

**REL. 06A**

**RELAZIONE GEOLOGICO - SISMICA**

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO  
COMUNE DI GUALTIERI (RE)**

**AMBITO N°4a ZR 2a (Zona di recupero in Nucleo Storico  
Gualtieri – Pieve Saliceto) Via Ghiarone**

**ed**

**AMBITO N°4b ZR 2b (Zona di recupero in Centro Storico  
Gualtieri – Capoluogo Codisotto) Via Codisotto a Sera**

# RELAZIONE GEOLOGICO-SISMICA

**OGGETTO: Ambito n. 4a ZR 2a**

**(Zona recupero in Nucleo Storico Gualtieri - Pieve Saliceto)**

**Loc.: Via Ghiarone - Gualtieri (RE)**

- NTC 2018
- Del. RER n° 2193/2015

**Committente: Artoni Marco, Artoni Gabriele e f.lli, Zanoni Giovanna**  
Gualtieri (RE)

**Gualtieri (RE), Settembre2019**

***Dr Geol. Sergio Lasagna***  
*Via Carso, 59/1*  
*42021 Bibbiano (RE)*  
*PI: 02411370352*  
*CF: LSGSRG62R21H223N*  
[\*sergiolasagna@alice.it\*](mailto:sergiolasagna@alice.it)

## **Indice**

**1. PREMESSA**

**2. INDAGINI ESEGUITE**

**3. MODELLO GEOLOGICO**

**4. ANALISI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)**

**5. PERICOLOSITA' SISMICA – EFFETTI ATTESI**

**6. CONCLUSIONI**

### **ALLEGATI**

**ALLEGATO 1: *prove penetrometriche statiche (CPT)***

**ALLEGATO 2: *indagini sismiche MASW e HVSr***

## **1. PREMESSA**

Come richiesto dalla normativa vigente le indagini e gli studi contenuti nella presente relazione sono finalizzati a verificare l'idoneità geologico-sismica ed idrogeologica dell'area indicata in Fig. 1 ad essere inserita nel P.O.C. di Gualtieri. Nello specifico vengono trattati i seguenti aspetti:

- Caratteri geologico-sismici, geomorfologici ed idrogeologici del sito;
- Modellazione geotecnica del sito: stratigrafia e parametri geotecnici caratteristici dei terreni indagati;
- Vulnerabilità all'inquinamento del sito;
- Analisi di Risposta Sismica Locale (RSL);
- Pericolosità sismica del sito;

## **2. INDAGINI ESEGUITE**

Per la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dei terreni di fondazione sono state eseguite n° 2 prove penetrometriche statiche (Allegato 1):

CPT1 profondità 20 m

CPT2 profondità 10 m

Per la valutazione di  $V_{s30}$  e la conseguente categoria di sottosuolo, secondo NTC 2018, sono state eseguite una indagine sismica attiva MASW, a mezzo geofono triassiale da 2 Hz e n° 1 indagine sismica passiva HVSR (metodo Nakamura H/V), a mezzo tromografo a stazione singola (Allegato 2).

L'ubicazione delle indagini eseguite è indicata nella planimetria di Fig. 1.



### 3. MODELLO GEOLOGICO

#### 3.1 Stratigrafia

L'area di studio ricade in prossimità della zona assiale del Bacino Sedimentario Padano, vasta depressione delimitata a cintura dai rilievi appenninici ed alpini e colmata da un potente accumulo di depositi marini ed alluvionali di età pliocenica e quaternaria.

Nello specifico i terreni di sottosuolo che potranno influenzare direttamente o indirettamente le opere / attività in progetto sono rappresentati da sistemi sedimentari di pianura alluvionale ad alimentazione padana (Fiume Po) costituiti da depositi di copertura prevalentemente limoso argillosi, con possibili intercalazioni lenticolari di argille organiche, e da substrato (rinvenibile nell'area a circa 13 m di profondità) costituito da depositi prevalentemente sabbiosi (Fig. 2, Allegato 1).

#### 3.2 Sismotettonica

L'andamento tettonico dell'area in esame, desumibile dalla Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna (Fig. 3), presenta in generale un direttrice principale orientata NO – SE ed una secondaria NE - SW; i lineamenti tettonici riportati dagli Autori non interessano comunque i depositi superficiali sede di intervento. Indagini profonde sia dirette (sondaggi) che indirette, di tipo geofisico, hanno evidenziato la presenza di ampie strutture plicative, con direzione NO – SE e vergenza a NE (rampe frontali) che si raccordano tra loro dando luogo a strutture traspressive a direzione NE – SW (rampe laterali). Tutte queste strutture rappresentano la risposta all'azione dello stress tettonico legato alle fasi orogenetiche dell'Appennino settentrionale.

Le anticlinali sono, a volte accompagnate da faglie inverse e sovrascorrimenti a testimonianza del carattere fortemente compressivo dell'azione tettonica mentre, la presenza di faglie normali con giacitura meridiana, evidenzia una successiva fase distensiva che ha disarticolato le strutture a pieghe.

L'esame della Carta Sismotettonica di Fig. 3 mostra che la struttura attiva sepolta più prossima al Comune di Gualtieri, peraltro responsabile della sequenza sismogenetica di maggio-giugno 2012, è la rampa laterale associata al sistema della Dorsale Ferrarese. Presenta direzione NE - SW passando per i comuni di Cadelbosco di Sopra, Novellara, Fabbrico e Rolo.

La recente riclassificazione sismica del territorio nazionale (Ordinanza P.C.M. 3274/2003) classifica 105 comuni in zona 2 ( $0,15 < a_g/g < 0,25$ ; dove "a<sub>g</sub>" è l'accelerazione di picco orizzontale al suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e "g" è l'accelerazione di gravità), 214 in zona 3 ( $0,05 < a_g/g < 0,15$ ) e i restanti 22 comuni in zona 4 ( $a_g/g < 0,05$ ). Il Comune di Gualtieri è inserito in zona sismica 3.

#### 3.3 Geomorfologia

Per quanto concerne l'aspetto geomorfologico l'area appartiene alla bassa pianura alluvionale reggiana; topograficamente si trova a circa 21 m.s.l.m.; presenta una morfologia decisamente pianeggiante, classificabile come T1 secondo le NTC/2008.

Nella Carta di Fig. 4, l'area di prevista espansione urbanistica, risulta individuata all'interno di un "dosso di pianura" sul quale si sono impostati i centri abitati di Gualtieri e Pieve Saliceto. Tale morfologamento è attribuibile alla presenza nel sottosuolo degli antichi depositi di argine naturale del Fiume Po. Si tratta di sedimenti che, sia pur coesivi, presentano una componente sabbiosa tendenzialmente maggiore rispetto ai depositi circostanti. Ciò ha prodotto nei terreni fini della copertura superficiale la caratteristica conformazione a dosso di pianura cioè una morfologia leggermente rilevata (1 metro circa) sulle campagne adiacenti.

#### 3.4 Idrogeologia

Il livello di massima risalita della superficie freatica è a circa 1.0 - 1.5 m da piano campagna (Fig. 5) con possibili escursioni, in concomitanza di eventi di piena del Fiume Po, fino a circa 0.5 m da piano campagna.

I flussi idrici sotterranei sono diretti da Nord a Sud in quanto l'alimentazione dell'acquifero superficiale avviene ad opera del Fiume Po. Sono comunque possibili inversioni nella direzione di flusso della falda in concomitanza di prolungati periodi di magra del Fiume Po durante i quali lo stesso tende ad assumere un'azione drenante nei confronti della falda.

La bassa soggiacenza della falda idrica sconsiglia la realizzazione di interrati. Nel caso si volesse comunque procedere alla realizzazione degli stessi si dovranno prevedere opere di impermeabilizzazione a perfetta tenuta.

### 3.5 Vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento

La vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento, intesa come combinazione tra la vulnerabilità idrogeologica (funzione della litologia di superficie e della profondità del substrato sabbioso) e la capacità attenuativa dei suoli (funzione dei loro parametri fisico-chimici principali cioè permeabilità, profondità utile per le radici, indice di incrostamento) risulta di grado basso (Fig. 6).

### 3.6 Rischio di esondabilità

Il rischio di esondabilità risulta di grado basso in quanto l'area ricade all'interno della fascia C (area di inondazione per piena catastrofica) di PAE.

Il territorio è protetto dall'argine maestro del Fiume Po-Torrente Crostolo che, a seguito dei recenti lavori di rialzo e ringrosso, è stato ulteriormente consolidato ed adeguato alla cosiddetta "piena massima di riferimento" con franco di 1.0 m. Ciononostante, il rischio alluvionale, sia pur estremamente remoto, non potrà mai essere completamente scongiurato.

### 3.7 Drenaggio delle acque superficiali

Dipende essenzialmente dal grado di permeabilità dei terreni della copertura superficiale e dalla soggiacenza della falda acquifera.

Sulla base della classificazione di cui al paragrafo 6.2.1. del Quadro Conoscitivo del PSC è possibile ricomprendere la zona in esame all'interno delle aree del territorio comunale con:

drenaggio delle acque superficiali discreto, loc. difficoltoso

Si tratta di terreni prevalentemente limosi con permeabilità media ( $k \cong 10^{-7} \div 10^{-8}$  m / sec) i quali non presentano, salvo locali situazioni, particolari problemi di assorbimento delle acque meteoriche.

La soggiacenza della falda rispetto al piano campagna si attesta, nei periodi di minima, tra 1.0 e 1.5 m circa.

In fase di progettazione urbanistica si consiglia di prevedere la sopraelevazione delle opere dal piano campagna di almeno 0.5 m oltre alla realizzazione di adeguate reti di raccolta delle acque meteoriche e convogliamento degli efflussi ai principali assi di scolo delle acque superficiali. Qualora si evidenziasse, da parte dei canali di scolo, l'insufficienza a smaltire le acque superficiali in occasione di piogge intense, sarà opportuno valutare la possibilità di realizzare vasche di ritenzione temporanea della pioggia. Si raccomanda inoltre di adottare tecniche di urbanizzazione rivolte a mitigare i ruscellamenti in superficie delle acque piovane e ad agevolare la loro infiltrazione nel sottosuolo.

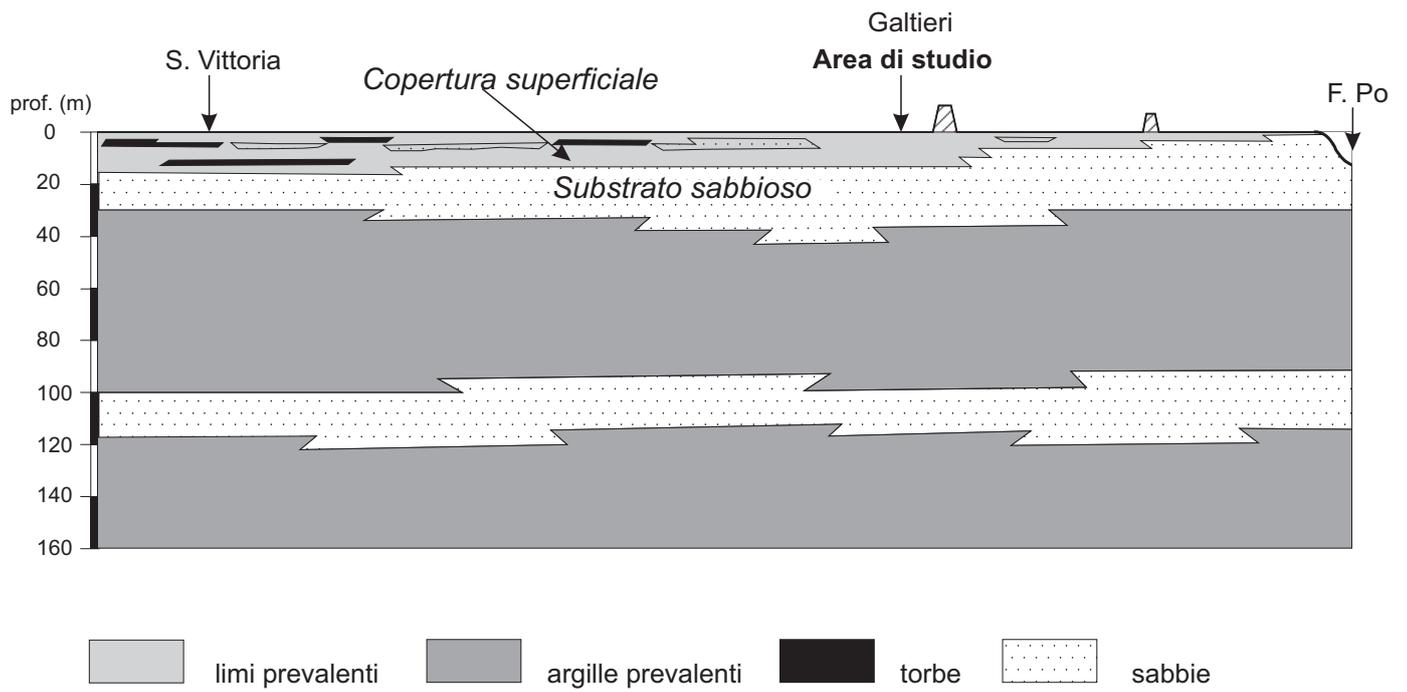


Fig. 2: Sezione litologica schematica dell'area di studio - tratta da PSC Comune di Gualtieri

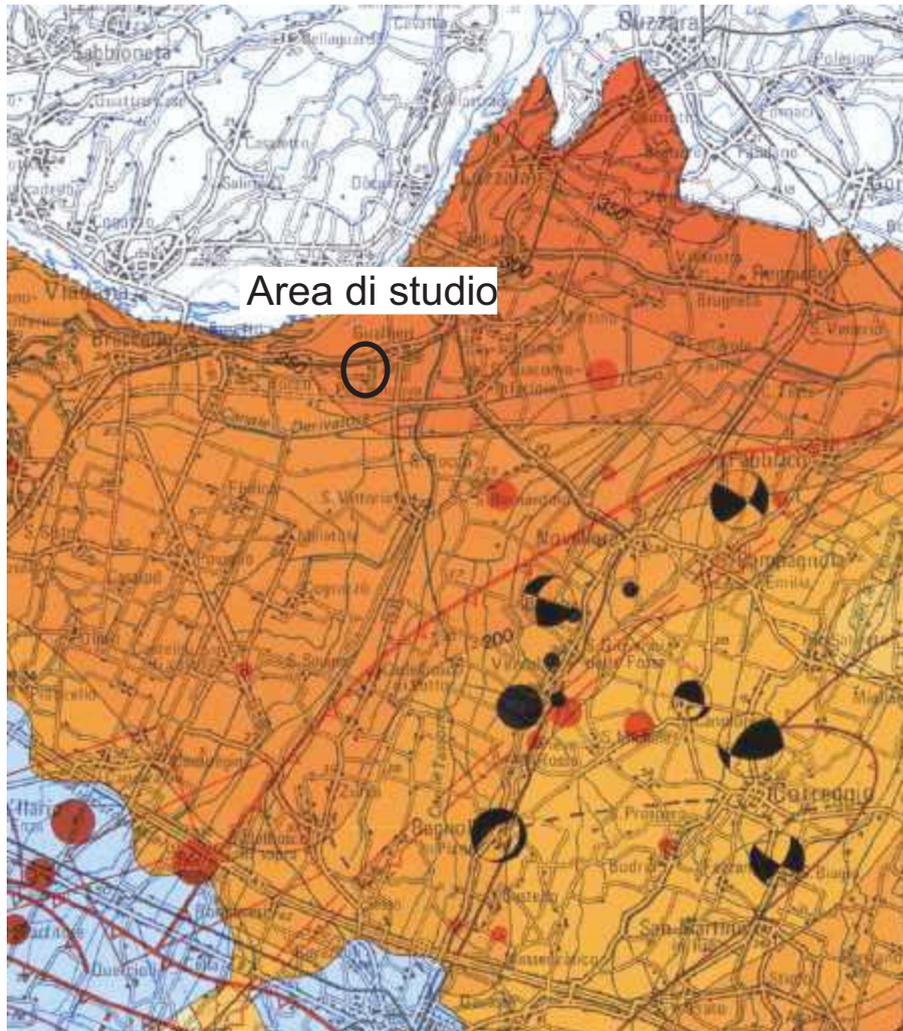
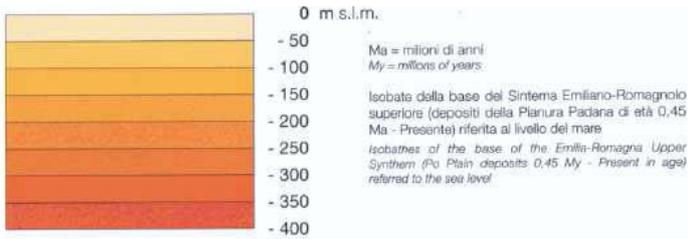


Fig. 3 - Stralcio Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna

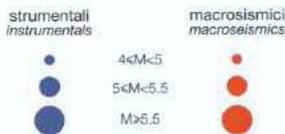
# LEGENDA CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA (scala 1:250.000)



- 1** Depositi di conoide e alluvionali intramontani (Pleistocene medio-Olocene, 0,8 Ma - Presente)  
*Alluvial fan and intramontain alluvial deposits (Middle Pleistocene-Holocene, 0,8 My - Present)*
- 2** Depositi alluvionali terrazzati della Pianura Padana (Pleistocene medio e superiore, 0,8- 0,01 Ma)  
*Po Plain terraced alluvial deposits (Middle and Late Pleistocene, 0,8 - 0,01 My)*
- 3** Sabbie di Imola (Pleistocene medio, 0,8 - 0,65 Ma)  
*Imola Sands (Middle Pleistocene, 0,8 - 0,65 My)*
- 4** Sabbie gialle (Pleistocene inferiore, 1 - 0,8 Ma)  
*Yellow sands (Early Pleistocene, 1 - 0,8 My)*
- 5** Depositi fluvio-lacustri intramontani (Pliocene superiore-Pleistocene medio, 2,1 - 0,2 Ma)  
*Intramontain fluvio-lacustrine deposits (Late Pliocene-Middle Pleistocene, 2,1 - 0,2 My)*
- 6** Depositi marini post fase Pliocene inferiore (zona a G. Puncticulata) (Pliocene inferiore-Pleistocene inferiore, 4,5 - 1 Ma)  
*Post Early Pliocene (G. Puncticulata zone) tectonic phase marine deposits (Early Pliocene -Early Pleistocene, 4,5 - 1 My)*
- 7** Depositi lagunari e marini compresi tra le fasi tettoniche del Messiniano superiore e del Pliocene inferiore (zona a G. Puncticulata) (6,3 - 4,5 Ma)  
*Late Messinian-Early Pliocene (G. Puncticulata zone) lagoonal and marine deposits (6,3 - 4,5 My)*
- 8** Depositi evaporitici e clastici del Messiniano inferiore e medio (6,8 - 6,3 Ma)  
*Early and Middle Messinian evaporitic and clastic deposits (6,8 - 6,3 My)*
- 9** Depositi delle avansosse dell'Oligocene superiore-Miocene: Macigno, Arenarie del M. Cervarola, Arenarie del M. Falterona, Marnoso-Arenacea (20 - 6,8 Ma)  
*Foredeep deposits Late Oligocene-Miocene in age: Macigno, Mt. Cervarola Sandstones, Mt Falterona Sandstones, Marnoso-Arenacea (20 - 6,8 My)*
- 10** Unità Liguri, Subliguri ed Epiliguri (Giurassico - Miocene, 205 - 6,8 Ma)  
*Ligurian, Subligurian and Epiligurian Units (Jurassic - Miocene, 205 - 6,8 My)*
- 11** Evaporiti triassici (220 - 210 Ma)  
*Triassic evaporites (220 - 210 My)*

Limite Pliocene-Pleistocene  
*Pliocene-Pleistocene boundary*

## Epicentri dei terremoti Earthquake epicenters



## Meccanismi focali Earthquake focal solutions



"box" sismogenetica da dati macroseismici (Gasparini et al., 1999)  
*Seismogenetic box from macroseismic data (Gasparini et al., 1999)*

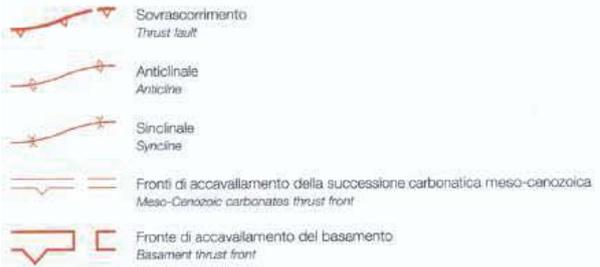
Il lato lungo della "box" indica la direzione dell'Azimut. Le dimensioni della "box", in funzione della magnitudo, determinano la lunghezza e la larghezza della possibile struttura sismogenetica (da: Wells and Copper-smith, 1994)

The long axis of the box indicates the Azimut strike. The box dimensions, related to the magnitude, define the length and the width of the possible seismogenetic structure (from: Wells and Copper-smith, 1994)

## Strutture sepolte Buried structures

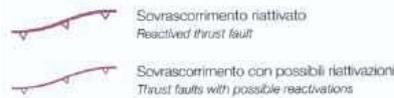
Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate sulla base di dati morfologici di superficie e di dati geologici di sottosuolo

Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of surface morphological data and subsol geological data



Fronti dei principali sovraccorrimenti di età Pliocene-Pleistocene inferiore (4,5 - 1 Ma) (da Structural Model of Italy, 1:500,000)

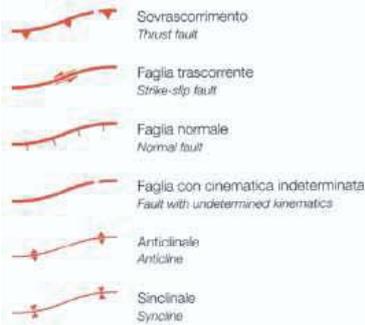
Fronts of the main Pliocene-Early Pleistocene thrust faults (4,5 - 1 My) (from Structural Model of Italy, 1:500,000)



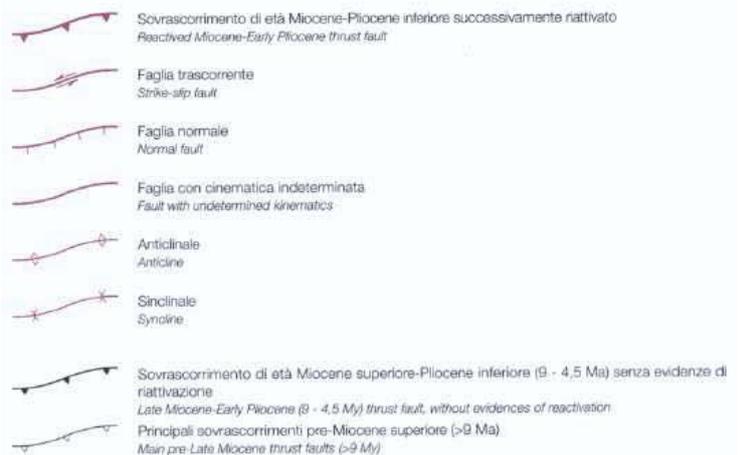
## Strutture affioranti Outcropping structures

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate su base morfotettonica (M) e/o geologica (G)

Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of morphotectonic (M) and/or geological (G) data



Strutture plio-quadernarie (4,5 - 1 Ma)  
*Plio-Quaternary structures (4,5 - 1 My)*



Inclinazione di terrazzo alluvionale  
*Alluvial terrace dip*

Direzione e valore d'inclinazione di paleosuperficie tiltata  
*Paleosurface dip*

