

**PROVINCIA DI PARMA  
COMUNE DI LESIGNANO DE' BAGNI  
LOCALITÀ BASSA**

---

***Studio geologico e sismico di fattibilità ed analisi geotecnica preliminare,  
propedeutica alla richiesta per cambio di destinazione d'uso del lotto  
di Vs. proprietà sito in Lesignano de Bagni – Parma.***

---

**Committenti:**

**Mazza Giovanna**

**Tecnico incaricato:**

**Studio Tecnico**

**Pavarani Geom. Andrea**

Via Martiri della Libertà, 4  
43037 S. Maria del Piano (PR)

**Analisi geologica e geotecnica:**

**MaC Studio Tecnico e Geologico**

Via Cotti, 13 – 43030 – San Michele Tiorre – Felino

P.IVA 02787240346

Tel. 0521-336.192 Fax 0521-336.193

E-mail [info@studiomac.it](mailto:info@studiomac.it)

Settembre, 2021



**Dott. Geol. Luca Calzolari**

**SOMMARIO:**

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2. UBICAZIONE OPERA IN PROGETTO</b> .....	<b>5</b>
<b>PARTE I – STUDIO GEOLOGICO</b> .....	<b>6</b>
<b>3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI PRESENTI NELL'AREA DI STUDIO</b> .....	<b>7</b>
DEPOSITI QUATERNARI INTRAPPENNINICI CONTINENTALI PRIVI .....	9
DI UNA FORMALE CONNOTAZIONE STRATIGRAFICA .....	9
<b>4. ASSETTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOSTRATIGRAFICO LOCALE</b> .....	<b>11</b>
<b>5. INDAGINI GEOGNOSTICHE (Prove penetrometriche S.C.P.T. – Allegato 1)</b> .....	<b>12</b>
<b>6. CARATTERISTICHE LITOSTRATIMETRICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI</b> .....	<b>13</b>
<b>PARTE II – STUDIO SISMICO</b> .....	<b>15</b>
<b>7. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>15</b>
Zonizzazione sismogenetica .....	15
Sismicità del territorio .....	16
Classificazione sismica comunale .....	18
<b>8. AZIONE SISMICA</b> .....	<b>20</b>
Premessa .....	20
Parametri di riferimento rigido orizzontale .....	20
Risposta sismica locale – EFFETTO DI SITO – .....	23
Parametri di classificazione e determinazione delle categorie di sottosuolo .....	23
Condizioni topografiche .....	24
INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA “MASW” .....	25
Caratteristiche generali dell'indagine .....	25
Strumentazione impiegata .....	25
<b>MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR - HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (IPOTESI DI NAKAMURA) SUL TERRENO</b> .....	<b>28</b>
Cenni metodologici .....	28
Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione .....	29
Elaborazione ed analisi dei dati .....	29
Analisi dei dati .....	29
Azione sismica e spettri di risposta elastici in accelerazione .....	32
Spettri di progetto .....	32
<b>9. SINTESI DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI III° LIVELLO – COMUNE DI LESIGNANO DE' BAGNI</b> .....	<b>33</b>
<b>10. DETERMINAZIONE PRELIMINARE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE</b> .....	<b>34</b>
<b>11. CONCLUSIONI</b> .....	<b>36</b>
Studio geologico .....	36
Studio sismico .....	38

**Tavole ed Allegati**

<b>TAVOLA I</b>	Stralcio Carta Topografica Regionale	1:25.000 (modificata)
<b>TAVOLA II</b>	Stralcio Carta Tecnica Regionale	1:5.000 (modificata)
<b>TAVOLA III</b>	Stralcio planimetrico Catastale	1:2.000 (modificata)
<b>TAVOLA IV</b>	Stralcio Carta Geologica d'Italia	1:100.000 (modificata)
<b>TAVOLA IV bis</b>	Stralcio Carta Geologica Regione Emilia Romagna	1:10.000 (modificata)
<b>TAVOLA V</b>	Stralcio PSC Carta dei vincoli	1:5.000 (modificata)
<b>TAVOLA VI</b>	Stralcio Carta di gestione del rischio di alluvioni – Tavola del esondazioni	1:25.000 (modificata)
<b>TAVOLA VI bis</b>	Stralcio Carta di gestione del rischio di alluvioni – Tavola del rischio	1:25.000 (modificata)
<b>TAVOLA VII</b>	Stralcio Carta delle indagini	1:10.000 (modificata)
<b>TAVOLA VIII</b>	Stralcio Carta delle frequenze naturali dei terreni	1:10.000 (modificata)
<b>TAVOLA IX</b>	Stralcio Carta microzone omogenee in prospettiva sismica – MOPS	1:10.000 (modificata)
<b>TAVOLA X</b>	Stralcio Carta velocità delle onde di taglio S	1:10.000 (modificata)
<b>TAVOLA XI</b>	Stralcio Carta microzonazione sismica livello 3 – FA-PGA	1:10.000 (modificata)
<b>TAVOLA XII</b>	Stralcio Carta microzonazione sismica – FA-IS 0.1_0.5 s	1:10.000 (modificata)
<b>TAVOLA XIII</b>	Stralcio Carta microzonazione sismica – FA-IS 0.5_1.0 s	1:10.000 (modificata)
<b>TAVOLA XIV</b>	Stralcio ripresa aerofotogrammetrica	
<b>TAVOLA XV</b>	Pericolosità sismica locale	
<b>TABELLA I</b>	Fondazioni Superficiali (Terzaghi) – Prof. imposta 0.80 metri	
<b>TABELLA II</b>	Fondazioni Superficiali (Meyerhof) - Prof. imposta 0.80 metri	
<b>TABELLA III</b>	Fondazioni superficiali (Brinch-Hansen) carichi eccentrici, inclinati, coeff. sismico - Prof. imposta 0.80 metri	
<b>TABELLA IV</b>	Calcolo del coefficiente del sottofondo	
<b>Allegato 1</b>	Prove SCPT	
<b>Allegato 2</b>	Documentazione fotografica	
<b>Allegato 3</b>	Report Grilla	

## 1. PREMESSA

Su incarico di Mazza Giovanna è stata effettuata un'indagine geologico-tecnica atta a connotare le condizioni "geologiche" zonali nonché le condizioni stratimeccaniche e di rischio sismico di interesse, propedeutica alla richiesta per cambio di destinazione d'uso del lotto sito in Lesignano de Bagni – Parma.

Gli studi sono stati condotti in accordo con il Geom. Andrea Pavarani.

### **Normativa di riferimento:**

- D.M. LL.PP. 11/03/88 – “Norme Tecniche riguardanti le indagini...” G.U. Rep. Ita. N° 127 del 1/06/88;
- Circ LL.PP. n° 30483 del 24/09/1988 "Istruzione per l'applicazione del D.M. 11-03-1988";
- D.M. LL.PP. 16/01/96 – “Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche” G.U. Rep. Ita. N° 29 del 5/02/96;
- L.R. Regione Emilia Romagna n°20/2000 e successive modifiche ed integrazioni;
- D.P.C.M. n° 3274 del 20/02/03 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica ...” G.U. Rep. Ita. N° 252 del 29/10/03;
- Linee Guida AGI, 2005 (ed. provv.) – “Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica” del marzo 2005;
- Del. di Giunta Regionale n. 1677/2005;
- Ass. Lgs. Regione Emilia-Romagna – Oggetto 2131 – Approvazione atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 “Disciplina ...” in merito a “Indirizzi per gli studi ... territoriale ed urbanistica” (Proposta della giunta regionale in data 10 gennaio 2007, n°1)
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Pericolosità sismica e criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale – Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007.
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018, recante “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circ 21 gennaio 2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;

Lo studio verrà articolato in due distinte parti (ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni):

1. lo **studio geologico (caratterizzazione e modellazione geologica del sito)**, volto a definire:
  - la caratterizzazione morfologica della zona, i lineamenti geomorfologici e la loro tendenza evolutiva, i caratteri litologici, stratigrafici e strutturali, il grado di alterazione, la degradabilità dei terreni e la pericolosità geologica del territorio;
  - lo schema idrologico definendo la posizione e le caratteristiche delle eventuali falde idriche presenti;
  - le proprietà fisico-meccaniche dei principali tipi di terreno presenti (mediante l'individuazione di unità geologico-tecniche locali);

2. lo **studio sismico**, volto a definire:

- i parametri sismici di riferimento per il sito;
- la categoria sismica del suolo di fondazione;
- la stima dell'azione sismica di progetto e della pericolosità sismica del sito (definita sulla base degli spettri di risposta elastici e dei valori di accelerazione massima attesa) per i diversi stati limite prescritti dalla vigente normativa;
- la stima preliminare del potenziale di liquefazione;

**La relazione geotecnica e le verifiche di sicurezza nei confronti dei vari stati limite (metodo semiprobabilistico dei coefficienti parziali) verranno prodotte in conformità a quanto previsto dalle NTC '18, a seguito della definizione dei valori di progetto dell'effetto delle azioni (Ed), valutato in base ai valori di progetto nelle varie combinazioni di carico così come definite dal progettista strutturale.**

Si è provveduto all'esecuzione della seguente relazione nel mese di settembre 2021.

## **2. UBICAZIONE OPERA IN PROGETTO**

L'area oggetto di studio si colloca in prossimità della fascia di transizione tra gli ambienti dell'alta pianura parmense con il sistema appenninico ed in particolare in prossimità del raccordo tra il sistema pedecollinare e la piana alluvionale del sistema torrentizio del Torrente Parma, che scorre in direzione nord, nord-est ad una distanza di circa un chilometro. L'area è ubicata in località La Bassa (Coord. UTM N 4944925,86 E 602689,07 Lat. 44,650547° - Lon. 10,295467° Tavola I, II, XIV).

Catastalmente risulta censita al Nuovo Catasto Terreni del Comune di Lesignano de' Bagni, al foglio 5 mappale 309 (Tavola III).

Come anzi detto il presente studio si pone a corredo della richiesta per cambio di destinazione d'uso del lotto presente nel NCT al Foglio 5 Mappale 309; definito nel PSC del Comune di Lesignano de' Bagni come "Ambito destinato a parcheggio pubblico di U1 e U2 (Art. 44)".

**PARTE I – STUDIO GEOLOGICO**

Dopo una fase preliminare che ha permesso l'inquadramento geologico e la caratterizzazione geomorfologica dei terreni, si è proceduto alla caratterizzazione dei suoli di fondazione tramite analisi di indagini geognostiche sito specifiche (SCPT) eseguite in lotti attigui all'area di interesse.

Le indagini sono state spinte fino ad una profondità massima di circa -3,00 metri dal locale livello di campagna (p.c. – Tavola III).

In aggiunta a tali indagini si è provveduto a realizzazione di indagini geofisiche mediante tecnica MASW, al fine di ottenere una stratigrafia interpretativa fino alla quota di oltre 30 metri dall'attuale piano campagna, al fine di caratterizzare il "sito" in accordo con quanto previsto dal D.P.C.M 3274 e dalle "Norme tecniche per le costruzioni" – DM. 17/01/2018.

Si è inoltre realizzata una acquisizione di microtremore a stazione singola HVSR (rumore ambientale) al fine di valutare i valori di frequenza fondamentali  $f_0$  per la stima degli effetti di amplificazione di sito.

Per una definizione a più ampia scala del comparto dal punto di vista sismico, in aggiunta ai dati geofisici sito specifici acquisiti, si sono utilizzati gli studi di micro-zonazione sismica di terzo livello disponibili per il territorio del Comune di Lesignano de' Bagni.

### **3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E DESCRIZIONE DELLE FORMAZIONI PRESENTI NELL'AREA DI STUDIO**

L'Appennino Settentrionale risulta dalla sovrapposizione tettonica di due grandi insiemi, diversi per litologia, struttura ed origine paleogeografica: un Insieme Esterno Umbro-Toscano ed un insieme Interno Ligure-Emiliano.

L'insieme Esterno è costituito essenzialmente da uno zoccolo continentale appartenente alla Placca Apula su cui poggiano, anche se scollate e deformate, le successioni mesozoico-terziarie che ne rappresentano l'originale copertura sedimentaria.

L'Insieme Interno consta di una serie di unità tettoniche che, per la presenza di ofioliti (rocce ignee tipiche della litosfera oceanica) si sono invece originate in un oceano estendendosi eventualmente anche sulla parte più assottigliata dei margini continentali adiacenti. Queste unità hanno comunque abbandonato il loro substrato originario che è scomparso in subduzione, per sovrascorrere da ovest verso est (vergenza appenninica) sull'Insieme Esterno, che ha avuto ruolo di avanpaese, costituendo perciò una coltre alloctona.

L'insieme Interno comprende due domini detti rispettivamente Ligure Interno e Ligure Esterno (Liguridi), separati da un contatto tettonico lungo il quale il primo si accavalla sul secondo, poggiando per il resto anche sulla Falda Toscana con la sola interposizione dell'Unità di Canetolo. Pur essendo entrambe caratterizzati dalla presenza di ofioliti, queste assumono un differente significato. Mentre nelle Liguridi Interne hanno caratteristiche sicuramente oceaniche (le maggiori masse ofiolitiche si trovano ancora in posizione primaria alla base della successione sedimentaria) nelle Liguridi Esterne non si conoscono ofioliti che costituiscano sicuramente la base della successione, ma compaiono invece come masse scivolte in gran parte nel bacino di sedimentazione ligure del Cretacico superiore e pertanto intercalate in quei sedimenti. Tali depositi rimaneggiati sono un indizio della vicinanza di un rilievo oceanico tettonicamente attivo situato verosimilmente fra Ligure Interno ed Esterno. A questo rilievo ipotetico (Cretacico superiore) che avrebbe in qualche modo separato i due domini è stato dato il nome di "Ruga del Bracco".

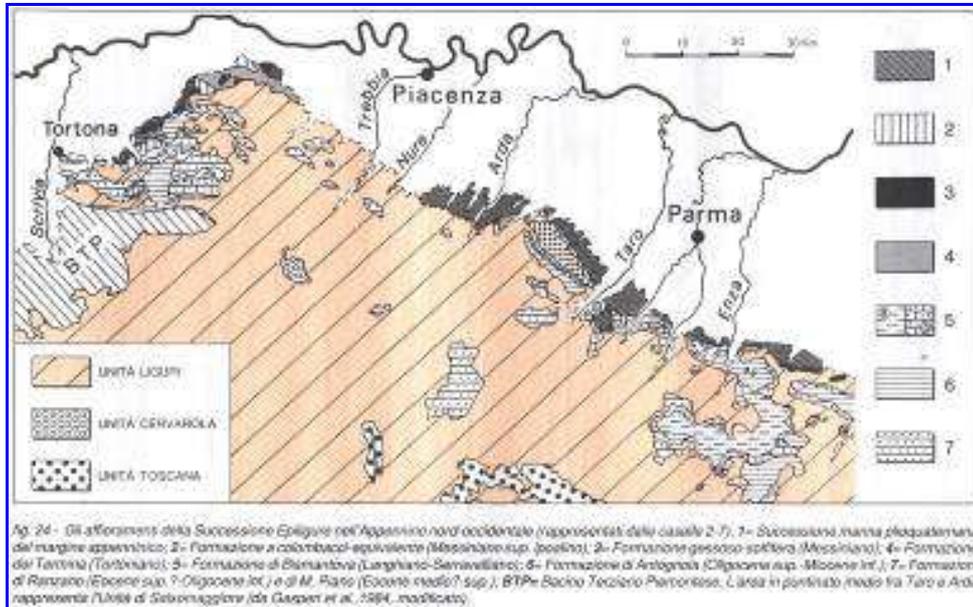
Il Dominio Ligure Esterno comprende esclusivamente unità alloctone che hanno abbandonato il loro substrato originario e risultano abitualmente distinti nei *Complessi di base* di età per lo più compresa tra l'Albiano ed il Campaniano inferiore e delle formazioni torbiditiche a dominante calcarea conosciute come flysch ad elmintoidi (Campaniano-Paleocene). Questi nella sola fascia esterna sono seguite da altri flysch anch'essi calcarei, di età paleocenico-eocenica.

L'area oggetto di studio ricade nel Dominio Ligure Esterno ed in particolare nella zona più esterna chiamata anche "Emiliana" caratterizzata dalla comparsa di unità tettoniche (M. Caio, Solignano, M. Cassio, ecc.) in cui i clasti ofiolitici diventano una componente occasionale o sono addirittura assenti. Nei "Complessi di base" compaiono invece estese formazioni terrigene silicoclastiche, quali le Arenarie di Ostia, di Scabiazza, le Argille di San Siro, di provenienza continentale. Infine, mentre nella zona più interna (sempre del Dominio Ligure Esterno) la sedimentazione termina con il flysch ad elmintoidi alla fine del Maastrichtiano o all'inizio del Paleocene, nella Zona Emiliana la successione si completa con potentissimi flysch paleocenico-eocenici che, dopo essersi parzialmente sedimentati sul flysch ad elmintoidi, sono stati in buona parte scollati per costruire unità a se stanti (M. Sporno, Farini d'Olmo, Val Luretta, ecc.) (Figg.re 1 e 2 int.)

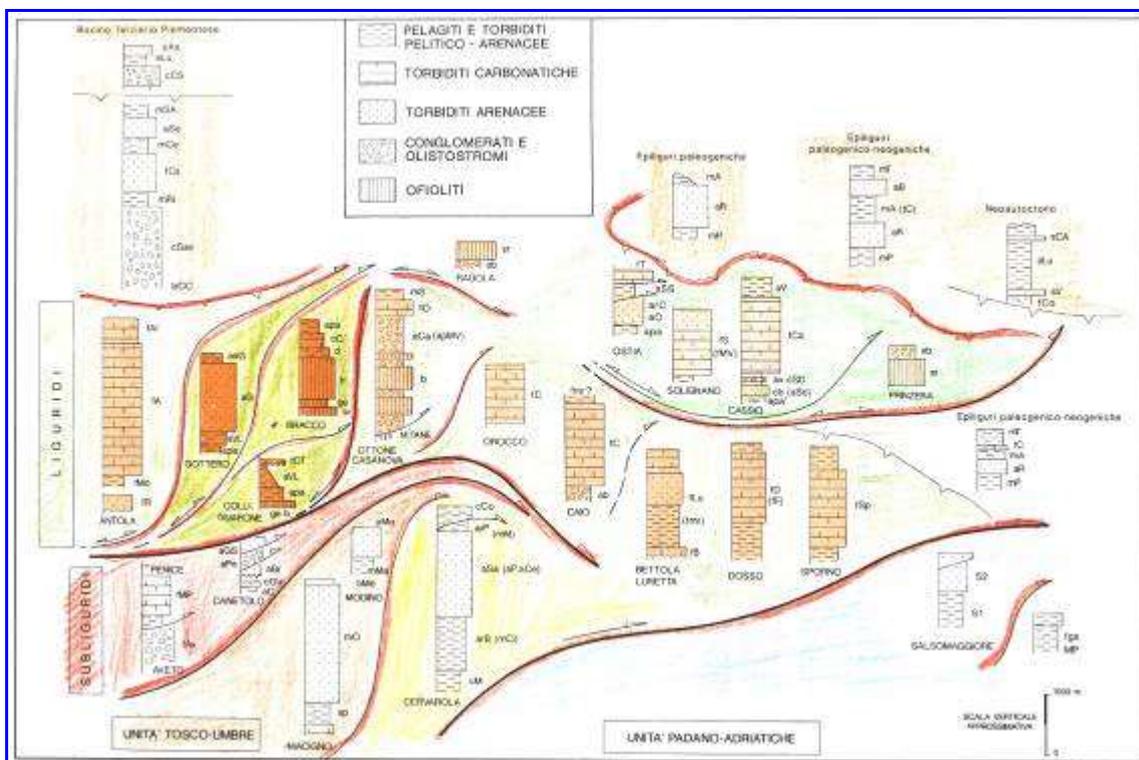
A partire dal Miocene superiore sul versante padano continua la compressione con la migrazione verso nord, nord-est del fronte di accavallamento appenninico, con la formazione di bacini fluvio-lacustri plio-pleistocenici. Le successioni sedimentarie di tutti questi bacini, sono molto simili e costituite da depositi detritici. Esse cominciano sempre con peliti basali grigio-

azzurre contenenti livelli ligniferi seguiti da sabbie e conglomerati, mostrando così una stessa tendenza evolutiva, da una fase francamente lacustre e/o palustre ad una di piana alluvionale intermontana.

Sul quaternario marino si verifica in questo modo (netta discordanza angolare) la deposizione dei sistemi deposizionali fluviali del Mindel, del Riss e del Wurm, cui succedono le alluvioni medie e recenti.



**Figura 1-int** - Rapporti tra Insieme Interno (o Dominio) Ligure e la Successione Epiligure (G. Papani e L. Vernia)



**Figura 2-int** - Rappresentazione semplificata della litostratigrafia delle principali Unità presenti (P. Vescovi)

## Descrizione delle Formazioni nell'area di studio

(sulla base delle Note Illustrative della Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna alla scala 1:10.000, Sezione 199 160 - Langhirano).

### **DEPOSITI QUATERNARI INTRAPPENNINICI CONTINENTALI PRIVI DI UNA FORMALE CONNOTAZIONE STRATIGRAFICA**

Questi depositi si sono formati ad opera di vari processi sedimentari, legati principalmente a fenomeni gravitativi e alla dinamica fluviale. La cartografia dei depositi continentali quaternari nell'area montuosa e collinare dell'area.

I depositi alluvionali sono stati distinti in depositi alluvionali in evoluzione (**b1**), depositi alluvionali recenti (**b1a**) e depositi alluvionali terrazzati (**bn**), dal punto di vista litologico sono costituiti da ghiaie, decisamente prevalenti, sabbie e da locali blocchi, di dimensioni fino a plurimetriche. I depositi alluvionali in evoluzione occupano l'alveo attuale del corso d'acqua, i depositi alluvionali recenti i tratti temporaneamente abbandonati, ma che sono potenzialmente interessati dalle dinamiche fluviali in regime di piena ordinaria, sono quindi depositi soggetti ancora a rimobilizzazione. I depositi alluvionali terrazzati occupano porzioni ormai abbandonate dal corso d'acqua e risultano terrazzati in vari ordini a diverse quote al disopra dell'alveo, in relazione all'età del deposito; tali depositi possono essere rimobilizzati solo in casi di piene eccezionali e solo per gli ordini di terrazzi più giovani, sono quindi fissati da vegetazione stabile.

Questi depositi sono in genere ricoperti da sedimenti fini siltoso-argillosi con subordinate sabbie, che presentano differente grado di pedogenesi a seconda dell'età del deposito.

### **SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO**

Il Supersintema Emiliano-Romagnolo, affiorante con i suoi terreni più antichi sul margine appenninico padano è stato suddiviso in due unità principali, denominate come segue:

- Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, **AES**
- Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, **AEI**

Queste due unità sono separate, in corrispondenza del margine appenninico, da una superficie di discontinuità, spesso con discordanza angolare ed erosione, testimonianza di una fase tettonica regionale databile alla fine del Pleistocene inferiore.

#### **Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES)**

Si tratta di un'unità alluvionale, terrazzata, costituita da ghiaie prevalenti in corrispondenza degli apparati fluviali principali (depositi di conoide e depositi intravallivi terrazzati), passanti a limi prevalenti con rare intercalazioni di sabbia e ghiaia nelle aree di interconoide. L'età complessiva dell'unità è Pleistocene medio - Olocene.

spessore massimo di circa 100 m;

spessore minimo di circa 20 m

L'AES risulta suddivisibile in 5 Subsintemi, affioranti a quote progressivamente decrescenti lungo il margine appenninico; in ordine crescente di età:

- Subsintema di Ravenna – **AES8** (che comprende l'unità di Modena **AES8a**)
- Subsintema di Villa Verucchio - **AES7** (suddiviso nell'unità di Vignola -**AES7b** e di Niviano - **AES7a**)

- Subsistema di Agazzano - **AES3**
- Subsistema di Maiatico - **AES2** (suddiviso nell'unità di Fico Rosso - **AES2b** e di Miano - **AES2a**)
- Subsistema di Monterlinzana - **AES1**

La sedimentazione dell'AES prende inizio al termine di un evento minore, ancorchè regionale, di sollevamento delle strutture compressive appenniniche, registrato in affioramento da una superficie di discontinuità erosiva. Tale superficie, riconoscibile anche nei profili sismici, risulta particolarmente evidente in corrispondenza dei principali fronti strutturali sepolti (DI DIO *et alii*, 1997a,b).

#### **Unità di Modena (AES8a)**

Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. (Olocene)

#### 4. ASSETTO MORFOLOGICO, IDROGRAFICO E LITOSTRATIGRAFICO LOCALE

L'area in oggetto si trova ad un'altezza di circa 203 metri s.l.m., inserita in un contesto morfologico sub-pianeggiante, con ampie porzioni agricole al contorno di un assetto locale periurbano.

Nel complesso l'area di studio risulta essere, per tutte le caratteristiche al contorno, **assolutamente stabile e con bassissima o nulla predisposizione al dissesto**. (Tavola I, II, XIV)

Al contorno dell'area, l'idrografia di superficie è caratterizzata dal Torrente Parma, posto ad ovest, con direzione di scorrimento verso nord ad una distanza di circa 1.0 km. Il corso d'acqua, sia per le condizioni di regimazione, sia per le sue caratteristiche intrinseche, **non mostra interferenze negative con l'area indagata** (Carta del piano di gestione del Rischio alluvioni – Tavola della esondazioni 199 SE Langhirano RP RSCM e Carta del piano di gestione del rischio alluvioni – tavola del Rischio 199 SE Langhirano RP RSCM – Tavola VII e VII bis).

Nel corso delle indagini effettuate non si è potuta osservare la presenza di un **sistema di circolazione idrica vero e proprio**. Tuttavia, nel corso di precedenti studi realizzati in contesti analoghi a quello di studio, si è potuta osservare la presenza di un sistema di circolazione idrico sub-superficiale. Tale circolazione, pur potendo considerare il substrato in posto come scarsamente permeabile, è resa possibile dalle condizioni di infiltrazione efficace presenti nella coltre superficiale dei terreni argillosi, proprio per le fessurazioni che in essi si producono in seguito ai cicli di essiccazione/imbibizione (contrazione/rigonfiamento). **Possono così formarsi lenti freatiche superficiali e discontinue, caratterizzate da livelli di soggiacenza assai variabili**. Oltre a questi sistemi di circolazione, un acquifero direttamente collegato al limitrofo Torrente Parma è presente nei depositi ghiaiosi presenti in sub-superficie.

L'area di studio, così come riportato nella cartografia tematica esistente (Carta Geologica Regione Emilia-Romagna scala 1:10.000 Foglio 199160 Tavola IV bis), si colloca in corrispondenza dei depositi alluvionali intravallivi dell'unità **AESSa – Unità di Modena**. Le litologie sono rappresentate da ghiaie e sabbie, ricoperte da una coltre limoso – argillosa discontinua. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C; lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. Questi depositi corrispondono all'**Alluvium antico Q<sub>2r</sub>** della Carta Geologica d'Italia 1:100.000 foglio 85 Castelnovo Ne' Monti (Tavola IV) costituito alluvium recente e più antico: terrazzi ghiaioso-sabbiosi, fissati e coltivati lungo i corsi d'acqua.

