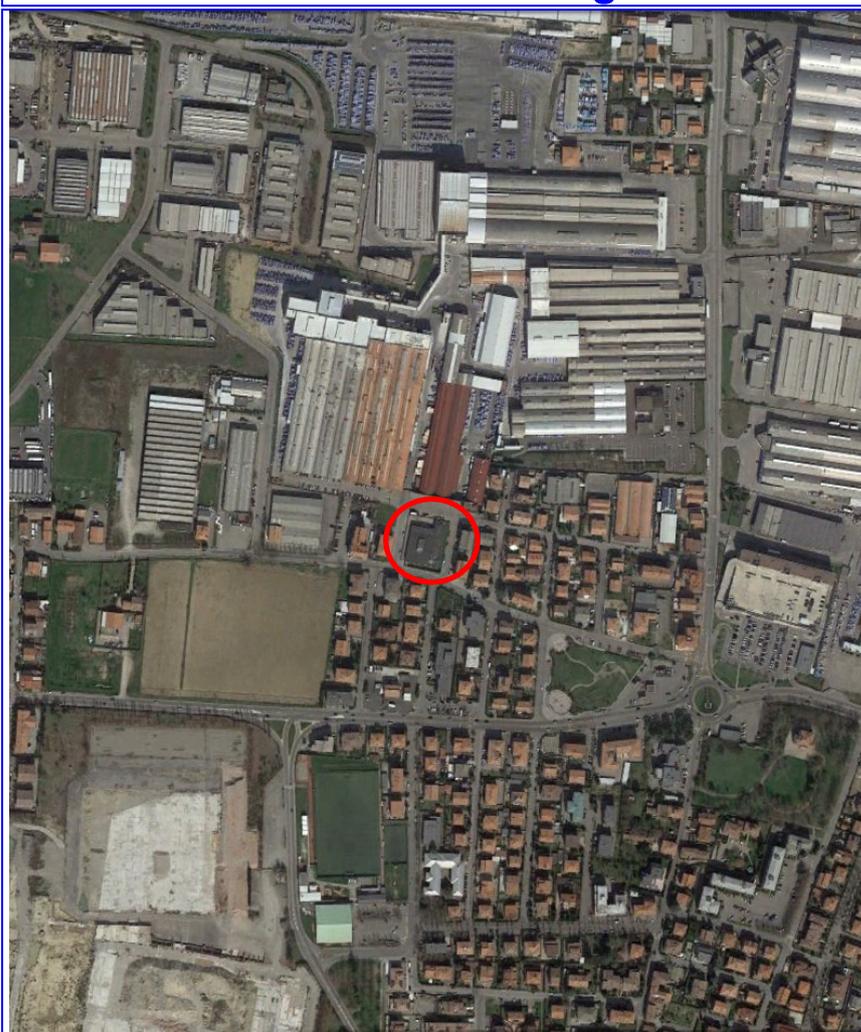


COMUNE DI FIORANO MODENESE
Provincia di Modena

PROGETTO DI RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA
PER FABBRICATO ARTIGIANALE
POSTO IN VIA BRAIDA N. 22,24,26 – FIORANO M.SE

Relazione Geologica e Sismica



DATA:

Novembre 2018

VERSIONE:

PRATICA N°

132/18

COMMITTENZA:

IMMOBILTEC SPA

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Andrea Dolcini

GEODES s.r.l.

Via Michelangelo, 1 – 41051 Castelnuovo Rangone (Mo)

Tel.: (059) 536629-535499 - Fax.: 5331612 – E-mail: geodes.srl@tiscali.it

Reg. Impr. Modena n° 02625920364 – Cap. Soc. 10.200 euro i.v. - Cod.Fisc. e Part. I.V.A. 02625920364



Relazione Geologica e Sismica

1. PREMESSA

La presente relazione riferisce dello studio eseguito su un terreno sito in Via Braida a Fiorano Modenese (Fig. 1-2); in particolare espone gli aspetti geologici-tecnici e sismici connessi con la ristrutturazione edilizia per fabbricato artigianale.

Nell'area d'intervento è stato eseguito uno studio geologico e sismico, caratterizzato da:

- ricerca bibliografica e cartografica finalizzata alla raccolta di dati inerenti le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, litostratigrafiche, idrogeologiche e sismiche dell'area in esame, in particolare sondaggi a carotaggio continuo e pozzi per acqua;
- consultazione di indagini sismiche eseguite a corredo dello studio di Microzonazione Sismica del comune di Fiorano M.se);
- n° 1 prospezione sismica a rifrazione con metodologia MASW
- n° 1 prospezione sismica passiva di microtremiti con metodologia HVSR
- esecuzione di indagine geognostica diretta, composta da:
 - n° 1 prova penetrometrica dinamica (All. 1)

Così operando, si è inteso:

- valutare le condizioni geologiche-geomorfologiche e idrogeologiche dell'area;
- valutare le caratteristiche litostratigrafiche e meccanico-resistive dei terreni di fondazione del sito in studio;
- definire il modello geologico-geotecnico;
- valutare la pericolosità sismica di base e gli eventuali effetti di sito dell'area;
- valutazione della risposta sismica locale mediante classificazione semplificata del suolo in base alla V_{seq} , calcolo dell'accelerazione spettrale elastica e dei coefficienti di amplificazione sismica (NTC 2018);

Lo studio, pertanto, secondo i dettami della normativa vigente (NTC 2018) e dello stato dell'arte, è rivolto alla caratterizzazione e modellazione geologica e sismica dell'area d'intervento che consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, geomorfologici, idrogeologici, e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio.

L'elaborato è sviluppato in modo da costituire imprescindibile elemento di base e di riferimento per la redazione del dimensionamento geotecnico di dettaglio e per il completamento della successiva progettazione.

RELAZIONE GEOLOGICA

Il modello geologico del sito viene sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per l'inquadramento, da parte del progettista, delle problematiche geotecniche a piccola/grande scala e per stilare il programma delle indagini. Il modello di riferimento sarà quindi validato e supportato da indagini specifiche in funzione dell'importanza delle opere.

2. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO (6.2.1 NTC)

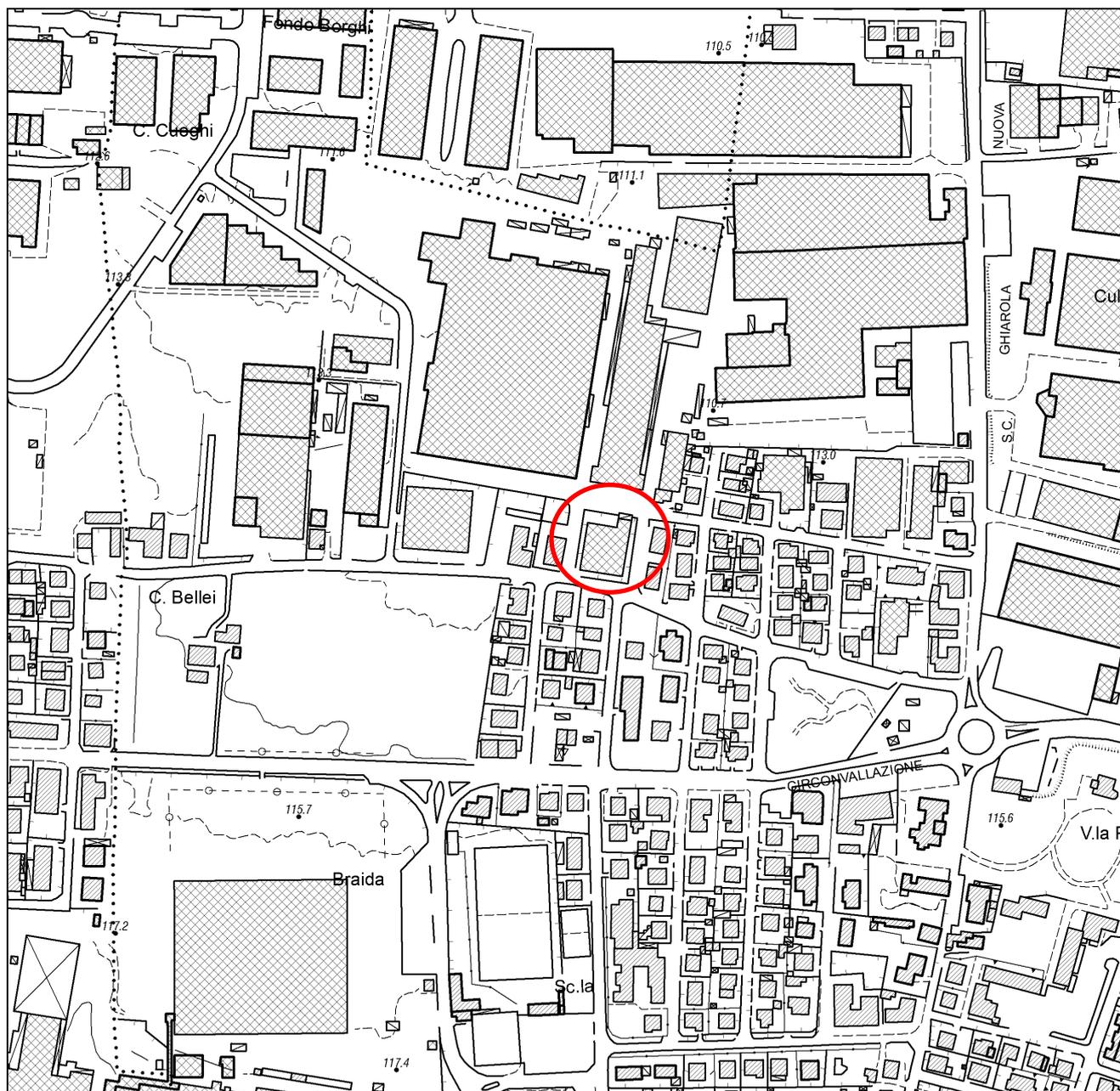
2.1 ELEMENTI GEOGRAFICI-GEOMORFOLOGICI DELL'AREA

L'area in studio si colloca in zona pianeggiante nel settore sud della zona industriale dell'abitato di Fiorano Modenese (Fig. 1-2).

FIGURA 1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO 1:25.000 (Tav. Ctr n° 219no)



FIGURA 2 - COROGRAFIA 1:5.000 (Elemento Ctr n° 219061)



Dal punto di vista geomorfologico, la zona in esame si colloca nella alta pianura modenese; l'analisi morfologica di dettaglio mostra un'area pianeggiante con debole pendenza verso ne; le pendenze medie sono intorno a 0.5% (Fig. 2).

Il sito in studio si pone in zona antropizzata, pertanto gli elementi morfologici sono totalmente mascherati.

2.1.1 Riferimenti Cartografici Ctr

Cartograficamente l'area in studio è individuata sulla C.T.R. nella Tavoleta alla scala 1:25.000 n° 219no (Fig. 1), nella Sezione n° 219060 alla scala 1:10.000 e nell'Elemento n° 219061 a scala 1:5.000 (Fig. 2).

2.2 ELEMENTI GEOLITOLGICI

Questa zona della pianura, influenzata dal Fiume Secchia, è caratterizzata dai depositi fluviali alluvionali che formano la parte frontale della conoide del F. Secchia (Unità dei corsi d'acqua principali) (Fig. 3); questi depositi risultano caratterizzati da terreni granulometricamente eterogenei anche se le frazioni grossolane risultano dominanti soprattutto nell'area di maggiore influenza deposizionale del F. Secchia: sono presenti sequenze prevalentemente ghiaiose, soprattutto nelle aree apicali, che si attestano mediamente a modeste profondità dal p.c.. Nell'area in studio la ghiaia si presenta subaffiorante. A queste sequenze ghiaiose si alternano livelli pelitici che diventano via via più potenti e frequenti dirigendosi verso Nord o allontanandosi lateralmente dalla conoide, determinando una graduale transizione ai sedimenti fini della piana alluvionale, che si sviluppa contemporaneamente alla fronte e ai lati delle conoidi stesse. I sedimenti della pianura sono quasi sempre fini e finissimi (limi e argille), depositati per accrescimento verticale, e talora sabbiosi, legati a barre ad accrescimento laterale, ad argini naturali e ventagli di rotta.