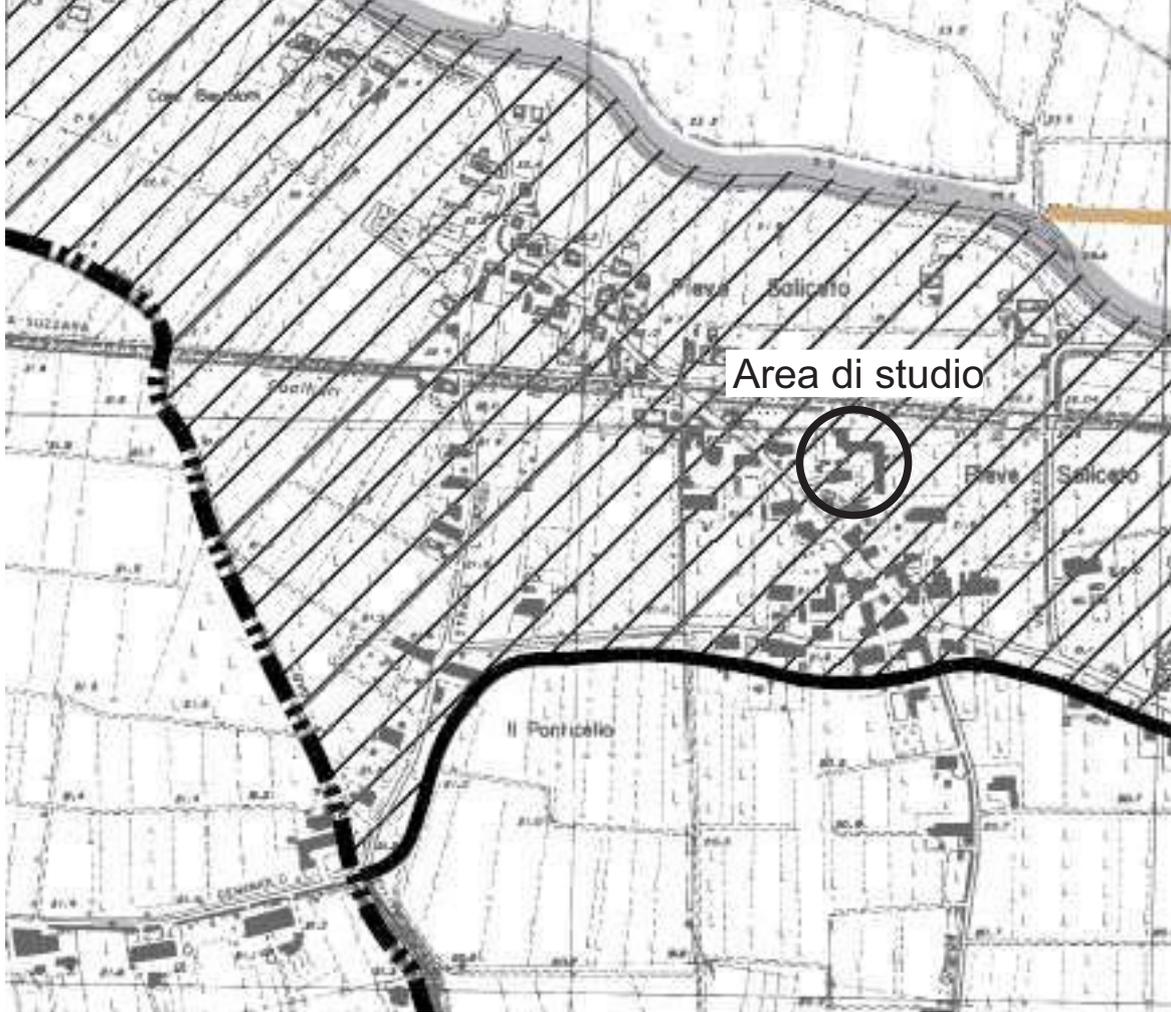
Strati dritti con indicazione dell'immersione e valore dell'inclinazione  
*Upright beds with angle of dip*

Strati rovesciati con indicazione dell'immersione e valore dell'inclinazione  
*Overturned beds with angle of dip*

Area di affioramenti significativi di dimensioni non cartografabili con indicazione dell'immersione e inclinazione degli strati  
*Significant outcrops area, too small for mapping at 1:250,000 scale with dip of the beds*

Salsa  
*Mud Volcano*

Sorgente termale  
*Thermal spring*



## LEGENDA

-  confine Comune di Gualtieri
-  argine maestro Fiume Po
-  argine infragolenale Consortile Malaspina



laghi, invasi artificiali, zone umide



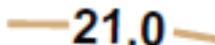
corsi d'acqua e canali principali

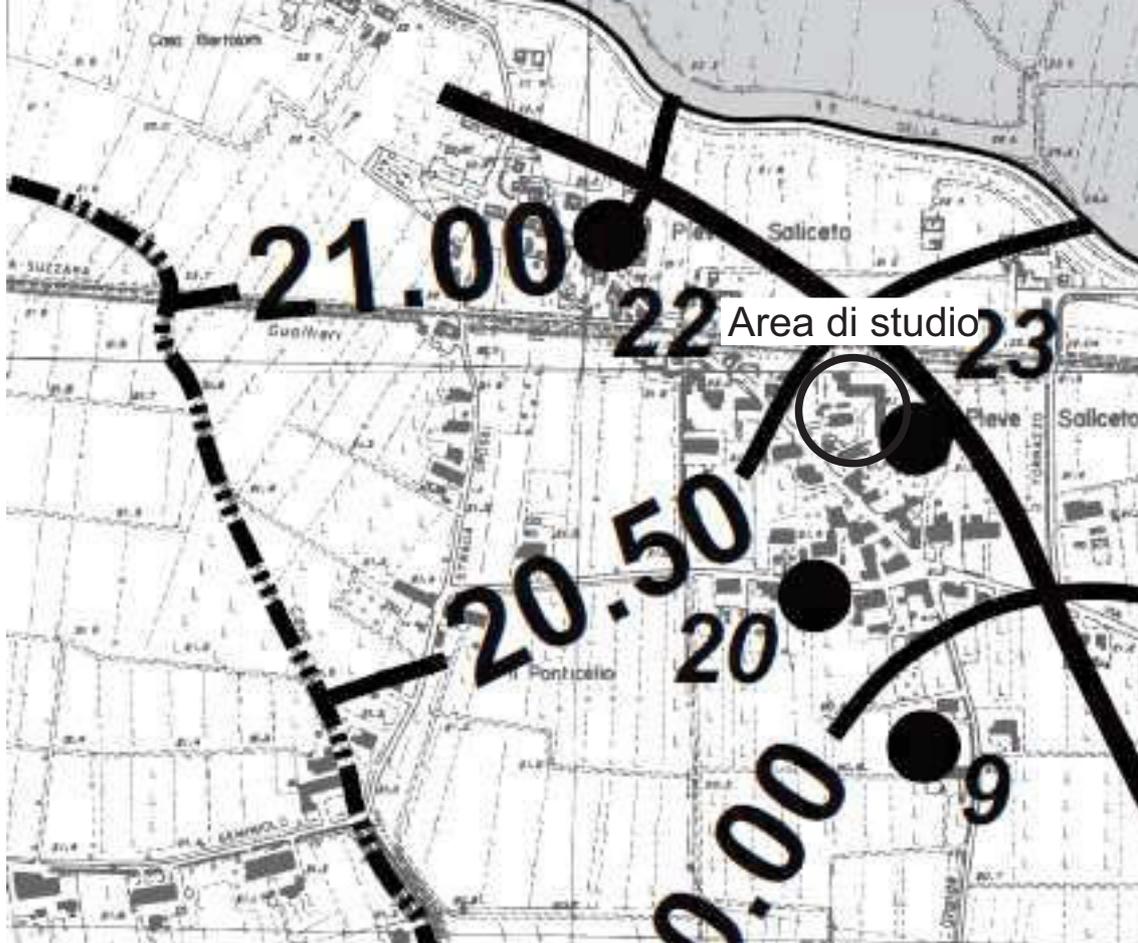


dosso di pianura



depressione morfologica

 21.0 isoipse (m s. l. m.)



### LEGENDA

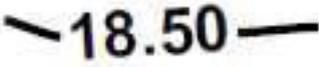
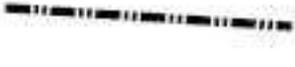
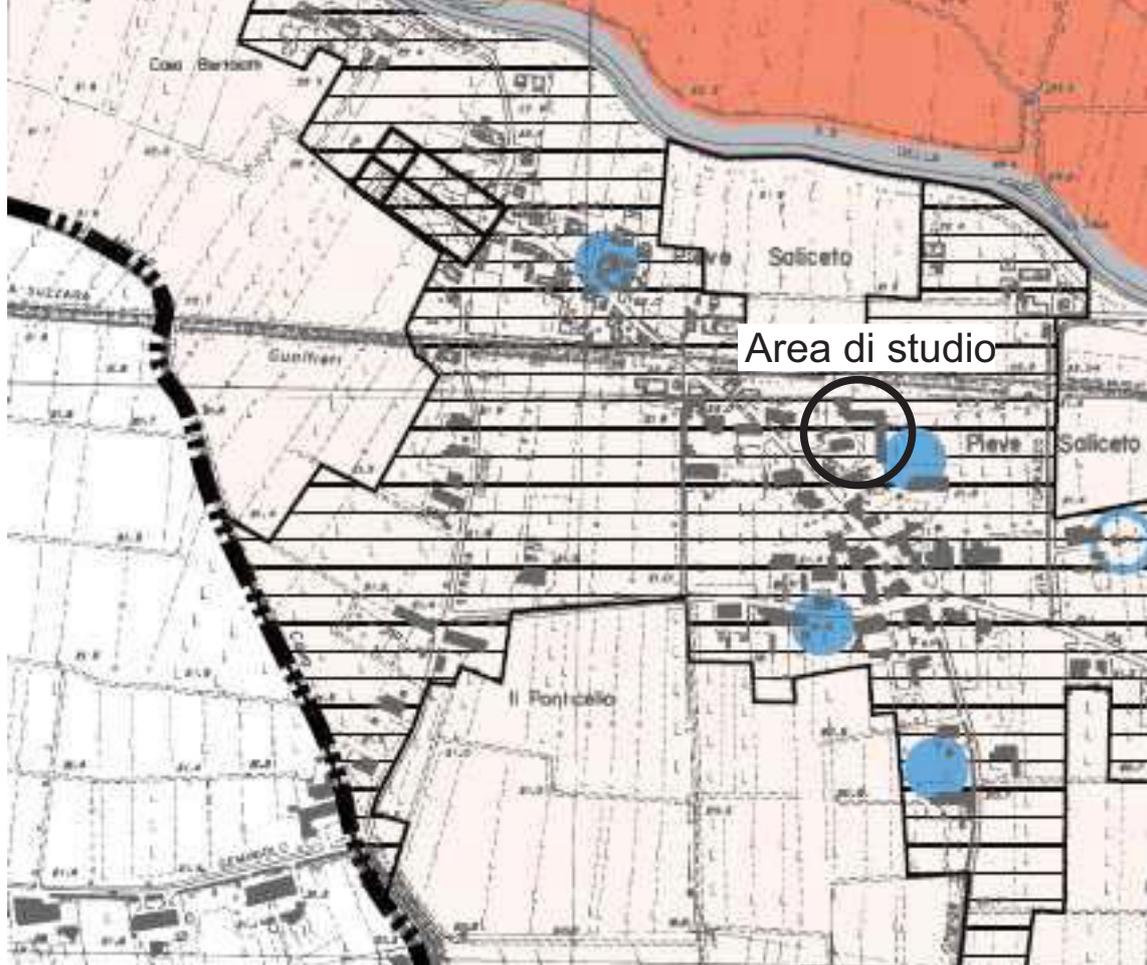
- 
isopieze (m s.l.m.)
- 
confine Comune di Gualtieri
- 
linee di deflusso sotterraneo
- 
punti di misura quota falda
- 
zona con falda freatica direttamente influenzata dalle variazioni idrometriche del Fiume Po

Fig. 5 - Carta idrogeologica



### CLASSI DI VULNERABILITA' ALL'INQUINAMENTO



vulnerabilità all'inquinamento **BASSA**



vulnerabilità all'inquinamento **MEDIA**



vulnerabilità all'inquinamento **ALTA**



vulnerabilità all'inquinamento **ELEVATA**

#### Area (1)

Vulnerabilità idrogeologica: alta  
Capacità di attenuazione dei suoli: bassa

} Vulnerabilità all'inquinamento: **ALTA**

#### Area (1) corsi e specchi d'acqua

Vulnerabilità idrogeologica: elevata  
Capacità di attenuazione dei suoli: bassa

} Vulnerabilità all'inquinamento: **ELEVATA**

#### Area (2)

Vulnerabilità idrogeologica: media  
Capacità di attenuazione dei suoli: moderata

} Vulnerabilità all'inquinamento: **BASSA**

#### Area (2) corsi e specchi d'acqua

Vulnerabilità idrogeologica: media  
Capacità di attenuazione dei suoli: bassa

} Vulnerabilità all'inquinamento: **MEDIA - BASSA**

#### Area (3) - (4)

Vulnerabilità idrogeologica: bassa  
Capacità di attenuazione dei suoli: alta

} Vulnerabilità all'inquinamento: **BASSA**

#### Area (3) - (4) corsi e specchi d'acqua

Vulnerabilità idrogeologica: bassa  
Capacità di attenuazione dei suoli: bassa

} Vulnerabilità all'inquinamento: **MEDIA**

## 4. ANALISI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)

Per l'analisi di RSL del sito in esame si adottano i dati e gli elaborati di III livello di approfondimento riportati nello studio: " Microzonazione Sismica dell'Unione dei Comuni della Bassa Reggiana – Luglio 2015":

### 4.1 Sismicità di base del Comune di Gualtieri

I parametri di riferimento ( $PGA_0 = a_{refg}$  su suolo di categoria A, spettri di risposta in accelerazione e velocità) sono quelli contenuti nell'allegato A4 della DAL 2131/2007 della Regione Emilia Romagna:

- forma dello spettro di risposta normalizzato rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni, con smorzamento del 5%;
- valore di  $a_{refg}$  (accelerazione massima orizzontale di picco su suolo rigido con 10% di probabilità di superamento in 50 anni, espresso in funzione dell'accelerazione di gravità  $g$ ) per il Comune di Gualtieri:

$$PGA_0 = a_{refg} = 0.095g$$

Per quanto riguarda la magnitudo attesa si consiglia di adottare, con riferimento alla classificazione ZS9 dell'IMCS, il valore massimo della zona più prossima (Zona 912) al Comune di Gualtieri, cioè:

$$Mw = 6.14$$

In alternativa si può dedurre  $Mw$ , più realisticamente anche se in via meno cautelativa, con il metodo della disaggregazione, secondo INGV, che fornisce il seguente dato:

$$Mw = 5.70$$

### 4.2 Elaborati di output della RSL

Il modello geofisico del sito di Gualtieri (Tabella 2), basato su indagini in posto e di laboratorio, riporta valutazioni sui seguenti parametri:

- litologia;
- velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ );
- curve di variazione della rigidità ( $G/G_0$ ) e dello smorzamento in funzione della deformazione e densità in sito.

Tabella 2: parametri del modello geofisico

Strato	Litologia	Spess.	Prof.	$\gamma$	$V_s$	Parametri G/G0		Parametri D	
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>kN/m<sup>3</sup></i>	<i>m/s</i>	$\alpha$	$\beta$	$\eta$	$\lambda$
1	Argille	6	6	18.5	145	29.78	0.93	24.74	3.36
2	Argille	8.5	14.5	18.5	190	29.78	0.93	24.74	3.36
3	Sabbie	11	25.5	19.5	245	45.64	1.12	25.11	3.95
4	Sabbie	18.5	44	19.5	275	45.64	1.12	25.11	3.95
5	Argille	18	62	19.5	325	23.94	1.32	24.11	2.68
6	Sabbie	15	77	20.5	350	58.45	1.26	24.15	3.36
7	Bedrock			22.0	600				

$V_{s30} = 200 - 220$  m/sec (dati studio di MZS del Comune di Gualtieri)

$V_{s30} = 205$  m/sec (dato indagine MASW eseguita dallo scrivente)

Categoria di sottosuolo = C

I risultati delle analisi, condotte con il codice STRATA, elaborate nel dominio del tempo e delle frequenze, hanno consentito di definire, per il sito di Gualtieri:

- la curva di variazione dell'accelerazione con la profondità (Fig. 7) che consente di valutare l'entità dell'amplificazione locale ( $FA_{PGA}$ ), intesa come rapporto fra il valore della PGA in superficie e il valore della  $PGA_0$  per sottosuolo di categoria A cioè al bedrock (Tabella 3);
- lo spettro di risposta elastico in pseudoaccelerazione PSA (Fig. 8) da cui si ricava lo spettro di risposta elastico in pseudovelocità PSV (Fig. 9) che consente di valutare l'entità dell'amplificazione locale ( $FA_{Si}$ ), intesa come rapporto tra lo spettro di risposta in velocità calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido, negli intervalli 0.1-0.5 s, 0.5-1.0 s (Tabella 3).

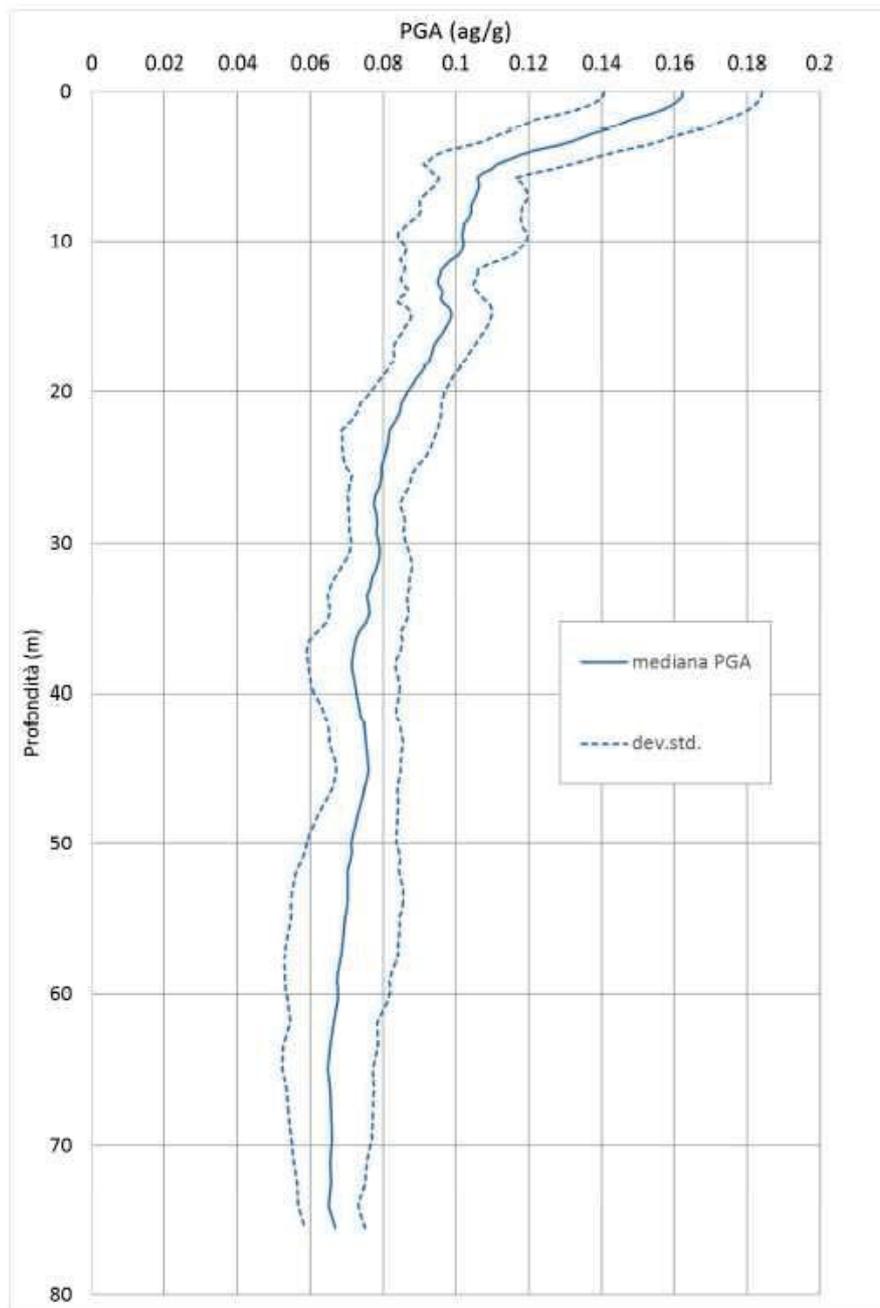


Fig. 7: variazione dell'accelerazione PGA con la profondità

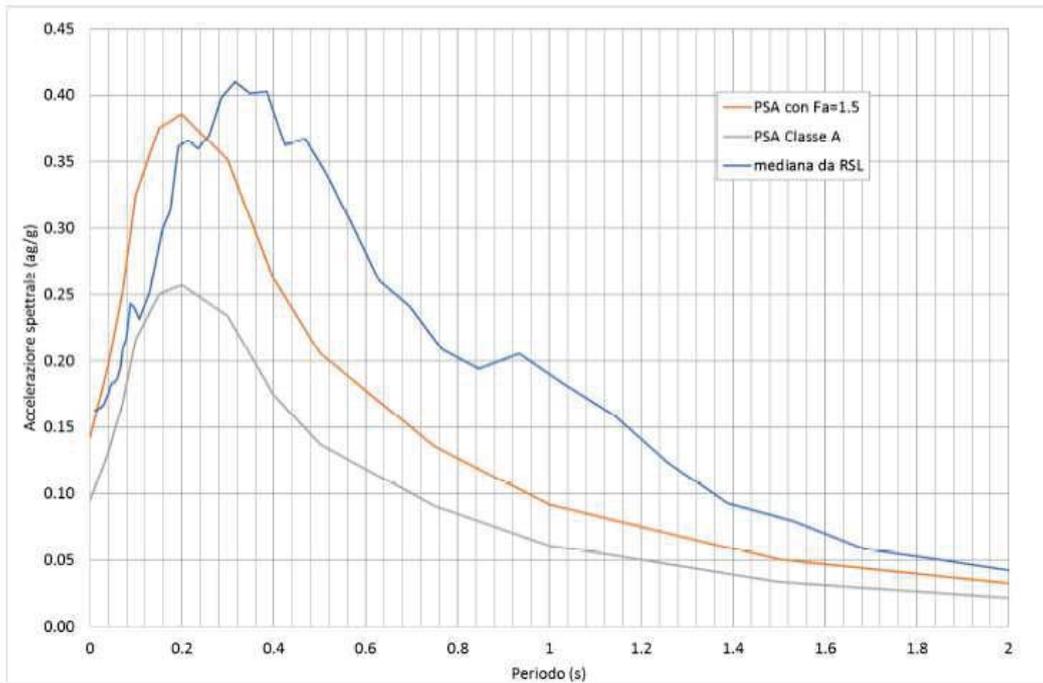


Fig. 8: spettro di risposta elastico in pseudoaccelerazione PSA

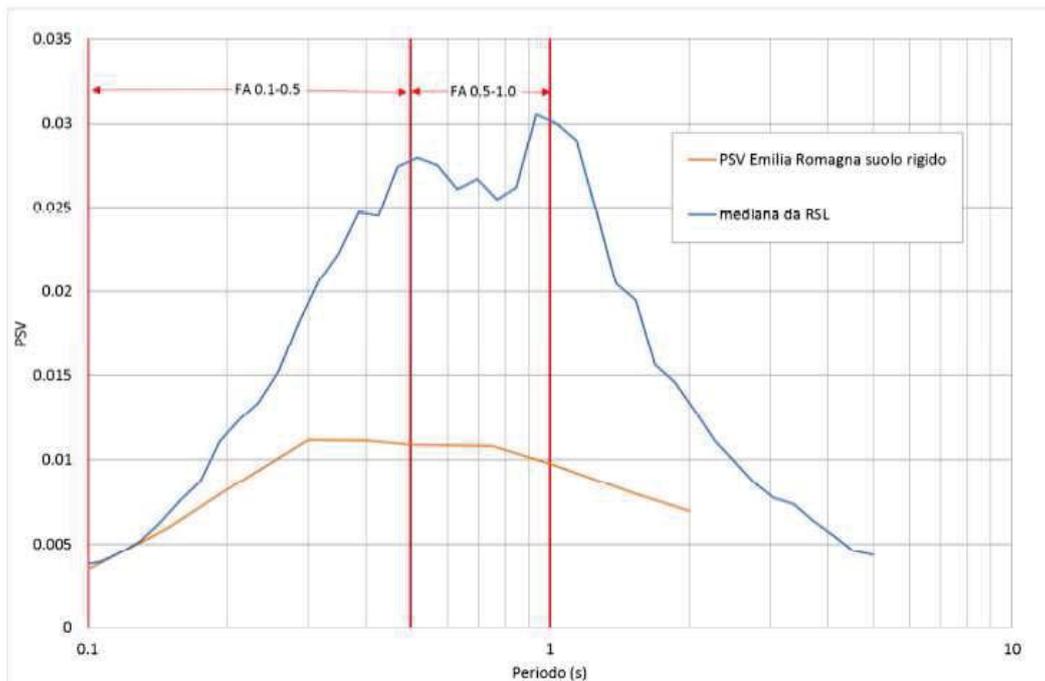


Fig. 9: spettro di risposta elastico in pseudoveleceità PSV

Tabella 3: fattori di amplificazione locale del moto sismico

	RSL	DAL 2193/2015	NTC 2008
$FA_{PGA}$	1.71	1.70	1.50
$FA_{SI\ 0.1-0.5}$	1.74	1.90	
$FA_{SI\ 0.5-1.0}$	2.55	2.90	

## 5. PERICOLOSITA' SISMICA – EFFETTI ATTESI

Nella Carta di microzonazione sismica del Comune di Gualtieri (Fig. 10), l'area in esame viene classificata:

- suscettibile di amplificazioni locali del moto sismico, come ampiamente illustrato nel precedente Cap. 5, a cui si rimanda;
- stabile nei confronti della liquefazione per cui, nella presente relazione, considerato anche la risultanza delle prove penetrometriche che individuano terreni coesivi fino a circa 13 m di profondità, non vengono eseguiti ulteriori approfondimenti in tal senso;

## 6. CONCLUSIONI

Sulla base delle indagini e degli studi eseguiti si può affermare che il sito in esame non presenta controindicazioni di tipo geologico relativamente al progetto in essere.