## 5. INDAGINI GEOGNOSTICHE (Prove penetrometriche S.C.P.T. – Allegato 1)

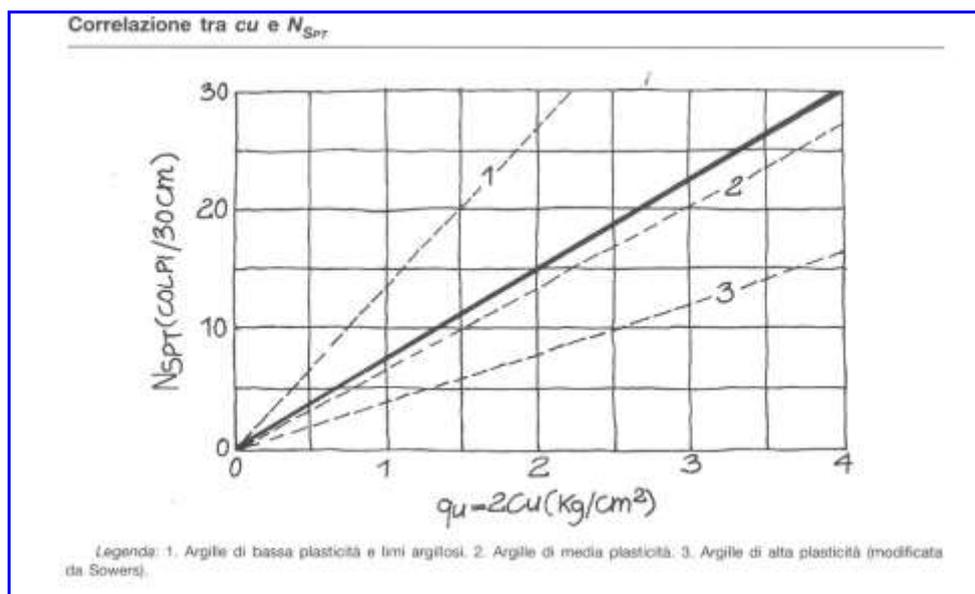
Le caratteristiche geolitologiche dei terreni sono state ricostruite grazie all'analisi dei dati precedentemente acquisiti nel corso di precedenti studi realizzati, che ha previsto la realizzazione di prove penetrometriche di tipo dinamico.

Le caratteristiche delle indagini effettuate, per la presenza di in ghiaia in prossimità della superficiale, hanno preferito questa attrezzatura (penetrometro dinamico) proprio perchè non necessitano di ancoraggio.

Le indagini consistono nell'infiggere nel terreno una serie di aste con punta conica. Il sistema di infissione è costituito da un maglio che batte sulle aste, il dato rilevato è il numero di colpi (numero di volte) che occorre per abbassare il sistema aste/punta di 30 cm nel terreno. Si ottengono così diagrammi che discretizzano il sottosuolo in livelli di 30 cm per l'intera profondità di indagine.

Le caratteristiche del terreno sono state ricavate dall'indagine realizzata e dal compendio con le conoscenze acquisite nel corso di precedenti indagini condotte al contorno dell'area indagata. I risultati delle singole prove sono riportati nell'Allegato 1. L'interpretazione della stratigrafia del suolo è stata ricavata mediando i valori risultanti dai modelli di Begemann, 1965 - Raccomandazioni AGI, 1977 e di Schmertmann, 1978 (Figura 6 - int.) Tali modelli empirici, permettono di riconoscere la litologia del terreno in base al rapporto tra i valori di resistenza delle prove.

Come anzi detto l'ampiezza dell'indagine, nonostante le scarse profondità raggiunte, risulta essere in accordo con le "Raccomandazioni AGI 1977", nonché al punto "B3", lettera "B" del sopraccitato DM 11.03.88, che prevedono di spingersi nella caratterizzazione dei terreni, fino al limite della porzione di sottosuolo interessato direttamente ed in direttamente dalla costruzione del manufatto ("volume significativo"). Nel nostro caso infatti la completa dissipazione dei carichi è ipotizzabile entro i primi metri dell'intervallo superficiale particolarmente competente.



**Figura 6 int** - Correlazioni tra  $q_u$  ed  $N_{spt}$

## 6. CARATTERISTICHE LITOSTRATIMETRICHE E GEOMECCANICHE DEI TERRENI ATTRAVERSATI

Dall'analisi e dall'osservazione dei terreni indagati è stato possibile ricostruire il modello geomeccanico e litostratimetrico della porzione di sottosuolo di interesse.

Il sottosuolo è suddivisibile in 2 intervalli, distinti essenzialmente sulla base dei differenti costituenti del suolo, oltre alla coltre di alterazione superficiale (Tabella 1 int).

I parametri geomeccanici riportati, riassumono le principali caratteristiche geotecniche dei terreni e rappresentano la determinazione del loro valore caratteristico come stima cautelativa e ragionata del loro valore per lo stato limite ultimo (SLU) operata sulla base dell'interpretazione dei risultati delle prove in sito e delle misure effettuate (ai sensi dell'art. 6.2.2 del N.T.C. – D.M. 17/01/2018).

In particolare sono stati determinati:

- $\gamma$ : peso dell'unità di volume del terreno;
- $\gamma'$ : peso dell'unità di volume del terreno (saturo);
- **Cu**: coesione non drenata nel caso di terreni a comportamento coesivo;
- $\Phi'$ : angolo di attrito efficace nel caso di terreni a comportamento granulare;
- **E**: modulo di deformazione edometrico (stimato da Mitchell e Gardner, 1975).

Il **primo (A)** intervallo considerato come litologicamente e geomeccanicamente uniforme, è caratterizzato da depositi limo argillosi e argilloso limosi con scarsa presenza di materiale granulare litoide (ciottoli fluviali e sabbie) mediamente consistenti, con comportamento eminentemente coesivo e proprietà geomeccaniche complessivamente buone, con variabile grado di alterazione. Il numero di colpi del maglio variano da 10 a 38 colpi.

(da -0.30 m a -2.10/2.40 metri al di sotto del piano campagna)

### **Natura coesiva**

- $\gamma$ : 0.85 t/m<sup>3</sup>;
- $\gamma'$ : 1.85 t/m<sup>3</sup>;
- **Cu**: 0.80 kg/cm<sup>2</sup>;
- **E**: 80 kg/cm<sup>2</sup>

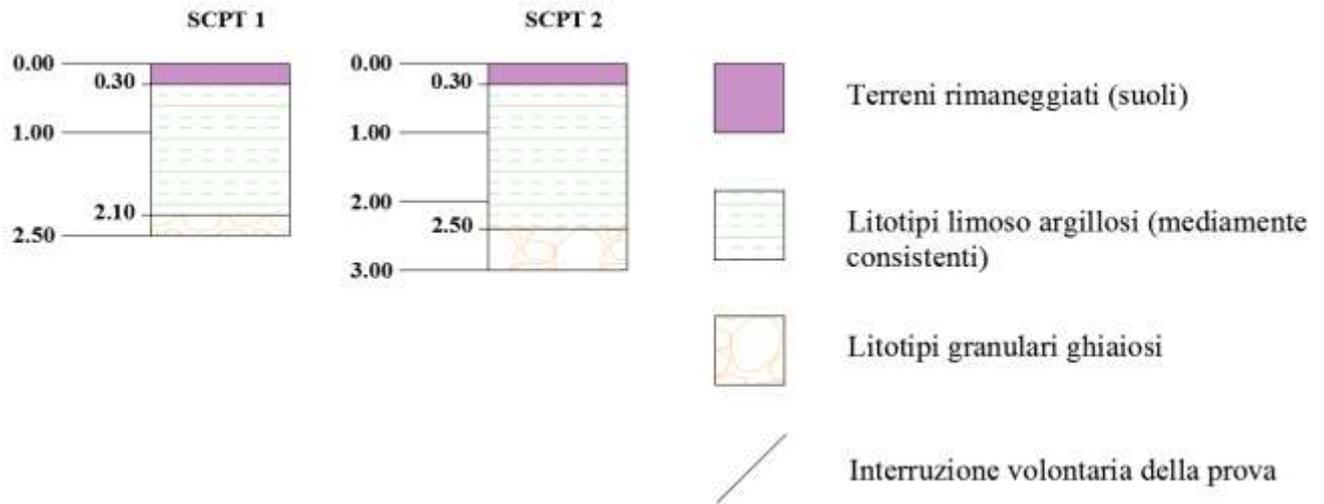
Il **secondo (B)** intervallo considerato come litologicamente e geomeccanicamente uniforme, è caratterizzato dal passaggio a depositi ghiaiosi non alterati, con matrice argillosa limosa, che portano rapidamente al raggiungimento del limite di indagine. Il passaggio tra il primo ed il secondo intervallo evidenzia una certa variabilità nella profondità del tetto delle ghiaie dovuta a fattori morfologici locali. Il numero di colpi del maglio variano da 54 a 79 colpi.

(dalla fine dell'orizzonte A fino a fine indagine)

### **Natura litoide**

- $\gamma$ : 0.70 t/m<sup>3</sup>;
- $\gamma'$ : 1.70 t/m<sup>3</sup>;
- $\Phi'$ : 37°;
- **E**: 450 kg/cm<sup>2</sup>

Intervallo	Z <sub>min</sub> (m)	Z <sub>max</sub> (m)	γ (t/m <sup>3</sup> )	γ' (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Φ'	E (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Suoli</b>	0.00	-0.30	---	---	---	---	---
<b>A</b>	-0.30	-2.10/2.40	0.85	1.85	0.80	---	80
<b>B</b>	-2.50/3.00	profondità	0.70	1.70	---	37°	>450



**Figura 7 int** – Modello litostratimetrico locale

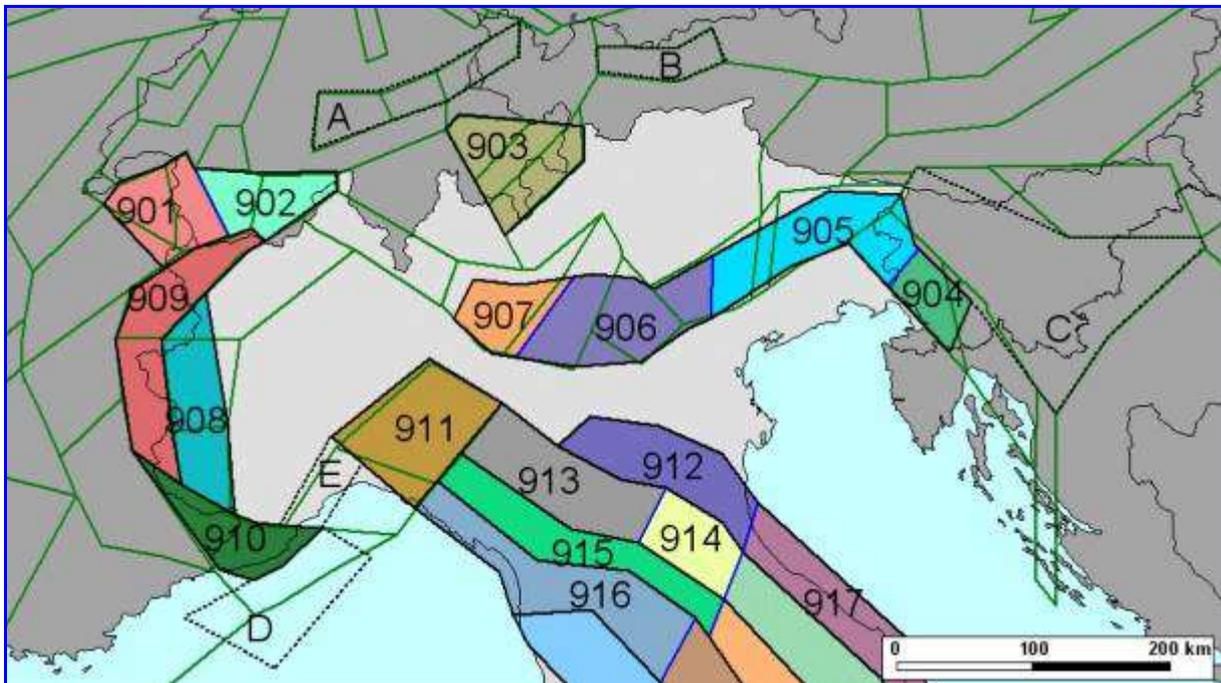
## PARTE II – STUDIO SISMICO

## 7. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

[tratto da Studio di Microzonazione sismica (primo e secondo livello di approfondimento)  
Gennaio 2015 – aggiornato e parzialmente modificato]

**Zonizzazione sismogenetica**

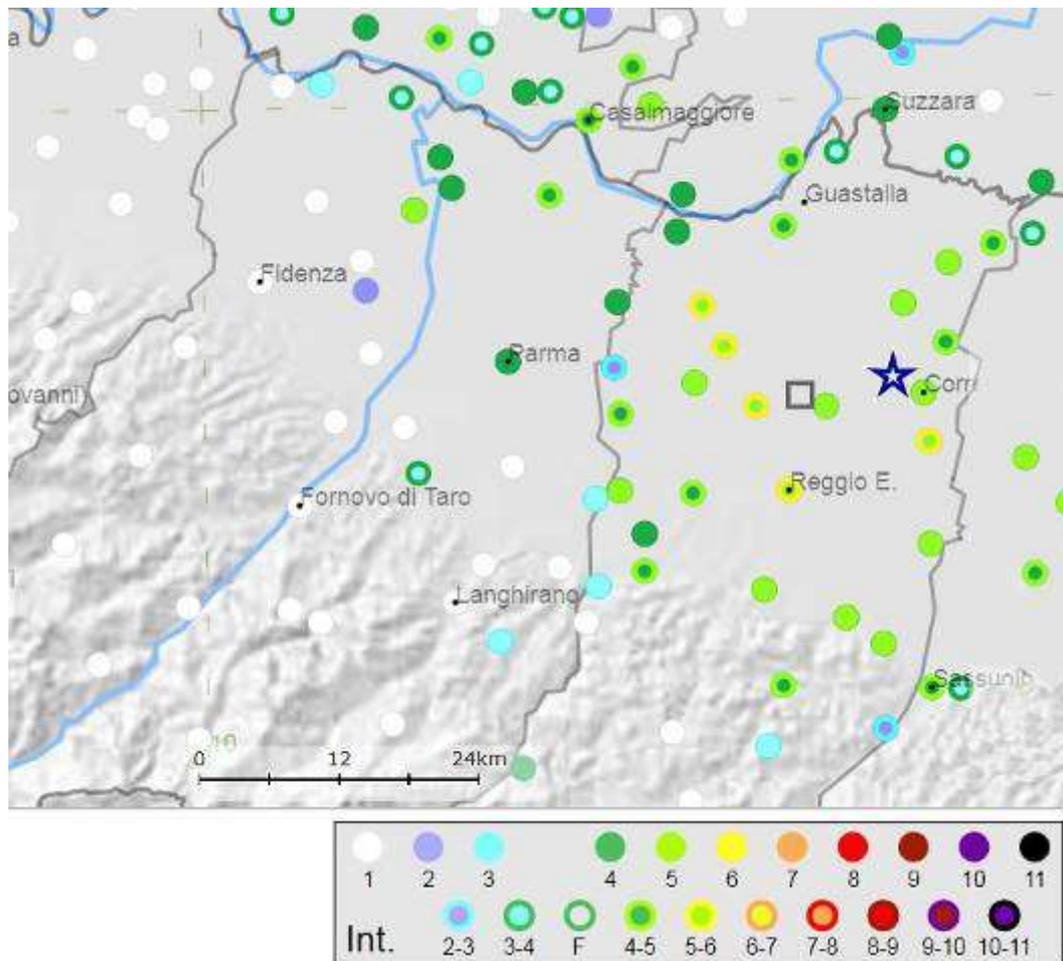
Gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.), hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata “ZS9” (Figura 8 int.), a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004, che prevede una suddivisione in 36 zone, i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche, geologico –strutturali e/o di differenti caratteristiche della sismicità (distribuzione spaziale, frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc.). Essa risulta estremamente importante per gli studi pianificazione territoriale ed, in particolare, nelle valutazioni di pericolosità sismica.



**Figura 8 int** – Stralcio della zonizzazione sismogenetica ZS9

Più specificatamente, il territorio di studio ricade nella zona sismogenetica “913” denominata “Appennino Emiliano”.

La Zona 913 è caratterizzata da terremoti di magnitudo medio – bassa, originati da movimenti prevalentemente compressivi in direzione NW con meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture sepolte attive. Il maggior numero di terremoti che si verificano in questa zona presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km ed i valori di magnitudo massima previsti, sulla base dei meccanismi focali, sono pari a  $M_{wmax} = 5,91$ . A corredo degli studi di zonizzazione sono stati raccolti ed analizzati quasi 2.500 terremoti, spalmati sugli ultimi 1000 anni, limitatamente agli eventi contraddistinti da intensità epicentrale pari ad almeno il V-VI della scala MCS.



**Figura 9 int** – Principali terremoti in Emilia -Romagna dall'anno 1.000 d.c. al 1990 con indicazione della magnitudo

### Sismicità del territorio

Nella valutazione della pericolosità sismica di una determinata area occorre, in primo luogo, definire la pericolosità di base attraverso una corretta analisi della sismicità evidenziando, sia la distribuzione spaziotemporale degli eventi, sia le caratteristiche di intensità degli stessi, seguita da una valutazione della pericolosità locale determinata dagli aspetti geologico-morfologici del territorio.

L'appennino nord – occidentale è caratterizzato da una sismicità da moderata a media, che si manifesta principalmente lungo le zone di accavallamento frontale del margine appenninico e secondo una fascia con direttrice appenninica che, dalla zona di Varzi, si estende quasi con continuità sino a Borgo Val di Taro e alla Lunigiana, proseguendo poi verso strutture del *graben* della Garfagnana. Allineamenti di terremoti si trovano anche lungo lineamenti trasversali alle due fasce longitudinali e sembrano quasi collegarle; particolarmente evidente è la distribuzione di sismi lungo la Val Parma e la Val Taro.

La storia sismica comunale è stata dedotta da DBMI11 la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano (a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative al Comune di Calestano.

Essa è riassunta nella Tabella 2, dove sono stati elencati gli eventi di maggior intensità al sito ( $I_s > III$  grado della scala MCS), indicando, per ciascuno di essi, oltre alla stessa intensità al sito: l'anno, il mese, il giorno, l'ora e il minuto in cui si è verificato, la denominazione dell'area dei maggiori effetti (Area Epicentrale), l'intensità massima epicentrale in scala MCS ( $I_o$ ) e la magnitudo momento ( $M_w$ ).

**Storia sismica di Lesignano de' Bagni**  
**[44.643, 10.299]**



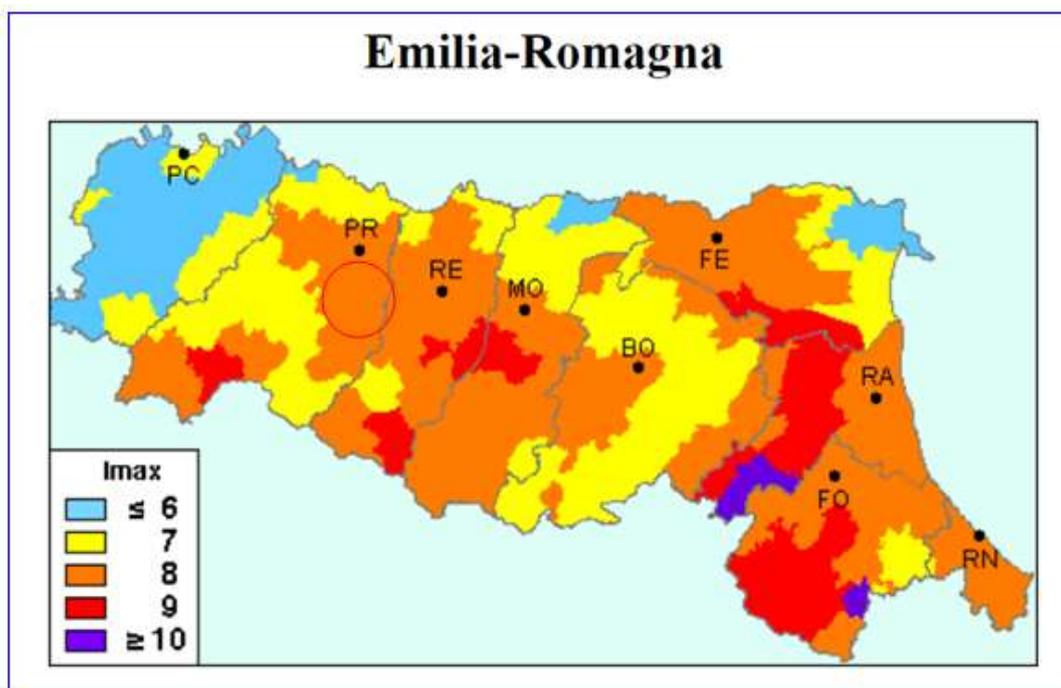
Numero di eventi: 11

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io	Mw
7	1818 12 09 18:55	Parmense	26	7	5.28 ±0.35
7	1832 03 13 03:30	Reggiano	98	7-8	5.53 ±0.18
6	1886 10 15 02:20	COLLECCHIO	44	6	4.70 ±0.24
6	1898 03 04 21:05	Valle del Parma	313	7-8	5.41 ±0.09
6	1971 07 15 01:33	Parmense	229	8	5.64 ±0.09
6	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF	1986 12 06 17:07	BONDENO	604	6	4.61 ±0.10
4	1988 03 15 12:03	Reggiano	160	6	4.66 ±0.12
NF	1995 10 10 06:54	LUNIGIANA	341	7	4.85 ±0.09
NF	1998 02 21 02:21	Reggiano	104	5	4.34 ±0.17
NF	2000 06 18 07:42	Parmense	300	5-6	4.43 ±0.09

**Tabella 10 int** – Massimi eventi sismici verificatisi nel comune di Lesignano de' Bagni reperiti dall'Archivio DBMI1

Dalla lettura di tabella si evidenzia che il massimo evento sismico censito e osservato a Parma si è verificato il 15 Luglio 1971 con un'intensità al sito del VI grado della scala MCS.

Nei cataloghi sismologici esaminati nel presente studio non sono stati individuati terremoti aventi epicentro nel Comune di Lesignano de' Bagni. Ma il terremoto che ha avuto maggiori effetti nel settore appenninico in esame è certamente l'evento appena citato nel Parmense.



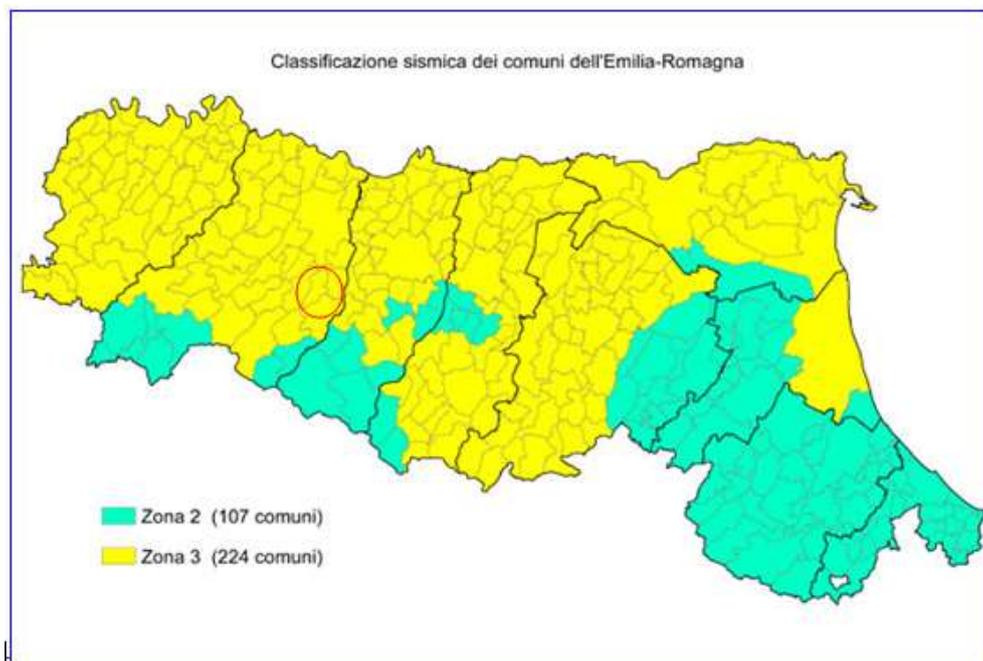
**Figura 11 int** – Carta della massima intensità macrosismica osservata nei comuni dell'Emilia Romagna

**Classificazione sismica comunale**

La classificazione sismica dei comuni su tutto il territorio nazionale è stata stabilita dall'All. 1, punto 3 dell'OPCM 3274/2003, utilizzando e aggiornando la precedente proposta nel 1998. La suddivisione è articolata in 4 zone: le prime 3 corrispondono alle zone di sismicità alta (S=12), media (S=9) e bassa (S=6), contemplati nella Legge 64/74, mentre la zona 4 è di nuova introduzione. Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.), eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche. In questo modo ad ogni area del territorio nazionale è stato attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

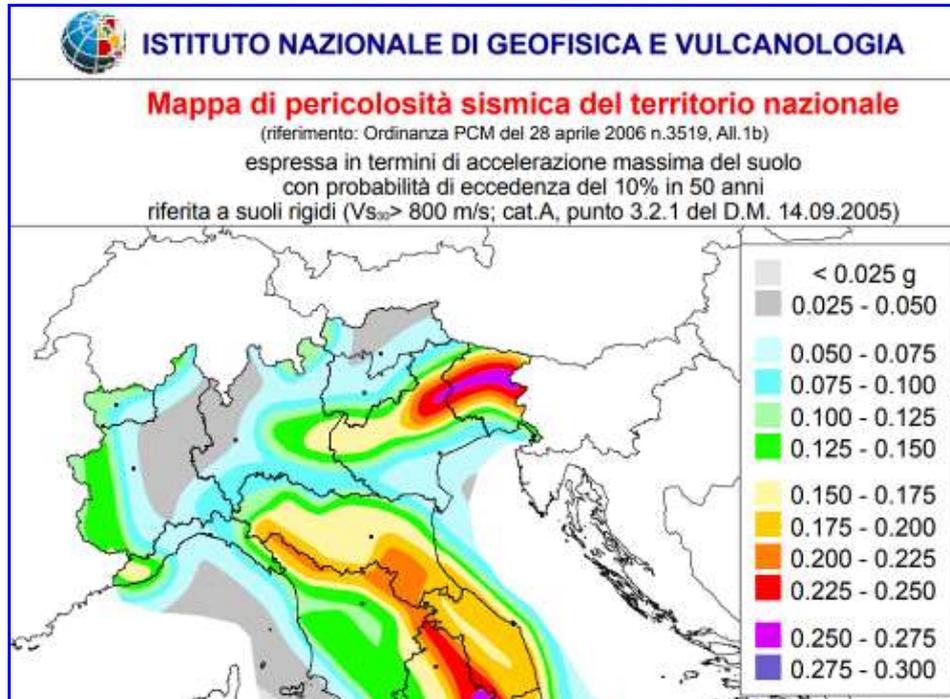
Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ $a_g$ ]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ $a_g$ ]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.225
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	2.810
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	2.185

La classificazione vigente identifica il **Comune di Lesignano de' Bagni** in **zona 3** (Fig. 12), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra  $0,05 \cdot g$  e  $0,15 \cdot g$  (dove  $g$  è l'accelerazione di gravità).