L'area ricade, come detto, all'interno dell'Unità dei "Corsi d'acqua principali", contraddistinta da depositi ghiaiosi di conoide e sabbiosi delle aree golenali. Si tratta di sedimenti depositati in ambiente di conoide, sviluppatosi a partire dal Neolitico allo sbocco del Fiume Secchia in pianura e successivamente contraddistinto da alcuni degli episodi deposizionali più recenti.

La conoide, con apice a sud di Sassuolo, si sviluppa con inclinazione media verso valle dello 0.5%, mentre l'antistante pianura alluvionale è inclinata dello 0.1-0.2%; la zona apicale si contraddistingue oltre che per la presenza di depositi prevalentemente grossolani, per quella di canali intrecciati, legati allo sviluppo di corsi d'acqua tipo braided.

Le ghiaie presentano in genere alla sommità spessori variabili, sino ad un paio di metri, di depositi fini e finissimi di overbank, nei quali è possibile riconoscere diversi cicli positivi, deposti da successivi episodi di tracimazione; nell'area in oggetto tali depositi poggiano su conoidi più antiche.

Da un punto di vista litologico si tratta prevalentemente di ghiaie, con diametri variabili dai 70 cm a qualche cm, immerse in matrice sabbioso-limosa; le ghiaie, poco classate ed embricate, sono costituite in prevalenza da calcari ed arenarie, subordinatamente da selci ed ofioliti. Le sabbie sono presenti oltre che nella matrice, in rare lenti poco sviluppate entro le ghiaie ed al tetto di queste, ove assieme ai limi ed alle argille, costituiscono uno strato potente sino ad un paio di metri.

Nella Carta Geologica Carg redatta dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna, si è proceduto all'applicazione dei principi della Stratigrafia sequenziale allo studio descrittivo della successione dei depositi plio-quadernari del sottosuolo della pianura emiliano-romagnola, cercando, quando possibile, di correlare tali sedimenti con i coevi depositi terrazzati affioranti lungo il margine pedecollinari e le valli dei principali corsi d'acqua. Sono state pertanto introdotte unità a limiti inconformi o UBSU (*Unconformity Bounded Stratigraphic Units*) ed unità allostratigrafiche.

Si è cercato di applicare i criteri della stratigrafia sequenziale alla descrizione di tali sedimenti.

Sintema emiliano-romagnolo inferiore, comprendente i sedimenti di ambiente continentale sedimentati all'incirca tra 650 mila e 350/450 mila anni fa;

Sintema emiliano-romagnolo superiore comprendente i depositi continentali depositatisi da 350/450 mila anni fa al presente, alla cui sommità (intervallo compreso all'incirca tra i 125mila anni e l'attuale).

Vengono distinti dall'alto verso il basso (Gasperi & Pizziolo): a) Subsintema di Ravenna (AES8) (la cui parte superiore è denominata unità di Modena (AES8b); b) Subsintema di Villa Verucchio (AES7) suddiviso in unità di Niviano (AES7a) ed Unità di Vignola (AES7b); c) Subsintema di Bazzano (AES6).

Di seguito si riporta uno stralcio della Carta geologica del Progetto Carg della RER e relativa legenda delle litologie cartografate (Fig. 3).

FIGURA 3 – CARTA GEOLOGICA 1:5.000



Da Progetto CARG – Regione Emilia Romagna.

AES8 - Subsistema di Ravenna

Limi sabbiosi e limi argillosi negli apparati dei torrenti minori o ghiaie in lenti entro limi, subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose in quelli dei torrenti e fiumi principali. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Nell'alta pianura su AES7b (affiorante solo in cave). Potenza fino a oltre 20 m. Olocene (età radiometrica della base: 11.000 - 8.000 anni).

- Prove lineari**
 - prova MASW
 - prova ReMi
- Prove puntuali**
 - misure di microtremore a stazione singola (HVSr)
 - pozzo per acqua
 - prova CPT con punta meccanica
 - prova dinamica con penetrom. superpesante (DPSH)
 - prova dinamica con penetrom. superpesante (SCPT)
 - prova dinamica con penetrometro pesante (DPH)
 - prova dinamica generica
 - sondaggio elettrico verticale
- Ambienti deposiz. e litologie (10K)**
 - Limo - Piana alluvionale
- Coperture quaternarie (10K)**
 - AES8 - Subsistema di Ravenna
 - h3-3 - Cava riempita
- Limiti di unità geologiche (10K)**
 - faglia certa
 - limite di natura incerta
- Unità geologiche (10K)**
 - CMZ - Sintema di Costamezzana
 - FAA - Argille Azzurre

2.3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico l'area in esame si colloca nel settore apicale dell'unità idrogeologica della conoide principale del Fiume Secchia; attualmente il corso d'acqua, come quasi tutti i corsi d'acqua padano-appenninici, incide le proprie alluvioni in posizione marginale, spostato verso ovest rispetto all'antico alveo, conseguentemente a movimenti tettonici molto recenti (Quaternario).

La struttura idrogeologica è composta da terreni a granulometria prevalentemente grossolana anche a basse profondità dal piano campagna; in questa zona i sedimenti alluvionali all'interno dei quali sono presenti acquiferi a litologia ghiaioso-sabbiosa, presentano nell'insieme spessori di svariate decine di metri.

La conoide del F. Secchia è caratterizzata dall'esistenza nel sottosuolo di terreni prevalentemente grossolani ad elevata permeabilità, costituiti da ghiaie a matrice sabbiosa con sottili e discontinue intercalazioni limose-argillose e limo-sabbiose. Si è quindi in presenza di un acquifero monostrato con valori di trasmissività molto elevati che solo localmente può essere differenziabile.

Complessivamente la conoide del Secchia s'inquadra nell'acquifero dell'alta pianura modenese nel modo descritto dallo schema GNDCI del C.N.R.: in sintesi esiste all'apice della conoide una condizione di flusso imposto di sub-alveo, flussi variabili nel tempo con gli acquiferi confinati sui fianchi Est ed Ovest e flussi univoci nella parte distale della conoide.

La falda è a pelo libero in una fascia di monte fortemente allungata in asse al Fiume Secchia, e, a valle della isopiezometrica 50 m, circa 1500 m a nord del T. Fossa, la falda è in pressione.

L'alveo del Secchia è riconosciuto infiltrante sino all'altezza della confluenza Secchia/Tresinaro.

Riguardo alla posizione del passaggio falda libera/in pressione, va notato che Pellegrini M. (1989), rileva che la parte apicale della conoide è costituita da un monostrato indifferenziato ed affiorante, senza importanti intercalazioni e con falda libera, fino all'altezza della Casiglia; a nord di questa località i livelli impermeabili assumono una certa continuità e determinano condizioni strutturali di acquifero monostrato compartimentato, mantenendo comunque intercomunicazione tra i livelli acquiferi, il gradiente idraulico fino alla località Casiglia è tipico di una falda libera e la isopiezometrica 55 m segna il passaggio ad una condizione di confinamento.

In conclusione quindi, l'area in studio si colloca a monte del passaggio tra l'acquifero con falda libera e quello compartimentato.

Al di sotto del primo acquifero e separato da questo da diaframmi scarsamente permeabili costituiti da limi ed argille di spessore ed estensione areale variabile, si rinviene il secondo acquifero, caratterizzato dalla presenza di falde semi-confinato, che localmente possono assumere caratteristiche prossime a quelle confinate; questo secondo acquifero risulta in particolare caratterizzato da un monostrato compartimentato costituito da più livelli permeabili ghiaioso-sabbiosi tra loro variamente comunicanti, localmente separati da setti argillosi, talora anche di discreto spessore e notevole estensione.

Come per la base del primo acquifero, anche in questo caso si possono evidenziare importanti strutture depresse con asse posto in direzione sud-nord e l'inclinazione della superficie risulta anche in questo caso variabile spostandosi verso nord.

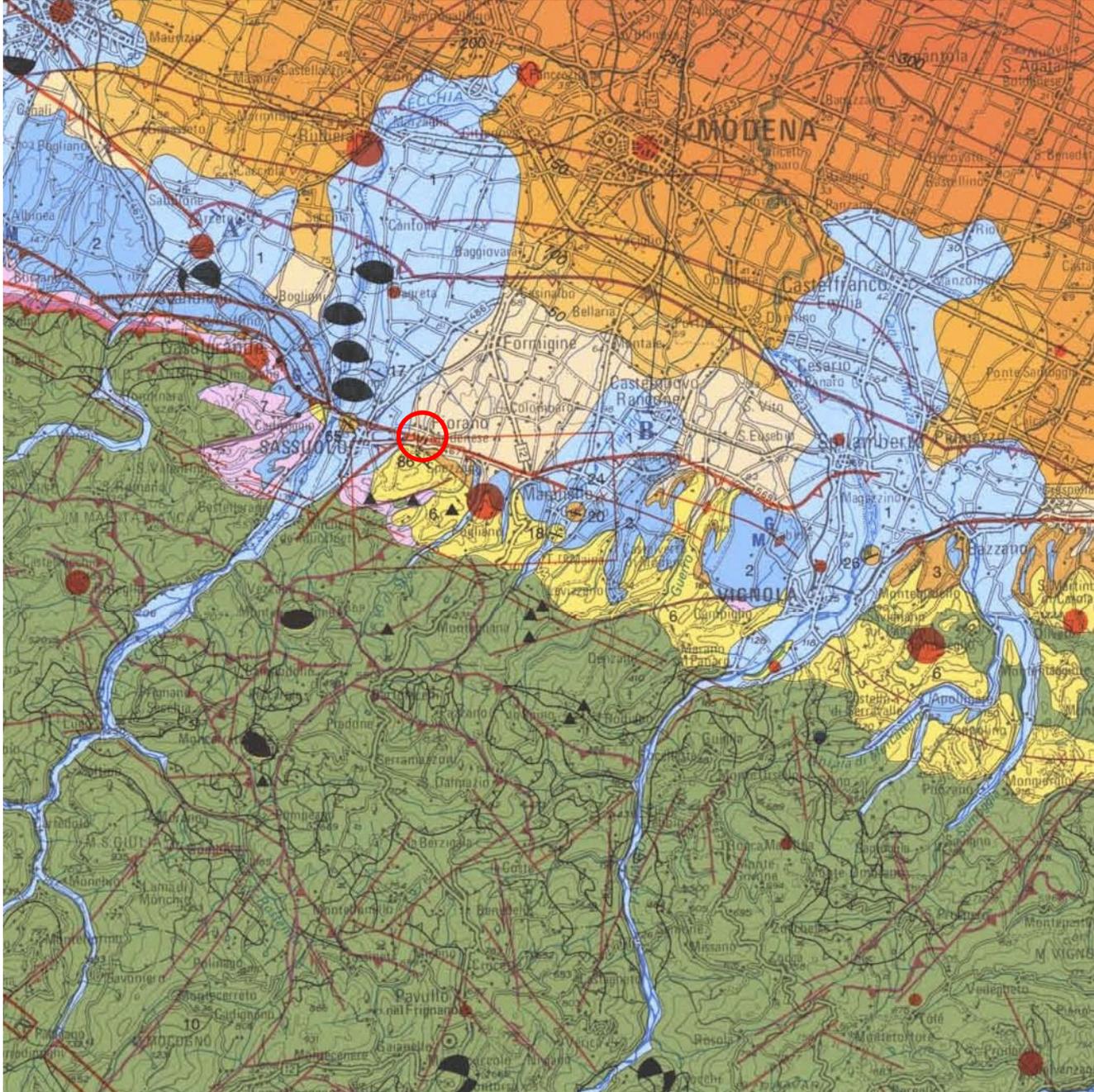
La produttività di questo acquifero, sfruttato dalla maggior parte dei pozzi ad uso acquedottistico ed industriali presenti nell'area, risulta notevolmente maggiore rispetto a quello soprastante, sia qualitativamente che quantitativamente.

