

STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. STEFANO VINCENZI

Tecnica & Ambientale

✉ Via Sonnino, 5 • 47923 • RIMINI
☎/Fax 0541/787317 • Cell.335/8301220 • e-mail: geol.vincenzi@libero.it
Cod. Fisc.VNC SFN 63T26 H294V Part. I.V.A. 0205163 040 4

COMUNE DI MISANO ADRIATICO

Provincia di Rimini

Relazione geologica
comprensiva d'indagine geognostica e caratterizzazione sismica
Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata
Via del carro angolo via della conserva

Proprietà:
PANOZZO MASSIMO

Agosto 2018

RELAZIONE GEOLOGICA



COMUNE DI MISANO ADRIATICO

Provincia di Rimini

Relazione Geologica comprensiva d'indagine geognostica e caratterizzazione sismica Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata Via del carro angolo via della conserva

INDICE

1) PREMESSA	Pag.	1
2) MODELLAZIONE GEOLOGICA	Pag.	5
2.1 Morfologia	Pag.	5
2.2 Geologia	Pag.	6
3) IDROGEOLOGIA	Pag.	12
3.1 Idrologia superficiale	Pag.	12
3.2 falda freatica	Pag.	13
4) MODELLAZIONE GEOTECNICA	Pag.	14
4.1 Indagine geognostica di riferimento	Pag.	14
4.2 Correlazioni per la determinazione dei parametri geotecnici	Pag.	19
4.3 Schema litotecnico: parametri geotecnici principali	Pag.	20
5) SISMICA	Pag.	21
5.1 Generalità sulla zonazione sismica	Pag.	21
5.2 Prima fase: cenni sulla sismicità storica e classificaz. sismica	Pag.	22
5.3 Seconda fase: analisi semplificata (secondo livello d'approfondimento)	Pag.	26
5.4 Seconda fase: analisi approfondita (terzo livello d'approfondimento)	Pag.	27
6) ORIENTAMENTI GEOTECNICI SULL'EDIFICAZIONE	Pag.	28
7) CONCLUSIONI	Pag.	30
7.1 Sintesi su morfologia, geologia e idrogeologia	Pag.	30
7.2 Sintesi sulla zonazione sismica	Pag.	30
7.3 Sintesi geotecnica (da svilupparsi in sede di progettazione strutturale definitiva)	Pag.	31

APPENDICE

- *Indagine geofisica HVSR*

COMUNE DI MISANO ADRIATICO
Provincia di Rimini

Relazione Geologico
comprensiva di indagine geognostica e caratterizzazione sismica
Piano Particolareggiato di Iniziativa Privata
Via del carro angolo via della conserva

1) PREMESSA

Il presente studio geologico, redatto su incarico dell'Ing. Amos Magrini per conto della Proprietà, riguarda i terreni di un'area oggetto di Piano Particolareggiato sita in Comune di Misano Adriatico, Via del carro angolo via della conserva (Figg. 1-2).



Fig. 1 Inquadramento geografico da Google earth



Fig. 2 Vista dall'innesto di via della conserva con via del carro (in primo piano)

L'intero comparto (Fig. 3) è suddiviso in una zona edificabile (1750 m^2) e in una zona destinata a verde/parcheggio (750 m^2):

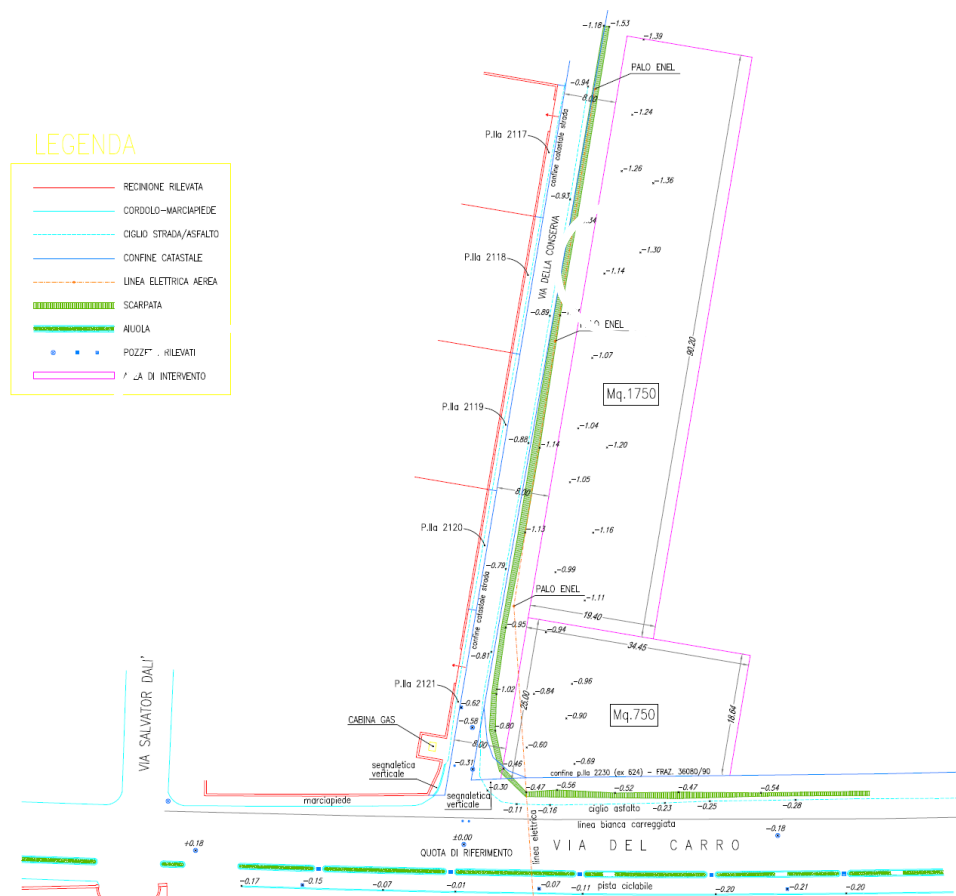


Fig. 3 Sviluppo planimetrico urbanizzazione

La tipologia dei fabbricati che verranno realizzati nell'area edificabile, del tipo a schiera, è schematizzata nei prospetti di Fig. 4; le unità abitative sono caratterizzate da un solo piano terra, sottotetto e copertura a due falde, con portico sul fronte prospiciente la strada (via della conserva). Le autorimesse sono poste ai lati delle abitazioni, simmetricamente a queste (Fig. 5).



Fig. 4 Prospetti fabbricati previsti



Fig. 5 Planimetria di progetto con ubicazione fabbricati nell'ambito dei singoli lotti e visione dell'area a verde/parcheggio

Il presente studio è stato eseguito secondo i dettami previsti nella delibera n°2193 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna del 21 Dicembre 2015 dal titolo "Aggiornamento dell'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".

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 nuove 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 delle indagini geognostiche; caratterizzazione sismica e successiva microzonazione; orientamenti geotecnici relativi all'urbanizzazione nel suo complesso, con particolare riferimento alle fondazioni dell'edificio previsto.

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, si colloca nella Sezione alla scala 1:10.000 n°267010, toponimo “Misano Adriatico” (Fig. 6).

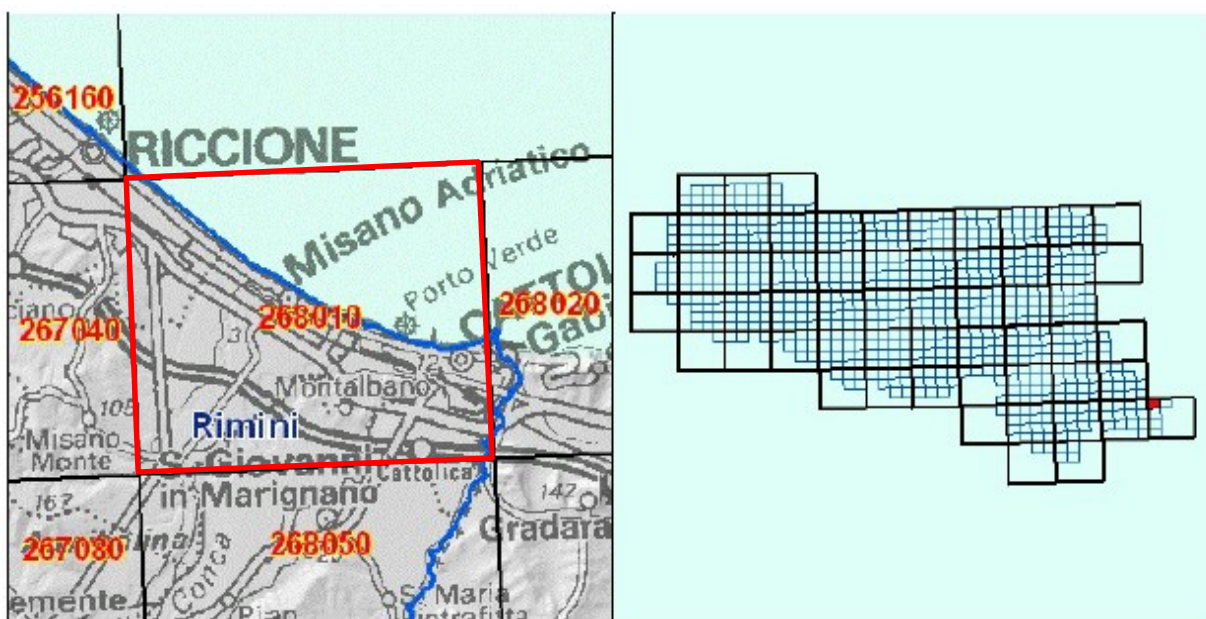


Fig. 6 Quadro d'unione cartografia 1:10000 (Regione Emilia Romagna)

Il terreni indagati sono localizzati in corrispondenza di un tratto di piana alluvionale situato a valle dell'Autostrada "A14" (Fig. 7), al piede dei primi corrugamenti collinari.

Il punto quotato sulla cartografia ufficiale (C.T.R. Regione Emilia-Romagna) indica una quota topografica di circa +21 m. sul livello del mare medio.

L'origine dei litotipi costituenti il primo sottosuolo è sedimentaria-continentale e risale a tempi geologici relativamente recenti (Pleistocene); trattasi di depositi alluvionali terrazzati di pianura costituiti da sedimenti fini, quali argille e argille limoso-sabbiose.

Le modalità di deposizione dei suddetti litotipi, sono da ricercarsi in quelle che sono state le divagazioni laterali del Torrente Conca e dei corsi d'acqua tributari ad esso collegati.

Più in profondità seguono argille consistenti di deposizione sedimentaria marina, come si dirà nel capitolo seguente.

