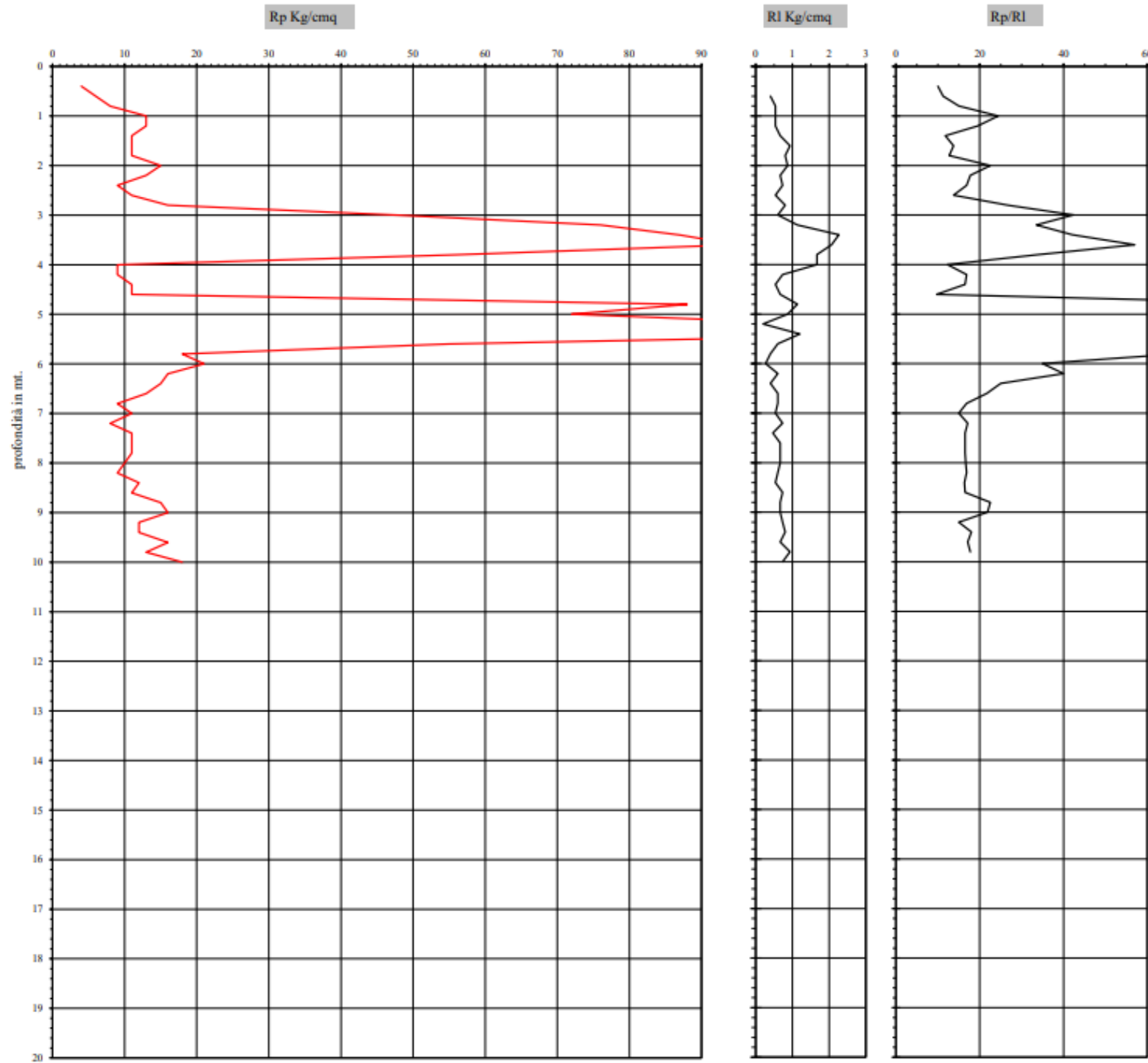
Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT2
Cantiere: Gambettola (FC), via Soprarigossa
Data: Dicembre 2021

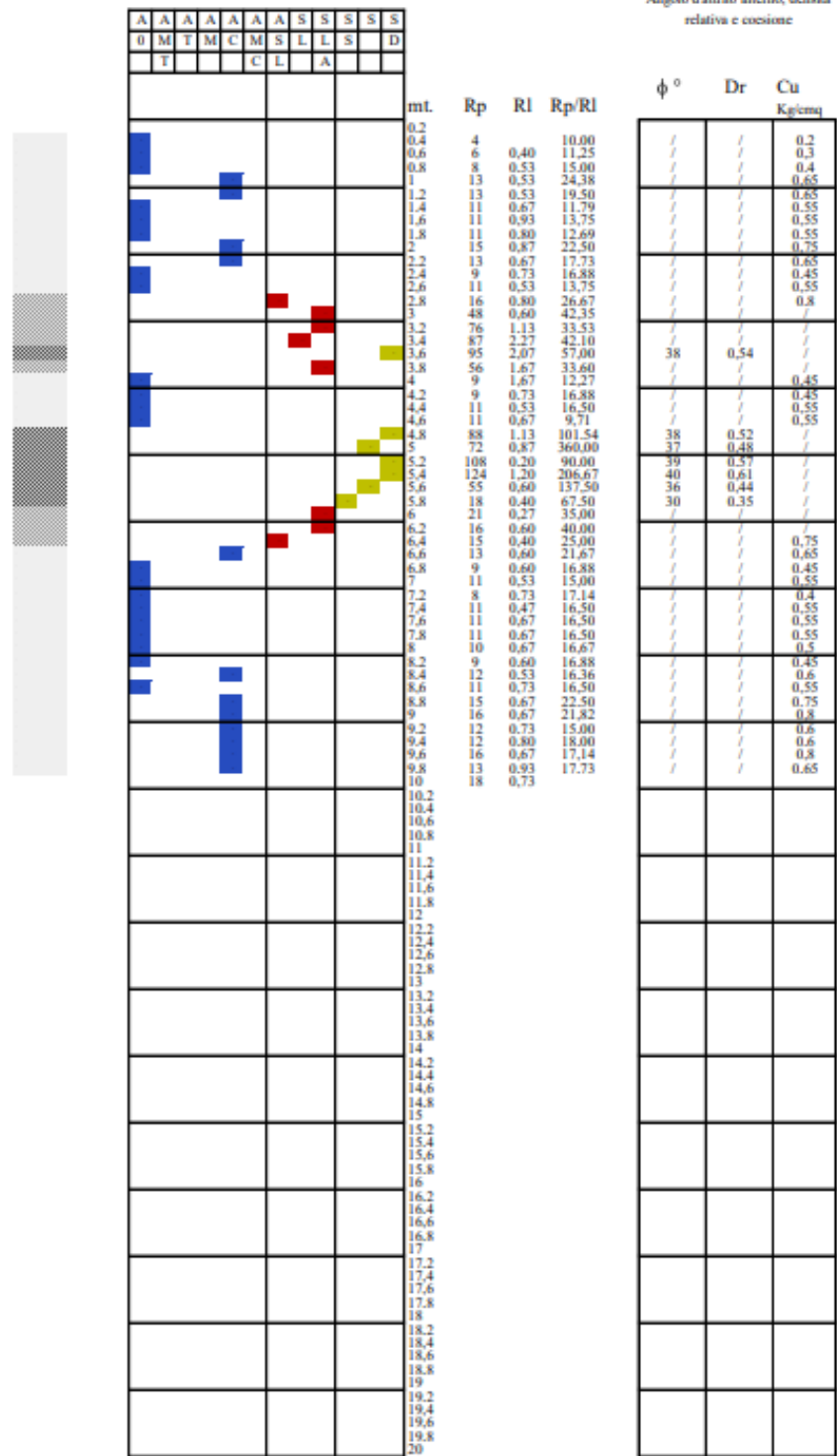
Quota inizio: piano campagna
Liv.falda: -1,70 mt. dal p.c.
Note:



