

COMUNE DI BRISIGHELLA
Unione della Romagna Faentina
Provincia di Ravenna

PUA

Piano Urbanistico Attuativo

Piano particolareggiato
di iniziativa privata

Scheda n.49 Area

"Il Molinone"

Variante n.3 al PRG

Comune di Brisighella

Art. 32.5 NTA del RUE

COMMITTENZA : FERRERO COSTRUZIONI s.r.l.
Via Alberto Mario n. 20, Milano

PROPRIETA' : FERRERO COSTRUZIONI s.r.l.
Via Alberto Mario n. 20, Milano
COMUNE DI BRISIGHELLA

UBICAZIONE: Via Fratelli Cardinali Cicognani, Brisighella (RA)

DATI CATASTALI: Foglio 58 Mappali 79, 320, 253, 254, 255, 534, 535

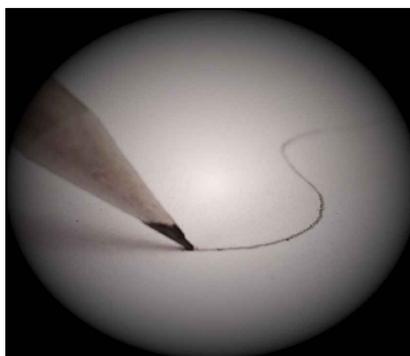
DATA : Dicembre 2021

PROGETTAZIONE

Studio Tiziano Conti architetto
via Salvolini 15, 48018 Faenza(RA)
Telefono 0546 26440
tizconti1@gmail.com

COLLABORAZIONI

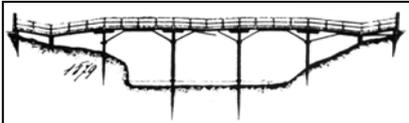
FERRERO COSTRUZIONI s.r.l.
Arch. Silvia Ferrero
Geom. Bianchi Pietro
Geologo Dott. Stefano Marabini
Acustica Ing. Daniele Tassinari (Studio Energia Faenza)
VALSAT Dott. Stefano Costa (Servizi Ecologici Faenza)



RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA

E SISMICA

Rel.
GEO



Studio Geologico
dott. Stefano Marabini
Via San Martino, 1
48018 FAENZA (RA)
tel. : 348 2680965
e-mail: stemarabini@libero.it

FERRERO COSTRUZIONI
s.r.l.

P.U.A.
(Piano Urbanistico Attuativo)
relativo alla
Scheda RUE n.49
“AREA IL MOLINONE”-
(Comune di Brisighella - Ra)

RELAZIONE GEOLOGICA

(D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015):

- 1 - GENERALITA'.
- 2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.
- 3 - INDAGINI GEOGNOSTICHE
E MODELLIZZAZIONE GEOLOGICA
- 4 - ANALISI GEOLOGICO-TECNICA.
- 5 - ANALISI DEL RISCHIO SISMICO.
- 6 - CONCLUSIONI.

Allegati:

- | | |
|---|-----------|
| TAV. 1 Carta Geologica | 1 : 5.000 |
| TAV. 2 Carta Geotecnica e Idrogeologica | 1 : 1.000 |
| TAV. 3 Sezione Geologico-tecnica | 1 : 500 |
- n.3 + 1 grafici e tabelle di penetrometrie statiche (CPT)
 - n. 1 stratigrafia di carotaggio (*Archivio*)
 - n. 2 misure geofisiche con *Tromografo* (HVSR)

Faenza, 22 dicembre 2021



P.U.A. (Piano Urbanistico Attuativo) relativo alla Scheda RUE n.49 - “AREA IL MOLINONE”

(Comune di Brisighella – Ra)

Relazione Geologica



FIG. A – Panoramica attuale dell’“AREA IL MOLINONE” (*ex area Gessi Lago d’Iseo*), posta nella fascia interna della piana terrazzata di Brisighella e al piede del versante vallivo.

1 - GENERALITA'.

Su incarico di **Ferrero Costruzioni s.r.l.** è stata effettuata una analisi geologico-tecnica e del rischio sismico a supporto del **P.U.A. (Piano Urbanistico Attuativo) relativo alla Scheda RUE n.49 - “AREA IL MOLINONE” a Brisighella (Ra)**, il quale prevede edificazione di tipo residenziale nell’*ex area industriale Gessi Lago d’Iseo* dismessa nei passati anni '90 (v. **PROGETTO dello Studio Architetti Conti Galegati di Faenza, FIGG. A , B e TAVV. 1, 2 , 3)**.

In considerazione dei caratteri geologici generali noti per l’area in oggetto posta alla periferia sud dell’abitato di Brisighella (v. **Studi Geologici PRG/PSC del Comune di Brisighella**), e in riferimento alle Normative Tecniche vigenti (**D.M. 17/01/2018, OCDPC 293/2015 e succ.**), per definire la fattibilità geologica dell’intervento urbanistico-edilizio sono stati criticamente acquisiti, ad integrazione delle osservazioni geologiche di superficie, i risultati delle seguenti indagini geognostiche e geofisiche *in situ* (v. **ubicazione in TAVV. 1, 2 e 3**):

- **n. 3 penetrometrie statiche (CPT1, CPT 2, CPT 3)** effettuate all’interno dell’area antropizzata di studio nell’aprile 2007 in occasione di un precedente studio urbanistico, che furono spinte a profondità massima di -15m (da: **Relazione Variante Parziale PRG di Brisighella – Area Stabilimento “Gessi Lago d’Iseo”, a firma geologo Alessandro Poggiali, gennaio 2007**).
- **n. 1 penetrometria statica (CPT3/09) e n. 1 carotaggio Ø10cm (S1/09)** effettuati in passato a cura dello scrivente a poca distanza (*zona Asilo Cicognani*) nel medesimo contesto morfologico di studio.

P.U.A. (Piano Urbanistico Attuativo) relativo alla Scheda RUE n.49 - “AREA IL MOLINONE”

(Comune di Brisighella – Ra)

Relazione Geologica

- **n. 2 misure geofisiche con Tromografo (HVSR)** per la determinazione preliminare della **Categoria sismica dei terreni** a partire dalla frequenza di risonanza del terreno.

L’analisi del rischio sismico è stata in particolare integrata con l’acquisizione critica dei risultati del più recente aggiornamento dello **Studio di microzonazione sismica di “livello 3”** acquisito dal **Comune di Brisighella (ai sensi dell’OCDPC 293/2015 e conforme alla DGR 630/2019)**.

I risultati complessivi dell’analisi geologico-tecnica e sismica sono illustrati nella presente **Relazione Geologica**, che è corredata dei seguenti elaborati grafici:

- TAV. 1 Carta Geologica 1 : 5.000
- TAV. 2 Carta Geotecnica e Idrogeologica 1 : 1.000
- TAV. 3 Sezione Geologico-tecnica 1 : 500

2 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.

2.1 GEOMORFOLOGIA E LITOSTRATIGRAFIA.

La porzione di “AREA IL MOLINONE” oggetto di intervento edilizio si estende per circa 1ha, su un dislivello di una quindicina di metri e a quota compresa circa tra 115/130m s.l.m., nella fascia interna dell’ampia piana terrazzata di Brisighella e al piede del versante vallivo sinistro del Fiume Lamone (v. FIGG. A e B).

In pratica, l’“AREA IL MOLINONE” insiste nella prosecuzione verso sud-ovest del medesimo ambito geomorfologico su cui è posto anche il Centro Storico di Brisighella, ove, al piede del versante vallivo, è accertata la presenza di una copertura superficiale di terreni alluvionali e colluviali spessa sin oltre la ventina di metri al di sopra del substrato roccioso (*bed rock*) (v. TAV. 1 e Studi Geologici PRG/PSC del Comune di Brisighella).

In particolare, si riscontra che nel tratto vallivo in questione l’ampio terrazzo fluviale poligenico di Brisighella, la cui superficie é elevata mediamente di una ventina di metri rispetto al fondovalle, risulta “intagliato”, così come il versante sovrastante, entro un *bed rock* omogeneo costituito dai litotipi stratificati della *Formazione Marnoso-Arenacea – FMA* (v. FIG. B).

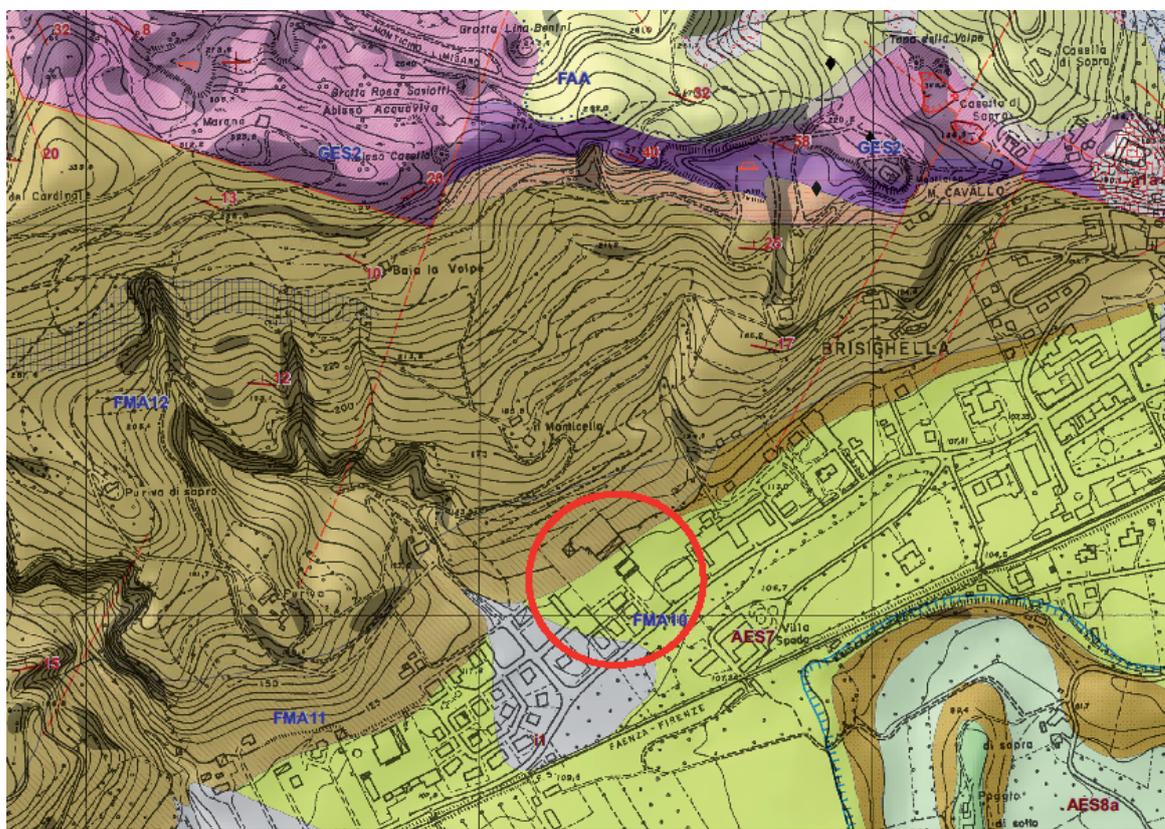
Relazione Geologica

FIG. B – Ubicazione dell'area di studio nella *Cartografia Geologica Regione Emilia-Romagna* (internet). Essa si estende nella fascia interna dell'ampia piana terrazzata di Brisighella e al piede del versante vallivo sinistro del Fiume Lamone (AES 7/AES 8), in corrispondenza di *bed rock* marnoso-arenaceo (FMA).

E' in generale da considerare, per quanto riguarda l'assetto morfostratigrafico del terrazzo fluviale di Brisighella, la cui composita copertura alluvionale-colluviale è nella *Cartografia Geologica Regione Emilia-Romagna* riferita alla transizione tra *Subsistema di Villa Verrucchio* – AES 7 e *Subsistema di Ravenna* – AES 8 (*Pleistocene terminale-Olocene antico*), che mentre sul ciglio esterno esso presenta uno spessore di alluvioni di pochi metri, caratterizzato da un orizzonte ghiaioso basale poggiante direttamente in discordanza sul *bed rock*, nella fascia interna di raccordo con il versante presenta invece uno spessore assai più elevato di terreni fini di natura prevalentemente colluviale e di *conoide minore (i)* (v. FIG. B).

Per quanto riguarda specificatamente il tratto di piede di versante interessato dall'"AREA IL MOLINONE", la cui acclività naturale é pari a 15%-20%, si constata la prevalente corrispondenza con un antico conoide minore costruito sulla piana terrazzata dal *Rio Puriva* e successivamente terrazzato (v. TAV. 1), mentre la porzione di pendio più a monte, che presenta una forma regolarizzata con acclività media pari a circa il 45%, è modellata direttamente sui litotipi stratificati del *bed-rock (Formazione Marnoso-Arenacea – FMA)*.

Relazione Geologica

A proposito del versante è innanzitutto importante considerare che i litotipi stratificati subaffioranti del *bed-rock* presentano un regolare assetto giaciturale di monoclinale a reggipoggio, situazione strutturale che configura un assetto geostatico che esclude la potenzialità di dissesti franosi profondi per un congruo intorno (v. **FIG. B**).