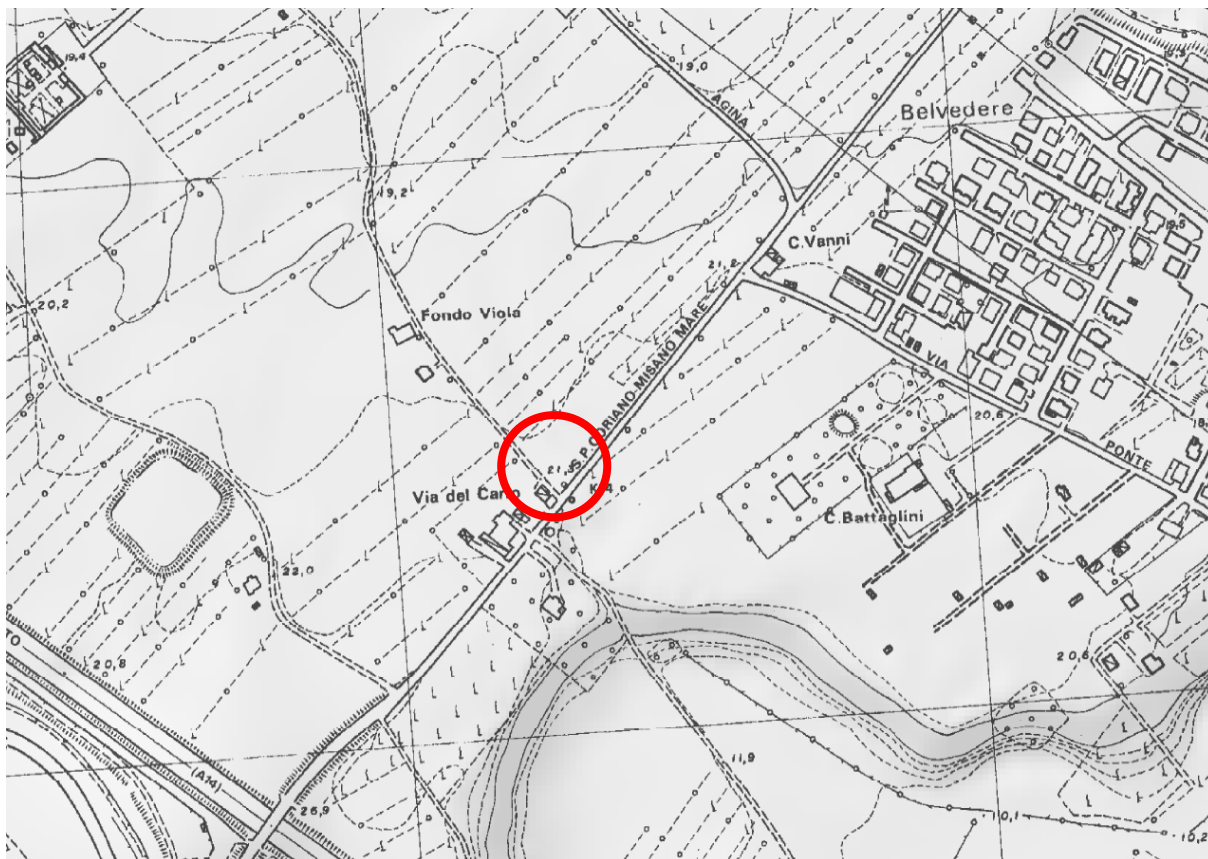


Fig. 7 Corografia generale con ubicazione area di studio

2.2 Geologia

L'assetto geologico-strutturale della zona di Misano Adriatico è quello tipico del cosiddetto "margine appenninico": la catena appenninica "morfologica" termina con l'inizio della la 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 (Fig. 8), definita con un certo dettaglio solo recentemente grazie ai dati ottenuti con le ricerche petrolifere eseguite dall'AGIP e pubblicate nei lavori di Pieri e Groppi (1981), Dondi e Alii (1982), Dondi (1985), mostra l'immagine di una catena montuosa in evoluzione, sommersa dai depositi alluvionali.

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 studiato occupa la parte meridionale della catena sepolta, corrispondente alle cosiddette "Pieghe Adriatiche".

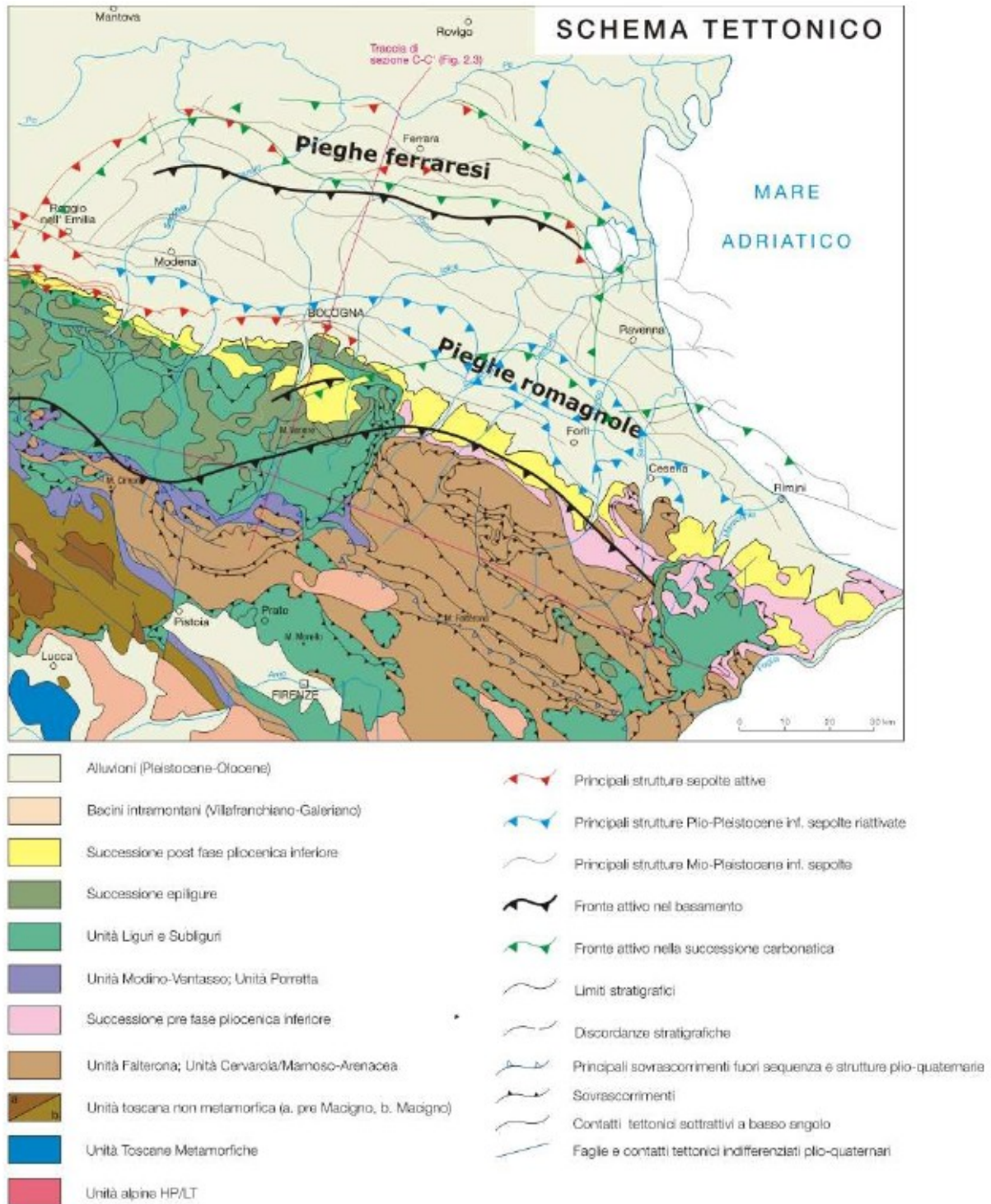


Fig. 8 Schema tettonico della Pianura Padana (Servizio Geologico RER 2004)

L'unità costituita dalle "Pieghe adriatiche" prosegue verso NW spingendosi oltre Ferrara e Copparo e prendendo il nome di "Archi e Pieghe Ferraresi", tettonicamente attive fin quasi all'attualità (Pleistocene).

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. 9) i litotipi che caratterizzano il sottosuolo appartengono alla *Successione neogenico-quadernaria*. Più precisamente sono riconducibili al cosiddetto **Subsistema di Ravenna** e sono identificati in carta con la sigla **AES8**. Nella zona di interesse s'individuano terreni prettamente coesivi (argille, limi) con scarsa frazione sabbiosa. La formazione suddetta, avente ridotto spessore in zona, ricopre un substrato più antico caratterizzato dalla Formazione delle *Argille Grigio-Azzurre del Pliocene (FAA)*. Quest'ultima unità litologica, che si approfondisce di molto sotto le alluvioni, si è depositata in ambiente marino durante il Pliocene e, attualmente, affiora direttamente nella vicina fascia collinare.

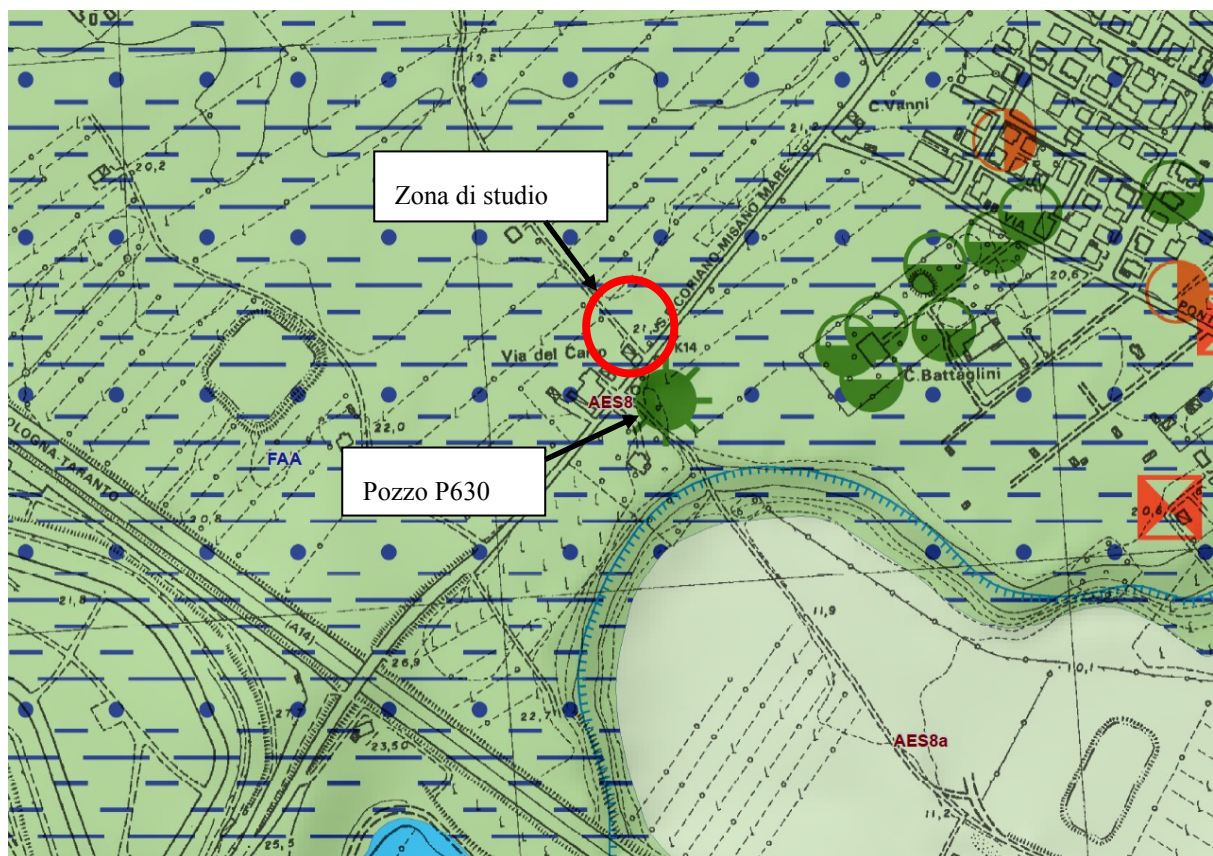


Fig. 9 Schema tettonico della Pianura Padana (Servizio Geologico RER 2004)

Depositi quaternari continentali



b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

Deposito costituito da materiale detritico generalmente non consolidato (ghiaie, talora embriicate, sabbie e limi argillosi) di origine fluviale, attualmente soggetto a variazioni dovute alla dinamica fluviale. Può essere talora fissato da vegetazione (b1a).

