

# **COMUNE DI POVIGLIO**

**Provincia di Reggio Emilia**

**VARIANTE 2016b AL P.S.C. E AL R.U.E.**

**Area di Variante "b" - Via Bertona**

**RELAZIONE DI COMPATIBILITÀ GEOLOGICO-SISMICA**

Il Geologo incaricato: **Dott. Geol. Alfredo Speroni**

**Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna n° 549**

Via Prato Bovino, 73/A – 42024 Castelnovo di Sotto (RE)

Tel. e Fax: 0522 688313; Cell. 338 1204504

e-mail: [alfredosperoni61@gmail.com](mailto:alfredosperoni61@gmail.com)

[alfredosperoni@alice.it](mailto:alfredosperoni@alice.it)

PEC: [alfredosperoni@epap.sicurezzaapostale.it](mailto:alfredosperoni@epap.sicurezzaapostale.it)

Cod. Fisc: SPRLRD61D03C218K – P.IVA: 01407840352



Castelnovo di Sotto, Ottobre 2016

## Sommario

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>- 2 -</b>
<b>2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E STATO DI FATTO DELL'AREA</b> .....	<b>- 3 -</b>
<b>3. MODELLO GEOLOGICO</b> .....	<b>- 4 -</b>
3.1. CARATTERI GEOLOGICI E MORFOLOGICI .....	- 4 -
3.2. CARATTERI IDROGRAFICI.....	- 5 -
3.3. CARATTERI IDROGEOLOGICI .....	- 6 -
<b>4. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIMETRICA DELL'AREA</b> .....	<b>- 10 -</b>
<b>5. SISMICITÀ</b> .....	<b>- 11 -</b>
5.1. CARATTERISTICHE SISMOTETTONICHE.....	- 11 -
5.2. SISMICITÀ DEL TERRITORIO .....	- 13 -
5.3. CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	- 15 -
5.4. RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	- 20 -
5.4.1. <i>Categoria del sottosuolo di fondazione</i> .....	- 21 -
5.4.1.1. <b>Rilievo sismico mediante tromografo</b> .....	- 21 -
5.4.1.2. <b>Vulnerabilità sismica delle opere</b> .....	- 24 -
5.4.2. <i>Effetti sismici locali</i> .....	- 25 -
5.4.2.1. Amplificazione stratigrafica .....	- 25 -
5.4.2.2. Amplificazione topografica .....	- 26 -
5.4.2.3. Fenomeni di densificazione e cedimenti postsismici .....	- 26 -
5.4.2.4. <b>Fenomeni di liquefazione</b> .....	- 27 -
5.4.3. <i>Fattori di amplificazione sismica</i> .....	- 27 -
<b>6. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE</b> .....	<b>- 28 -</b>
<b>7. CONSIDERAZIONI FINALI</b> .....	<b>- 29 -</b>

## 1. PREMESSA

Il presente studio di compatibilità geologica e sismica, svolto per conto del Comune di Poviglio (RE) ed in accordo con lo Studio ARTEAS ARCHITETTI ASSOCIATI di Reggio Emilia, è stato condotto su un'area di Variante al PSC ed al RUE del Comune di Poviglio, indicata come area "b", sita in Via Bertona presso la località La Noce ad ovest dell'abitato del capoluogo (v. Tav.1).

Obiettivo dello studio é quello di caratterizzare l'area sotto il profilo geologico-morfologico, litologico, idrogeologico e sismico, al fine di accertare la compatibilità delle previsioni del Piano con le condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio.

Lo studio è stato svolto in conformità a quanto prescritto dalle normative vigenti in materia. In particolare si fa riferimento a:

- *L.R. 16/02/2000 n.20;*
- *D.P.R. 328/2001;*
- *O.P.C.M. 3274 del 20/03/2003 ;*
- *O.P.C.M. 3519 del 28/04/2006 ;*
- *Del. Ass. Leg. Reg. n.112 del 02/05/2007 ;*
- *D.M. 14/01/2008 - Testo unitario "Norme Tecniche per le Costruzioni";*
- *L.R. 30/10/2008 n.19 ;*
- *L.R. 30/11/2009 n.23 ;*
- *D.G.R. 21/12/2015 n.2193 .*

L'analisi del territorio si è articolata in una serie di verifiche tematiche relative all'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico estese anche alle aree al contorno; inoltre si è proceduto alla definizione del rischio sismico dell'area. A tale scopo è stata svolta preliminarmente una ricerca bibliografica con la raccolta dei dati esistenti relativi alla zona in studio.

La fase dello studio di dettaglio in situ è consistita in rilievi effettuati sul posto e nell'analisi di indagini geognostiche specifiche che hanno consentito la caratterizzazione litologica e litotecnica dei terreni in posto. In particolare è stata condotta una campagna geognostica in situ che ha comportato l'esecuzione di una prova penetrometrica statica, spinta alla profondità di -20.00 m dal p.c., ed un'indagine sismica di tipo HVSR mediante tromografo digitale portatile, finalizzata alla caratterizzazione sismica del sito ai sensi della Del. Ass. Leg. Reg. n.112 del 02/05/2007, della D.G.R. n. 2193 del 21/12/2015 e del testo unitario "Norme Tecniche per le Costruzioni" (D.M. 14/01/2008), con determinazione della classe di terreni sulla base del valore di  $V_{S30}$ .

La prova penetrometrica statica, i cui grafici e tabulati sono riportati in Allegato 1, sono state eseguite dalla Ditta INTERGEO S.r.l. di Modena in data 13/10/2016, mentre per quanto riguarda l'indagine geofisica di tipo sismico, effettuata dallo scrivente sempre in data 13/10/2016, ci si è avvalsi della collaborazione specialistica del collega Dr. Geol. Stefano Castagnetti di Parma (v. Allegato 2).

Tutte le indagini geognostiche suindicate sono state ubicate nella planimetria di Tav. 3 allegata alla presente relazione.

A corredo della presente relazione sono stati prodotti i seguenti elaborati cartografici:

- **Tav. 1 – Corografia** - scala 1:100.000
- **Tav. 2 – Estratto da cartografia di R.U.E. – versione proposta** - scala 1:5.000
- **Tav. 3 – Planimetria da foto aerea** - (da Ortofoto Multifunzione Emilia Romagna AGEA 2011) - scala 1:2.000
- **Tav. 4 – Carta Geolitologica** - scala 1:25.000
- **Tav. 5 – Carta di microzonazione sismica** - scala 1:5.000

Inoltre sono stati riportati i seguenti allegati:

- **All. 1 – Prova penetrometrica statica**
- **All. 2 – Prova sismica HVSR con tromografo digitale portatile**

## 2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE E STATO DI FATTO DELL'AREA

L'area di variante in studio si colloca, come detto in Premessa, nella periferia ovest dell'abitato di Poviglio, in Via Bertona (v. Tav.1) presso la località La Noce. Essa rientra in un'area più vasta, attualmente classificata come territorio rurale, per la quale viene avanzata la richiesta di Variante con proposta di differenziazione in diversi ambiti. Nello specifico l'area considerata si presenta già in parte urbanizzata, con presenza di un insediamento di carattere artigianale e commerciale, pertanto la richiesta di variante è tesa ad ottenere per quest'area una classificazione come APC2 – Ambiti specializzati per attività produttive, in continuità con un'area confinante ad est già classificata come APC2 (v. Tav. 2).

Relativamente alla Carta Tecnica della Regione Emilia Romagna essa è compresa nell'Elemento (scala 1:5.000) n. 182154, da cui è tratta la base topografica di Tav. 2 e Tav. 5.

Per quanto attiene alla tutela paesistica, con riferimento al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) approvato dalla Provincia di Reggio Emilia con Del. n. 124 del 17/06/2010, il sito preso in esame rientra nelle *Zone ed elementi di tutela dell'impianto storico della centuriazione*, ai sensi dell'Art. 48, e nei *Dossi di pianura* tutelati ai sensi dell'Art. 43. Si segnala inoltre che la strada Via Bertona, che delimita l'area sul lato est, corrisponde ad un *elemento della centuriazione*, tuttavia la destinazione proposta e le eventuali trasformazioni edilizie future non si pongono in contrasto con le prescrizioni di tutela paesistica del P.T.C.P. della Provincia di Reggio Emilia.

Per quanto riguarda l'uso reale del suolo l'area, come già detto, si presenta attualmente già edificata e fortemente antropizzata nel settore nord, mentre nel settore sud si presenta come area verde incolta con vegetazione erbacea ed arbustiva spontanea. Al suo interno non sono presenti emergenze di tipo naturalistico o ambientale, né sono presenti essenze arboree pregiate.

### 3. MODELLO GEOLOGICO

#### 3.1. Caratteri geologici e morfologici

La pianura emiliano-romagnola è il risultato del riempimento del Bacino Perisuturale Padano, vasta depressione delimitata a cintura dai rilievi appenninici ed alpini, avvenuto attraverso un potente accumulo di depositi marini ed alluvionali di età pliocenica e quaternaria.

L'attuale strutturazione del bacino trae origine dalle spinte deformative che, a partire dal Miocene superiore, hanno coinvolto l'Appennino Settentrionale e l'antistante substrato padano, provocandone la deformazione secondo un modello generale a falde sovrapposte ed embrici NE vergenti (PIERI & GROPPA, 1982).

Il riempimento del bacino è costituito da una successione di depositi a carattere regressivo, con alla base sabbie e peliti torbiditiche seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali. Questo riempimento del bacino non è avvenuto in maniera progressiva e continua, ma è il risultato di eventi tettonico-sedimentari "parossistici", separati nel tempo da periodi di marcata subsidenza bacinale e movimenti ridotti delle strutture compressive.

L'interpretazione dei profili sismici eseguiti nel corso degli anni dall'AGIP (Di Dio, 1997) ha permesso di riconoscere due direzioni di progradazione: la prima, assiale, est-vergente, connessa al paleodelta del Po; la seconda, trasversale, nord-vergente, originata dai sistemi deltizi ad alimentazione appenninica.

Sulla base dei moderni concetti di stratigrafia sequenziale, ossia del metodo stratigrafico che utilizza le discontinuità e le superfici di continuità ad esse correlabili per suddividere la successione sedimentaria in sequenze deposizionali, nell'ambito dei depositi quaternari del margine appenninico padano e dell'antistante pianura sono state riconosciute due sequenze principali, in risposta ad altrettanti eventi tettonici di sollevamento regionale, così denominate:

- **SUPERSINTEMA DEL QUATERNARIO MARINO** (affiorante nella fascia collinare)
- **SUPERSINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO**

L'organizzazione verticale delle facies di questi sistemi deposizionali è costituita dall'alternanza ciclica di corpi sedimentari a granulometria fine, con corpi sedimentari a granulometria prevalentemente grossolana, indotta dalle disattivazioni e dalle successive riattivazioni dei sistemi deposizionali.

All'interno delle sequenze deposizionali principali (Supersintemi) sono state distinte sequenze di rango inferiore, denominate **Sintemi**, delimitate da superfici di discontinuità indotte da eventi tettonici minori a carattere locale e/o da oscillazioni climatico-eustatiche; a loro volta i **Sintemi** vengono suddivisi in unità minori (**Subsintemi** e **Unità**).

In particolare il settore di territorio in studio ricade nella fascia di bassa pianura, costituita da una successione di sedimenti quaternari continentali riferibili alla deposizione operata nel tempo dai corsi d'acqua appenninici (*Supersintema Emiliano-Romagnolo*), che hanno dato origine ad ampie conoidi con apici nella fascia pedecollinare e che si aprono a ventaglio in direzione della pianura.

La conformazione attuale del territorio, infatti, è il risultato di processi che hanno operato in epoca antecedente all'arginatura e canalizzazione dei corsi d'acqua, nel corso di un mutevole divagare degli stessi indotto da fattori tettonici e climatici.

Con riferimento alla terminologia della “*Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna – Progetto CARG*”, elaborata secondo i concetti di stratigrafia sequenziale (metodo stratigrafico che utilizza le discontinuità e le superfici di continuità ad esse correlabili, per suddividere la successione sedimentaria in sequenze deposizionali), i depositi affioranti nell'areale in studio sono riferibili al *Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES)*, la cui base è posta in questo settore di pianura a profondità comprese fra -200 e -250 m rispetto al livello del mare.

Più in particolare l'area in studio è caratterizzata da terreni attribuiti al **Subsistema di Ravenna - AES8** (v. Tav. 4), caratterizzati da una stratificazione di tipo cuneiforme, la cui granulometria è in stretto rapporto con l'energia delle correnti fluviali che li hanno originati: i sedimenti grossolani sono il risultato di una deposizione avvenuta in ambiente di canale fluviale, mentre quelli fini di una sedimentazione per tracimazione avvenuta in zone distali dall'alveo attivo.

Detta unità viene definita in generale nel seguente modo:

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

Nello specifico l'area considerata è caratterizzata da una litologia superficiale rappresentata in prevalenza da terreni limosi e/o limoso-sabbiosi che ricoprono con continuità tutta l'area al contorno (v. Tav. 4).

Sotto il profilo geomorfologico l'area in studio si inserisce in un contesto caratterizzato da una morfologia sub-pianeggiante, alla quota di circa 29.00 m s.l.m., con una debole cadente topografica mediamente pari a 0.1/0.2% e vergente verso NE o ENE. Il sito in studio si colloca, inoltre, all'interno di un esteso dosso fluviale di pianura, a direttrice WSW-ENE, sul quale è impostato il centro abitato di Poviglio e che rappresenta un elemento morfologico di rilievo della zona. Tale dosso si sviluppa dall'estremo SW del territorio comunale verso ENE, fino al margine est dell'abitato di Poviglio.

I dossi di pianura sono corpi deposizionali di origine fluviale, allungati e morfologicamente rilevati sulla pianura circostante, che rappresentano il risultato deposizionale di antichi corsi d'acqua.

### **3.2. Caratteri idrografici**

Per quanto riguarda l'idrografia superficiale dell'area al contorno essa è rappresentata dalla normale rete irrigua e/o scolante, regimata ed incanalata dalle opere di bonifica agraria, che assicura il drenaggio dell'area.

L'attuale configurazione del reticolo idrografico della zona è il risultato degli interventi antropici che nel corso dei secoli hanno rettificato e modificato l'assetto della originale maglia drenante. Tale drenaggio è il risultato delle bonifiche effettuate dal XVI° sec. (Piano di Bonifica Bentivoglio) al XIX° sec.

I successivi interventi di bonifica, a partire dalla fine del XIX° sec., hanno prodotto l'assetto idrografico attuale.

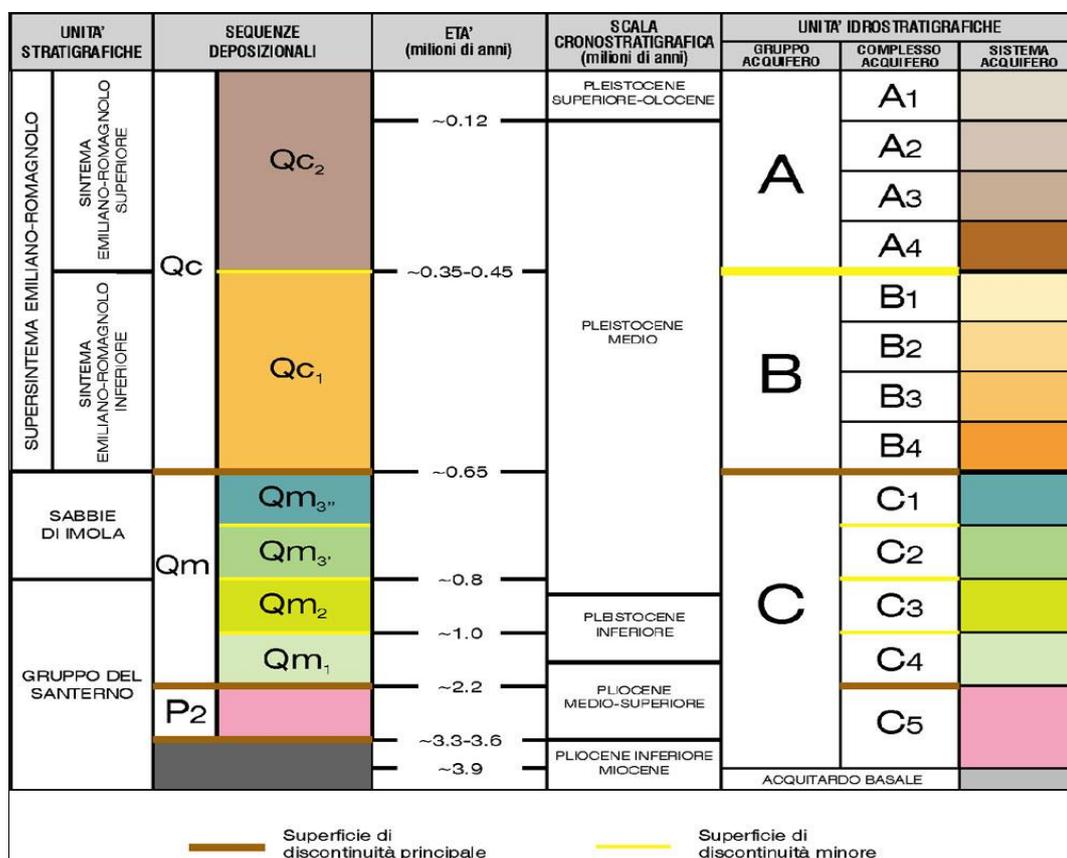
In prossimità dell'area in studio non sono presenti corsi d'acqua di particolare rilievo.