Le condizioni di generale stabilità del versante sono peraltro “inequivocabilmente” confermate, addirittura a scala temporale delle migliaia di anni, dalla presenza a mezzacosta di un allineamento di “*dossi rocciosi*” allineati a quota intorno a 185m s.l.m. (*Puriva, Monticello, ...* : v. **TAV. 1**), i quali costituiscono i “*residui erosivi*” ben conservati di un stazionamento fluviale ben più antico rispetto a quello testimoniato dal terrazzo di Brisighella (certamente precedente l’ultima glaciazione di 20.000 anni fa !!).

In conclusione, da un punto di vista geologico generale si riscontra che l’“**AREA IL MOLINONE**” corrisponde, nonostante l’antropizzazione connessa alla cessata attività produttiva, con un contesto geologico omogeneo e geomorfologicamente ben stabilizzato, quindi idoneo dal punto di vista edificatorio, come peraltro indirettamente è confermato anche dall’assenza di criticità geostatiche e idrogeologiche per l’ampia zona edificata adiacente (v. **anche Studi Geologici PRG/PSC del Comune di Brisighella**). Anzi, è da ritenersi ragionevole che il “recupero urbanistico-edificatorio” in progetto potrà costituire, se correttamente effettuato nel rispetto degli equilibri idrogeologici naturali e del contesto di rischio sismico, occasione per un’ulteriore stabilizzazione della situazione geostatica generale della zona.

2.2 IDROGEOLOGIA SUPERFICIALE E SOTTERRANEA.

Per quanto concerne l’idrogeologia superficiale nell’intorno dell’“**AREA IL MOLINONE**” è essenzialmente da considerare che il suo discreto rilievo topografico fa sì che il deflusso delle acque meteoriche risulti agevolmente convogliato/convogliabile sia nel vicino *Rio Puriva* che solca la piana terrazzata di Brisighella in direzione del fondovalle, che nella fognatura comunale della SP 302 (**TAV. 1**).

Per quanto concerne invece l’idrogeologia sotterranea è da considerare innanzitutto che il gradiente topografico e la litologia fine di superficie contengono notevolmente l’infiltrazione efficace delle acque meteoriche nel sottosuolo, e inoltre che l’orizzonte ghiaioso basale del terrazzo di Brisighella (molto permeabile) costituisce una “struttura idrogeologica naturale” che agevola un buon drenaggio interno del sottosuolo.

In sintesi, alla luce dei dati idrogeologici disponibili, si ritengono così sufficientemente inquadrabili i caratteri dell’idrogeologia sotterranea al contorno dell’ “**AREA IL MOLINONE**”, i quali non costituiscono in assoluto un fattore di particolare condizionamento per l’edificabilità:

- nei fori penetrometrici del 2007 non fu individuata, coerentemente con il contesto geologico generale, circolazione idrica sotterranea sino a profondità di almeno una decina di metri nella sua porzione mediana.

Relazione Geologica

- da informazioni verbali si desume una profondità minima del livello freatico pari a circa **-5m** per quanto concerne pozzi freatici privati presenti in fregio alla SP302 (ad es. nell'area "ASILO CICOGNANI" a est: v. TAV. 1).

3 - INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLIZZAZIONE GEOLOGICA

Nella TAV. 2 sono indicati i siti delle citate **penetrometrie statiche CPT 1, CPT 2, CPT 3** effettuate a fini urbanistici nel 2007 all'interno dell' "AREA IL MOLINONE" con attrezzatura da 20t utilizzando punta meccanica (*friction jacket cone*), nei cui grafici e tabelle sono tabulati in particolare i seguenti parametri (v. allegati):

- **Rp (kg/cmq): Resistenza punta**
- **Rl (kg/cmq): Resistenza laterale locale**
- **Rp / Rf (rapporto di Begemann)**
- **parametri geomeccanici:**
 - γ = peso dell'unità di volume
 - c_u = coesione non drenata
 - φ' = angolo di resistenza al taglio

In considerazione del quadro geologico generale e della taratura litologica basata sui valori di resistenza penetrometrica e su correlazione con i citati dati geognostici di Archivio relativi al medesimo contesto geomorfologico similare (*zona Asilo Cicognani*) (v. **ubicazione CPT3/09 e carotaggio S1/09 in TAV. 1**), è sintetizzabile la seguente **modellizzazione geologica di unità litostratigrafiche** al di sotto di un orizzonte superficiale di suolo e terreno rimaneggiato (v. **anche grafici penetrometrici e Sezione Geologico-tecnica di TAV. 3**):

- **strato subsuperficiale (= strato A)**, raggiungibile a profondità media di circa **-2m** e accertato puntualmente sino a profondità variabile da circa **-12m** (nella porzione inferiore dell'area) a **oltre -15m** (porzione mediana) e **meno di -9m** (porzione superiore) rispetto all'attuale superficie topografica antropizzata..

Esso è costituito: **a)** superiormente da terreni prevalentemente limosi e limoso-argillosi (**strato A1**) asciutti e caratterizzati da valori medio-elevati di **Rp (Rp medio \geq 20-25daN/cmq;** **b)** inferiormente da terreni limosi parzialmente sabbiosi (**strato A2**) e caratterizzati da valori medi di **Rp (Rp medio \geq 18daN/cmq)**

Si tratta superiormente di terreni essenzialmente colluviali antichi e più o meno concrezionati per pedogenesi (= paleosuolo) e inferiormente di terreni ragionevolmente colluviali e alluvionali, analogamente a quanto riscontrato in passato presso l' *Asilo Cicognani*.

Relazione Geologica

- **strato profondo** (= **strato B**), raggiungibile a partire da profondità mediamente compresa tra **9/>>-15m** rispetto all'attuale superficie topografica antropizzata.
Si tratta di terreni non penetrabili corrispondenti nella porzione superiore dell'area con litotipi lapidei del *bed rock* (Formazione Marnoso-Arenacea), e in quella mediana e inferiore ipoteticamente con litotipi ghiaiosi poggianti sul *bed-rock*.

4 - ANALISI GEOLOGICO-TECNICA.

Il **Progetto Unitario Convenzionato AREA IL MOLINONE** prevede, per quanto concerne gli aspetti geologico-tecnici, la costruzione *ex novo* di edifici residenziali posizionati in maniera da assecondare quanto più possibile la "gradonatura artificiale" dell'area conseguente alla dismessa attività industriale (cioè riducendo al minimo ulteriori scavi) (v. FIG. A e TAVV. 2 e 3).

Allo scopo di definire la fattibilità geologico-technica degli interventi edificatori in Progetto è stata effettuata una specifica analisi preliminare, tenendo conto che l'analisi morfostratigrafica e idrogeologica, pur evidenziando una certa variabilità areale, non ha obiettivamente evidenziato situazioni di criticità geologica per l'edificabilità (v. cap.2).

A questo proposito sono stati innanzitutto riportati nella **Planimetria** di TAV. 2, in corrispondenza dei siti penetrometrici, **valori medi prudenziali di Rp (daN/cm²)** dei terreni naturali posti a **profondità tra -2/-4m** rispetto alla superficie topografica attuale, in sostanza nell'"intervallo di profondità" su cui più ragionevolmente è da prevedersi l'appoggio di fondazioni superficiali..

In ogni caso, nonostante la buona qualità e omogenea distribuzione areale dei suddetti valori medi di **Rp**, si ritiene opportuno prospettare, tenuto conto in particolare della esistente "gradonatura morfologica" che verrà convenientemente conservata per il sedime dei fabbricati previsti nella porzione superiore dell'area, la seguente zonazione in distinte **classi di edificabilità** all'interno dell'"AREA IL MOLINONE" (v. TAVV. 2 e 3):

ZONA A (= porzione medio-inferiore) :

zona idonea per l'appoggio di **fondazioni superficiali** su terreni colluvio-alluvionali caratterizzati da valori di **Rp \geq 18daN/cm²**

ZONA B (= porzione superiore) :

zona idonea per l'appoggio di **fondazioni profonde su pali** entro terreni del substrato marnoso-arenaceo (*bed rock*)

Per quanto concerne una stima preliminare di portanza dei terreni per **fondazioni superficiali** nella **ZONA A** si prospetta, considerando un valore massimo di **coefficiente di correzione = 14** a partire dai valori prudenziali di **Rp** (v. **teorie sperimentali di Sanglerat e di L'Herminier**), il seguente valore di riferimento di **Pressione Ammissibile**, in relazione al quale sono da anche prevedersi trascurabili i cedimenti per compressibilità dei terreni (in base alla **regola pratica di**

Relazione Geologica

Sanglerat per terreni caratterizzati prevalentemente da valori di **Rp » 12daN/cm²** determinati con "Delft mantle cone"):

$$\begin{aligned} \text{Pressione Ammissibile minima} &= \text{Rp} / 14 \\ (\text{strato A}) &= 18 / 14 \\ &= 1,3 \text{ daN/cm}^2 \end{aligned}$$

Per quanto concerne una stima preliminare di portata per **fondazioni profonde su pali** nella **ZONA B**, si prospetta a titolo geologico-tecnico indicativo (con riferimento ai risultati della **CPT 3**), la seguente **Portata ammissibile (P_{amm})** per un **palo trivellato Ø60cm e L= 10m**, considerando un valore **τ (adesione laterale palo-terreno) = 10ton/mq** (per una lunghezza utile in termini di adesione laterale **L = 6m**) e un valore prudenziale **Rp = 300 daN/cm²** alla base:

$$\begin{aligned} P_{\text{amm}} &= (\tau \cdot A_s \cdot L) / 2,5 + (A_b \cdot \text{Rp}/3) / 2,5 = \\ &= (10 \cdot 1,88 \cdot 5) / 2,5 + (0,28 \cdot 200/3) / 2,5 \approx \underline{\underline{45 \text{ ton}}} \end{aligned}$$

ove **A_s** = superficie laterale unitaria (m²/ml) .

A_b = superficie base (m²)

Rp = Resistenza statica punta (t/ m²)

5 - ANALISI DEL RISCHIO SISMICO.

Allo scopo di definire in termini di rischio sismico la fattibilità degli interventi edificatori previsti nell' "AREA IL MOLINONE" è stata sviluppata, così come richiesto dal **D.M. 17/01/18**, una specifica analisi relativa ai seguenti aspetti:

- **Pericolosità sismica di base**
- **Pericolosità sismica locale**

5.1 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

L'ultima zonazione sismogenica del territorio nazionale è nota con la semplice sigla "ZS9" (2004), prodotta dall'*Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia* (INGV). Questa zonazione rappresenta il più recente riferimento per gli studi di pericolosità sismica del territorio italiano, elaborata riferendosi anche ai più recenti *background* informativi sui terremoti e in particolare alle ultime banche dati relative alle sorgenti sismogeniche italiane DISS¹ e il catalogo CPTI².

¹ <<Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy">> (Valensise e Pantosti, 2001)

² <<Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani">, Gruppo di lavoro CPTI, 1999-2002>>

P.U.A. (Piano Urbanistico Attuativo) relativo alla Scheda RUE n.49 - “AREA IL MOLINONE”

(Comune di Brisighella – Ra)

Relazione Geologica

L'area di studio ricade nella macrozona sismogenica 914 (ZS9), con magnitudo massima attribuita $M = 6,14$; la sismicità è correlabile alla tettonica attiva del fronte compressivo della catena appenninica. Più nel dettaglio (**figura 5.1**); la banca dati DISS 3.2.1 indica che l'area studiata è situata poco a sud dell'ampia sorgente sismogenica complessa denominata ITCS001 - Castel San Pietro Terme-Meldola (con profondità ipocentrali comprese tra 2 e 8 km di profondità e “slip rate” compreso tra 0,24 e 0,63 mm/anno) e alla quale è associata una magnitudo massima $M_w = 5.8$ (derivata dalla sorgente individuale ITIS093 - Faenza, associata proprio al terremoto del 1781, così come definito nella versione 04 del catalogo CPTI).