**Figura 12 int** – Nuova classificazione sismica regionale dei Comuni dell'Emilia Romagna

L'elaborazione dei parametri della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale redatta da INGV (2004) e riportata nell'OPCM 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", identifica, per la fascia territoriale in oggetto, valori di accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresi tra 0,05 g e 0,15 g (ricavato dalle mappe interattive di pericolosità sismica dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia – INGV. Figura 13 int.).



**Figura 13 int** – Mappa di pericolosità sismica ricavata dal sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia

## 8. AZIONE SISMICA

### Premessa

L'attuale filosofia di progettazione prestazionale richiede l'analisi della risposta di un sistema a più terremoti di diversa intensità; il sistema deve soddisfare requisiti minimi di sicurezza rispetto agli stati limite di funzionalità e collasso, per ciascuno degli eventi considerati. Generalmente si prescrive una duplice verifica, con riferimento a due peculiari eventi sismici, differenti tra loro per "probabilità di occorrenza":

- un terremoto "probabile" ( $L_1$ ), caratterizzato da un'intensità che ha una probabilità di eccedenza ( $P_1$ ) in un arco temporale ( $T_s$ ) correlato alla durata del sistema in esame;
- un terremoto "severo" e "poco probabile" ( $L_2$ ), caratterizzato da una intensità che, nello stesso periodo di riferimento ( $T_s$ ), ha una probabilità di eccedenza ( $P_2$ ) più bassa.

Tipicamente il terremoto di riferimento  $L_1$  è definito come l'evento che ha una probabilità di eccedenza del 50 % durante la vita nominale del sistema, mentre quello di livello  $L_2$  corrisponde ad una probabilità di eccedenza del 10 %.

Nell'ambito della progettazione devono essere chiaramente definite, per l'opera in esame, le prestazioni che devono essere soddisfatte, come grado di danno ammissibile per i differenti terremoti di progetto. I tre gradi di danno individuabili (Tabella 3-int) in relazione ai terremoti di differente livello ( $L_1$  ed  $L_2$ ) concorrono nel definire tre classi di prestazione (Tabella 4-int).

### Parametri di riferimento rigido orizzontale

Al fine di poter definire le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, deve essere valutata la "**pericolosità sismica di base**" del sito di costruzione.

Questa è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A – si veda paragrafo successivo), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ .

Ai fini dell'applicazione del D.M. 17/01/2018, sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV, sono stati definiti, in funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento ( $P_{VR}$ ), i valori dei parametri di sito necessari per determinare le forme spettrali di progetto.

Tali parametri sono:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima sul sito;
- $F_0$  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.

Essi dipendono da:

- **LON** longitudine del sito oggetto di studio;
- **LAT** latitudine del sito oggetto di studio;
- **$V_R$**  **periodo di riferimento:** definisce un intervallo temporale al quale devono essere rapportate le azioni sismiche su ciascuna costruzione.

$$V_R = V_N \times C_U;$$

- **$V_N$**  **vita nominale** dell'opera in progetto, cioè numero di anni nel corso dei quali l'opera deve poter essere usata per lo scopo per la quale è destinata, essendo soggetta alla ordinaria manutenzione

- **C<sub>U</sub>** **coefficiente d'uso** è definito al variare della classe d'uso dell'opera che a sua volta suddivide le costruzioni in relazione alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso dell'opera

**Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale V<sub>N</sub> di progetto per i diversi tipi di costruzioni**

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V <sub>N</sub> (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Vita nominale **V<sub>N</sub>** per diversi tipi di opere (D.M. 17/01/2018 – Tabella 2.4.I)

Classe I:	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
Classe II:	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
Classe III:	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
Classe IV:	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 8792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Classi di costruzioni secondo il D.M. 17/01/2018

**Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C<sub>U</sub>**

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C <sub>U</sub>	0,7	1,0	1,5	2,0

Valori del coefficiente d'uso **C<sub>U</sub>** (D.M. 17/01/2018 – Tabella 2.4.II)

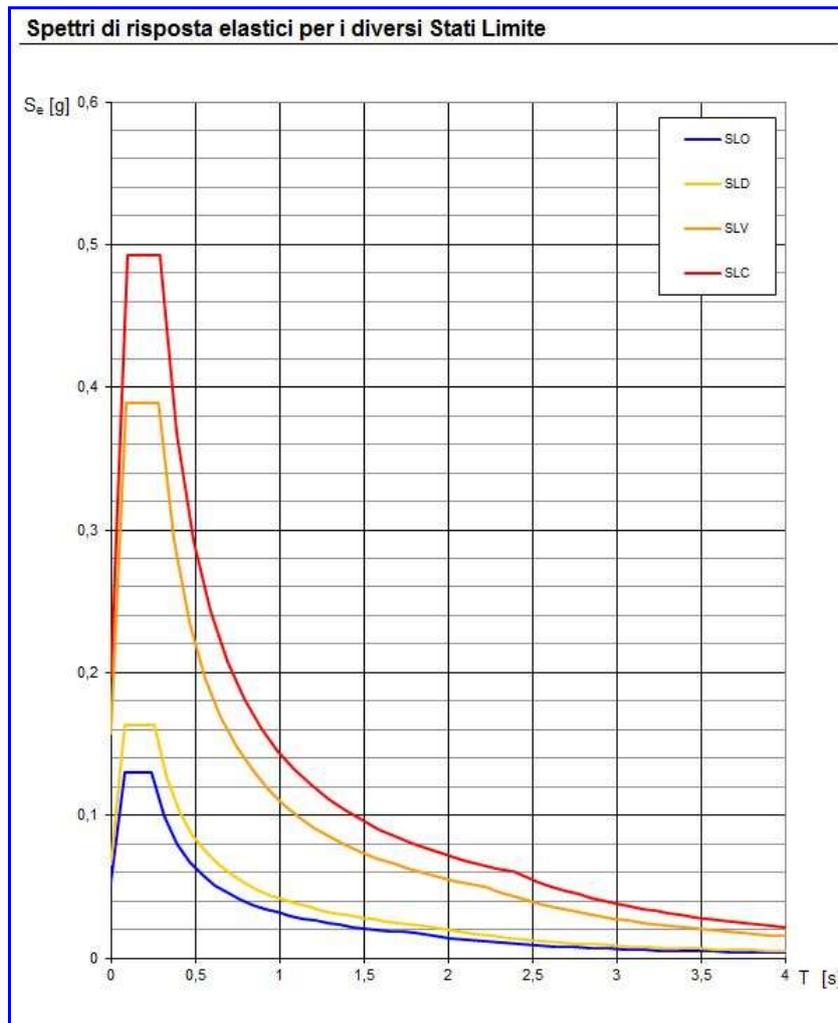
Sulla base dei valori di progetto e dei siti di riferimento, sono di seguito riportati i parametri di sito da considerare al fine della determinazione delle forme spettrali da utili per la definizione dell'azione sismica di progetto:

<b>LON</b>	10,295467°
<b>LAT</b>	44,650547°
<b>V<sub>N</sub></b>	50 anni
<b>Classe</b>	II
<b>C<sub>U</sub></b>	1

STATO LIMITE	T <sub>R</sub> (anni)	a <sub>g</sub> (g)	F <sub>O</sub>	T <sub>c</sub> * (s)
<b>SLO</b>	30	0,053	2,474	0,242
<b>SLD</b>	50	0,066	2,483	0,257
<b>SLV</b>	475	0,157	2,489	0,285
<b>SLC</b>	975	0,198	2,502	0,293

Stati Limite	P <sub>v<sub>R</sub></sub> : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V <sub>R</sub>	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.I)



Spettri di risposta elastici per i diversi stati limite  
(elaborazioni effettuate con "Spettri NTC-18" ver. 1.03)

**Risposta sismica locale – EFFETTO DI SITO –**

Si denomina “risposta sismica locale” l’azione sismica quale emerge in “superficie” a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido.

Per individuare in modo univoco la risposta sismica si assume come “superficie” il “piano di riferimento” per le diverse tipologie strutturali:

- per fondazioni superficiali questo coincide con il piano di imposta delle stesse ;
- per fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali;
- nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell’opera;
- per muri di sostegno di terrapieni la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Le modifiche del moto sismico prodotte dalle condizioni locali sono complessivamente indicate come effetti di sito. In relazione alle tipologie di indagine condotte ed ai dati geotecnici disponibili verranno utilizzati metodi di studio basati sulla definizione di categorie di sottosuolo (in accordo con quanto proposto dall’Eurocodice 8 – EC8).

**Parametri di classificazione e determinazione delle categorie di sottosuolo**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

*Categorie di sottosuolo (D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.II)*

Il parametro meccanico di base per la classificazione di un sito è  $V_{s,eq}$  calcolato secondo la seguente espressione:

$$V_{s,eq} = H / (\sum_{i=1..N} (h_i / V_{s,i}))$$

Dove:

$h_i$  spessore dell’i-esimo strato

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell’i-esimo strato

N numero di strati

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia e terreno molto rigido, caratterizzato da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s. La profondità H del substrato è calcolata a partire dal piano di imposta per le fondazioni superficiali, dalla testa dei pali per le fondazioni profonde e a partire dalla testa dell’opera per le opere di sostegno.

$V_{s,eq} = V_{s,30}$  quando la profondità del substrato sia superiore a 30 metri.

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} [m/s]$$

$h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori.

Per la classificazione del sito in oggetto si è definito il parametro meccanico di base definito dalle Norme Tecniche per le Costruzioni,  $V_{s,eq}$  realizzando indagini geofisiche in sito mediante la tecnica “MASW” brevemente descritta nel successivo paragrafo.

Essendo il substrato in posto superiore ai 30 metri è possibile utilizzare il parametro  $V_{s,30}$  individuato dalle prove MASW.

**Le elaborazioni effettuate hanno permesso di attribuire al sito indagato la categoria di sottosuolo “B” (si veda oltre).**

**Condizioni topografiche**

Nelle Norme Tecniche per le Costruzioni, sono prescritte specifiche analisi di risposta sismica locale nel caso di condizioni topografiche complesse: e tabella.

Tab. 3.2.III – *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 $i > 30^\circ$

Categorie topografiche (D.M. 17/01/2018 – Tabella 3.2.IV)

Categorie topografiche riferite a geometrie prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate e devono essere considerate nella definizione dell’azione sismica se di altezza maggiore ai 30 metri

STATO LIMITE		Ss	Cc	St	$k_h$	$k_v$	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	$\beta$
SLE	SLO	1,200	1.460	1,000	0,013	0,006	0.626	0.200
	SLD	1,200	1.440	1,000	0,016	0,008	0.780	0.200
SLU	SLV	1,200	1.410	1,000	0,045	0,023	1.851	0.240
	SLC	1,200	1.410	1,000	0,057	0,0329	2.330	0.240

## **INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA "MASW"**

### **Caratteristiche generali dell'indagine**

L'indagine effettuata è stata condotta con l'ausilio della tecnica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), alla luce degli spazi e della logistica operativa riscontrata in cantiere, nonché tenendo conto delle finalità dell'indagine e del grado di dettaglio auspicabile dai risultati.

La tecnica Masw permette di realizzare una modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di superficie (di *Rayleigh* e di *Love*), attraverso una dettagliata ricostruzione della distribuzione delle onde S nel sottosuolo, realizzata mediante modellizzazione diretta della velocità di fase delle onde superficiali, registrate da opportuno sismografo, con l'ausilio di geofoni di superficie a bassa frequenze ed indotte mediante energizzazione con fonte artificiale (massa battente).

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1) acquisizione dei dati sperimentali;
- 2) estrazione della curva di dispersione;
- 3) inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$  (profilo 1-D), che descrive la variazione di  $V_s$  con la profondità.

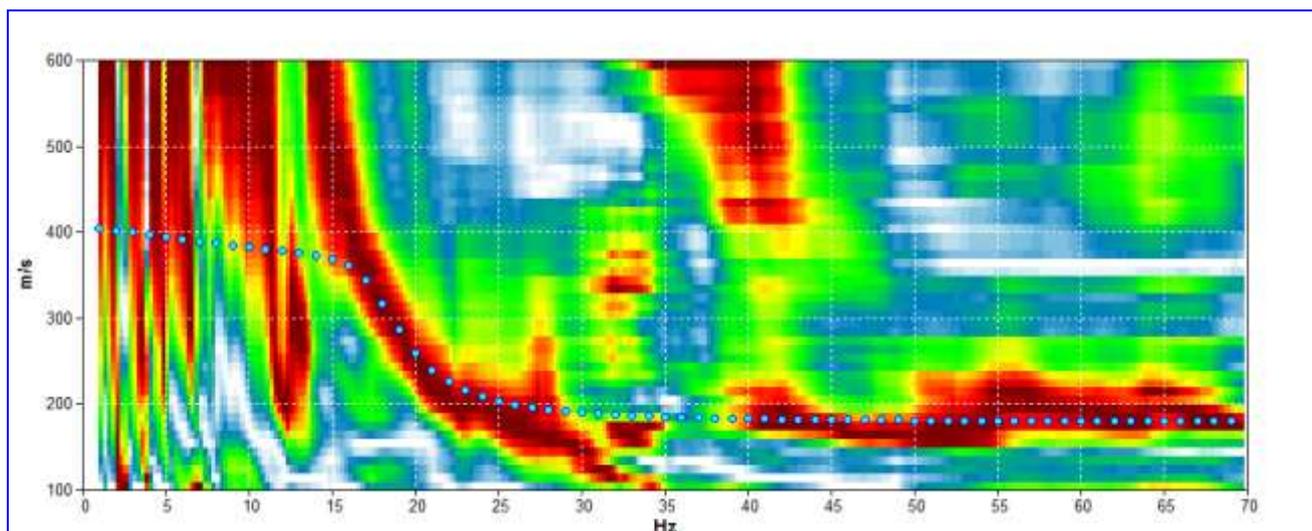
### **Strumentazione impiegata**

Per l'indagine effettuata si è acquisito i dati con un tromografo digitale *Moho* S.r.L modello "*Tromino ENGY BLU*", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra leggeri e ultra compatti in alta risoluzione. Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 1024 Hz. Attraverso l'uso di un trigger radio wireless, con cui si registrano e regolano i tempi di energizzazione, questo strumento permette di eseguire prove di *sismica attiva* come la prova MASW.

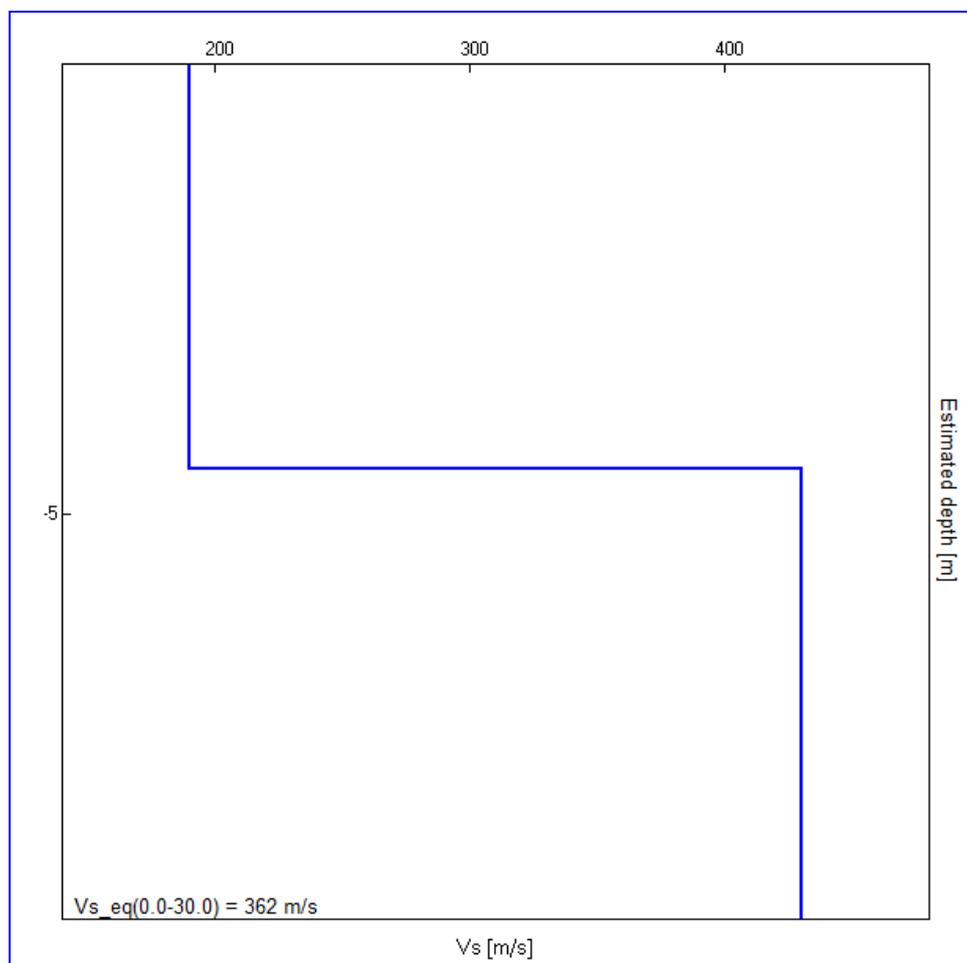
La linea di acquisizione si è sviluppata su una lunghezza di 27 metri su cui si sono eseguite energizzazioni ogni 3 metri di distanza fino al raggiungimento di 9 energizzazioni

In questo caso la registrazione è stata effettuata con una frequenza di campionamento di 512 Hz.

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software per prove MASW "Grilla" della *Moho* S.r.l.



**Figura 14 int** – Velocità di fase/frequenza.



**Figura 15 int** – Velocità onde S/profondità.

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.50	4.50	190	0.45
inf.	inf.	430	0.45

Secondo il calcolo effettuato, utilizzando la formula espressa in precedenza, si ottiene una **velocità  $V_{s30}=362$  m/sec**, che permette di classificare l'area indagata nella categoria di **sottosuolo B** (così come definita nella normativa vigente).

**MISURA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR - HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO (IPOTESI DI NAKAMURA) SUL TERRENO****Cenni metodologici**

Il metodo dei rapporti spettrali di singola stazione *HVSR* è largamente utilizzato in paesi con elevato rischio sismico quali il Giappone per la stima degli effetti di amplificazione di sito.

Il microtremore, un'impercettibile oscillazione naturale del suolo, è presente in qualsiasi punto della superficie terrestre e consiste per lo più nelle onde sismiche prodotte dal vento e dal moto ondoso marino negli strati superficiali della terra. Anche le attività umane (industrie, traffico stradale ecc.) possono produrre localmente microtremore, ma in genere tale segnale viene attenuato piuttosto rapidamente a causa delle sue caratteristiche di alta frequenza.

È interessante evidenziare come il microtremore agisca da oscillatore naturale e quindi permetta, tramite adeguata strumentazione, la misura diretta delle frequenze di vibrazione dei terreni e dei manufatti. La tecnica utilizzata, proposta da *Nakamura* (*Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. QR of RTRI, Vol. 30, No.1, 25-33*) per lo studio delle amplificazioni di sito assume che i microtremori consistano principalmente di onde di *Rayleigh* che si propagano in un singolo strato sofficie su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione al sito. Tale tecnica permette di separare i termini di sorgente-percorso e di sito tramite i rapporti tra le componenti del moto, senza utilizzare alcun sito di riferimento.

Le ipotesi su cui si basa la tecnica di *Nakamura* sono le seguenti:

- i microtremori sono generati da sorgenti superficiali, e non da sorgenti profonde i cui contributi sono trascurabili;
- le sorgenti dei microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base dello strato considerato;
- la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale;
- il picco visibile nei rapporti *H/V* (rapporto tra l'ampiezza spettrale della componente orizzontale e l'ampiezza spettrale della componente verticale) è indipendente dalle caratteristiche della sorgente del rumore ed è invece fortemente dipendente dalle condizioni stratigrafico-litologiche del terreno. Tale picco è inoltre ben correlato con la frequenza fondamentale di vibrazione del terreno soggetto alla propagazione di onde *S* verticali e con il picco fondamentale delle curve di dispersione delle onde di *Rayleigh*.

Le principali applicazioni delle prove *H/V* si possono così sintetizzare:

- misura delle frequenze di risonanza dei suoli e dei fabbricati;
- effetti di sito e microzonazione sismica (curve *H/V*, metodo di *Nakamura*);
- stratigrafia sismica passiva;
- $V_{S30}$  da *fit* vincolato della curva *H/V*;
- segnalazione dei possibili fenomeni di doppia risonanza suolo-struttura.

Di particolare importanza è la frequenza di vibrazione del sito, caratterizzata dal maggiore rapporto di ampiezze *H/V*, nell'intervallo di frequenze di interesse ingegneristico (frequenze generalmente inferiori a 15 Hz), denominata frequenza fondamentale di vibrazione  $f_0$ .

È possibile poi determinare la profondità degli strati sismici mediante la misura diretta delle frequenze di vibrazione, associata alla misura delle velocità delle onde *S* tramite la relazione:

$$f_0 = V_s / 4H$$

dove  $V_s$  è la velocità media delle onde di taglio, e  $H$  è la profondità della discontinuità sismo-stratigrafica.

A causa della pesante non-univocità della soluzione, una modellazione del solo HVSR, in mancanza di un solido ancoraggio stratigrafico e senza quantitative informazioni sulle  $V_s$  ottenute da misure MASW/ESAC-REMI o da altri metodi da prove in foro (Cross-Hole, Down-Hole), non risulta affidabile per la determinazione del profilo di velocità delle onde S e quindi della valutazione della  $V_{s30}$ .

### Strumentazione utilizzata e modalità di acquisizione

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromografo digitale della ditta *Moho S.r.L* modello "Tromino ENGY BLU", che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra leggeri e ultra compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno 3 terne (2 di velocimetri e l'altra di accelerometri) di sensori ortogonali tra loro e con possibilità di campionamento nell'intervallo di frequenze compreso tra 0.1 e 1024 Hz.

In questo caso la registrazione ha avuto una lunghezza di 20 minuti, con un campionamento a 128 Hz.

Data la situazione logistica dell'area da indagare, molto antropizzata, le prove sono state realizzate nelle aree verdi disponibili.

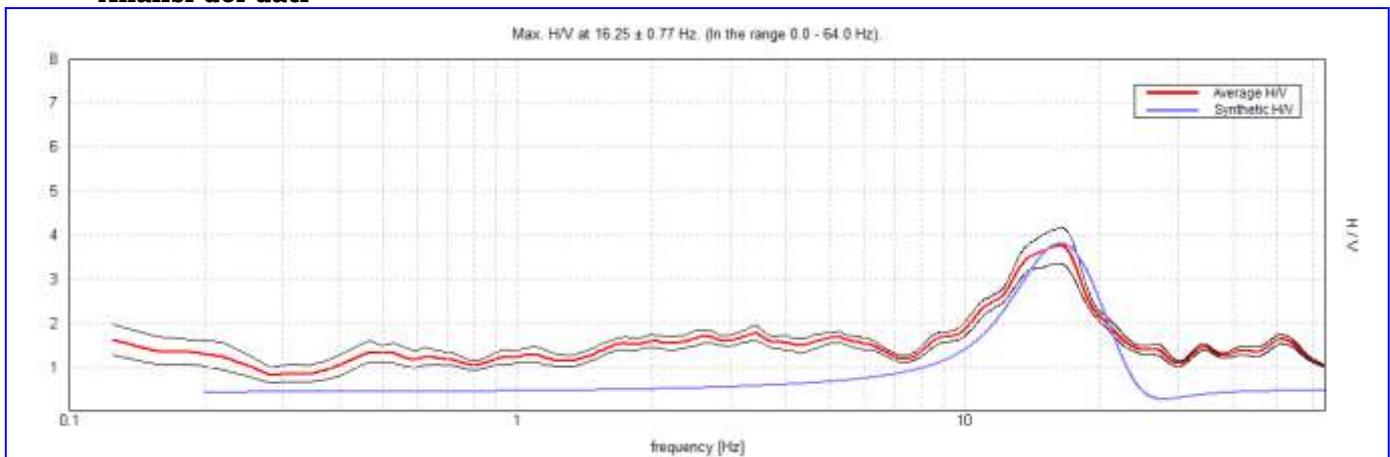
### Elaborazione ed analisi dei dati

Per l'elaborazione dei dati sismici è stato utilizzato il software "Grilla".

Il programma consente di effettuare:

- analisi spettrale completa delle tracce, calcolo delle curve H/V per la determinazione delle frequenze di risonanza del sottosuolo;
- procedure di pulizia delle tracce nel dominio del tempo e delle frequenze;
- test sulla significatività dei picchi secondo le linee guida europee (Criteri *Sesame*);
- determinazione delle frequenze dei modi di vibrare delle strutture con rimozione dell'effetto di sottosuolo;
- creazione di un *report* automatico con tabelle e illustrazioni.