Per quanto riguarda i corsi d'acqua d'ordine superiore, il T. Enza dista circa 4.8 Km verso W, il T. Crostolo circa 7.8 Km verso E, mentre il F. Po dista circa 7.6 Km verso N (v. Tav. 1).

### 3.3. Caratteri idrogeologici

Le caratteristiche degli acquiferi del territorio in esame vanno inquadrare nel modello evolutivo tridimensionale, sia idrogeologico che stratigrafico, dell'intera Pianura Padana Emiliano-Romagnola.

Secondo i più recenti studi (cfr. "Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna" - Regione Emilia Romagna e Direzione Esplorazione Italia dell'ENI-AGIP S.p.A. a cura di G. Di Dio, 1998), si distinguono, sia in superficie che nel sottosuolo, 3 Unità Idrostratigrafiche di rango superiore, denominate Gruppi Acquiferi A, B e C, a loro volta suddivise in 12 UIS gerarchicamente inferiori denominate Complessi Acquiferi (cfr. Fig. 1). Esse affiorano sul margine meridionale del Bacino Idrogeologico della Pianura per poi immergersi verso nord al di sotto dei sedimenti depositati dal fiume Po e dai suoi affluenti negli ultimi 20.000 anni, contenenti acquiferi di scarsa estensione e potenzialità (Acquifero Superficiale).



**Fig. 1 – Schema delle Unità Idrostratigrafiche della Pianura Emiliano-Romagnola**

Ciascun Gruppo Acquifero risulta idraulicamente separato, almeno per gran parte della sua estensione, da quelli sovrastanti e sottostanti, grazie a livelli argillosi di spessore plurimetrico sviluppati a scala regionale, denominati Barriere di Permeabilità Regionali.

Al suo interno ogni Gruppo è composto da serbatoi acquiferi sovrapposti e giustapposti, parzialmente o totalmente isolati tra loro, e suddivisi in senso orizzontale in Complessi Acquiferi. Essi sono separati da barriere di permeabilità costituite da corpi geologici decimetrici, a prevalente granulometria fine, interpretabili come sistemi deposizionali interdeltizi o di interconoide e bacino interfluviale.

Secondo l'attuale quadro delle conoscenze, i serbatoi acquiferi della Pianura Padana Emiliana si sono formati, a partire da circa 1 milione di anni fa e sono costituiti da sedimenti ghiaiosi e sabbiosi di origine deltizia, litorale e alluvionale (Gruppo Acquifero C3) e poi, nel Pleistocene Medio e Superiore, all'interno delle Piane e delle Conoidi Alluvionali dei torrenti appenninici e del F. Po (Gruppi Acquiferi B e A).

La ricostruzione geometrica dei corpi acquiferi ha consentito di distinguere nella Pianura Emiliana tre aree di ricarica diretta:

- un'area pedecollinare, relativamente ristretta, di ricarica dell'intero serbatoio acquifero ed in particolare del Gruppo Acquifero C;
- un'area intermedia, corrispondente all'incirca all'alta pianura dove avviene la ricarica degli acquiferi superficiali e dell'acquifero cosiddetto "principale" (Gruppi di Acquiferi A-B), attualmente sfruttato ad uso idropotabile;
- un'area più settentrionale di possibile alimentazione dei soli acquiferi più superficiali (Subsistema di Ravenna e lenti acquifere sospese).

L'areale in studio ricade nell'area più settentrionale e secondo la terminologia tradizionale si pone nella zona di passaggio fra l'*Unità idrogeologica di media pianura* e l'*Unità idrogeologica del Po*.

L'edificio sedimentario alluvionale ospita un modesto sistema acquifero sotterraneo, le cui caratteristiche idrogeologiche sono in stretta relazione con le caratteristiche granulometriche dei depositi. Mentre i depositi argilloso-limosi risultano sostanzialmente impermeabili, un grado di permeabilità variabile sia sotto il profilo verticale che laterale può essere attribuito agli orizzonti limoso-sabbiosi e sabbioso-limosi.

Il sistema idrogeologico locale può essere schematizzato secondo due unità sovrapposte con caratteristiche differenti. La prima unità costituisce l'acquifero freatico ed è costituita da orizzonti argillosi e limosi ai quali si intercalano strati e sequenze limoso-sabbiose e sabbioso-limose. Tali livelli costituiscono acquiferi a spessore variabile, che nell'insieme generano corpi tendenzialmente continui territorialmente, inclinati in direttrice settentrionale e collegati tra loro da sequenze a grado di permeabilità variabile. In corrispondenza dei paleoalvei e dei canali i livelli permeabili sono a diretto contatto con le acque superficiali, che ne determinano la ricarica.

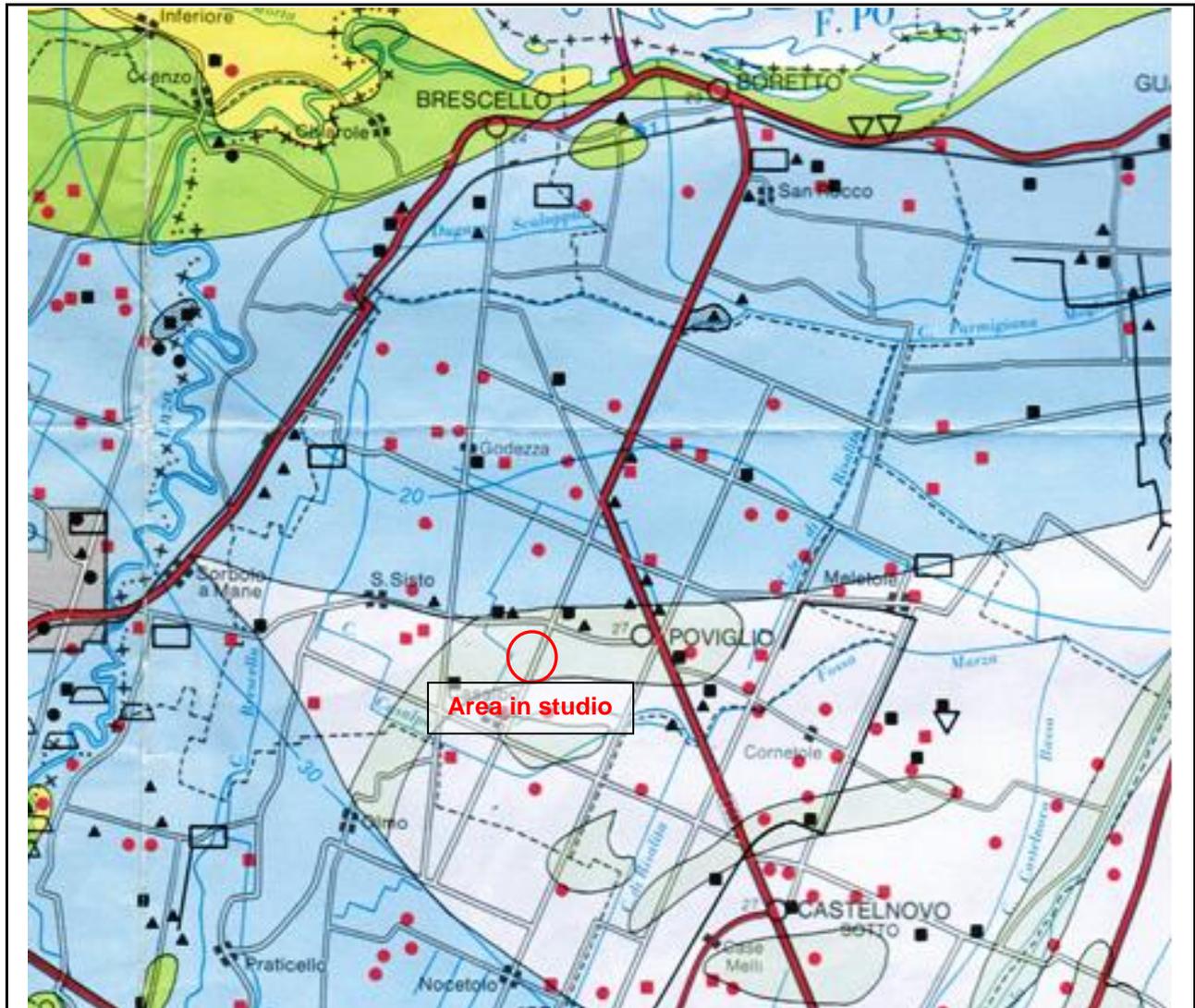
La seconda unità, a carattere artesiano o confinato, è costituita dai corpi sabbiosi riconducibili alla deposizione da parte del F. Po ed alimentati direttamente dal fiume, che nell'area considerata sono presenti a profondità di oltre -20/25 m dal p.c..

Gli interventi nel sottosuolo dell'area in studio potranno interessare, eventualmente, soltanto l'acquifero freatico.

Sulla base dei dati relativi alla *Rete di monitoraggio delle acque sotterranee* del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna ([http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/web-gis/piezometrie\\_rer.htm](http://www.regione.emilia-romagna.it/geologia/web-gis/piezometrie_rer.htm)), e dai dati relativi allo studio Geologico generale del PSC di Poviglio risulta che il livello di soggiacenza della falda freatica in questa zona si attesta mediamente a profondità comprese fra -1.00 e -2.00 m dal piano campagna, tuttavia durante l'esecuzione del sondaggio penetrometrico è stata rilevata una soggiacenza del livello statico della falda freatica pari a -2.60 m dal p.c..

Dai dati relativi a studi effettuati in precedenza nella zona e dalle misure di pozzi al contorno è possibile, inoltre, definire l'assetto idrodinamico dell'acquifero freatico. Esso presenta un flusso ridotto verso NE, con un gradiente idraulico medio pari circa allo 0.15%, in accordo con il gradiente topografico medio di questo settore della pianura emiliana.

Sulla base della litologia di superficie, della profondità del tetto delle sabbie e delle caratteristiche dell'acquifero, l'area in questione si configura a grado di vulnerabilità basso, in accordo con quanto riportato sulla "*Carta della vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale della pianura emiliana delle province di Parma, Reggio E. e Modena*" redatta dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del CNR (1993) (v. Fig. 2).



GRADO DI VULNERABILITÀ						LITOLOGIA SUPERFICIE	PROFONDITÀ TETTO GHIAIE E SABBIE	CARATTERISTICHE ACQUIFERO
E <sub>e</sub>	E	A	M	B	B <sub>b</sub>			
						- Zona di MEDIA PIANURA: Area caratterizzata da assenza di acquiferi significativi, nella quale sono presenti livelli di ghiaia solamente al di sotto dei 100 m di profondità e di sabbia al di sotto dei 25 m di profondità. (*) Paleovalvi recenti e depositi di rotta, sede di acquiferi sospesi.		
						Argilla	> 10 m	confinata/libera
						Limo	> 10 m	confinata
						Argilla	<< 10 m	confinata/libera
						Limo	<< 10 m	confinata
						Limo	> 10 m	libera
						Sabbia/ghiaia	> 10 m	confinata
						Situazioni variabili fra condizioni di vulnerabilità media e alta, localmente bassa.		
						Limo	> 10m	libera
						Sabbia	> 10m	libera
						Sabbia	> 10m	confinata
						Ghiaia	> 10m	confinata
						Sabbia	> 10m	libera
						Ghiaia	> 10 m	libera
						Ghiaia degli alvei fluviali		libera

\* E<sub>e</sub> = Estremamente elevato E = Elevato A = Alto M = Medio B = Basso B<sub>b</sub> = Molto basso

Fig. 2 - Stralcio dalla "CARTA DELLA VULNERABILITÀ ALL'INQUINAMENTO DELL'ACQUIFERO PRINCIPALE - Pianura emiliana della province di Parma, Reggio Emilia e Modena" - C.N.R. - G.N.D.C.I., 1993

## 4. CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIMETRICA DELL'AREA

La caratterizzazione litostratimetrica e litotecnica dell'area è stata definita, come detto in Premessa, sulla base dei dati ottenuti dall'indagine geognostica appositamente effettuata per il presente studio ed anche sulla base di ulteriori dati relativi a precedenti studi geologici condotti dallo scrivente in aree limitrofe. Le indagini geognostiche effettuate per il presente studio sono ubicate in Tav. 3, mentre i rispettivi report con grafici e tabulati sono riportati in Allegato 1 e Allegato 2.

La prova penetrometrica statica eseguita per il presente studio è stata effettuata dalla Ditta INTERGEO S.r.l. di Modena utilizzando un penetrometro statico olandese Gouda da 10 tonnellate, automontato, ed impiegando per la perforazione una punta "Friction Jacket Cone" avente un'area di 10 cm<sup>2</sup> ed un angolo alla punta di 60°.

Nei tabulati di calcolo (v. Allegato 1) sono stati riportati, oltre ai valori misurati in sito ogni 20 cm d'avanzamento della punta (a velocità costante pari a 2 cm/s), i valori, calcolati mediante elaborazione automatica, della *resistenza penetrometrica alla punta* (Rp), espressi in kg/cm<sup>2</sup>, i valori della *resistenza laterale locale* (RI), sempre espressi kg/cm<sup>2</sup>, nonché i valori del *rapporto fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale locale* (Rp/RI). Nei diagrammi penetrometrici, invece, per semplicità di lettura, sono state riportate, mediante plotter interfacciato con l'elaboratore, solamente due curve e precisamente:

- a sinistra la curva della *resistenza penetrometrica alla punta* (Rp: pressione di rottura del terreno), espressa in kg/cm<sup>2</sup>;
- a destra la curva del *rapporto fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale locale* (Rp/RI: *rapporto di Begemann*).

Le prove penetrometriche statiche, dette anche CPT (dall'inglese Cone Penetration Test), consentono di definire con buona approssimazione l'assetto litostratimetrico in base al rapporto tra la resistenza alla punta (Rp) e la resistenza laterale (RI) definito come **Rapporto di Begemann**. Secondo le Norme A.G.I. (1977), infatti, l'interpretazione della litologia sulla base del rapporto di Begemann è la seguente:

- Rp/RI < 15: argille plastiche e/o torbe;
- 15 < Rp/RI < 30: argille e limi;
- 30 < Rp/RI < 60: limi sabbiosi e sabbie limose;
- Rp/RI > 60: sabbie e ghiaie.

L'analisi e la correlazione dei dati così desunti ha quindi consentito la ricostruzione della successione litostratigrafica dell'area in studio che può essere sinteticamente descritta nel seguente modo:

- da p.c. a -0.50/0.60 m: suolo vegetale e/o terreni di riporto;
- da -0.50/0.60 m a -3.00 m: argille e limi prevalenti con mediocri qualità geotecniche;
- da -3.00 m a circa -9.00/9.50 m: alternanze di limi, limi sabbiosi e argille con scadenti qualità geotecniche;

- da -9.00/9.50 m ad oltre -20.00 m (*fine prove*): argille e limi prevalenti con elevata resistenza alla penetrazione e buone qualità geotecniche.

Le locali variazioni granulometriche e litologiche sono attribuibili ai successivi episodi alluvionali a differente competenza della corrente.