Pagani TG 63/200



Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



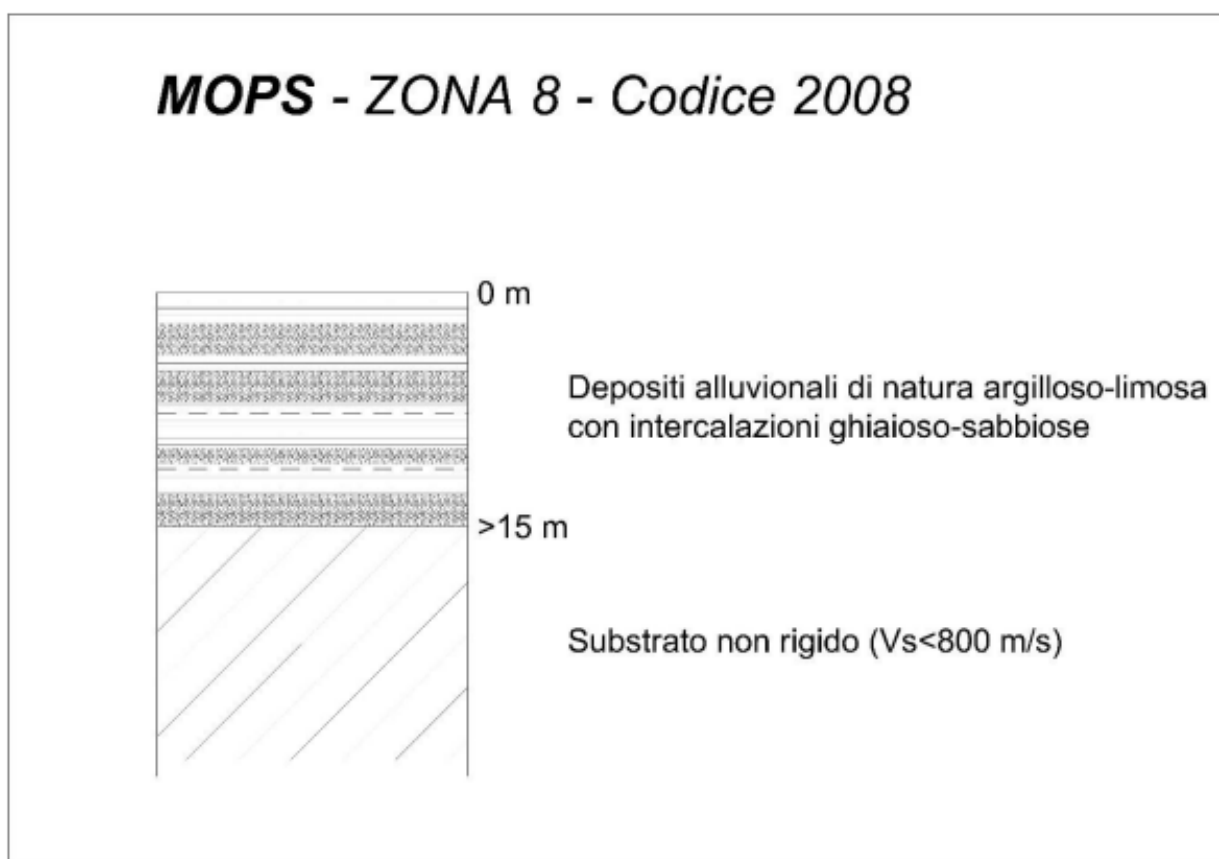
Legenda:

argilla
sabbia limoso argillosa
sabbia

AO argilla organica e terreni misti; AMT argilla molto tenera;
AT argilla tenera; AM argilla media; AC argilla compatta
AMC argilla molto compatta; ASL argilla sabbiosa limosa;
SL sabbia e limo; SLA sabbia limoso argillosa
SS sabbia sciolta; S sabbia; SD sabbia densa

4.2 Attribuzione microzona in prospettiva sismica (MOPS)

In adeguamento a quanto stabilito dalla commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907), sulla base delle penetrometrie eseguite e considerata la profondità del substrato corrispondente alle formazioni geologiche di origine sedimentaria marina sottostanti alle alluvioni, il sito in oggetto può essere classificato in ZONA STABILE SUSCETTIBILE DI AMPLIFICAZIONI LOCALI - zona 8 – codice 2008.



2008

ZONA 8: successione stratigrafica costituita da depositi alluvionali di natura argilloso-limosa con intercalazioni ghiaioso-sabbiose, aventi spessore superiore a 15 metri, che ricoprono un substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s).

5) SISMICA

5.1 Generalità sulla zonazione sismica

Come accennato in premessa, ai fini della Zonazione Sismica si è fatto riferimento alla delibera n°630 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna del 29 Aprile 2019 dal titolo "Atto di coordinamento tecnico denominato *Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica* di cui alla deliberazione dell'Assemblea Legislativa 2 Maggio 2007 n°112" (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017).

Il citato atto d'indirizzo precisa che "gli studi di risposta sismica locale e microzonazione sismica devono essere condotti a diversi livelli d'approfondimento, secondo le finalità e le applicazioni nonché degli scenari di pericolosità locale."