### Analisi dei dati

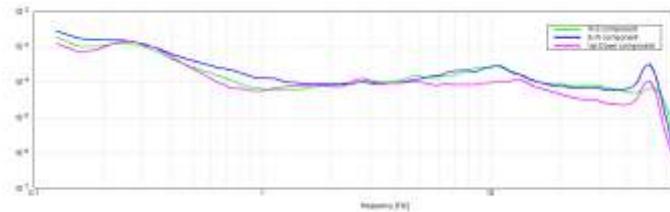


**Figura 16 int** – Rapporto H/V in frequenza.

Analizzando i risultati delle prove si possono fare le seguenti considerazioni:

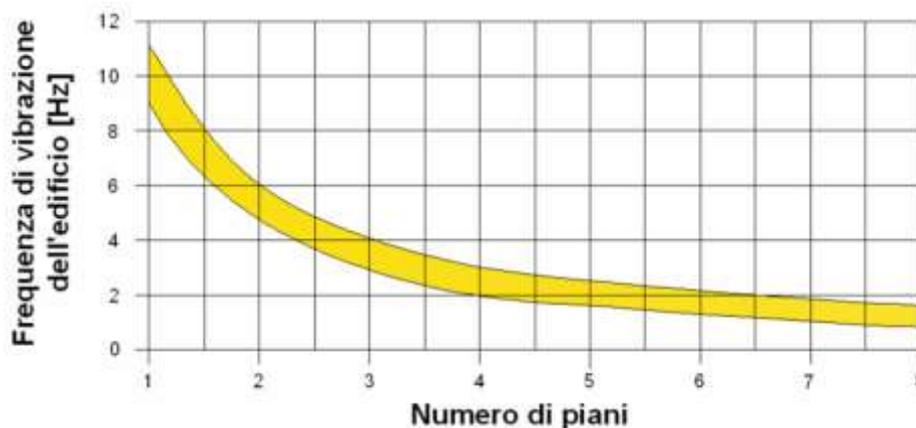
- la frequenza caratteristica del sito è stata individuata a  $16.25 \pm 0.77$  Hz, che corrispondono ad una profondità di circa 3 metri dal piano campagna, con un deciso contrasto di impedenza dovuto al contatto tra i terreni argillosi superficiali e il tetto delle ghiaie. In questo caso il valore rapporto H/V, poco superiore a 3.5, potrebbe essere parzialmente falsato (risultare più basso) dalla presenza di un orizzonte superficiale a comportamento rigido;
- la verifica della natura stratigrafica del picco identificato è stata operata analizzando le due condizioni fondamentali:

minimo della componente verticale: le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di mostrare un annullamento della componente verticale ad una frequenza che coincide con le frequenze di risonanza dell'onda S nel sito;



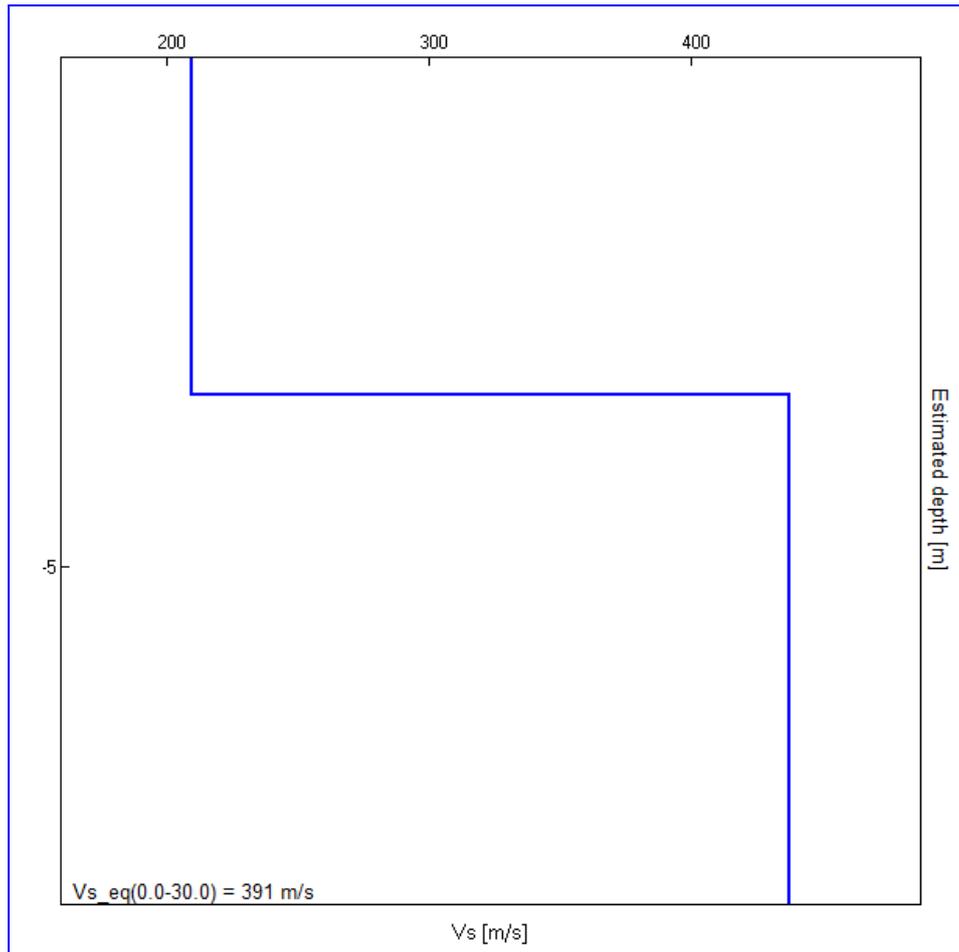
chiusura della curva H/V ad un valore di  $2f_0$ : qualunque picco di natura stratigrafica si chiude ad una frequenza pari a due volte quella massima;

- il grafico H/V evidenzia mediamente un buon accoppiamento delle due componenti orizzontali (E/O e N/S) per tutto lo spettro di frequenze analizzato. Questo denota un modello tipicamente monodimensionale (1D);
- nel grafico appare in maniera ben marcata il limite dello strumento broadband (banda larga) per la modellazione a frequenze al di sotto di 0.5 Hz, per effetti di tilt strumentale, dipendendo il segnale in larga misura da condizioni atmosferiche e ed oceaniche;



- le condizioni presenti al contorno in fase di acquisizione, proprio per la conformazione del lotto, hanno evidenziato la presenza di disturbi legati a strutture e piante, comunque non eludibili.

Per ricostruire l'assetto sismo-stratigrafico più profondo la curva del rapporto H/V è stata "invertita".



**Figura 17 int** Profilo  $V_s$  profondo ricavato dall'inversione della prova HVSR

## Azione sismica e spettri di risposta elastici in accelerazione

Alla scala del singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale può essere decomposta secondo tre componenti (direzioni ortogonali) rappresentate generalmente mediante spettri di risposta. Qualora la costruzione sia di dimensioni limitate o le sue fondazioni siano sufficientemente rigide e resistenti, si può assumere che il moto sia lo stesso per tutti i punti al di sotto della costruzione. Altrimenti si deve tener conto della variabilità spaziale del moto (art.7.3.2.5 N.T.C.).

La rappresentazione di riferimento per le componenti dell'azione sismica è lo **spettro di risposta elastico in accelerazione** che esprime una forma spettrale (spettro normalizzato) per uno smorzamento convenzionale del 5% moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale.

### Spettri di progetto

Per gli **stati limite di esercizio** lo spettro di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare, sia per le componenti orizzontali che per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerata

Per gli **stati limite ultimi** qualora le verifiche non vengano effettuate tramite l'uso di opportuni accelerogrammi ed analisi dinamiche al passo, ai fini del progetto o della verifica delle strutture le capacità dissipative delle strutture possono essere messe in conto attraverso una riduzione delle forze elastiche, che tiene conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovraresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni.

In tal caso, lo spettro di progetto  $S_d(T)$  da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  considerata, con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura.

Il valore del fattore di struttura  $q$  da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto la non linearità di materiale.

In tal caso, non disponendo delle caratteristiche strutturali definitive delle opere in progetto, verranno presi in considerazione gli spettri relativi al terreno anche per SLV, di seguito esposti e desunti dall'utilizzo del programma "Spettri di risposta ver. 1.03\*" – Consiglio Superiore Lavori Pubblici e dal software *Geostru-spettri2*.

Le risposte ascrivibili al comportamento inelastico della struttura a seguito di sollecitazione sismica, saranno oggetto di valutazione da parte del Progettista incaricato.

## 9. SINTESI DEGLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI III° LIVELLO – COMUNE DI LESIGNANO DE' BAGNI

L'Amministrazione Comunale ha provveduto alla realizzazione degli studi di microzonazione sismica di III livello in tutto il territorio comunale.

Di seguito si riporta una sintesi di quanto evidenziato dagli studi effettuati. Gli stralci delle tavole tematiche relativamente all'areale indagato sono riportati in allegato.

### Sintesi degli studi di microzonazione sismica

- Frequenza naturale dei terreni:  
Zona compresa in una Classe di frequenza compresa tra 2 Hz di 8 Hz ( $2 \text{ Hz} < f_0 < 8 \text{ Hz}$ ) – Tavola VII;
- MOPS – Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica:  
2004 successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ( $V_s < 800 \text{ m/s}$ ) ricoperto da depositi di origine alluvionale, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi di spessore medio pari a circa 5 m – Tavola IX;
- Velocità delle onde di taglio S:  
 $V_{SH} = 379/376/432$  Velocità  $V_s$  (m/s) delle onde di taglio S dei terreni di “copertura” sovrastanti al “substrato rigido” ( $V_s > 800 \text{ m/s}$ ) o “non rigido” ( $V_s < 800 \text{ m/s}$ ) – Tavola X;
- FA<sub>PGA</sub>: Fattore di amplificazione in termini di picco di accelerazione (Peak Ground Acceleration):  
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FA<sub>PGA</sub> 1.3 ed 1.4 – Tavola XI;
- FA<sub>sa 0.1-0.5 s</sub>: Fattore di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudovelocità, calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido nell'intervallo 0.1-0.5 s:  
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FA<sub>sa 0.1-0.5 s</sub> 1.3 ed 1.4 – Tavola XII;
- FH<sub>IS 0.5-1.0 s</sub>: Fattore di amplificazione di sito in termini di rapporto tra intensità dello spettro di risposta in pseudovelocità, calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido nell'intervallo 0.5-1.0 s:  
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali compresa tra FH<sub>IS 0.5-1.0 s</sub> 1.3 e 1.4 – Tavola XIII;

## 10. DETERMINAZIONE PRELIMINARE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

In condizioni sismiche, il termine “liquefazione” comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni interstiziali che, se positive, causano una riduzione della resistenza al taglio. La riduzione della resistenza può rappresentare solo una condizione temporanea, seguita da un successivo recupero, o può indurre nel terreno una condizione di collasso generalizzata e definitiva.

La liquefazione include tre principali fenomeni. Il primo è la “fluidificazione” che avviene quando le tensioni tangenziali richieste per assicurare le condizioni di equilibrio statico sono maggiori della resistenza al taglio del terreno al termine del terremoto. Ne consegue che una volta avviate, le deformazioni prodotte dalla fluidificazione possono proseguire anche dopo il terremoto. Il secondo fenomeno è quello della “mobilità ciclica” che si verifica quando le tensioni di taglio necessarie all’equilibrio statico sono minori della resistenza del terreno al termine del terremoto; in tal caso le deformazioni si sviluppano in maniera incrementale durante il terremoto. Il terzo fenomeno, che rappresenta un caso particolare di mobilità ciclica, è quello della “liquefazione ciclica” che si verifica nelle condizioni di free-field e piano campagna orizzontale.

### Posizione del problema

In linea di principio, l’analisi di suscettibilità alla liquefazione di un dato sito richiede:

1. la valutazione delle caratteristiche dell’evento sismico atteso (fattore scatenante)
2. la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo (fattore predisponente);
3. la stima degli effetti conseguenti alla liquefazione.

In relazione al tipo di analisi prescelto, le caratteristiche del moto sismico dovranno essere valutate in termini di grandezze rappresentative (es. magnitudo, durata o storia temporale delle accelerazioni).

Per la caratterizzazione geotecnica del sito in esame dovranno essere effettuate opportune indagini in sito che permettano, direttamente od attraverso correlazioni empiriche, di caratterizzare:

- la profondità della falda;
- le condizioni stratigrafiche;
- le proprietà fisiche e meccaniche dei terreni costituenti il deposito.

Sulla base dei risultati ottenuti dalle analisi di pericolosità di liquefazione, se il livello di danno indotto dal fenomeno non è compatibile con la stabilità del sito, dovrà essere eventualmente valutata la possibilità di non utilizzare il sito o di modificare le caratteristiche dei manufatti oggetto di studio (od eventualmente di migliorare le caratteristiche meccaniche dei terreni).

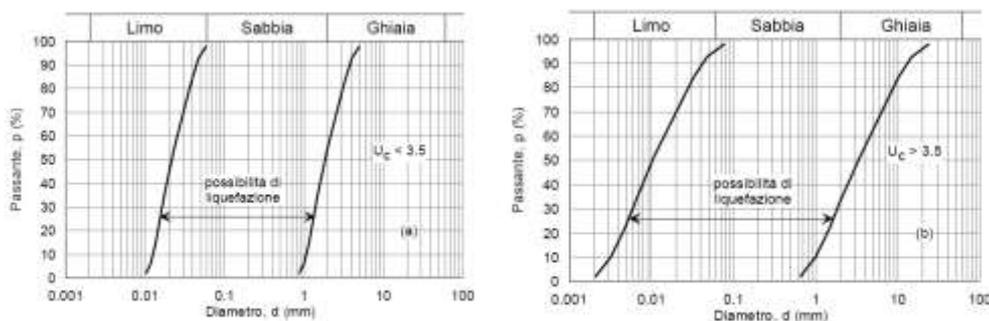
### Rischio di liquefazione: verifica preliminare

Ai fini della presente relazione (in accordo con la normativa di riferimento), il termine “liquefazione” denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o di rigidità causata dall’aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l’annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

Sulla base di un’analisi preliminare della sismicità del sito e delle caratteristiche geotecniche del deposito, si può ritenere che la probabilità che si verifichi la liquefazione sia estremamente bassa o nulla nel caso in cui si manifesti almeno una delle seguenti condizioni (art. 7.11.3.4.2 N.T.C.):

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  dove  $(N1)60$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$



Nel contesto geologico esistente, nonostante le scarse profondità investigate, il rischio di liquefazione può essere considerato del tutto irrilevante, grazie all’analisi stratigrafica delle formazioni esistenti, che permette di **escludere con assoluta certezza la presenza di litotipi sabbiosi classati suscettibili a fenomeni di liquefazione.**

## 11. CONCLUSIONI

Il presente lavoro si è prefisso lo scopo di valutare le condizioni zonali dell'area di studio, esaminando il contesto geologico, morfologico ed idrologico presenti, insieme alla caratterizzazione geotecnica preliminare del sito, al fine di poter supportare le verifiche strutturali relative agli edifici in ambito di progetto. Di seguito si riporta una sintesi dei principali aspetti emersi:

### Studio geologico

L'area oggetto di studio si colloca in prossimità della fascia di transizione tra gli ambienti dell'alta pianura parmense con il sistema appenninico ed in particolare in prossimità del raccordo tra il sistema pedecollinare e la piana alluvionale del sistema torrentizio del Torrente Parma, che scorre in direzione nord, nord-est ad una distanza di circa un chilometro. L'area è ubicata in località La Bassa (Coord. UTM N 4944925,86 E 602689,07 Lat. 44,650547° - Lon. 10,295467°).

Catastalmente risulta censita al Nuovo Catasto Terreni del Comune di Lesignano de' Bagni, al foglio 5 mappale 309.

Come anzi detto il presente studio si pone a corredo della richiesta per cambio di destinazione d'uso del lotto presente nel NCT al Foglio 5 Mappale 309; definito nel PSC del Comune di Lesignano de' Bagni come "Ambito destinato a parcheggio pubblico di U1 e U2 (Art. 44)".

L'area in oggetto si trova ad un'altezza di circa 203 metri s.l.m., inserita in un contesto morfologico sub-pianeggiante, con ampie porzioni agricole al contorno di un assetto locale periurbano.

Nel complesso l'area di studio risulta essere, per tutte le caratteristiche al contorno, **assolutamente stabile e con bassissima o nulla predisposizione al dissesto.**

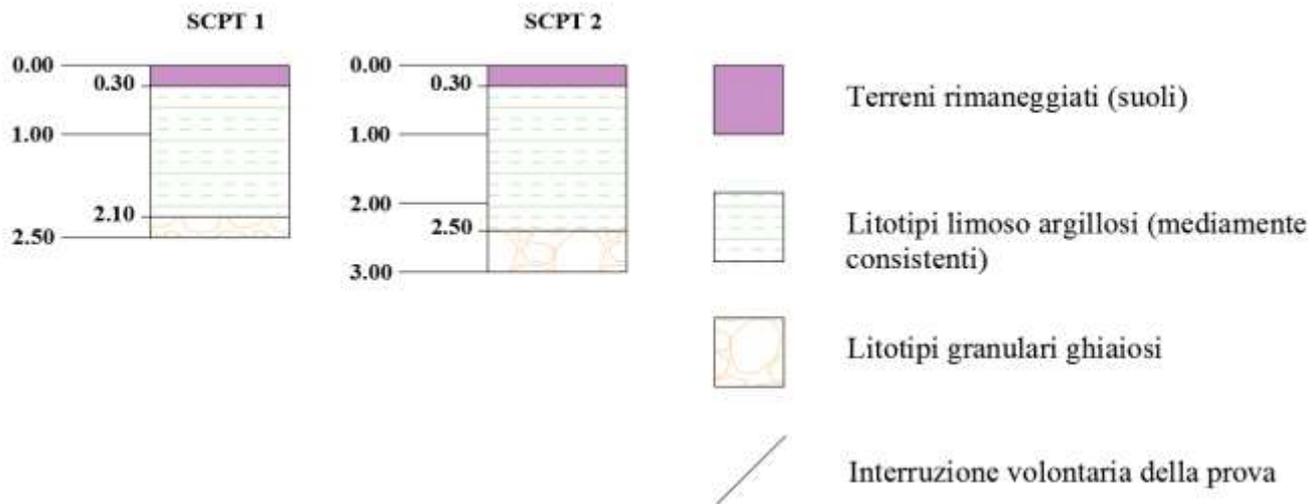
Al contorno dell'area, l'idrografia di superficie è caratterizzata dal Torrente Parma, posto ad ovest, con direzione di scorrimento verso nord ad una distanza di circa 1.0 km. Il corso d'acqua, sia per le condizioni di regimazione, sia per le sue caratteristiche intrinseche, **non mostra interferenze negative con l'area indagata** (Carta del piano di gestione del Rischio alluvioni – Tavola della esondazioni 199 SE Langhirano RP RSCM e Carta del piano di gestione del rischio alluvioni – tavola del Rischio 199 SE Langhirano RP RSCM).

Nel corso delle indagini effettuate non si è potuta osservare la presenza di un **sistema di circolazione idrica vero e proprio**. Tuttavia, nel corso di precedenti studi realizzati in contesti analoghi a quello di studio, si è potuta osservare la presenza di un sistema di circolazione idrica sub-superficiale. Tale circolazione, pur potendo considerare il substrato in posto come scarsamente permeabile, è resa possibile dalle condizioni di infiltrazione efficace presenti nella coltre superficiale dei terreni argillosi, proprio per le fessurazioni che in essi si producono in seguito ai cicli di essiccazione/imbibizione (contrazione/rigonfiamento). **Possono così formarsi lenti freatiche superficiali e discontinue, caratterizzate da livelli di soggiacenza assai variabili.** Oltre a questi sistemi di circolazione, un acquifero direttamente collegato al limitrofo Torrente Parma è presente nei depositi ghiaiosi presenti in sub-superficie.

L'area di studio, così come riportato nella cartografia tematica esistente (Carta Geologica Regione Emilia-Romagna scala 1:10.000 Foglio 199160), si colloca in corrispondenza dei depositi alluvionali intravallivi dell'unità **AES8a – Unità di Modena**. Le litologie sono rappresentate da ghiaie e sabbie, ricoperte da una coltre limoso – argillosa discontinua. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C; lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. Questi depositi corrispondono all'**Alluvium antico Q<sub>2r</sub>** della Carta

Geologica d'Italia 1:100.000 foglio 85 Castelnuovo Ne' Monti costituito alluvium recente e più antico: terrazzi ghiaioso-sabbiosi, fissati e coltivati lungo i corsi d'acqua.

Intervallo	Z <sub>min</sub> (m)	Z <sub>max</sub> (m)	γ (t/m <sup>3</sup> )	γ' (t/m <sup>3</sup> )	Cu (kg/cm <sup>2</sup> )	Φ'	E (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Suoli</b>	0.00	-0.30	---	---	---	---	---
<b>A</b>	-0.30	-2.10/2.40	0.85	1.85	0.80	---	80
<b>B</b>	-2.50/3.00	profondità	0.70	1.70	---	37°	>450



**Studio sismico**

I parametri necessari per la determinazione delle forme spettrali da utili per la definizione dell'azione sismica di progetto sono stati ricavati dal programma messo a punto dal Ministero "Spettri NTC-07" ver. 1.0.3 in accordo con quanto previsto dal D.M. 17/01/18

<b>LON</b>	10,295467°
<b>LAT</b>	44,650547°
<b>V<sub>N</sub></b>	50 anni
<b>Classe</b>	II
<b>C<sub>U</sub></b>	1

<b>STATO LIMITE</b>	<b>T<sub>R</sub></b> (anni)	<b>a<sub>g</sub></b> (g)	<b>F<sub>0</sub></b>	<b>T<sub>c</sub>*</b> (s)
<b>SLO</b>	30	0,053	2,474	0,242
<b>SLD</b>	50	0,066	2,483	0,257
<b>SLV</b>	475	0,157	2,489	0,285
<b>SLC</b>	975	0,198	2,502	0,293

Per la classificazione del sito in oggetto si è definito il parametro meccanico di base definito dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, Vs<sub>30</sub> realizzando indagini geofisiche in sito mediante la tecnica "MASW".

**Le elaborazioni effettuate hanno permesso di attribuire al sito indagato la categoria di sottosuolo "B"**

**Coefficienti sismici**

Stabilità dei pendii e fondazioni

Mur di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti:

H (m) 1 us (m) 0,1

Cat. Sottosuoli B

Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz. categoria	1,46	1,44	1,41	1,41
BT Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc. in massima attesa al sito [m/s²] 0,6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
k <sub>s</sub>	0,013	0,016	0,045	0,057
k <sub>v</sub>	0,006	0,008	0,023	0,029
A <sub>max</sub> [m/s²]	0,626	0,780	1,851	2,330
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

A seguito delle considerazioni effettuate, derivanti dalle valutazioni geologiche e geologico-tecniche formulate e fatte salve le prescrizioni di cui sopra, si ritiene di poter esprimere **un parere del tutto favorevole al cambio di destinazione d'uso del lotto.**

San Michele Tiorre, li 17 settembre 2021

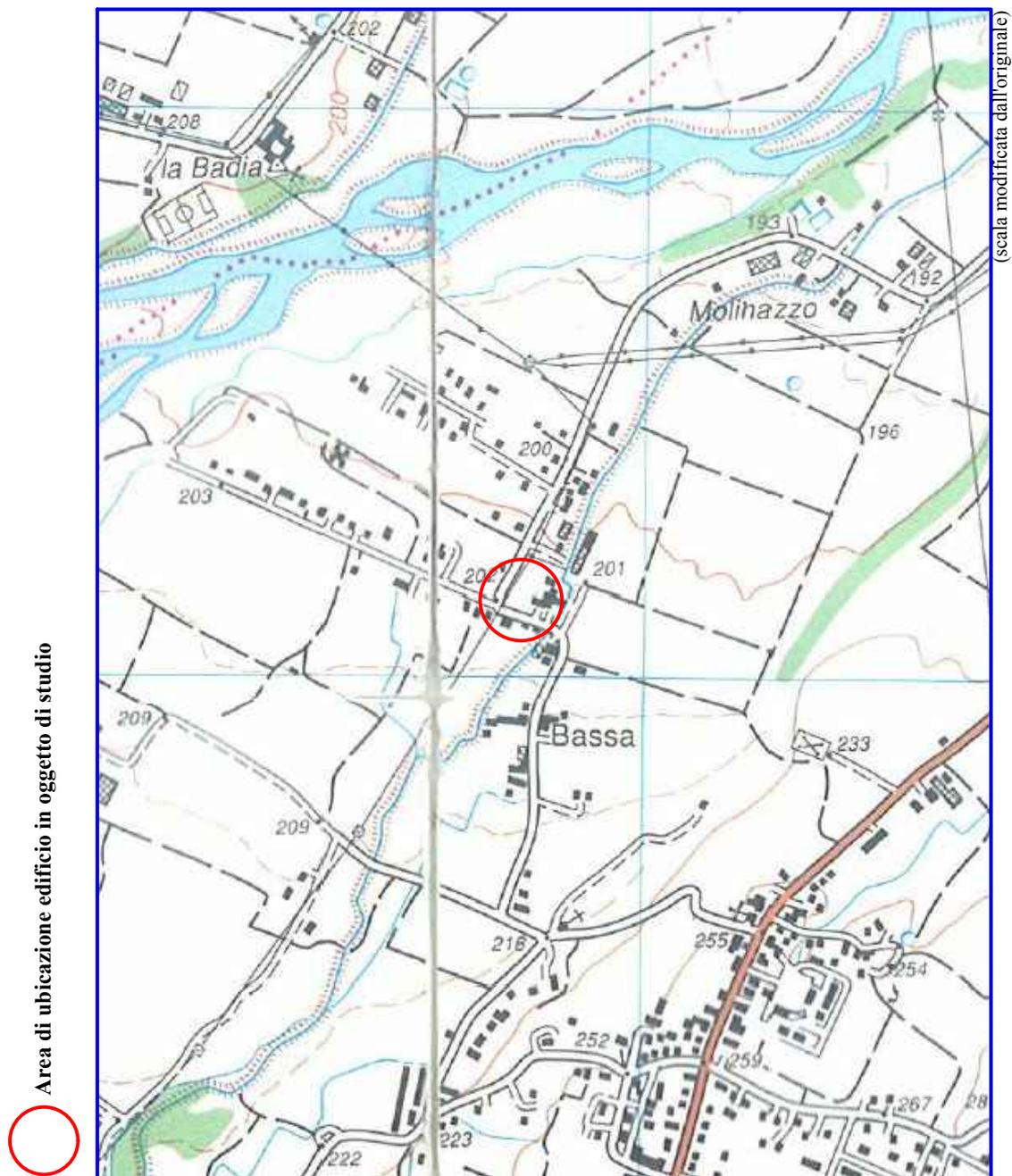
Dott. Geol. Luca Calzolari



# TAVOLE

## Tavola I

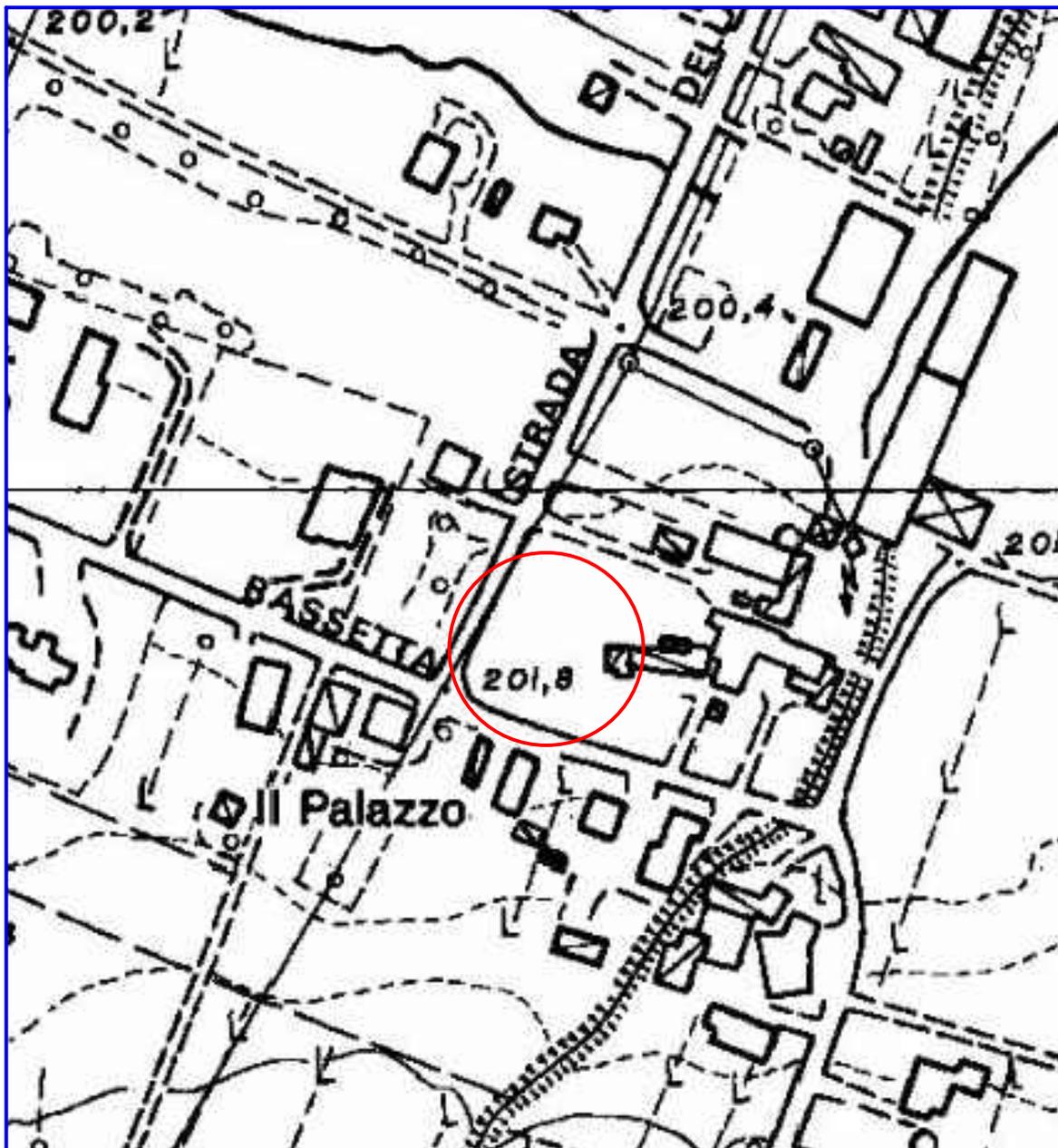
# STRALCIO CARTA TOPOGRAFICA REGIONALE LANGHIRANO Tavola 199 - SE Scala 1:25.000