## 5. SISMICITÀ

### 5.1. Caratteristiche sismotettoniche

Un passo fondamentale nella valutazione del rischio sismico di un'area è l'identificazione delle faglie attive. Sebbene esistano, infatti, strutture a scorrimento lento asismico (*fault creep o tectonic creep*), molte delle faglie attive sono considerate sorgenti sismiche in quanto lo scorrimento istantaneo dei due lati delle stesse, che avviene allorché lo stress supera la resistenza delle rocce, genera il rilascio di onde elastiche che si propagano in tutte le direzioni. A tali faglie sismogenetiche è associato il maggior rischio.

Per la definizione di faglia attiva si fa normalmente riferimento alla possibilità che una faglia possa attivarsi in un intervallo di tempo futuro che interessa la nostra società. D'altra parte le faglie che hanno la maggiore probabilità di muoversi in un futuro prossimo sono da ricercarsi tra quelle che si sono mosse nelle fasi più recenti della storia geologica. Così una delle definizioni più comunemente accettata è quella della *U.S Nuclear Regulatory Commission* (1982), che definisce attive le faglie che presentano un'attivazione negli ultimi 35.000 anni o almeno due negli ultimi 500.000 anni.

La Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna alla scala 1:250.000, oltre alla definizione della pericolosità sismica locale e all'individuazione di strutture potenzialmente sismogenetiche, offre anche un quadro delle relazioni fra attività tettonica attuale e i rischi naturali. In detto lavoro, infatti, l'analisi comparata della sismicità e delle strutture attive, evidenti per la loro espressione sia morfologica che geologica, unitamente ad una riconsiderazione dei dati disponibili sui movimenti verticali del suolo (sollevamento dei terrazzi alluvionali, subsidenza, evoluzione del reticolo idrografico) ed alla ricostruzione delle isobate delle 2 principali e più recenti superfici di discontinuità del sottosuolo (rispettivamente 450.000 anni, base del SERS, e 10.000 anni, base dell'Olocene), ha permesso di ottenere un quadro neotettonico e sismotettonico ben definito del territorio indagato.

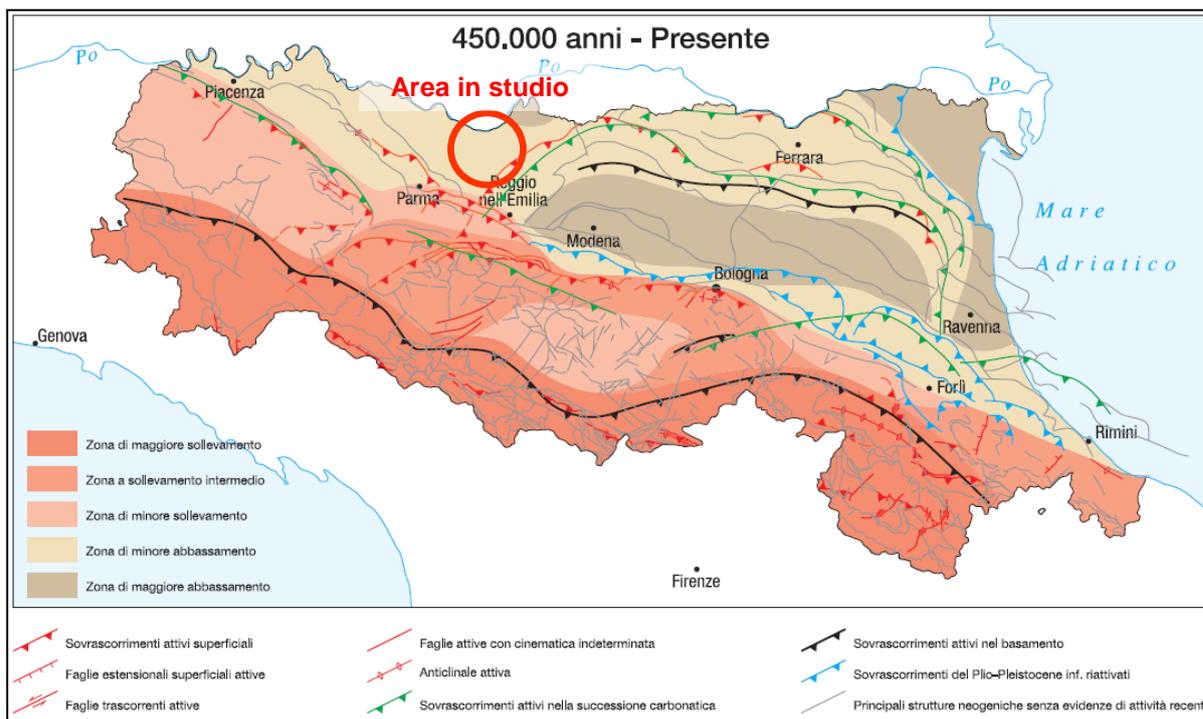
Esaminando la Fig. 3, che può essere considerata lo schema di sintesi sull'attività neotettonica in Emilia-Romagna, emerge che le zone a maggiore sollevamento, con tassi  $>1$  mm/anno, sono individuabili nella parte alta della catena, corrispondente al settore a monte del principale raddoppio crostale a conferma dell'attività di questa struttura.

L'area a sollevamento intermedio, con tassi mediamente  $\geq 1$  mm/anno, corrisponde al settore immediatamente retrostante la struttura superficiale del margine che da Bologna si estende verso NW fino alla valle del Taro. Le aree a minore sollevamento ( $<1$  mm/anno) si collocano immediatamente a

valle della struttura crostale. Anche in pianura le zone di minore abbassamento, con tassi <1 mm/anno, corrispondono alle aree maggiormente interessate dalle strutture attive. Le strutture di questo settore sono sepolte e non mostrano, generalmente, evidenze in superficie.

In particolare, il sistema attivo delle Pieghe Emiliane corrisponde al limite tra la zona in minore sollevamento della catena con la zona di minore abbassamento della pianura.

La sismicità legata alle strutture superficiali, con ipocentri mediamente ad una profondità inferiore a 15 km, risulta molto diffusa in catena e più localizzata in pianura, soprattutto in corrispondenza della dorsale ferrarese.



**Fig. 3- Schema di sintesi sull'attività neotettonica in Emilia-Romagna**

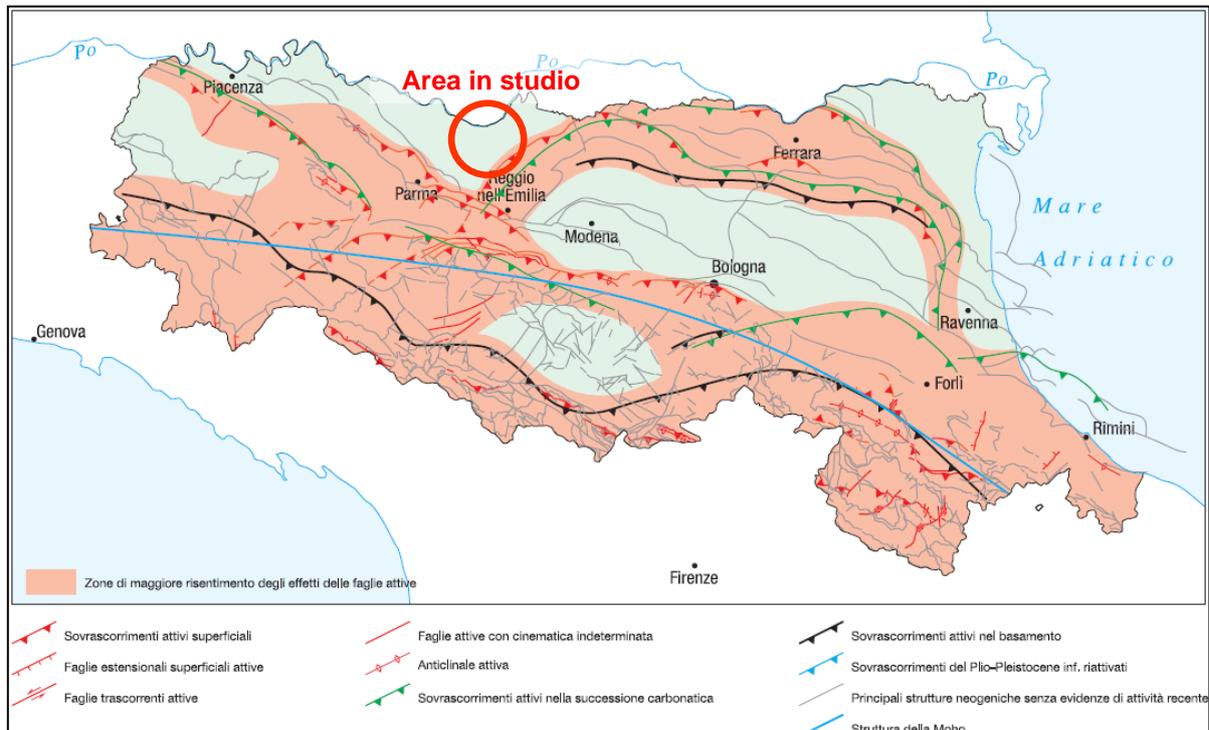
I meccanismi focali calcolati risultano compressivi e trascorrenti indicando direzioni di compressione sia NE-SW che NW-SE. I meccanismi focali distensivi sono nettamente secondari. Risulta quindi che la cinematica delle principali strutture attive superficiali è di tipo transpressivo.

La sismicità crostale, con ipocentri mediamente compresi tra 15 e 35 km, mostra una distribuzione simile a quella più superficiale ma con una densità inferiore. Anche in questo caso i meccanismi focali risultano compressivi e trascorrenti con direzioni di compressione sia NW-SE che NE-SW ed i meccanismi distensivi sono rari e ben localizzati.

La sismicità più profonda, con ipocentri oltre i 35 km, fino ad oltre 50 km, è sempre diffusa nel settore di catena e in corrispondenza del margine appenninico-padano, e decisamente minore in pianura. I meccanismi focali calcolati sono in accordo con quanto riscontrato nei livelli strutturali superiori.

Risulta così un modello geodinamico attivo in cui le strutture superficiali della copertura, quelle crostali nonché quelle del mantello, sebbene tra loro distinte, sono tutte coerenti e inquadrabili in un sistema transpressivo che rispetto alle zone esterne dell'avampaese padano, relativamente stabili, assume il significato di un sistema di ordine inferiore all'interno di una zona di trascorrenza destra.

In Fig. 4 è riportata la distribuzione delle strutture attive rispettivamente della copertura, della crosta e del mantello con una zonazione delle aree che maggiormente risentono della loro attività. Per questa zonazione si è tenuto conto anche degli effetti superficiali quali le aree di maggiore sollevamento in catena e di minore abbassamento in pianura, come pure della distribuzione delle aree a maggiore frequenza di fenomeni franosi.



**Fig. 4 - Zonazione delle aree che maggiormente risentono delle faglie attive**

## 5.2. Sismicità del territorio

La storia sismica di Poviglio è stata desunta dal Database macrosismico dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) denominato DBMI15, che costituisce la base del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15).

I maggiori eventi sismici che hanno interessato il territorio di Poviglio in epoca storica sono quindi riassunti in Tab.1 e nel diagramma di Fig. 5.

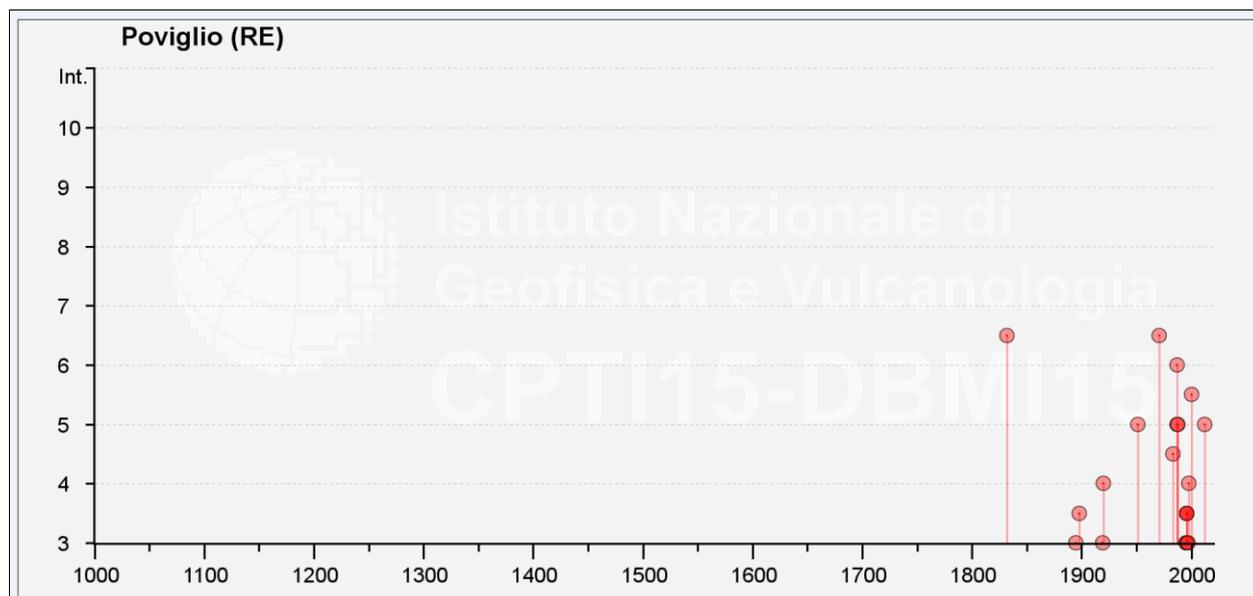
Dalla lettura di Tab.1 si evince che i massimi eventi sismici censiti a Poviglio sono quelli verificatisi il 13 marzo 1832, con epicentro nel reggiano, ed il 15 luglio 1971, con epicentro nel parmense, caratterizzati da un'intensità del VI-VII grado della scala MCS e da valori di magnitudo  $M_w$  pari a 5.51.

## Poviglio

PlaceID IT\_37651  
 Coordinate (lat, lon) 44.842, 10.541  
 Comune (ISTAT 2015) Poviglio  
 Provincia Reggio nell'Emilia  
 Regione Emilia-Romagna  
 Numero di eventi riportati 26

Effetti		In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
6-7	1832	03	13	03	30		Reggiano	97	7-8	5.51	
3	1895	05	12	20	29		Reggiano	13	4-5	3.98	
3-4	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37	
NF	1898	03	09	11	43		Romagna settentrionale	68	6	4.59	
NF	1907	04	25	04	52		Veronese	122	6	4.79	
3	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38	
4	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53	
5	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17	
6-7	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51	
4-5	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04	
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43	
5	1987	04	24	02	30	2	Reggiano	54	6	4.64	
6	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71	
5	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6	4.57	
NF	1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	91	4	4.04	
3	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82	
3-4	1996	10	26	04	56	5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94	
3-4	1996	10	26	06	50	2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63	
3-4	1996	11	25	19	47	5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29	
3	1996	12	16	09	09	5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06	
3	1997	05	12	22	13	5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68	
4	1998	02	21	02	21	1	Pianura emiliana	104	5	3.93	
NF	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26	
5-6	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40	
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30	
5	2012	01	25	08	06	3	Pianura emiliana	25	5-6	4.98	

**Tab. 1 – Eventi sismici i cui effetti si sono risentiti nel territorio di Poviglio**



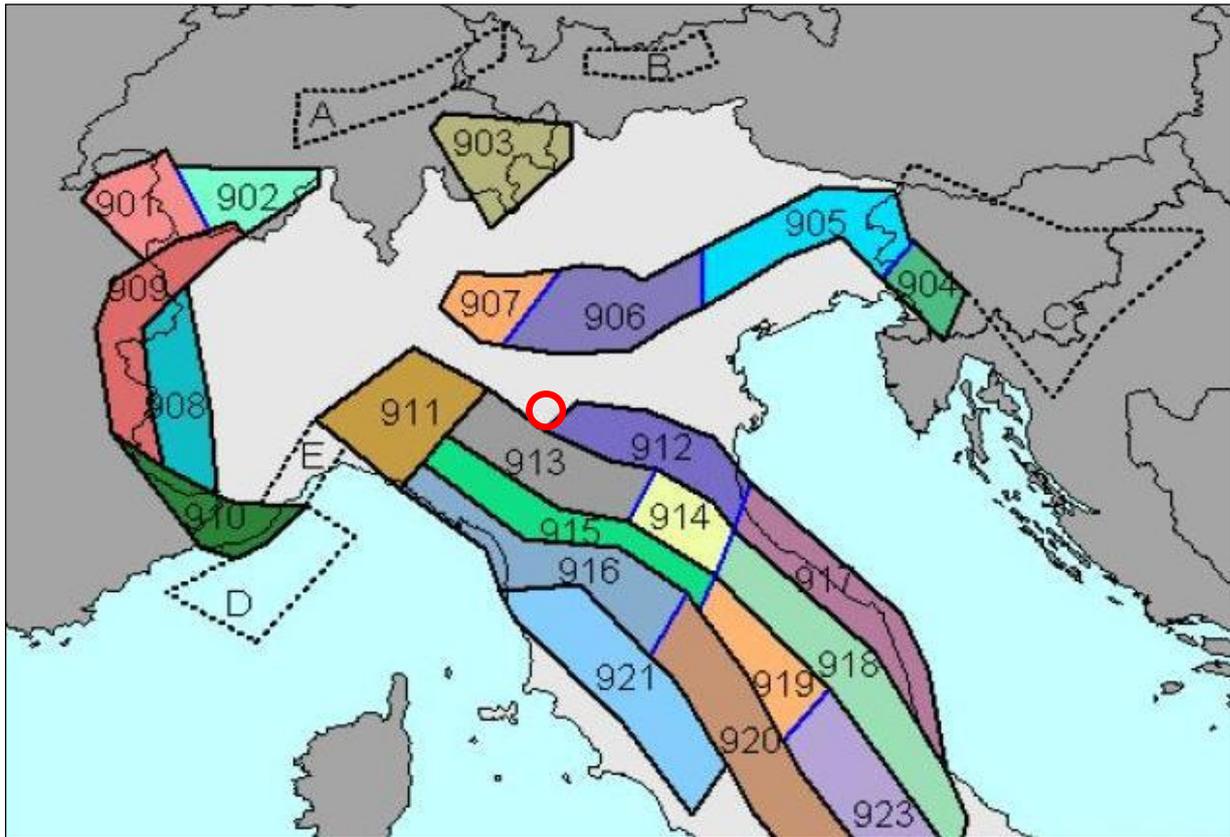
**Fig. 5 – Diagramma della storia sismica di Poviglio limitatamente ai terremoti con intensità epicentrale uguale o superiore a 4/5.**

Fonte dati: INGV - Database Macrosismico Italiano 2015 - <http://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15>

### 5.3. Classificazione sismica e pericolosità sismica di base

Gli studi sulla pericolosità sismica promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata ZS9, che prevede una suddivisione in 36 zone (Fig. 6), i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc..