- I. La **prima fase** definisce gli scenari di pericolosità sismica locale; in sostanza, nell'ambito della zona d'interesse, si tratta d'identificare le aree soggette ad effetti locali (amplificazione sismica, instabilità dei versanti, liquefazione del terreno,...). L'individuazione delle suddette aree si basa su osservazioni di tipo geologico e geomorfologico, integrate con le informazioni "storiche" sugli effetti indotti da terremoti pregressi.
- II. La **seconda fase** ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio studiato. Secondo gli scenari individuati nel corso della prima fase, la seconda fase deve essere strutturata secondo due diversi livelli d'approfondimento:
 - **Analisi semplificata (secondo livello di approfondimento)**: possibile esclusivamente nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub orizzontale, e su versanti stabili con acclività $\leq 15^\circ$ in cui il deposito ha spessore costante. Per questo tipo di analisi ci si può basare su prove in sito di tipo standard oltre che sulle osservazioni geologiche e geomorfologiche (con eventuali approfondimenti) già emerse nel corso della prima fase.
 - **Analisi approfondita (terzo livello d'approfondimento)**: questo tipo di analisi si attua in presenza dei seguenti casi (punto 4.2):
 - aree suscettibili di liquefazione o densificazione;
 - aree di versante instabili e potenzialmente instabili;
 - aree con rapide variazioni della profondità del substrato rigido nelle quali il modello geologico non può essere assimilato ad un modello fisico monodimensionale; in questo caso sono raccomandate analisi bidimensionali;
 - aree suscettibili di effetti differenziali (zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse, zone di faglia attiva e capace, zone con cavità sepolte).

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	>0.25
2	$0.15 - 0.25$
3	$0.05 - 0.15$
4	<0.05

Valori di PGA per le varie Zone Sismiche

Per quanto riguarda la Regione Emilia Romagna è stata ricostruita la seguente carta di macrozonazione sismica, basata su confini amministrativi comunali (Fig. 15).

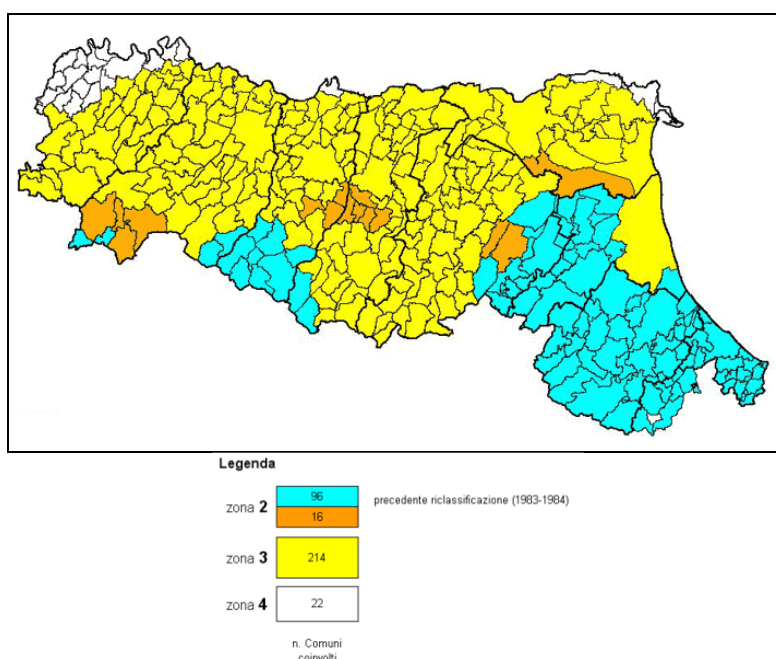


Fig. 15 Carta macrozonazione sismica Regione Emilia Romagna (Ordinanza del PCM n. 3274/2003)

Ai sensi della vigente Classificazione Sismica Nazionale (ordinanza PCM 3274/2003 e successive modifiche e integrazioni), il territorio comunale di Gambettola è classificato “Zona 2”.

Sulla base di criteri tettonici, nel territorio nazionale sono state identificate aree a comportamento omogeneo. La zonazione sismogenica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004; Meletti et al., 2008), attuale riferimento per gli studi di pericolosità sismica, individua nell’Appennino settentrionale zone sismogeniche molto estese e a sviluppo prevalentemente longitudinale (Fig. 16a), cioè parallele all’asse della catena, nonostante l’Appennino settentrionale sia caratterizzato anche da importanti zone di deformazione trasversali alla catena. Gambettola ricade nella zona sismogenetica 917.

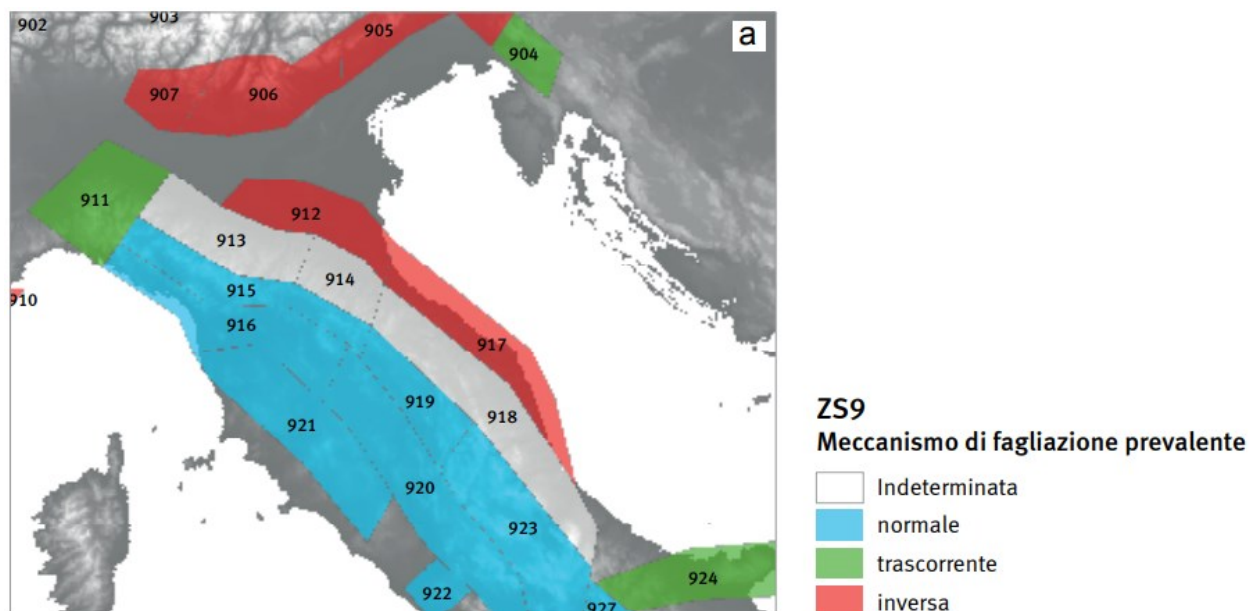


Fig. 16a Zonazione sismica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004; Meletti et al., 2008)

La precedente zonazione sismica ZS4 (Scandone e Stucchi, 2000), individuava zone meno estese, alcune delle quali a sviluppo trasversale rispetto all'asse della catena (Fig. 16b).