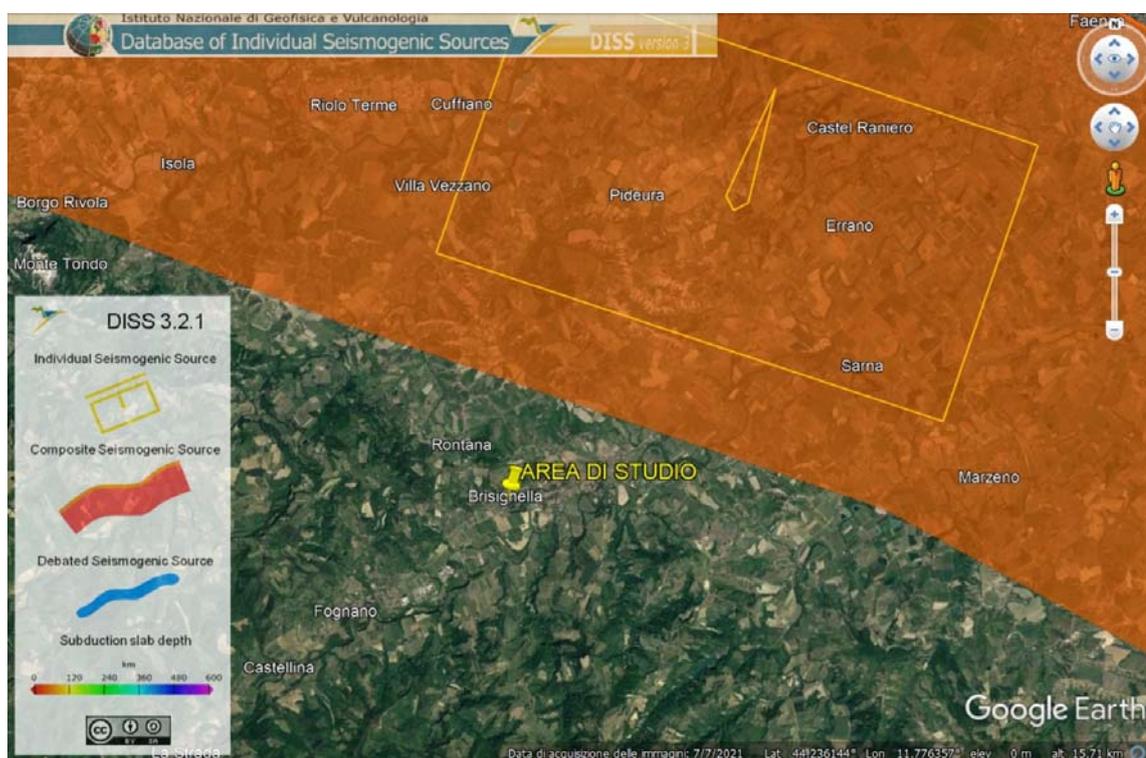


Figura 5.1 - Distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute in DISS 3.2.1 (foto aerea: Google Earth)

In particolare, dai cataloghi storici e dalla Banca Dati delle intensità macrosismiche elaborato da INGV (DBMI, 2015), per il Capoluogo sono documentati 43 eventi sismici con $I \geq 3$ (**figura 5.2**).

P.U.A. (Piano Urbanistico Attuativo) relativo alla Scheda RUE n.49 - "AREA IL MOLINONE"
(Comune di Brisighella – Ra)

Relazione Geologica

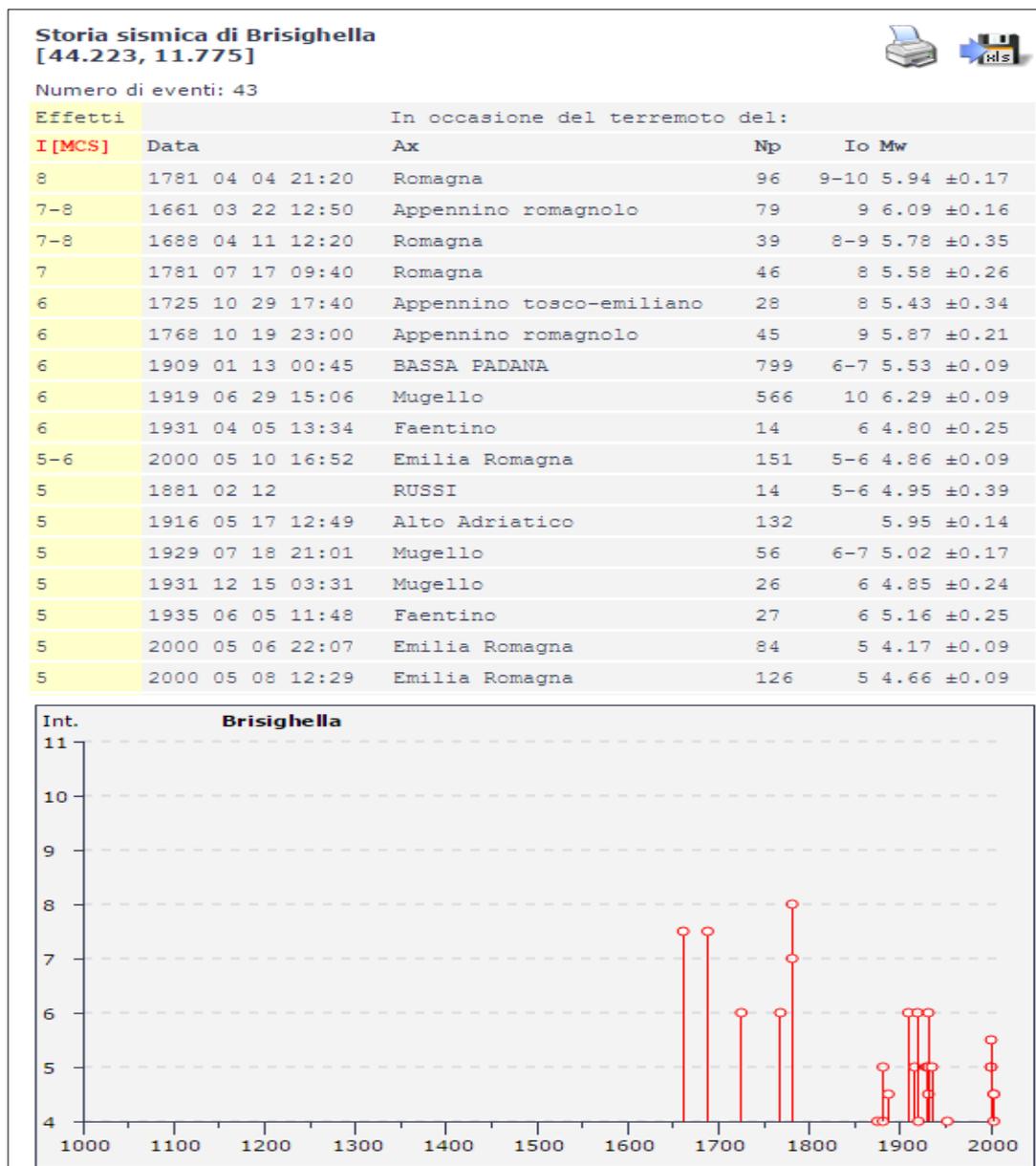


Figura 5.2 - Diagramma temporale dei principali eventi sismici che hanno interessato il Capoluogo con rispettive intensità macrosismiche (fonte: DBMI15 –sito internet INGV)

Ai fini dell'analisi del rischio sismico per la pianificazione e per la progettazione di costruzioni, la pericolosità sismica di base viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e basata su una "griglia di riferimento" costruita per l'intero territorio nazionale: ad ogni punto della griglia vengono attribuiti, a seconda del periodo di ritorno atteso per il terremoto, valori di ag e dei principali parametri "spettrali" da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica.

**P.U.A. (Piano Urbanistico Attuativo) relativo alla Scheda RUE n.49 - "AREA IL MOLINONE"
(Comune di Brisighella – Ra)**

Relazione Geologica

La griglia riferimento ed i dati di pericolosità sismica sono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Nello specifico, la pericolosità di base sito specifica è determinata sulla base delle coordinate attribuibili all'incirca al baricentro dell'area di studio (Lat. 44°,221051 Long. 11°,762825 in coordinate ED50), ricavate con il supporto della georeferenziazione proposto dal programma on-line <<GeoStru Parametri Sismici>>.

Si rammenta che i parametri sismici di base relativi calcolati secondo tempi di ritorno del terremoto di riferimento pari a $TR = 475$ anni sono equivalenti alle condizioni di pericolosità sismica di riferimento per la pianificazione (cfr. DGR 476/2021). In questo senso, la a_{refg} attribuibile all'area di studio risulta pari a 0,210g.

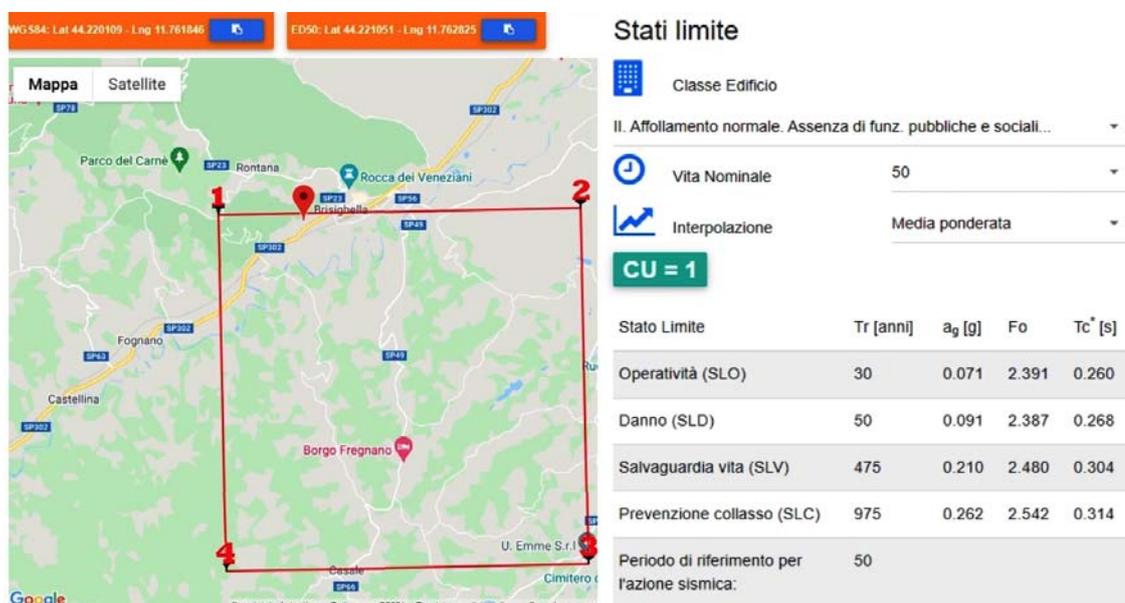


Figura 5.3 - Punti del reticolo INGV di riferimento per la definizione della pericolosità di base ai sensi delle NTC 2018 e DGR 476/2021 e parametri sismici di base associati

5.2 PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

5.2.1 Gli studi di pericolosità sismica elaborati per la pianificazione territoriale e urbanistica

5.2.1.1 Gli Indirizzi tecnici regionali di riferimento: DGR 476/2021

La **Regione Emilia-Romagna** è dotata di indirizzi tecnici di riferimento per gli studi di pericolosità e microzonazione sismica a supporto della pianificazione territoriale e urbanistica: la DAL 112/2007 e le successive deliberazioni d'aggiornamento (DGR 2193/2015; DGR 630/2019; DGR 476/2021). Con l'emanazione delle Delibere successive alla DAL 112/2007

Relazione Geologica

vengono introdotti sostanziali aggiornamenti agli indirizzi tecnici di riferimento per le analisi sismiche da espletare a supporto della pianificazione territoriale e urbanistica. Tali aggiornamenti hanno infatti tenuto conto delle successive Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/1/2008), delle ulteriori esperienze derivate dall'applicazione della DAL 112/2007 e delle specifiche esperienze seguite agli eventi sismici italiani di L'Aquila 2009 e della pianura emiliana del 2012. In sintesi, le principali novità consistono:

- nelle rimodulazioni degli abachi di microzonazione sismica da considerarsi per le analisi semplificate ("livello 2");
- nella definizione di fattori di amplificazione riferiti all'accelerazione spettrale SA1, SA2, SA3, SA4 (per intervalli di periodo T rispettivamente di 0,1-0,5s, 0,4-0,8s, 0,7-0,11s, 0,5-1,5s);
- nella definizione di un ulteriore fattore di amplificazione riferito all'intensità spettrale di Housner SI3 (per l'intervallo di periodo T compreso tra 0,5 s e 1,5 s);
- nella definizione dell'input sismico (ag al sito di riferimento) che ora è definito in base ai valori di pericolosità sismica elaborati dall'INGV per tutto il territorio nazionale sui punti di una griglia di passo pari a 0,05° (reticolo analogo a quello previsto per le NTC 2008);
- nella predisposizione di cartografie delle frequenze naturali (per gli studi territoriali di "livello 1").

I più recenti aggiornamenti agli indirizzi regionali, apportati con la DGR 476/2021 (e DGR integrativa 564/2021), hanno infine riguardato la selezione di nuovi segnali (accelerogrammi) di riferimento per le analisi di risposta sismica locale negli studi di terzo livello. Rispetto ai precedenti indirizzi, approvati con DGR 630/2019, la differenza consiste nella sostituzione dell'Allegato A4.

5.2.1.2 La microzonazione sismica comunale e ulteriori approfondimenti sito specifici

Il *Comune di Brisighella* dispone di uno studio di microzonazione sismica di livello 2 ai sensi della DAL 112/2007 e recepito nel PSC (MS 2009). La seguente **figura 5.4** riporta uno stralcio della tavola B.3.3.2 "Rischi Naturali: carta di micronanazione sismica del Comune di Brisighella" (scala 1.10.000) e della relativa legenda.