In particolare il territorio considerato si colloca in prossimità delle zone sismogenetiche 913 (Appennino Emiliano-Romagnolo) e 912 (Dorsale Ferrarese) caratterizzate da terremoti di magnitudo media o medio-bassa, riconducibili alla presenza delle strutture sepolte attive. Il maggior numero di terremoti che si verificano in questa zona, presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km. Tuttavia è opportuno rilevare che l'evento sismico del 25.01.2012, con epicentro proprio entro il territorio comunale di Poviglio, ha presentato un ipocentro alla profondità di circa 33 km.



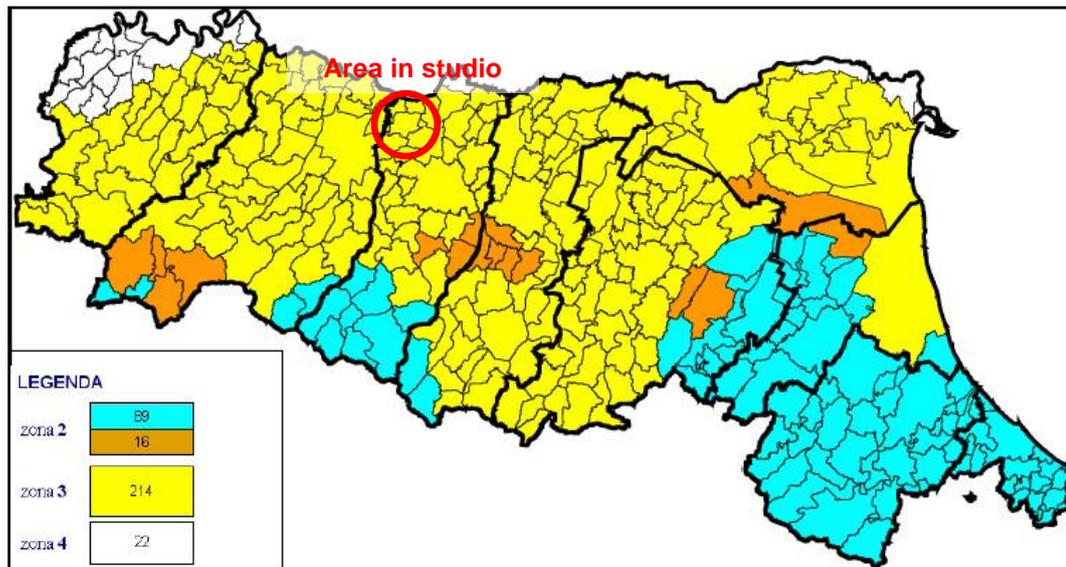
**Fig. 6 – Zonazione sismogenetica ZS9** (Tratta da: “Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica – Rapporto conclusivo – bozza aprile 2004” – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).  
 - Il cerchio rosso individua approssimativamente l'area in studio.

L'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 suddivide il territorio italiano in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto. Secondo la classificazione operata in tale ordinanza (v. Fig. 7) il Comune di Poviglio, che prima risultava “non classificato”, viene identificato in **zona 3** (a sismicità medio-bassa), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, compresi tra 0,05 g e 0,15 g (dove g è l'accelerazione di gravità) (ved. Tab. 2).

La Delibera 1677/2005 del 24/10/2005 della Giunta Regionale dell'Emilia Romagna stabilisce la corrispondenza tra i livelli di sismicità stabiliti dall'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003 (Zona 1, 2, 3 e 4) e quelli previsti dalla precedente normativa (S=12, S=9, S=6); in particolare la Zona 3 corrisponde ad un grado di sismicità S=6.

Zona	accelerazione con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni ( $a_g$ )	accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio di risposta elastico ( $a_g$ )
1	$0,25 < a_g \leq 0,35$ g	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g
4	$\leq 0,05$ g	0,05 g

**Tab. 2 - Valori di accelerazione massima al suolo rigido, con riferimento all'Ordinanza n°3274 del 2003**



**Fig. 7 - Classificazione sismica dei Comuni della Regione Emilia-Romagna**

Tale classificazione, tuttavia, ha ormai esclusivo valore amministrativo. Infatti nel presente studio sono state recepite le indicazioni riportate nell'Ordinanza n° 3519 del 28 aprile 2006 riguardante i criteri generali stabiliti per l'individuazione delle zone sismiche di riferimento a scala nazionale.

Secondo tale ordinanza, viene modificato l'approccio di attribuzione della classe sismica, avviando il superamento delle 4 zone sismiche assegnate a scala comunale, contraddistinte da diversi valori di accelerazione di picco orizzontale su suolo rigido di tipo A, verso una definizione puntuale dell'azione sismica da effettuarsi mediante singoli valori di pericolosità sismica.

Alle Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 14/01/2008 è allegato un documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), in quanto l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, più semplicemente chiamata pericolosità sismica, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle N.T.C., dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

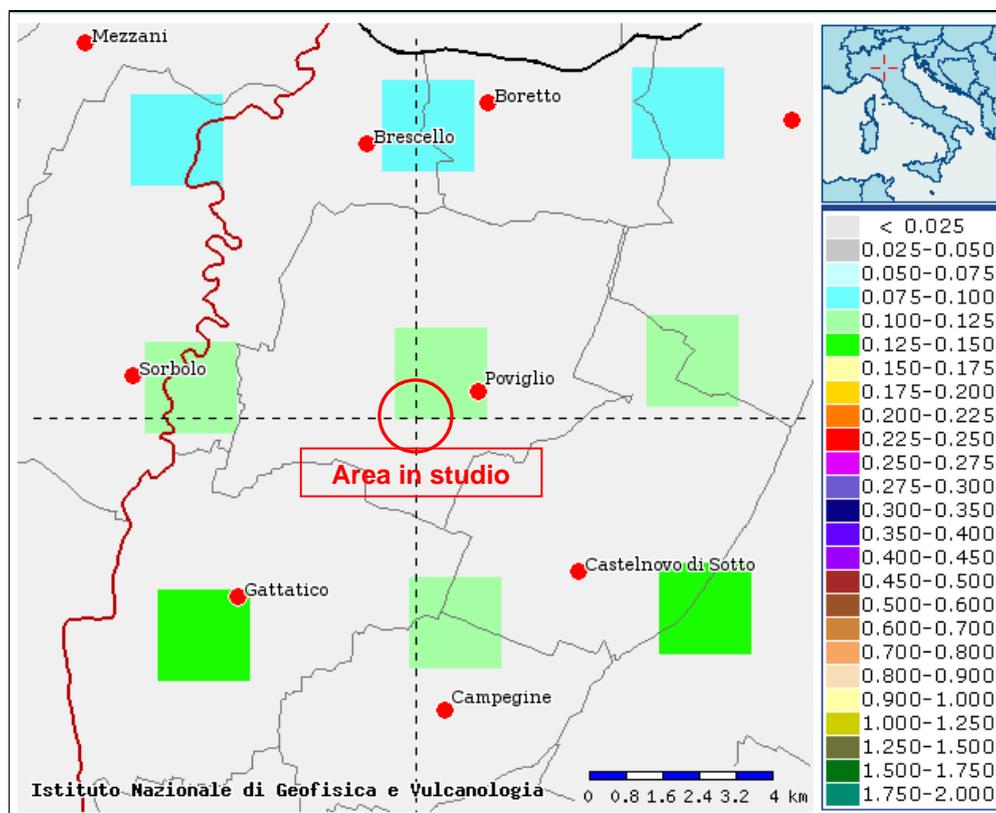
- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_C^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo (*reticolo di riferimento*; v. Fig. 8), i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 2475 anni).

Per determinare il tempo di ritorno vengono presi a riferimento i parametri delle opere in progetto, che devono essere forniti dai progettisti e dai committenti in sede di progettazione esecutiva. Pertanto la

definizione dei periodi di ritorno da prendere a riferimento deve essere demandata alle successive fasi di progettazione esecutiva in funzione della tipologia delle opere previste.

Qualora il sito in esame (Lat. = 44.8396 N; Long. = 10.5234 E) non ricada nei nodi del reticolo di riferimento (v. Fig. 8), i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$  possono essere ricavati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici. Inoltre, nel caso l'attuale *pericolosità sismica su reticolo di riferimento* non contempli il periodo di ritorno  $T_R$  corrispondente alla  $V_R$  e alla  $P_{VR}$  fissate, i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$  ad esso corrispondenti potranno essere ricavati per interpolazione.



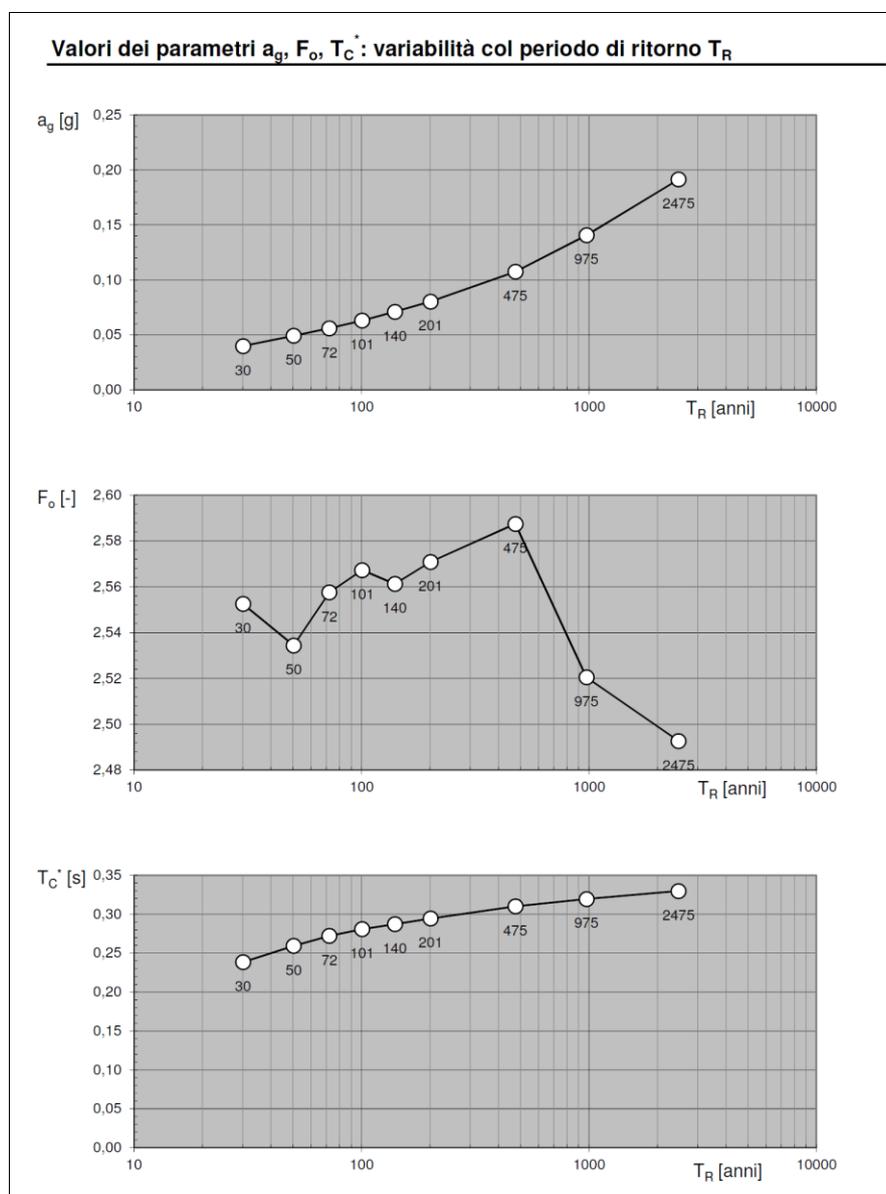
**Fig. 8 – Stralcio della Mappa di pericolosità sismica dell'area in studio espressa in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ( $a_g$ ) per un tempo di ritorno di 475 anni**

Ai fini del presente studio i valori dei parametri di pericolosità sismica sono stati desunti dai valori relativi alla *pericolosità sismica su reticolo di riferimento* riportati nelle tabelle dell'ALLEGATO B delle Norme Tecniche per le Costruzioni, per diversi periodi di ritorno ricadenti in un intervallo di riferimento compreso tra 30 e 2475 anni.