Successione neogenico - quaternaria 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)

La stratigrafia profonda del sottosuolo è desumibile dall'analisi di molteplici sezioni geologiche ricostruite dal Servizio Geologico Regionale (Fig. 10) sulla base di numerosi dati stratigrafici raccolti quali stratigrafie pozzi, carotaggi, prove penetrometriche, ecc.



Fig. 10 Planimetria contenente l'andamento delle sezioni stratigrafiche profonde ricostruite dal Servizio Geologico della Regione

Uno di questi sondaggi (Fig. 11) è stato eseguito in passato proprio in vicinanza del sito di cui trattasi per la realizzazione di un pozzo (P630). L'ubicazione è riportata in Fig. 9.

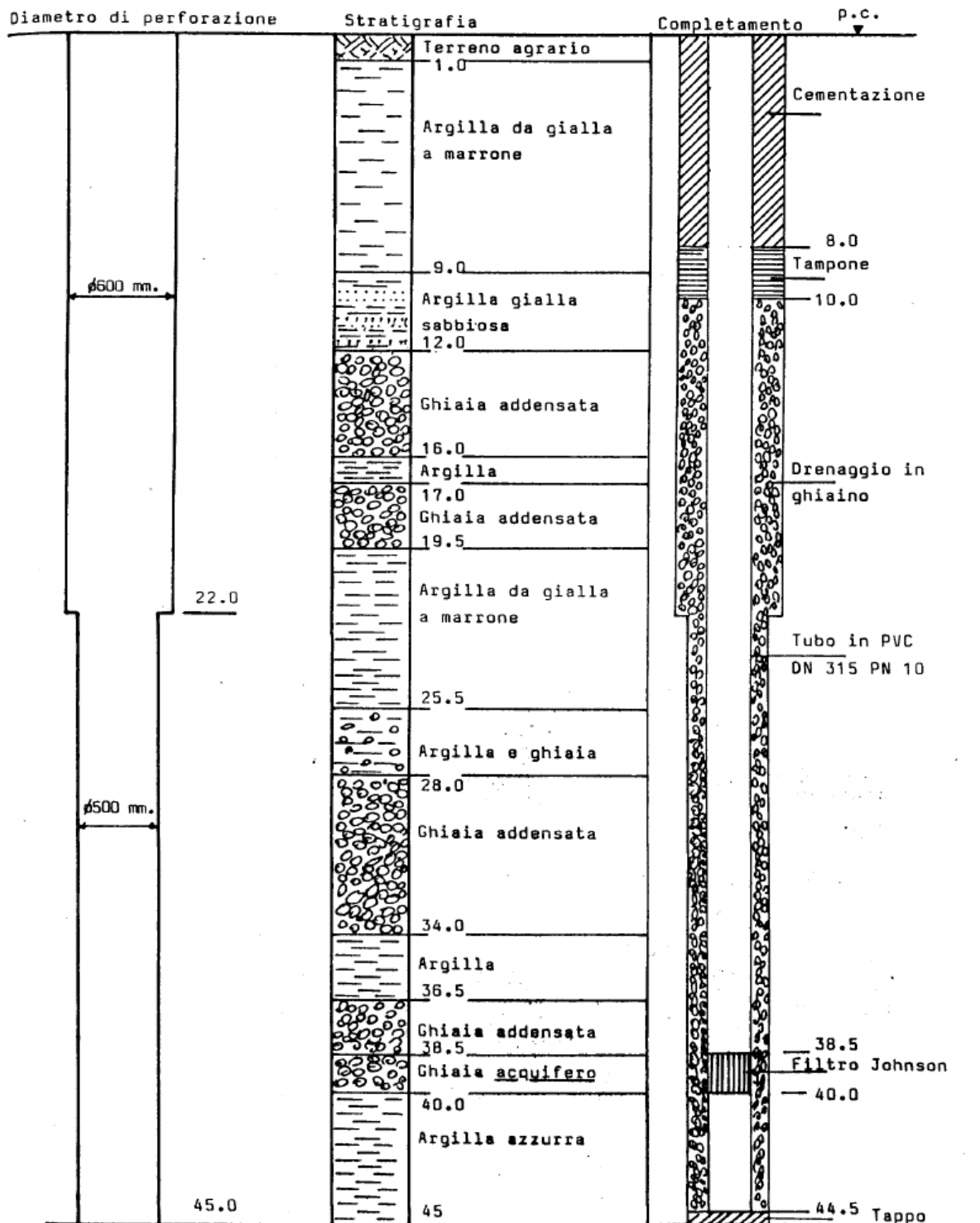


Fig. 11 Pozzo P630 banca dati RER

Dall'esame del suddetto carotaggio si evince che il tetto del substrato marino (bedrock sismico), nell'ambito dell'area di interesse, si attesta a circa 40 m rispetto la superficie topografica. Il dato è confermato anche dalla sezione geologica n°130 (Fig. 12).

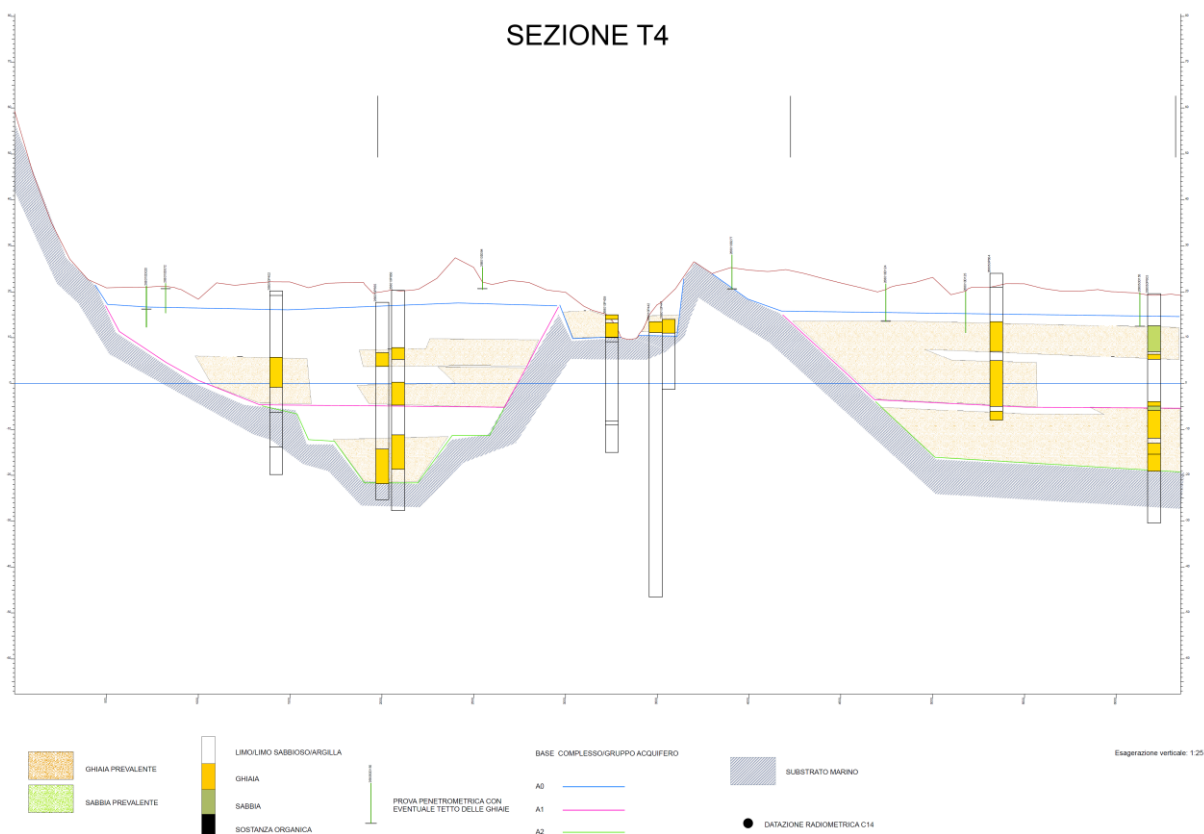


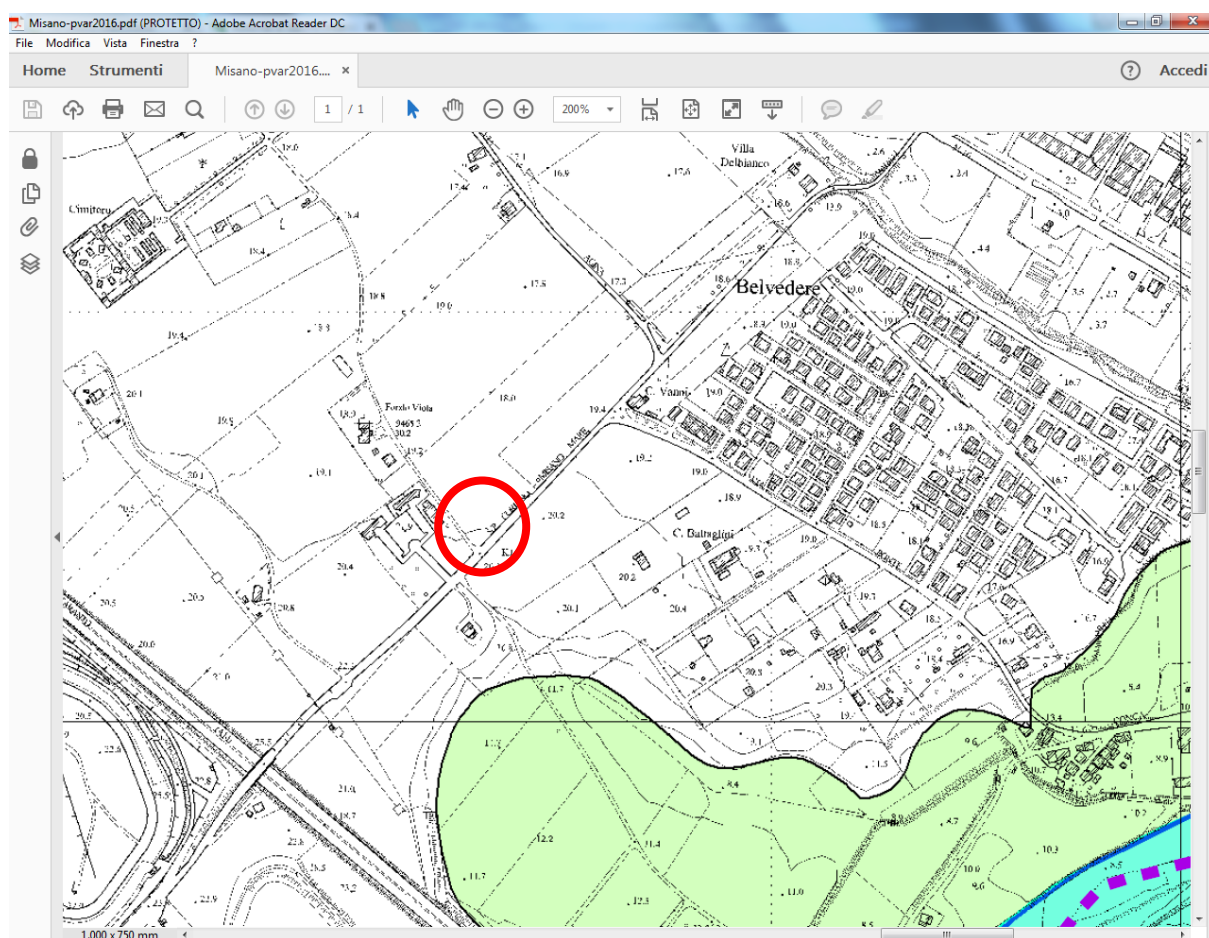
Fig. 12 Sezione geologica n°130 (Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna)

3 IDROGEOLOGIA

3.1 Idrologia superficiale

Il comparto studiato è situata in sinistra idrografica rispetto al torrente Conca, non molto lontano della diga di sbarramento. La zona non interferisce con il corso d'acqua a causa del dislivello topografico fra questa e il “talweg” fluviale.