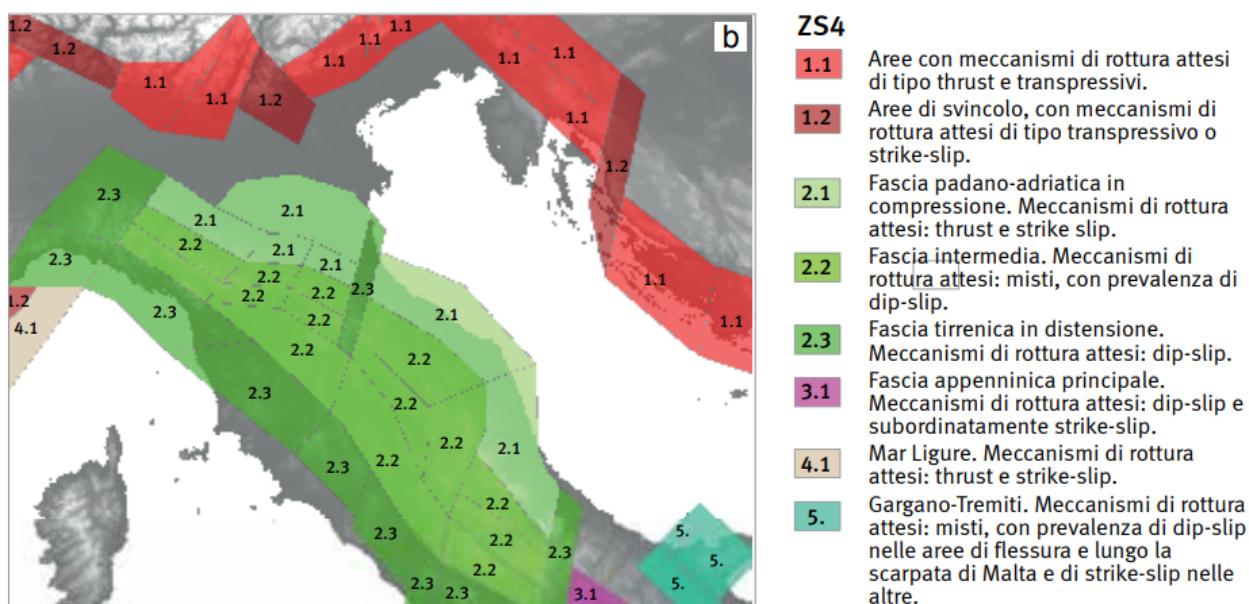
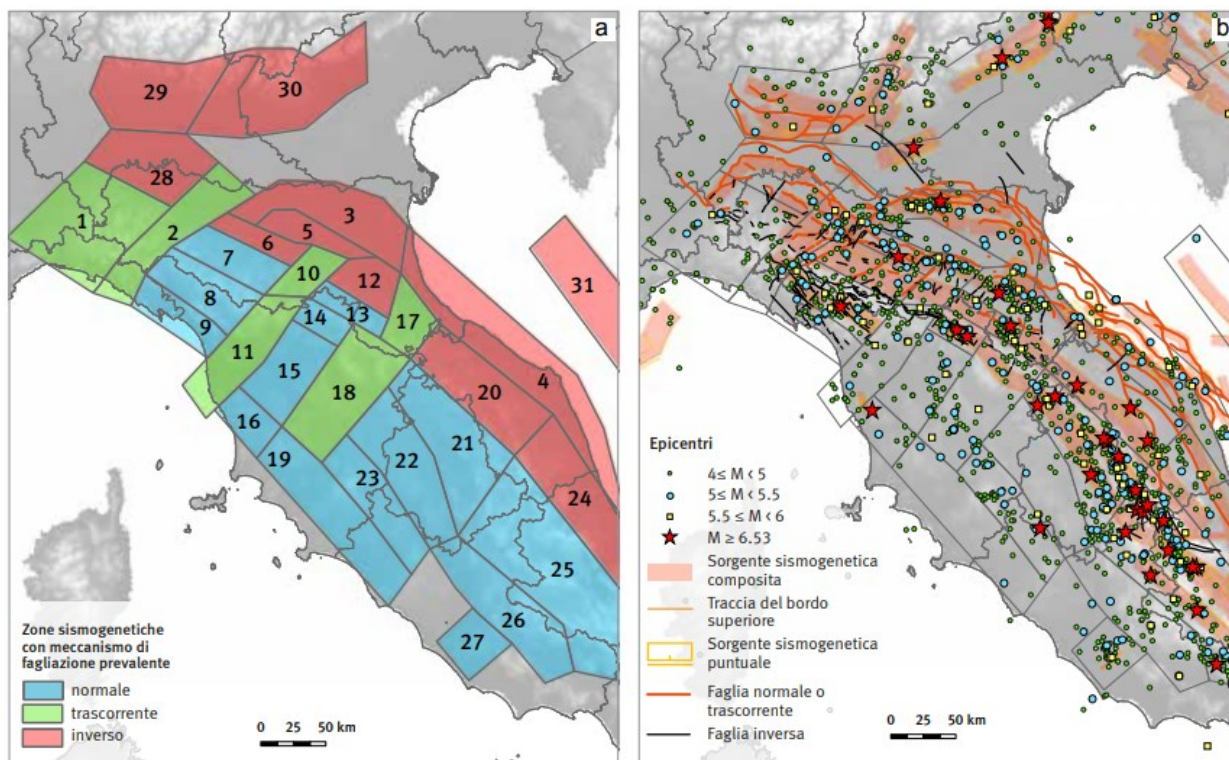


Fig. 16b Zonazione sismica ZS4 (Scandone e Stucchi; 2000)

Studi più recenti (Martelli L. e Altri; *Analisi 3D della pericolosità sismica dell'Appennino Settentrionale - Proposta di nuova zonazione sismogenica e analisi della pericolosità sulla base di un modello 3D delle sorgenti sismiche*; Centro stampa Regione Emilia-Romagna Settembre 2017) propongono la seguente zonazione (Fig. 17).



Secondo la nuova zonazione proposta, il territorio oggetto di studio ricadrebbe in ambito della zona denominata Pieghe Adriatiche (4) caratterizzata da una Magnitudo calcolata $M = 6.16 \pm 0.21$ comprendente la zona della 917 della vigente zonazione sismica ZS9:

Pieghe Adriatiche (4) Corrisponde alla zona 917 della ZS9, leggermente modificata nei limiti nord-occidentali. Le caratteristiche sismotettoniche assunte sono quelle già indicate per la zona 917 della ZS9, vale a dire deformazione lungo *thrust* attivi immergenti verso SW. Evidenze geomorfologiche indicano la presenza di anticlinali di crescita attive lungo la costa adriatica (Vannoli et al., 2014). La magnitudo storica massima è $M \approx 6,1$.

N.	Orientazione delle principali faglie attive	Geometrie principali (secondarie)	Profondità ipocentrale	M_{max}	
				Oss.	Calc.
4	SW/30	Inversa	5-15	6,1	6,16 +/- 0,21

Nel 1999 i diversi gruppi di ricerca che hanno operato negli ultimi venti anni nel settore della sismologia storica e della macrosismica, riconducibili in gran parte ai tre maggiori enti (GNDT, ING e SSN) hanno realizzato un "Catalogo Parametrico Unificato" dei Terremoti Italiani (CPTI), che rappresenta un primo prodotto comune di riferimento per le stime di rischio sismico.