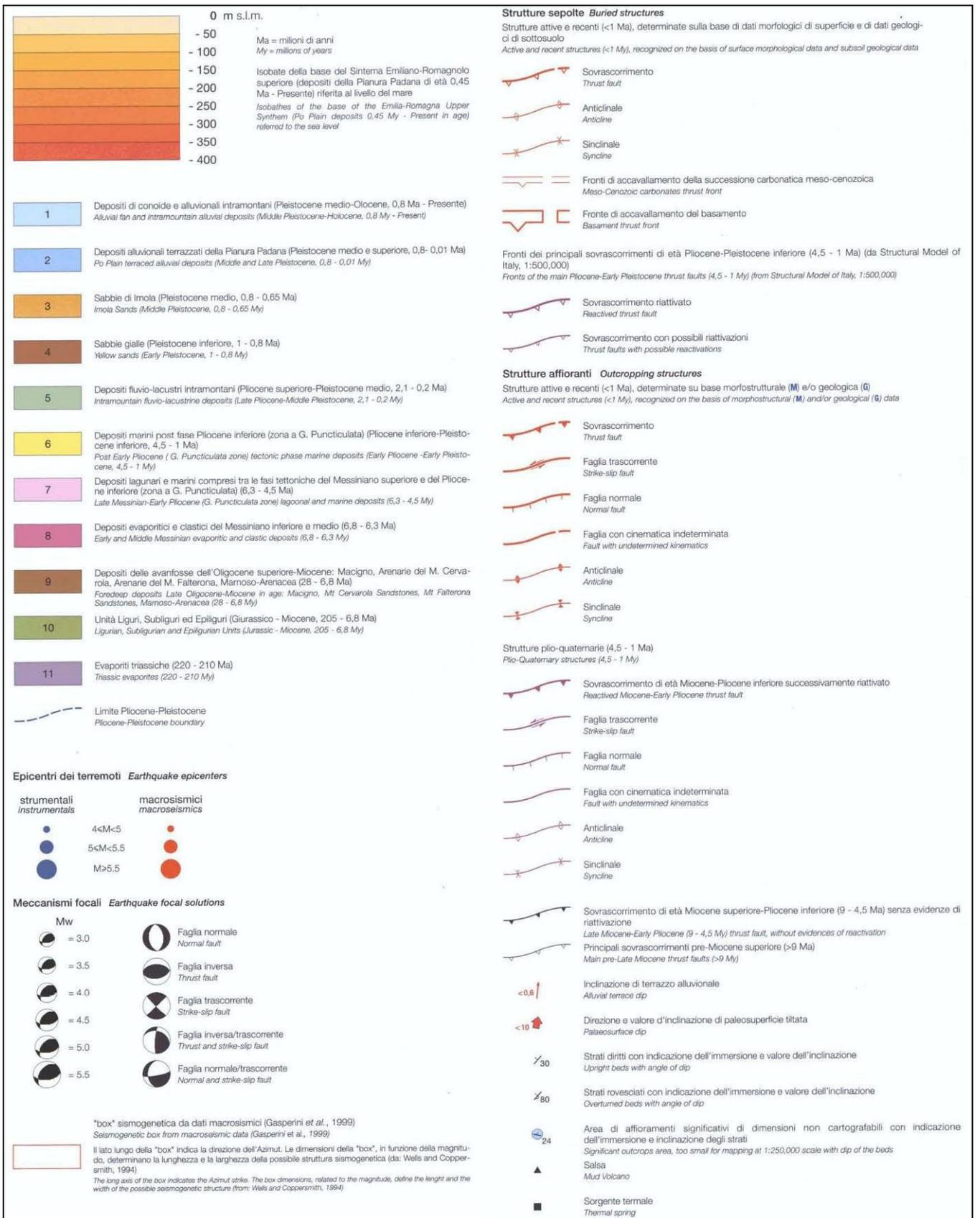
3. RELAZIONE SISMICA

3.1 SISMICITÀ DEL COMUNE DI FIORANO MODENESE

Di seguito si riporta uno stralcio della Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna e una sezione relativa all'andamento dei terreni di substrato.

FIGURA 4 – CARTA SISMOTETTONICA DELL'EMILIA ROMAGNA





Zonazione sismogenetica

È stata utilizzata la zonazione sismogenetica dell'INGV, chiamata ufficialmente ZS9. Rispetto alle zonazioni precedenti, in questo caso le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche e alla sismicità storica e strumentale e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgente.

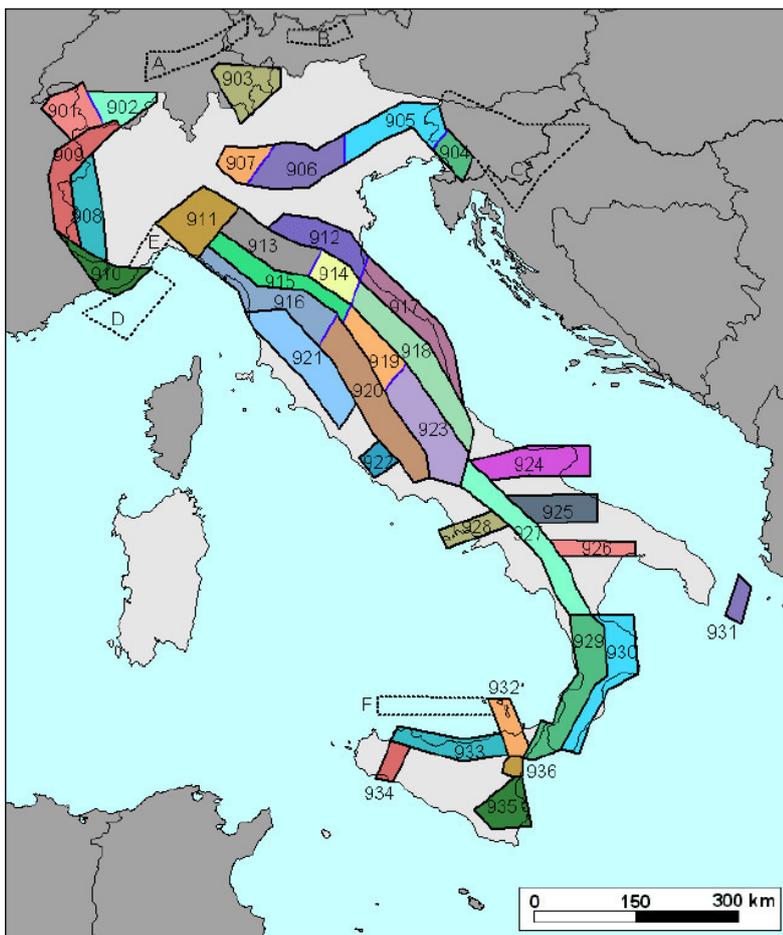


Fig. 5 – Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV).

La zonizzazione ZS9 risulta basata prevalentemente sulle informazioni di ZS4; recepisce le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche italiane messe a disposizione da DISS 2.0 (Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy, 2001) e da altre compilazioni regionali di faglie attive; considera inoltre le indicazioni che derivano dall'analisi dei dati relativi ai terremoti più importanti verificatisi successivamente alla predisposizione di ZS4, alcuni dei quali localizzati al di fuori delle zone sorgente in essa definite; supera il problema delle ridotte dimensioni delle zone sorgente e della conseguente limitatezza del campione di terremoti che ricade in ciascuna di esse.

La ZS9 può essere utilizzata in congiunzione con il catalogo CPTI2, e fornisce inoltre una stima della "profondità efficace", cioè dell'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni zona sorgente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione determinate su base regionale, e fornisce per ogni zona un meccanismo di fagliazione prevalente, utilizzabile in combinazione con le relazioni di attenuazione modulate sulla base dei coefficienti proposti da Bommer et al. (2003).

La zonazione è costituita da 42 zone-sorgente, i limiti tra le zone sono neri e blu, i limiti neri definiscono limiti il cui tracciamento dipende esclusivamente da informazioni tettoniche e geologico-strutturali, il colore blu invece definisce suddivisioni di zone con uno stesso stile deformativo ma con differenti caratteristiche della sismicità. Come ad es. distribuzione spaziale degli eventi o la massima magnitudo rilasciata, ecc.

Le 42 zone-sorgente ZS9 vengono identificate da un numero che va da 901 a 936 o con una lettera da A a F.

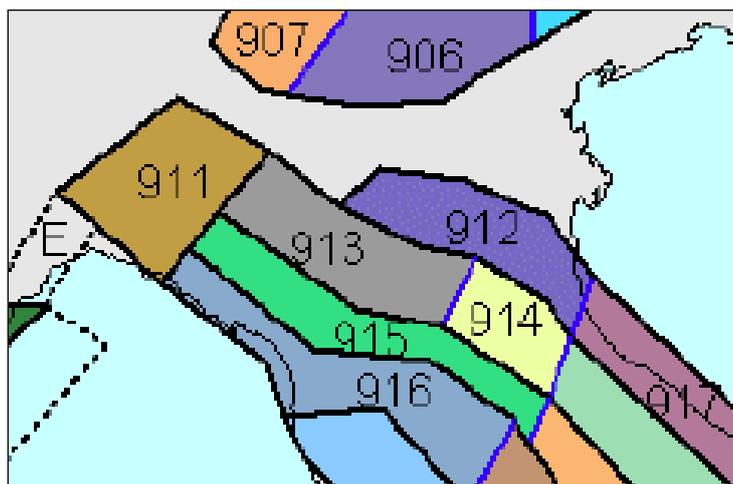


Fig. 6 – Zoom sulla zonazione sismogenetica ZS9 dell'Emilia Romagna ZS9.

Sismicità delle zone sorgenti

Nel territorio del Comune di Fiorano M.se non sono riconosciute strutture sismogenetiche; tuttavia in passato sono stati risentiti gli effetti di numerosi terremoti dovuti ad una sismicità naturale localizzata nelle zone 913 e 912.

La zona 913 è quella con un potenziale sismico tale da generare effetti non trascurabili nel territorio del Comune di Sassuolo, mentre le altre vengono considerate poco influenti per generando terremoti con magnitudo a volte anche elevata (ad es. la

zona 915).

La zona 913 è causa di una sensibile attività come documentato dagli eventi del bolognese, del reggiano e del parmense (anno 2000) risentiti nel modenese. Questi eventi sono riconducibili a sorgenti superficiali attivate da meccanismi focali per compressione (faglie inverse e trascorrenti compressive) se si escludono eventi la cui origine è ancora incerta. Fra questi figura il terremoto di Castelvetro del 1501 che avrebbe prodotto, in base alla ricostruzione macrosismica, effetti del IX° MCS. Se confermato, la fascia pedappenninica sarebbe quella potenzialmente più pericolosa per il territorio modenese.

Ricostruzione della storia sismica

Il catalogo delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA, Elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile (D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, 1996), evidenzia quanto riportato nella figura seguente:

L'intensità massima registrata nel Comune di Fiorano M.se è dell'IX MCS (scala Mercalli-Cancani-Sieberg), corrispondente ad una magnitudo dell'ordine di 5.5 (scala Richter).

L'attività tellurica dell'area è nota e documentata dall'anno 1000, anche se la qualità e la quantità delle informazioni non sono omogenee e si manifesta sia con eventi singoli di media intensità, sia con sequenze sismiche estese nel tempo.

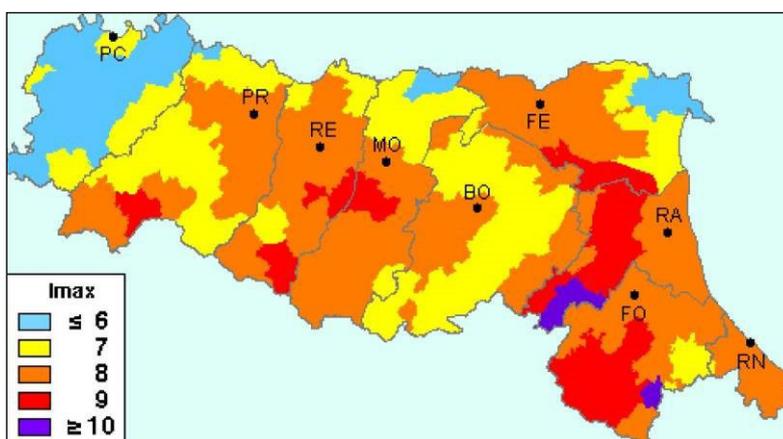


Fig. 7 – Intensità Macrosismiche osservate nei comuni italiani – GNDT ING/SGA

Le revisioni e ricollocazioni degli eventi storici e recenti, ma soprattutto l'attivazione di una rete sismica regionale integrata con quella nazionale, hanno permesso di distinguere, nell'ambito della regione, zone con differente regime sismico, vale a dire frequenza dei fenomeni, intensità e profondità focale.