(Coord. UTM N 4944925,86 E 602689,07)  
(Lat. 44,650547° - Lon 10,295467°)

## Tavola II

# STRALCIO CARTA TECNICA REGIONALE LANGHIRANO Foglio 199 - SE Elemento 122 Scala 1:5.000



(scala modificata dall'originale)



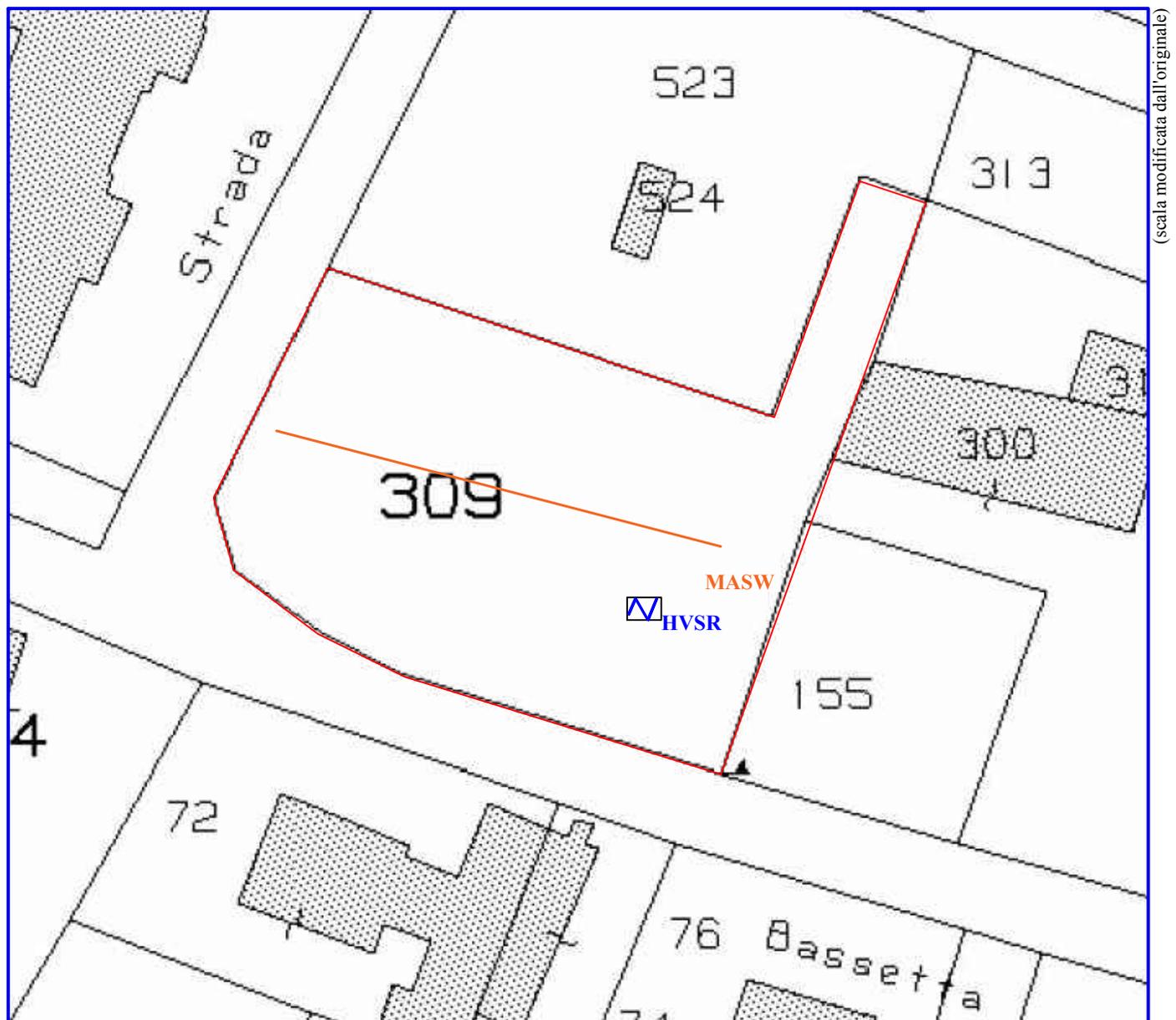
Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

(Coord. UTM N 4944925,86 E 602689,07)  
(Lat. 44,650547° - Lon 10,295467°)

## Tavola III

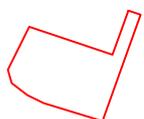
# STRALCIO PLANIMETRICO CATASTALE E UBICAZIONE DELLE PROVE EFFETTUATE Scala 1:2.000

Comune di Lesignano dé Bagni - Foglio 5 - Mappale 309



(scala modificata dall'originale)

(Coord. UTM N 4944925,86 E 602689,07)  
(Lat. 44,650547° - Lon 10,295467°)



Area in oggetto di studio



Stendimento MASW



Indagini HVSr

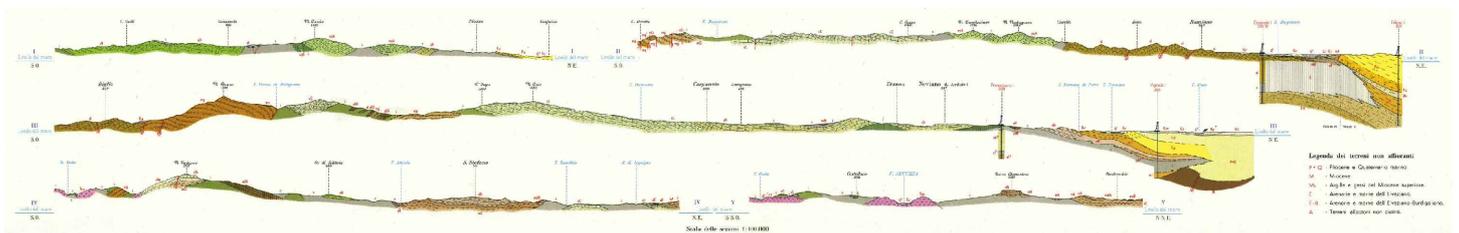
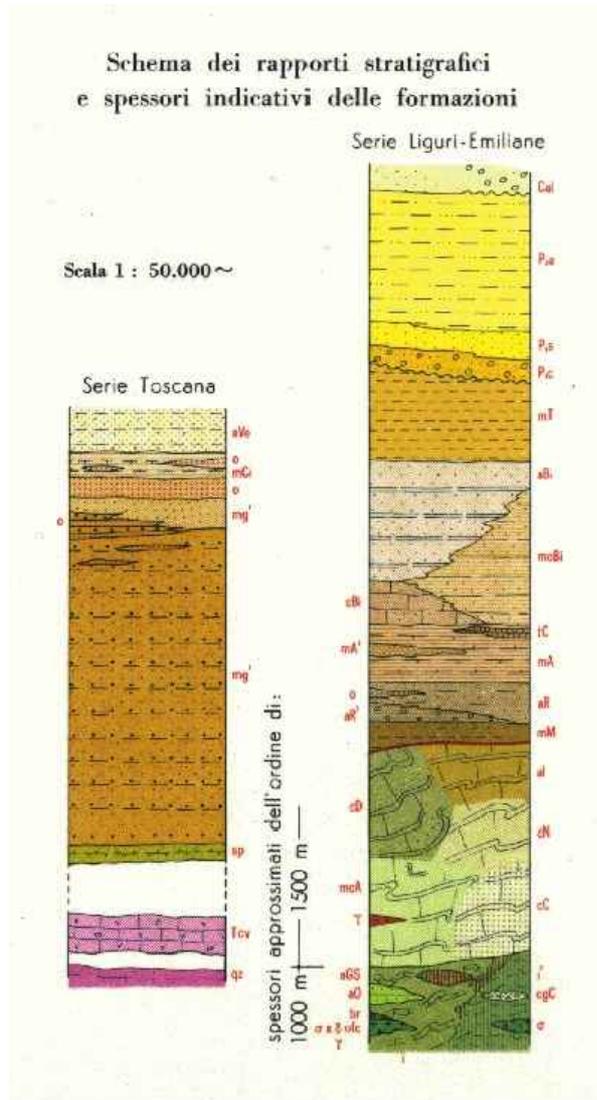


# LEGENDA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

## - Foglio 85 -

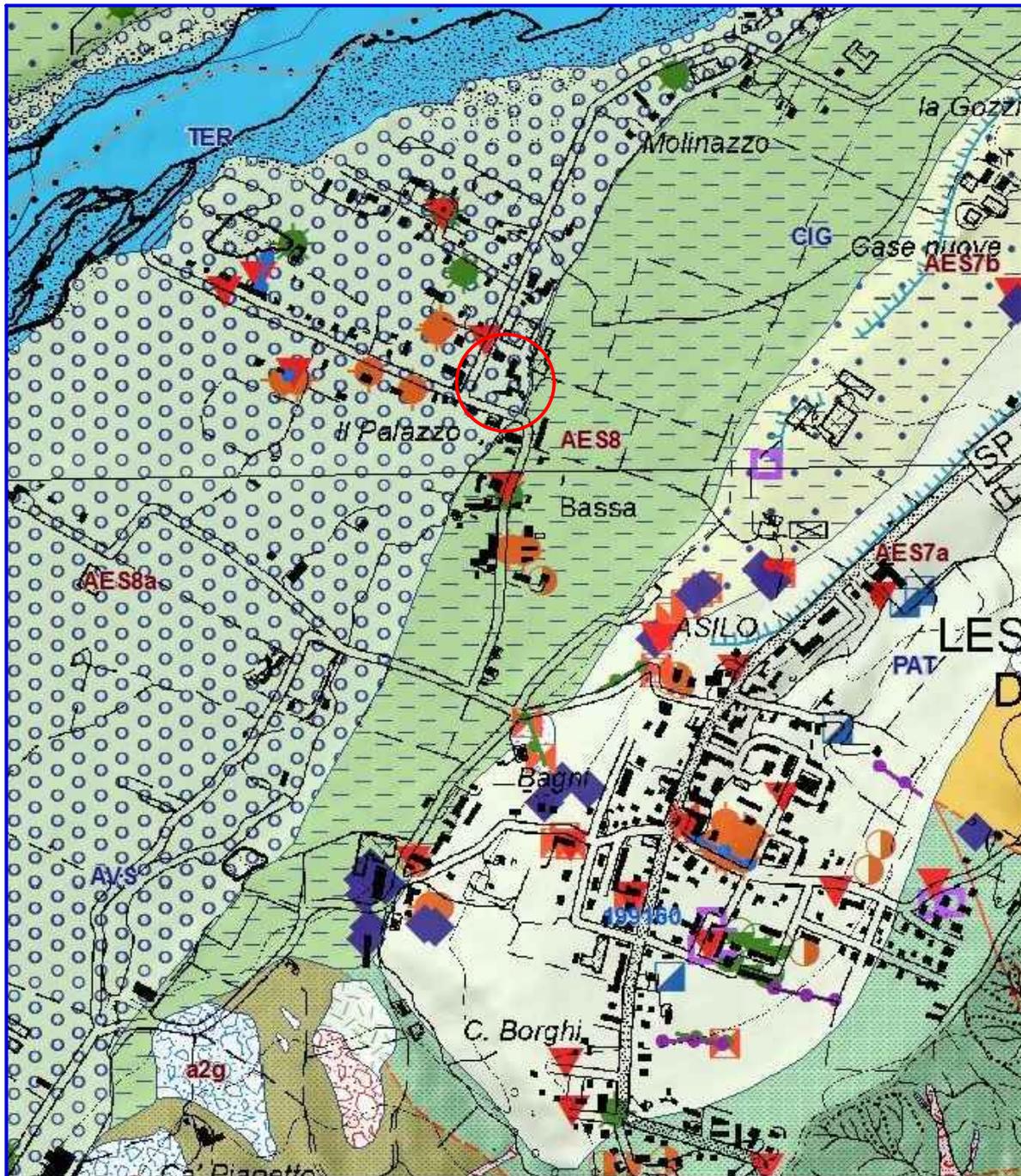
## CASTELNOVO NE' MONTI

<b>Quaternario</b>	<p><b>Q4</b> Alluvioni recenti, in parte ghiaiose e sabbiose in pianura, in parte argillose, sabbie e ghiaie.</p> <p><b>Q3</b> Alluvioni recenti, in parte ghiaiose e sabbiose in pianura, in parte argillose, sabbie e ghiaie.</p> <p><b>Q2</b> Alluvioni recenti, in parte ghiaiose e sabbiose in pianura, in parte argillose, sabbie e ghiaie.</p> <p><b>Q1</b> Alluvioni recenti, in parte ghiaiose e sabbiose in pianura, in parte argillose, sabbie e ghiaie.</p>
<b>Terziario</b>	<p><b>T3</b> Sassi di Gubbio, calcareo, sabbioso, argilloso, con sabbie e ghiaie.</p> <p><b>T2</b> Sassi di Gubbio, calcareo, sabbioso, argilloso, con sabbie e ghiaie.</p> <p><b>T1</b> Sassi di Gubbio, calcareo, sabbioso, argilloso, con sabbie e ghiaie.</p>
<b>Secondario</b>	<p><b>S2</b> Sassi di Gubbio, calcareo, sabbioso, argilloso, con sabbie e ghiaie.</p> <p><b>S1</b> Sassi di Gubbio, calcareo, sabbioso, argilloso, con sabbie e ghiaie.</p>
<b>Primario</b>	<p><b>P1</b> Sassi di Gubbio, calcareo, sabbioso, argilloso, con sabbie e ghiaie.</p>
<b>Pre-primario</b>	<p><b>Pr1</b> Sassi di Gubbio, calcareo, sabbioso, argilloso, con sabbie e ghiaie.</p>



## Tavola IV bis

# STRALCIO CARTA GEOLOGICA REGIONALE EMILIA ROMAGNA - Scala 1:10.000 Foglio 199160 - LANGHIRANO



(scala modificata dall'originale)

 Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

(Coord. UTM N 4944925,86 E 602689,07)  
(Lat. 44,650547° - Lon 10,295467°)

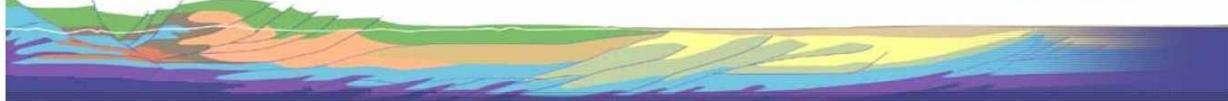
# LEGENDA CARTA GEOLOGICA REGIONE EMILIA ROMAGNA

Scala 1:10.000

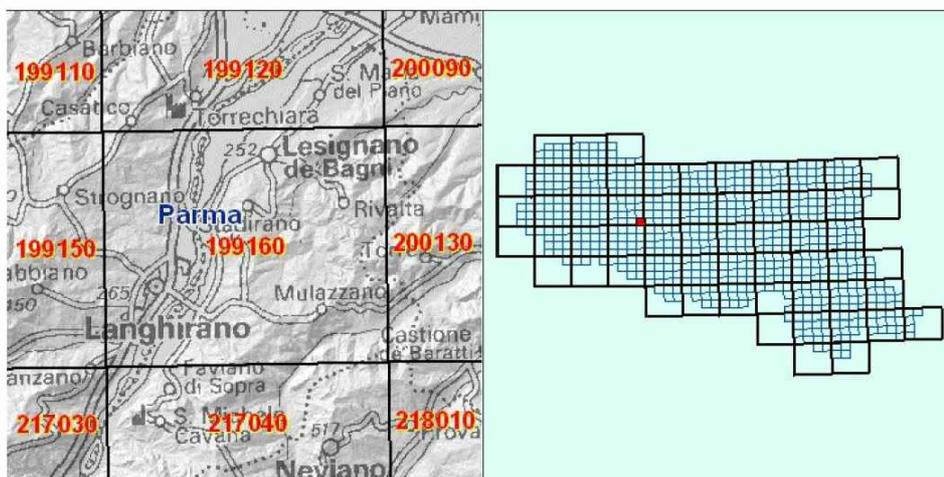
Foglio 199160 - Langhirano

servizio geologico  
sismico e dei suoli

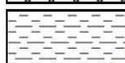
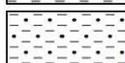
Regione Emilia-Romagna



LEGENDA DELLA SEZIONE CARTOGRAFICA: 199160 - LANGHIRANO



Tessiture:

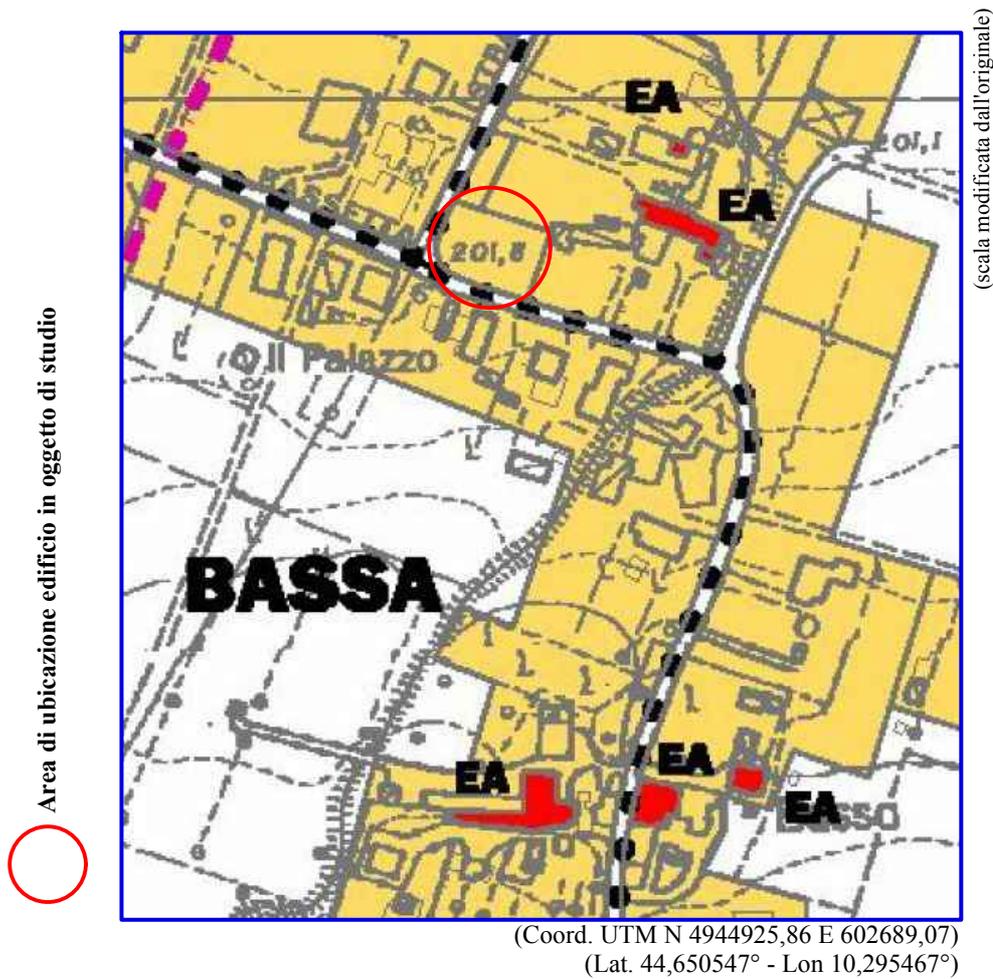
-  Ghiaia
-  Limo Argilloso
-  Limo Sabbioso
-  Limo

 AES8a - Unità di Modena

Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri.  
(Olocene)

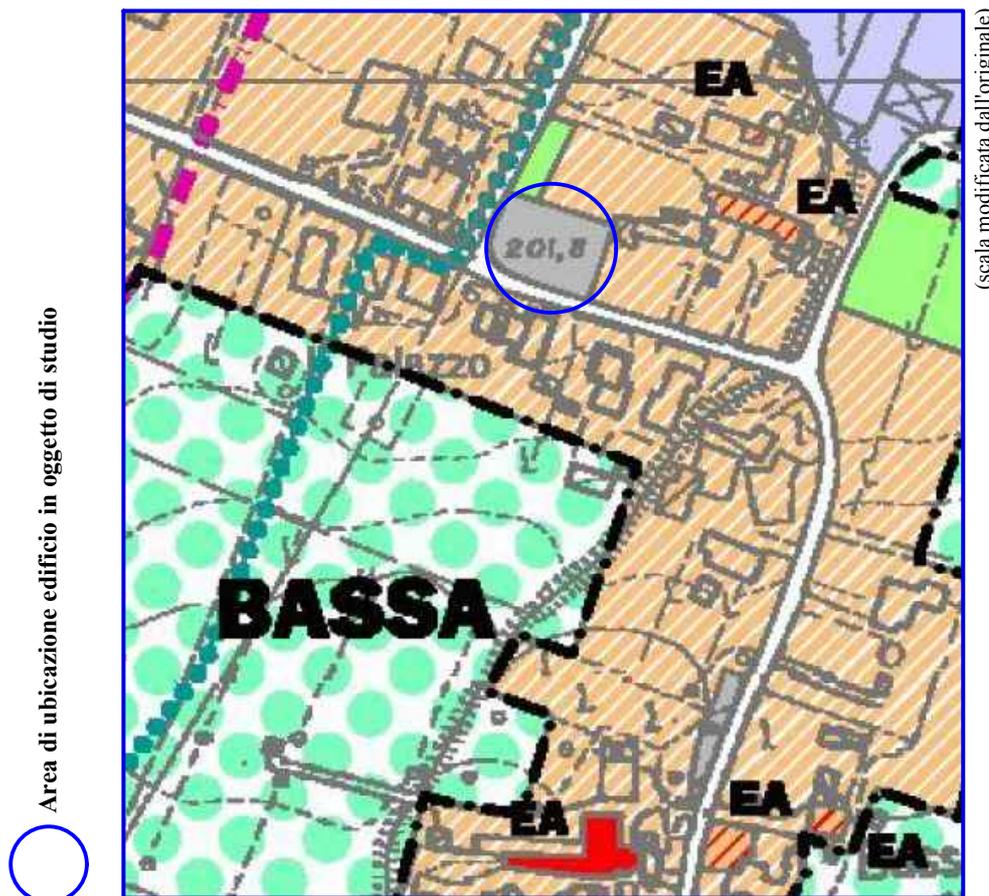
## Tavola V

# STRALCIO DEL PSC DEL COMUNE DI LESIGNANO DE BAGNI CARTA DEI VINCOLI Scala 1:10.000



# Tavola VI

## STRALCIO DEL PSC DEL COMUNE DI LESIGNANO DE BAGNI AMBITI E SISTEMI STRUTTURALI Scala 1:10.000



Area di ubicazione edificio in oggetto di studio

(scala modificata dall'originale)

(Coord. UTM N 4944925,86 E 602689,07)  
(Lat. 44,650547° - Lon 10,295467°)

PROVINCIA DI PARMA  
**COMUNE DI LESIGNANO DE' BAGNI**

**PSC**  
PIANO STRUTTURALE COMUNALE  
in forma associata  
Art.128 Legge N. 24 Marzo 2008 n° 46

**Ambiti e sistemi strutturali**

**P1a**

adottato con D.C. n° 23 del 20/04/2009  
approvato con D.C. n° del

ccdp  
centro cooperativo di progettazione  
via Garibaldi 17  
41012 Reggio Emilia  
tel. 0522 803794  
www.ccdp.it  
e-mail: info@ccdp.it  
e fax: 0521940262