5.3 Seconda fase: analisi semplificata (secondo livello d'approfondimento)

Per ciò che concerne lo studio di microzonazione di secondo livello si è fatto riferimento alle procedure indicate nell'Allegato A2 del DGR (analisi semplificata).

L'amplificazione è stata quantificata in termini di: $\triangleright$ $FPGA = PGA/PGA_0$, dove PGA_0 è l'accelerazione massima orizzontale a periodo $T=0$ al suolo di riferimento e PGA è l'accelerazione massima orizzontale a periodo $T=0$ alla superficie del sito; $\triangleright$ $FA = SA/SA_0$, dove SA_0 è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione al suolo di riferimento e SA è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T : SA_1 per $0,1s \leq T \leq 0,5s$, SA_2 per $0,4s \leq T \leq 0,8s$, SA_3 per $0,7s \leq T \leq 1,1s$; $\triangleright$ $FH = SI/SI_0$, dove SI_0 è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (Intensità di Housner) al suolo di riferimento e SI è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (o corrispondente grandezza di Intensità di Housner) alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T : SI_1 per $0,1s \leq T \leq 0,5s$, SI_2 per $0,5s \leq T \leq 1,0s$.

I valori dei fattori di Amplificazione sono stati ricavati dalle tabelle allegate alla DGR n. 630 del 29 aprile 2019 della Regione Emilia-Romagna.

La scelta della tabella per la stima è stata effettuata sulla base delle caratteristiche sismo stratigrafiche del sottosuolo, in particolare dalle peculiarità del substrato non rigido che, nel Comune di Gambettola, è caratterizzato da $V_s \ll 800m/s$ ed attestato a circa 100 m di profondità.

In particolare, è stata utilizzata la tabella Margine Tipo B (tabella n. 5), caratterizzato da spessore dei terreni superficiali fini o grossolani poco consolidati superiore a 30 m.

V_{s30} (m/s) $\rightarrow$	150	200	250	300	350	400
PGA	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

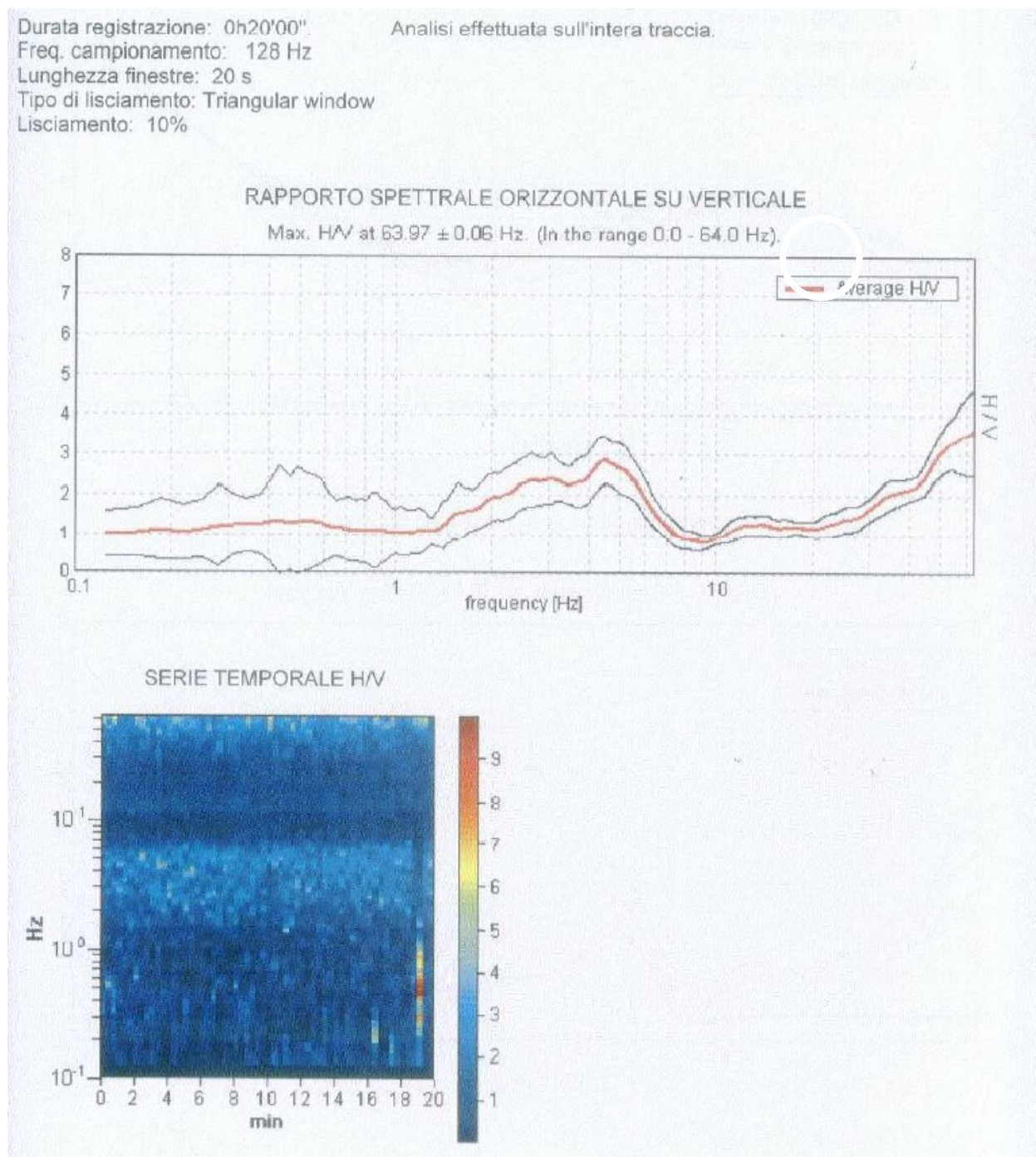
V_{s30} (m/s) $\rightarrow$	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,5
SA2	2,6	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7
SA3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,3	2,1
SA4	3,0	2,9	2,6	2,3	2,1	1,9