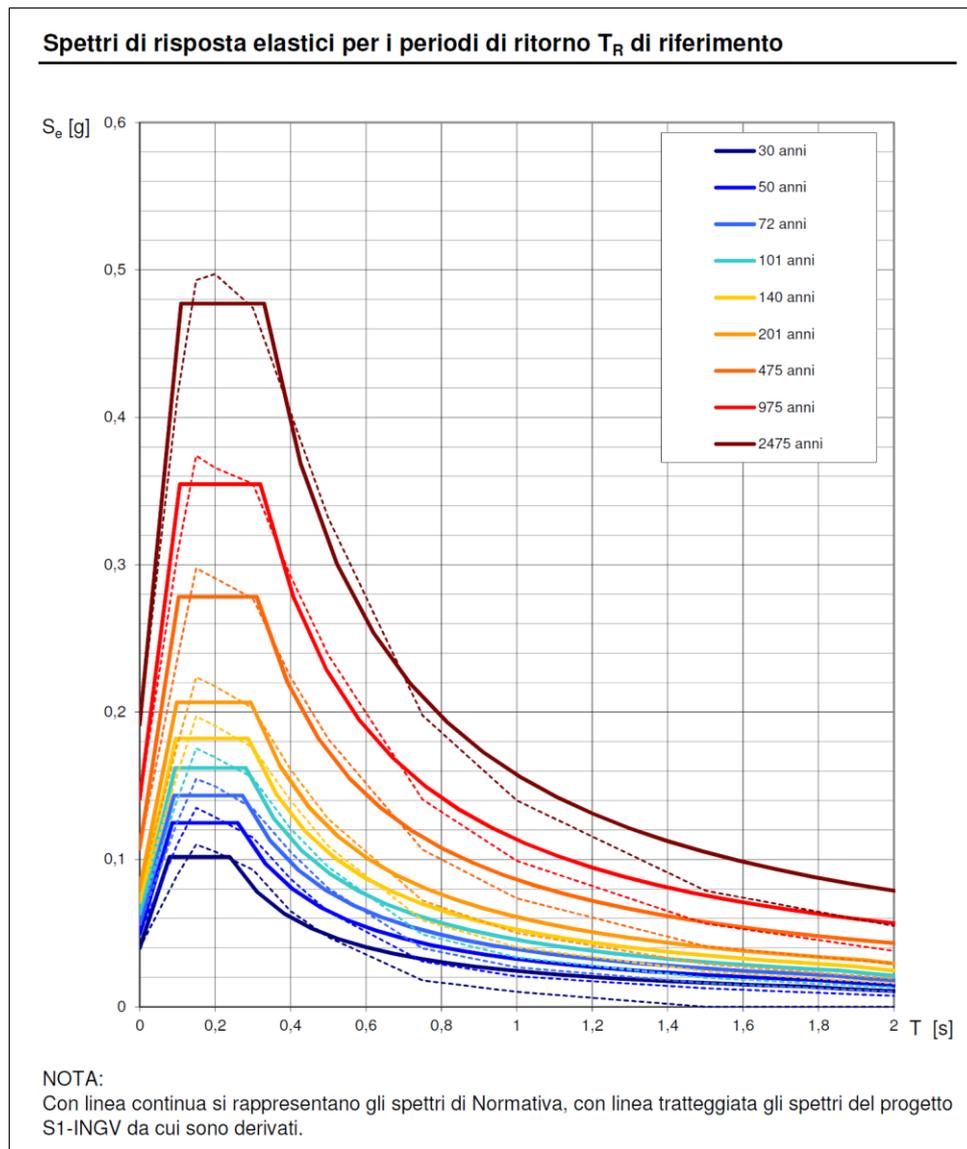
Per il sito in studio i valori che risultano sono riportati in Tab. 3 e nei grafici di Fig. 9 che, assieme agli Spettri di risposta elastici di Fig. 10, sono stati ricavati attraverso il foglio elettronico "Spettri NTC ver.1.0.3" predisposto dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0,040	2,553	0,238
50	0,049	2,534	0,259
72	0,056	2,558	0,272
101	0,063	2,567	0,281
140	0,071	2,561	0,287
201	0,080	2,571	0,294
475	0,107	2,587	0,310
975	0,141	2,521	0,319
2475	0,191	2,493	0,330

**Tab. 3 – Parametri della forma spettrale dell'area in studio in funzione dei periodi di ritorno ( $T_R$ ).**



**Fig. 9 – Variabilità dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T_C$  in funzione dei periodi di ritorno (elaborazione effettuata mediante "Spettri NTC ver. 1.0.3")**



**Fig. 10 – Spettri di risposta elastici in accelerazione delle componenti orizzontali per i periodi di tempi di ritorno  $T_r$  su sito di riferimento rigido (elaborazione effettuata mediante “Spettri NTC ver. 1.0.3”)**

## 5.4. Risposta sismica locale

Il moto generato da un terremoto in un dato sito è influenzato dalle particolari condizioni locali (risposta sismica locale), ovvero dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno, dalle caratteristiche degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono.

Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

### 5.4.1. Categoria del sottosuolo di fondazione

L'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale viene valutata con riferimento alle 7 categorie del profilo stratigrafico del sottosuolo di fondazione, definite dal D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni", in relazione alle caratteristiche geofisiche e geotecniche del sottosuolo. In particolare i parametri da considerare (v. Tab. 4) sono riferiti alla velocità delle onde di taglio mediate nei primi 30 metri al di sotto della fondazione ( $V_{s,30}$ ). Nei casi in cui la determinazione delle  $V_{s,30}$  non sia disponibile, è previsto che la classificazione possa essere effettuata in base al numero di colpi della prova SPT ( $N_{SPT}$ ), nei terreni a prevalente grana grossa, o alla coesione non drenata ( $c_u$ ), nei terreni a prevalente grana fina.

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>C</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>D</b>	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
<b>E</b>	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).
<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

**Tab. 4 - Categorie sismiche del sottosuolo di fondazione**

#### 5.4.1.1. Rilievo sismico mediante tromografo

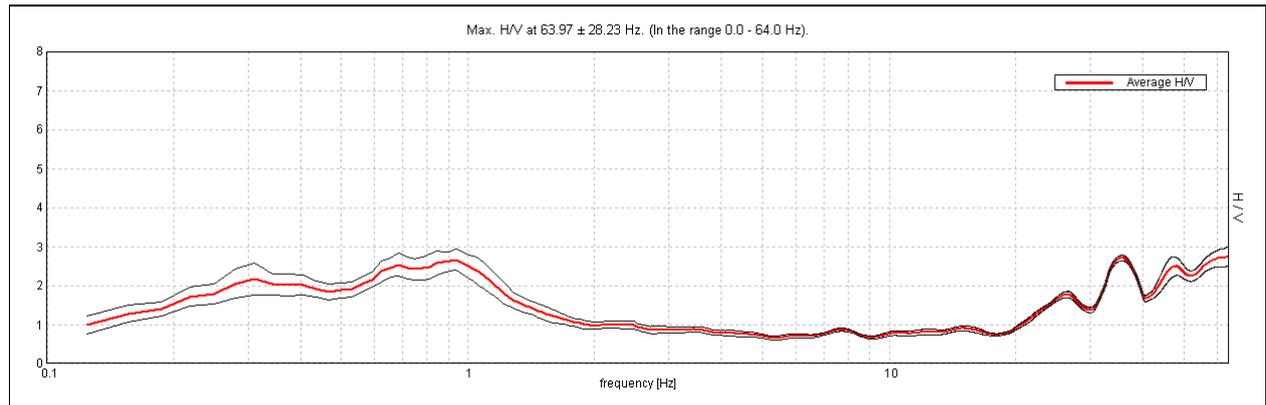
Ai fini della caratterizzazione sismica del sito è stata effettuata all'interno dell'area in studio un'indagine geofisica di tipo sismico. L'indagine, condotta con la collaborazione specialistica del collega Dr. Geol. Stefano Castagnetti di Parma, utilizza la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*) sulla base dei segnali registrati mediante un tromografo digitale portatile.

La prova è stata effettuata utilizzando un sismometro a stazione singola (Tromino) in grado di registrare i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), di un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (16 minuti).

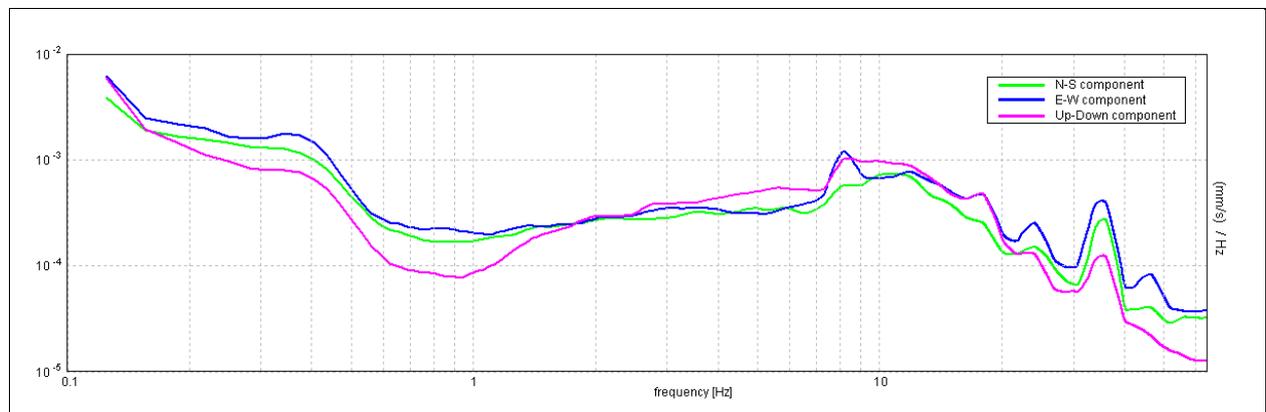
Il moto indotto nel terreno è stato misurato dallo strumento in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z).

Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza, Fig. 11) e spettri delle singole componenti (componente verticale del moto in funzione della frequenza per ognuna delle tre direzioni, Fig. 12).

Al riguardo, va sottolineato come il confronto fra questi due tipi di grafici consenta di distinguere i picchi di frequenza dovuti a disturbi nel corso della misurazione, in cui tutte le componenti hanno lo stesso andamento, da quelli dovuti a motivi stratigrafici, in cui la componente verticale, a differenza delle altre due, presenta un minimo locale.



**Fig. 11 – Elaborazione delle misure registrate dal tromografo: rapporto spettrale orizzontale su verticale naturale con curva H/V sintetica**



**Fig. 12 - Grafico con spettri delle singole componenti**

I risultati ottenuti, riportati nell'Allegato 2, sono:

1. La frequenza di risonanza caratteristica del sito;
2. La velocità media delle onde di taglio Vs.

Dalla prova tromografica è possibile ottenere due informazioni: la frequenza di risonanza caratteristica del sito (Nakamura Y., 1989) e la velocità media delle onde di taglio Vs (Castellaro S e Mulargia F., 2009).

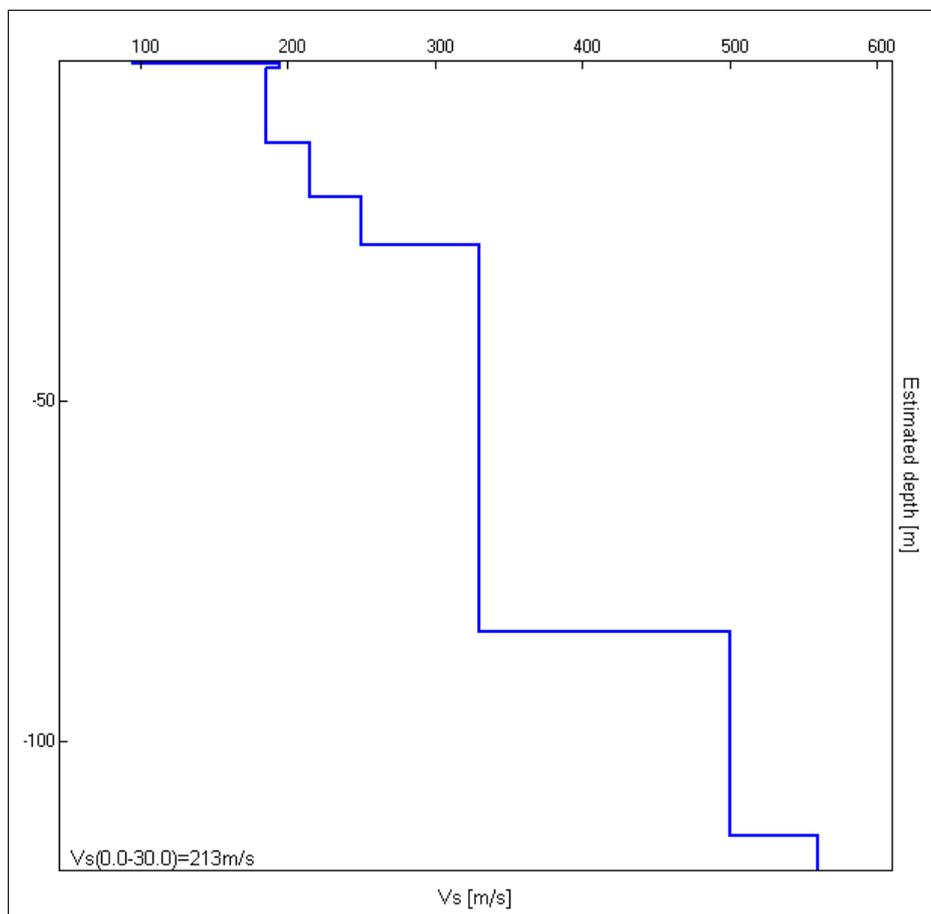
Per determinare la velocità delle onde di taglio  $V_s$  è stata utilizzata l'inversione vincolata dello spettro H/V ricavato attraverso il rilievo tomografico.

La relazione seguente lega tra di loro parametri quali la frequenza di risonanza del terreno ( $f$ ), la velocità delle onde S ( $V_s$ ) e la profondità della base dello strato ( $H$ ):

$$f(Hz) = \frac{V_s}{4H}$$

Nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, ottenuta per esempio attraverso l'esecuzione di un sondaggio, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V modellando una curva sintetica, la quale ha la funzione di approssimare nel miglior modo possibile i picchi di frequenza registrati dal tomografo, in modo da ricavare la  $V_s$  media per ogni singolo strato.

Sulla base di tali elaborazioni è stata ottenuta la curva della  $V_s$  con la profondità, riportata nella seguente Fig.13.



**Fig. 13 – Grafico della  $V_s$  in funzione della profondità**

I valori di  $V_s$ , definiti per i diversi intervalli di profondità, sono riportati anche nella successiva Tab.

5.

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.40	0.40	95	0.42
1.00	0.60	195	0.42
12.00	11.00	185	0.42
20.00	8.00	215	0.42
27.00	7.00	250	0.42
84.00	57.00	330	0.38
114.00	30.00	500	0.35
inf.	inf.	560	0.35

**Tab. 5 – Modello stratigrafico con valori di Vs30 a diversi intervalli di profondità**

In conclusione, la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m sotto il piano di posa di una fondazione ( $V_{s30}$ ) viene definita come:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  sono lo spessore e la velocità delle onde dello strato  $i$ -esimo entro i 30 m dalla fondazione.

Pertanto sulla base dei dati acquisiti risulta un valore di  $V_{s30}$  riferito al piano campagna pari a **213 m/s**, da cui consegue che il sottosuolo in esame è classificabile in **Categoria C**: “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < N_{SPT,30} < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina)*”.

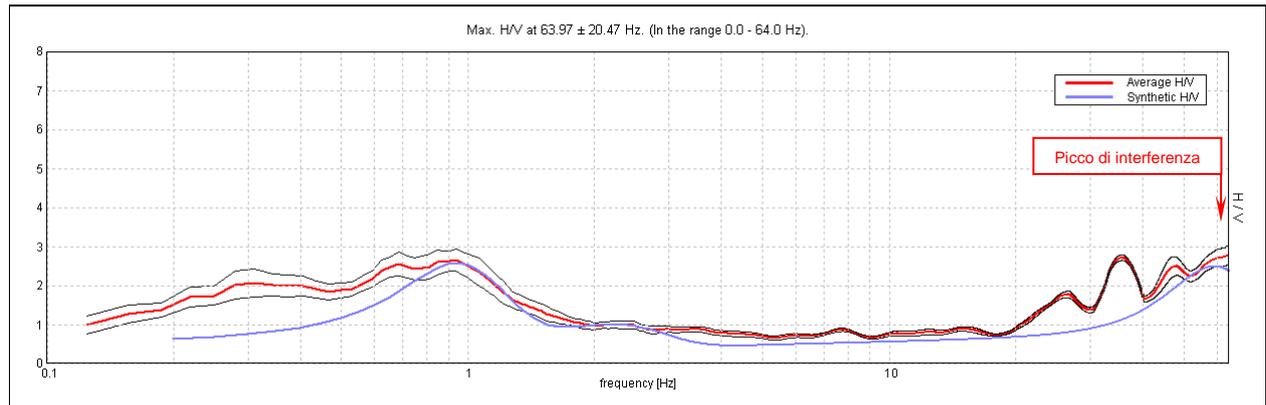
#### 5.4.1.2. Vulnerabilità sismica delle opere

E' stato dimostrato che la vulnerabilità agli eventi sismici di un edificio di costruzione relativamente recente è solo marginalmente collegabile alle modalità costruttive dello stesso. Molto più gravoso è l'effetto dell'amplificazione sismica locale, che tende a aumentare in maniera importante l'intensità delle forze sismiche agenti sulla struttura.

In particolare se la frequenza di risonanza dell'edificio è confrontabile con quella dei terreni di fondazione si verifica il fenomeno della risonanza accoppiata che comporta un'amplificazione delle sollecitazioni sismiche sulle opere.

Al fine di valutare tale rischio sarà necessario, pertanto, considerare se le frequenze di risonanza fondamentale degli eventuali edifici in progetto corrisponderanno con i picchi di risonanza del terreno di fondazione evidenziati con l'indagine mediante tomografo (cfr. spettri H/V di Fig. 14).