Dall'analisi analizza della carta delle “*Perimetrazioni aree a rischio idrogeologico*” (Fig. 13), redatta dall'Autorità di Bacino Marecchia-Conca, si può osservare che l'area non rientra all'interno di perimetrazione alcuna.



**Fig. 13 – Estratto carta Perimetrazioni aree a rischio idrogeologico
Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico - Autorità di Bacino Marecchia-Conca**

In ogni caso, in via cautelativa nei confronti dell'ingresso di acqua dall'esterno in caso di eventi calamitosi, si consiglia un congruo innalzamento delle quote di progetto dei piazzali e degli accessi agli edifici rispetto all'attuale quota topografica esistente.

3.2 Falda freatica superficiale

Le misurazioni freatimetriche, predisposte nei fori di prova con freatimetro acustico, non hanno evidenziato presenza d'acqua nell'ambito delle profondità investigate, probabilmente perché drenata dal primo orizzonte ghiaioso sottostante le argille (vedi stratigrafia pozzo in Fig. 11).

Quanto registrato non è da intendersi in senso assoluto, in quanto la presenza d'acqua nel terreno è fortemente condizionata dalla frequenza degli eventi meteorici e dagli emungimenti antropici.

Poiché le misurazioni sono state effettuate ad Estate inoltrata (Agosto 2018), si ritiene che quanto osservato non è da ritenersi rappresentativo della situazione di massima ricarica della falda, riconducibile al periodo tardo-primaverile.

Non è escluso che, in caso di piogge intense e prolungate, l'orizzonte ghiaioso di cui sopra possa totalmente saturarsi, con parziale migrazione dell'acqua anche nei litotipi argilloso-limosi sovrastanti.

In ogni caso, anche ammettendo un innalzamento fratico di una certa rilevanza, non si verificherà l'intercetta tra fondazioni e falda in quanto i fabbricati non prevedono piani interrati.

4) MODELLAZIONE GEOTECNICA

3.1 Indagine geognostica di riferimento

Allo scopo di definire la natura litologica e le caratteristiche geomeccaniche dei terreni costituenti il sottosuolo, si è fatto riferimento a due sondaggi penetrometrici statici CPT eseguiti nell'ambito dell'area edificabile (Fig. 14).

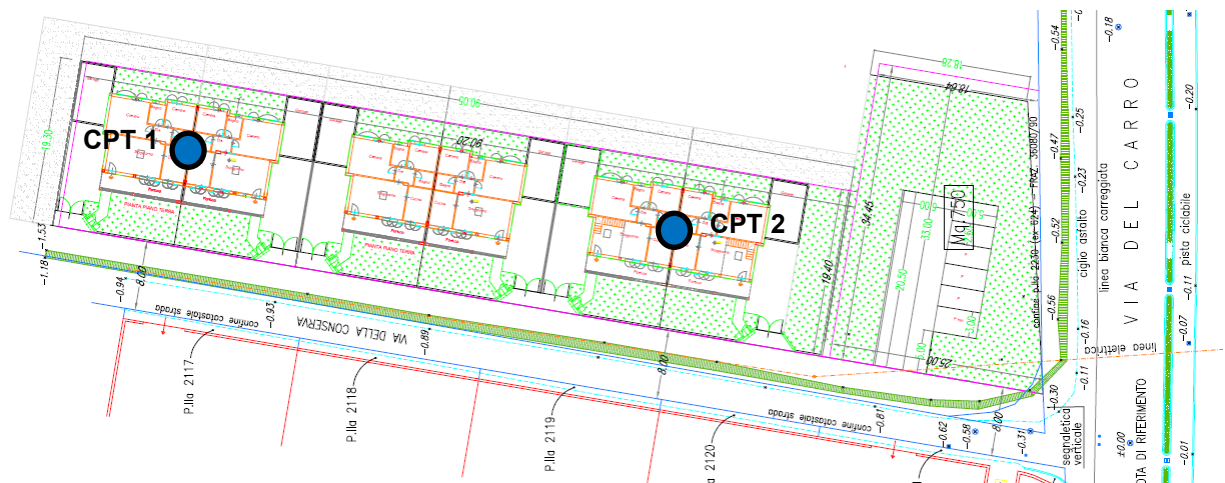


Fig. 14– Ubicazione indagine geognostica

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 (Fig. 15).

Schema di avanzamento di una Prova Penetrometrica CPT

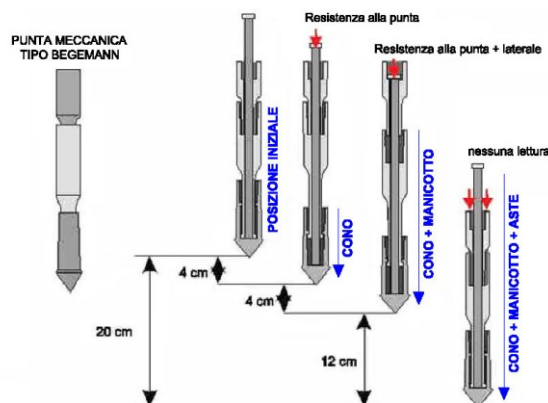


Fig. 15 Punta meccanica tipo Begemann con manicotto per misurazione dell'attrito laterale

Lo sforzo per la penetrazione é 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. Il tutto è montato su carrello semovente (Fig. 16).



Fig. 16 Penetrometro semovente cingolato “Pagani”

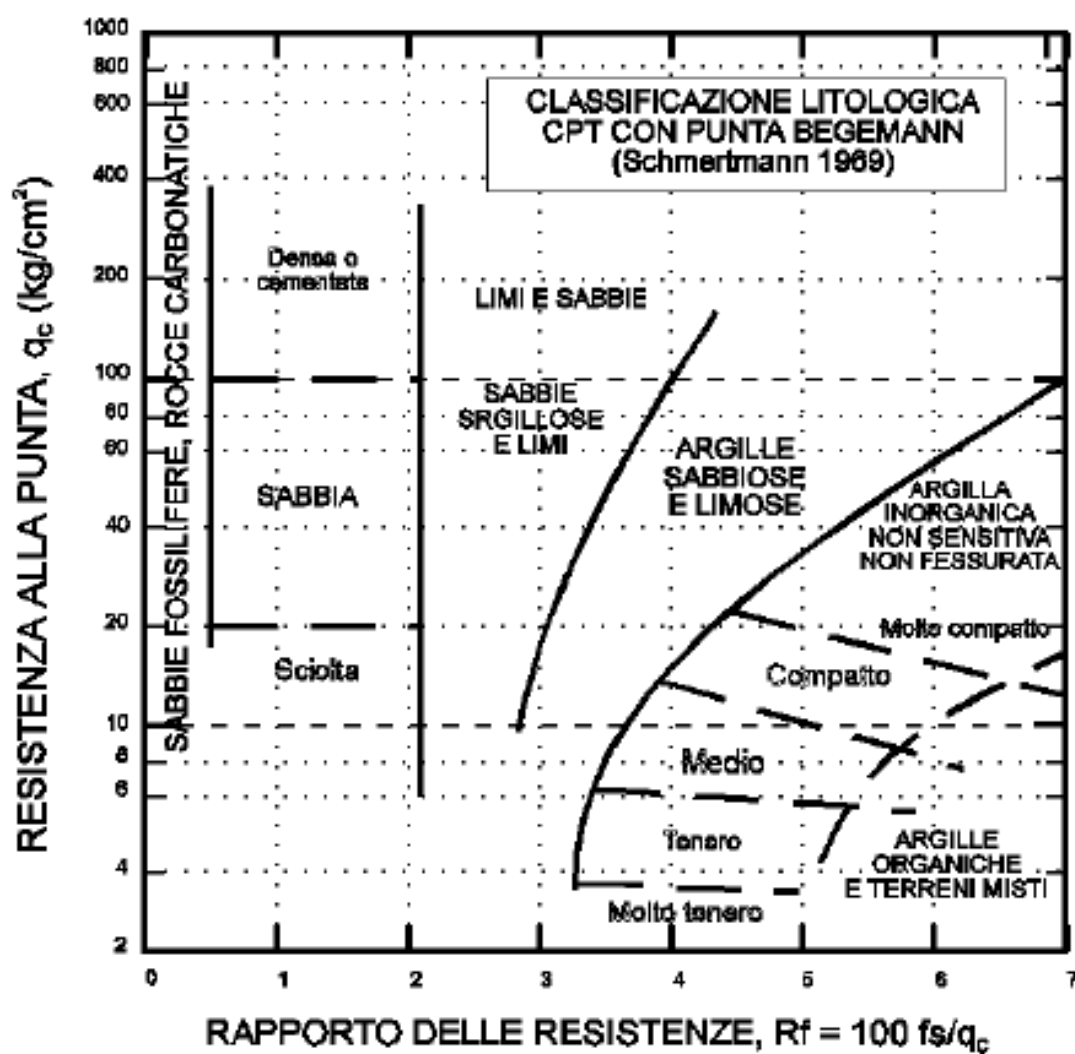
Lo strumento, mediante centralina a lettura digitale, ha fornito i seguenti parametri ogni 20 cm di profondità:

R_p = *resistenza statica alla punta* (kg/cm^2)

R_l = *resistenza per attrito laterale sul manicotto* (kg/cm^2).