P.U.A. (Piano Urbanistico Attuativo) relativo alla Scheda RUE n.49 - “AREA IL MOLINONE”
(Comune di Brisighella – Ra)

Relazione Geologica

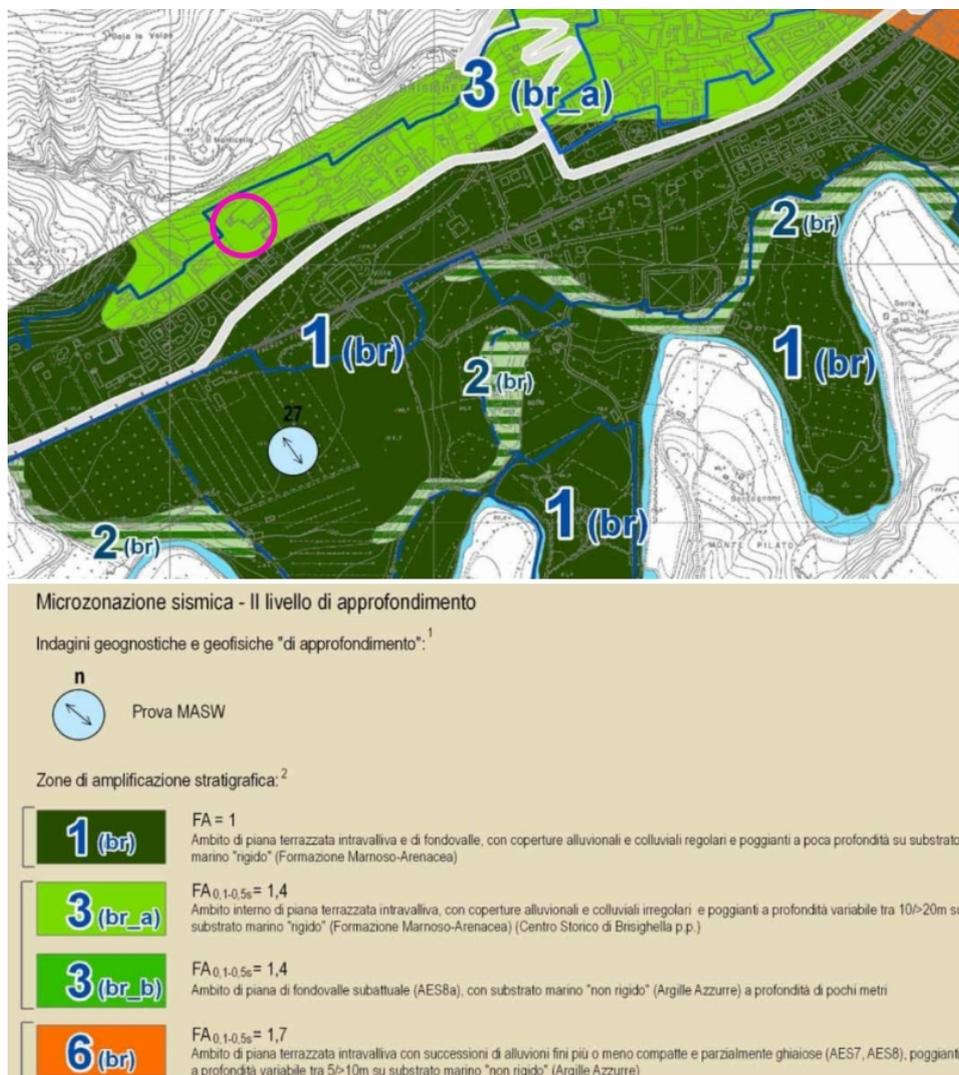


Figura 5.4 - Stralcio della tavola B.3.3.2 “Rischi Naturali: carta di micronanazione sismica del Comune di Brisighella” (scala 1.10.000) recepita nel PSC

L’area di studio risulta ricadere nella **zona omogenea denominata “3 (br a)”**, cioè in <<ambito interno di piana terrazzata intravalliva, con coperture alluvionali e colluviali irregolari e poggianti a profondità variabile tra 10 e 20 metri su substrato marino “rigido” (Formazione Marnoso-Arenacea)..>> (v. anche capp.2 e 3). Si tratta pertanto di un areale stabile suscettibile di amplificazioni locali ove vengono richiesti approfondimenti sismici fino al “livello 2” ai sensi dell’allora vigente DAL 112/2007.

Occorre precisare che la MS di Brisighella è stata oggetto di due successive revisioni:

- un aggiornamento della MS di “livello 2” (ai sensi dell’OCDPC 52/2013)

P.U.A. (Piano Urbanistico Attuativo) relativo alla Scheda RUE n.49 - “AREA IL MOLINONE”
(Comune di Brisighella – Ra)

Relazione Geologica

- un ulteriore aggiornamento della MS di “livello 2” con approfondimenti locali di “livello 3” (ai sensi dell’OCDPC 293/2015 e inoltre conforme alla DGR 630/2019). Quest’ultimo studio è stato validato in termini di conformità dalla CTMS nel dicembre 2021.

Il più recente aggiornamento della MS comunale ha dunque consentito di effettuare analisi numeriche della risposta sismica locale estese al territorio urbano del Capoluogo, attraverso specifiche modellazioni con software di calcolo bidimensionale (analisi della RSL 2D). In questo senso, la **figura 5.5** riporta uno stralcio della cartografia delle MOPS mentre le **figure 5.6a/b** riportano stralci delle cartografie dei **fattori di amplificazione (FA)** derivati dagli approfondimenti di “livello 3”. Per una lettura integrale degli approfondimenti della MS espletati per il Comune di Brisighella si rimanda agli elaborati completi pubblicati nel portale web “Programma nazionale di soccorso per il rischio sismico dell’Emilia-Romagna” (<https://geo.regione.emilia-romagna.it/schede/pnsrs>).

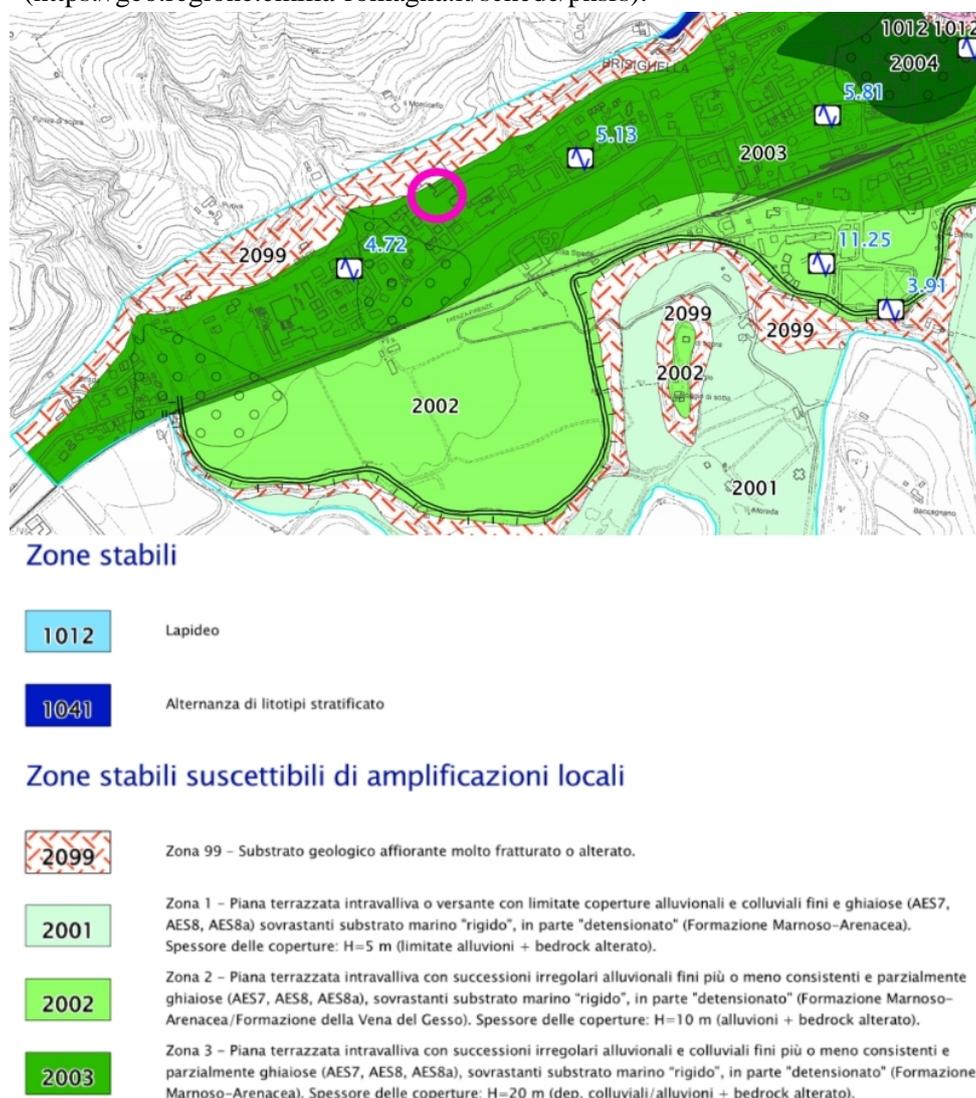


Figura 5.5 - Stralcio “Carta delle Microzona Omogenee in prospettiva Sismica” (scala 1.10.000) ai sensi dell’OCDPC 293/2015 e della DGR 630/2019

P.U.A. (Piano Urbanistico Attuativo) relativo alla Scheda RUE n.49 - "AREA IL MOLINONE"

(Comune di Brisighella – Ra)

Relazione Geologica

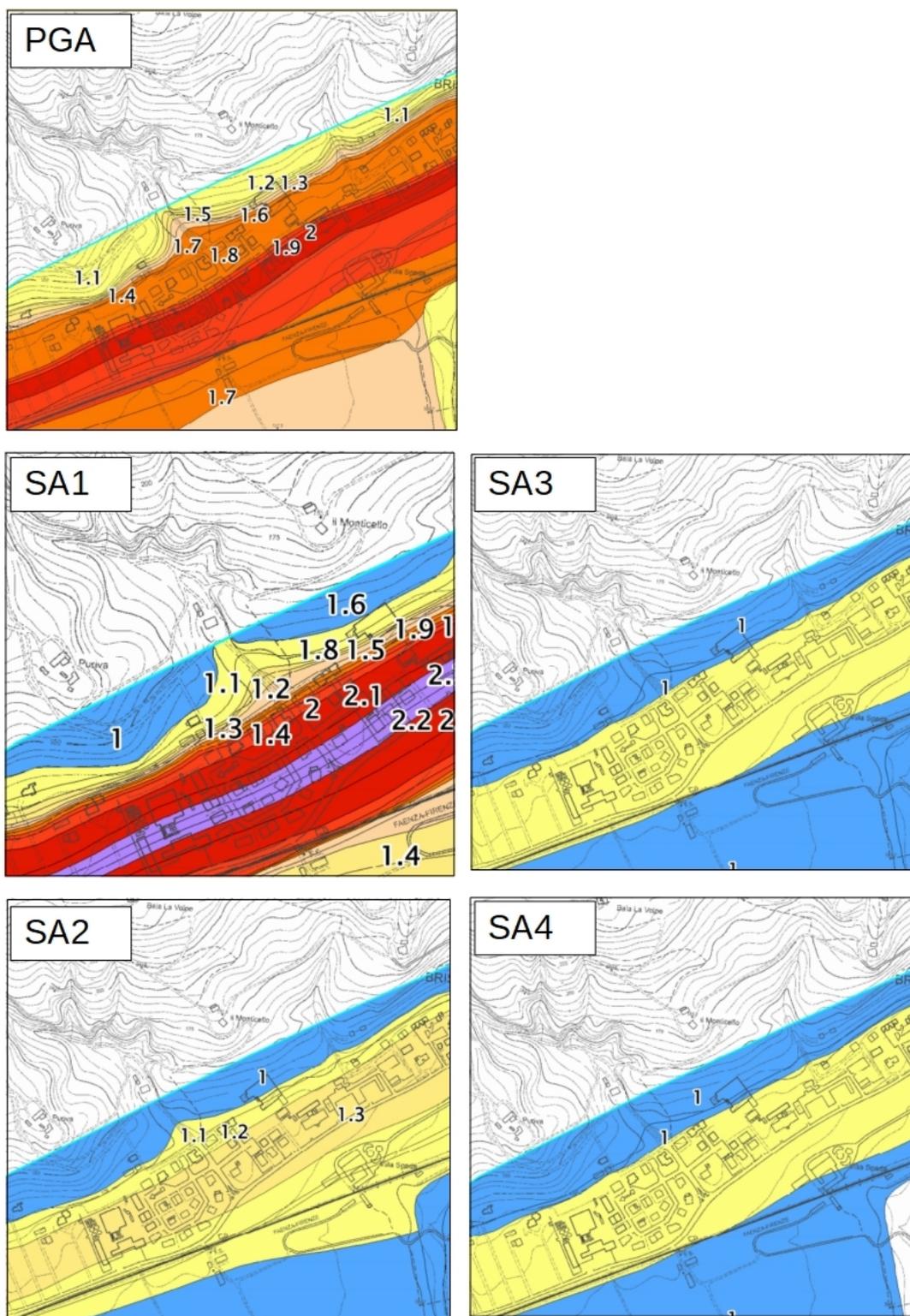


Figura 5.6a - Stralcio "Carta di microzonazione sismica – Livello 3" (scala 1.10.000) ai sensi dell'OCDPC 293/2015 e della DGR 630/2019