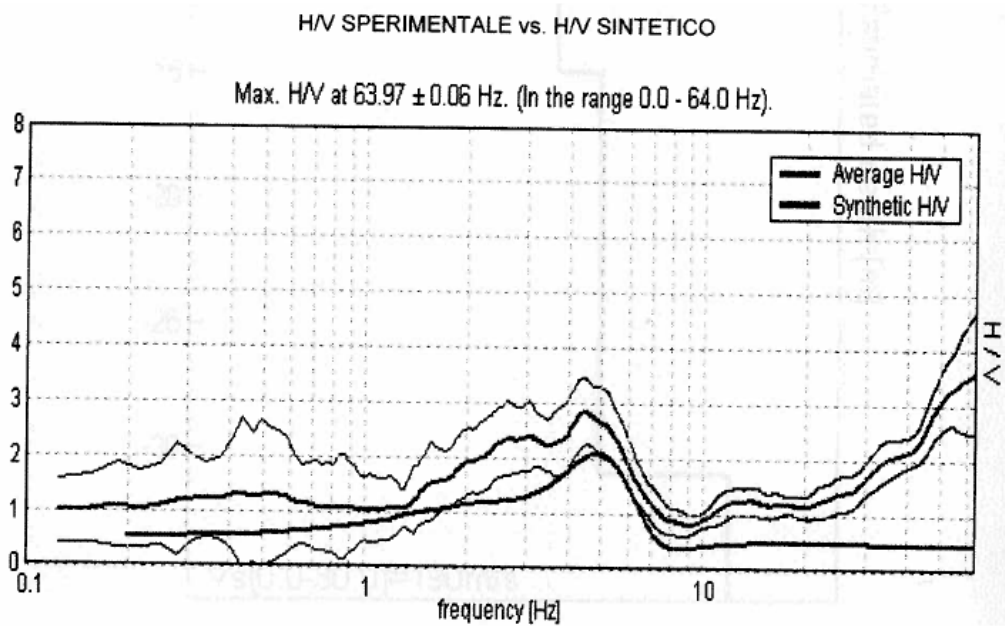
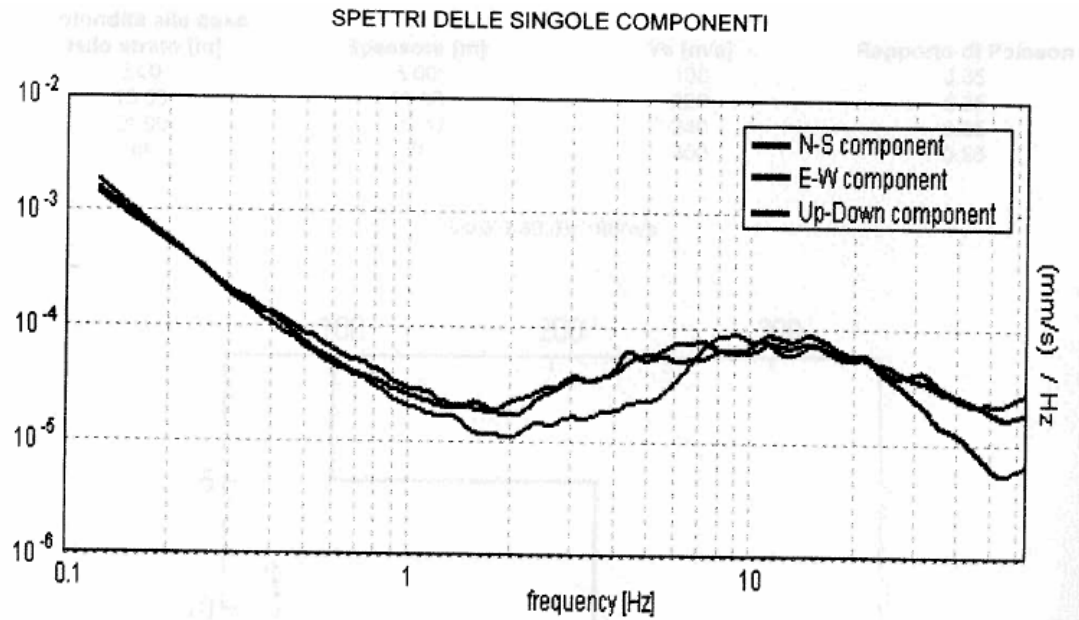
Fattori di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$), **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$) e **SA4** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

V_{s30} (m/s) $\rightarrow$	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	2,9	2,8	2,5	2,3	2,1	2,0
SI3	3,3	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$), **SI3** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

L'applicabilità della tabella presuppone la conoscenza della velocità delle onde sismiche trasversali nel sottosuolo considerato. Nel caso di Gambettola tale valore si attesta a circa 200 m/sec, come risulta dall'indagine HVSR che segue.





**Profondità alla base
dello strato [m]**

5.00
15.00
31.00
inf.

Spessore [m]

5.00
10.00
16.00
inf.

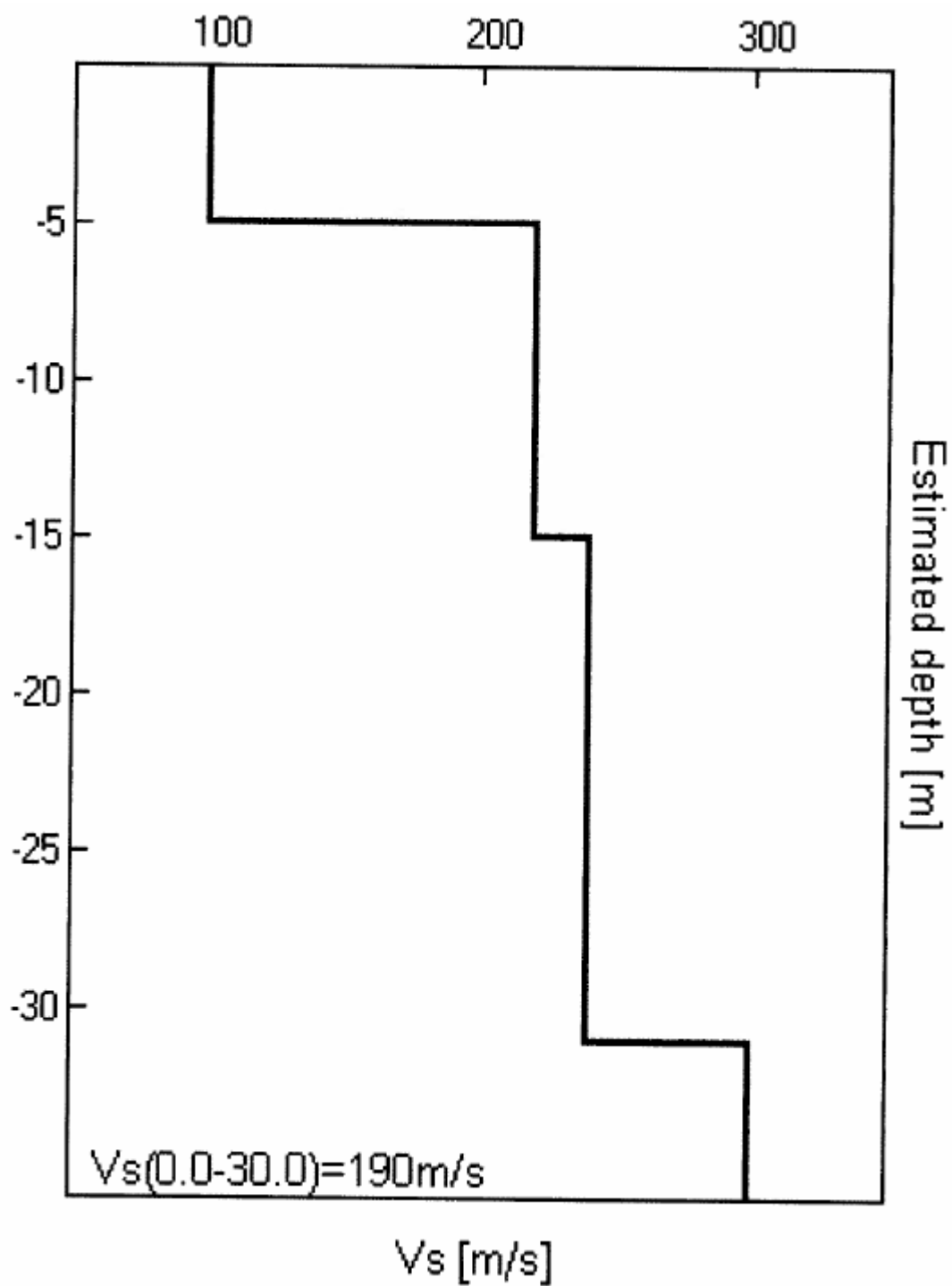
Vs [m/s]