3.2 NORMATIVA SISMICA DI RIFERIMENTO

Ordinanza P.C.M. 3274/2003

A seguito della nuova classificazione sismica (Ordinanza P.C.M. 3274 del 20/3/2003 e s.m), il territorio nazionale è diviso in quattro zone sismiche caratterizzate da differenti valori dell'acc.ne orizzontale massima (ag/g) su suolo di categoria A.

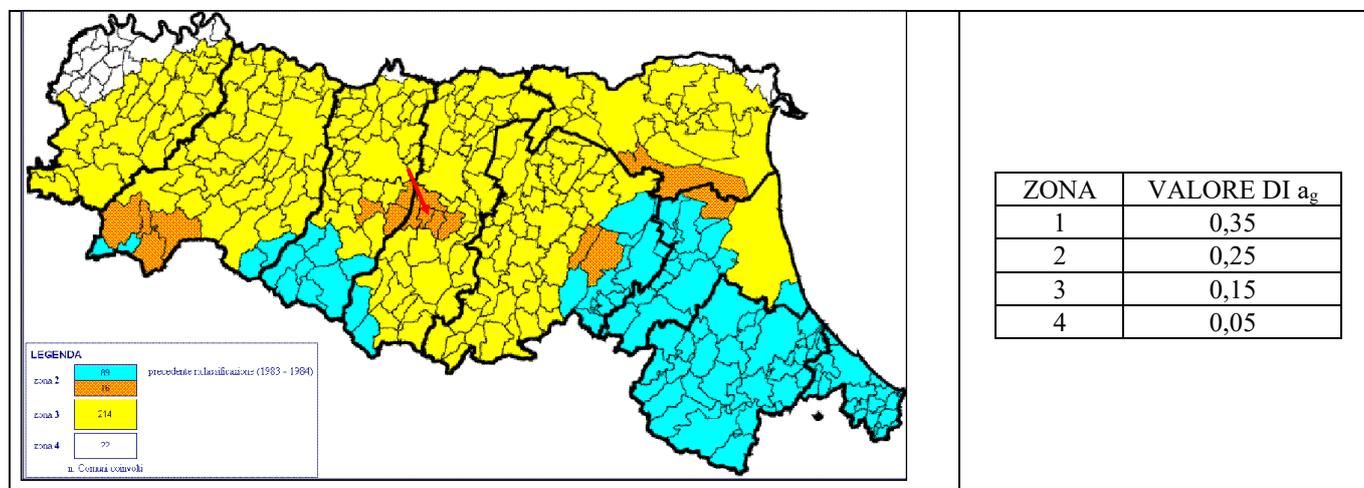


Fig. 8 - Classificazione sismica attuale di riferimento - Ordinanza PCM del 20 marzo 2003 n. 2374 All. 1.

Il Comune di Fiorano M.se ricade in “zona sismica 2” a cui corrisponde un’accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A, riferita ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ed espressa come frazione dell’accelerazione di gravità g, pari a $a_g = 0,25g$.

Ordinanza P.C.M. 3519/2006

Successivamente, l'Ordinanza PCM 3519/2006 ha indicato i *Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.*

A tale ordinanza è allegata la *Mappa di Pericolosità sismica di riferimento a scala nazionale* nella quale è possibile verificare che il territorio del Comune di Fiorano M.se è compreso nell'area caratterizzata da **valori dell'accelerazione massima al suolo (amax)**, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A, All. 2, 3.1), **compresi tra 0,150 e 0,175** l'accelerazione di gravità g.

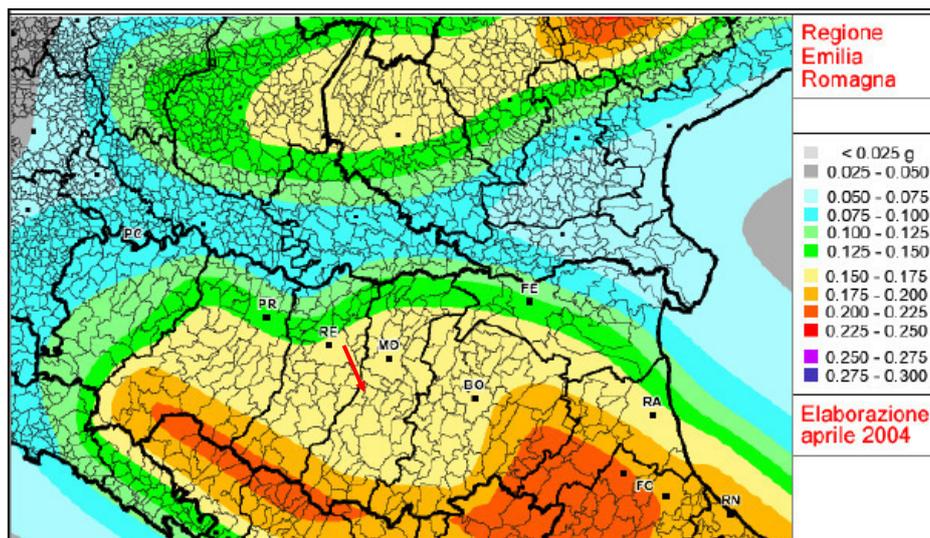


Fig. 9 - Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo (amax) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s; cat. A) allegata all'Ordinanza PCM n. 3519 del 28 aprile 2006. (Fonte: Sito web della Regione Emilia-Romagna).

Del. Rer. 112/2007

Recentemente poi, la RER ha approvato la Del. n. 112 del 02-05-2007 “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.”; in All. A4 sono riportati i valori di accelerazione max, espressa sempre in frazione dell’accelerazione di gravità g (a_{refg}), per ogni comune della Regione.

MO	Concordia sulla Secchia	0.127	Per il Comune di Fiorano M.se risulta $a_{refg}=0,162$.
MO	Fanano	0.179	
MO	Finale Emilia	0.149	
MO	Fiorano Modenese	0.162	
MO	Fiumalbo	0.198	
MO	Formigine	0.163	
MO	Frassinoro	0.178	

NTC2018

Le NTC stabiliscono che l’accelerazione orizzontale massima del sito di riferimento non è più riferita ad una classificazione comunale ma viene calcolata considerando le proprietà del sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento.

Ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto, l’effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi (§ 7.11.3 NTC18). In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella seguente Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all’approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Il suolo può essere assimilato e classificato in modo semplificato in una delle 5 classi principali (A,B,C,D,E).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad \text{m/s}$$

h_i = spessore dello strato i -esimo
 $V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nello strato i -esimo
 N = numero strati considerati
 H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

3.3 INDAGINI GEOFISICHE

Per la caratterizzazione sismica del suolo di fondazione sono state consultate diverse indagini, tipo Masw eseguite per lo Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Fiorano.

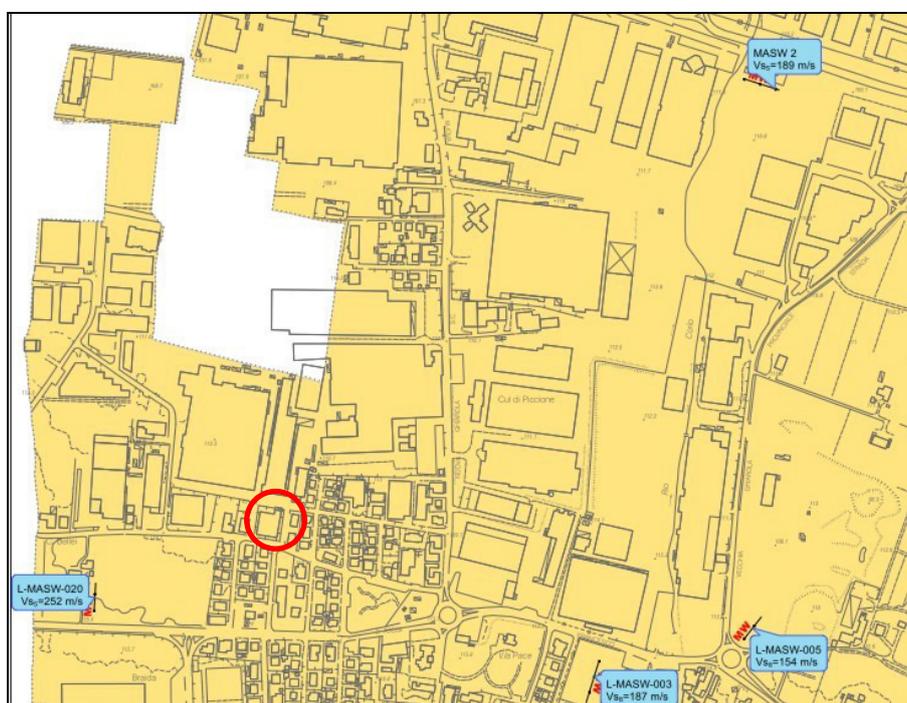


Figura 10 - Carta delle Vs - Tratta da "Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Fiorano"

Indagini geofisiche	
	Sondaggio in cui è stata eseguita una prova Down Hole
	Array sismico Vs
	Prova Re.Mi.
	Prova MASW
	Sigla univoca della prova con indicazione del valore di H (in m) e VsH (in m/s)
Ambiti territoriali	
	Ambito appennino e margine appenninico padano con substrato marino affiorante caratterizzato da Vs inferiori a 800 m/s
	Ambito di pianura padana per coperture su substrato a profondità inferiore a 100m da p.c. (PIANURA 1)
	Ambito di pianura e costiero assimilabile ad appennino e margine appenninico padano per substrato caratterizzato da Vs inferiori a 800 m/s

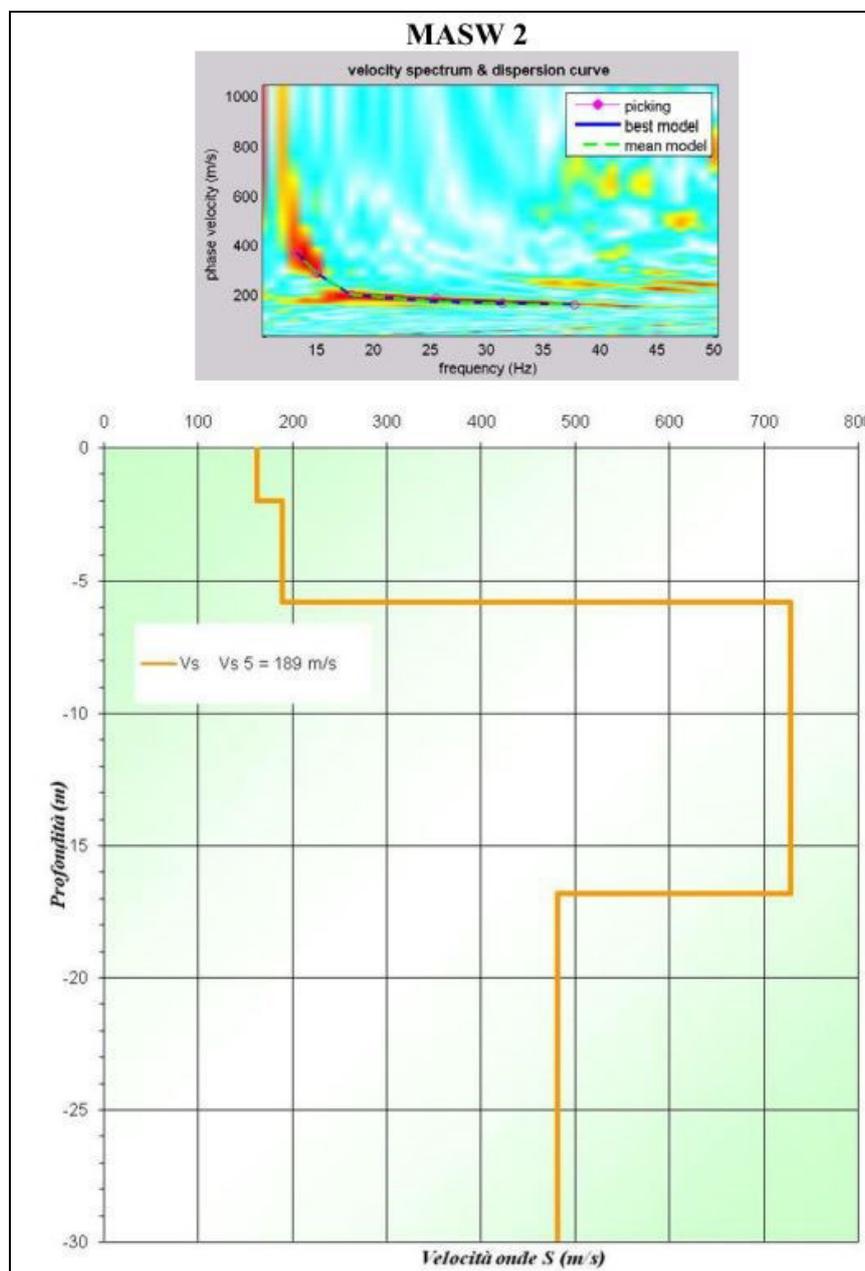
3.3.1 PROSPEZIONE SISMICA MASW

Di seguito si riporta una Masw la cui risultanza è ritenuta rappresentativa del sito d'intervento.