P.U.A. (Piano Urbanistico Attuativo) relativo alla Scheda RUE n.49 - “AREA IL MOLINONE”
(Comune di Brisighella – Ra)

Relazione Geologica

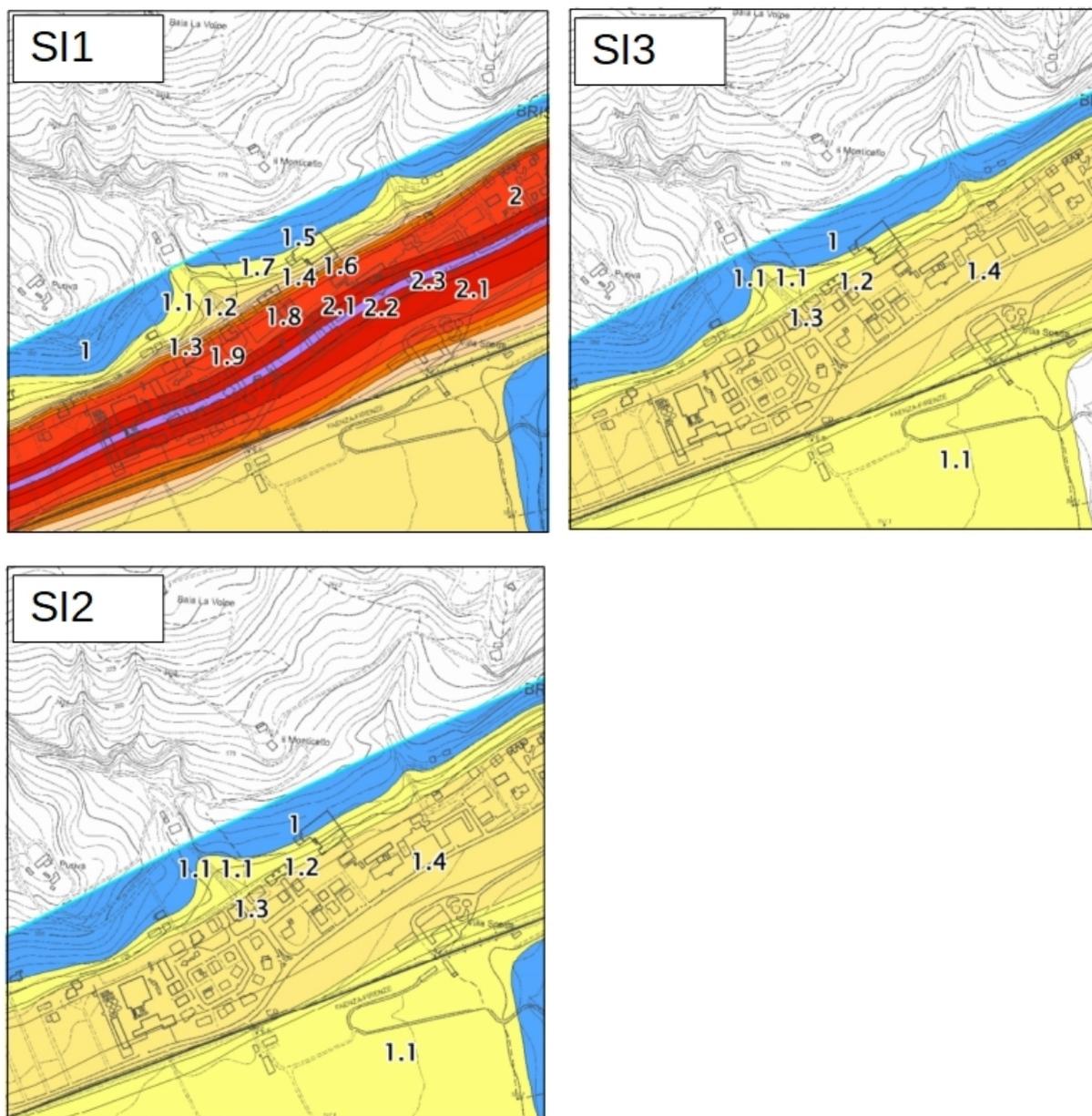


Figura 5.6b - Stralcio “Carta di microzonazione sismica – Livello 3” (scala 1.10.000) ai sensi dell’OCDPC 293/2015 e della DGR 630/2019

Le **n. 2 misure geofisiche con *Tromografo* (HVSr)** eseguite rispettivamente in corrispondenza di **CPT 2 e CPT 3** (v. allegati e TAV. 3) confermano il contesto sismostratigrafico locale, caratterizzato da coperture di spessore variabile sovrastanti il **bed rock sismico (FMA)** che superficialmente risulta più alterato. La **figura 5.7** riporta il confronto delle due tracce spettrali H/V ricavate dalle registrazioni tromografiche, evidenziando picchi di massime amplificazioni a frequenze medio-alte ($3,0 \div 6,0$ hz) indotte con evidenza da contrasti di impedenza al tetto del substrato più rigido.

P.U.A. (Piano Urbanistico Attuativo) relativo alla Scheda RUE n.49 - “AREA IL MOLINONE”

(Comune di Brisighella – Ra)

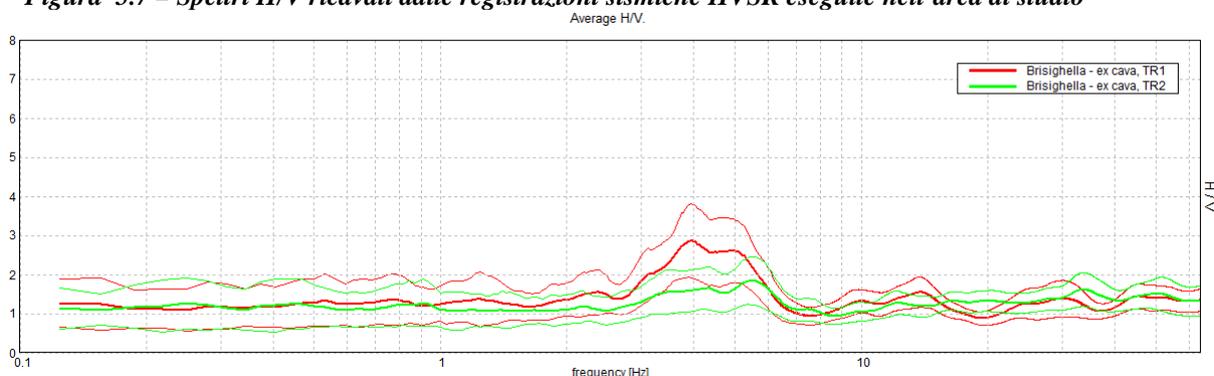
Relazione Geologica

A questo proposito, ai fini della progettazione, occorre anche evidenziare che i contrasti di impedenza verificati dalle registrazioni HVSR raccomandano di includere gli areali di studio nella:

- **“categoria di sottosuolo E”**: <<terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m>>.

Infine, già solo considerando che il primo sottosuolo dell’ “AREA IL MOLINONE” è costituito essenzialmente da **terreni di con discreta frazione fine e discretamente coesivi e, soprattutto, asciutti** (v. tabelle penetrometriche), è da considerare **nesso il rischio di liquefazione** in caso di sisma (v. anche D.M. 17/01/2018, par. 7.11.3.4.2).

Figura 5.7 – Spettri H/V ricavati dalle registrazioni sismiche HVSR eseguite nell’area di studio



6 - CONCLUSIONI.

Sulla base di una analisi geologica generale, idrogeologica, geologico-tecnica e del rischio sismico, supportata da informazioni geognostiche e geofisiche specifiche, si prospetta la buona fattibilità geologica del P.U.A. (Piano Urbanistico Attuativo) relativo alla Scheda RUE n.49 - “AREA IL MOLINONE” a Brisighella (Ra), il quale prevede edificazione di tipo residenziale nell’ex area industriale Gessi Lago d’Iseo dismessa nei passati anni ’90 (v. **PROGETTO** dello Studio Architetti Conti Galeati di Faenza, FIGG. A , B e TAVV. 1, 2 , 3).

Innanzitutto, si è riscontrato, a conferma di studi urbanistici precedenti (v. **Relazione Variante Parziale PRG di Brisighella – Area Stabilimento “Gessi Lago d’Iseo”, a firma geologo Alessandro Poggiali, gennaio 2007**), che l’“AREA IL MOLINONE” corrisponde con una porzione interna dell’ampia piana terrazzata di Brisighella, e al piede del versante vallivo sinistro del Fiume Lamone, il cui primo sottosuolo è costituito da una spessa copertura di terreni alluvionali e colluviali (**strato A**) poggianti su un omogeneo substrato roccioso (**bed rock**) riferito alla **Formazione Marnoso-Arenacea – FMA (strato B)**. Si tratta nell’insieme di una situazione morfostrutturale che non evidenzia in assoluto criticità naturali di tipo geostatico e idrogeologico (v. cap. 2 e 3).

P.U.A. (Piano Urbanistico Attuativo) relativo alla Scheda RUE n.49 - "AREA IL MOLINONE"

(Comune di Brisighella – Ra)

Relazione Geologica

Per quanto concerne gli aspetti geologico-tecnici, nonostante la buona qualità e omogeneità areale di caratteristiche geomeccaniche dei terreni della copertura superficiale (**strato A**), si ritiene comunque opportuno prospettare, tenuto conto della "gradonatura morfologica esistente" che verrà conservata per il sedime dei fabbricati previsti nella porzione superiore dell'area, la seguente zonazione in **classi di edificabilità** all'interno dell'"AREA IL MOLINONE" (v. TAVV. 2 e 3):

ZONA A (= porzione medio-inferiore) :

zona idonea per l'appoggio di **fondazioni superficiali** su terreni colluvio-alluvionali caratterizzati da valori di $R_p \text{ medio} \geq 18 \text{ daN/cm}^2$, con riferimento al seguente quadro preliminare di portanza:

P.Amm. (Pressione Ammissibile) minima = 1,3 daN/cm²

ZONA B (= porzione superiore) :

zona idonea per l'appoggio di **fondazioni profonde su pali** entro terreni del substrato marnoso-arenaceo (*bed rock*), con riferimento al seguente quadro preliminare di portanza:

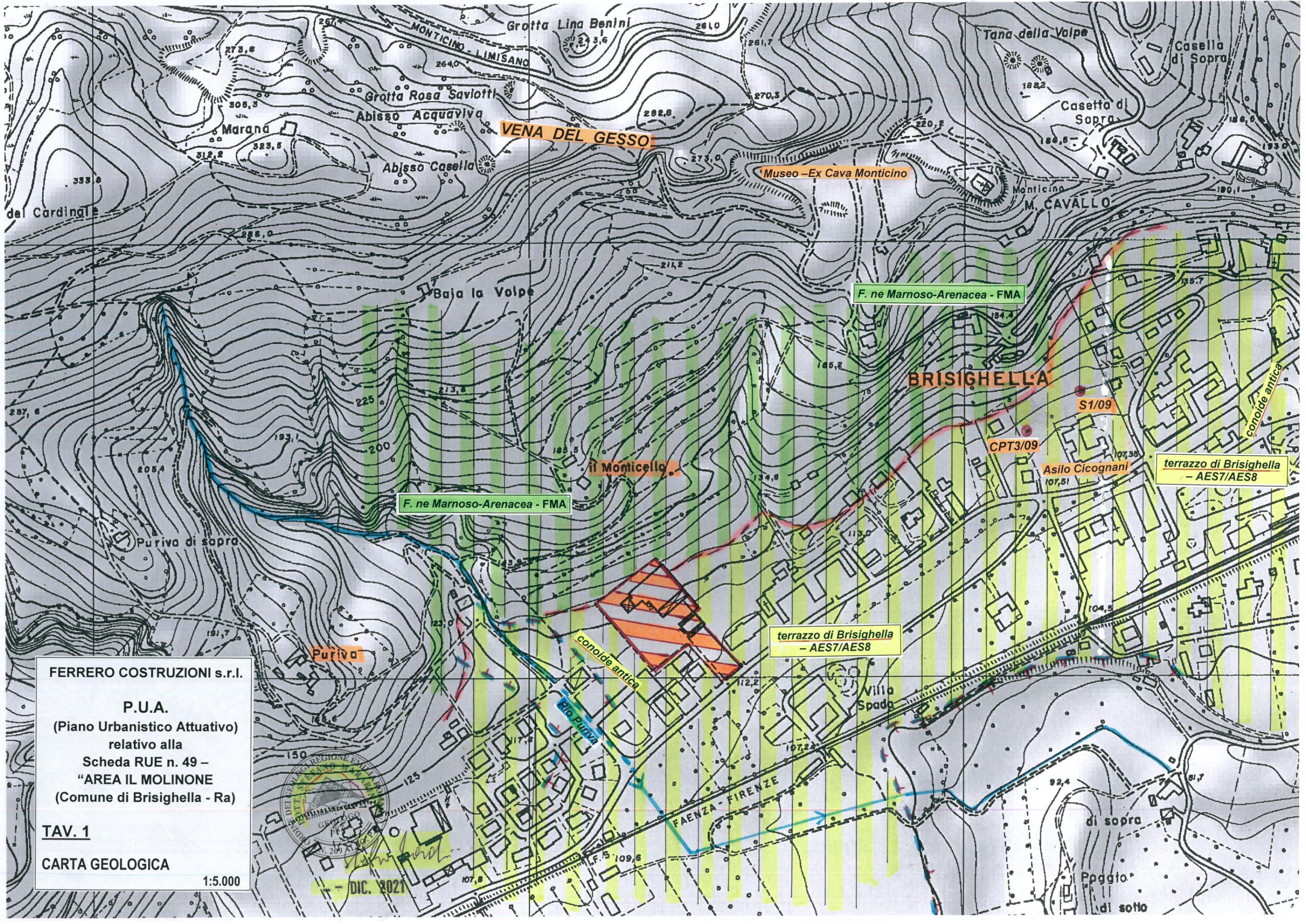
P.Amm. (Portata indicativa palo trivellato $\varnothing 60 \text{ cm}$ L= 10m) \approx **45 ton**

Per quanto concerne il rischio sismico dell'area di studio, si prospettano preliminarmente i seguenti parametri (v. cap. 5):

- **Categoria sismica del suolo = E**
- **FA (Fattori di amplificazione sismica) :**
 - PGA = 1,2 - 1,6
 - SA 1 = 1,6 - 1,9
 - SA 2 = 1 - 1,3
 - SA 3 = 1
 - SA 4 = 1
 - SI 1 = 1,5 - 1,7
 - SI 2 = 1 - 1,3
 - SI 3 = 1 - 1,3
- **PL (Potenziale liquefazione) = 0**

Infine, si rammenta che sono demandati alla fase di progettazione edificatoria esecutiva, in ottemperanza alla Normative Tecniche vigenti (D.M. 17/01/2018, DGR 2193/2015), gli approfondimenti geognostici, geologico-tecnici e geofisici per la determinazione puntuale dei parametri di fondazione, oltre che eventuali verifiche analitiche di stabilità in caso di sbancamenti e realizzazione di muri di sostegno.