SCALA 1:5000

File: 1\_336018\_PSC\_lesignano\_A1a1 09/07/15

- Ambiti urbani consolidati residenziali (Capoluogo, S. Maria del Piano) (Art.17)
  - Ambiti urbani consolidati residenziali (Cortili minori) (Art.18)
  - Ambiti residenziali urbanizzati o in corso di urbanizzazione sulla base di strumenti urbanistici preesistenti (Art.19)
  - Ambiti nodi a prevalente uso residenziale e aree verdi di tutela (Art.20)
  - ACR Ambiti consolidati da riqualificare tramite PUA (Art.21)
  - APR Ambiti a destinazione produttiva e agricola da trasformare, riqualificare e consolidare tramite PUA (Art.21)
  - DR Ambiti di trasformazione per insediamenti a prevalente funzione residenziale (Art.22)
  - AR Ambiti residenziali di integrazione dei margini urbanizzati soggetti a convenzione situativa (Art.22 bis)
- SISTEMA INSIEDATIVO URBANO DELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE**
- Ambiti consolidati a prevalente funzione produttiva e terziaria (Art.23)
  - Ambiti consolidati a prevalente funzione produttiva e terziaria urbanizzati o in corso di urbanizzazione sulla base di strumenti urbanistici preesistenti (Art.24)
  - DP Ambiti di espansione produttiva e terziaria (Art.26)
  - APRP Ambiti di riqualificazione produttiva e terziaria da attuare tramite PUA (Art.25)
  - Insediamenti per la distribuzione carburanti (Art.26)
  - Perimetri degli ambiti produttivi consolidati da sottoporre a PUA di riqualificazione urbano-ambientale (Art.23)
- PIANIFICAZIONE DEL SISTEMA DELLE DOTAZIONI TERRITORIALI**  
SISTEMA DELLE DOTAZIONI TERRITORIALI
- ADT Ambito di riqualificazione per dotazioni termali e collettive di livello sovramunicipale (Art.42)
  - Ambiti per dotazioni territoriali (sopramunicipali) (Art.42)
  - Ambiti per dotazioni territoriali di livello comunale (Art.43)
  - Ambiti a verde pubblico attrezzato di rilievo comunale (Art.43)
  - Ambiti destinati a parcheggi pubblici di UT e L12 (Art.44)

## Tavola VII

# STRALCIO CARTA DEL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI Tavola delle esondazioni Scala 1:25.000

### 199 SE - LANGHIRANO - RP RSCM



(Coord. UTM N 4944925,86 E 602689,07)  
(Lat. 44,650547° - Lon 10,295467°)



#### Scenari di Pericolosità

- P3 - H (Alluvioni frequenti: tempo di ritorno tra 20 e 50 anni - elevata probabilità)
- P2 - M (Alluvioni poco frequenti: tempo di ritorno tra 100 e 200 anni - media probabilità)
- P1 - L (Scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi)

#### Legenda

#### Elementi Potenzialmente Esposti

- |  |  |   |   |
|--|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Zone urbanizzate</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Attività produttive</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Strutture strategiche e sedi di attività collettive</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Infrastrutture strategiche</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Insediamenti produttivi o impianti tecnologici, potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Beni ambientali, storici e culturali di rilevante interesse</li> </ul> | <table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> areali</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> puntuali</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> lineari</li> </ul> </td> <td style="vertical-align: top;"> <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> scuola</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> ospedale</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> diga</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> impianti insediamenti</li> </ul> </td> </tr> </table> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> areali</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> puntuali</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> lineari</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> scuola</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> ospedale</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> diga</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> impianti insediamenti</li> </ul> |
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> areali</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> puntuali</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> lineari</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> scuola</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> ospedale</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> diga</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> impianti insediamenti</li> </ul>  |   |   |

#### Aree Protette

- Zone Parco
- SIC - ZPS

- reti per la distribuzione di servizi
- reti stradali secondarie e spazi accessori
- reti ferroviarie e stradali primarie e spazi accessori

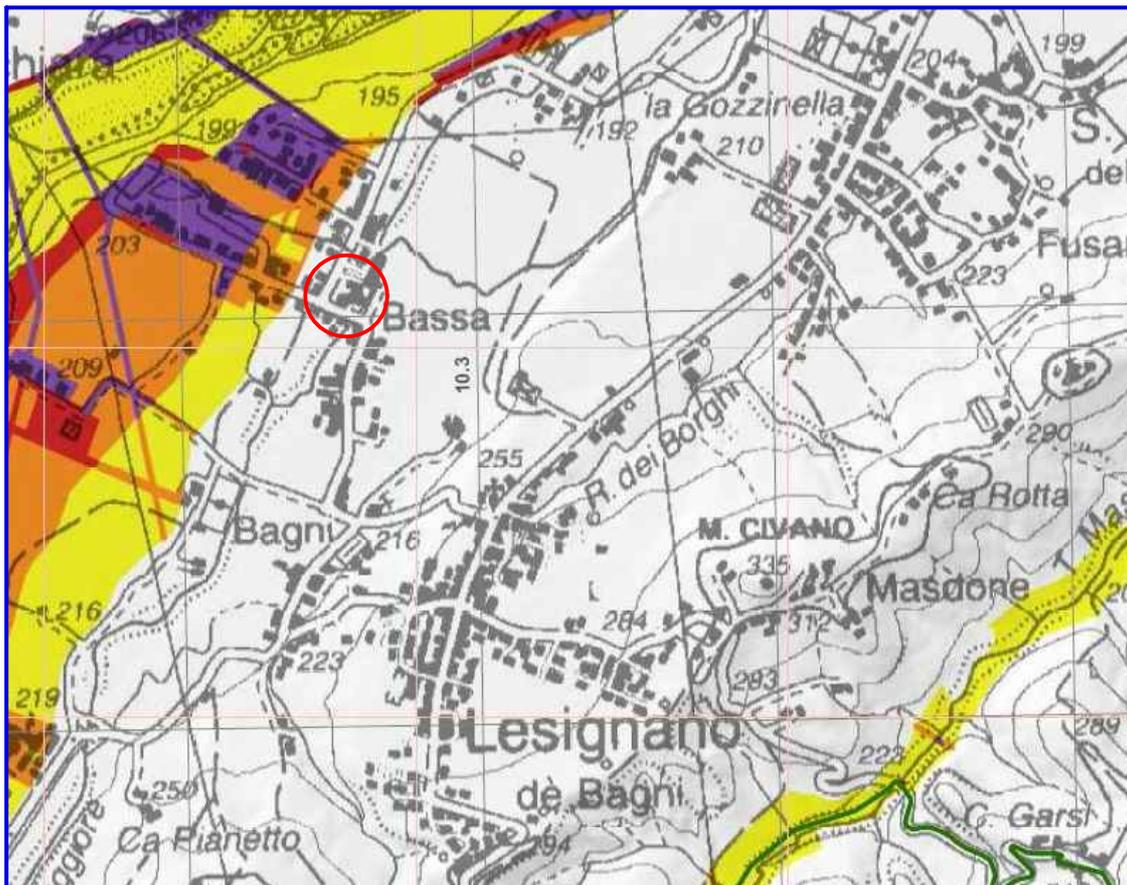
## Tavola VII bis

# STRALCIO CARTA DEL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI

Tavola del rischio  
Scala 1:25.000

199 SE - LANGHIRANO - RP RSCM

Area di ubicazione edificio in oggetto di studio



(scala modificata dall'originale)

(Coord. UTM N 4944925,86 E 602689,07)  
(Lat. 44,650547° - Lon 10,295467°)

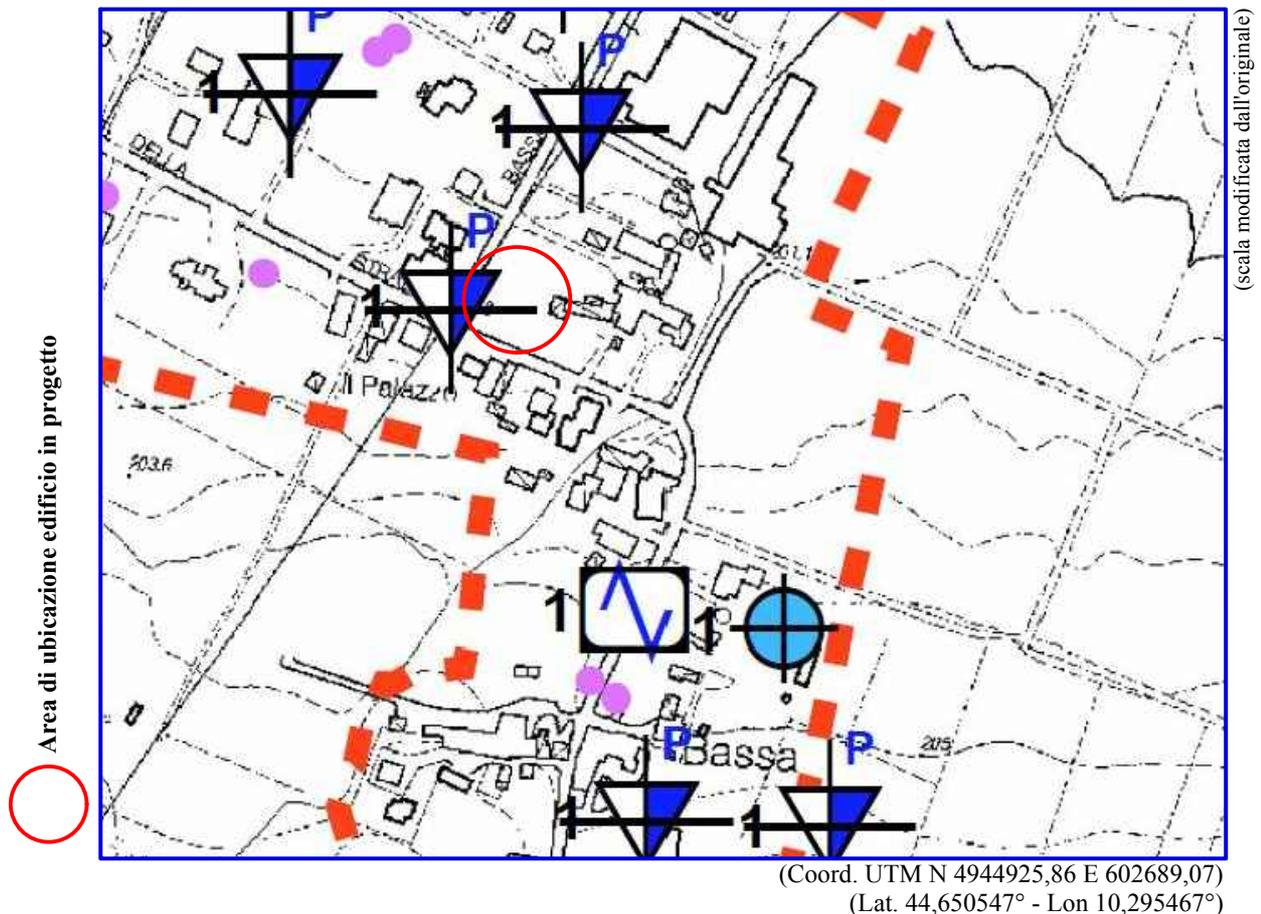


### Legenda

<b>Aree Protette</b>		Zone Parco		SIC - ZPS
<b>Classi di Rischio</b>		puntuali	lineari	areali
<b>R1</b> (rischio moderato o nullo)				
<b>R2</b> (rischio medio)				
<b>R3</b> (rischio elevato)				
<b>R4</b> (rischio molto elevato)				

# Tavola VII

## STRALCIO CARTA DELLE INDAGINI Scala 1:10.000



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

### MICROZONAZIONE SISMICA Carta delle indagini

scala 1:10.000

**Regione Emilia - Romagna**  
Comune di Lesignano de' Bagni  
Elaborato 1

Regione Emilia Romagna	Soggetto realizzatore INISEGMA Direzione tecnica Dott. Geol. Carlo Calzari Dott. Geol. Francesco Ceratti Collaboratori Dott. Geol. Matteo Bala Dott. Geol. Daniela Bianco Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott. Ing. Chiara Menardi Dott. Geol. Nazario Truzzi	Data Gennaio 2020  MS3
---------------------------	---	---------------------------------

### Legenda

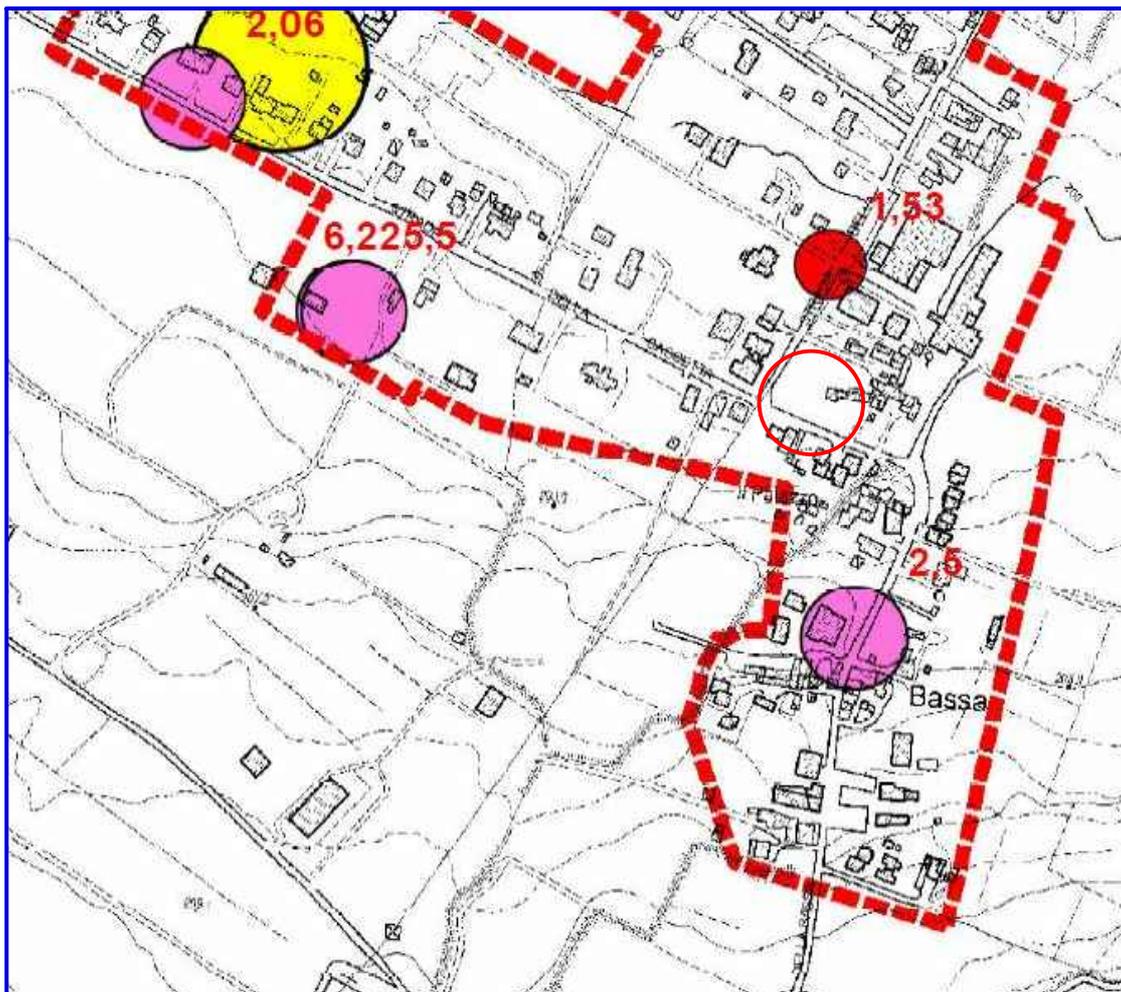
- Confine comunale
- Area oggetto di microzonazione sismica
- Trincea o pozzetto esplorativo
- Sondaggio a carotaggio continuo che non raggiunge il substrato
- Sondaggio a carotaggio continuo che raggiunge il substrato
- Prova in foro di tipo downhole
- Sondaggio a distruzione di nucleo
- Sondaggio a distruzione di nucleo che interseca il substrato
- Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
- Prova penetrometrica in foro (SPT)
- Prova per acqua
- Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
- Prova penetrometrica dinamica leggera
- Prova penetrometrica dinamica media
- Prova penetrometrica dinamica pesante
- Prova penetrometrica dinamica superpesante
- MW - MASW
- RM - Ra 30
- - - Profilo sismica a rifrazione
- - - SERT - Tomografia elettrica
- Stazione microtremore a stazione singola
- 1 Stratiografia Zona M3 teorica

# Tavola VIII

## STRALCIO CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

### Scala 1:5.000

Area di ubicazione edificio in progetto



(scala modificata dall'originale)

(Coord. UTM N 4944925,86 E 602689,07)  
(Lat. 44,650547° - Lon 10,295467°)

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

### MICROZONAZIONE SISMICA

Carta delle frequenze naturali  
dei terreni

scala 1:10.000

**Regione Emilia – Romagna**  
Comune di Lesignano de' Bagni

Elaborato 3

Regione Emilia Romagna	Suggestivo realizzatore  Direzione Tecnica Dott. Geol. Carlo Casoli Dott. Geol. Francesco Cavalli Collaboratori Dott. Geol. Matteo Bacci Dott. Geol. Domenico Bianchi Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott. Geol. Carlo Mariani Dott. Geol. Massimiliano Truzzi	DATA Gennaio 2020  <h2 style="text-align: center;">MS3</h2>
---------------------------	--	--

**Legenda**

- Confine comunale
- Area oggetto di microzonazione

**FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI**

Classi di frequenza (Hz)	
Nessun picco significativo	
$f_0 \leq 0,6$ Hz	
$0,6$ Hz < $f_0 \leq 1$ Hz	
$1$ Hz < $f_0 \leq 2$ Hz	
$2$ Hz < $f_0 \leq 8$ Hz	
$f_0 > 8$ Hz	

**FREQUENZA PRINCIPALE E RELATIVO VALORE (Hz)**

- Ampiezza picco  $HSVR_{\geq 3}$   
Contrasto impedenza elevato
- Ampiezza picco  $2 \leq HSVR < 3$   
Contrasto impedenza moderato
- Ampiezza picco  $1,5 \leq HSVR < 2$   
Contrasto impedenza basso
- Ampiezza picco  $HSVR < 1,5$   
Assenza significativi contrasti impedenza
- FREQUENZA SECONDARIA (QUANDO PRESENTE)  
E RELATIVO VALORE (Hz)

# Tavola IX

## STRALCIO CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA - MOPS Scala 1:10.000



(Coord. UTM N 4944925,86 E 602689,07)  
(Lat. 44,650547° - Lon 10,295467°)



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

### MICROZONAZIONE SISMICA Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica scala 1:10.000

Regione Emilia-Romagna  
Comune di Lesignano de' Bagni



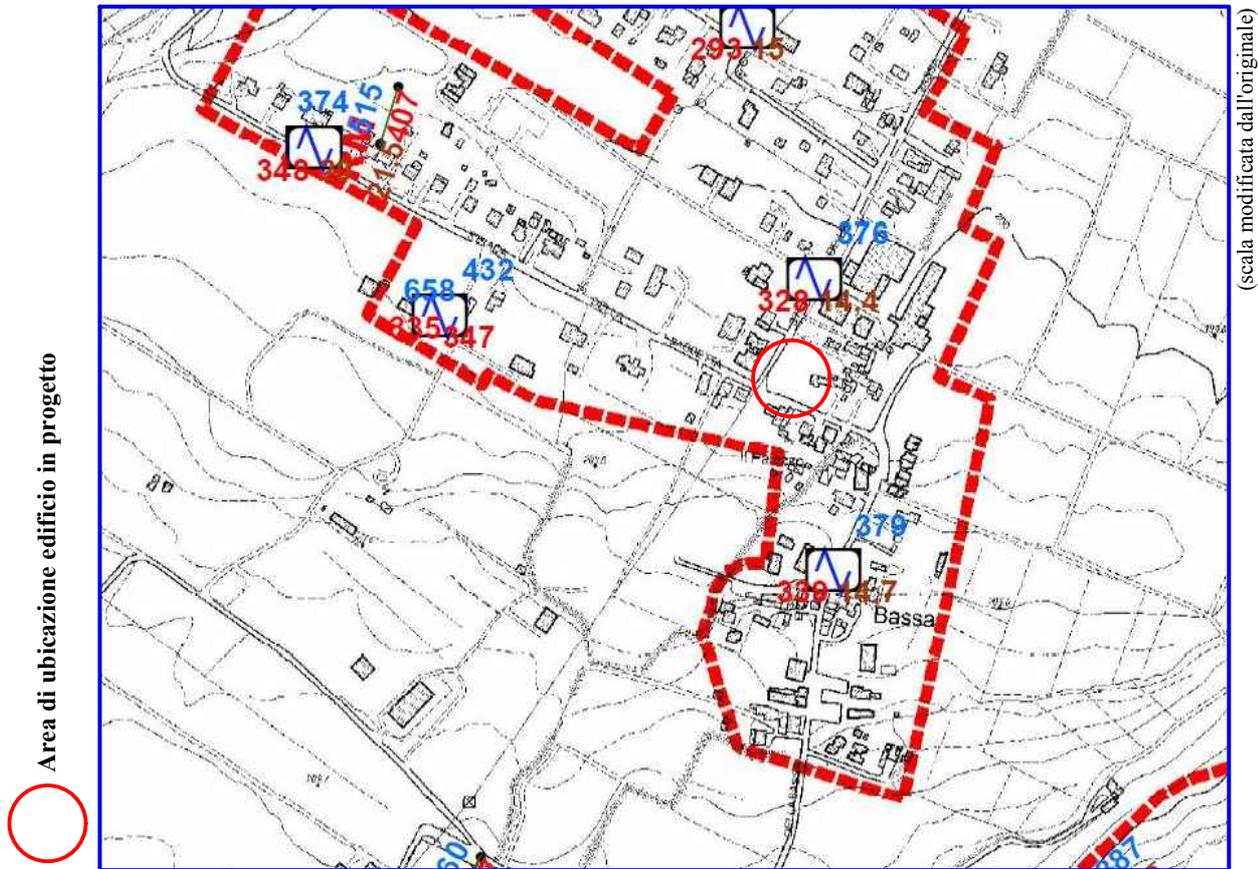
Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore ENGEOS s.p.a. Direzione tecnica Dott. Geol. Carlo Caleffi Dott. Geol. Francesco Cerutti Collaboratori Dott. Geol. Domenico Bianco Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott. Ing. Giulia Marzardi Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi	Data Gennaio 2020  <b>MS3</b>
---------------------------	---	--

#### Legenda

- Confine comunale
  - Area soggetta al microzonazione sismica di II Livello
- #### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali
- 2001** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido (Vs < 800 m/s) di tipo A1S ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3 m
  - 2002** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido (Vs < 800 m/s) di tipo C1 + C2S o S1C5S ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3 m
  - 2003** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido (Vs < 800 m/s) ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali e/o paludosi, a granulometria prevalentemente argillosa di spessore medio pari a circa 5 m
  - 2004** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido (Vs < 800 m/s) ricoperto da depositi di origine alluvionale, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi di spessore medio pari a circa 5 m
  - 2005** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido (Vs < 800 m/s) ricoperto da depositi di origine alluvionale, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi di spessore medio pari a circa 10 m
  - 2006** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido (Vs < 800 m/s) ricoperto da depositi di origine alluvionale, fini, a texture prevalentemente argillo-limoso di spessore medio pari a circa 6-7 m
  - 2007** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido (Vs < 800 m/s) ricoperto da depositi di origine alluvionale, fini, a texture prevalentemente argillo-limoso di spessore medio pari a circa 8 m, con i livelli di margine dei depositi di origine alluvionale, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi di spessore medio pari a circa 5 m
  - 2008** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido (Vs < 800 m/s) ricoperto da depositi di origine alluvionale, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi di spessore non definito
- #### Zone di Attenzione per Instabilità
- 2A-F8** - Zona di Attenzione per instabilità di versante - Zona 8  
Coppo di ripa, di spessore medio pari a circa 5 m, costituito da materiali prevalentemente argillo-limosi, interposti su substrato di tipo non rigido (Vs < 800 m/s)
  - 2A-F9** - Zona di Attenzione per instabilità di versante - Zona 9  
Coppo di ripa, di spessore medio compreso tra circa 5 e 10 m, costituito da materiali prevalentemente argillo-limosi, interposti su substrato di tipo non rigido (Vs < 800 m/s)
  - 2A-F10** - Zona di Attenzione per instabilità di versante - Zona 10  
Coppo di ripa, di spessore non definito per mancanza di dati litostrostrutturali, interposto su substrato di tipo non rigido (Vs < 800 m/s)
- #### Forme di superficie e sepolte
- Orlo di terrazzo fluviale (10-20m)
- #### Punti di misura di rumore ambientale
- Punto di misura di rumore ambientale con indicazioni del valore di 10

# Tavola X

## STRALCIO CARTA DELLE VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO S Scala 1:5.000



(scala modificata dall'originale)

Area di ubicazione edificio in progetto

(Coord. UTM N 4944925,86 E 602689,07)  
(Lat. 44,650547° - Lon 10,295467°)

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

### MICROZONAZIONE SISMICA

#### Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)

scala 1:10.000

Regione Emilia - Romagna  
Comune di Lesignano de' Bagni  
Elaborato 5

Regione Emilia Romagna	Soggetto realizzatore Direzione tecnica Dott. Geol. Carlo Caffè Collaboratori Dott. Geol. Francesco Cerutti Dott. Geol. Matteo Bara Dott. Geol. Damiano Bianco Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott. ssa Ing. Giulia Marzetti Dott. Geol. Maximiliano Trauzzi	Data Gennaio 2020  <b>MS3</b>
---------------------------	---	--

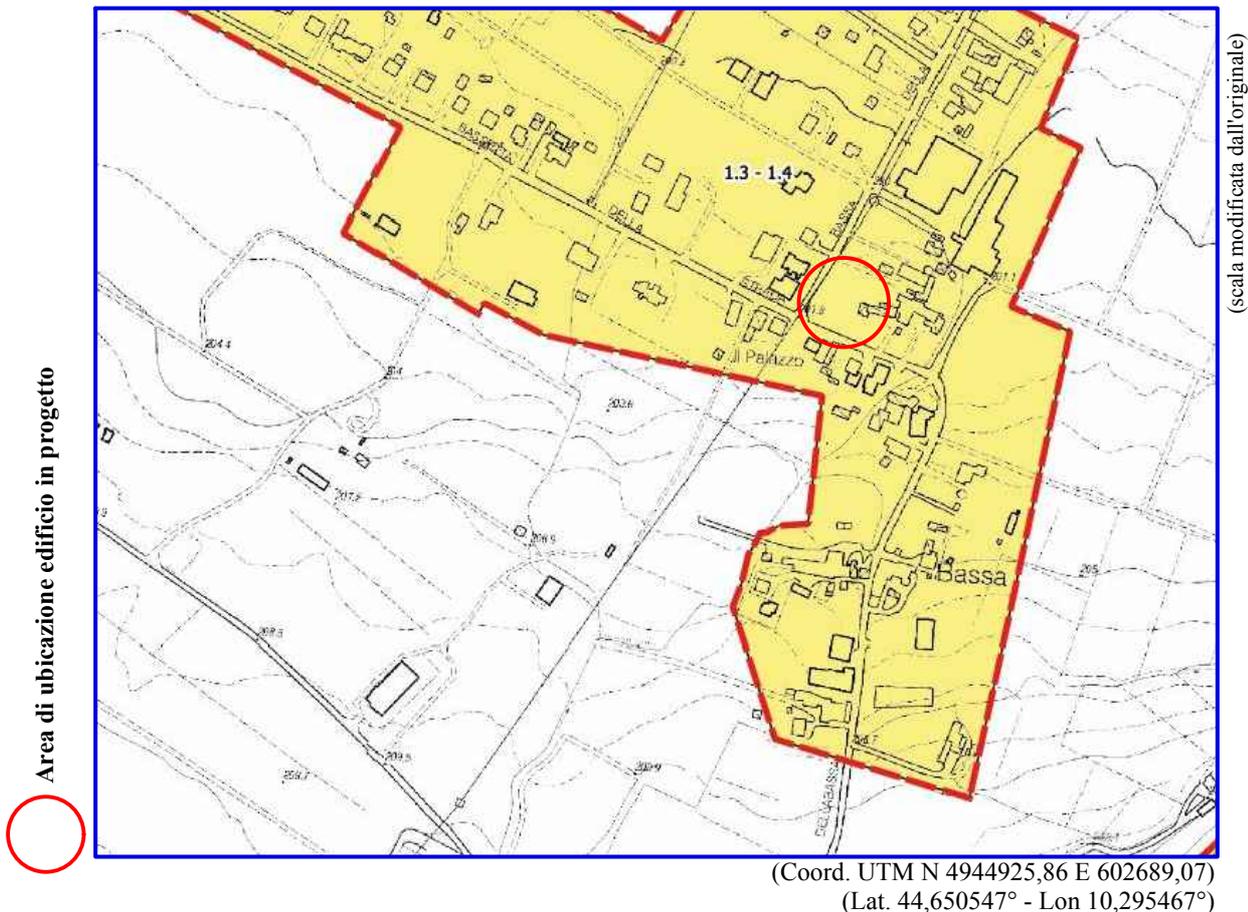
### Legenda

- Confine comunale
- Aree oggetto di microzonazione sismica
- MASW
- ReMi
- Stazione microtremore a stazione singola
- Prova sismica in foro tipo downhole