100
220
240
300

Rapporto di Poisson

0.35
0.35
0.35
0.35

$V_s(0.0-30.0)=190\text{m/s}$



[According to the Sesame, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

Max. H/V at 1.41 ± 0.23 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).
--

Criteria for a reliable HVSR curve [All 3 should be fulfilled]			
$f_0 > 10 / L_w$	$1.41 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1603.1 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 68 times	OK	
Criteria for a clear HVSR peak [At least 5 out of 6 should be fulfilled]			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$		OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.781 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.90 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.08032 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.11295 < 0.14063$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.1654 < 1.78$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$					
Freq.range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
Log $\theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Entrando nella tabella scelta si ricavano i seguenti fattori di amplificazione, evidenziati nei riquadri rossi:

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,5
SA2	2,6	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7
SA3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,3	2,1
SA4	3,0	2,9	2,6	2,3	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$), **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$) e **SA4** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	2,9	2,8	2,5	2,3	2,1	2,0
SI3	3,3	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$), **SI3** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

5.4 Seconda fase: analisi approfondita (terzo livello d'approfondimento)

Per l'area specifica sono da escludersi le quattro condizioni precedentemente elencate che richiedono un'analisi sismica approfondita di terzo livello. Più precisamente risulta che:

a) Liquefazione e densificazione

Con il termine "liquefazione" s'intende la perdita di resistenza dei terreni saturi sotto sollecitazioni statiche o dinamiche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di una massa viscosa.

Sulla base di un'estesa osservazione delle caratteristiche dei depositi che sono stati sede di fenomeni di liquefazione, vari autori hanno ricavato delle relazioni tra parametri geotecnici e parametri sismici che, o in forma d'equazioni o di carte, permettono di confrontare un profilo ottenuto elaborando i dati penetrometrici con un analogo profilo di valori che nel sito in esame sono da ritenersi critici per la sismicità.

E' noto che i terreni suscettibili di liquefazione sono quelli in cui la resistenza alla deformazione è mobilizzata per attrito fra le particelle, in particolare i terreni incoerenti saturi prevalentemente costituiti da sabbie sciolte fini.

I parametri che condizionano il fenomeno della liquefazione sono: composizione e uniformità granulometrica, grado d'addensamento, stato tensionale e di consolidazione cui sono sottoposti i terreni, presenza di falda.

I litotipi costituenti il sottosuolo possono sicuramente essere classificati "non liquefacibili" in quanto trattasi di terreni prettamente coesivi che, anche se saturi, non sono suscettibili al fenomeno liquefazione. Le penetrometrie relative all'area specifica di costruzione evidenziano che il sottosuolo è sostanzialmente caratterizzato da terreno coesivo argilloso, in cui la presenza di litotipi granulari (sabbia/limo) è limitata a livelli di limitato in spessore, orizzontalmente discontinui.

Parimenti è da escludersi la possibilità di densificazioni in quanto non ci troviamo in presenza di terreni granulari poco addensati e/o terreni coesivi scarsamente consolidati.

b) Stabilità

La stabilità dei luoghi appare buona e garantita: trattandosi di pianura, mancano totalmente i gradienti topografici necessari all'innesco di fenomeni d'instabilità gravitativa.

c) Variazioni di profondità del substrato rigido

Le contenute dimensioni dell'area in superficie in rapporto alla profondità del substrato rigido escludono variazioni apprezzabili delle coperture.

d) Effetti differenziali

L'area è del tutto estranea a zone di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse, zone di faglia attiva e capace, zone con cavità sepolte.

6) ORIENTAMENTI GEOTECNICI SULL'EDIFICAZIONE

Le caratteristiche geotecniche del terreno sono compatibili con l'impiego di fondazioni dirette.

Per ciò che concerne le fondazioni, le NTC 2008 impongono verifiche di sicurezza, sia allo stato limite ultimo (SLU), sia allo stato limite d'esercizio (SLE); nel primo rientra la verifica alla rottura generale. Nel secondo rientra la verifica dei cedimenti.

Secondo la norma vigente, affinché una fondazione possa resistere al carico di progetto nei riguardi della rottura generale, deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza per tutte le combinazioni di carico relative allo SLU (Stato Limite Ultimo):

$$R_d \geq E_d$$

Con:

R_d valore di progetto della resistenza del terreno allo stato limite ultimo (SLU)

E_d valore di progetto delle azioni allo stato limite ultimo (SLU).

La verifica della suddetta condizione può essere effettuata utilizzando varie combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3), la cui combinazione dipende dall'approccio progettuale scelto:

Approccio 2 Combinazione unica (A1+M1+R3)

Allo stato attuale delle conoscenze lo scrivente non è a conoscenza dell'esatta tipologia/geometria delle fondazioni previste, né delle azioni trasmesse da queste al sottostante terreno.

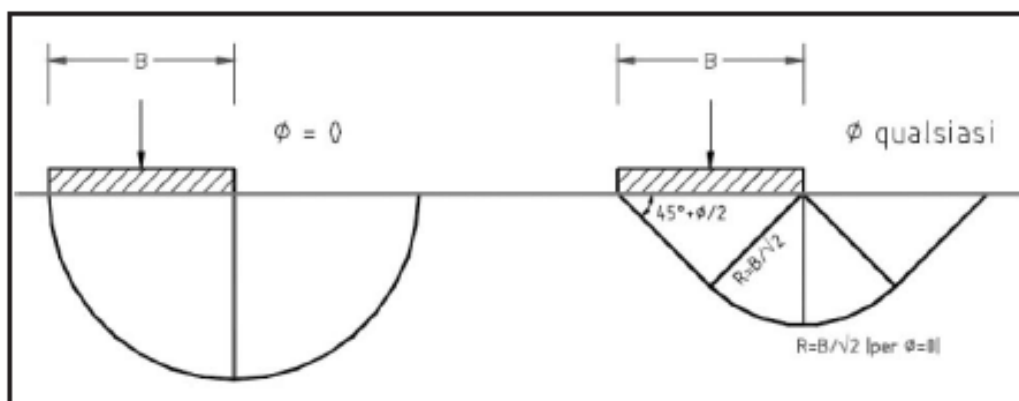
In questa sede, pertanto, ci si limita a fornire una stima del carico ammissibile unitario (q_a) sul terreno in esame, ipotizzando l'impiego di fondazioni dirette impostate in prossimità della superficie.