L'ubicazione dell'indagine è riportata nella figura precedente (Masw 2).

L'indagine Masw ha permesso di definire il profilo verticale della VS (velocità di propagazione delle onde di taglio) ed è stata quindi utile per la definizione della categoria di suolo e della caratterizzazione della risposta sismica del sito in esame

Di seguito si riporta il profilo verticale delle Vs.



3.3.2 ANALISI DELLE FREQUENZE DI RISONANZA

Per la verifica delle frequenze si fa riferimento alla Carta delle frequenze dello Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Fiorano.

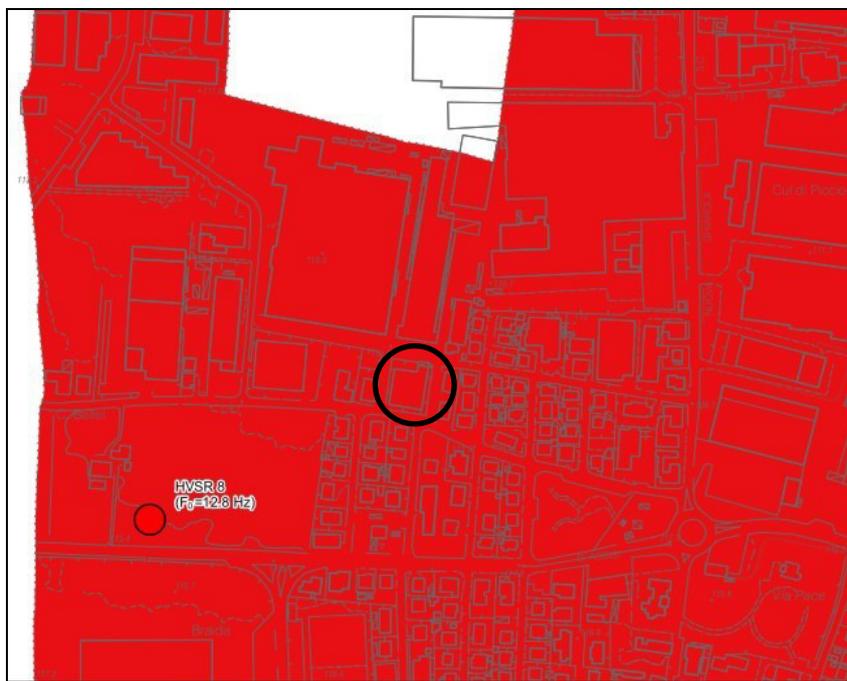


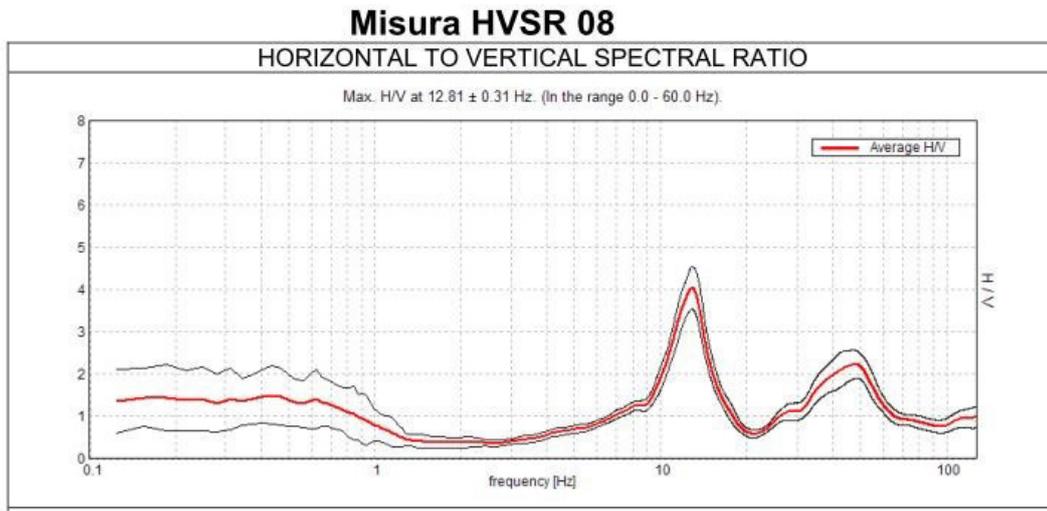
Figura 11 - Carta delle Frequenze - Tratta da "Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Fiorano"



L'indagine HVSr, registrazione con tromografo di rumore sismico ambientale di fondo (microtremore), si pone come obiettivo preminente l'individuazione delle diverse frequenze di risonanza del terreno il tutto, nell'ottica di valutare eventuali fenomeni di amplificazione del moto sismico nel terreno d'indagine.

La presenza di significative impedenze sismiche viene segnalata con l'elaborazione degli spettri HVSr, e delle tre componenti spaziali. L'analisi degli esiti di questa indagine può essere associata alle conoscenze di sottosuolo (stratigrafia e geomeccanica), ed alle misure ottenute dalle altre indagini geofisiche.

A seguire il grafico H/V dell'Hvsr 08.



Frequenze di risonanza

Il rapporto H/V permette di rilevare la presenza di contrasti di rigidezza evidenziati dal picco della linea rossa (average H/V) che sale a valori maggiori di 2 in corrispondenza di determinate frequenze.

- picco di frequenza a 12.81 Hz (ampiezza ~4)

Il picco è ritenuto affidabile e di origine stratigrafica.

Si ricorda che il range tipico di interesse ingegneristico/strutturale delle costruzioni è compreso tra 1-10 Hz.

Il picco di risonanza è attribuibile ad un passaggio di rigidezza, che dalle conoscenze stratigrafiche della prova penetrometrica eseguita, corrisponde al livello di ghiaia presente intorno ai 4-5 m.

La conoscenza dei picchi di risonanza è necessaria al fine di valutare l'esistenza di eventuali incrementi dell'ampiezza delle oscillazioni sismiche, legati a fenomeni di doppia risonanza tra la frequenza fondamentale dei terreni superficiali e il primo modo di vibrare della struttura in progetto.

3.4 ANALISI SEMPLIFICATA (NTC18)

3.4.1 CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO

L'analisi dei dati ottenuti con le indagini geofisiche unitamente alle conoscenze geologiche e litostratigrafiche, permette di ottenere un modello di sottosuolo riconducibile alla classificazione semplificata tipica delle categorie di sottosuolo definite dalle NTC 2018. La Masw fornisce un valore della $V_{s,eq}=V_{s30}$ di 414 m/s a 0 m di prof.

Il suolo di fondazione del sito d'intervento viene classificato come:

- suolo di fondazione Categoria B (NTC2018)

a cui corrisponde un coefficiente di amplificazione stratigrafica **$S_s=1.20$**

Questa procedura semplificata è stata concordata con l'Ing. Strutturista. Nel caso in cui la si ritenesse opportuna, è possibile eseguire un'analisi di RSL (Risposta Sismica Locale) con utilizzo di accelerogrammi e codici di calcolo.

3.4.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Condizioni topografiche – amplificazione topografica S_T

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.IV):

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

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

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

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

L'area in esame si colloca nell'alta pianura modenese in posizione pianeggiante, pertanto la **categoria topografica è T1** a cui si fa corrispondere un coefficiente di amplificazione: **$S_T=1.0$** .

3.6 CALCOLO DEI PARAMETRI SISMICI DEL SITO (NTC 2018)

I parametri spettrali necessari per definire l'azione sismica di progetto vengono determinati inserendo:

- a) Classe dell'opera II - $C_u = 1$
- b) vita nominale della costruzione : 50 anni
- c) azione sismica : stato limite di salvaguardia della vita (tempo di ritorno : 475 anni)

I parametri tabellati sono sempre riferiti al substrato rigido. Oltre ad a_g si riportano anche altri due parametri:

- F_0 : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore del sito viene ottenuto tramite la media pesata dei valori che si riferiscono ai quattro punti del reticolo che comprendono l'area in oggetto mediante la seguente formula:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{P_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

Dove :

p = valore del parametro di interesse nel punto in esame

p_i = valore del parametro di interesse nell' i -simo punto della maglia elementare contenete il punto in esame

d_i = distanza del punto in esame dall' i -simo punto della maglia suddetta

Parametri sismici

Di seguito si riportano i parametri e i coefficienti sismici del sito.

Sito in esame	Siti di riferimento			
latitudine: 44,545833	Sito 1 ID: 16500	Lat: 44,5534	Lon: 10,7550	Distanza: 4314,322
longitudine: 10,808402	Sito 2 ID: 16501	Lat: 44,5550	Lon: 10,8250	Distanza: 1663,318
Classe: 2	Sito 3 ID: 16723	Lat: 44,5050	Lon: 10,8272	Distanza: 4778,407
Vita nominale: 50	Sito 4 ID: 16722	Lat: 44,5034	Lon: 10,7573	Distanza: 6218,763

Parametri sismici

Categoria sottosuolo:	B
Categoria topografica:	T1
Periodo di riferimento:	50anni
Coefficiente c_u :	1

Di seguito i parametri sismici ai vari stati limite:

Parametri sismici		Operatività SLO	
Probabilità di superamento:	81 %	Ss:	1,200
Tr:	30[anni]	Cc:	1,450
a_g :	0,052 g	St:	1,000
Fo:	2,484	Kh:	0,011
Tc*:	0,252[s]	Kv:	0,006
		Amax:	0,616
		Beta:	0,180

Parametri sismici		Danno SLD	
Probabilità di superamento:	63 %	Ss:	1,200
Tr:	50[anni]	Cc:	1,430
a_g :	0,065 g	St:	1,000
Fo:	2,493	Kh:	0,014
Tc*:	0,265[s]	Kv:	0,007
		Amax:	0,766
		Beta:	0,180

Parametri sismici		Salvaguardia della vita SLV	
Probabilità di superamento:	10 %	Ss:	1,200
Tr:	475[anni]	Cc:	1,410
a_g :	0,163 g	St:	1,000
Fo:	2,398	Kh:	0,047
Tc*:	0,289[s]	Kv:	0,023
		Amax:	1,913
		Beta:	0,240

Parametri sismici		Prevenzione del collasso SLC	
Probabilità di superamento:	5 %	Ss:	1,200
Tr:	975[anni]	Cc:	1,400
a_g :	0,205 g	St:	1,000
Fo:	2,400	Kh:	0,076
Tc*:	0,302[s]	Kv:	0,038
		Amax:	2,409
		Beta:	0,310

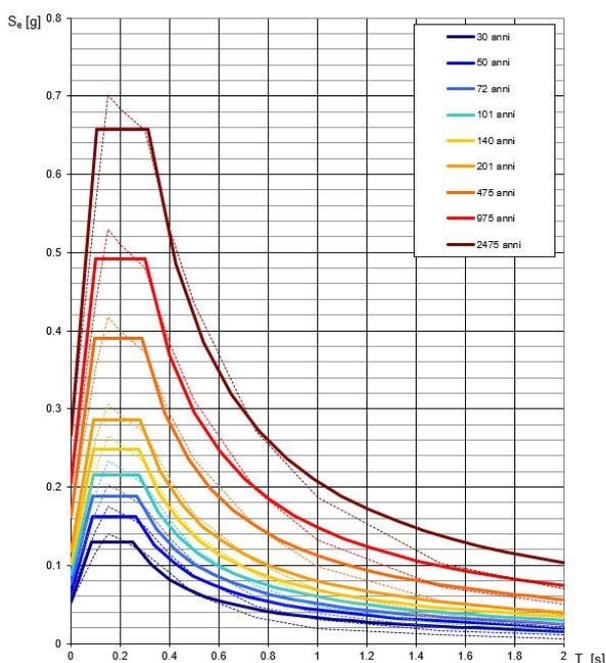
3.6.1 Valutazione dell'azione sismica - Spettri di risposta del sito

Le NTC 2018 richiedono di definire lo spettro di risposta elastico in accelerazione per il sito in esame. Tale spettro indica, per ciascuna frequenza, la risposta allo scuotimento massimo (da terremoto) di un oscillatore elastico smorzato semplice (struttura teorica tipo) con frequenza propria pari alla frequenza considerata.