La determinazione litologica del terreno attraversato è stata ottenuta mediante la teoria di *Schmertmann* (1979), facendo riferimento ai valori del rapporto R_p/R_l in funzione di R_p secondo il diagramma riportato.

diagramma di Shmertmann (1979)



Nella pagina seguente si riportano i diagrammi penetrometrici della penetrometria statica eseguita, corredati da interpretazione stratigrafica

Intergeo s.r.l. - Servizi Geologici - info@intergeosm.com

Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 1

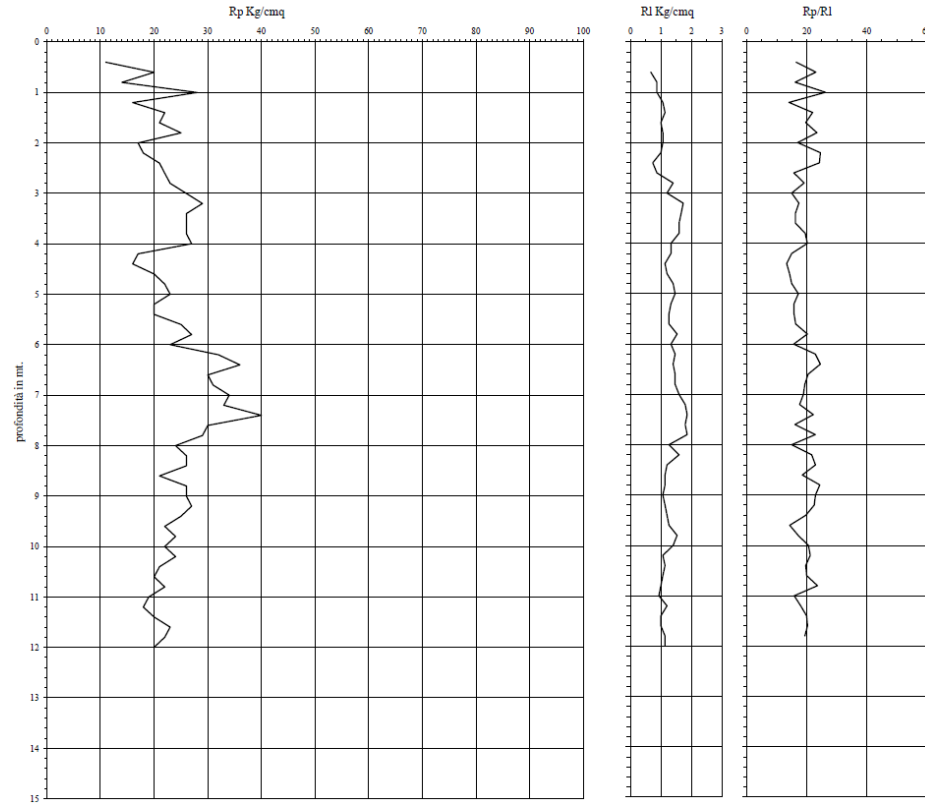
Cantiere: Misano (RN) - Via Della Conserva

Data: Luglio 2018

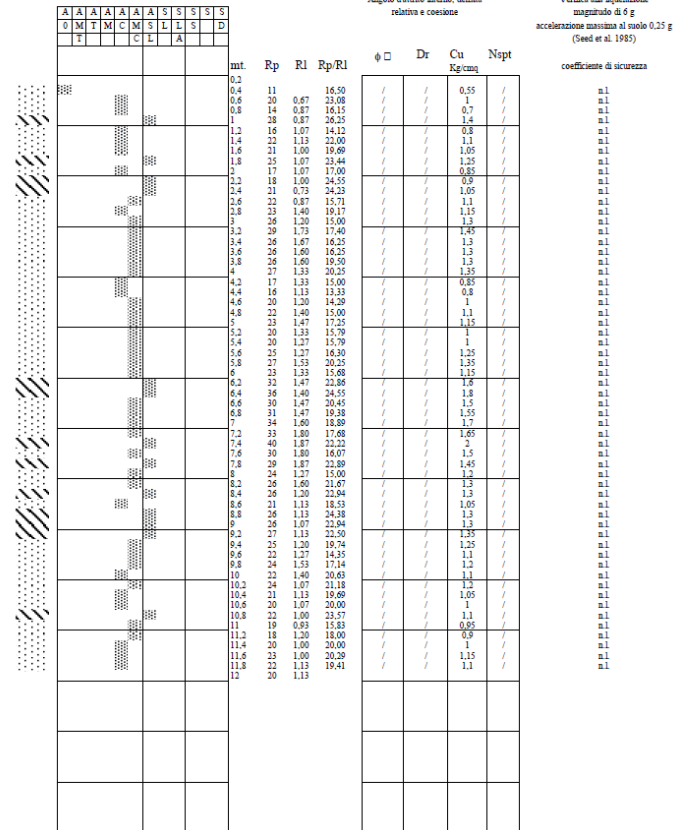
Quota inizio: piano campagna

Liv.falda: assente

Classificazione orientativa dei terreni (Schnertmann - 1978)



Caratteristiche strumento penetrometro statico semoviente, 200kN spinta
Punta meccanica tipo Begemann - manicotto laterale superficie 150 cm²



Legenda:

Cu media Kg/cm²: 1.19 ##### Npft media n. colpi

argilla
sabbia limosa 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 limosa argillosa
SS sabbia sciolta; S sabbia; SD sabbia densa

n.l. non liquefacibile

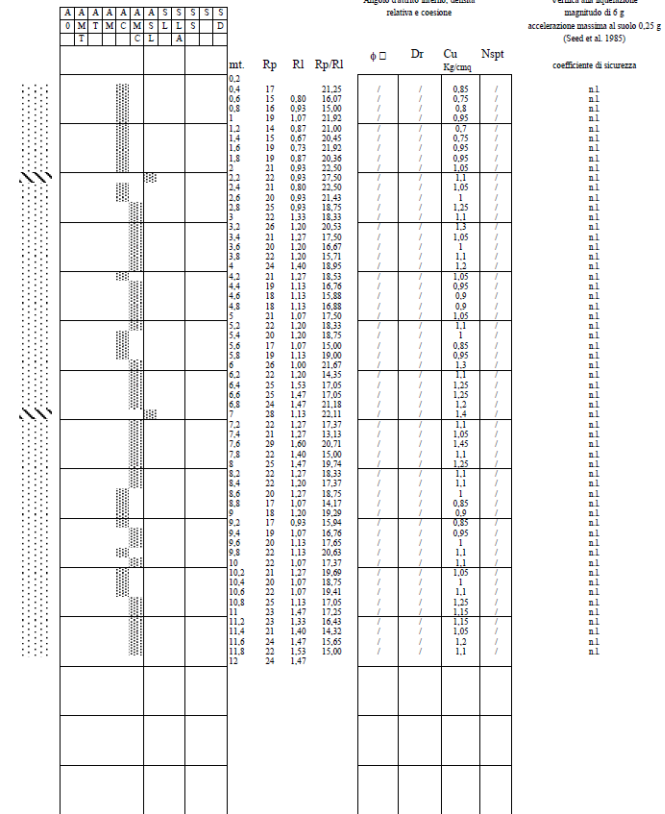
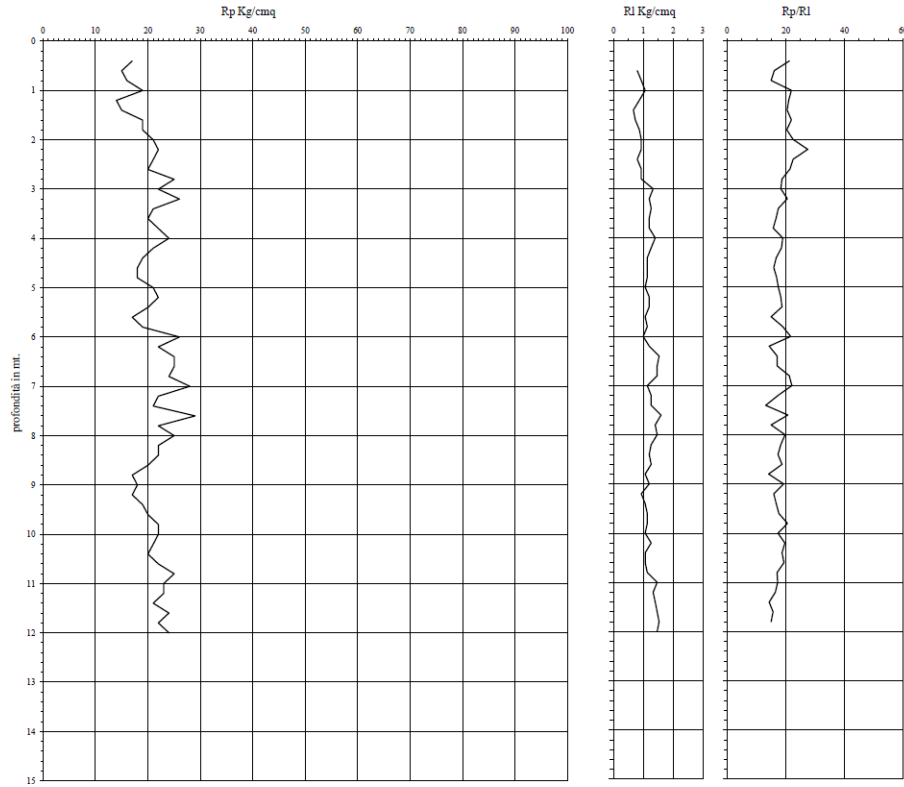
Intergeo s.r.l. - Servizi Geologici - info@intergeosm.com

Prova Penetrometrica Statica

Prova n.: CPT 2
Cantiere: Misano (RN) - Via Della Conserva
Data: Luglio 2018

Quota inizio: piano campagna
Liv.falda: assente
Note:

Classificazione orientativa dei terreni (Schmertmann - 1978)



Caratteristiche strumento: penetrometro statico semovente, 200kN spinta
Punta meccanica tipo Begemann - manicotto laterale superficie 150 cmq

Legenda:

Cu media Kg/cm²

1,05	=====
------	-------

 N_{spt} media n. colpi

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

n.l. non liquefacibile

3.2 Correlazioni per la determinazione dei parametri geotecnici

Fissato un determinato valore di R_p (resistenza statica alla punta) si possono ricavare i principali parametri geomeccanici del terreno attraverso alcune relazioni semiempiriche.

Per i terreni argillosi, coesivi, dotati d'angolo d'attrito interno assai modesto, si potrà prescindere totalmente da quest'ultimo e considerare la *coesione non drenata* c_u quale unico parametro di resistenza:

$$c_u = R_p/20$$

Per le sabbie, le sabbie limose o i limi sabbiosi è sufficiente determinare il valore dell'*angolo d'attrito* φ' , essendo quest'ultimo l'unica caratteristica di resistenza (la coesione di questi terreni può essere considerata nulla). La determinazione dell'angolo d'attrito può essere effettuata impiegando le varie correlazioni numeriche e/o diagrammi reperibili in letteratura.

Il *coefficiente di compressibilità* (m_v) può essere ricavato mediante la nota formula proposta da *G. Sanglerat*:

$$m_v = 1/\alpha R_p$$

In cui:

$\alpha = 1.5$	per sabbie	$R_p > 45 \text{ kg/cm}^2$
$2 < \alpha < 5$	per sabbie e argille consistenti	$15 < R_p < 30 \text{ kg/cm}^2$
$5 < \alpha < 10$	per argille molli	$R_p < 10 \text{ kg/cm}^2$

La compressibilità può essere espressa anche in funzione del *modulo edometrico* E_{ed} (grandezza inversa di m_v):

$$E_{ed} = 1/m_v$$

Il modulo di elasticità E' (o di Young) è stato valutato con riferimento al *modulo edometrico* E_{ed} ed al *coefficiente di poisson* μ mediante l'equazione di elasticità lineare:

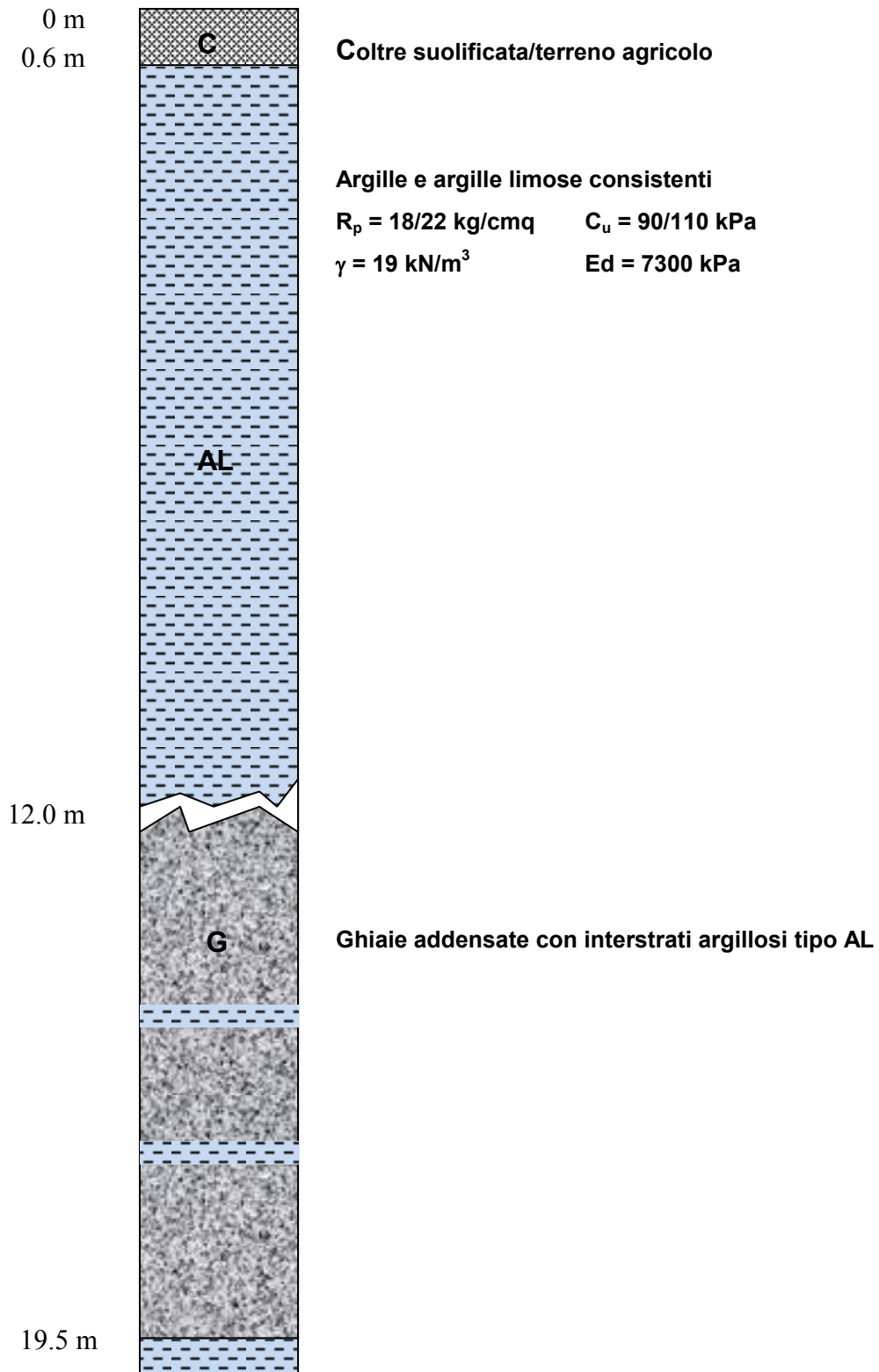
$$E' = E_{ed} (1 - \mu - 2\mu^2)/(1 - \mu)$$

La pressione ammissibile sul terreno, solo per fondazioni dirette, può essere stimata in via indicativa mediante la nota relazione dell'Herminier:

$$q_a = R_p/10$$

3.3 Sezione schematica e parametri geotecnici principali

Le prove penetrometriche effettuate nell'ambito della zona destinata a edificazione, non hanno evidenziato variazioni litotecniche sostanziali in senso orizzontale. In senso verticale, si fornisce la seguente sezione geologica schematica (profondità espressa in metri):



5) SISMICA

5.1 Generalità sulla zonazione sismica

Ai fini della Zonazione Sismica si è fatto riferimento alla delibera n°2193 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna del 21 Dicembre 2015 dal titolo “Aggiornamento dell’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”.

Il già 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.”

In linea generale si distinguono due fasi d’analisi con diversi livelli d’approfondimento:

- 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, in base agli aggiornamenti introdotti con la recente DGR n°2193/2015 del 21/12/2015, 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).

5.2 Prima fase: cenni sulla sismicità storica e classificazione sismica

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.

Tale catalogo, pur essendo un prodotto preliminare, successivamente affiancato da una ulteriore versione più aggiornata (2004), rappresenta attualmente un riferimento obbligato per le analisi di pericolosità e per le stime di rischio, pur non cancellando le elaborazioni precedenti.

Restringendo il campo alla sola Regione Emilia-Romagna, si riporta la carta della distribuzione dei terremoti per classe di magnitudo (Fig. 17).

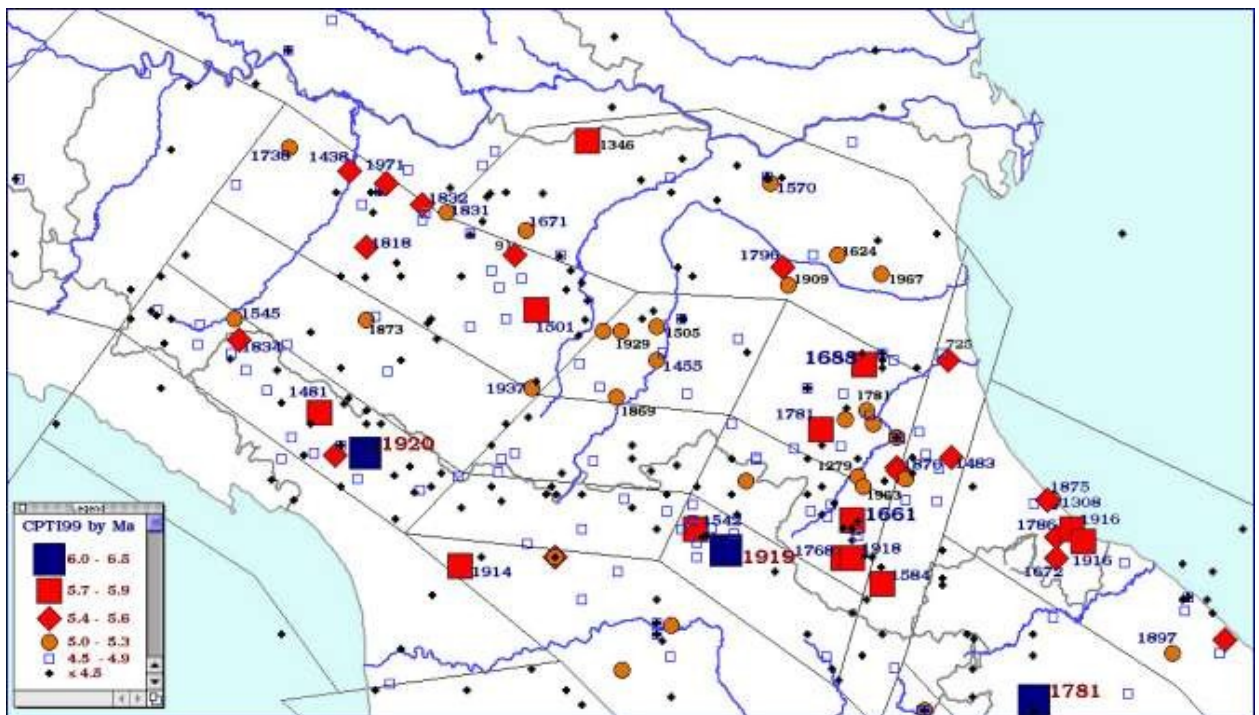


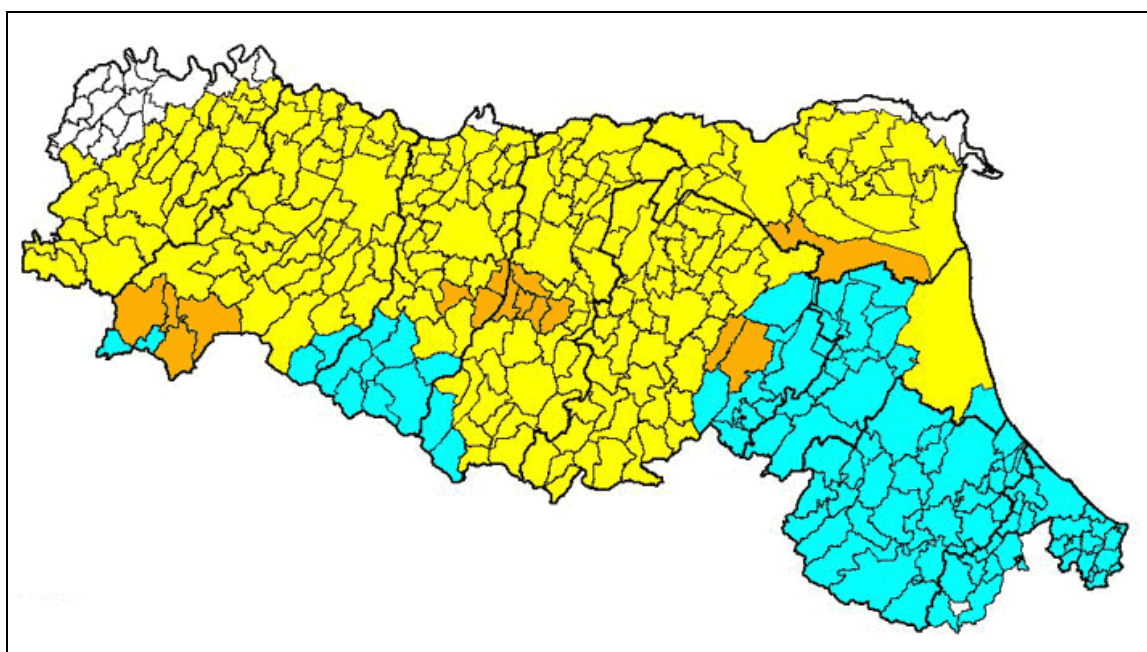
Fig 12 - Carta degli epicentri dei terremoti della Regione Emilia-Romagna per classi di magnitudo (CPTI, 1999)

In base alla vigente Classificazione Sismica Nazionale, il territorio italiano è suddiviso in quattro zone (o categorie) contraddistinte da differenti valori di PGA (accelerazione orizzontale).

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 di cui trattasi è stata ricostruita la seguente carta di macrozonazione sismica, basata su confini amministrativi comunali (Fig. 18).



Legenda

zona 2	96 16	precedente riclassificazione (1983-1984)
zona 3	214	
zona 4	22	

n. Comuni coinvolti

**Fig 18 - Carta macrozonazione sismica Regione Emilia Romagna
(Ordinanza del PCM n. 3274/2003)**

Nello specifico il territorio provinciale di Cesena é classificato “Zona 2” sulla base della seguente distribuzione di eventi storici (Fig. 19).