Allo stato attuale, si può solo affermare che da una valutazione speditiva della vulnerabilità sismica, effettuata esaminando gli spettri H/V negli intervalli di frequenze propri degli edifici tipici del territorio in oggetto (indicativamente un intervallo di frequenze comprese tra 2 e 10 Hz è tipico di strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre strutture più alte e più flessibili presentano frequenze comprese tra 0,66 e 2 Hz), potrebbero verificarsi fenomeni di risonanza accoppiata in corrispondenza di un picco di frequenza pari a  $63.97 \pm 28.23$  Hz, quindi al di fuori del campo di interesse ingegneristico.



**Fig. 14 - Elaborazione delle misure registrate dal tromografo: rapporto spettrale orizzontale su verticale con evidenziato il picco di interferenza.**

## 5.4.2. Effetti sismici locali

### 5.4.2.1. Amplificazione stratigrafica

Sulla base della categoria di appartenenza del terreno il D.M. 14-01-2008 introduce i coefficienti  $S_S$  e  $C_C$  per tener conto dell'amplificazione stratigrafica del valore dell'azione sismica di progetto. L'areale, infatti, è soggetto ad amplificazione del segnale sismico di tipo stratigrafico derivante dalla presenza di depositi alluvionali con velocità delle onde di taglio inferiore a 800 m/s.

Per le categorie B, C, D e E questi due parametri possono essere calcolati attraverso le espressioni riportate in Tab. 5, dove i valori di  $F_0$  e  $T_C^*$  sono relativi al sottosuolo di categoria A,  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Il valore massimo del coefficiente  $S_S$  per l'area in studio, ottenuto dalla formula riportata in Tab.6 per la categoria di sottosuolo C, è pari a 1.50.

Categoria	$S_s$	$C_c$
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.20}$
<b>C</b>	<b><math>1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50</math></b>	<b><math>1.05 \cdot (T_C^*)^{-0.33}</math></b>
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_C^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_C^*)^{-0.40}$

**Tab. 6 - Valori dei parametri  $S_s$  e  $C_c$**

#### 5.4.2.2. Amplificazione topografica

Altro parametro introdotto dal D.M. 14/01/2008 è il coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  che tiene conto delle condizioni topografiche del territorio.

La morfologia subpianeggiante dell'area permette di escludere fenomeni di amplificazione di tipo topografico.

In assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella Tab. 3.2.VI del D.M. 14/01/2008, in funzione delle categorie topografiche definite nel paragrafo 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Considerando che l'area in studio è ubicata in pianura, la categoria topografica corrispondente è la T1: "superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ", che corrisponde ad un valore del coefficiente  $S_T$  pari a 1,0.

#### 5.4.2.3. Fenomeni di densificazione e cedimenti postsismici

I terreni incoerenti (saturi e non), se sottoposti a forze dinamiche temporanee, quali intense vibrazioni o eventi tellurici, possono subire un riordino delle particelle, che si traduce in una compattazione dello strato interessato, e quindi in un cedimento, denominato *post-sismico*.

L'entità della deformazione verticale è funzione della densità iniziale del deposito (per le sabbie), del grado di sovraconsolidazione (per le argille), del suo spessore e della massima resistenza che si sviluppa nello strato.

In depositi incoerenti asciutti il cedimento post-sismico avviene pressoché immediatamente, mentre nei depositi incoerenti e coesivi saturi si completa quando le sovrappressioni interstiziali, generate dalle forze dinamiche, vengono interamente dissipate.

La valutazione dei cedimenti post-sismici viene usualmente fatta per i terreni incoerenti, poiché il riordino dei granuli in uno strato a seguito della dissipazione delle sovrappressioni è spesso legata al

fenomeno della liquefazione, che interessa i soli depositi sabbiosi. Tuttavia anche depositi coesivi soffici e/o plastici, sotto carichi dinamici particolarmente intensi, possono subire un riassetto delle particelle.

La presenza quindi di depositi coesivi fini caratterizzati da valori di  $c_u < 70$  kPa per spessori  $\geq 5$  m può favorire il verificarsi di cedimenti post-sismici dovuti alla riconsolidazione conseguente alla dissipazione delle pressioni interstiziali accumulantesi durante il terremoto.

Pur essendo presenti nell'area indagata strati di terreni coesivi (argille e limi) a bassa consistenza, caratterizzati da valori di  $c_u < 70$  kPa, si precisa che questa condizione rappresenta una situazione ad ampio e diffuso carattere areale, riscontrato da diverse indagini geognostiche effettuate al contorno dell'area in studio.

Pertanto, pur considerando le condizioni litostratigrafiche locali non ottimali negli strati più superficiali, nel caso in cui non vi siano eteropie geologiche rilevanti, come nel caso in esame, si ritiene che tali eventuali fenomeni di densificazione e cedimenti postsismici non possano provocare danneggiamenti importanti sulle eventuali strutture da realizzarsi nell'area in studio.

#### 5.4.2.4. Fenomeni di liquefazione

La possibilità che nei terreni di fondazione caratterizzanti l'area in esame si verifichino fenomeni di liquefazione delle sabbie può essere esclusa, in quanto, come si evince dal sondaggio penetrometrico effettuato, è stata accertata l'assenza di strati di terreno granulare a grana fine (sabbie), in falda, con spessori significativi entro i primi 15-20 metri di sottosuolo.

#### 5.4.3. Fattori di amplificazione sismica

Con riferimento all'Allegato A2 dell'Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico di cui alla Delibera della Giunta Regionale dell'Emilia Romagna n° 2193 del 21 dicembre 2015, sono stati determinati i fattori di amplificazione sismica, per il secondo livello di approfondimento, rispetto ad un suolo di riferimento (Suolo A – Eurocodice 8 parte 1), calcolati sulla base di apposite tabelle.

I fattori di amplificazione sono espressi in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale ( $PGA/PGA_0$ ) e di rapporto di Intensità spettrale o di Housner ( $SI/SI_0$ ) per prefissati intervalli di periodi ( $0.1s < T_0 < 0.5s$ , di  $0.5s < T_0 < 1.0s$  e di  $0.5s < T_0 < 1.5s$ ), dove  $PGA_0$  e  $SI_0$  sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, mentre  $PGA$  e  $SI$  sono le corrispondenti grandezze calcolate alla superficie dei siti esaminati. Nello specifico si è fatto riferimento alla tabella denominata "Pianura 2", in quanto l'area in studio ricade in un "settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e dal tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.".

I fattori di amplificazione (F.A) per l'area in esame, riportati anche nella Carta di microzonazione sismica di Tav. 5, sono riportati nella seguente Tab. 7:

	<b>Fattori di Amplificazione (F.A.)</b>
<b>P.G.A.</b>	<b>1.7</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner SI1 (0.1s&lt;T<sub>0</sub>&lt;0.5s)</b>	<b>2.0</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner SI2 (0.5s&lt;T<sub>0</sub>&lt;0.1s)</b>	<b>3.0</b>
<b>Intensità spettrale o di Housner SI3 (0.5s&lt;T<sub>0</sub>&lt;1.5s)</b>	<b>3.3</b>

**Tab. 7 – Valori dei Fattori di amplificazione sismica per le analisi del secondo livello di approfondimento**

Si fa presente tuttavia che per il comune di Poviglio è in fase di elaborazione uno studio generale di microzonazione sismica di tutto il territorio, al quale, pertanto, si deve rimandare per un maggiore dettaglio ed approfondimento degli effetti della risposta sismica locale e per le eventuali analisi del terzo livello di approfondimento.

## **6. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE**

Senza entrare nel dettaglio della determinazione puntuale della capacità portante dei terreni di fondazione, che deve essere verificata in fase di progettazione esecutiva in funzione della tipologia dei fabbricati e delle fondazioni adottate, vengono di seguito definite in via di massima le caratteristiche geotecniche dei terreni caratterizzanti l'area in studio.

Oltre alla definizione delle caratteristiche litostratigrafiche, le prove penetrometriche consentono infatti la caratterizzazione litotecnica dei terreni di fondazione sulla base delle correlazioni semiempiriche tra la resistenza penetrometrica alla punta ( $R_p$ ) e i valori di coesione  $c$ , di angolo di attrito interno  $\phi$  e densità  $\gamma$ .

In considerazione dei dati dell'indagine penetrometrica effettuata si evince che i terreni degli strati più superficiali, interessati dalle comuni tipologie fondali superficiali (fondazioni lineari o plinti intestati a circa -1.00/1.50 m dal p.c.), presentano generalmente caratteristiche geotecniche mediocri o scadenti, con valori di capacità portante da medi a scarsi.

Sulla base delle analisi effettuate si è pervenuti, quindi, ad un livello di approfondimento geologico in grado di stabilire la fattibilità edificatoria di massima dell'area, fermo restando il rispetto, a livello di progettazione esecutiva, dei disposti del D.M. 14/01/2008 (Testo unitario "Norme Tecniche per le Costruzioni").

E' evidente che le considerazioni sopra riportate sono esclusivamente di carattere qualitativo e che in fase di progettazione esecutiva andranno realizzate ulteriori e più approfondite indagini geognostiche, al fine di una determinazione puntuale dei carichi e dei cedimenti, calcolati in funzione delle tipologie edificatorie e fondali.

## 7. CONSIDERAZIONI FINALI

Lo studio effettuato e le indagini svolte in situ consentono di fare le seguenti considerazioni conclusive:

- 1) *I terreni che caratterizzano l'area in studio, oggetto della Variante 2016b al PSC ed al RUE del Comune di Poviglio, sono costituiti da depositi continentali di tipo alluvionale attribuibili, secondo la "Carta Geologica della Regione Emilia Romagna – Progetto CARG", al Subsistema di Ravenna (AES8). Questi depositi sono rappresentati, nell'area in studio, da alternanze di limi, argille e limi sabbiosi fino oltre la massima profondità indagata pari a -20.00 m dal piano campagna.*
- 2) *Le caratteristiche litotecniche dei depositi caratterizzanti l'area di variante in studio sono generalmente mediocri o scadenti negli strati più superficiali interessati dalle opere di fondazione, tuttavia consentono comunque l'adozione di fondazioni superficiali del tipo comunemente in uso, quali fondazioni a nastro continuo o a trave rovescia, oppure a plinti. A partire da circa 10 m di profondità si rileva un sensibile miglioramento delle caratteristiche litotecniche dei terreni con valori elevati di resistenza penetrometrica. Si ribadisce, tuttavia, che in fase di progettazione esecutiva dovranno essere effettuate ulteriori e più approfondite indagini geognostiche, al fine di una determinazione puntuale dei carichi ammissibili e dei cedimenti, calcolati in funzione delle tipologie edificatorie.*
- 3) *In fase progettuale andrà posta particolare attenzione al corretto dimensionamento della rete fognaria e di scolo delle acque meteoriche, al fine di garantire lo smaltimento di tutte le acque nei momenti di maggiore afflusso ed evitare rischi di allagamenti o ristagni d'acqua. Si dovrà inoltre porre attenzione alla collocazione ed alla tenuta della rete fognaria, affinché non si verifichino dispersioni entro i terreni di fondazione.*
- 4) *In relazione alle escursioni del livello della falda, prossima al piano campagna nei periodi particolarmente piovosi, ed al limitato rischio di esondazione per piene eccezionali, si sconsiglia la realizzazione di locali interrati o seminterrati.*
- 5) *Con riferimento al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) l'area è compresa zone individuate come "dossi di pianura" tutelati ai sensi dell'Art. 43 e nelle "Zone ed elementi di tutela dell'impianto storico della centuriazione" ai sensi dell'Art. 48 . Tuttavia le previsioni urbanistiche della Variante al PSC e RUE del Comune di Poviglio non si pongono in contrasto con le prescrizioni di tutela paesistica del P.T.C.P..*
- 6) *Gli interventi eventuali di trasformazione previsti per l'area in studio, in considerazione del contesto nel quale si collocano ed in considerazione del fatto che l'area risulta già in parte edificata ed urbanizzata, non comporteranno interferenze od alterazioni di tipo naturalistico e/o ambientale.*
- 7) *Relativamente all'analisi del rischio sismico, sulla base dei dati acquisiti il sottosuolo di fondazione dell'area è attribuibile alla **categoria sismica C**, di cui all'OPCM n° 3274/2003 e al D.M. 14/01/2008*

"Norme tecniche per le costruzioni", con velocità delle onde di taglio nei primi 30 m pari a **213 m/s** riferita al piano campagna.

- 8) Gli effetti sismici locali sono rappresentati dalla possibile amplificazione del segnale sismico conseguente alla presenza di litotipi con velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) inferiori a 800 m/s. La caratterizzazione litostratimetrica, idrogeologica e geomeccanica del sito consente di escludere potenziali fenomeni di liquefazione ovvero di diminuzione della resistenza al taglio causata dall'aumento della pressione interstiziale.
- 9) In considerazione del carattere preliminare e generale della presente relazione, si ricorda che in sede di progettazione esecutiva le indagini geognostiche dovranno essere integrate ed approfondite in modo puntuale in rispetto di quanto previsto dal D.M. 14/01/2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

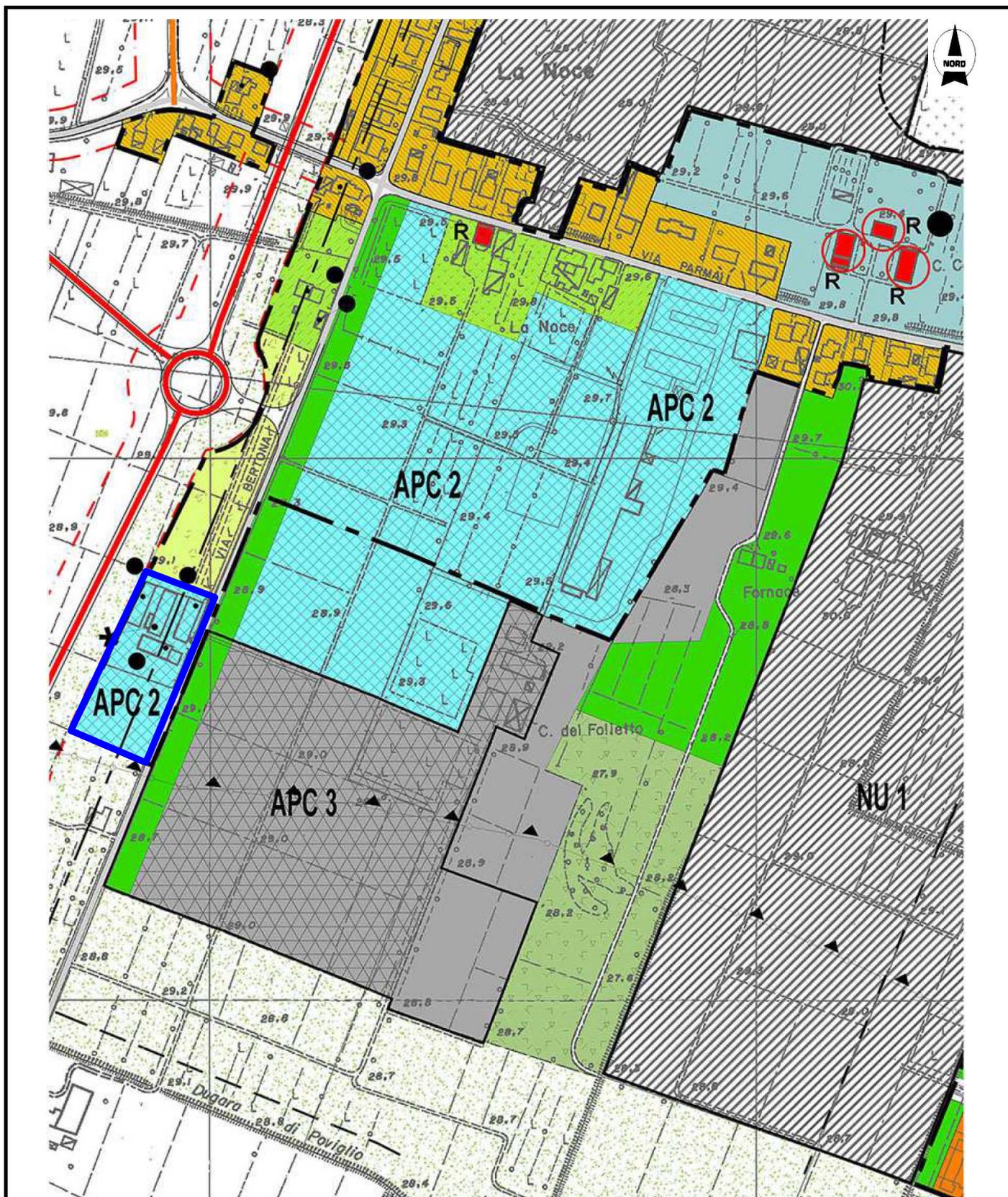
In considerazione di quanto sopra esposto, l'area oggetto del presente studio viene dichiarata idonea e compatibile, sotto il profilo geologico-morfologico, idrogeologico, geotecnico e sismico, in ordine alla destinazione richiesta con la Variante al PSC e RUE del Comune di Poviglio ed alla realizzazione dei conseguenti interventi di trasformazione.