Sotto il profilo della vulnerabilità degli acquiferi il sito è classificabile a vulnerabilità all'inquinamento bassa. Sotto il profilo edificatorio la natura prevalentemente limosa dei terreni di sottosuolo impone, in fase di progettazione esecutiva di eventuali manufatti, l'esecuzione di ulteriori indagini in sito finalizzate al corretto dimensionamento delle opere di fondazione, così come previsto dalla vigente normativa in materia (NTC/18). Sotto il profilo della pericolosità sismica (Cap. 5) l'area presenta, quali potenziali effetti di sito attesi legati alle caratteristiche geologiche del sottosuolo, amplificazione stratigrafica da tenere in conto in fase di progetto esecutivo delle opere.

Fatte salve le indicazioni di cui sopra e gli eventuali vincoli territoriali, si ritiene che il sito esaminato sia **idoneo**, sotto l'aspetto geologico-sismico ed idrogeologico, alla destinazione prevista.



### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

 S.A.P.C.A. = 1,5 - 1,8

### Zone suscettibili di instabilità

 Zona con presenza di terreni coesivi sventi scadenti caratteristiche geomeccaniche

Verticale di verifica alla liquefazione con indicato il valore di  $I_L$

-   $I_L < 2$
-   $2 < I_L < 5$
-   $5 < I_L < 15$
-   $I_L > 15$

Fig. 10 - Stralcio Carta di microzonazione sismica di Livello 3 del Comune di Gualtieri (tratta da: Microzonazione Sismica dell'Unione dei Comuni della Bassa Rggiana, 2015)

# **ALLEGATO 1**

*prove penetrometriche statiche CPT*

## PROVA PENETROMETRICA STATICA LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-083

- committente : Artoni M., Artoni G. e f.lli, Zanoni Giovanna  
 - lavoro : Inserimento P.O.C.  
 - località : Via Ghiarone, Gualtieri (RE)  
 - note :

- data : 27/04/2015  
 - quota inizio : Piano Campagna  
 - prof. falda : 1,10 m da quota inizio  
 - pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna punta	laterale	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna punta	laterale	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs
0,20	---	---	--	-----	----	10,20	28,0	56,0	28,0	1,93	14,0
0,40	---	---	--	-----	----	10,40	28,0	57,0	28,0	0,60	47,0
0,60	10,0	---	10,0	0,67	15,0	10,60	29,0	38,0	29,0	1,07	27,0
0,80	10,0	20,0	10,0	0,53	19,0	10,80	24,0	40,0	24,0	1,53	16,0
<b>1,00</b>	13,0	21,0	13,0	0,60	22,0	<b>11,00</b>	26,0	49,0	26,0	1,53	17,0
1,20	14,0	23,0	14,0	0,93	15,0	11,20	30,0	53,0	30,0	1,80	17,0
1,40	11,0	25,0	11,0	0,73	15,0	11,40	32,0	59,0	32,0	2,13	15,0
1,60	9,0	20,0	9,0	0,60	15,0	11,60	32,0	64,0	32,0	1,87	17,0
1,80	11,0	20,0	11,0	0,73	15,0	11,80	33,0	61,0	33,0	1,80	18,0
<b>2,00</b>	12,0	23,0	12,0	0,87	14,0	<b>12,00</b>	27,0	54,0	27,0	1,60	17,0
2,20	14,0	27,0	14,0	0,87	16,0	12,20	24,0	48,0	24,0	1,67	14,0
2,40	14,0	27,0	14,0	0,87	16,0	12,40	23,0	48,0	23,0	1,33	17,0
2,60	12,0	25,0	12,0	0,80	15,0	12,60	23,0	43,0	23,0	1,53	15,0
2,80	10,0	22,0	10,0	0,60	17,0	12,80	20,0	43,0	20,0	2,13	9,0
<b>3,00</b>	8,0	17,0	8,0	0,47	17,0	<b>13,00</b>	66,0	98,0	66,0	1,73	38,0
3,20	9,0	16,0	9,0	0,53	17,0	13,20	85,0	111,0	85,0	2,67	32,0
3,40	11,0	19,0	11,0	0,53	21,0	13,40	83,0	123,0	83,0	1,80	46,0
3,60	14,0	22,0	14,0	0,73	19,0	13,60	115,0	142,0	115,0	2,13	54,0
3,80	13,0	24,0	13,0	0,67	19,0	13,80	106,0	138,0	106,0	2,07	51,0
<b>4,00</b>	14,0	24,0	14,0	0,73	19,0	<b>14,00</b>	137,0	168,0	137,0	2,53	54,0
4,20	12,0	23,0	12,0	0,60	20,0	14,20	112,0	150,0	112,0	2,07	54,0
4,40	8,0	17,0	8,0	0,60	13,0	14,40	133,0	164,0	133,0	1,73	77,0
4,60	11,0	20,0	11,0	0,53	21,0	14,60	122,0	148,0	122,0	1,80	68,0
4,80	12,0	20,0	12,0	0,67	18,0	14,80	126,0	153,0	126,0	1,93	65,0
<b>5,00</b>	14,0	24,0	14,0	0,80	17,0	<b>15,00</b>	169,0	198,0	169,0	2,60	65,0
5,20	16,0	28,0	16,0	1,07	15,0	15,20	158,0	197,0	158,0	1,67	95,0
5,40	21,0	37,0	21,0	1,13	19,0	15,40	201,0	226,0	201,0	2,33	86,0
5,60	23,0	40,0	23,0	1,27	18,0	15,60	169,0	204,0	169,0	2,13	79,0
5,80	20,0	39,0	20,0	1,13	18,0	15,80	205,0	237,0	205,0	2,40	85,0
<b>6,00</b>	16,0	33,0	16,0	1,20	13,0	<b>16,00</b>	132,0	168,0	132,0	1,87	71,0
6,20	17,0	35,0	17,0	1,20	14,0	16,20	168,0	196,0	168,0	2,33	72,0
6,40	22,0	40,0	22,0	1,53	14,0	16,40	143,0	178,0	143,0	2,40	60,0
6,60	24,0	47,0	24,0	1,67	14,0	16,60	106,0	142,0	106,0	2,00	53,0
6,80	25,0	50,0	25,0	1,67	15,0	16,80	163,0	193,0	163,0	2,60	63,0
<b>7,00</b>	25,0	50,0	25,0	1,60	16,0	<b>17,00</b>	164,0	203,0	164,0	2,53	65,0
7,20	23,0	47,0	23,0	1,47	16,0	17,20	156,0	194,0	156,0	2,47	63,0
7,40	22,0	44,0	22,0	1,53	14,0	17,40	166,0	203,0	166,0	2,27	73,0
7,60	18,0	41,0	18,0	1,27	14,0	17,60	164,0	198,0	164,0	2,20	75,0
7,80	20,0	39,0	20,0	1,47	14,0	17,80	146,0	179,0	146,0	2,00	73,0
<b>8,00</b>	23,0	45,0	23,0	1,40	16,0	<b>18,00</b>	154,0	184,0	154,0	1,73	89,0
8,20	25,0	46,0	25,0	1,53	16,0	18,20	192,0	218,0	192,0	2,53	76,0
8,40	22,0	45,0	22,0	1,40	16,0	18,40	156,0	194,0	156,0	2,33	67,0
8,60	23,0	44,0	23,0	1,33	17,0	18,60	149,0	184,0	149,0	2,40	62,0
8,80	21,0	41,0	21,0	1,33	16,0	18,80	185,0	221,0	185,0	3,47	53,0
<b>9,00</b>	23,0	43,0	23,0	1,53	15,0	<b>19,00</b>	164,0	216,0	164,0	2,60	63,0
9,20	25,0	48,0	25,0	1,80	14,0	19,20	206,0	245,0	206,0	2,73	75,0
9,40	27,0	54,0	27,0	1,87	14,0	19,40	186,0	227,0	186,0	3,00	62,0
9,60	27,0	55,0	27,0	1,80	15,0	19,60	170,0	215,0	170,0	2,53	67,0
9,80	27,0	54,0	27,0	1,87	14,0	19,80	174,0	212,0	174,0	-----	----
<b>10,00</b>	28,0	56,0	28,0	1,87	15,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
 - COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
 - punta meccanica tipo Begemann  $\varnothing = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
 - manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

**PROVA PENETROMETRICA STATICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 2**

2.01PG05-083

- committente : Artoni M., Artoni G. e f.lli, Zanoni Giovanna  
- lavoro : Inserimento P.O.C.  
- località : Via Ghiarone, Gualtieri (RE)  
- note :

- data : 27/04/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio  
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	---	---	--	-----	----	5,20	20,0	36,0	20,0	1,33	15,0
0,40	---	---	--	-----	----	5,40	22,0	42,0	22,0	1,47	15,0
0,60	12,0	---	12,0	1,07	11,0	5,60	24,0	46,0	24,0	1,40	17,0
0,80	8,0	24,0	8,0	0,87	9,0	5,80	24,0	45,0	24,0	1,60	15,0
<b>1,00</b>	15,0	28,0	15,0	1,27	12,0	<b>6,00</b>	18,0	42,0	18,0	1,20	15,0
1,20	15,0	34,0	15,0	1,20	12,0	6,20	18,0	36,0	18,0	0,80	22,0
1,40	14,0	32,0	14,0	1,07	13,0	6,40	24,0	36,0	24,0	1,27	19,0
1,60	18,0	34,0	18,0	1,13	16,0	6,60	22,0	41,0	22,0	1,47	15,0
1,80	19,0	36,0	19,0	1,13	17,0	6,80	22,0	44,0	22,0	1,40	16,0
<b>2,00</b>	19,0	36,0	19,0	1,13	17,0	<b>7,00</b>	25,0	46,0	25,0	1,67	15,0
2,20	22,0	39,0	22,0	1,47	15,0	7,20	22,0	47,0	22,0	1,47	15,0
2,40	20,0	42,0	20,0	1,33	15,0	7,40	22,0	44,0	22,0	1,40	16,0
2,60	18,0	38,0	18,0	1,07	17,0	7,60	25,0	46,0	25,0	1,47	17,0
2,80	17,0	33,0	17,0	1,00	17,0	7,80	27,0	49,0	27,0	1,73	16,0
<b>3,00</b>	17,0	32,0	17,0	1,13	15,0	<b>8,00</b>	28,0	54,0	28,0	1,60	17,0
3,20	19,0	36,0	19,0	0,93	20,0	8,20	26,0	50,0	26,0	1,80	14,0
3,40	19,0	33,0	19,0	0,93	20,0	8,40	25,0	52,0	25,0	1,73	14,0
3,60	19,0	33,0	19,0	0,93	20,0	8,60	26,0	52,0	26,0	1,67	16,0
3,80	19,0	33,0	19,0	1,07	18,0	8,80	26,0	51,0	26,0	1,80	14,0
<b>4,00</b>	18,0	34,0	18,0	0,93	19,0	<b>9,00</b>	26,0	53,0	26,0	1,93	13,0
4,20	13,0	27,0	13,0	0,60	22,0	9,20	25,0	54,0	25,0	1,80	14,0
4,40	17,0	26,0	17,0	0,73	23,0	9,40	28,0	55,0	28,0	2,00	14,0
4,60	12,0	23,0	12,0	0,67	18,0	9,60	26,0	56,0	26,0	1,87	14,0
4,80	15,0	25,0	15,0	0,93	16,0	9,80	26,0	54,0	26,0	-----	----
<b>5,00</b>	17,0	31,0	17,0	1,07	16,0						

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann  $\varnothing = 35.7$  mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

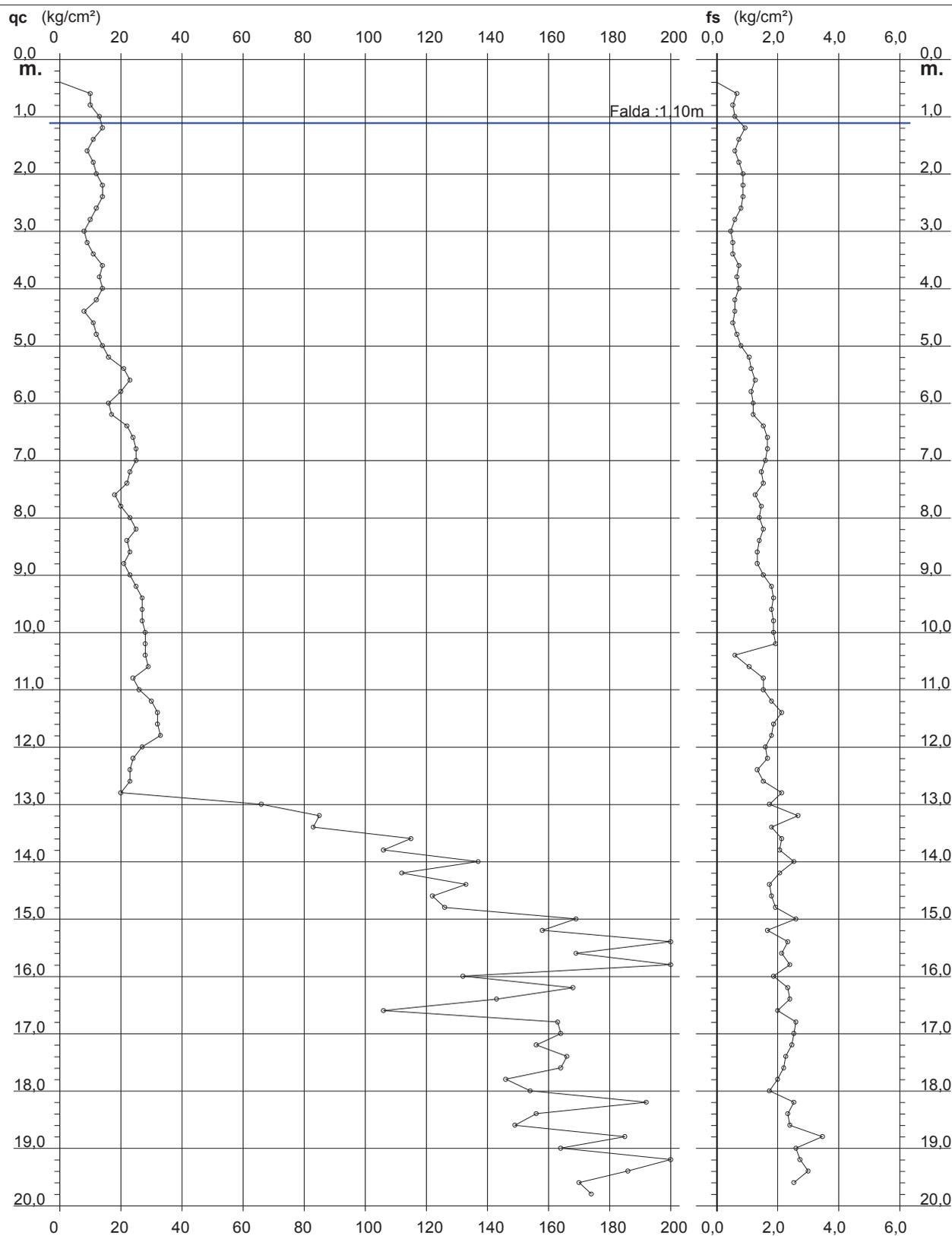
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 1

2.01PG05-083

- committente : Artoni M., Artoni G. e f.lli, Zanoni Giovanna  
- lavoro : Inserimento P.O.C.  
- località : Via Ghiarone, Gualtieri (RE)

- data : 27/04/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100



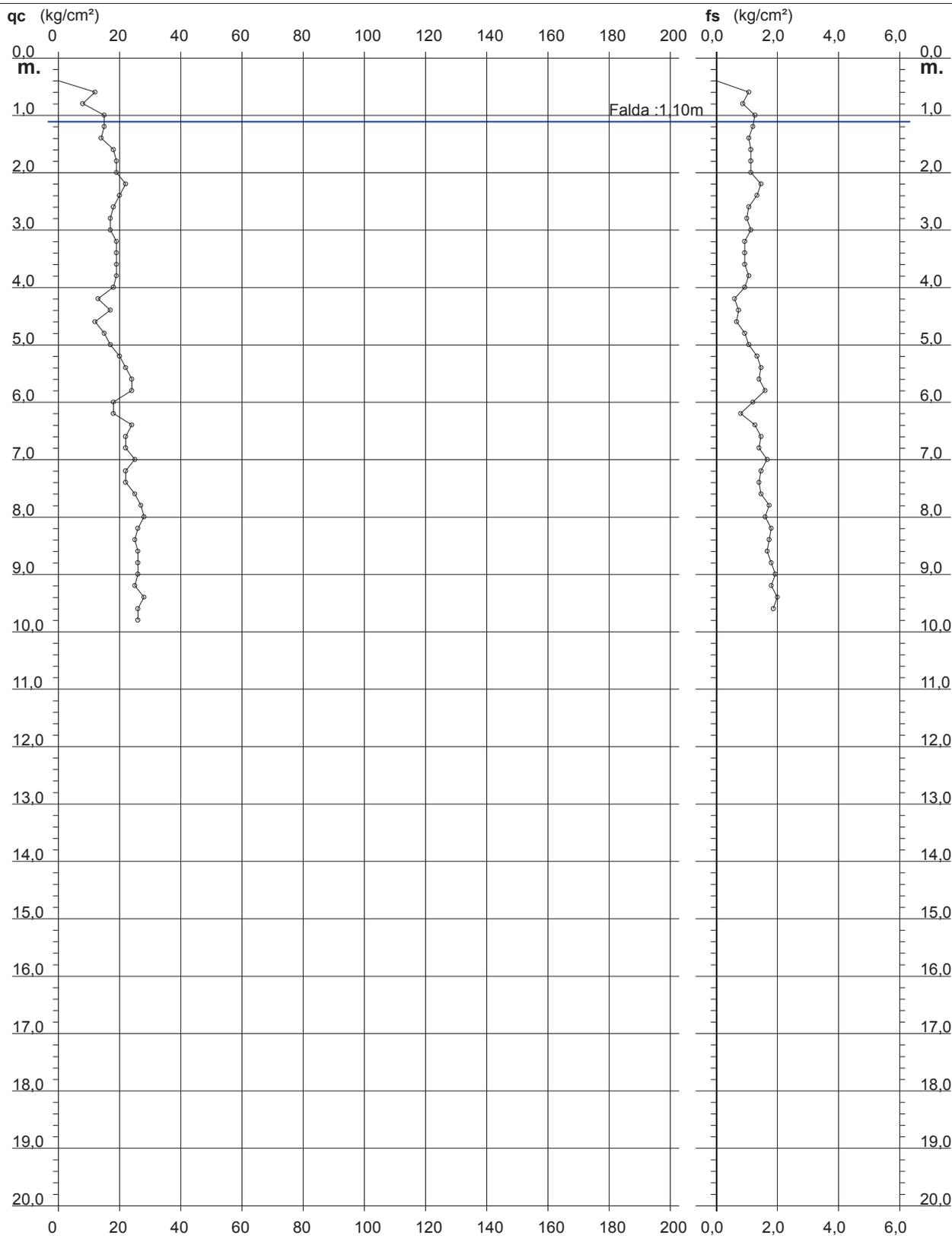
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 2

2.01PG05-083

- committente : Artoni M., Artoni G. e f.lli, Zanoni Giovanna  
- lavoro : Inserimento P.O.C.  
- località : Via Ghiarone, Gualtieri (RE)

- data : 27/04/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100



# PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 1

2.01PG05-083

- committente : Artoni M., Artoni G. e f.lli, Zanoni Giovanna  
- lavoro : Inserimento P.O.C.  
- localita' : Via Ghiarone, Gualtieri (RE)  
- note :

- data : 27/04/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 1,10 m da quota inizio  
- pagina : 1