FERRERO COSTRUZIONI s.r.l.

P.U.A.
 (Piano Urbanistico Attuativo)
 relativo alla
 Scheda RUE n. 49 -
 "AREA IL MOLINONE"
 (Comune di Brisighella - Ra)

TAV. 1

CARTA GEOLOGICA

1:5.000



DIC. 2021

affioramento
bed rock



▼ penetrometrie statiche (CPT)

A zona idonea per appoggio di fondazioni superficiali su terreni normalmente consolidati ($R_{pm} \geq 18 \text{ daN/cm}^2$)

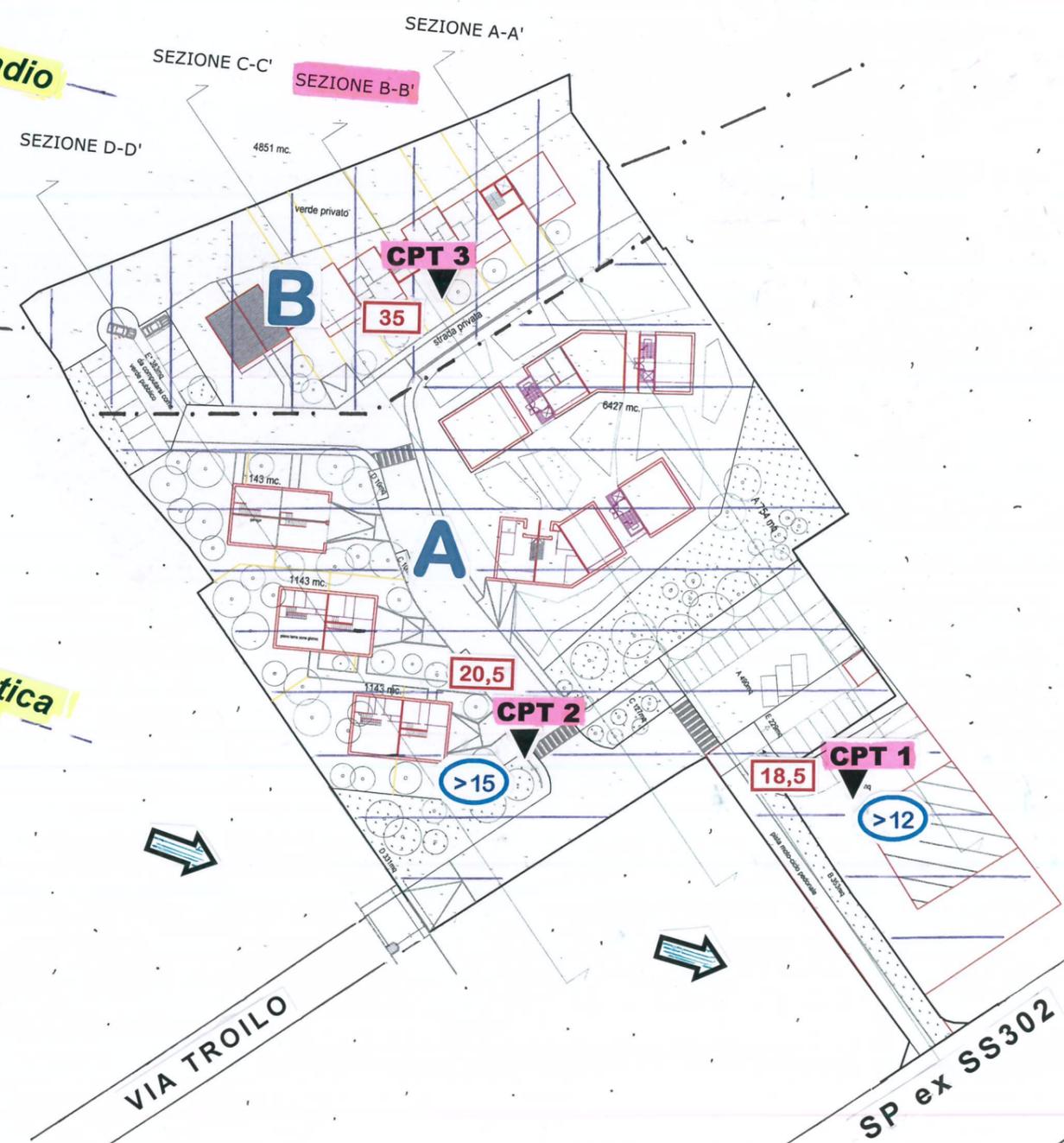
B zona idonea per fondazioni profonde su pali poggiate entro terreni del *bed rock* marnoso-arenaceo

18,5 valori medi di R_p (Resistenza punta : Kg/cm 2) nell' intervallo di profondità tra -2/-4m

>12 profondità falda freatica (m)

↗ direzione flusso falda freatica

pendio



conoide antica
terrazzata

VIA TROILO

SP ex SS302

terrazzo fluviale
di Brisighella



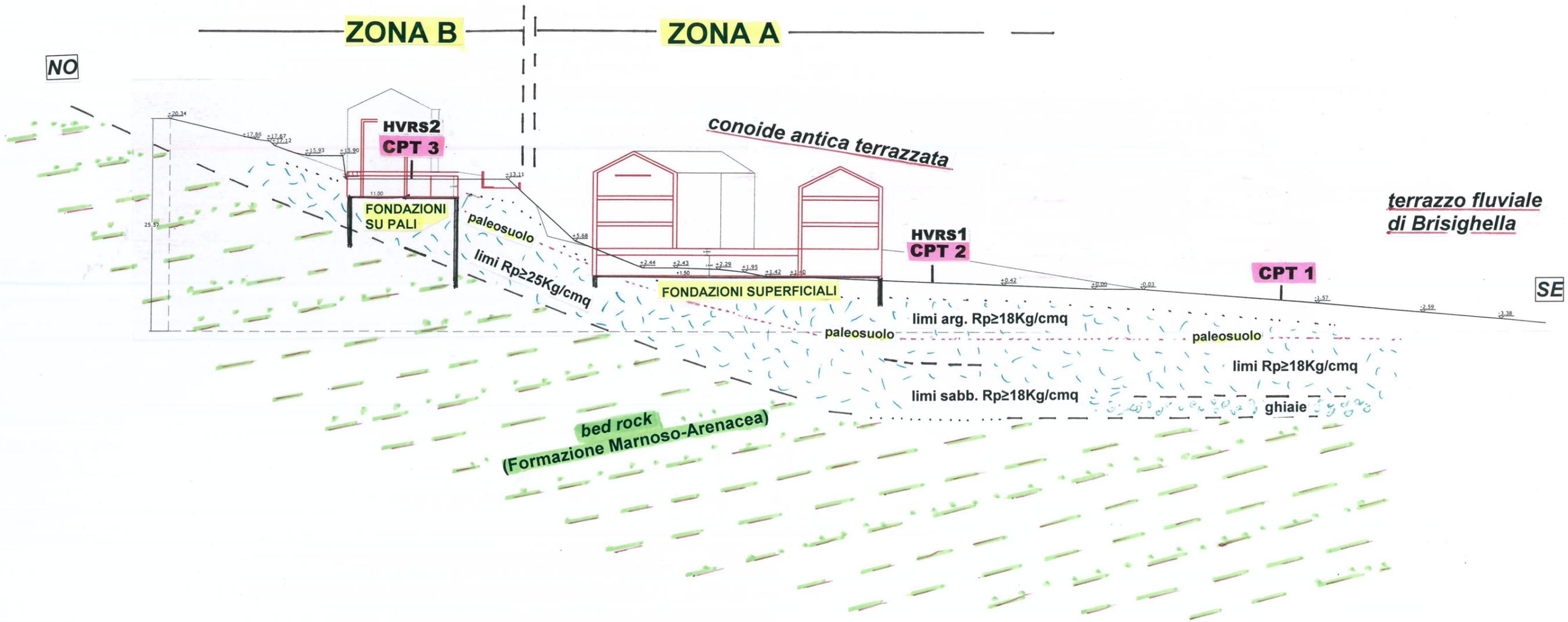
DIC. 2021

FERRERO COSTRUZIONI s.r.l.

P.U.A.
(Piano Urbanistico Attuativo)
relativo alla
Scheda RUE n. 49 –
"AREA IL MOLINONE
(Comune di Brisighella - Ra)

TAV. 2
CARTA GEOTECNICA

1:1.000



Stefano Marabini

DIC. 2021

FERRERO COSTRUZIONI s.r.l.

P.U.A.
(Piano Urbanistico Attuativo)
relativo alla
Scheda RUE n. 49 –
“AREA IL MOLINONE
(Comune di Brisighella - Ra)

TAV. 3

SEZIONE
GEOLOGICO-TECNICA

1:500

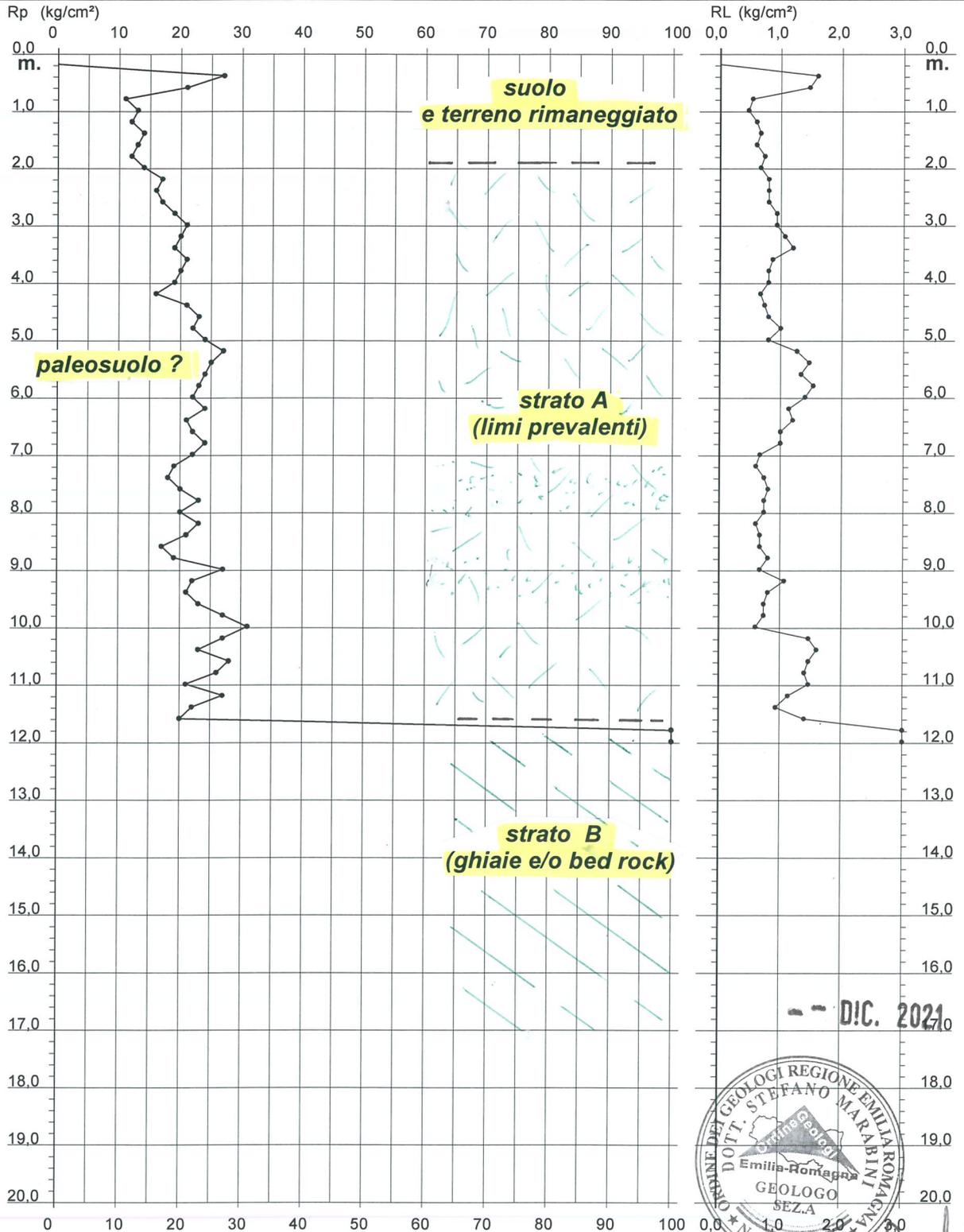
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 1