Castelnovo di Sotto, Ottobre 2016

**Dr. Geol. Alfredo Speroni**



**LEGENDA**



Area in oggetto

**Tav. 2 – ESTRATTO DA CARTOGRAFIA DI R.U.E. - VERSIONE PROPOSTA**

- scala 1:5.000



### LEGENDA



area in oggetto

**HVSr 1**



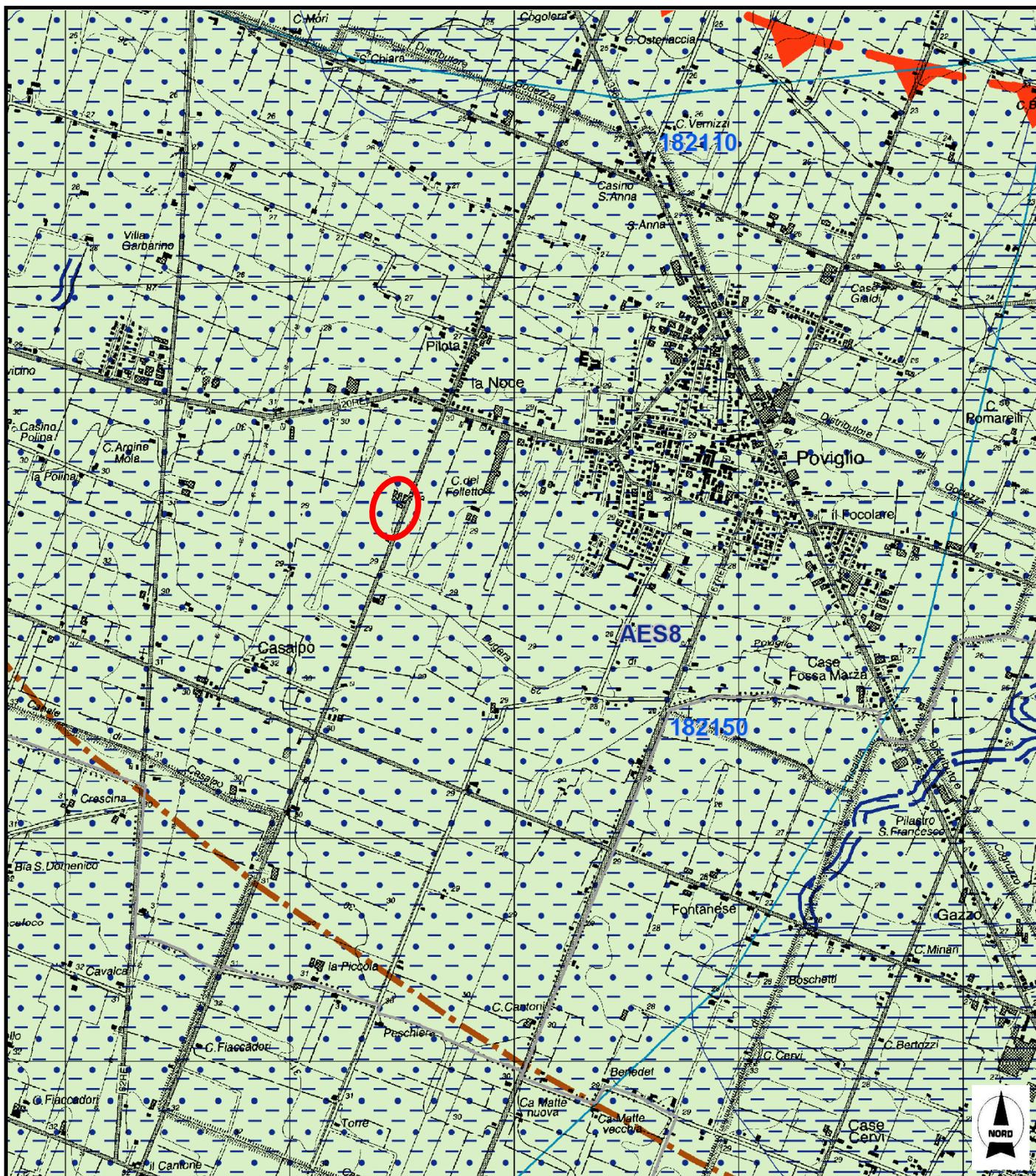
ubicazione prova sismica con Tromino (HVSr)

**CPT 1**



ubicazione prova penetrometrica statica (CPT)

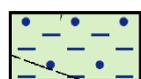
**Tav. 3 - PLANIMETRIA DA FOTO AEREA** - scala 1:2.000  
(da Ortofoto Multifunzione Emilia Romagna AGEA 2011)



**LEGENDA**



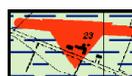
**AES8 - Subsistema di Ravenna**  
Argille e argille limose di piana alluvionale



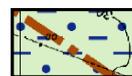
**AES8 - Subsistema di Ravenna**  
Limi e limi sabbiosi di piana alluvionale



Traccia di alveo fluviale abbandonato  
certa



Sovrascorrimento profondo  
post-tortoniano dedotto

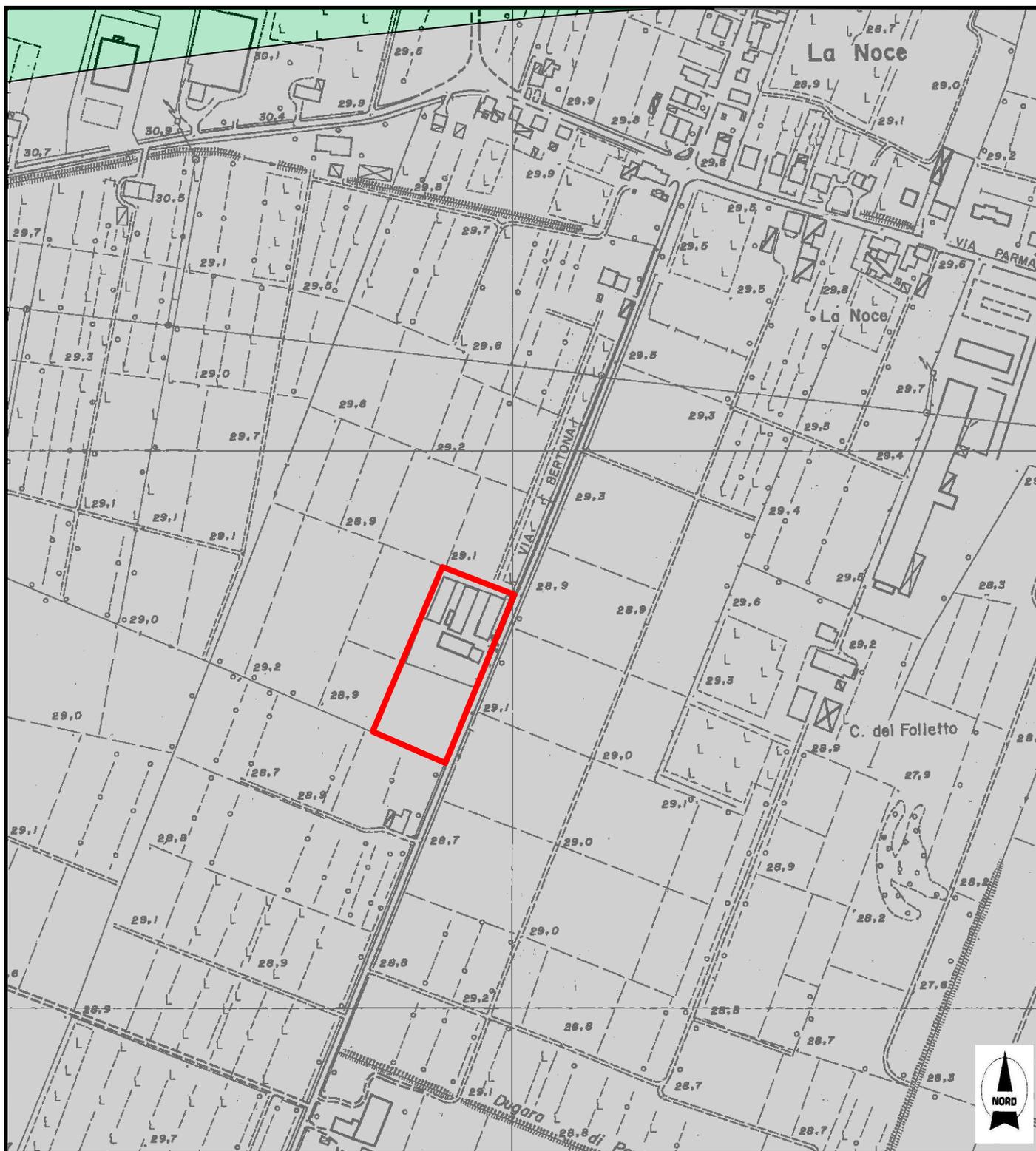


Isobata della base del Pliocene



Ubicazione area in oggetto

**Tav. 4 - CARTA GEOLITOLOGICA - scala 1:25.000**  
(da Cartografia Geologica della Regione Emilia Romagna)



**LEGENDA**

**EFFETTI ATTESI**



Amplificazione stratigrafica + cedimenti (potenziale)



Amplificazione stratigrafica + Liquefazione (potenziale)



Area in studio oggetto di Variante per la quale si considerano:  
Effetti attesi:  
 amplificazione stratigrafica + cedimenti post-sismici (potenziale).

Fattori di Amplificazione: F.A. PGA = 1.7  
 F.A. SI1 (0.1s < T<sub>0</sub> < 0.5s) = 2.0  
 F.A. SI2 (0.5s < T<sub>0</sub> < 1.0s) = 3.0  
 F.A. SI3 (0.5s < T<sub>0</sub> < 1.5s) = 3.3

**Tav. 5 - CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA - scala 1:5.000**

# **COMUNE DI POVIGLIO**

**Provincia di Reggio Emilia**

**VARIANTE 2016b AL P.S.C. E AL R.U.E.**

**Area di Variante "b" - Via Bertona**

## **ALLEGATO 1**

**Prova penetrometrica statica**

Il Geologo incaricato: **Dott. Geol. Alfredo Speroni**

**Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna n° 549**

Via Prato Bovino, 73/A – 42024 Castelnovo di Sotto (RE)

Tel. e Fax: 0522 688313; Cell. 338 1204504

e-mail: [alfredosperoni61@gmail.com](mailto:alfredosperoni61@gmail.com)

[alfredosperoni@alice.it](mailto:alfredosperoni@alice.it)

PEC: [alfredosperoni@epap.sicurezza postale.it](mailto:alfredosperoni@epap.sicurezza postale.it)

Cod. Fisc: SPRLRD61D03C218K – P.IVA: 01407840352



Castelnovo di Sotto, Ottobre 2016

VIA AUSTRIA, 24 - 41122 MODENA

Telefono 059/313999  
Telefax 059/454827



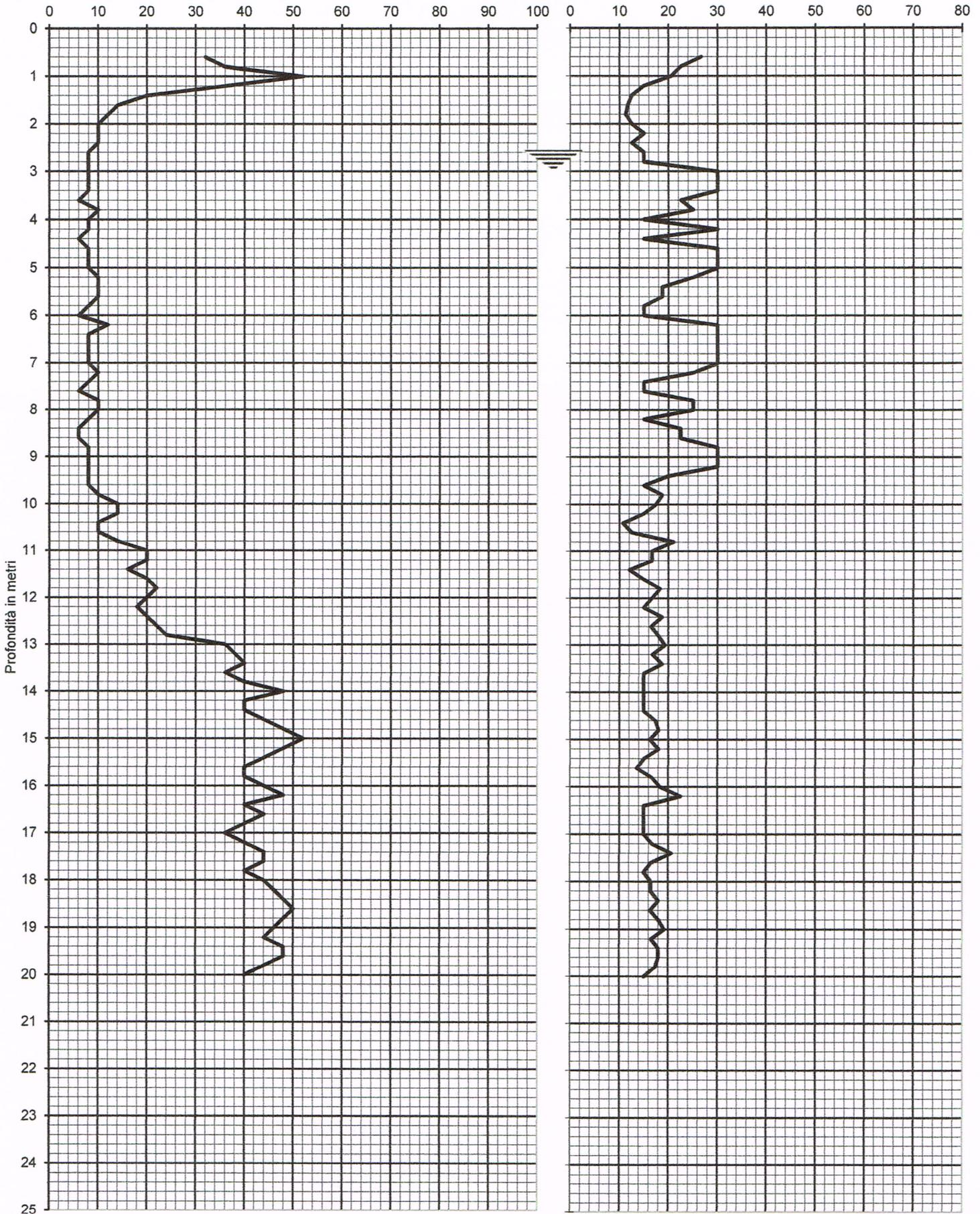
**PROVA PENETROMETRICA STATICA**  
Penetrometro Gouda

Certificato n. : **427/16**      Data emissione: 13/10/16

Committente : DOTT. SPERONI  
Località : VIA BERTONA-POVIGLIO (RE)  
Prova numero : 1  
Data : 13/10/2016  
Operatore : DR. REBECCHI  
Quota : P.C.