NATURA COESIVA										NATURA GRANULARE												
Prof. m	qc kg/cm²	qc/fs (-)	Natura Litol.	Y' t/m²	d'vo kg/cm²	Cu kg/cm²	OCR (-)	Eu50 kg/cm²	Eu25 kg/cm²	Mo kg/cm²	Dr %	ø1s (°)	ø2s (°)	ø3s (°)	ø4s (°)	ødm (°)	ømy (°)	Amax/g (-)	E'50 kg/cm²	E'25 kg/cm²	Mo kg/cm²	
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	--	--	???	1,85	0,07	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	10	15	2////	1,85	0,11	0,50	41,2	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	10	19	2////	1,85	0,15	0,50	28,8	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	13	22	2////	1,85	0,19	0,60	27,6	103	154	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	14	15	2////	0,94	0,20	0,64	26,1	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	11	15	2////	0,91	0,22	0,54	18,9	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	10	15	2////	0,88	0,24	0,45	13,8	77	115	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	11	15	2////	0,91	0,26	0,54	15,7	91	137	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	12	14	2////	0,92	0,28	0,57	15,6	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	14	16	2////	0,94	0,30	0,64	16,4	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	14	16	2////	0,94	0,31	0,64	15,2	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	12	15	2////	0,92	0,33	0,57	12,4	97	146	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,80	10	17	2////	0,90	0,35	0,50	9,8	85	128	40	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,00	8	17	2////	0,86	0,37	0,40	7,0	92	138	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,20	9	17	2////	0,88	0,39	0,45	7,6	94	141	38	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,40	11	21	2////	0,91	0,40	0,54	9,0	96	143	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	14	19	2////	0,94	0,42	0,64	10,5	108	162	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,80	13	19	2////	0,93	0,44	0,60	9,3	105	158	47	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,00	14	19	2////	0,94	0,46	0,64	9,4	110	165	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,20	12	20	2////	0,92	0,48	0,57	7,9	115	173	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,40	8	13	2////	0,86	0,50	0,40	4,8	137	206	35	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,60	11	21	2////	0,91	0,51	0,54	6,6	131	197	42	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
4,80	12	18	2////	0,92	0,53	0,57	6,9	134	201	45	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,00	14	17	2////	0,94	0,55	0,64	7,5	135	202	48	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,20	16	15	2////	0,96	0,57	0,70	8,1	136	205	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,40	21	19	4:/:	0,93	0,59	0,82	9,6	142	212	63	31	32	35	38	41	31	27	0,061	35	53	63	
5,60	23	18	4:/:	0,94	0,61	0,87	9,8	148	222	69	34	33	35	38	41	32	28	0,066	38	58	69	
5,80	20	18	4:/:	0,93	0,63	0,80	8,5	148	223	60	28	32	35	37	40	31	27	0,054	33	50	60	
6,00	16	13	2////	0,96	0,64	0,70	6,9	163	244	52	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,20	17	14	2////	0,97	0,66	0,72	7,0	167	250	54	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,40	22	14	4:/:	0,93	0,68	0,85	8,2	163	244	66	29	32	35	37	40	31	28	0,056	37	55	66	
6,60	24	14	4:/:	0,94	0,70	0,89	8,4	167	250	72	32	32	35	38	41	31	28	0,061	40	60	72	
6,80	25	15	4:/:	0,94	0,72	0,91	8,4	171	257	75	32	33	35	38	41	31	28	0,063	42	63	75	
7,00	25	16	4:/:	0,94	0,74	0,91	8,1	177	265	75	32	32	35	38	41	31	28	0,061	42	63	75	
7,20	23	16	4:/:	0,94	0,76	0,87	7,4	186	279	69	28	32	35	37	40	30	28	0,054	38	58	69	
7,40	22	14	4:/:	0,93	0,78	0,85	7,0	195	292	66	26	32	34	37	40	30	28	0,050	37	55	66	
7,60	18	14	2////	0,98	0,80	0,75	5,8	213	319	56	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7,80	20	14	4:/:	0,93	0,81	0,80	6,1	214	321	60	22	31	34	37	40	29	27	0,041	33	50	60	
8,00	23	16	4:/:	0,94	0,83	0,87	6,6	214	320	69	26	32	34	37	40	30	28	0,049	38	58	69	
8,20	25	16	4:/:	0,94	0,85	0,91	6,8	216	324	75	28	32	35	37	40	30	28	0,054	42	63	75	
8,40	22	16	4:/:	0,93	0,87	0,85	6,1	230	345	66	23	31	34	37	40	29	28	0,044	37	55	66	
8,60	23	17	4:/:	0,94	0,89	0,87	6,1	234	352	69	24	31	34	37	40	29	28	0,046	38	58	69	
8,80	21	16	4:/:	0,93	0,91	0,82	5,6	246	368	63	21	31	34	37	40	29	27	0,039	35	53	63	
9,00	23	15	4:/:	0,94	0,93	0,87	5,8	248	372	69	23	31	34	37	40	29	28	0,044	38	58	69	
9,20	25	14	4:/:	0,94	0,95	0,91	6,0	251	376	75	26	32	34	37	40	30	28	0,049	42	63	75	
9,40	27	14	4:/:	0,95	0,96	0,95	6,1	254	380	81	28	32	35	37	40	30	28	0,053	45	68	81	
9,60	27	15	4:/:	0,95	0,98	0,95	6,0	261	391	81	27	32	35	37	40	30	28	0,052	45	68	81	
9,80	27	14	4:/:	0,95	1,00	0,95	5,8	267	401	81	27	32	34	37	40	30	28	0,051	45	68	81	
10,00	28	15	4:/:	0,96	1,02	0,97	5,8	273	409	84	28	32	35	37	40	30	28	0,053	47	70	84	
10,20	28	14	4:/:	0,96	1,04	0,97	5,7	279	419	84	27	32	35	37	40	30	28	0,052	47	70	84	
10,40	28	47	3:~:	0,87	1,06	--	--	--	--	--	27	32	34	37	40	30	28	0,051	47	70	84	
10,60	29	27	4:/:	0,96	1,08	0,98	5,6	291	436	87	28	32	35	37	40	30	29	0,053	48	73	87	
10,80	24	16	4:/:	0,94	1,10	0,89	4,8	304	456	72	21	31	34	37	40	28	28	0,039	40	60	72	
11,00	26	17	4:/:	0,95	1,12	0,93	5,0	308	462	78	23	31	34	37	40	29	28	0,044	43	65	78	
11,20	30	17	4:/:	0,98	1,13	1,00	5,4	309	464	90	28	32	35	37	40	30	29	0,053	50	75	90	
11,40	32	15	4:/:	0,97	1,15	1,07	5,7	310	465	96	29	32	35	37	40	30	29	0,056	53	80	96	
11,60	32	17	4:/:	0,97	1,17	1,07	5,6	317	475	96	29	32	35	37	40	30	29	0,056	53	80	96	
11,80	33	18	4:/:	0,97	1,19	1,10	5,7	321	481	99	30	32	35	37	40	30	29	0,057	55	83	99	
12,00	27	17	4:/:	0,95	1,21	0,95	4,6	337	506	81	22	31	34	37	40	29	28	0,042	45	68	81	
12,20	24	14	4:/:	0,94	1,23	0,89	4,2	344	516	72	18	31	33	36	39	28	28	0,034	40	60	72	
12,40	23	17	4:/:	0,94	1,25	0,87	4,0	349	523	69	16	30	33	36	39	28	28	0,031	38	58	69	
12,60	23	15	4:/:	0,94	1,27	0,87	3,9	356	533	69	16	30	33	36	39	27	28	0,030	38	58	69	
12,80	20	9	4:/:	0,93	1,29	0,80	3,5	363	544	60	11	29	33	36	39	27	27	0,021	33	50	60	
13,00	66	38	3:~:	0,94	1,31	--	--	--	--	--	51	35	37	40	42	33	32	0,107	110	165	198	
13,20	85	32	3:~:	0,98	1,33	--	--	--	--	--	60	36	38	41	43	35	33	0,129	142	213	255	
13,40	83	46	3:~:	0,97	1,34	--	--	--	--	--	58	36	38	40	43	34	33	0,126	138	208	249	
13,60	115	54	3:~:	1,02	1,36	--	--	--	--	--	69	38	40	41	44	36	35	0,157	192	288	345	
13,80	106	51	3:~:	1,01	1,39	--	--	--	--	--	66	37	39	41	43	35	34	0,147	177	265	318	
14,00	137	54	3:~:	1,06	1,41	--	--	--	--	--	74	38	40	42	44	37	35	0,173	228	343	411	
14,20	112	54	3:~:	1,02	1,43	--	--	--	--	--	67	37	39	41	43	36	34	0,151	187	280	336	



# **ALLEGATO 2**

*Indagine di sismica attiva MASW e passiva HVSR*

# CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE PER L'ACQUISIZIONE GEOFISICA

## Descrizione

Gemini è un acquirente di dati sismici.

All'interno di un unico contenitore waterproof è integrata una terna di geofoni e un acquirente hardware da 24 bit, le masse oscillanti con frequenza di risonanza da 2Hz sono accuratamente accoppiate meccanicamente ed elettricamente.

Gemini permette di acquisire ed effettuare indagini di:

- Sismica passiva
  - dati HVSR, quindi di sismica cosiddetta "passiva";
  - misure vibrazionali.
- Sismica attiva
  - rilievi MASW;
  - dati Holisurface.

Collegata a computer tramite l'interfaccia USB, la Gemini consente la memorizzazione e la successiva analisi dei dati direttamente su PC tramite il software dedicato in dotazione. I tre geofoni interni sono orientati secondo una terna di assi cartesiani, assumendo la convenzione descritta nelle linee guida del Progetto "SESAME":

- asse Z = geofono verticale = direzione Up-Down;
- asse X = geofono orizzontale = direzione East-West;
- asse Y = geofono orizzontale = direzione North-South.

L'etichetta sul contenitore di Gemini riporta le informazioni per il corretto orientamento; ricordiamo inoltre che la terna deve essere livellata prima dell'acquisizione, operazione facilitata con l'ausilio della livella a bolla montata sul corpo dello strumento. Le operazioni di livellamento su pavimentazioni rigide sono possibili montando sulla terna gli appositi piedini regolabili in dotazione; per l'utilizzo su terreno, si consiglia l'utilizzo con gli appositi puntali.

## Caratteristiche tecniche nominali della terna di geofoni Gemini-2 (temp.di rif.=20°C)

Frequenza Naturale: 2Hz  $\pm$  10%

Sensibilità: 2V/cm\*s-1  $\pm$  10%

Resistenza interna: 5.8 K $\Omega$  $\pm$ 5%

Smorzamento (dumping): 0.7 $\pm$ 10%

Distorsione armonica:  $\leq$  0.2%

Impedenza di ingresso:  $\geq$  10M $\Omega$

Temperatura d'utilizzo: -25°C  $\sim$  +55°C

Dimensioni:  $\varnothing$  128 x 80mm (piedini escl.)

Peso: 2.10 kg

### **VERSIONE “GEMINI HVSR”**

- n.1 geofono triassiale Gemini da 2 Hz;
- n°3 puntali per terreno;
- n°3 piedini regolabili (per utilizzo su asfalto o supporti/materiali rigidi);
- n.1 cavo USB per connessione a PC;
- n.1 chiave USB con manuale, software di gestione e documentazione tecnica.

### **VERSIONE “GEMINI MASW”**

- n.1 geofono triassiale Gemini da 2 Hz;
- n°3 puntali per terreno;
- n°3 piedini regolabili (per utilizzo su asfalto o supporti/materiali rigidi);
- n.1 cavo USB per connessione a PC dotato di connessione per trigger (geofono starter o mazza di battura);
- n.1 cavo schermato su rullo (Mt. 100) per trigger Gemini;
- n.1 Geofono starter;
- n.1 Mazza di battuta da 8Kg, con starter piezoelettrico;
- n.1 Piattello di battuta in alluminio per energizzazione verticale, dimensioni 20x20x5 cm;
- n.1 Traversina in legno per energizzazione laterale;
- n.1 Chiave USB-GPS per geo-localizzazione;
- n.1 Chiave USB con manuale, software di gestione e documentazione tecnica.

### **SOFTWARE DI ACQUISIZIONE DATI : *PASI GEMINI - Versione 2.2.6***

#### **Specifiche tecniche del software ed dell’elettronica di campionamento**

Impedenza d’ingresso: 2 M $\Omega$

Frequenze di campionamento: 20, 100, 200, 500, 1000, 2000, 4000, Hz

Risoluzione della conversione A/D: 24 bit reali

Durata delle acquisizioni: da 250 ms a 1440 minuti

Numero di canali acquisiti: 3 + 1 AUX (eventuale trigger)

Dinamica massima teorica: 144 dB

Rev. 2.2.7 16

Rapporto S/N a Fc=1KHz: 117 dB

Banda passante a Fc=1KHz: 110 Hz, proporzionale a Fc

Temperatura d’utilizzo: -25°C ~□+55°C

### **SOFTWARE DI ELABORAZIONE DATI : *WinMASW 3C - Versione 6.0***

Per maggiori dettagli, si prega di consultare l’indirizzo internet:

<http://www.winmasw.com>



**Figura B. 1 -** Versione “GEMINI HVSR” basilare impiegata per la prospezione sismica passiva: dettaglio dei supporti intercambiabili in dotazione, da sostituire a seconda che si acquisisca su superficie rigida o su terreno.



**Figura B. 2 -** Versione “GEMINI MASW” impiegata per la prospezione sismica attiva: Lo stendimento prevede il collegamento della strumentazione procedendo da sinistra verso destra. In aggiunta va inserito il PC come per una normale acquisizione HVSR.

## ACQUISIZIONE MASW



Figura B. 3 - Stendimento sismico MASW realizzato in corrispondenza dell'area di studio.

## ACQUISIZIONE HVSR1



Figura B. 4 - Acquisizione HVSR1 realizzata in corrispondenza dell'area di studio.

## ACQUISIZIONE MASW

COMMITTENTE:

LOCALITA': Via Ghiarone 32, Pieve Saliceto - Gualtieri (RE)

DATA ACQUISIZIONE: 18 02 2016

ORA: 17.50

Tabella A - Dati riassuntivi relativi all'acquisizione in sismica attiva

DATI RIASSUNTIVI - ACQUISIZIONE IN SISMICA ATTIVA M.A.S.W.	
<i>Lunghezza Stendimento</i>	36 metri
<i>Offset Minimo</i>	8 metri
<i>Incremento</i>	6 metri
<i>N° tracce</i>	8
<i>Tipo di Onda</i>	Rayleigh ; Forza Verticale: Battuta su piattello in alluminio
	Love Forza Trasversale: Battuta di taglio su traversina in legno
<i>Lunghezza dell'acquisizione</i>	2 secondi
<i>Intervallo di Campionamento</i>	0.001 secondi
<i>Stacking</i>	4 battute per punto sorgente: 4 Trasversali

## LOCALIZZAZIONE INDAGINI GEOFISICHE



# Joint Analysis of Love Wave Dispersion & HVSR: Love Waves in THF

**#1: uploading & processing (MASW analyses)**

dataset THF pulito.mat  
 sampling: 1 ms  
 minimum offset: 8 m  
 geophone spacing: 4 m

resampling: 0.5, data selection: activate, filter, refraction: 100, other tools & setting: 1.200, flip traces, zero padding

**#2: velocity spectrum, modeling & picking (MASW & ReMi analyses)**

MASW: compute velocity spectrum, handling the spectra: save, upload, merge, explore spectrum, mode separation

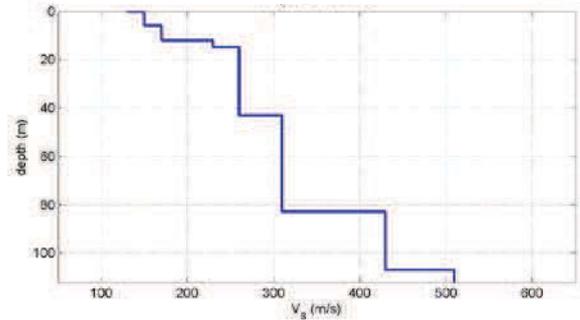
modeling table:

Vs (m/s)	Poisson	thickness (m)
130	0.35	0.3
150	0.35	5.7
170	0.35	6
230	0.35	3
280	0.35	26
310	0.35	40
430	0.35	24
510	0.3	

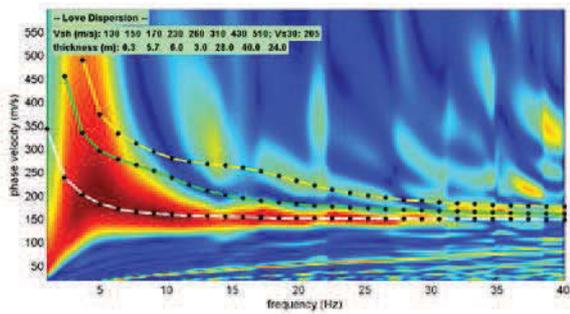
general setting: Love, phase vel, Reference depth: 0, HV/body waves:  HV modes (SW ellipticity):



**Vs Profile**



**THF**



**HVSR1**

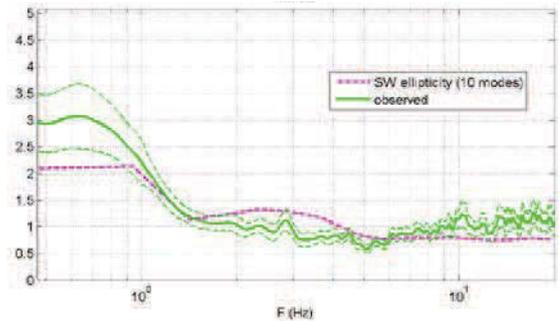
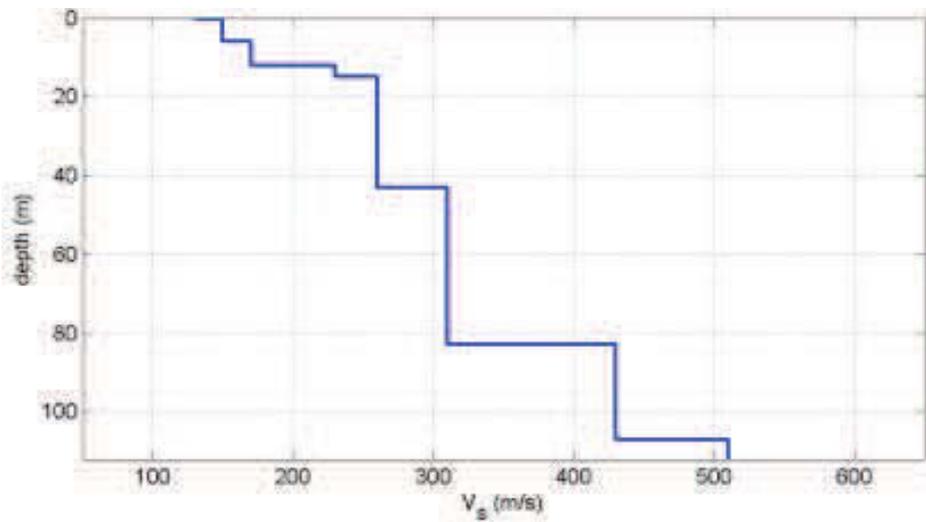


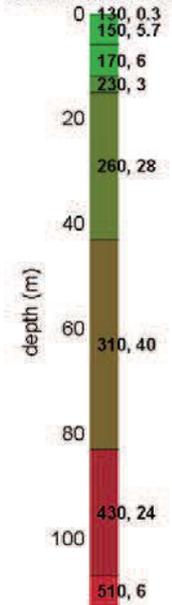
Tabella B - Stratigrafia sismica e parametri determinati.

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità onde di taglio	Rapporto di Poisson
1	0	0,3	130	0,35
2	0,3	5,7	150	0,35
3	6,0	6,0	170	0,35
4	12,0	3,0	230	0,35
5	15,0	28,0	260	0,35
6	43,0	40,0	310	0,35
7	83,0	24,0	430	0,35
8	107,0	Inf.	510	0,30

VS Profile



Subsurface model



CATEGORIA C

Vs30 (m/s): 205

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu30 < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

**Retrieved model**

Vs (m/s): 130 150 170 230 260 310 430 510

Thickness (m): 0.3, 5.7, 6.0, 3.0, 28.0, 40.0, 24.0

Density (gr/cm<sup>3</sup>) (approximate values): 1.74 1.77 1.80 1.87 1.91 1.95 2.03 2.04

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 29 40 52 99 129 187 375 531

## ACQUISIZIONE HVSR1

CLASSE DI QUALITÀ DELLA MISURA	<b>A</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>C</b>
--------------------------------	----------	-----------	-----------	----------

## SESAME HVSR MEASUREMENT FIELD SHEET

Comune: Gualtieri (RE)		Indirizzo: Via Ghiarone 32, Pieve Saliceto	
Attività da svolgere: Indagine HVSR		Data: 18/02/2016	Ora: 18.07
<b>DATI TECNICI</b>			
Operatore: Oppo Gabriele		Prova n° HVSR1	Codice file /
Strumento: Geofono triassiale da 2 Hz "GEMINI 2" <i>PASI Instruments</i>		Freq. Campionamento: 500 Hz	Durata (min): 20 min

## CONDIZIONI ATMOSFERICHE

Vento	<input type="checkbox"/> assente	<input checked="" type="checkbox"/> debole (<5m/s)	<input type="checkbox"/> medio (5>v>30 m/s)	<input type="checkbox"/> forte (>30 m/s)
Pioggia	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole	<input type="checkbox"/> media	<input type="checkbox"/> forte

## TERRENO DI PROVA

Suolo	<input checked="" type="checkbox"/> argilloso-limoso soffice	<input type="checkbox"/> argilloso-limoso duro	<input type="checkbox"/> con erba	<input type="checkbox"/> senza erba
	<input type="checkbox"/> ghiaia	<input type="checkbox"/> sabbia	<input type="checkbox"/> roccia	
	<input type="checkbox"/> suolo asciutto		<input checked="" type="checkbox"/> suolo umido	<input type="checkbox"/> suolo saturo
Pavimentazione artificiale	<input type="checkbox"/> rilevato in ghiaia	<input type="checkbox"/> cemento/cls	<input type="checkbox"/> asfalto	<input type="checkbox"/> ceramica <input type="checkbox"/> altro:
Accoppiamento sensore	<input checked="" type="checkbox"/> piedini infissi <input type="checkbox"/> piedini da pavimento	<input type="checkbox"/> accoppiamento artificiale	<input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> altro	

## STRUTTURE CIRCOSTANTI

Abitazioni	<input type="checkbox"/> assenti	<input checked="" type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
Fabbriche	<input checked="" type="checkbox"/> assenti	<input type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
Ponti	<input checked="" type="checkbox"/> assenti		<input type="checkbox"/> presenti	
Strutt.sotterr.	<input checked="" type="checkbox"/> assenti		<input type="checkbox"/> presenti: descrizione	
Piante	<input type="checkbox"/> assenti	<input checked="" type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte

## SORGENTI DI RUMORE

Disturbo discontinuo	assente	raro	moderato	forte	molto forte	Distanza (m)
	<i>auto</i>	<input checked="" type="checkbox"/>				
	<i>camion</i>	<input checked="" type="checkbox"/>				
	<i>passanti</i>	<input checked="" type="checkbox"/>				
	<i>altro</i>		<input checked="" type="checkbox"/>			
Disturbo continuo	<input checked="" type="checkbox"/> assente		<input type="checkbox"/> presenti: descrizione			

## ACQUISIZIONE HVSR1

**COMMITTENTE:**

**LOCALITA':** Via Ghiarone, Gualtieri (RE)

**DATA ACQUISIZIONE:** 18 02 2016

**ORA:** 18.07

### Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio from passive seismics

Dataset: SITE\_20160218\_1807HVSR1CLEAN.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 20

Length of analysed temporal sequence (min): 10.2

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 2

=====

#### In the following the results considering the data in the 0.5-20.0Hz frequency range

Peak frequency (Hz): 0.7 ( $\pm 4.9$ )

Peak HVSR value: 3.1 ( $\pm 0.6$ )

#### === Criteria for a reliable H/V curve =====

- #1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]:  $0.7 > 0.5$  (OK)
- #2. [ $nc > 200$ ]:  $788 > 200$  (OK)
- #3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

#### === Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled) =====

- #1. [exists  $f_-$  in the range  $[f_0/4, f_0]$  |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: (NO)
- #2. [exists  $f_+$  in the range  $[f_0, 4f_0]$  |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 1.3Hz (OK)
- #3. [ $A_0 > 2$ ]:  $3.1 > 2$  (OK)
- #4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)
- #5. [ $\sigma_{Af} < \epsilon(f_0)$ ]:  $4.929 > 0.098$  (NO)
- #6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]:  $0.606 < 2$  (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change

# ACQUISIZIONE HVSR1

show data
reset
show location

**step1 (optional) - declimate**  
 128Hz min frequency resample

**step2 - HV computation**  
 remove events Both Pol. & Tr. clean axes  
 20 window length (s)  
 10 tapering (%)  
 2% spectral smoothing (triangular window)  
 show particle motion (raw data)  
 full output compute

**step3a (optional) - directivity analysis**  
compute min freq 32 Hz

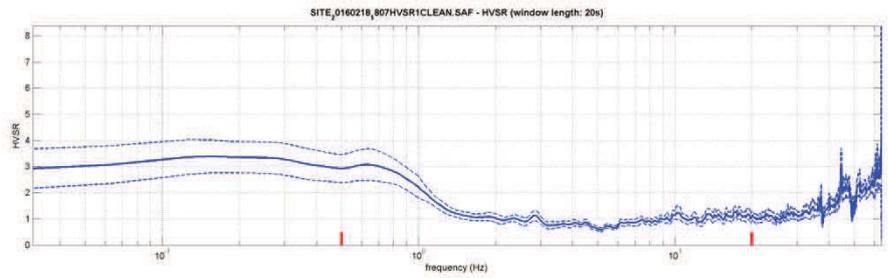
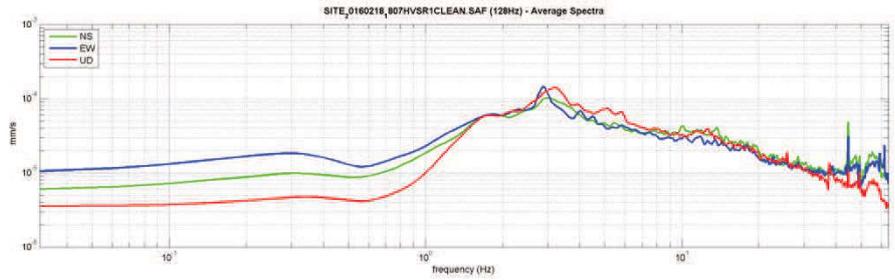
**step3b (optional) - directivity over time**  
directivity in time time step 50 s