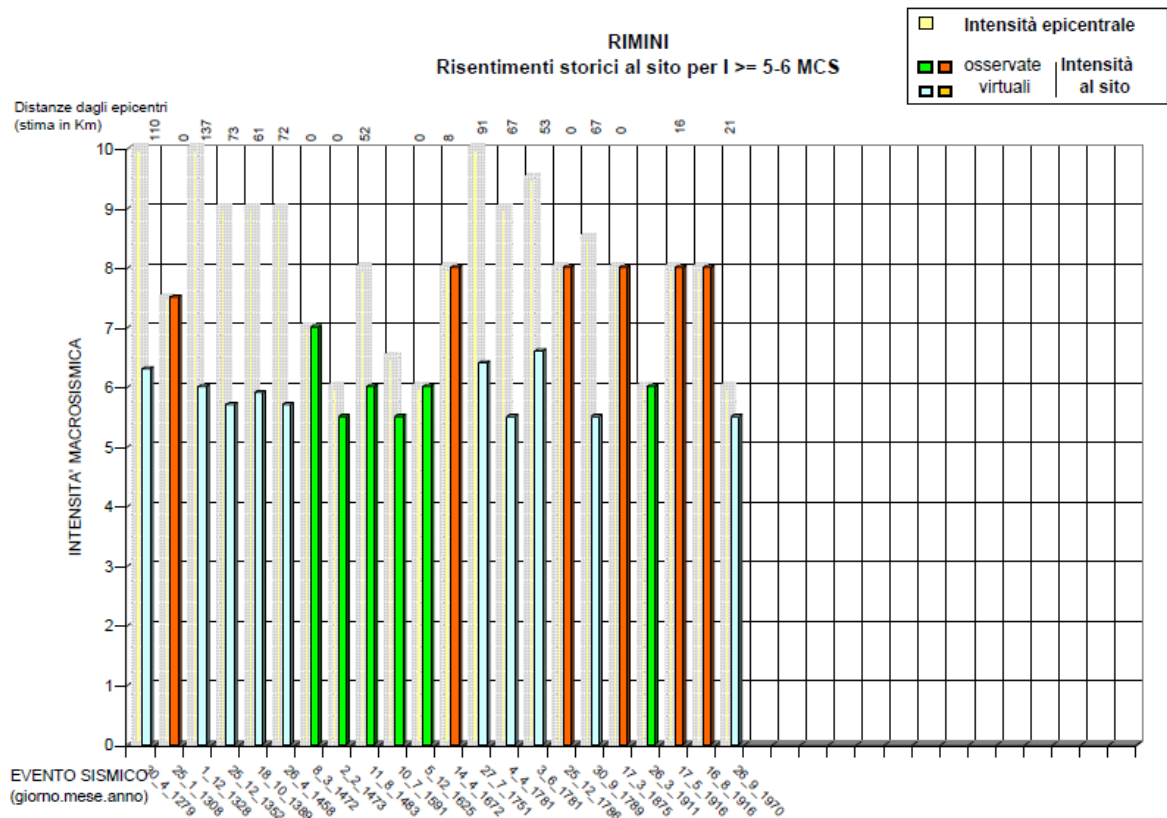


Fig 19 – Risentimenti storici in termini di intensità macrosismica per Rimini (Servizio Geologico e Sismico dei Suoli Regione Emilia-Romagna)

Per l'area in oggetto, pertanto, è ipotizzabile un massimo di sismicità in termini di Magnitudo $M = 5.9$.

Si fornisce l'elenco riepilogativo delle caratteristiche del territorio che potenzialmente possono determinare effetti di sito e/o instabilità dei terreni in caso di evento sismico, secondo quanto prevede l'atto di indirizzo del 2 Maggio 2007 (Allegato A1); il tutto è riferito alle "categorie del suolo di fondazione" definite nel T.U. "Norme tecniche per le Costruzioni":

1) Terreni che possono determinare amplificazione (spessore $\geq 5m$)

- a) Detriti di versante (frane, detriti di falda, detriti eluvio-colluviali, depositi morenici, deposito da geliflusso,...); categorie di suolo B, C, D.
- b) Detriti di conoide alluvionale, categorie di suolo B, C, E.
- c) Depositi alluvionali terrazzati e di fondovalle; categorie di suolo; C, E.

- d) Accumuli detritici in zona pedemontana (falde di detrito e con di deiezione); categorie di suolo: B, C.
- e) Depositi fluvio-lacustri; categorie di suolo: D, E, S1.
- f) Riporti antropici poco addensati; categorie di suolo: C, D, S2.
- g) Substrato affiorante alterato o intensamente fratturato (per uno spessore ≥ 5 m.); categorie di suolo: B, C.

2) Elementi morfologici che possono determinare amplificazione

- a) Scarpata subverticale (acclività $> 45^\circ$) con altezza ≥ 10 m.
- b) Cresta rocciosa, cocuzzolo, dorsale allungata con altezza ≥ 30 m. e versanti con acclività $\geq 30^\circ$.
- c) Versanti con acclività $> 15^\circ$.
- d) Cavità sepolte.

3) Zona di contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.

4) Depositi granulari fini sciolti, nei primi 20 ml. dal p.c., con profondità media stagionale della falda acquifera superiore a 15 ml. dal p.c. (fattori predisponenti al rischio liquefazione e densificazione); categorie di suolo: S2.

5) Zone instabili e potenzialmente instabili:

- a) Zone instabili: zone direttamente interessate da fenomeni franosi attivi (con evidenze di movimenti in atto o recenti)
- b) Zone potenzialmente instabili: zone in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (tutti gli accumuli detritici incoerenti, indipendentemente dalla genesi, i pendii costituiti da terreni prevalentemente argillosi e/o intensamente fratturati con acclività $> 15^\circ$, versante con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio).

6) Depositi (spessore ≥ 5 m.) di terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori NSPT < 15 o cu < 70 kPa o Vs30 < 180 m/sec.

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 2193/2015 (analisi semplificata).

Per calcolare i Fattori di Amplificazione (FA) richiesti nell'analisi semplificata deve essere definita sia la profondità del substrato rigido (H), sia la velocità equivalente delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità (V_{s30}) secondo la formula di seguito riportata:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^M h_i / V_{si}}$$

Dove:

M è il numero di strati del profilo sismico fino alla profondità di 30 m

h_i = spessore (in metri) dello strato i -esimo (fino alla profondità di 30 m)

V_{si} = velocità (in m/sec) dello strato i -esimo (fino alla profondità di 30 m)

Tra le molteplici tipologie di sito distinte nell'allegato A2 del DGR 2193/2015 al punto A2.1.2, la proprietà ricade nell'ambito PIANURA PADANA E COSTA ADRIATICA e specificatamente nell'ambiente tipo MARGINE: *settore di transizione tra la zona collinare (Appennino) e la pianura, caratterizzato da terreni prevalentemente fini sovrastanti orizzonti grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose); il substrato geologico è generalmente costituito da sabbie marine pleistoceniche o da peliti plio-pleistoceniche (substrato non rigido).*

Nello specifico, sulla base della stratigrafia precedentemente indicata in Fig. 11, trattasi di MARGINE di tipo B, *caratterizzato da spessore dei terreni fini superiore a 30 m con gli strati grossolani che sovrastano altri strati di terreni fini presenti fino al substrato.*

La tabella dei fattori d'amplificazione cui fare riferimento risulta essere:

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5
F.A. SI1	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	2.9	2.8	2.5	2.3	2.1	2.0
F.A. SI3	3.3	3.1	2.7	2.4	2.2	2.0

Tabella dei Fattori di Amplificazione per vari valori di V_{s30} PGA, SI1, SI2, SI3

Sulla base dell'indagine HVSR effettuata in via della conserva (vedi appendice alla relazione) è stato ricavato un valore della $V_{s30} = 265$ m/sec. Nella precedente tabella considerando cautelativamente i valori di amplificazione corrispondenti ad una velocità delle onde sismiche trasversali $V_{s30} = 250$ m/s avremo i seguenti fattori di amplificazione:

Ambiente MARGINE di tipo B (velocità cautelativa onde sismiche di riferimento $V_s = 200$ m/sec)			
PGA	SI1	SI2	SI3
1.6	1.9	2.5	2.7

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.

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'innescio 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 norme vigenti, 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 1 Combinazione 2 ($A_2+M_2+R_2$) GEO

Approccio 2 Combinazione unica ($A_1+M_1+R_3$)

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.

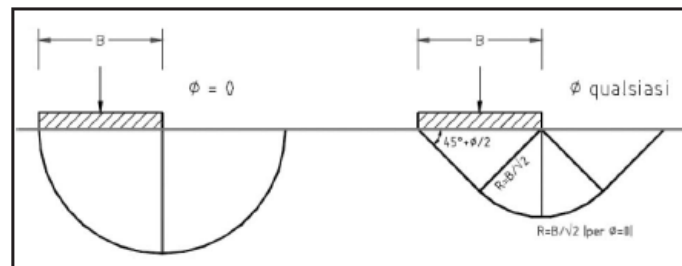
In questa sede, pertanto, ci si limita a fornire una stima del carico ammissibile unitario (q_a) sul terreno in esame, ipotizzando l'impiego di fondazioni dirette impostate sull'orizzonte **AL** riportato nella sezione geologica.

Per una fondazione diretta impostata su detto orizzonte, 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 verranno mobilizzati solo i parametri dell'orizzonte **AL** e quindi 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; anche in questo caso, tuttavia, saranno mobilizzati i parametri dell'orizzonte **AL**, presente almeno fino a -12.0 m dal p.c.: aumentandole 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. Anche l'omogeneità litotecnica del sottosuolo in senso orizzontale lascia supporre assestamenti differenziali contenuti.

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.

7) CONCLUSIONI

7.1 Sintesi su morfologia, geologia e idrogeologia

- Il sito ricade in corrispondenza di terreni alluvionali a composizione prevalentemente argillosa e argilloso-limosa, corrispondenti nella *Successione neogenico-quadernaria del margine appenninico padano*. La morfologia pianeggiante esclude fenomeni gravitativi e rende l'area stabile a tutti gli effetti.
- Le misurazioni freatiche, predisposte nei fori di prova con freaticometro acustico, non hanno evidenziato presenza d'acqua nell'ambito delle profondità investigate, probabilmente perché drenata dal primo orizzonte ghiaioso sottostante le argille. Non è escluso che, in caso di piogge intense e prolungate, l'orizzonte ghiaioso di cui sopra possa totalmente saturarsi, con parziale migrazione dell'acqua anche nei litotipi argilloso-limosi sovrastanti. In ogni caso, anche ammettendo un innalzamento fratico di una certa rilevanza, non si verificherà l'intercetta tra fondazioni e falda in quanto i fabbricati non prevedono piani interrati.
- La zona specifica di studio non è compresa all'interno delle "aree a rischio idrogeologico" definite dall'Autorità di Bacino Marecchia e Conca e recepite in sede di Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale. In ogni caso, in via cautelativa nei confronti dell'ingresso di acqua dall'esterno in caso di eventi calamitosi, si consiglia un congruo innalzamento delle quote di progetto dei piazzali e degli accessi agli edifici rispetto all'attuale quota topografica esistente.

7.2 Sintesi sulla zonazione sismica

- Il rischio sismico dell'area è stato analizzato, secondo quanto previsto dalla delibera n°2193 dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna del 21 Dicembre 2015 dal titolo "Aggiornamento dell'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".
- 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.

- Sulla base dei dati storici, per la zona di Misano, è ipotizzabile un massimo di sismicità in termini di Magnitudo pari a $M=5.9$.
- Ai sensi della vigente Classificazione Sismica Nazionale (ordinanza PCM 3274/2003 e successive modifiche e integrazioni), il territorio comunale è classificato “Zona 2”.
- Il comparto in oggetto ricade in ambito stratigrafico di PIANURA PADANA E COSTA ADRIATICA, e specificatamente nell’ambiente tipo MARGINE: *settore di transizione tra la zona collinare (Appennino) e la pianura, caratterizzato da terreni prevalentemente fini sovrastanti orizzonti grossolani (ghiaie, ghiaie sabbiose); il substrato geologico è generalmente costituito da sabbie marine pleistoceniche o da peliti plio-pleistoceniche (substrato non rigido)*. Nello specifico, sulla base della stratigrafia precedentemente indicata in Fig. 11, trattasi di MARGINE di tipo B, *caratterizzato da spessore dei terreni fini superiore a 30 m con gli strati grossolani che sovrastano altri strati di terreni fini presenti fino al substrato*.