Resistenza alla punta Rp (kg/cm<sup>2</sup>)

Rp/RI



Prof. (m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	P + L (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	RI (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/RI [-]
0.20					
0.40					
0.60	32	50	32	1.20	26.67
0.80	36	60	36	1.60	22.50
1.00	52	90	52	2.53	20.53
1.20	36	72	36	2.40	15.00
1.40	20	44	20	1.60	12.50
1.60	14	32	14	1.20	11.67
1.80	12	28	12	1.07	11.25
2.00	10	22	10	0.80	12.50
2.20	10	20	10	0.67	15.00
2.40	10	22	10	0.80	12.50
2.60	8	16	8	0.53	15.00
2.80	8	16	8	0.53	15.00
3.00	8	12	8	0.27	30.00
3.20	8	12	8	0.27	30.00
3.40	8	12	8	0.27	30.00
3.60	6	10	6	0.27	22.50
3.80	10	16	10	0.40	25.00
4.00	8	16	8	0.53	15.00
4.20	8	12	8	0.27	30.00
4.40	6	12	6	0.40	15.00
4.60	8	12	8	0.27	30.00
4.80	8	12	8	0.27	30.00
5.00	8	12	8	0.27	30.00
5.20	10	16	10	0.40	25.00
5.40	10	18	10	0.53	18.75
5.60	10	18	10	0.53	18.75
5.80	8	16	8	0.53	15.00
6.00	6	12	6	0.40	15.00
6.20	12	18	12	0.40	30.00
6.40	8	12	8	0.27	30.00
6.60	8	12	8	0.27	30.00
6.80	8	12	8	0.27	30.00
7.00	8	12	8	0.27	30.00
7.20	10	16	10	0.40	25.00
7.40	8	16	8	0.53	15.00
7.60	6	12	6	0.40	15.00
7.80	10	16	10	0.40	25.00
8.00	10	16	10	0.40	25.00
8.20	8	16	8	0.53	15.00
8.40	6	10	6	0.27	22.50
8.60	6	10	6	0.27	22.50
8.80	8	12	8	0.27	30.00
9.00	8	12	8	0.27	30.00
9.20	8	12	8	0.27	30.00
9.40	8	14	8	0.40	20.00
9.60	8	16	8	0.53	15.00
9.80	10	18	10	0.53	18.75
10.00	14	26	14	0.80	17.50
10.20	14	28	14	0.93	15.00
10.40	10	24	10	0.93	10.71
10.60	10	22	10	0.80	12.50
10.80	14	24	14	0.67	21.00
11.00	20	38	20	1.20	16.67
11.20	20	38	20	1.20	16.67
11.40	16	36	16	1.33	12.00
11.60	20	40	20	1.33	15.00
11.80	22	40	22	1.20	18.33
12.00	20	38	20	1.20	16.67
12.20	18	36	18	1.20	15.00
12.40	20	36	20	1.07	18.75
12.60	22	42	22	1.33	16.50
12.80	24	44	24	1.33	18.00
13.00	36	64	36	1.87	19.29
13.20	38	72	38	2.27	16.76
13.40	40	72	40	2.13	18.75
13.60	36	72	36	2.40	15.00
13.80	40	80	40	2.67	15.00
14.00	48	96	48	3.20	15.00
14.20	40	80	40	2.67	15.00
14.40	40	80	40	2.67	15.00
14.60	44	82	44	2.53	17.37
14.80	48	88	48	2.67	18.00
15.00	52	100	52	3.20	16.25

Prof. (m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	P + L (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	RI (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/RI [-]
15.20	48	88	48	2.67	18.00
15.40	44	88	44	2.93	15.00
15.60	40	84	40	2.93	13.64
15.80	40	76	40	2.40	16.67
16.00	44	80	44	2.40	18.33
16.20	48	80	48	2.13	22.50
16.40	40	80	40	2.67	15.00
16.60	44	88	44	2.93	15.00
16.80	40	80	40	2.67	15.00
17.00	36	72	36	2.40	15.00
17.20	40	76	40	2.40	16.67
17.40	44	76	44	2.13	20.63
17.60	44	84	44	2.67	16.50
17.80	40	80	40	2.67	15.00
18.00	44	84	44	2.67	16.50
18.20	46	88	46	2.80	16.43
18.40	48	88	48	2.67	18.00
18.60	50	96	50	3.07	16.30
18.80	48	88	48	2.67	18.00
19.00	46	82	46	2.40	19.17
19.20	44	84	44	2.67	16.50
19.40	48	88	48	2.67	18.00
19.60	48	88	48	2.67	18.00
19.80	44	82	44	2.53	17.37
20.00	40	80	40	2.67	15.00
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					

# **COMUNE DI POVIGLIO**

**Provincia di Reggio Emilia**

**VARIANTE 2016b AL P.S.C. E AL R.U.E.**

**Area di Variante "b" - Via Bertona**

## **ALLEGATO 2**

**Prova sismica HVSR con tromografo digitale portatile**

Il Geologo incaricato: **Dott. Geol. Alfredo Speroni**

**Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna n° 549**

Via Prato Bovino, 73/A – 42024 Castelnovo di Sotto (RE)

Tel. e Fax: 0522 688313; Cell. 338 1204504

e-mail: [alfredosperoni61@gmail.com](mailto:alfredosperoni61@gmail.com)

[alfredosperoni@alice.it](mailto:alfredosperoni@alice.it)

PEC: [alfredosperoni@epap.sicurezza postale.it](mailto:alfredosperoni@epap.sicurezza postale.it)

Cod. Fisc: SPRLRD61D03C218K – P.IVA: 01407840352



Castelnovo di Sotto, Ottobre 2016

## POVIGLIO – VIA BERTONA

Strumento: TRZ-0189/01-12

Formato dati: 16 byte

Fondo scala [mV]: n.a.

Inizio registrazione: 13/10/16 14:02:35 Fine registrazione: 13/10/16 14:18:35

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Dato GPS non disponibile

Durata registrazione: 0h16'00".

Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

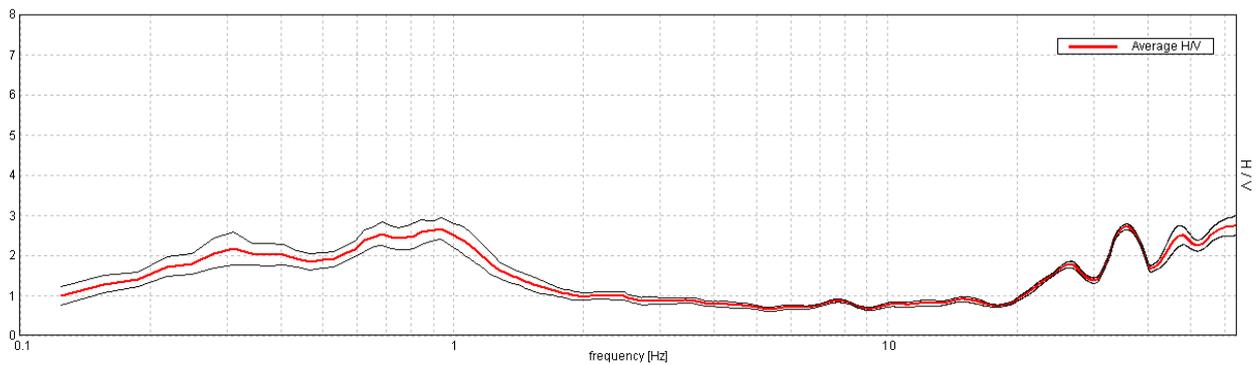
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

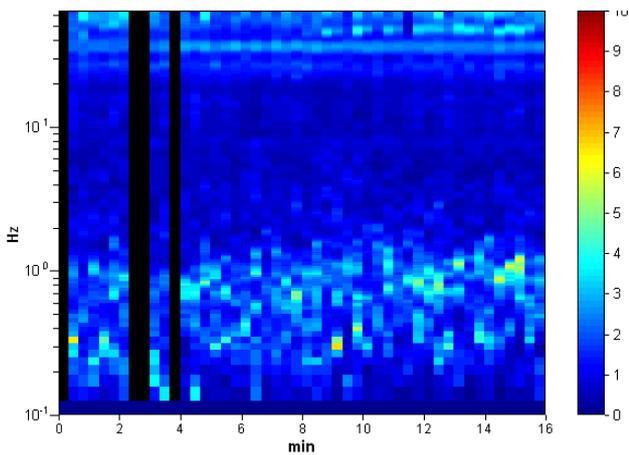
Lisciamento: 10%

### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

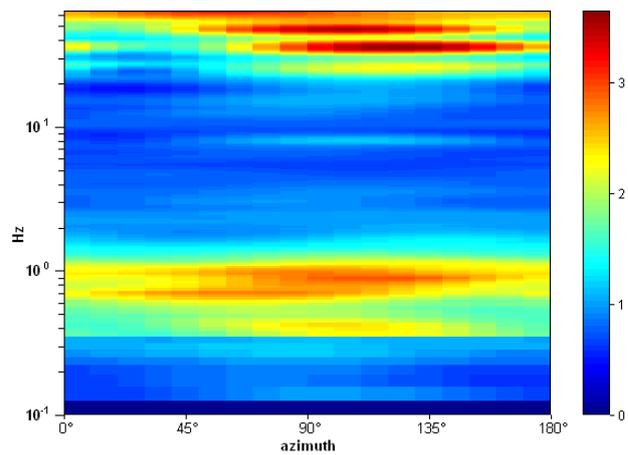
Max. H/V at 63.97 ± 28.23 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



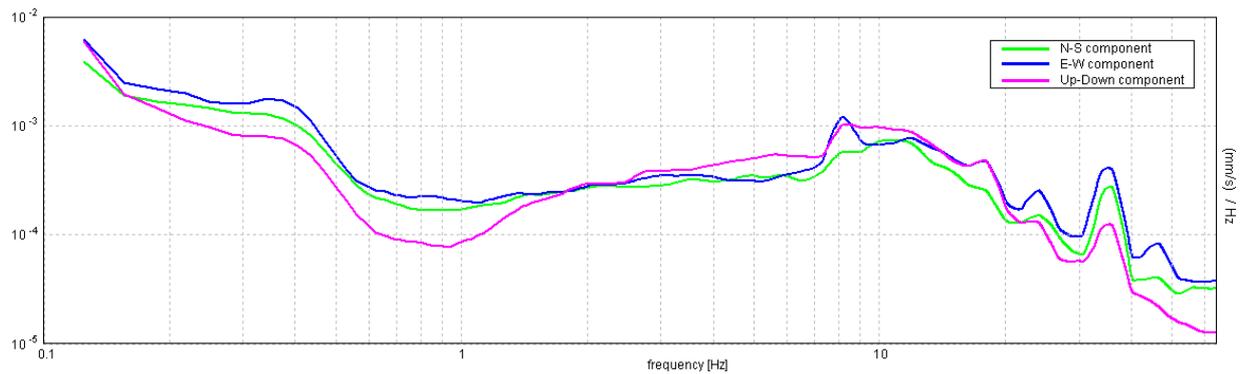
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

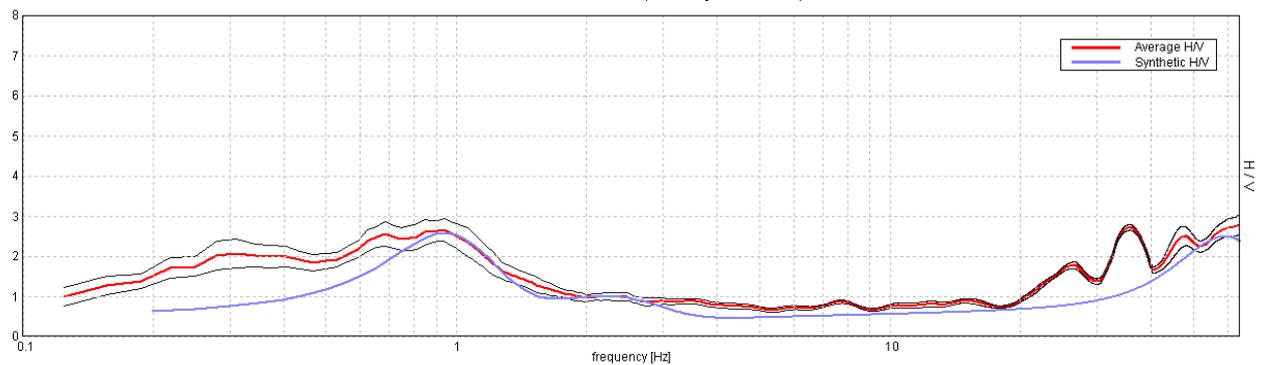


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



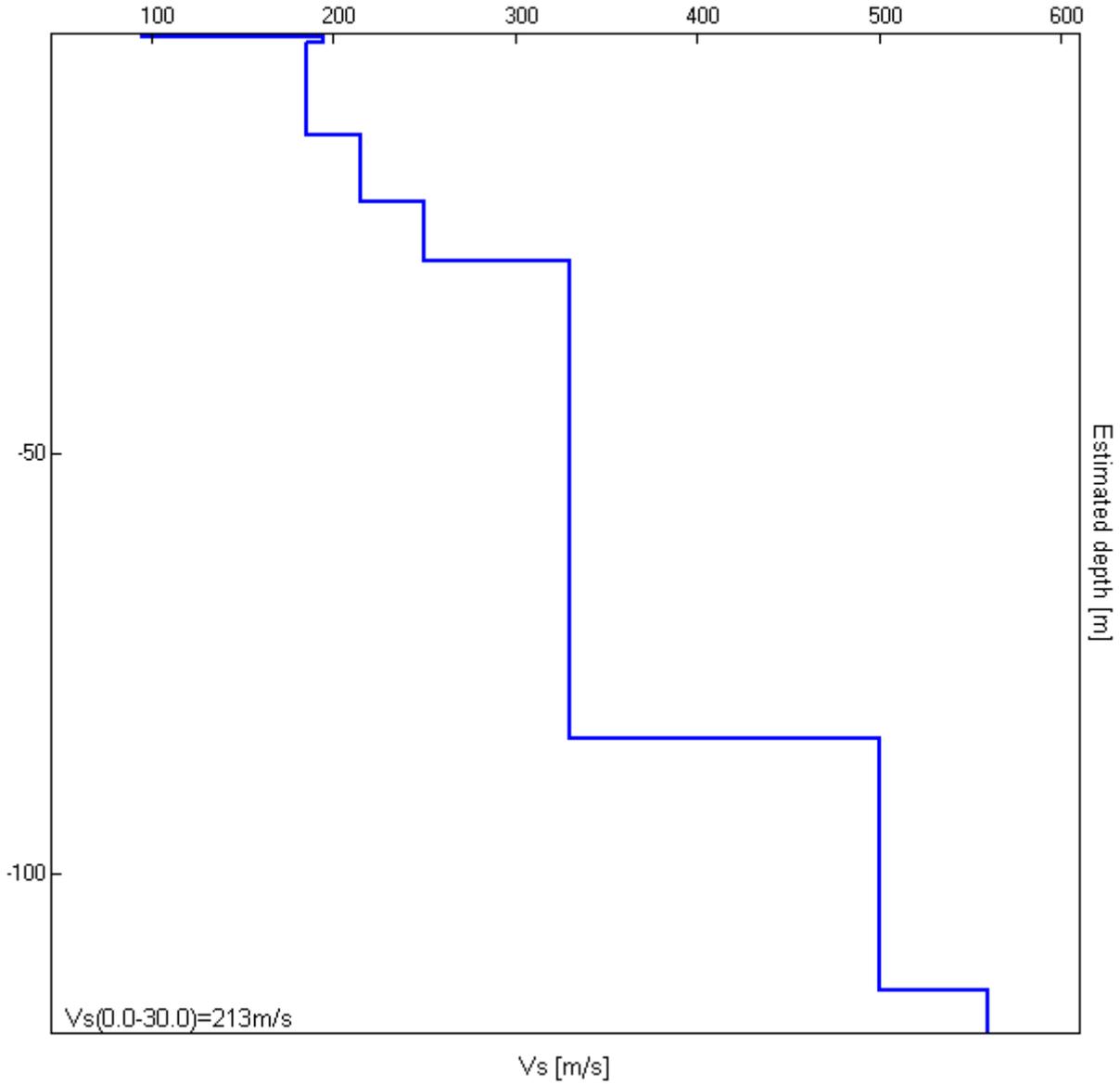
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 63.97 ± 20.47 Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz)



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.40	0.40	95	0.42
1.00	0.60	195	0.42
12.00	11.00	185	0.42
20.00	8.00	215	0.42
27.00	7.00	250	0.42
84.00	57.00	330	0.38
114.00	30.00	500	0.35
inf.	inf.	560	0.35

Vs(0.0-30.0)=213m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $63.97 \pm 28.23$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$63.97 > 0.50$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$56292.5 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 1026	<b>OK</b>	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	30.281 Hz	<b>OK</b>	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			<b>NO</b>
$A_0 > 2$	$2.75 > 2$	<b>OK</b>	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.44131  < 0.05$		<b>NO</b>
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$28.22993 < 3.19844$		<b>NO</b>
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2423 < 1.58$	<b>OK</b>	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20