**save - optional1: save HVSR as .it**  
 Save HV: files 0.05 1s 0.4 Hz  
save HV curve (as .it)

**save - optional2: picking HV curve**  
 pick HV curve save picked HV  
compute SESAME for picked curve

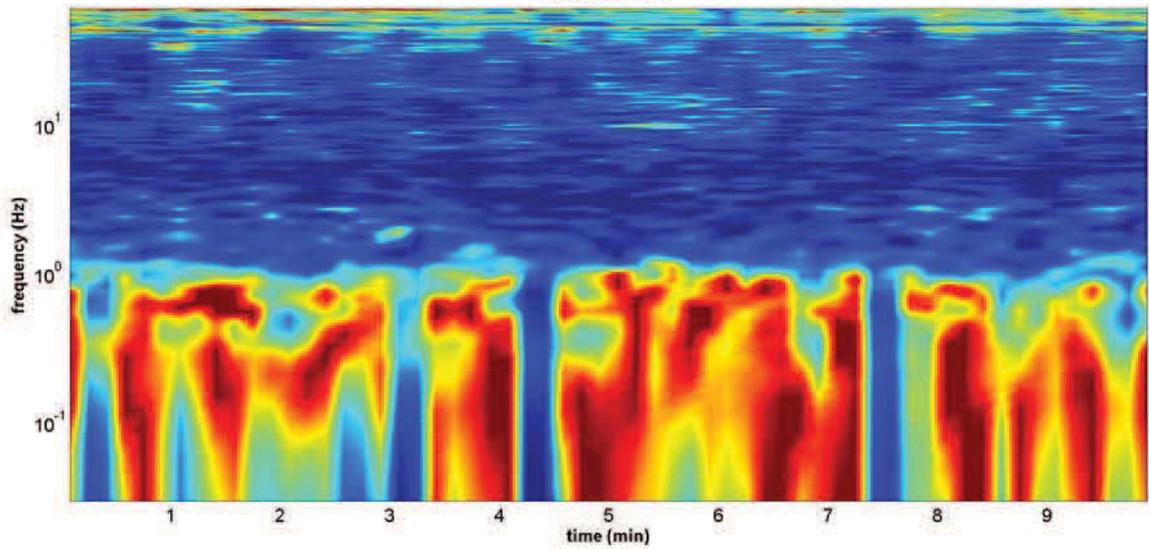
**quick analysis of the HV**  
 average V/s (m/s) 100 (from surface to bedrock)  
 depth of the bedrock (m) 20  
 V/s of the bedrock 1000  
clean compute

[www.winmasw.com](http://www.winmasw.com)

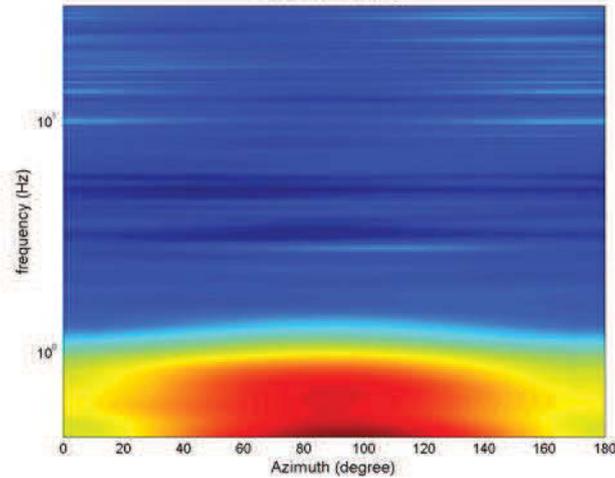


To model the HVSR (directivity) with BMSN or PolMASAC data, save the HV curve, go to the "directivity Spectrogram, Modeling & Picking" panel and upload the saved HV curve

HVSR vs Time



HVSR: directivity



# **RELAZIONE GEOLOGICO-SISMICA**

**OGGETTO: Ambito n. 4b ZR 2b**

**(Zona di recupero in Centro Storico a Gualtieri)**

**Loc.: Via Codisotto a Sera - Gualtieri (RE)**

- NTC 2018
- Del. RER n° 2193/2015

**Committente: Artoni Marco, Artoni Gabriele e Alberini Vilma**  
Gualtieri (RE)

**Gualtieri (RE), Settembre, 2019**

***Dr Geol. Sergio Lasagna***  
*Via Carso, 59/1*  
*42021 Bibbiano (RE)*  
*PI: 02411370352*  
*CF: LSGSRG62R21H223N*  
[\*sergiolasagna@alice.it\*](mailto:sergiolasagna@alice.it)

## **Indice**

**1. PREMESSA**

**2. INDAGINI ESEGUITE**

**3. MODELLO GEOLOGICO**

**4. ANALISI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)**

**5. PERICOLOSITA' SISMICA – EFFETTI ATTESI**

**6. CONCLUSIONI**

### **ALLEGATI**

**ALLEGATO 1: *prove penetrometriche statiche (CPT)***

**ALLEGATO 2: *indagine sismica HVSR***

## **1. PREMESSA**

Come richiesto dalla normativa vigente le indagini e gli studi contenuti nella presente relazione sono finalizzati a verificare l'idoneità geologico-sismica ed idrogeologica dell'area indicata in Fig. 1 ad essere inserita nel P.O.C. di Gualtieri. Nello specifico vengono trattati i seguenti aspetti:

- Caratteri geologico-sismici, geomorfologici ed idrogeologici del sito;
- Modellazione geotecnica del sito: stratigrafia e parametri geotecnici caratteristici dei terreni indagati;
- Vulnerabilità all'inquinamento del sito;
- Analisi di Risposta Sismica Locale (RSL);
- Pericolosità sismica del sito;

## **2. INDAGINI ESEGUITE**

Per la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dei terreni di fondazione è stata eseguita n° 1 prova penetrometrica statica (Allegato 1):

CPT1 profondità 15 m

Per la valutazione di  $V_s30$  e la conseguente categoria di sottosuolo, secondo NTC 2018, è stata eseguita una indagine sismica passiva HVSR (metodo Nakamura H/V), a mezzo tromografo a stazione singola (Allegato 2).

L'ubicazione delle indagini eseguite è indicata nella planimetria di Fig. 1.

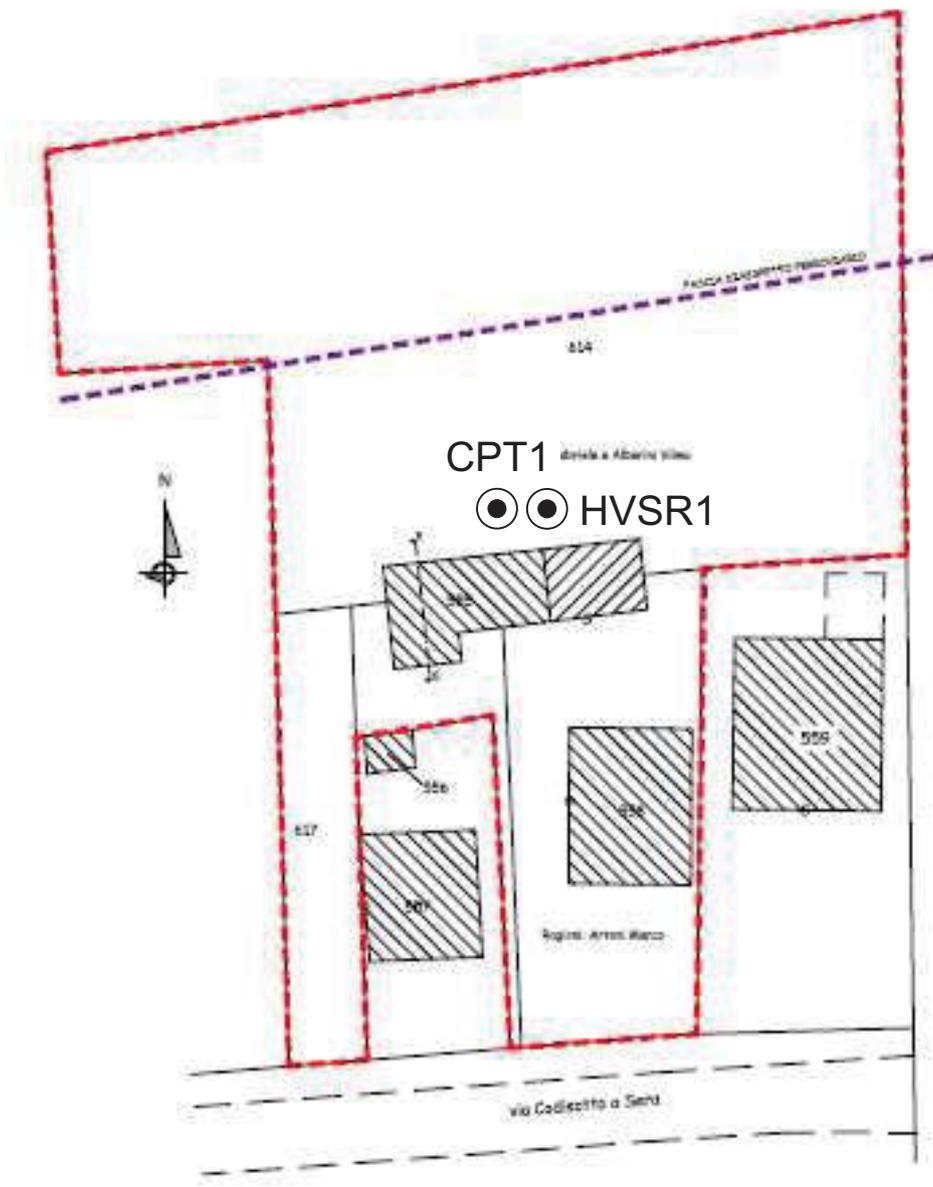


Fig. 1 - Planimetria catastale con ubicazione indagini geognostiche eseguite (prova penetrometrica CPT, indagine sismica HVSR)

### 3. MODELLO GEOLOGICO

#### 3.1 Stratigrafia

L'area di studio ricade in prossimità della zona assiale del Bacino Sedimentario Padano, vasta depressione delimitata a cintura dai rilievi appenninici ed alpini e colmata da un potente accumulo di depositi marini ed alluvionali di età pliocenica e quaternaria.

Nello specifico i terreni di sottosuolo che potranno influenzare direttamente o indirettamente le opere / attività in progetto sono rappresentati da sistemi sedimentari di pianura alluvionale ad alimentazione padana (Fiume Po) costituiti da depositi di copertura prevalentemente limoso argillosi, con possibili intercalazioni lenticolari di argille organiche, e da un substrato (rinvenibile nell'area a circa 13-14 m di profondità) costituito da depositi prevalentemente sabbiosi (Fig. 2, Allegato 1).

#### 3.2 Sismotettonica

L'andamento tettonico dell'area in esame, desumibile dalla Carta Sismotettonica dell'Emilia Romagna (Fig. 3), presenta in generale un direttrice principale orientata NO – SE ed una secondaria NE - SW; i lineamenti tettonici riportati dagli Autori non interessano comunque i depositi superficiali sede di intervento. Indagini profonde sia dirette (sondaggi) che indirette, di tipo geofisico, hanno evidenziato la presenza di ampie strutture plicative, con direzione NO – SE e vergenza a NE (rampe frontali) che si raccordano tra loro dando luogo a strutture traspressive a direzione NE – SW (rampe laterali). Tutte queste strutture rappresentano la risposta all'azione dello stress tettonico legato alle fasi orogenetiche dell'Appennino settentrionale.

Le anticlinali sono, a volte accompagnate da faglie inverse e sovrascorrimenti a testimonianza del carattere fortemente compressivo dell'azione tettonica mentre, la presenza di faglie normali con giacitura meridiana, evidenzia una successiva fase distensiva che ha disarticolato le strutture a pieghe.

L'esame della Carta Sismotettonica di Fig. 3 mostra che la struttura attiva sepolta più prossima al Comune di Gualtieri, peraltro responsabile della sequenza sismogenetica di maggio-giugno 2012, è la rampa laterale associata al sistema della Dorsale Ferrarese. Presenta direzione NE - SW passando per i comuni di Cadelbosco di Sopra, Novellara, Fabbro e Rolo.

La recente riclassificazione sismica del territorio nazionale (Ordinanza P.C.M. 3274/2003) classifica 105 comuni in zona 2 ( $0,15 < a_g/g < 0,25$ ; dove "a<sub>g</sub>" è l'accelerazione di picco orizzontale al suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e "g" è l'accelerazione di gravità), 214 in zona 3 ( $0,05 < a_g/g < 0,15$ ) e i restanti 22 comuni in zona 4 ( $a_g/g < 0,05$ ). Il Comune di Gualtieri è inserito in zona sismica 3.

#### 3.3 Geomorfologia

Per quanto concerne l'aspetto geomorfologico l'area appartiene alla bassa pianura alluvionale reggiana; topograficamente si trova a circa 21 m.s.l.m.; presenta una morfologia decisamente pianeggiante, classificabile come T1 secondo le NTC/2008.

Nella Carta di Fig. 4, l'area di prevista espansione urbanistica, risulta individuata all'interno di un "dosso di pianura" sul quale si sono impostati i centri abitati di Gualtieri e Pieve Saliceto. Tale morfologimento è attribuibile alla presenza nel sottosuolo degli antichi depositi di argine naturale del Fiume Po. Si tratta di sedimenti che, sia pur coesivi, presentano una componente sabbiosa tendenzialmente maggiore rispetto ai depositi circostanti. Ciò ha prodotto nei terreni fini della copertura superficiale la caratteristica conformazione a dosso di pianura cioè una morfologia leggermente rilevata (1 metro circa) sulle campagne adiacenti.

#### 3.4 Idrogeologia

Il livello di massima risalita della superficie freatica è a circa 1.0 - 1.5 m da piano campagna (Fig. 5) con possibili escursioni, in concomitanza di eventi di piena del Fiume Po, fino a circa 0.5 m da piano campagna.

I flussi idrici sotterranei sono diretti da Nord a Sud in quanto l'alimentazione dell'acquifero superficiale avviene ad opera del Fiume Po. Sono comunque possibili inversioni nella direzione di flusso della falda in concomitanza di prolungati periodi di magra del Fiume Po durante i quali lo stesso tende ad assumere un'azione drenante nei confronti della falda.

La bassa soggiacenza della falda idrica sconsiglia la realizzazione di interrati. Nel caso si volesse comunque procedere alla realizzazione degli stessi si dovranno prevedere opere di impermeabilizzazione a perfetta tenuta.

### 3.5 Vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento

La vulnerabilità dell'acquifero all'inquinamento, intesa come combinazione tra la vulnerabilità idrogeologica (funzione della litologia di superficie e della profondità del substrato sabbioso) e la capacità attenuativa dei suoli (funzione dei loro parametri fisico-chimici principali cioè permeabilità, profondità utile per le radici, indice di incrostamento) risulta di grado basso (Fig. 6).

### 3.6 Rischio di esondabilità

Il rischio di esondabilità risulta di grado basso in quanto l'area ricade all'interno della fascia C (area di inondazione per piena catastrofica) di PAE.

Il territorio è protetto dall'argine maestro del Fiume Po-Torrente Crostolo che, a seguito dei recenti lavori di rialzo e ringrosso, è stato ulteriormente consolidato ed adeguato alla cosiddetta "piena massima di riferimento" con franco di 1.0 m. Ciononostante, il rischio alluvionale, sia pur estremamente remoto, non potrà mai essere completamente scongiurato.

### 3.7 Drenaggio delle acque superficiali

Dipende essenzialmente dal grado di permeabilità dei terreni della copertura superficiale e dalla soggiacenza della falda acquifera.

Sulla base della classificazione di cui al paragrafo 6.2.1. del Quadro Conoscitivo del PSC è possibile ricomprendere la zona in esame all'interno delle aree del territorio comunale con:

drenaggio delle acque superficiali discreto, loc. difficoltoso

Si tratta di terreni prevalentemente limosi con permeabilità media ( $k \cong 10^{-7} \div 10^{-8}$  m / sec) i quali non presentano, salvo locali situazioni, particolari problemi di assorbimento delle acque meteoriche.

La soggiacenza della falda rispetto al piano campagna si attesta, nei periodi di minima, tra 1.0 e 1.5 m circa.

In fase di progettazione urbanistica si consiglia di prevedere la sopraelevazione delle opere dal piano campagna di almeno 0.5m oltre alla realizzazione di adeguate reti di raccolta delle acque meteoriche e convogliamento degli efflussi ai principali assi di scolo delle acque superficiali. Qualora si evidenziasse, da parte dei canali di scolo, l'insufficienza a smaltire le acque superficiali in occasione di piogge intense, sarà opportuno valutare la possibilità di realizzare vasche di ritenzione temporanea della pioggia. Si raccomanda inoltre di adottare tecniche di urbanizzazione rivolte a mitigare i ruscellamenti in superficie delle acque piovane e ad agevolare la loro infiltrazione nel sottosuolo.

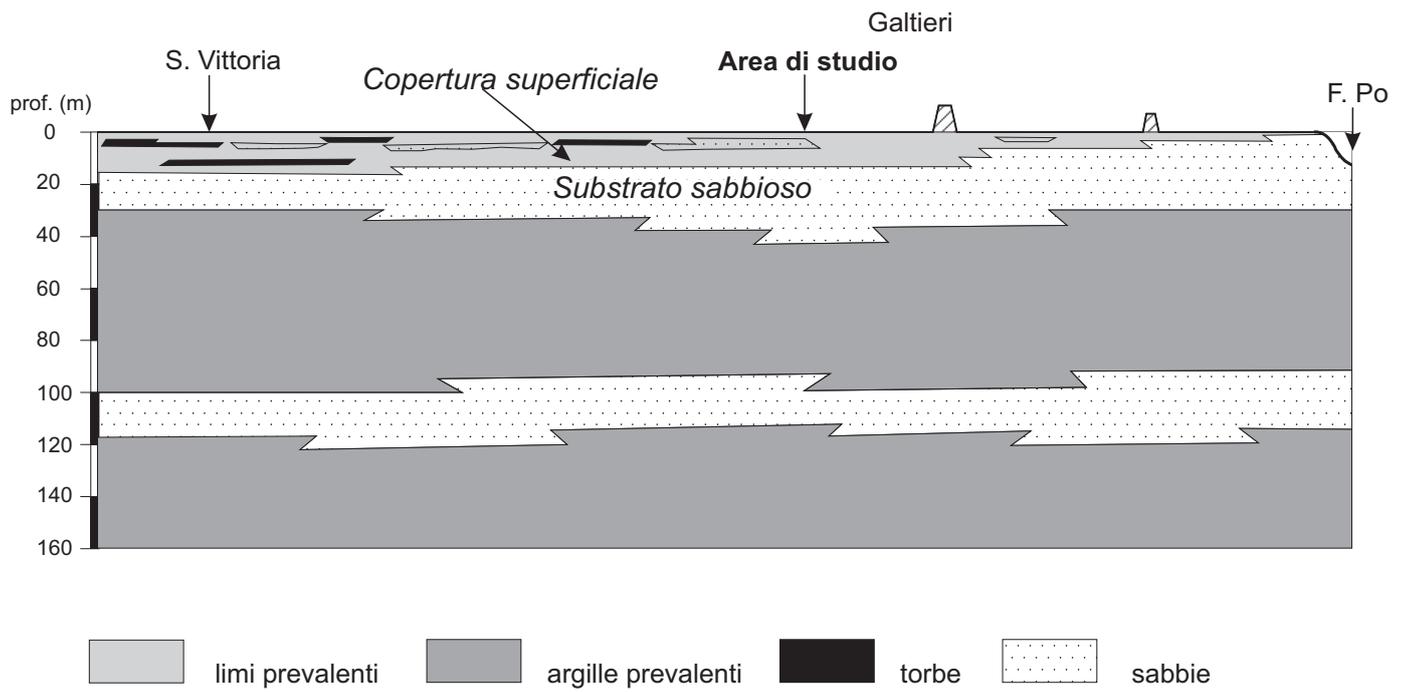


Fig. 2: Sezione litologica schematica dell'area di studio - tratta da PSC Comune di Gualtieri

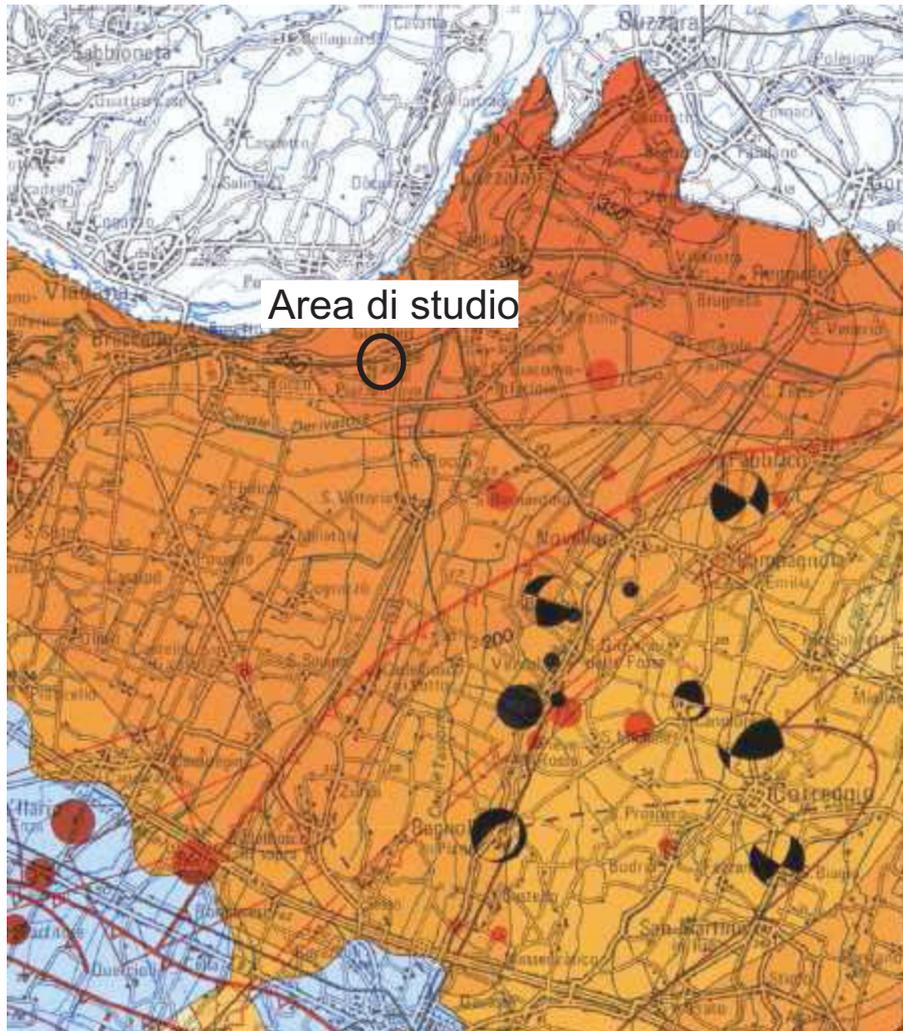
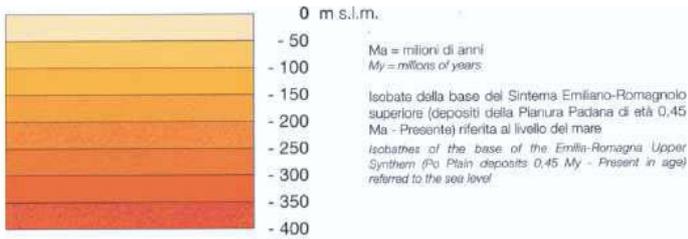