Con T si intende il periodo fondamentale di risonanza dell'edificio (in secondi) e con a_g l'accelerazione massima di picco del sottosuolo (pga) in caso di terremoto (m/s^2).

Di seguito si riportano gli spettri elastici di risposta per periodo di ritorno T_R e per Stati limite.

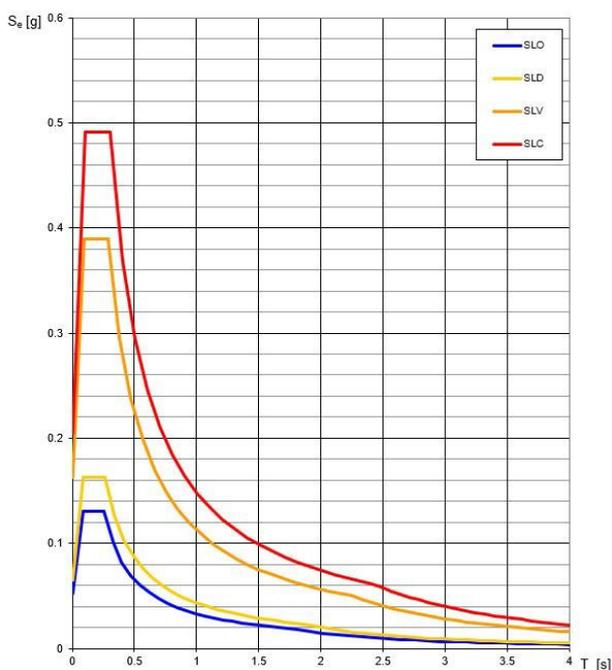
Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.052	2.484	0.252
50	0.065	2.493	0.265
72	0.076	2.478	0.271
101	0.088	2.466	0.276
140	0.101	2.451	0.277
201	0.118	2.425	0.280
475	0.163	2.398	0.289
975	0.205	2.400	0.302
2475	0.266	2.467	0.316

Tratto da: sito CLSP – Software Spettri di Risposta Ver 1.0.3. Con linea continua gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

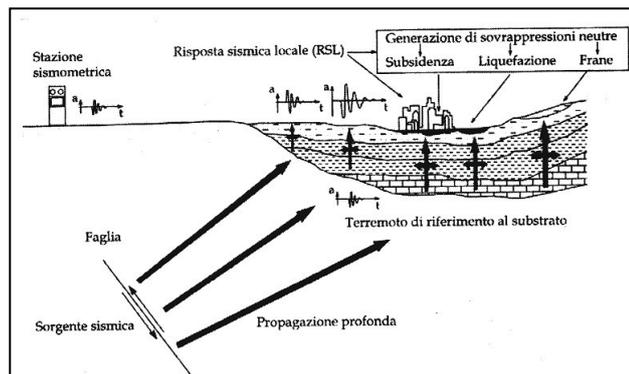


SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.052	2.484	0.252
SLD	50	0.065	2.492	0.265
SLV	475	0.162	2.398	0.289
SLC	975	0.205	2.400	0.302

Tratto da: sito CLSP – Software Spettri di Risposta Ver 1.0.3.

3.7 PERICOLOSITÀ SISMICA ED EFFETTI LOCALI

La diversa entità dei danni prodotti da un terremoto nello stesso ambito territoriale dimostra che le azioni sismiche possono



assumere, anche a distanze di poche decine di metri, caratteristiche differenti in funzione delle diverse condizioni geologiche che caratterizzano un dato ambito territoriale (morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza/profondità della falda freatica, proprietà del sottosuolo, presenza di faglie, ecc).

Terreni con caratteristiche geotecniche particolarmente scadenti possono, in condizioni di sollecitazione sismica, perdere

temporaneamente o permanentemente la capacità portante a loro ascrivibile in condizioni statiche, causando cedimenti e lesioni negli edifici, anche se questi sono stati costruiti secondo criteri tali da far loro sopportare le sollecitazioni indotte dai terremoti attesi. Altro caso riguarda l'effetto di liquefazione in condizioni sismiche dei terreni sabbiosi saturi che, sotto sollecitazioni cicliche, tendono a perdere la loro resistenza al taglio.

In alcuni casi, le particolari caratteristiche del sito, sia di tipo morfologico sia derivanti dalla natura del substrato, possono determinare effetti di amplificazione delle sollecitazioni, rispetto ad una situazione tipo. Si precisa che la situazione tipo è in generale definita da un'area pianeggiante con roccia granitica come appoggio per le strutture di fondazione degli edifici oppure, negli studi di microzonazione sismica, come il substrato roccioso (bedrock) che risente del terremoto di riferimento per il sito in questione, rispetto al quale si verifica l'eventuale effetto di amplificazione.

Tale effetto di amplificazione è legato alla presenza di terreni con rigidità inferiori a quella di riferimento; tale condizione di minore rigidità può ad esempio essere espressa dal valore dell'impedenza acustica della roccia (prodotto della densità per la velocità delle onde sismiche): più l'impedenza acustica della roccia è minore rispetto a quella della roccia di riferimento più l'effetto di amplificazione si rende evidente.

L'effetto di amplificazione sismica si risente poi anche quando il substrato è costituito da "terreni" (in senso geotecnico: terreni quaternari, depositi superficiali, ecc.), che per la loro stessa natura sono caratterizzati da valori di impedenza acustica sempre inferiori a quelli della roccia di riferimento. In questi casi, tuttavia, accade spesso che il fenomeno di amplificazione non risulta la causa delle lesioni e dei crolli degli edifici costruiti su questi terreni. In effetti, sono le caratteristiche geotecniche dei medesimi, che in condizioni di sollecitazione sismica tendono a peggiorare decisamente, a determinare i crolli: a causa della perdita di capacità portante alle strutture di fondazione, che avviene prima che l'effetto di amplificazione venga risentito dalla struttura degli immobili.

Fondamentale quindi è la valutazione della "risposta sismica locale" (RSL). Con tale termine s'intende l'insieme delle modifiche in intensità, ampiezza e frequenza, che un moto sismico relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), posta ad una certa profondità nel sottosuolo, subisce attraverso gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie.

I due coefficienti di amplificazione che sono stati considerati in questo studio sono:

S_s (in base al profilo stratigrafico e tipo di suolo) e S_T (coefficiente di amplificazione topografica) - Cap. 3.5-3.6

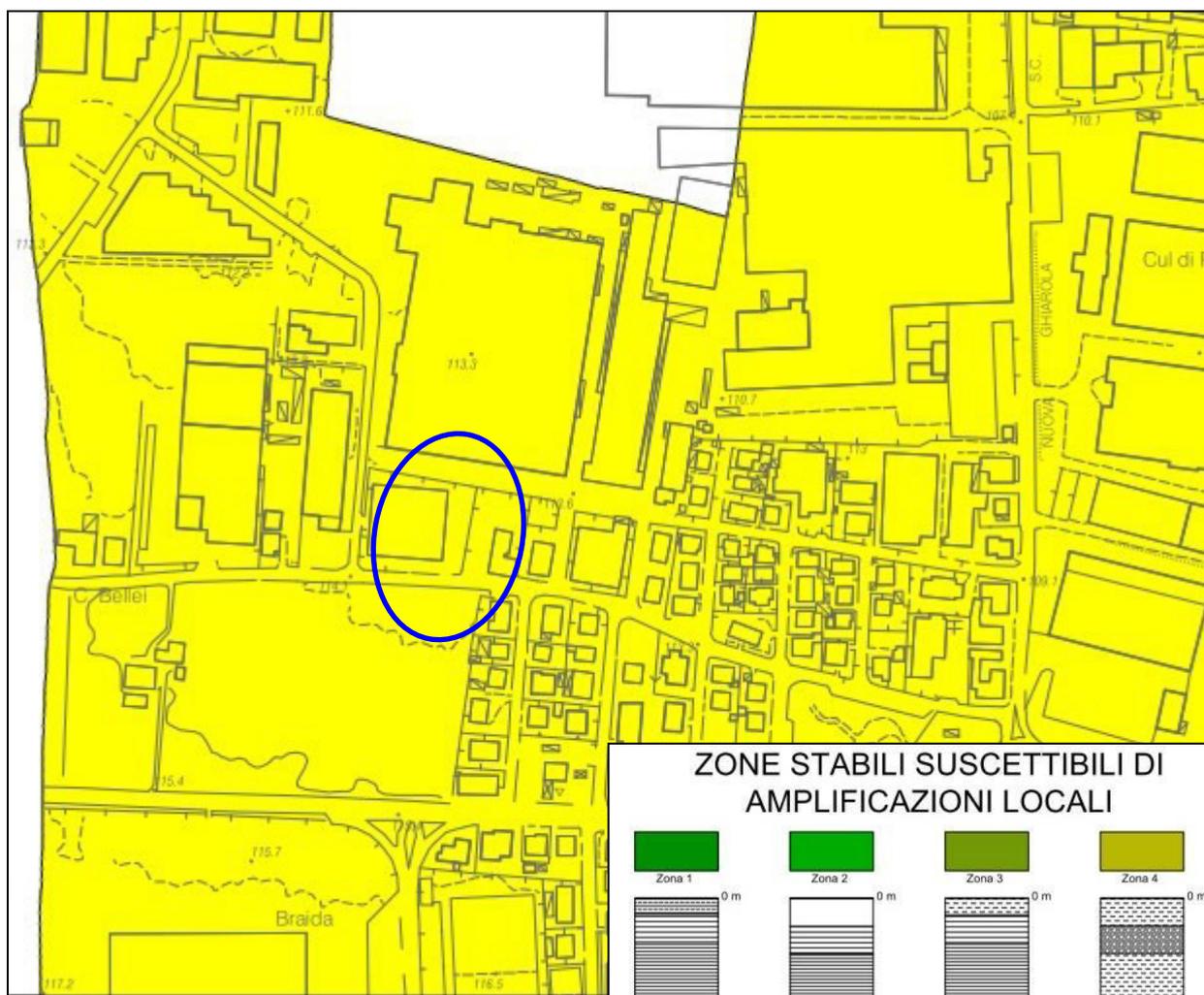
Per l'area in esame, si escludono effetti locali indotti da instabilità, liquefazione e da cedimenti.

3.8 EFFETTI DI SITO

A seguire si riporta uno Stralcio della Carta delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) tratta dallo Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Fiorano, dove l'area in studio rientra nelle zone "stabili suscettibili di amplificazioni locali".