2.010496-071

- committente : dr.geol. Poggiali Alessandro
 - lavoro : Variante P.R.G. Stabilimento Lago d'Iseo
 - località : Via Firenze - Brisighella (RA)
 - note : Falda assente

- data : 04/01/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert. : 1 : 100



--- DIC. 2021



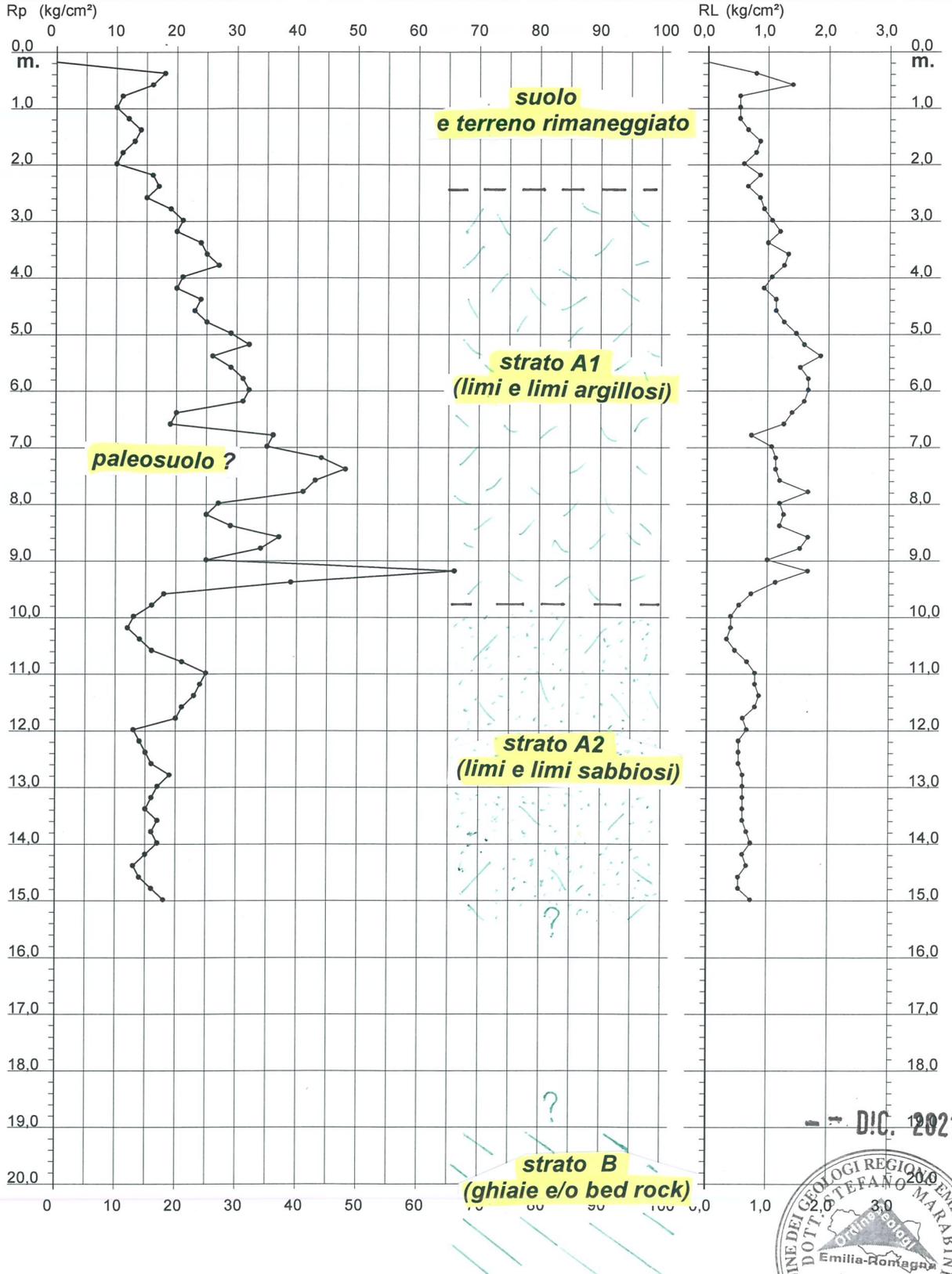
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 2

2.010496-071

- committente : dr.geol. Poggiali Alessandro
 - lavoro : Variante P.R.G. Stabilimento Lago d'Iseo
 - località : Via Firenze - Brisighella (RA)
 - note : Falda assente

- data : 04/01/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert. : 1 : 100



DIC. 2021



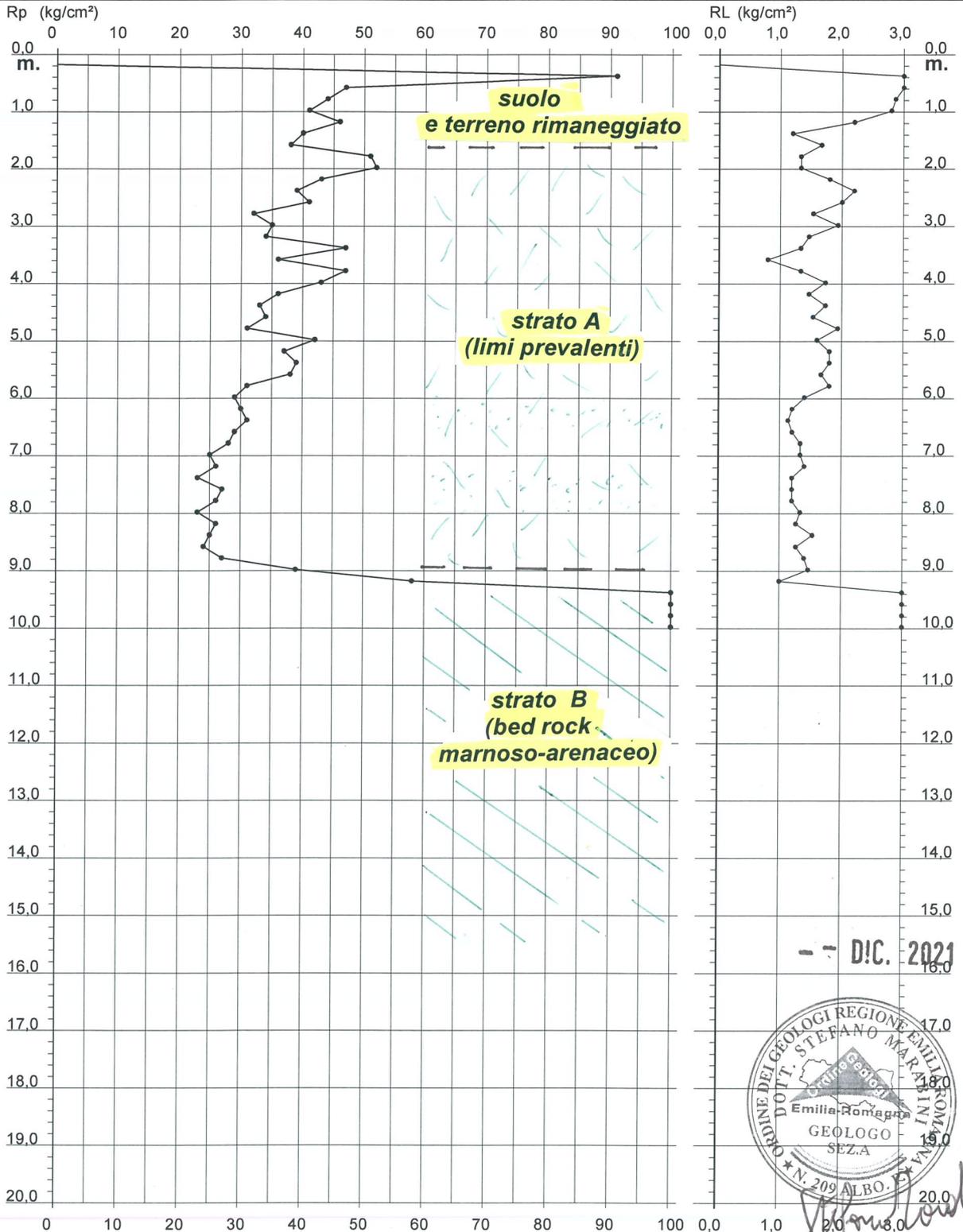
**PROVA PENETROMETRICA STATICA
 DIAGRAMMA DI RESISTENZA**

CPT 3

2.010496-071

- committente : dr.geol. Poggiali Alessandro
 - lavoro : Variante P.R.G. Stabilimento Lago d'Iseo
 - località : Via Firenze - Brisighella (RA)
 - note : Falda assente

- data : 04/01/2007
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 100



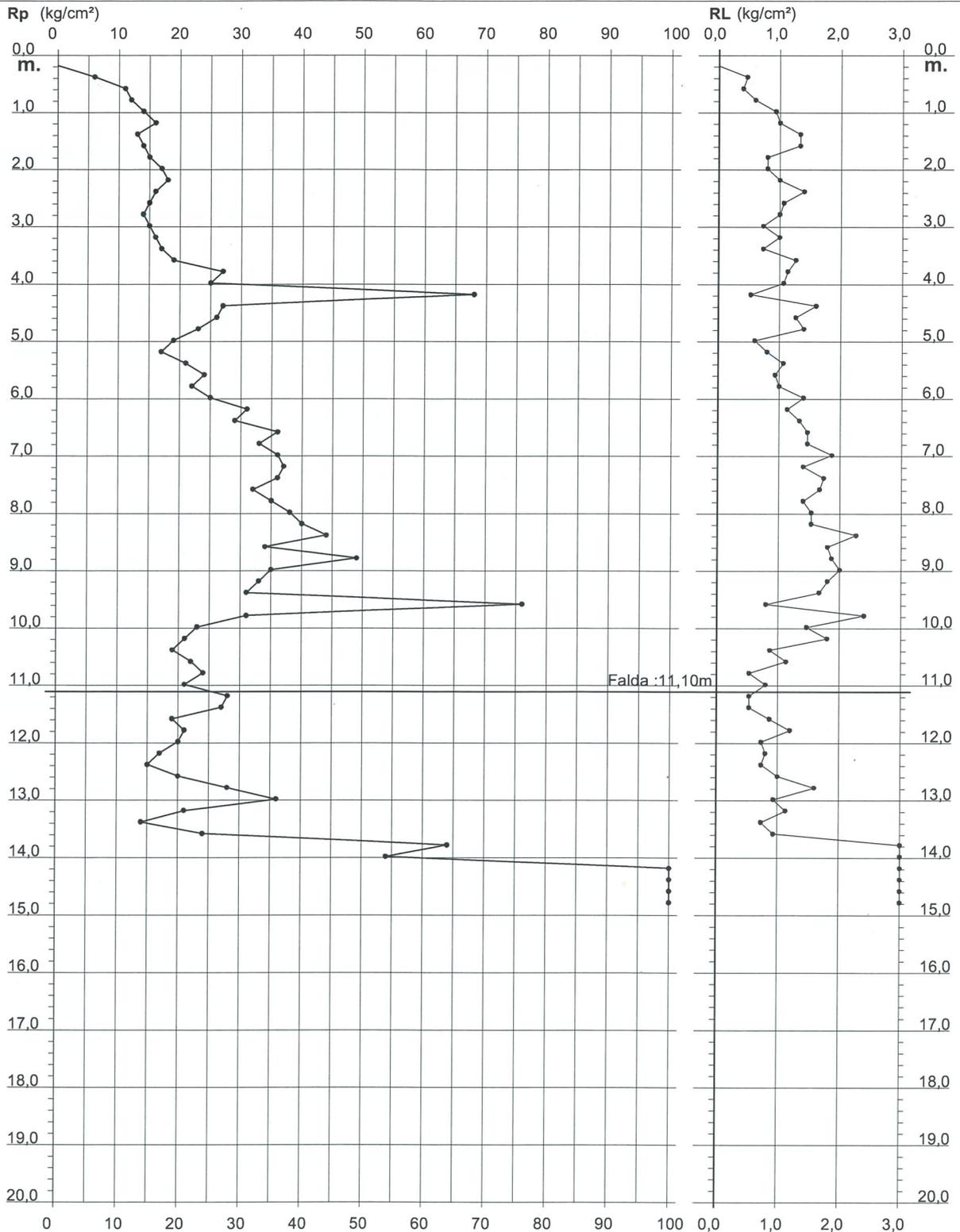
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3/09