Per una fondazione diretta il valore di pressione ammissibile, in prima approssimazione, può essere ricavato direttamente dall'indagine geognostica eseguita in funzione della resistenza statica " R_p ":

$$q_a = R_p/10$$

In primo luogo occorre definire il cosiddetto “volume significativo del terreno R” cioè la porzione di terreno circostante la fondazione potenzialmente interessata da rottura. Detto volume dipende dal meccanismo di rottura considerato (breve termine o lungo termine), nonché dimensione minore B della fondazione.

La figura sottostante chiarisce il concetto esposto ed illustra le due diverse ipotesi teoriche di possibile rottura del terreno: in condizioni non drenate (breve termine con $c_u \neq 0$ e $\phi_u = 0$) risulterà $R = B$, mentre in condizioni drenate (lungo termine con $c' \neq 0$ e $\phi' \neq 0$) avremo $R = B/\sqrt{2}$.



Possibili meccanismi di collasso plastico per fondazioni superficiali

Per una fondazione nastriforme si può fare riferimento a una pressione ammissibile $q_a = 180$ kPa.

Per una fondazione a platea, aumenterà il volume significativo del terreno connesso ad un aumento della dimensione minore della fondazione: aumentando le dimensioni della fondazione sarà opportuno fare riferimento a valori di pressione sensibilmente più bassi, dell'ordine $q_a = 130/150$ kPa.

Quanto ai cedimenti, si precisa che i coefficienti di compressibilità tipici del terreno in oggetto sono tali da far supporre assestamenti massimi nella norma.

Resta comunque inteso che, sia per la portanza, sia per gli assestamenti, dovranno essere approntate le opportune verifiche geotecniche previste da normativa in sede di progettazione definitiva delle strutture, integrando i dati geotecnici con ulteriori indagini in sito.

7) CONCLUSIONI

7.1 Sintesi su morfologia, geologia e idrogeologia

- La morfologia pianeggiante esclude fenomeni gravitativi e rende l'area stabile a tutti gli effetti.
- Il sito ricade in corrispondenza di terreni di piana alluvionale riconducibili alla *Successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano*; la natura di questi è prevalentemente argillosa, a comportamento coesivo, con subordinata presenza di litotipi granulari sotto forma di livelli caratterizzati da limitato in spessore, orizzontalmente discontinui. Le alluvioni, aventi uno spessore di un centinaio di metri, ricoprono un substrato non rigido costituito da formazioni più antiche di origine sedimentaria marina.
- Dalle misurazioni effettuate nei fori della prova (mese di Dicembre 2021) si osserva una falda freatica attestata a -1.6/1.7 m dal piano campagna, rappresentativa del ravvenamento medio. Le conoscenze dello scrivente consentono di poter indicare un livello freaticometrico di circa -1.3/1.5 m dal piano campagna naturale durante la stagione primaverile, generalmente caratterizzata da massimo ravvenamento. I livelli di cui sopra sono da intendersi come indicativi, in quanto fortemente condizionati dall'intensità e dalla frequenza degli eventi meteorici, sempre meno correlati alla stagionalità.
- In base alla cartografia riportata nella Tav. 256NO-256SE della *Variante di Coordinamento tra il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) e il Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico* risulta che l'area ricade in ambito di "Area di potenziale allagamento".

7.2 Sintesi sulla zonazione sismica

- Il rischio sismico è stato analizzato, secondo quanto previsto dalla delibera n°630 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna del 29 Aprile 2019 dal titolo "Atto di coordinamento tecnico denominato *Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica* di cui alla deliberazione dell'Assemblea Legislativa 2 Maggio 2007 n°112" (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017), con successive integrazioni.

- Come previsto dal suddetto, è stata approntata una prima fase di studio cui ha fatto seguito una seconda fase (secondo livello di approfondimento), espletata mediante analisi semplificata. Non è stato eseguito il terzo livello d'approfondimento in quanto non sussistono le condizioni previste dall'atto suddetto.
- In adeguamento a quanto stabilito dalla commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907), sulla base delle penetrometrie eseguite e considerata la profondità del substrato corrispondente alle formazioni geologiche di origine sedimentaria marina sottostanti alle alluvioni, il sito in oggetto può essere classificato in ZONA STABILE SUSCETTIBILE DI AMPLIFICAZIONI LOCALI - zona 8 – codice 2008.
- I valori dei fattori di Amplificazione sono stati ricavati dalle tabelle allegate alla DGR n. 630 del 29 aprile 2019 della Regione Emilia-Romagna (vedi riquadri rossi). In particolare, è stata utilizzata la tabella Margine Tipo B (tabella n. 5), caratterizzato da spessore dei terreni superficiali fini o grossolani poco consolidati superiore a 30 m sovrastanti un substrato non rigido con velocità delle onde trasversali di riferimento pari a 200 m/sec.

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,5
SA2	2,6	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7
SA3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,3	2,1
SA4	3,0	2,9	2,6	2,3	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$), **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$) e **SA4** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	2,9	2,8	2,5	2,3	2,1	2,0
SI3	3,3	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$), **SI3** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

7.3 Sintesi geotecnica (da svilupparsi in sede di progettazione strutturale definitiva)

- Le caratteristiche geotecniche del terreno consentono l'utilizzo di fondazioni dirette. A titolo puramente indicativo, per fondazioni superficiali nastriformi, si può fare riferimento ad un carico ammissibile del terreno dell'ordine di $q_a = 180$ kPa. Per una fondazione a platea $q_a = 130/150$ kPa. In sede di progettazione strutturale definitiva è indispensabile approntare verifiche geotecniche specifiche sulla base della geometria di fondazione impiegata, condotte ai sensi delle vigenti NTC.
- I coefficienti di compressibilità tipici del terreno sono tali da far supporre assestamenti massimi nella norma. Sempre in sede di progettazione strutturale definitiva, noti i carichi d'esercizio effettivamente trasmessi dalle sovrastrutture, dovranno essere specificatamente analizzati gli aspetti relativi ai cedimenti.

In conclusione, sulla base del complesso degli elementi acquisiti, limitatamente agli aspetti di specifica competenza del sottoscritto si esprime favorevole giudizio di fattibilità nei confronti dell'intervento urbanistico previsto.