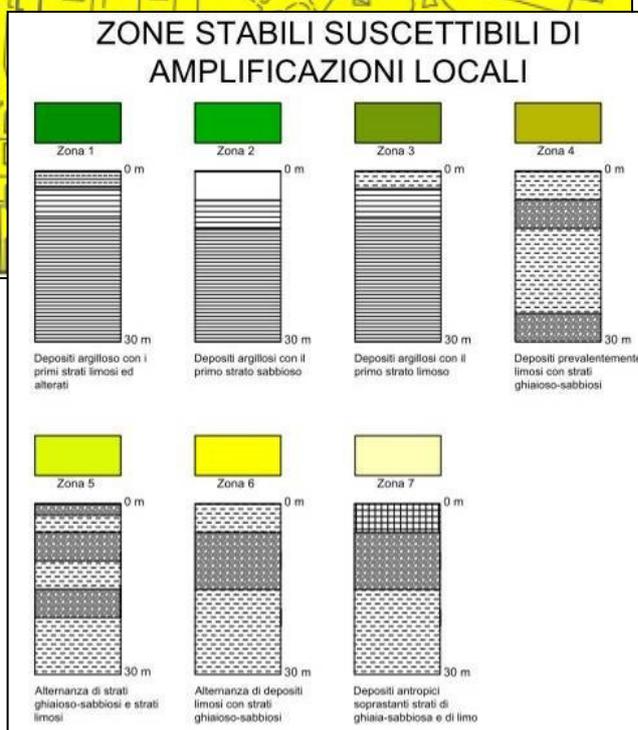
Nel Cap. 3.4-3.5 sono stati valutati, in modo semplificato con le NTC 2018, gli effetti dovuti alle caratteristiche litologiche (coeff. ampl. Stratigrafica $S_s=1.2$).

FIGURA 12 – CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA



Tratta da "Studio di Microzonazione Sismica del Comune di Fiorano"

L'area in oggetto ricade nella Zona 6. Dalle indagini svolte si conferma sostanzialmente tale zonazione.



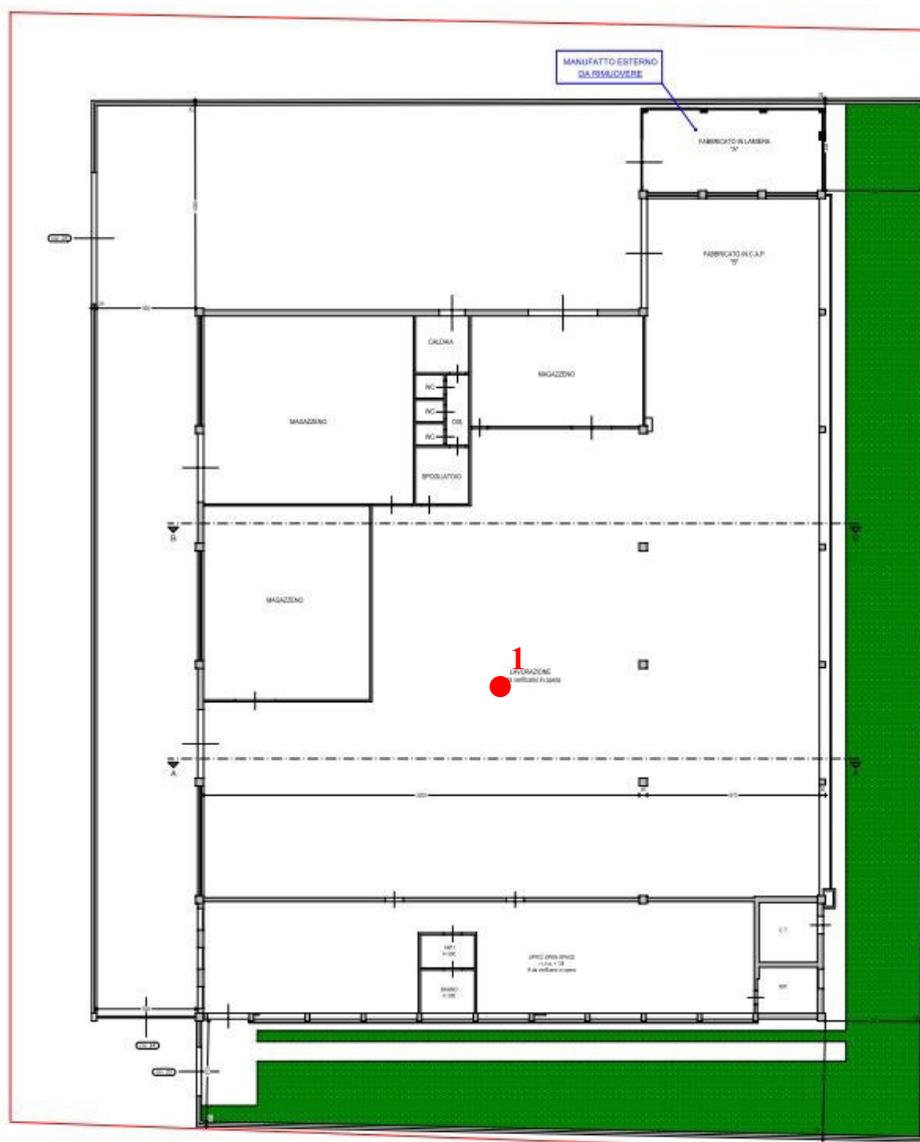
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE – MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO

4.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE DI CAMPAGNA

Per la caratterizzazione litostratigrafica e fisico-meccanica dei terreni di fondazione del sito è stata eseguita:

- n° 1 prova penetrometrica dinamica (All. 1).

FIGURA 13 – UBICAZIONE INDAGINI SU PLANIMETRIA STATO DI FATTO (scala grafica)



● : prova penetrometrica dinamica



Per la prova eseguita, ubicata in Figura 13, si è utilizzato un **penetrometro pesante (DPSH)**, certificato dalla Ditta Pagani Geotechnical Equipment di Piacenza, con caratteristiche tecniche riassunte nella tabella seguente:

Caratteristiche Tecniche del Penetrometro	
peso del maglio (M)	63.5 kg
altezza di caduta (H)	75 cm
area alla punta	20 cm ²
diametro punta (D)	50.46 mm
angolo alla punta	90°
avanzamento punta	20 cm
lunghezza aste	100 cm
Peso aste	6.3 kg/m

Dalla lettura in campagna del numero dei colpi (N), necessari per infiggere la punta di 20 cm, si sono ricavati, tramite la "formula degli olandesi", i valori di *resistenza dinamica alla punta* "**R_{pd}**":

$$R_{pd} = [(M^2 * H) * N] / [ad * (M + Pa)] \quad (\text{kg/cm}^2)$$

In allegato 1, oltre ai tabulati di calcolo, si riporta una litostratigrafia schematica interpretativa e due modelli di grafici, il primo riporta il "**Numero (N) di Colpi**" e la "**Profondità**" in m, il secondo la *resistenza dinamica alla punta* "**R_{pd}**".

Di seguito si riporta la legenda dei parametri calcolati con la prova:

Legenda	
N _{spt} =	n° colpi da SPT
γ =	peso di volume
φ =	angolo d'attrito
C' =	coesione efficace
C _u =	coesione non drenata
E _d =	modulo edometrico
M _o =	modulo confinato

4.1.1 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E MECCANICO-RESISTIVA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

Dall'interpretazione dei dati ricavati dalla prova penetrometrica (All. 1), viene ricostruita la sequenza litostratigrafica interpretativa del sottosuolo e valutate le caratteristiche meccaniche degli strati attraversati.

SEQUENZE LITOSTRATIGRAFICHE	
PROVA 1	
- 0.0 ÷ 0.6 m	Materiali di riporto eterogenei superficiali.
- 0.6 ÷ 1.4 m	Argille e limi da poco a mediamente addensati. Rpd=9-27 kg/cm ²
- 1.4 ÷ 4.6 m	Limi argillosi talora sabbiosi discretamente addensati. Rpd=23.5-53.9 kg/cm ²
- 4.6 ÷ 5.4 m	GHIAIE Rpd=96.8-380 kg/cm ²

Rpd: resistenza dinamica alla punta con valori riferiti alla superficie della punta di perforazione

4.1.1 IDROLOGIA SOTTERRANEA

Per quanto riguarda la conformazione e il regime idrologico del sottosuolo, al termine dell'esecuzione dell'indagine, all'interno dei fori di sondaggio, tramite freatimetro elettroacustico, non è stata rilevata alcuna presenza di acqua di falda (07/09/2018).

In generale questa zona può essere assimilata ad un unico contesto geologico con buone e apprezzabili caratteristiche di uniformità e costanza in termini di sequenza lito-stratigrafica.

La consultazione di indagini eseguite in intorno significativo ha permesso una buona validazione del modello geologico in studio.

L'approfondimento del piano d'indagini a disposizione è ritenuto quindi idoneo in quanto rileva il passaggio copertura/ghiaie, che rappresenta l'unica discordanza ed eteropia verticale significativa all'interno del volume significativo di terreno coinvolto nell'intervento edilizio in progetto.

4.2 TIPOLOGIA D'INTERVENTO

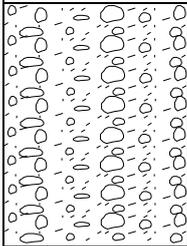
Nell'area in studio è in previsione la ristrutturazione edilizia per fabbricato artigianale.

Per i disegni completi e definitivi si rimanda agli elaborati progettuali.

4.3 MODELLAZIONE GEOTECNICA

Le indagini eseguite permettono di fornire la seguente modellazione geotecnica del sito d'intervento.

Di seguito si riportano i modelli geotecnici medi, con indicati i parametri geotecnici nominali

0.0 m -		Materiale di riporto eterogeneo
0.6 m -		Argille e limi da poco a mediamente addensati $\gamma: 1.8 \text{ t/m}^3 - \phi: 21^\circ - C': 8 \text{ kPa} - C_u 45 \text{ kPa} - E_d 2360 \text{ kPa}$
1.4 m -		Limi argillosi discretamente addensati $\gamma: 1.9 \text{ t/m}^3 - \phi: 23^\circ - C': 12 \text{ kPa} - C_u 75 \text{ kPa} - E_d 4000 \text{ kPa}$
> 4.6 m -		GHIAIE $\gamma: 2.1 \text{ t/m}^3 - \phi: 36^\circ - C': 0 \text{ kPa} - C_u - \text{kPa} - M_o 35000 \text{ kPa}$

Legenda: γ peso di volume; ϕ angolo d'attrito; C' coesione efficace; C_u coesione non drenata; E_d modulo edometrico; M_o modulo confinato

5. PROPOSTA DI TIPOLOGIA DI FONDAZIONE

Quanto riportato in questo capitolo è una proposta che fa seguito alla modellazione geologica del sito; rimane in capo allo strutturista l'individuazione della scelta progettuale definitiva.

Nella scelta della profondità fondale andrà tenuto conto che le NTC 2018 prescrivono che il piano di fondazione deve essere situato sotto la coltre di terreno vegetale nonché sotto lo strato interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua (strato attivo).

Come si può vedere dal modello geotecnico, la prova ha evidenziato al di sotto di circa 0.6 m di riporto eterogeneo, terreni medio fini argilloso-limosi da poco a mediamente compatti fino a 1.4 m poi discretamente addensati fino a 4.6 m dove si intercetta un banco di ghiaie ben addensate che hanno determinato il rifiuto strumentale del penetrometro.

Una idonea quota d'imposta delle fondazioni è quella che permette di oltrepassare i terreni di riporto e quelli meno compatti più superficiali e raggiungere una litologia sufficientemente omogenea tra le varie parti della struttura.

5.1 FONDAZIONI SUPERFICIALI

Tenuto conto del modello geologico-geotecnico desunto dalle indagini condotte, risulta idoneo l'utilizzo di fondazioni superficiali tipo plinto che si consiglia di attestare ad almeno -1.5 m, rispetto alla pavimentazione attuale.

Questa quota è garante di migliori caratteristiche sia in termini di compattezza che di omogeneità rispetto alle litologie più superficiali.