Fig. 3 - Stralcio Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna

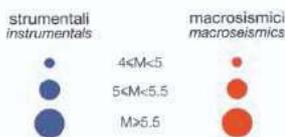
# LEGENDA CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA (scala 1:250.000)



- 1** Depositi di conoide e alluvionali intramontani (Pleistocene medio-Olocene, 0,8 Ma - Presente)  
*Alluvial fan and intramontain alluvial deposits (Middle Pleistocene-Holocene, 0,8 My - Present)*
- 2** Depositi alluvionali terrazzati della Pianura Padana (Pleistocene medio e superiore, 0,8- 0,01 Ma)  
*Po Plain terraced alluvial deposits (Middle and Late Pleistocene, 0,8 - 0,01 My)*
- 3** Sabbie di Imola (Pleistocene medio, 0,8 - 0,65 Ma)  
*Imola Sands (Middle Pleistocene, 0,8 - 0,65 My)*
- 4** Sabbie gialle (Pleistocene inferiore, 1 - 0,8 Ma)  
*Yellow sands (Early Pleistocene, 1 - 0,8 My)*
- 5** Depositi fluvio-lacustri intramontani (Pliocene superiore-Pleistocene medio, 2,1 - 0,2 Ma)  
*Intramontain fluvio-lacustrine deposits (Late Pliocene-Middle Pleistocene, 2,1 - 0,2 My)*
- 6** Depositi marini post fase Pliocene inferiore (zona a G. Punctulata) (Pliocene inferiore-Pleistocene inferiore, 4,5 - 1 Ma)  
*Post Early Pliocene (G. Punctulata zone) tectonic phase marine deposits (Early Pliocene -Early Pleistocene, 4,5 - 1 My)*
- 7** Depositi lagunari e marini compresi tra le fasi tettoniche del Messiniano superiore e del Pliocene inferiore (zona a G. Punctulata) (6,3 - 4,5 Ma)  
*Late Messinian-Early Pliocene (G. Punctulata zone) lagoonal and marine deposits (6,3 - 4,5 My)*
- 8** Depositi evaporitici e clastici del Messiniano inferiore e medio (6,8 - 6,3 Ma)  
*Early and Middle Messinian evaporitic and clastic deposits (6,8 - 6,3 My)*
- 9** Depositi delle avansosse dell'Oligocene superiore-Miocene: Macigno, Arenarie del M. Cervarola, Arenarie del M. Falterona, Marnoso-Arenacea (20 - 6,8 Ma)  
*Foredeep deposits Late Oligocene-Miocene in age: Macigno, Mt. Cervarola Sandstones, Mt. Falterona Sandstones, Marnoso-Arenacea (20 - 6,8 My)*
- 10** Unità Liguri, Subliguri ed Epiliguri (Giurassico - Miocene, 205 - 6,8 Ma)  
*Ligurian, Subligurian and Epiligurian Units (Jurassic - Miocene, 205 - 6,8 My)*
- 11** Evaporiti triassici (220 - 210 Ma)  
*Triassic evaporites (220 - 210 My)*

Limite Pliocene-Pleistocene  
*Pliocene-Pleistocene boundary*

## Epicentri dei terremoti *Earthquake epicenters*



## Meccanismi focali *Earthquake focal solutions*



"box" sismogenetica da dati macroseismici (Gasparini et al., 1999)  
*Seismogenetic box from macroseismic data (Gasparini et al., 1999)*

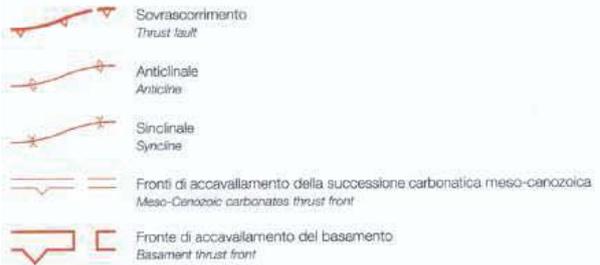
Il lato lungo della "box" indica la direzione dell'Azimut. Le dimensioni della "box", in funzione della magnitudo, determinano la lunghezza e la larghezza della possibile struttura sismogenetica (da: Wells and Copper-smith, 1994)

The long axis of the box indicates the Azimut strike. The box dimensions, related to the magnitude, define the length and the width of the possible seismogenetic structure (from: Wells and Copper-smith, 1994)

## Strutture sepolte *Buried structures*

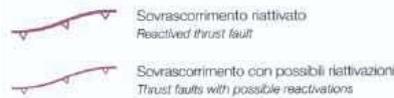
Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate sulla base di dati morfologici di superficie e di dati geologici di sottosuolo

*Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of surface morphological data and subsol geological data*



Fronti dei principali sovraccorrimenti di età Pliocene-Pleistocene inferiore (4,5 - 1 Ma) (da Structural Model of Italy, 1:500,000)

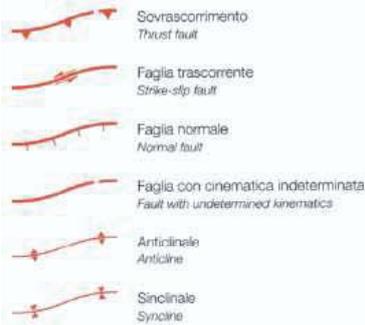
*Fronts of the main Pliocene-Early Pleistocene thrust faults (4,5 - 1 My) (from Structural Model of Italy, 1:500,000)*



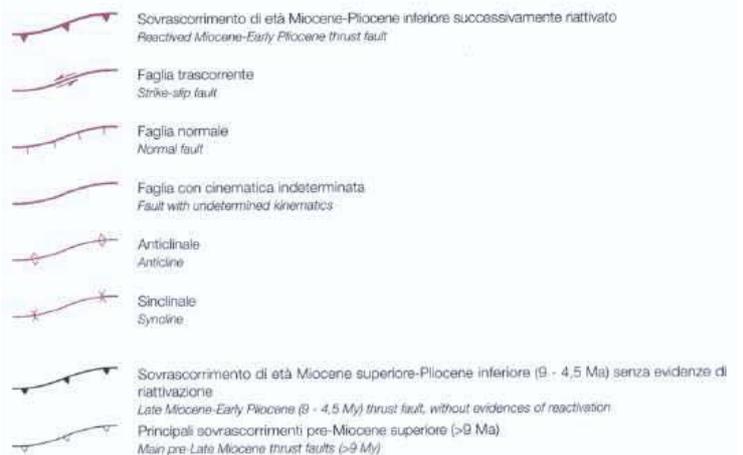
## Strutture affioranti *Outcropping structures*

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate su base morfotettonica (M) e/o geologica (G)

*Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of morphotectonic (M) and/or geological (G) data*



Strutture plio-quadernarie (4,5 - 1 Ma)  
*Plio-Quaternary structures (4,5 - 1 My)*



Inclinazione di terrazzo alluvionale  
*Alluvial terrace dip*

Direzione e valore d'inclinazione di paleosuperficie tiltata  
*Paleosurface dip*

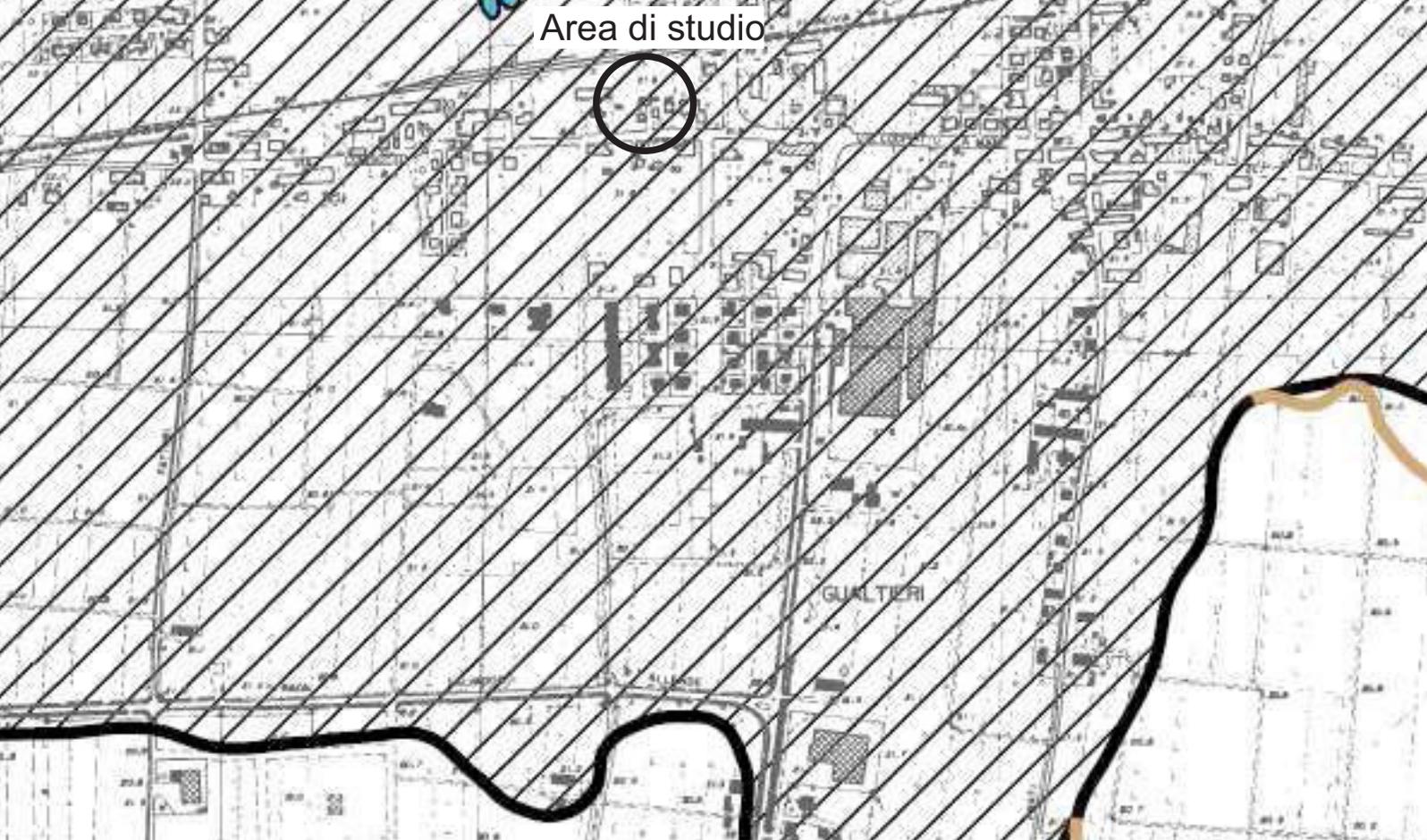
Strati dritti con indicazione dell'immersione e valore dell'inclinazione  
*Upright beds with angle of dip*

Strati rovesciati con indicazione dell'immersione e valore dell'inclinazione  
*Overturned beds with angle of dip*

Area di affioramenti significativi di dimensioni non cartografabili con indicazione dell'immersione e inclinazione degli strati  
*Significant outcrops area, too small for mapping at 1:250,000 scale with dip of the beds*

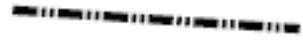
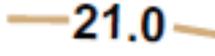
Salsa  
*Mud Volcano*

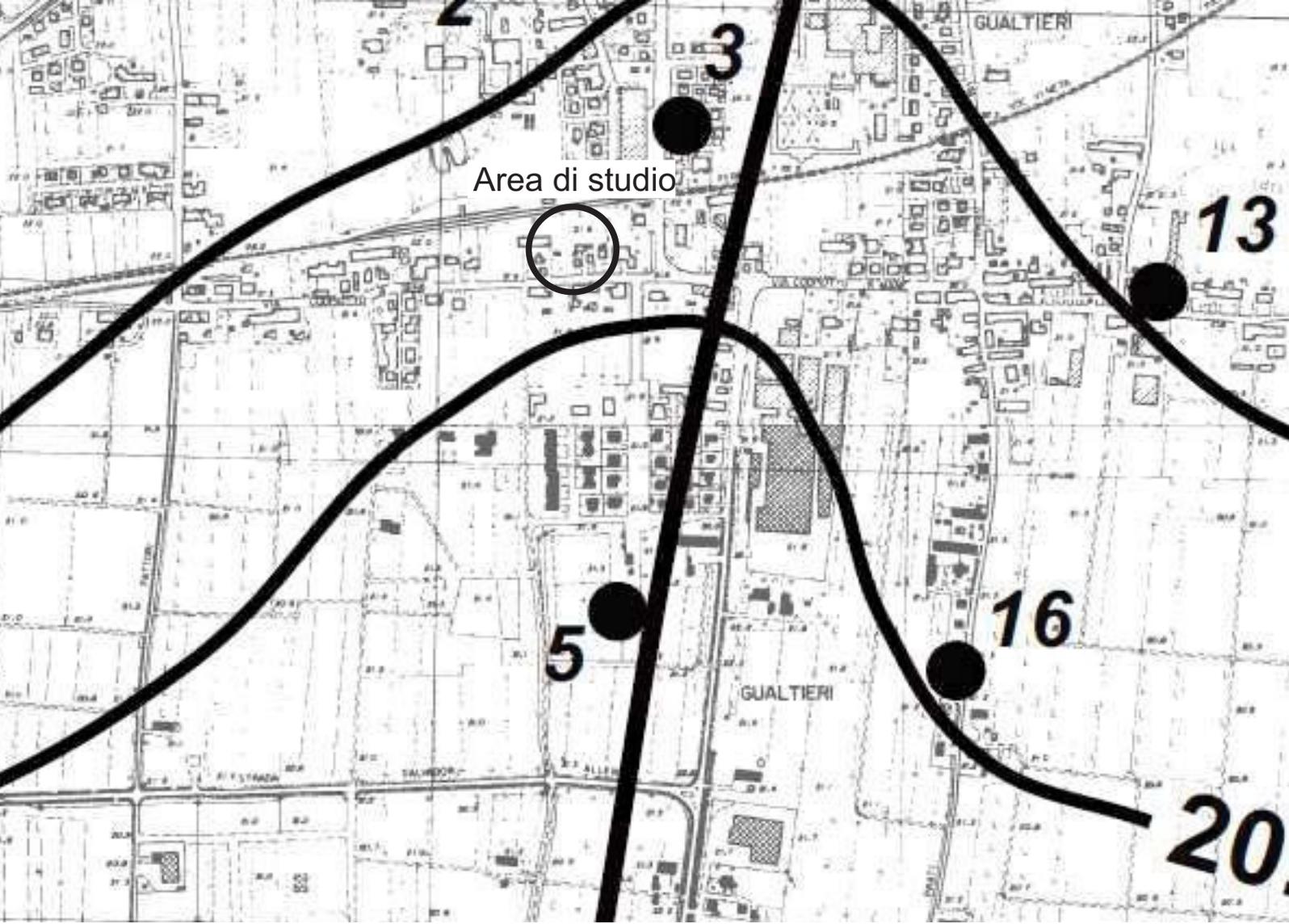
Sorgente termale  
*Thermal spring*



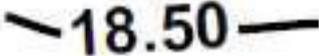
Area di studio

### LEGENDA

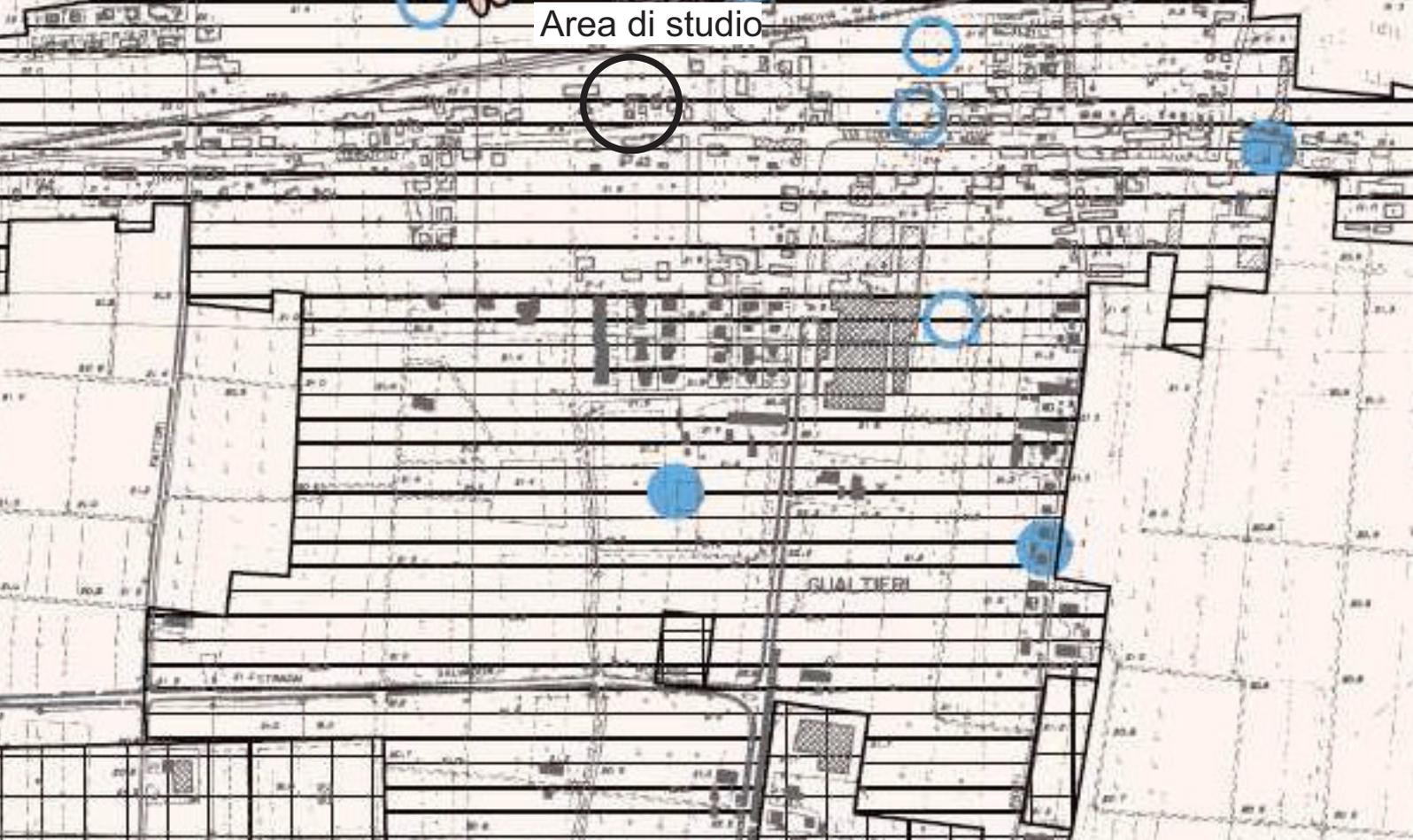
-  confine Comune di Gualtieri
-  argine maestro Fiume Po
-  argine infragolenale Consortile Malaspina
-  laghi, invasi artificiali, zone umide
-  corsi d'acqua e canali principali
-  dosso di pianura
-  depressione morfologica
-  21.0 isopse (m s. l. m.)



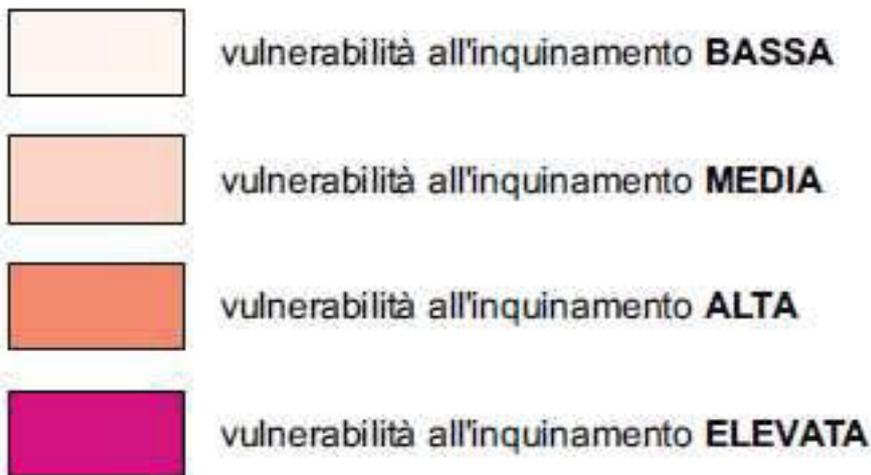
### LEGENDA

- 
18.50
isopieze (m s.l.m.)
- 
confine Comune di Gualtieri
- 
linee di deflusso sotterraneo
- 
12
punti di misura quota falda
- 
zona con falda freatica direttamente influenzata dalle variazioni idrometriche del Fiume Po

Area di studio



### CLASSI DI VULNERABILITA' ALL'INQUINAMENTO



#### Area (1)

Vulnerabilità idrogeologica: alta  
Capacità di attenuazione dei suoli: bassa

} Vulnerabilità all'inquinamento: **ALTA**

#### Area (1) corsi e specchi d'acqua

Vulnerabilità idrogeologica: elevata  
Capacità di attenuazione dei suoli: bassa

} Vulnerabilità all'inquinamento: **ELEVATA**

#### Area (2)

Vulnerabilità idrogeologica: media  
Capacità di attenuazione dei suoli: moderata

} Vulnerabilità all'inquinamento: **BASSA**

#### Area (2) corsi e specchi d'acqua

Vulnerabilità idrogeologica: media  
Capacità di attenuazione dei suoli: bassa

} Vulnerabilità all'inquinamento: **MEDIA - BASSA**

#### Area (3) - (4)

Vulnerabilità idrogeologica: bassa  
Capacità di attenuazione dei suoli: alta

} Vulnerabilità all'inquinamento: **BASSA**

#### Area (3) - (4) corsi e specchi d'acqua

Vulnerabilità idrogeologica: bassa  
Capacità di attenuazione dei suoli: bassa

} Vulnerabilità all'inquinamento: **MEDIA**

## 4. ANALISI RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)

Per l'analisi di RSL del sito in esame si adottano i dati e gli elaborati di III livello di approfondimento riportati nello studio: " Microzonazione Sismica dell'Unione dei Comuni della Bassa Reggiana – Luglio 2015":

### 4.1 Sismicità di base del Comune di Gualtieri

I parametri di riferimento ( $PGA_0 = a_{refg}$  su suolo di categoria A, spettri di risposta in accelerazione e velocità) sono quelli contenuti nell'allegato A4 della DAL 2131/2007 della Regione Emilia Romagna:

- forma dello spettro di risposta normalizzato rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni, con smorzamento del 5%;
- valore di  $a_{refg}$  (accelerazione massima orizzontale di picco su suolo rigido con 10% di probabilità di superamento in 50 anni, espresso in funzione dell'accelerazione di gravità  $g$ ) per il Comune di Gualtieri:

$$PGA_0 = a_{refg} = 0.095g$$

Per quanto riguarda la magnitudo attesa si consiglia di adottare, con riferimento alla classificazione ZS9 dell'IMCS, il valore massimo della zona più prossima (Zona 912) al Comune di Gualtieri, cioè:

$$Mw = 6.14$$

In alternativa si può dedurre  $Mw$ , più realisticamente anche se in via meno cautelativa, con il metodo della disaggregazione, secondo INGV, che fornisce il seguente dato:

$$Mw = 5.70$$

### 4.2 Elaborati di output della RSL

Il modello geofisico del sito di Gualtieri (Tabella 2), basato su indagini in posto e di laboratorio, riporta valutazioni sui seguenti parametri:

- litologia;
- velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ );
- curve di variazione della rigidità ( $G/G_0$ ) e dello smorzamento in funzione della deformazione e densità in sito.