2.010496-071

- committente : dr.geol. Marabini Stefano
- lavoro :
- località : Viale Pascoli - Brisighella (RA)

- data : 08/05/2009
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 11,10 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 100



54/09

 <p>INDAGINI GEOGNOSTICHE ED AMBIENTALI Via Edison 1/1 - 48022 LUIGO (RA) Tel. 054522045 - fax 054534445 - e-mail: sogeo@sogeo-ort.com</p>	COMMITTENTE:	SONDA
	CANTIERE: Brisighella (RA) - Viale Pascoli	PROF. (m): 16.00
	PERFORATRICE: CMV MK900 D1	QUOTA (m): p.d.c.
	METODO PERFORAZ.: Carotaggio continuo	COORDINATE U.T.M.:
RIVESTIMENTO: Ø 127 mm	ATTREZZO PERFORAZ.: Carotiere semplice Ø 101 mm	DATA INIZ-FINE: 08/05/2009 - 08/05/2009
PIEZOMETRO:		SCALA: 1:100
RIF.PREV.N°: 102-1-09	CERTIFICATO N°: -----	RAPPORTO N°: R178-2009-A
		DATA DI EMISSIONE: 12/05/2009
		PAGINA N°: 1 di 1

Scala 1:100	P.P. I (kg/cmq)	Vane Test [Kg/cmq]	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione	Campioni	Campioni Rim.	S.P.T. (n.colpi)	Falda	Pz. Norton	Pz Casagrande	Inclinometro	Tubo Down Hole
1					Limo sabbioso di colore marrone, con scarsi frammenti di laterizio								
2	2.7 3.7	1.20 1.40	1.60		Limo argilloso di colore marrone, più scuro tra -1.6 e -2.0 m, con abbondanti calcinelli (= colluvioni pedogenizzate)								
3	4.0		3.00										
4	6.0 6.0												
5	5.2				Limo argilloso di colore marrone, marrone scuro da -3.0 a -3.30 m (= suolo sepolto), con calcinelli, frammenti di conchiglie e sparsi frustoli vegetali (= colluvioni pedogenizzate)								
6	2.7 4.5	1.10	6.00										
7	4.2												
8	2.5 3.1	0.90											
9	2.2 4.0	0.80			Limi più o meno argillosi di colore marrone chiaro, con variegature grigie, calcinelli e con livelli centimetrici limo sabbiosi (= colluvioni)								
10	2.5 1.0	1.10 0.40	9.70										
11	1.5	0.60			Alternanza di limi più o meno sabbiosi di colore marrone chiaro - grigio, con minuti resti carboniosi al tetto (= suolo sepolto) con alcuni livelli centimetrici di sabbia limosa e sparsi frammenti di concrezioni carboniose (= alluvioni e colluvioni p.p.)				10.60				
12													
13	1.3	0.50	13.00		Limo con argilla di colore grigio - giallastro (= tetto del substrato roccioso)								
14	6.0		13.40 13.50 14.00 14.30		Sabbia limosa di colore grigio								
15	6.0		14.50		Argilla di colore grigio - marrone con striature giallastre e nere, molto compatta								
16	6.0		16.00		Sabbia media - fine di colore marrone - giallastro								
17					Argilla di colore grigio - giallastro, molto compatta								
18					Argilla di colore grigio, molto compatta								
19													
20													
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27													
28													



Note:
Livello acqua rilevato a fine sondaggio a -10.60 m da p.d.c.

Lo Sperimentatore

Il Direttore del Laboratorio

BRISIGHELLA HVSR1

Instrument: TRZ-0108/01-10

Start recording: 07/12/01 15:19:32 End recording: 07/12/01 15:39:33

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Trace length: 0h20'00". Analysis performed on the entire trace.

Sampling rate: 128 Hz

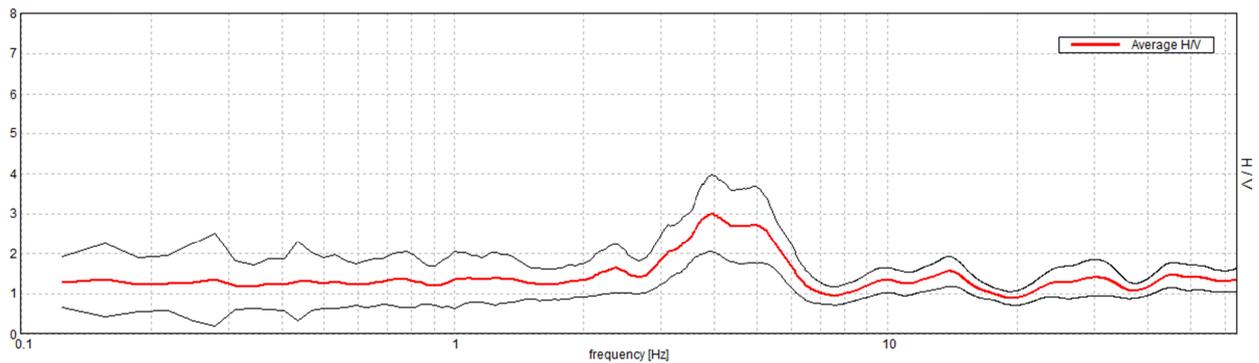
Window size: 20 s

Smoothing type: Triangular window

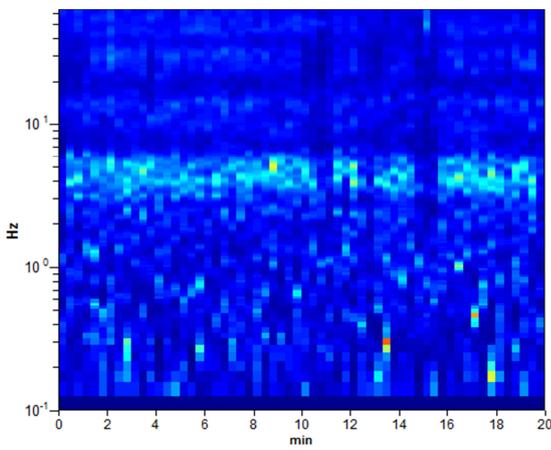
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

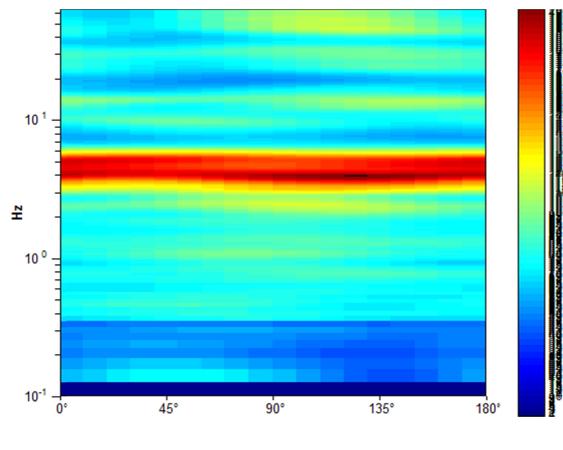
Max. H/V at 3.94 ± 0.12 Hz. (In the range 0.1 - 20.0 Hz).



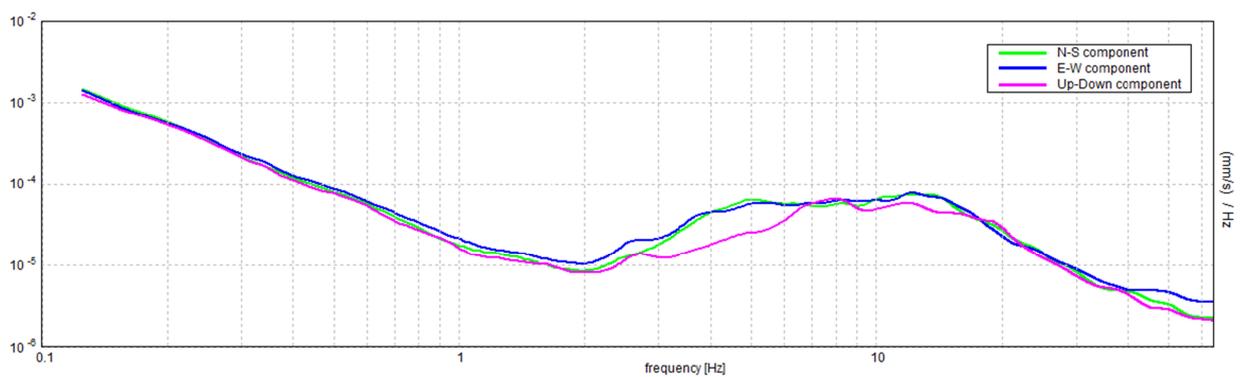
H/V TIME HISTORY



DIRECTIONAL H/V



SINGLE COMPONENT SPECTRA



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

Max. H/V at 3.94 ± 0.12 Hz (in the range 0.1 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.94 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$4725.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 190 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	2.813 Hz	OK	
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	6.188 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.99 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.01547 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.0609 < 0.19688$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4777 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

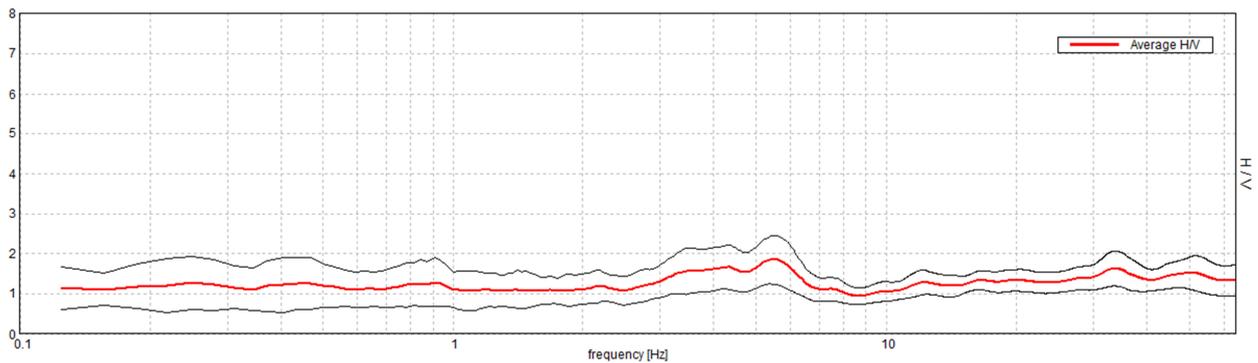
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

BRISIGHELLA – HVSr2

Instrument: TRZ-0108/01-10
Start recording: 07/12/01 15:44:03 End recording: 07/12/01 16:04:04
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Trace length: 0h20'00". Analyzed 90% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

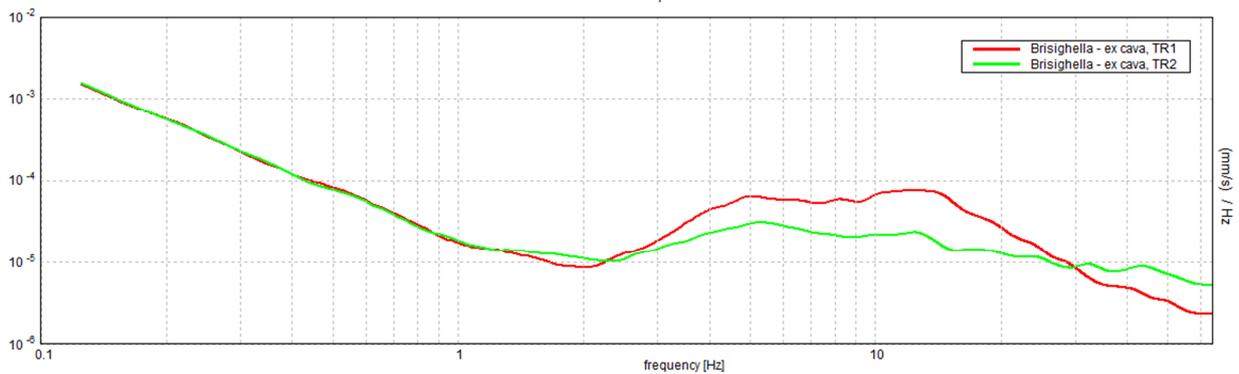
Max. H/V at 5.47 ± 0.36 Hz (in the range 0.1 - 20.0 Hz).



H/V TIME HISTORY

SINGLE COMPONENT SPECTRA

North-South component



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

Max. H/V at 5.47 ± 0.36 Hz (in the range 0.1 - 20.0 Hz).

Criteria for a reliable H/V curve

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$5.47 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$5906.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 264 times	OK	

Criteria for a clear H/V peak

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Exists f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$			NO
$A_0 > 2$	$1.84 > 2$		NO
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03293 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.18009 < 0.27344$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.303 < 1.58$	OK	

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ_f	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for σ_f and $\sigma_A(f_0)$

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