In fase esecutiva, l'apertura degli scavi di fondazione e la definizione delle relative quote di progetto permetterà di quantificare puntualmente la natura e i caratteri lito-tecnici dei terreni, e, nel caso di disomogeneità latero-verticali non evidenziate dall'indagine geognostica eseguita, di conseguenza affinare eventualmente la profondità.

Considerando una profondità del piano di posa di fondazione a circa -1.5 m, di seguito si riportano i parametri geotecnici nominali:

PARAMETRI GEOTECNICI **NOMINALI** PER IL TERRENO DI FONDAZIONE

Terreno di fondazione	γ	ϕ	C'	C_u
-1.5 m di prof.	(t/mc)	(°)	(kPa)	(kPa)
	1.9	23	12	75

Legenda: γ peso di volume; ϕ angolo d'attrito; C' coesione efficace; C_u coesione non drenata

L'elaborazione al 5° percentile di distribuzione della media permette di ottenere i valori caratteristici: **ϕ_k, C'_{k}, C_{k}** .

PARAMETRI GEOTECNICI **CARATTERISTICI** DEL TERRENO DI FONDAZIONE - IPOTESI PLINTO

Terreno di fondazione	ϕ_k	C'_k	C_{k}
-1.5 m di prof.	(°)	(kPa)	(kPa)
	19.2	7.4	46.2

Legenda: γ peso di volume; ϕ angolo d'attrito; C' coesione efficace; C_u coesione non drenata;

6. VERIFICHE DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

6.1 VERIFICHE CAPACITÀ PORTANTE DEL TERRENO AGLI STATI LIMITE ULTIMI (SLU) E SLV - GEO

In questo capitolo viene svolta una verifica indicativa della capacità portante del terreno di fondazione con sisma e in condizioni statiche.

Si ipotizza una tipologia di fondazione tipo plinto con quota a -1.5 m.

Le verifiche vengono condotte con la seguente metodologia e con i seguenti parametri:

FONDAZIONE A PLINTO

- metodo	Hansen (1970), come illustrato da Bowles (1991)
- meccanismi di stato	cond. a breve e a lungo termine.
- coefficienti parziali	(NTC 2018 – Tab 6.2.II)
- approccio	approccio 2
- tipo fondazione	plinto
- profondità d'imposta	-1.5 m
- ag	0.163 (Cu=1)
- Ss	1.20
- St	1.0

Si sottolinea che queste verifiche sono indicative; per le verifiche puntuali e di dettaglio di progetto si rimanda alla Relazione di calcolo dell'Ing. Strutturista.

In sintesi l'elaborazione con l'Approccio 2, fornisce i seguenti risultati della capacità portante.

CAPACITÀ PORTANTE – SLV (SISMA)

Approccio	Combinazione	Coeff. rid. cap. port.	Resistenza di progetto Rd (Kpa) Ver. lungo termine ϕ_c (CD)	Resistenza di progetto Rd (Kpa) Ver. breve termine (CU)
2	(A1+M1+R3)	2.3	105	137

CAPACITÀ PORTANTE – SLU (COND. STATICHE)

Approccio	Combinazione	Coeff. rid. cap. port.	Resistenza di progetto Rd (Kpa) Ver. lungo termine ϕ_c (CD)	Resistenza di progetto Rd (Kpa) Ver. breve termine (CU)
2	(A1+M1+R3)	2.3	240	153

Risultano quindi i seguenti valori minimi di capacità portante (Apr. 2 NTC2018):

Rd=105 Kpa (1.05 kg/cm²) - SLV (sisma);

Rd=153 Kpa (1.53 kg/cm²) - SLU (cond. statiche)

7. CONSIDERAZIONI FINALI

Nell'area in esame (Fig. 1-2), è stato eseguito uno studio volto alla ricostruzione degli aspetti geologici-sismici connessi alla ristrutturazione edilizia per fabbricato artigianale.

Le indagini geognostiche svolte hanno messo in evidenza i seguenti aspetti:

Il sottosuolo indagato è caratterizzato, al di sotto di circa 0.6 m di riporto eterogeneo, da terreni medio fini argilloso-limosi da poco a mediamente compatti fino a 1.4 m poi discretamente addensati fino a 4.6 m, quota dove si intercetta un banco di ghiaie ben addensate che hanno determinato il rifiuto strumentale del penetrometro.

- Per quanto riguarda la conformazione e il regime idrologico del sottosuolo, nel sondaggio non è stato rinvenuto alcun livello di falda o livelli di filtrazione preferenziale d'acqua.
- La caratterizzazione sismica dell'area ha permesso di classificare il suolo di fondazione come categoria B.
- Per gli effetti di sito, si escludono fenomeni quali instabilità, liquefazione o cedimenti sismo-indotti. Si avrà invece amplificazione sismica per caratteristiche litologiche.
- L'accelerazione massima su suolo rigido e pari a $a_g = 0.163$ ($C_u=1.0$).
- Allo stato limite ultimo (SLV) l'ampl. stratigrafica $S_s=1.20$, l'ampl. topografica $S_t=1$.

Tenuto conto del modello geologico-geotecnico desunto dalle indagini condotte, risulta idoneo l'utilizzo di fondazioni superficiali tipo plinto, che si consiglia di attestare ad almeno -1.5 m, rispetto alla pavimentazione attuale.

Questa quota è garante di migliori caratteristiche sia in termini di compattezza che di omogeneità rispetto alle litologie più superficiali.

Da una verifica preliminare risultano i seguenti valori minimi di capacità portante (Appr. 2 NTC2018):

$R_d=105$ Kpa (1.05 kg/cm²) - SLV (sisma);

$R_d=153$ Kpa (1.53 kg/cm²) - SLU (cond. statiche)

In fase esecutiva sarà necessario verificare e accertare puntualmente gli assunti litostratigrafici e geotecnici scelti nella presente relazione; nel caso di disomogeneità latero-verticali non evidenziate dall'indagine geognostica eseguita si potrà affinare eventualmente la profondità e il dimensionamento delle fondazioni.

Si consiglia la presenza dello scrivente all'inizio dei lavori di scavo delle fondazioni, al fine di acquisire quegli ulteriori elementi di conoscenza, a priori non prevedibili e per avere conferma delle ipotesi fatte.

Dalle considerazioni sopra esposte, e nel rispetto delle prescrizioni indicate, si ritiene l'intervento in progetto compatibile con le caratteristiche geologiche e sismiche dell'area.

Dott. Geol. Andrea Dolcini



ALLEGATO - 1 -

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (DPH) N°

Località: Via Braida, 22 - Fiorano Modenese (Mo)

Comm.za Immobiltec Spa

Quota: -

1

Data: 07/09/2018

TABELLA DATI

Prof. (m)	N° Colpi (n°)	Nspt (n°)	Terreno coesivo		Terreno granulare		Olandesi	Parametri Geotecnici - Valori medi					N° asta 100cm	falda	descrizione litologica interpretativa	STRATIGRAFIA
			Cu (t/mq)	Ed (t/mq)	φ (°)	Mo (t/mq)	Rpd (kg/cmq)	Nspt n°	γ (t/mc)	Cum (t/mq)	φ ^m (°)	C' (t/mq)				
0.0																
0.2	3	4.5	8.7	437.3	23.2	517.8	0.0							1	-	Materiali di riporto eterogenei superficiali
0.4	11	16.5	32.0	1603.4	30.8	1898.5	29.2							1	-	
0.6	6	9.0	17.4	874.6	26.6	1035.5	106.9							1	-	
0.8	2	3.0	5.3	269.7	21.7	319.3	58.3							2	-	
1.0	1	1.5	2.6	134.8	19.7	159.7	9.0	2.6	1.8	4.6	21	0.8	236	2	-	Argille e limi da poco a mediamente compatti
1.2	1	1.5	2.6	134.8	19.7	159.7	9.0							2	-	
1.4	3	4.5	8.0	404.5	23.2	479.0	27.0							2	-	
1.6	6	9.0	16.0	809.1	26.6	958.0	53.9							2	-	
1.8	5	7.5	12.4	627.3	25.6	742.7	41.8							3	-	Limi argillosi discretamente addensati
2.0	4	6.0	9.8	501.8	24.5	594.1	33.5							3	-	
2.2	4	6.0	9.8	501.8	24.5	594.1	33.5							3	-	
2.4	5	7.5	12.3	627.3	25.6	742.7	41.8							3	-	
2.6	5	7.5	12.3	627.3	25.6	742.7	41.8	7.1	1.9	10.8	25	1.8	556	3	-	
2.8	4	6.0	9.1	469.1	24.5	555.4	31.3							4	-	
3.0	4	6.0	9.1	469.1	24.5	555.4	31.3							4	-	
3.2	4	6.0	9.1	469.1	24.5	555.4	31.3							4	-	
3.4	3	4.5	6.7	351.8	23.2	416.6	23.5							4	-	
3.6	4	6.0	9.0	469.1	24.5	555.4	31.3							4	-	
3.8	5	7.5	10.6	550.5	25.6	651.8	36.7							5	-	
4.0	4	6.0	8.4	440.4	24.5	521.5	29.4							5	-	
4.2	5	7.5	10.6	550.5	25.6	651.8	36.7							5	-	
4.4	6	9.0	12.8	660.6	26.6	782.2	44.0							5	-	
4.6	7	10.5	15.0	770.7	27.6	912.5	51.4							5	-	
4.8	9	13.5	18.2	933.8	29.2	1105.6	62.3							6	-	Limi sabbiosi passanti a GHIAIE
5.0	14	21.1	28.6	1452.6	32.8	1719.9	96.8	40.2	2.1	-	36	-	3286	6	-	
5.2	29	43.6	59.7	3009.0	38.5	3562.6	200.6							6	-	
5.4	55	82.7	113.6	5706.7	44.9	6756.7	380.4							6	-	
5.6		0.0	-0.5	0.0	15.0	0.0	0.0							6	-	
5.8		0.0	-0.6	0.0	15.0	0.0	0.0							7	-	
6.0		0.0	-0.6	0.0	15.0	0.0	0.0							7	-	
6.2		0.0	-0.6	0.0	15.0	0.0	0.0							7	-	
6.4		0.0	-0.6	0.0	15.0	0.0	0.0							7	-	
6.6		0.0	-0.6	0.0	15.0	0.0	0.0							7	-	
6.8		0.0	-0.6	0.0	15.0	0.0	0.0							8	-	
7.0		0.0	-0.7	0.0	15.0	0.0	0.0							8	-	
7.2		0.0	-0.7	0.0	15.0	0.0	0.0							8	-	
7.4		0.0	-0.7	0.0	15.0	0.0	0.0							8	-	
7.6		0.0	-0.7	0.0	15.0	0.0	0.0							8	-	
7.8		0.0	-0.7	0.0	15.0	0.0	0.0							9	-	
8.0		0.0	-0.8	0.0	15.0	0.0	0.0							9	-	
8.2		0.0	-0.8	0.0	15.0	0.0	0.0							9	-	
8.4		0.0	-0.8	0.0	15.0	0.0	0.0							9	-	
8.6		0.0	-0.8	0.0	15.0	0.0	0.0							9	-	
8.8		0.0	-0.8	0.0	15.0	0.0	0.0							10	-	
9.0		0.0	-0.9	0.0	15.0	0.0	0.0							10	-	
9.2		0.0	-0.9	0.0	15.0	0.0	0.0							10	-	
9.4		0.0	-0.9	0.0	15.0	0.0	0.0							10	-	
9.6		0.0	-0.9	0.0	15.0	0.0	0.0							10	-	
9.8		0.0	-0.9	0.0	15.0	0.0	0.0							11	-	
10.0		0.0	-1.0	0.0	15.0	0.0	0.0							11	-	

Legenda

Nspt = numero colpi della prova SPT
 γ = peso di volume
 Cu = coesione non drenata
 C' = coesione drenata
 φ = angolo d'attrito
 Ed = modulo edometrico
 Mo = modulo confinato
 Rpd = resistenza dinamica alla punta (Olandesi)

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE (DPH) N°

Localita': Via Braida, 22 - Fiorano Modenese (Mo)
Comm.za Immobiltec Spa

Data: **1**
07/09/2018