8	H	Profondità (m) da p.c. del contrasto di velocità più significativo individuato dalle misure di microtremore ambientale HVSR e riconducibile all'interfaccia terreni di "copertura" / "substrato rigido" ( $V_s \geq 800$ m/s) o "non rigido" ( $V_s < 800$ m/s) sottostante.
250	VSH	Velocità $V_s$ (m/s) delle onde di taglio S dei terreni di "copertura" sovrastanti al "substrato rigido" ( $V_s \geq 800$ m/s) o "non rigido" ( $V_s < 800$ m/s).
450	VS30	Velocità $V_s$ (m/s) delle onde di taglio S nei primi 30 m di terreno

# Tavola XI

## STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA LIVELLO 3 FA-PGA Scala 1:5.000



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

### MICROZONAZIONE SISMICA

Carta di microzonazione sismica

**FA<sub>PGA</sub>**  
scala 1:5.000

Regione Emilia-Romagna  
Comune di Lesignano de' Bagni

Regione Emilia-Romagna      Soggetto realizzatore: **INGEO**  
 Direzione tecnica: Dott. Geol. Carlo Caleffi  
 Dott. Geol. Francesco Cerutti  
 Collaboratori: Dott. Geol. Matteo Baisi  
 Dott. Geol. Domenico Bianco  
 Dott. Geol. Alessandro Ferrari  
 Dott. ssa Ing. Giulia Mainardi  
 Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi

Data: Gennaio 2020

**MS3**

### Legenda

- Confine comunale
- Area oggetto di microzonazione sismica

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

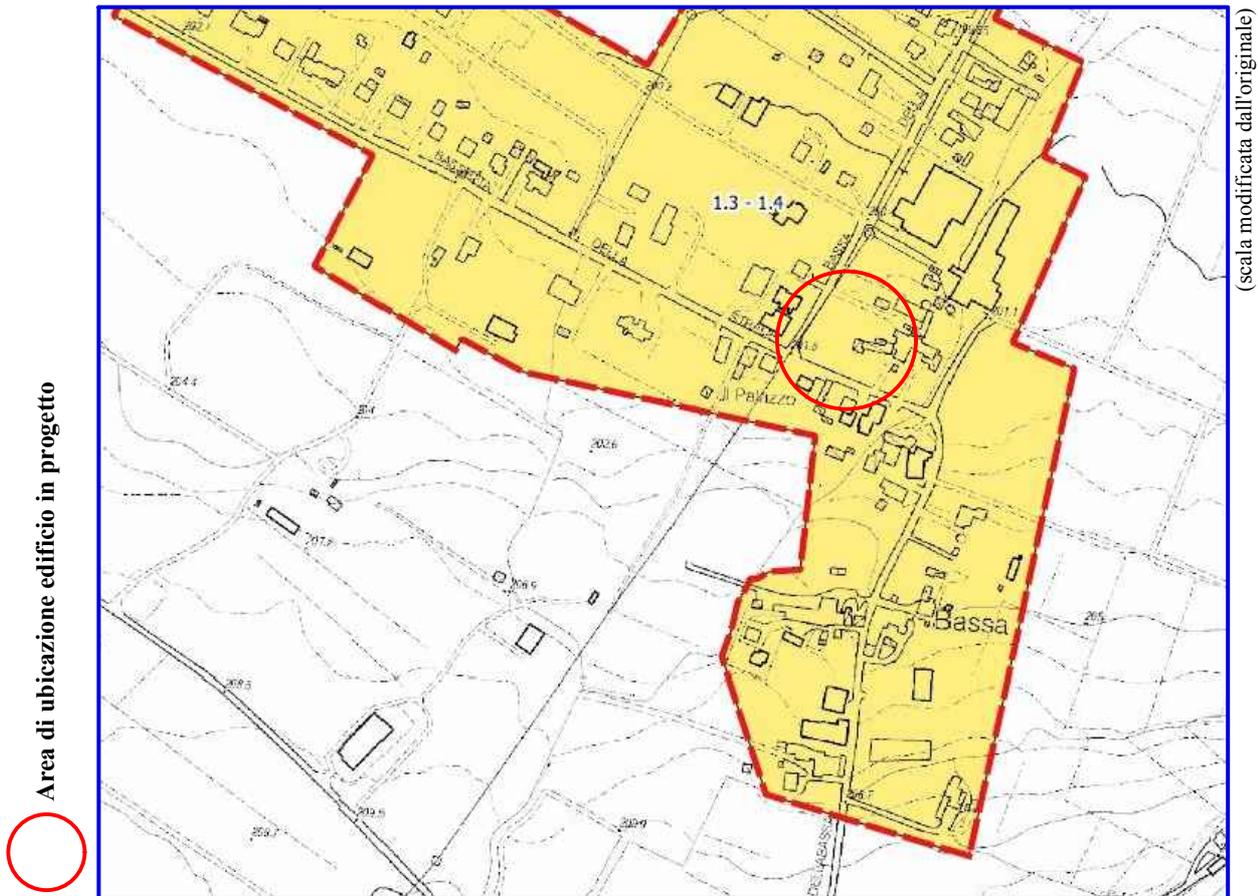
- FA-PGA = 1.3 - 1.4
- FA-PGA = 1.5 - 1.6
- FA-PGA = 1.7 - 1.8

### Zone di Attenzione per Instabilità (Livello 2)

- ZA\_FR - Zona di Attenzione per Instabilità di versante - FA-PGA = 1.5 - 1.6

## Tavola XII

# STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA FA-SA 0.1 - 0.5 s Scala 1:5.000



(scala modificata dall'originale)

Area di ubicazione edificio in progetto

(Coord. UTM N 4944925,86 E 602689,07)  
(Lat. 44,650547° - Lon 10,295467°)



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

### MICROZONAZIONE SISMICA Carta di microzonazione sismica

FA<sub>SA</sub> 0.1 - 0.5 s  
scala 1:5.000

Regione Emilia-Romagna  
Comune di Lesignano de' Bagni



Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore INGEO s.p.a. Direzione tecnica Dott. Geol. Carlo Calzolari Dott. Geol. Francesco Cerutti Collaboratori Dott. Geol. Matteo Bardi Dott. Geol. Domenico Bianco Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott. ssa Ing. Giulia Mameri Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi	Data Gennaio 2020  <b>MS3</b>
---------------------------	--	--

### Legenda

- Confine comunale
- Area oggetto di microzonazione sismica

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

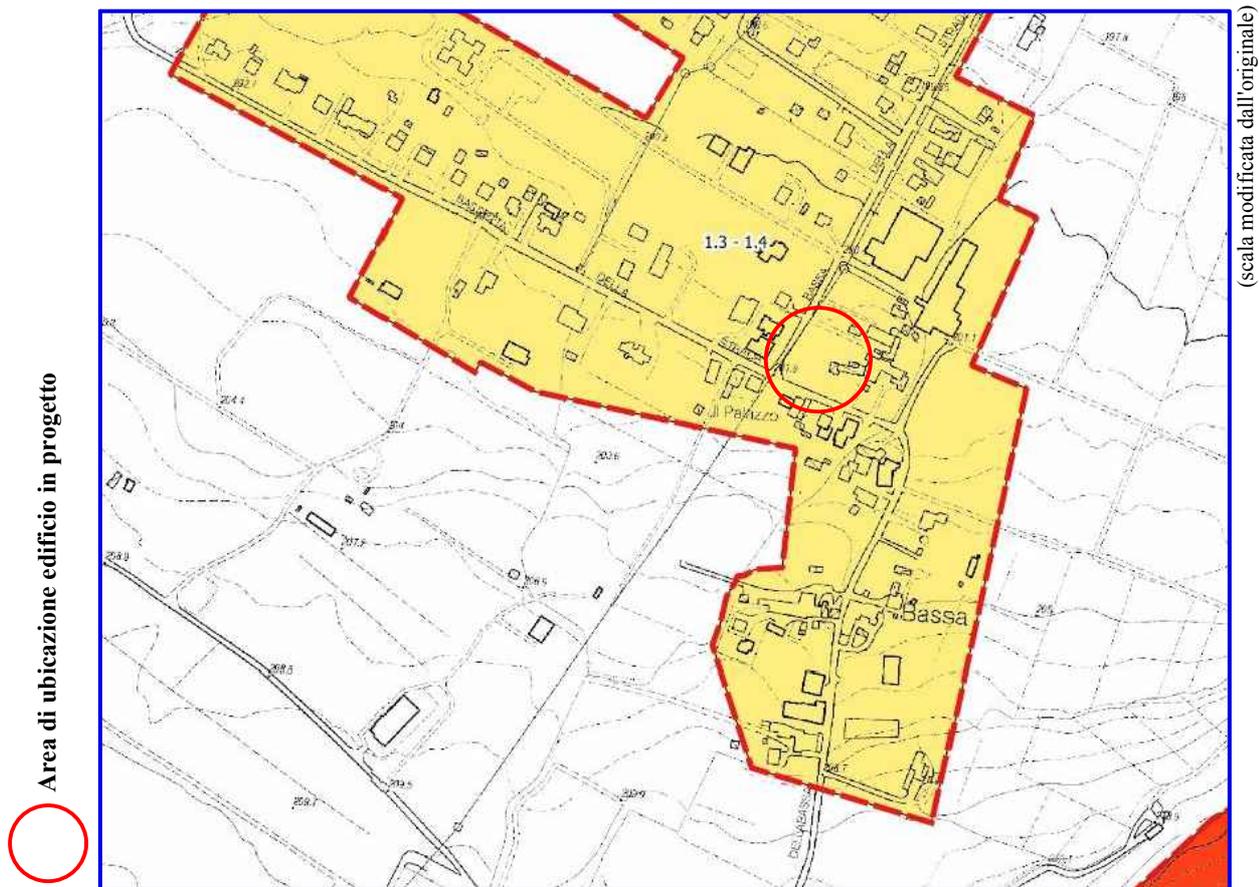
- FA-SA 0.1-0.5 s = 1.3 - 1.4
- FA-SA 0.1-0.5 s = 1.5 - 1.6
- FA-SA 0.1-0.5 s = 1.7 - 1.8

### Zone di Attenzione per Instabilità (Livello 2)

- ZA\_FR - Zona di Attenzione per Instabilità di versante - FA-SA 0.1-0.5 s = 1.5 - 1.6

# Tavola XIII

## STRALCIO CARTA DELLA MICROZONAZIONE SISMICA FH-IS 0.5 - 1.0 s Scala 1:5.000



Area di ubicazione edificio in progetto

(scala modificata dall'originale)

(Coord. UTM N 4944925,86 E 602689,07)  
(Lat. 44,650547° - Lon 10,295467°)



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

**MICROZONAZIONE SISMICA**  
Carta di microzonazione sismica  
FH SI 0.5 - 1.0 s  
scala 1:5.000  
Regione Emilia-Romagna  
Comune di Lesignano de' Bagni



Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore EN GEO s.p.a. Direzione tecnica Dott. Geol. Carlo Caleffi Dott. Geol. Francesco Ceuzzi Collaboratori Dott. Geol. Matteo Bassi Dott. Geol. Domenico Bianco Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott.ssa Ing. Giulia Mainardi Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi	Data Gennaio 2020
---------------------------	---	----------------------

**MS3**

### Legenda

- Confine comunale
- Area oggetto di microzonazione sismica

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- FH-SI 0.5-1.0 s = 1.3 - 1.4
- FH-SI 0.5-1.0 s = 1.9 - 2.0

### Zone di Attenzione per Instabilità (Livello 2)

- ZA\_FR - Zona di Attenzione per Instabilità di versante - FH-SI 0.5-1.0 s = 1.3 - 1.4

## Tavola XIV

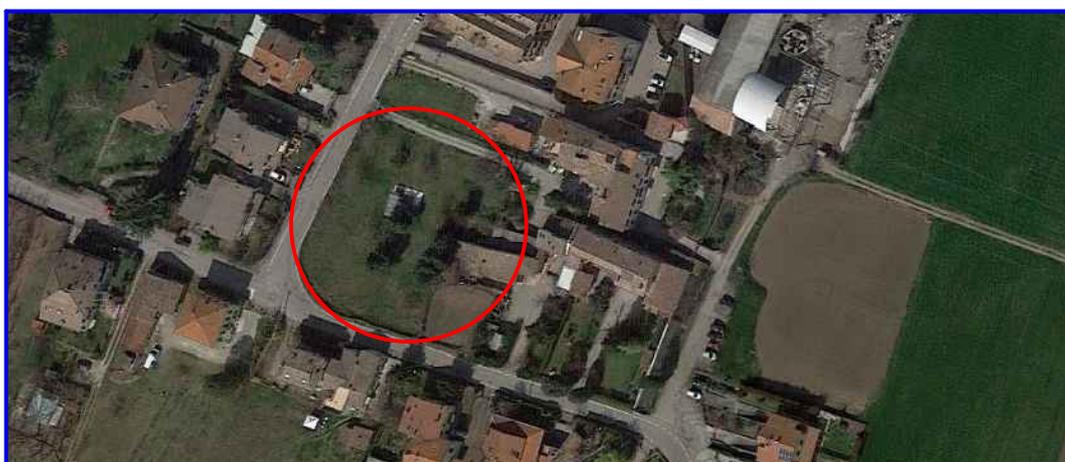
# STRALCIO RIPRESA AEREOFOTOGRAMMETRICA Google Earth 2019

Area di ubicazione edificio in oggetto di studio



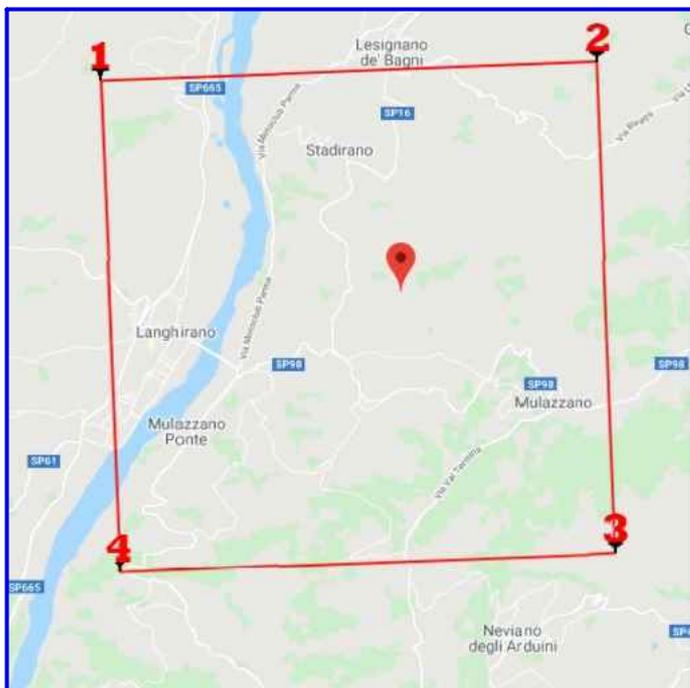
(scala modificata dall'originale)

(Coord. UTM N 4944925,86 E 602689,07)  
(Lat. 44,650547° - Lon 10,295467°)



## Tavola XV

# PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE



(Coord. UTM N 4944925,86 E 602689,07)  
(Lat. 44,650547° - Lon 10,295467°)

### Stati limite

Classe Edificio: II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

**CU = 1**

Stato Limite	Tr [anni]	$a_g$ [g]	Fo	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.053	2.474	0.242
Danno (SLD)	50	0.066	2.483	0.257
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.157	2.489	0.285
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.198	2.502	0.293

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

### Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: B

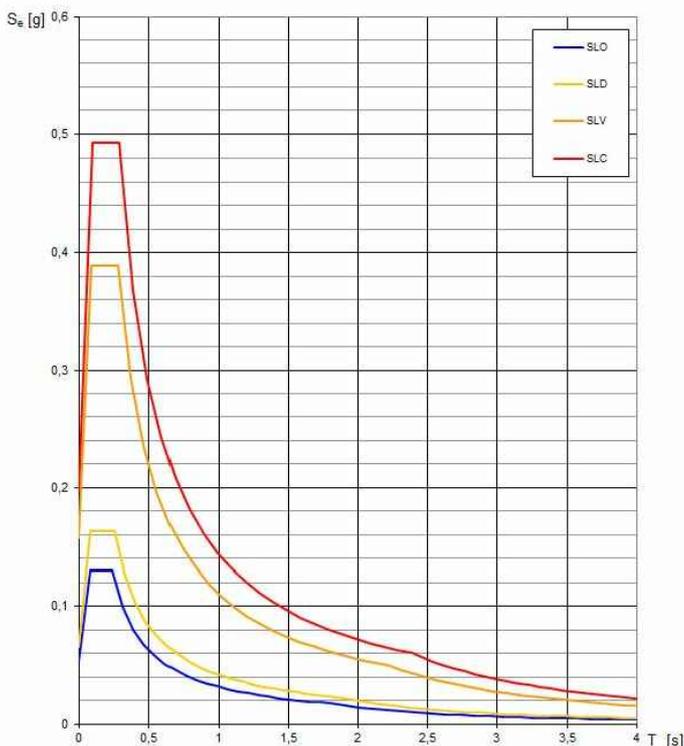
Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,46	1,44	1,41	1,41
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s<sup>2</sup>]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.013	0.016	0.045	0.057
kv	0.006	0.008	0.023	0.029
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.626	0.780	1.851	2.330
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

### Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



# **ALLEGATO 1**

## **Prove Penetrometriche Dinamiche (SCPT)**

## LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO OLANDESE tipo GOUDA (tipo meccanico).

Caratteristiche:

- punta conica meccanica  $\varnothing$  35.7 mm, angolo di apertura  $\alpha = 60^\circ$  - ( area punta  $A_p = 10 \text{ cm}^2$ )
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (  $\varnothing$  35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. Am. =  $150 \text{ cm}^2$ )
- velocità di avanzamento costante  $V = 2 \text{ cm / sec}$  (  $\pm 0,5 \text{ cm / sec}$  )
- spinta max nominale dello strumento  $S_{max}$  variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett.  $\Rightarrow$  Spinta)  $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

fase 1 - resistenza alla punta  $R_p \text{ ( Kg / cm}^2 \text{)} = ( \text{L. punta} ) C_t / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale  $R_L \text{ ( Kg / cm}^2 \text{)} = [(\text{L. laterale}) - (\text{L. punta})] C_t / 150$

fase 3 - resistenza totale  $R_t \text{ ( Kg)} = ( \text{L. totale} ) C_t$

$R_p / R_L = \text{'rapporto Begemann'}$

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta ( fase 1 )
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto ( fase 2 )
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne ( fase 3 )

N.B. : la spinta  $S \text{ ( Kg)}$ , corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna  $L$  per la costante di trasformazione  $C_t$ .

N.B. : causa la distanza intercorrente ( 20 cm circa ) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale  $R_L$  viene computata 20 cm sopra la punta.

### CONVERSIONI

1 kN ( kiloNewton ) = 1000 N  $\approx$  100 kg = 0,1 t - 1MN (megaNewton) = 1000 kN = 1000000 N  $\approx$  100 t

1 kPa ( kiloPascal ) = 1 kN/m<sup>2</sup> = 0,001 MN/m<sup>2</sup> = 0,001 MPa  $\approx$  0,1 t/m<sup>2</sup> = 0,01 kg/cm<sup>2</sup>

1 MPa ( MegaPascal ) = 1 MN/m<sup>2</sup> = 1000 kN/m<sup>2</sup> = 1000 kPa  $\approx$  100 t/m<sup>2</sup> = 10 kg/cm<sup>2</sup>

kg/cm<sup>2</sup> = 10 t/m<sup>2</sup>  $\approx$  100 kN/m<sup>2</sup> = 100 kPa = 0,1 MN/m<sup>2</sup> = 0,1 Mpa

1 t = 1000 kg  $\approx$  10 kN

**LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE**Valutazioni in base al rapporto:  $F = (R_p / R_L)$ 

( Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977 )

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

F = R <sub>p</sub> / R <sub>L</sub>	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
F < 15	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
15 < F ≤ 30	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
30 < F ≤ 60	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
F > 60	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di R<sub>p</sub> e di FR = (R<sub>L</sub> / R<sub>p</sub>) % :

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- 1/3 ± 1/2 di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato ( inalterato ) , per depositi coesivi.

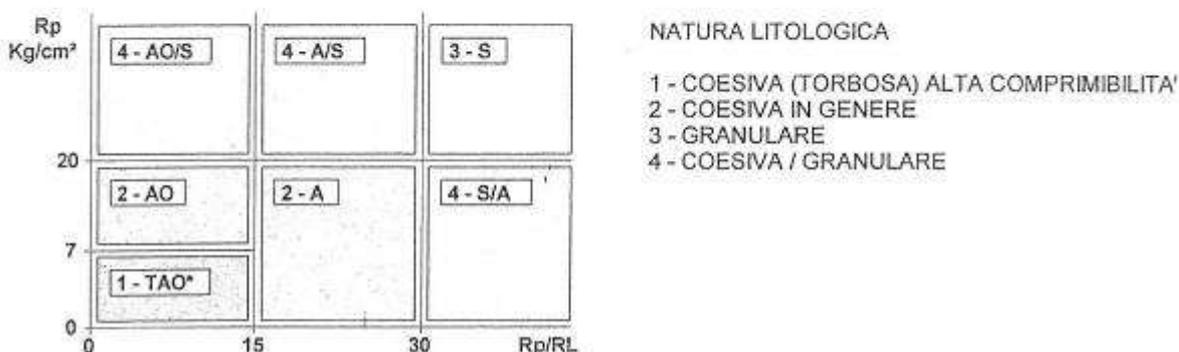
## LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE ( validità orientativa )

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto  $R_p / R_L$  ( Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977 ), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$R_p \leq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni COESIVI anche se  $( R_p / R_L ) > 30$

$R_p \geq 20 \text{ kg/cm}^2$  : possibili terreni GRANULARI anche se  $( R_p / R_L ) < 30$



PARAMETRI GEOTECNICI ( validità orientativa ) - simboli - correlazioni - bibliografia

- $\gamma'$  = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [ correlazioni :  $\gamma'$  -  $R_p$  - natura ] ( Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982 )
- $\sigma'_{vo}$  = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno ( valutata in base ai valori di  $\gamma'$  )
- $C_u$  = coesione non drenata (terreni coesivi) [ correlazioni :  $C_u$  -  $R_p$  ]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [ correlazioni : OCR -  $C_u$  -  $\sigma'_{vo}$  ] ( Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983 )
- $E_u$  = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [ correl. :  $E_u$  -  $C_u$  - OCR -  $l_p$   $l_p$ = ind.plast.]  
 $E_{u50}$  -  $E_{u25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976 )
- $E'$  = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [ correlazioni :  $E'$  -  $R_p$  ]  
 $E'_{50}$  -  $E'_{25}$  corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza  $F = 2 - 4$  rispettivamente ) (Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983 )
- $M_o$  = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [ correl. :  $M_o$  -  $R_p$  - natura] (Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973 )
- $D_r$  = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati) [ correlazioni :  $D_r$  -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  ] (Schmertmann 1976 )
- $\phi'$  = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C. ) [ correl. :  $\phi'$  -  $D_r$  -  $R_p$  -  $\sigma'_{vo}$  ] (Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976 )  
  - $\phi'_{1s}$  - (Schmertmann) sabbia fine uniforme
  - $\phi'_{2s}$  - sabbia media unif./ fine ben gradata
  - $\phi'_{3s}$  - sabbia grossa unif./ media ben gradata
  - $\phi'_{4s}$  - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
  - $\phi'_{dm}$  - ( Durgunoglu & Mitchell ) sabbie N.C.
  - $\phi'_{my}$  - (Meyerhof) sabbie limose

Prova Penetrometrica n.