La tabella dei fattori d’amplificazione cui fare riferimento risulta essere:

Ambiente MARGINE di tipo B (velocità cautelativa onde sismiche di riferimento $V_s = 200$ m/sec)			
PGA	SI1	SI2	SI3
1.6	1.9	2.5	2.7

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. Anche l’omogeneità litotecnica del sottosuolo in senso orizzontale depone per assestamenti differenziali contenuti. 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 e a condizione che vengano rispettate le indicazioni espresse in relazione, si esprime favorevole giudizio di fattibilità nei confronti dell'intervento urbanistico previsto.



APPENDICE:

INDAGINE GEOFISICA HVSR

MISANO (VIA DELLA CONSERVA)

Instrument: TRZ-0144/01-11

Data format: 16 byte

Full scale [mV]: n.a.

Start recording: 06/08/18 15:57:04 End recording: 06/08/18 16:17:04

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 28% trace (manual window selection)

Sampling rate: 128 Hz

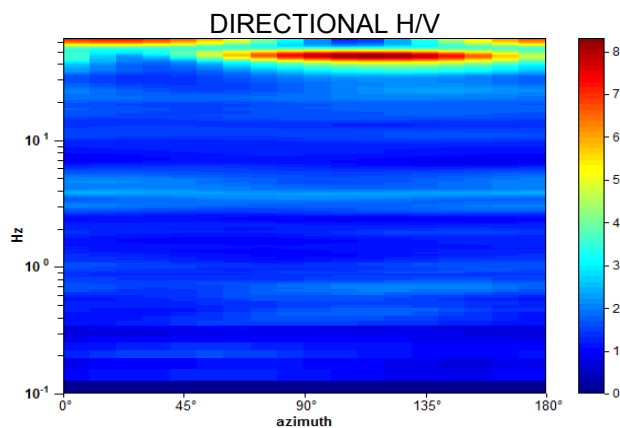
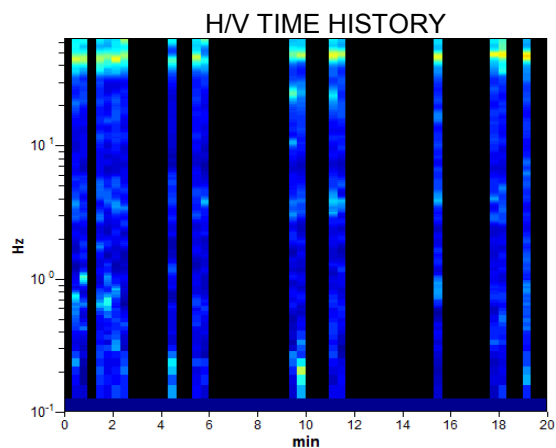
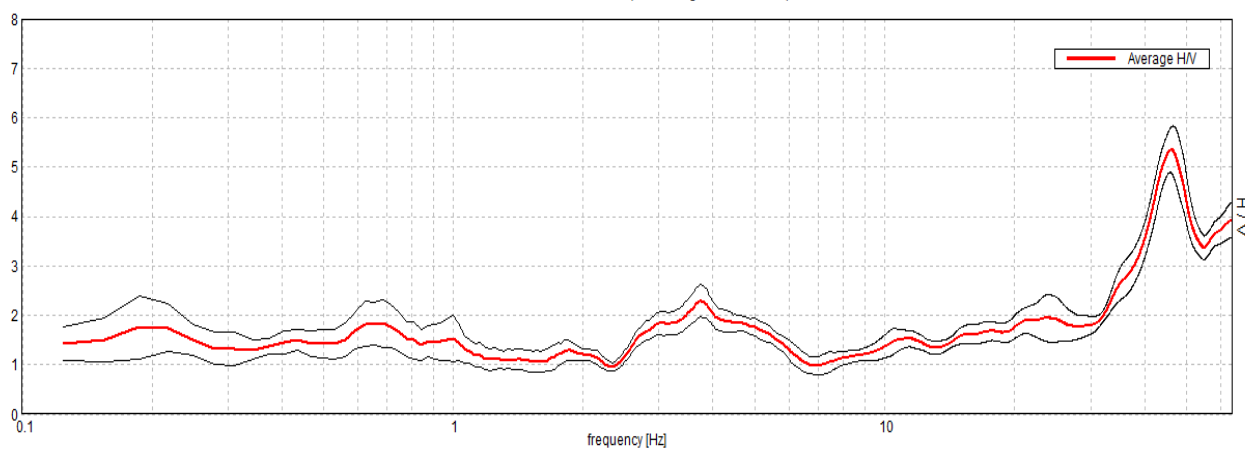
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

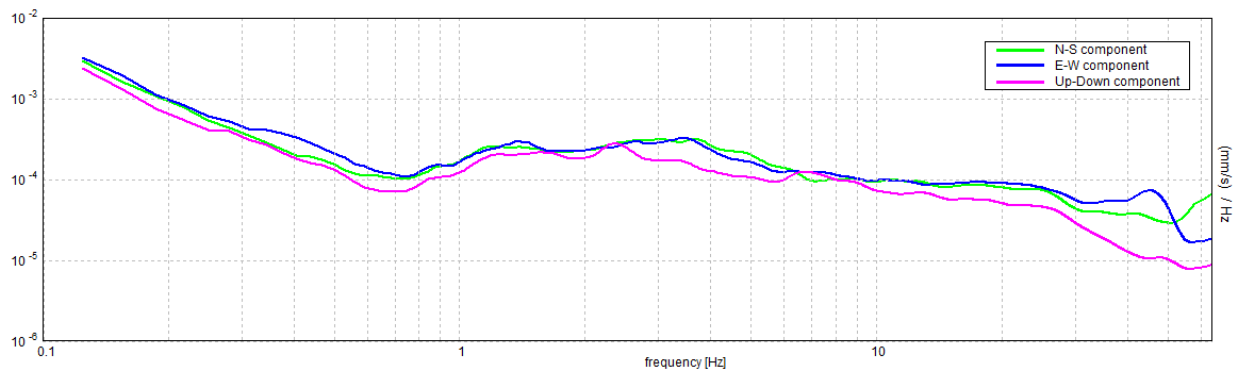
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

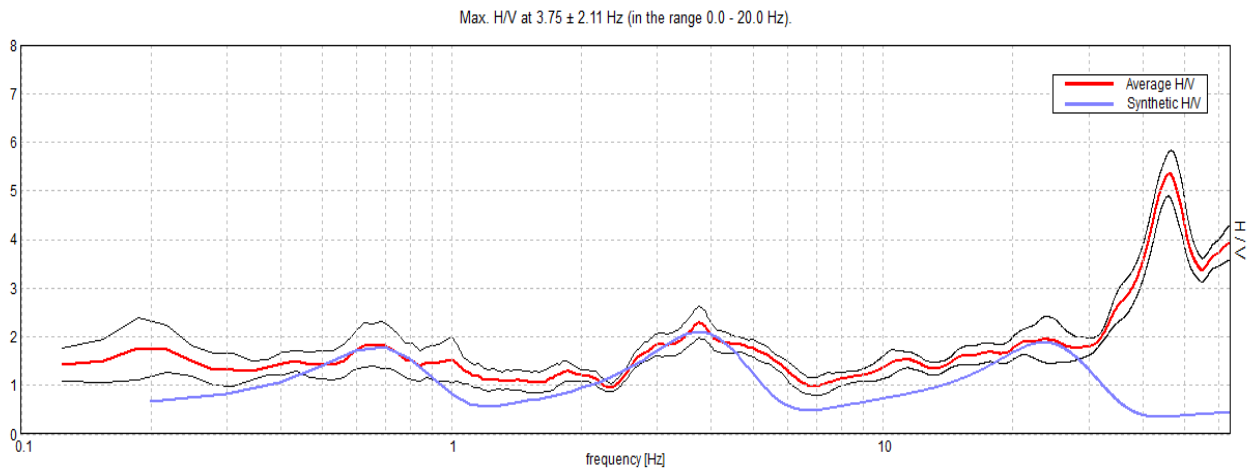
Max. H/V at 3.75 ± 2.11 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).



SINGLE COMPONENT SPECTRA

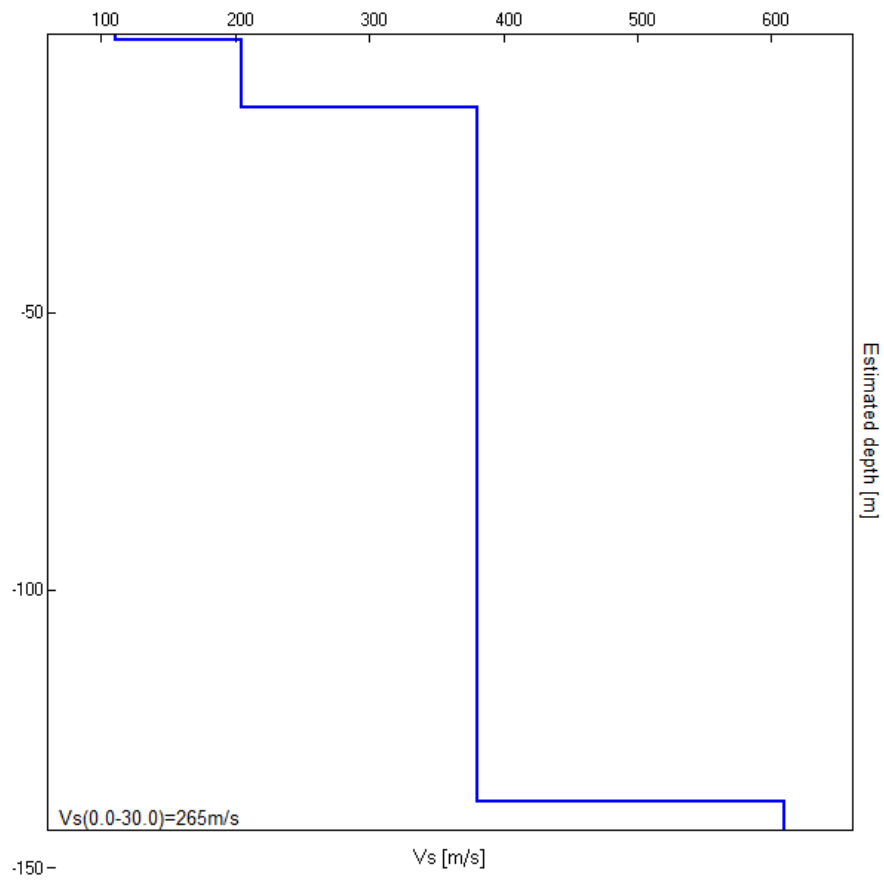


EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
1.10	1.10	110	0.42
13.10	12.00	205	0.42
138.10	125.00	380	0.42
inf.	inf.	610	0.38

$V_s(0.0-30.0)=265\text{m/s}$



According to the SESAME, 2005 guidelines.

Max. H/V at 3.75 ± 2.11 Hz (in the range 0.0 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.75 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1275.0 > 200$	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 181 times	OK	
Criteria for a clear H/V peak			
Exists f^- in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.469 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.30 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.56145 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$2.10543 < 0.1875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3289 < 1.58$	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