Tabella 2: parametri del modello geofisico

Strato	Litologia	Spess.	Prof.	$\gamma$	$V_s$	Parametri G/G0		Parametri D	
		<i>m</i>	<i>m</i>	<i>kN/m<sup>3</sup></i>	<i>m/s</i>	$\alpha$	$\beta$	$\eta$	$\lambda$
1	Argille	6	6	18.5	145	29.78	0.93	24.74	3.36
2	Argille	8.5	14.5	18.5	190	29.78	0.93	24.74	3.36
3	Sabbie	11	25.5	19.5	245	45.64	1.12	25.11	3.95
4	Sabbie	18.5	44	19.5	275	45.64	1.12	25.11	3.95
5	Argille	18	62	19.5	325	23.94	1.32	24.11	2.68
6	Sabbie	15	77	20.5	350	58.45	1.26	24.15	3.36
7	Bedrock			22.0	600				

$V_{s30} = 200 - 220$  m/sec (dati studio di MZS del Comune di Gualtieri)

$V_{s30} = 198$  m/sec (dato indagine HVSR eseguita dallo scrivente)

Categoria di sottosuolo = C

I risultati delle analisi, condotte con il codice STRATA, elaborate nel dominio del tempo e delle frequenze, hanno consentito di definire, per il sito di Gualtieri:

- la curva di variazione dell'accelerazione con la profondità (Fig. 7) che consente di valutare l'entità dell'amplificazione locale ( $FA_{PGA}$ ), intesa come rapporto fra il valore della PGA in superficie e il valore della  $PGA_0$  per sottosuolo di categoria A cioè al bedrock (Tabella 3);
- lo spettro di risposta elastico in pseudoaccelerazione PSA (Fig. 8) da cui si ricava lo spettro di risposta elastico in pseudovelocità PSV (Fig. 9) che consente di valutare l'entità dell'amplificazione locale ( $FA_{Si}$ ), intesa come rapporto tra lo spettro di risposta in velocità calcolato in superficie e quello calcolato su suolo rigido, negli intervalli 0.1-0.5 s, 0.5-1.0 s (Tabella 3).

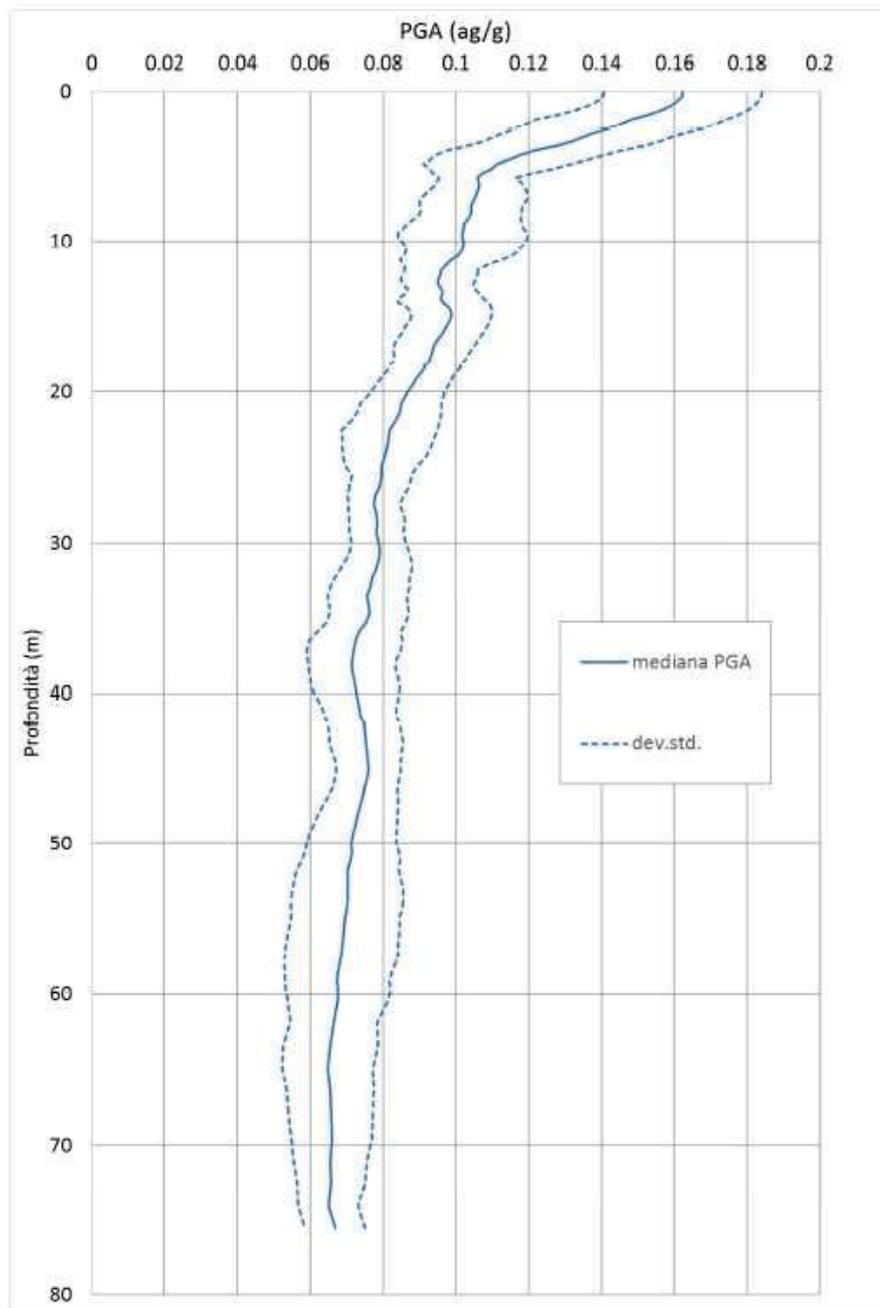


Fig. 7: variazione dell'accelerazione PGA con la profondità

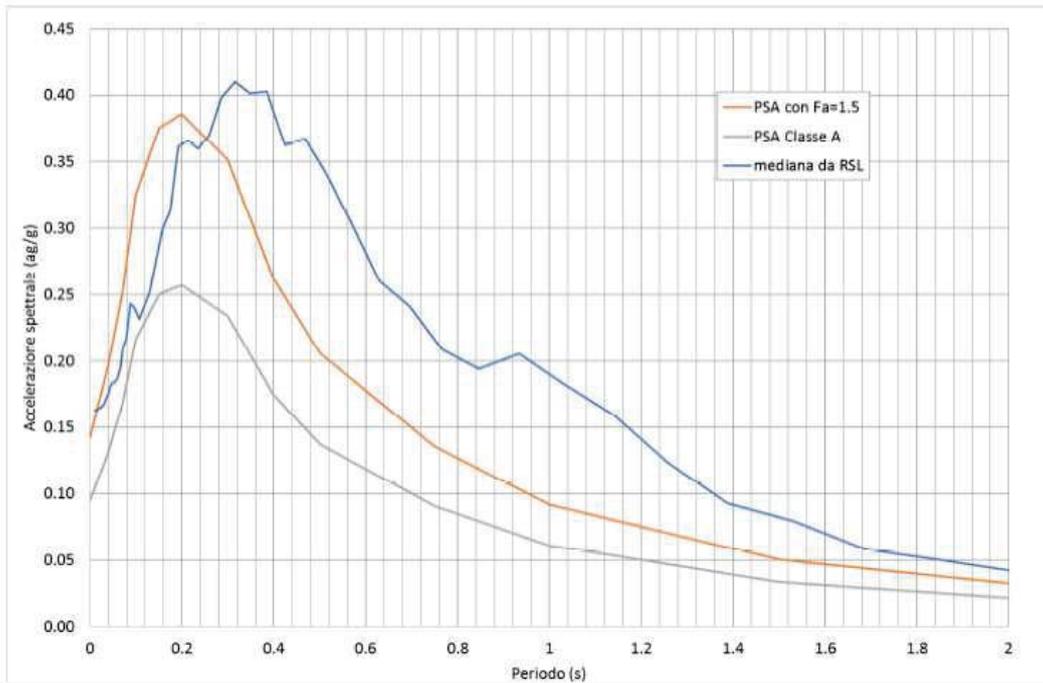


Fig. 8: spettro di risposta elastico in pseudoaccelerazione PSA

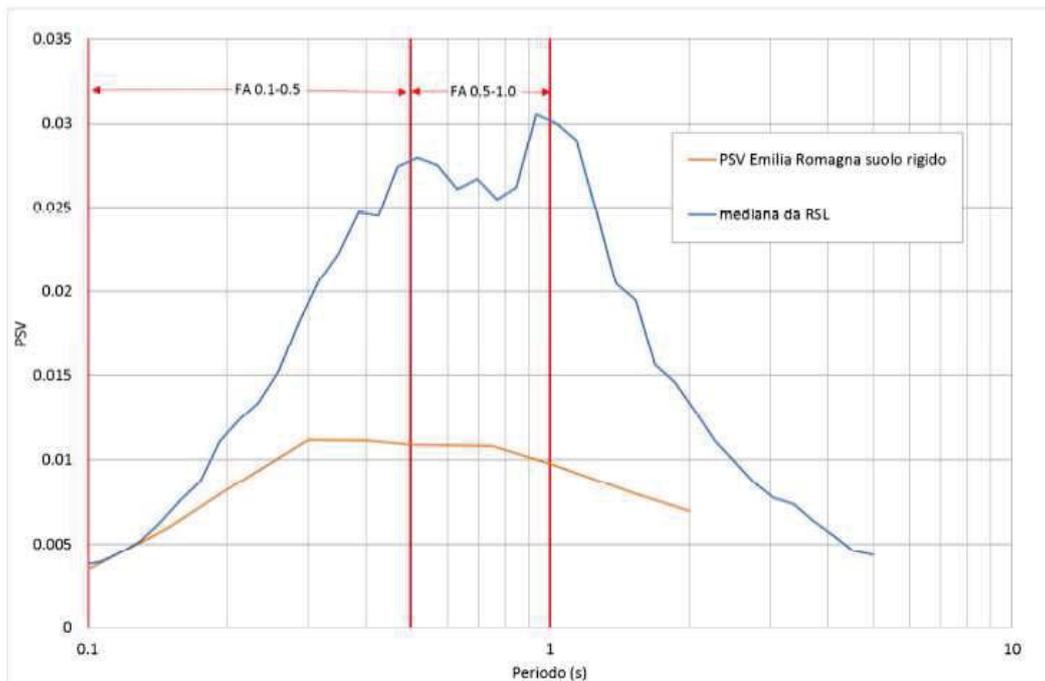


Fig. 9: spettro di risposta elastico in pseudoveleceità PSV

Tabella 3: fattori di amplificazione locale del moto sismico

	RSL	DAL 2193/2015	NTC 2008
$FA_{PGA}$	1.71	1.70	1.50
$FA_{SI\ 0.1-0.5}$	1.74	1.90	
$FA_{SI\ 0.5-1.0}$	2.55	2.90	

## 5. PERICOLOSITA' SISMICA – EFFETTI ATTESI

Nella Carta di microzonazione sismica del Comune di Gualtieri (Fig. 10), l'area in esame viene classificata:

- suscettibile di amplificazioni locali del moto sismico, come ampiamente illustrato nel precedente Cap. 5, a cui si rimanda;
- stabile nei confronti della liquefazione per cui, nella presente relazione, considerato anche la risultanza delle prove penetrometriche che individuano terreni coesivi fino a circa 13 m di profondità, non vengono eseguiti ulteriori approfondimenti in tal senso;
- suscettibile di instabilità dovuta alla presenza di terreni coesivi aventi scadenti caratteristiche geotecniche, potenzialmente soggetti a cedimenti post-sismici. Vediamo di analizzare tale aspetto:

### Cedimenti post-sismici dei terreni coesivi

La stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica è affetta da notevoli incertezze. I valori che si ottengono con la procedura nel seguito riportata devono intendersi solo orientativi.

Come consigliato in DAL 2193/2015, si applica l'equazione di Yasuhara e Anderson, 1991 relativamente allo strato di argille soffici ( $C_u < 70\text{kPa}$ ) compreso tra quota 0.0 m e quota - 6.0 m da piano campagna:

$$\Delta H = \varepsilon_v H$$

$$\varepsilon_v = \alpha * C_r / (1 + e_0) * \log[1 / (1 - \Delta u / p'_0)]$$

$\Delta H$ : cedimento di riconsolidazione dello strato deformabile di spessore H

$\varepsilon_v$  (%): deformazione volumetrica verticale post-ciclica

$C_r$ : indice di ricompressione

$\alpha = 1.5$ : coefficiente empirico che dipende dalla storia del carico ciclico

$e_0$ : indice dei vuoti

$\Delta u / p'_0$ : incremento delle pressioni interstiziali durante l'azione sismica

Considerata la magnitudo attesa del sito, compresa tra 5.7 e 6.14 (Cap. 5), si può assumere:

$$\Delta u / p'_0 = 0.3$$

Dai dati delle analisi di laboratorio dello studio di Microzonazione sismica dell'Unione dei Comuni della Bassa Reggiana, relativamente al territorio di Gualtieri, si ricava:

$$e_0 = 2$$

considerato che:

$$C_r = 0.225 C_c \text{ (DAL 2131/2007)}$$

$$C_c = [1.33 / (q_c / f_s)] + 0.067 \text{ (Marchi e Righi,)}$$

$$q_c = 10 \text{ kg/cm}^2 \text{ dati prove penetrometriche}$$

$$f_s = 0.4 \text{ kg/cm}^2 \text{ dati prove penetrometriche}$$

si ottiene:

$$\varepsilon_v = 0.0047$$

quindi:

$$\Delta H = \varepsilon_v H = 0.0047 * 6 = 0.028 \text{ m}$$

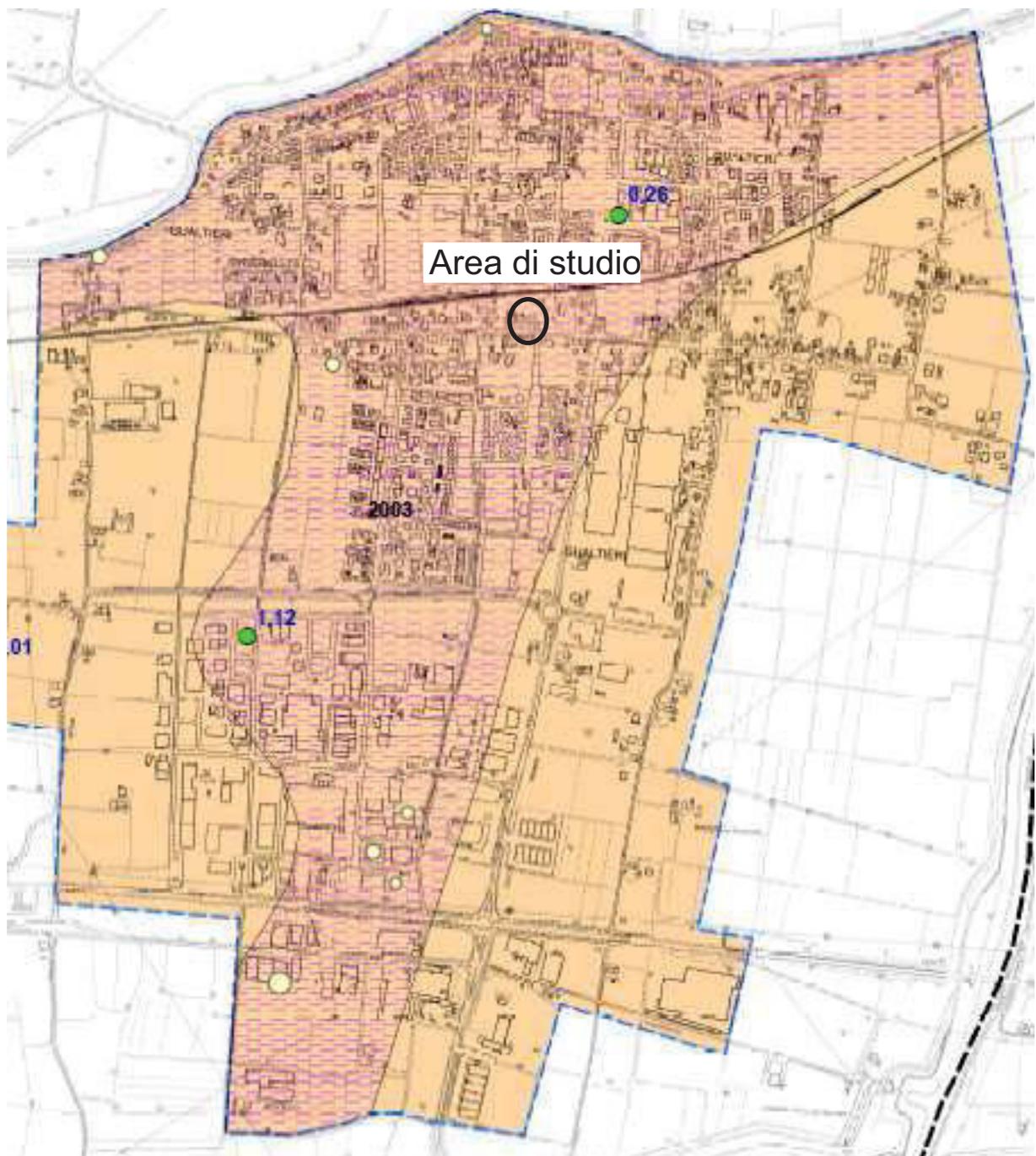
## 6. CONCLUSIONI

Sulla base delle indagini e degli studi eseguiti si può affermare che il sito in esame non presenta controindicazioni di tipo geologico relativamente al progetto in essere.

Sotto il profilo della vulnerabilità degli acquiferi il sito è classificabile a vulnerabilità all'inquinamento bassa. Sotto il profilo edificatorio la natura prevalentemente limosa dei terreni di sottosuolo impone, in fase di progettazione esecutiva di eventuali manufatti, l'esecuzione di ulteriori indagini in sito finalizzate al corretto dimensionamento delle opere di fondazione, così come previsto dalla vigente normativa in materia (NTC/18).

Sotto il profilo della pericolosità sismica (Cap. 5) l'area presenta, quali potenziali effetti di sito attesi legati alle caratteristiche geologiche del sottosuolo, amplificazione stratigrafica e cedimenti post-sismici dei terreni coesivi da tenere in conto in fase di progetto esecutivo delle opere.

Fatte salve le indicazioni di cui sopra e gli eventuali vincoli territoriali, si ritiene che il sito esaminato sia **idoneo**, sotto l'aspetto geologico-sismico ed idrogeologico, alla destinazione prevista.



**Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**



**Zone suscettibili di instabilità**



Verticale di verifica alla liquefazione con indicato il valore di IL



Fig. 10 - Stralcio Carta di microzonazione sismica di Livello 3 del Comune di Gualtieri (tratta da: Microzonazione Sismica dell'Unione dei Comuni della Bassa Rggiana, 2015)

# **ALLEGATO 1**

*prove penetrometriche statiche CPT*

**PROVA PENETROMETRICA STATICA**  
**LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA**

**CPT 1**

2.01PG05-083

- committente : Artoni Marco e Gabriele, Alberini Vilma  
- lavoro : Inserimento P.O.C.  
- località : Via Codisotto a Sera, Gualtieri (RE)  
- note :

- data : 22/04/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 2,20 m da quota inizio  
- pagina : 1

Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs	Prof. m	Letture di campagna		qc kg/cm <sup>2</sup>	fs	qc/fs
	punta	laterale					punta	laterale			
0,20	---	---	--	1,27	----	7,60	13,0	23,0	13,0	0,67	19,0
0,40	16,0	35,0	16,0	1,07	15,0	7,80	18,0	28,0	18,0	1,00	18,0
0,60	16,0	32,0	16,0	0,67	24,0	<b>8,00</b>	19,0	34,0	19,0	1,13	17,0
0,80	11,0	21,0	11,0	0,53	21,0	8,20	22,0	39,0	22,0	1,27	17,0
<b>1,00</b>	10,0	18,0	10,0	0,40	25,0	8,40	23,0	42,0	23,0	1,40	16,0
1,20	7,0	13,0	7,0	0,33	21,0	8,60	26,0	47,0	26,0	1,53	17,0
1,40	12,0	17,0	12,0	0,33	36,0	8,80	31,0	54,0	31,0	1,73	18,0
1,60	11,0	16,0	11,0	0,47	24,0	<b>9,00</b>	29,0	55,0	29,0	1,67	17,0
1,80	11,0	18,0	11,0	0,40	27,0	9,20	25,0	50,0	25,0	1,33	19,0
<b>2,00</b>	15,0	21,0	15,0	0,60	25,0	9,40	22,0	42,0	22,0	1,33	16,0
2,20	15,0	24,0	15,0	0,67	22,0	9,60	13,0	33,0	13,0	0,67	19,0
2,40	13,0	23,0	13,0	0,53	24,0	9,80	18,0	28,0	18,0	0,93	19,0
2,60	10,0	18,0	10,0	0,47	21,0	<b>10,00</b>	21,0	35,0	21,0	1,40	15,0
2,80	10,0	17,0	10,0	0,53	19,0	10,20	19,0	40,0	19,0	1,20	16,0
<b>3,00</b>	10,0	18,0	10,0	0,47	21,0	10,40	21,0	39,0	21,0	1,13	19,0
3,20	11,0	18,0	11,0	0,53	21,0	10,60	21,0	38,0	21,0	1,20	17,0
3,40	10,0	18,0	10,0	0,47	21,0	10,80	21,0	39,0	21,0	1,27	17,0
3,60	8,0	15,0	8,0	0,40	20,0	<b>11,00</b>	17,0	36,0	17,0	1,13	15,0
3,80	11,0	17,0	11,0	0,53	21,0	11,20	28,0	45,0	28,0	1,80	16,0
<b>4,00</b>	12,0	20,0	12,0	0,60	20,0	11,40	29,0	56,0	29,0	1,87	16,0
4,20	10,0	19,0	10,0	0,60	17,0	11,60	27,0	55,0	27,0	1,93	14,0
4,40	10,0	19,0	10,0	0,53	19,0	11,80	31,0	60,0	31,0	1,87	17,0
4,60	13,0	21,0	13,0	0,73	18,0	<b>12,00</b>	32,0	60,0	32,0	1,87	17,0
4,80	14,0	25,0	14,0	0,73	19,0	12,20	31,0	59,0	31,0	1,80	17,0
<b>5,00</b>	14,0	25,0	14,0	0,67	21,0	12,40	25,0	52,0	25,0	1,67	15,0
5,20	15,0	25,0	15,0	0,87	17,0	12,60	24,0	49,0	24,0	1,53	16,0
5,40	12,0	25,0	12,0	0,73	16,0	12,80	24,0	47,0	24,0	1,67	14,0
5,60	12,0	23,0	12,0	0,67	18,0	<b>13,00</b>	24,0	49,0	24,0	1,40	17,0
5,80	12,0	22,0	12,0	0,60	20,0	13,20	23,0	44,0	23,0	1,20	19,0
<b>6,00</b>	9,0	18,0	9,0	0,40	22,0	13,40	36,0	54,0	36,0	1,20	30,0
6,20	8,0	14,0	8,0	0,53	15,0	13,60	47,0	65,0	47,0	1,87	25,0
6,40	13,0	21,0	13,0	0,87	15,0	13,80	99,0	127,0	99,0	1,80	55,0
6,60	17,0	30,0	17,0	0,87	20,0	<b>14,00</b>	83,0	110,0	83,0	2,07	40,0
6,80	13,0	26,0	13,0	0,67	19,0	14,20	72,0	103,0	72,0	1,87	39,0
<b>7,00</b>	12,0	22,0	12,0	0,53	22,0	14,40	115,0	143,0	115,0	1,87	62,0
7,20	13,0	21,0	13,0	0,60	22,0	14,60	121,0	149,0	121,0	1,80	67,0
7,40	13,0	22,0	13,0	0,67	19,0	14,80	134,0	161,0	134,0	----	----

- PENETROMETRO STATICO tipo PAGANI da 10/20t  
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 10 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s  
- punta meccanica tipo Begemann ø = 35.7 mm (area punta 10 cm<sup>2</sup> - apertura 60°)  
- manicotto laterale (superficie 150 cm<sup>2</sup>)