1

(SPT)

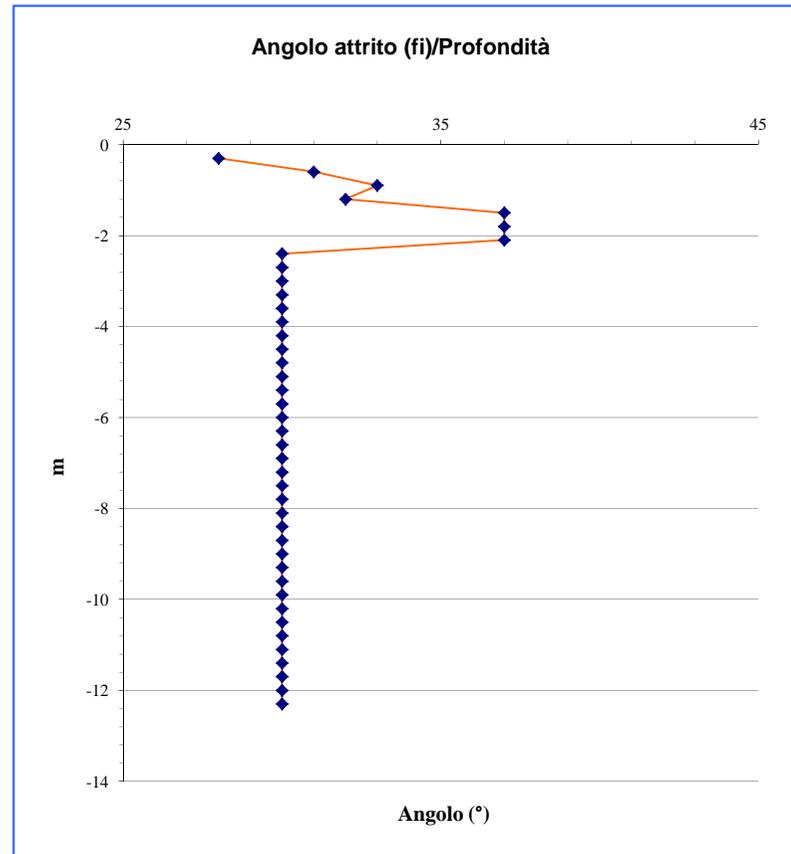
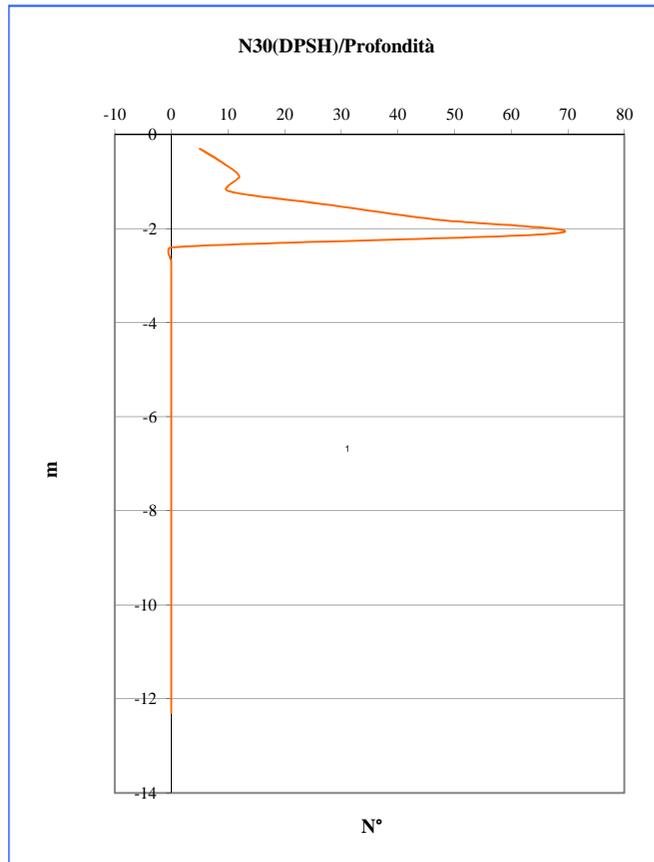
Prof. m	Colpi (DPSH) N 30(DPSH)	Res.Punta qc (Mpa)	Res.Punta		Σ		Angolo attr. Gradi °	Modulo E (kg/cm2)
			qc (kg/cm2)	qc (bar)	(bar)	(kg/cm2)		
0,30	5	3,00	30,6	30	0,02	0,02	28	45,89
0,60	9	5,40	55,1	54	0,05	0,05	31	82,60
0,90	12	7,20	73,4	72	0,07	0,07	33	110,13
1,20	10	6,00	61,2	60	0,09	0,10	32	91,77
1,50	28	16,80	171,3	168	0,12	0,12	37	256,96
1,80	46	27,60	281,4	276	0,14	0,14	37	422,16
2,10	68	40,80	416,0	408	0,16	0,17	37	624,06
2,40	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
2,70	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
3,00	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
3,30	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
3,60	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
3,90	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
4,20	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
4,50	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
4,80	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
5,10	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
5,40	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
5,70	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
6,00	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
6,30	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
6,60	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
6,90	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
7,20	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
7,50	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
7,80	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
8,10	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
8,40	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
8,70	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
9,00	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
9,30	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
9,60	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
9,90	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
10,20	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
10,50	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
10,80	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
11,10	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
11,40	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
11,70	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
12,00	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00
12,30	0	0,00	0,0	0	-	-	30	0,00

Profondità falda ---  
 Cantiere **privato**  
 Committente **Studio Tecnico Pavarani**  
 Data **09/11/2018**

Prova Penetrometrica n.

1

(SPT)





Prova Penetrometrica n.

2

(SPT)

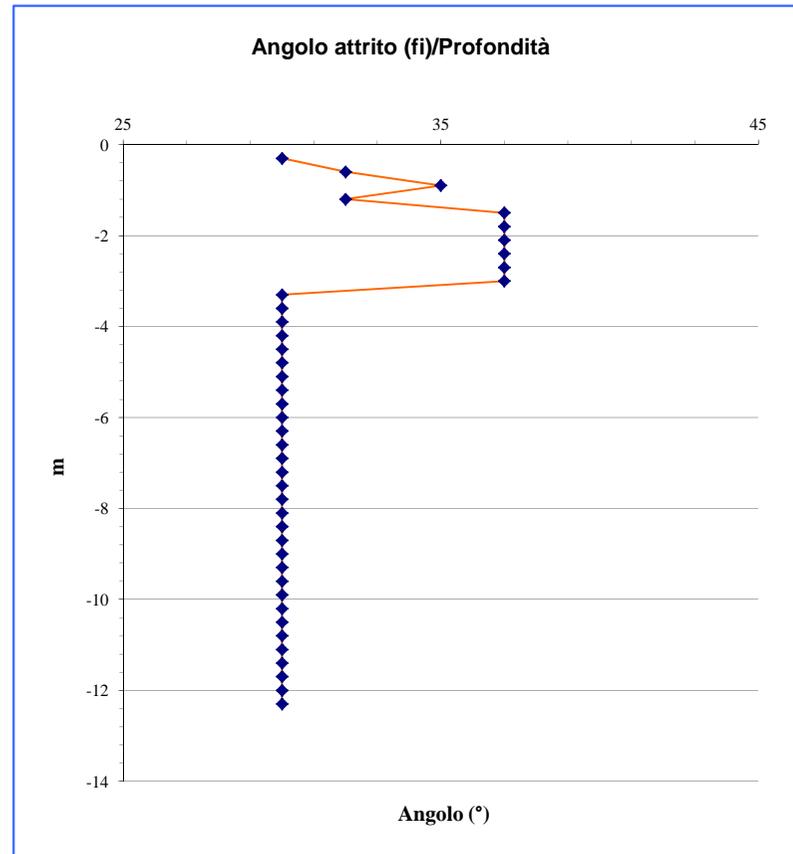
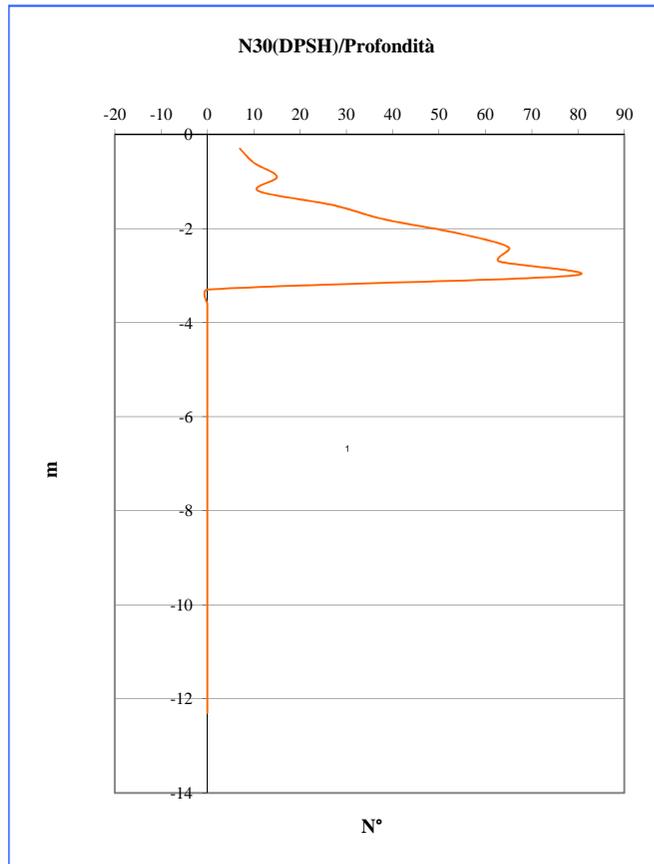
Prof. m	Colpi (DPSH) N 30(DPSH)	Res.Punta qc (Mpa)	Res.Punta		Σ		Angolo attr. Gradi °	Modulo E (kg/cm2)
			qc (kg/cm2)	qc (bar)	(bar)	(kg/cm2)		
0,30	7	4,20	42,8	42	0,02	0,02	30	64,24
0,60	10	6,00	61,2	60	0,05	0,05	32	91,77
0,90	15	9,00	91,8	90	0,07	0,07	35	137,66
1,20	11	6,60	67,3	66	0,09	0,10	32	100,95
1,50	27	16,20	165,2	162	0,12	0,12	37	247,79
1,80	38	22,80	232,5	228	0,14	0,14	37	348,74
2,10	54	32,40	330,4	324	0,16	0,17	37	495,57
2,40	65	39,00	397,7	390	0,19	0,19	37	596,52
2,70	63	37,80	385,4	378	0,21	0,22	37	578,17
3,00	79	47,40	483,3	474	0,24	0,24	37	725,01
3,30	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
3,60	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
3,90	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
4,20	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
4,50	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
4,80	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
5,10	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
5,40	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
5,70	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
6,00	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
6,30	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
6,60	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
6,90	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
7,20	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
7,50	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
7,80	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
8,10	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
8,40	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
8,70	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
9,00	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
9,30	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
9,60	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
9,90	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
10,20	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
10,50	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
10,80	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
11,10	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
11,40	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
11,70	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
12,00	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00
12,30	0	0,00	0,0	0-	-	-	30	0,00

Profondità falda ---  
 Cantiere **privato**  
 Committente **Studio Tecnico Pavarani**  
 Data **09/11/2018**

Prova Penetrometrica n.

2

(SPT)





# **ALLEGATO 2**

## **Documentazione Fotografica**



**Figura 1 Prova MASW**



**Figura 2 Prova HVSr**

# **ALLEGATO 3**

## **REPORT GRILLA**

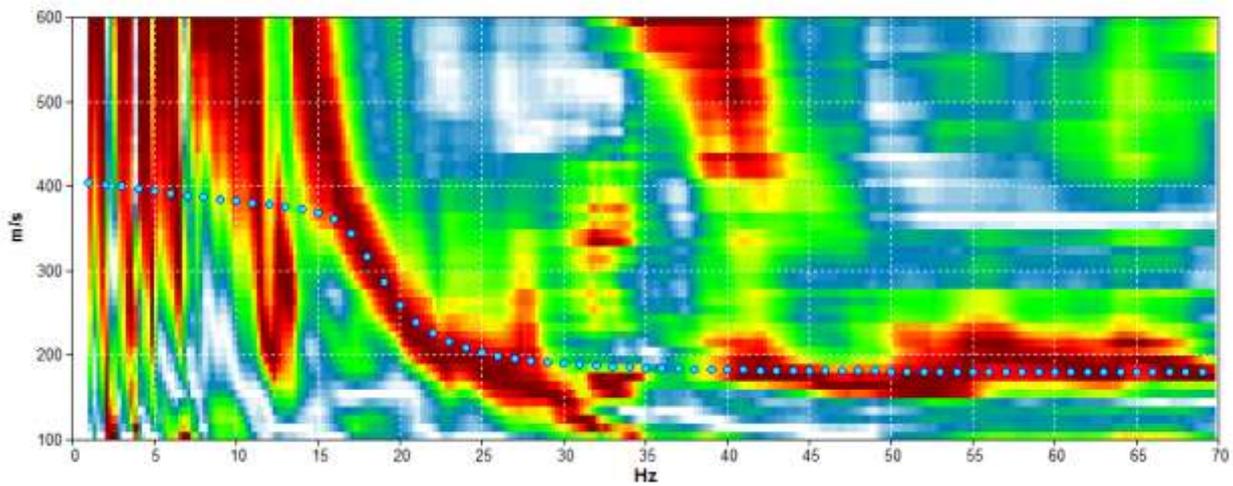
**7072 PAVARANI, [Z] MASW1**

Start recording: 13/09/2021 09:30:49 End recording: 13/09/2021 09:36:07  
Trace length: 0h00'02". Analyzed 77% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: B1 ; B2 ; B3 ; B4 ; B5 ; B6 ; B7 ; B8

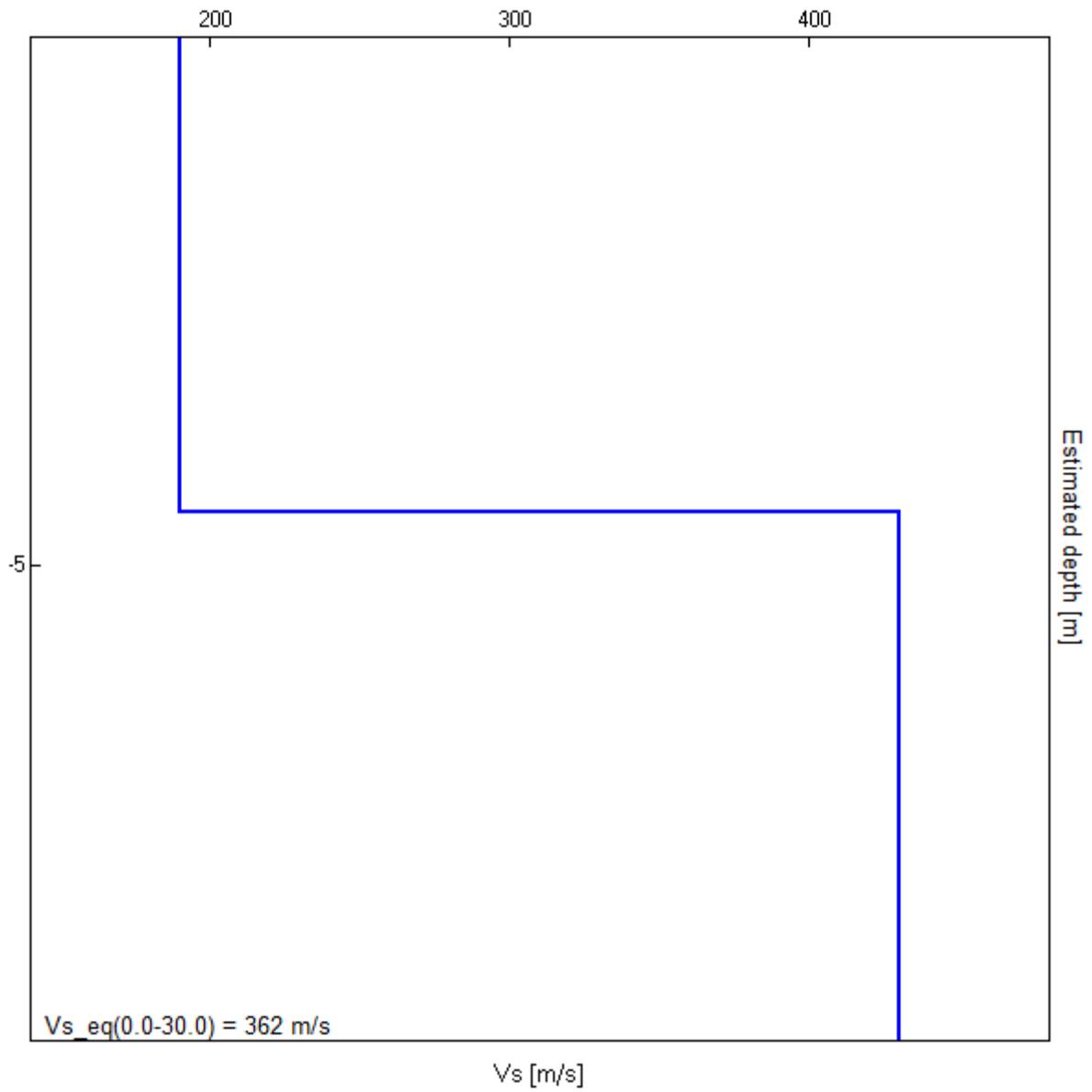
Array geometry (x): 0.0 3.0 6.0 9.0 12.0 15.0 18.0 21.0 m.

**MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE**



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
4.50	4.50	190	0.45
inf.	inf.	430	0.45

$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 362 \text{ m/s}$



## 7072 PAVARANI, HVSR

Instrument: TEB-0574/01-21

Data format: 16 bit

Full scale [mV]: 179

Start recording: 13/09/2021 09:01:31 End recording: 13/09/2021 09:21:31

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN ; wless trig.

GPS data not available

Trace length: 0h20'00". Analyzed 77% trace (manual window selection)

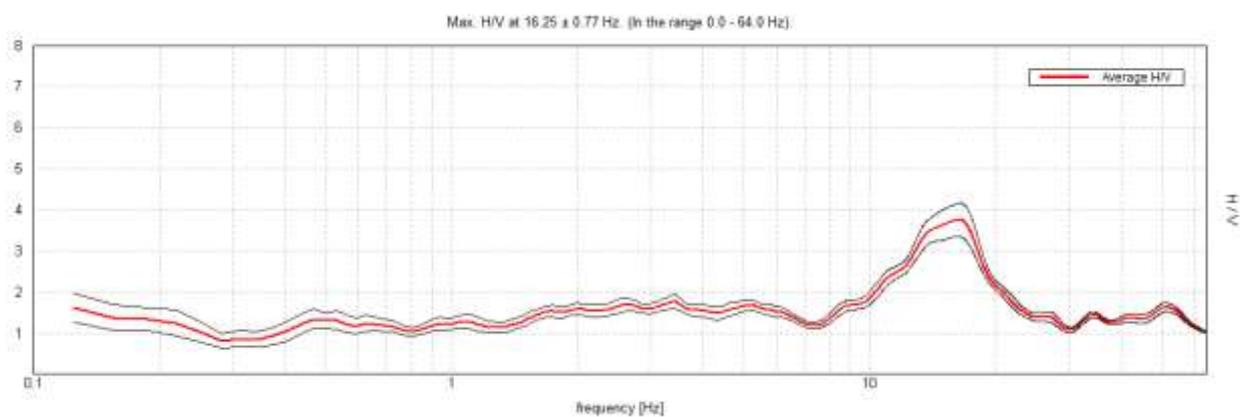
Sampling rate: 128 Hz

Window size: 20 s

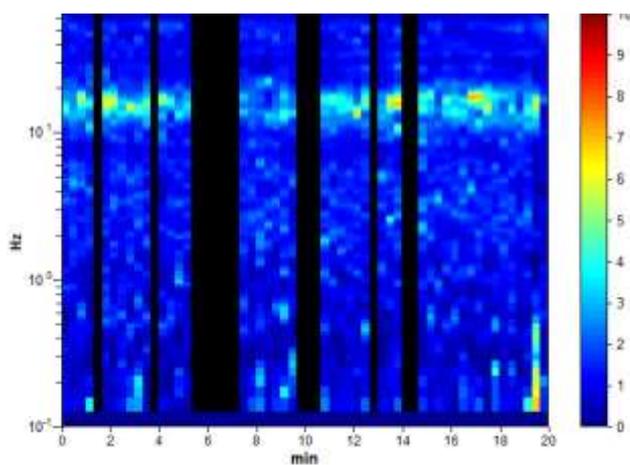
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

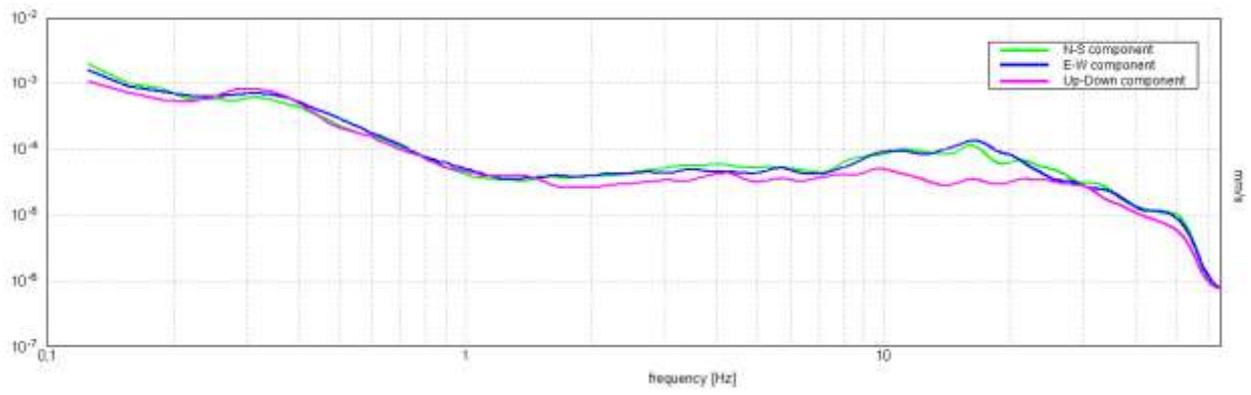
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



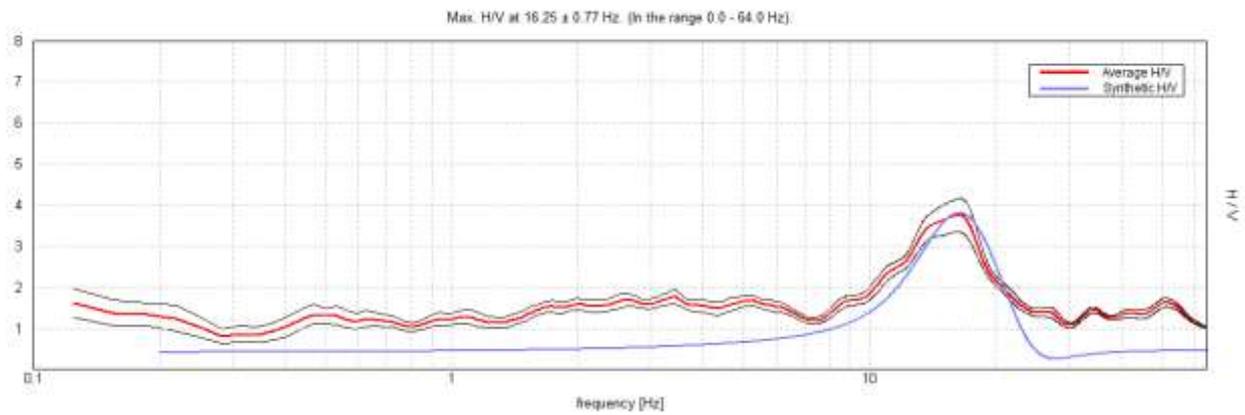
### H/V TIME HISTORY



### SINGLE COMPONENT SPECTRA

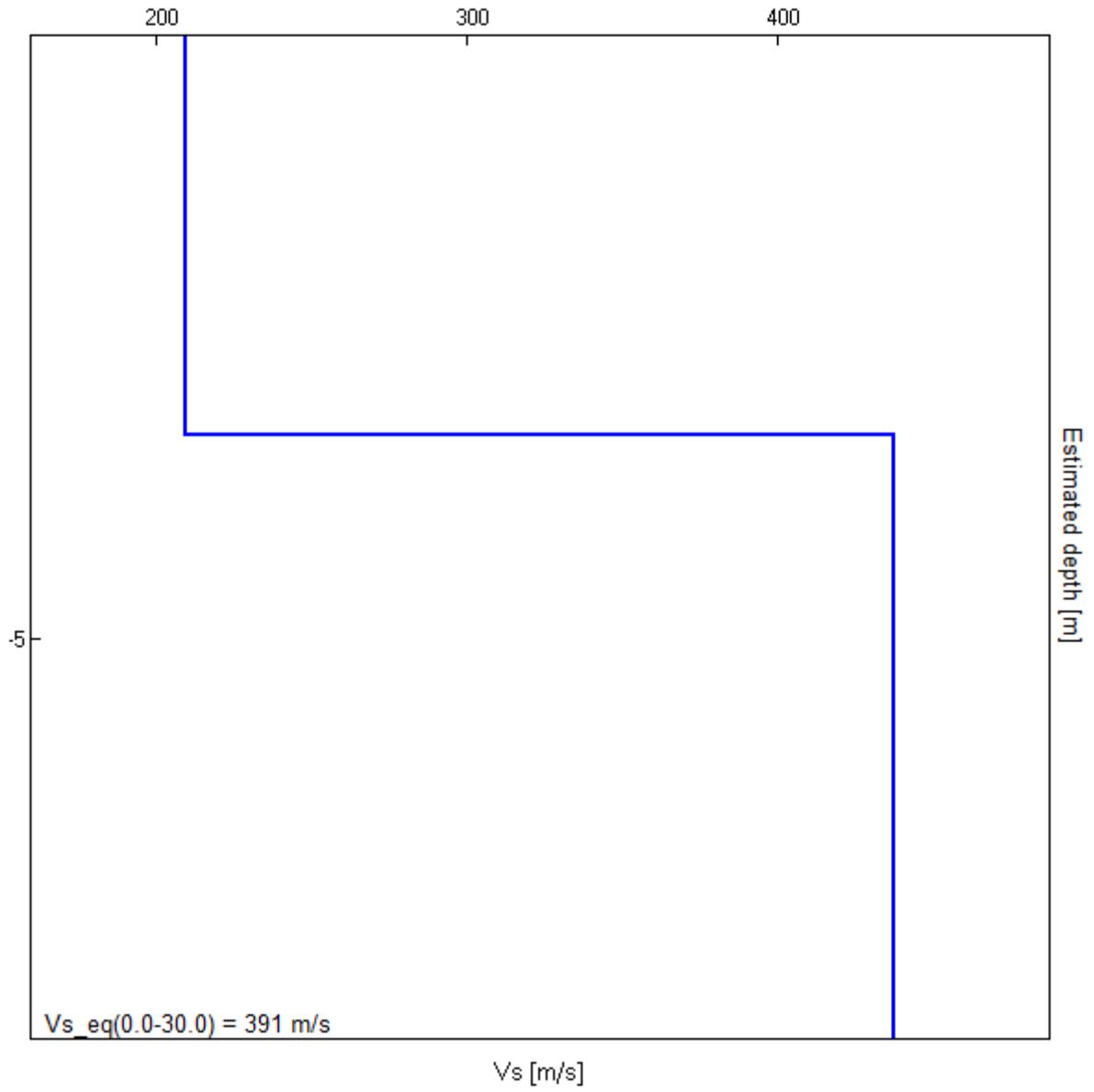


### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.30	3.30	210	0.42
inf.	inf.	437	0.42

$$V_{s\_eq}(0.0-30.0) = 391 \text{ m/s}$$



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

**Max. H/V at 16.25 ± 0.77 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	16.25 > 0.50	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	14950.0 > 200	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ 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 781 times	<b>OK</b>	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

<b>Exists <math>f^-</math> in <math>[f_0/4, f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^-) &lt; A_0 / 2</math></b>	10.031 Hz	<b>OK</b>	
<b>Exists <math>f^+</math> in <math>[f_0, 4f_0]</math>   <math>A_{H/V}(f^+) &lt; A_0 / 2</math></b>	21.375 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	3.76 > 2	<b>OK</b>	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.04737  < 0.05$	<b>OK</b>	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.76968 < 0.8125	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4047 < 1.58	<b>OK</b>	

$L_w$	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
$\sigma_f$	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  $\sigma_f$  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