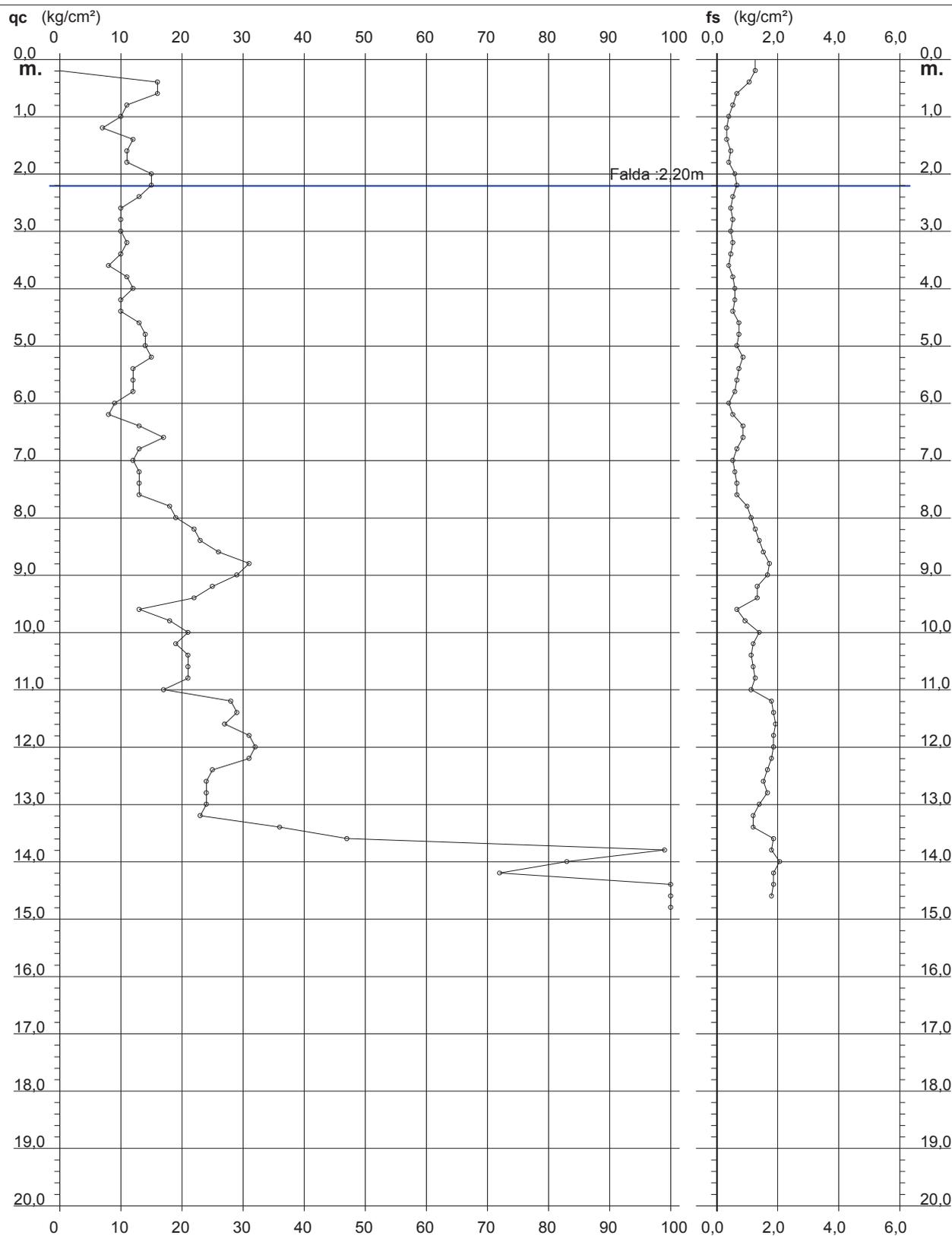
# PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

## CPT 1

2.01PG05-083

- committente : Artoni Marco e Gabriele, Alberini Vilma  
- lavoro : Inserimento P.O.C.  
- località : Via Codisotto a Sera, Gualtieri (RE)

- data : 22/04/2015  
- quota inizio : Piano Campagna  
- prof. falda : 2,20 m da quota inizio  
- scala vert.: 1 : 100





# **ALLEGATO 2**

*Indagine di sismica passiva HVSR*

# CARATTERISTICHE DELLA STRUMENTAZIONE PER L'ACQUISIZIONE GEOFISICA

## Descrizione

Gemini è un acquirente di dati sismici.

All'interno di un unico contenitore waterproof è integrata una terna di geofoni e un acquirente hardware da 24 bit, le masse oscillanti con frequenza di risonanza da 2Hz sono accuratamente accoppiate meccanicamente ed elettricamente.

Gemini permette di acquisire ed effettuare indagini di:

- Sismica passiva
  - dati HVSR, quindi di sismica cosiddetta "passiva";
  - misure vibrazionali.
- Sismica attiva
  - rilievi MASW;
  - dati Holisurface.

Collegata a computer tramite l'interfaccia USB, la Gemini consente la memorizzazione e la successiva analisi dei dati direttamente su PC tramite il software dedicato in dotazione. I tre geofoni interni sono orientati secondo una terna di assi cartesiani, assumendo la convenzione descritta nelle linee guida del Progetto "SESAME":

- asse Z = geofono verticale = direzione Up-Down;
- asse X = geofono orizzontale = direzione East-West;
- asse Y = geofono orizzontale = direzione North-South.

L'etichetta sul contenitore di Gemini riporta le informazioni per il corretto orientamento; ricordiamo inoltre che la terna deve essere livellata prima dell'acquisizione, operazione facilitata con l'ausilio della livella a bolla montata sul corpo dello strumento. Le operazioni di livellamento su pavimentazioni rigide sono possibili montando sulla terna gli appositi piedini regolabili in dotazione; per l'utilizzo su terreno, si consiglia l'utilizzo con gli appositi puntali.

## Caratteristiche tecniche nominali della terna di geofoni Gemini-2 (temp.di rif.=20°C)

Frequenza Naturale: 2Hz  $\pm$  10%

Sensibilità: 2V/cm\*s-1  $\pm$  10%

Resistenza interna: 5.8 K $\Omega$  $\pm$ 5%

Smorzamento (dumping): 0.7 $\pm$ 10%

Distorsione armonica:  $\leq$  0.2%

Impedenza di ingresso:  $\geq$  10M $\Omega$

Temperatura d'utilizzo: -25°C ~ +55°C

Dimensioni:  $\varnothing$  128 x 80mm (piedini escl.)

Peso: 2.10 kg

### **VERSIONE “GEMINI HVSR”**

- n.1 geofono triassiale Gemini da 2 Hz;
- n°3 puntali per terreno;
- n°3 piedini regolabili (per utilizzo su asfalto o supporti/materiali rigidi);
- n.1 cavo USB per connessione a PC;
- n.1 chiave USB con manuale, software di gestione e documentazione tecnica.

### **VERSIONE “GEMINI MASW”**

- n.1 geofono triassiale Gemini da 2 Hz;
- n°3 puntali per terreno;
- n°3 piedini regolabili (per utilizzo su asfalto o supporti/materiali rigidi);
- n.1 cavo USB per connessione a PC dotato di connessione per trigger (geofono starter o mazza di battura);
- n.1 cavo schermato su rullo (Mt. 100) per trigger Gemini;
- n.1 Geofono starter;
- n.1 Mazza di battuta da 8Kg, con starter piezoelettrico;
- n.1 Piattello di battuta in alluminio per energizzazione verticale, dimensioni 20x20x5 cm;
- n.1 Traversina in legno per energizzazione laterale;
- n.1 Chiave USB-GPS per geo-localizzazione;
- n.1 Chiave USB con manuale, software di gestione e documentazione tecnica.

### **SOFTWARE DI ACQUISIZIONE DATI : *PASI GEMINI - Versione 2.2.6***

#### **Specifiche tecniche del software ed dell’elettronica di campionamento**

Impedenza d’ingresso: 2 M $\Omega$

Frequenze di campionamento: 20, 100, 200, 500, 1000, 2000, 4000, Hz

Risoluzione della conversione A/D: 24 bit reali

Durata delle acquisizioni: da 250 ms a 1440 minuti

Numero di canali acquisiti: 3 + 1 AUX (eventuale trigger)

Dinamica massima teorica: 144 dB

Rev. 2.2.7 16

Rapporto S/N a Fc=1KHz: 117 dB

Banda passante a Fc=1KHz: 110 Hz, proporzionale a Fc

Temperatura d’utilizzo: -25°C ~+55°C

### **SOFTWARE DI ELABORAZIONE DATI : *WinMASW 3C - Versione 6.0***

Per maggiori dettagli, si prega di consultare l’indirizzo internet:

<http://www.winmasw.com>

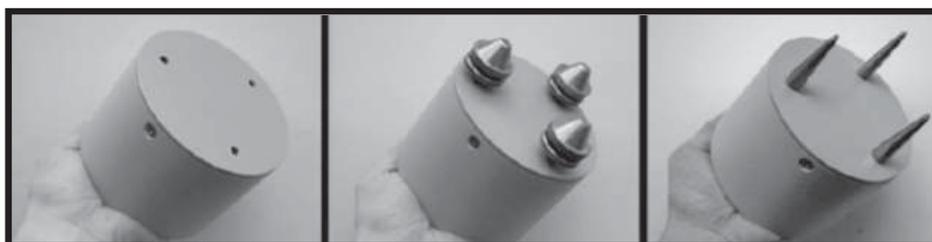


Figura B. 1 - Versione "GEMINI HVSr" basilare impiegata per la prospezione sismica passiva: dettaglio dei supporti intercambiabili in dotazione, da sostituire a seconda che si acquisisca su superficie rigida o su terreno.



Figura B. 2 - Versione "GEMINI MASW" impiegata per la prospezione sismica attiva: Lo stendimento prevede il collegamento della strumentazione procedendo da sinistra verso destra. In aggiunta va inserito il PC come per una normale acquisizione HVSr.

## ACQUISIZIONE HVSR1

CLASSE DI QUALITÀ DELLA MISURA	A	B1	B2	C
--------------------------------	---	----	----	---

### SESAME HVSR MEASUREMENT FIELD SHEET

Comune: Gualtieri (RE)		Indirizzo: Via Codisotto Sera	
Attività da svolgere: Indagine HVSR1		Data: 31/03/2015	Ora: 14.12
<b>DATI TECNICI</b>			
Operatore: Sergio Lasagna		Prova n° HVSR1	Codice file /
Strumento: Geofono triassiale da 2 Hz "GEMINI 2" <i>PASI Instruments</i>		Freq. Campionamento: 500 Hz	Durata (min): 20 min

### CONDIZIONI ATMOSFERICHE

<b>Vento</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole (<5m/s)	<input type="checkbox"/> medio (5>v>30 m/s)	<input type="checkbox"/> forte (>30 m/s)
<b>Pioggia</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assente	<input type="checkbox"/> debole	<input type="checkbox"/> media	<input type="checkbox"/> forte

### TERRENO DI PROVA

<b>Suolo</b>	<input checked="" type="checkbox"/> argilloso-limoso soffice	<input type="checkbox"/> argilloso-limoso duro	<input checked="" type="checkbox"/> con erba	<input type="checkbox"/> senza erba
	<input type="checkbox"/> ghiaia	<input type="checkbox"/> sabbia	<input type="checkbox"/> roccia	
	<input checked="" type="checkbox"/> suolo asciutto	<input type="checkbox"/> suolo umido	<input type="checkbox"/> suolo saturo	
<b>Pavimentazione artificiale</b>	<input type="checkbox"/> rilevato in ghiaia	<input type="checkbox"/> cemento/cls	<input type="checkbox"/> asfalto	<input type="checkbox"/> ceramica <input type="checkbox"/> altro:
<b>Accoppiamento sensore</b>	<input checked="" type="checkbox"/> piedini infissi <input type="checkbox"/> piedini da pavimento	<input type="checkbox"/> accoppiamento artificiale	<input type="checkbox"/> sabbia <input type="checkbox"/> altro	

### STRUTTURE CIRCOSTANTI

<b>Abitazioni</b>	<input type="checkbox"/> assenti	<input type="checkbox"/> sparse	<input checked="" type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
<b>Fabbriche</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assenti	<input type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte
<b>Ponti</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assenti		<input type="checkbox"/> presenti	
<b>Strutt.sottterr.</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assenti		<input type="checkbox"/> presenti: descrizione	
<b>Piante</b>	<input type="checkbox"/> assenti	<input checked="" type="checkbox"/> sparse	<input type="checkbox"/> fitte	<input type="checkbox"/> molto fitte

### SORGENTI DI RUMORE

<b>Disturbo discontinuo</b>	assente	raro	moderato	forte	molto forte	Distanza (m)
	<i>auto</i>		<input checked="" type="checkbox"/>			
	<i>camion</i>	<input checked="" type="checkbox"/>				
	<i>passanti</i>	<input checked="" type="checkbox"/>				
	<i>altro</i>					
<b>Disturbo continuo</b>	<input checked="" type="checkbox"/> assente		<input type="checkbox"/> presenti: descrizione			

CLASSE A: Prova affidabile ed interpretabile; CLASSE B1: Prova da interpretare che presenta almeno un picco chiaro; CLASSE B2: Prova da interpretare che non presenta picchi chiari nell'intervallo di frequenze considerato; CLASSE C: Prova scadente difficile da interpretare.

## ACQUISIZIONE HVSR1

**COMMITTENTE:**

**LOCALITA':** Via Codisotto Sera, Gualtieri

**DATA ACQUISIZIONE:** 31 03 2015

**ORA:** 14.12

### Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio from passive seismics

Dataset: SITE\_20150331\_1412-POC\_Via\_CodisottoSera\_GultieriCLEAN.SAF

Sampling frequency (Hz): 128

Window length (sec): 15

Length of analysed temporal sequence (min): 12.4

Tapering (%): 10

Smoothing (%): 5

=====

**In the following the results considering the data in the 0.5-20.0 Hz frequency range**

Peak frequency (Hz): 0.6 ( $\pm 2.7$ )

Peak HVSR value: 2.9 ( $\pm 0.3$ )

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

#1. [ $f_0 > 10/Lw$ ]:  $0.6 < 0.66667$  (NO)

#2. [ $nc > 200$ ]:  $819 > 200$  (OK)

#3. [ $f_0 > 0.5\text{Hz}$ ;  $\sigma_A(f) < 2$  for  $0.5f_0 < f < 2f_0$ ] (OK)

=== **Criteria for a clear H/V peak (at least 5 should be fulfilled)** =====

#1. [exists  $f_-$  in the range [ $f_0/4, f_0$ ] |  $AH/V(f_-) < A_0/2$ ]: (NO)

#2. [exists  $f_+$  in the range [ $f_0, 4f_0$ ] |  $AH/V(f_+) < A_0/2$ ]: yes, at frequency 1.5Hz (OK)

#3. [ $A_0 > 2$ ]:  $2.9 > 2$  (OK)

#4. [ $f_{\text{peak}}[Ah/v(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$ ]: (NO)

#5. [ $\sigma_{\text{maf}} < \epsilon(f_0)$ ]:  $2.729 > 0.084$  (NO)

#6. [ $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$ ]:  $0.276 < 2$  (OK)

Please, be aware of possible industrial/man-induced peaks or spurious peaks due to meaningless numerical instabilities.

Remember that SESAME criteria should be considered in a flexible perspective and that if you modify the processing parameters they can change

# ACQUISIZIONE HVSR1

show data    reset    show location

step#1 (optional) - decimate  
 128Hz    new frequency    reample

step#2 - HV computation  
 remove events    last Res. & T.    clean axes  
 15    window length (s)  
 10    tapering (%)  
 10%    spectral smoothing (triangular window)  
 show particle motion (raw data)  
 full output    compute

step#3 (optional) - directivity analysis  
    max freq: 32 Hz

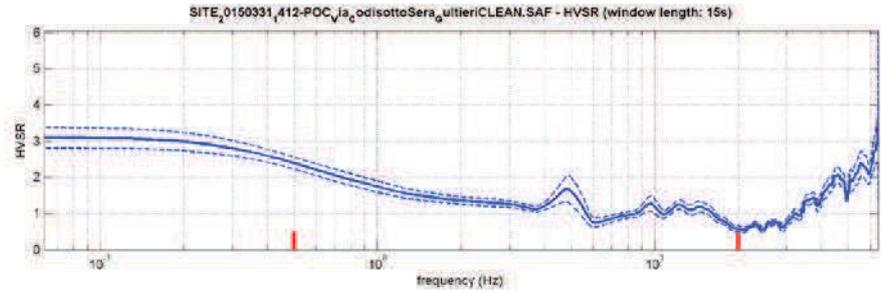
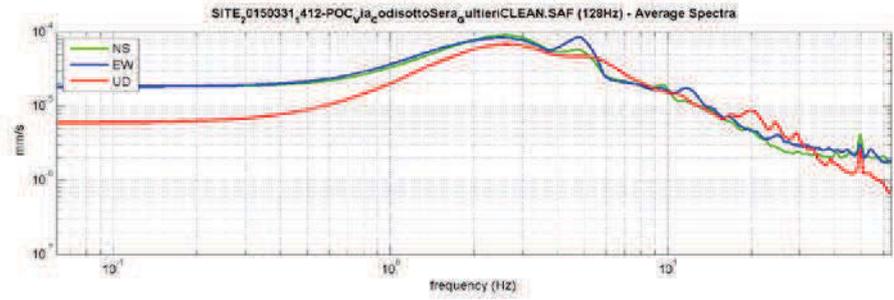
step#4 (optional) - directivity over time  
    time stop: .00 s

save - options#1: save HVSR as it is  
 Save HV from 0.45 to 04 Hz

save - options#2: picking HV curve  
    save picked HV

quick analysis (f=Vs/40)  
 100    average Vs (m/s)  
       (from surface to bedrock)  
 20    depth of the bedrock (m)  
 1000    Vs of the bedrock  
   

www.winmasw.com



To model the HVSR (also jointly with MASW or PALMESAC data), save the HV curve, go to the "Velocity Spect, Modeling & Picking" panels and upload the saved HV curve

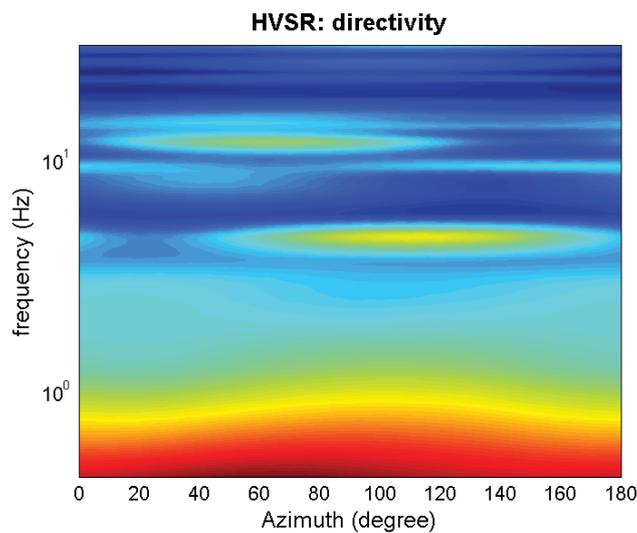
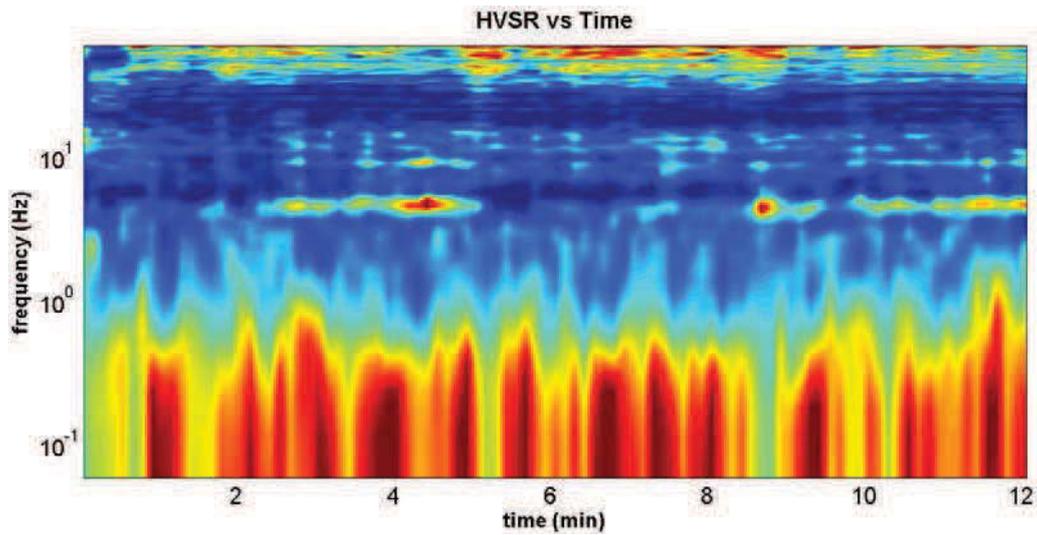
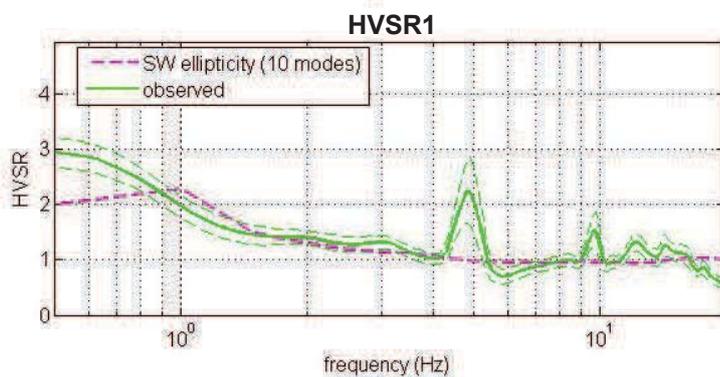
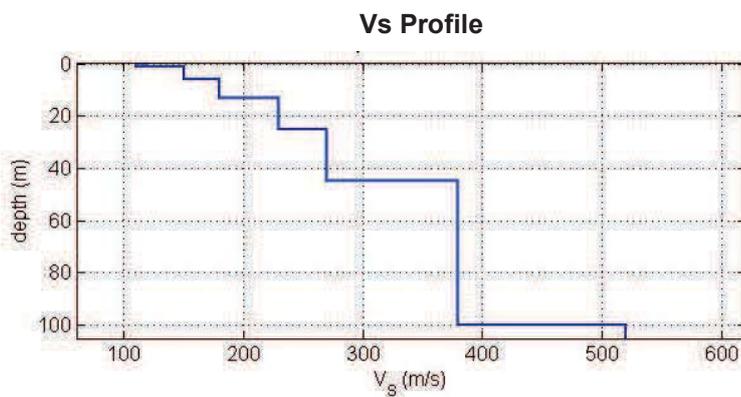
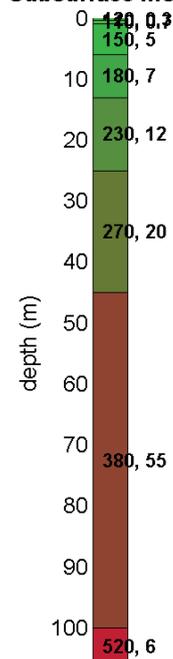


Tabella B - Stratigrafia sismica e parametri determinati.

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Velocità onde di taglio	Rapporto di Poisson
1	0	0,3	120	0,35
2	0,3	0,7	110	0,35
3	1,0	5,0	150	0,35
4	6,0	7,0	180	0,35
5	13,0	12,0	230	0,35
6	25,0	20,0	270	0,35
7	45,0	55,0	380	0,30
8	100,0	Inf.	520	0,30



Subsurface model



**CATEGORIA C**  
Vs30 (m/s): 198

C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu30 < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

PICCHI DELLA FREQUENZA IN SITO (da 0, 5 a 20 HZ)				
PICCHI RILEVATI	CRITERI SESAME	FREQUENZA [Hz]	VALORE DEL RAPPORTO H/V [Ampiezza]	QUALITÀ DELLA MISURA
PICCO PRINCIPALE F0	3 su 6	0,6 +/- 2,7	2,9 +/- 0,3	CLASSE B2
PICCO SECONDARIO F1	~	~	~	